

Das Hallstätter Trinkwasser.

Hydrogeologische Studien aus dem Dachsteingebiet.

Von

Alfred M a y r (Wels).

Da von den 540 km² des Dachsteinstockes rund 334 km² (das sind 62 Prozent) von verkarstungsfähigem, leicht löslichem Gestein, zum allergrößten Teil Dachsteinkalk, eingenommen werden (1, Seite 37), sind die hydrologischen Verhältnisse sehr kompliziert und in weiten Teilen dieses Gebietes noch völlig ungeklärt. Während die Quellen auf der Südseite durch die hochgelegenen Werfener Schiefer zum Austreten gezwungen werden und einen zusammenhängenden Almenhorizont bilden, ist dies im Norden nicht der Fall. Hier taucht der Dachsteinkalk infolge Nordfallens und Absinkens an Treppenbrüchen (2) tief unter den Spiegel des Hallstätter Sees. Daher münden viele Quellen knapp über dem Seespiegel oder sogar unter diesem.

Der Waldbachursprung bildet eine Ausnahme, denn er entspringt 3 km vom Nordrand entfernt, also schon mitten im Gebirge. Nach der Quelleneinteilung von J. S t i n y (3, Seite 106) gehört er zu den wasserreichen Höhlengrenzquellen. Er ist ein Beispiel dafür, daß eine Höhlenquelle nicht, wie man früher vielfach glaubte, nur an einer undurchlässigen Gesteinsschicht austreten kann. Bei einer Seehöhe von 913 m wird der Große Waldbachursprung (der Kleine liegt 30 m tiefer) allein bis zum Seeufer (500 m Seehöhe) von 413 m wasserdurchlässigem Dachsteinkalk unterlagert.

Die Dachsteingletscher und der Waldbachursprung.

Immer wieder tauchte die Frage nach der Herkunft des Wassers auf, das aus einer niederen Nische im anstehenden Dachsteinkalk hervorbricht. Für einen Zusammenhang mit den Niederschlägen zeugt das rapide Ansteigen zur Schneeschmelze und nach Regengüssen. Darüber hinaus aber nahm bereits F. S i m o n y eine Speisung der Waldbachquellen durch die Schmelzwässer der Dachsteingletscher an (4, Seite 127).

Seit 100 Jahren befinden sich die Gletscher in einem derart raschen Rückzug, daß sich nicht nur Glaziologen und Klimatologen, sondern in steigendem Maße auch die Wasser- und Energiewirtschaftler damit beschäftigen. Neuvermessungen der Dachsteingletscher in den Jahren 1948, 1951 und 1952 (5, 6, 7) gestatteten eine Berechnung der Eisflächen- und Massenverluste seit dem Beginn des Gletscherrückganges um 1850. Die Fläche der Dachsteingletscher verringerte sich in den letzten 100 Jahren von 10,91 km² auf 5,96 km², also um 46 Prozent; täglich wurden

etwa 136 m² frisches Gletschervorfeld eisfrei. Im gleichen Zeitraum verloren die Dachsteingletscher 482 Mill. m³ Eis. Diese Eismasse in m³-Würfeln aneinandergereiht, ergäbe 12 Eiskränze um die Erde. Pro Jahr verloren die Firnfelder durch Ablation 4,4 Mill. m³ Wasser. Allein der Hallstätter Gletscher gab jährlich 1,7 Mill. m³ Wasser ab. Da alle Firnfelder des Dachsteinstockes typische Karstgletscher sind, hat keiner von ihnen einen oberirdischen Abfluß. Alle übergeben bereits innerhalb der 1850er Moränen ihre Schmelzwässer den unterirdischen Entwässerungssystemen. Wo aber kommen diese Wassermassen wieder zum Vorschein? Eine Beantwortung dieser Frage war besonders für das Dachsteingebiet wichtig, denn seine Gletscher dienen zur Speisung von Wasserversorgungsanlagen bzw. liegen im Einzugsgebiet von Kraftwerken.

Die pollenanalytische Untersuchung von Quellwasser.

Einer Erfassung des Gletscherwassers in Karstgebieten stand bisher die Schwierigkeit entgegen, die gletschergespeisten Quellaustritte von jenen zu trennen, die als Einzugsgebiet lediglich eine periodisch durch Niederschläge benetzte Karstoberfläche besitzen. Da bot nun eine neue pollenanalytische Methode die Möglichkeit dazu (8, 9, Seite 94 bis 98; 10, Seite 304/5; 11, Seite 90 bis 96). Diese Methode steht in engster Beziehung zu der von V. Vareschi entwickelten Pollenanalyse von Gletschereis (12, 13), ja die pollenanalytische Untersuchung von Quellwasser baut direkt auf ihr auf, handelt es sich doch darum, den im Gletschereis gespeicherten und durch die Schmelzwässer in die Quellaustritte beförderten Pollenniederschlag zur Unterscheidung von Quellen zu benützen, die nur von Niederschlägen gespeist werden.

