

Zeitschrift:	Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber:	Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band:	80 (1987)
Heft:	1
Artikel:	Lithostratigraphische, sedimentologische und chronologische Untersuchungen im Quartär des Schweizer Seelandes (Kantone Bern und Fribourg)
Autor:	Wohlfarth-Meyer, Barbara
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-165991

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: 25.02.2026

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

Lithostratigraphische, sedimentologische und chronologische Untersuchungen im Quartär des Schweizer Seelandes (Kantone Bern und Fribourg)

Von BARBARA WOHLFARTH-MEYER¹⁾)

ABSTRACT

The study of the Quaternary sediments along the border of one of the overdeepened troughs in the western part of the Swiss Seeland revealed a complex and detailed lithostratigraphy. The most intensive glacial erosion down to the Molasse bedrock is supposed to have taken place during Mindel glaciation (in the classical scheme) or before. Until now the oldest sediments recorded are the lacustrine clays of Müntschemier, which by their lithostratigraphic position and by palynological data point to a Holsteinian age (Holstein in the sense of WELTEN). The deposits of the penultimate glaciation consist of a coarse fluvioglacial gravel deposited in front of the glacier by a braided river system. These so-called "Untere Seelandschotter" can be separated from the "Obere Seelandschotter" either by a high percentage of Jurassic limestone clasts and/or by a small outcrop of another lacustrine complex yet undated (lacustrine clays of Treiten). The "Obere Seelandschotter" correspond together with the overlying till to the last glaciation of this area (Upper Würm). This upper gravel complex has also been deposited by a proglacial braided river system.

ZUSAMMENFASSUNG

Geologische Untersuchungen am Talrand des Seeländischen Tropes im Westschweizer Seeland ermöglichen eine fazielle und annähernde zeitliche Gliederung der quartären Sedimente. Die bis jetzt lithostratigraphisch ältesten Ablagerungen stellen die Seetone von Müntschemier dar; pollentalytische Untersuchungen an diesen Seetonen legen die Hypothese nahe, dass es sich um einen Abschnitt aus dem Holstein (sensu WELTEN) handeln könnte. Im Hangenden der Seetone folgen die Unteren Seelandschotter; sie wurden während der vorletzten Vereisung im Vorfeld des Gletschers in einem proglazialen verzweigten Fluss-System abgelagert. Die Unteren Seelandschotter unterscheiden sich von den lithostratigraphisch jüngeren, Oberen Seelandschottern einerseits durch ihren hohen Anteil an jurassischen Kalkgeröllen; andererseits sind im Liegenden der Oberen Seelandschotter die Seetone von Treiten aufgeschlossen; sie konnten bisher nicht pollentalytisch datiert werden. Die Oberen Seelandschotter stellen Vorstoss-Schotter dar und wurden, wie die Unteren Seelandschotter in einem proglazialen verzweigten Fluss-System abgelagert. Obere Seelandschotter und die hangende Moräne repräsentieren die letzte Vergletscherung dieser Gegend im Oberen Würm. Die zeitliche Einstufung der Tiefenerosion im Seeland kann mit mindestens Mindeleiszeitlich (im klassischen Sinne) oder eventuell sogar älter angenommen werden.

¹⁾ Seminar für Ur- und Frühgeschichte der Universität Basel, Labor für Urgeschichte, Petersgraben 9–11, CH-4051 Basel.

1. Einleitung

Seit dem Beginn des letzten Jahrhunderts beschäftigten sich zahlreiche geologische, geomorphologische und palynologische Untersuchungen mit den quartären Ablagerungen im Schweizer Seeland. Die daraus resultierenden, oft kontroversen Ansichten zur zeitlichen Einstufung der einzelnen Schotter-, Seeton- und Moränenkomplexe sind in MEYER-WOHLFARTH (1986a, b) diskutiert.

Der präquartäre Untergrund des heutigen Seelandes besteht aus einer Abfolge von langezogenen, stark übertieften Felsbecken und glazial überprägten Molasseanhöhen. Nach KELLERHALS & THRÖHLER (1976) sind die langgezogenen Felsbecken in die Molasseantiklinalen eingetieft; die Hügelzonen stellen Synklinalstrukturen dar. Die beiden genannten Autoren unterscheiden einerseits eine Jurasüdfussrinne (mit Bielersee und Neuenburgersee) und andererseits den Seeländischen Trog (mit Grossem Moos und Murtensee). Der Längsverlauf dieser Felsbecken ist durch die tektonische Struktur der Molasse gegeben: die Faltenachsen der subjurassisch gefalteten Molasse verlaufen in Südwest-Nordost-Richtung, die der mittelländischen Molasse in Westsüdwest-Ostnordost-Richtung (RAMSEYER 1952, SCHÄR 1971, BECKER 1973, KELLERHALS & TRÖHLER 1976, vgl. Fig. 1 und 2).

Die quartären Ablagerungen finden sich heute in mehreren Kiesgruben am Nordwest- und Südoststrand des Seeländischen Tropes aufgeschlossen.

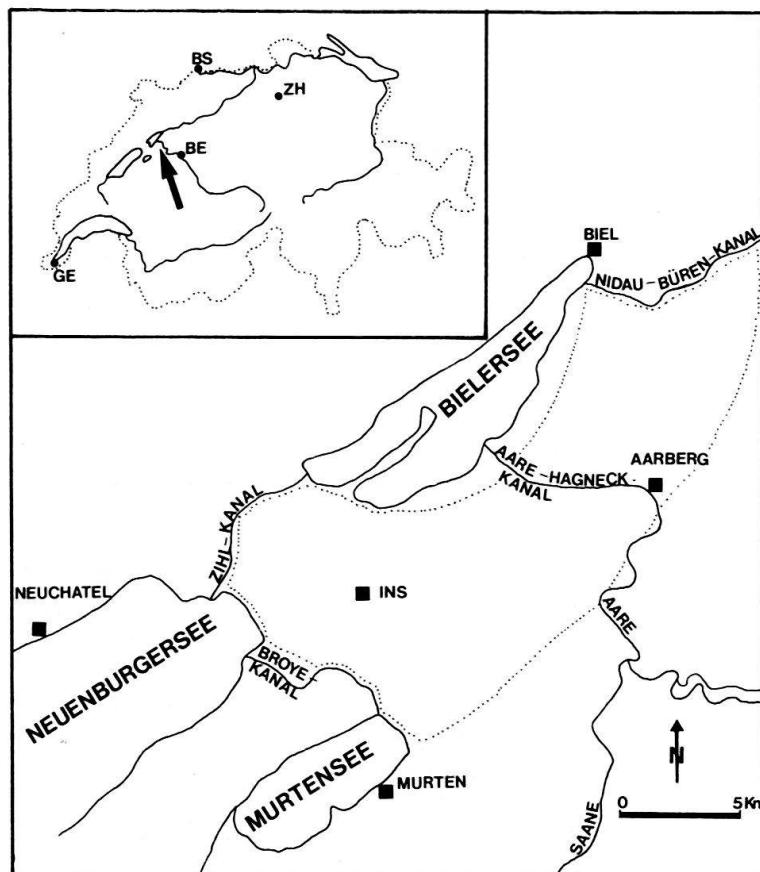


Fig. 1. Die Lage des Untersuchungsgebietes (punktiert) im Westschweizer Seeland.

