

# Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a. A. mit spezieller Berücksichtigung des Interglazials auf Grund der Resultate der Sondierbohrungen von Luterbach 1946/47

Autor(en): **Furrer, Heinrich**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **41 (1948)**

Heft 2

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-161043>

## **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.

# Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a. A.

mit spezieller Berücksichtigung des Interglazials auf Grund der  
Resultate der Sondierbohrungen von Luterbach 1946/47.

Von **Heinrich Furrer**, Bern.

Mit 5 Textfiguren.

## I. Einleitung.

Die Studien für das Kraftwerkprojekt Luterbach erforderten eine Reihe von Sondierbohrungen im Gebiete längs der Aare zwischen Solothurn und Wangen. Die geologischen und geotechnischen Verhältnisse in den für den Bau wesentlichen Niveaulagen von rund 400 bis 420 m ü. M. waren für die Projektierung in grossen Teilen unbekannt.

Zur Abklärung dieser Verhältnisse erfolgte der Auftrag zur Ausführung von 34 Sondierbohrungen durch das EIDG. AMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT in Verbindung mit dem BAUDEPARTEMENT DES KANTONS SOLOTHURN gemäss den Vorschlägen des Projektverfassers Dr. ing. A. KAECH.

Es sei an dieser Stelle den Herren Ingenieuren F. CHAVAZ und J. LEUENBERGER vom Eidg. Amt für Wasserwirtschaft der Dank ausgesprochen für das grosse Interesse und das hohe Verständnis, das sie der Abklärung der geologischen Verhältnisse entgegengebracht haben.

Durch die Ausführung von zusätzlichen 17 Bohrungen von geringerer Tiefe im Neubaugelände der Cellulosefabrik Attisholz<sup>1)</sup>, welche dem Verfasser in zuvorkommender Weise von der Fabrikleitung übertragen wurde, konnten die geologischen Resultate der Bohrkampagne von Luterbach ergänzt werden.

Die pollenanalytischen Untersuchungen erfolgten durch das GEOBOTANISCHE INSTITUT RÜBEL in Zürich.

Ein geotechnisch-geologischer Bericht über die Sondierbohrungen von Luterbach (lit. 19) wurde vom Verfasser der vorliegenden Arbeit an das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft erstattet; auf Grund dieses Berichtes verfasste Herr Dr. H. MOLLET einen denselben Gegenstand behandelnden Bericht, der im wesentlichen den gleichen Inhalt hat (lit. 20).

Die in der Folge angegebenen Höhenkoten beziehen sich auf R.P.N. 373,60 m.

## II. Anordnung der Bohrstellen.

Wie aus Fig. 1 hervorgeht, erfolgten die Bohrungen beidseitig der Aare. Ihre Tiefe betrug 7 bis 27 m mit einer durchschnittlichen Bohrlochtiefe von 18 m.

<sup>1)</sup> Die Cellulosefabrik Attisholz leistete einen namhaften Beitrag an die Druckkosten dieser Arbeit, wofür ihr auch hier der beste Dank ausgesprochen sei.

Zwischen den einzelnen Bohrungen bestehen Abstände von 60 bis über 1000 m, so dass die Erfassung vereinzelter wissenschaftlich wünschbarer Details nicht möglich war<sup>2)</sup>.

### III. Geologische Resultate.

Als Übersicht sei auf die geologische Generalkarte der Schweiz 1 : 200000, Blatt 2, verwiesen. Man vergleiche dazu die Figuren 1—4.

#### 1. Die Molasseunterlage.

Gegenüber der Einmündung der Emme in die Aare bis zur Cellulosefabrik Attisholz sowie stellenweise in der Flussole (lit. 17) finden wir anstehende *untere Süsswassermolasse*, bunte Mergel, Mergelsandsteine und Sandsteine des *Aquitaniens*. Die Molasseoberfläche sinkt nach SE und E rasch ab, so dass wir sie am rechten Aareufer nicht mehr anstehend finden. Erst S von Wangen a. A. erreicht diese wieder die Terrainoberfläche. Bei Attisholz ist die Schichtlage allgemein 10—15° SSE-fallend. Westlich Attisholz wurden Antiklinalbiegungen und Verwerfungen festgestellt (lit. 17, s. Fig. 3).

#### 2. Ablagerungen der Risseiszeit.

Ablagerungen der Riss-Eiszeit wurden im engeren Untersuchungsgebiet nicht mit Sicherheit festgestellt. Grundmoränenlehme in geringer Mächtigkeit fanden sich an einzelnen Stellen auf der Molasseoberfläche, ohne jedoch sichere Schlüsse auf ihr relatives Alter zu gestatten. In der weiteren Umgebung finden sich sog. Altmoränen am S-Fuss des Jura und im Gebiete ausserhalb der Würmverglescherung NE Bannwyl.

#### 3. Interglazialablagerungen (Riss/Würm).

Man vergleiche dazu die Figuren 2—4.

##### a) Schotter.

Die Schotter bilden die liegenden Teile der Terrassen E von Attisholz, N Bernerschachen und N Hohfuhren. Die obersten sichtbaren Ränder der Schotter liegen auf Koten 425 bis 440 m ü. M. und überragen damit den jetzigen Talboden um 10 bis 20 m. Die Mächtigkeiten erreichen vermutlich 40 m und nehmen gegen den Jurafuss hin rasch ab, wie dies durch Schachtabteufungen erwiesen wurde. Deltaschichtung mit Einschaltungen von Sandbänken sind häufig. Stellenweise finden sich Anzeichen von präwürmeiszeitlichen Sackungen. Die Schotteroberfläche zeigt Erosionsformen, welche auf einen gewissen Ablagerungsunterbruch schliessen lassen.

Die Schotter enthalten Gesteine aus der Molasse-Nagelfluh, ferner penninischer, helvetischer und jurassischer Herkunft. Typische Komponenten sind:

<sup>2)</sup> Der Verfasser, der neben den geologischen Erhebungen die örtliche Leitung der Bohrarbeiten ausübte, behandelte die Bohrvorgänge und deren Zweckmässigkeit in geologischer Hinsicht bereits in der Schweiz. Bauzeitung 1949, Nr. 8 „Die Sondierbohrungen von Luterbach 1946/47“ (lit. 21).

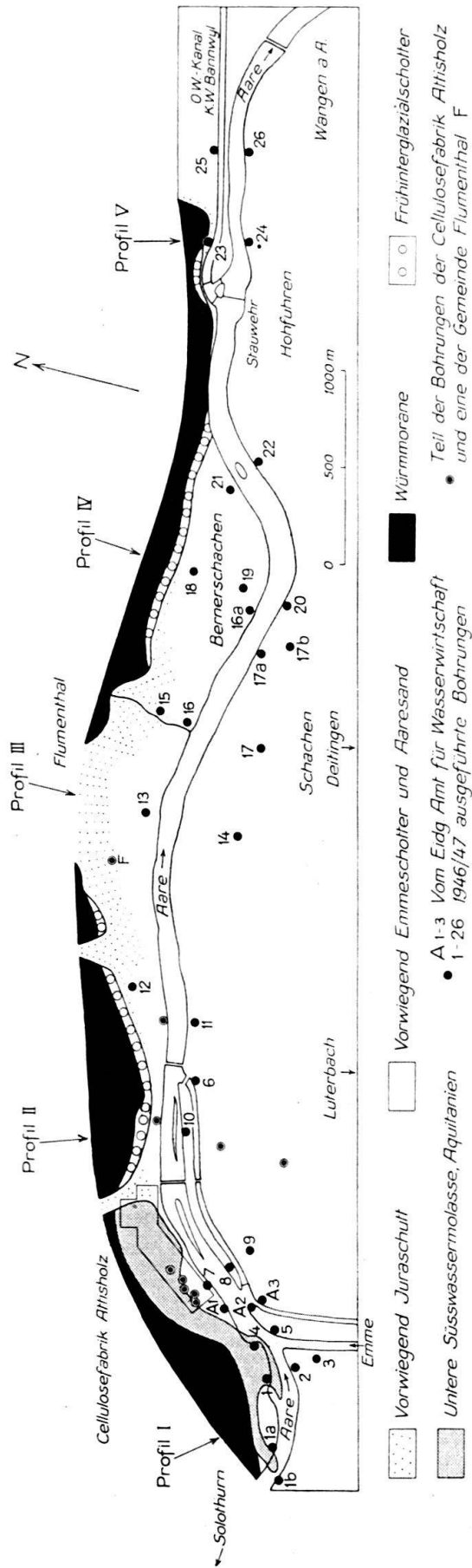


Fig. 1. Geologischer Situationsplan der Sondierungen 1946/47, Emmenmündung-Wangen a. A., schematisch.

