

DIE HÖHLE

ZEITSCHRIFT FÜR KARST- UND HÖHLENKUNDE

Jahresbezugspreis: Österreich S 35,—

Bundesrepublik Deutschland DM 6,—

Schweiz und übriges Ausland sfr 6,50

Organ des Verbandes österreichischer Höhlenforscher / Organ des Verbandes der deutschen Höhlen- und Karstforscher

AUS DEM INHALT:

Pollenanalytische Untersuchungen von Eisbildungen (Kral) / Der Steinbock vom Schulerloch (Ficker) / Vermessung der Eisensteinhöhle (Leichter) / Naturschicht 3741/8 auf der Villacher Alpe (Jenatschke) / Hundskirchen und Felsritzzeichen in Kärnten (Grassel) / Internationale Speläologie / Kurzberichte / Schriftenschau

19. JAHRGANG

JUNI 1968

HEFT 2

Pollenanalytische Untersuchungen zur Frage des Alters der Eisbildungen in der Dachstein-Rieseneishöhle

Von Friedrich Kral (Wien)¹

Beim Einstieg in eine der Eishöhlen der Alpen erhebt sich unter anderem stets auch die Frage nach dem Alter der Eisbildungen. Handelt es sich noch um Reste aus der letzten Eiszeit oder hat das Höhleneis ein weitaus geringeres Alter? Kam es in den Höhlen im Laufe der Zeit schon mehrmals zu Vereisungen und schmolz das Eis während wärmerer Klimaperioden wieder vollständig ab? Wann begann dann die derzeitige Eisbildung, d. h. welches Alter weisen die ältesten Eispartien auf? Da zu diesen Fragen mangels brauchbarer Methoden noch keine exakten Untersuchungen vorhanden sind, ist man bis heute fast nur auf Vermutungen angewiesen. In der vorliegenden Arbeit wird der Versuch unternommen, auf Grund der Zusammensetzung des im Eis enthaltenen Blütenstaubes Hinweise auf das Alter der Eisbildungen in Höhlen zu erhalten.

Die für die Untersuchung ausgewählte *Dachstein-Rieseneishöhle*²

¹ Institut für Waldbau der Hochschule für Bodenkultur in Wien.

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 Österreichischen Bundesforste, denen die Höhlen unterstellt sind.

— im Nordteil des Dachsteinmassivs in der Nähe von Obertraun gelegen — ist nach dem Typ der dynamischen Eishöhlen aufgebaut. Im Winter steigt die wärmere Höhlenluft durch Gesteinsklüfte aufwärts und verläßt die Höhle durch obere Öffnungen, die als solche nicht direkt bekannt sind, aber auf der Hochfläche zwischen 1600 und 1900 m liegen dürften; gleichzeitig wird durch die unteren, in 1460 m Höhe gelegenen 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. 1) ziemlich linear an, ohne jedoch 0°C zu erreichen. Im Sommer tritt die eingesaugte Warmluft — bereits im Berginneren erheblich abgekühlt — durch den Versturz in die Eiskräume 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

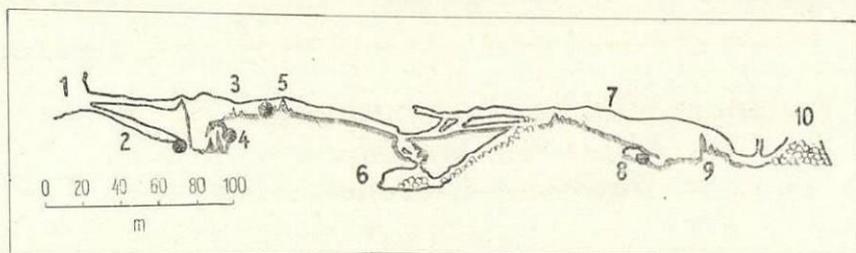


Abb. 1: Dachstein-Rieseneishöhle, Aufriß in Richtung SW—NE nach einer Aufnahme von R. SAAR. Die Proben-Entnahmestellen sind mit Punkten bezeichnet. Es bedeuten: 1 Eingang (1460 m ü. d. M.) 2 Eiskeller 3 Tristandom 4 Große Eiskapelle 5 Monte Cristallo 6 Amfortashalle 7 Parzivaldom 8 Kleine Eiskapelle 9 Eispalast 10 Versturz

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 Übergangsmoaten 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 auf dem Plateau in den Monaten April bis Juni. Während des Sommers, aber auch im Winter, kommt es zu einem erheblichen Eisschwund. Die Masse des Höhleneises beträgt schätzungsweise 13.000 m^3 mit rund 5000 m^2 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.

