

Untersuchungen in den nacheiszeitlichen Ablagerungen der Orbe-Ebene zwischen dem Mormont und Yverdon

Autor(en): **Jäckli, Heinrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **43 (1950)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-161301>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

ECLOGAE GEOLOGICAE HELVETIAE

Vol. 43, N° 1 — 1950

Untersuchungen in den nacheiszeitlichen Ablagerungen der Orbe-Ebene zwischen dem Mormont und Yverdon

von Heinrich Jäckli, Zürich

Mit 3 Textfiguren

Vorwort

Die „Studienkommission Genfersee–Rhein“ des Schweizerischen Rhone–Rhein-Schiffahrtsverbandes beauftragte den Verfasser, im Herbst 1949 in der Orbe-Ebene längs der projektierten Kanaltrasse eines zukünftigen Canal d'Enteroches eine grössere Zahl geologischer Bodensondierungen auszuführen und allgemein die geologischen Verhältnisse jener jungen Alluvialgebiete zu studieren. Die Bewilligung, einige dieser geologischen Ergebnisse publizieren und damit der Allgemeinheit zugänglich machen zu dürfen, sei auch hier der genannten Organisation bestens verdankt.

Die Idee eines Schiffahrtskanals über den niedrigsten Punkt der Wasserscheide in der Schweiz zwischen Rhein und Rhone ist alt (Lit. 19).

Von 1638 bis 1648 hatte der Holländer ELIE GOURET den Canal d'Enteroches zwischen Yverdon und Cossonay gebaut, der dann fast 200 Jahre lang mit Lastkähnen bis 25 t Tragkraft befahren wurde. In der Orbe-Ebene ist das Gefälle so gering, dass vom Neuenburgersee her mit einer einzigen grösseren Schleuse bei Yverdon und wenigen niedrigen Schleusen weiter südlich ohne grosse Mühe der Kreideriegel des Mormont erreicht werden konnte. Von Yverdon bis Bochuz wurde dabei das natürliche Bett der Orbe und dann des Talent benützt, und erst von Chavornay an benötigte man einen künstlich in die weichen Torfschichten gestochenen Kanal, der bei Enteroches den Südrand der Ebene erreichte. Von dort wurde zur Traversierung der Wasserscheide die östliche Hauptverwerfung des Mormont-Gewölbes benützt, welche den „Tillériaz“ im NE vom Hochplateau mit den Lokalitäten „Sur Pévray“ und „Sur Chaux“ im SW trennt. Der bief de partage, d. h. der höchste, kulminierende Abschnitt des Kanals, lag auf 452 m oder nur rund 18 m über dem damaligen Spiegel des Neuenburgersees bei Mittelwasser.

Ein neues Kanalprojekt, ausgearbeitet 1912 von W. MARTIN und etwas abgeändert 1949 durch Dr. M. EBNER, bildet den Ausgangspunkt der gegenwärtig durchgeführten eingehenden Studien. Im Unterschied zum alten Kanal soll nun der Mormont weiter westlich, längs der Verwerfung von „Derrière les Dailles“ und „La Fully“, überwunden werden. Die projektierte Kanaltrasse ist auf Fig. 1 eingezeichnet.

Die eingangs erwähnten geologischen Untersuchungen in der Orbe-Ebene sind im Zusammenhang mit diesen grosszügigen Projektstudien für eine Schiffahrtsverbindung durch die Schweiz ausgeführt worden, deren Kosten durch eine Bundessubvention und Beiträge der interessierten Kantone und Privater gedeckt werden.

Da die Orbe-Ebene und ihre weitere Umgebung zur Zeit von anderer Seite geologisch aufgenommen wird, soll hier jenen Resultaten in bezug auf kretazische, tertiäre und pleistozäne Bil-

dungen in keiner Weise vorgegriffen werden. Vielmehr beschränken sich die folgenden Ausführungen ausschliesslich und bewusst auf die jüngsten, holozänen Ablagerungen, die eigentlich ohne systematische Sondierbohrungen sonst kaum befriedigend untersucht werden könnten. Den Herren Kollegen D. AUBERT und A. JORDI, die mich sehr freundschaftlich unterstützten, danke ich an dieser Stelle herzlich für ihre Hilfe.

1. Die Mächtigkeit der holozänen Ablagerungen

Die Orbe-Ebene erstreckt sich dem Jurafuss entlang vom SW-Ende des Neuenburgersees bis zur Hauptwasserscheide am Mormont. Sie stellt das südwestliche, postglazial ausgefüllte Ende der tiefen Rinne dar, die durch Bielersee und Neuenburgersee gekennzeichnet ist und offenbar schon im frühen Quartär (Lit. 2) angelegt worden war. Am Mont de Chamblon, der westlich Yverdon als Kreideantiklinale inselartig aus den jungen Alluvionen auftaucht, beim Städtchen Orbe, und schliesslich am schon genannten Mormont (siehe Fig. 1) sind es die unter- bis mittelkretazischen Kalke und Kalkmergel, sonst überall die Molasse-schichten, die die Orbe-Ebene einrahmen. Rhonemoränen in sehr wechselnder Mächtigkeit, aber ohne gut erhaltene Wallformen, bedecken grossenteils diese Felsunterlage.

In der Ebene selbst ist bis heute nur an fünf Stellen das Liegende der holozänen Bildungen erbohrt worden, nämlich:

1. In 13,8 m Tiefe bei Kanalsondierung 2, Koordinaten 531110/169880, Nr. 2 der Fig. 1, mit folgendem Bohrprofil:

0— 0,5 m Humus (0 = 447,8 m).

0,5— 3,5 m Sandiger Schwemmlehm mit Einlagerungen von dünnen Torflinsen und wenig Kies.

3,5—13,8 m Schuttkegel des Nozon: Sandiger Kies mit ziemlich viel Geröllen alpiner Herkunft aus verschwemmter Rhonemoräne.

13,8—16,3 m Kiesige Moräne des Rhonegletschers, im untersten Teil mit viel aufgearbeitetem Molassematerial.

2. In 13,5 m Tiefe in der Grundwasserbohrung Bavois, Koord. 532750/170220, Nr. 3 der Fig. 1: Grundmoräne unter Sand und Kies.

