

Schlußvereisung und spätglaziale Entwicklung des Moorgebietes Gasserplatz (Feldkirch-Göfis, Vorarlberg)

Von LEO W. S. DE GRAAFF, WIM J. KUIJPER & RUDOLF T. SLOTBOOM*)

Mit 5 Abbildungen und 3 Tabellen

Österreichische Karte 1 : 50.000
Blatt 141

Vorarlberg
Moore
Schlußvereisung
Spätglazial

Inhalt

Zusammenfassung	397
Abstract	397
1. Einleitung	397
2. Das Feldkircher Stadium	399
2.1. Gasserplatz	401
3. Die palynologischen Untersuchungen	402
3.1. Methodik und Darstellung	402
3.2. Vegetations- und Waldentwicklung im Spätglazial	403
4. Die Dünnschliffanalyse	405
5. Die Analyse der Makroreste	407
5.1. Mollusken	407
5.2. Andere zoologische Reste	409
5.3. Anorganisches Material	410
5.4. Pflanzen	410
6. Schlußfolgerungen	412
6.1. Analyse der Makroreste	412
6.2. Schlußvereisung und Pollenanalyse	412
Nachwort und Dank	412
Literatur	413

Zusammenfassung

Das Moorgebiet Gasserplatz befindet sich im Konfluenzbe-
reich des eiszeitlichen Rhein- und Illgletschers und ist von
ehemaligen Eisrandlagen der Schlußvereisung (Feldkircher
Stadium s.l.) umgeben. An dieser Stelle entstand beim lokalen
Abschmelzen des Illgletschers bereits im Ältesten Dryas ein
kleiner See, der bis zum Beginn des Holozäns existierte und
sich mit einer ungestörten Ablagerung von Seekreide (Kalk-
gyttja) füllte.

Die Schlußvereisung im Bereich Göfis - Gasserplatz und
das Entstehen dieses Sees wurden untersucht. Die biostrati-
graphische Zonierung der feinlaminierten Seekreideablagerun-
gen zeigt die Vegetationsgeschichte der direkten Umgebung
und die lakustrische Entwicklung des spätglazialen Gasser-
platz-Sees, wie mittels einer Pollen- und Makroreste-Analyse
festgestellt werden konnte. Dünnschliffanalysen, geoelektri-
sche Aufnahmen und zwei ¹⁴C-Altersbestimmungen ergänzen
das Bild.

Abstract

Gasserplatz, a semi-circular bogland surrounded by forest,
is situated in the confluence area of the two principal Pleisto-
cene glaciers of Vorarlberg, formerly occupying the valleys of

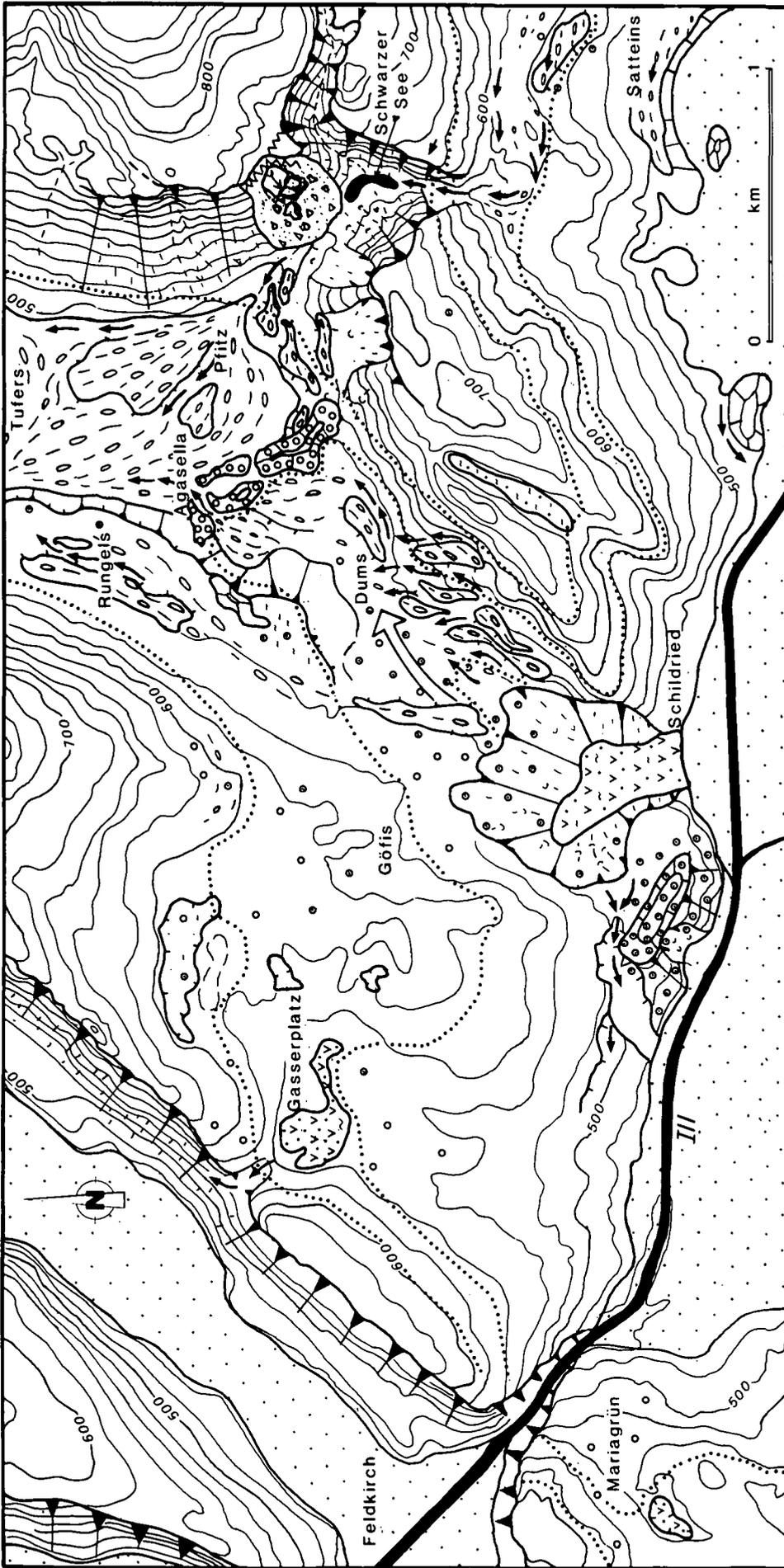
Rhine and Ill. To the final deglaciation stages in this area is
commonly referred to as "Feldkircher Stadium s.l.". Gasser-
platz developed as a small lake immediately after local degla-
ciation, which took place before the end of the Oldest Dryas.
This lake could exist until the beginning of the Holocene and
gradually got filled with undisturbed calcareous (gyttja) depo-
sits, rich in organic matter.

The deglaciation history around Gasserplatz was studied in
relation to the development of the Gasserplatz lake. The thin-
ly-layered "Kalkgyttja" deposits nicely recorded the Late-Gla-
cial vegetation history around Gasserplatz and the limnic con-
ditions of the lake itself, as could be established by the com-
bined analyses of pollen and macrorelics. Additional informa-
tion is provided by a geo-electrical cross section through
Gasserplatz, by the study of thin sections of the lacustrine se-
diments and by two ¹⁴C datings at the base of the overlying
bog deposits.

1. Einleitung

Nach dem letzten Würm-Hochstand s. l. (20.000 bis
18.000 BP?) zeichnen sich im Bodensee-Rheintalgebiet
mehrere Abschmelz- und Stabilisierungsphasen des
Rheingletschers ab. Zur Übersicht referieren wir nach
HANTKE (1980), KELLER & KRAYSS (1980, 1983, 1987,
1988) und DE JONG (1983). KELLER & KRAYSS betrachten
„Stein am Rhein“ (ca. 16.000 BP) noch als letzten (Wier-
der-)Vorstoß im Bodenseegebiet und „Konstanz“ (ca.

*) Anschrift der Verfasser: LEO W. S. DE GRAAFF, RUDOLF T.
SLOTBOOM, Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laborato-
rium, Univesiteit van Amsterdam, Dapperstraat 115,
NL-1093 BS Amsterdam; WIM J. KUIJPER, Instituut voor Pre-
historie, Postbus 9515, NL-2300 RA Leiden.



<p>Zeichenerklärung</p> <p>Fluss mit Talboden</p> <p>See</p> <p>Eiszeitliche Entwässerung und Schwemmfächer</p> <p>Vernässte Stellen</p>	<p>Moorgebiet</p> <p>a. Steilhang i.a. auch Begrenzung von:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tälern und Trockentälern - Schwemmfächerterrassen - Hohlformen, u.s.w. <p>b. Erdfließen</p> <p>Bergsturzgebiet</p> <p>Zerrspalte</p>	<p>Eisrandlage Feldkircher Stadium</p> <p>Illgletscherabzweigung "Göfis"</p> <p>Ablationsmoräne</p> <p>Grundmoräne</p> <p>Wallmoräne - Eisspaltfüllung</p> <p>Grundmoränenrücke (drumlinartig)</p>
---	---	---

Abb. 1.
 Das Feldkircher Stadium im Bereich Feldkirch-Göfis und das Moorgebiet Gasserplatz.
 Übersichtskarte mit Eisrandlagen, randglazialen Entwässerungen und Lokalablagerungen. Höhenschichtlinien jeweils 20 m.

15.000 BP) als letzte Hauptstabilisierungsphase. Ihres Erachtens setzte bald nach „Konstanz“ ein rascher Zerfall des Rheingletschers ein. „Koblach“ (Kummaberg) im Rheintal wird als nächstjüngeres Abschmelzstadium beschrieben (ca. 14.000 BP). Wenig jünger ist „Feldkirch s. l.“ (HANTKE, 1970, 1978, 1980; siehe auch OBERHAUSER, 1979; JORDI, 1986). Ill- und Rheintal in SW-Vorarlberg waren kurz vor 13.000 BP (noch in der Ältesten Dryas) definitiv eisfrei. Das beweisen die Pollenspektren von Feldkirch/Mariagrün (JORDI, 1977, 1986) und das neu bearbeitete Pollenprofil von Feldkirch/Gasserplatz (Analysen SLOTBOOM, wie früher von VAN MOURIK in KRIEG & VERHOFSTAD [1986] und von DE GRAAFF [1986]) berichtet.

Das Spätglazial umfaßt die Zeitperiode, in der die Gletscher der letzten Eiszeit von den Endmoränenstadien im Alpenvorland bis ins Alpeninnere zurückschmolzen. PATZELT (1980) setzt den Beginn zwischen 17.000 und 16.000 an. Oft wird die Zeitgrenze zwischen Hoch- und Spätglazial etwas später gestellt, aber auch in Vorarlberg war das Eisstromnetz während „Stein am Rhein“ bereits nicht mehr völlig geschlossen (DE GRAAFF, in Vorber.); somit fängt das Spätglazial – wenn wir die oben erwähnte Datierung von „Stein am Rhein“ übernehmen – hier wesentlich vor 16.000 BP an.

Einerseits sind die relativen und die absoluten Datierungen der Abschmelzphasen zwischen etwa 16.000 und 13.000 BP nicht völlig sicher: Pollen oder andere organogene Relikte fehlten in den vielen analysierten Eisrandablagerungen immer. Andererseits geben auch die letzten Untersuchungen in Vorarlberg kaum Anlaß, das von KELLER & KRAYSS vermutete Alter der Stadien „Stein am Rhein“, „Konstanz“ und „Feldkirch“ an neue Befunde anzupassen. Vielleicht ist nur „Feldkirch“ etwas jünger als 14.000 BP. Auch JORDI (1986, S. 14) stellt „Feldkirch“ gleich nach 14.000 BP, aber seinen Modifikationsvorschlägen zur Datierung der übrigen Stadien folgen wir nicht. Absolute Zeitangaben müssen selbstverständlich mit Vorsicht behandelt werden, weil nur wenige Altersbestimmungen vorhanden sind.

