

NEUE POLLENANALYTISCHE UNTERSUCHUNGEN VON GLETSCHEREIS UND GLETSCHERNAHEN MOOREN IN DEN OSTALPEN

Von S. BORTENSCHLAGER, Innsbruck

Mit 4 Abbildungen

ZUSAMMENFASSUNG

Pollenanalytische Untersuchungen von Gletschereis am Kesselwandferner in den Ötztaler Alpen, Tirol, bestätigten durchwegs die palynologischen Befunde von Vareschi (1942) und brachten neue Ergebnisse. Es wurden Jahresschichten gefunden, die sich auf Grund von extremen Fichtenblühjahren durch einen erhöhten Fichtenpollengehalt auszeichnen. Diese können als „Leithorizonte“ im Firngebiet der Gletscher benützt werden. Fernflug von afrikanischen Pollen (*Ephedra*) konnte nachgewiesen werden. Der absolute, durchschnittliche Pollenniederschlag in 3300 m Höhe wurde mit 28.000 Pollenkörner pro Jahr und dm² ermittelt. Die Untersuchung von Mooren in Gletschnähe ermöglichte es Baum- und Waldgrenzschwankungen festzustellen und mit C-14 absolut zu datieren. Diese Schwankungen konnten mit ebenfalls C-14 datierten Moränen in Verbindung gebracht werden. Für die Zeitspanne von 6700 bis 6000 v. Chr. und die Zeiträume um ca. 4500, 2600 und 1600 v. Chr. konnten Waldgrenz- und somit auch sehr wahrscheinlich Gletscherschwankungen festgestellt werden.

SUMMARY: RECENT POLLEN ANALYTICAL INVESTIGATIONS OF GLACIER ICE AND PEAT BOGS NEAR GLACIERS IN THE EASTERN ALPS

Pollen analytical investigations of glacier ice from the Kesselwandferner in the Ötztal Alps, Tyrol, generally confirmed the palynological findings of Vareschi (1942) and brought new results. Annual layers were found which distinguish themselves by an increased content of *Picea* pollen according to extreme *Picea*-blooming years. These can be used as "guiding horizons" in the firn-area of the glaciers. Long distance transport of African pollen (*Ephedra*) was proved. The absolute average pollen rain in 3300 m was determined by 28.000 pollen grains per year and dm². The investigation of fens near glaciers made it possible to determine the oscillations of the tree-line and the forest-line and to date them by C-14. These oscillations could be connected with moraines also dated by C-14. Oscillations of the forest-line and thus probably glacier oscillations, too, could be determined for the period from 6700 to 6000 B. C. and the periods about 4500, 2600 and 1600 B. C.

Im Jahre 1942 hat V. Vareschi die damals vielbeachtete Abhandlung „Die pollenanalytische Untersuchung der Gletscherbewegung“ veröffentlicht (Vareschi 1942). Er versuchte darin, mit Hilfe der Pollenanalyse von Eisproben aus dem Gletscher die damals zahlreichen Theorien der Eisbewegung zu prüfen, wobei er sich hauptsächlich auf Untersuchungen des Aletschgletschers, Schweiz, und des Gepatschferners, Tirol, stützte. Als Ergebnis stellte sich heraus, daß die von S. Finsterwalder angegebene geometrische Strömungstheorie den Beobachtungen am besten gerecht wurde. Als Vorarbeit zu dieser Arbeit sind Vareschis grundlegende Untersuchungen über den Pollen im Gletschereis und auf der Gletscheroberfläche (1935a, 1935b, 1937) zu nennen, sowie eine Arbeit über den Pollenniederschlag in den Hochalpen (1940). Ein datiertes Firnprofil am Claridenfirn, Schweiz, konnte zur Überprüfung der Methode verwendet werden (Vareschi, 1937). Gleichzeitig mit diesen Untersuchungen stellte Vareschi gemeinsam mit Lüdi (1936) noch Untersuchungen über das Blühen der Pflanzen an, vor allem der Heufieberpflanzen, und über die Verbreitung des Pollens (Lüdi 1937a, 1937b). Die Befunde Vareschis fanden und finden geteilte Aufnahme; es ist aber auf jeden Fall sein Verdienst, gezeigt zu haben, daß die Pollenanalyse im Gletschereis anwendbar ist und daß mit ihr gute stratigraphische Ergeb-