Zunächst galt es, den Blütenstaub aus dem Quellwasser herauszufiltern. Nach anfänglichen Mißerfolgen mit Filterpapier wurde schließlich ein Planktonnetz dazu benützt. Die Entnahmedauer (die Zeit, während der das Netz im Wasser hängt) wurde im Laufe der Zeit von 10 auf 30 Minuten gesteigert, was als vollkommen genügend angesehen werden kann. Nach einer Behandlung der Pollen mit Kalilauge (14, Seite 58 ff) oder Essigsäureanhydrit-Schwefelsäure (15, Seite 39) werden diese im Mikroskop bestimmt und ausgezählt.

Von 1948 bis 1953 wurden am Hallstätter Gletscher 5 Proben sowie an 27 Quellen 109 Proben entnommen. Es sollen im folgenden nur jene Pollendiagramme durchbesprochen werden, die zur Klärung der Herkunft des Wassers der Waldbachquellen beitragen (Tab. 1). Probe 101 (14. 7. 1950) stammt aus einem Schmelzwassermäander der Zunge des Hallstätter Gletschers (Abb. 1). Ihre Zuordnung zu einer bestimmten Jahreszeit ist auf Grund des Pollengehaltes nicht möglich. Obwohl die Probe im Sommer entnommen ist, enthält sie doch Blütenstaub aus allen



Abb. 1: Hallstätter Gletscher im Sommer 1951. Schneegrenze in 2600 m Höhe.
Die Ablation hat weite Teile des Gletschers erfaßt.

Aufnahme: USLF



Abb. 2: Hinterer Gosausee am 21. Mai 1953; Pegel 1129, 12 m. Die Schrägkluff als
aktiver Wasserspeicher.

Aufnahme: A. Mayr

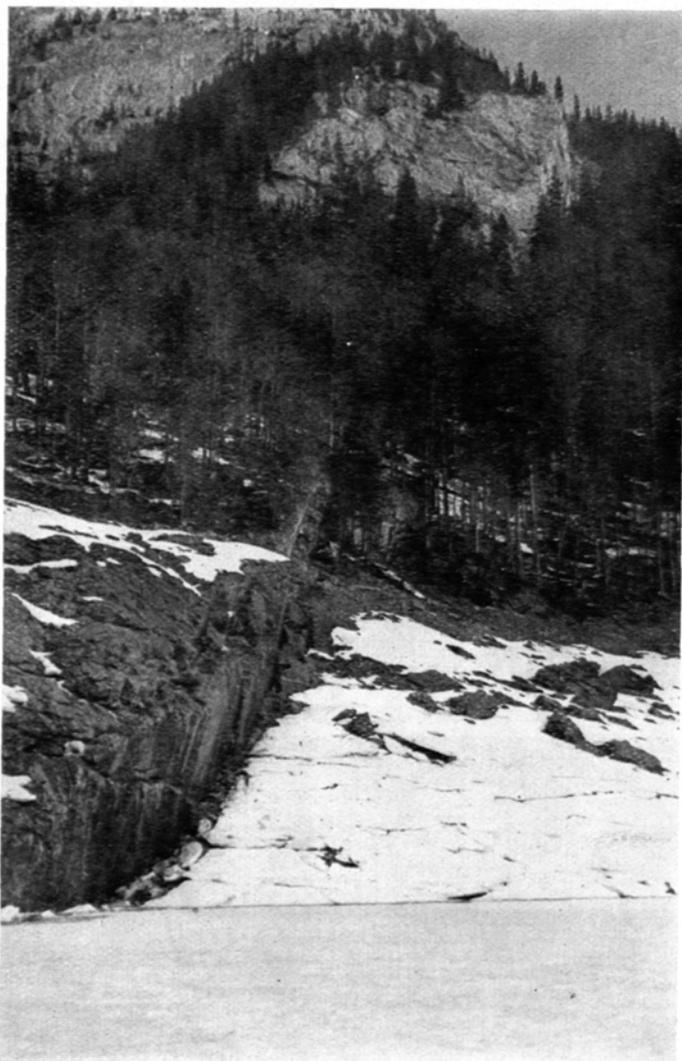


Abb. 3: Hinterer Gosausee mit Eisdecke; 2. April 1953, Pegel 1120, 75 m. Der Harnisch ist nur bei winterlichem Tiefstand sichtbar. Beginn der Kogelgasse rechts oben.

Aufnahme: A. Mayr

in einem Jahr aufeinanderfolgenden Blühperioden der Vegetation. Frühblüher (Hasel und Erle) finden sich zusammen mit Spätblüher (Zirbe und Linde). Wie wir durch die Untersuchungen V. Vareschis (13) am Aletschgletscher und Gepatschferner wissen, hinterläßt die Blühfolge unserer Vegetation durch Einstreuung von Blütenstaub in den Firnschichten eine charakteristische Aufeinanderfolge von Pollen. Mit diesen „Geburtsscheinen“ kann auf die Entstehungszeit der Firnschichten (Herbst und Winter, Vorfrühling, Frühling, Vorsommer, Sommer oder Spätsommer) rückgeschlossen werden.

