

# Moor- und Seeablagerungen aus den Tiroler Alpen in ihrer waldgeschichtlichen Bedeutung.

## II. Teil: Seen der Nordtiroler Kalkalpen.

Von  
Rudolf Graf v. Sarnthein.

(Mit 18 Abbildungen im Text.)

### Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Einleitung . . . . .	437
Der Wildsee bei Seefeld . . . . .	438
1. Geologisch-topographische Übersicht . . . . .	438
2. Stratigraphie der Sedimente. . . . .	440
3. Pollenanalytischer Befund und Zonengliederung . . . . .	442
Der Achensee . . . . .	453
1. Geologisch-topographische Übersicht . . . . .	453
2. Niederschlagsverhältnisse . . . . .	455
3. Stratigraphie der Sedimente. . . . .	456
4. Pollenanalytischer Befund und Zonengliederung . . . . .	461
Das Wasenmoos bei Heiterwang am Plansee . . . . .	470
Gliederung des Spätglazials und vergleichende Zonengliederung der nach- eiszeitlichen Wald- und Klimaentwicklung in Deutschland . . . . .	474
Die Bergsturzseen: Weißensee am Fernpaß und Piburger See im Ötztal . .	481
Anhang: Subfossile Algen im Seefelder Wildsee und im Achensee, nach Be- stimmung von G. Krasske in Kassel und E. Messikomer in Seegräben bei Zürich . . . . .	485
Schriftenverzeichnis . . . . .	491

### Einleitung.

Der im Band LV (1936) dieser Zeitschrift erschienene I. Teil dieser Arbeit behandelt in erster Linie hochgelegene Moorbildungen der Zentralalpen, die im Bereich der stadialen Vergletscherung gelegen, vorwiegend die Entwicklung der Wärmezeit in den Alpen aufzeigen und in ihren ältesten Ablagerungen höchstens in das



Präboreal zurückgehen. Einzig die am Nazner Plateau bei Brixen außerhalb des Bereiches der stadialen Vergletscherung gelegenen Moore weisen Glazialtonschichten auf, die der späteiszeitlichen Entwicklung angehören. Die im gleichen Bereich gelegenen Ablagerungen im Sterzinger Moor und im Brennersee erwiesen sich als bergsturzbedingte spätwärmezeitliche Bildungen.

Im Bestreben, den Verlauf des Spätglazials in den Nordalpen näher zu erfassen, konnte nun erwartet werden, daß Ablagerungen dieser Zeit in den Seen der Nordtiroler Kalkalpen, die außerhalb des Bereiches der Stadialmoränen liegen, erhalten sind. Es wurden daher im Wildsee bei Seefeld, im Achensee und im Planseebereiche Bohrungen vorgenommen und eine Reihe von Profilen untersucht. Angeschlossen wurde die Untersuchung von Seeablagerungen aus dem Bergsturzgebiete des Ötztals und des Fernpasses.

Ich möchte an dieser Stelle dem Vorstande des botanischen Institutes der Universität Innsbruck, Professor Dr. Sperlich, meinen Dank aussprechen, der mir nun schon seit Jahren Arbeitsplatz und Gastrecht in seinem Institute einräumt und mir dadurch die Möglichkeit zur Durchführung der vorliegenden Untersuchungen bietet.

## Der Wildsee bei Seefeld.

(1180 m).

### 1. Geologisch-topographische Übersicht.

Zwischen den Gebirgsstöcken der Mieminger Kette und des Solsteins sinkt der Hauptdolomit von 2600 m Höhe auf 1500 m ein und bildet den 12 km breiten Sattel von Seefeld (Fig. 1). Dieses Mittelgebirgsgelände stellt sich als Rumpffläche eines tief abgetragenen Faltengebirges und des spätereiszeitlichen (jungpliozänen) Oberflächensystemes dar, das damals schon in die Gebirgsoberfläche eingesenkt, die Wasserscheide zwischen den tiefer gelegenen Tälern des Inns und der Isar bildete.

Zur Zeit der Würmvereisung flossen Teile des linken Inntalgletschers durch diese Senke in das Isartal ab. Der Gletscher überfuhr die Reste der jüngeren interglazialen Verschüttung des Inntales — der Terrassensedimente —, die über den Sattel hinweg bis gegen Scharnitz lagerten, und bedeckte sie mit seiner Grundmoräne. Zur Zeit seines Höchststandes erreichte der Eisstrom nach den zentralalpinen Geschieben an der Solsteinkette eine Höhe von ca. 2200 m.

Die letzte Vergletscherung fällt in das Bühlstadium im weiteren Sinne.

Zweifellos haben die Gletscher des Gschnitz- und Daunstadiums bzw. der Ampfererschen Schlußvereisung den Sattel nicht mehr erreicht.

Auf diesem erstreckt sich von der Sattelhöhe bei Auland (1185 m) an gegen Norden in einer Ausdehnung von ca. 2 km das Becken von Seefeld, eine tektonisch vorgebildete Felswanne, die



von Grundmoräne und darüber gelagerten rezenten Schuttmassen aufgefüllt ist. Die Grundmoräne enthält nur 5—8% zentralalpine Gerölle, weist somit eine lokale Fazies auf.

In diesem Becken liegt der Seefelder Wildsee. Seine heutige Länge in der Südnordrichtung beträgt ca. 700 m, seine größte Breite ca. 190 m. Ursprünglich im Bereich der Grund-

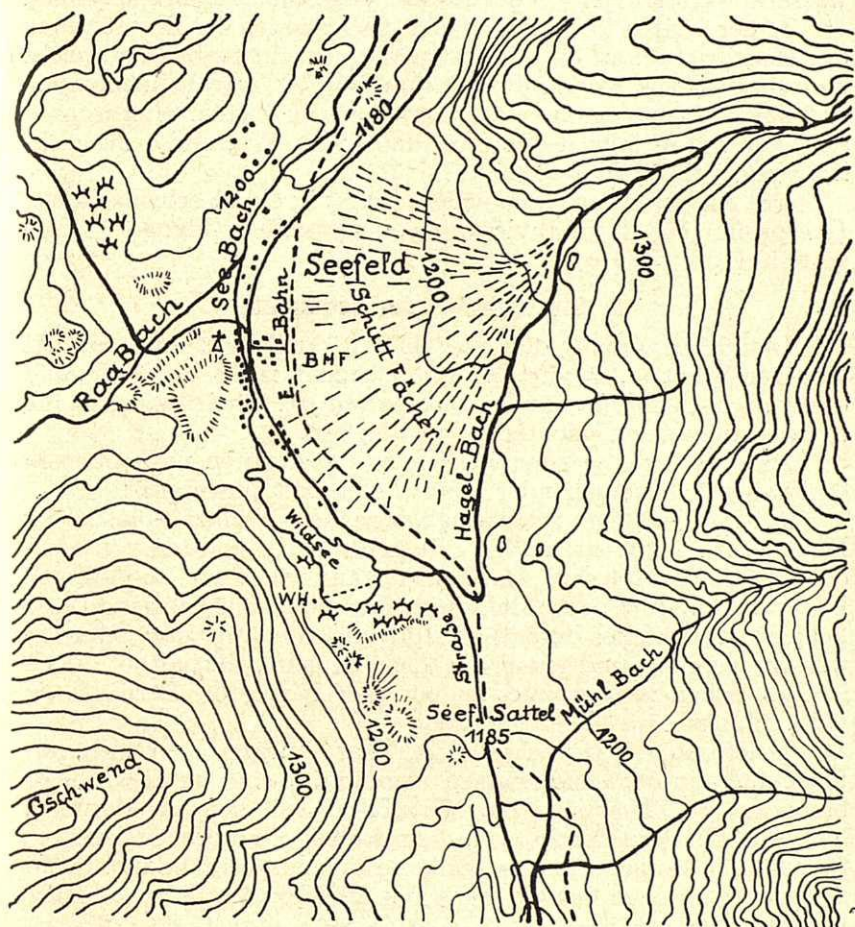


Fig. 1.

Kartenskizze des Seefelder Sattels.

moräne gelegen und durch sie abgedämmt bzw. gegliedert, dürfte er wohl den größten Teil des Seefelder Beckens bedeckt haben. Durch den von Nordosten her abgelagerten Schuttfächer des Hagelbaches wurde jedoch das Becken zum größten Teil mit rezenten Dolomitschuttmassen ausgefüllt und der See auf seinen heutigen Umfang eingeschränkt. Nur gegen Süden schließt an



den See ein Latschenhochmoor an, das durch Verlandung entstanden ist.

Auf der schuttfreien Westseite des Sees treten die teilweise von Moräne bedeckten gletschergeschliffenen Buckel des Hauptdolomites zutage.

Den Zufluß des Sees bildet der durch seinen eigenen Schuttkegel im Bogen nach Süden abgedrängte Hagelbach. Seine Entwässerung erfolgt vom Nordende durch den Seebach zum Isarsystem.

In der breiten flachen Südbucht noch südlich der Einmündung des Hagelbaches, an die sein Schuttkegel nicht mehr heranreicht und die ganz von Moorbildungen umrahmt ist, war die mächtigste und ungestörteste Sedimentation im See zu erwarten. Hier wurden an einer 143 m langen Querprofilinie vom Wintereise aus acht Bohrungen niedergebracht.

Das Ergebnis der Untersuchungen ist in einem schematischen Querprofil (Fig. 2) und vier Pollendiagrammen (Fig. 3—6) dargestellt.

## 2. Stratigraphie der Sedimente.

Den alten Grund des Sees bildet durchwegs eine Schicht kantiger Schotter, in die der Bohrer nicht mehr vordrang und die wohl als Grundmoräne anzusprechen ist. Auf ihr lagern die Sedimente in einer Mächtigkeit von 5,20 m.

Diese Sedimente gliedern sich nun von unten nach oben in drei wesentlich voneinander abweichende Hauptgruppen:

A. Tonig-kalkige Schlammablagerungen von zäh-plastischer Konsistenz, hellblaugrauer bis graugelber Farbe und frei von Sand oder gröberem Material. Die Tonsubstanz wiegt vor, so daß eine Untersuchung nur nach Flußsäurebehandlung möglich ist. Diese Schicht ist zweifellos durch Sinkstoffe aus Gletscher und Schmelzwässern gebildet und entspricht dem Begriff „Glazialton“, doch ist des hohen Kalkgehaltes halber hier besser die Bezeichnung *Glazialmergel* zu brauchen.

Innerhalb des Bereiches dieser Glazialmergel hebt sich, als Schicht  $A_1$  in den Diagrammen abgetrennt, eine untere Schicht besonders ab. Hier sind die Mergellagen mit starken, dunklen, humosen Bändern durchzogen, die reichlich organogenen Detritus führen; der Mergel selbst ist kalkreicher und ebenfalls mit reichlichem organischen Gehalt und kann als Mergelgyttja bezeichnet werden.

Die darüberliegenden, als  $A_2$  gekennzeichneten Schichten sind dann homogene hellblaugraue Mergel, in denen der Gehalt an organogener Substanz fast verschwindet.

Diese Mergellagen erreichen eine maximale Mächtigkeit von 2,60 m, wobei auf die Schicht  $A_1$  40—60 cm entfallen.

A—B. Eine Übergangsschicht mit abnehmendem Tongehalt zur folgenden Seekreide findet sich nur im Bereiche des Profiles I. In allen andern Profilen zeigt sich hier eine deutliche Sedimentationslücke, in der die Mergel in scharfem Kontakt zur folgenden Schichtgruppe liegen.



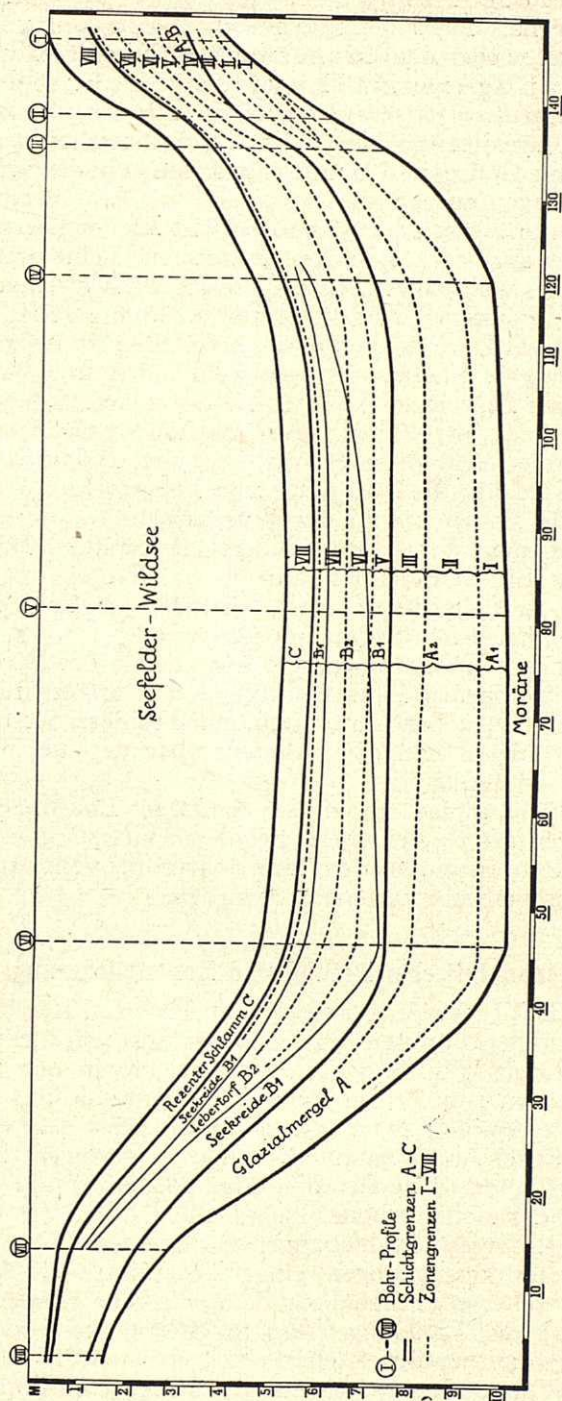


Fig. 2  
Schematisches Linienprofil durch den Seefelder Wildsee.



B. Tonfreie Feindetritus-Gyttja von wechselndem Kalkgehalt mit einer maximalen Mächtigkeit von 2 m. Sie gliedert sich wieder deutlich in zwei Schichtkomplexe:

B<sub>1</sub>. Organogene Kalkgyttja (Seekreide) von griesiger bis kompakt-plastischer Konsistenz, gelbgrau, in trockenem Zustande weiß-kreidig. So ist dieser Schichtkomplex B an den Randprofilen zur Gänze, in den mittleren Profilen in den untersten und obersten Lagen ausgebildet.

B<sub>2</sub>. Linsenförmig in die Seekreideschicht B<sub>1</sub> eingebettet liegt eine kalkarme, aus stark koprogen zersetztem Feindetritus bestehende Gyttja von gallertartiger, elastischer Konsistenz, von hell- bis dunkelbraungrüner Färbung, die herkömmlich als Lebertorf bezeichnet wird, wenn auch eine Torfbildung im eigentlichen Sinne nicht vorliegt. Sie führt massenhaft Pisidien und Valvatenschalen, reichlich Diatomeen, spärlicher Desmidiaceen. Gegen die Westseite des Sees, wo offensichtlich die Wasserzirkulation am geringsten war, erreicht diese Schichtlinse eine Mächtigkeit von 1,60 m, doch sind überall Übergänge von Lebertorf zu Seekreide anzutreffen. Die Pollen und die übrige organische Substanz dieser Schicht sind offenbar durch Fraßschäden sehr zerstört. Der Feindetritus ist im Mikroskop ganz hyalin.

Seekreide und Lebertorf sind lokalbedingte Ausbildungsformen einer einheitlichen Sedimentationsperiode.

C. In raschem Übergang nimmt der Gehalt der Sedimente an tonigen minerogenen Beimengungen sowie an organogenem Grobdetritus zu. Sie gehen in rezenten, stark tonigen Seeschlamm von wenig verfestigter breiiger Konsistenz über, der eine Mächtigkeit von 80 cm aufweist.

Diese Schichtenfolge, die schon bei den Bohrungen klar zutage trat, bestätigte sich auch bei den Untersuchungen der Proben im Laboratorium, bei dem fünf Bohrprofile vollständig, die übrigen stichprobenweise untersucht wurden.

### 3. Pollenanalytischer Befund und Zonengliederung.

Das Profil VI wurde durchweg in Probenabständen von 10 cm, an kritischen Punkten des Fazieswechsels von 5 cm untersucht. Die übrigen Profile weisen insbesondere in den wärmezeitlichen Perioden zum Teil größere Probenabstände auf. Es ist bei Bohrungen, speziell in größeren Tiefen oder bei weichem Substrat, praktisch wohl kaum zweckmäßig, geringere Probenabstände einzuhalten, ohne Gefahr zu laufen, daß durch die Unzulänglichkeit der Bohrmethode, insbesondere durch die Torsion des Bohrkernes, Niveauverschiebungen vorkommen. Eine größere Zahl von Profiluntersuchungen einer Lagerstätte scheint mir den Nachteil weiterer Probenabstände wenigstens teilweise auszugleichen und die Erzielung eines möglichst kontinuierlichen Pollenspektrums zu gewährleisten.

Bei der Untersuchung wurden die Pollen von Ericaceen, Gramineen, Cyperaceen und Kräutern gezählt und in Verhältnis



zur Gesamtwaldbaumpollensumme gestellt. Ihre Anzahl ist jedoch durchweg so unbedeutend, daß ihre graphische Darstellung sich nicht lohnte und nur ihre Gesamtprozentzahl als Varia (VAR) am Rande der Diagramme angeführt wurde.

Der stark wechselnde Pollengehalt der untersuchten Schichten ließ es angezeigt erscheinen, die Pollenfrequenz (PF.) zu beachten, um allfällige Gesetzmäßigkeiten im Wechsel festzustellen. Als Maß wurde die Zahl der Baumpollen per Quadratcentimeter Präparatfläche schätzungsweise festgestellt. Proben, in denen

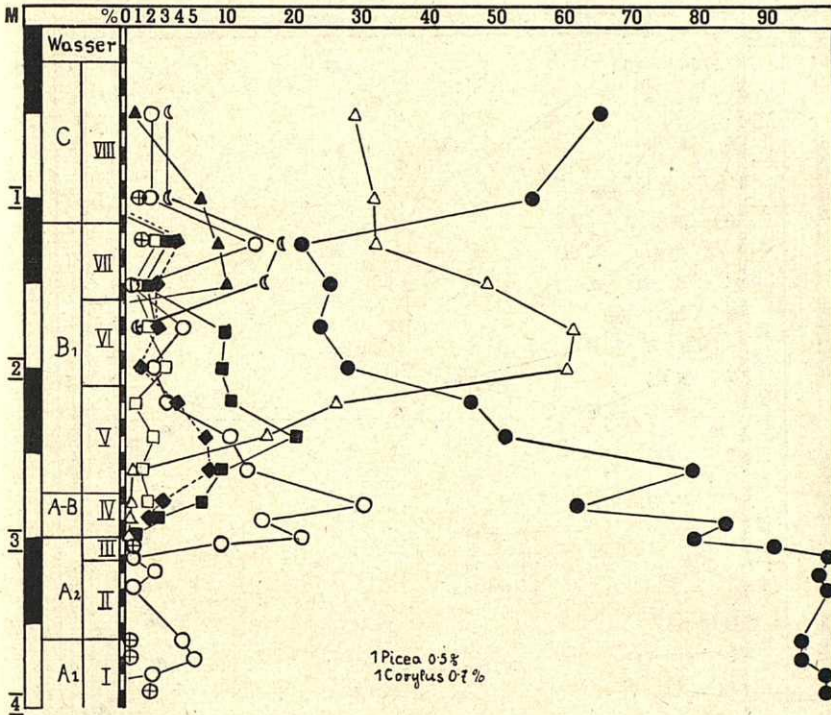


Fig. 3.  
Seefelder Wildsee Profil I. Diagramm.

diese Zahl 50 überstieg, die also als pollenreich anzusehen sind, wurden mit „> 50“ in der Bedeutung „mehr als 50 Pollen“ ausgewiesen. Als ein die Bedeutung der Pollenfrequenz von vornherein beeinträchtigender Umstand muß festgestellt werden, daß alle tonigen Schichtproben nach der Flußsäuremethode, extrem pollenarme auch nach der Erdtmannschen Essigsäure-Anhydritmethode behandelt, der Pollengehalt damit stark konzentriert wurde. Da beide Methoden je nach dem Substrat auch verschieden intensiv wirken, so ist eine genauere Vergleichsmöglichkeit dieser PF.-Zahlen nicht gegeben. Immerhin zeigen sie annähernd den Grad der Pollenarmut der einzelnen Schichten an.



