

Zur postglazialen Sedimentation im Greifensee

Von

HANS W. ZIMMERMANN, Zürich

Vorbemerkung

Die vorliegende Arbeit ist nur dank der Mithilfe vieler zustande gekommen. Die Bohrungen und das Auswaschen und erste Separieren der Mollusken wurden von fünf Maturaklassen ausgeführt. Bei ergänzenden Bohrungen war mir ein ehemaliger Schüler, Herr P. BURKHARDT, behilflich. Die Ausrüstung und das Laboratorium für Pollenanalysen wurden mir in zuvorkommender Weise vom Geographischen Institut der Universität Zürich zur Verfügung gestellt. Wertvolle Auskünfte und Literaturhinweise erhielt ich von den Herren Dr. W. HÖHN und Prof. Dr. E. A. THOMAS. Herr Dr. P. GALLIKER stellte die Schneckenbilder her. Ihnen allen sei hier mein bester Dank ausgesprochen.

1. Einleitung

Mächtige Ablagerungen junger Seesedimente sind von vielen Stellen in der Schweiz bekannt, doch ihr Aussagewert für die jüngste geologische Vergangenheit, das Postglazial, ist bisher nur unvollständig erkannt worden. Ihren höchsten wissenschaftlichen Wert haben bisher nur die Pollenanalytiker voll auszuschöpfen verstanden, während andere Disziplinen noch einiges an Rückstand aufzuholen haben. Hier soll an einem kleinen Beispiel gezeigt werden, dass auch Geomorphologen, Zoologen, Limnologen und Prähistoriker durch intensivierte Untersuchungen noch viele Erkenntnisse von allgemeinem Wert leicht gewinnen könnten.

Auf das Studienobjekt dieser Arbeit hat mich Herr GEORG JUNG (Sargans) aufmerksam gemacht. Es handelt sich um eine kleine Halbinsel am Nordwestende des Greifensees, den sog. Spitz bei Fällanden. Das Gebiet ist erst seit der Seeabsenkung von 1890 richtig begehbar, war aber schon vor 3000—4000 Jahren besiedelt. Wegen des sehr hohen Grundwasserstandes sind aber noch keine systematischen Untersuchungen des Geländes vorgenommen worden.

2. Die Arbeitstechnik

Die meisten Untersuchungen von Sedimenten beschränken sich auf Arbeiten, die mit relativ wenigen Leuten durchgeführt werden können. Da in unserem Falle kein Mangel an Helfern herrschte, konnte etwas anders vorgegangen werden.

Zur Verwendung gelangte ein schwedischer Kammerbohrer, der uns in verdankenswerter Weise vom Geographischen Institut der Universität Zürich zur Verfügung gestellt wurde. Mit diesem entwickelten wir in den Sommern 1961—1963 die Arbeitsmethode und führten 1964/65 die endgültigen Bohrungen aus.

Mit der Kammer des Bohrers wurden Kerne von 50 cm Länge und 2,5 cm Durchmesser gehoben und hierauf alle 20 cm eine Pollenprobe entnommen. Für die Molluskenstatistik bildeten wir aus einer Kammerfüllung 5 Proben zu 37 bis 38 cm³. Zur Vermeidung von Verunreinigungen wurde in zwei bis vier parallelen Löchern gebohrt und der Bohrer vor dem Öffnen und vor dem Wiedereinsenken sorgfältig gereinigt. Der grosse hydrostatische Druck bereitete die meisten Schwierigkeiten, presste er doch pollenhaltiges Grundwasser unbekannter Höhe in die Kammer. Durch die Parallelbohrungen erhöhte sich aber die Wahrscheinlichkeit, im Laboratorium eine brauchbare Probe zu entdecken.

Die Proben für die Untersuchung der gröbern Einschlüsse reinigten wir gleich am Ort im 0,2-mm-Sieb, so dass allfällige Unstimmigkeiten sofort geklärt werden konnten.

3. Das Material aus den Bohrungen

Die Bohrungen für die beiden Profile wurden im Abstand von etwa 70 m niedergebracht. Die westliche liegt in einer vermuteten Mulde, die eine Untiefe vom Ufer trennte; die zweite, kleinere, hat diese ehemalige Untiefe zum Ziel. Daher sind die gehobenen Sedimente nicht identisch.

Die Stelle der ersten Bohrung westlich des Spitz lag vor der Seeabsenkung 1890 noch unter Wasser und gehörte zum Schilfgürtel. Entsprechend findet sich hangend (Profil I) ein wenig mächtiger Torf, der ziemlich viel Kalkschlamm enthält. Liegend wird der Torf immer heller, d. h. es sind nur noch gebleichte, unter Luftabschluss gut konservierte Pflanzenreste erhalten. In ungefähr 1,5 m Tiefe folgt ein Rückfall, die Torffarbe wird dunkelbraun, und die Menge an Pflanzenmaterial nimmt merklich zu. Gleichzeitig setzen hier aber die *Charar*öhrchen ein, Kalkkrustierungen in Armelechthermalgen, die nach deren Absterben den Kalkschlamm sich sandig anfühlen lassen. Jetzt nimmt der nun wieder bleiche Torf in dem Masse ab, als die *Charar*öhrchen zunehmen, und bis in 5,5 m Tiefe bleibt der Charakter der Ablagerungen konstant; alles ist dabei mit zahlreichen Molluskenschalen durchsetzt. Tiefer aber fehlen die *Charar*öhrchen, und in der Übergangszone finden sich eine Unmenge von Schalen und besonders Schalenrümern. Sie liegen über einer zähen tonigen, gut verdichteten Kalkschlamm-Masse fast ohne Fossilien. Darunter folgt wieder Seekreide bis in 8 m Tiefe; ein Zwischenstück konnte allerdings nicht gehoben werden, was bei lehmig-klebrigen Bildungen häufig der Fall ist.

Im Prinzip findet sich also auf der ganzen Länge des Profils Kalkschlamm. Die Gliederung entsteht durch die wechselnden Beimischungen; diese sind in einem relativen Massstab eingezeichnet, dürfen also keinesfalls als Gewichtsprocente oder Ähnliches aufgefasst werden.

Die zweite Bohrung beim Punkt 436 Spitz zeigt hangend einige Unterschiede. Auf 40 cm Aufschüttung folgt ein stark zersetzter Torf ohne Kalkbeimengung. Ein unterster Horizont enthält vereinzelte Schnecken und etwas Holzkohle. Er dürfte im Schilfgürtel, das heisst unter Wasser, entstanden sein. Der tiefer folgende Abschnitt gleicht jenem im ersten Profil mit dem Unterschied, dass der Molluskentrümmerhorizont ausserordentlich mächtig, aber nicht so stark ausgeprägt ist. Im untern Teil fühlt sich die Seekreide stellenweise klebrig an, d. h. es sind Tonbeimengungen enthalten. Ein sauber abgegrenzter Horizont wurde aber nicht beobachtet. Nun blieb die Bohrung in klebrigem Kalkschlamm eine Strecke weit erfolglos, worauf nochmals eine Kammer leicht klebriger Seekreide gehoben werden konnte.

Aus all diesen Proben wurden nun soweit möglich Pollen und Mollusken bearbeitet.

4. Die Pollenanalysen

a) Allgemeines

Seekreide ist ausserordentlich einfach zu untersuchen. Die Proben werden von Karbonaten gereinigt, gewaschen und zentrifugiert. Sind sie wieder neutral, so werden sie durch ein feines Sieb gespült, das gröbere organische Reste zurückbehält. Der Zentrifugierückstand des Filtrates ist bereits bearbeitbar. Dennoch wurde eine Behandlung mit Kalilauge vorgenommen und ein Glycerinpräparat hergestellt.