In den Schmelzwässern ist von dieser Aufeinanderfolge der Pollen natürlich nichts mehr zu erkennen, denn von der Ablation werden Firnschichten aller Jahreszeiten erfaßt. Daher finden sich im Schmelzwasser eines Gletschers zu jeder Jahreszeit Pollen aller Blühperioden eines Jahres.

Fand die von F. Simony auf Grund von rhythmischen Tagesschwankungen angenommene Speisung des Waldbaches durch die Schmelzwässer der Gletscher von den Hochflächen her wirklich statt, dann mußten pollenanalytische Analysen des am Ursprung austretenden Quellwassers wenigstens ähnliche Ergebnisse bringen wie auf der Zunge des Hallstätter Gletschers.

In der Sommerprobe 6 vom Großen Waldbachursprung scheinen Pollen aller Blühperioden auf. *Corylus* ist, verglichen mit anderen Proben, sehr stark vertreten. In der Herbstprobe 16 sind die Frühblüher *Corylus*, *Alnus* und *Ulmus* am auffallendsten. Sie sollten nach der Entnahmezeit eigentlich fehlen, ausgenommen vielleicht die das ganze Jahr über sedimentierenden Erlen. Zur Zeit der Entnahme der Probe 78 (27. 11. 1949) war der obere, im anstehenden Dachsteinkalk liegende Quellaustritt völlig versiegt. Der tiefer verlagerte Hauptaustritt quoll fast auf gleicher Höhe mit dem Kleinen Waldbachursprung unter Blockwerk hervor. Auch hier liegt wieder ein Jahresspektrum vor.

In einem ähnlichen Zustand, fast versiegt und verschneit, wurde die Quelle am 26. 2. 1950 (Probe 85) angetroffen. Bemerkenswert ist die geringe Zahl der Coniferen im Verhältnis zu den anderen Baumpollen und das Maximum von *Tilia* unter allen Proben. Probe 111 (22. 5. 1953) wurde während der Schneeschmelze und nach zwei starken Gewitterregen gefiltert. Von einem auffallenden Einfluß durch diese Wetterlagen ist nichts zu bemerken. Im Gegensatz dazu hatte H. Rempe nach einem kurzen, 30 Minuten dauernden Gewitterregen die sechsfachen Pollenmengen gezählt, als sie vorher niedergegangen waren (16, Seite 142).

Die Proben vom Kleinen Waldbachursprung brachten weitgehend parallellaufende Ergebnisse wie die des Großen. Sie sind daher hier nur durch ein Beispiel vertreten (Probe 87).

Wie wir aus diesen Pollendiagrammen deutlich sehen, enthielten die

Waldbachquellen zu allen Jahreszeiten, ja selbst im Winter, wo der Pollenflug fast gänzlich erlischt, Blütenstaub aller Blühperioden eines Jahres. Sie zeigten damit das gleiche pollenanalytische Bild wie das Schmelzwasser der Gletscher. Damit aber ist der Beweis für die Speisung des Waldbaches durch die Karstgletscher noch nicht zur Gänze erbracht. Beweiskräftig werden diese Pollendiagramme erst durch das völlig andere Bild, das Quellen zeigen, die ein nicht vergletschertes Einzugsgebiet besitzen.

Neben anderen nur niederschlagsgespeisten Quellen wurde vor allem der Pießlingursprung zu allen Jahreszeiten untersucht. Die Wahl fiel deshalb auf diese Karstquelle, weil sie eine ähnlich große Wasserführung besitzt wie der Waldbachursprung. Außerdem hat ihr Einzugsgebiet gleiche geologische Beschaffenheit (Dachsteinkalk des Warschenecks) und grenzt ebenfalls an die Ennstalfurche.

Die Zahl der Pollen, die aus dem Pießlingursprung gefiltert wurden, lag fast bei sämtlichen Proben weit hinter der des Waldbaches zurück. Vor allem im Winter war sowohl mengen- als auch artenmäßig eine große Verarmung feststellbar (Probe 105 und 92). Das Auftreten der Arten hielt sich beim Pießlingursprung an die Aufblühfolge der Vegetation, hinkte allerdings zufolge der langsamen Entleerung der ausgedehnten Karstspeicherräume nach (Probe 103). Die überwiegende Zahl der Proben aus nichtvergletscherten Gebieten enthielt keinen Blütenstaub der erst zu erwartenden Blühperioden. Es ließ sich also auch ohne Kenntnis des Zeitpunktes der Entnahme dieser aus dem Pollendiagramm bestimmen. Beim Waldbach dagegen wiesen sämtliche Proben die geschlossene Blühfolge eines ganzen Jahres auf. Einerseits durch diesen Unterschied den nicht gletschergespeisten Quellaustritten gegenüber, andererseits aber durch das pollenanalytisch gleiche Bild mit den Schmelzwässern ist der einwandfreie Beweis für die Speisung der Waldbachquellen durch die Karstgletscher des Dachsteinstockes erbracht. Ob sich nur ein bestimmtes Firnfeld daran beteiligt oder deren mehrere, kann natürlich nicht gesagt werden.