3. In 14,5 m Tiefe in der Grundwasserbohrung Chavornay, Koord. 533050/172500, Nr. 4 der Fig. 1: Tonige Grundmoräne unter grobem Kies.

4. In 26,0 m Tiefe in der Ölbohrung Chavornay II, Koord. ca. 532720/172900, Nr. 5 der Fig. 1: Molassemergel unter sandigen Seeablagerungen.

5. In 13,5 m Tiefe in der Grundwassersondierung „Moulin Cosseau“ der Stadt Yverdon, Koord. 536980/181625, Nr. 15 der Fig. 1: „Fels“ unter Kies.

Diese fünf Punkte liegen alle am Rande der Ebene. Andererseits sind eine Grundwasserbohrung bei Orbe-Granges, Koord. 531400/174975, Nr. 6 der Fig. 1, von 22 m Tiefe in grobem Kies des Orbe Schuttfächers und zwei Bohrungen in Yverdon von 32 m, Koord. 538530/181130, Nr. 13 der Fig. 1, und 41 m Tiefe, Koord. 538475/181750, Nr. 14 der Fig. 1, in schlamm-sandiger Seeauffüllung eingestellt worden, ohne dass sie das Liegende erreicht hätten.

Aus den mittleren Partien der Ebene ist somit die Mächtigkeit des Holozäns nicht bekannt; es ist aber so mächtig, dass vor dessen Ablagerung, unmittelbar nach dem Rückzug des Rhonegletschers, der Neuenburgersee zweifellos bis an den Fuss des Mormont gereicht haben muss.

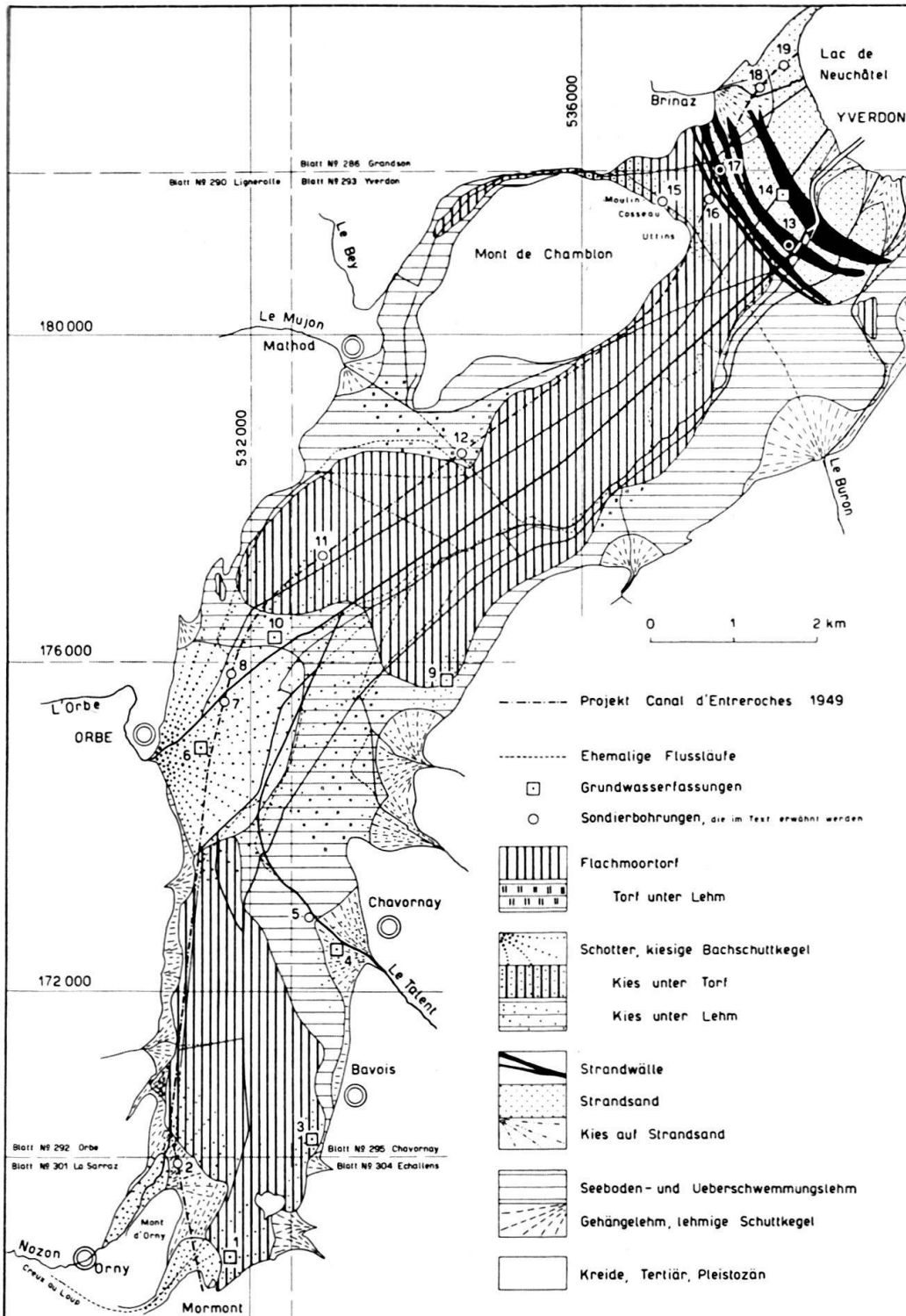


Fig. 1. Geologische Karte der nacheiszeitlichen Bildungen der Orbe-Ebene, 1 : 100000.

2. Stratigraphische Gliederung

A. Schotter

Frühholozäne Schotter als kiesige Schuttkegel der Seitenbäche beherrschen hauptsächlich die randlichen Teile der Orbe-Ebene. Auf der rechten Talseite

werden grobe Schotter in den Grundwasserbohrungen von Bavois, Chavornay und Essert-Pittet als Grundwasserträger ausgenützt, und wurden am NE-Fuss des Mont de Chamblon, bei Moulin Chapuis, Moulin Cosseau und Uttins ebenfalls bei Grundwassersondierungen vorgefunden, in beiden Zonen von 5—8 m mächtigen Seebodenlehmen und Torfschichten überlagert. Bei Uttins wird das Hangende von föhrenzeitlichen Torfen und Seekreiden gebildet.

