

Geologische, geomorphologische und pollenanalytische Untersuchungen zum Toteisproblem im Bereich der Osterseen südlich von Seeshaupt (Starnberger See)

WOLFGANG BLUDAU & LUDGER FELDMANN*)

Würm-pleniglacial, lateglacial, postglacial, pollenanalytical study, dead ice, retreating phases, pleni-/lateglacial boundary

German Alpine Foreland, Isar-Loisach glacier, Osterseen, Bavaria
TK 25: Nr. 8133, 8233, 8234, 8333.

Kurzfassung: Die glazialen und glazifluvialen Ablagerungen im Bereich der Osterseen südlich des Starnberger Sees belegen eine großflächige Verbreitung von Toteis am Ende der letzten Eiszeit. Der Rückzug des Gletschers erfolgte durch sukzessiven Zerfall der Gletscherzungen an subglazialen Hochgebieten. Durch die palynologische Auswertung zweier Bohrprofile kann der Gletscherzerfall datiert werden. In beiden Profilen wurden das ausgehende Hochglazial sowie das gesamte Spät- und Postglazial angetroffen. In den hochglazialen Sedimenten finden sich thermophile Elemente in guter Erhaltung, deren Einlagerung durch Ferntransport diskutiert wird. Das Spätglazial beginnt mit der bekannten Florenassoziation und enthält zudem umgelagerte Thermophile. Diese können frühestens in das Sediment gelangt sein, als der Gletscher den Alpenordrand erreicht hatte. Damit sind die Gletscherstände außerhalb des Gebirges vermutlich ins Hochglazial zu datieren, während das glazialgeologische Bühl-Stadium mit der palynologischen Hoch-/Spätglazialgrenze zusammenfallen dürfte. Letzte Toteisreste können sich möglicherweise bis ins Bölling/Alleröd erhalten haben.

[Geological, geomorphological and palynological research of the problem of dead ice south of the Starnberger See]

Abstract: The glacial and fluvioglacial deposits in the area of the Osterseen south of the Starnberger See prove a spreading of a large skale of dead ice at the end of the last pleniglacial. The retreat of the glacier happend by falling in several parts of the glacier tongue step by step at the subglacial upland. With help of the palynological evaluation of two well logs the distintegration of the glacier can be datet. The ending of the pleniglacial time and also the whole late- and postglacial time were found in both well logs. In the pleniglacial sediments thermophile elements appear in a good preservation, whose appearance is probably caused by long distance fligh. The lateglacial starts with the well known flora-association and moreover keeps illuviated thermophiles. These could earliest come to the sediments when the glacier reached the northern border of the alps. Herewith the glacial retread phases outside of the

mountains are to date in the pleniglacial, whereas the glacial-geological "Bühl-Stadium" coincides with the palynological boundery of the pleni-/lateglacial. Last parts of dead ice could probably be preserved till Bölling/Alleröd.

Inhalt

- 1 Einleitung
- 2 Das Untersuchungsgebiet und Literaturübersicht
- 3 Die glazialen und glazifluvialen Ablagerungen im Bereich der Osterseen
- 4 Palynologische Untersuchungen
 - 4.1 Methodik
 - 4.2 Profilbeschreibung
 - 4.2.1 Stechsee I
 - 4.2.2 Stechsee II
 - 4.3 Diagrammbeschreibung und biostratigraphische Datierung
 - 4.3.2 Stechsee I
 - 4.3.2 Stechsee II
 - 4.4 Diskussion
 - 4.4.1 Hochglazial
 - 4.4.2 Älteste Tundrenzeit (Ia)
 - 4.4.3 Bölling (Ib) - Präboreal (IV)
- 5 Ergebnisse
- 6 Schriftenverzeichnis

1 Einleitung

Seit PENCK & BRÜCKNER (1901/09) herrscht im Alpenvorland die Ansicht vor, daß der "Rückzug" der würmzeitlichen Vorlandgletscher in Form einer langsam nach Süden weichenden Gletscherstirn erfolgte. Das Alter dieses Rückzuges wird unterschiedlich angegeben, da bis heute noch keine allgemein gültige glazialgeologische Grenze zwischen dem Hoch- und Spätglazial definiert wurde. So wird die Zeit des Gletscherrückzuges von den äußeren Endmoränen bis zum Alpenordrand z.B. bei KNAUER (1929: 125) ins (glazialgeologische!) Spätglazial da-

*) Anschriften der Verfasser: Dr. W. BLUDAU, Geologisches Landesamt Baden-Württemberg, Albertstr. 5, 79104 Freiburg; Dr. L. FELDMANN, Inst. f. Geologie und Paläontologie, TU Clausthal, Leibnizstr. 10, 38678 Clausthal-Zellerfeld

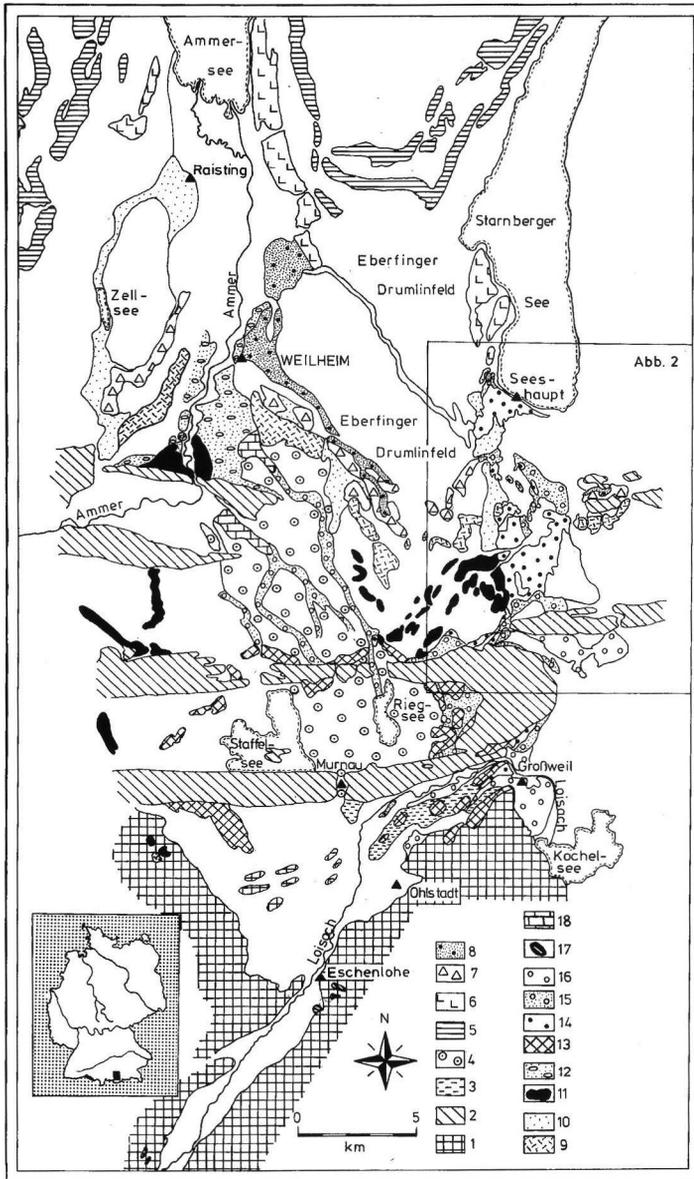


Abb. 1: Die Gletscherstände des Loisachgletschers zwischen Ammersee und Alpenrand
 1) Mesozoikum der Alpen, 2) Molasse, 3) R/W-interglaziale und würmfrühglaziale Schieferkohlen, z.T. unter jüngeren Ablagerungen, 4) Murnauer Schotter (Vorstoßschotter), 5) Endmoräne (EM) der Wessobrunner Phase, 6) EM der Pähler Phase, 7) EM und 8) Schotter der Tankenrainer Phase, 9) EM und 10) Schotter der Weilheimer Phase, 11) EM und 12) Schotter der Pollinger Phase, 13) EM und 14) oberer, 15) mittlerer, 16) unterer Schotter der Uffing-Schwaiganger Phase, 17) Eschenloher Halt, 18) Kalktuff

Fig. 1: The glacial retreat phases of the Loisach glacier between the Ammersee and the border of the Alps

1) Mesozoikum der Alps, 2) molasse, 3) Pressed fossil woodpeats ("Schieferkohle") of the Rib/Würm Interglacial period and the Early Würm, partly under younger sediments, 4) gravels of Murnau (fluvioglacial sediments of the glacial expansion, ("Vorstoßschotter"), 5) endmoraines of the phase of Wessobrunn, 6) endmoraines of the phase of Pähl, 7) endmoraines and 8) gravels of the phase of Tankenrain, 9) endmoraines and 10) gravels of the phase of Weilheim, 11) endmoraines and 12) gravels of the phase of Polling, 13) endmoraines and 14) upper, 15) middle and 16) lower gravels of the phase of Uffing-Schwaiganger, 17) phase of Eschenlohe, 18) calcareous freshwater deposits

tiert (z.B. KNAUER 1929: 25; SCHAEFER 1940: 80, 1951: 27), von anderen aber auch ins Hochglazial (EBERS 1955: 100; KAISER 1963: 210; FELDMANN 1990: 125). HABBE (1985: 55) schlägt für diese Zeit "Späthochglazial" vor. Aus inneralpiner Sicht beginnt das Spätglazial mit dem Bühlstadium, dem ersten Gletscherhalt innerhalb des Gebirges (vgl. z. B. MAISCH 1982; PATZELT 1972: 48).

Die Ansichten über die Art des Rückzuges reichen von der langsam nach Süden weichenden Gletscherstim (z. B. GERMAN 1970: 75) bis zum Zerfall des Gletschers mit vertikalem Abschmelzen ohne Rückzugshalte (GAREIS 1978). In diesem Aufsatz erfolgt eine Verknüpfung des glazialgeologischen Rückzugsgeschehens mit der relativen Altersbestimmung mittels der palynologischen Datierung als Beitrag zur Grenzbestimmung Hoch-/Spätglazial und zur Toteisproblematik im Alpenvorland.

2 Das Untersuchungsgebiet und Literaturübersicht

Das Untersuchungsgebiet umfaßt den Bereich der Osterseen südlich des Starnberger Sees (Abb. 1) einschließlich der Schotterflächen zwischen Habach und Seeshaupt. Die Osterseen stellen eine im Alpenvorland einmalige Eiszerfallslandschaft dar. Sie umfassen den eigentlichen Ostersee sowie 12 kleinere Seen, die als Toteislöcher gedeutet werden. Neben den Seen finden sich auch zahlreiche trockene Toteislöcher sowie Randterrassen und Kamesablagerungen, die den Charakter des Gebietes als Eiszerfallslandschaft belegen.

Der Starnberger See ist das Zungenbecken des Starnberger Gletscherlobus, eines Teilgletschers des Isar-Loisach-Gletschers.