Es liegt nun nahe, aus geringem Pollengehalt einen Schluß auf geringe Walddichte zur Zeit der Ablagerung zu ziehen, und dies dürfte auch insofern richtig sein, als bei ringsum geschlossener Walddecke die Einschwemmung und Sedimentation minerogener Bestandteile gegenüber den organogenen Sedimenten stark zurücktritt, der Pollengehalt somit steigt. Dies läßt sich auch in den vorliegenden Profilen deutlich erkennen. Während die Ablagerungen der Wärmezeit von ihrer ansteigenden bis ausklingenden Phase, während der eine dichte Bewaldung des ganzen Seefelder

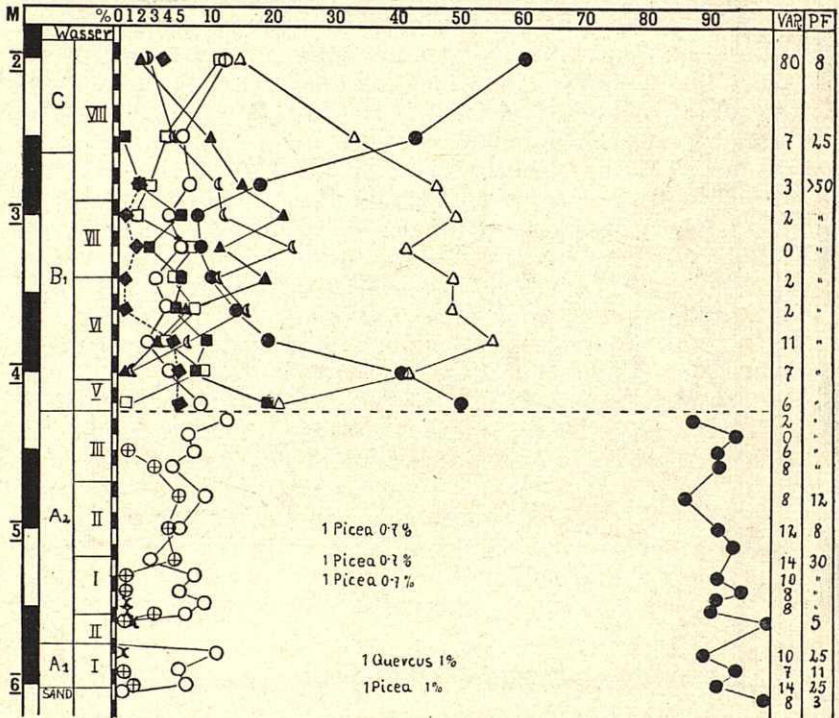


Fig. 4.

Seefelder Wildsee Profil II. Diagramm.

Plateaus rings um den See bis in große Höhen angenommen werden kann, in geschlossener Folge extrem arm an mineralischen Sedimenten und sehr reich an Pollen sind, sind die späteiszeitlichen reich an minerogenen Ablagerungen und in der Regel viel pollenärmer. Aber auch die rezente Tonschlammsschicht, die wohl der historischen Zeit entspricht, ist mindestens so pollenarm wie die spätglazialen Mergelschichten, obwohl heute mit Ausnahme weniger Quadratkilometer Wiesen und Ackerboden in der Umgebung des Sees alle Berghänge bis in eine Höhe von 1600 m dicht bewaldet sind. Demgemäß könnte aus der Pollenfrequenz auf keine geringere



Bewaldungsdichte im Spätglazial geschlossen werden, als sie heute ist, ein Schluß, der wohl kaum richtig und zulässig sein dürfte.

Es kann daher wohl nur angenommen werden, daß hoher Pollengehalt der Sedimente eine langsame, geringer Pollengehalt eine raschere Sedimentation anzeigt, wobei im ersteren Fall eine geschlossenerere, im letzteren eine offenerere Vegetationsdecke vermutet werden muß.

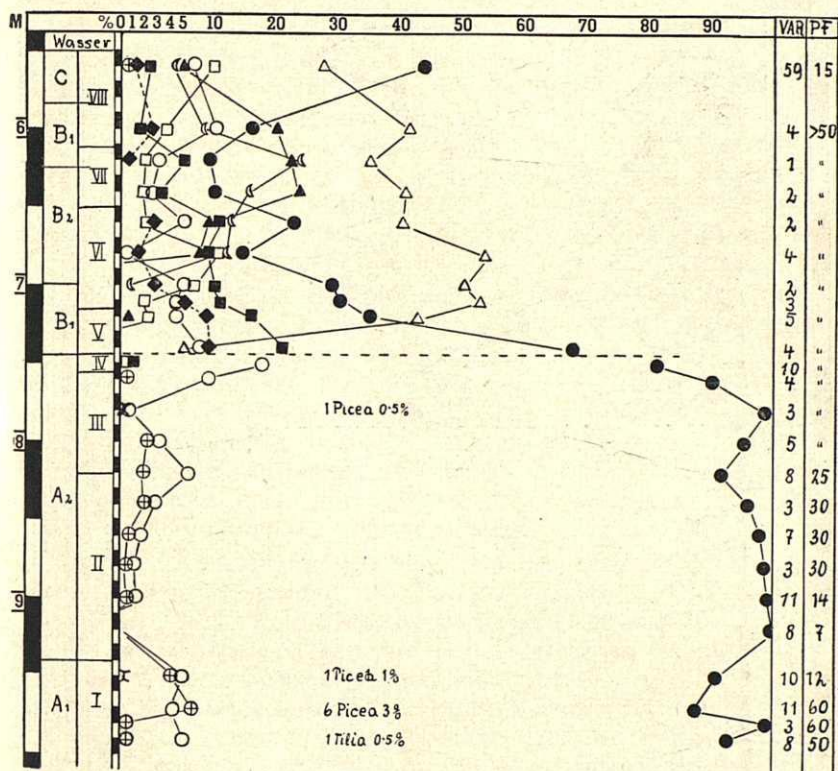


Fig. 5.

Seefelder Wildsee Profil V. Diagramm.

Nach den vier Profildiagrammen gliedert sich die nach dem Fazieswechsel beschriebene Schichtenfolge in acht Zonen, die deutlich unterscheidbare wald- und vegetationsgeschichtliche Perioden darstellen. Im folgenden sollen die einzelnen Zonen von unten nach oben beschrieben werden:

### Zone I.

Wie schon bei der Beschreibung der Schichtenfolge hervorgehoben, ist diese Zone insbesondere faziell besonders durch ihren reichen Gehalt an organogenem Material gekennzeichnet. Die



Mergellagen sind von dunklen humosen Bändern durchzogen. Die organogenen Reste bestehen nun zum Großteil aus Endkrallen, Hinterleibstücken und Schalen von Cladoceren. Häufig vertreten ist *Eubosmina coregoni* Baird (det. Gams), *Eurycerus* cf. *lamellatus* und *Chydorus* sp. Besonders erstere ist charakteristisch als Plankter der pelagischen Zone

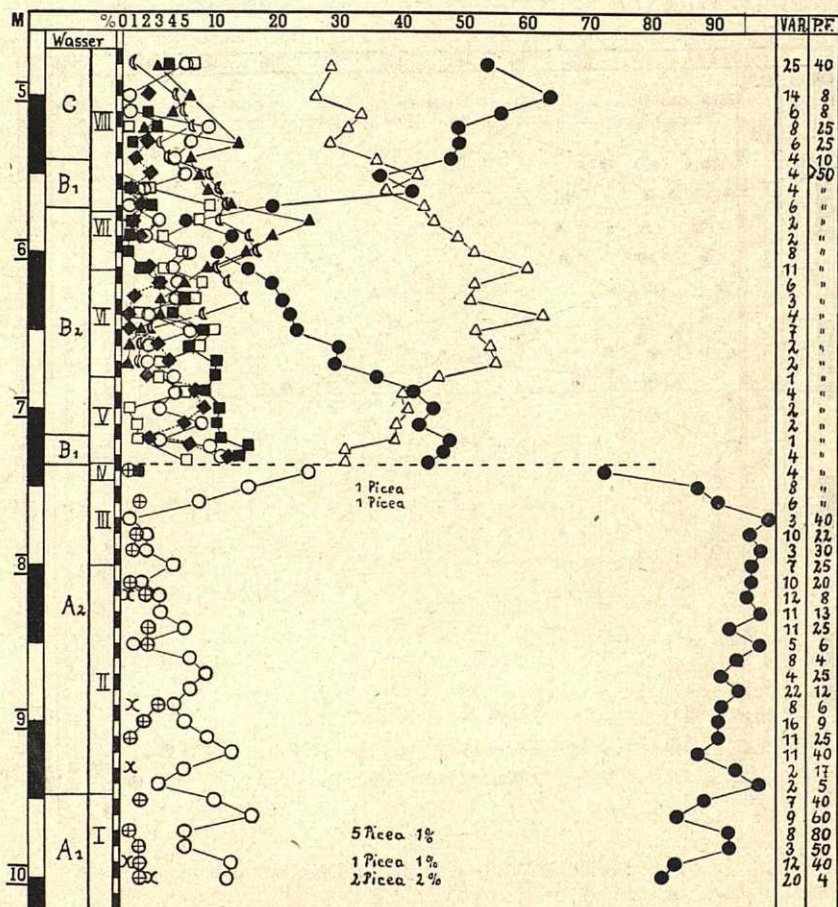


Fig. 6.  
Seefelder Wildsee Profil VI. Diagramm.

oligotropher Seen mit stärkerer sommerlicher Erwärmung und bildet heute im Bodensee die Hauptnahrung der Blaufelchen. Neben Chitinresten finden sich zahlreiche Chironomidenlarven, Insektenantennen, Rotatorieneier. In den Humusbändern sind zahlreiche Valvaten (*Valvata alpestris*) und vereinzelt Pisidien-schalen eingelagert. Der Grobdetritus enthält unter Braunmoos-resten bestimmbare Teile von *Mesocricetodon triquetra* und *Scor-*



*pidium scorpidioides*; ferner Pilzsporen, darunter *Endogone microcarpa*, und vereinzelt Schließzellen von *Pinus*. Besonders hervorzuheben ist in dieser Zone auch der Nachweis verschiedenener Desmidiaceen und einzelner Kiesalgen, die in den Mergeln der Zonen II und III fehlen.

Mit Ausnahme des in den Profilen II und VI erreichten extrem pollenarmen sandigen Untergrundes, der zum Moränengrund überleitet, ist das Substrat dieser Zone ausgesprochen pollenreich.

Die Diagramme zeigen nun eine ausgesprochene Kiefernzeit mit reichlicher Vertretung von Birke (bis 16%), etwas Weide und vereinzelte Sanddornpollen. In dieser Zusammensetzung ist mit Ausnahme der reichlicheren Birkenvertretung kein wesentlicher Unterschied gegen die folgende Zone. Unter den *Pinus*-Pollen sind jedoch häufig solche von größerem Ausmaß von 90—115  $\mu$ , die auch nach ihrem übrigen Habitus als Pollen der Zirbe angesprochen werden müssen. Die Mehrzahl der *Pinus*-Pollen muß der Bergföhre zugerechnet werden.

Die artenmäßige Bestimmung der Birkenpollen bleibt unsicher. Abgesehen von der Fragwürdigkeit der variationsstatistischen Diagnose war die Anzahl der Pollen zu gering, um eine solche durchzuführen. *Betula nana* ist heute in der Umgebung des Sees ausgestorben, wird jedoch in der Literatur für das einige Kilometer entfernte Wildmoos noch angegeben, wo Gams auch in den oberen Schichten des Moores noch zahlreiche Blattreste festgestellt hat. Es ist daher anzunehmen, daß sie früher auch um den See gewachsen ist.

In den meisten Proben der Zone I fanden sich, wenn auch vereinzelt, Fichtenpollen. Im Profil V erreichte *Picea* im Horizont 970 mit sechs Pollen 3% der Baumpollensumme. Im Profil VI wurden im gleichen Niveau fünf Pollen gefunden, die hier nur 1% ausmachen. Im Ganzen fanden sich in allen Profilen in den Proben dieser Zone unter 2775 gezählten Pollen: 20 *Picea*-Pollen, 1 *Corylus*-, 1 *Tilia*-, 1 *Quercus*-Pollen. Der Anteil dieser wärmeliebenden Holzarten erreicht zwar nur 0,8%, die Regelmäßigkeit des Vorkommens solcher Pollen schließt aber etwa eine Erklärung durch Verunreinigung des Bohrkernes aus höheren Niveaus aus. Zweifellos liegt Ferntransport des Pollens vor, womit aber immerhin die Tatsache bestehen bleibt, daß zur Zeit der Ablagerung Fichten, aber auch Hasel, Linden und Eichenbestände nähergerückt waren als in der folgenden Periode, die, wie zu zeigen ist, keine solchen Pollen aufweist.

Die Beteiligung der Nichtbaumpollen ist so geringfügig, daß darin keinerlei Anzeichen einer Waldlosigkeit zu finden ist. Nur in der untersten extrem pollenarmen Schicht des Profiles VI beträgt der Anteil 20%. Innerhalb der Zone I verteilen sich die NBP. zu 72% auf Gramineen-, 10% auf Cyperaceen- und zu 18% auf Kräuterpollen, besonders solche von Compositen, Caryophyllaceen und Umbelliferen. Ericaceenpollen und Farnsporen



fehlen völlig. Dagegen treten häufig *Selaginella*-Sporen auf (Maximal 4%).

Zusammenfassend kann diese Zone als Sediment eines klaren Sees mit stärkerer sommerlicher Erwärmung und reichlichem Zooplankton bestimmt werden. Periodisch vermehrte Einschwemmungen von minerogenem Schlamm, die eine Bänderung der Schichtenfolge bewirkten, lassen auf stärkere periodische Niederschläge und einen relativ offenen Boden der Umgebung schließen, die vorwiegend von Legföhren bestockt war. Aber auch die Zirbe, die heute noch in um 300 m höheren Lagen auf Hauptdolomit und Raiblerschichten vorkommt, war häufig. Daneben waren Birken, Weiden und Sanddorn vertreten. Bestände von Fichten waren so nahe gerückt, daß ihr Pollen eine ständig nachweisbare Vertretung fand.

## Zone II.

Die Mergelschichten sind homogen, heller, tonreicher und plastischer als im Liegenden, aber frei von Sand und größerem minerogenen Material. Die organogenen Beimengungen treten völlig zurück. Der spärlich eingelagerte pflanzliche Detritus ist mit Ausnahme der Pollen unkenntlich. Zoogene Reste, insbesondere Cladocerenreste, Pisidien und Valvatenschalen fehlen. Auch der Pollengehalt der Proben ist wesentlich ärmer. Das Pollenbild zeigt keine wesentliche Veränderung, doch tritt die Birke etwas zurück. Die *Pinus*-Pollen stammen wohl zum allergrößten Teil von der Bergföhre, und es finden sich nur ganz vereinzelt Pollen, die der Zirbe zugerechnet werden können. Die Weide tritt nahezu geschlossen in geringer Pollenzahl ständig auf. In den 26 auf diese Zone entfallenden Proben, in denen über 3000 Pollen gezählt wurden, fanden sich nur drei Fichtenpollen, und zwar zwei im gleichen Gesichtsfeld eines Präparates. Dies mag wohl die Annahme begründen, daß sie durch Verunreinigung in das Präparat gelangt sind. Pollen wärmeliebender Laubgehölze fehlen zur Gänze. *Selaginella* ist in den meisten Proben, wenn auch spärlich (2%), vertreten. Die NBP. sind auch hier von untergeordneter Bedeutung. Ihre Maximalvertretung beträgt 22%. Im Bereich der ganzen Zone verteilen sie sich zu 62% auf Gramineen, 28% auf Kräuter und 10% auf Cyperaceen.

Diese Zone, die in den mittleren Seeprofilen über 1,50 m Mächtigkeit aufweist, ist im Randprofil II deutlich gestört durch Wiederholung der humusgebänderten Schichtenfolge der Zone I. Da dieses Profil gerade am Steilabfall des Seeufers liegt, ist diese Wiederkehr der Schichtenfolge mit einer Rutschung zwanglos zu erklären.

Die von der Zone I so auffällig verschiedene Sedimentschicht ist zweifellos eine reine Ablagerung von Gletscherschmelzwassern, da größere Beimengungen fehlen und nur feiner Mergelschlamm abgesetzt wurde. Wenn auch die Armut an organogenem Detritus eine verhältnismäßig rasche und gesteigerte Sedimentation anzeigt,



muß doch ein ansehnlicher Zeitraum vergangen sein, bis ohne Einschwemmung größerer Bestandteile eine so mächtige Schlamm-schicht abgesetzt wurde.

Das völlige Fehlen des in Zone I so reichlichen zoogenen Detritus läßt annehmen, daß das tierische und pflanzliche Leben im See zu dieser Zeit so gut wie erloschen war. Insbesondere dürfte die sommerliche Erwärmung und wohl auch Klärung des Wassers infolge dauernder Trübung durch Schmelzwasser verhindert gewesen sein, die nach der örtlichen Beschaffenheit nur aus einer lokalen Vergletscherung des Westhanges der Reither- und Seefelder Spitze (2375 m) stammen konnten und die während der Bildung der Sedimente in Zone I nicht bestand.

Nach dem Pollenbild herrscht die Bergföhre; die Zirbe ist, wenn überhaupt, nur spärlich vertreten. Sonst sind nur Birken und Weiden nachweisbar. Die Areale der wärmeliebenderen Holzarten sind so weit zurückgewichen, daß ihre Pollen auch im Fernflug den See nicht mehr erreichen.

Obwohl diese Zone an Mächtigkeit der Ablagerung alle übrigen übertrifft, kann innerhalb derselben im Schwanken der *Pinus*- und *Betula*-Kurven, die bis zu 15% ausschlagen, eine Gesetzmäßigkeit nicht gefunden werden; insbesondere liegen keine Anhaltspunkte vor, die auf klimatische Änderungen bzw. auf Schwankungen der glazialen Verhältnisse der Umgebung schließen lassen. Solche mögen vorgekommen sein und ihren Niederschlag in den tatsächlich vorliegenden Kurvenschwankungen gefunden haben, aus der Sedimentation nachweisbar sind sie nicht.

### Zone III.

Faziell nach der Beschaffenheit des Mergelschlammes, der gegen oben etwas tonärmer und kalkreicher wird, von dem Liegenden nicht wesentlich unterschieden, hebt sich diese Schicht doch durch den zunehmenden Gehalt an organischem Detritus und den auffälligen Pollenreichtum deutlich ab. Es finden sich auch wieder Cladocerenreste, doch keineswegs in solcher Menge wie in Zone I. Auch Pisidien und Valvatenschalen treten wieder auf.

Im Pollenbilde ist diese Zone mit einem ausgesprochenen Birkenvorstoß bei sonstiger Dominanz der Föhrenpollen deutlich gekennzeichnet. Unter diesen sind wieder Zirbenpollen häufig.

Daß hier der Birkenvorstoß als Begleiterscheinung einer Klimabesserung anzusehen ist, ist wohl schon dadurch erwiesen, daß er sich in der folgenden Periode mit gleichzeitigem Auftreten und rascher Verbreitung von Linde, Ulme und Hasel geradlinig noch fortsetzt. Daß es sich dabei um die großblättrigen Birkenarten handelt, dürfte aus dem gleichen Grunde auch keinem Zweifel unterliegen.

Firbas sieht im Federseegebiet den Birkenvorstoß zwischen der älteren und jüngeren Kiefernzeit als ausgesprochen regressiven Schritt der Waldentwicklung an und ordnet ihn einem stadialen Vorstoß zu. Wie aber für das Federseegebiet mit aller



Wahrscheinlichkeit nachgewiesen ist, handelt es sich bei diesem Vorstoß um die Konkurrenz von *Betula pubescens* mit *Pinus silvestris*.