Wie erwähnt, deuten KRAYSS & KELLER (1987) „Koblach“ und „Feldkirch“ als unmittelbare Hauptstadien nach „Konstanz“. Zwar markiert „Feldkirch s. l.“ das Ende der Talvergletscherung im Konfluenzgebiet des Ill- und Rheintales und den Beginn der Gasserplatzablagerungen, das Stadium ist an sich aber etwas problematisch. So wurden die Eisrandkomplexe bis heute nicht eindeutig interpretiert (vergl. z. B. JORDI, 1986, und DE GRAAFF, 1986). Das Feldkirch-Stadium bleibt jedoch für die Verbindung der Abschmelzgeschichte beider Täler wichtig.

Die bisherigen Untersuchungen befaßten sich eigentlich nur mit Gebieten wie „Feldkirch“. Deswegen wurden in den dazwischenliegenden Gebieten die Abschmelzstadien einfach übersehen, obwohl KELLER & KRAYSS (1987) ohne weitere Feingliederung auf das Auftreten der „auffälligsten Eisrandzeugen“ im Rheintal hinweisen. So gibt es überall im Bregenzerwald, im Illtal und Rheintal mehrere Stabilisierungsphasen der Gletscher zwischen „Konstanz“ und „Koblach/Feldkirch“. Auch ältere Stadien, zwischen „Stein am Rhein“ und „Konstanz“ treten häufig auf. In einer Nebenpublikation wird von DE GRAAFF (in Vorber.) eine Übersicht der Schlußvereisungsphasen in Vorarlberg vor 13.000 BP gegeben.

Pollenanalytische Untersuchungen zur Kennzeichnung der letzten Vergletscherungsphasen in Vorarlberg wurden schon früher durchgeführt (Analysen SLOTBOOM, siehe HAAGSMA, 1974; SIMONS, 1985). Seit 1985 wurde wieder eine Reihe von Moorprofilen in Bearbeitung genommen. Das Mooregebiet Gasserplatz (Straße Feldkirch – Göfis, 1 km nordöstlich von Feldkirch) zeigte sich für weitere Untersuchungen am besten geeignet.

- 1) Dieses Moor befindet sich im Konfluenzgebiet des Rhein- und Illgletschers und ist von ehemaligen Eisrandlagen des Feldkircher-Stadiums (siehe Abb. 1) umgeben.
- 2) Irgendwann zwischen 14.000 und 13.000 BP entstand beim lokalen Abschmelzen des Illgletschers an dieser Stelle ein kleiner See, der bis in den Anfang des Holozäns existierte. Die Periode zwischen etwa 13.000 und 10.000 BP ist hier in einer ungestörten Seekreide-Ablagerung (Kalkgyttja) mit einer schönen biostratigraphischen Zonierung vertreten.

Nach dem Anfang des Holozäns verlandete der Gasserplatzsee allmählich. Erst dann konnte sich die heutige Moorlandschaft bilden. Die Bohrprofile zeigen unter den Torfablagerungen eine Abfolge feinlaminiertes Kalkschlammablagerungen mit zahlreichen außerordentlich gut erhaltenen Makroresten. Dies gilt auch für eine große Anzahl von unbeschädigten Molluskenschalen, teils noch in Lebensstellung; diese ermöglichten eine separate paläontologische Bestimmung der aufeinanderfolgenden Wärme- und Kaltphasen des Spätglazials seit dem Ende der Ältesten Dryas (Analysen KUIJPER). Während des Sommers 1988 wurden zusätzlich zwei Moorproben zur (¹⁴C) Altersbestimmung und einige Kalkgyttja-Proben zur Dünnschliffanalyse entnommen. Schließlich wurde ein geoelektrisches Querprofil des Gasserplatzes aufgenommen.

Dieser Artikel befaßt sich daher mit den spätglazialen Zuständen im Bereich Göfis – Gasserplatz. Über die letzten Eisrandlagen des Illgletschers um Göfis und insbesondere über die palynologische und lakustrische Entwicklung des ehemaligen Gasserplatzsees wird ausführlich berichtet.

2. Das Feldkircher-Stadium

Die spätglaziale Pollenstratigraphie und die Chronologie des Spätglazials ist erst ab 13.000 BP gut dokumentiert. Eine vereinfachte Übersicht der verschiedenen Auffassungen wird in Abb. 2 gegeben. Außerdem zeigt diese Tabelle die vorläufige Morphostratigraphie der Schlußvereisung in Vorarlberg.

JORDI (1986) geht, abweichend, von extrem kurz aufeinanderfolgenden Abschmelzstadien aus und stellt deshalb fest, daß nur kurze Zeit zwischen dem „Konstanzer“ und dem „Feldkircher Stadium“ für den Aufbau einer angenommenen Reihe von kleineren und größeren Wiedervorstößen im Rheintal (HANTKE, 1970, 1978, 1980) zur Verfügung stand; die beiden Hauptstadien sollen sich um 14.000 BP entwickelt haben.

Das von KELLER & KRAYSS und von DE JONG angenommene Alter (15.000 und 14.000 BP) scheint uns realistischer. Wir bestätigen aber JORDIS Bemerkung, daß „Feldkirch“ sich bei genauer Beobachtung in eine Serie von Eisabbau- und Stillstandsphasen unterteilen läßt und daß kaum oder nicht von Wiedervorstößen die

ZEIT BP	STRATIGRAPHIE (Literatur)			MORPHOSTRATIGRAPHIE VORARLBERG (de Graaff)			
	POLLENZONE n. FIRBAS 1949, 1954	CHRONOZONE n. MANGERUD, et al. 1974	CHRONOZONE n. WELTEN 1982	RHEIN- und ILLTAL Entwicklung Gasserplatz; vorläufige Gliederung der Eisabbauphasen		Eishöhe Feldkirch	SGD BZN 1850
10,000	IV --10,000--	PRÄBOREAL --10,000--	PRÄBOREAL	IV	Torfablagerungen (GrN - 15919) C-14; p 9,500 ± 200		
					(Egesen ?)		100 m?
	III --10,300--	JÜNGERE DRYAS	JÜNGERE DRYAS	III			200 ?
11,000		--11,000--	--11,000--				
	II --11,800--	ALLERØD	ALLERØD	II	fein laminierte Seekreide, abwechselnd mit humusreichen Bändern;		
12,000	Ic --12,000--	ÄLTERE DR. --12,000--	--12,000--	Ic	(Daun)		300
	Ib --12,400--	BÖLLING	BÖLLING	Ib			
13,000	Ib --13,000--	BÖLLING	BÖLLING	Ib	(Clavadel ?)		450 ?
	--13,300--	ÄLTESTE DRYAS					
	Ia	EISABBAU BODENSEE-RHEINTAL KELLER & KRAYSS '87/'88		Ia	Seekreide mit Übergängen zur Tongyttja; blauer Seeton.		
14,000		FELDKIRCH		(SPÄT- GLA- ZIAL)	FELDKIRCH s.l.	500-600 m	550
		KOBLACH			KOBLACH-St. ARBOGAST KLAUS-MATIONSWIESE	650 700	
					KLAUS-PLATTENWALD (= <i>Gschnitz-2</i> ?) (BUCHBRUNNEN)	750	650
					RAINBERG-SULDIS (= <i>Gschnitz-1</i> ?)	900	700
					(ÜBERSAXEN)		
15,000		KONSTANZ			(GARTIS-ÜBERSAXEN) (= <i>Steinach-2</i> ?)	1100	750
					GULMALP-GRÖLLERKOPF (= <i>Steinach-1</i> ?)	1250	800
16,000		STEIN AM RHEIN			ROSSBODEN-VALSCHERINA (= <i>Bühl</i> ?)	1350	850
17,000		(HOCHGLAZIAL)		(HOCH- GLA- ZIAL)	ÄÜßERE GAMPALP	1450	1000
18,000		SCHAFFHAUSEN			WÜRM-MAXIMUM	1600 1700 ?	1200 ? 1300 ?

Abb. 2.
Chronologie und Stratigraphie des Spätglazials in Vorarlberg.
Die Seekreideablagerungen haben sich seit dem Ende des Ältesten Dryas entwickelt.

Rede sein kann. JORDI spricht deshalb richtig vom „Feldkircherstand sensu lato“. Seine Feststellung, daß „Feldkirch s. l.“ von „deutlichen, talnahen Gletscher- randformen“ markiert worden sei, läßt sich nicht so leicht bestätigen.

Weiter nördlich im Rheintal, ober Rankweil, sind zwischen „Konstanz“ und „Feldkirch“ verschiedene ältere Abschmelzstadien mittels Moränenwälle, randglazialen Schwemmfächerterrassen und Trockentälern rekonstruiert worden. Vergleiche BIK (1960) und SIMONS (1985) zur ständigen Verbesserung der Interpretation dieser randglazialen Phänomene. Einige der lokalen Stadien sind in die Übersichtstabelle des Spätglazials aufgenommen (Abb. 2). Diese Eisrandmarkierungen repräsentieren in Vorarlberg fast ausnahmslos Stillstandphasen im allgemeinen Rückschmelzen des Rheintalgletschers.

Die Stadien „Koblach“ und „Feldkirch“ verbinden wir auf Grund unserer Kenntnisse der Schlußvereisungsgeschichte im südlichen Walgau, mit beträchtlich niedrigeren Schneegrenzdepressionswerten (SGD bezogen auf 1850). Wir rechnen mit einer SGD von etwa 600 m (DE GRAAFF, in Vorber.). Den Auffassungen von KRAYSS & KELLER (1987) und JORDI (1986) widersprechend, schätzt DE GRAAFF diese Stadien außerdem noch etwas jünger als Gschnitz ein (siehe Abb. 2).

Während vieljähriger Kartierungsarbeiten (DE GRAAFF, DE JONG, RUPKE & VERHOFSTAD, 1987) wurden viele Aufschlüsse in den vermutlichen Eisrandablagerungen des Feldkircher-Stadiums untersucht. Diese zeigten, je nach Lage, anstehendes Gestein, Rutschmassen, fluviatile Sande und Kiese, und nur sehr wenig Ablationsmoränen des Illgletschers. Interessant ist die in der Literatur fast einhellig als „Moränenwall“ angesprochene Wallform von Dums – Agasella, 1 km nördlich von Göfis (siehe z. B. KRASSER, 1936; HEISSEL, OBERHAUSER & SCHMIDEGG, 1967 und OBERHAUSER, 1979). Zwar markiert dieser Rücken einen Gletscherstand und enthält lokal viel Ablationsmoräne des Illgletschers, es wurde aber erkannt, daß der Wall größtenteils aus geschichteten Lockersedimenten gebildet wurde; SIMONS (1985) fotografierte einen Aufschluß und spricht neutral von „ice-contact“-Ablagerungen. Es handelt sich unseres Erachtens einerseits um lokale Schmelzwasserablagerungen, andererseits um Materialien, die einen fluviolen Ferntransport in Verbindung mit Eisrandterrassen und dem Trockental „Satteins – Schwarzer See“ nachweisen. Die Gesamtform wird jetzt als Spalteneinfüllung interpretiert (siehe auch DE GRAAFF, 1986). Diese Spalte entwickelte sich zur Zeit einer aktiv über Göfis transfluierenden Illgletscherzunge und einer abgeschürften Toteismasse, welche die dahinter liegende Geländedepression zwischen Agasella und Tufers füllte. SIMONS verweist auch auf das Vorkommen von Delta-Ablagerungen (auf 520 m) nördlich der letztgenannten Ortschaft.

Die meisten Aufschlüsse in den umgebenden älteren und jüngeren randglazialen Terrassenablagerungen zeigen eine durchaus ungestörte Sedimentfolge. Stauer-scheinungen, welche lokale Vorstöße nachweisen könnten, sind hier selten; die gelegentlich auftretende Deformation der ursprünglichen Sedimentstrukturen weist gewöhnlich nur auf Sackungen, welche das Abschmelzen von angrenzendem Toteis verraten.