Eine Erklärung für den Pollenreichtum der gletschergespeisten Quellen finden wir bereits 1942 bei V. V a r e s c h i (13, Seite 32): „Die geringen Windgeschwindigkeiten und die Strahlungsbedingungen der Nacht (17) bedingen nun ein vermehrtes Absinken der unter Tag emporgetragenen Pollen (16). Zweifellos führt auch dieser Umstand zu einer besonderen Anreicherung des Pollenniederschlages in den großen Firngebietern, die als die Heimat der nächtlichen Fallwinde bezeichnet werden können.“

Die Sporenfärbung von Karstgewässern.

Damit aber war nur ein Teil der Fragen um die Herkunft des Wassers gelüftet, das am Fuß des Ursprung-Kogels aus dem Dachsteinkalk quillt.

Der natürliche Blütenstaubregen brachte mich im Sommer 1952 auf den Gedanken, selbst Blütenstaub bzw. pflanzliche Sporen dem Wasser beizumengen, um so den Weg von unbekanntem Karstwasserläufen zu verfolgen. Bisher hatte man zur Bestimmung des Verlaufes und der Geschwindigkeit unterirdischer Gerinne meist zur Salzung oder Färbung (Fluorescin, Uranin) gegriffen. Auch Hefepilze und verschiedene Bakterienarten (18, Seite 208) wurden verwendet. Ich entschied mich nach mehreren Versuchen schließlich für Lycopodiumpulver (Bärlappsporen), da dieses dank seines hohen Fettgehaltes am besten als Zusatzmittel geeignet schien. Die Sporen, ins Wasser gestreut, setzten sich im Verlaufe einer Woche nur teilweise ab, z. T. aber blieben sie wie Plankton in Schwebelage oder bedeckten noch als dünne Haut die Oberfläche. Außerdem war Lycopodiumpulver in großen Mengen käuflich erhältlich.

Ein Grundversuch am Gimbach (Offenseegebiet) mit 100 g Bärlappsporen lieferte am 5. 3. 1953 fast genau dieselben Ergebnisse wie eine früher hier durchgeführte Chlorierung mit 2000 Liter Ablauge (11, Seite 94).

Beim nächsten Einsatz der Sporen-Färbung, wie diese Methode genannt sei, sollte der Versuch unternommen werden, die Abflußverhältnisse des Hinteren Gosausees zu klären. Obwohl diese Untersuchung fernab vom Waldbachursprung gestartet wurde, brachte sie doch gerade für diesen sowie für die Hydrologie des gesamten Gebietes wesentliche Erkenntnisse.

Der Hintere Gosausee und der Waldbachursprung.

Ein oberflächlicher Abfluß des Hinteren Gosausees findet nur dann statt, wenn der Seespiegel über Kote 1146,20 m steigt. Dieser Zustand trat z. B. in folgenden Jahren ein: 1926, 1933, 1935, 1936, 1937, 1938, 1948, 1949 und 1953. Außer diesen geringen oberirdischen Abflußmengen über den Karanger erfolgt die Entwässerung ausschließlich unterirdisch.

1896 entdeckte Müller (19, Seite 39) eine Abflußstelle gerade unter der Felswand, welche südlich vom Brettkogel in den See stürzt. Bei den Begehungen im Winter 1953 lag die tiefste offene Stelle dieser Kluft mit 1121 m etwas höher als der niedrige Winterspiegel. Bis zum maximalen Pegelstand von 1146,20 m hat die Kluft eine ungefähre Länge von 65 m. Sie durchzieht den Dachsteinkalk von rechts unten nach links oben (Abb. 2). Bei mehreren Begehungen im Winter 1953 wurde vergebens versucht, vom Eise aus noch andere Abflußstellen in der Seewanne festzustellen.

Für den Mai war daher eine ausgiebige Besporung der Schrägkluft am rechten Ufer geplant, um die bisher unbekanntem unterirdischen Abflußwege ausfindig zu machen. Als aber am 21. Mai 1953 bei Pegel 1129,12 m die Sporenfärbung durchgeführt werden sollte, gab es eine

große Überraschung. Die Schrägkluft nahm nicht wie bisher als Schwinde Seewasser auf, sondern sie gab selbst reichlich Wasser von sich (Abb. 2). Dieses Bergwasser hatte eine Temperatur von 3,5 Grad C. Die Temperatur des ruhigen Seewassers wurde mit 12 Grad C gemessen. Der oberste Quellaustritt lag fast 6 m über dem Seespiegel. Schuld an dieser plötzlichen Umkehr der Wasserführung war die in vollem Gang befindliche Schneeschmelze und ein schweres Gewitter am Abend des 20. 5. 1953. Wegen andauernder Niederschläge blieb die Kluff auch den ganzen Juni über ein aktiver Wasserspeier.