Der mit einer ausgesprochen progressiven Phase der Waldentwicklung zusammenhängende Birkenvorstoß in dieser Zone ist somit ein weiterer Grund für die Annahme, daß die Birke in Konkurrenz mit den härteren Arten der Bergföhre und der Zirbe und nicht mit der Waldföhre stand. Dieser Birkenvorstoß am Ende des Spätglazials ist in fast allen untersuchten Profilen aus Tirol, die soweit hinabreichen, deutlich festzustellen. Aber auch in einigen Profilen des bayrischen Alpenrandes, mit besonderer Deutlichkeit aber im neuen Profil des Kolbermoores von Firbas, bildet er das Kennzeichen einer Birken-Föhrenzeit. Ich erblicke darin den Nachweis, daß im Untersuchungsgebiet und darüber hinaus wohl auch im östlichen bayrischen Alpenvorland am Ende des Spätglazials Bergföhre und Zirbe vorherrschten und der Waldföhre, wenn sie überhaupt um diese Zeit schon in das Alpengebiet eingedrungen war, nur untergeordnete Bedeutung zukam.

#### Zone IV.

Der Sedimentationsbereich dieser Zone ist nur im Randprofil I ausgebildet und erhalten und zeigt hier einen langsamen Übergang von Mergel zu tonfreier Seekreide.

In den Profilen V und VI ist diese Zone nur in einer Probe noch angedeutet und fehlt vollkommen im Profil II. In diesen drei Profilen grenzt die Mergelgyttja in scharfem Kontakt an die Seekreide, die schon in den untersten Proben durchweg das Pollenbild des Höchststandes der Hasel-Eichenmischwaldzeit, das ist der Zone V, aufweist.

Da jedoch die Ablagerungen der Zone IV in dem niveaumäßig am höchsten gelegenen Randprofil I in einer Mächtigkeit von 30—40 cm erhalten sind, kann ihr Fehlen in den Profilen mit tieferem Niveau, das sich hier auffällig als Sedimentationslücke kennzeichnet, nicht durch Seespiegelschwankung oder vorübergehende Austrocknung erklärt werden. Es muß vielmehr eine Abtragung dieses Sedimentationsbereiches infolge einer stärkeren Durchströmung des Sees erfolgt sein, durch die die noch lockeren Feindetritusseimente, die sich auf der zähen, festen Mergelschicht abgesetzt hatten, in allen tieferen Lagen abgeschwemmt wurden, während sie im flachen, höher gelegenen Bereich der Uferzone erhalten blieben. Wodurch diese Störung der Sedimentation bewirkt wurde ist unklar und um so auffälliger, als sie gerade in der Zeit des Hochstandes der Eichenmischwaldzeit erfolgt sein muß, also in einer Zeit, die wir als besonders warm und niederschlagsarm ansehen müssen.

Das Pollenbild zeigt in dieser Zone eine Periode rascher progressiver Waldentwicklung. Der in diesem Sinne zu deutende Vorstoß der Birke, der schon die letzte Zone kennzeichnete, hält an, sie erreicht in einer Probe 30%. Gleichzeitig treten auch



Eiche, Linde, Ulme, Hasel, Erle und Fichte zwar noch vereinzelt, aber regelmäßig in allen Proben auf und künden ein rasches Anrücken ihrer Verbreitungsgebiete. Unter den noch immer dominierenden Föhrenpollen ist reichlich die Zirbe vertreten.

Die Ablagerungen in dieser Zone zeigen somit im Zurücktreten der minerogenen Bestandteile eine Verdichtung der Vegetationsdecke und in der raschen Zunahme der Laubhölzer eine wesentliche Klimaverbesserung. Sie bildet auffällig den Übergang der spät-glazialen Zeit zur Wärmezeit.

#### Zone V.

Diese Zone liegt nun überall bereits im Bereiche der als Schichtkomplex B beschriebenen Detritusgyttja und ist fast durchweg als Seekreide (B 1), nur im Bereiche des Profiles VI in den oberen Lagen bereits als Lebertorf (B 2) ausgebildet.

Waldgeschichtlich ist in ihr jene Entwicklungsphase zusammengefaßt, in der Eichenmischwald und Hasel ihre größte Verbreitung aufweisen und in der die Fichte nach zögerndem Eintreten sprunghaft ansteigt und die Föhrenarten aus ihrer bisherigen Vorherrschaft zurückdrängt. Als oberer Abschluß dieser Periode wurde stets die Kreuzung der aufsteigenden *Picea*- mit der abfallenden *Pinus*-Kurve angesehen.

Von den in den Proben dieser Zone gezählten Pollen der Eichenmischwaldbäume entfallen 37% auf die Eiche, 32% auf die Linde und 31% auf die Ulme. Dieses frühe Auftreten der Eiche, das auch schon in der vorhergehenden Zone erkennbar war, bedeutet eine Ausnahme für das Untersuchungsgebiet, wo sonst zu Beginn der Wärmezeit Linde und Ulme vorherrschen. Vereinzelt fanden sich auch Pollen der Hopfenbuche.

Auffallend ist die geringe Beteiligung der Hasel. Sie erreicht in keiner Probe mehr als 10% und folgt in ihrer Entwicklung dem Eichenmischwald zeitlich nach. Immerhin ist es möglich, daß infolge der Sedimentationslücke zwischen den Zonen IV und V Bereiche der Untersuchung entgangen sind, in denen die Hasel eine größere Verbreitung erlangt hat.

Die Zone V ist somit die Ablagerung der Eichenmischwald-Haselzeit, mit der die Ausbreitung der Fichte in den höheren Berglagen zusammenfällt.

#### Zone VI.

Im Sedimente wie die liegende Zone ausgebildet, dominiert in ihr nach raschem Aufstieg die Fichte. Die Laubbäume des Mischwaldes gehen langsam zurück. Unter ihnen herrscht nun die Eiche mit 61% vor der Ulme mit 26% und der Linde mit 16% weitaus vor. Auch Buche und Tanne treten nun regelmäßig auf und erreichen rasch ansteigend beträchtliche Werte. Sie verdrängen wohl hauptsächlich den Eichenmischwald, während die *Pinus*-Arten von der Fichte immer mehr zurückgedrängt werden, die die hohen Berglagen weit über 2000 m hinauf besiedelte. Diese



Entwicklung dürfte sich vollkommen geradlinig vollzogen haben und sind offensichtlich die Schwankungen in den Kurven der führenden Baumarten durch die rasch wechselnden Einflüsse eines *Alno-Betula-Coryletums* von betont lokaler Verbreitung bedingt. Im ganzen ist die Zone eine Zeit ausgeprägter Fichtenherrschaft.

### Zone VII.

Wie die beiden vorhergehenden Zonen ist sie zur Gänze in der Seekreide-Lebertorfschicht ausgebildet. In ihr behält zwar die Fichte, der Höhenlage von Seefeld entsprechend, ihre Vorherrschaft bei, doch steigen die Tanne und ihr etwas nachfolgend die Buche doch zu Kurvengipfeln von 25% an und erreichen in einzelnen Proben zusammengerechnet sogar das Übergewicht über die Fichte.

Diese somit der Buchen-Tannenzeit zugehörige Zone wird nach oben hin auffällig durch den starken Abfall der *Pinus*-Kurve begrenzt.

### Zone VIII.

Während der untere Teil dieser Zone noch als Seekreide ausgebildet ist, geht das Sediment bald in eine stark tonige Grobdetritusgyttja, wie sie als Schicht C beschrieben wurde, über.

Die *Pinus*-Kurve steigt von ihrem Tiefpunkt unvermittelt rasch an, kreuzt noch bei starker Vertretung von Buche und Tanne die Fichtenkurve und erreicht in den obersten Proben des rezenten Schlammes Werte von über 60%. Neben der Fichte, die in den obersten Proben zwischen 15 und 30% schwankt, sinken alle anderen Waldbildner zur Bedeutungslosigkeit herab, ein Waldbild, das auch heute für die nahe gelegenen Waldbestände des Seefelder Sattels völlig zutrifft, wenn von der pollenanalytisch nicht nachweisbaren, weitverbreiteten Lärche abgesehen wird.

Zwei weitere Merkmale dieser Zone müssen hervorgehoben werden. Einmal die mit der Zunahme des minerogenen und gröberen organogenen Detritus rasch sinkende Pollenfrequenz, die in allen Proben der Zone in Erscheinung tritt, in denen die Föhren die Fichte überflügelt haben. Sie weist auf eine beschleunigte Sedimentation und damit auf eine gegen früher bedeutend offenere Vegetation und tiefere Vegetations- bzw. Waldgrenzen hin.

Weiter die nur auf die obersten Proben beschränkte auffällige Zunahme der Variaprote, die in einer Probe 80% betragen. Die gezählten Variapollen in dieser Zone entfallen zu 64% auf Gramineen-, 23% auf Kräuter- und 14% auf Cyperaceenpollen.

Der Beginn dieser Zone mit dem *Pinus*-Anstieg ist wohl in die Wende der Wärmezeit zur Nachwärmezeit zu setzen. Die für diese Zeitwende angenommene Klimaverschlechterung dürfte sich im Gebiete wohl in erster Linie mit einer wesentlichen Herabdrückung der Waldgrenzen, insbesondere der Fichte, ausgewirkt haben. Die dadurch bedingte Zunahme der Erosion ist dann als Ursache der neuauftretenden minerogenen Sedimentation im See







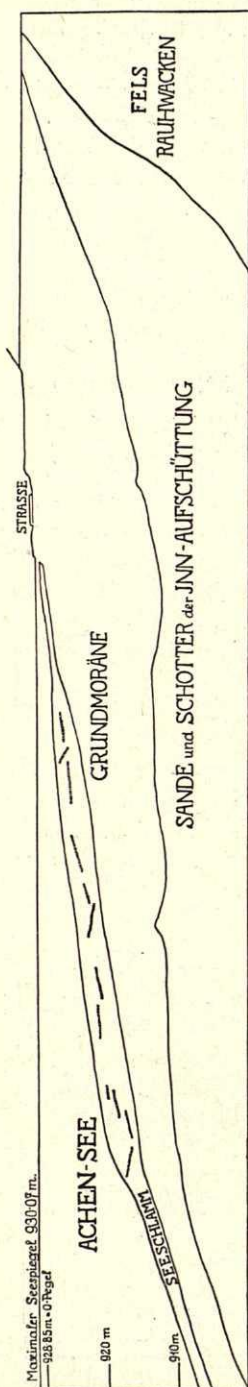


Fig. 8.  
Geologisches Profil vom Einlaßbauwerk im Achensee.

In der letzten Interglazialzeit wurde nach der herrschenden Meinung das Inntal infolge einer horizontalen Verbiegung mit ungeheuren Mengen von Schottern und Sanden verschüttet. Diese Terrassensedimente erreichen bei Innsbruck eine Mächtigkeit von über 500 m und reichen bis in eine Höhenlage von 1000 m. Durch diese Verschüttung wurde auch das Achentale vom Inntal aus bis auf eine Höhe von über 950 m aufgefüllt und in diesem Niveau am Süden des heutigen Achensees ein Damm aufgeworfen, der die Entwässerung des Seebeckens nach Norden über die frühere Wasserscheide bei Achenkirch und den Achenpaß zum Isargebiet zur Folge hatte.

Über diese Schottermassen hinweg schob dann in der Würmeiszeit der Inngletscher einen Teil seiner Eislast nach Norden ab, wobei zur Zeit seines Höchststandes dieser Achensee-gletscher zwischen Stanserjoch und Sonnwendgebirge eine Standhöhe von ca. 2000 m und eine Breite von 5 km erreichte. Durch seine Erosion schürfte er in den weichen Schottern das heutige Achenseebecken in einer Länge von 11 km und einer Tiefe von über 130 m aus (Fig. 7).

Im Bühlstadium, als letzter Phase der weichenden Würmeiszeit aufgefaßt, überfloß der Inngletscher zum letzten Male das Achenseebecken. Nach Wolf erreichte die letzte Vergletscherung eine Scheitelhöhe von ca. 1200 m und hatte ihr Zungenende ungefähr am Achenpaß. Dieser Achensee-gletscher hatte somit noch eine Länge von ca. 25 km und eine Eigenmächtigkeit von ca. 300 m.

Nach Rückgang des Eises war die Erosionswanne gegen Süden durch den verbliebenen Damm von Terrassenschottern bei Ebenmaurach in 940 m Höhe abgeschlossen; gegen Norden war das Abflusniveau durch die Felsschwelle von Achenkirch in einer Mindesthöhe von 922 m be-



dingt. Die in die Schotter eingegrabene Seemulde war wohl durchweg mit einer mächtigen Grundmoränenschicht ausgekleidet. Anlässlich der Errichtung des Achenseekraftwerkes wurde durch Bohrungen die Mächtigkeit der Moränendecke randlich mit über 23 m, am flachen Seegrunde mit 2—3 m festgestellt. Durch diese Bohrungen und durch die Caissonaufschlüsse am Einlaßbauwerk konnte von Ampferer und Pinter ein genaues geologisches Profil aufgestellt werden, das in Figur 8 wiedergegeben ist und die Schichtenfolge Felsgrund — Terrassenschotter — Grundmoräne — Seeschlammablagerungen an dieser Stelle wiedergibt. Der Grundmoränendecke mit ihrer lehmigen Grundmasse ist wohl in erster Linie die Abdichtung des Seebeckens gegen die liegenden durchlässigen Schotter zuzuschreiben.

Die späteren Hochstände der Alpengletscher im Gschnitz- und Daunstadium bzw. der Schlußeiszeit nach Ampferer reichen nicht mehr in die Nähe des Seespiegels. Es kann daher angenommen werden, daß die nach Abschmelzung der Eismassen im zurückbleibenden See einsetzende Sedimentation den ganzen Zeitraum vom Rückgang dieser letzten Vereisung bis heute umfaßt.

Durch die Errichtung der Achenseekraftwerke der Tiroler-Wasserkraft-Werke-A.G. (T I W A G.) wird der Achen-see als Staubecken ausgewertet und sein Abfluß nunmehr wieder dem Inn zugeleitet.

## 2. Niederschlagsverhältnisse.

Durch die T I W A G. wird im Einzugsgebiet des Achensees (Fig. 7) ein dichtes Netz von Niederschlagsmessern erhalten. Das Ergebnis dieser Messungen ist bisher nur für die Jahre 1925—1934 veröffentlicht, wobei aber eine Anzahl von Stationen erst im Jahre 1931 und später errichtet wurde. Obwohl mit dem Zwecke dieser Arbeit nicht unmittelbar verbunden, werden die Ergebnisse der Messungen für den Zeitraum 1925—1938 im folgenden wiedergegeben, da die Dichte des Stationsnetzes einen interessanten Einblick in die Verteilung der Niederschläge in höheren und tieferen Lagen sowie im Sommer und Winter gibt.

Die Verteilung der Stationen ist so angeordnet, daß jeder im Tal gelegenen Regenmeßstation ein in größerer Höhe gelegener Jahresregensammler beigeordnet wurde. Die Meßstationen sind in der Kartenskizze des Einzugsgebietes nach ihren Nummern in der folgenden Tabelle eingetragen und die so koordinierten Tal- und Höhenstationen verbunden.

Die ermittelten Durchschnittswerte ergeben vor allem den großen Unterschied der Niederschlagsmengen im Tal und in höheren Lagen, aber auch die wesentlich größeren Niederschlagsmengen im Sommer als im Winter.



**Niederschlagsmengen im Einzugsgebiet des Achensees.**

Ort der Niederschlags- messung — Station in Betrieb seit	Höhe der Station	Jahresmittel 1925—1938 *reduziert nach der Station	Prozentuale Verteilung zwischen	
			Winter- Okt.—März	Sommer- Halbjahr April—Sept.
1. Pertisau — 1925 . .	950 m	1458 mm	39,7%	60,3%
2. Bärenbad — 1925 . .	1450 m	1934 mm	47,7%	52,3%
3. Falzthurn — 1931 . .	1077 m	1780 mm *Pertisau	38,9%	60,1%
4. Gramai — 1931 . . .	1400 m	1834 mm *Bärenbad	40,5%	59,5%
5. Gernalpe — 1931 . .	1170 m	1689 mm *Plumsjoch	38,2%	61,8%
6. Plumsjoch — 1925 .	1500 m	2646 mm	43,4%	56,6%
7. Achenkirch — 1925 .	922 m	1416 mm	40,6%	59,4%
8. Hochstögen — 1931 .	1500 m	2172 mm *Achenkirch	39,4%	60,6%
9. Seehof — 1931 . . .	932 m	1595 mm *Pertisau	38,2%	61,8%
10. Kothalpe — 1931 . .	1340 m	2082 mm *Pertisau	44,2%	55,8%
11. Prälatenhaus — 1931	932 m	1403 mm *Pertisau	34,8%	65,2%
12. Erfurter Hütte — 1925	1830 m	1510 mm	34,2%	65,8%
13. Hinterriß — 1934 . .	980 m	1577 mm *Achenkirch	37,3%	62,7%
14. Basilalpe — 1931 . .	1540 m	2193 mm *Pertisau	42,8%	57,2%
15. Steinberg — 1934 . .	1004 m	1452 mm *Achenkirch	39,6%	60,4%
16. Gufferthütte — 1931	1475 m	2023 mm *Achenkirch	44,0%	56,0%

**3. Stratigraphie der Sedimente.**

In der flachen Südbucht wurden bei abgesenktem See vom Eis aus sechs Bohrungen vorgenommen. Die Lage der Bohrpunkte ist in der beigegebenen Skizze vom Süden des Sees (Fig. 9)



ersichtlich gemacht. Die Bohrungen I bis V liegen in einer quer durch die Bucht geführten Linie und ergeben ein Querprofil durch den See, das nach Maßgabe des Untersuchungsergebnisses schematisch in Figur 10 dargestellt ist. Das Profil VI wurde an der Steilhalde der Bucht von Buchau gebohrt. Außerdem wurden noch an anderen Uferstellen gewonnene Profile untersucht, die aber keine wesentlichen Abweichungen ergaben und deren Wiedergabe entfallen kann.

An der Profillinie I bis V erreicht die Mächtigkeit der Sedimente in der flachen Bucht bei durchweg ungestörter Lagerung

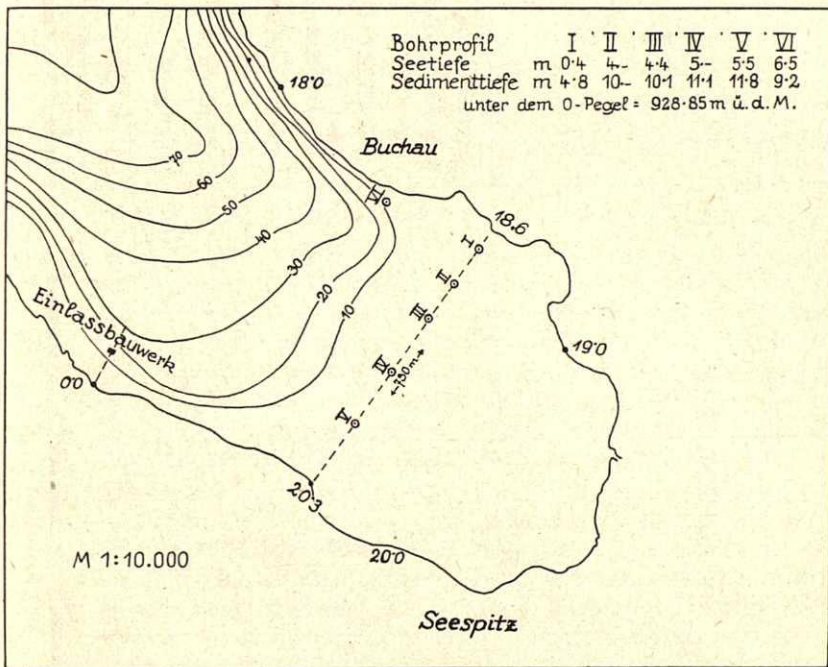


Fig. 9.

Südende des Achensees mit Situation der Bohrprofile.

etwas über 6 m. Sie liegen überall auf einer schotterigen Grundsubstanz, die analog zum geologischen Profil am Einlaßbauwerk als Grundmoräne anzusehen ist.