Das Osterseengebiet wurde erstmals ausführlich von ROTHPLETZ (1917) beschrieben, nachdem MUNTHE (zit. in ROTHPLETZ 1917: 290-292) auf einer gemeinsamen

Exkursion darin eine Eiszerfallslandschaft erkannte. ROTHPLETZ (1917) betrachtet die Schotter, die die Osterseen umgeben, als glazifluviale Ablagerungen. Diese wurden von einem Gletscher, der westlich des Starnberger Sees das Eberfinger Drumlinfeld formte, gegen Toteis im Osterseengebiet geschüttet. Dabei sollen subglazial die als Oser angesprochenen langgestreckten Schottervorkommen entstanden sein, die heute teilweise als Inseln in den Seen liegen. Während also im Westen auf einer Hochposition der aktive Gletscher lag und im Osterseengebiet Toteis, sollen die Schotterflächen zwischen Seeshaupt und Habach gebildet worden sein.

Dem hat schon TROLL (1937) widersprochen, der im Bereich der Murmauer Mulde einen Gletscherhalt auskartiert (Uffing-Schwaiganger Phase) und die Schotter des Osterseengebietes mit dieser Phase korreliert hat. Anhand von Randterrassen zeigt er das langsame Abschmelzen von Toteis zwischen Seeshaupt und Kochelsee.

Schließlich hat GAREIS (1978: 42-50) den Raum erneut bearbeitet. Er geht davon aus, daß es zwischen den äußeren Endmoränen im Norden und dem Alpenrand keine Gletscherhalte gegeben hat und führt unter anderem die Osterseen als Indiz an. Die Gletscher sollen als erstes an subglazialen Hochgebieten in den Alpen den Kontakt zum Nährgebiet verloren und dadurch im Vorland flächenhaft verbreitetes Toteis (=Beckentoteis) hinterlassen haben. Dieses verhinderte zum einen die Auffüllung der Zungenbeckenseen und hinterließ zum anderen bei ausreichender Schotterzufuhr Toteisformen mit Randterrassen und Toteislöchern - wie im Osterseengebiet.

Ältere moorkundliche und pollenanalytische Untersuchungen liegen von PAUL & RUOFF (1932) und GROSS (1956) aus dem Ar-

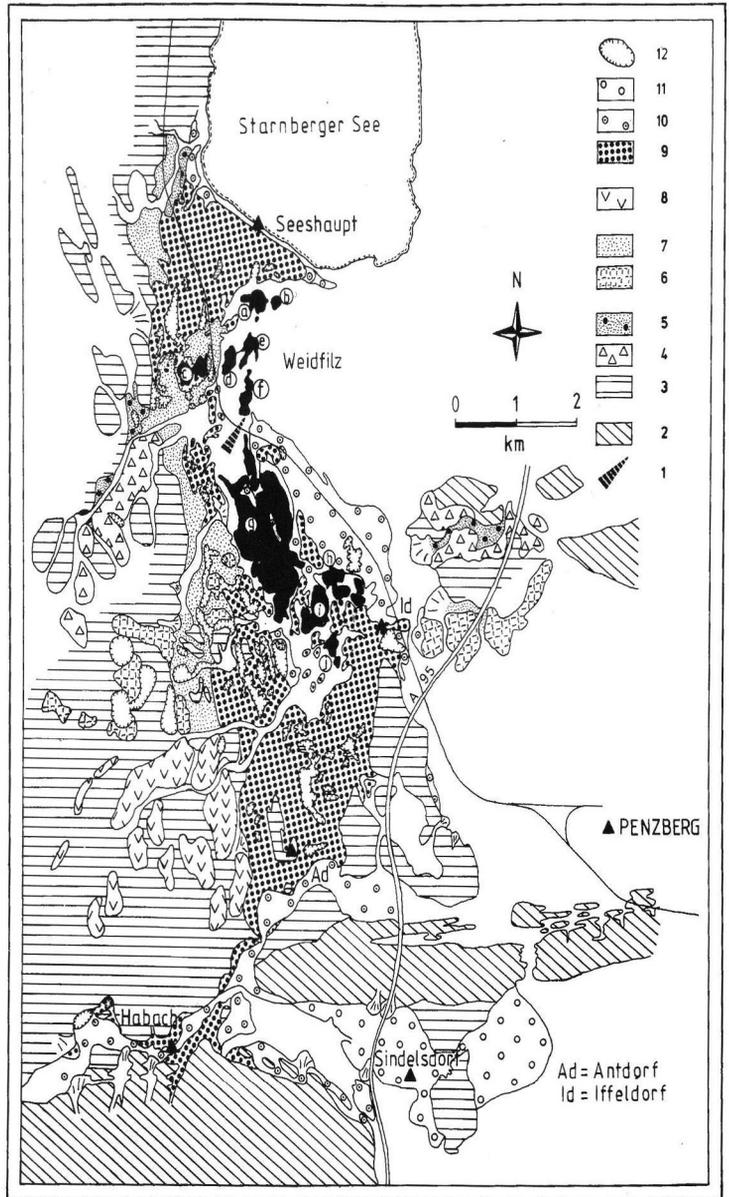


Abb. 2: Schotterterrassen im Bereich der Osterseen

1) Lage der Profile Stechsee I und II, 2) Molasse, 3) ältere Würmablagerungen (ungegliedert), 4) Endmoräne und 5) Schotter der Tankenrainer Phase, 6) Endmoräne und 7) Schotter der Weilheimer Phase, 8) Endmoräne der Pollinger Phase, 9) oberer (Fläche von Antdorf/Iffeldorf und Seeshaupt), 10) mittlerer (Staltacher Fläche), 11) unterer Schotter der Uffing-Schwaiganger Phase, 12) Toteislöch

a) Gartensee, b) Ursee, c) Frechensee, d) Lustsee, e) Gröbensee, f) Stechsee, g) großer Ostersee, h) Staltacher See, i) Frohnsee, j) Sengsee

Fig. 2: Gravel terraces in the area of the Osterseen

1) location of the sections Stechsee I and II, 2) molasse, 3) older Würm-sediments (unjointed), 4) endmoraines and 5) gravels of the phase of Tankenrain, 6) endmoraines and 7) gravels of the phase of Weilheim, 8) endmoraines of the phase of Polling, 9) upper (gravelplain of Antdorf/Seeshaupt), 10) middle (gravelplain of Staltach) and 11) lower gravels of the phase of Uffing-Schwaiganger, 12) kettle-hole

beitsgebiet vor. Allerdings mußten aus methodischen Gründen die spätglazialen Profileile meist unberücksichtigt bleiben. Erst durch die neueren Untersuchungen von RÖSCH (1979), KLEINMANN (1992) und GÖRRES & BLUDAU (1992) konnte auch die spätglaziale Vegetationsgeschichte des Untersuchungsgebietes erfaßt werden.

Diese Gletscherhalte wurden in Verbindung mit den glazifluviatilen Ablagerungen bis zum Starnberger See verfolgt. Auf der Grundlage dieser Stratigraphie ergibt sich für die Ablagerungen im Osterseengebiet folgende glazialgeologische Datierung: Ein oberstes Niveau nordwestlich von Seeshaupt, das nur auf einer kurzen Erstreckung von 500 x 200 m erhalten ist,

Tab. 1: Die Gletscherstände des Loisachgletschers zwischen Grafrath und den Alpen
Tab. 1: The retreat phases of the Loisach glacier between Grafrath and the Alps

Kankertal-Stände		„Bühlstadium“
Eschenloher Halt		Alpenrand
	innere	
Uffinger-Schwaiganger-Phase	mittlere	
	äußere	
Pollinger Phase	innere, äußere	
Weilheimer Phase		} „Ammerseestadium“
Tankenrainer Phase		
Pähler Phase	innere, äußere	
Wessobrunner Phase		
Reichlinger Phase		südliche Ufer von Ammer- u. Starnberger See
Phase von St. Ottilien	zweiphasig	Nordufer des Ammersees
Stoffener Phase	lokal, dreiphasig	Nordufer des Zungenbeckens, Hauptendmoränen
Fürstenfeldbrucker Phase		Maximalstand

3 Die glazialen und glazifluviatilen Ablagerungen im Bereich der Osterseen

Das Osterseengebiet wurde im Rahmen einer größeren Arbeit über den Isar-Loisach-Gletscher im Maßstab 1 : 25.000 neu kartiert. Dabei konnte aufgrund der überregionalen Übersicht eine glazialgeologische Datierung der Ablagerungen erfolgen (FELDMANN, in Vorber.).

Das Untersuchungsgebiet gliedert sich in verschiedenen hohe Flächenniveaus, die das langsame Abschmelzen des Gletschers bzw. des Beckentoteises erkennen lassen (Abb. 2). Die Flächen sind als Randterrassen angelegt, die - größtenteils an ihrer östlichen Begrenzung - frei ausstreichen und somit ein ehemaliges Widerlager in Form von Eis belegen. Daß es sich dabei um Toteis gehandelt hat, zeigen die zahllosen großen und kleinen Toteislöcher innerhalb der Flächen. Durch die Verknüpfung mit Endmoränen ist das jeweilige Alter der Flächen gesichert.

Insgesamt lassen sich im engeren Untersuchungsgebiet 4 Flächen auskartieren, von denen die beiden obersten nur kleinflächig erhalten sind, während das nächst tiefere Niveau (Fläche von Seeshaupt und Iffeldorf/Antdorf) den größten Raum einnimmt. Die unterste Staltacher Fläche ist v. a. im Nordosten erhalten (Abb. 2).

Im Bereich des weiter im Westen gelegenen ehemaligen Loisachgletschers lassen sich zwischen den äußeren, dreigeteilten Endmoränen und dem Alpenrand sieben Gletscherhalte differenzieren (Tab. 1).

läßt sich mit der "Tankenrainer Phase" (PIEHLER 1974: 68) im Bereich des Loisachgletschers korrelieren. Die Fläche liegt als isolierte Insel innerhalb der zwei nächst jüngeren Flächen und kann in dieser Form nur gegen Toteis geschüttet worden sein, das im Starnberger Seebecken und seiner südlichen Fortsetzung lag.

Die nächst tiefere Fläche erstreckt sich als Randterrasse westlich der Osterseen. Sie wurzelt im Süden an flachen Endmoränenwällen, die mit der Weilheimer Phase (dem Ammerseestadium am locus typicus bei Weilheim, TROLL 1925) verknüpft werden können. Die Endmoränen enden bei Schwaig am großen Ostersee und setzen erst 3 km weiter im Osten bei Untereurach wieder ein. Die Lücke ist damit zu erklären, daß der Gletscher hier auf Toteis aufgefahren ist und die ursprüngliche Endmoräne - sofern sie vorhanden war - nach Abschmelzen des Toteises im Ostersee versunken ist oder bei der Schüttung der nächst jüngeren Schotter ausgeräumt wurde.