Prozentwerte der wichtigsten Pollen am Kesselwandferner

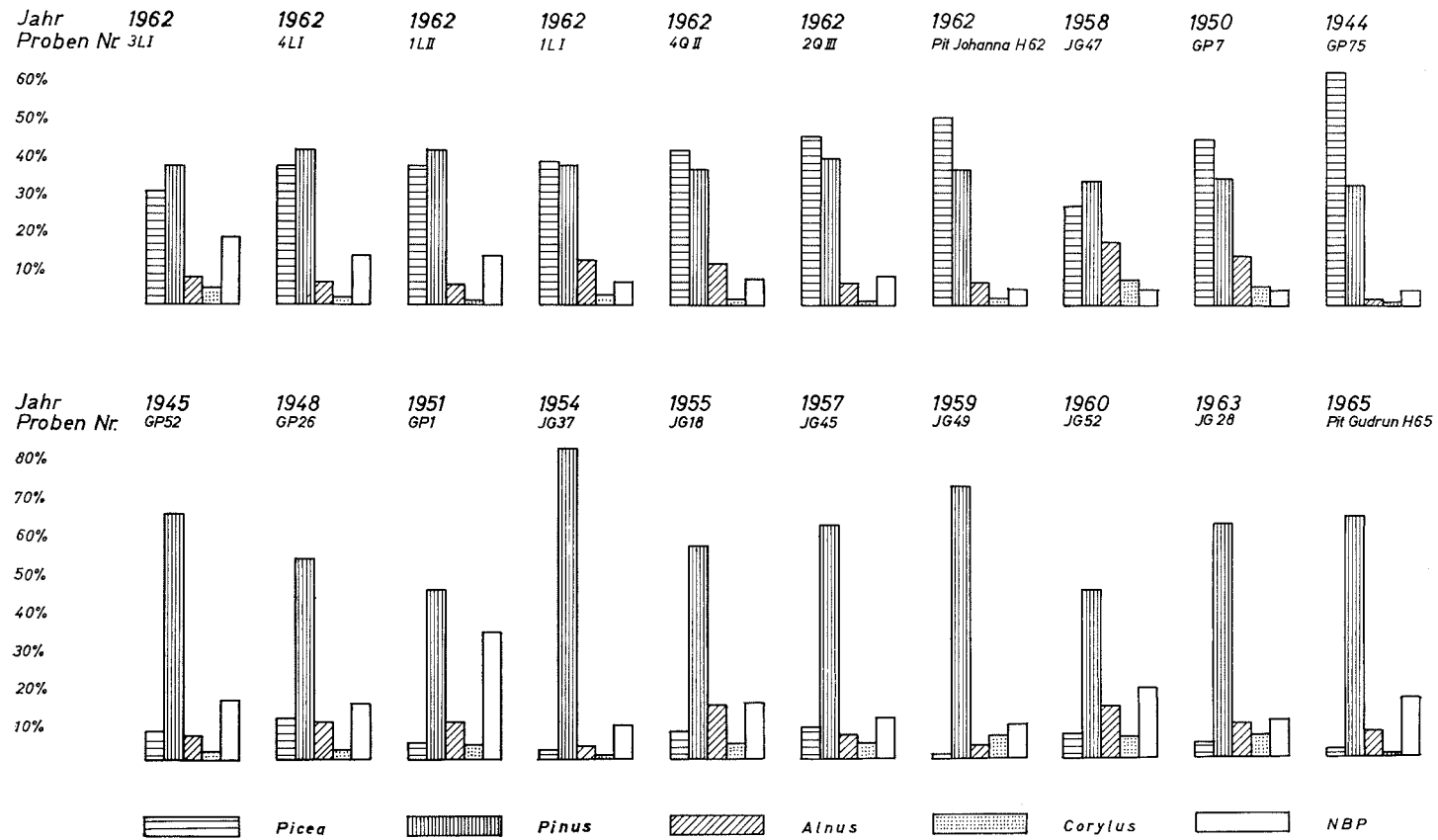


Abb. I: Prozentwerte der wichtigsten Pollen für ein Fichtenblühjahr (oben) und ein Normaljahr (unten).

nisse zu erzielen sind. Vareschi wies auch nach, daß in den Firnbecken der Gletscher der Jahresniederschlag von Pollen am besten zu untersuchen ist. Dieser aber unterscheidet sich etwas vom Pollenniederschlag an der Waldgrenze oder in der alpinen Vegetation, wie aus den Untersuchungen von Vareschi (1940), Welten (1950) und Bortenschlager (1967) hervorgeht. Nach der 1942 erschienenen Gesamtdarstellung der Befunde geriet die Anwendung der Pollenanalyse auf das Gletschereis mehr oder weniger in Vergessenheit oder wurde einfach nicht benötigt. Nur vereinzelte Arbeiten aus der UdSSR (Krenke u. Fedorova 1961, Machova u. Troschkina 1962, Troschkina 1968, Troschkina u. Machova 1961) liegen vor. Erst die seit 1952 laufenden Untersuchungen der Firnstratigraphie und des Massenhaushaltes am Kesselwandferner und Hintereisferner durch das Physikalische Institut und das Institut für Meteorologie und Geophysik der Universität Innsbruck brachten im Alpengebiet erneut eine Anwendung der Pollenanalyse auf Gletschereis.

Bei den durchgeführten Untersuchungen des Massenhaushaltes der Gletscher war eine genaue Festlegung der Jahreshorizonte im Firngebiet nötig. Dies war in den obersten Schichten anhand der verschiedenen Dichte, der Eislamellen und des Schmutzgehaltes leicht möglich. Ab etwa 15 m Tiefe traten größere Schwierigkeiten auf, da hier der Firn in Eis übergeht und die für die Feststellung eines Sommerhorizontes charakteristischen glaziologischen Kriterien immer mehr an Aussagekraft verlieren. Auf Grund der im sommerlichen Schmelzhorizont abgelagerten und angereicherten Pollenkörner war es aber möglich, den Sommerhorizont auch noch in größerer Tiefe einwandfrei festzustellen. Daß die Pollenkörner durch Schmelzwasser nicht in größere Tiefe transportiert werden, oder ihre Verschleppung so gering ist, daß sie nicht von Bedeutung ist, hat schon Vareschi (1937) nachgewiesen. Dies konnte auch am Kesselwandferner bestätigt werden.

Neben diesem Hauptergebnis, der genauen Festlegung und damit Datierung der Sommer- und Winterschichten am Gletscher, konnten noch einige für die Pollenanalyse selbst interessante Ergebnisse gefunden werden, die vor allem für die Interpretation von Pollenprofilen aus höheren Lagen von Bedeutung sind. In den bis 30 m tiefen Firn- und Eisprofilen am Kesselwandferner konnten die Rücklagen bis 1944 zurück verfolgt werden. Dabei wurde festgestellt, daß der Hauptanteil des Pollens von der Föhre (*Pinus silvestris*, *P. mugo*) und der Zirbe (*P. cembra*) stammt, und einen Anteil bis zu 80% erreichen kann. In den Jahresschichten von 1944, 1950, 1958, 1962 und 1968 blieb der Anteil der Föhre mit nur 30 bis 50% wesentlich geringer. Die Fichte (*Picea abies*) aber erreicht in diesen Jahren einen ebenso hohen Anteil, ganz im Gegensatz zu den dazwischen liegenden Jahren, in denen der Fichtenanteil selten mehr als 5% erreichte (Abb. 1). Es konnte festgestellt werden, daß gerade diese Jahre in der nächsten und weiteren Umgebung des Kesselwand- und Hintereisfernens, vor allem aber im Ötztal und Kaunertal, extreme Fichtenblühjahre waren, wie sie in den Alpen in Abständen von vier bis acht Jahren auftreten. Der Durchschnittswert des Anteils von Fichtenpollen für das ganze, 25 Jahre umfassende Profil, wurde mit 12 bis 13% errechnet. Die Mindestbeteiligung der Fichte am subalpinen Nadelwald, der nur etwa 10 km entfernt ist, beträgt ungefähr 50%. Die Fichte ist also in hochgelegenen Profilen, im besonderen Fall in dem Eisprofil am Kesselwandferner erheblich schwächer vertreten, als ihrem Anteil an der Vegetation entspricht. Diese Tatsache müßte auf jeden Fall bei der Interpretation von Pollenprofilen aus Mooren aus hoher Lage oder in Gletschnähe berücksichtigt werden. Proben aus Torfprofilen umfassen auch bei engster Proben-