In den Uferpartien der Südbucht wurden auch von der T I W A G. zum Zwecke der Untersuchung der Sedimentschicht 28 Bohrungen und eine größere Anzahl Sondierungen niedergebracht. Die von A m p f e r e r und K ü m m e l vorgenommene Beschreibung und Begutachtung des Bohrgutes verfolgt nur geologisch-technische Zwecke, insbesondere wurde eine chemische Untersuchung nicht vorgenommen. Die Beschreibung der Sedimente unterscheidet Seekreide und Seeschlamm, letzteren wieder



nach seiner Farbe. Soweit demnach eine Vergleichung mit den Resultaten der dieser Arbeit zugrunde liegenden Bohrungen möglich ist, kann daraus festgestellt werden, daß die eigentlichen Sedimente gegen den Südrand der Bucht zu eine nur unbedeutend

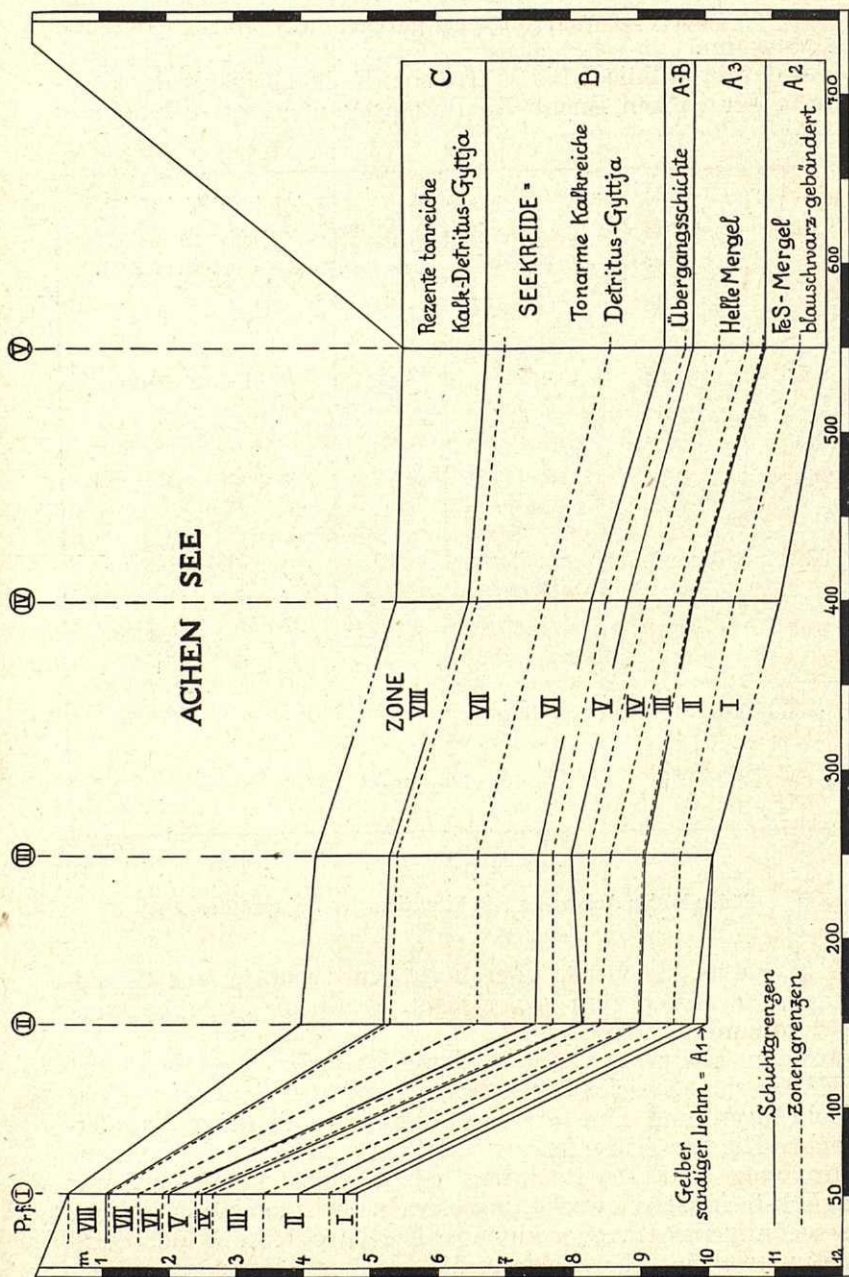


Fig. 10.

Schematisches Linienprofil durch den Achensee.



größere Mächtigkeit erreicht. Nur bei einigen in der Nähe des Steilufers sowie im Bereiche der Einmündung des Wankrattbaches gelegenen Bohrstellen werden Mächtigkeiten bis über 10 m beschrieben. Im ersteren Fall dürften wohl Rutschungen, im letzteren Fall, wie die dort stets festzustellenden Einlagerungen von Sanden und Schottern in die Schlammsschichten beweisen, die Schuttfuhr des Baches die vermehrte Anhäufung verursacht haben. Durchweg fand sich jedoch der schotterige, offensichtlich der Grundmoräne angehörende Untergrund in einem Niveau von höchstens 10—11 m unter dem Nullpegelstand.

Die Sedimente lassen sich in ihrer Folge von unten nach oben — analog der Sedimentation im Seefelder See — in drei Hauptschichtgruppen gliedern, von denen die unterste wieder in mehrere sich voneinander abhebende Schichten zerfällt.

A. Tonreiche Mergel von zäher, plastischer Konsistenz. Größere minerogene Substanz und kantige Kiesel sind nur in den untersten Schichten anzutreffen.

In dieser Gruppe unterscheiden sich folgende Schichten:

- A<sub>1</sub>. Gelbe bis rotgelbe sandige Lehmschicht, mit kantigem Kalkschutt durchsetzt. Sie tritt nur als Liegendes in den Randprofilen I, II, VI auf und wurde auch in den analogen Randprofilen der Bohrungen der TIWA G. als unterste Schicht der Sedimente festgestellt. Sie dürfte den durch Auswaschung des Gehängeschuttes bzw. der Grundmoräne randlich abgesetzten Schlamm darstellen. Ihre Mächtigkeit beträgt maximal 20 cm.
- A<sub>2</sub>. Im frischen Zustand tief blauschwarze Mergel, mit schmalen helleren Lagen gebändert. Die blauschwarze Färbung bleicht an der Luft rasch ab. Sie ist durch den reichen Gehalt an FeS bzw. FeS<sub>2</sub> bedingt. Bei der mikroskopischen Untersuchung ist das Schwefeleisen kolloidal in feinen Granulationen reichlich nachzuweisen. Bei der Bohrung entweichen dieser Schicht stark nach H<sub>2</sub>S riechende Gase. Die schwefeleisenreichen Lagen dieser Schicht sind reich an organischem Feindetritus, der jedoch größtenteils bis zur Unkenntlichkeit zerstört ist. Die Mächtigkeit dieser Schicht erreicht bis 1,30 m.
- A<sub>3</sub>. Hellgraue homogene tonreiche Mergel mit abnehmendem Schwefeleisengehalt. Ihre Mächtigkeit erreicht bis 1 m.

A—B. Übergangsschicht mit abnehmendem Ton- und zunehmendem Kalkgehalt. Sie erreicht eine Mächtigkeit bis 70 cm.

B. Kompakte Detritusgyttja aus fast tonfreiem, größtenteils organogenem Kalkschlamm, der zu gelblich-weißer Seekreide verdichtet ist. In ihm eingelagert finden sich zahlreiche Pisidien und Valvatenschalen.



Diese Seekreideschicht erreicht eine Mächtigkeit bis über 2,50 m und ist besonders dadurch gekennzeichnet, daß ihr minerogene Beimengungen fast völlig fehlen.

C. Weiche Detritusgyttja von gelbgrauer Farbe, breiiger Konsistenz mit reichlichem Gehalt an tonigen minerogenen Beimengungen zum organogenen Kalkschlamm und reichlichem organischen Grob- und Feindetritus. Maximale Mächtigkeit bis 1,20 m.

Der in dieser Schichtenfolge zum Ausdruck kommende Wechsel der Sedimentation weist schon mit aller Deutlichkeit auf den grundlegenden Wechsel in der Dichte der Vegetations- und Walddecke hin, der auch mit den Ergebnissen der pollenanalytischen Untersuchungen völlig übereinstimmt.

Der Schichtkomplex A, der nahezu ausschließlich als Niederschlag von mineralischem Schlamm durch Schmelz- und Wildwässer in den See eingebracht wurde, läßt deutlich erkennen, daß

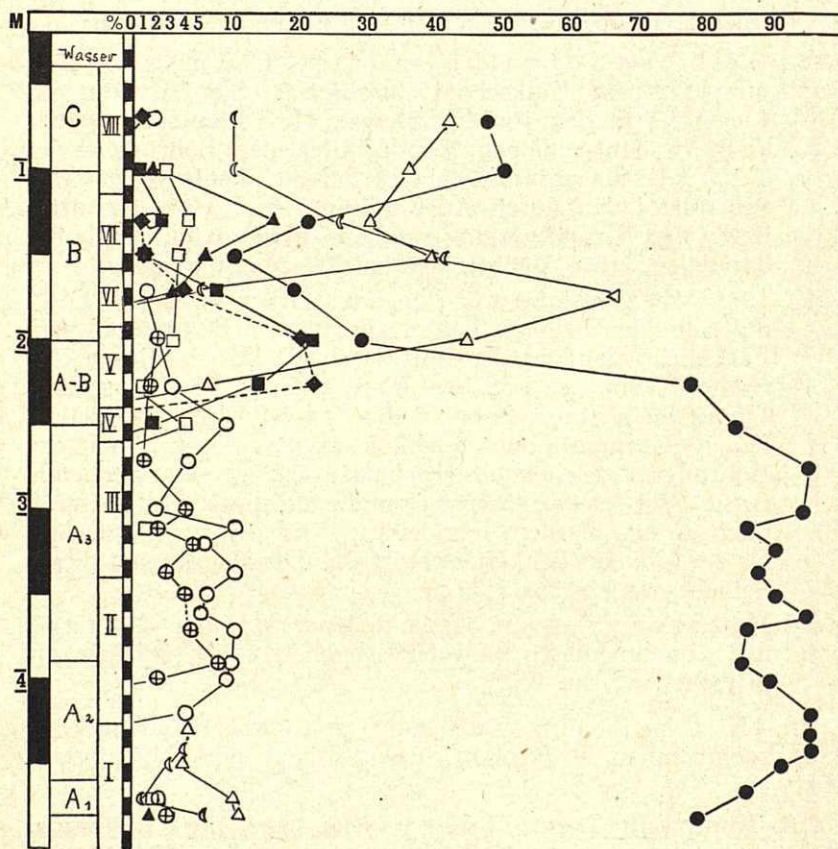


Fig. 11.  
Achensee Profil I. Diagramm.



in seiner Bildungszeit eine gegenüber dem heutigen Zustand weitaus offenere Vegetationsdecke bei niedrigerer Vegetations- und Waldgrenze bestand. Im Gegensatz hierzu zeigt der Schichtkomplex B, dem minerogene Beimengungen nahezu völlig fehlen, daß eine dichte, geschlossene Wald- und Vegetationsdecke das ganze den See umgebende Einzugsgebiet wohl völlig bedeckte. Dieser dichte Filter des Zuflusses bewirkte, daß eine rein organogene Sedimentation eine mächtige Schichtenfolge ausbilden konnte. Die dann wieder im Schichtenkomplex C einsetzende Zunahme minerogener toniger Substanz, die die rezente Sedimentation kennzeichnet, zeigt, daß der Filter der Vegetations- und Walddecke wesentlich undichter geworden war, was in erster Linie wohl eine Folge der klimatisch bedingten wesentlichen Erniedrigung ihrer Höhengrenzen gegenüber der Wärmezeit ist. Immerhin ist aber dieser Vegetationsfilter in der Ausbildungszeit der jungen Schlamm-schichten noch wesentlich dichter und wirkungsvoller, als er in der Ausbildungszeit des Schichtkomplexes A gewesen sein kann.

#### 4. Pollenanalytischer Befund und Zonengliederung.

Wie im Seefelder See lassen die Pollendiagramme der untersuchten Profile eine Gliederung der Waldentwicklung in acht Zonen zu. Die Profile I bis V weisen bei ungestörter Sedimentation die vollständige Entwicklung vom Spätglazial bis zur Gegenwart auf. Profil VI weist zwei deutliche Sedimentationslücken auf, die durch Abrutschung des Schlammes an der steilen Halde verursacht sind. Es fehlen hier gänzlich die Sedimente aus den Zonen III bis VI sowie der Zone VIII (Fig. 11—16).

Da NBP. nur in verschwindend geringer Menge festgestellt wurden, wird auf ihre Einbeziehung in die Diagramme verzichtet.

##### Zone I.

Das Substrat dieser Zone ist in den ufernahen Randprofilen I, II und VI die Lehmschicht A 1, darüber und in den Profilen III bis V ausschließlich die gebänderte, schwefeleisenhaltige, blauschwarze Mergelgyttja A 2. Der Gehalt an organogener Substanz ist reichlich, wechselt aber mit der Feinschichtung, und es treten auch fast rein minerogene Zwischenlagen auf, die dann auch sehr pollenarm sind. Die organische Substanz ist durchweg sehr stark zerstört, insbesondere auch bei den Pollen ist die Struktur undeutlich geworden, und sie machen den Eindruck, als ob bei Erhaltung der äußeren Form die Substanz geschmolzen wäre. Diese Zerstörung bewirkt, daß die Laubholzpollen sehr schwer kenntlich sind. Insbesondere sind *Betula*- und *Corylus*-Pollen infolge der undeutlich gewordenen Porenstruktur oft nicht mehr mit Sicherheit zu trennen. Neben Pollen sind im organischen Material noch Braunmoosreste, Holz- und Rindenteilchen, doch ohne nähere Bestimmbarkeit, erkenntlich. An zoogenen Resten sind reichlich Chitinteilchen sowie Mandibeln von Insektenlarven eingemengt.



In dieser Zone dominiert nun zwar der *Pinus*-Pollen, durchweg finden sich aber zahlreiche andere Pollen, die auf eine sehr fortgeschrittene Waldentwicklung hinweisen.

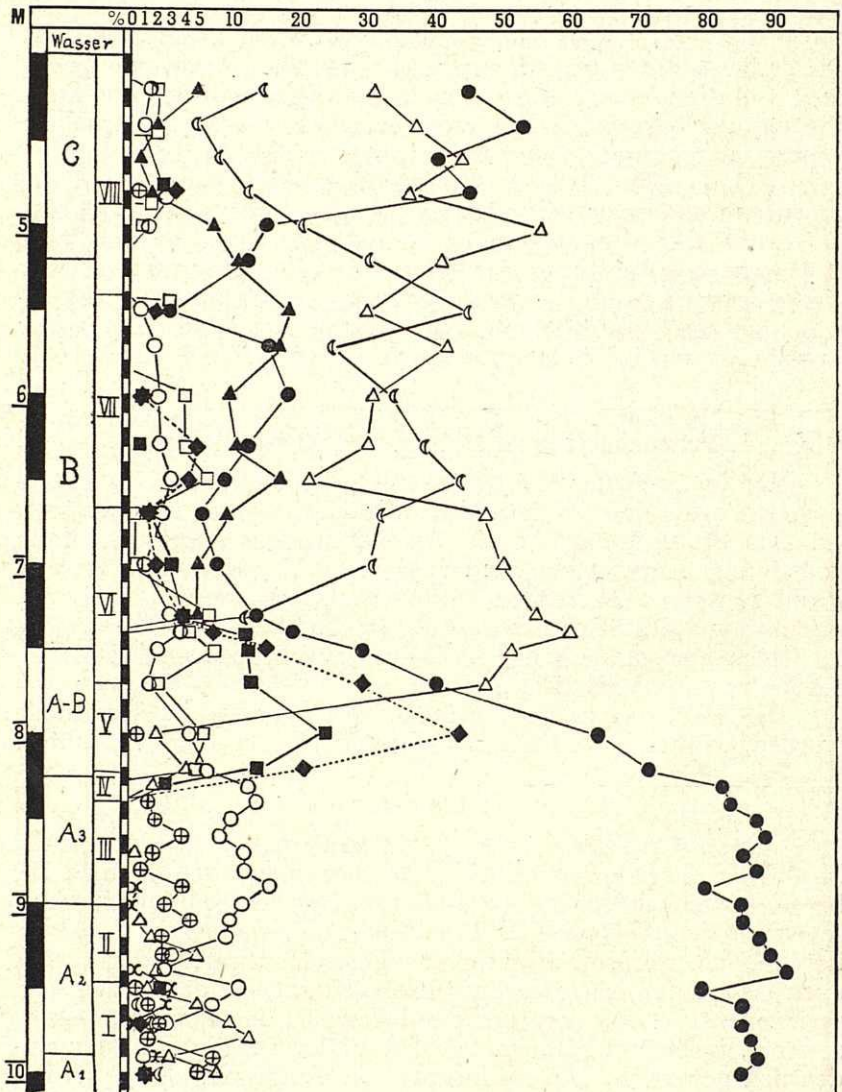


Fig. 12.  
Achensee Profil II. Diagramm.