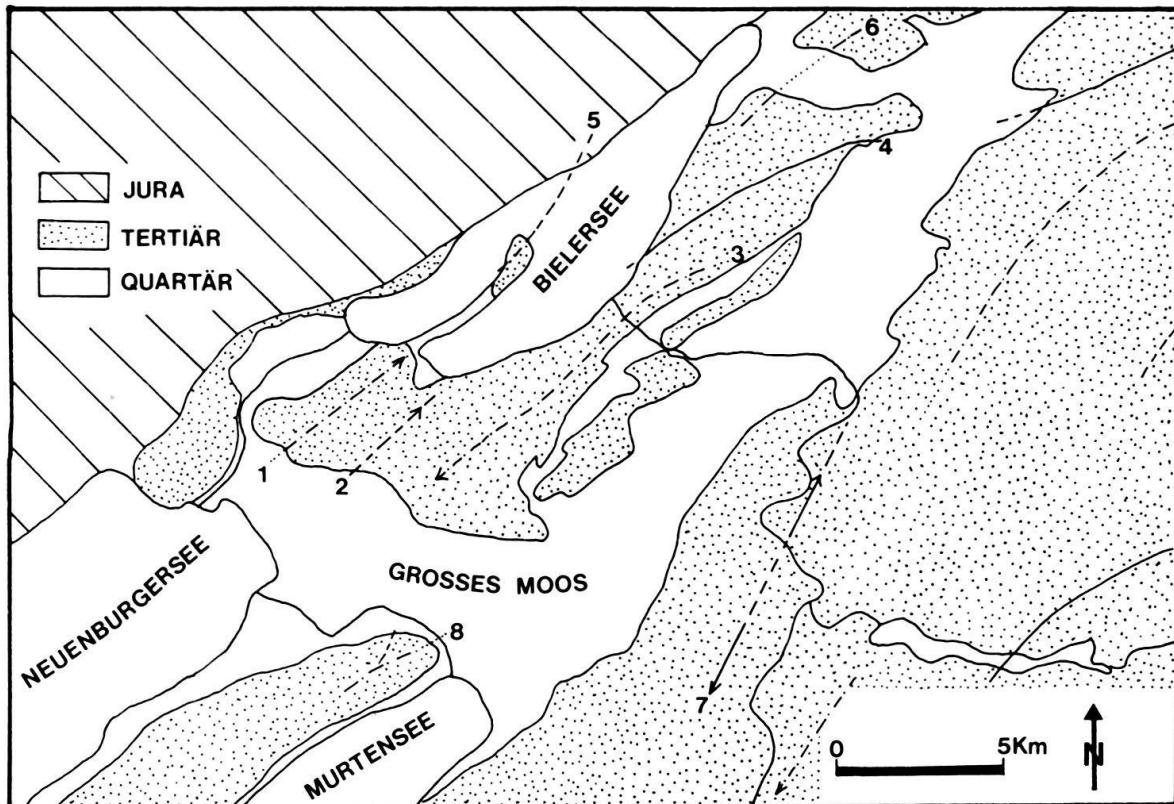


Fig. 2. Geologisch-tektonische Übersichtskarte des Seelandes, umgezeichnet nach SCHÄR (1971), BECKER (1973), und KELLERHALS & TRÖHLER (1976).

1: Jolimont-Synklinale, 2: Gampelen-Antiklinale, 3: Grossholz-Hagneck-Synklinale, 4: Mörigen-Antiklinale, 5: Kapf-Antiklinale, 6: Lattrigen-Synklinale, 7: Niederried-Antiklinale, 8: Mont Vully-Synklinale.

Die Jurasüdfussrinne liegt im Bereich des Bieler- und Neuenburgersees, der Seeländische Trog umfasst den Murtensee, das Grosse Moos und die Alluvialebene des Alten Aare-Systems.

Die Neubearbeitung dieser eiszeitlichen Sedimente mit Hilfe differenzierter Untersuchungsmethoden (Einregelungsmessungen, Geröll-, Korngrößen- und Pollenanalysen) ermöglichte eine fazielle und annähernde, zeitliche Gliederung der quartären Sedimente im Seeland (MEYER-WOHLFARTH 1986a, b).

2. Untersuchungsmethoden

Basierend auf den Methoden von SCHLÜCHTER (1973, 1976), EHLERS (1980) und HERPIN (1983) wurden pro Aufschluss in vertikaler Abfolge im Abstand von 0,5–3 m (je nach Sedimentationsverhältnissen) Proben für die Geröllanalyse entnommen. Die Anzahl der ausgezählten Gerölle liegt zwischen 150–200 (Korndurchmesser 2,0–6,3 cm). Für eine vereinfachte Darstellungweise wurden die einzelnen Geröllspektren in folgende Gruppen zusammengefasst: Jurakalke, alpine Kalke, Kristallingerölle, Quarze inkl. Gangquarze und Molassesandsteine.

Die Einregelung der Längsachsen von Geschieben in Grundmoränen widerspiegelt die glazialdynamischen Verhältnisse zur Zeit der Ablagerung (RICHTER 1932). Für die Einregelungsmessungen wurde eine begrenzte Aufschlussfläche innerhalb der Grundmoräne gewählt, die für das jeweilige Sediment repräsentativ und in sich homogen ist. Im Durchschnitt konnten 50–100 Gerölle pro Aufschluss eingemessen werden. Die Richtung der Längsachsen der einzelnen Gerölle (4–15 cm Länge, grösste Länge mindestens das Doppelte des mittleren Durchmessers) wurde mit Hilfe des Geologenkompasses eingemessen (MÖBIUS 1984).

An einigen Moränenkomplexen wurden Proben für Korngrößenanalysen entnommen; die Seetone wurden palynologisch untersucht.

3. Stratigraphie und Sedimentologie der Quartären Ablagerungen

3.1 Die Seetone von Müntschemier

Synonym: Interglaziale Seetonserie, Riss/Würm-Interglazial (KELLERHALS & TRÖHLER 1976).

Die im östlichen Teil der Kiesgrube Müntschemier-Guggleracher erbohrte Abfolge von Seetonen stellt die bis jetzt älteste lithostratigraphische Einheit im Seeland dar. Das Bohrprofil der mehr als 7 m mächtigen Seetone ist in Figur 7 wiedergegeben und setzt sich aus einer Wechsellegerung von sandigem und tonigem Silt, Tonen, Mittel- Grob- und Feinsanden mit einzelnen Geröllen zusammen. Von unten nach oben kann eine Korngrössenzunahme beobachtet werden.

Die feinkörnige Ausbildung der Sedimente weist auf eine Ablagerung in stehendem Wasser mit eher niedriger Sedimentationsrate hin. Die Zunahme von grobsandigen Lagen im Dach der Seetone steht in Zusammenhang mit einer allmählich stärker werdenden fluviatilen/fluvioglazialen Aktivität.

Die Verbreitung der Seetone beschränkt sich auf das Gebiet von Müntschemier. Ein Vergleich mit der von KELLERHALS & TRÖHLER (1976) beschriebenen «Seetonserie» ist nicht möglich, da sowohl die Datierung als auch die geologische Ansprache dieser «Seetonserie» unklar ist (MEYER-WOHLFARTH 1986a, b).

«Die pollenanalytischen Untersuchungen ergaben eine Dominanz der Baumpollen (*Picea* 10–28%, *Abies* 8–20%, *Pinus* 12–25%, *Betula* 2–7%, *Corylus* 10–25%, *Alnus* 2–8%, *Ulmus* 1–5%, *Tilia* 0–1%, *Quercus* 1–6%, *Carpinus* 0–2%); in fast allen Proben fanden sich Körner von *Buxus* und *Pterocarya*, in einigen Proben auch Körner von *Hedera*, *Ilex*, *Taxus*, *Juglans*, *Fagus* und *Carya*. Das regelmässige Vorkommen dieser Thermophilen Elemente sowie die hohen Anteile der z. T. anspruchsvollen obengenannten Gattungen von Gehölzen belegen, dass wir Sediment aus einer Warmzeit vor uns haben.»

Der Vergleich mit dem bedeutenden Profil Meikirch (z. B. Meikirch II, WELTEN 1982) legt die Arbeitshypothese nahe, dass es sich um einen Abschnitt aus dem Holstein handelt. Doch muss dies mit weiteren Untersuchungen in der Region überprüft werden» (schriftl. Mitt. B. Ammann, März 1985).

3.2 Zum Begriff «Seelandschotter»

Für die nachfolgende Diskussion des Ablagerungsmilieus und der zeitlichen Einstufung der sogenannten «Seelandschotter», die bis heute keine widerspruchsfreie lithostratigraphisch definierte Einheit darstellen, sollen vorausgehend die unterschiedlichen Ansichten zur Entstehung und Altersstellung dieser Schotter dargestellt werden:

AEBERHARDT (1903, S. 217–218):

Alluvionen der Broye, Zihl und Saane; Hochterrassenschotter, Mindel/Riss-Interglazial.

AEBERHARDT (1907, S. 16):

Niederterrassenschotter, Riss/Würm-Interglazial.

ANTENEN (1936, S. 76):

Ältere Seelandschotter, Vorstoss des Würmgletschers.

STAUB (1950, S. 112):

Ältere Seelandschotter, fluvioglaziale Bildungen während des Solothurner Stadiums; Würm I/II-Interstadial.

ZIMMERMANN (1963, S. 27, 45, 50):

Niederterrasse und polygene Schotter, Würm.

SCHÄR (1971, S. 12):

Vorstoss-Schotter, Würm.

BECKER (1972, S. 129 und 1973, S. 9):

Les hautes terrasses de la région du Seeland; fluviatile Schotter, Riss/Würm-Interglazial.

KELLERHALS & TRÖHLER (1976, S. 30):

Randliche Seelandschotter, Vorstoss-Schotter, Würm.

V. D. MEER (1982, S. 29, 85):

«lower fluvioglacial deposits», «upper fluvioglacial deposits overlying the upper till», Spätwürm.