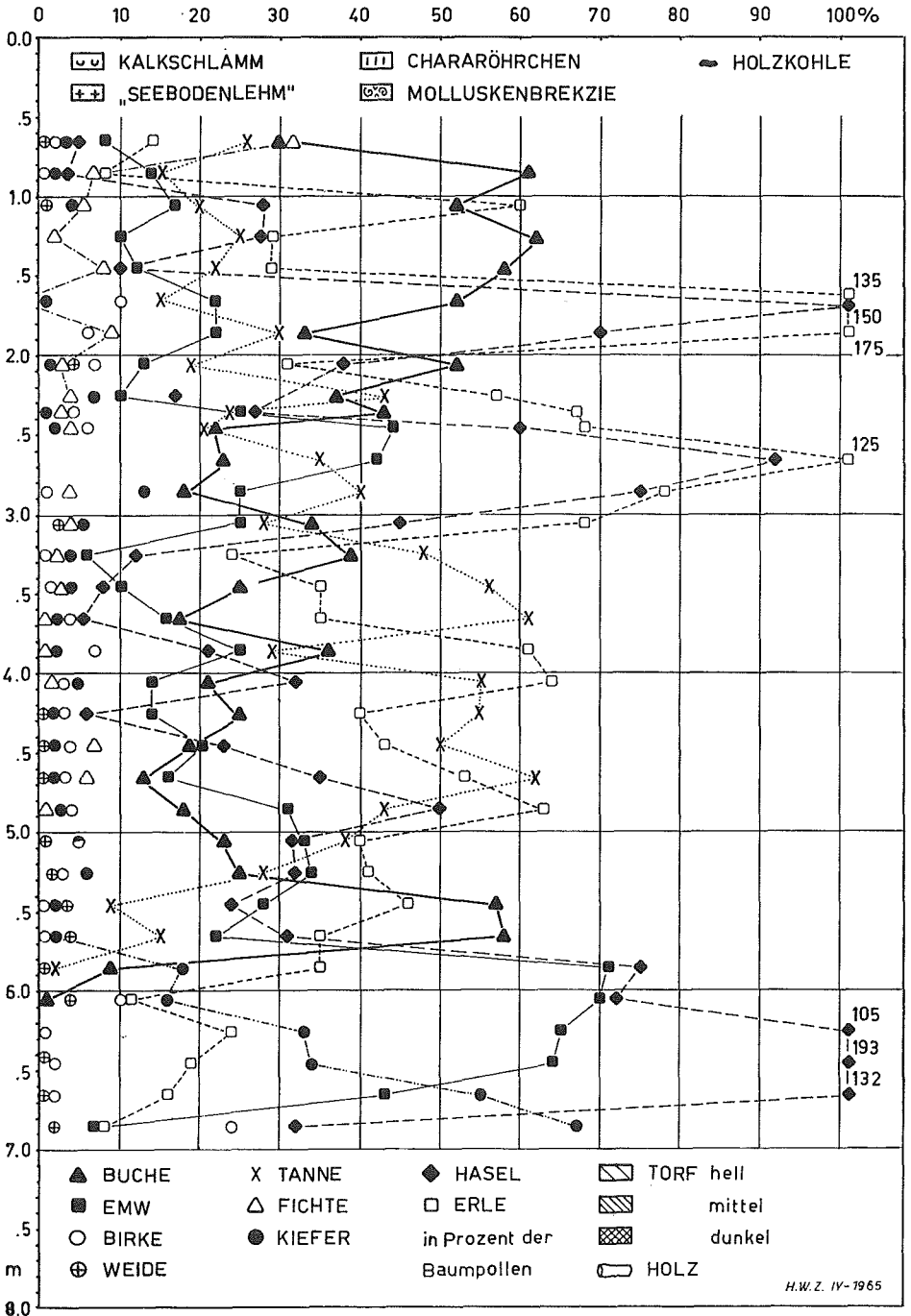
Die vorgelegten Profile sollen keine Standardprofile sein; deren Aufstellung ist Sache der Botaniker. Zur Datierung unserer Ablagerungen lehnen wir uns vielmehr durch Bearbeitung der wichtigeren Baum- und Strauchpollen an bereits geleistete Vorarbeiten dieser Art an.

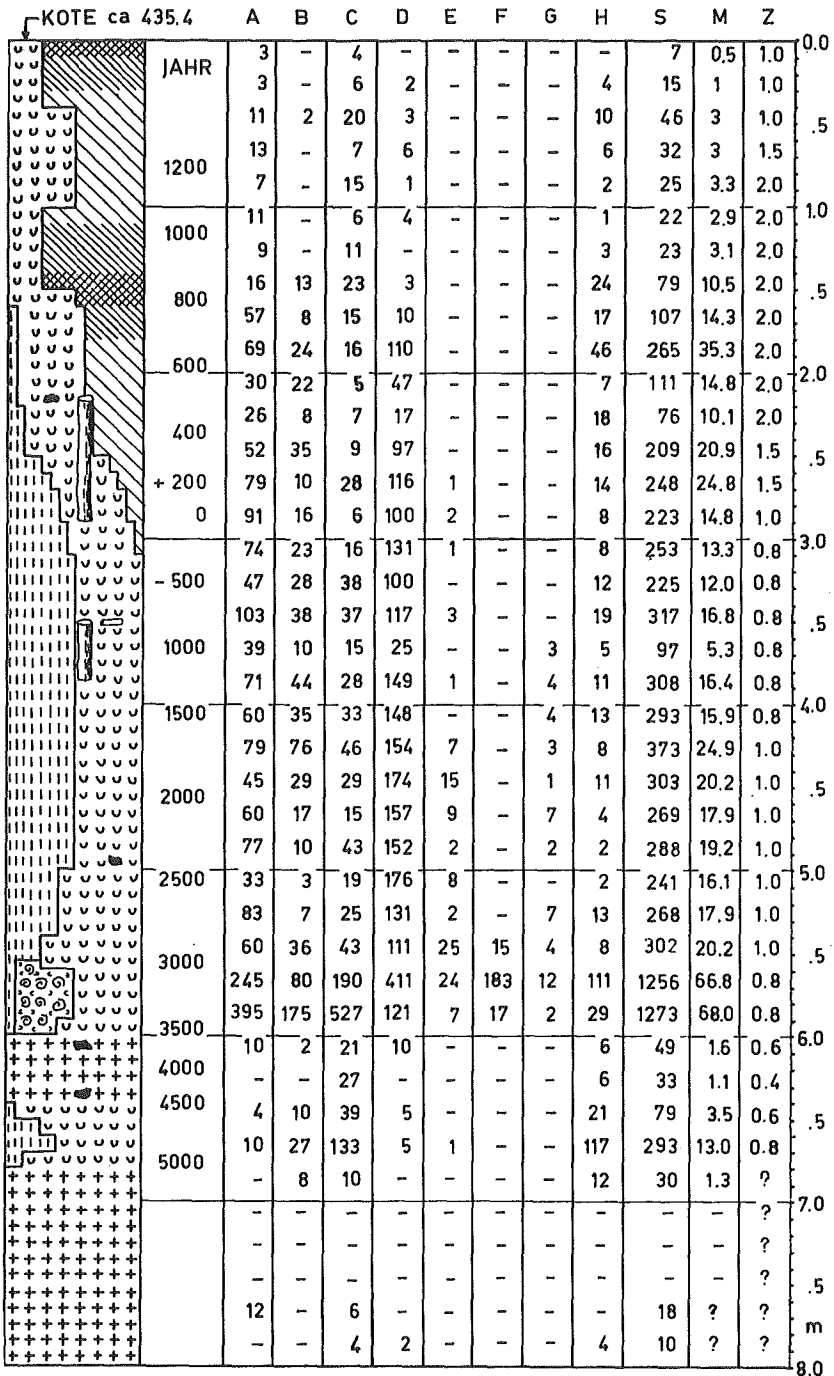
Die Darstellung erfolgt in Anlehnung an die Arbeit von WELTEN (1947) über den Burgäschisee. Daher werden die Erlenpollen gleich wie die Haselpollen separat in Prozenten der Baumpollensumme angegeben, ein Verfahren, das sich hier ebenso bewähren sollte.

Das erste Profil liegt auf den Koordinaten 691.715/247.110 im innern Winkel der kleinen Seebucht südwestlich des Spitz; das zweite wurde mitten auf der Halbinsel beim Punkt 736, Koordinaten 691.780/247.110 gewonnen.

Eine oberste Zone in den Profilen musste weggelassen werden, da sie z. T. schon stark zersetzt war, an andern Stellen durch das Befahren mit schweren landwirtschaftlichen Maschinen richtig geknetet worden war. Die Untergrenze entstand durch die Unmöglichkeit, saubere Bohrkerne zu erhalten, ein Umstand, der auch die Arbeiten von JUNG (1961) stark behinderte.

BOHRUNG GREIFENSEE 691715/247110 beim SPITZ





Profil I. Senke zwischen Untiefe und altem Ufer.

b) Das Profil I

Es beginnt in der Tiefe mit einem Föhren-Birken-Wald mit merklicher Haselbeimischung. Die ersten Vertreter des Eichenmischwaldes, Ulme und Linde — bezeichnenderweise Bäume mit Flugsamen —, bilden erst einen geringen Anteil.

In 6,7—5,8 m Tiefe liegt das Boreal, schön zweigeteilt, unten Hasel-EMW mit relativ viel Föhren, oben EMW-Hasel mit den bescheidenen Anfängen der Buche.

Das ältere Atlantikum von 5,7—5,4 m bringt eine ausgesprochene Buchezeit, wie sie von E. FURRER (1927) am Katzensee bereits festgestellt worden ist.

Das jüngere Atlantikum und Subboreal in 5,3—3,1 m Tiefe weist einen Tannen-Buchen-Wald auf, in dem Hasel-Erlen-Spitzen um 2400 und 1500 v. Chr. auffallen; auf sie wird noch zurückzukommen sein.

Die nun folgenden Veränderungen im Subatlantikum lassen sich wohl nicht mehr allein durch klimatisch bedingte Bestandesänderungen erklären. In der Zeit der römisch-keltischen Kulturblüte nimmt der Eichenmischwald die dominierende Stellung ein; auch der Haselstrauch breitet sich merklich aus. Am erstaunlichsten aber ist die Vermehrung der Erle. Gleichzeitig treten übrigens grosse Mengen an Schilf- oder andern Gramineenpollen auf.

Der oberste Abschnitt von 2,4—0,6 m zeigt Buchen-Tannen-Wald mit merklichem EMW-Anteil. Hier liegt die grösste, breiteste Hasel-Erlen-Spitze an der Wende Völkerwanderung-Frühmittelalter. Der Abschluss dieses Profils wird durch einen steilen Buchenabfall bis zur Überschneidung mit der Fichtenkurve gekennzeichnet, womit gerade die Herausbildung der heutigen Waldgesellschaften angedeutet wird.

Das erhaltene Pollendiagramm lässt sich zwanglos mit solchen anderer Autoren vergleichen. Natürlich müssen gewisse Verzerrungen berücksichtigt werden, die etwa auf die regelmässig abnehmende Entfernung der Ufer durch Verlandungsprozesse zurückzuführen sind, dann allgemein auf die unterschiedliche Flug- und Schwimmfähigkeit der Pollen, auf die LÜDI (1947) speziell aufmerksam gemacht hat. Auch die Methoden zur Probenahme und zur Vorbereitung der Analysen haben nach FURRER (1927) grossen Einfluss. Um so erstaunlicher ist es eigentlich, dass die Abweichungen kein grösseres Ausmass annehmen.