Mit der einströmenden Luft gelangt auch Blütenstaub in das Höhlensystem und damit auf die Eisoberflächen; infolge des Eiswachstums sind die Pollen schließlich auch im Eis selbst enthalten, wo sie ähnlich wie in den Moor- und Seeablagerungen konserviert erhalten bleiben.

Aus den Pollenspektren von Freilandablagerungen kann bekanntlich die Zusammensetzung der Vegetation in früheren Zeitperioden rekonstruiert werden; man kann auf diese Weise heute schon ein ziemlich detailliertes Bild der mitteleuropäischen Waldgeschichte entwerfen (FIRBAS 1949). Seit der letzten Eiszeit war im Laufe der Jahrtausende die Waldzusammensetzung ebenso wie das Klima erheblichen Schwankungen unterworfen; die einzelnen Baumarten wanderten nicht gleichzeitig ein und hatten auch ihr Ausbreitungsmaximum zu verschiedenen Zeiten. In den jüngsten Ablagerungen ist auch der menschliche Einfluß deutlich zu erkennen, sowohl am Auftreten kulturanzeigender Pollen wie auch an anthropogen bedingten Veränderungen in der Waldzusammensetzung. Unter der Voraussetzung, daß die Ablagerungs- und Erhaltungsbedingungen in Eishöhlen von jenen im Freiland nicht zu stark abweichen, erscheint es nicht ausgeschlossen, aus der Zusammensetzung der Eispollen unter Heranziehung der von Freilandprofilen erarbeiteten walddgeschichtlichen Ergebnisse das Alter des Höhleneises ermitteln zu können. Ist die Eisbildung erst in relativ junger Vergangenheit erfolgt, so könnten auch die auftretenden kulturanzeigenden Pollen wertvolle Datierungshinweise liefern.

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

Ein Großteil der Proben wurde im „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 über dem Boden. Das Eis, das durch seitliche Abschmelzung mehrere Meter hoch aufgeschlossen ist, weist hier ebenso wie in anderen Teilen der Höhle eine \pm 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 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 und 15)

stammen aus der „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 verschiedenen 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 längeren Zeitspanne des Stillstandes bzw. des 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 Eisschicht von mehreren Zentimeter 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 etwa 500 cm³ 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.

Wie die aus den Eisproben erhaltenen *Pollenspektren* (Tab. 1) zeigen, ist die Zusammensetzung in den einzelnen Proben sehr starken Schwankungen unterworfen. Manche Arten weisen in bestimmten Proben eine ausgeprägte Dominanz auf. So zeigt z. B. Probe Nr. 1 ein deutliches Überwiegen des Pollens von *Fraxinus* (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 Nichtbaumpollen (NBP)-Typen stark vertreten, z. B. die *Rosaceae* 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 Höhleneinganges könnte dabei eine Rolle spielen. Die Pollenspektren der Höhleneisproben geben somit im Gegensatz zu Freilandspektren in den meisten Fällen wahrscheinlich nur einen bestimmten *jahreszeitlichen Pollenaspekt* wieder, d. h. die Zusammensetzung des Pollengehaltes der Luft innerhalb der relativ kurzen Zeit eines Jahres, während der die Eisbildung erfolgte. Sie sind damit Spektren aus Gletschereis vergleichbar, die ebenfalls häufig jahreszeitliche Aspekte darstellen (VARESCHI 1934, 1935, 1942; BORTENSCHLAGER 1967). Da die Eisbildung in der Höhle, wie schon erwähnt, vor allem in den Monaten April bis Juni erfolgt, finden sich im Eis vor allem Pollen solcher Arten in höheren Prozentsätzen, die zu dieser Zeit ihre Blüh-

periode haben. Da es 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 Blühhjahre 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 dominieren.

Ein weiterer Unterschied gegenüber Freilandspektren besteht darin, daß im Höhleneis Gattungen mit großen Pollen (z. B. *Picea*, *Abies*, *Larix*) gegenüber kleinpolligen stark in den Hintergrund treten. Tab. 2 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 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. 3 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 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 Innern 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. 1) 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).

Da die Eisproben in der Regel nur jahreszeitliche Aspekte des Pollenniederschlags enthalten und außerdem die Spektren infolge Sortierung nach der Flugfähigkeit der Pollen auch noch stark verzerrt sind,

erscheint ein Versuch, die einzelnen Proben auf Grund ihrer Pollenzusammensetzung bestimmten walddgeschichtlichen Perioden der Vergangenheit zuzuordnen und auf diesem Wege eine Altersbestimmung des Eises durchzuführen, wenig erfolgversprechend. Viel aussichtsreicher dürfte es dagegen sein, auf Grund der relativ zahlreich vorhandenen sogenannten „Kulturpollen“ eine Altersbestimmung zu versuchen.