grüne Diabase, rote Quarzporphyre vom Luganeser Typus, rote Hornsteine, Eklogite, grüne und weisse Quarzite, Amphibolite, Serpentine, Epidotaplite, Chloritgneise, Granite, Diorite, Glimmerquarzite, Serizitgneise, Granatamphibolite, Taveyannazsandstein, dunkle Kalke, Kieselkalke, Nummuliten-Ortho-phragminenkalke, weisse Marmore, Grindelwaldnermarmor, oolithische Kalke, Jurakalke etc. Die Geröllbestimmungen wurden in den Kiesgruben von Attisholz und Aarhalde (Grube Gugelmann) ausgeführt. Die Durchmesser der Komponenten erreichen 200 mm. Der Abrollungsgrad ist verschieden, allgemein aber ziemlich hoch.

Die Schotter liegen bei Attisholz auf Molasse (Fig. 3, Profil II). In keiner der 1946/47 ausgeführten Sondierbohrungen sind sie jedoch angetroffen worden. Selbst die Bohrung 23 (siehe Fig. 3, Profil V), welche nahe an der Schotterterrasse abgeteuft wurde, förderte nur Sand mit einigen lehmigen Lagen. Es konnte deshalb durch die Bohrungen nicht direkt nachgewiesen werden, bis in welche Tiefe die verfestigten Schotter bei Hohfuhren reichen. Ebenso ist ihr Substratum dort nicht mit Sicherheit bekannt. Nach dem erwähnten Bohrresultat bestand die Vermutung, die Schotter seien von Schlammsanden oder Lösslehm unterlagert. Wie in der Folge dargetan wird, scheint es aber wahrscheinlicher, dass die Schotter auf Rissmoräne oder auf Molasse liegen.

#### b) Sande.

Zu den Interglazialablagerungen müssen gemäss ihrer Lage im Liegenden der Würmmoräne und auf Grund der Pollen-Analysen die Sande gerechnet werden, welche in den Bohrungen 20, 23, 24 und vielleicht auch 22 festgestellt wurden. Ihre obersten Partien liegen 30 bis 40 m tiefer als der obere sichtbare Rand der Schotter (s. Fig. 3).

*Bohrung 24* (s. Fig. 2) förderte unter 11 m mächtigem Glaziallehm einen gelblichen, schlammigen, teilweise lehmigen Sand. Die pollenanalytische Untersuchung des GEOBOTANISCHEN INSTITUTS RÜBEL, datiert vom 17. 9. 47 ergab für diesen Sand aus Kote 395,65 die Anwesenheit von *Pinus-Picea* und Grammineen. Die Kombination *Pinus-Picea* schliesst die Postglazialzeit aus, ist jedoch für das Riss-Würm-Interglazial charakteristisch. Die Zahl der Baumpollen war wesentlich kleiner als die der Krautpollen; dies weist auf waldlose, rasige Vegetation hin. Auch die kleine Pollenzahl spricht für schwache Vegetation. Dr. W. LÜDI, Direktor des Geobotanischen Instituts Rübel kommt zu folgendem Schluss: „Wahrscheinlich fand also die Ablagerung des untersuchten Sandes in einer Interglazialzeit, und zwar am Anfang oder Ende statt, als bereits eiszeitliche Verhältnisse herrschten, resp. der Wald sehr zurückgegangen war.“ Die pollenanalytische Untersuchung ergab ferner eine Verarmung an Einschlüssen nach oben zu. Am Bohrkern konnte ein Übergang vom Sand zum Glaziallehm festgestellt werden.

Die Pollenanalyse einer Lehmprobe aus 17 m Tiefe (Kote 404,2 m), die im Liegenden einer 7 m mächtigen Schluffmoräne der *Bohrung 22* (s. Fig. 2) entnommen wurde, führte zur Beurteilung: „Die Zeitbestimmung lässt sich nicht mit Sicherheit vornehmen... die Wahrscheinlichkeit spricht eher gegen die Ablagerung während der Gletscherzeit und die Entstehung im Interglazial erscheint am wahrscheinlichsten.“ Geobotanisch finden sich nach Dr. LÜDI mehrere Indizien, welche auf eiszeitliche Ablagerung deuten. So z. B. ausserordentliche Armut an Pollen und organischem Detritus. Der Lehm war gepresst, trocken und verfügte über eine hohe Kohärenz, ähnlich dem Glaziallehm wie er am Nidau-Büren-

Kanal in der Bohrkampagne vom Sommer 1946 des Eidg. Amtes für Wasserwirtschaft erbohrt wurde (lit. 15). Auf Grund des lithologisch-geologischen Befundes und in Koordination mit den Resultaten der Bohrung 21 wurde dieser Ablagerungstyp in Fig. 2 und 4 zum Glazial gerechnet, was aber die Möglichkeit nicht ausschliessen soll, dass vom geobotanischen Standpunkte aus diese Lehme doch als spätinterglazial anzusehen wären.