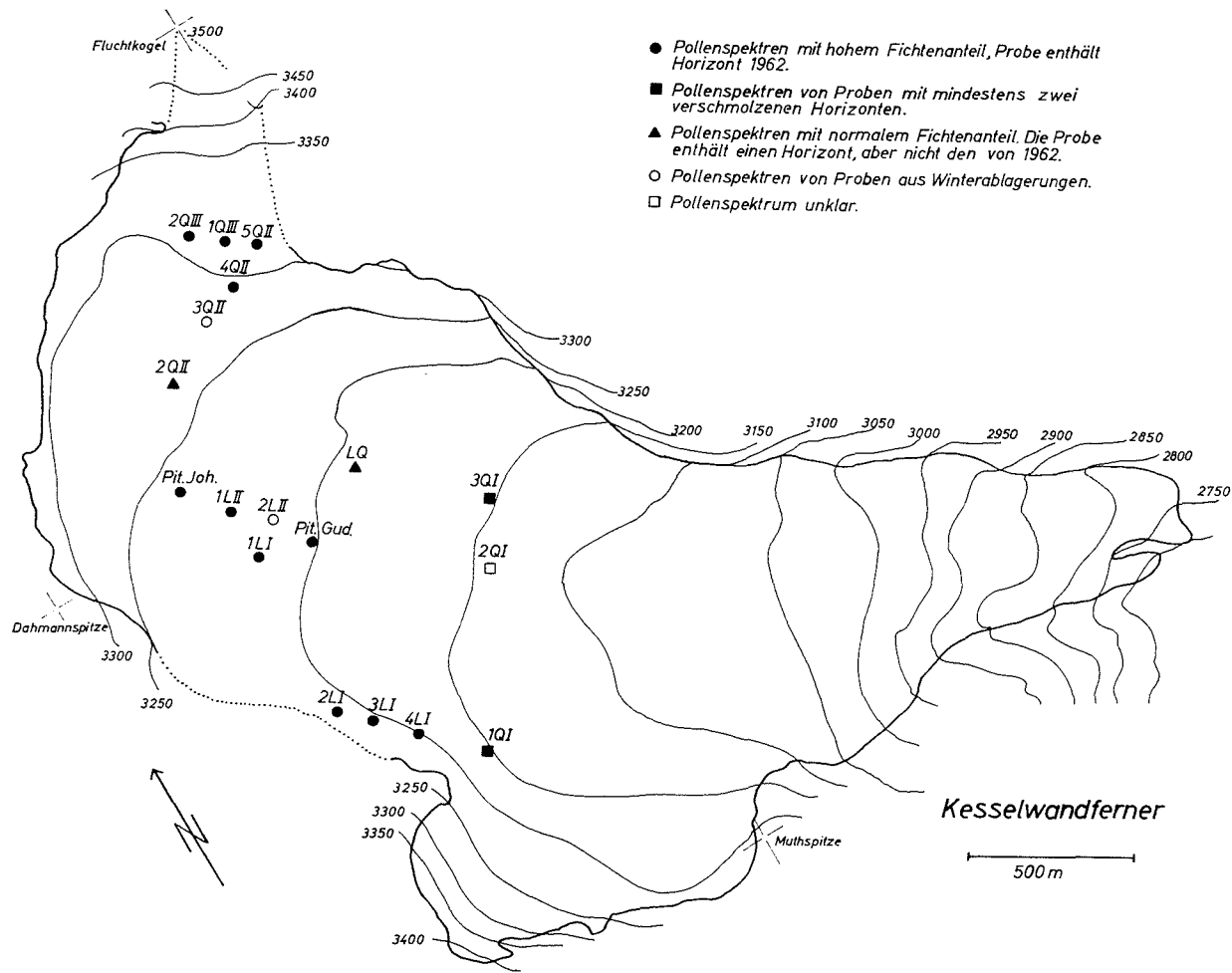


Abb. 2: Lage der Proben der Untersuchung von Horizont 1962 am Kesselwandferner.

entnahme immer noch einige Jahre, wenn nicht Jahrzehnte, beinhalten also auch immer Fichtenblüh- und Nichtblühjahre.

Die Tatsache, daß ein bestimmter Jahreshorizont durch einen erhöhten Fichtenpollenanteil ausgezeichnet sein kann, ist für die Glaziologie interessant, da die verschiedene Mächtigkeit der Rücklagen seit der Bildung dieses Horizontes an beliebiger Stelle im Firnbecken festgestellt werden kann. Es wurde erstmals versucht, den Horizont 1962 über das Firnfeld am Kesselwandferner zu verfolgen. Im Laufe der von H. Queck (1966) durchgeführten Feldarbeiten wurden 18 Proben entnommen (Abb. 2), wobei sich folgendes Bild ergab (Tab. 1):

Tab. 1: Zählergebnisse und wichtigste Prozentzahlen der Untersuchung von Horizont 1962