Eine Neudefinition der «Seelandschotter» im Sinne einer informellen Einheit (Schweizerische Geologische Kommission 1973) erscheint verfrüht, da die laterale Ausdehnung und die fazielle Verzahnung der Ablagerungen noch unklar sind. Daher wird in dieser Arbeit der von KELLERHALS & TRÖHLER (1976) eingeführte Begriff «Seelandschotter» übernommen.

Im Gebiet des Grossen Mooses können die Seelandschotter in den Kiesgruben von Ins und Müntschemier auf Grund ihrer lithologischen Zusammensetzung in zwei zeitlich verschiedene Ablagerungen unterteilt werden: in die Unteren und in die Oberen Seelandschotter; in der Kiesgrube Treiten sind zusätzlich im Liegenden der Oberen Seelandschotter Seetone aufgeschlossen.

3.3 Die Unteren Seelandschotter von Ins und Müntschemier

Der im basalen Teil der Kiesgruben Ins und Müntschemier aufgeschlossene, weitgehend ungeschichtete, hellgraue Schotter mit grobsandiger Matrix besitzt eine Mächtigkeit von 2–7 m (Fig. 3 und 7). Von unten nach oben nimmt die Korngrösse von max. 10 cm auf max. 40 cm zu. Das Geröllspektrum dieser Unteren Seelandschotter wird dominiert durch den hohen Anteil an Jurakalkgerölle, die rund 50% des gesamten Geröllanteils ausmachen (vgl. Fig. 3).

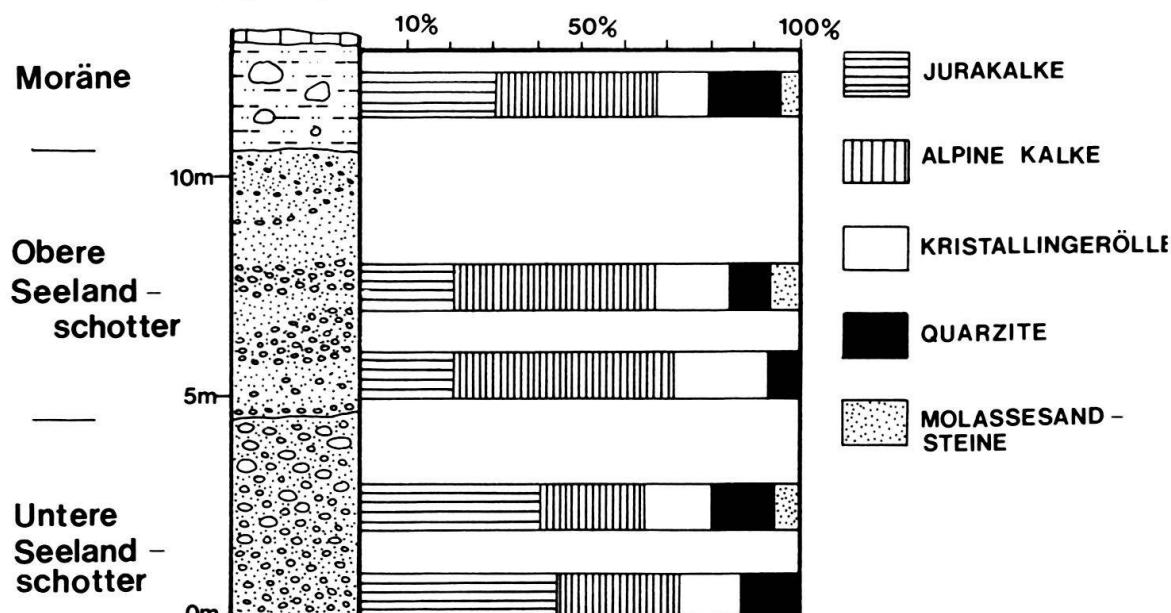


Fig. 3. Geröllanalysen in den Unteren und Oberen Seelandschottern und in der hangenden Moräne in der Kiesgrube Müntschemier-Guggleracher. Das Geröllspektrum der Unteren Seelandschotter wird durch den hohen Anteil an Jurakalk-Gerölle dominiert; dunkle alpine Kalke, Quarzite und Kristallingerölle sind nur untergeordnet vertreten. In den Oberen Seelandschottern und in der Moräne hingegen überwiegen die dunklen alpinen Kalke.

In Ins und Müntschemier lassen sich innerhalb des weitgehend ungeschichteten Schotterkörpers zahlreiche Rinnen beobachten, die mit ungeschichtet-grobgerölligen oder mit schräggeschichteten Schotterlagen verfüllt sind. Häufig alternieren in solchen Kiesbänken Schotterlagen mit diakener Schichtung mit matrixreichen Schotterlagen. Die Oberkante der Unteren Seelandschotter ist durch Gletschermilchausscheidungen um die Gerölle stark verfestigt.

Die Sedimentstrukturen lassen sich mit fossilen und rezenten verzweigten Fluss-Systemen aus proglazialen Gebieten vergleichen (RUST 1972, 1975; SMITH 1974). Die massiven, weitgehend ungeschichteten Schotter mit einer Korngrößenzunahme gegen oben sind charakteristisch für ein proximales, gletschernahes Ablagerungsmilieu (SMITH 1974, RUST 1975, CHURCH & GILBERT 1975).

Die Unteren Seelandschotter sind bisher nur aus den Kiesgruben von Ins und Müntschemier bekannt. In Müntschemier bilden die Seetone von Müntschemier das Liegende, in Ins ist die Liegendgrenze nicht aufgeschlossen. Im Hangenden der Unteren Seelandschotter folgen die Oberen Seelandschotter, an deren Basis in Müntschemier gerundete siltig-tonige Komponenten auftreten; der Vergleich mit der Kiesgrube Treiten (vgl. Kap. 3.4 und 3.5) legt die Annahme nahe, dass diese «mud balls» Erosionsrelikte des ursprünglich Hangenden der Unteren Seelandschotter in der weiteren Umgebung darstellen.

3.4 Die Seetone von Treiten

Synonym: Interglaziale Seetonserie, Riss/Würm Interglazial (KELLERHALS & TRÖHLER 1976)

Im basalen Teil der Kiesgrube Treiten-Ryffli war im Sommer 1984 eine ca. 50 cm mächtige Abfolge von Seetonen aufgeschlossen; sie bestand aus einem schwach siltigen Ton mit Feinsandlinsen und geringmächtigen Feinsandbändern (vgl. Fig. 7). Eckige, bis zu 20 cm grosse Molassesandstein-Brocken, einzelne kleine Kristallingerölle (bis 2 cm Ø), Pflanzenreste und Konkretionen konnten beobachtet werden.

Die palynologischen Untersuchungen an 3 Proben durch Frau Dr. B. Ammann ergaben eine Dominanz von Baumpollen mit 90 % (*Pinus* 35–44%, *Picea* 7–28%, *Abies* 2–17%, *Eichemischwald* 3–9%). Auch Einzelkörner von *Fagus*, *Carpinus*, *Juglans*, *Buxus*, *Carya* und *Ilex* fanden sich. Die deutliche *Pinus*-Dominanz unterscheidet diese Spektren von denjenigen aus Müntschemier, doch ist eine zeitliche Einstufung der drei Proben nicht möglich.

Weitere Aufschlüsse und Datierungen dieser Seetone fehlen, ein Vergleich mit der von KELLERHALS & TRÖHLER (1976) beschriebenen «Seetonserie» ist nicht möglich (für eine ausführliche Argumentation vgl. MEYER-WOHLFARTH 1986a,b). Entsprechend beschränkt sich die Verbreitung der Seetone von Treiten beim heutigen Kenntnisstand auf die Kiesgrube Treiten-Ryffli. Die Liegendgrenze der Seetone ist in Treiten nicht aufgeschlossen, das Hangende bilden die Oberen Seelandschotter.

3.5 Die Oberen Seelandschotter

Am Talrand des Seeländischen Troges (sensu KELLERHALS & TRÖHLER 1976) sind die Oberen Seelandschotter in den Kiesgruben von Ins, Müntschemier, Treiten, Finsterhennen, Niederhölzli, Walperswil, Bühl, Fräschels und Kallnach in einer Höhe von 440–460

m ü. M. aufgeschlossen. Der hohe Anteil an alpinen Kalken (40–90% des gesamten Geröllspektrums) verleiht den Oberen Seelandschottern die charakteristische dunkelgraue Farbe (vgl. Fig. 3 und 4). Die zusammenfassende Darstellung aller Geröllanalysen in den Oberen Seelandschottern ist in Fig. 5 wiedergegeben. Der Anteil an Jurakalkgerölle nimmt von Südwesten nach Nordosten allmählich von 23% auf 16% ab; die alpinen Kalke hingegen nehmen von 35% auf 65% zu. Kristallingerölle, Quarzite und Molasse-sandsteine liegen im Durchschnitt unter 20%.