Am Rand des Toteises, das den gesamten Raum der heutigen Osterseen einschließlich der jüngeren Schotterflächen und des Weidflizes bedeckte und sich weit in den Starnberger See erstreckte (diesen möglicherweise ganz erfüllte), fand die Entwässerung während der Weilheimer Phase statt. Dabei wurde am Westufer des Toteises eine schmale Terrassenleiste aufgeschüttet, die ohne Widerlager im Osten nicht zu erklären ist: Hier findet sich eine bis 15 m hohe Stufe, die zahlreiche unregelmäßige Einbuchtungen aufweist. Diese verlaufen teilweise

auch dem allgemeinen Gefälle entgegen. Die Fläche wird von zahlreichen Toteislöchern unterbrochen (in dem größten liegt der Frechensee) und löst sich im Nordosten in oserartige Wälle auf. Diese wurden von ROTHPLETZ (1917: 281) und GAREIS (1978: 47) als Oser angesprochen. Da sie aber nur die Fortsetzung der Fläche der Weilheimer Phase bilden, abgelagert in breiten Gletscherspalten, sollten sie besser wie die Randterrassen als Kamesablagerungen interpretiert werden.

Im Norden, westlich von Seeshaupt, liegen weitere isolierte Flächen, die von der Höhe her eine Fortsetzung dieser Kamesablagerungen bilden. In Bachanschnitten ist zu erkennen, daß diese nördlichen Flächen in ungefalteten Molasseablagerungen angelegt und damit als reine Erosionsflächen anzusprechen sind. Sie enden im Norden bei einer Höhe von 600 m NN und belegen einen entsprechenden

Wasserspiegel eines Eisrandstausees. Das nächst tiefere Niveau läßt sich im Süden im Gebiet der Murnauer Mulde direkt mit den Endmoränen der Uffing-Schwaiganger Phase verbinden. Diese zeigt bis zu drei Stillstandslagen (südlich der Murnauer Mulde), wobei die Schotterfläche mit den äußeren Endmoränen verknüpft werden kann.

Als zusammenhängende Fläche beginnt sie bei Antdorf und reicht zunächst bis Iffeldorf, wo sie im Osten mit einer flachen, 2 m hohen Stufe gegen die tiefste Fläche endet. Sie wird nördlich von Antdorf durch zahlreiche, teils langgestreckte, teils ovale, trockene Toteislöcher durchsetzt, wodurch teilweise der Charakter einer Fläche verloren geht. Es ist ein typisches Kesselfeld. Im Norden wird die Schotterfläche von den Osterseen begrenzt bzw. löst sich in einzelne Schotterhügel auf, die von der Höhe her als zeitgleiche Schüttungen interpretiert werden können. Diese

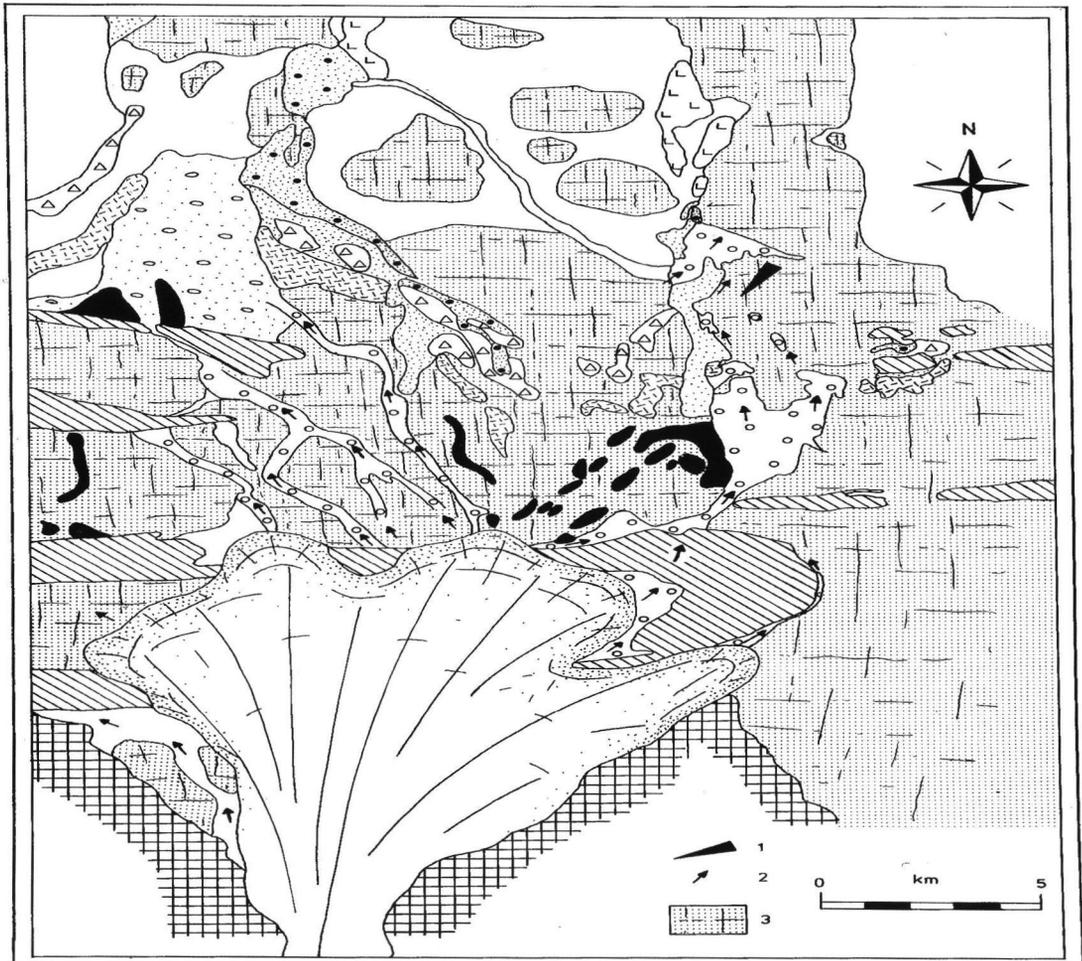


Abb. 3: Rekonstruktion der Landschaft zur Uffing-Schwaiganger Phase

1) Lage der Profile Stechsee I und II, 2) Entwässerungsrichtung, 3) Toteis

Fig. 3: Reconstruction of the landscape at the retreat phase of Uffing-Schwaiganger

1) location of the sections Stechsee I and II, 2) direction of the drainage, 3) stagnant ice

werden von ROTHPLETZ (1917) und GAREIS (1978) ebenfalls als Oser beschrieben. Sie wurden in eisfreien Spalten und größeren Gebieten innerhalb des Toteises, das die Osterseen erfüllte, abgesetzt.

Ein weiteres Vorkommen dieses Niveaus liegt am NW-Ende des großen Ostersees und ist hier als Randterrasse ausgebildet.

Zu diesem Niveau gehört auch die große Seeshaupter Fläche, die im Südwesten von langgestreckten Toteislöchern durchsetzt ist. Nach Osten läuft die Fläche in einem langen Sporn aus, der im Süden von der weiten Fläche des Weidfilzes, im Norden vom Starnberger See begrenzt wird. Das Ufer des Sees ist als 2 km langer, vollkommen gerader, rund 10 m hoher Hang ausgebildet, der sich unter dem Wasserspiegel bis zu 16 m Tiefe fortsetzt. Im nördlichen Abschnitt handelt es sich bei der Schotterfläche um eine Deltaschüttung, was bereits von ROTHPLETZ (1917: 278) beschrieben wird und in einer kleinen Kiesentnahme an der Straße 1 km westlich von Seeshaupt heute wieder aufgeschlossen ist.

Der Seeshaupter Schotter wurde somit in einen See geschüttet, der bei 595 m NN seinen Wasserspiegel hatte. Die Ausbildung des heutigen Ufers zeigt, daß der Schotter gegen Toteis geschüttet wurde, der See also als Eisrandstausee zu deuten ist (GAREIS 1978: 45; JERZ 1983: 31). Auch das südliche Ufer belegt ein Eiswiderlager. Hier sind an verschiedenen Stellen "Einbuchtungen" zu erkennen (z. B. südlich Seeshaupt), die nur durch ehemaliges Toteis zu erklären sind. Das ganze Gebiet des Weidfilzes, der Osterseen und der Staltacher Terrasse war zu dieser Zeit von Toteis plombiert, das als Widerlager bei der Entstehung der Randterrassen und Kamesablagerungen wirkte. Das Toteis war Teil einer zusammenhängenden Beckentoteismasse, die vom Starnberger See bis mindestens zum Kochelsee gereicht hat (Abb. 3).

Die nächst tiefere Fläche (Staltacher Terrasse) zeigt, daß dieses Beckentoteis randlich an manchen Stellen abgeschmolzen war. Die größte Verbreitung hat die Staltacher Terrasse nördlich von Iffeldorf zwischen dem großen Ostersee und dem Weidfilz, wo sie sich als freie Fläche über 3 km nach Nordwesten erstreckt. Sie ist möglicherweise mit der "Penzberger Stufe" von TROLL (1937: 604) zu verknüpfen, die südlich Antdorf die Antdorfer Fläche unterschneidet und nach Osten zieht. Diese ist an ihrem Ursprung mit der mittleren der drei Stillstandslagen der Uffing-Schwaiganger Phase zu verknüpfen. Die Penzberger Stufe endet an der A 95, wo sie von jüngeren Moorablagerungen überdeckt wird. Hier ist der Schotter, der dann die Staltacher Terrasse aufgebaut hat, entweder unter dem Toteis oder auf diesem weitertransportiert worden.

Die halbinselartige äußere Form der Staltacher Terrasse, die steilen Ränder zum Ostersee hin und die Toteislöcher, die vor allem nördlich von Iffeldorf zu

finden sind, belegen die Kamesnatur der Schotterfläche. Auch zu dieser Zeit war das Beckentoteis noch großflächig vorhanden, ebenso die Eisplombierung der Osterseen.

Das weitere Toteisabschmelzen ist im Gebiet der Osterseen aus glazialgeologischer Sicht nicht zu rekonstruieren. Im Süden (im Raum Großweil - Kochelsee) zeigt sich aber - wie TROLL (1937) es beschreibt - der weitere Eisabbau in Form von Randterrassen. Auch hier hat der Loischgletscher während der inneren Staffel der Uffing-Schwaiganger Phase seine Schotter gegen Toteis geschüttet, das nur langsam den Raum zwischen sich und dem Stammbecken-Ufer freigab.

4 Palynologische Untersuchungen

4.1 Methodik

Die beiden Bohrprofile Stechsee I und II wurden mit Hilfe des sogen. "Russischen Kammerbohrers" gewonnen. Die Aufbereitung der Proben für die Pollenanalyse erfolgte im Pollenlabor der Universität Hohenheim nach der modifizierten Methode von FRENZEL (1964). Die Pollendichte und die Erhaltung der Pollenkörner waren durchweg exzellent, so daß meist nur ein Teil eines Präparates ausgezählt werden mußte. Bemerkenswert war dabei die erstaunlich hohe Pollendichte im ältesten Spätglazial und im ausgehenden Hochglazial. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgte auf der Basis der Gesamtsumme.