*Picea* und *Abies* sind nahezu in allen Proben vertreten und erreicht erstere 28%, letztere 10%. *Corylus* tritt unregelmäßiger auf, erreicht aber in einer Probe 17%. Wie bereits erwähnt, bleibt aber die Möglichkeit offen, daß zahlreiche infolge der Zerstörung



schwer kenntliche Pollen, die im Zweifelsfalle als *Betula*-Pollen gezählt wurden, in Wirklichkeit von *Corylus* stammten. Vereinzelt treten Pollen von *Fagus*, *Ulmus*, *Tilia* auf, und auch hier

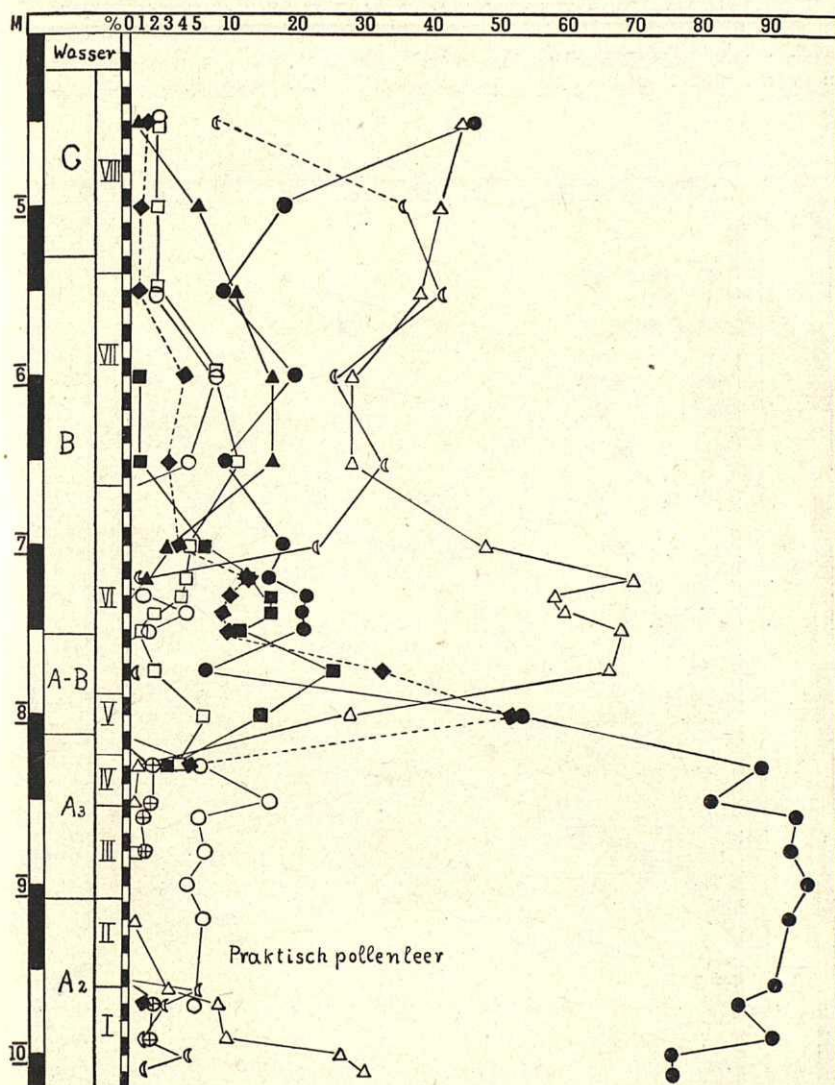


Fig. 13.  
Achensee Profil III. Diagramm.

besteht die Wahrscheinlichkeit, daß manche Pollen dieser Arten unkenntlich bzw. durch selektive Zersetzung ganz zerstört waren. In den 34 untersuchten Proben dieser Zone verteilen sich die Pollen zusammengerechnet wie folgt:



Gezählte Pollen	Hiervon										
	<i>Pinus</i>	<i>Picea</i>	<i>Betula</i>	<i>Abies</i>	<i>Salix</i>	<i>Corylus</i>	<i>Fagus</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Tilia</i>	<i>Alnus</i>	<i>Hippophae</i>
3449. . .	2816	309	107	69	47	29	5	3	2	2	15
In Proz. . .	82,2	9,1	3,2	2	1,4	0,9	0,15	0,09	0,06	0,06	0,45

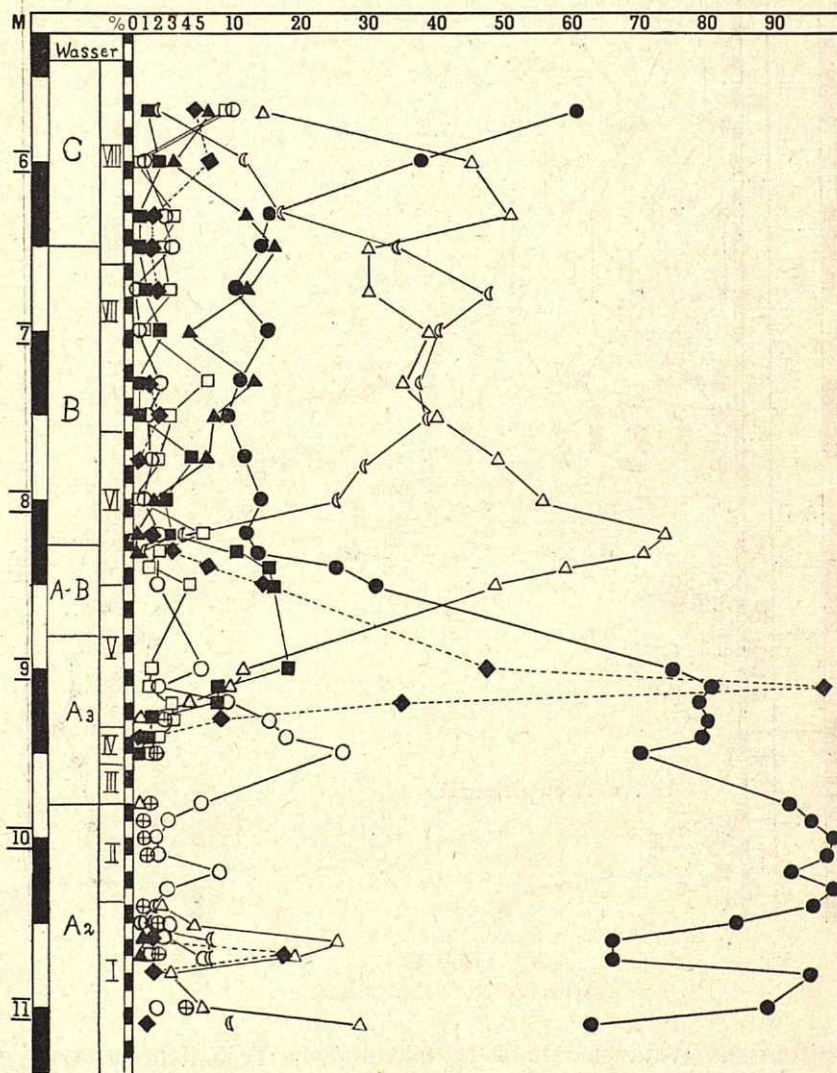


Fig. 14.  
Achensee Profil IV. Diagramm.



Mit Rücksicht auf die durch Iversen in Jütland festgestellten sekundären Einlagerungen von Pollen wärmeliebender Gehölze in den Yoldientonen tritt hier vorerst die Frage auf, ob im vorliegenden Falle etwa ebenfalls die Pollen aus älteren, in den Moränen des Würmglatschers verarbeiteten interglazialen Böden stammen könnten. Es wurde nun eine Reihe von Proben aus den Geschiebelehmen der umliegenden Würmmoränen und auch von Tonen und Sanden der Terrassensedimente untersucht. Das

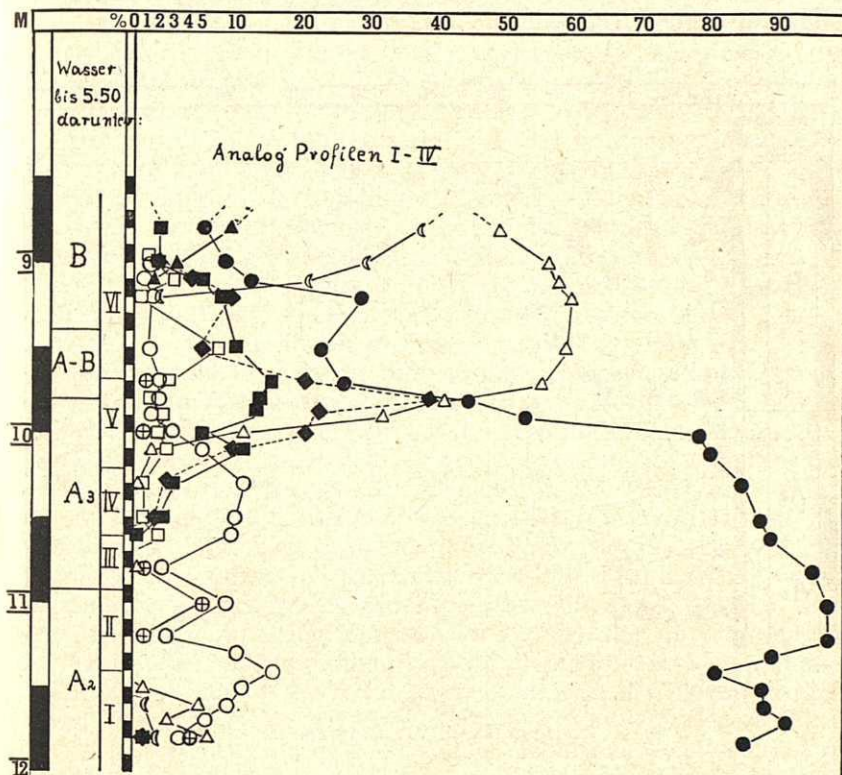


Fig. 15.  
Achensee Profil V. Diagramm.

Ergebnis dieser Untersuchungen wurde zum größten Teil bereits im Band XXV der Zeitschrift für Gletscherkunde veröffentlicht. Die Untersuchungen des Moränenlehms, insbesondere von den Moränen in nächster Umgebung des Sees, waren vollkommen negativ. Die Lehme und Sande der Inntalerrasse waren zum Teil positiv. In Proben von neun verschiedenen Lokalitäten fanden sich in 140 qcm untersuchter Probestfläche des nach Möglichkeit in seinem organischen Gehalt konzentrierten Untersuchungsmateriales 117 Pollen, somit per Quadratzentimeter 0,8 Pollen.



Nach der gegebenen Situation ist wohl außer Zweifel, daß die minerogenen Bestandteile der hier vorliegenden Sedimentschicht, soweit sie nicht den gleichaltrigen Schuttbildungen der den See umliegenden Berghänge entstammen, vorwiegend aus der den Seegrund und die Hänge bedeckenden Grundmoräne eingeschwemmt wurden. Im Geschiebelehm dieser Moränen wurden aber nirgends Pollen gefunden. Diesem völlig negativen Befunde entspricht wohl die Annahme, daß interglaziale, stark pollenführende Böden längst durch den Würmgletscher aufgearbeitet und ins Alpenvorland verfrachtet wurden, bevor die Moränen des Bühlgletschers zurückblieben.

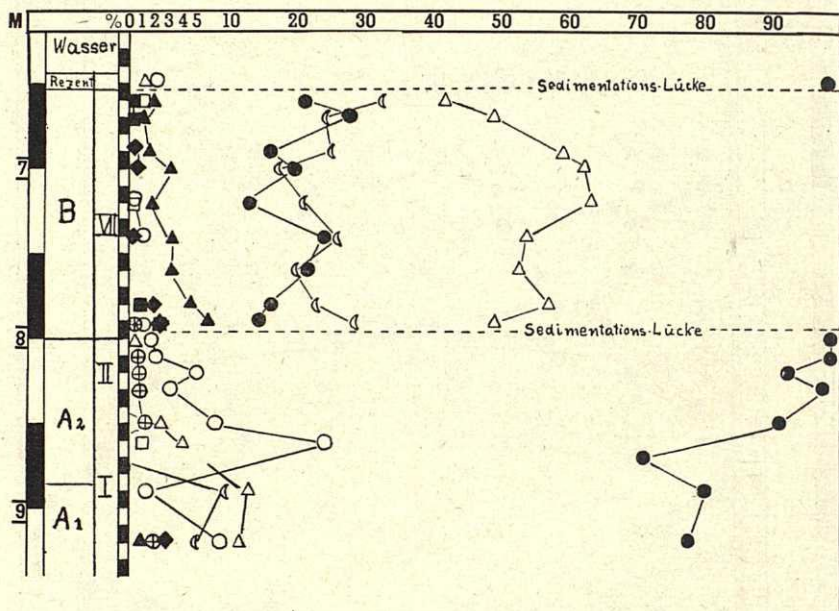


Fig. 16.  
Achensee Profil VI. Diagramm.

Immerhin besteht die Möglichkeit, daß noch höher gelegene Reste der interglazialen Innschotter Material für die Sedimentbildung im See lieferten und damit Pollenmaterial aus älteren Schichten mit eingelagert wurde. Nach der ganzen Sachlage kann dies, wenn überhaupt, nur in ganz geringfügigem Ausmaß der Fall gewesen sein, denn diese Schotter und Sande sind im Einzugsgebiet fast überall durch Moräne abgedeckt. Weiter ist aber, wie hervorgehoben, die Pollenfrequenz in den Lehmen und Sanden der Terrassensedimente so gering, daß auch bei der auszuschließenden Annahme, die Sedimentation im See habe ihr Material aus diesen bezogen, die ganz wesentlich höhere Pollenfrequenz der Seesedimente es ausschließt, daß diese Pollen aus den ersteren sekundär eingelagert wurden.



Es kann daher mit einer primären Einlagerung der Pollen hier mit Bestimmtheit gerechnet werden. Demgemäß müssen zur Zeit ihrer Einlagerung, also im ersten Stadium des nach Eisrückzug neugebildeten Sees, Fichte und Tanne, wenn vielleicht auch nicht am Seeufer selbst, so doch in nächster Nähe, vermutlich an den klimatisch begünstigten Südhängen des Inntales, reichlich gewachsen sein. Auch Hasel, Buche, Erle, Ulme und Linde müssen Standorte in solcher Nähe gehabt haben, daß ihre Pollen im Ferntransport regelmäßig in den See gelangten. Auch der Sanddorn war bereits in die Täler eingedrungen.

Die *Pinus*-Pollen — und dies gilt auch für die folgenden Zonen II und III — stammen wohl vorwiegend von der Bergkiefer. Vereinzelt treten in Zone I, häufiger in Zone III, Zirbenpollen auf. Die Annahme, daß während der ganzen spätglazialen Zeit Bergföhren und nicht Waldföhren die Ufer und Berghänge um den See bestanden und hochwüchsige Bäume fehlten, wird durch nachstehenden Befund, der anlässlich der Erbauung des Einlaßbauwerkes im Achensee gemacht wurde, gestützt. In der Seeschlammschicht wurden zahlreiche Baumstämme gefunden und deren Lage in den Detailplänen über die durchgeführten Caissonarbeiten genauestens und völlig situationsgerecht eingetragen. Nach diesen genauen Ausführungsplänen ist das geologische Profil der Baustelle (Fig. 8) verfaßt und sind auch in diesem die gefundenen Baumstämme situationsgerecht eingetragen. Es ist nun deutlich und klar ersichtlich, daß alle gefundenen Baumstämme in den oberen zwei Dritteln der Schlammschicht eingebettet liegen, die ungefähr dem Bereiche der wärmezeitlichen Zonen IV bis VIII entsprechen. In den untersten Schlammschichten, die der spätglazialen Zeit angehören, fand sich nirgends ein Baumstamm. Da sich die Stämme zumindest in der ersten Zeit ihrer Einlagerung in die damals noch weichen Sedimente eingesenkt haben dürften, kann aus dem Fehlen solcher Stämme im Bereich der unteren Mergelgyttja in Übereinstimmung mit dem Pollenbefund wohl geschlossen werden, daß damals hochstämmige Bäume an den Seeufern nicht gewachsen sind. Die Artzugehörigkeit der aufgefundenen Hölzer wurde nicht untersucht, doch soll es sich nach Angabe des bauleitenden Ingenieurs um Lärchen und Fichten bzw. Tannenstämme gehandelt haben.

## Zone II.

Die Abgrenzung zur Zone I ist keineswegs so scharf ausgeprägt wie im Seefelder See. Es fehlt hier der charakteristische Gehalt an organischen, insbesondere zoogenen Resten, wie er dort in der untersten Zone zum Ausdruck kommt und zwischen den beiden Zonen schon faziell eine deutliche Grenze zieht. Dies mag seine Ursache in der größeren Ausdehnung des Achensees haben, in dem der organische Niederschlag geringer war, oder in der besseren Durchlüftung der unteren Wasserschichten und infolgedessen stärkeren Entwicklung der Bodenfauna, durch die die weniger widerstandsfähigen organischen Sedimentteilchen zerstört wurden.



So ist im Sedimente beider Zonen hier kein wesentlicher Unterschied. Auch die Pollenfrequenz ist zwar im allgemeinen in den Proben der Zone II geringer, doch wechselt diese so, daß eine Gesetzmäßigkeit nicht abgeleitet werden kann.

Die Abgrenzung der Zonen I und II ist somit nur durch den Polleninhalte gegeben, da nunmehr im Bereiche der Zone II ausschließlich Pollen von *Pinus*, *Betula* und *Salix* auftreten. Eine Ausnahme macht nur das Profil II, in dem hier in den Proben, die dieser Zone zugerechnet werden müssen, regelmäßig vereinzelt, in Probe 930 aber doch 5% *Picea*-Pollen auftreten. Es wäre nahelegend, diese Probe noch zur Zone I zu rechnen, doch müßte dann eine Sedimentationslücke vorliegen, da die Proben vom Horizont 900 aufwärts durch den auffälligen Pollenreichtum und durch die Beschaffenheit des Substrates unbedingt schon zur Zone III zu rechnen sind.

Die Zone II wird aber auch durch Bänder von größerem organischen Detritus gekennzeichnet, der teilweise noch bestimmbar ist. Er besteht aus reichlich Häcksel von Holz und Rinde, mit Resten von Wald- und Heidemoosen, wie *Leskea* sp. und *Thuidium* sp.

Besonders reich an solchem organischen Detritus sind die Proben dieser Zone in Profil II. Die Anhäufung dieses organischen Materiales im Sediment dürfte wohl auf eine lebhafte Erosionstätigkeit und die Abtragung humoser Böden im Einzugsgebiete zurückzuführen sein. Dabei wäre wohl auch die Annahme zulässig, daß mit dieser organischen Substanz auch ältere *Picea*-Pollen, die Ablagerungen der Zone I angehören, abgetragen und eingeschwemmt und in diesen Schichten sekundär abgelagert wurden.

Die Zone II ist somit als regressives Stadium der Waldentwicklung charakterisiert, in dem nur mehr Bergföhren, Birken und Weiden ihren Pollenniederschlag hinterließen und Fichte und Tanne und andere Laubbäume wieder gegen ihre eiszeitlichen Ausgangsstellungen und Refugien weit zurückgedrängt waren. Die Anhäufung gröberen organischen Detritus, der offensichtlich Waldböden entstammt, spricht hier für eine lebhafte Erosionstätigkeit und die Pollenarmut der Proben für eine raschere und vermehrte Sedimentation.

### Zone III.

Im Übergang zu dieser Zone wechselt vor allen die Sedimentbeschaffenheit. Die Mergelgyttja wird hellgrau und homogen, der Schwefeleisengehalt tritt stark zurück, die Bänderung verschwindet, und auch der Gehalt an organogenem Grobdetritus nimmt stark ab, während der Gehalt dieser Schichten an Pollen stark zunimmt. Insbesondere *Pinus*-Pollen treten in Masse auf und erreichen oft Frequenzziffern zwischen 80 und 100 Pollen.

Darunter sind wieder Zirbenpollen häufig, während der Hauptteil, wie ausgeführt wurde, der Bergföhre zuzurechnen ist. Daneben ist ein deutlicher Anstieg der *Betula*-Kurve zu erkennen, wenn dieser auch nicht so ausgeprägt ist wie im Seefelder Wildsee.



Daß es sich auch hier um großblättrige Birken handelt und der Birkenvorstoß im Bergföhrenbereich als progressiver Schritt der Waldentwicklung anzusehen ist, ist hier um so wahrscheinlicher, weil an den mit Gehängeschutt bedeckten Seeufnern keine größeren Moorflächen bestehen konnten, die geeignete Standorte für eine Massenentwicklung von *Betula nana* bildeten. Ganz vereinzelt finden sich bereits wieder Pollen von *Picea* und *Alnus*.

Im Bereiche dieser Zone ist somit ein dichter Zusammenschluß der Bergkiefernbestände bei verringerter Sedimentationsgeschwindigkeit festzustellen, die in der Massenanhäufung von *Pinus*-Pollen zum Ausdruck kommt. Im Zusammenhang damit ist mit einer Ausbreitung der großblättrigen Birken eine Waldentwicklung eingeleitet, die für den Ausklang der spätglazialen Periode charakteristisch ist.

#### Zone IV.

Der Bereich dieser Zone liegt noch in den hellen Mergeln, ist aber eng begrenzt, so daß sie nur im Profil V mit drei Proben, in den andern Profilen nur mit ein bis zwei Proben erfaßt werden konnte. Unter einem *Betula*-Gipfel, der bis 26% ansteigt, treten plötzlich wärmeliebende Holzarten, wenn auch nur vereinzelt, auf, die ein Näherrücken ihrer Areale bezeugen.

In den neun Proben dieser maximal 30 cm mächtigen Zone verteilen sich die Pollen wie folgt:

Gezählte Pollen	Hiervon:								
	<i>Pinus</i>	<i>Betula</i>	<i>Alnus</i>	<i>Tilia</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Quercus</i>	<i>Corylus</i>	<i>Picea</i>	<i>Salix</i>
1400. . .	1153	186	19	11	10	1	9	6	5
In Proz. .	82	13,3	1,4	0,8	0,7	.	0,6	0,4	0,3

Unter den *Pinus*-Arten ist auch hier die Zirbe reichlich vertreten. Mit dem erneuten Auftreten wärmezeitlicher Gehölze endet die spätglaziale Waldentwicklung.

In den Zonen V bis VIII vollzieht sich die Weiterentwicklung analog dem Schema, wie es beim Seefelder Wildsee dargestellt ist und regional bereits feststeht. Anders jedoch liegen hier die Sedimentationsverhältnisse. Während im Wildsee bereits im Bereiche der Zone IV die tonigen minerogenen Sedimente plötzlich zurücktreten und in der ansteigenden und kulminierenden Wärmezeit schon ausschließlich organogene Seekreide und Lebertorf zum Absatz kommt, hält im Achensee der Absatz heller, kalkreicherer Mergel noch während der ganzen frühen Wärmezeit an. Erst im Bereiche der Zone VI zur Zeit der ersten größten Fichtenausbreitung verschwindet nach langsamem Übergang der Tongehalt der Sedimente und wird rein organogene Seekreide abgelagert.