Am Fusse des Mormont, bei Entreroches und Crossets, reichen horizontal geschichtete Schotter aus Jurageröllen bis an die Oberfläche; randlich werden sie von jüngeren Torfschichten bedeckt. Die Bildung dieser Schotter kann am ehesten als flacher Schuttkegel des Nozon aufgefasst werden, als dieser Bach früher von Pompaples her nicht ausschliesslich über Orny wie heute, sondern auch südlich des Mont d'Orny durch den Creux au Loup die Orbe-Ebene erreichte.

Nördlich des Mont d'Orny hat der Nozon einen flachen, kiesigen Schuttkegel abgelagert, welcher direkt der Grundmoräne aufliegt und seinerseits wieder von den noch jüngeren Torf- und Schwemmlermbildungen überlagert wird. In der Kanalsondierung Nr. 2 (siehe Fig. 1) zeigt er eine Mächtigkeit von 10 m; das Liegende ist kiesige Rhonemoräne.

Der weitaus wichtigste Schotter wird gebildet durch den ausgedehnten und mächtigen Schuttfächer, den die Orbe bei der Austrittsstelle aus dem Jura abgelagert hat. Diese grobe Schüttung hauptsächlich jurassischer, untergeordnet alpiner Gerölle, teilt die grossen Torfgebiete der Orbe-Ebene in zwei Teile und bildet zusammen mit dem flachen Schuttkegel des Talent die standfeste Querverbindung von der Stadt Orbe nach Chavornay, die von Strasse und Bahn benützt wird.

Auch im Orbe-Schuttkegel werden die randlichen Teile von Lehm und Torf überlagert. Im Grand Marais d'Orbe wurde das Alter des dort den Schotter in 5 m Tiefe überlagernden Flachmoortorfes pollenanalytisch als frühföhrenzeitlich bestimmt (siehe Fig. 2).

Anderseits wurden direkt im Hangenden des zentralen Teils des Schuttkegels, nämlich beidseits der Orbe bei „Les Isles“, dort wo die projektierte Kanaltrasse die Orbe traversiert, anlässlich unserer Bohrungen (Nr. 7 und 8 auf Fig. 1) in 1,8—2,4 m Tiefe Trümmer von Ziegeln wohl römischen Ursprungs, Holzkohlestückchen in grosser Zahl, eine unverkohlte *Pinus*-Astgabel und ein Femur von *Sus* in einem bräunlich gefärbten, lehmhaltigen, sandig-kiesigen Horizont mit starker Deltastruktur gefunden. Mehrere Präparate zur pollenanalytischen Datierung dieser Schicht waren leider völlig steril, doch darf mit ziemlicher Sicherheit auf römisches Alter geschlossen werden.

Alle die genannten Schotter sind als durchlässige, sandige Kiese gute Grundwasserträger und beliefern zahlreiche öffentliche und private Wasserversorgungen.

B. Seebodenlehme

Teils gleichzeitig, teils unmittelbar anschliessend an die groben Kiesschüttungen, kamen im zentralen Teil der heutigen Ebene und abseits der Einmündung gefällsreicher Bäche feinere Fraktionen detritischen Materials zur Ablagerung: Lehmige Feinsande, Schlamm- und Tonlehm, schliesslich sandige und tonige Seebodenlehm. Es sind die typischen Ablagerungen der Flusstrübe in ruhigem Wasser, häufig mit einer sichtbaren Feinschichtung. Allgemein ist eine Abnahme der Körngrösse von unten nach oben festzustellen.

In den allerobersten Partien gesellen sich dazu gelegentlich und in geringer Mächtigkeit noch Seekreiden, die aber meist detritisch verunreinigt sind.

Aus zahlreichen Bohrungen konnten Molluskenschalen, oft in grosser Zahl, gesammelt werden. Herr Dr. J. FAVRE, Assistent am Musée d'Histoire naturelle in Genf, hatte die grosse Freundlichkeit, mein gesamtes Fossilmaterial zu präparieren und ausführlich zu bestimmen, wofür ich ihm herzlich danke. Nach ihm handelt es sich aus diesen Schichten um durchwegs moderne Formen, die in sumpfigem Milieu oder in seichten Wassertümpeln lebten, welche wahrscheinlich keine direkte Verbindung mit dem Neuenburgersee hatten.

Diese fast wasserundurchlässigen Seebodenlehme über den Schottern verursachen in letzteren auf weite Strecken stark gespanntes Grundwasser.

C. Flachmoortorfe

Im S und NE werden die zentralen Teile der Orbe-Ebene von je einem sehr mächtigen und ausgedehnten Flachmoortorf eingenommen, die beide durch den Orbe-Schuttkegel voneinander getrennt werden. Obschon die Kanalsondierungen nur randliche Partien dieser Torfgebiete berührten, konnten dabei doch Torfmächtigkeiten bis zu 7 m festgestellt werden.

Gelegentlich erscheinen dünne lehmige Zwischenlagen im Torf, die sich meist über grosse Flächen als annähernd horizontale Schichten verfolgen lassen und auf temporäre Überflutungsperioden hindeuten.

Nur selten treten an der Basis noch Seekreideablagerungen von höchstens 1 m Mächtigkeit auf, so in den Marais de Pascoules E des Mont d'Orny und am Ostfuss des Mont de Chamblon. Mächtigere Seekreiden sind nicht bekannt.

Die tiefsten Torfschichten in den Bohrungen wurden im nördlichen Torfgebiet auf Kote 428 m festgestellt, also unter dem Niveau des heutigen Spiegels des Neuenburgersee bei Niederwasser, der zudem seit der Juragewässerkorrektion noch rund 3 m tiefer liegt als bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts. Im südlichen Torfgebiet wurde der tiefste Torfhorizont auf 431,25 m erbohrt, doch liegt jene Sondierung so randlich, dass in den zentralen Partien der Torf wahrscheinlich noch tiefer hinunter reichen dürfte.

