

Zeitschrift:	Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber:	Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band:	71 (1978)
Heft:	2
Artikel:	Interglaziale See-Ablagerungen in einer Bohrung bei Uster (Kanton Zürich)
Autor:	Wyssling, Lorenz / Wyssling, Georg
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-164737

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Eclogae geol. Helv.	Vol. 71/2	Seiten 357–375	2 Textfiguren, 2 Tabellen und 3 Tafeln	Basel, Juli 1978
---------------------	-----------	----------------	-------------------------------------------	------------------

Interglaziale See-Ablagerungen in einer Bohrung bei Uster (Kanton Zürich)

Von LORENZ WYSSLING¹⁾ und GEORG WYSSLING²⁾

ABSTRACT

At Uster near Zürich, Switzerland, approximately 100 metres of thinly bedded glacial to subglacial lake deposits have been drilled. In the middle of the sequence approximately 7 metres of Riss-Würm interglacial lacustrine sediments were encountered. These comprise chalk (Seekreide) and several layers of brown gyttja-type clay, which is rich in fossils partially replaced by vivianite.

ZUSAMMENFASSUNG

Bei Uster im Kanton Zürich wurden in einer Kernbohrung rund 100 m meist feingeschichtete glaziale bis subglaziale See-Ablagerungen durchfahren. In der Mitte dieser Sedimente wurde eine ca. 7 m starke Schichtfolge von eindeutig warmzeitlichen (Riss-Würm-Interglazial) See-Ablagerungen entdeckt, welche Seekreide und fossile Faulschlamm enthalten und reich sind an gut erhaltenen Fossilien und Körnern von blauem Vivianit.

1. Allgemeine geologische Verhältnisse

Es begann mit einem aufgeregten Telephon des Bohrmeisters Maurer: «Herr Doktor, ich habe weisse Knollen im Bohrkern, die werden mir blau, und dann ist da auch noch eine Schnecke darin!» Er war mit einer Kernbohrung beschäftigt, welche im Auftrag des Zürcherischen Amtes für Gewässerschutz und Wasserbau zur Abklärung der Grundwasserverhältnisse im Gebiet des oberen Glattales vorgenommen wurde. Der Vorsteher dieses Amtes, Ing. Ch. Maag, gab uns freundlicherweise die Einwilligung zur Veröffentlichung der bisherigen Befunde.

Die Bohrstelle Nr. 221, Uster, befindet sich bei den Landeskoordinaten 696.653/245.652 auf 465.70 m ü. M. Sie liegt am Südfuss eines Moränenhügels, der in der geologischen Karte des Kantons Zürich (HANTKE 1967) als Drumlin eingetragen ist. Die geologische Situation ist im Querprofil (Fig. 1) schematisch dargestellt: Das Profil verläuft quer über die beiden eiszeitlich angelegten subparallelen Felsrinnen des Greifensees (links) und von Uster (rechts). Die zweitgenannte, wesentlich tiefere Rinne bestand jedenfalls schon in der Riss-Eiszeit; sie erstreckt sich aus dem Gebiet von Dürnten über Sulzbach, Volketswil und Wangen nach Kloten und von dort hinab in das untere Glattal (vgl. HALDIMANN 1978). In ihrem oberen Abschnitt, auf rund 30 km Länge, zeichnet sich die Felsrinne an der Oberfläche als solche

¹⁾ Geologisches Büro Dr. L. Wyssling, Lohzelgstrasse 5, CH-8122 Pfaffhausen ZH.

²⁾ Waldstrasse 2, CH-8122 Pfaffhausen ZH.

überhaupt nicht ab. Sie verläuft vollständig ausserhalb des heutigen Glattales, ist mit vorwiegend eiszeitlichen Ablagerungen (wie Moränen, Schottern und Seebodenlehmen) vollständig aufgefüllt und erscheint mit ihren oft bewaldeten und zu Drumlins geformten Moränenerhöhungen sogar als liebliche Hügellandschaft.

Ein bedeutender Anteil des Füllmaterials dieser tiefen eiszeitlichen Felsrinne besteht – wie in vielen geologisch ähnlich aufgebauten Tälern der Schweiz – aus z. T. über 100 m mächtigen glazialen See-Ablagerungen: feingeschichtete siltig-tonige Sedimente von grauer bis blaugrauer Farbe, gelegentlich mit eingestreuten Steinen und Sandnestern, oftmals auch verknüpft mit typischem Moränenmaterial und dann – jedenfalls in den Bohrungen – oft nur schwer zu unterscheiden von echter, ebenfalls vorhandener Grundmoräne.

Die stratigraphische Zuordnung dieser eiszeitlichen See-Ablagerungen ist wegen des klimatisch bedingten weitgehenden Mangels an Fossilien sehr erschwert. Trotzdem sind – gerade auch im Gebiet des Glattales – verschiedene Bearbeiter aufgrund eingehender geologischer Beobachtungen und Vergleiche zur Ansicht gelangt, dass es sich bei diesen See-Ablagerungen je nach Fall um risseiszeitliche, interglaziale oder würmeiszeitliche Sedimente handeln müsse, welche Schlussfolgerungen durch die Befunde im nachfolgend beschriebenen Bohrprofil Nr. 221, Uster, bestätigt und ergänzt werden. In dieser Bohrung konnte eine eindeutig in einem warmzeitlichen See gebildete Schichtfolge erkannt werden, welche sowohl nach unten wie nach oben von eiszeitlichen See-Ablagerungen begrenzt wird.

2. Lokalgeologische Zusammenhänge

Das stratigraphische Alter der warmzeitlichen See-Ablagerungen von Uster kann aufgrund der geologischen Situation generell als interglazial (Riss-Würm) betrachtet werden. Ein Vergleich mit den schon von HEER (1865) beschriebenen *Schieferkohlen* aus dem benachbarten Gebiet Dürnten-Wetzikon, deren Entstehung er bereits als zwischeneiszeitlich erkannt hatte, drängt sich auf. Dort handelt es sich um ehemalige *Torfbildungen* mit höchstens lokalen Tümpeln, auf einer Meereshöhe von ca. 500 bis 530 m ü. M., während das hier beschriebene Material eine echte *Seeboden-Ablagerung* darstellt, welche auf rund 400 m ü. M. liegt. Die Seetiefe kann beträchtlich gewesen sein, jedenfalls sind weder in der Struktur der Sedimente noch im Fossilgehalt Hinweise für seiches oder ufernahes Wasser zu finden.

Ein näherer Vergleich mit dem Komplex der Schieferkohlen, die seit HEER von verschiedenen Autoren weiterbearbeitet wurden, soll hier nicht vorgenommen werden. Doch seien einige Angaben zur möglichen Ausdehnung der bei Uster angetroffenen warmzeitlichen See-Ablagerungen gemacht. Bisher wurden lediglich in einer weiteren Kernbohrung – der 2,5 km NNW von Nr. 221 gelegenen Bohrung Nr. 224 – Reste derselben Ablagerungen ebenfalls auf Kote ca. 400 m ü. M. ange troffen. Die Serie ist dort weniger vollständig als bei Uster, weil sie von oben her durch Moräne eines würmeiszeitlichen Gletschervorstosses abgeschnitten und zudem eindeutig deformiert erscheint. Von dieser Moräne fehlt in der Bohrung Uster überraschenderweise jede Spur. Noch weiter talabwärts, im Grossriet bei Zimikon (3,5 km NW von Uster Nr. 221), wurde bei Kote 397 m ü. M. ebenfalls ein Kontakt