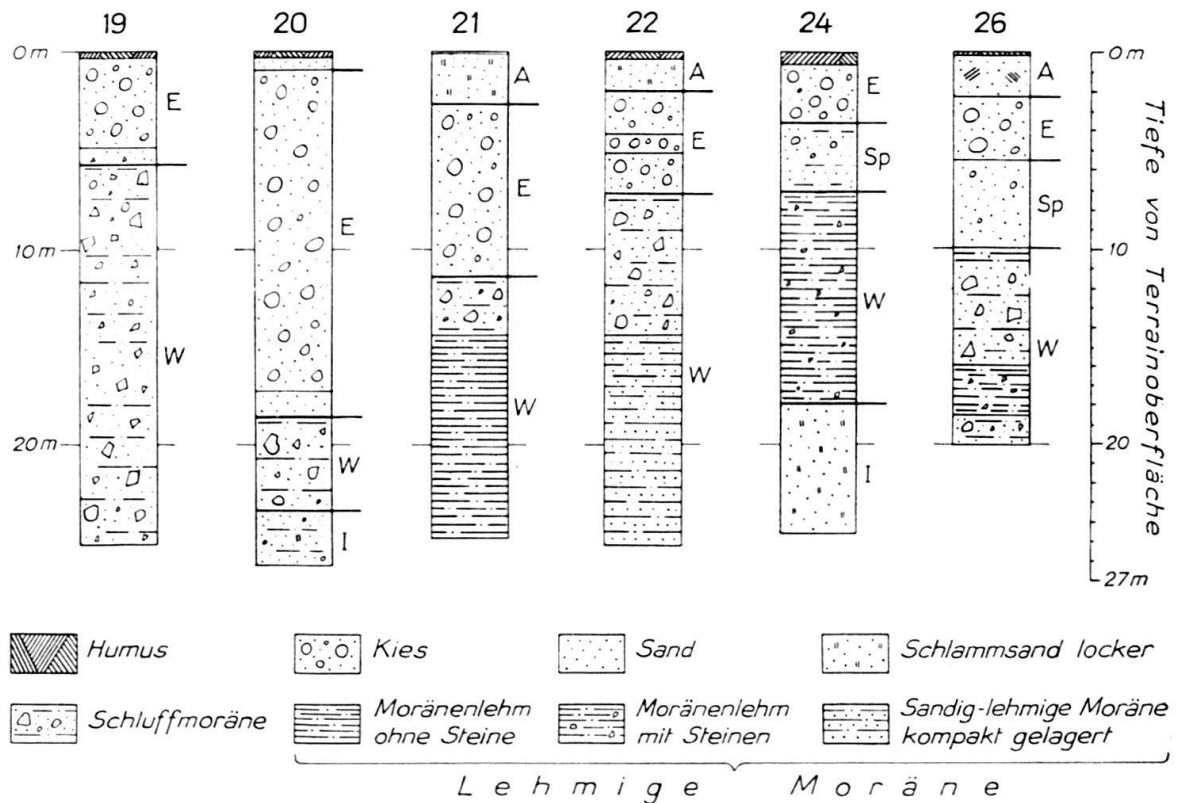


Fig. 2. Bohrprofile aus dem Raume Bernerschachen-Hohfuhren, vereinfachte Fassung.

A = Aareablagerung, E = Emmeschotter, Sp = Schlammssand, postglazial, W = Würmoräne, I = Interglazial.

#### 4. Würmeiszeitliche Ablagerungen.

Sie sind für diese Gegend einteilbar in lehmige Moräne und Schluffmoräne. Man vergleiche hiezu die Figur 2.

##### a) Lehmige Moräne.

Die lehmige Moräne wurde gewöhnlich in den tieferen Partien angetroffen und kann als Grundmoräne bezeichnet werden. Geschiebe bis Faustgrösse waren nicht selten, solche über 300 mm Durchmesser wurden keine angebohrt, was aber nicht sagen will, dass solche nicht vorhanden sein können. Kantige Komponenten mit Durchmessern von 1 bis 3 mm in Lehm ohne grössere Stücke enthielt der Morärentyp von Bohrung 24 und z. T. von 26. Reiner Lehm trat in Bohrung 21 und sandiger Lehm in Bohrung 22 auf. Art und Mächtigkeiten der angetroffenen Moränen gehen aus Fig. 2 hervor.

### b) Schluffmoräne.

Die Schluffmoränen zeigten gewöhnlich Korngrößen von 0,005 bis 50 mm Durchmesser. Selten wurden grössere Stücke angetroffen; diese Feststellung dürfte aber in Anbetracht des kleinen Kalibers der Bohrungen stark vom Zufall abhängig sein. Innerhalb der genannten Korngrößen sind alle Durchmesser in betonähnlicher Kombination vorhanden. Die Fraktion Schluff mit Korndurchmesser 0,01 bis 0,005 mm ist in einem Mengenverhältnis von ca. 15% vorhanden und gibt als Bindemasse dem Gestein seinen besonderen lithologischen und geotechnischen Charakter. Diese Art von Glazialablagerungen wurden deshalb hier als Schluffmoränen bezeichnet.

Die Schluffmoränen unterscheiden sich von den lehmigen Moränen geotechnisch durch geringere Bindigkeit und höhere innere Reibung, entsprechend dem gröberen Korn des Schluffs gegenüber demjenigen des Lehms. Die Feinfraktion von unter 0,005 mm Durchmesser macht bei den im Untersuchungsgebiet angetroffenen lehmigen Moränen 30—80% der Gesamtmasse des Gesteines aus; bei der Schluffmoräne dagegen tritt diese Feinfraktion nur akzessorisch auf. Die Schluffmoränen stellen ganz allgemein einen der verbreitetsten Typen von Glazialablagerungen im Alpengebiet dar und bilden vor allem die steil abgeböschten Wälle.

An grösseren Komponenten waren u. a. dunkle Kalke (teilweise gekritzelt) Gneise und Granite zu finden. Es handelt sich anscheinend um Rhonematerial, soweit die quantitativ geringe Materialförderung der Bohrmethode einen Schluss in dieser Hinsicht überhaupt gestattet.

Die Moränen im Raume Bernerschachen-Hohfuhren lassen gemäss den Resultaten der Bohrungen 16a und 19 an ihrer W-Begrenzung, am Innenrand des Stirnmoränenbogens, relativ steile Böschungen vermuten. Eine schmale, sehr wahrscheinlich durchgehende Senke zieht sich durch das Würmerratum am Fusse der Schotterterrassen des Aarerains im Bernerschachen und N der Kraftwerkschleuse hin (s. Fig. 3, Prof. IV und V).

Ausserhalb des engeren Bohrfeldes finden sich die Würmmoränen grossenteils an der Oberfläche aufgeschlossen auf den Schotterterrassen, wo sie Terrassenränder an mehreren Stellen überlappen, ferner direkt die Molasse bedeckend bei Attisholz (s. Fig. 3, Prof. I).

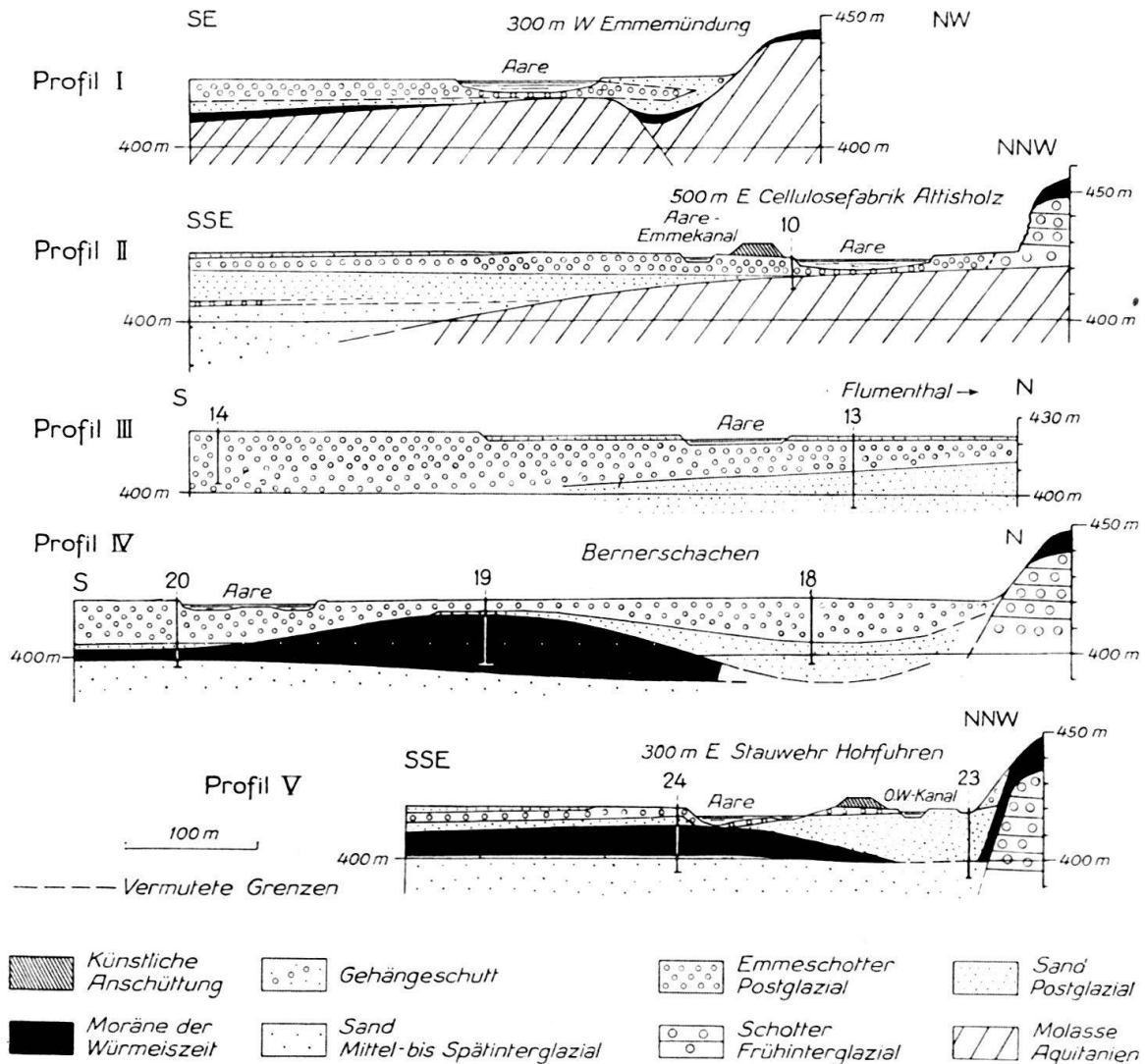
Als Kuriosum sei ein erratischer Block mit daneben liegenden Sprengstücken von total gegen 100 m<sup>3</sup> Grösse erwähnt. Er liegt unweit der oberen Abzweigung des Aare-Emmekanals und wurde vor einigen Jahren gesprengt, was aber nur teilweise gelang. Der Block, ein chloritisch ausgebildeter Granit, ragt aus dem Emmekies des Aarebettes hervor und verursacht eine Stromschnelle. Er ist als ein Rest der abgetragenen Würmmoräne zu betrachten.