Eine Typisierung der Pollenprofile auf der Alpennordseite hat zuerst RYTZ (1930) vorgenommen. Sie wurde von LÜDI (1935) verfeinert. Danach zeigt ein typisches Mittellandprofil die Abfolge EMW-Buche-Tanne-Buche-Tanne-Fichte. Das besprochene Profil gleicht in den ersten vier Abschnitten diesem Typus, geht danach aber direkt in den Fichtenabschnitt über.

Das Profil von FURRER (1927) aus dem Katzensee zeigt die gleichen Merkmale wie das vorgelegte. Offenbar machen sich im Glattal einige Lokaleinflüsse geltend. Andererseits ist diese Ähnlichkeit um so mehr bemerkenswert, weil gleich jenseits der Wasserscheide des Pfannenstiels LÜDI (1957) im Untergrund des Zürichsees bereits ein Profil des Alpenvorlandtyps feststellte, der auf den EMW direkt einen Tannen-Buchen-Wald folgen lässt. Also befinden wir uns schon ziemlich am Südrand des Gebiets mit der Mittelland-Waldfolge. Eine Begrenzung nach Norden ist noch nicht bekannt; nur von Thayngen (Schaffhausen) berichtet LÜDI (1951), dass dort wieder ein anderer Waldfolgetyp festgestellt werden kann.

JUNG (1961) erhält in seinem Profil einige leichte Verschiebungen, welche mit der Exposition seines Profilotes am Nordostufer des Greifensees erklärt werden können: Buche und Tanne erreichen etwas geringere Werte, EMW dagegen leicht erhöhte.

Das ausführlichste Profil aus dem Mittelland stammt von WELTEN (1947) aus dem Burgäschisee. Es lässt sich bis auf Einzelheiten mit dem gewonnenen Bild vom Greifensee vergleichen, und seine Datierungen lassen sich daher direkt übertragen. Die unterste der vier Erlen spitzen wurde von WELTEN auf 2400 v. Chr. angesetzt; ihr Radiokarbonalter (in einem spätern Abschnitt noch besprochen) ergibt am Greifensee 2320 ± 150 v. Chr. Mit Hilfe der pollenanalytisch festgelegten Zeitskala nach WELTEN lässt sich nun auch die Sedimentationsgeschwindigkeit bestimmen, was später versucht werden soll.

c) Die Maxima in der Erlenkurve

Eine Eigenartigkeit des Profils verdient noch gesonderte Betrachtung: Sobald man mit der Methode von WELTEN (1947) die Erlenpollen separat in Prozent der Baumpollen darstellt, so entstehen in der Erlenkurve extreme Spitzen. Diese fallen immer mit Epochen starker Rodungstätigkeit zusammen. Es sind hier deren vier: Neolithikum um 2400 v. Chr., Bronzezeit um 1500 v. Chr., keltisch-römische Blütezeit mit einem Höhepunkt um 200 n. Chr. und die alemannische Einwanderung mit einem Höhepunkt um 650 n. Chr.

Vorerst ist man versucht, in der Ausbreitung der Erle einen feuchtern Zeitabschnitt zu sehen. Dem widerspricht aber die gleichzeitige Ausdehnung des Haselstrauches, was sich gut mit einer Vermehrung der Waldränder und Feldgehölze vertragen würde.

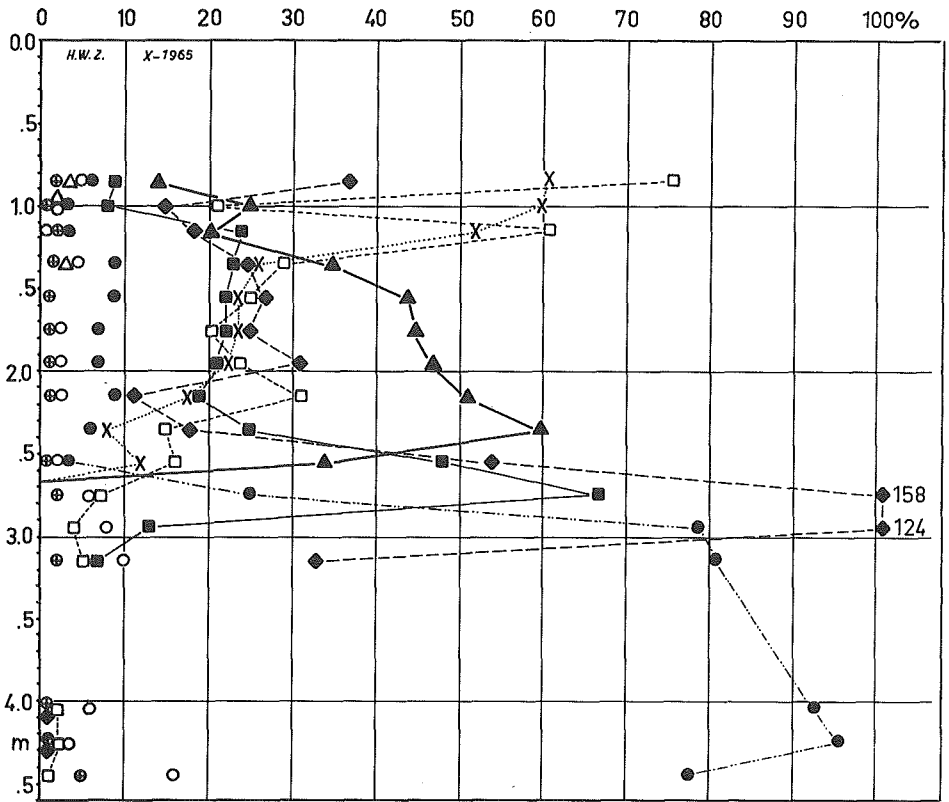
Die Erklärung der Zusammenhänge ist eigentlich relativ einfach, wenn auch noch nicht richtig bewiesen. Nach RAABE (1955) und LÜDI (1956) steigt der Grundwasserspiegel in Ebenen wegen der abgeschwächten Regenretension in den Rodungsgebieten. Dadurch muss es in den Talsohlen zu einer Ausbreitung der Erle kommen. Es scheint, dass diese sich später durch Bodenerhöhung, vor allem wohl durch Auelehmbildung, zurückbildet. Wanderbauern mit Brandrodungskultur, wie sie in vorgeschichtlicher Zeit bei uns herumzogen, führten natürlich noch weniger schwere Eingriffe in die natürliche Vegetation durch als spätere Bewohner. Entsprechend sind die frühern Erlen spitzen beträchtlich bescheidener, lassen aber dennoch Landnahmephasen, d. h. Kulturlandausdehnungen, deutlich erkennen.

Es lohnt sich, bei den Profilen anderer Autoren nach vergleichbaren Erscheinungen in der Erlenkurve Umschau zu halten. Alle vier Spitzen finden sich nach WELTEN (1947) am Burgäschisee; eine Abweichung zeigt das Frühmittelalter mit zwei Spitzen, die auf eine Besiedlung in zwei Wellen (um 750 und 1000) schliessen lassen.

In abgeschwächter Form kommen solche Spitzen nach LÜDI im Weiher bei Thayngen (1951) und im Untergrund des Zürichsees (1957) vor; im zweiten Fall sind zwar genauere Datierungsmöglichkeiten nicht vorhanden, aber eine Einpassung der drei Spitzen in die drei jüngeren Landnahmephasen ist möglich.

Auch ein Diagramm von LÜDI und STUDER (1959) aus dem Sumpf am Zugersee

BOHRUNG GREIFENSEE 691780/247 110 P.436 SPITZ



zeigt in höheren Abschnitten einen Erlenpollenreichtum, der auf diese Möglichkeit zu prüfen wäre.

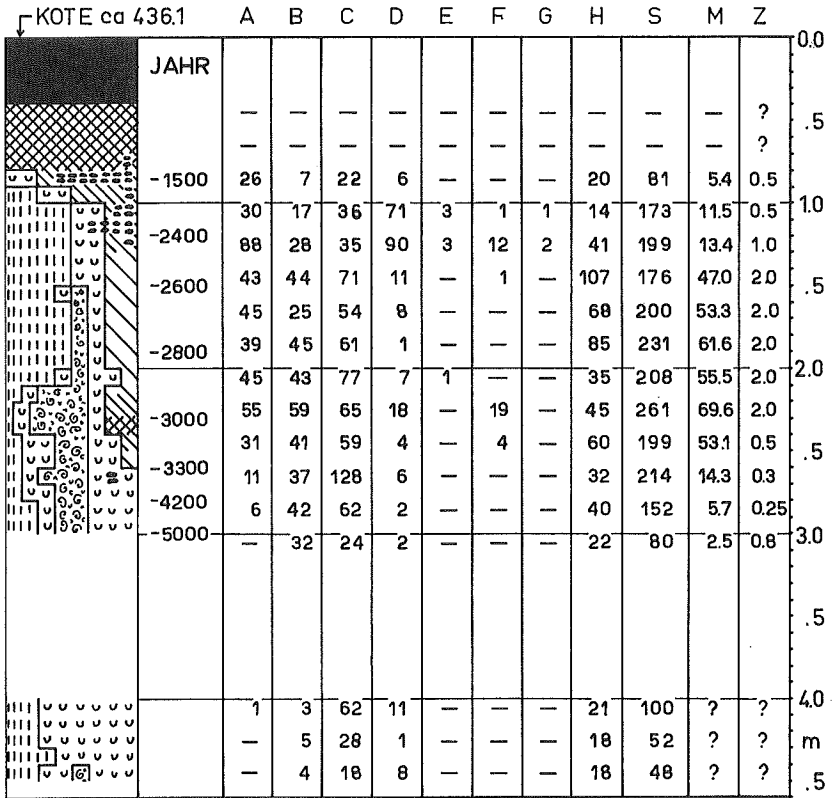
JUNG (1961) stellt etwas weniger ausgeprägte Erlenispitzen am Nordostufer des Greifensees im Weidenriet fest. Eine Korrelation mit unsern Erlenispitzen ist in drei von vier Fällen möglich.