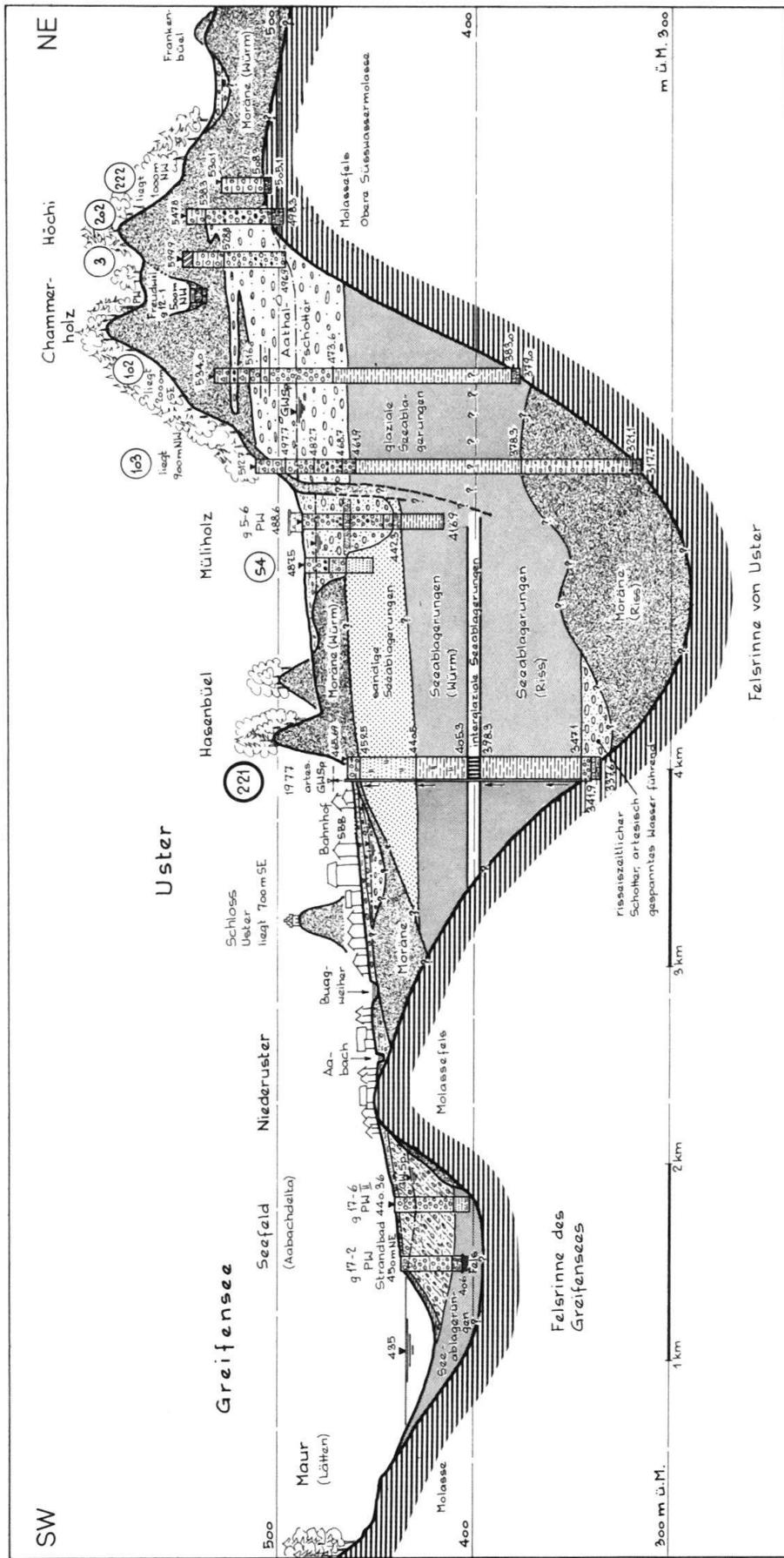


Fig. 1. Schematisches geologisches Querprofil durch das obere Glattal bei Uster ZH (10mal überhöht).

von Moräne auf deformiertem Seebodenlehm erbohrt; warmzeitliche Ablagerungen fehlen dort. Die Vermutung liegt nahe, dass die interglazialen See-Ablagerungen durch einen späteren Gletschervorstoss wieder teilweise ausgeräumt worden sind, wobei aus einem vorerst noch unerklärlichen Grund das Gebiet von Uster besser von der Gletscher-Erosion verschont wurde als das weiter stromabwärts gelegene Gebiet. Im Bohrprofil von Uster folgen unter den warmzeitlichen Sedimenten weitere gut 50 m zum grossen Teil deutlich feingeschichtete See-Ablagerungen, in denen stellenweise recht charakteristische Warven von im Mittel ca. 1 bis 3 mm Stärke zu erkennen sind (vgl. Taf. 3, Fig. 5). Sofern es sich dabei wirklich und durchgehend um Jahresschichtung handelt, müssten diese älteren, sehr feinkörnigen siltig-tonigen Sedimente in einem Zeitraum von grössenordnungsmässig etwa 25 000 Jahren gebildet worden sein, während welcher langen Periode also bereits ein risseiszeitlicher «Uster-See» bestanden haben muss. Dieser See lag in der eingangs erwähnten, langgestreckten Felsrinne, welche über Uster bis in das untere Glattal hinabreicht und in welcher die Riss-Vereisung da und dort etwas Moränenmaterial zurückgelassen hatte. Noch vor dem Beginn der eigentlichen Warmzeit des Riss-Würm-Interglazials war der See allmähhlich teilweise aufgefüllt worden, und seine Sohle lag schliesslich bei Uster etwa auf Kote 400 m ü. M. Während des Interglazials muss die Sedimentation erst recht langsam vor sich gegangen sein, da ja das Glattal, wie gegenwärtig, nicht (mehr) von alpinen Schmelzwasser-Flüssen durchströmt wurde.

Hier muss noch kurz auf die Problematik der in Figur 1 gewählten Darstellung der geologischen Zusammenhänge eingegangen werden. Die in Bohrung Nr. 221 durchfahrene interglaziale Schicht wurde in dieser Zeichnung gegen NE lediglich mittels Fragezeichen fortgesetzt, obwohl dort ja die beiden ins Profil hineinprojizierten Bohrungen Nr. 102 und 103 abgeteuft worden sind. Da es sich dabei aber um Rotary-Spülbohrungen handelte, bei welchen in tonigen Formationen praktisch kein identifizierbares «Kernmaterial» anfällt, konnten solche warmzeitliche Sedimente (deren Existenz zu jenem Zeitpunkt noch unbekannt war) darin nicht erkannt werden. So weiss man zwar, dass dort ebenfalls See-Ablagerungen vorhanden sind, nicht aber von welcher Art. In derselben Figur erscheint zwischen dem Grundwasserpumpwerk Müliholz und der hineinprojizierten Bohrung Nr. 103 eine steilstehende, ebenfalls mit Fragezeichen versehene Zone. Es muss angenommen werden, dass in diesem Bereich ein früherer Gletschervorstoss eine seitliche Moränenflanke zurückgelassen hat, welche heute den NE davon gelegenen älteren «Aathal-Schotter» vom jüngeren Schotter im Müliholz trennt und damit auch die unterschiedlichen Lagen des in diesen Schottern vorhandenen Grundwasserspiegels bewirkt. Die Fragezeichen deuten auf den noch unbekannten Tiefgang dieser Erscheinung. Nach früherer Auffassung wäre der Aathal-Schotter der Riss-Vereisung zuzuordnen, wäre also älter als die interglazialen See-Ablagerungen, so dass diese keine Fortsetzung in den glazialen See-Ablagerungen unter dem Aathal-Schotter haben könnten. In der neueren Darstellung von HANTKE ist der Aathal-Schotter dagegen als überfahrener würmeiszeitlicher Schotter zu verstehen; die zwischeneiszeitlichen Schichten würden sich in diesem Falle auch unter dem Aathal-Schotter fortsetzen und könnten somit die ganze Breite der Felsrinne von Uster einnehmen.