Um eine völlige Stabilisierung eintreten zu lassen, wurde daher erst am 14. 8. die Sporenfärbung durchgeführt. Der Spiegel des Sees hatte eine leicht sinkende Tendenz (Pegel 1145,86 m). Zwischen 10.00 und 11.00 Uhr wurden von einem Kahn aus durch einen Schlauch 8 kg Lycopodiumpulver in die Spalte eingeleitet. Das Ende des 25 m langen Schlauches war schon früher in eine Eisenröhre eingeführt und mittels Steinen in der Schrägkluff verklemt worden. Am Tag der Besporung lag diese Stelle etwa 11 m unter dem Seespiegel.

Mit fünf Planktonnetzen wurden folgende Quellaustritte und Gewässer kontrolliert: Kesselquellen am Fuß des Karangers, Einlauf am Vorderen Gosausee, Brunnbach beim Gosauschmied, Großer und Kleiner Waldbachursprung, Gosaubach beim Kraftwerk III und Geigerbach unterhalb Gosauschmied. Um das Netz beim Großen Waldbachursprung vor Entfernung zu schützen, wurde es unterhalb der ersten Biegung am linken Ufer befestigt. Da zufolge starker Zunahme der Wasserführung die Gefahr bestand, daß dieses Netz weggerissen würde, verlegte ich es am 18. 8. 1953 an den Fuß des großen Wasserfalles unterhalb der Einmündung der Klausbrunn (830 m Seehöhe). Dadurch wurden noch zusätzliche, am gesamten porösen Hang austretende Wassermassen erfaßt. Die Bearbeitung und Auszählung der Proben erfolgte in Hallstatt und Wels.

Bevor ich auf die Ergebnisse dieses Großversuches näher eingehe, seien die floristischen Grundlagen vorausgeschickt, welche die Voraussetzung für die „Färbung“ mit Bärlappsporen in diesem Gebiet schufen. In sämtlichen seit 1948 untersuchten Proben des Waldbachursprunges und der Gewässer im Gosautal habe ich nie Lycopodiumsporen gefunden. Dies hängt sicher mit dem kriechenden Wuchs der Bärlappe zusammen, denn nach H. R e m p e (16) stellt der Luftraum in Bodennähe bis etwa 50 cm Höhe eine Zone des überwiegenden Absinkens der Pollenkörner dar.

Von den im Untersuchungsgebiet vorkommenden Bärlapparten sind folgende Fundstellen bekannt:

Lycopodium inundatum L. (Sumpf-Bärlapp): am Stausee oberhalb Gosauschmied.

Lycopodium annotinum L. (Sproßender-Bärlapp): zwischen Gosaulacke und Hinterem Gosausee; ferner am Waldbachursprung.

Lycopodium selago L. (Tannen-Bärlapp): Dieses steigt nach freundlicher Angabe von F. MORTON bis ca. 1800 m empor.

Das in die Schwinde am Hinteren Gosausee eingeführte Pulver aber gehörte der Art *Lycopodium clavatum* (Kolben-Bärlapp) an. Diese Art bildet charakteristische Sporen aus, die mikroskopisch gut von den anderen Arten unterscheidbar sind.

Unter diesen Voraussetzungen war jede aus einer der kontrollierten Quelle gefilterte Spore von *Lycopodium clavatum* einwandfreier Beweis für ihre Herkunft aus dem am Hinteren Gosausee eingeführten Sporenbrei.

Nun zu den Ergebnissen der Untersuchung: Von den sieben kontrollierten Quellen bzw. Gewässern hatten fünf einen positiven Befund, d. h., sie enthielten *Lycopodium-clavatum*-Sporen. Beim Waldbach wurden mit zwei Netzen 159 Sporen, aus dem Großen Brunnbach 39 Sporen, aus den Kesselquellen 65 Sporen und beim Einlauf zum Vorderen Gosausee 14 Sporen gefiltert. Tabelle 2 bringt die genauen Werte für den Waldbachursprung.

Tabelle 2: Übersicht der im Waldbach enthaltenen *Lycopodium*-Sporen.

	Großer Waldbach- ursprung	Kleiner Waldbach- ursprung		Großer Waldbach- ursprung
14. 8. 1953	—	—	30. 8. 1953	—
15. 8. 1953	—	—	31. 8. 1953	0
16. 8. 1953	0	0	1. 9. 1953	—
17. 8. 1953	0	0	2. 9. 1953	—
18. 8. 1953	0	0	3. 9. 1953	0
19. 8. 1953	—	—	4. 9. 1953	—
20. 8. 1953	0	0	5. 9. 1953	—
21. 8. 1953	16	0	6. 9. 1953	—
22. 8. 1953	58	19	7. 9. 1953	1
23. 8. 1953	—	—	8. 9. 1953	—
24. 8. 1953	27	38	9. 9. 1953	—
25. 8. 1953	0	0	10. 9. 1953	—
26. 8. 1953	0	0	11. 9. 1953	—
27. 8. 1953	0		12. 9. 1953	—
28. 8. 1953	0		13. 9. 1953	—
29. 8. 1953	—		14. 9. 1953	0

— Netz im Wasser, aber keine Probe entnommen.