Zusammenfassend können im Gebiet Gasserplatz – Göfis – Dums mehrere Eisrandstadien unterschieden werden. Während der älteren „Feldkirch“-Phasen reich-

te die Illgletscherzunge bis Tufers. Auch der Gasserplatz war damals noch gerade mit Eis überdeckt. Sedimenttransport, dem Trockental „Schwarzer See“ entlang, führte gleichzeitig zur Ausbildung der (Dums – Tufers) Eisrandterrassen auf 540–520 m. Rasch senkte sich nachher die Gletscheroberfläche und es bildeten sich die jüngeren Eisrandterrassen, der Gasserplatz wurde dabei eisfrei. Gleichzeitig stagnierte noch das Eis in der Geländedepression Agasella – Tufers und entwickelte die Wallform von Dums – Agasella. Umliedend weisen andere gestaffelte und relativ sehr kleine Eisrandterrassen den Rückgang der über Göfis transfluierenden Eiszunge des Illgletschers nach (siehe weiter Abb. 1).

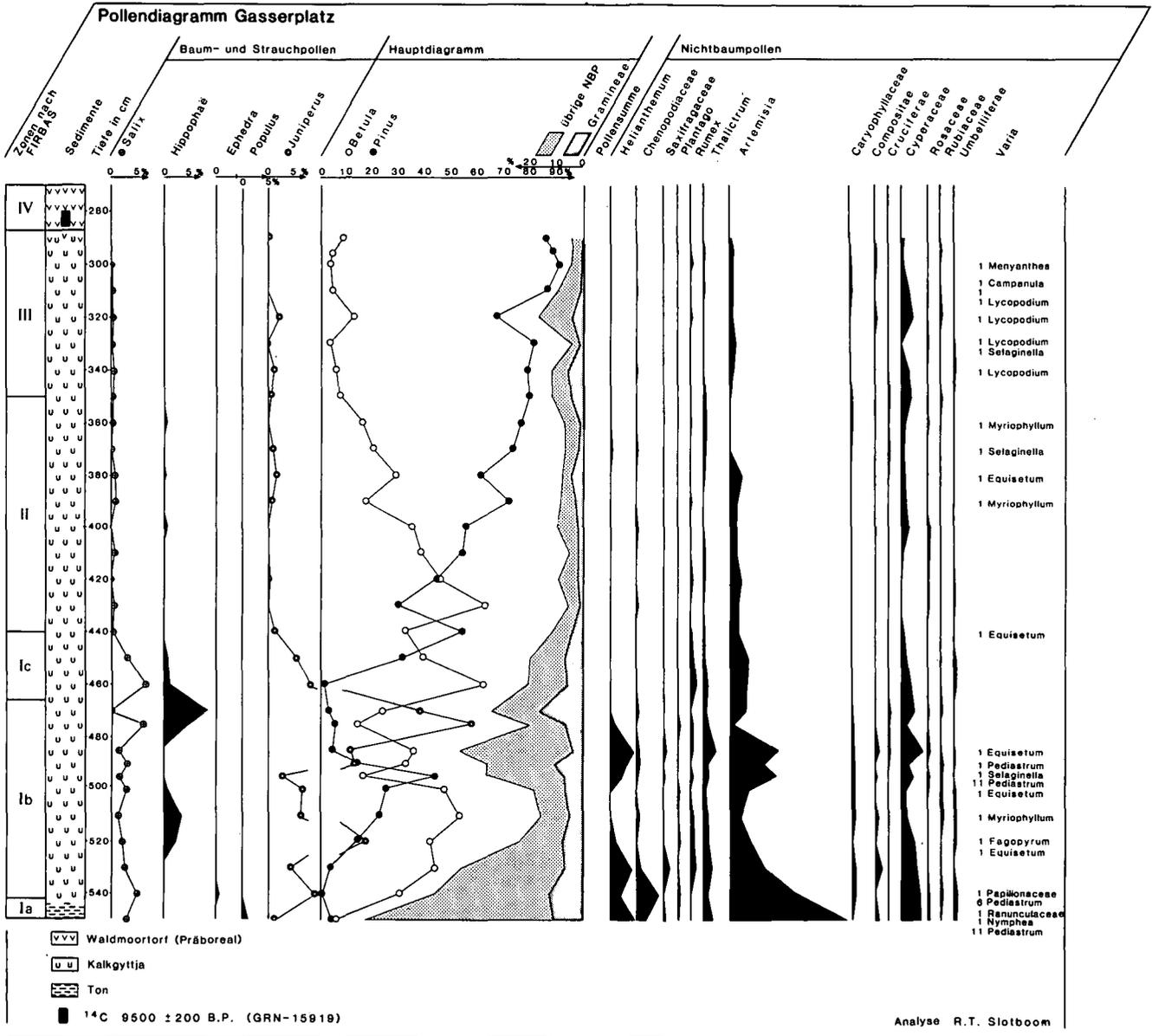
Seit die ersten Pollenspektren der Basisproben einiger Moorgebiete in der „Toteislandschaft“ Feldkirch – Mariagrün untersucht wurden (Analysen BURGA in: JORDI, 1977), ist bekannt, daß Rhein- und Illgletscher sich hier im Laufe der Ältesten Dryas (vor 13.000 BP) getrennt haben (JORDI, 1986; DE GRAAFF, 1986). JORDI betont, daß diese Resultate auch in den Untersuchungen von WEGMÜLLER (1976) für den Stoßpaß (822 m) und Oberschan (660 m) ihre Bestätigung finden. Diese Gebiete waren alle gegen das Ende der Ältesten Dryas eisfrei.

Es gibt im Walgau und im Vorarlberger Rheintal kaum Hinweise für spätere Wiedervorstöße der beiden Hauptgletscher (vergl. HANTKE, 1970; JORDI, 1986; DE GRAAFF, 1986). JORDI berichtet weiter über die von CHEDEL (1986) durchgeführten Pollenanalysen und präsentiert einige zugehörige ¹⁴C-Daten der tiefsten Torf-Horizonte des Moores „M1“ in Mariagrün. Das älteste Material entspricht 10.110 ± 50 BP. Die nicht publizierte Profilbeschreibung und das Pollendiagramm zeigen im Vergleich mit dem Profil Gasserplatz einen fast ähnlichen Profilaufbau.

2.1. Gasserplatz

Der Gasserplatz, die ehemalige Richtstätte der Stadt Feldkirch, ist ein schüsselförmiges, von Wald umgebenes Moorgebiet, das sich am flachen, plateauartigen Südostrand der südlichsten Antiklinale des Helvetikums in Vorarlberg entwickelt hatte. Das Gebiet ist von Grünsandstein (Gault) und Schrattekalk unterlagert. Diese Gesteine sind an sich gewöhnlich wasserdurchlässig; doch hatte sich hier in der beckenförmigen Hohlform des Gasserplatzes am Ende der Schlußvereisung ein kleiner Eisrandstausee entwickelt, der auch nach dem Abschmelzen des Gletschers längere Zeit existierte. Der Grünsandstein ist hier auch bekannt als Gamser Schichten (FÖLLMI, 1986) und feinklastischer als an anderen Stellen entwickelt, und deshalb kann die Entstehung des Gasserplatzsees eine lithologische Ursache haben. Von KRIEG (Naturschau, Dornbirn) stammt die Bemerkung, daß sich der Gasserplatz ursprünglich auch als ein flaches, glazial erodiertes Karstbecken (im tieferliegenden Schrattekalk) entwickelt haben kann. Es gibt mehrere solche flache Hohlformen in der Umgebung. Auch kann außerdem eine dünne Grundmoränen- und Seetonbedeckung und eine Moränenanhäufung an der Südseite des Moorgebietes zum Wasserstau beigetragen haben. Die isolierte Lage (und Südexposition) auf der topographisch niedrigen und sonst trockenen Gesteinsschwelle zwischen Ill- und Rheintal führte zu einer völlig ungestörten Entwick-

Tabelle 1.
Pollendiagramm des Spätglazials vom Gasserplatz.



gramm herausgenommen und auf der linken Seite eingetragen. Die Dryas-Floren wurden zu einem eigenen Block zusammengefaßt (Helianthemum-Thalictrum) und rechts eingezeichnet, ebenso wie die anderen NBP-Taxa.

Für die Gliederung des Pollendiagramms wurden die Zonennummern nach FIRBAS (1949, 1954) verwendet. Für die Altersbestimmungen der Chronozonen ist die Gliederung von MANGERUD et al. (1974) übernommen worden (Abb. 2).

3.2. Vegetations- und Waldentwicklung im Spätglazial

Die Vegetationsgeschichte kann seit dem Abschmelzen der Hauptgletscher im Pollendiagramm verfolgt werden. Die spätglaziale Erwärmung wurde von (schwachen) Klimarückfällen unterbrochen, die in diesem Diagramm nachweisbar sind.

Pollzone Ia Älteste Dryas 550–540 cm

Der Illgletscher bedeckte den Gasserplatz gegen das Ende der Ältesten Tundrenzzeit nicht mehr. Diese Periode zeigt im Pollendiagramm hohe NBP-Werte (83 %), ein Hinweis auf die noch geringe Walddichte. Unter den Baumpollen sind *Betula* (*nana*), *Pinus*, *Juniperus*, *Salix* und *Ephedra* vorhanden. Die geringen *Juniperus*-Werte weisen schon auf ein abnehmendes Vorkommen.

Ephedra und *Pinus* repräsentieren sicher einen Ferntransport aus Gebieten, die bereits länger eisfrei waren. Unter den NBP treten Taxa auf, die als Spätglazialpflanzen bezeichnet werden und die vielfach Bestandteil der sogenannten Dryasfloren sind (*Helianthemum*, *Chenopodiaceae*, *Saxifraga*, *Plantago*, *Rumex*, *Thalictrum*). Auf den freigelegten Rohböden des anstehenden Gesteins und der Lockermaterialien hat sich bald eine Menge verschiedener Gras-, Kraut- und Zwergstrauchgesellschaften entwickelt. Auf sonnigen Abhängen dürften sich die *Artemisia*-Gesellschaften ausgebreitet haben. Die hohen *Artemisia*-Werte sind Ausdruck einer

Vegetation auf periodisch trockene Böden. Diese Ergebnisse werden von den von BURGA (in JORDI, 1986) durchgeführten palynologischen Untersuchungen des Mariagrün-Moores (540 m, 2,5 km südwestlich von Göfis) bestätigt. Auffallend ist, wie rasch sich der Spätglazialabschnitt Ia, gegenüber den langen wohlgegliederten Ia-Abschnitten im nördlichen Alpenvorland (BERTSCH, 1961; WEGMÜLLER, 1966; SCHMEIDL, 1971; BEUG, 1976; CASTEL, 1984) entwickelt hatte. Dies ist an dieser Stelle vermutlich auf das späte völlige Abschmelzen des Illgletschers zurückzuführen.

Pollenzone Ib

Bölling 540–470 cm

Erste deutliche Klimabesserung des oberen Spätglazials und dementsprechend eine sprunghafte Entwicklung von Strauch- und lockerer Baumvegetation (*Betula*), begleitet von einer *Juniperus-Hippophaë*-Phase (Wacholder-Sanddorngebüsch).

Auffallend ist in Zone Ib der steile Abfall von *Artemisia*, *Helianthemum* und *Chenopodiaceae*. Die ansteigenden Baumpollenwerte sprechen für die Einwanderung von Bäumen. Im Anfang (540–500 cm) deuten die *Betula*-Werte auf eine Birkenparktundra. Ein Teil der *Betula*-Pollen stammt noch vom niedrigen Tundrenstrauch *Betula nana*.