In beiden Fällen gehören die risseiszeitlichen Sedimente in dieser Felsrinne zusammen mit dem Aathal-Schotter zum älteren Teil der Rinnenfüllung. Die starken Gletschervorstöße des Hochwürm vermochten das ganze Gebiet bis über den Aathal-Schotter mit Eis zu überfluten und mit Moräne zu überdecken. Es scheint, dass die letzten Phasen der Vereisung sich mehr und mehr auf die Rinne des heutigen Greifensees verlagerten bzw. beschränkten. So verblieb nach dem Abschmelzen des Eises als letzte nicht aufgefüllte Senke diejenige des Greifensees, in welcher schliesslich der Aabach das in Figur 1 dargestellte grundwasserführende Delta als jüngste Bildung ablagern konnte.

NACHTRAG

Während der Drucklegung dieses Artikels wurden weitere Sondierbohrungen ausgeführt, von welchen zwei im vorliegenden Zusammenhang von besonderem Interesse sind:

Bohrung Nr. 232 wurde im Querprofil von Figur 1, ungefähr an der Stelle der dort hineinprojizierten Bohrung Nr. 103, im Aathal-Schotter auf ca. 500 m ü. M. angesetzt. Sie durchfuhr zwischen 470 und 390 m ü. M. einen feingeschichteten, besonders im unteren Teil sehr kompakten siltreichen «Seebodenlehm» und wurde schliesslich in fester Moräne eingestellt. Eine seitliche Fortsetzung der interglazialen See-Ablagerungen von Nr. 221 wurde hier, also im Liegenden des Aathal-Schotters, nicht angetroffen. Damit rückt ein Riss-Alter des Aathal-Schotters erneut in den Vordergrund.

Bohrung Nr. 234, nahe dem linken Rand der Felsrinne von Uster, ca. 1800 m südlich von Nr. 221, traf überraschenderweise bereits in der geringen Bohrtiefe von 3 m auf eine fast 8 m starke Schichtfolge, welche den interglazialen Sedimenten von Nr. 221 sehr ähnlich sieht. Sie enthält ebenfalls dunkle Tone mit Vivianit und Seekreide in mehreren Lagen. In den Tonen fanden wir bei einer ersten Durchsicht Pflanzenreste (darunter einen vollständigen, 12 cm langen Tannzapfen!), Käferfragmente, kleine Muschelchen und Ostracoden sowie einen Schlundknochen eines Cypriniden (Karpfen) und weitere Fischknöchelchen. Das Material ist weniger kompakt als bei Nr. 221 und teilweise stark deformiert. Darunter folgt 1 m typischer Seebodenlehm auf 1,5 m Moräne und schliesslich, bei Kote 440 m ü. M., die Felsunterlage aus Molasse.

Hier befinden sich die warmzeitlichen See-Ablagerungen rund 45 m höher als im Untergrund von Uster und bedeuten möglicherweise ein Bindeglied zu den noch südlicher und noch höher gelegenen Schieferkohlen bei Gossau, Wetzikon und Dürnten.

3. Detailbeschreibung des Bohrprofils Nr. 221, Uster

Die angegebenen Bohrtiefen und die Nummern der einzelnen Schichten entsprechen den Angaben in Figur 2.

- (1) 47,00–60,40 m: Relativ festgelagerter grauer Silt mit wechselndem Tongehalt. Schichtung undeutlich bis fehlend, z. T. fladenartige Strukturen. Nur gelegentlich kleine Pflanzenfasern in dünnen sandigeren Lagen, so auch bei 59,20–59,30 m. Unterster Teil beige-braun mit kleinen Schalenresten.
- (2) 60,40–60,60 m: Härterer brauner Ton mit Pflanzenresten (Tannennadeln u. a.).
- (3) 60,60–61,30 m: Fester schokoladebrauner Ton (getrocknet = khakibrauner harter «Tonstein»), reich an Pflanzen- und Tierresten, H₂S-Geruch, vermutlich fossiler Faulschlamm. Enthält weisse Vivianit-Knöllchen, welche an der Luft alsbald blau werden, besonders häufig bei 60,90–60,95 m.
- (4) 61,30–62,00 m: Beiger, siltarmer Ton, besonders im oberen Teil etwas kreidig, mit vereinzelt eingestreuten Vivianit-Körnern. Bei 61,50 m Blattrest; sonst nur wenige makroskopische Pflanzenreste zu erkennen.
- (5) 62,00–62,70 m: Beiger, nur schwach siltiger Ton ohne Vivianit und ohne sichtbare Pflanzenreste. Bei 62,50 m grosse Schneckenschalen-Fragmente; bei 62,50 m dünne siltreiche Zwischenlagen.
- (6) 62,70–63,90 m: Schokoladebrauner harter Ton mit viel organischen Resten: Samen und Nadeln von Koniferen, Blätter von Eiche und Birke, Fragmente von Käfern u. a., Faulschlammgeruch (H₂S), zahlreiche Vivianit-Knöllchen. Angedeutete Feinschichtung. Dünne Siltlagen bei 63,35 und 63,75 m.
- (7) 63,90–64,15 m: Hellbeiger, siltig-kreidiger Ton mit nur vereinzelten Pflanzenresten, ohne Vivianit.
- (8) 64,15–64,60 m: Hellbeige, siltig-tonige unreine Seekreide mit Vivianit-Körnern. Oben stark kreidig mit Ostracoden und nur wenig Pflanzenresten; unten vermehrt Reste von Pflanzen und Schneckschalen. «Seekreidige» Gyttja. Bei 64,30 m ein 6 cm langer Holzrest, verkohlt und weitgehend durch Vivianit ersetzt. Bei 64,50 m Glimmerschüppchen.
- (9) 64,60–64,75 m: Heller siltiger Ton mit Siltlagen, schuppig, selten kleine Vivianit-Knöllchen.
- (10) 64,75–65,15 m: Beiger, leicht siltiger Ton mit vereinzelten Pflanzenresten und Vivianit-Knöllchen.
- (11) 65,15–65,70 m: Dichter, schokoladebrauner Ton, reich an organischen Resten, aber ohne Vivianit. Reste von Koniferen, Laubblättern, Insekten, Schnecken, Ostracoden. Beim Einlegen in verdünnte Salzsäure zerfällt das nur andeutungsweise geschichtete Material in einen äusserst feingeschichteten «Blätterteig». Bei 65,32–65,37 m und an der Basis hellere kreidige Lagen mit Ostracoden-Schälchen.
- (12) 65,70–66,60 m: Seekreide; im feuchten Zustand beige und fest, im trockenen Zustand weiss und hart. Keine Schichtung. Oben mit kleinen Schneckenschalen, Käferresten und Blattresten, unten dünne Schalentrümmer, einzelne Pflanzenreste.
- (13) 66,60–66,80 m: Hellgrauer, kreidiger Ton mit dunklen, lagigen Flecken, keine Pflanzen, aber einzelne Schalenreste. Bei 66,60 m Siltlage, 5 mm stark.
- (14) 66,80–67,45 m: Siltiger Ton, beige-braun, vereinzelte Schalentrümmer, keine Pflanzen; ohne erkennbare Schichtung. An der Basis glänzende, feingerippte Grenzfläche in dunkelgrauer Tonlage, welche 20–30° geneigt ist (glazialtektonisch?) und parallel zum Liegenden verläuft.
- (15) 67,45–68,50 m: Wechsellagerung von dünnen, 3–5 mm starken, dunklen Tonhäuten mit etwas dickeren (1–3 cm), beigen Schichtchen von siltigem Ton. Keine sichtbaren Fossilreste. Schichtneigung oben 20–30°, unten angenähert horizontal.
- (16) 68,50–70,20 m: Siltiger Ton, grau bis ockergelb, ziemlich homogen mit nur sehr undeutlicher bis fraglicher Feinschichtung, andeutungsweise 20–40° geneigt.
- (17) 70,20–70,60 m: Deutlich feingeschichteter siltiger Ton, gelblich und grau. Schichtneigung 10–15°.
- (18) 70,60–87,30 m: Siltiger Ton, sehr deutlich und regelmässig horizontal feingeschichtet. Warven von ca. 1 bis 3 mm Stärke. Oben braungelb mit einzelnen Schalenresten und Koniferen-Samen. Nach unten übergehend in bläulich-grauen, feingeschichteten, siltigen Ton mit tonfreien Silthäuten. Steril.