Nr.	Probe	Pollenzahl pro Liter	<i>Picea</i> %	<i>Pinus</i> %	Früh- jahrs- pollen %	<i>Betula</i> %	<i>Alnus</i> %	<i>Corylus</i> %	NBP %
1	P. Joh.	59.500	52	38	8,8	0,6	6,1	2,1	4,5
2	1 L I	51.000	40	39	18	2,6	13	2,4	6,3
3	4 L I	48.700	41	47	10,4	1,6	6,8	2	15
4	3 L I	34.300	36	45	16,1	1,3	9,4	5,4	22
5	2 Q III	33.600	48	42	7,9	0,8	6,5	0,6	8,4
6	4 Q II	31.300	39	45	14,9	1,6	12	1,3	7,8
7	1 Q III	28.500	38	35	24,2	2,6	19	2,6	7,6
8	1 L II	4.415	42	46	7,9	0,6	6,2	1,1	55
9	P. Gud.	4.900	9,5	36	51	3,5	36	9,5	19
10	5 Q II	5.600	11	44	46	12	27	7	36
11	2 L I	15.700	23	49	25,2	2,7	16	6,5	35
12	1 Q I	119.800	2,8	83	8,9	1,3	5,7	1,9	11
13	3 Q I	99.400	2,6	63	30,8	6,1	17	7,7	23
14	2 L II	606	36	40	16	4	8	4	8
15	3 Q II	773	4	88	4	4	—	—	33
16	L Q	21.300	0,7	59	38,2	6,4	24	7,8	25
17	2 Q II	20.200	2,9	63	27,6	6,3	16	5,3	34
18	2 Q I	26.900	10	53	35,2	2,7	26	6,5	23

Die Proben 1 bis 11 zeigen im Pollenspektrum befriedigende Übereinstimmung. Probe 8 hat eine zu niedrige Pollenzahl pro Liter, stimmt jedoch in den Prozentsätzen mit den Proben 1 bis 7 gut überein. Die Proben 9 bis 11 zeigen ebenfalls einen vergleichsweise niederen Pollengehalt, wobei jedoch der Anteil der Fichte über dem Normalwert liegt und damit in das Bild des Pollenspektrums des Horizontes 1962 paßt. Bei der Probenentnahme wurde hier wahrscheinlich nur die Frühjahrsschicht und ein Teil der Sommerablagerung entnommen. Bei den Proben 12 und 13 mit ihrem außerordentlich hohen Pollengehalt sind mindestens zwei Horizonte verschmolzen. Probe 14 und 15 entstammen einer Winterschicht. Nicht aus Horizont 1962 stammen die Proben 16 und 17, und ungeklärt ist die Probe 18. Sie enthält einen etwas erhöhten Fichtenanteil, daneben aber auch einen stärker erhöhten Frühjahrsanteil. Die Übereinstimmung kann als gut bezeichnet werden und die Unstimmigkeiten konnten beim Vergleich mit der Arbeit von H. Queck (1966) geklärt werden. Teils lag der Fehler in der nicht richtigen Interpretation der Firnstratigraphie, größtenteils aber in der ungenauen Probenentnahme.

Es wurde auch versucht, die absolute Zahl der am Gletscher abgelagerten Pollen zu bestimmen. Für den Kesselwandferner konnte der Wert von 28.000 Pollenkörner pro Jahr und dm² ermittelt werden. In einem Fichtenblühjahr wird dieser Wert wesentlich überschritten und kann 50.000 Pollenkörner pro Jahr und dm² erreichen, kann aber in einem Normaljahr auch bis auf 20.000 absinken.

Ein weiteres für die Pollenanalyse von Mooren interessantes Ergebnis, das nicht nur für hochgelegene Moore, sondern auch für die Moore von Mitteleuropa und sogar Nordeuropa anwendbar ist, wurde im Verlauf der Arbeiten gewonnen. Bei der kontinuierlichen Analyse eines 8 m langen Bohrprofils konnten vor allem in den Frühjahrs- und Herbstschichten immer wieder vereinzelte Pollenkörner von *Ephedra* gefunden werden. Diese treten in Moorprofilen vor allem im Spät- und frühen Postglazial auf. Es handelt sich dabei im wesentlichen immer um zwei Typen, den *Ephedra distachya* Typ mit verästelten Colpen, wie er bei den beiden Reliktvorkommen im Vintschgau bei Schlanders und im Wallis bei Sitten auftritt, und um den geradcolpigen, der meist als *Ephedra strobilacea* Typ bezeichnet wird. Diesem letzten Typ gehören auch die am Gletscher gefundenen *Ephedra*-Pollenkörner an, wobei im Bohrprofil insgesamt 27 Pollenkörner dieses Typs festgestellt wurden. In sämtlichen bisher untersuchten Eisproben wurden über 50 Stück dieses Typs festgestellt. Die nächsten Vorkommen von *Ephedra*-Arten, die diesem Typ angehören, sind an der Mittelmeerküste und in Nordafrika zu finden. Für die Funde dieses geradcolpigen Typs in den Ablagerungen des Spät- und frühen Postglazials wurde immer *Ephedra strobilacea* verantwortlich gemacht. Es ist eine innerasiatische Art, die das damalige kühl kontinentale Klima ertragen hätte. Die Funde am Kesselwandferner legen aber nun eine andere Interpretation nahe, dafür sprechen auch die Untersuchungen von H. Glawion (1939) und E. Röd (1955).

Glawion beobachtete mehrere Jahre hindurch in Arosa Staubfälle in hohen Lagen, die als Saharastaubfälle bekannt sind. In der Beobachtungsperiode von März 1936 bis Oktober 1937 wurden 15 solche Staubfälle registriert. Am 3. März und 4. März 1937 gelang es, einen Staubsturm aus der Sahara mit Hilfe von Höhenwindmessungen und anderen meteorologischen Daten von Tripolis bis Friedrichshafen zu verfolgen, wobei die durchschnittliche Windgeschwindigkeit 70 km/h betrug. Auf Grund seiner langdauernden Beobachtungen konnte Glawion feststellen, daß solche Staubfälle und die sie verursachenden weit nach Norden reichenden Luftströmungen in höheren Schichten an bestimmte Großwetterlagen gebunden sind, wie sie vor allem im Frühjahr und Herbst auftreten. Zu den gleichen Ergebnissen kam Röd (1955) in seiner Arbeit über Trübungen der Atmosphäre in Innsbruck. Seine Beobachtungen wurden mit den Befunden am Kesselwandferner verglichen. Röd stellte unter anderem für die Zeit vom 11. bis 14. Mai 1948 und 21. bis 22. Mai 1950 Trübungen der Atmosphäre in Innsbruck fest. Im Profil vom Kesselwandferner wurden in den entsprechenden Schichten zwei bzw. neun *Ephedra*-Pollenkörner gefunden.