## 5. Postglaziale Bildungen.

### a) Schlammsand.

Längs der Aare zwischen Attisholz und Bernerschachen finden sich schlammige Sandablagerungen mit einzelnen faustgrossen Geröllen, stellenweise Kies. Die Mächtigkeiten der postglazialen Sande betragen bis über 20 m. In einer Bohrung der Cellulosefabrik Attisholz, 950 m E der Emmemündung (s. Fig. 1), hatte der Schlammsand eine Mächtigkeit von 34 + x m. Im Niveau 407 m ü. M. fand sich ein Geröllhorizont, dessen liegende Partien möglicherweise bereits interglazial sind (s. Fig. 3, Profil II, links aussen).

Die am Ende des obigen Abschnitts über würmeiszeitlichen Ablagerungen erwähnte schmale Senke im liegenden Erratikum ist beim Wehr Hohfuhren mit Schlammsand, beim Aarerain mit Grundwasser tragendem Kies und Grobsand erfüllt. Ob es sich dabei um einen alten Aarelauf mit einer Verlängerung über Luterbach hinaus handelt, soll hier nicht entschieden werden.



10 - 24 Bohrstellen der Sondierbohrungen

Fig. 3. Geologische Querprofile durch das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a. A., schematisch, Überhöhung 2:1.

Die pollenanalytische Untersuchung einer Probe aus Bohrung 16 (Kote 398,50) ergab Pollenwerte, welche erkennen liessen, dass die Sande in dieser Lage sicher postglazial sind und vermutlich in die Eichenmischwaldzeit fallen (frühes Neolithikum).

b) Emmeschotter.

Die Emmeschotter breiten sich als eine zusammenhängende Schuttdecke von Zuchwil bis Wangen a. A. aus mit einer wechselnden Mächtigkeit von 2 bis 15 m.



Er liegt im SW direkt auf Molasse, anschliessend auf Schlammsand und bedeckt auch die Moränen der Talsohle bei Hohfuhren und Wangen. Emmekies fehlte nur in den Bohrungen 23, 1 und 4 (s. Fig. 3).

Im Emmeschotter konnten als häufige und typische Komponenten gefunden werden: rote Quarzporphyre (Luganeser Typus), grüne Diabase, grüne Granite (Typus Dent Blanche-Decke), rote Hornsteine, Serpentine, Granatamphibolite, Granodiorite, weisse und grüne Quarzite, Epidotaplite, Chlorit- und Serizitgneise, Glimmerquarzite, Chloritschiefer, Amphibolite, Eklogite, Sandsteine, Spatkalke, Kalke allgemein untergeordnet, typische Gesteine des heutigen Bernerobersandes konnten keine nachgewiesen werden. Jurakalke wurden im Emmeschotter nur in den Bohrungen 12, 15, 16 und 24 beobachtet. Bei Attisholz war stellenweise die Oberfläche der Emmeschotter von abgerutschten Molassepaketen bedeckt.

In Bohrung 11 bei der Wilihofbrücke wurden in 10 m Tiefe unter der Terrainoberfläche Backsteine gefördert. In ähnlicher Tiefe fand man bei Bohrungen der Cellulosefabrik Attisholz S der Aare eine geschliffene Platte und ebenfalls Backsteine. Es dürfte sich hier um eine Kulturschicht handeln, welche vorwiegend von Emmekies zugeschüttet worden ist. Nach grober Schätzung scheint hier eine Aufschüttung von 10 m Emmekies an dieser Stelle in rund 2000 Jahren möglich.

#### c) Rezente Aareablagerungen.

In der Nähe des heutigen Aarelaufes ist der Emmekies und teilweise die Molasse von einer 0,5 bis 2 m mächtigen Schlammsandschicht bedeckt, welche auch heute noch in dieser Gegend durch die Aare abgelagert wird.

### IV. Genetische Interpretation.

#### Historisches.

Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a. A. wurde besonders von F. NUSSBAUM bearbeitet (lit. 3, 5, 6, 7). Er stellt die verfestigten Schotter von Attisholz und Bernerschachen zur Hochterrasse, d. h. ins Riss-Würm-Interglazial und betrachtet sie somit als jünger als die Plateauschotter (lit. 6, p. 105—106). Er weist die Möglichkeit, dass die Täler bei der Schotterbildung schon vorhanden gewesen sein konnten, von der Hand mit dem Hinweis auf die waagerechte Schichtung der Schotter, bemerkt aber (lit. 6, p. 105—106), dass die Schotter in den Talsohlen fehlen und schreibt: „Die aus dem Bernerobersandes stammenden Schotter können auch nicht am Rande oder an den Seiten des Rhonegletschers auf den benachbarten Plateaus abgelagert worden sein“, wobei dies offenbar für die Plateau- und die Hochterrassenschotter gelten soll. F. NUSSBAUM schreibt ferner (lit. 6, p. 104): „Dass es sich nicht um reine Flussablagerungen handeln kann, geht aus der weiten Verbreitung und der im einzelnen ungleichen Höhenlage hervor; der an verschiedenen Stellen verschieden hohe Gletscher vermochte viel eher, als dies bei einem Fluss der Fall gewesen wäre, auf seiner linken Flanke die höheren Schotter des Forst- und Frienisbergplateaus und gleichzeitig vor seiner Stirne die tieferen, nördlichen Schotter abzulagern.“

Derselbe Autor führt die Übertiefung der „Haupttäler“ auf die Wirkung der Gletschererosion zurück (lit. 7).

R. STAUB (lit. 9) erklärte die Entstehung der alpinen und jurassischen Randseen durch das zeitweise Vorhandensein von Toteismassen in der Jurasenke und am Alpenrand.

Ausgedehntes Bodeneis mit Schuttüberlagerung, Vegetation tragender Humusbedeckung und an der Oberfläche zirkulierenden Flussläufen sind aus arktischen Regionen der Gegenwart bekannt und wurden von mehreren Autoren behandelt (lit. 2 und 10).

1. *Gestaltung der Molasseoberfläche.*

Die Molassesenke im Becken von Luterbach ist in erster Linie auf die tektonische Anlage zurückzuführen (s. Fig. 3, Prof. I und II).