Im westlichen und nordwestlichen Teil des Untersuchungsgebietes sind die Oberen Seelandschotter als Grob- und Mittelsande mit wenig mächtigen Schotterlagen ausgebildet; im zentralen und östlichen Teil überwiegen grobe, weitgehend ungeschichtete Schotter mit Grobsandmatrix. Das Dach der Oberen Seelandschotter ist, am Kontakt zur hangenden Moräne, stark verhärtet. Die einzelnen Gerölle sind hier durch Gletschermilch-Ausscheidungen zementiert, so dass die verhärteten Zonen regelrechte Vorsprünge bilden.

Die wichtigsten Sedimentstrukturen und Deformationen der Oberen Seelandschotter lassen sich wie folgt beschreiben und interpretieren:

- Die Abfolgen im westlichen und nordwestlichen Teil des Arbeitsgebietes (vgl. die Profile Müntschemier, Treiten und Ins in Fig. 7) mit Fein- und Mittelkiesen (\varnothing 2–10 mm), parallelaminierten Grob- und Mittelsanden, kreuz- und schräggeschichteten Sanden, «cut & fill» Strukturen stellen Schmelzwassersedimente dar, die einem distalen Ablagerungsmilieu zugeordnet werden können (CHURCH & GILBERT 1975).
- Die ungeschichteten, massiven bis schwach horizontal geschichteten Schotter mit Grobsandmatrix können nach SMITH (1974), CHURCH & GILBERT (1975) und RUST (1975) als Ablagerungen des «upper flow regime's» proximaler, verzweigter Flussnetze betrachtet werden.
- Tone, Silte und Feinsande treten als Linsen und wenig mächtige diskontinuierliche Horizonte innerhalb der Schotterabfolgen auf; sie stellen Ablagerungen niedriger Fliessgeschwindigkeit in verlassenen Flussrinnen dar (RUST 1975).
- Diakene Schichtung findet sich in Kiesbänken und in zahlreichen mit grobem Schotter verfüllten Rinnen. Nach SMITH (1974) entsteht diakene Schichtung während hoher Fliessgeschwindigkeit, wenn sich das Feinmaterial in Suspension befindet.
- Feinkiesumkrustete, gerundete und eckige, siltig-tonige Komponenten mit einem Durchmesser von 5–15 cm, wie sie in einigen Kiesgruben im basalen Teil der Oberen Seelandschotter auftreten (z. B. in Müntschemier und Treiten) werden von EHLERS (1975), RUEGG (1977) und EHLERS & GRUBE (1983) als «armoured silt or mud balls» beschrieben. Nach v. d. MEER (1982) können in verschiedenen Kiesgruben der Westschweiz «mud balls» aus plastischem Ton beobachtet werden, die in gefrorenem Zustand, als sg. «till balls» transportiert worden sind und einen nahen Gletscher oder die Erosion einer älteren Moräne anzeigen. Die stratigraphische Lage der «silt/mud balls» in der Kiesgrube Treiten (ca. 1 m über den liegenden Seetonen von Treiten) und die partielle Erosion der Seetone durch die Oberen Seelandschotter spricht eher dafür, dass diese «silt/mud balls» umgelagerte Seetone darstellen.
- In fast allen Aufschlüssen nimmt die Korngrösse der Schotter von unten nach oben zu; die Kiesgrube Treiten mit einer ca. 15 m mächtigen Abfolge lässt hier die vollständigste Ausbildung erkennen (Fig. 4).

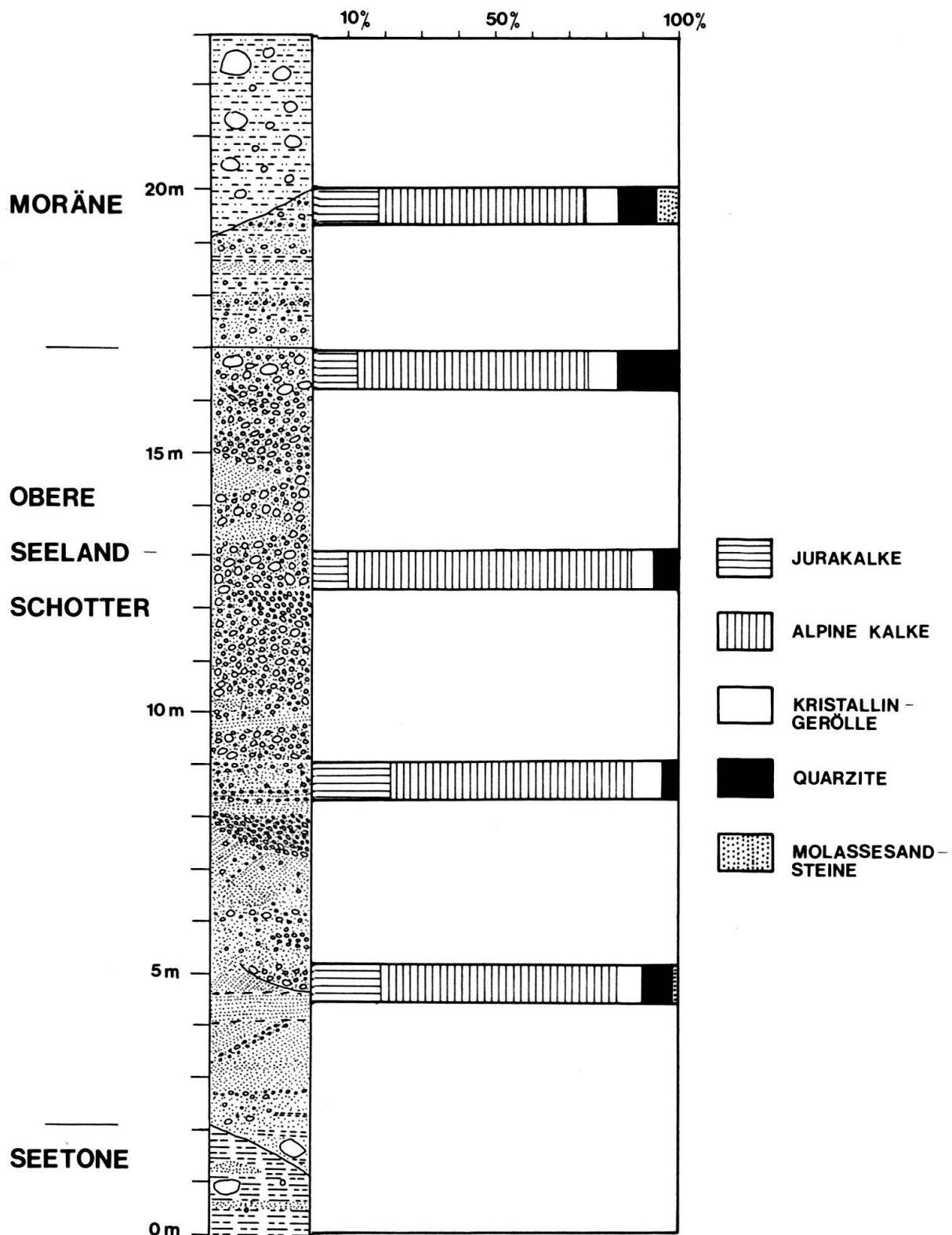


Fig. 4. Geröllanalysen in den Oberen Seelandschottern und in der hangenden Moräne in der Kiesgrube Treiten-Ryffli. Die Dominanz der alpinen Kalke im Geröllspektrum kommt deutlich zum Ausdruck. Im Liegenden der Oberen Seelandschotter sind die Seetone von Treiten aufgeschlossen.

- Im Schotter und in den Grobsanden treten lokal Stauchungen, kleinere Faltenstrukturen und Versatzbrüche auf. Sie lassen sich nach COLLINSON (1971), McDONALD & SHILTS (1975), EHLERS (1978) und HAMBREY (1984) mit dem Abschmelzen von begraben Toteisblöcken erklären. Proglaziale Flüsse können isolierte Eisblöcke transportieren, die ohne abzuschmelzen, von überlagernden Sedimenten begraben werden können (COLLINSON 1974).

Die lithologische und sedimentologische Ausbildung der Oberen Seelandschotter erlaubt es, sie mit rezenten und fossilen proglazialen verzweigten Fluss-Systemen zu vergleichen («proglacial braided outwash stream» RUST 1972, 1975; SMITH 1974), wie sie von WILLIAMS & RUST (1969), McDONALD & BANERJEE (1971), RUST (1972, 1975) und SMITH (1974) beschrieben werden.