Die ansteigenden *Pinus*-Pollenwerte sind nicht mehr völlig dem Ferntransport zu verdanken, weil zwischen 540–500 cm schon Nadeln und Rinde von *Pinus* angetroffen wurden; dies kann vielleicht als eine vorübergehende Ausbreitung von *Pinus montana* gedeutet werden. *Hippophaë* hat am Anfang Ib schon die kalkhaltigen Moränen besiedelt.

Zwischen 490–465 cm gehen die *Pinus*-Pollen rasch auf geringere Anteile zurück. Die *Juniperus*-Kurve überschneidet die *Birken*-Kurve. Bei weiter abfallenden NBP-Werten erreichen *Juniperus* und *Hippophaë* Höchstwerte.

Hippophaë rhamnoides ist eine typische heliophytische Pionierpflanze im Spätglazial. Da der Sanddorn durch eine verhältnismäßig schwache Pollen-Ausbreitung gekennzeichnet ist, weisen auch geringe Pollenprozentwerte bereits auf eine kräftige Vertretung dieses Strauches hin. *Hippophaë* zeigt Juli-Temperaturen oberhalb 10°C an.

Juniperus communis ist eine heliophytische Pflanze und kommt im Alpenbereich in den Niederungen und den höheren Stufen vor. An letztgenannten Stellen gedeiht der Gemeine Wacholder nur als niedriger Strauch, da alle Zweige, die über die winterliche Schneedecke emporreichen, bei gefrorenem Boden durch den Wind zum Absterben verurteilt sind. Zwar gerät *Juniperus* auch als Zwergstrauch zur Blüte, doch muß seine Pollenstreuung umso reichlicher sein, je höher er sich bei günstigem Klima über die Schneedecke erheben kann (OVERBEEK, 1975). Ein Anstieg der *Juniperus*-Kurve dürfte also einer Klimabesserung entsprechen.

Der Abfall der Kurve am Ende der Zone Ib ist aber ein Anzeichen, daß nunmehr der lichtbedürftige Wacholder wegen der zunehmenden Dichte des Waldes verdrängt wird (IVERSEN, 1949).

Prozentwerte von 3 bis 5 in den Pollendiagrammen zeigen also ein niedriges Wacholdergebüsch an, weil große Sträucher viel mehr Pollen produzieren. Die Juli-Temperatur dürfte damals höher als 10°C gewesen sein. Die hohen *Juniperus*-Werte zeigen, daß während der Zone Ib die Grenzlinie zwischen offenen Parktundren und dichterem Wald das Gebiet Göfis durchlief.

Pollenzone Ic

Ältere Dryas 470–440 cm

Ein überzeugender Nachweis der Zone Ic ist schwierig, weil dieser Klimarückschlag nur kurz war. Die Resultate der an zahlreichen Seekreide-Ablagerungen in den Ost- und Westalpen durchgeführten ¹⁸O/¹⁶O-Analysen (EICHER, 1979) werden bestätigt. Auch alle neuen palynologischen Untersuchungen ergänzen das Bild, daß Bölling und Allerød durch keinen größeren und längeren Klimarückschlag getrennt sind. Alle spätglazialen Abschnitte weisen aber Schwankungen zweiten Grades auf. Deswegen hat WELTEN (1982) vorgeschlagen, im westlichen Teil der Schweizer Alpen die Ältere Dryas als letzte negative Schwankung des Böllings aufzufassen und mit diesem zu vereinigen (siehe Abb. 2 und das Pollendiagramm).

Ein starker zeitweiliger Anstieg von *Betula* ist in Zone Ic erkennbar. *Juniperus* wird verdrängt und verschwindet am Schluß dieser Phase ganz. *Hippophaë* fällt auch stark zurück. Der kurze und scharfe Anstieg von *Salix* und die leichte Zunahme von *Artemisia* nach dem Abfall am Übergang Bölling/Ältere Dryas lassen auf lichte Birkenwälder schließen.

Pollenzone II

Allerød 440–350 cm

Zweite Klimabesserung des jüngeren Spätglazials und kräftige Einwanderung der Kiefer, die nach einer Birkenphase (440–420 cm) und nach einer ständigen Abnahme des NBP-Anteils zu geschlossenen Föhrenwäldern führt. Der leichte *Juniperus*-Anstieg zwischen 390–370 cm belegt, daß in der Mitte dieses Abschnittes in den dichten Wäldern Lichtungen bestanden haben.

Pollenzone III

Jüngere Dryas 350–290 cm

Mit einer leichten Zunahme von *Juniperus* und *Artemisia* sind Vertreter lichtoffener Standorte wieder stärker verbreitet. Es sind geringe Anzeichen für Auflichtungen. Kleine Gesteinsbruchstücke im Profil weisen auch in diese Richtung. Der in den mitteleuropäischen Pollendiagrammen faßbare Klimarückschlag ist im Diagramm des Gasserplatzes nahezu nicht registriert worden. *Pinus* bleibt reichlich vorhanden, weil die *Betula*-Werte unter 10 % abfallen.

4. Die Dünnschliffanalyse

Sechs Kalkgyttja-Proben wurden einer Parallelbohrung (ab 314 cm; Grenze III/IV) entnommen. Die Ausschnitte zur Anfertigung der Dünnschliffe sind: 314–328, 328–343, 381–396, 426–441, 460–475 und 475–490 cm. Abb. 4 zeigt ein photographisches Bild der Präparate. Die untersten Proben sind charakterisiert von einer sehr feinen Sedimentschichtung, welche vermutlich einer Jahresablagerungsfolge entspricht. Im Winter war der See zugefroren und wurde überwiegend organogener Kalk abgelagert, weil im Frühjahr und Sommer auch Humus mit abgelagert wurde. Dies kann die ständige Abwechslung der hellen und dunkeln Bänder im Profil erklären. Zwischen 314 und 336 cm sind die Ablagerungen, wahrscheinlich wegen Wellenbewegung und vielleicht auch von lebenden Organismen, zerstört.

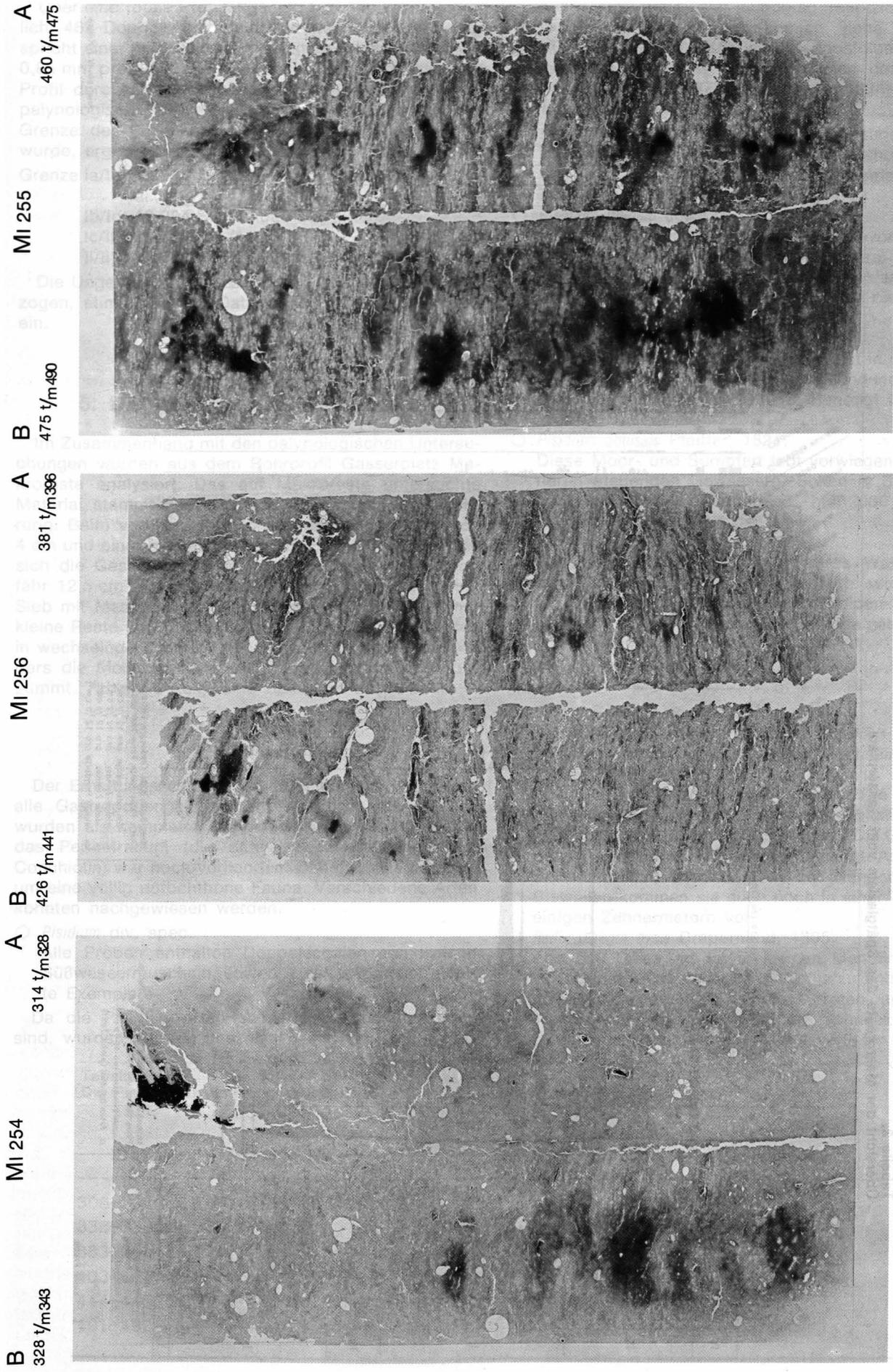


Abb. 4.
 Dünnschliffe der Seekreideablagerungen weisen in bestimmten Bereichen eine deutliche Jahresschichtung nach.
 Mittlere Ablagerungsgeschwindigkeit 0,85 mm pro Jahr. Die Muschelschalen zeichnen sich als runde Löcher ab.

Über eine totale Profillänge von 395 mm war es möglich, 462 Doppelschichten zu unterscheiden. Das entspricht einer mittleren Ablagerungsgeschwindigkeit von 0,85 mm pro Jahr. Die Bänder sind unten und oben im Profil durchschnittlich gleicher Dicke. Verwertung der palynologisch festgestellten Grenzlagen, wobei die Grenze der Pollenzonen III/IV auf 10.000 BP gestellt wurde, ergab die nachfolgenden Datierungen:

- Grenze Ia/Ib 12.988 BP (13.000 BP nach MANGERUD et al., 1974)
- Ib/Ic 12.094 BP (12.000 BP)
- Ic/II 11.788 BP (11.800 BP)
- II/III 10.741 BP (11.000 BP)

Die Ungenauigkeit dieser Kalkulation in Betracht gezogen, stimmen diese Datierungen ziemlich gut überein.

5. Die Analyse der Makroreste

Im Zusammenhang mit den palynologischen Untersuchungen wurden aus dem Bohrprofil Gasserplatz Makroreste analysiert. Das auf Makroreste untersuchte Material stammt hauptsächlich von einer Parallelbohrung. Beim verwendeten Bohrsondendurchmesser von 4 cm und einer Probeentnahme pro Zentimeter beliefen sich die Gesamtvolumina der Einzelproben auf ungefähr 12,5 cm³. Die Sedimentmuster wurden auf einem Sieb mit Maschenweite 0,4 mm ausgespült, wobei nur kleine Reste übrigblieben. Diese Rückstände enthielten in wechselnder Menge Pflanzen- und Tierreste. Besonders die Mollusken und die Pflanzenteile wurden bestimmt. Tabelle 2 zeigt eine Übersicht aller Funde.