2. *Risseiszeit.*

Rissablagerungen am Grunde des Molassebeckens von Luterbach wurden nicht erbohrt und sind, so wie sie in den Figuren 4 und 5 eingetragen wurden, als hypothetisch zu betrachten.

3. *Die frühinterglazialen Schotter von Attisholz und Bernerschachen.*

Vergleiche Fig. 1, 3, 4, 5.

Die Schotter wurden von der Emme und wenigstens zeitweise mit der Aare zusammen aufgeschüttet. Dafür zeugen die typischen Emme- und Aarekomponenten. Schotter mit Aaregeröllen finden sich aber auch andernorts im Seeland, so z. B. bei Aarberg-Kerzers. Ziehen wir die allgemein labilen Abflussverhältnisse, wie sie beim Rückgang des Eises herrschen, in Betracht, so erscheint es nicht ausgeschlossen, dass sich die Entwässerung des Aaretales gleichzeitig oder in raschem Wechsel, sowohl nach W gegen das Seeland als auch nach N durch das untere Emmental vollzog.

Die Aufschüttung erfolgte vor der Würmseezeit und war von dieser durch einen gewissen Zeitabstand getrennt.

Im Raume Attisholz-Wangen treten die Schotter nur an den Rändern der Talsenke auf. Dieses randliche Auftreten können wir von Wangen a. A. bis hinauf

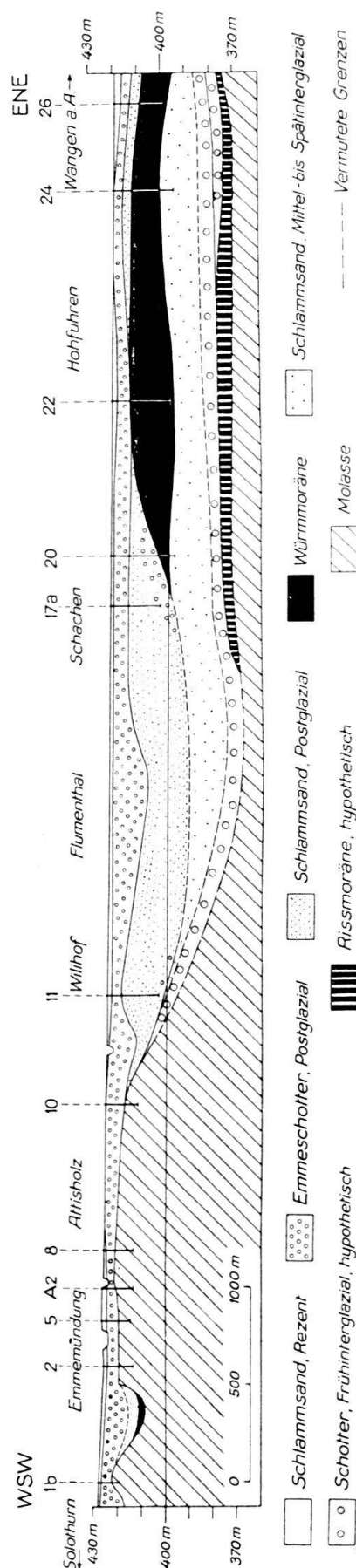


Fig. 4. Geologisches Längsprofil parallel dem rechten Aareufer von der Emmemündung bis Wangen a. A., schematisch, Überhöhung 12:1. 1 b bis 26 Bohrstellen der Sondierbohrungen.

über die Juraseen verfolgen. Wie bereits F. NUSSBAUM feststellte (lit. 6) konnten keine Spuren von verfestigten Schottern in den grossen Talböden des Seelandes entdeckt werden. Im Gegensatz dazu bilden die Schotter von Walliswyl-Wangen an in östlicher Richtung talabwärts eine fast zusammenhängende Decke, welche nur von verhältnismässig schmalen Rinnen des heutigen oder früheren Aarebettes durchzogen ist (man vergleiche dazu die Geologische Generalkarte der Schweiz 1 : 200000, Blatt 2 Basel-Bern). Das Gefälle auf der Strecke Attisholz bis Wangen a. A. beträgt in der Aaresohle durchschnittlich ca.  $1,2\text{‰}$ , von Wangen bis Wynau ca.  $1\text{‰}$ . Zwischen Wangen a. A. und dem NW-Fusse des Mont Jorat haben die Talböden ein ausserordentlich geringes Gefälle, und die Gewässer, welche sich darin bewegen, sind nicht imstande, eine wesentliche Erosionswirkung auszuüben. Die genannten Regionen stehen vielmehr unter dem Regime der Ablagerung, und es ist anzunehmen, dass ähnliche Verhältnisse während des ganzen Jungquartärs hindurch bestanden haben. Das Fehlen der verfestigten Schotter in den Talböden oberhalb Wangen a. A. kann deshalb nicht auf Flusserosion zurückgeführt werden. Wenn eine solche fast vollkommene Auserodierung stattgefunden hätte, müsste sie bereits im frühen Riss-Würm-Interglazial erfolgt sein, wie wir bei der Erörterung der Schlammsandablagerungen zeigen werden.

Wenn wir die Möglichkeit der Auserodierung durch den Würmgletscher in Betracht ziehen wollen, so muss folgendes berücksichtigt werden.

Der Würmgletscher hat an seinem Zungenende eine Moränendecke über die Schotterterrassen und den interglazialen Schlammsand abgelagert. Weder die Schotter noch die Sande zeigen Spuren von wesentlicher mechanischer Beanspruchung. Es dürfte wohl unmöglich sein, dass der Gletscher die Schotter weggestossen hätte, während gleichzeitig die Interglazialsande an Ort und Stelle ohne Spuren von Schotterresten unversehrt geblieben sind.

Das Prinzip der Erhöhung der Fließfähigkeit und Plastizität des Eises bei erhöhtem Überlagerungsdruck wirkt sich besonders in Alluvionen in dem Sinne aus, dass der Gletscher die Möglichkeit hat, über lockere Gesteine hinwegzugehen, ohne sie in abtragendem Sinne wesentlich in Mitleidenschaft zu ziehen. Die Eismassen geben ihrer Unterlage, bestehend aus Sanden oder Schottern, eine Pressung, welche sich proportional zum herrschenden Überlastungsdruck verhält. Diese gepressten Lockergesteine setzen der tangential und auf grosser Fläche wirkenden Stosskraft des Eises einen entsprechend erhöhten Haftwiderstand entgegen. Die unterste Lage des Eises wird durch den Überlastungsdruck gemäss dem Prinzip der Regolation in die poröse Unterlage eingepresst. Dieser dadurch entstehende hohe Haftwiderstand an der Berührungsfläche von Eis und Lockergestein hat zur Folge, dass sich die Bewegung des Eises nicht direkt an der Auflagefläche, sondern darüber im Eisinnern vollzieht und die Lockergesteinsteile nicht notgedrungen disloziert werden müssen. Anders liegen dagegen die Verhältnisse da, wo die Unterlage des Eises nicht aus Lockermaterial, sondern aus hartem schleifbarem Fels besteht, in dessen Oberfläche das Eis nicht wesentlich eindringen kann und somit kein wirksamer Haftwiderstand auftritt.

Dr. W. JOST hatte die Freundlichkeit, mir auf Grund seiner Erfahrungen in grönländischen und alpinen Glazialgebieten die oben dargelegte Ansicht der geringen Erosivkraft der Gletscher in Alluvialböden weitgehend zu bestätigen. Er erwähnte u. a. einen Fall, wonach ein Gletscher sich eindeutig über die Seitenmoräne eines anderen Gletschers überschoben hatte ohne diese wegzustossen; eine Abscherfläche hatte sich im Eise selbst gebildet.