Großer Waldbachursprung: Wegen Gefährdung des Netzes wurde dieses am 18. 8. an den Fuß des großen Wasserfalles (830 m Seehöhe) verlegt.

Kleiner Waldbachursprung: Die Probenentnahme wurde am 27. 8. eingestellt.

Mit den Billionen Sporen verglichen, die durch die Schwinde in die unterirdischen Systeme gelangten, mögen die in den Proben enthaltenen Mengen gering erscheinen. Man bedenke aber einerseits die Sedimentation eines Teiles der Sporenmasse auf ihrem langen und sicherlich verzweigten Weg, andererseits, daß besonders an den Netzen beim Waldbach große Wassermengen ungefiltert vorbeiflossen. Außerdem ist es völlig unwahrscheinlich, daß mit den Netzen alle Wasserläufe erfaßt wurden, die vom Hinteren Gosausee aus gespeist werden. Neben anderen Quellaustritten ist dabei auch an die Unterwasserquellen im Hallstätter See zu denken.

Durch diese Ergebnisse ist der lückenlose Beweis erbracht, daß das durch die Schwinde aus dem Hinteren Gosausee austretende Wasser nicht nur in das Gosautal gelangte, sondern auch in den Waldbach. Letzteres ist besonders wichtig, denn diese Wassermengen sind für das Kraftwerk III oberhalb Gosauschmied und das Kraftwerk Steeg verloren. Andererseits wird durch die Vergrößerung des Einzugsgebietes die Ergiebigkeit der Waldbachquellen wesentlich gesteigert.

Tabelle 3: Waldbachursprung und Großer Brunnbach, nach Fließgeschwindigkeiten geordnet.

	Waldbach- ursprung	Großer Brunnbach
Höhe in m	830	796
Höhendifferenz in m	316	350
Entfernung in m	6500	5340
Gefälle in ‰	49	65
Fließdauer in Stunden	165	190
Geschwindigkeit in m/sec	0,011	0,008
Zahl der Sporen	159	39

Die 159 Sporen am Waldbach wurden mit zwei Netzen gefiltert. Pegel Hinterer Gosausee am 14. 8. 1953: 1146 m; diente zu Berechnung der Höhendifferenz.

Wie Tabelle 3 zeigt, gelangte das Sporengut trotz weiterer Entfernung und geringem Gefälle rascher in den Waldbach als in den Großen Brunnbach. Obwohl die Sporenfärbung noch keine quantitativen Ergebnisse liefern kann, darf doch mit großer Wahrscheinlichkeit aus den Zahlen gefolgert werden, daß der überwiegende Teil des Gosauseewassers ins Echerntal gelangte.

Eine kritische Prüfung des Zahlenmaterials ergibt eine deutliche Abhängigkeit der unterirdischen Entwässerung dieses Gebietes vom geologischen Bau. Die enge Bindung der Karstgefäße an die Tektonik wird vor allem dadurch unterstrichen, daß das Maximum der Sporenmenge mit einer Geschwindigkeit von 0,011 m/sec in den Waldbach befördert wurde. Gefälle und Ent-

fernung berücksichtigt, kommt damit diesem Karstgerinne die relativ größte Geschwindigkeit zu. Die am Hinteren Gosausee mit einem Harnisch beginnende (Abb. 3), SSW—NNO verlaufende Langtalstörung, obertags durch Gassen, Schwinden und Schlucklöcher aller Art gekennzeichnet, bildet damit eine Hauptentwässerungsanlage des Karststockes.

Wie auf der geologischen Karte deutlich ersichtlich ist, sind dem Dachsteinkalk zwei Systeme von Verwerfungslinien eingeprägt. Das eine, OSO—WNW verlaufend, hat im Gosauseental seine stärkste Ausprägung. Die deutlichsten Parallelzüge dazu sind die Furche Kesselwand — Seekaralm — Lacken — Angerkogel und die Talfurche der Herrengasse — Wiesalm (in ihrer Verlängerung der Waldbachursprung). Dem zweiten System (SSW—NNO) gehört die am Hinteren Gosausee beginnende, über die Kogelgasse und das Langtal in das Echerntal hinzielende Verwerfung an. Parallel dazu verlaufen weiter westlich vom Vorderen Gosausee ins Gosautal die Große- und die Kleine-Klamm-Störung. Die Kare der westlichen Dachsteingletscher gliedern sich auffallenderweise alle dem OSO—WNW-System, die der östlichen Firnfelder dem SSW—NNO-System ein.