Zur weiteren stratigraphischen Gliederung wurden einige Pollenanalysen¹⁾ ausgeführt. Darnach reichen die ältesten Torfbildungen bis in den Anfang der Föhrenzeit zurück. Eine Torfprobe aus 7,20 m Tiefe bei Koord. 534520/178525 (Nr. 12 auf Fig. 1) lieferte neben *Pinus* noch 34% *Betula* und scheint etwa im Übergang von der Birken- zur Föhrenzeit gebildet worden zu sein. Sie wird allerdings von den jüngeren Torfschichten durch einen 2 m mächtigen Lehm- und Sandkomplex getrennt, der offenbar eine Überflutungsperiode dokumentiert.

Im Grand Marais d'Orbe, Koord. 532855/177300 (Nr. 11 auf Fig. 1), reichen die Torfschichten 4,90 m tief. Die untersten 2 m zeigen noch eine höchst ausgeprägte *Pinus*-Dominanz, die nach oben abgelöst wird durch *Quercus* und *Ulmus* (Eichenmischwald) und schliesslich, in 1—2 m Tiefe, in eine weniger ausgeprägte *Abies*-Dominanz übergeht²⁾. Auf Figur 2 ist dieses Bohrprofil mit Pollendiagramm dargestellt.

¹⁾ Herrn Dr. W. LÜDI, Direktor des geobotanischen Institutes Rübel in Zürich, möchte ich meinen verbindlichsten Dank aussprechen für seine Einführung in die Pollenanalyse und die Zurverfügungstellung seiner Laboratorien für die Ausführung meiner Untersuchungen.

²⁾ *Abies* = Weisstanne, *Alnus* = Erle, *Betula* = Birke, *Corylus* = Hasel, *Fagus* = Buche, *Quercus* = Eiche, *Picea* = Fichte, *Rottanne*, *Pinus* = Föhre, *Tilia* = Linde, *Ulmus* = Ulme.

Ähnliche Verhältnisse zeigt eine Pollenanalyse aus einer Sondierbohrung direkt vor dem ersten Strandwall bei Yverdon, Koord. 537 505/181 620 (Nr. 16 auf Fig. 1 und 3). Eine älteste Torfschicht in Begleitung von etwas Seekreide, 4 m tief, lieferte eine starke Pinusdominanz mit geringem Gehalt an *Betula*.

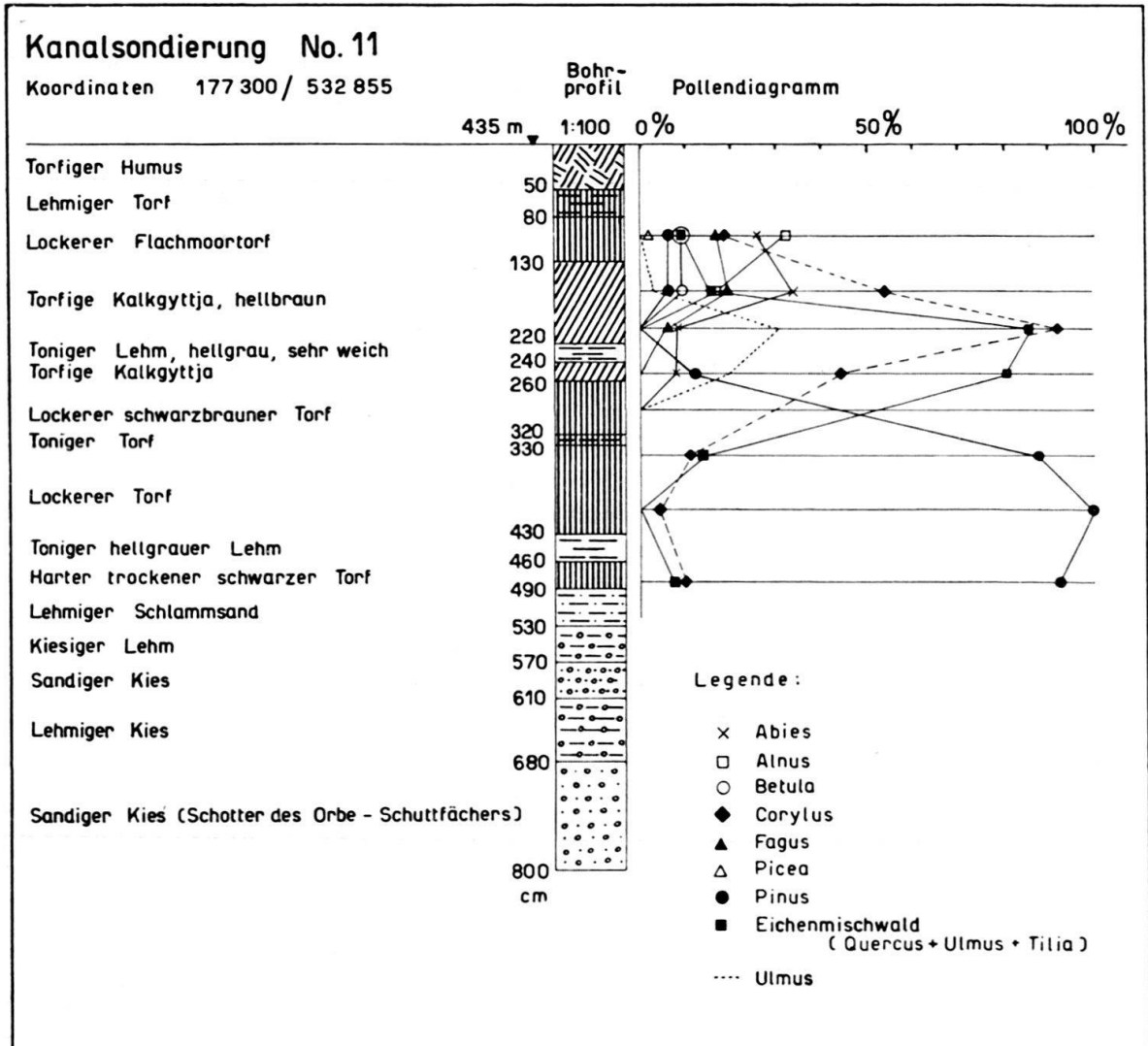


Fig. 2. Bohrprofil in den Grands-Marais d'Orbe, Masstab 1 : 100.