4.2 Profilbeschreibung

4.2.1 Stechsee I (Beil. 1a)

- 0 - 50 cm schwach bis mäßig zersetzter Schilftorf, stark durchwurzelt; Schilfrhizome
- 50 - 87 cm mäßig bis stark zersetzter Cyperaceen-/Schilftorf
- 87 - 100 cm Holz
- 100 - 123 cm stark zersetzter Torf
- 123 - 125 cm Schneckenschalen
- 125 - 150 cm schwach humose, feinsandige Seekreide, fast weiß
- 150 - 522 cm sandige, schwach humose Seekreide mit zahlreichen feinen Pflanzenresten, gelblich-weiß
- 522 - 550 cm Seekreide mit höherem Schluffanteil, nur wenige Pflanzenreste
- 550 - 610 cm schwach tonig-schluffige Seekreide, schwach humos
- 610 - 621 cm humose, schwach schluffige Seekreide
- 621 - 650 cm tonig-schluffige, lagenweise mittelsandige Seekreide, nur ganz schwach humos

- 650 - 700 cm hellgrauer, sandiger, schwach humoser, sehr plastischer Ton
 700 - 750 cm hellgrauer, sandiger Schluff mit geringerem Tonanteil als oben
 750 - 800 cm sehr wäßriger Feinsand mit Pflanzenresten, Kern verworfen
 800 - 810 cm schwach humoser, mittelsandiger Schluff
 810 - 830 cm Grobsand
 830 - 850 cm grober Kies (0 bis 3 cm), gut kantengerundet, schlecht sortiert

4.2.2 Stechsee II (2 m neben Profil I, Beil. 1b)

- 0 - 50 cm schwach bis mäßig zersetzter Schilftorf mit Schilfrhizomen
 50 - 100 cm schwach bis mäßig zersetzter Cyperaceen-/Schilftorf, unten schwach zersetzt
 100 - 123 cm stark zersetzter Torf
 123 - 425 cm sandige, schwach humose Seekreide
 425 - 428 cm schwach sandiger Schluff, weißlich-grau
 428 - 500 cm sandige, schwach humose Seekreide, gelblich-weiß
 500 - 525 cm schluffige Seekreide, schwach humos
 525 - 631 cm schwach sandige, humose Seekreide
 631 - 650 cm humoser, schwach sandiger, schwach toniger Schluff
 650 - 700 cm hellgrauer, nach unten dunkler werdender, sandiger, wenig humoser Schluff
 700 - 750 cm grauer, feinsandiger Schluff mit etwas höherem Tongehalt als oben
 750 - 900 cm hellgrauer, feinsandiger Ton
 900 - 933 cm tonig-schluffiger Grobsand, schwach glimmerhaltig

4.3 Diagrammbeschreibung und biostratigraphische Datierung

4.3.1 Stechsee I

DA 1 NBP-*Pinus*-Zeit (850 - 830 cm):

Ia - älteste Tundrenzeit (?)

Der NBP dominiert zwar mit Werten um 50 %, darunter vor allem Steppenelemente wie *Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum*, *Chenopodiaceae* und *Caryophyllaceae*, jedoch verweisen *Abies*-Werte von fast 20 % auf eine Störung des Sediments (oder Fernflug?).

830 - 810 cm: pollenfrei

DA 2 *Pinus*-NBP-Zeit (810 - 800 cm):

Hochglazial (?)

Die *Pinus*-Werte liegen bei 60 %. Daneben sind zahlreiche Thermophile vertreten, darunter *Picea*, *Corylus*, *Quercus*, *Ulmus*, *Tilia* und auch *Fagus*. Der NBP liegt bei 30 %, vor allem Steppenelemente. Alle Pollenkörner der thermophilen Arten weisen einen bemerkenswert guten Erhaltungszustand auf.

800 - 750 cm "Wasserhorizont"

Verursacht durch eine hochgradige Wasserübersättigung des Sediments konnte dieser Teilkern nicht geborgen werden. Die verbliebenen Reste ließen auf einen feinsandigen Schluff bzw. schluffigen Feinsand schließen.

DA 3 NBP-*Pinus*-*Betula*-Zeit (750 - 640 cm):

Ia - älteste Tundrenzeit

Der gesamte Abschnitt wird dominiert durch Kräuterpollen in ähnlicher Zusammensetzung wie in DA 1, dazu *Poaceae* und *Cyperaceae*. Daneben sind *Betula*, *Salix* und *Juniperus* mit höheren Werten vertreten. Ähnlich wie in DA 2 - wie auch in DA 2 und DA 3 des Profils Stechsee II - fallen die zahlreichen und mit teilweise durchgehenden Kurven vertretenen thermophilen Elemente auf, darunter *Fagus* und *Carpinus*. Der Erhaltungszustand ist allerdings im Vergleich zu den vorigen Abschnitten sehr schlecht.

DA 4 *Pinus*-*Betula*-*Juniperus*-*Taxus*-Zeit (640 - 600 cm):

Ib/Ic - Bölling/ältere Tundrenzeit

Die *Pinus*-Kurve steigt bis auf 75 % an, *Betula* erreicht zuvor etwa 30 %. Bei 620 cm hat die *Juniperus*-Kurve einen Gipfel über 22 %. Daneben erreicht *Taxus* nahezu 5 %. Die Thermophilen sind fast völlig verschwunden. Der NBP-Anteil fällt unter 20 % ab, die heliophilen Elemente (*Helianthemum*) verschwinden völlig.

DA 5 *Pinus*-*Betula*-Zeit (600 - 520 cm):

II - Alleröd

Pinus dominiert mit Werten um 80 % über *Betula*. NBP ist nur wenig vorhanden, darunter vor allem *Artemisia*.

DA 6 *Pinus*-*Betula*-*Artemisia*-Zeit (520 - 430 cm):

III - Jüngere Tundrenzeit

Die *Pinus*-Werte steigen noch weiter an (über 90%), während *Betula* nur knapp 5 % erreicht. Neben *Juniperus* kann sich *Artemisia* noch einmal leicht ausbreiten, was als Hinweis auf die jüngere Tundrenzeit gelten kann.

Für die folgenden Abschnitte des Holozäns lassen sich keine eindeutigen Grenzen für die einzelnen Vegetationszonen im Sinne von FIRBAS (1949/52) nachweisen. Da wegen der Sedimentbeschaffenheit

keine physikalischen Altersdatierungen möglich waren, muß die biostratigraphische Gliederung als mehr oder weniger willkürlich angesehen werden (vgl. BLUDAU 1985).

DA 7 *Pinus-Betula*-Thermophilen-Zeit

(430 - 310 cm):

IV/V - Präboreal/Boreal

Am Beginn des Abschnitts verhalten sich die Kurven von *Pinus* und *Betula* gegenläufig (*Pinus* um 70 %, *Betula* um 25 %). Bereits hier beginnen die geschlossenen Kurven der Thermophilen (*Corylus*, Laubmischwaldvertreter, *Picea*), die bis zum Ende des Abschnitts dann allmählich ansteigen. Dies geschieht auf Kosten von zunächst *Betula*, am Übergang zum nächsten Abschnitt dann auch zuungunsten von *Pinus*.

DA 8 *Pinus-Corylus*-Laubmischwald-Zeit

(310 - 210 cm):

V/VI - Boreal/Älteres Atlantikum

Die *Pinus*-Werte gehen auf durchschnittlich 40% zurück. Im Gegenzug kommt es zur Massenausbreitung des thermophilen Laubmischwaldes und von *Picea* (*Quercus* und *Picea* um 25 %, *Ulmus* um 10%). NBP ist fast keiner vorhanden.

DA 9 *Picea-Pinus-Alnus*-Laubmischwald-Zeit

(210 - 120 cm):

VII/VIII - Jüngerer Atlantikum/Subboreal

Nach einem kurzen Rückschlag, bedingt durch die maximale Ausbreitung von *Quercus* und *Ulmus*, steigen die Kurven von *Picea* und *Pinus* kontinuierlich auf Werte um 30 bzw. 50 % an. *Alnus* erreicht ebenfalls ein Maximum von 20 %. In diesem Abschnitt setzen auch die geschlossenen Kurven von *Fagus* und *Abies* ein. Daneben finden sich erste Spuren von *Carpinus*. Der NBP zeigt leicht erhöhte Werte.

DA 10 *Picea-Pinus-Abies-Alnus*-Zeit

(120 - 0 cm):

IX/X - Subatlantikum

Picea und *Pinus* erreichen ihre maximale Ausbreitung, wobei *Picea* über *Pinus* dominiert (Werte um 50 %). *Abies* und *Fagus* spielen nur eine untergeordnete Rolle (10 bzw. um 5 %). Der NBP steigt zwar an, jedoch finden sich Kulturzeiger nur in Spuren. Der Laubmischwald ist fast völlig verschwunden.

4.3.2 Stechsee II

DA 1 *Pinus-Betula*-NBP-Zeit (930 - 850 cm):

Würm-Hochglazial

Der Abschnitt wird geprägt durch die Vorherrschaft von *Pinus* (um 70%), wobei die erstaunlich hohe

Pollendichte überrascht. Daneben ist *Betula* am Beginn mit Werten um 15 %, danach um 5% vorhanden. Auffallend sind auch die durchgehenden Kurven von *Picea*, *Abies*, *Quercus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Corylus* und *Alnus*, die immerhin Werte um 2 % erreichen, was für *Picea* und *Abies* bereits die Schwelle für lokales Vorkommen sein soll (BORTENSCHLAGER 1979; HUNTLEY & BIRKS 1983; HÖLZER & HÖLZER 1987). Auffallend auch hier die gute Erhaltung der Pollenkörner. Der NBP wird geprägt durch *Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum*, *Caryophyllaceae* und andere Steppenelemente, erreicht im Durchschnitt aber nur 25 % der Gesamtsumme.

DA 2 NBP-*Pinus-Betula*-Zeit (850 - 670 cm):

Ia - Älteste Tundrenzeit

Der Übergang von DA 1 zu DA 2 wird gekennzeichnet durch einen steilen Abfall der *Pinus*-Kurve, was sich auch in einer zunächst rapiden Abnahme der Pollendichte dokumentiert. Immerhin liegen die *Pinus*-Werte aber noch bei etwa 30%. *Betula* erreicht kaum 5 %. Nach wie vor durchziehen die Kurven von *Picea*, *Abies*, *Quercus*, *Corylus*, *Ulmus* und *Alnus* fast den ganzen Abschnitt mit Werten zwischen 2 und 3 %. Hinzu kommen häufige Funde von *Fagus* und *Carpinus* (750 - 710 cm). Strauchpollen ist hauptsächlich durch *Juniperus* und *Salix* vertreten. Der NBP wird durch Steppenelemente wie *Artemisia*, *Helianthemum*, *Thalictrum*, *Caryophyllaceae* und *Chenopodiaceae* dominiert, daneben kommen *Poaceae* und *Cyperaceae* mit Werten zwischen 10 und 20 % vor. Wie oben bereits erwähnt, ist auch in diesem durch NBP geprägten Abschnitt die Pollendichte im Durchschnitt ungewöhnlich hoch (Pollensummen von über 1000 PK/Präparat!), obwohl die Sedimentzusammensetzung mehrfach wechselt.