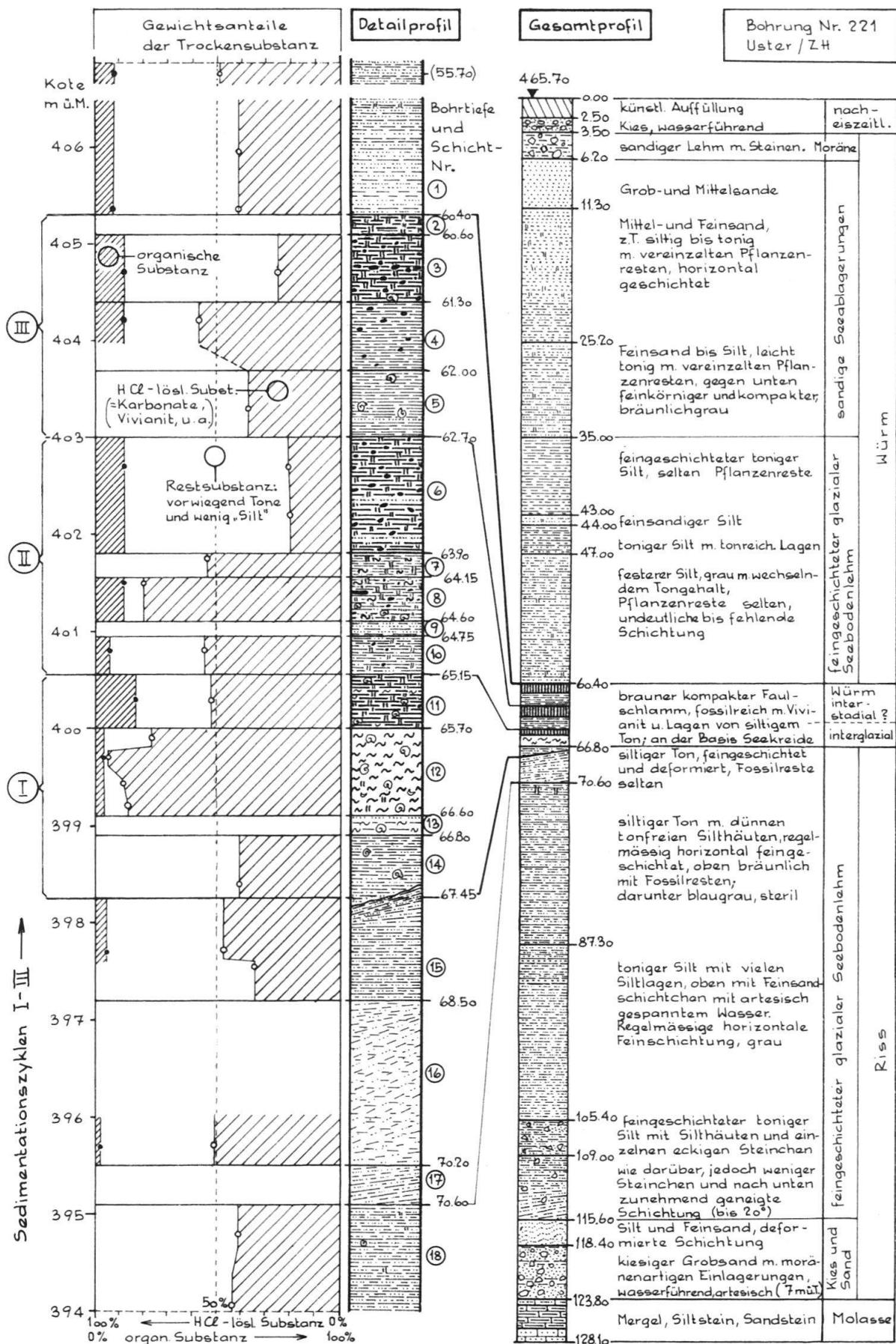


Fig. 2. Bohrprofil Nr. 221, Uster ZH.

4. Zum Chemismus der See-Ablagerungen

Um die lithologische Zusammensetzung der interglazialen Sedimente besser erfassen zu können, liessen wir auf relativ einfache Weise zwei im vorliegenden Zusammenhang wichtige chemische Komponenten analytisch bestimmen, nämlich den Gehalt an «Karbonaten» einerseits und denjenigen an «organischer Substanz» anderseits. Die Untersuchungen der Materialproben wurden durch das Institut Bachema, Zürich, wie folgt ausgeführt:

Als angenähertes Mass für den Karbonatgehalt wurde der HCl-lösliche Anteil des Materials bestimmt. Hierfür wurden 1-3 g Probematerial nach Trocknung (4 Stunden bei 103 °C) genau eingewogen und mit 25prozentiger Salzsäure während 20 Stunden stehengelassen. Das ungelöste Material wurde durch Glasfiltertiegel abfiltriert. Die Differenz zwischen Einwaage und Auswaage entspricht dem gelösten Anteil. Zur Bestimmung des mineralischen bzw. organischen Anteils wurde das getrocknete, fein zerriebene und gewogene Material in der Platinschale gut ausgeglüht und anschliessend mehrere Male auf dem Wasserbad mit kohlensäurehaltigem destilliertem Wasser zur Überführung in Karbonate eingedampft. Nach einer Stunde Trocknungszeit bei 103 °C wurde erneut ausgewogen. Die Gewichtsdifferenz ergab den Glühverlust bzw. den Anteil an organischem Material.

Die derart bestimmten Gehalte beziehen sich also auf Gewichtsprozente der Trockensubstanz. Als nicht analysierte Restgruppe (Ergänzung zu 100%) verbleiben, grob betrachtet, HCl-unlösliche Tonminerale sowie feinster Detritus von Silikaten wie Quarz, Feldspat usw.

Die Untersuchungsresultate wurden in Figur 2 neben dem entsprechenden Bohrprofil graphisch dargestellt. Sie sind ferner in Tabelle 1 aufgeführt.

Aus den «Karbonat»-Werten ergibt sich, dass die im feuchten Zustand des Bohrkernes zunächst nur schwer erkennbare Seekreide (Schicht Nr. 12) mit bis zu 94,7% sehr hohe «Kalkgehalte» aufweist und deshalb mit Recht als echte interglaziale Seekreide betrachtet werden darf. Bei derselben Probe besteht der Rest aus 3,5% «organischer Substanz» und nur 1,8% «Restsubstanz».

Auffallend wenig HCl-lösliche Substanz weisen die Proben aus den Schichten (3) und (6) mit rund 20% auf. Hier handelt es sich um einen kalkarmen, dafür tonreichen Faulschlamm (Tongyttja). Da dieselben Schichten ausserdem in HCl gut löslichen Vivianit enthalten, ist der tatsächliche Karbonatgehalt sogar noch etwas geringer als 20%. Selbst in 10prozentiger Salzsäure braust der fossile Faulschlamm überhaupt nicht auf, CO₂-Bildung ist kaum zu bemerken, dafür tritt eine vom Eisengehalt des Vivianites herrührende deutliche Gelbfärbung in Erscheinung. Zur Differenzierung des HCl-löslichen Anteils wurden die zwei in Tabelle 1 unten aufgeführten ausgewählten Proben näher untersucht. Dabei zeigte sich, dass der effektive Karbonatgehalt bei der ersten Probe (Gyttja) nur etwa 70%, bei der zweiten Probe (Bänderton) dagegen gut 90% der HCl-löslichen Substanzen ausmacht. Der in der ersten Probe enthaltene Vivianit stellt nur einen Bruchteil der restlichen, nicht näher analysierten HCl-löslichen Substanzen dar.