Nach oben tritt *Corylus* zunehmend häufiger auf, dazu sehr untergeordnet *Quercus*, *Ulmus* und *Tilia*, aber die starke *Pinus*-Dominanz bleibt bis auf 2,50 m bestehen. Eine Probe aus 2,20 m enthält noch 47% *Pinus*, 34% *Quercus*, 18% *Ulmus*, 1% *Betula*, dazu 128% *Corylus*, dürfte also hasel- bis eichenmischwaldzeitlich sein. Eine oberste Probe aus 1 m Tiefe weist immer noch auf eine Eichenmischwald-Dominanz hin und enthält noch keine *Abies*-Pollen.

Ein von W. LÜDI beschriebenes Bodenprofil (Lit. 15, pag. 211) aus einer Bohrung am Ostfuss des Mont de Chamblon zeigt von 4,20—3,0 m in Torf und Seekreide *Pinus*-Dominanz, darüber im Torf geringmächtige Schichten aus der Hasel- und Eichenmischwald-Zeit und schliesslich bei 1,50 und 0,50 m *Abies*-Dominanz.

Bei unseren pollenanalytischen Untersuchungen erwiesen sich die Flachmoortorfe allgemein als pollenarm. Zahlreiche Präparate waren sogar völlig steril

oder so arm, dass keine zuverlässigen Schlüsse möglich waren. Dessen ungeachtet ist immerhin eindeutig festzustellen:

1. Die Torfe entstanden relativ früh, denn schon während der Föhrenzeit bildete sich ihre Hauptmächtigkeit.

2. Die mechanische Sedimentation des Liegenden war demnach in diesen Teilen der Orbe-Ebene zur Hauptsache schon vorföhrenzeitlich beendet.

3. In der Tannenzeit, also etwa am Ende des Neolithikums, scheint die Torfbildung weitgehend zum Abschluss gekommen zu sein. Jedenfalls können zu der darauf folgenden Buchen- und Fichtenzeit höchstens noch die allerobersten, lockeren Torfschichten gezählt werden; in unseren Pollendiagrammen kommen diese jungen Waldzeiten nicht mehr zum Ausdruck.

D. Schwemmlehme

Am Fusse der Hänge, beidseits der Ebene, sind lehmige Verwitterungsprodukte aus den Moränen- und Molassegebieten des Hinterlandes teils als flache Schwemmkegel, teils als horizontale Überschwemmungslehme abgelagert worden. Sie liegen auf weiten Flächen über Torfschichten, beispielsweise in 2—3 m Mächtigkeit SW Method oder nördlich Chavornay, wo sie als Ziegeleitone in grossem Stile abgebaut werden.

Sie stellen zweifellos die jüngsten Ablagerungen in der Orbe-Ebene dar und werden auf beschränktem Raume auch noch rezent bei schweren Niederschlägen und grösseren Hochwassern gebildet.

E. Strandbildungen bei Yverdon

Halbwegs zwischen Yverdon und dem Mont de Chamblon, etwa 1,5 km landeinwärts der heutigen Uferlinie des Neuenburgersees, stösst das Gebiet der über Seebodenlehm gelegenen mächtigen Torflager mit ungewöhnlich scharfer Grenze an Ablagerungen in ausgesprochener Strandfazies, nämlich kiesige Strandwälle und sehr mächtige lakustre Feinsande. Dabei sinken die Seebodenlehme nach NE steil unter den Strandsand, während die jüngsten, geringmächtigen Torfe, die in den Mulden zwischen den ältesten Strandwällen noch vorkommen, dort Kies und Strandsand überdecken.

Es lassen sich mindestens vier getrennte Strandwälle erkennen, die in flachgestrecktem Bogen die Ebene überqueren und sich im Norden noch weiter aufteilen, wo am Canal du Bay mindestens sechs Wälle zu erkennen sind. Davon ist der älteste, westlichste, am schwächsten, der jüngste, östlichste, mit der Hauptstrasse Yverdon-Grandson auf seiner Krone, am stärksten ausgeprägt. Die Wälle überragen die Umgebung nur um rund 1—3 m, sind aber trotzdem als solche schon 1862 von A. JAYET (Lit. 14) beschrieben und kartiert worden.

Die Strandwälle bestehen aus Feinkies, der sehr gut gerollt ist und neben jurassischem viel alpines Material enthält, und aus Einlagerungen von Sand. Sie zeigen eine unregelmässige Schrägschichtung mit starkem Einfallen gegen NE, also seewärts. Schichtweise ist die granulometrische Aufbereitung vollkommen.

Unter und zwischen den Strandwällen bis ans heutige Seeufer liegt ein sehr homogener, lakustrer Feinsand, der nach unten feiner wird und in Schlammsand übergeht, welcher auch lehmige Horizonte enthalten kann. Auch die tiefste Brunnenbohrung in Yverdon von 41 m Tiefe (Nr. 14 auf Fig. 1) durchfuhr nichts anderes als gleichförmigen, unten etwas lehmigen Feinsand, ohne einen einzigen Kieshorizont anzutreffen.

Die kiesigen Strandwälle liegen dem Sand auf und keilen seewärts rasch aus, sind also ausgesprochen oberflächliche Bildungen. Die Ergebnisse der Sondierungen auf der projektierten Kanaltrasse, die im Querprofil durch die westlichen Strandwälle wegen der dortigen raschen Wechsel besonders eng angeordnet werden mussten, führten zur Konstruktion des geologischen Profils von Fig. 3.