Sollten weitere Untersuchungen die hier geäußerte Vermutung bestätigen, so wäre mit der Erlenkurve in unseren hügeligen Regionen ein praktisches Hilfsmittel für die Verfolgung prähistorischer Kulturlandschaftsveränderungen grösseren Ausmasses gefunden.

d) Das Profil II

Wegen Bohrschwierigkeiten ist es relativ klein und unvollständig ausgefallen; dennoch zeigt es einige wichtige Einzelheiten.

Die untersten drei Proben liegen in der Föhrenzeit in 4,5—4,0 m Tiefe, wobei mit Regelmässigkeit auch etwas *Corylus*pollen gefunden wurden; ob sie aus Fernflug



Profil II. Untiefe des spätern «Spitz».

oder aus Verunreinigungen stammen, ist ungewiss. Die nächsthöheren Proben lassen gerade die Ablösung der Föhren-Hasel-Zeit durch den EMW erkennen. Das Boreal ist hier noch mehr zusammengedrängt als im ersten Profil, so dass eine weitere Gliederung nicht mehr möglich ist.

Das ältere Atlantikum bringt einen ebenso rapiden Anstieg zu einer Buchenspitze wie das vorige Profil. Im Vergleich zur EMW hält sich diese ältere Buchenzeit scheinbar besonders lang, doch hat sich nur die Sedimentationsgeschwindigkeit vervielfacht.

In 1,3 m Tiefe erfolgt der Übergang zum jüngeren Atlantikum mit dem Tannen-Buchenwald. Hier treten wiederum zwei Erlenstippen auf, fast stärker noch als im ersten Profil. Während aber dort die untere Spitze nur mit wenig Holzkohle, die obere mit gar keiner vergesellschaftet war, fallen hier die höchsten Erlenpollenzahlen mit den Kulturschichten zusammen, die zu einem guten Teil aus Kohle bestehen.

Die beiden Profile stimmen, was in Anbetracht ihrer geringen Entfernung auch zu erwarten ist, gut überein; nur schliesst das zweite bereits in der Bronzezeit ab, während das erste bis ins Mittelalter weiterführt. Dies wird noch von Bedeutung sein.

5. Die Sedimentationsgeschwindigkeit

Im vorangehenden Abschnitt wurde gezeigt, dass das grössere Profil pollenanalytisch eine gute Datierung aller Abschnitte zulässt. Mit Hilfe der Sedimentdicke lässt sich also leicht der jährliche Zuwachs bestimmen, der in den Profilen in der Kolonne Z angegeben ist. Es ergeben sich erwartete und unerwartete Resultate:

1. Die oberste heute trockengelegte Zone des ehemaligen Schilfgürtels hat sich stark verdichtet, was schon beim Bohren kräftig spürbar ist. Da sich der Torf zersetzt, ist eine Angabe der Zuwachsrate problematisch.

2. Die nächsttiefere Zone mit 2 mm Zuwachs im Jahr ist fast 1,5 m dick und enthält allochthonen zersetzten und autochthonen unzersetzten Torf. Sie entspricht offenbar dem Schilf- und Seerosengürtel. Da diese Pflanzen oft dicht von epiphytisch lebenden Algen besetzt sind, die Kalk abscheiden, verwundert das rasche Wachstum nicht.

Eine entsprechende Zunahme auch ohne Schilfwald ist im Gebiet der Untiefe des Spitz festzustellen.

3. Die eigentliche Seekreidezone mit *Chara*-röhren weist einige Schwankungen auf. Ob diese auf ungenaue Zeitbestimmung, ungleiche Sedimentsetzung oder auf Änderungen im limnologischen Charakter des Sees zurückzuführen sind, lässt sich nicht feststellen. Immerhin deuten die geringfügigen Abweichungen vom Wert 1 mm pro Jahr auf eine relative Konstanz der Bedingungen. Diese dritte Zone fehlt im zweiten Profil, da der Bewuchs mit höheren Pflanzen gleich am Ende der EMW-Zeit einsetzte.

4. In der EMW-Zeit ändert der Sedimentcharakter; die Seekreide wird durch eine Art Seebodenlehm, tonigen weissen Kalkschlamm, ersetzt. Die Sedimentationsgeschwindigkeit sinkt auf 0,4 mm in der Senke und 0,25 mm auf dem Unterwasserhügel des Spitz. Die biogenen Komponenten scheinen in der Tiefe praktisch ausgefallen zu sein, während auf dem Spitz doch noch etwas an Pflanzen und Tieren, aber merklich reduziert, übrigbleibt.

5. Am Ende der Föhrenzeit deuten sich wieder normalisierte Verhältnisse an, auch wenn hier nicht mehr mit der gleichen Genauigkeit wie oben Bestimmungen ausgeführt werden können.

Hieraus ergibt sich, dass bei der Angabe von Sedimentationsgeschwindigkeiten nicht allzu summarisch verfahren werden darf; dies um so weniger, als von den starken Setzungen noch nicht die Rede war.

6. Die Mollusken

a) Vorkommende Arten (zur Abbildung 1)

Die Schneckenfauna unserer Seen ist recht gut bekannt, was die Systematik angeht, etwas weniger dagegen in bezug auf die Ökologie. Man findet eine grosse Zahl von Arten, die sich je nach Biotop in ganz verschiedener Weise entwickeln, so dass die Trennung von Arten, Rassen und ökologisch bedingten Lokalformen praktisch

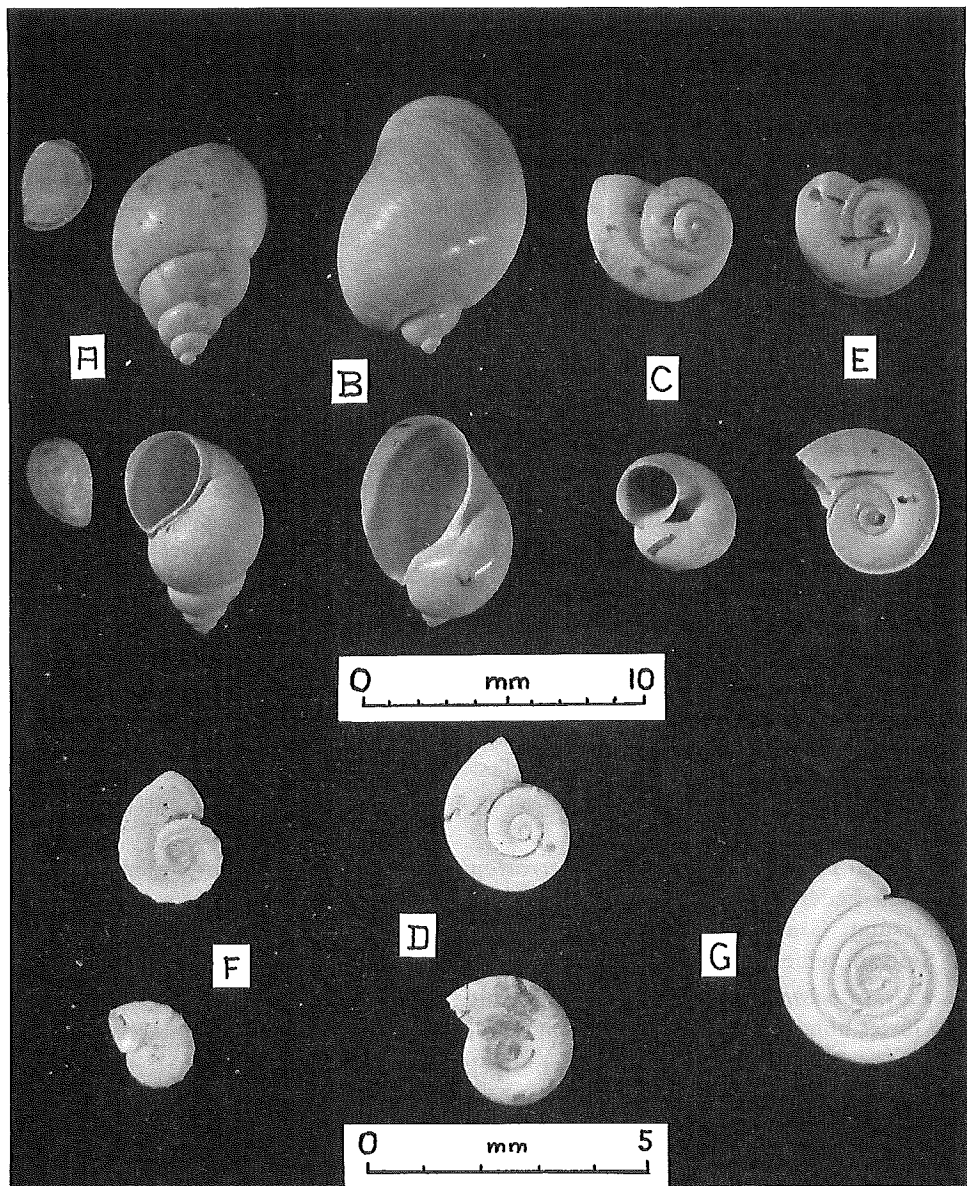


Abb. 1. Die bearbeiteten fossilen Schnecken. Erklärung der Buchstaben im Text.

unmöglich wird. Die Komplikationen bei der Bestimmung werden noch dadurch vergrößert, dass Fossilien oft nicht mehr völlig intakt sind. Zudem müssen für eine statistische Betrachtung auch die Jungtiere mit einbezogen werden, denn ihre Zahl ist beträchtlich grösser als die der Adulttiere; dabei sind die Bestimmungsmerkmale

hier noch gar nicht brauchbar entwickelt. Zuletzt ist noch darauf hinzuweisen, dass sich ein guter Teil der Fossilien in einer Art Thanatozönose finden: Im Winter ziehen sich die Schnecken nach der Tiefe zurück, so dass Formen aus verschiedenen Biotopen zusammengeraten; die hohe Wintersterblichkeit lässt sie nun gemeinsam in die wachsenden Sedimente eingebettet werden.