Die *Ephedra*-Pollenkörner am Kesselwandferner stammen fast alle aus Frühjahrs- und Herbstschichten, so daß mit großer Wahrscheinlichkeit Nordafrika als Ursprungsgebiet angenommen werden kann. Der Vergleich der gefundenen Pollenkörner mit Präparaten aus der Sammlung in Innsbruck ergab für *Ephedra altissima* äußerst gute und in einigen Fällen auch noch für *Ephedra alata* sehr gute Übereinstimmung. Ein weiteres starkes Argument für die Herkunft dieser Pollenkörner aus Nordafrika ist die Mitteilung von Prof. Hannes Mayer (Wien), daß *Ephedra altissima* die Hänge des Atlas und Antiatlas kilometerweit bedeckt, windblütig ist und zweimal im Jahr,

im Frühjahr und im Herbst, blüht. Dafür sprechen auch vereinzelte Funde von Zedernpollen und von noch nicht absolut sicher bestimmten *Callitris*-Pollen. Vereinzelt Funde des Typs *Ephedra strobilacea* in postglazialen Ablagerungen von Mooren Mitteleuropas (Bortenschlager 1966, H. Mayer — mündl. Mitteilung —, Schmidt 1965, Wiermann 1962, Zoller 1960) lassen sich ebenfalls durch Windtransport erklären. Daß dieser *Ephedra strobilacea* Typ in den postglazialen Schichten spärlicher auftritt als im Spätglazial, kann einerseits auf die im Postglazial wesentlich dichtere Vegetation und ihre Filterwirkung bzw. auf die entsprechend höhere Pollenproduktion der lokalen Vegetation zurückgeführt werden. Auch eine Veränderung der allgemeinen Großwetterlagen könnte dafür verantwortlich sein, in dem Sinne, daß im Spätglazial Wetterlagen häufiger waren, die einen Transport von Pollen aus Nordafrika bis Mittel- und vielleicht sogar Nordeuropa möglich machten.

Die Homogenität des Pollenniederschlages im Firnbecken des Kesselwandferners wurde noch durch acht Doppelproben geprüft. Dies war im Jahre 1968 auf Grund eines ausgiebigen sommerlichen Schneefalles möglich, der eine exakte Probenentnahme gestattete. Es wurden acht Proben, die den gesamten Neuschnee enthielten, und acht darunter liegende Proben, die den bis dahin sedimentierten Frühjahrs- und Sommerpollen enthielten, entnommen. Sowohl die acht Neuschnee- als auch die acht darunter liegenden Proben zeigten äußerst gute Übereinstimmung. Die Abweichung vom errechneten Mittelwert betrug bei beiden Serien