Allein schon die Tatsache, dass die Interglazialsande in grosser Mächtigkeit unter den Würmmoränen noch vorhanden sind, dürfte

die Möglichkeit der totalen Auserodierung eines mächtigen Schuttbodens durch den Eisschub ausschliessen.

Zur Erklärung der Ablagerung der randständigen Schotter könnte ein See angenommen werden, der in der Interglazialzeit von Wangen bis über den Neuenburgersee hinaus reichte und die Schottermassen als Schuttkegel der anliegenden Hänge entstehen liess. Dass ein der Länge nach sehr ausgedehnter Solothurnersee mindestens postglazial bestanden hat, beweisen die Seeablagerungen. Die Ablagerung der Schotter am S-Fuss des Jura können jedoch dadurch nicht erklärt werden, denn die Komponenten dieser Schotter weisen eindeutig auf Verfrachtung durch die Emme und die Aare. Die Annahme der mindestens zeitweisen Schotterzufuhr in die Gegend von Luterbach-Wangen durch die Aare auf dem Wege über Bern-Zollikofen-Urtenen-Utzenstorf scheint durch unsere Feststellungen weitgehend begründet, soll aber hier vorderhand nicht weiter diskutiert werden.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse berechtigen zur Annahme von Toteis, welches sich in dem Becken von Luterbach im Spät-Riss- oder Frühinterglazial längere Zeit zu halten vermocht hat. Der Rückzug des risszeitlichen Rhonegletschers, wie jedenfalls auch des würmeiszeitlichen, dürfte hier durch Abreissen der Gletscherzunge im Gebiete NW des Mont Jorat unter Zurücklassung mächtiger, langgestreckter Toteiswannen vor sich gegangen sein. Eine Frühinterglazialzeit mit Toteisbedeckung ohne Ablagerung von echten Moränen (d. h. ohne vom Gletscher verfrachtetes Material) ist für das Becken von Luterbach und für die ganze Strecke bis hinauf über den Neuenburgersee hinaus anzunehmen. Über das Toteis hinweg wurden demnach die Emme- und Aareschotter mit verschwemmten Moränen vom unteren Emmetal her verfrachtet und am jenseitigen Talrand abgelagert, wobei Schutt der Jurahänge hinzu kam. Die einseitige Absenkung des Eises am Jurafuss hat den Ablagerungsraum gebildet. Dadurch erklärt sich das randliche Auftreten der Schotter in diesen Mächtigkeiten. Vermutlich wurden die Schotter in einzelnen Vorstössen ausgeschüttet. Die Vorstösse scheinen vor allem in drei zeitlich voneinander getrennten Richtungen mit ausserordentlich starker Schutführung (entsprechend dem raschen Abbau der frischen Rissmoränen) erfolgt zu sein. Es entstanden die nordwärts gerichteten Schuttkegel von Attisholz, Bernerschachen und Hohfuhren.

Möglicherweise hat sich die anfänglich langsame Abschmelzung der stark beschotterten Haupteismasse sowohl durch Vergrösserung der spezifischen Oberfläche des Eiskörpers als auch durch klimatische Temperaturerhöhung in wesentlichem Masse beschleunigt. In relativ rascher Folge wurde der Ablagerungsort der Schotter vom Jurafuss wieder an die SE- und E-Seite des Beckens verlegt.

Die Strecke, welche die Flüsse über das Eis zurückgelegt haben müssten, ist schwer anzugeben, kann aber 3—4 km betragen.

Ähnlich wie dies W. Jost (lit. 10) von Gletschern auf der Insel Disko in W-Grönland beschreibt, wäre anzunehmen, dass sich die Flüsse in untiefen Eisschluchten bewegt haben. Wir verweisen speziell auf die Ausführungen des genannten Autors, wonach Fluss- und Seesedimentationen auf Gletschern gefunden wurden. Er schreibt S. 23: „An diesen Seeboden“ (auf Eis) „schloss sich eine wenigstens anderthalb Kilometer lange Eisschlucht an, die den Haupttalgletscher schräg aufwärts von Südwesten nach Nordosten von Rand zu Rand durchsägte. Dieses Eiscañon war im Mittel etwa 60 m breit, die senkrechten Eiswände 10 bis 39 m hoch . . . Im Sommer floss zweifellos der von Kote 1320 herunterstürzende Gletscherbach hindurch und verfrachtete den Schutt; denn auf lange Strecke war die östliche Ufermoräne des Gletschers verschwunden.“

Nach W. Jost bewegte sich der in Frage stehende Gletscher. In unserem Falle ist eine Schotterauflagerung noch während der Gletscherbewegung nicht anzunehmen, da die Schotter keinen Moränencharakter besitzen. Jedenfalls würde das Toteis den Vorgang der gegenhangseitigen Aufschotterung begünstigen, da dieses sicher spaltenlos war und das schutführende Wasser an der Oberfläche zirkulieren konnte, ohne bis an den Grund eindringen zu müssen. Sehr wahrscheinlich war das Toteis auch von Schutt zugedeckt; dies erinnert uns an die bekannte Tatsache, wonach Flüsse ihr Schotterbett durch feine Sinkbestandteile abdichten und ein direkter Wasseraustausch oder eine Berührung mit dem Grundwasser, in unserem Falle mit dem Grundeis, nur in sehr beschränkter Masse stattfindet.

Nach obigen Ausführungen wäre der Trog von Luterbach-Wangen nicht auserodiert, sondern durch die Anwesenheit des Toteises vor gleichmässiger Zuschüttung bewahrt worden. Derselbe Vorgang kann sich durch das ganze Diluvium wiederholt und so zur Bildung resp. Erhaltung der Juraseen geführt haben (lit. 9).

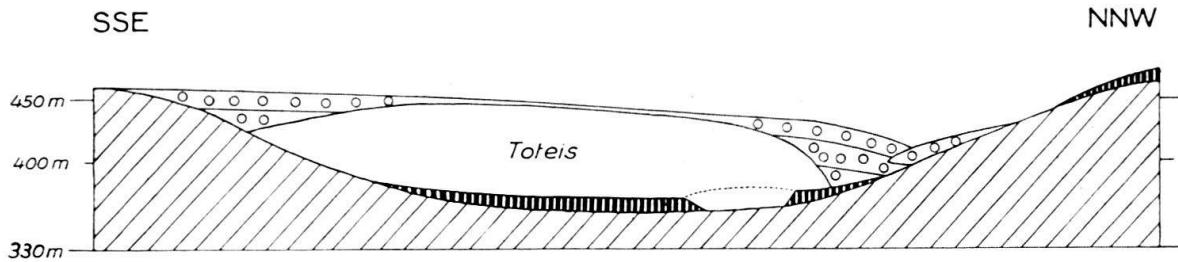
An Stelle des frühinterglazialen Schuttbodens mit Toteis blieb nach vollkommenem Verschwinden des Bodeneises ein im Niveau 40 bis 60 m tiefer liegender Schutt- und Sandboden zurück. Dieser hypothetische Schutt müsste im Liegenden des Interglazialschlammes zu suchen sein, wurde aber in keiner der Bohrungen erreicht (s. Fig. 4 und 5).

Bohrung 14 zeigte unter 12 m gewöhnlichen Emmeschottern noch 8 + x m verschwemmten Moränenkies mit beigemengtem Emmematerial. Derartige Mischkiese mit relativ hohem Gehalt an Schluff können ein Produkt der Aufschwemmung auf Eis-Untergrund sein. In diesem speziellen Fall würden diese Kiese jedoch aus der Würmeiszeit stammen. A. BALTZER beschreibt (lit. 1, p. 170) solche Glazialbreccien aus dem Liegenden des Interglazials von Pianico am Iseosee.