Die Ergebnisse der Besporung des Hinteren Gosausees lassen den Schluß zu, daß wenigstens in gewissen Teilen des Massivs ein zusammenhängendes System von Wasserläufen und Speicherräumen besteht. Dieses wird durch die Schmelzwässer der Gletscher sowie durch die Niederschläge gespeist, die durch Schlucklöcher und Dolinen in die Tiefe gelangen. Natürlich werden wir uns den unterirdischen Wasserlauf zwischen Hinterem Gosausee und Waldbach nicht als Höhlenfluß mit starker Efforiation vorstellen dürfen, dazu ist das Gefälle viel zu gering, wohl aber als zentrales — da tektonisch bedingtes — Gerinne, das aber unterwegs von allen Seiten durch zahlreiche Spalten sowohl Zuflüsse erhält, als auch wieder allseits Wasser abgibt.

Die Entleerung des Systems vollzieht sich teils in den sichtbaren Karstquellen, teils in unsichtbaren Austritten in Schotterkörpern bzw. Karstgestein zu den Wasserläufen und den Seen der Talfurchen. Der Hintere Gosausee ist an das Karstsystem als ein kommunizierendes Gefäß mit gedrosselter Zuleitung (Schwinde) angeschlossen. Je nach dem Verhältnis der Spiegellage des Bergwassers zum Seespiegel empfängt der See Wasser aus dem Berg oder gibt Wasser an diesen ab. Wenn bei starkem Wasseranfall zur Zeit der Schneeschmelze (meist im Mai), vermehrt durch Niederschläge, der Wasserstand im Berg rascher ansteigt als der Seespiegel, tritt das Wasser aus der Schrägkluft bis zu 6 m über dem Seespiegel aus (Abb. 2).

Ist der Abbau des gespeicherten Schneeschmelzwassers erfolgt und fallen der Jahreszeit entsprechend verminderte Niederschläge, so beginnt etwa ab August/September der Seespiegel zu sinken. Dann ist die Phase

erreicht, in welcher der See regelmäßig Wasser an die Karstgefäße abgibt. Im Herbst und Winter wird mit der allmählichen Aufzehrung der Wasservorräte im Berg bei sinkendem Seespiegel schließlich ein Zustand erreicht, bei dem die Verbindung zwischen der Schwinde am Hinteren Gosausee und dem Waldbach unterbrochen wird. Dies fällt zeitlich mit dem Erlöschen des Großen Waldbachursprunges und seiner allmählichen Tieferverlagerung in das Niveau des Kleinen Waldbachursprunges zusammen.

Bedeutung der Ergebnisse der Sporenfärbung für die Pollenanalyse von Quellwasser.

Über diese Ergebnisse hinaus lieferte die Sporenfärbung am Gosausee noch eine wichtige Stütze für die einleitend beschriebene Pollenanalyse von Quellwasser. Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, reinigten sich die von den Bärlappsporen durchflossenen Karstgefäße ziemlich rasch vom Sporengut. Die binnen einer Stunde eingeführten 8 kg Lycopodiumsporen wurden auf ihrem Weg nach Hallstatt so weit auseinandergezogen, daß sie im Ursprung vier Tage hindurch nachzuweisen waren. Dann aber wurden sie nicht mehr gefunden, und erst neun Tage später filterte das Netz noch einen Nachzügler, der, vielleicht unterwegs bereits sedimentiert, von den Wassermassen aber wieder erfaßt wurde. Diese rasche Reinigung der unterirdischen Gerinne von den Bärlappsporen darf wohl auch für den Blütenstaub anderer Pflanzen angenommen werden. Diese Tatsache ist entscheidend für die Pollenanalyse von Quellwasser, denn, würden die Pollenkörner in größeren Mengen an den Wänden der Karstgefäße haften bleiben und erst nach Monaten wieder losgelöst und weiterbefördert, dann würde ja dies gänzlich verzerrte und irreführende Pollendiagramme ergeben.

Zusammenfassung:

Zwei neue pollenanalytische Methoden ermöglichten die Klärung der Herkunft des Hallstätter Trinkwassers. Die Pollenanalyse von Quellwasser erbrachte den Beweis, daß der Große und der Kleine Waldbachursprung von den Gletschern der Hochfläche gespeist werden. Schmelzwasser der Dachsteingletscher gelangt aber auch vermittels der Quelle des Marbaches in die Enns.

Außerdem aber wurde durch die Sporenfärbung die Belieferung der Waldbachquellen mit Wasser vom Hinteren Gosausee festgestellt. Einheitliches Lycopodiumpulver wurde durch eine Schwinde am Hinteren Gosausee den Karstgefäßen zugeleitet und gelangt binnen 165 Stunden in den Waldbachursprung.

Literaturverzeichnis.