Der höchste Gehalt an organischer Substanz wurde in Schicht (11) (Faulschlamm) mit 16,8% angetroffen. Dieser Gehalt erreicht zwar denjenigen von Torf bzw. Schieferkohle bei weitem nicht, ist aber doch recht beträchtlich, wenn man bedenkt, dass es sich um Gewichtsprozente «Glühverlust» handelt, wobei erst noch das allerdings bescheidene Gewicht der verbleibenden Asche nicht mitgerechnet wird. In Anbetracht des Unterschiedes in den spezifischen Gewichten der beteiligten

Tabelle 1: *Chemismus der Sedimente in Bohrung Nr. 221, Uster ZH*

Bohr-tiefe m u.T.	Schicht Nr. in Fig. 2	Anteile in Gewichts-% der Trockensubstanz			Material-bezeichnung
		Glühverlust (organische Substanzen)	HCl-löslich (Karbonate, Vivianit, u.a.)	Restsubstanz (vorwieg.Ton, Quarz als Silt u.a.)	
55.70	{1}	8.1	49.2	42.7	siltreicher Seebodenlehm
59.75	{1}	-	41.4	-	
60.35	{1}	6.8	41.8	51.4	
61.00	(3)	11.5	25.3	63.2	Tongyttja
61.50	(4)	12.0	57.6	30.4	kreidiger Ton
62.40	(5)	-	37.6	-	siltiger Ton
63.00	{6}	11.9	21.0	67.1	Tongyttja
63.50	{6}	-	20.7	-	
63.95	(7)	-	54.7	-	siltig-kreid. Gyttja
64.20	(8)	11.5	80.0	8.5	kreidige Gyttja
64.90	(10)	5.9	55.5	38.6	siltiger Ton
65.40	(11)	16.8	52.6	30.6	Gyttja
65.80	{12}	-	76.3	-	
66.00	{12}	3.5	94.7	1.8	Seekreide
66.25	{12}	-	88.3	-	
66.50	{12}	-	86.4	-	
67.30	(14)	-	41.5	-	siltiger Ton
68.00	{15}	5.4	46.6	38.1	siltiger Seebodenlehm
68.15	{15}	-	34.7	-	(Bänderton)
70.00	(16)	2.4	51.1	46.1	siltiger Ton
70.90	{18}	-	41.7	-	siltiger Seebodenlehm
71.65	{18}	-	43.8	-	(Bänderton)

Bohr-tiefe m u.T.	Schicht Nr. in Fig. 2	Anteile in Gewichts-% der HCl-löslichen Substanz				
		Total	Ca + Mg (als Karbonate berechnet)	Vivianit (aus PO ₄ berechnet)	Rest-Fe +K +Na (direkt)	übrige un- bekannte Komponenten
61.00	(3)	100 ¹⁾	71.0	3.1	5.7	20.2
68.00	(15)	100 ²⁾	90.7	0.9 ³⁾	2.9	5.5

¹⁾ 100% entsprechen 25,3% der Gesamt-Trockensubstanz (vgl. obere Tabelle).²⁾ 100% entsprechen 46,6% der Gesamt-Trockensubstanz (vgl. obere Tabelle).³⁾ Theoretische Berechnung; Vivianit kommt in dieser Probe nicht vor.

Die Gehalte an Ca, Mg, PO₄, Fe, K und Na wurden analytisch bestimmt; alles übrige wurde stöcheometrisch berechnet. Vivianit = Fe₃(PO₄)₂·8 H₂O

organischen und mineralischen Substanzen dürfte der organische Anteil volumenmässig mindestens das Doppelte, also etwa 30-40%, ausmachen. Er mag bei der ursprünglichen Sedimentation sogar noch grösser gewesen sein, da anfänglich bereits eine gewisse natürliche (aerobe oder anaerobe) Mineralisierung stattgefunden haben kann.

Zum Vergleich wurden gleichartige Analysen auch vom kaltzeitlichen «Seebodenlehm» oberhalb und unterhalb der warmzeitlichen Sedimente vorgenommen. Als Beispiele hierfür können die Proben aus Schicht (1) (Bohrtiefe 55,70 m) und aus Schicht (18) (Bohrtiefe 71,65 m) angeführt werden. In beiden Fällen liegen die HCl-löslichen Anteile wenig unter 50%. Ähnliche Verhältnisse können auch bei den eher kaltzeitlichen Zwischenschichten mit relativ geringem Gehalt an organischer Substanz vermutet werden, und es erscheint wahrscheinlich, dass der tatsächliche Karbonatgehalt wie bei der gleichartigen Probe aus 68,00 m Tiefe angenähert identisch ist mit dem HCl-löslichen Anteil der Gesamtsubstanz. Einen ähnlich hohen Karbonatgehalt wie diese aus feinstem Detritus der Gletscherflüsse sedimentierten kaltzeitlichen See-Ablagerungen weisen nach den Untersuchungen von JENNY & DE QUERVAIN (1961) übrigens auch die aus dem gleichen geologischen Einzugsgebiet stammenden Feinsande aus Schottern des Zürcher Oberlandes auf, nämlich meist um 45-50% der Gesamtsubstanz. Damit ordnen sich diese «anorganischen» Seebodenlehme recht gut in die Reihe ähnlicher quartärer Ablagerungen dieses Gebietes.

5. Vivianit, «Blaueisenerde»

Der im Detailprofil (Fig. 2) mit schwarzen «Körnern» eingezeichnete Vivianit [$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$] erscheint im frischen Bohrkern als schneeweisse kreideartige Masse, mit dem Fingernagel schabbar, welche an der Luft im Verlauf einiger Minuten hellblau anläuft und nach einigen Stunden bis Tagen ein leuchtendes, sattes Himmelblau erreicht. Bei starkem Erhitzen wird die Farbe zerstört. Proben dieses Materials wurden im Institut für Kristallographie an der ETH durch Dr. Müller-von Moos untersucht, wobei sich zeigte, dass bei diesem Material gewisse Probleme der Nachweisbarkeit sich einstellten, welche nun Gegenstand weiterer Untersuchungen sind. In unseren Bohrkernen erscheint der Vivianit meist mehr oder weniger an die horizontale Schichtung des fossilen Faulschlammes gebunden; er kommt vor von kleinen, von Auge gerade noch sichtbaren Körnern und Flocken bis zu nussgrossen Knollen, rein, ohne sichtbare Einschlüsse, oft parallel zur Schichtung etwas abgeflacht. Das grösste in den Bohrkernen aufgefundene Stück lag angenähert horizontal; es war 6 cm lang und je ca. 1 cm breit und hoch. Dünne Reste von verkohltem Holz folgten stellenweise seiner Oberfläche, was auf einen sekundären Ersatz von Holz in Vivianit schliessen lässt. Auch bei den abgebildeten Föhrennadeln in Tafel 2 und dem Tannenzapfen in Tafel 3 ist dies teilweise der Fall. Vivianit und Pflanzenreste sind hier oft, aber nicht immer, miteinander verbunden. Eine derartige Verbindung von Vivianit mit Schalenresten von Schnecken oder Ostracoden oder mit Fragmenten von Insekten konnte jedoch nirgends beobachtet werden. Es scheint aber auch, dass die Vivianit-Substanz innerhalb dieser Sedimente noch eine weitgehendere Mobilität geniesst. So wurde in einer ca.

2,5 km weiter NNW gelegenen Bohrung, Nr. 224, eine durch Moränenkontakt stark glazial-tektonisch deformierte Partie desselben vivianitführenden Faulschlamms angetroffen, bei welcher sich entlang einer steilstehenden internen Gleitfläche ein dünner Vivianit-Belag abgesetzt hatte. Wenn es auch klar scheint, dass die Bildung des Vivianites eine sekundäre, im reduzierenden Milieu vor sich gehende Erscheinung ist, so bleibt es vorerst doch noch ein Rätsel, wie sich die dazu benötigten Mengen von Eisen und Phosphor lokal derart anreichern konnten.