DA 3 *Pinus-Betula*-NBP-Zeit (670 - 640 cm):

Ib/Ic - Bölling/Ältere Tundrenzeit

Die Kurven von *Pinus* und *Betula* steigen rasch an. Im Gegenzug fällt der NBP unter 40 % ab. *Juniperus* hat eine kurze Blütezeit (Kurvengipfel von 19%). Ähnliches gilt für *Salix* (um 5 %). In diesem Abschnitt enden die Kurven der meisten Thermophilen (Abschmelzen der letzten Toteisreste?). Die Erhaltung der Pollenkörner der Thermophilen ist sehr schlecht.

DA 4 *Pinus-Betula*-Zeit (640 - 540 cm):

II - Alleröd

Pinus steigt bis auf Werte um 90 % an. *Betula* erreicht maximal 15 %. Der NBP fällt unter 10 % zurück, wobei vor allem die extremen Heliophyten fast vollständig verschwinden (*Helianthemum*). Auch die thermophilen Elemente treten kaum noch in Erscheinung. Die Pollendichte ist nach wie vor sehr hoch.

DA 5 *Pinus-Betula-Artemisia*-Zeit (540 - 440 cm):

III - Jüngere Tundrenzeit

Der Klimarückschlag der Jüngeren Tundrenzeit macht sich durch eine schwache Neuausbreitung von *Artemisia* und *Juniperus* bemerkbar. Die *Pinus*-Werte stabilisieren sich bei 95 %. Die *Betula*-Kurve schwankt um 5 %. Die Pollendichte nimmt zum vorigen Abschnitt kaum ab.

DA 6 *Pinus-Betula*-Zeit (440 - 370 cm):

IV - Präboreal

Die Kurven von *Pinus* und *Betula* verhalten sich gegenläufig (*Betula* steigt auf Werte um 30 % an, die *Pinus*-Kurve fällt entsprechend unter 70 % ab). Mit Ausnahme von *Artemisia* ist kaum noch NBP vorhanden. In diesem Abschnitt beginnen die geschlossenen Kurven von *Corylus*, *Quercus*, *Ulmus* und *Alnus*.

DA 7 *Pinus-Corylus*-EMW-Zeit (370 - 230 cm):

V/VI - Boreal/Älteres Atlantikum

Die *Pinus*-Kurve geht unter zahlreichen Schwankungen unter 40 % zurück. Gleichzeitig breitet sich *Corylus* bis auf 25 % aus. Auch *Quercus*, *Ulmus* und *Tilia* erreichen allmählich höhere Werte (*Quercus* um 20 %, *Ulmus* um 7 %, *Tilia* um 2 %). Daneben weist *Acer* eine geschlossene Kurve mit Werten um 2 % auf. Gleiches gilt für *Picea*, deren Kurve allmählich auf 5 % ansteigt. NBP ist fast keiner vorhanden.

DA 8 EMW-*Pinus-Picea*-Zeit (230 - 140 cm):

VII/VIII - Jüngeres Atlantikum/Subboreal

Die Elemente des thermophilen Laubmischwaldes erreichen eine erste Massenausbreitung, wobei *Quercus* vor *Ulmus* und *Tilia* dominiert. Die *Pinus*-Werte stabilisieren sich bei 40 %. *Corylus* fällt nach einem Maximum von 20 % allmählich unter 2 % ab. *Picea* breitet sich allmählich aus; sie hat bei 170 cm einen Kurvengipfel von 50 %, der aber vermutlich auf einen verwehten Pollensack zurückzuführen ist (zahlreiche verklumpte und unreife Pollenkörner).

DA 9 EMW-*Betula-Alnus*-Zeit (140 - 100 cm):

IX - Älteres Atlantikum

Quercus erreicht die maximale Ausbreitung (25 %), geht gegen Ende des Abschnitts aber rasch unter 10 % zurück. *Fraxinus* hat Werte um 5 %. *Alnus* kann sich bis auf Werte um 10 % ausbreiten. Gleichzeitig beginnen die geschlossenen Kurven von *Fagus* und *Abies*. Der NBP steigt leicht an, darunter vor allem *Filipendula* und *Apiaceae* sowie *Poaceae*.

DA 10 *Picea-Pinus-Abies-Fagus-Alnus*-Zeit

(100 - 10 cm):

X - Jüngeres Atlantikum

Picea und *Pinus* breiten sich allmählich aus (*Picea* auf etwa 50 %, *Pinus* um 35 %). Die Elemente des

thermophilen Laubmischwaldes verschwinden bis auf *Quercus* fast völlig. Hingegen können sich *Abies* und *Fagus* mit Werten um je 10 % durchsetzen. Die *Alnus*-Kurve erreicht zunächst um 20 %, fällt gegen Ende des Abschnitts jedoch unter 5 % ab (Rodung von Auewäldern?). Der NBP nimmt bis auf 25 % zu, jedoch sind daran im wesentlichen *Poaceae* und *Cyperaceae* beteiligt. Im Kräuterpollen dominieren die *Cichoriaceae*. Kulturzeiger sind nur in Spuren vorhanden (*Plantago lanceolata*, geringe Getreidespuren).

4.4 Diskussion

Wie aus den Diagrammbeschreibungen hervorgeht, sind in den beiden Profilen Stechsee I und Stechsee II Spätglazial und Holozän bis auf die jüngsten Schichten mehr oder weniger vollständig überliefert. Im Zusammenhang mit der Problemstellung dieses Artikels soll aber nicht weiter auf die Einzelheiten der Vegetationsgeschichte im Holozän eingegangen werden, da diese sich zwanglos in das bekannte Muster der Vegetationsentwicklung in diesem Gebiet (RAUSCH 1975; BEUG 1976; SCHMEIDL 1971, 1977; KLEINMANN 1992) einfügt. Es sei lediglich darauf verwiesen, daß vermutlich durch Abtorfung die Kulturzeiger führenden Schichten teilweise fehlen. Vielmehr soll das Augenmerk auf das frühe Spätglazial und die zahlreich im Sediment vertretenen Pollenkörner von Thermophilen gelenkt werden.

4.4.1 Hochglazial

Das Profil Stechsee II gehört zu den wenigen Profilen mit spätglazialen Schichten, in denen wahrscheinlich auch das ausgehende Würm-Hochglazial mitüberliefert ist. Aus dem bayerischen Alpenvorland sind meines Wissens gar keine Pollenprofile in dieser Vollständigkeit bekannt (FRENZEL 1983) und auch im übrigen Mitteleuropa gehören solche mehr oder weniger weit ins Würm-Hochglazial hineinreichenden Pollenprofile eher zur Ausnahme (TIDELSKI 1960; DE BEAULIEU et al. 1983, 1985). Die von WEGMÜLLER (1966, 1977), RAUSCH (1975), BEUG (1976), PESCHKE (1977), KRAL (1979), BURGA (1980), SCHMIDT (1981), WELTEN (1982), LANG (1982), RÖSCH (1983), BORTENSCHLAGER (1984), GAILLARD (1984), BLUDAU (1985), AMMAN (1989), KLEINMANN (1992) oder KORTFUNKE (1992) - um nur einige umfangreiche bzw. zusammenfassende Arbeiten zu nennen - publizierten Spätglazialprofile in verschiedenen Teilen der Alpen und des Alpenvorlandes enthalten das Hochglazial nur andeutungsweise, wobei Pollenerhaltung und Pollendichte meist sehr dürftig sind. Im Gegensatz zu längeren hochglazialen Pollenpro-

filen (TIDELSKI 1960, DE BEAULIEU et al. 1983) ist im Profil Stechsee II die erstaunlich gute Pollenerhaltung (auch der thermophilen Elemente) sowie die teilweise verblüffend hohe Pollendichte hervorzuheben, die sich vor allem in ungewöhnlich hohen *Pinus*-Anteilen (bis zu 70 %) ausdrückt. Wäre das endwürmzeitliche Alter der Sedimente (vgl. Beitrag FELDMANN) nicht durch die geologischen Untersuchungen sichergestellt, könnte man sich an ein gut entwickeltes Würm-Interstadial oder gar an den Rest eines Interglazials erinnern fühlen (u. a. Spuren von *Carpinus* und *Fagus*!).

Vor allem die gute Erhaltung der Thermophilen (*Abies*, *Quercus*, *Ulmus*, *Alnus*) widerspricht meiner Ansicht nach einem sekundären Eintrag ins Sediment durch Umlagerung (vgl. GRONER 1986), zumal keine sog. "präquartären" Palynomorphen oder Pollentypen älterer Interglaziale (vgl. GRÜGER 1979; BLUDAU 1994a) gefunden werden konnten. Auch das Sediment (relativ hoher Sandanteil bzw. reiner Sand) ist einer längeren Konservierung von Pollenkörnern - schon gar bei Umlagerungsvorgängen - nicht gerade zuträglich.

Vielmehr könnten die lokalen ökologischen Faktoren bei der Zusammensetzung der Pollenspektren eine Rolle gespielt haben. Bei eigenen Untersuchungen von Oberflächenprofilen in waldlosen Gebieten Lapplands (BLUDAU 1994b) in Gletschernähe fiel auf, daß der höchste Fernfluganteil sowohl von *Pinus* als auch von thermophilen Elementen in unmittelbarer Nähe des Eises anzutreffen war (*Pinus* bis 65 %!). Hingegen nahm der BP-Anteil in größerer Entfernung zum Eis immer weiter ab. Eine Erklärung hierfür dürften die lokalen Windsysteme (Gletscherfallwinde, Ausfällung von Blütenstaub durch turbulente Strömungen, vgl. BORTENSCHLAGER 1967, 1970) sein. Da nun aber der Stechsee innerhalb einer Toteislandschaft liegt, somit also am Ende des Hochwürms größere Eisblöcke liegengeblieben sind, die sicherlich das Lokalklima stark beeinflusst haben, ist möglicherweise die Pollenflora von Abschnitt DA 1 im Profil Stechsee II eben durch lokalklimatische Besonderheiten zu erklären. Das würde aber bedeuten, daß, solange mit Eisresten im Alpenvorland gerechnet werden muß, irgendwelche Gipfel von BP-Kurven während des ältesten Spätglazials möglicherweise nichts mit Erwärmungsphasen (Präbölling etc.) oder Einwanderungsvorgängen zu tun haben müssen, sondern Ausdruck einer lokal beeinflussten Pollendeposition sein könnten. Sicherlich muß immer sorgfältig überprüft werden, woher im einzelnen stratigraphisch "unliebsame" Elemente stammen könnten, ehe man sich auf Umlagerung oder Ferntransport von Pollenkörnern festlegt. Dies ist auch im Hinblick auf die immer wieder einmal diskutierten möglichen hochglazialen Refugien nördlich der Alpen wichtig (BASTIN 1968).

Außerdem ist die Kenntnis über das Zustandekommen von Pollengemeinschaften besonders dann von großer Wichtigkeit, wenn man sich mit Abschnitten der Vegetationsgeschichte beschäftigt, beispielsweise mit dem älteren Pleistozän, von denen die Kenntnisse über die Zusammensetzung von warmzeitlichen Floren im Gegensatz zum Holozän nur sehr mangelhaft sind. Hier können nur die verschiedenen Disziplinen der Geologie weiterhelfen, um mögliche Umlagerungsvorgänge des Sediments zu erhellen.