5.1. Mollusken

Der Erhaltungszustand war auffallend gut. So waren alle Gastropodengehäuse unbeschädigt, die Pisidien wurden als komplette Doppelschaler angetroffen, und das Periostracum (die dünne Schalenoberhaut von Conchiolin) war noch vorhanden. Daher handelt es sich um eine völlig autochthone Fauna. Verschiedene Arten konnten nachgewiesen werden.

- *Pisidium* div. spec.
Alle Proben enthalten Doppelschalen von kleinen Süßwassermuscheln, sowohl juvenile als auch adulte Exemplare.
- Da die *Pisidium*-Arten schwierig zu unterscheiden sind, wurden sie von uns nicht weiter unterteilt. Herr

J. G. J. KUIPER (Paris) war jedoch so freundlich, die Arten von sechs Proben zu bestimmen. Siehe Tabelle 3; die fünf bestimmten Arten werden nachfolgend weiter beschrieben (Ökologie und Vorkommen der Pisidien nach MEIER-BROOK, 1975, und KUIPER, 1974).

- *Pisidium hibernicum* Westerlund, 1894.
In unterschiedlichen Gewässern. Vorzugsweise in schlammreichem Sediment von Seen und Flüssen, besonders auf Stillwasserzonen konzentriert. In vielen Alpenseen, bis 2760 m.
- *Pisidium nitidum* Jenyns, 1832.
In unterschiedlichen Gewässern. Bevorzugt die Stillwasserzone in bewegten Gewässern wie Seen und Tieflandflüsse. In den Voralpenseen auf das Litoral beschränkt; auch in alpinen Seen bis 2650 m. Benötigt ein hohes pH.
- *Pisidium milium* Held, 1836.
In unterschiedlichen Gewässern, meist in schlammreichen Biotopen. In den Voralpen- und Hochalpenseen nicht häufig; bis 2080 m. Benötigt hohe pH-Werte.
- *Pisidium obtusale* Pfeiffer, 1821.
Diese Moor- und Sumpfarm lebt vorwiegend in kleineren stehenden Gewässern. Selten in Seen, hier im bewachsenen Uferbereich; bis 2000 m. Fehlt jetzt in den Hochseen der Alpen.
- *Pisidium lilljeborgii* Clessin, 1886.
Bevorzugt gut durchlüftetes, klares Wasser und einen sandigen Boden. Lebt in Mitteleuropa ausschließlich im (Sub-)Litoral der Hochalpen- und Voralpenseen; auch in Seen einiger Mittelgebirge. Bis 2300 m.

Weiters wurden die folgenden Mollusken-Arten bestimmt:

- *Valvata piscinalis alpestris* Küster, 1852.
Abb. 5a. Die Wasserschnecke *V. piscinalis* ist allein mit der Unterart *Alpestris* in stark wechselnden Anzahlen vertreten. Sowohl sehr juvenile als auch adulte Exemplare (max. 4,0×5,0 mm). Die Tiere leben heute in (sub-)alpinen Seen mit kühlem, klarem, sauberem und basenreichem Wasser. Die Gewässer dürfen stehend sein oder etwas bewegt. Auf feinem Bodenmaterial, besonders in der Nähe der Ufer. Bisweilen kommen sie auch noch in einer Tiefe von einigen Zehnermetern vor.
- *Radix peregra ovata* Draparnaud, 1805.
Abb. 5b. Diese Art ist in kleinen Mengen in verschiedenen Abschnitten des Profils zu finden. Sehr juvenile bis adulte Exemplare treten auf (max. 15,0-9,7 mm). Die weitverbreitete Schnecke lebt in verschiedenen Gewässern, in Wassertiefen von eini-

Tabelle 3.
Die Pisidien-Bestimmung einiger Proben (Analyse J.G.J. KUIPER, Paris).

Proben	Pisidium				
	hibernicum	nitidum	milium	obtusale	lilljeborgii
306-307 cm	6	6	-	-	-
338-339 cm	5	4	1	1	-
383-384 cm	6	5	4	6	-
403-404 cm	19	16	8	-	1
444-445 cm	3	5	-	-	1
491-492 cm	18	15	10	-	-

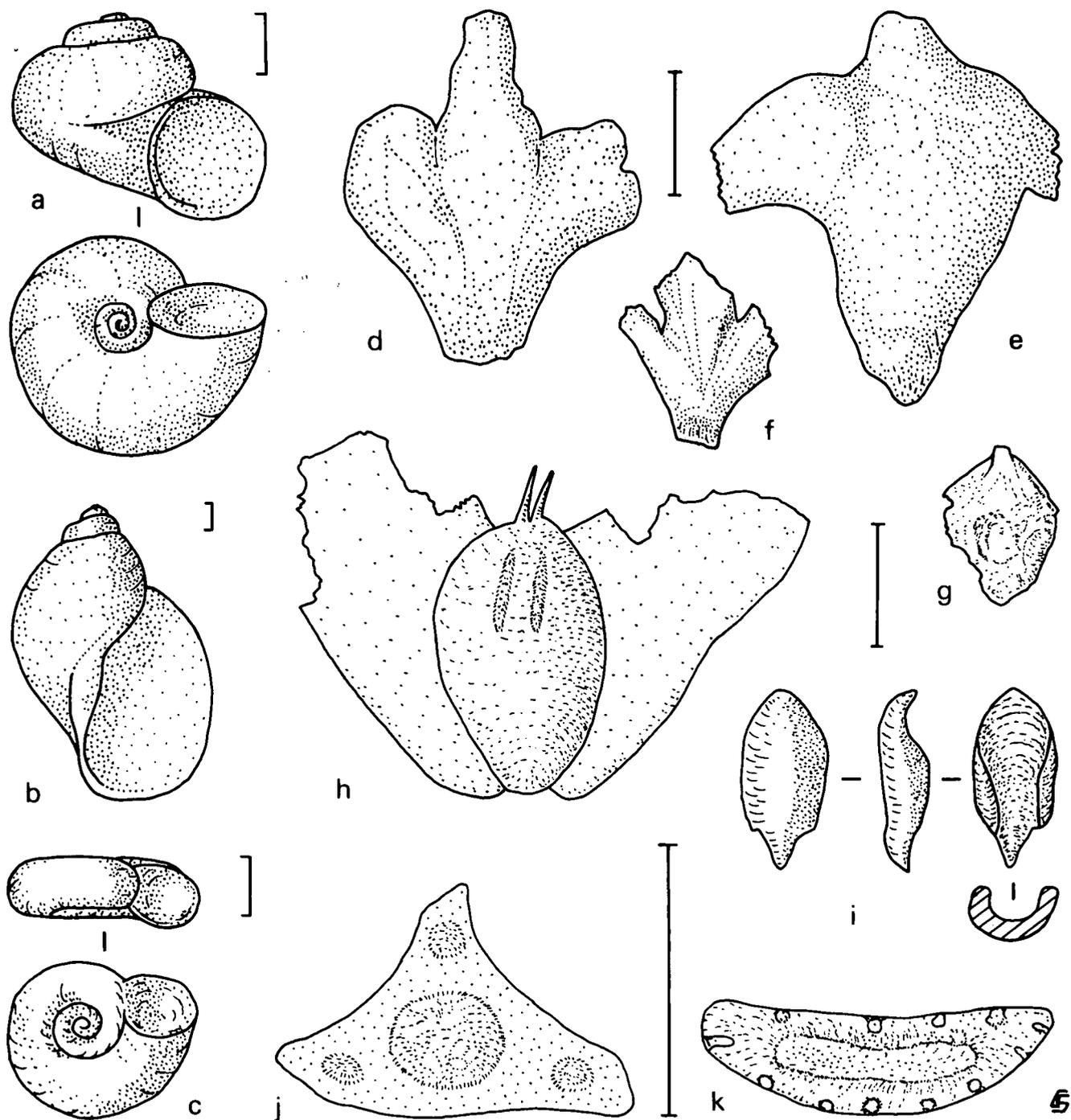


Abb. 5.

Einige Makroreste aus dem Gasserplatz-Bohrprofil 4.

- a) *Valvata piscinalis alpestris* (415–414 cm).
- b) *Radix peregra ovata* (414–413 cm).
- c) *Gyraulus acronicus* (320–319 cm).
- d) *Betula cf. pendula* – Fruchtschuppe (508–507 cm).
- e) *Betula cf. pubescens* – Fruchtschuppe (455–454 cm).
- f) *Betula nana* – Fruchtschuppe (445–444 cm).
- g) *Betula nana* – Frucht (461–460 cm).
- h) *Betula cf. pendula* – Frucht (379–378 cm).
- i) cf. *Juniperus sabina* – Blatt (348–347 cm).
- j) *Pinus cembra* – Querschnitt der Nadel (324–323 cm).
- k) *Pinus silvestris* – Querschnitt der Nadel (405–400 cm).

Zeichnung: W.J. KUIJPER. Maßstab jeweils 1 mm.

gen Zentimetern bis hunderten von Metern. Auf dem Boden und auf Wasserpflanzen. Im Gebirge bis 2500 m.

- *Armiger crista* (L., 1758).
Diese kleine Schnecke ist im Profil Gasserplatz auf 400–370 cm beschränkt (Gehäuse bis max. 2,0×0,75 mm). Tiefer im Profil gibt es nur noch Einzelfunde. Sie bevorzugt pflanzenreiche Teile in stehendem oder etwas bewegtem Gewässer.
- *Gyraulus acronicus* Férussac, 1807.
Abb. 5c. Wie *Armiger crista* besonders im Bereich 395–370 cm vertreten. Juvenile bis fast adulte Individuen sind vorhanden (max. 3,4×1,4 mm). Daneben wurden in anderen Abschnitten der Bohrung noch einige Einzelexemplare angetroffen. *G. acronicus* lebt in stehendem Gewässer (Seen und Weihern) und bevorzugt kühle Gebiete.
- *Bithynia tentaculata* (L., 1758).
Abgesehen von drei Funden zwischen 375–370 cm kommt diese Art nur im Profilabschnitt 320–286 cm vor. Die Zahl der Gehäuse und Opercula zeigt ungefähr die gleiche Verteilung, ein Hinweis für geringen Transport. Gehäuse von juvenil bis adult (max. 11,5×6,6 mm). *B. tentaculata* lebt in stehendem und in bewegtem Wasser, im Uferbereich bis in einer Tiefe von mehreren Zehnermetern. Dabei oft in Gewässern, die reich an organischem Detritus sind. In den Alpen kommt sie bis auf subalpine Höhe vor (max. 2000 m).
- *Sphaerium corneum* (L., 1758).
Einige Doppelschalen um 380 cm, daneben eine bei 507 und bei 288 cm. Juvenil und adult (max. 9,5×7,5×7,2 mm). Diese Süßwassermuschel bevorzugt hohes pH, lebt in verschiedenen Gewässern und ist besonders in flachem Wasser (Uferzone), bisweilen auch in einigen Zehnermetern tiefem Wasser anzutreffen. In Alpenseen bis auf etwa 1700 m.
- *Lymnaea stagnalis* (L., 1758).
Einige Gehäuse von juvenilen Exemplaren (max. 2,5×1,4 mm) wurden ausschließlich im Abschnitt 407–354 cm angetroffen. *L. stagnalis* lebt in stehenden Gewässern, bisweilen in Uferzonen langsam fließender Wasserläufe. Vorzugsweise an vegetationsreichen Stellen. Bis 1700 m.
- *Hippeutis complanatus* (L., 1758).
Einige juvenile und fast adulte Exemplare (max. 2,8×0,8 mm) wurden nachgewiesen. Diese Schnecke lebt hauptsächlich in stehenden, pflanzenreichen Gewässern, besonders in der Uferzone.
- *Vertigo spec.*
In 415–414 cm Tiefe wurde eine Spitze einer rechtsgewundenen Art angetroffen. *Vertigo*-Arten sind kleine Landschnecken mit unterschiedlichen Biotop-Ansprüchen. Sonst gibt es keine Funde von Landschnecken in den Proben.