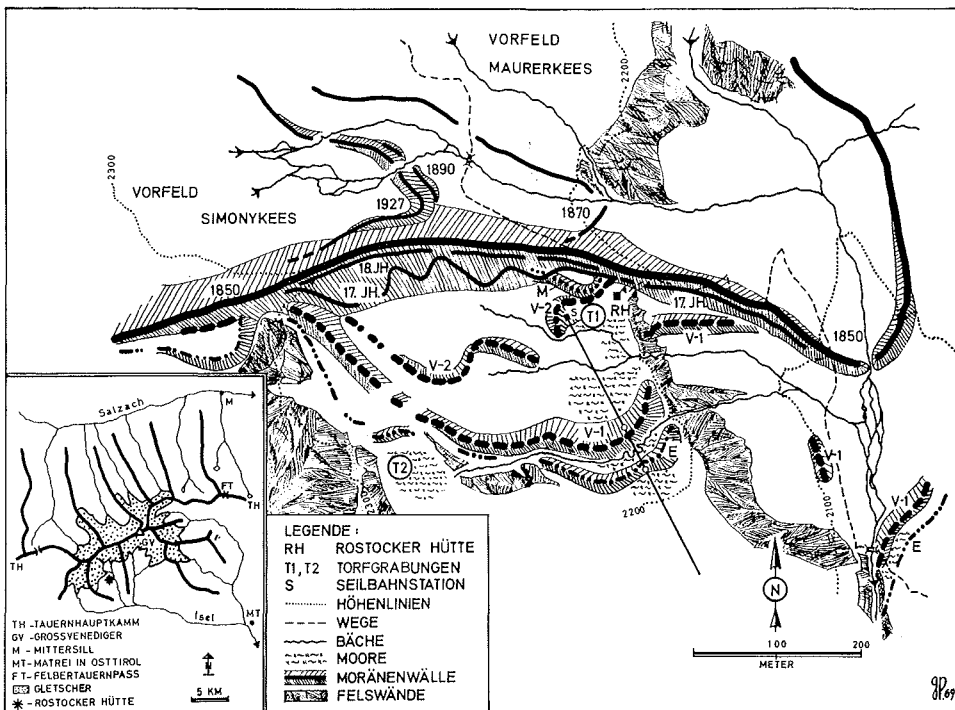


Abb. 3: Kartenskizze der Moränen und Moore in der Umgebung der Rostocker Hütte,

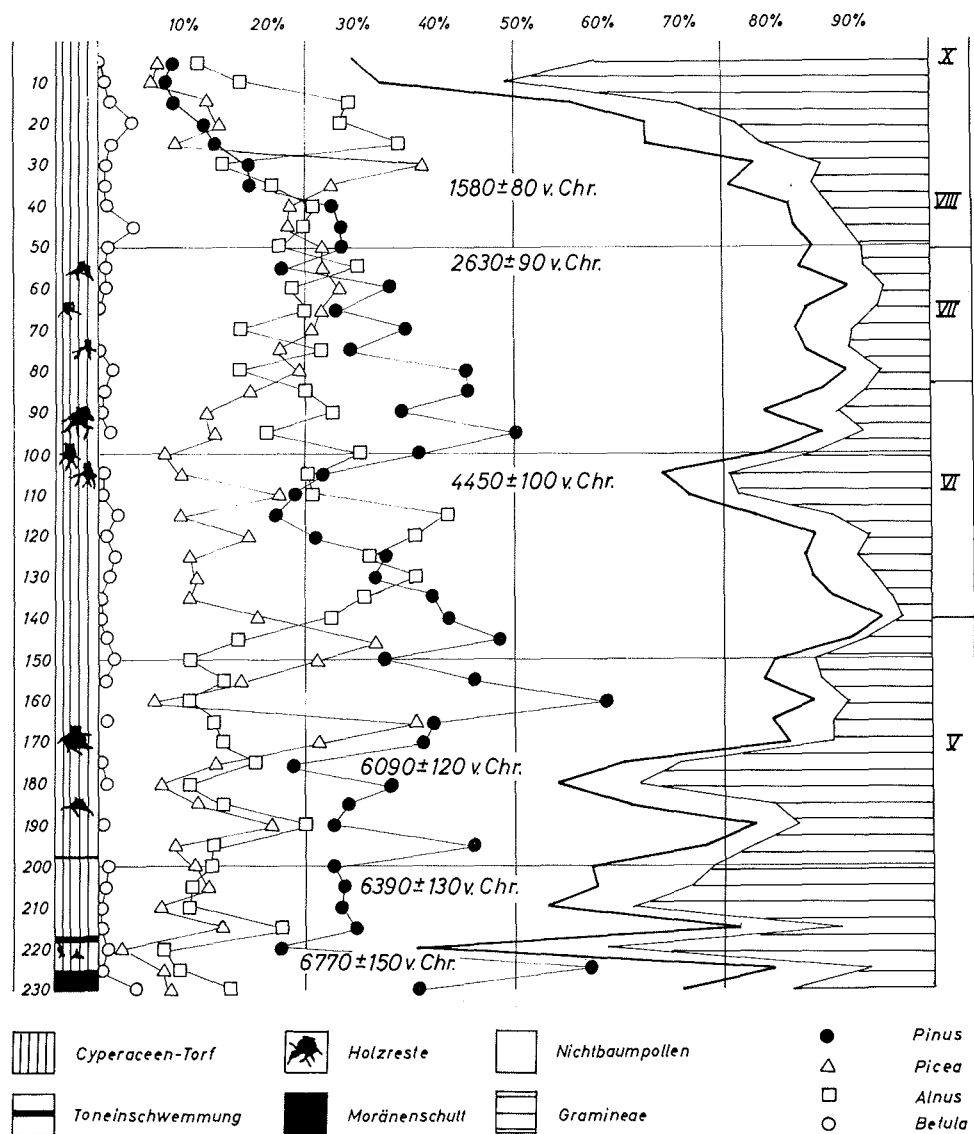
maximal $\pm 10\%$. Der Pollengehalt der Neuschneeproben verhielt sich zu dem der Frühjahrs- und Sommerproben wie 1 : 10.

Nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit den Pollenuntersuchungen am Kesselwandferner wurden auch Moore höherer Lagen und besonders Moore in Gletschnähe untersucht. Gemeinsam mit G. Patzelt (1967), der die Geschichte der Gletscherschwankungen untersuchte, wurden Moore im Großvenedigergebiet, vor allem die Moore in der Umgebung der Rostocker Hütte pollenanalytisch bearbeitet. Das Gebiet der Rostocker Hütte ist für solche Untersuchungen ideal geeignet, da dort die postglazialen Moränen auf einer Verebnung in 2200 bis 2300 m Höhe aufgefächert vorliegen und zwischen den einzelnen Moränen und außerhalb davon Moorbildungen vorhanden sind (Abb. 3). Es handelt sich ausschließlich um Zwischenmoorbildungen, die bis 230 cm mächtig und teils von einem Bach angeschnitten sind. Auch von der Ostabdachung des Großvenedigers, aus der unmittelbaren Nähe des Schlattenkees in 2170 m Höhe, wurde ein Moorprofil analysiert. Sämtliche Profile wurden ergraben und mit Blechkassetten ausgestochen, so daß die Möglichkeit einer Verunreinigung oder Verschleppung von Pollen ausgeschlossen werden kann (Bortenschlager und Patzelt 1969).

Die interessantesten Ergebnisse brachte das Profil außerhalb sämtlicher Moränen bei der Rostocker Hütte aus 2270 m Höhe (Abb. 4). Es konnten deutliche Schwankungen der NBP/BP-Kurve (Nichtbaumpollen/Baumpollen) festgestellt werden, welche auf eine Änderung der Wald- und Baumgrenze hinweisen und auch eine Änderung des Gletscherstandes annehmen lassen. Die im Profil auftretenden Schwankungen konnten mit den Moränen parallelisiert werden. Mit Hilfe von C-14-Daten, die in Wien im Institut für Radiumforschung und Kernphysik gemessen wurden, erfolgte auch noch deren absolute Datierung. Bereits in der tiefsten Probe weisen die hohen BP-Werte auf eine Bewaldung in dieser Höhe hin. Gestützt wird diese Annahme noch durch zahlreiche Funde von Zirbenästen bis 2 cm Durchmesser und durch teils noch geschlossene, meist aber zerfallene Zirbenzapfen, die noch ganze Nüsse enthielten. Das Alter dieser Zweige beträgt 8750 Jahre.

Ein markanter Rückschlag zeichnet sich in 220 cm ab. Durch Klimabesserung und erhöhtes Abschmelzen der Gletscher wurde in 218 cm Tiefe ein 1 cm mächtiges Tonband abgelagert. Auf die in 215 cm Tiefe angedeutete Klimabesserung folgt wieder eine etwas längerdauernde Verschlechterung, deren Ende wiederum durch eine geringmächtige Toneinschwemmung in 197 cm Tiefe markiert wird. Das Alter dieser Schwankung konnte auf 6400 v. Chr. datiert werden, während eine letzte Klimaschwankung im Boreal noch mit 6100 v. Chr. bestimmt wurde. Es folgt in 170 cm Tiefe eine deutliche Holzlage von Zirbenästen und Stämmen. Die Vorposten des Waldes in der nächsten Nähe des Moores dürften durch die Klimaverschlechterung zugrunde gegangen sein, die Baumgerippe blieben aber noch etwas länger stehen und stürzten erst später ins Moor.