4.4.2 Älteste Tundrenzeit (Ia)

Die älteste Tundrenzeit ist in beiden Profilen vollständig überliefert. Aufgrund der BP/NBP-Verhältnisse wie auch der Zusammensetzung des Kräuterpollens lassen sich 3 Phasen unterscheiden (Ia1, Ia2, Ia3):

Ia1 ist charakterisiert durch hohe *Artemisia*- und *Helianthemum*-Werte bei gleichzeitig relativ hohen *Betula*-Werten. Obwohl großenzahlige Untersuchungen (USINGER 1978) nicht durchgeführt und keine Großreste gefunden wurden, ist mit Sicherheit mit der Anwesenheit von *Betula nana* zu rechnen, da zwei deutlich verschieden große Pollenformen auftraten, die bei der hohen Pollendichte gegenseitig gut zu überprüfen waren. Etwa 75 % waren danach dem *Betula nana*-Typ zuzuordnen. Trotzdem muß das aber nicht für eine weitere Verbreitung sprechen, da *Betula nana* offenbar auch unter ungünstigen Klimabedingungen zu hoher Pollenproduktion fähig ist (BLUDAU 1994b). Zu erwähnen sind weiter durchgehende Kurven von *Juniperus* und *Hippophaë* sowie respektable Mengen vom *Ephedra distachya*-Typ. Auf die bekannte Diskussion über die Verbreitung von *Ephedra* nördlich der Alpen soll an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden. Der Anteil der Thermophilen ist im Vergleich zum vorhergehenden Abschnitt zurückgegangen (aber: *Fagus* durchgehend vorhanden!).

Ia2 zeigt einen Rückgang von *Artemisia* und *Helianthemum* bei gleichzeitiger Ausbreitung von *Pinus*. Der *Ephedra distachya*-Typ verschwindet fast völlig. Auffallend ist die starke Zunahme von Thermophilen, darunter *Fagus* und *Carpinus* mit beachtlichen Werten und durchgehenden Kurven. Da aber im Gegensatz zu den hochglazialen Schichten die Pollenerhaltung der thermophilen Elemente nur mäßig bis schlecht war, kann nun mit Umlagerung gerechnet werden. Die Wasserlinse in Profil I spricht vielleicht dafür.

Als Liefergebiet für die thermophilen Pollenkörner kommen möglicherweise die südlich bzw. südwest-

lich gelegenen interstadialen Schieferkohlen bei Großweil und Schwaiganger (PESCHKE 1983) oder Sedimente des Interglazials bei Eurach (BEUG 1979) in Betracht (vgl. Abb. 1). Die Schotter im Bereich der Osterseen wurden geschüttet, als die aktive Gletscherstirn bis Großweil reichte. Dabei wurde durch die Gletschererosion die Schieferkohle sicherlich angeschnitten, teilweise freigelegt und umgelagert. Hinweise auf solch ein Ereignis sind die Funde von Schieferkohlengeröll in einer Kiesgrube südlich von Seeshaupt (DREESBACH 1985: 161).

Nach PESCHKE (1983a, 1983b, 1983c) sind die thermophilen Elemente mit vergleichbarer Verteilung in Großweil und im unteren Flöz bei Schwaiganger vertreten. Allerdings tritt *Fagus* in diesen Vorkommen nicht auf, so daß für die thermophilen Pollenfloren in den Sedimenten des Stechsees auch noch andere Liefergebiete (Eurach?) in Frage kommen können. Insgesamt kann vermutet werden, daß während der Uffing-Schwaiganger Phase Teile der Schieferkohlen durch Schmelzwässer erodiert und beim Stechsee auf Toteis abgelagert wurden. Beim Abschmelzen des Toteises gelangten sie dann in ihre heutige Position.

Ia3 zeigt eine erneute kräftige Ausbreitung von *Artemisia* und *Helianthemum*, die auch schon RAUSCH (1975) und BEUG (1976) im Rosenheimer Becken am Ende der ältesten Tundrenzeit beobachtet haben. Danach erfolgt sehr rasch der Übergang zum Bölling/Alleröd-Komplex, eingeleitet durch charakteristische Gipfel der Kurven von *Juniperus* und *Hippophaë*.

Zusammenfassend läßt sich die Älteste Tundrenzeit in den Profilen des Stechsees in drei Phasen gliedern, die möglicherweise mit den von WELTEN (1982) bzw. AMMAN & TOBOLSKI (1983), GAILLARD (1984), KRAL (1979) oder LOTTER (1988) ausgegliederten Etappen in Einklang zu bringen sind. Allerdings sind auch hier, wie während des Hochglazials, streng lokale Einflüsse auf die Zusammensetzung der Pollenflora nicht ganz auszuschließen.

4.4.3 Bölling (Ib) - Präboreal (IV)

Die weitere Entwicklung des Spätglazials ist in beiden Profilen vollständig überliefert - mit einem allerdings nur relativ schlecht ausgeprägten Bölling/Ältere Tundrenzeit-Komplex (vgl. BEUG 1976) - mit den gut zu unterscheidenden Abschnitten Alleröd und Jüngere Tundrenzeit, wobei diese für die geographische Lage der Profile wirklich relativ gut entwickelt zu sein scheint (vgl. RAUSCH 1975; BEUG 1976; PESCHKE 1977; KLEIBER 1974; KÜTTEL 1974; BURGA 1982). Thermophile Elemente sind praktisch vollständig verschwunden, was einerseits auf die sich

schließende Vegetationsdecke zurückzuführen sein dürfte, andererseits aber auch ein Hinweis auf das endgültige Abschmelzen von Toteis im vorangehenden Bölling/Alleröd-Komplex sein könnte (PESCHKE & FRENZEL 1983). Bemerkenswerterweise enden etwa um diese Zeit auch die Sandeinlagerungen in die Seekreide (Stechsee II).

Das Präboreal ist durch recht hohe *Betula*-Werte bei eindeutiger Dominanz von *Pinus* gekennzeichnet. Auch dies entspricht im wesentlichen den Erfahrungen von LÜRZER (1956), RAUSCH (1975), BEUG (1976), SCHMEIDL (1971, 1977) für diesen Teil des Alpenvorlandes.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß die Profile Stechsee I u. II eine vollständige Abfolge des ausgehenden Hochglazials und des Spätglazials überliefert haben, die durch bemerkenswerte Anteile von thermophilen Elementen mit guter Erhaltung in den Sedimenten des Hochglazials gekennzeichnet sind. Im Gegensatz zu vielen Autoren wird der synsedimentäre Eintrag der thermophilen Pollenkörner während des Hochglazials, verursacht durch lokal-klimatische Faktoren, zur Diskussion gestellt. Hingegen scheinen die thermophilen Elemente während des Spätglazials durch Umlagerung ins Sediment gelangt zu sein. Möglicherweise hat gefrorener Boden während des Hochglazials eine Umlagerung zunächst verhindert, die dann durch das abschmelzende Toteis ermöglicht wurde (vgl. AVERDIECK & PRANGE 1975). Die Existenz von Toteis wird bis zum Ende des Bölling/Alleröd-Komplexes für möglich gehalten.

5 Ergebnisse

Aus den glazialgeologischen und palynologischen Untersuchungen ergibt sich für den Eiszerfall im Bereich der Osterseen folgendes Bild: Die Osterseen und der südliche Starnberger See lagen zur Zeit der Pähler Phase unter der aktiven Gletscherstirn. Endmoränen, die diesen Gletscherhalt bezeugen, finden sich am südlichen Ammersee und am Starnberger See.

Der nächste Gletscherhalt ist in den Moränen der Tankenrainer Phase dokumentiert. Der Gletscher endete etwa in Höhe des Stechsees bzw. bei Weilheim. Die zugehörigen glazifluvialen Ablagerungen, die im Ammerseebecken als Randterrassen, am Starnberger See nur lokal als isolierte Schotterfläche vorhanden sind, belegen, daß die Zungenbecken durch Toteis plombiert waren, auf das der Gletscher aufgefahren ist.

Die gleiche Situation ist für die Weilheimer Phase anzunehmen. Zu dieser Zeit lag das Gebiet des heutigen Stechsees erstmals nachweislich nicht mehr unter lebendem Eis, sondern dicht vor dem Glet-

scherende unter Toteis. Ab der Weilheimer Phase ist somit die Überlieferung von Sedimenten und darin enthaltenen Pollen möglich. Die hochglazialen Diagrammabschnitte können also frühestens eine Zeit ab der Weilheimer Phase repräsentieren, was größenordnungsmäßig einer Zeit um oder nach 17.000 BP entspricht (vgl. FELDMANN 1990: 62). Die Weilheimer Phase entspricht dem "Ammerseestadium" von TROLL (1925) und wird häufig als Grenze zwischen dem Hoch- und Spätglazial definiert (zuletzt von JERZ mdl. in HIRTLREITER 1992: 26). Aufgrund der Befunde in der vorliegenden Arbeit ist die Weilheimer Phase vermutlich aber ins Hochglazial zu stellen.

Das Pollenspektrum und die Pollenerhaltung in den untersten Diagrammabschnitten sprechen für Fernflug (vgl. Kap. 4.4.1) und primäre Einlagerung. Der Fernflug muß aus Gebieten südlich der Alpen über das Gebirge erfolgt sein. Vergleichbar mit den Untersuchungen in rezenten Gletschergebieten (BLUDAU 1994b) kam es dann vor der Gletscherstirn zum Pollenniederschlag, verbunden mit Sandablagerungen, die von Schmelzwässern auf dem Toteis abgesetzt wurden.

Der nächstjüngere Gletscherstand (Pollinger Phase) war nur von kurzer Dauer, da die zugehörigen glazifluvialen Ablagerungen im Bereich der Osterseen fehlen und auch im angrenzenden Gebiet nur undeutlich ausgebildet sind.

Der weitere sukzessive Zerfall des Gletschers führte zu einer Verlegung der aktiven Gletscherstirn in den Bereich der Murnauer Molassemulde, an deren Nordflanke der Gletscher zerbrach und hier einen längeren Halt hatte, die Uffing-Schwaiganger Phase. Der Gletscher überschritt dabei nur noch im zentralen Teil den Südflügel der Molassemulde, während er an den Rändern zum östlichen und westlichen Ausweichen gezwungen wurde und hier einzelne Teilfurchen erodierte. Die östliche schnitt dabei wahrscheinlich die Schieferkohle zwischen Schwaiganger und Großweil an.

Das Gebiet der Osterseen und der (südliche) Starnberger See waren noch von Toteis erfüllt, das nur langsam den Raum zwischen sich und der Beckenumrahmung freigab (Abb. 3). Diese Freiräume wurden mit den Schottern, die die Schmelzwässer von Süden brachten, aufgefüllt, so daß die Schotterflächen im Bereich der Osterseen entstanden. Entsprechend der Oszillationsstadien dieser Phase wurden die verschiedenen Niveaus geschüttet. Der Stechsee war während dieser Zeit - wie die anderen Osterseen, der Starnberger See und das Gebiet des Weidfilzes - mit Toteis erfüllt und blieben als Hohlformen erhalten. Das Toteis kann also erst nach Abrücken des Gletschers von der Uffing-Schwaiganger Phase abgeschmolzen sein.