Die Kalkgyttja ist im Allgemeinen reich an Mollusken, die kleine Proben enthalten von 2 bis 266 Exemplaren. Die Artenzahl ist jedoch gering, nämlich nur 1 bis 9 Arten pro Probe. Insgesamt wurden 14 Arten gefunden. Diese Arten können fast alle sowohl unter kalten als auch unter warmen Verhältnissen leben (Glazial und Interglazial). *Pisidium lilljeborgii*, *Valvata piscinalis alpestris* und *Gyraulus acronicus* sind jedoch besonders aus kaltzeitlichen Ablagerungen bekannt. *Armiger crista*, *Hippeutis complanatus*, *Lymnaea stagnalis*, *Bithynia tentaculata* und *Sphaerium*

corneum treten meist nicht oder nur in geringer Zahl in kühlen Perioden auf.

Daraus wird deutlich, daß die Kalkgyttja mit einer von *Valvata piscinalis alpestris* und *Pisidium*-Arten beherrschten Fauna während einer Kältezeit sedimentiert worden ist. Die Veränderung in Anzahl und Artenzusammensetzung der verschiedenen Abschnitte weisen Klimaveränderungen innerhalb dieser Kälteperiode nach. Die Malakologie kann diese Veränderungen selbst nicht erklären.

Die tiefsten Sedimente der Bohrung, ein blauer See-ton, enthielten überhaupt keine Mollusken. Sie entstanden während bzw. unmittelbar nach dem Abschmelzen des Eises. Sobald die Sedimentierung der Kalkgyttja beginnt, treten auch die ersten Mollusken auf. Auffallend ist, daß seit der ersten Besiedlung des Sees die Mollusken nie mehr verschwinden. Während der verschiedenen durch Pollenanalysen nachgewiesenen Zeitabschnitte (Älteste Dryas bis Anfang des Holozäns) war offenbar das Wasser jeden Sommer eisfrei. Die Tiere müssen von entfernt gelegenen Gewässern eingewandert sein, seitdem Rhein- und Illtalgletscher verschwunden waren und auch ihre Täler sich in große Seen umwandelten.

In einer Tiefe von etwa 510 cm sind zeitweilig *Armiger crista*, *Gyraulus acronicus* und *Sphaeridium corneum* vorhanden und *Valvata piscinalis alpestris* nimmt an Zahl zu. Dieser Abschnitt befindet sich inmitten des Böllings. Am Ende und in der Älteren Dryas treten Artenzahl (bis 6) und Anzahl der Individuen zurück. Nach etwa 440 cm (Anfang Allerød) gibt es wieder eine Zunahme der Schalen.

In einer Tiefe von 400–370 cm gibt es eine deutliche Artenzunahme (bis 11) und einen Gipfel in der *Valvata*-Kurve. Das Pollenprofil zeigt, daß es sich hier um das Allerød handelt. Im nachfolgenden Bereich kann eine Klimaverschlechterung die Ursache für den Rückgang der Arten sein. Das allgemeine Auftreten von *Valvata* in der Jüngeren Dryas ist nicht wie im Allerød mit einer deutlichen Zunahme von anderen Arten verbunden. Oben im Profil geben *Bithynia*, *Gyraulus*, *Hippeutis* und *Sphaerium* wahrscheinliche Anzeichen für den Übergang Spätglazial/Postglazial.

Die Mollusken haben an oder nicht weit von dem bewachsenen Ufer eines nicht sehr kleinen Gewässers gelebt. Besonders *Pisidium lilljeborgii* weist nach, daß es sich um einen See handelt, der stehend oder höchstens etwas bewegt war. Das Wasser war sauber, klar, basen- (kalk-) und sauerstoffreich. Die Wassertiefe kann zwischen einigen Dezimetern und einigen Metern gelegen haben. Wegen des fast völligen Fehlens von Landmollusken dürfte das Ufer nicht in unmittelbarer Nähe der Profilentnahmestelle gelegen haben.

5.2. Andere zoologische Reste

- *Ostracoda* (Muschelkrebse)
befanden sich in den meisten Proben. Diese bis etwa 1 mm langen Kalkschälchen waren als Doppelschalen im Sediment anwesend. Diese Tiere leben in unterschiedlichen Gewässern, wo sie auf der Vegetation oder am Boden herumkriechen. Verschiedene Arten vertragen sogar Austrocknen und Frost. Fossil sind sie aus glazialen und interglazialen Perioden bekannt.

- *Bryozoa* (Moostierchen).
Regelmäßig wurden ein oder mehrere Statoblasten der Art *Cristatella mucedo* L. in den Proben der oberen Hälfte der Bohrung gefunden. Tiefer, im Bölling, nur noch vier Exemplare. Die Art ist in Europa bis zur nördlichen Baumgrenze und in Gebirgsseen bis zur Schneegrenze verbreitet. Sie lebt auf verschiedenen Substraten, besonders auf Pflanzen. Fortpflanzung findet bei 9–30°C statt (LACOURT, 1968). Fossil sind sie aus glazialen und interglazialen Ablagerungen bekannt.
- *Cladocera* (Wasserflöhe)
wurden besonders im oberen Teil der Kalkgyttja als Ehippien (Dauereier) beobachtet. Die Tiere leben in sehr verschiedenen Gewässertypen. Die Ehippien sind frostbeständig. Fossil sind sie aus glazialen und interglazialen Ablagerungen bekannt.
- *Porifera* (Wasserschwämme).
In Probe 339–338 cm wurde ein und in 274–268 cm Dutzende von Gemmula (Überwinterungsorgane) gefunden. Diese Gemmula können Kälte- und Trockenperioden vertragen.
- *Insecta* (Insekten).
Regelmäßig wurden kleine Fragmente von chitinartigem Material beobachtet. Diese Fragmente wurden nicht bestimmt. In fast allen Proben befanden sich Kopfstücke von *Chironomidae* (Zuckmückenlarven). Auch wurden viel Kopfstücke von *Sialis spec.* (Wasserfliege) beobachtet.

Im obersten Teil der Kalkgyttja wurden einige Köcher der Köcherjungfer gefunden. Diese Röhren aus Spinnstoff haben maximal 2 mm Durchmesser und sind bis etwa 1 cm lang. An der Außenseite befinden sich Kalkstückchen und Oogonien von *Chara spec.* Die Larven von *Trichoptera* (Köcherfliegen) waren die Bewohner dieser Köcher.

5.3. Anorganisches Material

In fast allen Proben befanden sich kleine Kalkkonkretionen, bisweilen röhrenförmig. Durch Abdrücke im Material wurde festgestellt, daß der Kalk sich auf den Stengeln von *Chara* abgesetzt hatte.

In sehr geringer Zahl wurden kleine Steinchen und Sandkörner gefunden. Die bis etwa 2 mm großen Steinchen waren meist grau, abgeplattet und eckig. Sie konnten besonders im unteren und im oberen Teil der Kalkgyttja beobachtet werden. Der Sand war meist im untersten Meter des Profils vorhanden.

5.4. Pflanzen

Alle Proben enthalten eine geringe Anzahl von Pflanzenresten. Wir fanden neben einigen (nicht bestimmten) Holzstückchen, Würzelchen, Knospen und Knospenschuppen noch (meist gut erhaltene) Reste einiger Samen, Früchte, Fruchtschuppen, Sporen und Nadeln, die bestimmt werden konnten:

- *Chara spec.*
Von Armelechteralgen wurden insgesamt einige Tausend Sporen (Oogonien) gefunden. Besonders die Abschnitte 500–485 und 395–370 cm, bzw. Bölling und Allerød, enthielten große Mengen. Wie schon erwähnt wurde, dürften viele Kalkstückchen von der Oberfläche der Armelechteralgenstengel

stammen. *Chara* wächst meist in großen Mengen und bestimmt oft den Vegetationsaspekt. Trockenperioden werden meist nicht gut überlebt, tiefer als etwa zehn Meter sind sie selten. Die verschiedenen Arten wachsen hauptsächlich in ruhigem, sauberem und klarem Wasser mit hohem Kalkgehalt. Fossil sind sie aus vielen glazialen und aus interglazialen Ablagerungen bekannt.

- *Betula pendula* Roth (Hänge-Birke),
Betula pubescens Ehrh. (Moor-Birke),
Betula nana L. (Zwerg-Birke).
Von Birken wurden regelmäßig Früchte und Fruchtschuppen gefunden. Besonders im Abschnitt 430–350 cm sind sie stets vorhanden. Die Kurven der Früchte und Fruchtschuppen gleichen einander. Ein Fragment eines männlichen Kätzchens (419–418 cm) enthielt eine große Menge Pollen. Früchte wie Schuppen sind in Form und Ausmaßen variabel. In Probe 445–444 cm könnten eine Schuppe, und in 461–460 cm eine Frucht von *Betula nana* mit Sicherheit bestimmt werden (Abb. 5f und g). Das meiste Material gleicht jedoch *Betula pendula* oder *Betula pubescens* (Abb. 5d, e und h). Durch die Variationsbreite bezüglich der Formen und durch die Beschädigungen war es nicht möglich, das Material eindeutig den drei genannten Arten zuzuordnen. Derartige Schwierigkeiten wurden auch von WEBER (1977) erwähnt und näher untersucht. Birken sind Pioniere bei der Waldbildung, sie wachsen auf nassen und trockenen Böden und benötigen viel Licht. In extremen Niveaus wachsen sie oft strauchförmig. Sie sind sehr kälteertragend; fossil aus glazialen und interglazialen Perioden bekannt. In Ablagerungen kalter Perioden kommen sie oft in großen Zahlen vor.
- *Pinus sylvestris* L. (Wald-Kiefer),
Pinus cembra L. (Zirbelkiefer).
Als Großreste dieser Kiefernarten fanden wir Nadeln, Samen, Rinde und Blütenstände. Dieses Material befand sich im Abschnitt 540–505 cm (in geringem Maß) und im Abschnitt 430–268 cm. Von den Nadeln wurden Fragmente wie Spitzen und Basen gefunden. Die Länge war meist nicht mehr zu rekonstruieren, das längste Stück maß 21,0 mm. Eine komplette Nadel hat das Ausmaß 15,5×1,2×0,3 mm. Die Nadeln sind bisweilen korrodiert und gepreßt. Bei den meisten war der ursprüngliche abgeflachte Querschnitt noch erkennbar (Abb. 5k). In einigen Fällen gibt es Nadeln mit dreieckigem Querschnitt (Abb. 5j): in den Proben 325–324, 324–323, 319–318, 290–286 (1 verkohlt). In 325–324 cm befand sich eine Nadelbasis mit 5 Nadeln, alle anderen (einige Dutzende) Nadelbasen tragen immer 2 Nadeln. Für die in Frage kommenden Arten wurden einige Floren und die Arbeiten von BOBEK & SCHMIDT (1976), FARJON (1984) und OPRAVIL (1974) berücksichtigt. Aus diesen Angaben leiten wir die Bestimmung ab, und zwar bestimmen wir die 2-nadelige Art mit abgeplatteten Nadeln und ohne Stomata in der Epidermis als *Pinus sylvestris* und die 5-nadelige Art mit dreieckigen Nadeln als *Pinus cembra*. Jedoch ist ein Vorkommen von *Pinus mugo Turra* (Syn. *P. montana* Mill.) möglich, da nicht alle Fragmente eindeutig

bestimmbar waren. Weitere Arten kommen nicht in Frage.

Einige Proben enthielten Pflanzenreste von 0,1 bis etwa 0,5 mm Dicke und mit einer Oberfläche bis zu 2 cm². Die Zellstruktur dieser Stückchen gleicht der auf der Borke (Korkenkambium) von *Pinus spec.* Das Ausmaß der *Pinus cf. sylvestris*-Samen variiert von 3,2×1,7×1,1 bis 5,2×2,6×1,9 mm. Die in den Proben regelmäßig gefundenen länglichen Schuppen stammen wahrscheinlich von Knospen von *Pinus spec.* Einige Teile von Blütenständen (männlicher Kätzchen) wurden erkannt (in 341–340, 340–339, 329–328, 321–320, 308–307 cm), in drei Fällen sind sie auf Pollen untersucht worden. Es fanden sich große Mengen von *Pinus*-Pollen.