Dies wiederholte sich nochmals nach der kurzen, aber markanten Klimaverschlechterung im Atlantikum, im Profil in ca. 110 cm Tiefe, die für 4500 v. Chr. datiert wurde. In der Holzlage von 90 bis 105 cm konnten Zirbenstämme bis 15 cm Durchmesser festgestellt werden. Toneinschwemmungen fehlen, da das Moor bereits über das Einschwemmungsniveau hinaus gewachsen war. Spuren weiterer Klimaverschlechterungen können noch bei 55 cm Tiefe mit einem Alter von ca. 2600 v. Chr. und bei 35 cm Tiefe mit einem Alter von ca. 1600 v. Chr. angenommen werden. Für diese beiden Schwankungen sprechen hauptsächlich die Nichtbaumpollen (Abb. 4).



Vereinfachtes Pollenprofil des Moores bei der Rostocker Hütte (2270 m)

Abb. 4: Stark vereinfachtes Pollenprofil des Moores bei der Rostocker Hütte.

Die obersten Schichten des Moores sind für eine Interpretation zu stark gestaucht und auch durch die Beweidung zu stark gestört. Noch beim Bau der Rostocker Hütte (1911) war das Moor von zahlreichen Zirbenstämmen (bis zu 70 cm Durchmesser) bedeckt, die damals zur Beheizung verwendet wurden. Es dürfte sich ebenso um eine Holzlage gehandelt haben, deren Ursache wahrscheinlich Gletschervorstöße der letzten Jahrhunderte waren.

Es muß hier aber darauf hingewiesen werden, daß die Waldbildner tieferer Lagen, vor allem die Vertreter des Eichenmischwaldes, die im Profil nur als Fernflug vorkommen, von den Schwankungen nichts zeigen. Es scheint, daß Schwankungen, die in Zusammenhang mit Gletschervorstößen stehen, nur in gletschernah gelegenen Mooren nachgewiesen werden können. Erstaunlich hoch ist die Moorzuwachsrate, die in günstigen Zeiten bis 6,5 cm pro 100 Jahre erreichte.

Bereits das etwas tiefer liegende Moor beim Schlattenkees (2170 m) zeigt nicht mehr die auffälligen Schwankungen der NBP/BP-Kurve wie das hier abgebildete Profil (Abb. 4). Im Profil vom Moor beim Schlattenkees reagiert die Fichte empfindlich und sie zeigt zu den Zeiten, wo in diesem Profil (Abb. 4) die NBP Maxima haben, Minima und umgekehrt. Die NBP/BP-Kurve hingegen zeigt kaum Schwankungen.

Klimaschwankungen in den hier gefundenen Zeiträumen wurden auch schon an anderen Orten der Alpen festgestellt, aber bisher noch nie mit Moränen parallelisiert, die mit der C-14-Methode absolut datiert werden konnten. Es sei hier nur auf die Larstig-Schwankung (Heuberger 1966), die Piottino- und Misozer-Schwankung (Zoller 1960) und den Subatlantischen Hochstand des Fernaufeners (Aario 1944, Mayr 1964) hingewiesen. Auch aus Alaska und Nordamerika liegen C-14-Daten von Gletschervorstößen vor, die gut mit den hier gefundenen Daten übereinstimmen.

LITERATUR

- Aario, L., 1940: Waldgrenzen und subrezente Pollenspektren in Petsamo, Lappland. Ann. Acad. Scient. Fenn. Ser. A 54 (8), 1—120.
- Aario, L., 1944: Ein nachwärmezeitlicher Gletschervorstoß in der Oberfernau in den Stubai Alpen. Acta Geograph. 9 (2), 5—31.
- Ambach, W. u. H. Eisner, 1966: Analysis of a 20 m Firn Pit on the Kesselwandferner (Ötztal Alps). Journal of Glaciology, 6 (44), 223—231.
- Ambach, W., S. Bortenschlager, u. H. Eisner, 1966: Pollen-Analysis Investigation of a 20 m Firn Pit on the Kesselwandferner (Ötztal Alps). Journal of Glaciology, 6 (44), 233—236.
- Ambach, W., S. Bortenschlager u. H. Eisner, 1969: Untersuchung von charakteristischen Pollenspektren im Akkumulationsgebiet eines Alpengletschers. Pollen et Spores, 9, 65—72.
- Bortenschlager, S. 1965: Funde afrikanischer Pollen in den Alpen. Naturwissenschaften 52, 663—664.
- Bortenschlager, S., 1966: Pollenanalytische Untersuchung des Dobramooses, Kärnten. Carinthia II 76, 59—74.
- Bortenschlager, S., 1967: Pollenanalytische Ergebnisse einer Firnprofiluntersuchung am Kesselwandferner (3240 m, Ötztal, Tirol). Grana Palynol. 7 (1), 259—274.
- Bortenschlager, S., 1969A: Pollenanalyse von Gletschereis. Umschau in Wissenschaft und Technik. H. 7, 216.
- Bortenschlager, S., 1969B: Pollenanalyse des Gletschereises — grundlegende Fragen zur Pollenanalyse überhaupt. Ber. Deut. Bot. Ges. 81, 491—497.