Während dieser Phase wurde vermutlich auch das

Toteis von den Schmelzwässern überspült und die auf ihm liegenden Sedimente teilweise erodiert. Damit ist der deutliche Hiatus im Pollenprofil zu erklären. Die Uffing-Schwaiganger Phase ist somit ebenfalls noch hochglazial.

Die umgelagerten Thermophilen am Beginn des Spätglazials stammen entweder aus lokal umgelagerten, hochglazialen Sedimenten, oder sie wurden während der Uffing-Schwaiganger Phase aus der Schieferkohle ausgespült und mit den Schmelzwässern in den Raum des Stechsees gebracht. Hier sind sie dann beim beginnenden Abschmelzen des Toteises in die dadurch entstandenen Hohlformen geschwemmt worden.

Der weitere Rückzug des Gletschers erfolgte wieder als plötzlicher einmaliger Akt, indem der Gletscher am Vestbühl - einem Felsriegel, der bei Eschenlohe das Loisachtal quert - abriß und hier eine kurze Zeit seine aktive Gletscherstirn hatte (=Eschenloher Halt, entspricht etwa dem Loisachstand von HIRTLREITER 1992: 31). Ab dieser Zeit kann nach den geologischen Befunden das Toteis im Osterseen-Gebiet abgeschmolzen sein.

Der Eschenloher Halt war nur von kurzer Dauer, da die entsprechenden Ablagerungen nur eine geringfügige Ausdehnung haben. Der nächst längere Halt wird von HIRTLREITER (1992: 33, 133) oberhalb von Garmisch-Partenkirchen beschrieben (Kankertalstand) und aufgrund der Schneegrenzdepression mit dem Bühl-Stadium korreliert. Damit fällt der Beginn des Toteisschwundes in eine Zeit, als der Gletscher den Alpennordrand bereits überschritten hatte. Bis zu dieser Zeit müssen im Alpenvorland hochglaziale Klimaverhältnisse geherrscht haben, mit Dauerfrostboden und periglazialen Verhältnissen. Dieses wurde bereits aus Untersuchungen am Ammersee geschlossen (FELDMANN 1992) und aufgrund anderer Befunde auch von MENZIES & HABBE (1992) am Illergletscher angenommen.

Sedimentologisch und palynologisch zeigt sich das Abschmelzen des Toteises mit den letzten Sandeinlagerungen in den Profilen Stechsee I und II. Spätestens im Bölling, vermutlich bereits in der Älteren Tundrenzeit (um 14.000 BP) ist der Stechsee eisfrei, was sich an der autochthonen Seekreide und dem Fehlen umgelagerter thermophiler Elemente zeigt.

Als wichtigste Ergebnisse lassen sich festhalten: Mit den Profilen Stechsee I und II liegen erstmals Pollenprofile aus dem bayerischen Alpenvorland vor, die eine vollständige Abfolge vom Hochglazial über das Spätglazial bis ins Holozän enthalten. Bemerkenswert ist der Anteil thermophiler Elemente mit guter Erhaltung in den Sedimenten des Hochglazials. Mit diesen Profilen läßt sich der Eiszerfall zeitlich fassen: Die Weilheimer Phase (= Ammerseestadium im klassischen Sinne) ist der früheste Zeitpunkt für

die Ablagerung dieser Sedimente. Sie ist damit höchstwahrscheinlich hochglazial. Das Abtauen des Toteises beginnt erst an der Wende Hoch-/Spätglazial, was aus glazialgeologischer Sicht dem klassischen Bühl-Stadium entspricht. Letzte Reste des Toteises tauen möglicherweise erst im Bölling/Alleröd-Komplex ab.

6 Schriftenverzeichnis

- AMMAN, B. (1989): Late-Quaternary Palynology at Lobsigensee.- Diss. Bot., **137**: 157 S., 72. A., 24 Tab.; Berlin, Stuttgart (Cramer).
- & TOBOLSKI, K. (1983): Vegetational Development During the Late-Würm at Lobsigensee (Swiss Plateau). Studies in the Late Quaternary of Lobsigensee I.- Rev. Paleobiol., **2/2**: 163-180, 6 Abb.; Genf.
- AVERDIECK, R. & PRANGE, W. (1975): Palynologische und tektonische Untersuchungen einer von Toteis gestörten Schichtfolge am Hochfelder See bei Bothkamp (Holstein).- Meyniana, **27**: 1-13, 6 Abb.; Kiel.
- BASTIN, B. (1968): Pflanzengeographische Probleme der offenen Vegetation Europas während der letzten Eiszeit.- Ber. Dtsch. Bot. Ges., **80**: 697-704; Stuttgart.
- DE BEAULIEU, J. L., PONS, A. & REILLE, M. (1985): Recherches pollénanalytiques sur l'histoire tardiglaciaire et holocène de la végétation des Montes d'Aubrac (Massif Central, France).- Rev. Paléobot. Paléoeool., **44**: 37-80, 1 Abb., 2 Taf., 11 Beil.; Amsterdam.
- & REILLE, M. (1983): Paléoenvironnement tardiglaciaire et holocène des lacs de Pelléautier et Siguret (Hautes-Alpes, France) I. Histoire de la végétation d'après les analyses polliniques.- Ecol. Med., **9**: 19-36, 7 Abb.; Marseille.
- BEUG, H.-J. (1976): Die spätglaziale und frühpostglaziale Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Rosenheimer Sees (Oberbayern).- Bot. Jb. Syst., **95**: 373-400, 8 Abb.; Stuttgart.
- (1979): Vegetationsgeschichtlich-pollenanalytische Untersuchungen am Riß/Würm-Interglazial von Eurach am Starnberger See/Obb. - Geol. Bav., **80**: 91-106, 7 Abb., 1 Taf.; München.
- BLUDAU, W. (1985): Zur Paläoökologie des Ammergebirges im Spät- und Postglazial.- 365 S., 60 Abb., 7 Tab., 46 Taf.; Rheinfelden (Schäuble).
- (1994a): Erste Ergebnisse palynologischer Untersuchungen an Kernen der Bohrungen I - VII im Hoßkircher Becken (Blatt 8022 Ostrach), Baden Württemberg.- Abh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **14**, 3 Abb.; Freiburg (im Druck).
- (1994b): Ein Vergleich der aktuellen Vegetation mit dem Pollengehalt von Moosproben in der Birkenwaldstufe und der Tundra in Schwedisch-Lappland.- (in Vorber.).
- BORTENSCHLAGER, S. (1967): Pollenanalytische Ergebnisse einer Firnprofiluntersuchung am Kesselwandferner (3240 m, Ötztal, Tirol).- Grana, **7**: 259-274, 1 Abb., 2 Tab., 2 Taf.; Stockholm.
- (1970): Neue pollenanalytische Untersuchungen von Gletschereis und gletschernahen Mooren in den Ostalpen.- Z. Gletscherkd. u. Glazialgeol., **6**: 107-118, 4 Abb., 1 Tab.; Innsbruck.
- (1984): Beiträge zur Vegetationsgeschichte Tirols I: Inneres Ötztal und unteres Inntal.- Ber. nat.-med. Ver. Innsbruck, **71**: 19-56, 3 Tab., 12 Beil.; Innsbruck.
- BURGA, C.A. (1980): Pollenanalytische Untersuchungen zur Vegetationsgeschichte des Schams und des San Bernardino - Paßgebietes (Graubünden, Schweiz).- Diss. Bot., **56**: 165 S., 19 Abb., 8 Tab., 6 Taf., 10 Beil.; Vaduz (Cramer).
- (1982): Pollenanalytical research in the Grisons (Switzerland).- Vegetatio, **49**: 173-186, 10 Abb.; Den Haag.
- (1987): Gletscher- und Vegetationsgeschichte der Südrätischen Alpen seit der Späteiszeit.- Denkschr. Schweizer Naturforsch. Ges., **101**: 162 S., 41 Abb., 17 Tab., 10 Taf.; Basel, Boston (Birkhäuser).
- DREESBACH, R. (1985): Sedimentpetrographische Untersuchungen zur Stratigraphie des Würmglazials im Bereich des Isar-Loisachgletschers.- Diss. Univ. München: VII+176 S., 29 Abb., 25 Tab., 18 Taf.; München.
- EBERS, E. (1955): Hauptwürm, Spätwürm, Frühwürm und die Frage der älteren Würmschotter.- Eiszeitalter u. Gegenwart, **6**: 96-109, 3 Abb.; Öhringen/Württ.
- FELDMANN, L. (1990): Jungquartäre Gletscher- und Flußgeschichte im Bereich der Münchener Schotterebene.- Diss. Univ. Düsseldorf: 355 S., 82 Abb., 18 Tab., 2 Beil.; Düsseldorf.
- (1992): Ehemalige Ammerseestände im Hoch- und Spätglazial des Würm.- Eiszeitalter u. Gegenwart, **42**: 52-61, 3 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- FRENZEL, B. (1964): Zur Pollenanalyse von Lössen.- Eiszeitalter u. Gegenwart, **15**: 5-39, 6 Abb., 3 Tab.; Öhringen/Württ.
- (1983): Über das Alter würmeiszeitlicher Endmoränenstände süddeutscher ehemaliger Vorlandgletscher.- In: JERZ, H. (Hrsg.): Führer zu den Exkursionen der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie vom 13. bis 20. September 1983 im Nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet: 106-111, 2 Abb.; München (INQUA-SEQS).
- GAILLARD, M.-J. (1984): Étude Palynologique de l'Évolution Tardi- et Postglaciaire de la Végétation du Moyen-Pays Romand (Suisse).- Diss. Bot., **77**: 322 S., 26 Abb., 26 Taf., 8 Beil.; Vaduz (Cramer).
- GAREIS, J. (1978): Die Toteisfluren des Bayerischen Alpenvorlandes als Zeugnis für die Art des Spätwürmzeitlichen Eisschwundes.- Würzburger Geogr. Arb., **46**: 101 S., 29 Abb.; Würzburg.
- GERMAN, R. (1970): Zur Unterscheidung von Grundmoräne und Schmelzwasser-Sedimenten am Beispiel des württembergischen Allgäus.- N. Jb. Geol. Paläont., **Mh. 1970**: 69-76; Stuttgart.
- GÖRRES, M. & BLUDAU, W. (1992): Der Zusammenhang zwischen pollen- und ¹⁴C-analytisch ermittelten Siedlungsphasen und erhöhten Mineralstoffgehalten in Profilen des Weidfilzes (Starnberger See).- Telma, **22**: 123-144, 12 Abb., 1 Tab.; Hannover.
- GRONER, U. (1986): Zur Problematik von umgelagerten Palynomorphen in Glazial- und Spätglazialsedimenten des Schweizer Mittellandes.- Ecol. geol. Helv., **79**: 617-639, 3 Abb., 1 Tab., 5 Taf.; Basel.
- GROSS, H. (1956): Moorgeologische Untersuchungen zweier Filze des oberbayerischen Jungmoränengebietes im Umland des Starnberger Sees.- Ber. Bayer. Bot. Ges., **31**: 12-24, 4 Abb.; München.