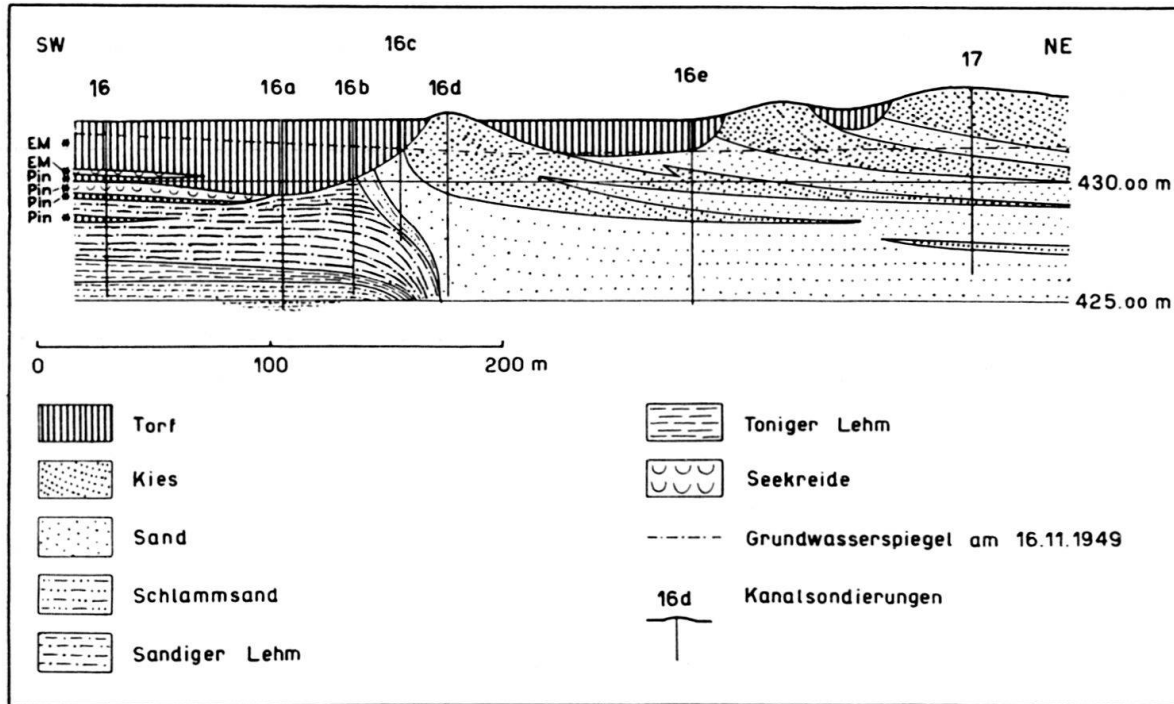


Fig. 3. Profil durch die westlichen Strandwälle, Marais de Valeyres W Yverdon.

Längen 1 : 4000.

Höhen 1 : 400

Erläuterung für Pollenanalysen: EM* Eichenmischwalddominanz

Pin* Pinusdominanz

Auch der kiesige Schuttkegel der Brinaz, des kleinen Flüsschens bei Les Tuileries NW Yverdon, liegt als flacher, sehr oberflächlicher Schotter auf Strandsand.

Südlich Les Tuileries, bei Koord. 538120/182970 (Nr. 18 auf Fig. 1), wurden im sehr homogenen Strandsand in 8–9 m Tiefe zahlreiche Stücke verkohlten Schwemmhohles angetroffen. Ferner zeigte die Pollenanalyse einer allerdings pollenarmen Feinsandprobe in einer Bohrung 150 m vom heutigen Seeufer entfernt (Nr. 19 auf Fig. 1), in 6,6 m Tiefe noch 40% *Quercus* und ebensoviel *Abies*, daneben wenig *Pinus* und *Fagus*, so dass jene Schicht etwa aus dem Übergang von der Eichenmischwald- in die Tannenzeit stammen dürfte.

3. Vergleiche mit dem Grossen Moos

Die Verhältnisse in der Orbe-Ebene entsprechen teilweise jenen am NE-Ufer des Neuenburgersees, wo sie hauptsächlich von W. LÜDI (15) und F. ANTENEN (2) sehr eingehend studiert wurden.

Die Aare mündete im Holozän wiederholt direkt in den Neuenburgersee, nach W. LÜDI zum letztenmal in der frühen Fichtenzeit, und zwar ungefähr im

heutigen Mündungsgebiet der Broye in den Neuenburgersee. Dementsprechend dominieren in jenem ufernahen Abschnitt von Witzwil–La Sange–unterem Broye-tal vorwiegend Aaresande, während die inneren, entfernteren Teile des Grossen Mooses von ausgedehnten Flachmoortorfen bedeckt werden.

Die Zihl, die bei Zihlbrück den nur 500 m breiten Engpass zwischen den Molassesporren des Plateaus von Wavre und des „Niederholzes“ W Gals benützt, fliesst vorerst auf Seebodenlehmen, vom Grissachmoos bis zum Bielersee aber ebenfalls auf homogenem Feinsand.

Sehr auffällig sind aber auch hier, am E-Ufer des Neuenburgersees, die Strandwälle, die ähnlich wie bei Yverdon ungefähr parallel zum heutigen Seeufer verlaufen, aber höher sind und weiter auseinander liegen. Sie bestehen fast ausschliesslich aus Sand und sind dementsprechend von H. SCHARDT (23) als Dünen angesprochen worden. Einzig zwischen La Tène und Vanel treten auch Feinkieskomplexe nahe der Oberfläche auf, die als Strandbildungen aufgefasst werden können.

Die Aare mit ihrer grossen Schleppkraft beherrschte voll und ganz das Werden des Grossen Mooses. Die mechanische Sedimentation war viel intensiver und dauerte viel länger als in der Orbe-Ebene, nämlich bis in die Fichtenzeit, als die Aare zum letztenmal noch direkt in den Neuenburgersee floss. Aarehochwasser machten sich zu allen Zeiten wegen den dadurch bewirkten Seespiegelerhöhungen und Überflutungen noch weit in die Orbe-Ebene hinein geltend.

4. Anzeichen von Seespiegelveränderungen; ihre Ursachen und Folgen

Erstmals hat A. FAVRE (5) die einstige Existenz eines postglazialen „Solothurnerseees“ vom Mormont bis nach Wangen a. d. Aare mit einer Spiegelkote von 448 m postuliert, der durch die Stirnmoränen des Rhonegletschers gestaut worden wäre und vielleicht einen Teil seines Wassers sogar über den Mormont in den Genfersee geschickt haben sollte.

F. MÜHLBERG (18) konnte wohl die Existenz von Seeablagerungen in Solothurn bestätigen, aber erst ab Kote 430 m. F. ANTENEN (2) und W. LÜDI (3) führen zwar noch den von FAVRE genannten hohen Seestand an, allerdings mit grosser Reserve und ohne neue geologische oder geobotanische Beweise für dessen Spiegelkote zu erbringen.