- Bortenschlager, S. u. G. Patzelt, 1969: Wärmezeitliche Klima- und Gletscherschwankungen im Pollenprofil eines hochgelegenen Moores (2270 m) der Venedigergruppe. Eiszeitalter und Gegenwart 20, 116—122.
- Gams, H., 1952: Das Meerträubel (*Ephedra*) und seine Ausbreitung in Europa. Jahrb. Ver. Schutz Alpenpfl. u. -tiere, 17, 34—40.
- Gams, H., 1957: Das Meerträubel in Tirol und im übrigen Europa. Der Schlern 31, 477—478.
- Gams, H., 1963: Waldgrenzverschiebungen und Palynologie. Grana Palynol. 4, 292—301.
- Glawion, H., 1939: Staub und Staubfälle in Arosa. Beitr. Physik der freien Atmosphäre 25, 1—43.
- Godwin, H., 1949: Pollen analysis of Glaciers in special relation to the formation of various types of Glacier bands. Journal of Glaciology, 1 (6), 325—333.
- Heuberger, H., 1966: Gletschergeschichtliche Untersuchungen in den Zentralalpen zwischen Sellrain- und Ötztal. Wissenschaftl. AV-Hefte 20, 1—126.
- Hoinkes, H. C. u. R. Rudolph, 1962: Mass balance studies on the Hintereisferner, Ötztal Alps, 1952—1961. Journal of Glaciology 4 (33), 266—280.
- Krenke, A. u. R. Fedorova, 1961: Pollen und Sporen auf der Oberfläche der Gletscher von Franz-Joseph-Land. Beiträge zur Glaziologischen Forschung 1961, 57—60 (russ.).
- Lang, G., 1951: Nachweis von *Ephedra* im südwestdeutschen Spätglazial. Naturwissenschaften 38, 334.
- Lüdi, W., 1937A: Beitrag zum Problem des Heufieberschutzes in einem Hochtale der Schweizer Alpen (Landschaft Davos). Jahresbericht 39 d. Heufieberbundes E. V., 3—15.
- Lüdi, W., 1937B: Die Pollensedimentation im Davoser Hochtale. Ber. Geobot. Forsch.-Inst. Rübel f. 1936, 107—127.
- Lüdi, W. u. V. Vareschi, 1936: Die Verbreitung, das Blühen und der Pollenniederschlag der Heufieberpflanzen im Hochtale von Davos. Ber. Geobot. Forsch.-Inst. Rübel f. 1935, 47—112.
- Machova, J. u. E. Troschkina, 1962: Ergebnisse der Untersuchung der Eisschichten der Elbrus-Gletscher mit der Sporen-Pollenanalyse. Arbeiten d. Geogr. Inst. d. Akad. d. Wiss. Moskau, 1962, 126—138 (russ.).
- Mayr, F., 1964: Untersuchungen über Ausmaß und Folgen der Klima- und Gletscherschwankungen seit dem Beginn der postglazialen Wärmezeit. Z. Geomorph. N.F. 8 (3), 257—285.
- Patzelt, G., 1967: Die Gletscher der Venedigergruppe. Diss. Innsbruck.
- Queck, H., 1966: Massenhaushaltsstudien am Kesselwandferner. Diss. Innsbruck.
- Röd, E., 1955: Analyse zweier mit Staubtrübung in Innsbruck verbundener Wetterlagen. Diss. Innsbruck.
- Schmidt, H., 1965: Pollenanalytische Untersuchungen an drei Kärntner Mooren. Diss. Innsbruck.
- Troschkina, E., 1968: Stratigraphie der Schnee- und Firndecke im Nährgebiet der Vergletscherung des Elbrus. Arbeiten d. Geogr. Inst. d. Akad. d. Wiss. Moskau, 1968, 213—222 (russ.).
- Troschkina, E. u. Machova, J., 1961: Untersuchungen der Bildungsbedingungen des Eises am Elbrus mit der Sporen-Pollenanalyse. Forschungen an Gletschern und Gletschergebieten. Wissenschaftsakademie Moskau, 1961, 210—217 (russ.).
- Vareschi, V., 1935A: Pollenanalyse aus Gletschereis. Ber. Geobot. Forsch.-Inst. Rübel f. 1934, 81—99.
- Vareschi, V., 1935B: Blütenpollen im Gletschereis. Z. f. Gletscherkde. 23, 255—276.
- Vareschi, V., 1937: Prüfung der neuen pollenanalytischen Methode der Gletscherforschung an Hand eines Firnprofils von bekannter Entstehungszeit. Z. f. Gletscherkde. 25, 17—35.
- Vareschi, V., 1940: Pollenniederschlag in den Hochalpen. Z. f. d. ges. Naturw., 62—74.
- Vareschi, V., 1942: Die pollenanalytische Untersuchung der Gletscherbewegung. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich 19, 1—44.

- Vareschi, V., 1951: Neue Wege der Gletscherforschung. Schrift. Ver. z. Verbr. natwiss. Kenntnisse Wien. Ber. ü. Vereinsjahr 90/91, 23—34.
- Welten, M., 1950: Beobachtungen über den rezenten Pollenniederschlag in alpiner Vegetation. Ber. Geobot. Forsch.-Inst. Rübel f. 1949, 48—57.
- Welten, M., 1950: Die Alpweiderodung im Pollendiagramm. Geobot. Forsch.-Inst. Rübel f. 1949, 57—67.
- Welten, M., 1957: Über das glaziale und spätglaziale Vorkommen von *Ephedra* am nordwestlichen Alpenrand. Ber. Schweiz. Bot. Ges. 67, 33—54.
- Welten, M., 1958: Pollenanalytische Untersuchung alpiner Bodenprofile: historische Entwicklung des Bodens und säkulare Sukzession der örtlichen Pflanzengesellschaften. Veröff. Inst. Rübel, Zürich 33, 253—274.
- Wiermann, R., 1962: Botanisch-moorkundliche Untersuchungen in Nordfriesland. *Meyniana* 12, 97—146.
- Zoller, H., 1960: Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte der insubrischen Schweiz. Denkschr. Schweiz. Natf. Ges. 83 (2), 45—156.
- Zoller, H., 1966: Postglaziale Gletscherstände und Klimaschwankungen im Gotthardmassiv und Vorderrheingebiet. Verh. Naturf. Ges. Basel 77 (2), 97—164.

Manuskript eingegangen am 5. Februar 1970.

Anschrift des Verfassers: Dr. Sigmar Bortenschlager, Institut für Botanische Systematik und Geobotanik der Universität Innsbruck
Sternwartestraße 15
A-6020 Innsbruck