6. Palynologische Untersuchungen

Da die erbohrten zwischeneiszeitlichen See-Ablagerungen reich an einsedimentiertem Blütenstaub sind, eignen sie sich besonders gut für pollenanalytische Untersuchungen. Solche werden zurzeit von M. Welten (Bern) an verschiedenen quartären Ablagerungen des Zürcher Oberlandes und anderer Gebiete vorgenommen; sie wurden auch auf die hier besprochene Bohrung Nr. 221, Uster, ausgedehnt. Gemäss mündlicher Mitteilung wird der genannte Autor die detaillierten Resultate in einem weiteren Zusammenhang veröffentlichen, doch können hier bereits vorläufige Angaben aus den uns freundlicherweise zur Verfügung gestellten bisherigen Resultaten der Bohrung Nr. 221 gemacht werden. Eine Gegenüberstellung der generellen palynologischen Befunde mit unserer weiter oben dargestellten Schichtgliederung ist in Tabelle 2 enthalten.

7. Warmzeitliche Sedimentationszyklen

Aus der Detailbeschreibung des Bohrprofiles (Fig. 2) kann ersehen werden, dass die rund 7 m mächtigen warmzeitlichen Ablagerungen nicht einheitlich zusammengesetzt sind, sondern drei periodisch sich wiederholende Sedimentationszyklen umfassen, welche im Zusammenhang mit den entsprechenden Klimaschwankungen betrachtet werden müssen (man vergleiche hierzu die Zusammenstellung in Tab. 2).

Der erste Zyklus beginnt im ausklingenden Spätglazial, wo in den noch «anorganischen» tonig-siltigen See-Ablagerungen von Schicht (14) die ersten makroskopisch erkennbaren Fossilien (Schalenreste) auftreten. Es folgt hierauf die starke Seekreide-Bildung der Schichten (13) und (12) mit Ostracoden und Süßwasserschnecken nebst fraglichen Muschelchen und einzelnen makroskopischen Insekten- und Pflanzenresten. Mit einem ziemlich abrupten Übergang erscheint sodann in Schicht (11) eine ausgeprägte Ablagerung von Faulschlamm (Gyttja), in welcher zahlreiche pflanzliche und tierische Überreste ziemlich gut erhalten geblieben sind.

Der zweite Zyklus beginnt über scharfer Grenze wiederum mit einer kaltzeitlichen, fossilarmen tonig-siltigen See-Ablagerung [Schichten (10) und (9)]. Die nachfolgende «Seekreide-Phase» ist hier jedoch nur unrein ausgebildet, vermischt mit gyttja-artigem Material und reich an blauen Vivianit-Körnern, aber doch mit recht hohem Karbonatgehalt [Schicht (8)]. Nach einer Übergangsschicht (7) stellt sich sodann auch bei diesem Zyklus ein ausgesprochen kalkärmer fossiler Faulschlamm mit zahlreichen Vivianit-Körnern ein [Schicht (6)].

Tabelle 2: Vorläufige Resultate der palynologischen Untersuchungen am Kernmaterial der Bohrung Nr. 221, Uster ZH

Bohr-tiefe m u.T.	Schicht Nr. in Fig.2	vorläufige Pauschalangaben nach M.WELTEN	
		genereller Pollengehalt	Bemerkungen
06.20	(1)	viel Nichtbaumpollen (NBP), dazu ordentlich <u>Picea</u> (Rottanne) und <u>Pinus</u> (Föhre), wenig <u>Larix</u> (Lärche)	kaltzeitlich (Würm)
60.40	(2)+(3)+(4)	<u>Picea</u> -Dominanz	interstadial (Odderade?)
61.60	(4)+(5)	<u>Pinus</u> -reiche Phase	stadial
62.70	(6)+(7)+(8)	oben: <u>Picea</u> -Dominanz mit viel <u>Larix</u> unten: <u>Pinus</u> -Dominanz	interstadial (Brörup?)
64.60	(9)+(10)	viel NBP, ferner <u>Pinus</u> , <u>Picea</u>	zieml.kaltes Stadial
65.15	(11)	<u>Picea</u> -Dominanz, zu oberst mit kurzer <u>Pinus</u> -Dominanz. <u>Buxus</u> (Buchsbaum) bes. bei 65.5m	Riss/Würm-Interglazial (Eem)
65.70	(12)	<u>Abies</u> -Dominanz (Weisstanne) mit Eichen-Ulmen-Linden-Ahorn-Mischwald mit max. nur 7% <u>Carpinus</u> (Hagebuche). <u>Buxus</u> Max. bei ca. 66 m	
66.60	(13)	Eichenmischwald (besonders <u>Quercus</u>) dominiert schwach über <u>Corylus</u> (Haselnuss), die zu unterst am stärksten vertreten ist. <u>Buxus</u> . <u>Hedera</u> (Efeu) sporadisch von 65.5 bis 66.7m	
66.80	(14)	<u>Pinus-Hippophaë</u> (Sanddorn) - <u>Salix</u> (Weide) - Phase um 67m mit <u>Pinus</u> -Waldphase bei 67.0 m, beide ganz knapp entwickelt, darunter <u>Artemisia</u> (Wermut) - NBP-reich	ausklingendes Spätglazial
67.45	(15)ff	<u>Artemisia</u> - <u>Ephedra</u> (Meerträubchen) - Steppen mit <u>Pinus</u> -Spuren u. <u>Betula</u> (Birken)-Spuren	extreme Kaltzeit (Riss)
105.4			

Auch der dritte Zyklus beginnt mit siltigen Tonen [Schicht (5)]; darüber erscheint anstelle von Seekreide eine tonig-siltige Ablagerung mit nur mässig erhöhtem Karbonatgehalt mit einzelnen Pflanzenresten und wenig Vivianit [Schicht (4)], und schliesslich ist in Schicht (2) auch hier eine Lage von vivianitführendem, fossilreichem schokoladebraunem Faulschlamm anzutreffen, welche diesen Zyklus mit scharfer Grenze nach oben abschliesst.

8. Makroskopisch sichtbare Fossilien (Tf. 1-3)

In den Bohrkernen der zwischeneiszeitlichen See-Ablagerungen konnten zahlreiche Fossilien verschiedener Art ausgemacht werden. Sie zeigen sich nur vereinzelt innerhalb der Seekreide und der siltigen Tone, in grosser Zahl dagegen im braunen fossilen Faulschlamm. Die Pflanzenreste erscheinen als braune bis schwarze (kohlige) Fasern, Stäbchen, Nadeln oder Blattreste und sind stets horizontal in der Schichtung gelagert. Die Tierreste teilen sich in weisse, z.T. perlmutterglänzende

Trümmer von Schneckenschalen, Ostracoden und Muschelchen (?) und in meist schwarz glänzende Fragmente von Insekten.

Ein Teil des Kernmaterials wurde sorgfältig zerlegt; die angetroffenen Fossilien liessen sich relativ gut herauspräparieren, da sie meist in aufgebrochenen Schichtflächen lagen; die repräsentativsten sind in den beigefügten Tafeln 1-3 abgebildet.

Die pflanzlichen Funde, deren Entdeckung ja auch den ersten Anstoss zur genaueren Untersuchung der hier beschriebenen Sedimente ergab, harmonisieren recht gut mit dem pollenanalytisch gewonnenen Bild der zwischeneiszeitlichen Flora, und ebenso geben die vorgefundenen Insekten und Schalentiere Kunde von der damaligen Lebewelt, deren Spuren im Schutze einstiger See-Ablagerungen die ganze letzte Eiszeit überdauert haben und nun nach gegen hunderttausendjähriger Ruhe aus dem Untergrund von Uster ans Tageslicht gefördert worden sind.

Verdankungen

Die Bestimmungen der abgebildeten pflanzlichen Fossilien wurden in zuvorkommender Weise von Prof. R. Hantke (Zürich) überprüft und ergänzt. Die vorläufigen Resultate der pollenanalytischen Untersuchungen wurden uns von Prof. M. Welten (Bern) freundlichst zur Verfügung gestellt. Für die Identifikation der abgebildeten Insekten war Dr. G.R. Coope (Birmingham) in verdankenswerter Weise gerne bereit. Die einwandfreie Bestimmung des Vivianites wurde durch Dr. Müller-von Moos (Institut für Kristallographie an der ETH) vorgenommen. Für die Ausführung der Analysen zum Chemismus der verschiedenen Sedimente wurde das Institut Bachema (Zürich) beigezogen.