In der Orbe-Ebene fehlen nun jegliche Anzeichen eines solch hohen Seestandes, der sich zweifellos in Uferterrassen und heute trockengelegten Deltaablagerungen manifestieren müsste. Wenn jemals im Zungenbecken von Solothurn, unmittelbar nach Rückzug des Rhonegletschers, ein See bis auf 448 m gestaut worden war, so war in jenem Moment die Orbe-Ebene offenbar noch nicht eisfrei; ein so hoch gelegener postglazialer Seespiegel existierte im Gebiet der Orbe-Ebene nie.

Dagegen können wir spätere Seespiegelschwankungen nachweisen, die sich allerdings jeweils nur um einige Meter vom heutigen Stand unterscheiden. Anzeichen tiefer Seestände sind die tiefliegenden Flachmoortorfe, die direkt den Seebodenlehmen aufliegen und deren Bildung zweifellos bei sehr tiefem Wasserstand einsetzte. Waldgeschichtlich gehören sie an die Wende Birken–Föhrenzeit.

Umgekehrt weisen die detritischen Schichten über Torfbildungen, wie sie sozusagen in allen Torfprofilen festgestellt werden konnten, auf Überflutungszeiten, auf Zeiten allgemeinen Seehochstandes hin. Weitere Zeugen hohen Seestandes sind die Strandwälle, deren Rücken 433–436 m hoch liegen und nur bei hohem Seestand diese Höhe erreichen konnten.

W. LÜDI und F. ANTENEN haben im Seeland eingehend mittel- bis spät-holozäne Schwankungen der Spiegel aller drei Juraseen nachgewiesen. Als Ursachen hoher Seestände werden angegeben einerseits die Stauung des Abflusses des Bielersees durch die Moränen bei Wangen a. d. Aare oder durch die Schuttkegel der Emme bei Solothurn, der Aare bei Brügg und der Schüss bei Biel, andererseits die Einmündung der Aare direkt in den Neuenburgersee; dieser diente somit als Hochwasser-Ausgleichsbecken. Umgekehrt hat fluviatile Erosion in den genannten stauenden Schutthindernissen des Bielersees allmähliche Spiegel-senkungen der Seen verursacht.

Die Juragewässerkorrektur ermöglichte eine Senkung des Neuenburgersees um rund 3 m. Die anschliessend bis in die jüngste Zeit noch erstellten Drainagen verursachten in der ganzen Orbe-Ebene eine sehr gleichmässige Senkung des Grundwasserspiegels und erlauben heute eine intensive Kultivierung der früher gemiedenen Sumpfgebiete. Die bleibende Absenkung des Grundwasserspiegels und die damit bewirkte Austrocknung der darüber liegenden Torfschichten hat zu einer allgemeinen Setzung der Oberfläche um rund 1 m geführt; um diesen Betrag wird also die ursprüngliche kulturtechnische Wirkung der Grundwasser- und Seeabsenkung nun nachträglich wieder kompensiert.

5. Chronologische Zusammenfassung

a) Nach dem Abschmelzen des Rhonegletschereises existierte am Jurafuss ein grosser, rund 100 km langer „Solothurner“- oder „Jurasee“, der vom Mormont bis zu den Stirnmoränen von Wangen a. d. Aare reichte. Im Orbe-Gebiet scheint sein Spiegel anfänglich wenig über dem heutigen Niveau gelegen zu haben; mit zunehmender Tiefenerosion der Aare durch den Moränenwall bei Wangen dürfte er sich langsam noch etwas gesenkt haben.

b) Die vom Eis entblösten, von der Vegetation aber noch nicht in Besitz genommenen, mehr oder weniger kahlen Moränenhänge müssen bei Regen oder Schneeschmelze gewaltige Schuttmassen ins südliche Seebecken geliefert haben, so dass dessen Ausfüllung relativ sehr rasch fortschritt: Anfänglich und besonders in der Nähe der Flussmündungen bildeten sich grobe Schotter, in der Beckenmitte und später auch über den Schottern kamen feinere Sande und Seebodenlehme zur Ablagerung. Zu Ende der Birkenzeit, also im ausgehenden Paläolithikum, war das südliche Seebecken schon bis in die Nähe von Yverdon ausgefüllt.

c) Der Neuenburgersee dürfte am Übergang von der Birken- zur Föhrenzeit einen Tiefstand mit einer Seekote von 428—429 m erreicht gehabt haben, als die Torfbildung in den nun halb trockenen Teilen der Orbe-Ebene einsetzte und auf weite Strecken die bisher mechanische Sedimentation von einer fast rein organischen Verlandung abgelöst wurde. Lediglich die grösseren Schuttkegel blieben weiterhin aktiv und wurden, wenn auch in sehr abgeschwächter Masse, noch etwas erhöht, ein Akkumulationsvorgang, der selbst heute noch nicht abgeschlossen ist.

d) Eine kräftige Hebung des Seespiegels in der frühen Föhrenzeit, nach W. LÜDI verursacht durch die Einmündung der Aare in den Neuenburgersee, bewirkte die Bildung des westlichsten Strandwalles, dem später östlich anschliessend noch weitere folgten. Dahinter wurden Brinaz, Mujon und Orbe zu seichten, lagunenartigen Seebecken gestaut, in welchen über den älteren Torfen Seekreiden, in anderen Abschnitten nochmals Seebodenlehme oder Sande zur Ablagerung kamen.

e) Diese leichte Erhöhung der Orbe-Ebene infolge Sedimentation, verbunden mit einer langsamen Senkung des Seespiegel infolge der Tiefenerosion der Aare unterhalb des Bielersees, ermöglichte bald wieder eine erneute organische Verlandung in der Ebene. Es bildeten sich die mächtigen Torflager der mittleren bis späten Föhrenzeit und der Haselzeit, während gleichzeitig die Strandlinie sich nur noch langsam durch Anlagerung von Feinsand seewärts verschob. Das Einzugsgebiet der Bäche und Flüsse war bereits durch Vegetation so weitgehend konsolidiert, dass von nun an die Ablagerungsgeschwindigkeit nur noch einen Bruchteil des früheren Ausmasses betragen konnte.