Pinus sylvestris ist eine Pionierpflanze, kälteresistent und lichtbedürftig. Sie wächst auf unterschiedlichen Böden. In den Alpen kommt sie bis 1600 m vor. Fossil ist sie aus Glazialen und Interglazialen bekannt.

Pinus cembra wächst besonders auf sauren, humosen Steinböden in kaltkontinentaler Klimlage, in den Alpen besonders zwischen 1200 und 2600 m und an der Waldgrenze oft als Strauch. Fossil ist sie aus den wärmeren Perioden innerhalb des Weichselglazials bekannt.

- *Juniperus cf. communis* L. (Gemeiner Wacholder) und *cf. Juniperus sabina* L. (Sadebaum).

Einmal wurde ein Samen des Wacholders gefunden, genau im Gipfel der Pollenkurve von *Juniperus*. In Probe 348–347 wurden 6 kleine Blätter gefunden (Abb. 5i). Sie sehen wie die länglichen und im Querschnitt dreieckigen kleinen Blätter von *Juniperus sabina* aus. *J. communis* hat solche kleine Blätter nur auf dem kurzen Stiel der Beere, sie sind meist etwas spitzer und deutlicher dreieckig als beim vorliegenden Material.

J. communis wächst auf trockenen bis feuchten, sonnigen Standorten. Kommt oft als niedriger Strauch bis hoch (1600–2300 m) in den Bergen vor. Fossil selten.

J. sabina wächst auf trockenen, warmen und offenen Hängen, auch unter Kiefern. In den Alpen jetzt bis auf 1900 m.

- *Menyanthes trifoliata* L. (Fieberklee) war mit einem Samen im Allerød vorhanden. Wächst in meist kalkarmen Sümpfen, an Ufern und in kleinen Seen. In den Alpen bis auf 1800 m. Fossil bekannt aus vielen glazialen und interglazialen Ablagerungen, besonders aus Moorgebieten.
- *Carex spec.* fand sich in drei Proben. Die Ausmaße lagen um 1,5×1,0×1,0 mm. Wie andere Seggenarten meist in Vielzahl an verästelten Stellen und Ufern. Bekannt aus vielen glazialen und interglazialen Ablagerungen.
- *Potentilla spec.* Das Fingerkraut ist mit einem Samen von 1,2×0,8×0,6 mm vertreten. Bisweilen häufig in verschiedenen, meist offenen Vegetationsgesellschaften.
- *Selaginella cf. selaginoides* (L.) (Dorniger Moosfarn). Eine Makrospore von 0,6 mm Querschnitt in der Probe 443–442 cm. Wächst in (sub-)alpinen offenen Biotopen bis auf 2400 m (Alpen), meist auf kalkhaltigem Substrat, besonders in feuchten Rasengesellschaften.

In einigen Proben wurden vereinzelt Blättchen und Ästchen von Moos entdeckt. In 411–410 cm war eine dünne Schicht mit vielen Moosfragmenten erkennbar. In 460–458 cm drei Blättchen von *Sphagnum spec.* In 503–502 und 395–393 cm Ästchen der Sumpfpflanze *Calliergon spec.* (bestimmt durch A. Touw, Leiden, Niederlande).

Die übrigen Samen im Kalkgyttja-Moor (290–286) sind: *Acer platanoides* (1), *Cladium mariscus* (2), *Eupatorium cannabinum* (3), *Nymphaea alba* (13), *Potamogeton spec.* (3). Im Moor (274–268) sind vorhanden: *Carex spec.* (4), *Cladium mariscus* (1), *Eupatorium cannabinum* (5), *Nymphaea alba* (15), *cf. Tilia platyphyllos* (1), *Typha spec.* (1).

In der Kalkgyttja wurden nur wenige Arten gefunden. Vorherrschend sind *Chara*, *Betula* und *Pinus*. Diese Artenarmut hängt mit der noch artenarmen Vegetation des Spätglazials um den Gasserplatz zusammen.

Im Wasser befand sich während der Sedimentierung der Kalkgyttja eine geschlossene *Chara*-Vegetation (Charatea). Andere Wasserpflanzen fehlten. Einige Uferpflanzen (*Menyanthes*, *Carex*, *cf. Phragmites* und Moos) deuten auf die Nähe der Uferzone. Das Wasser war stark kalkhaltig, klar, sauber und stehend. Die Wassertiefe lag zwischen einigen Dezimetern und einigen Metern.

Der Uferzone entlang wuchsen *Betula*- und *Pinus*-arten. Nach der Anzahl der Pflanzenreste und -arten lassen sich von unten nach oben im Profil die folgenden Abschnitte unterscheiden:

- 550–540 cm keine Bäume und Sträucher
- 540–500 cm Birken, wenig Kiefer
- 500–435 cm Birken selten, Wacholder, keine Kiefer
- 435–410 cm Birken häufig, wenig Kiefer
- 410–350 cm Birken häufig, Kiefer
- 350–300 cm Birken und Kiefer
- 300–265 cm Birken und Kiefer häufig, Artenzunahme

Ähnlich wie Wacholder können Birken und Kiefer in kalter Umgebung als niedrige Sträucher wachsen. *Potentilla* und *Selaginella* sind die einzigen Funde von ausgesprochenen Landkräutern während des Spätglazials. Im Holozän (Moor) erscheinen mehr Arten, u. a. *Nymphaea alba* (Weiße Seerose).

Im Vergleich mit den palynologischen Untersuchungen sehen wir, daß die wenigen *Betula*- und *Pinus*-Reste im Bölling mit dem ersten Anstieg der Pollenkurven dieser Baumarten übereinstimmen. Am Ende dieser Periode gehen die Pollen auf niedrige Werte zurück; Makroreste von *Betula* und *Pinus* fehlen dann fast völlig. Genau in dem Abschnitt mit sehr hohen *Juniperus*-Pollenwerten wurde ein Samen von Wacholder gefunden. Wahrscheinlich war dieser Strauch bis in die Nähe der Seeufer zu finden.

In der Älteren Dryas fehlen *Pinus*-Großreste. Der hohe *Betula* Anteil wird nicht von vielen Großresten begleitet. Erst im Allerød gelangen diese in Massen in das Sediment. Der allmähliche Rückfall von *Betula*-Pollen von etwa 60 % nach 5 % ist in Großrestekurven nicht zu finden. Die Zahlen bleiben (von 435–350 cm) hoch. Erst bei 350 cm (Beginn der Jüngeren Dryas) ist ein Rückfall auf niedrige Werte zu beobachten. Die *Pinus*-Großreste erscheinen im Allerød etwa später als *Betula*. Während Allerød und Jüngerer Dryas sind immer Kiefernadeln bei Pollenwerten von 50 bis 90 % vorhanden.

Pollen von Wasserpflanzen fehlen fast ganz (allein einige *Myriophyllum* und ein *Nymphaea*); das Fehlen von Samen von dieser Gruppe stimmt hiermit überein.

6. Schlußfolgerungen

6.1. Analyse der Makroreste

Trotz der geringen Größe der Proben gaben die Siebrückstände genügend Material für eine Makroresteanalyse. Auch die Analyse jedes Zentimeters des Sedimentprofils erwies sich als sinnvoll; eine etwas geringere Probendichte hätte aber auch einen guten Erfolg gebracht.

Auffallend ist die große Menge der Individuen der Molluskenfauna, der Artenarmut gegenüber. Fauna und Flora deuten auf ein extrem kaltes Milieu hin. Die Kalkgyttja entstand während des Übergangs nach einer weniger kalten Periode, zeigt aber einige Klimaschwankungen. Die eindeutigste Klimabesserung, die durch Mollusken und Pflanzen angezeigt wird, liegt im Abschnitt von 435–350 cm, mit einem Optimum zwischen 400 und 370 cm. Dieser Abschnitt entspricht dem durch die Pollenanalysen datierten Allerød. Die über- und unterliegenden Sedimente weisen kältere Perioden nach. Innerhalb dieser Perioden gibt es allerdings noch geringfügige Temperaturschwankungen, z. B. um 510 cm (Bölling). Der Übergang Jüngerer Dryas – Holozän ist durch einen Temperaturanstieg gekennzeichnet.

Eine ganz eindeutige Korrelierung mit allen Pollenprofilabschnitten ist nicht möglich. Die durch den Kurvenverlauf dokumentierten Veränderungen (besonders der Mollusken) läßt sich nicht immer ursächlich erklären.

Gravierende Veränderungen im Wassermilieu haben nie stattgefunden. Die Profilentnahmestelle lag im gesamten Entwicklungszeitraum ufernah. Die Wassertiefe betrug minimal einige Dezimeter, maximal einige Meter. Das stehende Wasser war immer klar, sauber, kühl und kalkreich. Die Kalkgyttja sedimentierte in dünnen horizontalen Schichten, in denen sich die Reste von kleinen Wassertieren, Wasserpflanzen und Landpflanzen sammelten. Eine geringe Beimischung von Steinchen und Sandkörnern in das feine Sediment wurde besonders im untersten Meter des Profils angetroffen. Zwischen 290 und 285 cm geht die Gytja allmählich in Moorbildung über. Auch das Moor wurde anfänglich noch im Wasser aufgebaut.

Im Spätglazial bildete der Gasserplatzssee einen dichten Characeenbewuchs, andere Wasserpflanzen fehlten. Bei diesen Characeen lebten Mollusca, Ostracoda, Bryozoa, Cladocera, Porifera und Insekten. Dem Ufer entlang wuchsen einige Sumpfpflanzen; auf dem Land erschienen allmählich mehr Bäume, vor allem Birken, aber auch Kiefern. Diese Baumarten waren im Anfang vermutlich nur als niedrige Sträucher entwickelt.

6.2. Schlußvereisung und Pollenanalyse

Die pollenanalytischen Untersuchungen weisen das Abschmelzen des Illgletschers vor dem Ende der Ältesten Dryas nach. Der Profilaufbau zeigt an der Basis eine dünne blaue Tonschicht. Diese Tonablagerung hängt vermutlich direkt mit dem Verschwinden des Illgletschers zusammen und könnte sich anfänglich bereits randglazial während einer der jüngsten Stillstandsphasen des Feldkircher-Stadiums ausgebildet haben. Da sich nachher nur Wasser von sehr lokaler Herkunft im ehemaligen Gasserplatzssee sammelte, wurde im Spätglazial kaum weiteres klastisches Sedi-

ment abgelagert. Die basale Tonschicht blieb damit äußerst dünn. Die Kalkgyttja-Ausbildung hatte gleich danach, vermutlich ohne großen zeitlichen Abstand und noch während der Pollenzone Ia, angefangen. In Ia dominieren die Pioniergesellschaften. Die Wiederbewaldung in Zone Ib wurde mit einer Juniperus-Hippophaë-Phase eingeleitet, der ein Betula-Anwuchs folgte. Auch Pinus wanderte ein. Der Nachweis der Älteren Tundrenzeit (Ic) ist nicht eindeutig, kommt aber in wenig dichten Baumbirkenwäldern zum Ausdruck. Im Allerød (Zone II) waren bereits geschlossene Wälder vorhanden. Der Klimarückschlag in der Jüngerer Dryas (Zone III) ist hier nahezu nicht registriert.

Interessant ist die markante Einspülung von feinklastischem Material im ufernahen Bereich nach dem Ende des Pleistozäns (siehe die Bohrprofile 1 bis 3 in Abb. 2). Die Ursache ist uns unbekannt. Erst Profil 4 liegt weit genug vom ehemaligen Ufer, um den fast übergangslosen Umschlag zur Moorbildung zu zeigen; die unterschiedlichen Werte der ¹⁴C-Altersbestimmung stimmen damit überein.