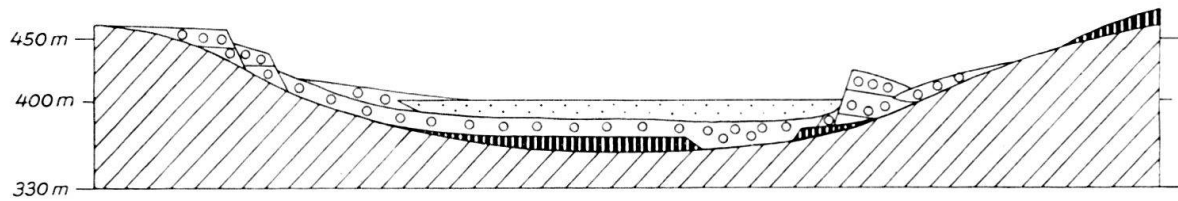
Die an den NW-Hängen auf festen Grund abgelagerten Schotter blieben in ihrem Ablagerungsniveau liegen und bildeten die randständigen verfestigten Schotter der jetzigen Terrassen von Attisholz, Bernerschachen und Hohfuhren. Spuren von talwärtigen Rutschungen können stellenweise beobachtet werden und veranschaulichen das stark progressive Abschmelzen des Toteises. Mit diesem Vorgang der Absenkung konnte die Schuttauflagerung zeitlich nicht Schritt halten. Wohl auch deshalb nicht, weil um diese Zeit die Aare ihren Lauf von Bern wieder westwärts verlegt haben dürfte.

Als besonderes Beispiel einer diluvialen Senkung sei das Quartär des Salzburger Beckens angeführt. R. HOERNES (lit. 4, p. 14) schreibt darüber: „... dass seit der Bildung des Sees, welcher von PENCK in die Riss-Würm-Interglazialzeit verlegt wird, eine nicht unbedeutende Änderung in der relativen Höhenlage des Gebietes eingetreten ist, welche höchst wahrscheinlich nicht durch Hebung der äusseren Teile des Gebirges, sondern durch eine Senkung der inneren verursacht wurde.“ Diese Senkung ist aber natürlicherweise nur durch Abschmelzung des Toteises zu erklären, welches um dieselbe Zeit im Salzburger Becken gelegen haben mag. Es ist undenkbar, dass sich bedeutende tektonische Senkungen in so scharf abgegrenzten Gebieten in relativ kurzer Zeitspanne abgespielt haben könnten.

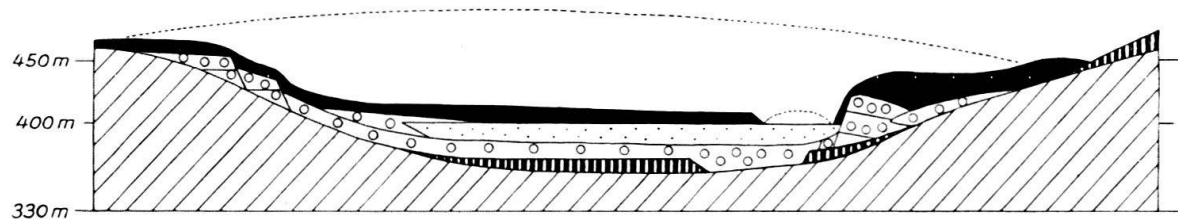
In diesem Zusammenhange kann man sich auch fragen, ob der Vorgang des Weitertransportes von Schutt auf dem Eis nicht überhaupt eine der Bedingungen ist, unter denen die Bewahrung der Alpenrandseebecken vor Zuschüttung erst möglich ist (Lit. 9).



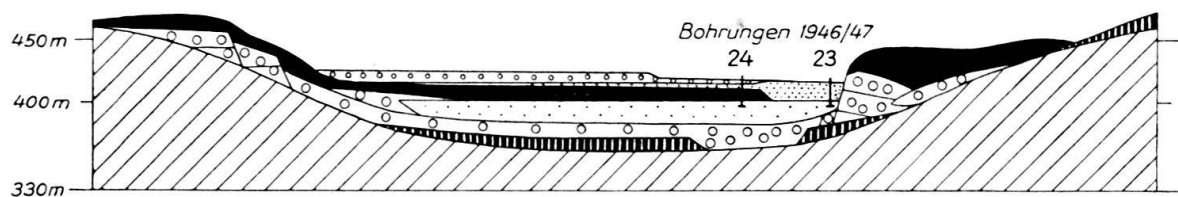
a. Toteis im Frühinterglazial Riss/Würm, Aufschüttung am NNW-Talhang durch Aare und Emme



b. Interglaziale Sandablagerung (Riss/Würm) durch Aare



c. Würmeiszeitliche Moränenüberdeckung



d. Postglaziale Sand- und Schotterablagerungen

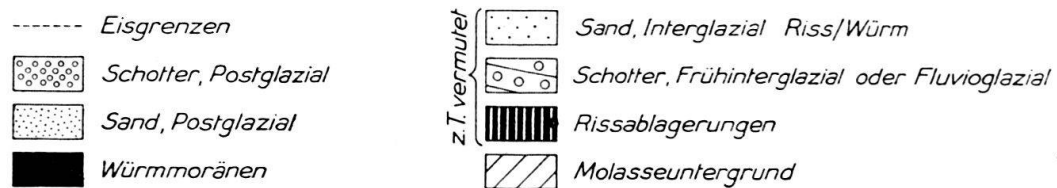


Fig. 5. Entwicklungshypothese des Quartärs im Becken von Luterbach-Wangen a. A., schematisch, Überhöhung 4:1.

#### 4. Die Interglazialsande.

Die Interglazialsande und -lehme des Beckens von Luterbach-Wangen wurden von der Aare aufgeschwemmt, als diese vermutlich nach totalem Abschmelzen des Eises von Bern oder Moosseedorf nach W abfloss und ihren Kies im Umkreis Aarberg-Lyss-Büren a. A. ablagerte und den Schlammsand wie heute über Büren a. A.-Solothurn einschwemmte. Zwischen diesem Sand und dem heutigen Aareschlammsand zwischen Solothurn und Wangen herrscht weitgehende lithologische Übereinstimmung.

Das Alter dieser Sande ist sowohl nach geologischer Auffassung als auch nach den Ergebnissen der Pollenanalysen ins Mittel- bis Spätinterglazial Riss-Würm zu stellen, wobei die obersten Partien bereits in die Glaziallehme der Würmeiszeit übergehen. Die Mächtigkeit dieser Sande ist schwer abzuschätzen, dürfte aber 20 m nicht wesentlich übersteigen.

Es wurde keine Bohrung bis an die untere Grenzfläche dieser Sande abgeteuft. Die Bohrungen haben aber den Beweis, dass die Schlammsande, obschon topographisch um rund 40 m tiefer liegend, jünger sind als die Schotter insofern erbracht, als sie zeigten, dass die Sande ohne jede Spur von Schotterzwischenlagen in die Würmmoräne übergehen. Die Pollenanalysen deuten ebenfalls auf diesen Übergang. Die Interglazialschlammsande entsprechen danach der Schichtlücke zwischen den verfestigten Schottern und der Würmmoräne.

#### 5. Würmerratikum.

Wir befinden uns hier im Endmoränengebiet des würmeiszeitlichen Rhonegletschers. Wie oben gezeigt wurde, ist zwischen Interglazialschlammsand und Würmeiszeit kein Ablagerungsunterbruch anzunehmen. Ein solcher besteht aber zwischen den Schottern und der Würmmoräne; denn diese liegt teilweise diskordant über den Schottern, wie dies auch andernorts F. NUSSBAUM festgestellt hat (lit. 3, p. 8). Die Tatsache, dass in Bohrung 23 (s. Fig. 4 und 5) keine Würmmoräne angetroffen wurde, kann auf eine totale Aufarbeitung durch die Aare, oder während der Eiszeit durch den Gletscherfluss zurückgeführt werden.