f) Neue Überschwemmungshorizonte über Torf, hauptsächlich Lehme, weniger auch Sande, selten Seekreide, die der Eichemischwaldzeit angehören, weisen wieder auf einen unruhigen und erhöhten Seespiegel hin. In dieser Zeit dürfte der jüngste, östlichste Strandwall gebildet worden sein, obwohl die Datierung dieser fossilereen, kiesigen Gebilde noch unsicher ist.

g) Anschliessend trat in der Ebene eine wieder eher ruhigere Torfbildungsphase ein, die einem ungefähr mittleren Seestand entspricht und waldgeschichtlich durch das Auftreten der Tanne gekennzeichnet ist. Im Strandgebiet von Yverdon herrschte eine monotone und für ein Deltagebiet nicht sehr intensive Sandsedimentation.

h) Seither fanden in jenen Teilen der Ebene, die von unseren Sondierungen abgetastet wurden, keine nennenswerten Torfbildungen mehr statt; die Verhältnisse in den zentralen Torfgebieten sind uns diesbezüglich leider nicht bekannt. Zeitlich begann nun die Besiedelung der Seeufer aller drei Jurarandseen durch die Pfahlbauer. Damit können die ur- und frühgeschichtlichen Forschungsmethoden einsetzen, die gemeinsam mit den geobotanischen Studien im Grossen Moos eine gute Gliederung des ausgehenden Neolithikums und der anschliessenden frühhistorischen und historischen Zeiträume ermöglichen.

i) Bis in die Mitte des letzten Jahrhunderts scheint der Seespiegel langsam angestiegen zu sein, so dass immer häufigere und umfassendere Überschwemmungen die Orbe-Ebene heimsuchten und sie zum fast wertlosen, kultur- und verkehrsfeindlichen Flachmoor stempelten.

k) Die Korrektur und Kanalisierung der Orbe, des Talent, des Nozon und Mujon, die Ableitung des Bey durch den Canal du Bey direkt in den See, die Erstellung des Canal oriental und occidental und anderer Binnenkanäle, ganz besonders aber die eigentliche sog. Juragewässerkorrektur mit der Absenkung des Seespiegels um rund 3 m, ausgeführt 1868—89, führten zu einer weitgehenden Trockenlegung der Ebene und Stabilisierung ihres gesamten Wasserregimes. Eine nicht unbeträchtliche Setzung der Torfgebiete ist die Folge dieser bleibenden Grundwasserabsenkung.

Damit zeigt die Orbe-Ebene auf eindrückliche Weise die Verschiedenartigkeit holozäner Sedimentation und deren starke Beeinflussung durch hydrologisch-limnologische Faktoren.

Literaturverzeichnis

1. H. E. ALTHAUS: Die ölführende Molasse zwischen Genfer- und Neuenburgersee. Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, Lieferung 26, Teil 1, 1947.
2. F. ANTENEN: Geologie des Seelandes. Verlag der Heimatkundekommission, Biel 1936.
3. W. CUSTER: Etude géologique du Pied du Jura vaudois. Mat. p. la Carte géol. de la Suisse, nouv. série, 59^e livraison, 1928.

4. W. CUSTER et D. AUBERT: Atlas géol. de la Suisse 1 : 25000, No. 5, Feuilles Mont-la-ville-Cossonay, 1935.
5. A. FAVRE: Sur l'ancien lac de Soleure. Arch. Sc. phys. et nat. Genève, 1883.
6. J. FRÜH und C. SCHRÖTER: Die Moore der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz, Geotechn. Serie No. 4, 1904.
7. R. DE GIRARD: Les Gîtes d'hydrocarbure de la Suisse occidentale. Fribourg 1913.
8. L. GONIN: Note sur le dessèchement des marais de l'Orbe. Bulletin de la Soc. vaud. des sciences nat. VI, 1859.
9. ARN. HEIM und A. HARTMANN: Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz. Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie, Lief. 6, 1919.
10. A. JACCARD: Carte géologique de la Suisse, Feuille XI, 1 : 100000. 2^e éd., 1893.
11. H. JÄCKLI: Bericht über die geologischen Verhältnisse am Broye-Kanal. Gutachten vom 19. 6. 46 an das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (Manuskript).
12. H. JÄCKLI: Bericht über die geologischen Verhältnisse am Zihl-Kanal. Gutachten vom 17. 7. 46 an das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft (Manuskript).
13. H. JÄCKLI: Canal d'Enteroches: Geologische Verhältnisse in der Orbe-Ebene zwischen Mormont und Yverdon. Gutachten vom 24. 11. 49 an den Schweiz. Rhone-Rhein-Schiff-fahrtsverband (Manuskript).
14. A. JAYET: Notice sur la Plaine de l'Orbe. Bulletin de la Soc. vaud. des sc. nat., tome VII, 1862.
15. W. LÜDI: Das Grosse Moos. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes Rübel in Zürich, 11. Heft, 1935.
16. M. LUGEON, in LETSCH, ROLLIER, TSCHOKKE, MOSER: Die schweiz. Tonlager. Beitr. z. Geol. Schweiz, Geotechn. Serie, Lief. IV, 1907.
17. A. MORLOT: Remarques sur les formations modernes dans le Canton de Vaud. Bull. Soc. vaud. sc. nat., tome V, 1857.
18. F. MÜHLBERG: Über den diluvialen See von Solothurn. Ecl. geol. Helv., Vol. XI, 1910.
19. P. L. PELET: Le Canal d'Enteroches. Histoire d'une idée. Lausanne 1946.
20. A. PETER: Die Juragewässerkorrektion 1921. Bern 1922.
21. P. REGAMEY: Etudes de quelques écoulements souterrains et superficiels dans les sols assainis. Lausanne 1943.
22. E. RENEVIER: Note sur le terrain néocomien qui borde le pied du Jura de Neuchâtel à la Sarraz. Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles, 1853.
23. H. SCHARDT: Sur les dunes éoliennes et le terrain glaciaire des environs de Champion et d'Anet. Bull. Soc. Neuch. Sc. Nat. 29, 1901.
24. J. R. SCHNEIDER: Das Seeland der Westschweiz und die Korrekationen seiner Gewässer. Bern 1881.

(Manuskript eingegangen am 27. Februar 1950.)