Allen diesen Herren sowie den weiteren Diskussionspartnern bei der Beleuchtung der auftauchenden Probleme sei hier bestens gedankt.

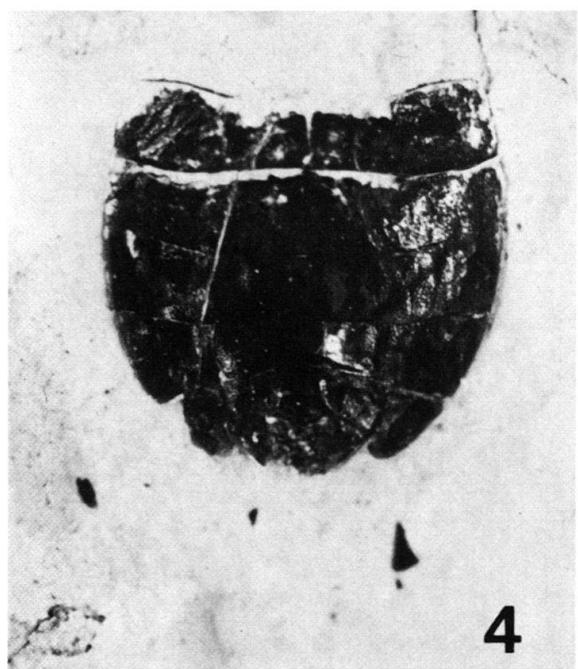
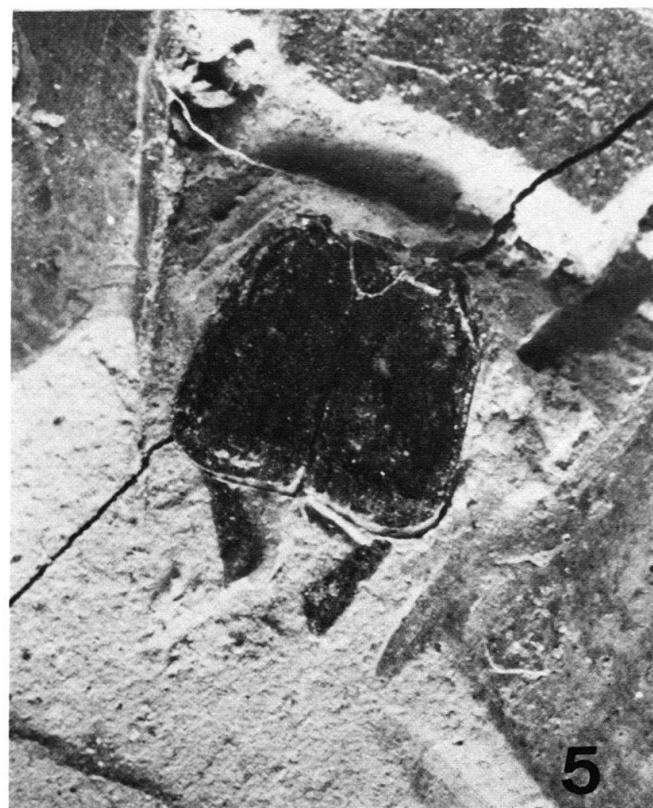
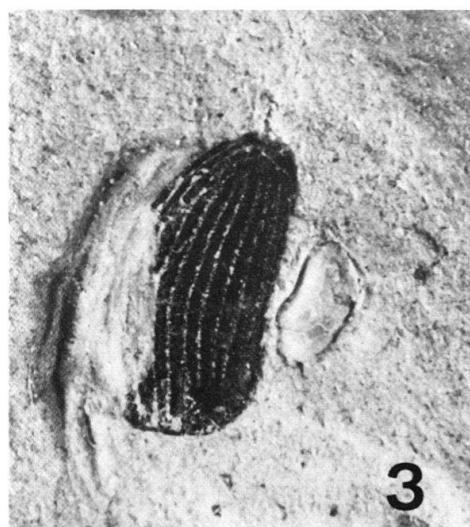
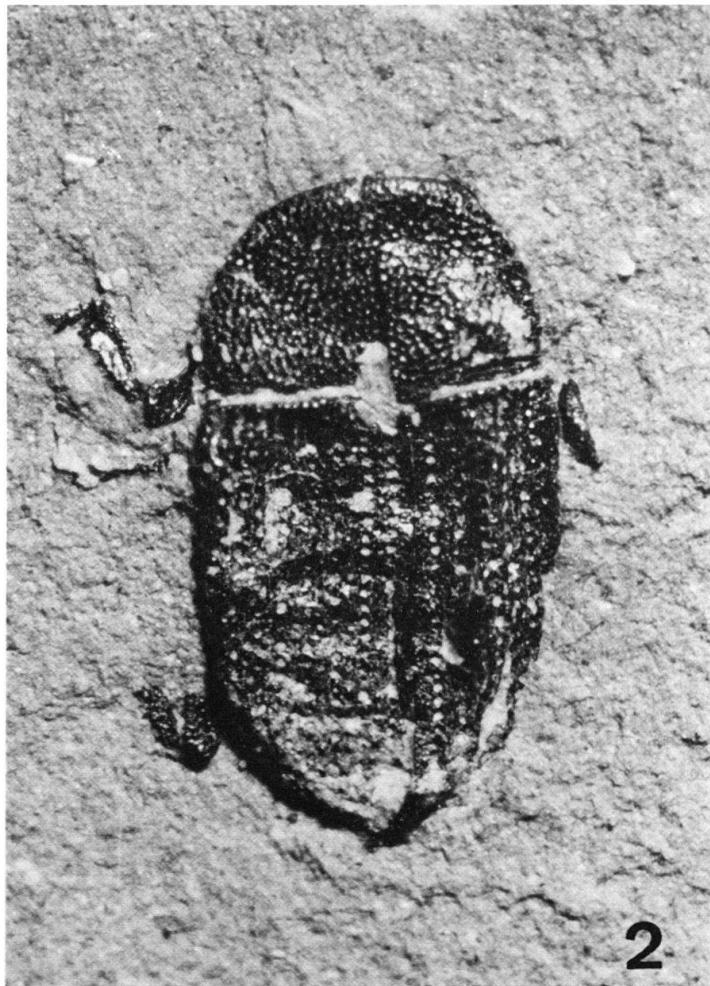
LITERATURVERZEICHNIS

- HALDIMANN, P. (1978): *Quartärgeologische Entwicklung des mittleren Glattals.* – Eclogae geol. Helv. 71/2.
HANTKE, R., und Mitarb. (1967): *Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50 000.* – Leemann, Zürich.
HEER, O. (1865): *Die Urwelt der Schweiz.* – Schulthess, Zürich.
JENNY, V., & DE QUERVAIN, F. (1961): *Untersuchungen von Kalk- und Dolomitgehalt an Sanden quartärer Ablagerungen der Nordostschweiz.* – Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt. 41/2.

Tafel 1

Die abgebildeten Tierreste wurden in der Bohrung Nr. 221 in den braunen fossilen Faulschlamm-Schichten gefunden - mit Ausnahme von Figur 4 (= aus der weissen Seekreide).