Diese Hinweise sind nötig, um zu verstehen, weshalb die Molluskenarten zum Teil etwas willkürlich zusammengezogen worden sind. Zur Bestimmung dienten BROMER (1925), FORCART (1947) und WESENBERG-LUND (1939). Folgende Arten und Artgruppen wurden ausgezählt (Angaben über die Lebensweise nach WESENBERG-LUND 1939):

- A *Bulimus (Bithynia) tentaculatus* (L.), langfühlerige Schnauzenschnecke. Kiemenschnecke, im Winter keine besondere Ruheperiode, aber dennoch sich in grössere Tiefen zurückziehend. Auch im Schilfgürtel zu finden, aber häufiger unterhalb. Auch Jungtiere leicht bestimmbar.
- B *Lymnaea peregra* (MÜLL.), wandernde Schlammschnecke. Andere Lymnaeen quantitativ völlig bedeutungslos, mitgezählt, wenn zu jung für eine sichere Bestimmung. Lungenschnecke. Lebt in tieferem Wasser, Tiere im Schilfgürtel sind verirrt; WESENBERG-LUND (1939: 682) nimmt an, dass nur Unglücksfälle sie nach oben bringen. Überwintern wie die andern Pulmonaten hautatmend auf dem Schlamm ausgestreckt. Da absterbende *Chararasen* aber den Sauerstoff aufzehren, versuchen sie, nach der Tiefe bis an den untern Rand des Pflanzenwuchses abzuwandern. Diese bevorzugten Winterquartiere dürften im ersten Profil in Form der Molluskenbrekzie wiedergefunden worden sein. Die im übrigen noch wenig erforschte Wanderbewegung erfasst fast alle Arten und ist zuletzt von IMHOLZ (1964) aus dem Zürichsee beschrieben worden. Quantitative Untersuchungen stehen aber noch aus.
- C *Valvata piscinalis* (MÜLL.), *V. macrostoma*, *V. alpina*, evtl. noch andere Formen, Teich-Federkiemenschnecke. Grosse Variabilität nötigt zu einer Zusammenfassung. Graben sich in ihren Winterquartieren 3—5 cm in den Schlamm ein. Sind im reinen *Charagürtel* häufiger als in ufernähern Pflanzengürteln.
- D *Valvata cristata* (MÜLL.), scheibenförmige Federkiemenschnecke. Ausserhalb der Gürtel höherer Pflanzen häufig, im Schilf eher verschlagene Exemplare.
- E *Tropidiscus carinatus* (MÜLL.), scharfgekielte Tellerschnecke. Wasserlunge. Nur im *Charagürtel* in 2—5 m Tiefe. Macht sich eventuell an Abfälle (in tiefgelegener Kulturschicht).
- F *Armiger crista* (L.), scharfrandige Tellerschnecke. Die Lebensbedingungen waren offenbar nur in der ersten Buchezeit günstig, später noch einmal annehmbar, sonst fehlt das Tier in statistisch erfassbarer Menge.
- G *Bathyomphalus contortus* (L.), enggewundene Tellerschnecke. Im *Charagürtel*. Eher selten.
- H *Pisidium sp.*, *Sphaerium sp.*, Erbsen- und Kugelmuscheln. Drei Arten scheinen vorhanden zu sein, sind aber kaum trennbar. Besonders viele Jungtiere, daher Verzicht auf Ausscheidung. Über alle Pflanzengürtel verteilt.

Neben den genannten Arten wurde noch *Gyraulus albus*, *Ancylus lacustris* und *Segmentina nitida* gefunden. Betont werden muss noch, dass in den vielen Bohrungen unter den gut 20000 gehobenen Schnecken auch nicht eine Landschnecke gefunden worden ist, obwohl speziell auch auf kleine Tiere wie den Uferanzeiger *Carychium minimum* (Zwerghornschnecke) geachtet wurde. Die Proben stammen also alle eindeutig aus limnischen Biotopen.

b) Die Häufigkeit

Betrachtet man die Zahlenzusammenstellungen in den Profilen I und II, so werden die Vorstellungen über die Häufigkeit bestimmter Molluskenarten etwas modifiziert. Von den verschiedenen Arten wurden in den beiden Profilen folgende Mengen ausgezählt:

A. <i>Bulimus (Bithynia) tentaculatus</i>	2399	22,5 %
B. <i>Lymnaea peregra</i>	1183	11,2 %
C. <i>Valvata piscinalis</i> , <i>V. macrostoma</i> , <i>V. alpina</i>	2284	22,0 %
D. <i>Valvata cristata</i>	3035	29,1 %
E. <i>Tropidiscus carinatus</i>	114	1,1 %
F. <i>Armiger crista</i>	252	2,4 %
G. <i>Bathyomphalus contortus</i>	52	0,5 %
H. <i>Pisidium</i> und <i>Sphaerium</i>	1184	11,2 %
Andere	7	0,1 %
Total Mollusken	10510	100 %

Im Vergleich zu den andern müssen die Tellerschnecken hier schon fast als selten bezeichnet werden. Nun sind diese Verhältniszahlen aber nicht konstant: *Armiger crista* (F) erreicht in einer Probe aus 5,7 m Tiefe im Profil I plötzlich über 20% (107 von 495 Tieren), *Bathyomphalus contortus* (G) in der gleichen Bohrung auf 5,3 m 10%. Da fragt man sich, ob es nicht später möglich sein sollte, auf diese Weise Leithorizonte herauszuarbeiten. Umgekehrt können individuenreiche Arten plötzlich auffallende Lücken aufweisen wie etwa *Valvata cristata* in 3,5 m Tiefe. Die Erklärung dafür dürfte schwerfallen. Einige Schnecken meiden bestimmte Wassertiefen zu bestimmten Jahreszeiten; doch dies reicht hier wohl nicht zu einer Erklärung. Eher muss man an epidemisches Absterben, z. B. durch Parasitenbefall, besonders der Leber, denken. Anschliessend füllen dem gleichen Schicksal durch Zufall entgangene oder etwas resistentere Mutanten die Populationslücke wieder auf. Frühes Fehlen einer Art geht wohl auf verspätete Einwanderung zurück (Artenarmut in der Seekreide der Föhrenzeit), spätere grosse Lücken können mit Veränderungen in der Futterbasis erklärt werden; diese wiederum ist von verschiedenen limnologischen Faktoren abhängig, so dass Erklärungsversuche heute oft noch etwas Spekulatives an sich haben. Trotz all dieser Hindernisse lassen sich aber dennoch einige für die weitem Überlegungen bedeutsame Schlüsse aus den Tabellen entnehmen.

c) Ergebnisse der Molluskenanalyse

In der Kolonne S ist die Gesamtzahl der Mollusken pro Bohrprobe angegeben. Dabei beträgt das Volumen im Profil I 150 cm³, im Profil II nur 75 cm³.

Deutlich tritt im Profil I eine Zone der Ufernähe hervor, die bis gut 2 m unter den ehemaligen Seespiegel reicht. Sie war und ist mit höhern Pflanzen — Schilf, Seerosen, Laichkräutern — bestanden, die zum Teil einen durch Algen produzierten Kalküberzug aufweisen. Dies ist wohl mit ein Grund, dass Schnecken hier relativ selten sind. Die reduzierte Individuenzahl geht parallel mit einer verminderten Artenzahl. Der nach Einzelbeobachtungen ungünstige Biotop drückt sich in den Zahlen sichtbar aus. Eine Übergangszone zum nächsten Gürtel fällt durch seine starke Torfbildung auf; dennoch nimmt die Zahl der Schnecken kräftig zu: Dieser Torf kann also nicht gleicher Entstehung sein wie der molluskenarme hangende. Dies wird noch von Bedeutung sein.

Bis in 5,5 m Tiefe oder 6,2 m unter dem ehemaligen Seespiegel folgt der Gürtel der *Charawiesen*, offenbar das bevorzugte Gebiet der meisten Mollusken. Hier sind deutliche Schwankungen festzustellen, von denen schon die Rede war; aber sie stören das Gesamtbild nicht wesentlich.