#### 6. Postglazial.

Der Postglazialsand wurde durch die Aare angeschwemmt, wie dies auch heute noch geschieht. Darüber rückten gleichzeitig von S her die Emmeschotter bis an den N-Rand der Ebene vor. Die Aare wurde durch die Emmeablagerungen ständig nach N gedrängt. Heute fliesst sie im Untersuchungsgebiete zum grössten Teile auf Emmeschotter und lagert über grössere Areale ihren Schlammsand ab. In rezenter Zeit hat die Aare die Tendenz, ihr Bett in der Schachenebene zu verlegen. W Attisholz wird die Aare gegenwärtig durch das Mündungsdelta der Emme an die Molasse angedrückt und erhält dadurch an dieser Stelle eine wesentliche Erosivwirkung. Es entsteht eine nach N hin fortschreitende Abrasionsfläche auf der Molasse. Die Erosion der Aare wirkt hier zur Hauptsache auf der Höhe ihres Spiegels. Die in der Sohle ausgeschütteten Emmeschotter schützen die Molasse vor tieferer Erosion. Aus dem Emmekies der Sohle ragen Bänke von Molassesandstein hervor, die mit ihrer Längsachse schief zur Flussachse streichen (s. Fig. 1, Lit. 17).

## V. Zusammenfassung der genetischen Hypothese.

Vergleiche dazu Fig. 4 und 5.

Die geologischen Untersuchungen anlässlich der Bohrkampagne für die Studien Kraftwerk Luterbach 1946/47 führten den Verfasser zur Auffassung, dass sich die Entstehung der verfestigten Schotter, wie sie am N-Rande der Senke zwischen Attisholz und Wangen a. A. auftreten, auf das Vorhandensein von Toteismassen in der Niederung zurückführen lässt. Die Eismassen des in Rückzug befindlichen risseiszeitlichen Rhonegletschers im Seeland wurden an der Wasserscheide NW des Mont Jorat vom Hauptarm im Genferseebecken abgetrennt. In den Becken der Juraseen und der Senken bis nach Wangen a. A. blieben noch einige Zeit Toteismassen liegen. Die Emme und die Aare verfrachteten ihre Schotter über das Toteis hinweg bis an den Jurafuss. Die Schotter wären also gewissermassen als fluvioglazial anzusehen in teilweiser Übereinstimmung mit den Ausführungen von F. NUSSBAUM (lit. 6). Durch Abschmelzen des Eises blieben die an den Talrändern abgelagerten Schotter in ihrer ursprünglichen Höhenlage liegen, während sich am Orte des Toteises eine Senke bildete. Diese wurde in der darauffolgenden Interglazialzeit mit Aareschlammsand bis zu einer gewissen Höhe aufgefüllt. Darüber stiess die Endzunge des würmeiszeitlichen Rhonegletschers vor und lagerte ihre Moränen auf Schottern und Sanden ab, ohne diese in Bestand und Lage wesentlich zu beeinflussen. Eine wesentliche Erosion durch den Würmeiszeitgletscher hat im Becken von Luterbach nicht stattgefunden.

Es ist geplant, die genetischen Zusammenhänge der Schotterbildungen vom Gesichtspunkte des vorliegenden Interpretationsversuches aus auf allgemeinerer und breiterer Basis weiter zu verfolgen und darzulegen.

### Literaturverzeichnis.

1. BALTZER, A.: Beiträge zur Kenntnis der interglazialen Ablagerungen. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, 1896, Bd. 1, S. 159—186.
2. RUSSEL, I. C.: Existing glaciers of North America. — Boston und London 1897.
3. NUSSBAUM, F.: Über die Schotter im Seeland. — Mitt. Natf. Ges. Bern, 1907, S. 1—29.
4. HOERNES, R.: Der Einbruch von Salzburg und die Ausdehnung des interglazialen Salzburgersees. — Sitzungsbericht der K. Akademie der Wissenschaften in Wien, Bd. CXVII, Abt. I, Nov. 1908.
5. NUSSBAUM, F.: Das Endmoränengebiet des Rhonegletschers von Wangen a. A. — Mitt. Natf. Ges. Bern, 1910, S. 141—168.
6. NUSSBAUM, F.: Über den Nachweis von jüngeren Deckenschottern im Mittelland, nördlich von Bern. — Ecl. geol. Helv. Vol. XVI, Nr. 1, 1920, S. 102—107.
7. NUSSBAUM, F.: Über Ungleichheiten der Gletschererosion im schweizerischen Mittelland und in den Alpen. — Ecl. geol. Helv., Vol. XIX Nr. 1, 1925, S. 147—151.
8. JEANNET, A.: Un gisement interglaciaire à Cressier, Neuchâtel. — Ecl. geol. Helv. Vol. XIX, Nr. 3, 1926, S. 637—640.
9. STAUB, R.: Prinzipielles zur Entstehung der alpinen Randseen. — Ecl. geol. Helv. Vol. 31, Nr. 2, 1938, S. 239—258.
10. Jost, W.: Gletscherschwankungen auf der Insel Disko in Westgrönland. — Zeitschrift für Gletscherkunde, Bd. XXVII, Heft 1/2, 1940, S. 20—28.
11. DRYGALSKI, E. und MACHATSCHEK, F.: Gletscherkunde. — Enzyklopädie der Erdkunde, 1942, Deuticke.
12. v. MOOS, A.: Zur Quartärgeologie von Hurden-Rapperswil (Zürichsee). — Ecl. geol. Helv. Vol. 36, Nr. 1, 1943, S. 125—137.
13. WEINBERGER, L.: Frostspalten und Froststrukturen in Schottern bei Leipzig. — Geol. Rundschau, Band 34, Heft 7/8, 1944, S. 539—544.



14. GÜLLER, A.: Über Deckenschotter am Südhang der Lägern (Kt. Zürich). — Ecl. geol. Helv. Vol. 37, Nr. 1, 1944, S. 189—193.
15. FURRER, H.: Bericht über die geologischen Verhältnisse am Nidau-Büren-Kanal, Juli 1946. — Manuskript, Eidg. Amt für Wasserwirtschaft.
16. AUBERT, D. et FALCONNIER, A.: Présence de terrasses glaciolacustres à Gimel (Ct. de Vaud). — Ecl. geol. Helv. Vol. 39, Nr. 1, 1946, S. 49—53.
17. FURRER, H.: Bericht über die geologische Aufnahme der Aareufer und der Flussole beim Vögeliholz (Emmemündung), Januar 1947. — Manuskript, Eidg. Amt für Wasserwirtschaft.
18. FURRER, H.: Geologischer Bericht über die Sondierbohrungen Neubauten Cellulosefabrik Attisholz, März 1947. — Manuskript, Cellulosefabrik Attisholz.
19. FURRER, H.: Bericht über die Sondierbohrungen 1946/47 v. 26. 9. 1947. — Manuskript, Eidg. Amt für Wasserwirtschaft.
20. MOLLET, H.: Bericht über die geologischen Verhältnisse und die Sondierbohrungen 1946/47 beiderseits der Aare zwischen Emmemündung und Wangen a. A. v. 20. 10. 1947. — Manuskript, Eidg. Amt für Wasserwirtschaft.
21. FURRER, H.: Die Sondierbohrungen von Luterbach 1946/47. — Schweiz. Bauzeitung 1949 Nr. 8, 19. Febr.
22. FURRER, H.: Die Sondierbohrungen von Luterbach. — Sitzungsberichte der Natf. Ges. Bern aus dem Jahre 1948, S. 1—2.

Manuskript eingegangen am 31. Juli 1948.

---