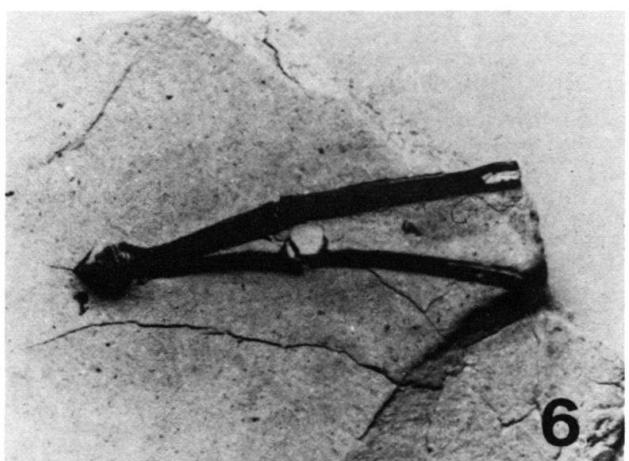
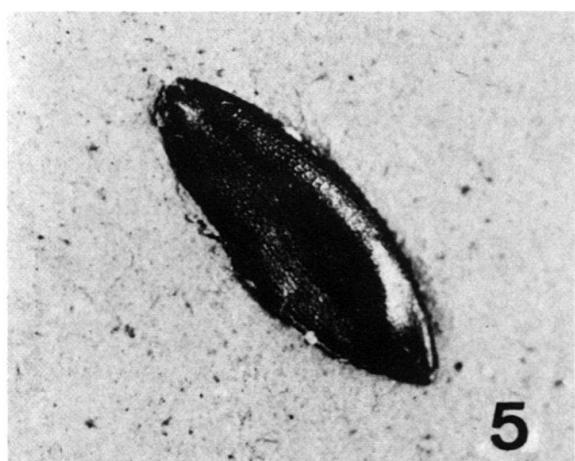
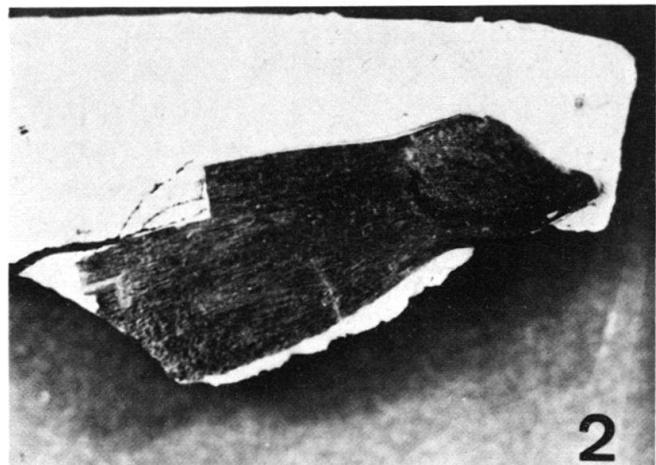
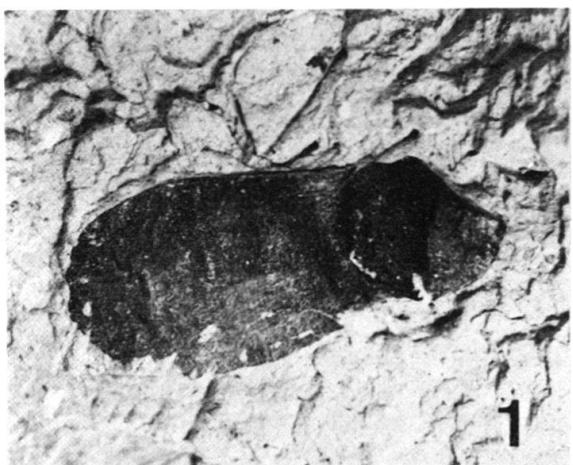
- Fig. 1 *Acidota crenata* F. - Linker Halsschild eines Kurzflüglers (Staphylinidae). Dieser Käfer ernährt sich von kleineren Arthropoden (Gliederfüßlern). Dr. G.R. Coope fand ihn auch rezent im Moos unter Nadelbäumen (Vergr. 30×).
- Fig. 2 *Hylurgops palliatus* GYLL. - Der «Fichtenbastkäfer» ist auch heute in Europa weit verbreitet. Er bevorzugt Rottannen (*Picea*) und Weisstannen (*Abies*) und lebt in der Rinde von Ästen, auch in abgefallenen vermodernden Teilen derselben (Vergr. 30×).
- Fig. 3 Deckflügel eines Käfers und rechts davon eine kleine Ostracoden-Schale (Muschelkrebs) mit perlmutterartigem gelblichem Glanz (Vergr. 10×).
- Fig. 4 *Hemiptera* sp. (Schnabelkerfe). - Glänzend schwarzer Hinterteil (Abdomen) vermutlich einer Wanze. Bohrtiefe ca. 66 m (Vergr. 15×).
- Fig. 5 *Tachinus* sp. - Gehört zu den «Raupenfliegen», deren Larven als Parasiten in Insekten leben. Im Bild sind die beiden Deckflügel zu sehen, unter welchen die «Zipfel» der zart struierten Flugflügel hervortreten. Bohrtiefe ca. 61,30 m (Vergr. 15×).



Tafel 2

Die abgebildeten Pflanzenreste waren alle in braunen fossilen Faulschlamm-Schichten der Bohrung Nr. 221 eingebettet, z.T. von Vivianit begleitet. Eine Ausnahme macht Figur 6, welche zwar denselben Schichten entstammt, jedoch aus Bohrung Nr. 224.

- Fig. 1 Flügelsamen von *Picea cf. omorika* (Serbische Fichte). – Die Spitze des Samenkornes fehlt. Bohrung Nr. 221, Tiefe ca. 63 m (Vergr. 4×).
- Fig. 2 Flügelsamen von *Pinus* (Föhre) (Vergr. 4×).
- Fig. 3 Flügelsamen von *Picea cf. omorika*. – Der graue Fleck neben dem Samenkorn besteht aus blauem Vivianit (Vergr. 4×).
- Fig. 4 Flügelsamen von *Picea cf. omorika* (Vergr. 4×).
- Fig. 5 Same von *Najas flexilis* (Nixenkraut). – Eine einjährige Unterwasserpflanze. Bohrung Nr. 221 (Vergr. 13×).
- Fig. 6 Kurztrieb von *Pinus* (Föhrennadeln). – Der runde helle Fleck zwischen den beiden Nadeln sowie die helle Partie am Ende der oberen Nadel besteht aus hellblauem Vivianit. Bohrung Nr. 224, Tiefe 77,10 m (Vergr. 2×).
- Fig. 7 Spross von *Picea*, im Bild von links nach rechts wachsend. – Bohrung Nr. 221, Bohrtiefe 64,30 m (Vergr. 4×).



Tafel 3

- Fig. 1 Blatt von *Betula pubescens* (Moorbirke). – Die runde Begrenzung rechts entspricht dem Rand des Bohrkernes. Bohrung Nr. 221, Tiefe 65,65 m (nat. Grösse).
- Fig. 2 Blatt von *Quercus* sp. (Eiche). – Bohrung Nr. 221, Tiefe 63,50 m (nat. Grösse).
- Fig. 3a/b Stück eines Zapfens von *Picea omorika* (Serbische Fichte). – Die hellen Partien in 3a sind anhaftende Reste des fossilen Faulschlamms, aus welchem der Zapfen herauspräpariert wurde. Dieser ist im Innern teilweise durch Vivianit ersetzt. An der Oberfläche treten nur die in 3b punktierten Knöllchen in der oberen Hälfte des Zapfens als blauer Vivianit in Erscheinung. Bohrung Nr. 224, Tiefe 77,10 m (Vergr. 3×).
- Fig. 4 *Planorbis* sp. (im Wasser lebende «Tellerschnecke»). – Weiss mit schwachem Perlmutterglanz in brauner, vivianitführender Faulschlamm-Schicht. Bohrung Nr. 221 (Vergr. 8×).
- Fig. 5 Warven-Schichtung im feingeschichteten «Seebodenlehm». – Sehr feinkörniges, gelblichgraues Material. Aufrecht photographiert. Die feinen Strukturstörungen, welche besonders entlang den scharfen Obergrenzen der dunkleren Lagen sichtbar sind, deuten auf eine periodisch sehr leicht bewegte Sedimentation hin. Bohrung Nr. 221, Tiefe 71,45 m (Vergr. 5½×).