Eine vierte Zone kann schon fast als Molluskenbrekzie bezeichnet werden; die Zahl der Individuen steigt sprunghaft, noch mehr aber die Menge der unbestimmbaren Trümmer. Gleichzeitig verschwinden die *Chararöhrchen*, d. h. hier handelt es sich um die Winter-Rückzugszone in einem Gürtel verminderter Sauerstoffzehrung. Untersucht man Bohrproben kleineren Abstandes, so findet man, dass *Valvata piscinalis* (C) ihr Individuenmaximum mehrere Zentimeter tiefer erreicht als die übrigen Arten, eine Folge des Eingrabens in den Schlamm:

Tiefe	A	B	C	D	E	F	G	H
5,8—5,9	334	168	189	102	5	15	1	25
5,9—6,0	61	7	338	19	2	2	1	4

Dieses Beispiel zeigt eindeutig die Wichtigkeit der Kenntnis der Lebensgewohnheiten von Tieren, die als Fossilien ausgewertet werden sollen. — Woher die starke Zerstörung der Schalen stammt, ist unklar. Vielleicht geht sie auf Grundfische zurück.

Liegend folgt eine Zone auffallender Molluskenarmut; da die Futterbasis für eine grosse Schneckenpopulation, nämlich die *Chara*-Algen, fehlt, ist dies auch verständlich. Unverständlich ist dagegen das Fehlen der Characeen selber, denn an der Wassertiefe an sich kann es nicht liegen, da tiefer wieder Röhrchen auftauchen. Es gibt nun zwei Erklärungen: Entweder fehlte es an bestimmten Pflanzennährstoffen, oder es herrschte Lichtmangel; in diesem Falle war entweder der Seespiegel beträchtlich höher, wozu aber Anhaltspunkte fehlen (JUNG 1961), oder die Reinheit des Wassers war stark reduziert. Da sich dieser Zustand über die ganze Eichenmischwaldzeit erstreckt, kommt vor allem das letzte in Frage. In dieser Richtung deutet auch die Tatsache, dass im topographisch höher gelegenen Profil II auf dem Spitz der Rückgang nicht ganz das gleiche Ausmass erreicht. Ob es sich nun um organische oder um anorganische Trübung handelte, ist schwer zu bestimmen. Im damals abgelagerten klebrigen Kalkschlamm fehlen auch die Schalen einzelliger Tiere. So kann hier vorerst nur festgehalten werden, dass der limnologische Charakter des Greifensees während der EMW-Zeit völlig anders war als seither und auch vorher.

In der sechsten Zone wird das Material spärlicher, da viele Bohrungen im EMW-Sediment stecken blieben. Dennoch zeichnet sich eine starke Zunahme der Mollus-

ken ab, die mit den Überresten der Armleuchteralgen wieder ein dem oben besprochenen *Chara*-abschnitt gleichendes Sediment ergeben. In dieser Föhren-EMW-Zeit ist aber die Zahl der Arten reduziert.

Nun folgt wieder ein molluskenfreier Abschnitt mit Seebodenlehm. Es muss sich um die Föhrenzeit handeln, doch konnte der pollenanalytische Beweis nicht erbracht werden.

Die achte und tiefste Zone bringt wieder etwas an Schneckenschalen hervor, jedoch sehr wenig. Worum es sich zeitlich handelt, konnte nicht abgeklärt werden; grössenordnungsmässig käme das Alleröd in Frage.

Aus dieser Zusammenstellung geht aber hervor, dass fazielle Verschiedenheiten aus zwei Gründen auftreten, einmal wegen Klimaschwankungen (EMW), zum zweiten durch den Verlandungsprozess selbst (Untergrenze der ufernahen Zone). Die Analyse der Verbandsverhältnisse gibt uns hier eindeutig Auskunft über die Ablagerungsbedingungen, insbesondere über die Wassertiefe.

Im Profil II liegen die Dinge etwas anders, denn der Verlandungsprozess auf einer Untiefe im freien Wasser verläuft nicht ganz gleich wie am Ufer. Zuerst setzen sich die Characeen fest und heben den Grund bis zu einer Höhe, auf der sich der Wellenschlag auswirken kann. Sedimentneubildung ist jetzt nur noch in dem Masse möglich, als Setzungsvorgänge den Untergrund absinken lassen. Überschüssiges Material wird aufgewirbelt und verfrachtet. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. THOMAS (Zürich) ist dies auch im untern Zürichseebecken über dem grossen Hafner bei Sturm zu beobachten. Eine ähnliche Stelle kenne ich aus dem Bielersee bei Möriegen. Dadurch setzen sich Pflanzen wie Schilf und Binsen, die sich durch Rhizome verbreiten, erst mit beträchtlicher Verspätung fest, wohl nur, wenn sie vom Ufer vorrückend die Untiefe erreichen. Folglich ist der Schilfgürtelbiotop im Profil so schlecht ausgebildet, dass er nur bei einer stärker detaillierten Aufnahme herauskommt; seine Reduktion auf 10 cm Mächtigkeit dürfte allerdings auch durch die starke Zersetzung des seit 75 Jahren fast trocken liegenden Torfes mitbedingt sein. So findet sich leicht eine Erklärung dafür, dass bis in auffallende Höhe alle Schneckenarten von Bedeutung in beträchtlicher Individuenzahl vorhanden sind.

Der Hauptteil der Bohrung, gut 2 m, liegt in der *Charazone*. Die Proben sind entsprechend fossilreich wie im Buchenmischwaldabschnitt des Profils I. Auffällig ist dagegen der Erhaltungszustand der Schalen; sie sind viel häufiger zerbrochen als in der ersten Bohrung. Dies mag zum Teil mit der Wellenwirkung zusammenhängen; dazu findet man aber recht häufig kleine Steinchen mit gerundeten Kanten, die stark angeätzt sind; sie können an dieser Stelle nicht gut eingeschwemmt sein, stammen daher wohl aus dem Magen von Wasservögeln, die hier gründelnd ihre Nahrung suchten und dabei die Schalen zerstörten. Gegen unten ist ein gewisser Rückgang der Fossilzahl festzustellen, der in die Eichenmischwaldzeit fällt; er wurde im vorhergehenden Abschnitt schon erwähnt.

Der untere Abschnitt der Bohrung II gleicht trotz der geringen Tiefe seinem Gegenstück auffällig; die lokale Differenzierung hatte also in der Föhrenzeit noch nicht eingesetzt.

Die Abweichungen in den Ergebnissen der beiden Bohrungen scheinen also soweit erklärbar zu sein.

d) Die jährliche Molluskensedimentation

Die Angabe der Molluskenzahl in einer bestimmten Probemenge ist etwas anfechtbar, da ja das Zeitintervall zu deren Bildung mit der Sedimentationsgeschwindigkeit schwankt: Bei langsamer Sedimentation sollte eigentlich die Zahl der Fossilien steigen, bei rascher hingegen sinken. Daher wurde in der Kolonne M eine mittlere Fossilbildungsrate bestimmt; sie gibt an, wie viele Tiere im Verlauf eines Jahres auf einem Quadratdezimeter Seeboden liegengeblieben sind. Mit dieser Zahl werden die Unterschiede zwischen den einzelnen Vegetationszonen noch etwas deutlicher. Im Profil I sind folgende Gürtel unterscheidbar:

Schilfgürtel	M = 0,5— 1
Laichkrautgürtel	3
Charagürtel	10 —35
Überwinterungszone	67
EMW-Zone	1 — 3
Charagürtel der Föhrenzeit	3 —13

Im Profil II mit seiner vom Üblichen abweichenden topographischen Lage zeigt sich in leicht verschobenen Dimensionen eine gleiche Gesetzmässigkeit:

Schilfgürtel	0,8?
Laichkrautgürtel	5,4
Charagürtel	11,5—47
Charagürtel mit Molluskenbrekzie	53 —70
EMW, <i>Chara</i> mit Molluskenbrekzie	2,5— 6
Föhrenzeit, <i>Chara</i> mit Molluskenbrekzie	18 —21

Die Schwankungen im *Charagürtel* sind am grössten; er umfasst aber auch den grössten Raum im Profil.

Eine einfache Verarbeitung des Zahlenmaterials zeigt also, dass es in einem vollständigen Profil anhand der Fossilbildungsrate möglich ist, den Biotop zu bestimmen, in welchem ein Sediment der besprochenen Art gebildet worden ist.

7. Der Pfahl im Profil I

Am 26. Juni 1964 wurde bei der Aufnahme des Profils I ein senkrecht stehender Pfahl angebohrt und aus folgenden Tiefen Teile davon gehoben: 2,15—2,9 m, 3,5—3,85 m. Eine Radiokarbondatierung durch Herrn Prof. H. OESCHGER in Bern (Probennummer B-670) ergab ein Alter von 2320 ± 150 vor Christus, d. h. der Pfahl stammt aus dem Neolithikum.

Er war nur am oberen Ende auf 20 cm Länge verkohlt, d. h. bis auf die Tiefe von 2,35 m; der Hauptteil war gebleicht, hatte also immer unter Luft- bzw. Sauerstoffabschluss gestanden. Nimmt man die Verkohlungs Grenze als Seegrund zur Zeit der Einrammung an, so täuscht er eine Einrammung um das Jahr 400 nach Christus vor, sofern das Pollenspektrum richtig datiert ist. Aus dem Höhenunterschied zur pollenanalytisch festgelegten Zone von 2300 v. Chr. lässt sich damit ein Setzungsbetrag von

2,5 m errechnen; nehmen wir die Holzkohle führende Schicht aus der Zeit von 2400 v. Chr., so werden es sogar 2,6 m. Da die Seekreide folglich damals noch beträchtlich lockerer war als heute, wurde der Pfahl sicher auf eine feste Schicht abgesenkt; dazu eignete sich besonders der unverfestigte Mergel aus der EMW-Zeit, der 1,10 m tiefer liegt und ausserordentlich tragfähig ist: Während auch heute 50 kg Belastung bei weitem genügen, um einen Kammerbohrer durch die alte Seekreide zu stossen, waren für den Lehm an den gefestigtesten Stellen 250 kg nötig, um den spitzen Bohrer langsam hineinzudrehen! Also dürfte der Pfahl seinerzeit durch 3,7 m sehr lockere Seekreide gerammt worden sein; diese ist jetzt auf 1,1 m geschrumpft, das sind 30% des ehemaligen Volumens. Diese Zahl wirft schlagartig ein Licht auf die Problematik aller Bestimmungen jährlicher Sedimentationsmengen: Der Vergleich zwischen frischen Sedimenten oben und älteren unten ist nicht statthaft; mit genügender Vorsicht lassen sich aber dennoch Zeitskalen aufstellen, sobald von anderer Stelle absolut datierte Fixpunkte beigezogen werden können.