So scheinen z. B. *Getreidepollen* („*Cerealien*“) 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 vereinzelt 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 bis 700 m ansteigt, wäre ein Anbau im engeren Gebiet höchstens zu Zeiten klimatischer Begünstigung (z. B. Mittelalter) möglich gewesen. 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, zum Teil sogar mit relativ hohen Prozentsätzen vorkommenden Arten weisen gemeinsam mit den gleichzeitig auftretenden Gräsern und Kräutern (*Compositae*, *Ranunculaceae*, *Umbelliferae* u. a.) deutlich auf *nahe gelegene Hochweiden* hin (vgl. WELTEN 1950). Auf der Niederen Schönbergalpe, nur rund 120 m unterhalb des Höhleneinganges, 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 (BOEHMCKER 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 untersuchten Proben aufweisen dürften. Durch das mengenmäßig nicht unerhebliche Vorkommen der erwähnten Kulturbegleiter scheint auch erwiesen zu sein, daß die Eispollen zum Großteil durch den unteren Eingang in das 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. 1, 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 zum Teil 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 *etwa 500 Jahre alt*. Während im Eiskeller und in der Großen Eiskapelle das Eiswachstum ohne große Unterbrechungen kontinuierlich erfolgte (b), trat in der Kleinen Eiskapelle 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.

Der Beginn der derzeitigen Vereisung der Höhlen ist etwas früher

Tab. 1. Pollenspektren der Proben aus der Dachstein-Riesen-eishöhle. Werte in % der Gesamtsumme.

Proben-Nummer gezählte Pollen-Sporen Pollendichte (Pollen + Sporen/ Liter) Staubgehalt	„Eiskeller“										„Gr. Eiskap.“				„Me. Cristalle“	„Kl. Eiskap.“
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1310 ++	541 +++	494 ++	214 ++	679 +++	374 +	519 ++	361 ++	704 ++	168 ++	161 ++	363 ++	504 +	175 ++	385 ++	860 +++	
3800 ++	1650 +++	1800 ++	420 ++	4600 +++	750 +	1600 ++	820 ++	2550 +++	350 ++	340 ++	870 ++	900 +	460 ++	860 +++	—	
Baumpollen:																
Alnus	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	
Pinus	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	
Betula	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	
Fraxinus	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	
Carpinus	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	
Picea	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	
Quercus	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	
Fagus	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	
Juglans	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	
Tilia	0,5	—	—	0,9	—	1,6	1,2	1,4	—	1,8	2,5	0,6	0,6	—	0,8	
Ulmus	0,1	—	—	0,9	—	0,5	3,3	0,6	0,1	—	3,1	0,8	2,0	—	—	
Abies	0,4	0,7	0,6	—	—	—	0,6	0,6	1,1	1,2	0,6	—	—	—	—	
Larix	—	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5	—	0,6	0,6	0,3	—	0,6	0,6	0,1	
Acer	0,1	—	—	0,5	0,1	0,3	0,4	—	0,4	—	0,6	—	—	—	—	
Castanea	—	—	—	0,4	0,4	0,3	—	—	—	—	0,6	—	—	—	—	
Taxus	0,1	—	—	—	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Strachtpollen:																
Corylus	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	
Salix	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	
Juniperus	0,2	65,0	0,8	—	0,3	3,2	0,4	—	—	2,4	—	0,3	0,4	1,1	0,3	
Lonicera	2,4	2,2	7,9	16,9	2,5	6,4	3,1	5,8	1,4	—	—	—	0,4	—	—	
	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
Kräuterpollen:																
Gramineae	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	
Rosaceae	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	
Ranunculaceae	0,1	0,2	0,6	—	0,1	0,3	1,0	—	—	3,6	3,7	1,7	1,8	4,0	22,1	
Compositae-Tubuliflorae	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	
Ericales (ohne Calluna)	0,8	2,2	1,4	4,2	1,2	1,1	2,9	1,4	1,8	—	0,6	1,1	0,6	1,1	1,0	
Umbelliferae	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	
Cyperaceae	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	
Compositae-Liguliflorae	0,1	0,6	0,4	—	0,4	1,6	1,0	—	0,9	2,4	0,6	1,1	0,8	2,3	—	
Liliaceae	—	0,6	0,1	0,9	0,4	0,5	2,5	—	0,9	—	—	1,1	0,4	2,3	0,3	
	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,7	3,6	

anzusetzen als die Bildung der ältesten untersuchten Eispartien, da tiefere, schwer zugängliche Schichten schätzungsweise noch um 100 bis 200 Jahre älter sein werden. *Der Beginn der Eisbildung fällt damit wahrscheinlich in das 13./14. Jahrhundert.* Diese Zeitstellung steht mit dem nach SAAR frühestens um 1300 anzusetzenden Vereisungsbeginn gut im Einklang; seine Vermutung, daß es zur heutigen *Eisbildung erst im Anschluß an das mittelalterliche Klimaoptimum* gekommen sein dürfte, konnte somit durch die vorliegenden pollenanalytischen Untersuchungen bestätigt werden.