Die von SCHLÜCHTER (1976, S. 85) aufgestellten Merkmale zur Interpretation eines Schotterkörpers als Vorstoss-Schotter treffen weitgehend auf die Oberen Seelandschotter zu und erlauben es, diese als Vorstoss-Schotter zu definieren:

- Diskordanz zum Liegenden
- generelle Korngrössenzunahme von Liegenden zum Hangenden
- die geröllpetrographische Zusammensetzung der Oberen Seelandschotter und der hangenden Moräne ist praktisch identisch, so dass eine lithologische Kontinuität gegeben ist.

Die Liegendgrenze der Oberen Seelandschotter bilden in Ins und Müntschemier die Unterer Seelandschotter, in Treiten die Seetone von Treiten. In den anderen Kiesgruben ist die Liegendgrenze nicht aufgeschlossen. Im Hangenden folgt in allen Kiesgruben mit unterschiedlicher fazieller Ausbildung die Moräne der letzten Vergletscherung. Da die Oberen Seelandschotter in direkter sedimentgenetischer Beziehung zum hangenden Moränenkomplex stehen, können sie gemeinsam mit diesem einem einheitlichen glazigenen Zyklus zugeordnet werden. Die Grundmoräne entspricht dem letzten Hauptvorstoss der letzten Vergletscherung; somit stellen die Oberen Seelandschotter und die hangenden Moränensedimente Ablagerungen des letzten Würmvorstosses dar.

3.6 Die Moränensedimente der letzten Vergletscherung

3.6.1 Bemerkungen zu den Begriffen «Moräne» und «Grundmoräne»

Im deutschen Sprachraum besitzt der Begriff «Moräne» sowohl eine genetisch-sedimentologische, als auch eine rein morphologische Bedeutung (GERMAN 1973). Im Englischen wurde der entsprechende Begriff «till» für das Gletschersediment von DREIMANIS (1982, S. 21) folgendermassen definiert:

«till is a sediment that has been transported and deposited by or from glacier ice with little or no sorting by water.» Die Bezeichnung «till» besitzt also nach dieser Definition eine rein lithogenetische Bedeutung. Der in diesem Text verwendete Begriff «Moräne» wird als Äquivalent dieser Definition verstanden, und beinhaltet das Sediment, jedoch nicht die Landschaftsform. Zu berücksichtigen ist, dass gleiche Landschaftsformen aus genetisch unterschiedlichen Moränentypen aufgebaut sein können und unterschiedliche Landschaftsformen den genetisch gleichen Moränentyp enthalten können (DREIMANIS 1980).

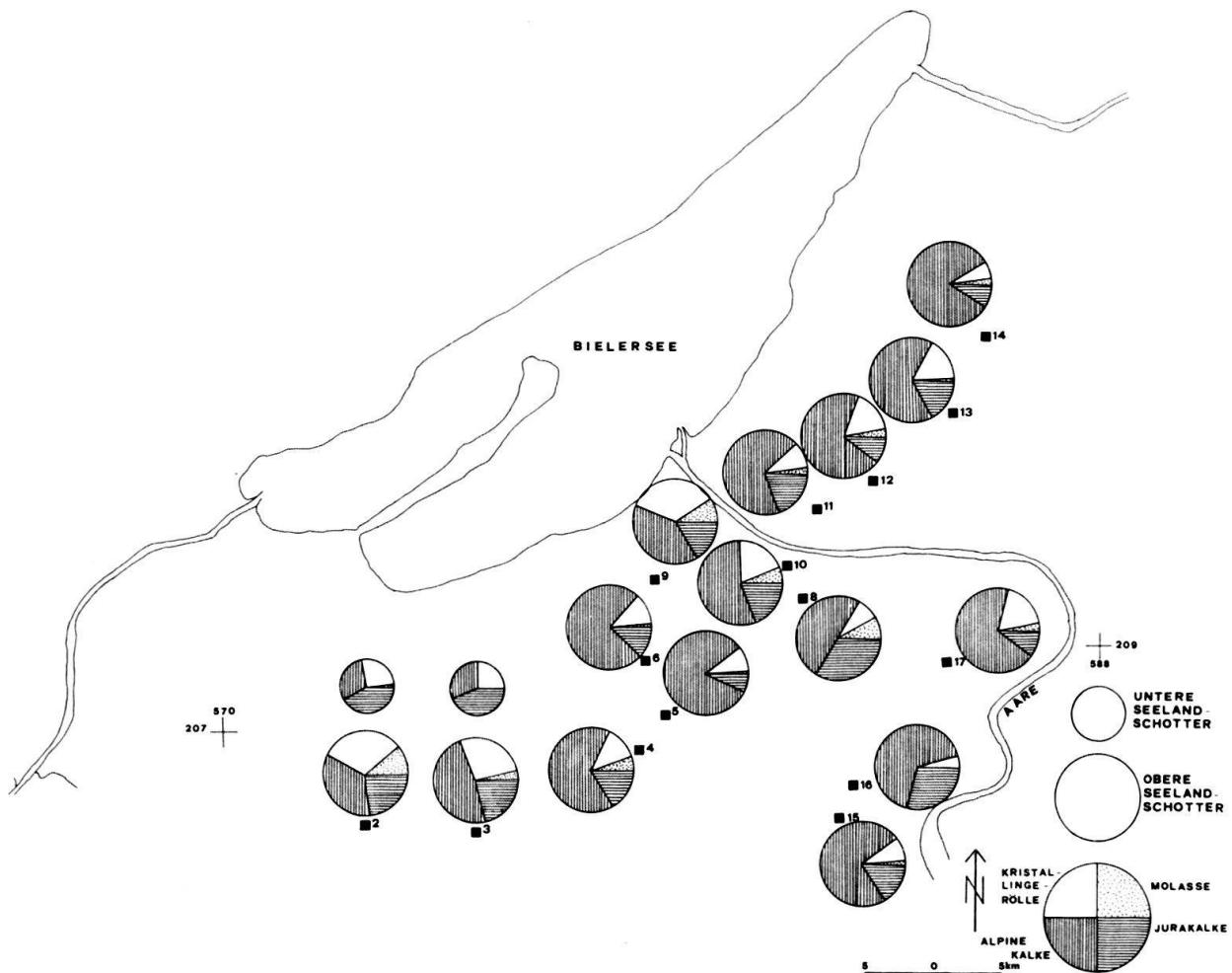


Fig. 5. Zusammenfassende Darstellung aller Geröllanalysen in den Oberen Seelandschottern; zum Vergleich sind auch die Analysen in den Untereren Seelandschottern eingetragen. Für die Aufschlussnummern vgl. Anhang.

Entsprechend ihrem Ablagerungsprozess können die genetisch definierten Moränen-sedimente in Primär- oder Orthomoränen und in Sekundär- oder Allomoränen unterteilt werden (DREIMANIS 1982). Die im Untersuchungsgebiet auftretenden Moränenentypen können generell den Primärmoränen zugeordnet werden, wobei der häufigste Moränen-typ die Grundmoräne ist («basal lodgement till» sensu DREIMANIS 1982); sie wird entspre-chend der Definition von DREIMANIS (1982, S. 24) verstanden: «*deposition of till from the sliding base of a dynamically active glacier by pressure melting and/or other mechanical processes.*» Abweichungen von diesem Faziestyp können in einigen Kiesgruben beobach-tet werden (MEYER-WOHLFARTH 1986a, b) werden jedoch hier nicht näher beschrieben.