Diese Entdeckung leitet uns nun über zum Pfahlbauproblem, das eng mit der Kenntnis der Sedimentation in flachen Seen verbunden ist. Wir können hier eine Feststellung treffen: Alle untersuchten Faktoren — Sedimentzusammensetzung, Pflanzenreste, Molluskenzahl, Molluskensedimentation, Artzusammensetzung und jährlicher Sedimentzuwachs — beweisen, dass dieser Pfahl im Neolithikum ausserhalb des Schilfgürtels in 2—3 m tiefes offenes Wasser eingerammt worden ist. Völlig offen ist natürlich die Frage nach dem Wozu.

8. Die Kulturschichten am Spitz bei Fällanden

Vor wenigen Jahren hat JUNG (1961) beim Spitz eine bis zwei Kulturschichten erbohrt und dabei Fischschuppen und Holzkohle in eindeutiger Seekreide gefunden. Die Mächtigkeit der tiefern Kulturschicht betrug 50 cm, die der überlagernden Seekreide gar 100 cm. Mit unsern eigenen Bohrungen ergibt sich nun folgendes Bild der Lage dieser Schichten:

	Untere Kulturschicht		Zwischenlage	Obere Kulturschicht	
	Unter- kante	Ober- kante		Unter- kante	Ober- kante
Profil I	430,4	430,5	—	—	—
Bohrung Jung	433,7	434,2	100 cm Seekreide	434,2	?
Profil II	434,9	435,1	15 cm Seekreide	435,2	435,3

Die tiefere Kulturschicht aus dem Neolithikum steigt mit ca. 8% Neigung gegen den Spitz als höchstem Punkt auf. Dass sie nicht im Zentrum am dicksten ist, dürfte sich mit der verteilenden Wirkung der Wellen und mit einer stärkeren Setzung wegen der Trockenlegung des obersten Teils hinreichend erklären. Wie an vielen andern Seeufnern der Schweiz liegt darüber noch eine zweite Schicht aus der Bronzezeit. Die Bohrfunde unserer Untersuchungen beschränken sich auf Holzkohle und etwas Holz.

In diesem Zusammenhang dürften noch einige ältere Holzkohlenfunde erwähnt

werden. Fast regelmässig findet man etwas an der Wende EMW-Zeit-erste-Buchenzeit oder ein wenig früher. Eine Erklärung dafür steht noch aus.

Holz wurde auch in verschiedensten Tiefen angebohrt. Solange es berindet ist, ist sein Aussagewert minim. Ist dagegen die Rinde entfernt, so kann es sich um Kulturfunde handeln; und tatsächlich sind solche Stücke in bestimmten Zonen etwas häufiger. Steckt Holz senkrecht im Schlamm, so ist dies sicher auf menschliche Tätigkeit zurückzuführen, aber dafür ist eine Datierung nicht mehr möglich. Nur besonders grosse oder sorgfältig ausgegrabene Stücke können daher im allgemeinen einen Beitrag zur Lösung der sich aufdrängenden Fragen bieten. Als Beispiel sei auf den oben besprochenen Pfahl verwiesen.

Die Höhenlage der Kulturschichten war zur Zeit ihrer Entstehung natürlich anders als heute; mit Hilfe der besprochenen Methoden lässt sich aber ihr Bildungsbereich trotzdem annähernd angeben.

9. Das Ablagerungsmilieu der Kulturschichten

Einzelne Bemerkungen in den vorhergehenden Abschnitten haben diese Frage von ziemlicher Tragweite bereits angeschnitten; vor allem konnte für einen einzelnen Pfahl bereits eine definitive Antwort gegeben werden. Nun können sich Kulturschichten noch weit von den zugehörigen Siedlungen finden, da der Mensch die Abfälle gerne etwas von sich schiebt. Ebenso wurden neben zentralen sicher auch randliche Strukturen errichtet, so dass der Fund eines Pfahles und einer Holzkohle führenden Schicht noch recht wenig auszusagen vermag.

Nun fällt beim Vergleich der beiden Profile auf, dass die Kulturschichten einmal unter zwei Torfschichten liegen, beim Spitz hingegen zwischen den beiden (Profil II). Da bei allen Pfahlbauuntersuchungen die Frage nach den Seespiegelschwankungen eine grosse Rolle spielt, muss zuerst Klarheit über die Entstehung von Torf herrschen. Grundsätzlich unterscheidet man autochthonen, am Ort entstandenen, von allochthonem, Schwemmtorf. Jener entsteht an allen flachen Ufern wenig oder nicht bewegter Gewässer in grösster Menge im Schilf- und Seggengürtel; dieser lagert sich als Streifen unter dem Laichkrautgürtel im freien Wasser ab. Dafür ist wohl die von den rücklaufenden Wellen verursachte Bodenströmung verantwortlich, die sich je nach Ufergestalt mehr oder weniger weit in die Tiefe bemerkbar macht. Auf einen extremen Spezialfall solcher Verfrachtung von Pflanzenmaterial in die Tiefe macht THOMAS (1964) aufmerksam; zwar handelte es sich bei diesem Beispiel um Algen, die im Zürichsee als riesige Rolle in die Tiefe wanderten, doch muss es sich bei andern Pflanzen ähnlich abspielen.

Die tiefere Torfschicht zeichnet sich nun durch einen Schneckengehalt aus, der unmöglich einem Uferbiotop entstammen kann: Die Fossilbildungsrate ist zehn- bis sechzigmal grösser als im autochthonen Torf. Es fragt sich nun, ob die Schnecken sich nicht nachträglich darin eingewühlt haben. Mit WESENBERG-LUND (1939) ist aber die negative Antwort leicht gegeben: Die Fossilzunahme ist bei allen Arten, auch bei jenen, die sich nie eingraben, vorhanden.

So bleibt denn nur die Feststellung, dass in unseren Seen Schwemmtorfschichten existieren, die nicht mit tieferen Seeständen in Zusammenhang gebracht werden dürfen; wir verfügen aber über die Möglichkeit, die beiden Bildungsweisen voneinander zu unterscheiden.

Auf die Möglichkeit des Vorkommens einer Schwemmtorfschicht in der Tiefe des Greifensees weist schon JUNG (1961) hin. Nach einer mündlichen Mitteilung seinerseits ist diese Schicht auch nicht zusammenhängend, was zur vermuteten Entstehungsweise gut passen würde.

Ist dieser Punkt einmal klargestellt, so ergibt sich daraus, dass der Verlandungsvorgang seit der EMW-Zeit seinen völlig normalen Gang bis zum Abschluss beim Profil II und bis zur Seeabsenkung beim Profil I ging. Nichts im sedimentierten Material, das von unserer Untersuchung berücksichtigt werden konnte, zeigt Unregelmäßigkeiten an.

Aus dieser Sicht prüfen wir jetzt den Unterwasserhügel des Spitz. Seit der Buchen-Tannenzeit ist er mit einem *Charar*asen bestanden, der voll von Schnecken ist. Die Sedimentation ist zuerst beträchtlich, nimmt dann aber wegen der Wellenwirkung rapid ab. Hier wird nun eine grössere Menge Holzkohle abgelagert. Die Wassertiefe ist gering, mit Berücksichtigung der seitherigen Setzung in der Grössenordnung von einem Meter. Wegen der Isolierung vom Land durch eine leichte Senke hat sich noch kein Schilf festgesetzt; dies beweist wiederum, dass nirgends ein höherer Punkt über den Wasserspiegel schaute, denn sonst wäre der Abschnitt durch treibendes Schilf besiedelt worden. Aus unbekanntem Grunde wurde an dieser günstigen Stelle im Neolithikum irgend etwas gebaut (Pfähle), gekocht (Holzkohle) und gegessen (Fischschuppen). Die Sedimentation aber wurde in ihrem Charakter überhaupt nicht unterbrochen, sondern nur ergänzt. Die *Chara*algen wuchsen weiter, einige höhere Pflanzen setzten sich fest, und die Schneckenanzahl reduzierte sich auf das theoretisch zu erwartende Mass. Diese Feststellung der Kontinuität in den Ablagerungen ist nicht neu; sie wurde schon von LÜDI (1956) betont. Zwischen den beiden Kulturschichten liegt eine echte Fortsetzung in der Sedimentation, nur nehmen jetzt die Characeen merklich ab, was sich mit der geringer werdenden Wassertiefe hinreichend erklärt.