Das große Einzugsgebiet des Achensees und seine Umrahmung von Bergen, deren Gipfelflur in der Lamsenspitze bis über 2500 m



auftrag, machen es erklärlich, daß hier der Vegetationsschluß an den Gebirgshängen erst später so dicht wurde, daß er als Filter für die Einschwemmung von minerogenem Material dienen konnte, als der er sich in der Buchen- und Tannenzeit auch hier erweist.

Zu dem Pollenbild dieser Zonen wäre noch folgendes hervorzuheben. Auffällig ist die starke Ausbreitung der Hasel, die hier dem Eichenmischwaldmaximum etwas vorauszuweichen scheint und die in einer Probe mit 98% der BPS. erfaßt werden konnte. In solcher Ausbreitung war sie bisher in höher gelegenen Ablagerungen der Ostalpen nicht festzustellen.

Über die Verteilung der Arten des Eichenmischwaldes gibt folgende Tabelle Aufschluß, die die Anzahl der gezählten Pollen und ihr prozentuales Verhältnis untereinander angibt:

	<i>Quercus</i>		<i>Ulmus</i>		<i>Tilia</i>	
	Pollen	%	Pollen	%	Pollen	%
Zone V . . . .	56	19	193	64	50	17
Zone VI . . . .	75	32	122	52	37	16
Zone VII . . . .	9	70	2	15	2	15
Zone VIII . . .	13	92	1	8	.	.

Die Hauptart des Eichenmischwaldes ist also hier wahrscheinlich in Begleitung des pollenanalytisch nicht nachweisbaren Bergahorns zuerst die Ulme, während der Linde nur untergeordnete Bedeutung zukommt. Die Eiche ist von Anfang an reichlich vertreten und tritt in der späteren Wärmezeit und Nachwärmezeit praktisch als alleinige Vertreterin auf. Dieses Überwiegen der Eichenpollen in den rezenten und subrezentem Ablagerungen ist eigentümlich, da die Eiche heute nur mehr in den Südlagen des Inntales vorkommt, während Ulmen und Ahornbestände heute noch in höheren Lagen um den See verbreitet sind.

Spärlich erhalten finden sich Pollen von Ahorn und Esche und in Zone VII ein einziger Pollen, der der Hopfenbuche zugeschrieben werden muß.

Weitverbreitet in der späten Wärmezeit ist die Tanne, die mit nahezu 50% in der Buchen-Tannenzeit vor der Fichte die Führung übernimmt, während die Buchenkurve durchweg unter 20% liegt.

Die Nachwärmezeit wird durch einen zweiten deutlichen Fichtengipfel eingeleitet. Die Fichte drängt hier deutlich Tanne und Buche wieder zurück, um dann aber selbst rasch dem neuerlichen Anstieg der Föhren, insbesondere der alle höheren Berglagen bedeckenden Bergföhre zu erliegen.

### Das Wasenmoos bei Heiterwang am Plansee.

Die geologische Geschichte des Plansees gleicht in großen Zügen jener des Achensees. Vom Lechtal aus wurden die Täler interglazial mit Schuttmassen bis zu einer Höhe von mindestens



1120 m verschüttet, über die in der Würmeiszeit gewaltige Gletscher flossen. Auch hier floß aus dem Inntal ein mächtiger Strom von Inneis nach Norden ab, der einen Seitenarm durch das Hintertorental und durch das Tal des Plansees nach Norden entsandte (vgl. Fig. 18).

Während nach Ampferer das Würmeis aus den interglazialen Schottern eine 76 m tiefe Rinne aushöhlte, die der heutige Plansee erfüllt, nehmen andere Autoren (Levy, Fels) an, daß der den See gegen das Neidernachtal abschließende mächtige Schuttwall eine Moränenanhäufung des Bühlgletschers ist. Zweifellos war im Bühlstadium — wieder im Sinne einer letzten, nicht rein lokalen Vereisung — das Seebecken noch vergletschert bzw. mit Todeis erfüllt, während im Gschnitzstadium bzw. der Schlußeiszeit nach Ampferer die Lokalgletscher den See nicht mehr erreichten. In dieser ersten Zeit bildete der Plansee mit dem Heiterwanger See ein einheitliches Becken. Letzterer wurde erst durch junge Schuttablagerungen des Pitztenbaches abgedämmt und erstreckte sich ursprünglich mehrere Kilometer weiter nach Südwesten gegen das Dorf Heiterwang zu, wo er von einem Moränenkranz eingeschlossen eine flache Bucht bildete, die heute völlig verlandet ist.

Hier liegt ein schönes, gut gewölbtes Hochmoor, das „Wasenmoos“, in einer Ausdehnung von ca. 9 ha. Mehr als die Hälfte des Moores ist bereits abgestochen. Es finden sich hier zwischen nassen Schlenken *Rhynchospora alba*, *Lycopodium inundatum*, *Trichophorum caespitosum*, *Eriophorum vaginatum* sowie vorwiegend *Sphagnum molluscum* und *magellanicum*. Im zentralen, noch nicht abgetorften Teil sind reichlich Bulten mit *Sphagnum fuscum* und *rubellum*.

Hier wurde eine Bohrung niedergebracht, die folgende Schichtenfolge ergab:

- 0—3,60 m *Sphagnum-Eriophorum vaginatum-Scheuchzeria*-Torf mit reichlichem Reisergehalt. Der Zersetzungsgrad nimmt von 3 m an nach unten rasch zu. Nach Übergangsschichten von 3,40 m an folgt:
- 3,60—4,20 m *Carex-Radizellen-Braunmoostorf*, ohne tonige minerogene Beimengungen. Die rein organogene Masse ist sehr stark Dy-artig zersetzt, und insbesondere sind auch die Pollen sehr stark zerstört. Es hat den Anschein, daß hier Schichten wiederholter Austrocknung und Wiedervernässung vorliegen, ohne daß durch Überflutungen minerogener Schlamm abgelagert wurde.
- 4,20—6,00 m tonig-kalkige, blaugraue, zäh-plastische Mergelgyttja, mit starken, reichlich humosen Bändern aus Resten von Braunmoosen und Monokotylen durchzogen. *Calliergon trifarium*, vorwiegend



aber *Scorpidium scorpidioides* bilden oft fast reine, mehrere Zentimeter starke Schichten. Insbesondere zwischen den Horizonten 530—560 liegt ein mineralarmer, stark erdig zersetzter trockener Braunmoostorf. Darunter sind die humosen Einlagerungen in den Mergeln stark Dy-artig zersetzt und verschwinden gegen unten nahezu ganz. Den Untergrund bilden schotterige Lagen, die wohl der Moräne angehören. Dieser ganze Mergel-Braunmooschichtkomplex ist zweifellos das Ergebnis einer sukzedanen Verlandung einer mit Moosrasen von *Scorpidium* und *Calliergon trifarium* bewachsenen Seichtwasserfläche, in der durch fortgesetzte Überflutungen mit Schmelz- und Gletscherwässern reichlicher Mineralschlamm zum Absatz kam.

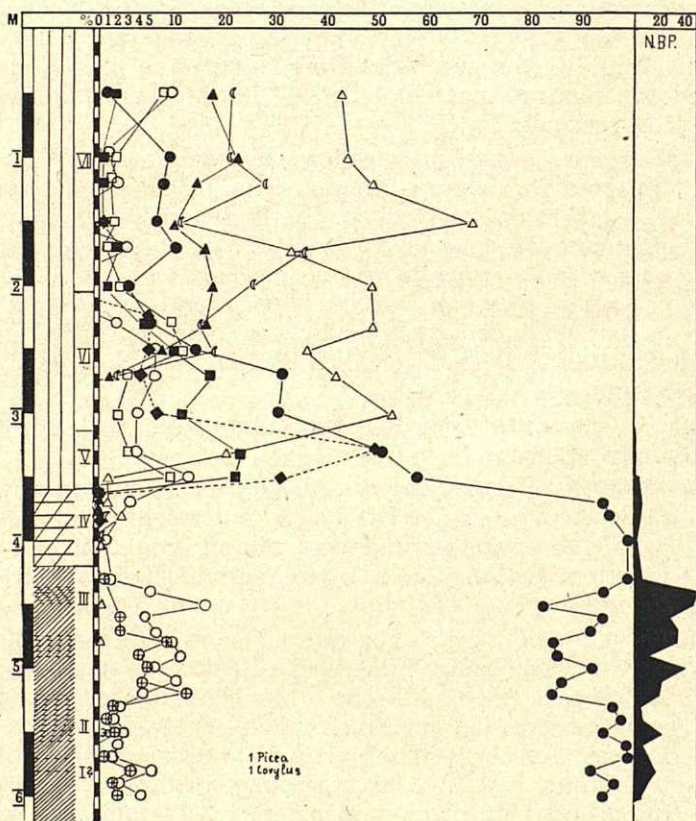


Fig. 17.  
Wassenmoos bei Heiterwang am  
Plansee

Fig. 17.

Wassenmoos bei Heiterwang. Diagramm.



Aus dem Pollendiagramm (Fig. 17) ist der spätglaziale Charakter der Mergel noch weiter bestätigt. Bei überwiegender Dominanz des *Pinus*-Pollens, der wohl zur Gänze hier der Bergföhre zugerechnet werden muß, treten sonst nur Birke und Weide regelmäßig auf. Für eine eindeutige Gliederung dieses spätglazialen Abschnittes im Sinne eines Interstadiales in drei Zonen — wie eine solche im Achensee und im Seefelder Wildsee deutlich war — fehlen aber hier klare Anhaltspunkte. Das Vorkommen eines vereinzelt *Picea*-Pollens und eines *Corylus*-Pollens in Probe 580 reicht allein wohl nicht hin, die Annahme einer interstadialen Zone (I) zu begründen, für die auch hier in der Beschaffenheit der Sedimente keine Anhaltspunkte gegeben sind. Deutlicher ist durch das Ansteigen der Birkenkurve eine Abgrenzung zwischen der Zone II und III gegeben, wenn auch hier die *Betula*-Kurve gegen die Zone IV zu, im Gegensatz zu dem sonst fast stets zu beobachtenden Ansteigen, deutlich und stark absinkt. Die Pollenfrequenz ist hier in allen humosen Schichten beträchtlich und sinkt nur in den reinen Mergellagen naturgemäß stark ab, so daß in den Proben 500—520 nur je 50 Pollen gezählt werden konnten.

Die NBP.-Summe ist hier im Diagramm graphisch dargestellt. Sie erreicht hier in den Proben, die wohl sicher zur Zone III gestellt werden können, über 50%. Diese Pollen setzen sich ziemlich gleichmäßig aus 72% Gramineen-, 22% Cyperaceen- und 6% Kräuterpollen zusammen.

Für eine Zonengliederung geben aber weder die Pollenfrequenz noch die NBP.-Werte einen Anhaltspunkt.

Mit dem Fazieswechsel, der in scharfem Kontakt die Mergelgyttja von dem rein organogenen Radizellen-Braunmoorstorf trennt, beginnt die präboreale Zone IV, gekennzeichnet durch das vereinzelte, aber regelmäßige Auftreten von Fichte, Tanne, Buche, Hasel und Ulme. Es ist hier das frühe Auftreten der ersten drei Komponenten bemerkenswert, von denen Tanne und Buche in der folgenden Eichenmischwaldzeit wieder völlig verschwinden, sowie das Zurücktreten der Birke, die sonst überall in dieser Zone einen Kurvengipfel aufweist. Diese ausgesprochenen Abweichungen von der regionalen Waldentwicklung sind unklar.

In neuerlich scharfem Kontakt zur Übergangsmoorbildung der Zone IV folgt der Hochmoortorf, der schon in der untersten Probe eine voll entwickelte Hasel-Eichenmischwaldzeit zeigt und der Zone V angehört. Die fast stets, aber hier mit besonderer Deutlichkeit auftretende sprunghafte Änderung des Pollenbildes zwingt wohl zur Annahme einer Sedimentationslücke. Da, wie oben erwähnt, der Übergangstorf der Zone IV bereits Anzeichen wiederholter Austrocknung aufweist, ist hier wohl auch eine durch Austrocknung verursachte Lücke in der Ablagerung die Ursache dieser sprunghaften Entwicklung.

Im übrigen zeigen die Eichenmischwaldzeit der Zone V, die Fichtenzeit der Zone VI und die Buchen-Tannenzeit der Zone VII das gewohnte Bild.



Die Komponenten des Eichenmischwaldes verteilen sich wie folgt:

	<i>Quercus</i>	<i>Ulmus</i>	<i>Tilia</i>
In Zone V . . . . .	12%	54%	34%
In Zone VI . . . . .	50%	35%	15%

Der Höhenlage des Moores entsprechend, schließt die Moorbildung mit der Buchen- und Tannenzeit ab. Die oberste untersuchte Probe in 50 cm Tiefe einer Bulte zeigt noch den für den Abschluß der Buchen- und Tannenzeit charakteristischen Tiefstand der *Pinus*-Kurve. Die rezente Föhrenausbildung der Zone VIII ist in der Moorbildung nicht mehr erfaßt, obwohl heute ausgedehnte Bergföhrenbestände in der Umgebung das Waldbild beherrschen.

### Gliederung des Spätglazials und vergleichende Zonengliederung der nacheiszeitlichen Wald- und Klimaentwicklung in Deutschland.

Der „Bühl“-Bereich der Alpenmoränen ist ein schwankender Begriff; er umfaßt im allgemeinen aber noch jene Halte oder Vorstöße, die sich im Verlaufe des Würmeisrückzuges in den Alpentälern oder an deren Ausgang ergeben und die sich von den Moränen des späteren Gschnitz- und Daunstadiums deutlich unterscheiden. In diesem Sinne müssen die letzten Gletscherreste in den Becken der drei vorbehandelten Seen diesem Bühlstadium im weiteren Sinne zugerechnet werden. Nach der Örtlichkeit und der Höhenlage ist weiter anzunehmen, daß die Eisfreiheit der Seebecken in ungefähr dem gleichen Zeitpunkte erreicht war, wenn sich in ihnen auch wahrscheinlich noch Todeismassen in einer Zeit erhalten hatten, während der die umliegenden Berghänge bereits eine ausgeprägte Vegetationsdecke trugen und die lokalen Gletscher der Hänge und Kare wohl bereits weit zurückgewichen waren.

Nur so ist es zu erklären, daß die untersten Schichten der Sedimentation, die nach erreichter Eisfreiheit zur Ablage kamen, wenigstens im Seefelder See und im Achensee im Bereich der Zone I Merkmale aufweisen, die auf eine weit fortgeschrittene Waldentwicklung hindeuten.

Wenn man im Achensee von den Maxima in einzelnen Proben, die vielleicht zufallsbedingt sind, auch absieht, so weist der Gesamtdurchschnitt der Proben dieser Zone doch 9% Fichten, 2% Tannen und 1,4% Pollen verschiedener wärmeliebender Laubhölzer auf, die nur den Schluß zulassen, daß das Verbreitungsgebiet von Fichte und Tanne den Achensee bereits erreicht hatte, daß aber auch die Areale wärmeliebender Laubhölzer so nahe



lagen, daß ihr Pollen vereinzelt, aber regelmäßig zur Ablagerung kamen.

Das untere Inntal bot auf fruchtbaren Böden und in klimatisch günstigen Lagen und mit verhältnismäßig offenen Einwanderungswegen von Osten günstige Zuwanderungsmöglichkeiten.

Daß im Seefelder See dieser Niederschlag einer fortgeschrittenen Waldentwicklung nur mehr sehr spärlich zum Ausdruck kam und im Planseegebiet nur mehr Spuren vorhanden sind, ist wohl erklärlich durch die höhere und abgeschlossener Lage in fast reinen Dolomitgebieten, die anspruchsvolleren Holzarten die Konkurrenz mit den Föhren erschwerte, und die Annahme, daß das Verbreitungsgebiet der wärmeliebenden Hölzer in den Hauptalpentälern noch nicht weiter vorgerückt war und im unteren Inntal seine Grenze erreicht hatte.

Dagegen zeigen die Gytthalagen dieser Zone im Seefelder See mit ihrem charakteristischen Zooplanktongehalt mit unverkennbarer Deutlichkeit, daß es sich hier um eine Periode mit starker sommerlicher Erwärmung und klarem Wasserstand handelt, die den ständigen Zustrom von Gletscher- und Schmelzwässern ausschließt.

Daß diese Merkmale wieder im Achensee nicht oder nur spärlich nachzuweisen sind, ist wohl darin begründet, daß in dem unvergleichlich größeren und tieferen Seebecken andere Lebensbedingungen herrschten und Bodenorganismen, durch den höheren Sauerstoffgehalt begünstigt, eine stärkere Zerstörung der organischen Reste verursachten.

Alle diese Anzeichen einer klimatisch bedingten wärmeren und trockeneren Periode treten nun in der folgenden Zone wieder zurück. Es kommt reiner Glazialschlamm zum Absatz; die meistens deutlich in Erscheinung tretende Pollenarmut der Mergelschichten spricht für eine raschere Sedimentation, vielleicht auch für einen Rückgang der Dichte und der Höhengrenzen der Vegetation. Zweifellos sind die vorgeschobenen Areale der Fichte und Tanne und der Laubhölzer mit Ausnahme der Birke wieder weit zurückgewichen, denn ihr regelmäßiger und quantitativ erheblicher Pollenniederschlag hört auf und die Bergföhre herrscht nahezu allein, nur spärlich begleitet von Birken und Weiden und gelegentlich dem Sanddorn. Im Seefelder See verschwindet das charakteristische Zooplankton in den reinen Glazialschlammablagerungen.

Diese Erscheinungen reihen sich nun zwanglos den Ergebnissen der Quartärgeologie ein und sind vielleicht geeignet, deren rein topographische Befunde zu ergänzen.

Wir ersehen in der letzten Vereisung der untersuchten Örtlichkeiten folgenden, offensichtlich klimatisch bedingten, warmen und trockenen Periode den Ausdruck eines BÜHLGSCHNITZ-INTERSTADIUMS. Der Klimawechsel mußte sehr einschneidend gewesen sein und einen raschen Schwund der



Eismassen der Talgletscher zur Folge gehabt haben. Wohl noch in Zeiten, in denen diese, in Todeismassen zerfallen, abschmolzen, werden an den freien Talhängen wärmeliebendere Holzarten aus dem Osten und Süden rasch vorgerückt sein. Wenn wir hören, daß heute z. B. im Karakorum in ca. 4000 m Höhe auf den Moräneninseln und Hängen der Talgletscher wenige Meter über ungeheuren Eismassen Rosaceensträucher in üppigster Blütenpracht stehen, so ist auch die Annahme nicht unwahrscheinlich, daß die klimatischen Verhältnisse, die einen raschen Rückgang und Zerfall der Gletscher bedingten, es auch der Fichte und Tanne ermöglichten, über den zerfallenden Gletschern auf früher eisfrei gewordenen Hängen und Pässen vorzurücken.

So ist es auch erklärlich, daß schon die untersten Schichten der nach dem Eisschwund ermöglichten Sedimentation den Nachweis dieses Vorstoßes anspruchsvollerer Waldbäume führen.

Die deutlichen Merkmale der im Bereiche der Zone II festgestellten Klimaverschlechterung sind demnach als stadiale Erscheinungen zu bewerten, die dem Gschnitzstadium zuzurechnen sind. Für dieses ist nach Ampferer im Untersuchungsgebiet die Schneegrenze mit 1800 m angenommen, und sind die Zungenenden der Lokalgletscher am Achensee z. B. im Sonnwendgebirge und in der Pertisau bei 1300 m, in anderen Fällen der nördlichen Kalkalpen noch tiefer festgestellt. In der Änderung der Sedimentation und des Waldbildes zwischen den Zonen I und II kommt nun deutlich zum Ausdruck, daß dieses Stadium nicht nur ein Rückzugsstadium im engeren Sinne, ein längeres Verharren der Gletscher in einer Phase des sonst kontinuierlichen Rückzuges bedeutet, sondern, daß es sich hier um einen ausgesprochen regressiven Vorgang, um einen durch wesentliche klimatische Verschlechterung bedingten Vorstoß, wahrscheinlich aber um eine ganz neu eingeleitete Vereisung handelt, die nach einer Wärme- und Trockenperiode einsetzte, in der wenigstens in den Berglagen um Seefeld die Lokalvergletscherung ganz verschwunden war.