3.6.2 Die Grundmoräne

Synonyma:

- Moraine de fond neoglaciaire, moraine de fond de la dernière période glaciaire (AEBERHARDT 1903, S. 77, 79)
- Rhonegletschermoräne, letzter Vorstoss des Rhonegletschers bis Solothurn (NUSSBAUM 1907, S. 27)
- Grundmoräne der Maximalausdehnung des Rhonegletschers (ANTENEN 1936, S. 49)
- Würm II-Moräne des Solothurner Stadiums des Rhonegletschers (STAUB 1950, S. 110)
- Moraine de fond, dernière extension du glacier du Rhône (PORTMANN 1956, S. 46)

- Grundmoräne der Würmeiszeit (ZIMMERMANN 1963, S. 64, 73)
- Moraine indifférenciée (regression wormienne), morine de fond argileuse (maximum wormien), moraine caillouteuse profonde (progression wormienne) (BECKER 1972, S. 143, 144, 147)
- Grundmoräne des Rhonegletschers, Akkumulationsphase der Würmvergletscherung (KELLERHALS & TRÖHLER 1976, S. 22)
- upper till (Spätwürm) (v. d. MEER 1982, S. 117)

Die Grundmoräne ist mit einer Mächtigkeit von 0,5 bis 4 m aufgeschlossen und zeichnet sich durch ihre äusserst kompakte Lagerung aus. Die Matrix besteht vorwiegend aus der Sandfraktion, Silt ist mit weniger als 35% und Ton mit weniger als 5% vertreten. Der hohe Sandanteil widerspiegelt einerseits das Molassesubstrat (Untere Süßwassermolasse, Obere Meeresmolasse) und andererseits die teilweise erodierten Unteren Seelandschotter. Das Geröllspektrum ist charakterisiert durch den hohen Anteil an Molasse-Sandsteinbrocken, Kristallin- und Quarzitgerölle und alpinen Kalken. Im südwestlichen Teil des Arbeitsgebietes liegt die Haupteinregelungs-Richtung der Geschiebe zwischen NNE–SSW und ENE–WSW. Im nördlichen Teil ändert sich die Richtung in WNW–ESE. Die Hauptrichtung des Rhonegletschers (NNE–SSW und ENE–WSW) scheint in den meisten Messungen zum Ausdruck zu kommen. In wie weit sich ein möglicher Einfluss des Aaregletschers (ESE–WNW) manifestiert, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Die Grundmoräne bildet die sedimentgenetische, hangende Fortsetzung der Oberen Seelandschotter; die geröllpetrographische Zusammensetzung der Schotter und der Grundmoräne ist praktisch identisch (vgl. Fig. 6). Rückzugsschotter im Hangenden der Grundmoräne (im Sinne der «fluvial deposits overlying the upper till» von v. d. MEER 1982) sind im Arbeitgebiet nicht aufgeschlossen.

4. Geochronologie der eiszeitlichen Ablagerungen und Bemerkungen zur Talgenese

Die Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen erfolgt weitgehend auf Grund lithostratigraphischer Untersuchungen; die Pollenanalysen unterstützen diese Befunde (Fig. 7, 8).

Die lithostratigraphisch tiefsten Ablagerungen stellen die Seetone von Müntschemier dar, deren Abfolge von unten nach oben eine Zunahme der Ablagerungsdynamik erkennen lässt (Fig. 7). Die pollenanalytischen Untersuchungen belegen eine warmzeitliche Entstehung dieser Sedimente. Vergleiche mit Meikirch II (WELTEN 1982) legen die Arbeitshypothese nahe, dass es sich hier um einen Abschnitt aus dem Holstein sensu WELTEN handeln könnte. Über den Seetonen von Müntschemier folgen die fluvioglazialen Unteren Seelandschotter; sie zeigen von unten nach oben ein deutliches Gröberwerden der Abfolge (Fig. 7). Ihr hoher Anteil an jurassischen Kalkgerölle (vorwiegend Malm und Kreide) lässt auf eine bedeutende Erosion im Bereich des Jurasüdfusses und damit auf weitergefassste hydrographische Bedingungen des damaligen Gletschers schliessen und unterscheidet sie deutlich von den Oberen Seelandschottern. Gehen wir davon aus, dass die letzte Eiszeit im Westschweizer Mittelland einphasig verlaufen ist (SCHLÜCHTER 1982, siehe unten), d. h. mit einem einzigen Hauptvorstoss im Oberen Würm (sensu CHALINE & JERZ 1984), so müssen die Unteren Seelandschotter als Relikt einer älteren vorletzteiszeitlichen Vergletscherung betrachtet werden.

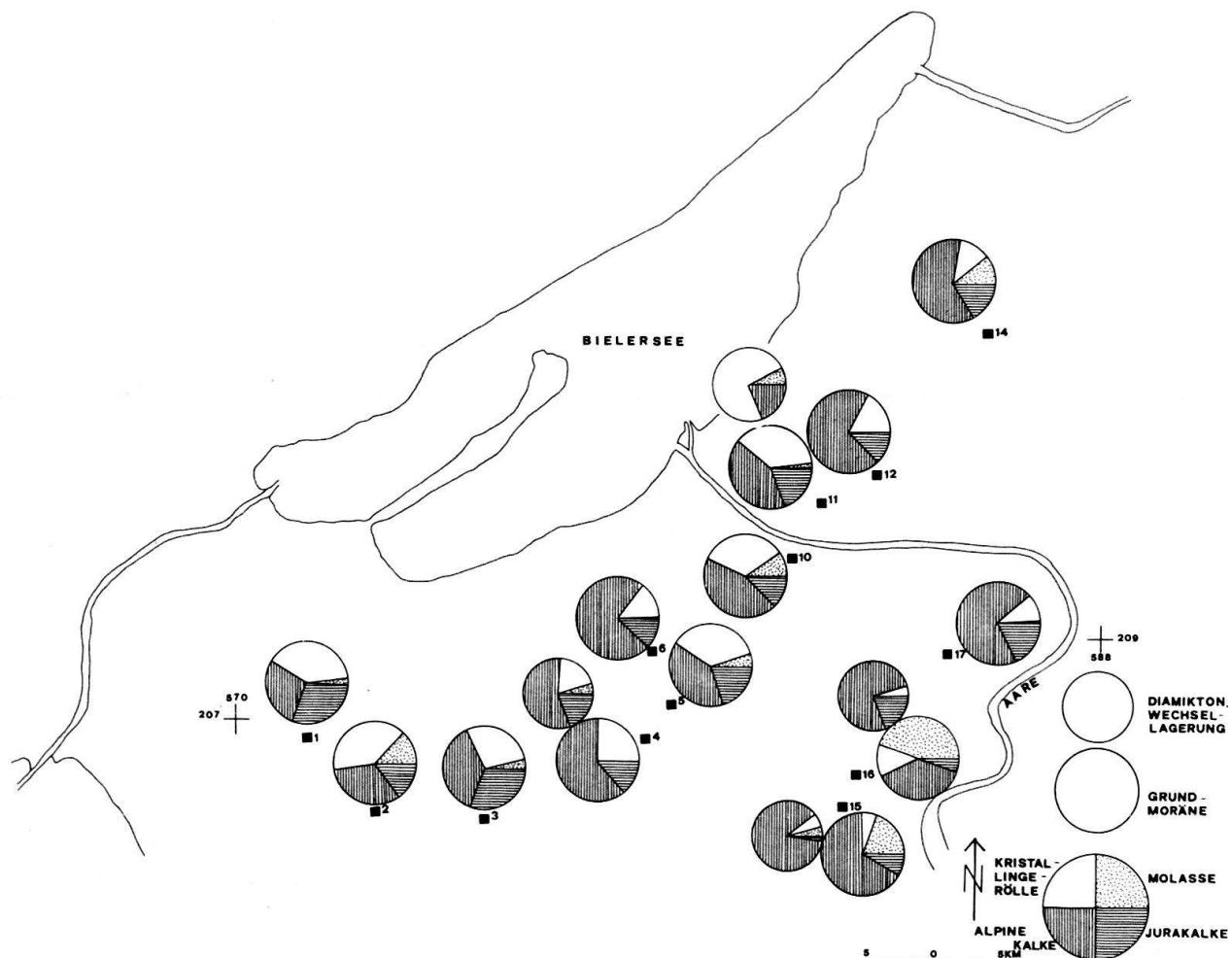


Fig. 6. Zusammenfassende Darstellung aller Geröllanalysen in den Moränensedimenten. Die Dominanz der alpinen Kalke kommt auch hier deutlich zum Ausdruck. Für die Aufschlussnummern vgl. Anhang.

Im Hangenden der Unterer Seelandschotter folgen in Ins und Müntschemier die Oberen Seelandschotter; in der Kiesgrube Treiten hingegen sind im Liegenden der Oberen Seelandschotter die Seetone von Treiten aufgeschlossen (Fig. 7). Sie können pollenanalytisch einer Warmzeit zugeordnet werden, jedoch kann nicht entschieden werden, ob das Pollenspektrum einer Interstadial- oder einer Interglazialzeit entspricht.

In Treiten folgt über den Seetonen mit einer erosiven Diskordanz die vollständigste Abfolge der Oberen Seelandschotter (Fig. 7). Sie können als Vorstoss-Schotter definiert werden und stellen randliche bis frontale Sandablagerungen im Vorfeld eines Gletschers dar, von dem sie anschliessend überfahren wurden. Der entstandene Moränenkomplex steht in direkter sedimentogenetischer Beziehung zu den talrandlichen Schottern. Grundmoräne und Obere Seelandschotter stellen folglich einen einheitlichen glazigenen Zyklus dar, der dem Hauptvorstoss der letzten Eiszeit zugeordnet werden kann.