Der bronzezeitliche Abschnitt bringt die nächste Stufe der Weiterentwicklung: Die Characeen verschwinden ganz, dafür nimmt der schwach zersetzte Torf sichtlich zu: Wir befinden uns am Aussenrand des Schilfgürtels. Die Kalkschlammsedimentation ist noch beträchtlich, und in der Holzkohle führenden Kulturschicht ist die Schneckenpopulation noch nicht gefallen; erst wenn die Proben etwas zu gross genommen werden, fällt die Fossilbildungsrate, da direkt über der Kulturschicht die Ablagerungen des Schilfgürtels mit ihrer Fossilarmut folgen. Die Beimischung der Holzkohle in das lebermuddeartige Sediment erfolgte in einer Weise, welche die Schneckenschalen überhaupt nicht beschädigte; von einem Eintreten kann hier nicht die Rede sein.

Der hangende Torf enthält wie gesagt nur in einer dünnen untersten Zone einige Schnecken, entspricht also dort dem Schilfgürtel; die Hauptmasse aber besteht aus terrestrischem Torf. Der Spitz ist folglich kurz nach der Bronzezeit vollständig verlandet.

10. Das Pfahlbauproblem

Das Ergebnis unserer Untersuchungen steht im Widerspruch zu den heute als richtig erachteten Ansichten über die Pfahlbaufrage: Beide Kulturschichten im Greifensee sind am Spitz sicher im Wasser gebildet worden.

Nun ist ein kurzer Blick auf die Idee des Pfahlbaus nötig. Immer wieder kam der Mensch auf die Idee, Wohnstätten und noch häufiger Speicher auf Pfähle zu stellen, um sich oder seine Habe vor bösen Nachbarn, Schädlingen, Feuchtigkeit oder bösen Geistern in Sicherheit zu bringen. Dies tat er im Wasser, im Sumpf und auf dem festen Lande und tut es auch heute noch. Die Idee ist über alle Kontinente verbreitet, bei im Neolithikum lebenden Eingeborenen ebensowohl wie bei höchstentwickelten Völkern (z. B. Hausbau auf Permafrost etc.). Es ist daher nicht einzusehen, warum in unserem Lande nicht auch zu verschiedenen Zeiten versucht wurde, die Probleme des täglichen Lebens mit Pfählen zu lösen.

Auf zwei häufige Denkfehler sollten wir nämlich nicht verfallen. Einmal kommt man oft auf die Idee, das, was an einem Ort beobachtet wurde, auch an andern Stellen für gültig zu erachten; vor dieser Ausschliesslichkeit warnten schon WELTEN (1955), LÜDI (1956) und BANDI (1965). Zum zweiten dürfen wir die damaligen Probleme nicht mit heutigen Augen ansehen. Viele Dinge, die man heute sorgfältig errechnet, hat man damals auf gut Glück versucht und später aus Erfahrung fortgesetzt, so dass etwas den damaligen Ansprüchen Genügendes entstand. Und was alles irrationalen Gedankengängen zufolge gemacht wurde, lässt sich erst recht nicht abschätzen. Pfahlbauten und ebenerdige Bauten können also nebeneinander liegen.

Dass die Lage vielerorts unklar ist, liegt nun auch daran, dass sich manche Untersuchungsorte von vornherein nicht gut für solche Arbeiten eignen. Am Greifensee ist man insofern begünstigt, als sein Ausfluss morphologisch ausserordentlich schwach aktiv ist, d. h. im Gegensatz zu andern Schweizer Seen sind keine Einschneidungen und Aufschüttungen festzustellen (JUNG 1961). Damit fällt auch die Frage nach länger bleibenden Seespiegelschwankungen dahin. In der Nähe des Ausflusses spielen auch Erdkrustenbewegungen keine Rolle; Verstaltungen wirken sich fast immer am entgegengesetzten Ende aus. Eine Konstanz des Seespiegels während der letzten 5000 Jahre darf damit als einigermaßen gesichert angenommen werden.

Kurzfristige Schwankungen waren dagegen vor der Seeabsenkung 1890 ziemlich heftig. FISCHER-REINAU (1915) gibt sie mit 1,6 m an. Der Tiefe der alten Glatt entsprechend müssen diese Abweichungen vor allem nach oben erfolgt sein, d. h. es handelte sich um episodische Hochwässer. Diese dauern aber nie sehr lange und sind daher ohne Einfluss auf die Vegetationsgürtel im Wasser, von einer geringen Ausnahme abgesehen: So dehnte sich der Schilfgürtel während eines extremen langdauernden Niedrigwassers im Obersee 1964 sichtbar aus; auf die Dauer betrachtet musste es aber sowieso bald dazu kommen, und für den Übergang von einem Gürtel des Verlandungsprozesses zum andern ist oft ein kleiner Anstoss nötig. Umgekehrt kann ein länger dauerndes Hochwasser Schilf auch landeinwärts vordringen lassen wie 1965 am Greifensee im Bohrgebiet. Diese raschen Reaktionen zeigen uns indes, dass jede etwas länger dauernde und im Ausmass etwas verstärkte Seespiegelschwankung

kung ihren Ausdruck in einem Bohrprofil finden müsste. In unseren Profilen findet sich indes davon keine Spur. Das Ergebnis bleibt sich also, unabhängig vom Blickwinkel, immer dasselbe.

Daher ist es unbedingt nötig, dass bei allen Arbeiten über das Pfahlbauproblem die naturwissenschaftliche Seite mit Gründlichkeit studiert wird, um ein zutreffendes Bild unserer ältesten Kulturlandschaft zu erhalten.

Résumé

Dans les sédiments postglaciaires du Greifensee près der Fällanden (Zurich), la palynologie, les mollusques et les conditions de sédimentation ont été étudiés dans deux profils de forage voisins. En voici les résultats principaux:

1. Des lacs ceinturés d'une végétation aquatique riche peuvent produire une couche tourbeuse abaissée qui ne doit pas être confondue avec des témoins d'un changement du niveau lacustre.

2. A l'emplacement des forages, la palynologie prouve un remblaiement phytogène débutant à l'âge du bronze et terminé au moyen âge.

3. Au diagramme palynologique, on est frappé par les maxima des aunes coïncidents avec les phases d'extension des terres arables; leur relation fait l'objet d'une explication.

4. Une brève étude statistique du contenu malacologique des sédiments permet une différenciation de faciès et spécialement une détermination approximative de la profondeur de l'eau au moment de la sédimentation.

5. Grâce à une analyse radiocarbonique d'un des pilots d'une cité lacustre néolithique, la condensation de la craie lacustre a pu être évaluée exactement.

6. A en juger d'après l'analyse des sédiments, des mollusques en particulier, les deux niveaux archéologiques du néolithique et de l'âge du bronze ont été déposés dans l'eau stagnante.

7. Durant la période des chênaies mixtes, le Greifensee montra un caractère limnologique unique et bien différent de la période de stabilité suivante qui s'étendit jusqu'au moyen âge.

Literaturverzeichnis

- BANDI, H. G. (1965): Zum «neuen Bild der sogenannten Pfahlbauten». Schulpraxis LV/1—2.
- BROMER, P. (1925): Fauna von Deutschland. Leipzig.
- FISCHER-REINAU, L. (1915): Flusskunde der Thur und Glatt. Diss. Bern.
- FORCART, L. (1947): Schnecken und Muscheln. Hallwag, Bern.
- FURRER, ERNST (1927): Pollenanalytische Studien in der Schweiz. Beiblatt Nr. 14 zur Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich.
- IMHOLZ, PETER A. (1964): Die Makrofauna einer Uferstelle des untern Zürichseebeckens. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich, 109: 25—80.
- JUNG, GEORG (1961): Beiträge zur Morphogenese des Greifensees im Spät- und Postglazial. Manusk. 108 S., Diplomarbeit Geogr. Inst. Univ. Zürich.
- LÜDI, WERNER (1935): Waldgeschichte und Klimaänderungen im schweizerischen Mittelland während der jüngern Postglazialzeit. Vierteljahrsschr. Nat. Ges. Zürich 80: 139—156.

- (1947): Der Pollengehalt von Oberflächenproben am Katzensee bei Zürich. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel für 1946, Zürich.
- (1951): Ein Pollendiagramm aus der neolithischen Moorsiedlung Weiher bei Thayngen. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel für 1950, Zürich.
- (1956): Die vorgeschichtlichen Pfahlbauten als naturwissenschaftliches Problem. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel für 1955, Zürich.
- (1957): Ein Pollendiagramm aus dem Untergrund des Zürichsees. Schweiz. Zschr. f. Hydrologie 19: 523—564.
- LÜDI, WERNER und STUDER, P. (1959): Ein Pollendiagramm aus der bronzezeitlichen Station Sumpf am Zugersee. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel für 1958, Zürich.
- RAABE, ERNST WILHELM (1955): Beobachtungen über den Wasserhaushalt an Tümpeln, Wäldern und Kahlschlägen in Ostholstein. Arch. f. Hydrobiol., 50/2: 188—233.
- RYTZ, WALTER (1930): Neue Wege der prähistorischen Forschung mit besonderer Berücksichtigung der Pollenanalyse. Mitt. Antiquar. Ges. Zürich 30: 55—77.
- THOMAS, E. A. (1964): Massenentwicklung von *Lamprocystis roseo-persicina* als tertiäre Verschmutzung am Ufer des Zürichsees. Vierteljahrsschrift Nat. Ges. Zürich 109: 267—276.
- WELTEN, MAX (1947): Pollenprofil Burgäschisee. Ber. Geobot. Forsch. Inst. Rübel für 1946, Zürich.
- (1955): Pollenanalytische Untersuchungen über die neolithischen Siedlungsverhältnisse am Burgäschisee. In: Das Pfahlbauproblem. Monographien zur Ur- und Frühgeschichte der Schweiz, Bd. 11: 59—88.
- WESENBERG-LUND, C. (1939): Biologie der Süßwassertiere. Springer, Wien.