Dieser Befund entspricht also grundsätzlich der Annahme einer Schlußeiszeit oder Schlußvereisung im Sinne Ampferers. Wenn diese Annahme heute noch in Diskussion steht, so betrifft die Verschiedenheit der Anschauungen weniger das Phänomen der Schlußvereisung als solche, sondern den Grad des vorausgegangenen interstadialen Gletscherrückganges.

Ampferer hat unlängst die Frage aufgeworfen: „Waren die Alpen zwischen Würmeiszeit und Schlußvereisung unvergletschert?“ und hat sie mit „ja“ beantwortet.

Es ist nun wohl kein Zweifel, daß die letzte Vergletscherung der Seefelder Senke, des Achensees und des Planseebeckens in



diesem Sinne noch den letzten Ausklängen der Würmeiszeit und nicht der Schlußvereisung zuzurechnen sind. Demnach müssen die ältesten Sedimente obiger Seen in der zur Diskussion gestellten „Zwischeneiszeit“ abgelagert worden sein.

Wir haben nun in den wärmezeitlichen Zonen V bis VII den waldbildlichen Ausdruck einer solchen „Zwischeneiszeit“, die aber viel jünger ist und zwischen der in Frage stehenden Schlußvereisung und den heutigen Gletscherständen liegt. Ahornholzfunde im Simmingsee (2000 m) und im Gurgler Rotmoos (2260 m), Fichtenholz im Urfallgrübl (2400 m) zeigen in Verbindung mit den Pollendiagrammen wohl eindeutig, daß damals unsere Zentralalpen bis auf ca. 2500 m Höhe bewaldet waren und die Gletscher wohl bis auf unbedeutende Reste, wenn nicht ganz, verschwunden waren.

Diesem Bild einer unvergletscherten Zwischeneiszeit entspricht nun der Befund der interstadialen Schichten vor der Schlußvereisung, wie er in Seefeld und im Achensee vorliegt, auch nicht annähernd. Hier können wir annehmen, daß Fichte und Tanne eben in den unteren Teil des Inntales eingedrungen waren, aber keineswegs Höhenlagen über 1000 m besiedelten, wo noch ausschließlich Bergföhren, Zirben, Birken und Weiden vorkamen. Einem völligen Gletscherrückgang im Sinne Ampferers müßte wohl auch der Wald auf dem Fuße gefolgt sein, und zwar in einem Ausmaße, wie dies später in der Wärmezeit Tatsache wurde.

Das vorliegende Interstadial im Achensee und Seefelder See läßt also keineswegs einen so weitgehenden Schluß zu, wenn es auch eindeutig eine einschneidende klimatische und vegetationsgeschichtliche Schwankung nachweist.

Weiter ergibt sich die Frage, ob das glazialgeologisch gesicherte Daunstadium oder ein ihm vorausgehendes Gschnitz-Daun-Interstadial bzw. eine Gliederung des Gschnitzstadiums im Ergebnis der vorliegenden Untersuchungen zum Ausdruck kommt.

Bisher konnten pollenanalytisch nirgends Anhaltspunkte gefunden werden, die eine klimatische Gschnitz-Daunschwankung annehmen ließen. Auch in den vorliegenden Profilen ist dies nun nicht der Fall. Die zur Schlußvereisung zu rechnende Zone II zeigt weder im Pollenbild noch in der Sedimentation Anzeichen einer klimatischen Schwankung, vielmehr verläuft in ihr die regressive Entwicklung, die progressive in den Zonen III bis V völlig geradlinig. Die vorliegenden Befunde drängen somit zur Annahme, daß das Gschnitzstadium mit seinen Unterteilungen in Gschnitz I und Gschnitz II sowie das Daunstadium Phasen der Schlußvereisung im Sinne von Rückzugshalten waren, und daß die sie bedingenden klimatischen Depressionerscheinungen nicht so einschneidend waren, daß sie die Waldentwicklung im Gebiete in merkbarer Weise beeinflussen konnten.

Die mehrfach erwähnten Merkmale des ausgehenden Spätglazials der Zone III, die eine verlangsamte Sedimentation und



eine Verdichtung der Walddecke anzeigen, der steigende Pollengehalt der Ablagerungen mit dem Birkenanstieg weisen im Sinne obiger Ausführungen auf eine ununterbrochene, ausgesprochen progressive Waldentwicklung hin. Noch deutlicher trifft dies bei der präborealen Zone IV zu, ja alle Merkmale der hierher zu rechnenden Ablagerungen weisen darauf hin, daß es sich um eine ausgesprochen trockene und warme Periode gehandelt hat. Wir sehen hier an der oberen Grenze der präborealen zu den borealen Schichten überall eine geradezu sprunghafte Waldentwicklung einsetzen. Innerhalb weniger Zentimeter Profilabstand zeigen die Proben völlig geänderte Waldverhältnisse im Sinne eines rapiden Anstieges wärmeliebender Holzarten. Dies kann seine Ursache nur in einer sehr stark verlangsamten Sedimentbildung infolge einer ausgesprochenen Trockenperiode haben. Besonders in den präborealen Ablagerungen im Heiterwanger Moor tritt dies auffällig in Erscheinung. Der Übergangstorf der Zone IV ist — frei von mineralischen Beimengungen — so stark Dyartig zersetzt und der organogene Gehalt durch Verwesungsvorgänge so stark zerstört, daß nur wiederholte Auftrocknung und längere Trockenperioden diesen Zustand herbeigeführt haben können.

Gleichartige Anzeichen einer ganz außergewöhnlichen Trockenphase am Ende des Präboreales werden von Firbas im Kolbermoor, im Federsee, besonders betont aber in der Rheinpfalz nachgewiesen, wo bei abgesunkenem Grundwasserspiegel ein völliger Stillstand der Moorbildung mit Spuren von Wald und Moorbränden festgestellt wurde. Eine derartig geradlinig verlaufende Klimaentwicklung innerhalb des Bildungsbereiches des letzten Spätglazials und Präboreals schließt aber die Annahme tiefwirkender regressiver Phasen aus.

Firbas hat seine eingehende Darstellung der Entwicklung des Spätglazials vorwiegend auf seine Untersuchungen im Kolbermoor bei Rosenheim, im Federsee und in der Westpfälzischen Moorniederung begründet. In letzter Zeit haben Groß für Ostpreußen und Overbeck und Schneider für Nordwestdeutschland Gliederungen der spät- und nacheiszeitlichen Entwicklung in Zonen gegeben und diese mit prähistorischen Kulturperioden und einem Zeitschema verknüpft.

Es soll nun der Versuch gemacht werden, die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen in den Tiroler Alpen mit obigen Befunden gleichzurichten. In der beigegebenen Tabelle werden die für die genannten Untersuchungsgebiete aufgestellten Phasen und Zonen der Entwicklung einander gegenübergestellt. Für die näherliegenden Gebiete Süd- und Mitteldeutschlands ist die Übereinstimmung unschwer zu erkennen, wenn auch die Abgrenzung der durchweg in sehr geringer Mächtigkeit abgelagerten präborealen und borealen Schichten und ihre zeitliche Gleichstellung mit den Zonenbereichen in den Alpen keineswegs sicher erscheint. Für die nordwestdeutschen und ostpreußischen Gebiete bleibt der Versuch der Parallelisierung immerhin noch problematisch.



Übersicht zur Zonengliederung der nacheiszeitlichen Wald- und Klimageschichte.

Zone	Nordtirol Nach vorliegender Darstellung	Kolbermoor Nach Firbas und Paulu. Ruoff	Federsee Nach Firbas und Bertsch	Rheinpfalz Nach Firbas	Nordwest- deutschland Nach Overbeck und Schneider	Ostpreußen Nach Groß	Blytt- Sernander	Kultur- perioden	Geo- chronologie Nach Groß		
—	Ende der Würmeiszeit	Waldlose Periode	Waldlose Weidenzeit	Waldlose Weiden- zeit	I Waldlose Tundra	I a) Daniglazial Tundra	Arktikum	Paläolithikum	— 18 000		
	Bühlstadien im weiteren Sinn. Vergletscherungen und Todeisbestände	Kiefernanstieg	Birkenzeit mit zu- nehmender Wald- dichte	Birkenzeit	II Subarktische Birkenzeit	b) Alleröd I Subarktische Steppe c) Gothi- glazial. Subarktische Waldsteppe			— 14 000		
									— 10 000		
I	Interstadial Bühl-Gschnitz. Starker Rückgang der Vergletscherung. Fichte und Tanne im unteren Inntal. Areale wärmeliebender Laubhölzer nahe. Starke sommerliche Er- wärmung	Kiefernzeit mit ver- einzelten Pollen von Eiche, Hasel, Fichte	Ältere Kiefernzeit	Kiefern-Birkenzeit	III Alleröd-Wärme- schwankung. Dichtere Kiefern-Birken- wälder	II Interstadial Alleröd II Lichte Birken- Kiefernwälder. Vorübergehen- de Erwärmung	Spätglazial — Subarktikum	Mesolithikum	— 9 000		
II	Schlußvereisung mit Gschnitz- stadien. Pollenarme Ablagerungen von Glazialmergeln. Fichte und Tanne wieder verschwunden. Bergföhren- bestände mit spärlich Birken und Weiden	Kiefernzeit	Birkenvorstoß in Konkurrenz mit Waldföhren als regressiver Schritt der Waldentwick- lung		IV Subarktische Kiefern- Birkenzeit	III Fennoskan- dische End- moränen. Baltischer Eissee. Subarktische Waldsteppe mit Weiden. Zweig- und Baumbirken			— 8 500		
III	Ausklingendes Spätglazial. Rückgang der Lokalvergletscherung. Bergföhren- und Zirbenbestände. Bir- kenvorstoß im Sinne progressiver Wald- entwicklung. Sehr pollenreiche Glazial- mergel	Kiefernzeit mit Birkenvorstoß und vereinzelten Pol- len von Erlen und Fichten	Jüngere Kiefernzeit mit zunehmender Bewaldungsdichte. Obere Grenze ton- iger Ablagerungen		Kiefernzeit mit zunehmender Walddichte. Ausbreitung von Schilf und Einsetzen in- tensiver Moor- bildung	V Birkenphase Einwanderung der Hasel Beginn der Wärmezeit			IV Yoldia- Meer Lichte Birken- wälder mit Espen. Ulme wandert ein. Mäßig warm, ozeanisch	Präboreal	— 8 000
IV	Föhrenzeit (Zirben) mit Birkengipfel. Vereinzelt regelmäßiges Auftreten von wärmeliebenden Laubhölzern und Fichte. Verlangsamte Ablagerung ton- freier bzw. tonärmerer Sedimente. Gegen Ende der Periode Austrock- nungshorizonte und Sedimentations- lücken. Warm, sehr trocken. Be- ginn der Wärmezeit	Kiefernzeit mit Bir- kengipfel. Vere- inzelt aber regel- mäßig Pollen von Erle, Fichte, Hasel und Eichenmisch- wald. Trocken- phase am Ende der Periode be- wirkt Fazies- wechsel von Schilf- zu trockenem Bruchwaldturf	Kiefernzeit mit Bir- kengipfel. Hasel- und Ulmenpollen vereinzelt aber re- gelmäßig. Ein- setzen tonfreier Sedimentation von Kalkmudde	Haselzeit mit auf- fälligem Aus- trocknungs- horizont. Ab- sinken des Grundwasser- spiegels. Still- stand der Moorbildung. Wald und Moor-Brand- spuren	VI Kiefern-Hasel- zeit mit Kie- fernmaximum. Quercus, Tilia, Ulmus schon schwach ver- treten. Erle noch fehlend	V Ancyluszeit Ulmen-Hasel- haine, Birken- Kiefernwälder Sehr warm und trocken. Kon- tinentale	Boreal	Mesolithikum	— 7 000		
V	Hasel-Eichenmischwaldzeit mit ungefähr gleichzeitigen Maxima. Die rasch sich ausbreitende Fichte drängt die Föhren zurück. Klimaoptimum. Sehr warm und niederschlagsreicher. Beginn der Hochmoorbildung in den Lagen über 1000 m. Erhöhung der Wald- und Vegetationsgrenzen. Ende bzw. Rück- gang toniger Sedimentation in den Kalkalpenseen. Kulminierende Wärmezeit	Hasel-Eichenmisch- waldzeit mit gleichzeitigen Ma- xima. Rascher Fichtenanstieg mit Rückgang der Föhren	Hasel-Eichenmisch- waldzeit mit etwas voreilendem Hasel- maximum. Star- kes Einsetzen or- ganogener Ver- landung	Eichenmischwald- Erlenzeit. Ablagerung von Bruchwaldturf	VII Kiefern-Haselzeit mit Hasel- maximum Beginn der Erlen- ausbreitung				Atlantikum	Neolithikum	— 6 000
					VIII Linden-Ulmen- phase der Eichenmisch- wald-Haselzeit						VI Litorinazeit Linden-Ulmen- Haselwälder. Beginn der Fichtenaus- breitung
					IX Eichenphase 1 der Hasel- Eichenmisch- waldzeit. Be- ginn der em- pirischen Fagus-Kurve	VII Eichen-Linden- Haselwälder. Rot- und Weiß- buche wandern ein. Sehr warm u. feucht	— 4 000				
VI	Fichtenzeit (unterer Fichtengipfel) mit Beginn der rationellen Kurve von Tanne und Buche. Rückgang des Mischwaldes, in dem die Eiche vor- wiegt. Höchste Waldgrenzen (2500 m) bei nahezu völligem Rückgang der zentralalpiner Vergletscherung. Ra- sches Hochmoorwachstum und Sedi- mentation rein organogener Kalk- gyttja in den Kalkalpenseen. Ab- nehmende Wärmezeit	Fichtenzeit	Mischwälder mit vor- wiegend Eiche. Rascher Anstieg der Buche		X a) Eichenphase 2 der Hasel- Eichenmisch- waldzeit. Rück- gang der Hasel. Buche regel- mäßig schwach vertreten b) Eichen-Buchen- phase mit An- stieg der Buche	VIII Weißbuchen- wälder im Westen Feuchtigkeit schwankend, etwas wärmer als heute	Subboreal	Bronzezeit	— 3 000		
VII	Tannen-Buchenzeit mit Fichtenvorherr- schaft in Lagen über 1000 m. Be- schleunigtes Hochmoorwachstum. Se- dimentation organogener Seekreide in Kalkalpenseen. Klima kühler, nieder- schlagsreicher	Tannen-Buchenzeit	Buchenzeit						XI a) Buchenzeit	IX Späte Limnaea- zeit Fichtenmisch- und Laub- wälder mit Eiche, Linde, Weißbuche. Hochmoore, kühl und feucht Myazeit	— 2 000
											VIIIa) Fichtenzeit (oberer Fichtengipfel) mit Rückgang von Tanne und Buche. Ende des Hochmoorwachstums im Gebirge. Rückgang der Wald- und Vegetations- grenzen. Wiedereinsetzen minerogener Sedimentation in den Kalkalpenseen
VIIIa)	Fichtenzeit (oberer Fichtengipfel) mit Rückgang von Tanne und Buche. Ende des Hochmoorwachstums im Gebirge. Rückgang der Wald- und Vegetations- grenzen. Wiedereinsetzen minerogener Sedimentation in den Kalkalpenseen	Fichten-Buchenzeit	Buchen-Kiefernzeit	Buchenzeit	XI a) Buchenzeit	IX Späte Limnaea- zeit Fichtenmisch- und Laub- wälder mit Eiche, Linde, Weißbuche. Hochmoore, kühl und feucht Myazeit	Subatlantikum	Eisenzeit	— 500		
									b) Anstieg der Föhren. Rückgang der Fichte. Zurücktreten der übrigen Waldbildner in allen Lagen über 1000 m	Föhrenanstieg	Fichtenzeit, Waldbau



### Die Bergsturzseen: Weißensee am Fernpaß und Piburger See im Ötztal.

Aus dem Ötztal zieht quer durch das Innthal bei Imst über die alte Fernpaßtalung nach Norden bis gegen Garmisch eine in der

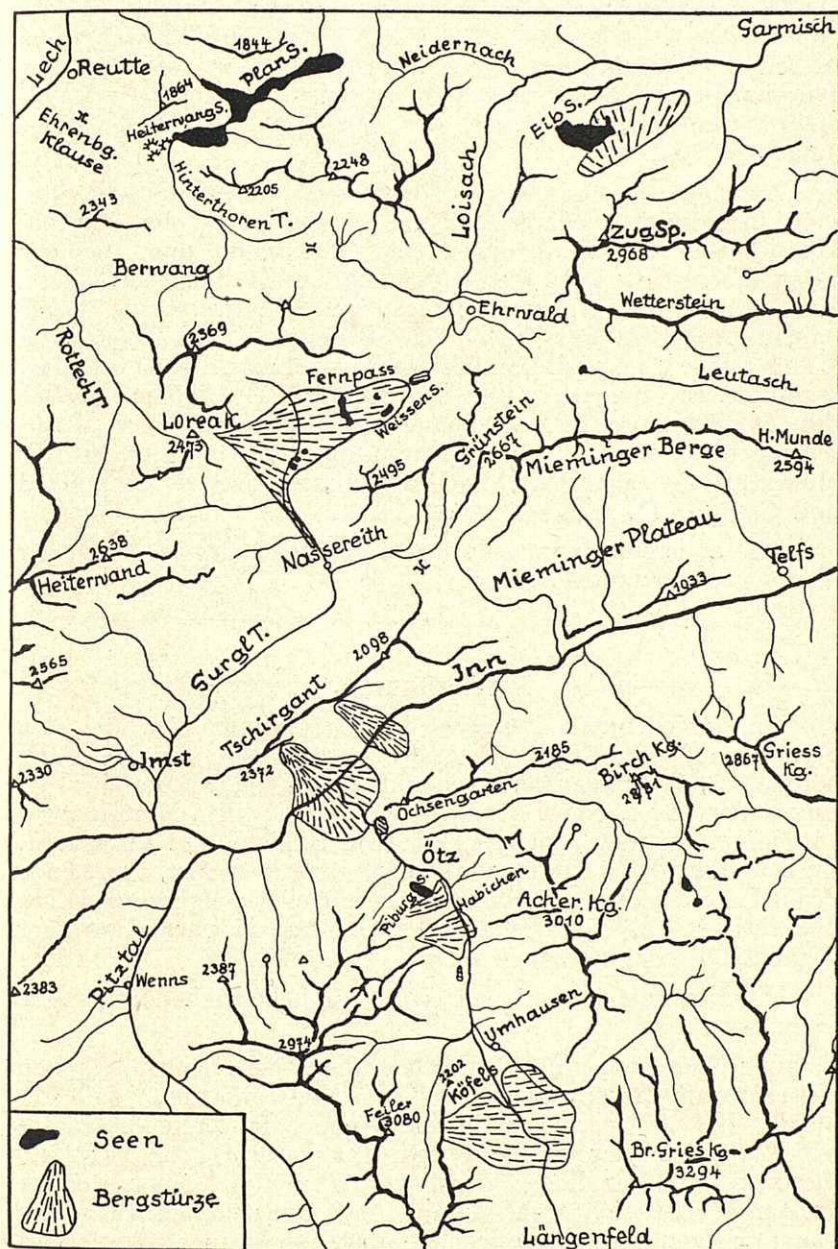


Fig. 18.

Situationsskizze der Bergsturzzone Ötztal-Fernpaß-Eibsee.



Luftlinie nur 45 km lange Zone, in der oft dicht aneinander gewaltige Bergsturm Massen lagern (vgl. Fig. 18).

Es sind dies die Bergstürze von Köfels, zwischen Längenfeld und Umhausen, von Habichen und von Piburg im Ötztal. Weiter an der Einmündung des Ötztals in das Inntal der Tschirgantbergsturz und 12 km nordöstlich die mächtigste dieser Bergsturm Massen, die die alte Fernpaßtalung verschüttet und den heutigen Fernpaß aufgeworfen hat, und jener, der den Eibsee bei Garmisch aufgestaut hat.