Diese Resultate lassen sich mit der Bohrung Meikirch vergleichen, in der über dem palynostratigraphisch definierten «Eem» (sensu WELTEN) ein einziger glaziger Zyklus folgt (SCHLÜCHTER 1982, WELTEN 1982). SCHLÜCHTER (1982) äussert die Vermutung, dass in Mittellandprofilen wie Meikirch und auch Uster eine einmalige Vergletscherung seit

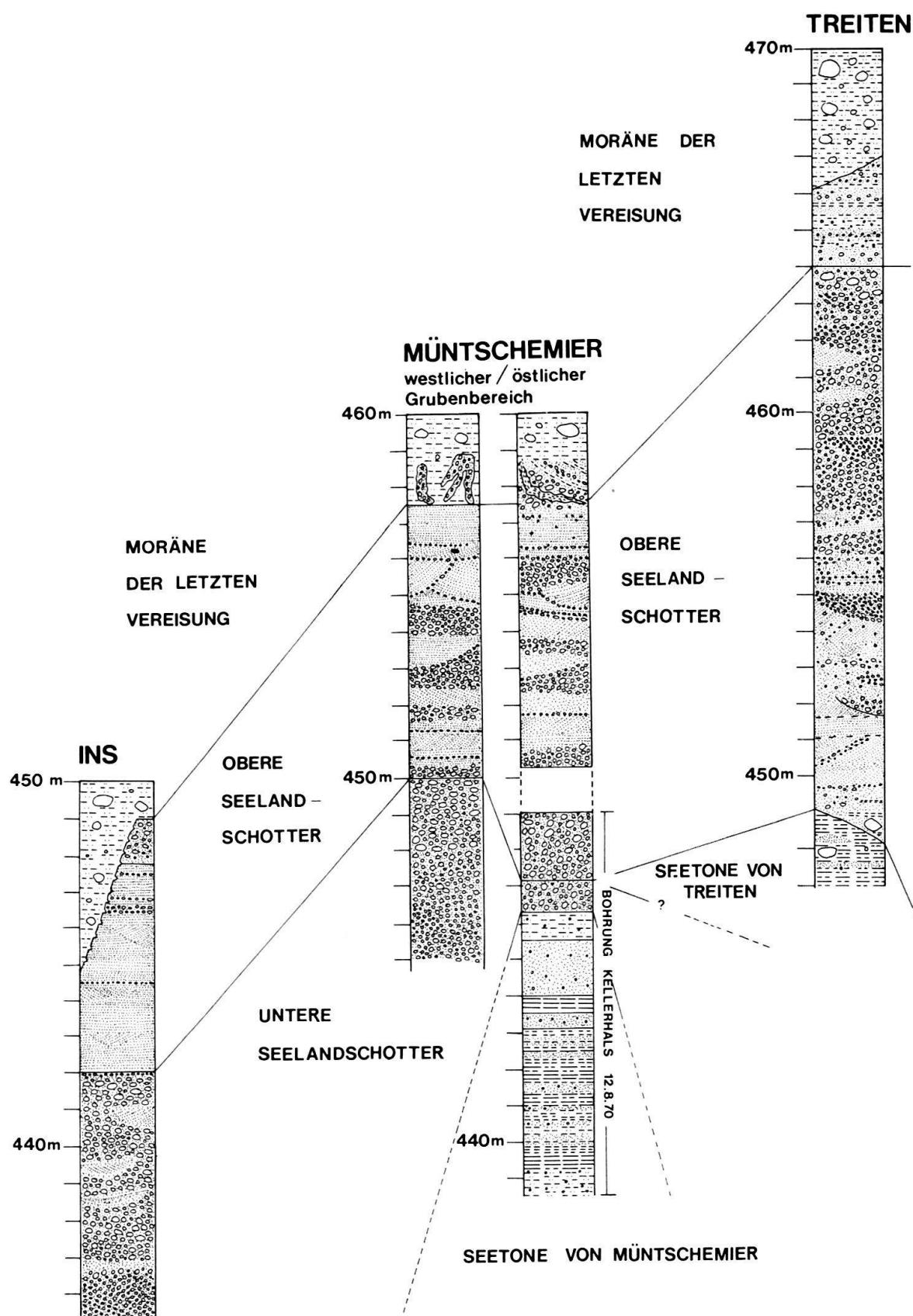


Fig. 7. Die lithostratigraphische Korrelation der pleistozänen Ablagerungen im Westschweizer Seeland.

dem letzten Interglazial (Eem sensu WELTEN) zum Ausdruck kommt. Demgegenüber zeigen die alpennäheren Profile im Aaretal zwei vollständig ausgebildete fluvioglaziale/glatziale Akkumulationszyklen: die Unteren und die Oberen Münsingerschotter (I. und II. Würmvorstoss) (SCHLÜCHTER 1976, 1982). Die Oberen Seelandschotter und die Grundmoräne lassen sich entsprechend den obigen Ausführungen mit der «mächtigen Würmablagerung» (WELTEN 1982, S. 76) von Meikirch und dem von V. D. MEER (1982) beschriebenen unteren Schotter- und oberen Moränenkomplex zeitgleich stellen.

Eine Zusammenfassung der vorläufigen zeitlichen Einstufung der glazialen Sedimente im Seeland ist in Fig. 8 dargestellt.

Der Seeländische Trog (*sensu* KELLERHALS & TRÖHLER 1976) stellt ein stark übertieftes Felsbecken dar, dessen Molasseuntergrund im Südosten auf ca. 200 m ü. M. liegt; Richtung Nordosten steigt der Molasseuntergrund leicht an (SCHLÜCHTER 1979). Mindel-spätglaziale Sedimente und das Holstein-Interglazial konnten von WELTEN (1981, 1982) in Meikirch nachgewiesen werden. Die Seetone von Müntschemier stellen mit grösster Wahrscheinlichkeit spät-vorletztinterglaziale oder frühglaziale Sedimente der vorletzten Vergletscherung dar, und sind somit älter als die vorletzte Vergletscherung (Riss im klassischen Sinne). Wie aus Figur 7 ersichtlich ist, sind die Seetone von Münt-

	LITHOSTRATIGRAPHIE	CHRONOSTRATIGRAPHIE
△ △ △ △		
△ △ △		
△ △ △ △	GRUNDMORÄNE	
△ △ △		HAUPTVORSTOSS
△ △ △ △		OBERES WÜRM
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○	OBERE	
○ ○ ○ ○	SEELANDSCHOTTER	
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
?	SEETONE VON TREITEN	?
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○		
○ ○ ○ ○	UNTERE	VORLETZTES
○ ○ ○ ○	SEELANDSCHOTTER	GLAZIAL
	SEETONE VON MÜNTSCHEMIER	VORLETZTES INTERGLAZIAL (HOLSTEIN ?) /BEGINN VORLETZTES GLAZIAL

Fig. 8. Die zeitliche Einstufung der glazialen Sedimente im Westschweizer Seeland.

schemier nur noch relikтивisch vorhanden und lassen deutliche Reliefstrukturen erkennen. Die reliefartige Erhaltung der Seetone von Müntschemier spricht für eine zeitliche Einstufung der Tiefenerosion als älter als Riss (im klassischen Sinne), wenn nicht sogar mindeleiszeitlich (im klassischen Sinne). Die nachfolgenden Vergletscherungen (Untere und Obere Seelandschotter, Grundmoräne) sind vorwiegend durch Akkumulationen gekennzeichnet. Die von SCHLÜCHTER (1985) beschriebene mittelpaläozäne Wende, ab der vermehrt Akkumulationen und nur relativ schwache Erosionen zu beobachten sind, kann auch für das Seeland festgestellt werden. Mit Beginn des vorletzten Interglazials (?) fanden keine markanten Tiefenerosionen mehr statt.

Verdankung

Frau Dr. B. Ammann danke ich ganz herzlich für die Analyse der Pollenproben von Müntschemier und Treiten.

ANHANG

Verzeichnis der Aufschlüsse

Die Koordinaten beziehen sich auf das Netz der Landeskarten der Schweiz 1:25 000 (Blätter 1145 Bielersee, 1165 Murten, 1146 Lyss).

1. Ins-Brönnerei, 573.300/206.600; 2. Ins/VLG, 574.600/205.425; 3. Müntschemier-Guggleracher, 576.500/206.325; 4. Treiten-Ryffli, 579.500/206.750; 5. Treiten-Oberfeld, 580.000/207.500; 6. Finsterhennen-Uf der Höchi, 580.125/208.775; 7. Siselen-Schiesstand, 580.600/209.850; 8. Holenwald, 582.400/209.700; 9. Niederhölzli, 579.750/210.000; 10. Grosswald-Obermoos, 582.225/210.525; 11. Beich, 583.650/211.350; 12. Walperswil-Zilhag, 583.650/211.850; 13. Walperswil-Oberfeld, 584.750/213.000; 14. Bühl-Uf der Hole, 585.550/213.875; 15. Fräschels-Im Holz, 582.800/205.300; 16. Challnechwald, 583.450/206.125; 17. Kallnach-Wolfberg, 585.100/208.600.