Tab. 2. Verteilung der Pollen nach ihrer Größe in verschiedenen Höhlenteilen und im Freiland unterhalb des Höhleneinganges.

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

Tab. 3. 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

Literatur:

- 1) *Bertsch, K.*, 1941: Der Obstbau im vor- und frühgeschichtlichen Deutschland. Germanenerbe 4.
- 2) *Boehmker, R.*, 1928: Die Dachsteinhöhlen. Obertraun.
- 3) *Bortenschlager, S.*, 1967: Pollenanalytische Ergebnisse einer Firnprofiluntersuchung am Kesselwandferner (3240 m, Ötztal, Tirol). Grana Palynologica 7, 1.
- 4) *Eisenhut, G.*, 1961: Untersuchungen über die Morphologie und Ökologie der Pollenkörner heimischer und fremdländischer Waldbäume. Forstwiss. Forsch., Beih. z. Fw. Cbl. 15.
- 5) *Erdtman, G.*, 1934: Die Verwendung von Essigsäureanhydrid bei Pollenuntersuchungen. Sven. Bot. Tidskr. 28, 2.
- 6) *Firbas, F.*, 1949: Waldgeschichte Mitteleuropas. Jena.

- 7) *Pilz, R.*, 1967: Die Dachsteinhöhlen. Linz.
- 8) *Saar, R.*, 1922: Die Dachstein-Rieseneishöhle bei Obertraun im Salzkammergut. Wien.
- 9) *Saar, R.*, 1955: Meteorologisch-physikalische Beobachtungen in den Dachsteinrieseneishöhlen, Oberösterreich. Wetter und Leben 7.
- 10) *Vareschi, V.*, 1934: Pollenanalyse aus Gletschereis. Ber. Geobot. Inst. Rübel, Zürich.
- 11) *Vareschi, V.*, 1935: Blütenpollen im Gletschereis. Ztschr. Gletscherkde, 23.
- 12) *Vareschi, V.*, 1940: Pollenniederschlag in den Hochalpen. Ztschr. Ges. Naturwiss.
- 13) *Vareschi, V.*, 1942: Die pollenanalytische Untersuchung der Gletscherbewegung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, H. 19.
- 14) *Welten, M.*, 1950: Die Alpweiderodung im Pollendiagramm. Ber. Geobot. Inst. Rübel, Zürich.
- 15) *Welten, M.*, 1950: Beobachtungen über den rezenten Pollenniederschlag in alpiner Vegetation. Ber. Geobot. Inst. Rübel, Zürich.
- 16) *Zoller, H.*, 1962: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsentwicklung tiefliegender Weißtannenwälder im Schweizerischen Mittelland. Festschr. Franz Firbas. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, H. 37.

Der Steinbock vom Schulerloch – Deutschlands ältestes Kunstwerk

Von Friedbert Ficker (München)

Nach eingehenden Untersuchungen, die der Verfasser des vorliegenden Aufsatzes zusammen mit Professor Herbert *Kühn* (Mainz) durchführte, darf als sicher gelten, daß der vor nunmehr 30 Jahren durch den Justizinspektor Alexander *Oberneder* und den Museumspräparator Oscar *Rieger* entdeckte Steinbock vom Kleinen Schulerloch bei Kelheim (Bayern) dem späten Magdalénien zuzuordnen ist. Alle bisher gegen Echtheit und Alter der Gravierung vorgebrachten Argumente haben sich als nicht stichhaltig erwiesen.

Die schwerwiegendste Behauptung, daß es sich um „eine Fälschung moderner Provenienz“ handle, hat sich von selbst erledigt, da von den einstigen Vertretern dieser Meinung heute eine Einordnung in das frühe Mittelalter zusammen mit einer dort gleichfalls vorhandenen Runeninschrift versucht wird.

Ein stilkritischer Vergleich der Steinbock-Gravierung mit den bekannten nordischen Runensteinen zeigt jedoch, daß jene in einer äußerst naturnahen, für das Paläolithikum typischen Weise gestaltet ist, die in der mittelalterlichen Kunst in dieser Form nicht vorkommt. Ausgesprochen paläolithisch ist auch die Fallendarstellung neben dem Kopf des Tieres sowie die Gravierung einer weiblichen Vulva, die beide nur aus den jagdmagischen und fruchtbarkeitszauberischen Vorstellungen jener nomadisierenden Jäger und Sammler der Altsteinzeit ver-