Nach den geologischen Befunden sind alle diese Bergstürze erst postglazial niedergegangen. Ampferer hat für die Hauptmasse des Bergsturzes vom Tschirgant und für den Fernpaßbergsturz festgestellt, daß sie auf Bühlmoräne lagern. Hinsichtlich der Altersbeziehung zur Schlußvereisung liegen nähere Angaben nur über den Bergsturz von Köfels vor. Lichtenegger erklärt ihn als Postgschnitz. Reithofer vermutet ein höheres Alter als Gschnitz II, da im Bereich der Bergsturnische Moränenmaterial liegt, das aller Wahrscheinlichkeit nach diesem Stadium angehört und jünger sein müsse als der Bergsturz, und stellt ihn zwischen Gschnitz I und Gschnitz II.

Alle anderen Sturm Massen liegen außerhalb des Bereiches der Moränen der Schlußvereisung.

### Der Weißensee.

Im ausgedehnten Bereiche der Bergsturm Massen, die den Fernpaß aufbauen, liegt eine Reihe kleiner Seen, von denen der nördlichste, der Weißensee, gegen Süden noch von den Sturm Massen eingeschlossen ist, gegen Norden jedoch durch einen Moränenwall abgedämmt ist, den Ampferer dem Bühlstadium zuschreibt. An den verlandeten Ufern wurden zwei Profile erbohrt, von denen Profil I am Süden am Rande einer mit einem Magnocaricetum bewachsenen Verlandungsfläche, Profil II am Nordende an einer kleinen Halbinsel gewonnen wurde.

Das Ergebnis der Untersuchung ist in nebenstehender Tabelle dargestellt.

Der Vergleich mit dem Diagramm des nächstgelegenen Heiterwanger Moores ergibt wohl mit Bestimmtheit, daß der Beginn der Ablagerungen in die Wende der ersten Fichtenzeit (Zone VI) zur Buchen- und Tannenzeit (Zone VII) anzusetzen ist. Der hohe Anteil von *Pinus* in den untersten Proben erklärt sich wohl daraus, daß am frischen Bergsturz zuerst Föhren sich angesiedelt haben und diese hier lokal erst langsam von der sonst herrschenden Fichte zurückgedrängt wurden.



Horizont m	Schichtenfolge	<i>Pinus</i> %	<i>Picea</i> %	<i>Abies</i> %	<i>Fagus</i> %	<i>Quercus</i> %	<i>Alnus</i> %	<i>Betula</i> %	<i>Corylus</i> %
Profil I									
0—0,40	Caricetumtorf . . . .	Pollen nahezu völlig zerstört							
0,40—1,00	Schwefeleisengyttja mit Radizellen . . .								
100	Stark humose Grob- detritusgyttja . . .	43	25	20	5	4	1	2	2
120		39	44	15	2	—	—	—	—
130		30	56	11	1	—	—	2	2
150		46	42	10	1	—	—	1	4
160	Kalkdetritusgyttja verfestigt (See- kreide) . . . . .	19	48	23	7	—	1	2	2
170		28	43	17	4	—	1	1	1
180		25	50	14	7	1	2	1	1
190		24	47	16	4	3	5	1	2
200		44	44	16	8	4	1	—	—
210		54	22	12	5	3	2	2	2
220	Kiesiger Sand mit Holzresten, pollen- arm . . . . .	12*	6*	3*	1*	* = Pollen.			

Profil II									
0—1,50	Caricetumtorf stark dyig zersetzt . . .	Pollen nahezu völlig zerstört							
1,50—1,80	Humos und tonig durchsetzte See- kreide . . . . .								
1,80	Seekreide . . . . .	54	20	13	5	2	5	2	3
2,00	Seekreide . . . . .	53	18	13	5	3	5	3	4
darunter	kantiger Kies								

### Der Piburger See.

In der verlandeten Südbucht, die durch Bergsturmassen gegen das Ötztal bei Habichen abgeriegelt ist, wurde ein Profil erbohrt, dessen unterste grobsandig humose, mit Holzresten durchsetzte Schicht folgende Pollenverteilung aufweist:

	<i>Pinus</i>	<i>Picea</i>	<i>Abies</i>	<i>Fagus</i>	<i>Tilia</i>	<i>Alnus</i>	<i>Betula</i>	<i>Corylus</i>
In Proz.	29	36	11	3	6	3	11	7

Auch hier gehört somit die unterste Ablagerung zweifellos der frühen Buchen- und Tannenzeit an.



In beiden Seen beginnen die Ablagerungen somit im gleichen Zeitabschnitt, und zwar im jüngeren Abschnitt der abnehmenden Wärmezeit. Diese fällt in das Subboreal nach der Einteilung von Blytt-Sernander und wird auch allgemein mit der älteren Bronzezeit ca. 2000 v. Ch. zeitlich gleichgestellt.

Es mag wohl längere Zeit gedauert haben, bis die Mulden, die durch die frisch niedergegangenen Bergstürze abgedämmt wurden, so abgedichtet waren, daß sich darin die Seen bilden und Sedimente absetzen konnten. Immerhin scheint kein Anlaß vorhanden, diesen für die Abdichtung erforderlichen Zeitraum so langdauernd anzunehmen, daß der Zeitpunkt des Bergsturzes einer anderen Zeitperiode im Sinne unserer Einteilung zugerechnet werden müßte als die erste Sedimentbildung. Demnach müssen die Bergstürze am Fernpaß und bei Piburg zumindest sehr lange nach der Schlußvereisung bzw. den Gschnitzstadien I und II in der späteren Wärmezeit niedergegangen sein, in einer Zeit, in der wir die höchsten Waldgrenzen (2500 m) und den nahezu völligen Rückgang der zentralalpinen Vergletscherung annehmen müssen, und die ganz wesentlich wärmer und niederschlagsärmer gewesen sein muß als heute.

Es muß hier auch auf die im I. Teile dieser Arbeit dargestellten Ergebnisse der Untersuchungen im Brennersee und im Sterzinger Moos zurückgegriffen werden. Dort konnte festgestellt werden, daß die untersten Schichten dieser ebenfalls bergsturzbedingten See- und Moorbildungen auch gleichaltrig in den Beginn der Buchen- und Tannenzeit fallen, wie hier im Weißensee und Piburger See.

Nun hat schon Penck bei seinen Untersuchungen des postglazialen Vulkanes von Köfels die Ansicht geäußert, daß die Köfelser Katastrophe mit gewaltigen Erschütterungen eines großen Teiles der Alpen zusammenfiel, wodurch auch die Bergstürze am Tschirgant und Fernpaß ausgelöst wurden. Auch Reithofer bestätigt diese Vermutung und schlägt für diesen Zeitabschnitt die Bezeichnung „Köfelser Periode“ vor. Die dichte Kette von Bergstürzen vom Ötztal bis zum Zugspitzmassiv zeichnet zweifellos ein seismisches Lineament.

Für die hier behandelten vier Bergstürze, denen auch der vom Fernpaß angehört, ist nun die Annahme begründet worden, daß sie sehr jungen Alters sind und erst in der späteren Wärmezeit, lange nach der Schlußvereisung erfolgt sind. Wenn nun seismische Ereignisse in Verbindung mit der vulkanischen Katastrophe von Köfels in den Alpen durch gewaltige Erschütterungen diese Bergstürze gleichzeitig ausgelöst haben, so müßte diese Erdbebenkatastrophe sich in der späteren Wärmezeit vor ca. 4000 Jahren ereignet haben.



## Anhang.

---

### Subfossile Algen im Seefelder Wildsee und im Achensee.

Nach dem Ergebnis der Untersuchungen von G. Krasske  
in Kassel und E. Messikomer in Seegräben.

Im Seefelder Wildsee fanden sich in der untersten als interstadial angesehenen Zone I, die auch zahlreiche Valvaten und Pisidienschalen führt, vereinzelt Desmidiaceen und Diatomeen. In den darüberliegenden Glazialmergeln der Zonen II und III konnten keine Algen festgestellt werden. Erst in der Übergangsschicht der Zone IV fanden sich wieder Desmidiaceen, während Kieselalgen auffälligerweise fehlen. In der Seekreide und im Lebertorf der spätwärmezeitlichen Zonen und in den rezenten Kalkschlammsschichten nimmt besonders die Zahl der Kieselalgen stark zu, während in der Zone V der kulminierenden Wärmezeit diese noch schwächer vertreten sind und Conjugaten häufiger auftreten. Doch spielt auch hier quantitativ nur *Cosmarium granatum* eine Rolle.

Ein Wechsel der Arten in den einzelnen Zonen konnte nicht festgestellt werden, auch die Arten der interstadialen Zone I kehren über den leeren Glazialmergeln wieder.

Es handelt sich durchweg um Arten und Formen, die auch heute noch für die Seen Deutschlands, besonders die baltischen und alpinen, charakteristisch sind.

Im Achensee konnten in allen sechs Proben, die aus der Mergelgyttja der Zonen I bis V untersucht wurden, keine Algen gefunden werden. Erst in den Seekreideschichten der Zonen VI und VII treten reichlich Kieselalgen, spärlicher Conjugaten und Chlorophyceen auf.

Von den Bearbeitern wird festgestellt:

1. Es handelt sich um die subfossile Algenflora eines Alpensees, die sich von der heutigen nicht unterscheidet.
2. Die Kieselalgen überwiegen stark die anderen Algen, es herrscht *Cymbella Ehrenbergii* vor.
3. Es handelt sich hauptsächlich um Grundalgen größerer kalkreicher, mehr oder weniger eutropher Wasseransammlungen. Tümpel und Seichtwasserformen fehlen. Das Vorkommen einiger Planktonformen (*Astraea Cyclotella*) erklärt sich aus dem Absinken eingegangener Plankter.
4. Die Artenliste enthält eine Anzahl nordisch-alpiner Arten, die mit \* gekennzeichnet sind. Beachtung verdient *Navicula diluviana* Krasske, die vorwiegend fossil in inter- und postglazialen Ablagerungen angetroffen wurde, nunmehr von Meister auch rezent in Hochseen der Schweiz festgestellt wurde. Ferner ihrer Seltenheit halber *Cymbella similis*, *Anomoeoneis zellensis*, *Navicula Jaagii*, *Gomphonema helveticum*.















	Algen im									
	Seefeldler See								Achensee	
	In Zone									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VI	VII
<i>Epithemia argus</i> Kütz. . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	z
<i>Denticula tenuis</i> Kütz. . . .	.	.	.	.	s	.	z	z	z	z
var. <i>crassula</i> (Näg.) Hust.	.	.	.	.	.	.	.	.	h	h
<i>Nitzschia denticula</i> Grun. . .	.	.	.	.	s	s	.	h	h	h
<i>N. sinuata</i> (W. Sm.) Grun.										
var. <i>tabellaria</i> Grun. . . .	.	.	.	.	s	.	.	s	s	s
<i>N. angustata</i> (W. Sm.) Grun.										
var. <i>acuta</i> Grun. . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	s
<i>N. recta</i> Hantzsch . . . . .	.	.	.	.	.	.	z	.	z	z
<i>N. fonticola</i> Grun. . . . .	.	.	.	.	s	s	.	.	.	s
<i>N. microcephala</i> Grun. . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.
<i>N. palea</i> (Kütz.) W. Sm. . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	s
<i>Cymatopleura elliptica</i> (Bréb.)										
W. Sm. . . . .	.	.	.	.	.	.	.	s	.	.
va. <i>constricta</i> Grun. . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	s
<i>Surirella linearis</i> var. <i>constricta</i>										
(Eh.) Grun. . . . .	.	.	.	.	s	s	z	.	.	.
<i>Campylodiscus noricus</i> var.										
<i>hibernicus</i> Grun. . . . .	.	.	.	.	s	.	.	s	.	s
<i>Conjugatae.</i>										
<i>Euastrum binale</i> Ehrenb.										
var. <i>Gutwinski</i> Schmidle . .	.	.	.	.	z	.	.	.	.	.
<i>E. bidentatum</i> Næg. . . . .	s	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>E. insulare</i> (Wittr.) Roy. . .	s	.	.	s	h	z	z	z	s	s
var. <i>lacustre</i> (Messik.)										
Krieger . . . . .	z	.	.	z	h	z	z	z	.	.
<i>Cosmarium binum</i> Nordst. . .	.	.	.	.	z	.	.	.	.	.
<i>C. depressum</i> (Näg.) Lund.										
var. <i>planctonicum</i> Reverdin .	.	.	.	s	.	z	.	.	.	.
<i>C. difficile</i> Lütkem. var. <i>sub-</i>										
<i>laeve</i> Lütkem. . . . .	s	.	.	s	z	.	.	.	.	s
<i>C. Dybowskii</i> Gutw. . . . .	.	.	.	s	.	.	.	.	.	.
<i>C. granatum</i> Bréb. . . . .	z	.	.	h	h	h	z	h	.	.
<i>C. Hornavanense</i> Gutw. . . .	s	.	.	.	z	z	.	z	s	.
<i>C. impressulum</i> Elfv. . . . .	s	.	.	s	.	.	.	.	.	.
<i>C. laeve</i> Rabh. forma . . . .	s	.	.	s	z	z	.	.	h	z
<i>C. margaritifera</i> Menegh. . .	.	.	.	.	.	.	z	.	.	.
<i>C. nitidulum</i> de Not. var. <i>pseu-</i>										
<i>dorectangulare</i> Messik. . . .	s	.	.	s	z	.	.	.	.	.
<i>C. obsoletum</i> (Hantzsch),										
Reinsch forma . . . . .	.	.	.	.	z	z	.	.	.	.
<i>C. punctulatum</i> Bréb. . . . .	s	.	.	s	z	.	.	.	.	s



	Algen im									
	Seefeldler See								Achensee	
	In Zone									
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	VI	VII
<i>Cosmarium subtumidum</i>										
Nordst. . . . .	.	.	.	.	z	.	.	.	.	.
<i>C. tetraophthalmum</i> Bréb. . .	.	.	.	.	z	.	z	.	.	.
<i>C. Turpinii</i> Bréb. var. <i>eximium</i> W. et G. S. West*	s	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>C. variolatum</i> Lund. var. <i>cata-ractarium</i> Racib. . . . .	s	.	.	s	z	.	.	.	z	h
<i>C. vexatum</i> West . . . . .	s	.	.	s	.	.	.	z	.	.
<i>C. venustum</i> (Bréb.) Arch. . .	s	.	.	.	.	z	z	.	.	.
<i>C. holmiense</i> Lund. var. <i>integrum</i> Lund. f. <i>constricta</i> .	.	.	.	.	.	.	.	.	.	h
<i>C. ochthodes</i> Nordst.* . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	z
<i>C. subtumidum</i> Nordst. var. <i>Klebsii</i> (Gutw.) W. et G. S. West . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	z
<i>C. exiguum</i> Arch. var. <i>subrectangulum</i> W. et West. .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.
<i>Staurastrum muticum</i> Bréb. .	.	.	.	s	.	.	.	.	.	.
<i>St. Avicula</i> Bréb. . . . .	.	.	.	.	z	.	.	.	.	.
<i>St. bicornis</i> Hauptfl. . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.
<i>St. orbiculare</i> Ralfs var. <i>angulatum</i> Kaiser . . . . .	.	.	.	.	.	.	.	s	.	.
<i>Chlorophyceae.</i>										
<i>Pediastrum Boryanum</i> (Turp.) Menegh. . . . .	.	.	.	.	.	z	.	.	.	.
<i>P. angulosum</i> (Eh.) Menegh. f. <i>anareosa</i> Plub. Krieger .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.
<i>P. muticum</i> Kütz. var. <i>inermis</i> Racib. . . . .	.	.	.	.	.	.	.	.	s	.

Legende: s = selten, z = zerstreut, h = häufig, m = massenhaft.



## Schriftenverzeichnis.

Abkürzungen: Botanisches Centralblatt, Beihefte = Bot. C. Bl., Bh.; Zeitschrift für Botanik = Z. f. B.; Zeitschrift für Gletscherkunde = Z. f. G.; Zeitschrift des Deutsch-Österreichischen Alpenvereines = A. V. Z.; Jahrbuch der geologischen Reichs- (Bundes-) Anstalt Wien = J. G. R. A.

- Amperer, O., 1904. Studien über die Innalterrassen. (J. G. R. A.)
- 1904. Die Bergstürze am Eingang des Ötztals und am Fernpaß. (Verh. G. R. A.)
- 1905. Einige allgemeine Ergebnisse der Hochgebirgsaufnahme zwischen Achensee und Fernpaß. (J. G. R. A.)
- 1905. Aus der geologischen Geschichte des Achensees. (A. V. Z.)
- 1907. Gehängebreccien der nördlichen Kalkalpen. (J. G. R. A.)
- 1907. Glazialgeologische Beobachtungen im unteren Innthal. (Z. f. G.)
- 1908. Über die Entstehung der Innalterrassen. (Z. f. G.)
- Die geologischen Verhältnisse des Achensees und die beim Bau des Achenseekraftwerkes geschaffenen neuen Aufschlüsse. (Im Selbstverlag der Tiroler Wasserkraftwerke A.G.)
- 1936. Waren die Alpen zwischen Würmeiszeit und Schlußvereisung unvergletschert? (Akademie d. Wissenschaften Wien.)
- und Pinter, K., 1927. Über geologische und technische Erfahrungen beim Bau des Achenseewerkes. (J. G. B. A.)
- Bertsch, K., 1931. Paläobotanische Monographie des Federseeriedes. (Bibliotheca Botanica Stuttgart.)
- Bobek, H., 1935. Die jüngere Geschichte der Innalterrassen und des Rückzuges der letzten Vergletscherung im Innthal. (J. G. B. A.)
- Fels, E., 1913. Der Plansee. (Landeskundliche Forschungen der geogr. Gesellschaft München.)
- Firbas, F., 1934. Zur spät- und nacheiszeitlichen Vegetationsgeschichte der Rheinpfalz. (Bot. C. Bl., Bh.)
- 1935. Die Vegetationsentwicklung des mitteleuropäischen Spätglazials. (Bibliotheca botanica Stuttgart.)
- Gams, H., 1937. Aus der Geschichte der Alpenwälder. (A. V. Z.)
- 1937. Die Seen Europas im Eiszeitalter. (Internat. Rev. der gesamt. Hydrobiolog. u. Hydrogr. Leipzig.)
- 1938. Die bisherigen Ergebnisse der Mikrostratigraphie für die Gliederung der letzten Eiszeit und des Jungpaläolithikums in Mittel- und Nordeuropa. (Quartär, Bd. I, Berlin.)
- Groß, H., 1938. Auf den ältesten Spuren des Menschen in Altpreußen. (Prussia, Zeitschrift für Heimatkunde und Heimatschutz.)
- Iversen, J., 1936. Sekundärer Pollen als Fehlerquelle. (Danmark. Geolog. Untersuch.)
- v. Klebelsberg, R., 1913. Glazialgeologische Notizen vom bairischen Alpenrand. (Z. f. G.)
- Machatschek, F., 1934. Beiträge zur Glazialgeologie des Oberinntales. (Mitteilungen d. geograph. Gesellschaft Wien.)



- Mutschlechner, G., 1937. Aus der Geologie des Karwendelgebirges. („Das Karwendel“, Bruckmann München.)
- Overbeck, F., und Schneider, S., 1938. Mooruntersuchungen bei Lüneburg und bei Bremen in Nordwestdeutschland. (Z. f. B.)
- Penck, A., 1925. Der postglaziale Vulkan von Köfels im Ötztal. (Sitzungsber. d. preuß. Akademie der Wissenschaft Berlin.)
- Reithofer, O., 1932. Neue Untersuchungen über das Gebiet von Köfels. (J. G. B. A.)
- v. Sarntheim, R., 1937. Untersuchungen über den Pollengehalt einiger Moränen und Terrassensedimente des Inntales. (Z. f. G.)
- v. Wolf, H., 1922. Beiträge zur eiszeitlichen Vergletscherung des Achenseegebietes. (Mitteilungen d. geograph. Gesellschaft München, Bd. XV.)
- Wunderlich, E., 1913. Eibsee und Fernpaßbergsturz. (Mitteilungen d. Deutsch-Österr. A. V.)

Außerdem wird auf das Schriftenverzeichnis im ersten Teil dieser Arbeit in Band LV (1936) dieser Zeitschrift verwiesen.

---