- GRÜGER, E. (1978): Die Seeablagerungen vom Samerberg/Obb. und ihre Stellung im Jungpleistozän.- Eiszeitalter u. Gegenwart, **29**: 23-34, 4 Abb., 1 Taf.; Hannover.
- HABBE, K.A. (1985): Das Späthochglazial der Würm-Eiszeit im Illergletscher-Gebiet.- Quartär, **35/36**: 55-68, 8 Abb., 2 Tab.; Bonn.
- HIRTLEITER, G. (1992): Spät- und postglaziale Gletscherschwankungen im Wettersteingebirge und seiner Umgebung.- Münchener Geogr. Abh., Reihe B, **15**: 154 S., 89 Abb., 9 Tab., 2 Beil.; München.
- HÖLZER, A. & HÖLZER, A. (1987): Paläoökologische Mooruntersuchungen an der Hornsgrinde im Nord-schwarzwald.- *Carolina*, **45**: 43-50; Karlsruhe.
- HUNTLEY, B. & BIRKS, H.J.B. (1983): An atlas of past and present pollen maps for Europe: 0-13 000 years ago.- 667 S.; Cambridge (Univ. Press).
- JERZ, H. (1983): Seeshaupt - Eurach - Bernried und Höfen.- In: JERZ, H. (Hrsg.): Führer zu den Exkursionen der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie vom 13. bis 20. September 1983 im nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet: 31-37; München (INQUA-SEQS).
- KAISER, K. (1963): Zur Frage der Würmgliederung durch einen "Mittelwürm-Boden" im nördlichen Alpenvorland.- Eiszeitalter u. Gegenwart, **14**: 208-215, 2 Abb.; Öhringen/Württ.
- KLEIBER, H. (1974): Pollenanalytische Untersuchungen zum Eistrückzug und zur Vegetationsgeschichte im Oberengadin.- *Bot. Jb. Syst.*, **94**: 1-53, 2 Abb., 3 Tab., 8 Beil.; Stuttgart.
- KLEINMANN, A. (1992): Nachweis spät- und postglazialer Seespiegelschwankungen am Ammersee mittels pollenanalytischer und sedimentologischer Untersuchungen.- Diss. TU München: 139 S., 22 Abb., 10 Beil.; München.
- KNAUER, J. (1929): Erläuterungen zum Blatt München-West (Nr. XXVII) der Geognostischen Karte von Bayern 1 : 100 000, Teilblatt Landsberg.- 47 S., 11 Abb.; München.
- KORTFUNKE, C. (1992): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Donaumooses und seiner Umgebung.- *Diss. Bot.*, **184**: 176 S., 30 Abb., 4 Tab., 11 Beil.; Berlin, Stuttgart (Cramer).
- KRAL, F. (1979): Spät- und postglaziale Waldgeschichte der Alpen auf Grund der bisherigen Pollenanalysen.- *Veröff. Inst. Waldbau Univ. Wien*: 167 S., 72 Abb.; Wien.
- KÜTTEL, M. (1974): Zum alpinen Spät- und Postglazial: das Profil Obergurbis (1910 m) im Diemtigtal, Berner Oberland, Schweiz.- *Z. Gletscherkd. u. Glazialgeol.*, **10**: 207-216, 2 Abb.; Innsbruck.
- LANG, G. (1982): Die Vegetation des Mindelseegebietes und ihre Geschichte.- In: *Der Mindelsee bei Radolfzell. Monographie eines Naturschutzgebietes auf dem Bodanrück.- Natur- u. Landschaftsschutzgeb. Baden-Württ.*, **11**: 271-302, 18 Abb.; Karlsruhe.
- LOTTER, A. (1988): Paläoökologische und paläolimnologische Studien des Rotsees bei Luzern.- *Diss. Bot.*, **124**: 187 S.; Berlin, Stuttgart (Cramer).
- LÜRZER, E. (1954): Das Spätglazial im Egelseegebiet (Salzachvorlandgletscher).- *Z. Gletscherkd. u. Glazialgeol.*, **3**: 83-90; Innsbruck.
- MAISCH, M. (1982): Zur Gletscher- und Klimageschichte des alpinen Spätglazials.- *Geographica Helvetica*, **37**: 93-104, 6 Abb.; Zürich.
- MENZIES, J. & HABBE, K.A. (1992): A cryogenic wedge within gravels, north of Kempten, Bavaria, F.R.G.- *Z. Geomorph.*, N.F. **36**: 365-374, 4 Abb., 1 Tab.; Berlin, Stuttgart.
- PATZELT, G. (1972): Die spätglazialen Stadien und postglazialen Schwankungen von Ostalpenglazialern.- *Ber. Dt. Bot. Ges.*, **85**: 47-57, 7 Abb., 3 Tab., 6 Beil.; Berlin.
- PAUL, H. & RUOFF, S. (1932): Pollenstatistische und stratigraphische Mooruntersuchungen im südlichen Bayern, Teil II: Moore in den Gebieten der Isar-, Allgäuer und Rheinvorlandgletscher.- *Ber. Bayer. Bot. Ges.*, **20**: 1-264, 113 Abb., 7 Taf.; München.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1901/09): Die Alpen im Eiszeitalter.- 3 Bd., 1199 S.; Leipzig (Tauchnitz).
- PESCHKE, P. (1977): Zur Vegetations- und Besiedlungsgeschichte des Waldviertels (Niederösterreich).- *Mitt. Komm. Quartärforsch. österr. Akad. Wiss.*, **2**: 84 S., 14 Abb., 3 Tab., 5 Taf.; Wien.
- (1983a): Palynologische Untersuchungen interstadialer Schieferkohlen aus dem schwäbisch-oberbayerischen Alpenvorland.- *Geologica Bavarica*, **84**: 69-99, 8 Abb., 1 Beil.; München.
- (1983b): Kiesgrube Lutz-Pech bei Schwaiganger.- In: JERZ, H. (Hrsg.): Führer zu den Exkursionen der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie vom 13. bis 20. September 1983 im Nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet: 53-58, 1 Abb., 1 Tab.; München (INQUA-SEQS).
- (1983c): GSTAIG bei Großweil, Kiesgrube Schulz.- In: JERZ, H. (Hrsg.): Führer zu den Exkursionen der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie vom 13. bis 20. September 1983 im Nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet: 67-68, 1 Abb., 1 Tab.; München (INQUA-SEQS).
- & FRENZEL, B. (1983): Das Moor auf der Pechschnait bei Traunstein.- In: JERZ, H. (Hrsg.): Führer zu den Exkursionen der Subkommission für Europäische Quartärstratigraphie vom 13. bis 20. September 1983 im Nördlichen Alpenvorland und im Nordalpengebiet: 116-120, 1 Abb.; München (INQUA-SEQS).
- PIEHLER, H. (1974): Die Entwicklung der Nahtstelle zwischen Lech-, Loisach- und Ammergletscher vom Hoch bis Spätglazial der letzten Vereisung.- *Münchener Geogr. Abh.*, **13**: 105 S., 15 Abb., 14 Tab., 13 Taf., 1 Beil.; München.
- RAUSCH, K.-A. (1975): Untersuchungen zur spät- und nach-eiszeitlichen Vegetationsgeschichte im Gebiet des ehemaligen Inn-Chiemseegletschers.- *Flora*, **164**: 235-282, 8 Abb.; Jena.
- RÖSCH, M. (1979): Nacheiszeitliche Geschichte und ökologische Bedingungen des Eibenwaldes von Paterzell.- *Diplomarbeit Univ. Hohenheim*: 211 S.; Hohenheim (unveröff.).
- ROTHPLETZ, A. (1917): Die Osterseen und der Isar-Vorlandgletscher.- *Mitt. Geogr. Ges. München*, **12**: 99-314, 31 Abb., 2 Kt.; München.
- SCHAEFER, I. (1940): Die Würmeiszeit im Alpenvorland zwischen Riß und Günz.- *Abh. Naturkde. u. Tiergartenver. Schwaben*, **2**: 148 S., 7 Abb., 2 Beil.; Augsburg.
- (1951): Bemerkungen zum Nomenklatur der Eiszeitforschung.- *Petermanns Geogr. Mitt.*, **95**: 26-31; Gotha.
- SCHMEIDL, H. (1971): Ein Beitrag zur spätglazialen Vegetations- und Waldentwicklung im westlichen Salzachglet-

- schergebiet.- Eiszeitalter u. Gegenwart, **22**: 110-126, 5 Abb.; Öhringen/Württ.
- (1977): Pollenanalytische Untersuchungen im Gebiet des ehemaligen Chiemseegletschers.- In: Erl. Geol. Kt. Bayern 1:25 000, 8140 Prien a. Chiemsee u. 8141 Traunstein: 42-51, 8 Abb., 1 Tab.; München.
- SCHMIDT, R. (1981): Grundzüge der spät- und postglazialen Vegetations- und Klimageschichte des Salzkammergutes (Österreich) aufgrund palynologischer Untersuchungen von See- und Moorprofilen.- Mitt. Komm. Quartärforsch. Österr. Akad. Wiss., **3**: 96 S., 7 Abb., 11 Taf.; Wien.
- TIDELSKI, F. (1960): Pollenanalytische Untersuchungen von voll-, spät- und postglazialen Ablagerungen aus dem Trentmoor und dem Brennacker (Krs. Plön).- Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, **30**: 92-109; Kiel.
- TROLL, K. (1925): Die Rückzugsstadien der Würmeiszeit im nördlichen Vorland der Alpen.- Mitt. Geogr. Ges. München, **18**: 281-292, 2 Abb.; München.
- (1937): Die jungglazialen Ablagerungen des Loisach-Vorlandes in Oberbayern.- Geol. Rdsch., **28**: 599-611, 3 Abb.; Stuttgart.
- USINGER, H. (1978): Pollen- und großrestanalytische Untersuchungen zur Frage des Bölling-Interstadials und der spätglazialen Baumbirken-Einwanderung in Schleswig-Holstein.- Schr. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein, **48**: 41-61, 6 Abb.; Kiel.
- WEGMÜLLER, S. (1966): Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des südlichen Jura.- Beitr. geobot. Landesaufn. Schweiz, **48**: 143 S., 18 Abb., 3 Taf., 14 Beil.; Bern.
- (1977): Pollenanalytische Untersuchungen zur spät- und postglazialen Vegetationsgeschichte der französischen Alpen (Dauphiné).- 173 S., 15 Abb., 7 Tab., 10 Beil.; Bern (Haupt).
- WELTEN, M. (1982): Vegetationsgeschichtliche Untersuchungen in den westlichen Schweizer Alpen: Bern-Wallis.- Denkschr. Schweizer Naturforsch. Ges., **95**: 104 S., 44 Abb., 37 Beil.; Basel, Boston (Birkhäuser).

Manuskript eingegangen am 9. 7. 1993