Die Rekonstruktion der lokalen Abschmelzgeschichte des Illgletschers, zusammen mit der Palynologie und Limnologie des Gasserplatzes, hat zu genauerer Kenntnis der spätglazialen Umstände und der Landschaftsentwicklung im Bereich Gasserplatz – Göfis beigetragen. Die Schlußvereisung läßt sich morphostratigraphisch ziemlich genau analysieren; die palynologischen Untersuchungen zeigen anschließende regionale und lokale Vegetationsentwicklung, und die Makroresteanalyse führt zum tieferen Verständnis der lokalen Milieufaktoren im Spätglazial.

Gerne übernehmen wir die Empfehlung von W. KRIEG (Naturschau, Dornbirn), „deutlich zu betonen, wie sehr die lokalen Besonderheiten des Gletscherzerfalls (die Trennung von Haupt- und Seitengletschern, etc.) auch lokale Spezialbedingungen schaffen, die zur selben absoluten Zeit verschiedenartige Ausprägungen von Verlandungs- und Pflanzenbesiedlungsvorgängen an den einzelnen Untersuchungsplätzen bewirken“.

Nachwort und Dank

Die Quartärforschung in Vorarlberg konnte seit Jahrzehnten im Rahmen von morphologischen Kartierungspraktika für Studenten des „Fysisch Geografisch en Bodemkundig Laboratorium“ der Universität Amsterdam weiterentwickelt werden. Das laufende Untersuchungsprogramm der „Alpine Geomorphology Research Group“ umfaßt unter anderem die systematische Kartierung des Landes und eine weitgehende Analyse der Landschaftsentwicklung und der unterschiedlichen Quartärablagerungen. Dieser Artikel behandelt einen Teilaspekt der Problematik und ist für die zunehmende Zusammenarbeit verschiedener Subdisziplinen und für das ständig zunehmende Interesse an der alpinen Landschaft charakteristisch.

Die Verfasser danken einigen Kollegen für ihre charmante Mithilfe: Herrn J. G. J. KUIPER (Paris) für die Bestimmung der Pisidienarten. Kollegen JAN VAN MOURIK für seine Assistenz bei den ersten Profilaufnahmen. Den Kollegen JAN RUPKE und HARRY SEJMONSBERGEN für ihre Hilfe bei den geoelektrischen Aufnahmen. MAT DE JONG und JAAP VAN DER MEER für ihre Bemerkungen und ihr ständiges Interesse.

Es wird allmählich zur Tradition, daß unser sehr geschätzter Kollege WALTER KRIEG (Vorarlberger Naturschau) sich bei jedem zu publizierendem Manuskript dafür einsetzt, unsere Texte kritisch durchzulesen und an die deutsche Sprache anzupassen. Außerdem trägt er immer auf humorvolle Weise dazu bei, die notwendigen Kontakte in Vorarlberg für uns zu halten. Auch dafür danken wir ihm sehr!

Literatur

- BERTSCH, A. (1961): Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. – *Flora* **151**, 243–280.
- BEUG, H. J. (1976): Die spätglaziale und frühpostglaziale Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Rosenheimer Sees (Oberbayern). – *Bot. Jahrb. Syst.*, **95**, 373–400.
- BIK, M. J. J. (1960): Zur Geologie und Glazialgeologie des Frödisbach- und Mühltobeltals in Vorarlberg (Österreich). – Diss. Amsterdam, 175 S..
- BOBEK, M. & R. SCHMIDT (1976): Zur Spät- bis Mittelpostglazialen Vegetationsgeschichte des nordwestlichen Salzkammergutes des Alpenvorlandes (Österreich). Mit Berücksichtigung der Pinus-Arten. – *Linzer biol. Beitr.*, **8**, 95–133.
- CASTEL, I. I. Y. (1984): Untersuchungen zur spätglazialen und holozänen Vegetationsgeschichte im Bereich der Äußeren Jungendmoräne bei Bad Waldsee (Baden-Württemberg), BRD. – *Flora*, **175**, 91–101.
- CHEDEL, M. (1986): Pollenanalytische und moorkundliche Untersuchungen am Flachmoor Mariagrün bei Feldkirch/Vorarlberg (A). – *Dipl.-Arb. Geogr. Inst. Univ. Zürich*.
- EICHER, U. (1979): die $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ - und $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -Isotopenverhältnisse in spätglazialen Süßwasserkarbonaten und ihr Zusammenhang mit den Ergebnissen der Pollenanalyse. – Diss. Univ. Bern, 205 S.
- FARJON, A. (1984): Pines. Drawings and descriptions of the genus Pinus. – Leiden (Brill/Backhuys) 220 S.
- FIRBAS, F. (1949): Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. – Band 1, Jena.
- FIRBAS, F. (1954): Die Synchronisierung der mitteleuropäischen Pollendiagramme. – *Danm. Geol. Undersøgfelse II*, Raekke **80**, 12–21.
- FÖLLMI, K.B. (1986): Die Garschella- und Seewerkalkformation (Aptien–Santonien) im Vorarlberger Helvetikum und Ultrahelvetikum. – Diss. Univ. Zürich.
- GRAAFF, L. W. S. DE (1986): Zur Deglaziationsgeschichte der Walgaausgänge im Bereich Feldkirch, Göfis, Sattens. – *Exkursionsführer Österr. Geol. Ges.*, 43–46.
- GRAAFF, L. W. S. DE (in Vorber.): Die Morphostratigraphie der Schlußvereisung in Vorarlberg.
- GRAAFF, L. W. S. DE, M. G. G. DE JONG, J. RUPKE & J. VERHOFSTAD (1987): A geomorphological mapping system at scale 1 : 10.000 for mountainous areas. – *Z. Geomorph.*, **31/2**, 229–242.
- HAAGSMA, K. (1974): Geomorfologische en glaciaal-geologische onderzoeken in de Wallgau (Vorarlberg, Oostenrijk). – Dissertation, Univ. v. Amsterdam, 165 S.
- HANTKE, R. (1970): Zur Diffuenz des Würmeiszeitlichen Rheingletschers bei Sargans und die spätglazialen Gletscherstände in der Walensee-Talung und im Rheintal. – *Vjschr. Natf. Ges. Zürich* **115/1**, 101–126.
- HANTKE, R. (1978, 1980, 1983): Eiszeitalter. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. – Band 1, 2 und 3, Thun (Ott-Verlag).
- HEISSEL, W., R. OBERHAUSER & O. SCHMIDEGG (1967): Geologische Karte des Walgaus 1 : 25.000. – *Geol. B.-A.*, Wien.
- IVERSEN, J. (1949): The influence of prehistoric man on vegetation. – *Danm. Geol. Undersøg.* **4**, R. 3, 6, 25 S.
- JONG, M. G. G. DE (1983): Quaternary deposits and landforms of W. Allgäu (Germany) and the deglaciation after the last major Pleistocene ice advance. – *Diss. Publ. Fys. Geogr. & Bodemk. Lab., Univ. V. A'dam.* nr. **36**, 186 S.
- JORDI, U. (1977): Geomorphologische Untersuchungen im unteren Saminatal, im äußeren Walgau und in der Umgebung von Feldkirch. – *Dipl.-Arb. Geogr. Inst. Univ. Bern*.
- JORDI, U. (1986): Glazialmorphologische und gletschergeschichtliche Untersuchungen im Taminatal und im Rheintalabschnitt zwischen Flims und Feldkirch (Ostschweiz/Vorarlberg). – *Thesis, Geograph. Bernensia G 27, Geogr. Inst. Univ. Bern*.
- KELLER, O. & E. KRAYSS (1980): Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm–Stein am Rhein). – *Eclogae Geol. Helv.* **73/3**, 823–833.
- KELLER, O. & E. KRAYSS (1987): Die hochwürmezeitlichen Rückzugsphasen des Rhein-Vorlandgletschers und der erste alpine Eisrandkomplex im Spätglazial. – *Geographica Helvetica*, **2**, 169–178.
- KELLER, O. & E. KRAYSS (1988): Eisrandkomplexe im nördlichen Bodenseeraum (Tettwang–Füramoos). Führer f.d. Quartärexkursion der Unversitäten Stuttgart–Hohenheim und Zürich–Irchel.
- KRASSER, L. (1936): Der Anteil zentralalpiner Gletscher an der Vereisung des Bregenzerwaldes. – *Zeitschr. f. Gletscherk.*, **24**, 99–121.
- KRAYSS, E. & O. KELLER (1983): Die Bodensee-Vorlandvereisung während des Würm-Hochglazial. – *Phys. Geogr.* **1**, Zürich, 205–214.
- KUIPER, J. G. J. (1974): Die Pisidien der Hochalpengewässer. – *Arch. Moll.*, **104**, 1–27.
- LACOURT, A. W. (1968): A monography of the freshwater Bryozoa-Phylacolaemata. – Brill Leiden, *Zoöl. Verh.*, **93**, 159 S.
- MANGERUD, J., S. T. ANDERSEN, B. BERGLUND & J. J. DONNER (1974): Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification. – *Boreas*, **3**, 109–128.
- MEIER-BROOK, C. (1975): Der ökologische Indikationswert mitteleuropäischer Pisidium-Arten (Mollusca, Eulamellibranchiata). – *Eiszeitalter und Gegenwart*, **26**, 190–195.
- MOURIK, J. M. VAN (1986): In W. KRIEG & J. VERHOFSTAD (Ed.) (1986): *Gestein und Form, Landschaften in Vorarlberg*, 209 S., Dornbirn (Hecht Verlag).
- OBERHAUSER, R. (1979): Helvetikum, Südliche Flyschzone und Quartär am Rheintalrand und im westlichen Walgau. Mit Beiträgen von R. HANTKE (Zürich) & E. VONBANK (Bregenz). – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver. N. F.* **61**, 57–70.
- OPRAVIL, E. (1974): Gattung Pinus L. im tschechoslowakischen Quartär. – 1. *Acta Musei Silesiae, Ser. C. Dendrologia XXIII*, 67–81.
- OVERBEEK, F. (1975): Botanisch-geologische Moorkunde. – Neumünster (Wachholtz Verlag), 719 S.
- PATZELT, G. (1980): Neue Ergebnisse der spät- und postglazialforschung in Tirol. – *Österr. Geogr. Gesellsch., Jahrb.* **76/77**, 11–18.
- SCHMEIDL, H. (1971): Ein Beitrag zur spätglazialen Vegetations- und Waldentwicklung im westlichen Salzachgletschergebiet. – *Eisz. u. Gegenw.*, **22**, 110–126.
- SEIJMONSBERGEN, A. C. & K. VAN WESTEN (1988): Erläuterungen zu den geomorphologischen, geotechnischen und Naturgefahrenkarten des Hinteren Bregenzerwaldes (Vlb. Austria).
- SIMONS, A. L. (1985): Geomorphologische und glazialgeologische Untersuchungen in Vorarlberg, Österreich. – *Schriften des Vorarlberger Landesmuseums, Reihe A, Band 1, Bregenz*, 257 S.
- WEBER, B. (1977): Contribution à l'étude du tardiglaciaire de la région lémanique. Le profil de St. Laurent à Lausanne III. Etude des macrorestes végétaux. – *Ber. Schweiz. Bot. Ges.*, **87**, 207–226.
- WEGMÜLLER, S. (1966): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Jura. – *Pflanzengeogr. Kommission der Schweizer. naturf. Gesellschaft, Beiträge zur geobot. Landesaufn. der Schweiz*, Heft **48**, 143 S.
- WELTEN, M. (1982): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen. – *Bern – Wallis, Denkschr. Schw. Nurf. Ges.*, **95**, 1–104.

Manuskript bei der Schriftleitung eingelangt am 18. Jänner 1989.