- 1 Schaubergger, O., Über den gegenwärtigen Stand der Höhlenforschung im Dachsteingebiet. „Die Höhle“ Jg. 4 (1953), H. 3.
- 2 Ganss, O., Tektonik und alte Landoberflächen der Dachsteingruppe. Jahrb. d. Geolog. Landesanstalt, 1939.
- 3 Stiny, J., Die Quellen. Verlag J. Springer, Wien, 1933.
- 4 Simony, F., Das Dachsteingebiet. Wien, Ed. Hölzel, 1889.
- 5 Mayr, A., und Moser, Roman, Geographische Arbeiten im Dachsteingebiet. Seminararbeit, Geographisches Institut d. Univ. Innsbruck (unveröffentlicht), 1948.
- 6 Mayr, A., und Moser, Roman, Bericht über die Vermessungen der westlichen Dachsteingletscher und Berechnung der Eismassenverluste (unveröffentlicht). 1951/52.
- 7 Mayr, A., und Moser, Roman, Flächen- und Massenverluste der Dachsteingletscher. Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie. Bd. II (1953), H. 2.
- 8 Mayr, A., Hydrogeologische Studien im Dachsteingebiet, mit besonderer Berücksichtigung der Gletscherwässer. Geologische Dissertation, Leopold-Franzens-Universität Innsbruck. 1954 (unveröffentlicht).
- 9 Mayr, A., Blütenpollen und pflanzliche Sporen als Mittel zur Untersuchung von Quellen und Karstwässern. Anzeiger d. math.-naturw. Klasse d. Österreichischen Akademie d. Wissenschaften, Jg. 1953, Nr. 6, Seite 94—98.
- 10 Mayr, A., Blütenpollen und Sporen als Mittel zum Nachweis von Gletscherwässern. Zeitschrift f. Gletscherkunde und Glazialgeologie. Bd. II (1953), H. 2, Seite 304—305.
- 11 Mayr, A., Neue Wege zur Erforschung von Quellen und Karstwässern. Mitteilungen der Bundeshöhlenkommission, 1953, Seite 90—96.
- 12 Vareschi, V., Blütenpollen im Gletschereis, eine neue glaziologische Methode. Zeitschrift f. Gletscherkunde, Bd. 23 (1935).
- 13 Vareschi, V., Die pollenanalytische Untersuchung der Gletscherbewegung. Veröffentlichungen d. Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich. H. 19, 1942.
- 14 Faegri, K., und Iversen, J., Text-Book of Modern Pollen Analysis. Ejnar Munksgaard, Copenhagen. 1950.
- 15 Erdtman, G., Neue pollenanalytische Untersuchungsmethoden. Bericht über das Geobotanische Forschungsinstitut Rübel in Zürich für das Jahr 1935, Seite 38—46, 1936.
- 16 Rempe, H., Untersuchungen über die Verbreitung des Blütenstaubes durch die Luftströmungen. Planta, Bd. 27 (1937), H. 1.
- 17 Defant, A., Über die nächtliche Abkühlung der untersten staubbeladenen Luftschichten. Anal. Hydrog. 47, Berlin, 1919.
- 18 Prinz, E., Hydrologie, Springer, Berlin 1923.
- 19 Müllner, J., Die Seen des Salzkammergutes und der österr. Traun. Geogr. Abhandlungen, Bd. VI (1896), H. 1.

Tabelle 1: Pollenanalytische Befunde vom Hallstätter Gletscher, Waldbachursprung und Pießlingursprung

Probe-Nr.	Entnahmestelle	Tag der Entnahme	Entnahmedauer in Minuten	<i>Picea excelsa</i>	<i>Abies</i>	<i>Pinus silv. + mont.</i>	<i>Pinus Cembra</i>	<i>Corylus</i>	<i>Betula</i>	<i>Alnus</i>	<i>Fagus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Tilia</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Salix</i>	Gramineen	Ericaceen	Compositen
101	Hallstätter Gletscher	14. 7. 1950	30	211	14	464	8	14	2	3	2	—	2	—	4	18	15	6
6	Großer Waldbachursprung	12. 7. 1949	10	177	—	256	9	28	1	8	—	1	3	—	8	25	7	—
16	Großer Waldbachursprung	2. 9. 1949	10	54	12	202	16	7	—	13	—	—	1	2	—	73	4	6
78	Großer Waldbachursprung	27. 11. 1949	30	156	16	337	29	11	9	2	1	—	2	—	3	112	—	17
85	Großer Waldbachursprung	26. 2. 1950	30	11	—	16	3	7	3	7	3	—	8	—	—	—	—	—
111	Großer Waldbachursprung	22. 5. 1953	30	81	3	206	17	12	2	12	—	—	—	4	4	8	2	52
87	Kleiner Waldbachursprung	26. 2. 1950	30	76	3	197	8	25	3	6	—	—	2	—	5	20	—	4
92	Pießlingursprung	27. 2. 1950	30	—	—	4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
103	Pießlingursprung	24. 6. 1951	30	120	3	226	—	14	1	—	4	—	—	1	12	97	12	—
105	Pießlingursprung	23. 12. 1951	30	14	—	23	—	—	—	—	—	—	3	—	—	—	—	2