LITERATURVERZEICHNIS

- AEBERHARDT, B. (1903): Note sur le Quaternaire du Seeland. – Arch. sci. phys. nat. 16/7, 71–88, und 16/8, 213–228.
— (1907): Note préliminaire sur les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale. – Eclogae geol. Helv. 10/7, 15–28.
- ANTENEN, F. (1936): Geologie des Seelands. – Biel.
- BECKER, F. (1972): Géologie de la région du lac de Morat entre la vallée de la Sarine et le lac de Neuchâtel. – Thèse Univ. Fribourg.
— (1973): Notice explicative de la feuille géologique 63 Murten. – Schweiz. Geol. Komm.
- CHALINE, J. & JERZ, H. (1984): Arbeitsergebnisse der Subkommission für europäische Quartärstratigraphie. Strato-typen des Würm-Glazials. – Eiszeitalter und Gegenwart 35, 185–206.
- CHURCH, M. & GILBERT, R. (1975): Proglacial fluvial and lacustrine environments. In JOPLING, A. V. (Ed.): Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation (S. 22–100) SEPM Spec. Publ. 23.
- COLLINSON, J. D. (1971): Some effects of ice on a river bed. – J. Sediment. Petrol. 41/2, 557–564.
- DREIMANIS, A. (1980): Terminology and development of genetic classifications of materials transported and deposited by glaciers. In STANKOWSKY, W. (Ed.): Tills and glacigenic deposits (S. 5–10). – Serie Geografia 20.
— (1982): Genetic classification of tills and criteria for their differentiation: Progress report on activities 1977–1982, and definition of glacigenic terms. In: SCHLÜCHTER, CHR. (Ed.): INQUA Report on activities 1977–1982 (S. 12–31), Zürich.
- EHLERS, J. (1975): Neue Untersuchungen zur Entstehung der Harburger Berge. – Harburger Jb. 14, 7–49.
— (1978): Vor dem Eisrand abgelagerte Sedimente – Beispiele aus Niedersachsen. – Mitt. Geol. Paläont. Inst. Univ. Hamburg 48, 17–32.
— (1980): Feinkieszählungen im südlichen Geestgebiet Dithmarschens. – Schr. Naturw. Ver. Schleswig-Holstein 50, 37–55.
- EHLERS, J. & GRUBE, F. (1983): Meltwater deposits in Northwest Germany. In: EHLERS, J. (Ed.): Glacial deposits in North-West Europe (S. 249–256), Rotterdam.

- GERMAN, R. (1973): Sedimente und Formen der glazialen Serie. – Eiszeitalter und Gegenwart 23/24, 5–15.
- HAMBREY, M. J. (1984): Sedimentary processes and buried ice phenomena in the proglacial areas of Spitsbergen glaciers. – *J. Glaciol.* 30/104, 116–119.
- HERPIN, R. (1983): Sedimentpetrographie im Quartär zwischen Bocholt und Lingen. – Sonderveröff. Geol. Inst. Univ. Köln 46.
- KELLERHALS, P. & TRÖHLER, B. (1976): Grundlagen für die siedlungswasserwirtschaftliche Planung des Kantons Bern. Hydrogeologie Seeland. – WEA Bern.
- MCDONALD, B. C. & BANERJEE, I. (1971): Sediments and bedforms on a braided outwash plain. – *Canad. J. Earth Sci.* 8, 1282–1301.
- MCDONALD, B. C. & SHILTS, W. M. (1975): Interpretation of faults in glaciofluvial sediments. In: JOPLING, A. V. & MCDONALD, B. C. (Ed.): *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation* (S. 123–131). – SEPM Spec. Publ. 23.
- MEER, V. D. J. J. M. (1982): The Fribourg area, Switzerland. A study in Quaternary geology and soil development. – *Publ. Fys. Geogr. Bodemk. Lab. Univ. Amsterdam* Nr. 32.
- MEYER-WOHLFARTH, B. (1986a): Das jüngere Quartär im Westschweizer Seeland. – Unpubl. Diss. Univ. Köln.
- (1986b): Das jüngere Quartär im Westschweizer Seeland, Teil I Stratigraphie der eiszeitlichen Ablagerungen. – *Rév. de Paléobiol.*, Vol. 5/1 (im Druck).
- MÖBIUS, G. (1984): Strukturtektonische Arbeitsmethoden in der Glazialtektonik. – *Z. geol. Wiss. Berlin* 12/3, 335–347.
- NUSSBAUM, F. (1907): Über die Schotter im Seeland. – *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1–29.
- PORTMANN, J.-P. (1956): Pétrographie des moraines du glacier würmien du Rhône dans la région des lacs subjurassiens (Suisse). – *Bull. soc. neuch. Géogr.* 51/5, 13–55.
- RAYMSEYER, R. (1952): Geologie des Wistenlacherberges (Mont Vully) und der Umgebung von Murten (Kt. Fribourg). – *Eclogae geol. Helv.* 45/2, 165–217.
- RICHTER, K. (1932): Die Bewegungsrichtung des Inlandeises rekonstruiert aus den Kritzen und Längsachsen der Geschiebe. – *Z. Geschiebeforsch.* 8, 62–66.
- RUEGG, G. H. J. (1977): Features of Middle Pleistocene sandur deposits in The Netherlands. – *Geol. Mijnbouw* 50, 5–24.
- RUST, B. (1972): Structure and process in a braided river. – *Sedimentology* 18, 221–245.
- (1975): Fabric and structure in glaciofluvial gravels. In: JOPLING, A. V. & MCDONALD, B. C. (Ed.): *Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation* (S. 238–248). – SEPM Spec. Publ. 23.
- SCHÄR, U. (1971): Erläuterungen zum geologischen Atlasblatt 60, Bielersee. – Schweiz. Geol. Komm. Bern.
- SCHLÜCHTER, CHR. (1973): Die Münsingenschotter, ein letzteiszeitlicher Schotterkörper im Aaretal südlich Bern (Festschrift Rutsch). – *Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing.* 39/96, 69–78.
- (1976): Geologische Untersuchungen im Quartär des Aaretals südlich von Bern. – *Beitr. Geol. Karte d. Schweiz [N. F.]* 148.
- (1979): Übertiefe Talabschnitte im Berner Mittelland zwischen Alpen und Jura (Schweiz). – *Eiszeitalter und Gegenwart* 29, 102–113.
- (1982): Die lithostratigraphische Gliederung der Ablagerungen seit der letzten Zwischeneiszeit. – *Geographica Helv.* 2, 85–92.
- (1985): Summary chart of the Ice-Age-Stratigraphy in the Northern Alpine Foreland. In: SCHLÜCHTER, CHR., WEGMÜLLER, S. & WELTEN, M. (Ed.): *Guidebook to the excursions of oct. 16. & 17., 1985, Quaternary reference sections in the eastern and central alpine foreland of Switzerland* (S. 7).
- Schweizerische Geologische Kommission (1973): Empfehlungen zur Handhabung der stratigraphischen, insbesondere lithostratigraphischen Nomenklatur in der Schweiz. – *Eclogae geol. Helv.* 66/2, 479–492.
- SMITH, N. D. (1974): Sedimentology and bar formation in the Upper Kicking Horse River, a braided outwash stream. – *J. Geol.* 82, 205–223.
- STAUB, W. (1950): Die drei Hauptstadien des Rhonegletschers im Schweizer Mittelland zur letzten Eiszeit. – *Ber. Geobot. Inst. Rübel*, 110–114.
- WELTEN, M. (1981): Gletscher und Vegetation im Laufe der letzten hundertausend Jahre (vorläufige Mitteilung). – *Jb. Schweiz. Natf. Ges.* 1978, 5–18.
- (1982): Stand der palynologischen Quartärforschung am schweizerischen Nordalpenrand. – *Geographica Helv.* 2, 75–83.
- WILLIAMS, P. F. & RUST, B. (1969): The sedimentology of a braided river. – *J. Sed. Petrol.* 39/2, 649–679.
- ZIMMERMANN, H. W. (1963): Die Eiszeit im zentralen Mittelland (Schweiz). – *Mitt. Natf. Ges. Solothurn* 21, 10–143.

Manuscript eingegangen am 25. November 1986. Revision angenommen am 16. Dezember 1986