

# Die Sondierbohrungen von Luterbach 1946/47

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

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **67 (1949)**

Heft 8

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-84012>

## **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.

# Die Sondierbohrungen von Luterbach 1946/47

Von Dr. HEINRICH FURRER, beratender Geologe, Bern

DK 624.131.34

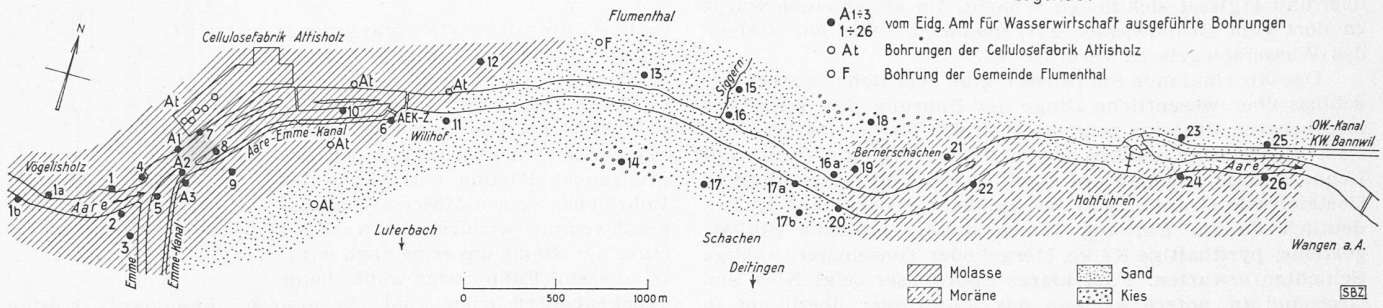


Bild 1. Uebersichtsplan der Bohrungen. Masstab 1:40 000

## Einleitung

Das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft hat in Verbindung mit dem Baudepartement des Kantons Solothurn in den Jahren 1946/47 in der Gegend von Luterbach längs der Aare zwischen der Emmemündung und Wangen a. A. eine grössere Anzahl von Sondierbohrungen ausführen lassen, durch die die noch in grossen Teilen zu wenig bekannten geologischen Verhältnisse dieses Gebietes abgeklärt werden sollten. Damit wollte man eine sichere Grundlage schaffen für das Projekt eines Wasserkraftwerkes. Dieses hätte auch einer Regelung der Wasserstände in und oberhalb Solothurn und der zukünftigen Flussschiffahrt zu dienen. Da vorerst noch unklar war, ob dafür ein Kanalkraftwerk mit links- oder rechtsseitigem Kanal oder ein Flusskraftwerk in Frage kommen könnte und demgemäss auch die Lage von Wehr und Zentrale noch unbestimmt war, hatten sich die Bohrungen auf ein grösseres Gebiet zu erstrecken. Bei den unter der Leitung des Verfassers durchgeführten Arbeiten sind neuartige Bohrmethoden angewendet worden. Die damit gemachten Erfahrungen, sowie die erhaltenen geologischen und geotechnischen Resultate dürften weitere Fachkreise interessieren.

### I. Anordnung der Bohrstellen

Die Bohrungen wurden beidseitig der Aare so angesetzt, dass sich auf Grund ihrer Resultate geologische Profile quer zur Axe des Flusses konstruieren liessen (Bild 1). Auf diese Weise konnte ein Streifen von 200 bis 600 m Breite und 7 km Länge bis in eine Tiefe von 15 bis 25 m geologisch und geotechnisch weitgehend abgeklärt werden. Zwischen den einzelnen Bohrungen bestehen jedoch Abstände von 60 bis über 1000 m. Die Erfassung aller geologischen Einzelheiten war also trotz der hohen Zahl von 34 Bohrungen nicht möglich.

### II. Ausführung der Bohrungen

#### 1. Bohrmethoden und Loseinteilung

Das Hauptaugenmerk wurde auf die möglichst ungestörte Förderung der Bodenproben gelegt. Vorerst stellte sich die Frage, mit welchen Bohrsystemen diese Aufgabe am besten zu lösen war, ob die gewöhnliche Seilschlagmethode mit Meissel, Kies- und Schlammpumpe, evtl. Schappen usw., Rammsystem mit Bohrpfahl oder die erstgenannte Methode mit dem Craelius-Rotationsverfahren kombiniert anzuwenden sind. Die Anwendung geophysikalischer Methoden wurde geprüft und ebenso wie die Rammsondierungen als für diesen Zweck nicht voll befriedigend abgelehnt.

Es war mit Sicherheit zu erwarten, dass im Abschnitt Emmemündung-Attisholz Molassefelsen angebohrt werden, die von mehr oder weniger Lockermaterial, vornehmlich grobem Emmekies, bedeckt sind. Im Abschnitt von Attisholz bis Wangen mussten dagegen voraussichtlich Alluvionen wie Grobkies und Sand vorherrschen. Was an fest gelagerten Moränen noch in der Tiefe vorhanden sein konnte, war nicht bekannt.

Das Craelius-Rotationsverfahren erschien zum vornherein für den Abschnitt mit Molasse geeigneter, dagegen war anzunehmen, dass der Bohrpfahl für den unteren Abschnitt mit tiefen Alluvionen günstigere Ergebnisse zeitigte. Deshalb wurden zwei Lose gebildet: Ein Los mit dem Abschnitt Emmemündung-Attisholz-Wilihofbrücke wurde einer Firma,

hier mit Equipe I bezeichnet, übergeben, die mit dem Craelius-Rotations-Verfahren und mit dem gewöhnlichen Verfahren (Seilschlag) arbeitete. Das andere Los im Abschnitt Wilihofbrücke-Schachen-Wangen a. A. hat eine Equipe II übernommen, die das Bohrpfahlsystem verwenden sollte. Damit konnte auch bis zu einem gewissen Grad die Zweckmässigkeit dieser beiden Bohrmethoden für die anzutreffenden Bodenarten festgestellt werden. In der Folge hatte die Equipe I mit Craelius AB2 Gelegenheit, auch in den Alluvionen des unteren Loses zu arbeiten.

#### 2. Rotationsverfahren mit Craelius AB2

Der Vortrieb in den Emmealluvionen erfolgte mit dem Seilschlagverfahren, das hier als hinreichend bekannt vorausgesetzt wird. Im allgemeinen waren in Los 1 die groben Schotter bei Tiefen von 7 bis 12 m von der Oberfläche durchstossen und es folgten Moräne, Lehm, Sand oder Molasse, in denen nach dem Rotationsverfahren gearbeitet wurde.

Die Maschine AB2 wurde, z. T. versuchsweise, in allen vorkommenden Alluvial- und Felsböden angewandt. Das Prinzip des Vorganges in Felsböden ist von Ing. D. Mousson bereits geschildert worden [1] und kann hier ebenfalls als bekannt vorausgesetzt werden. Im folgenden sei nur auf die Spülvorrichtung und die Anwendung des Verfahrens in Lockergesteinen näher eingegangen.

Man hat mit Biduritkronen von 65, 75, 85, 95 und 105 mm Durchmesser gebohrt. Das Drehen des Kernrohres (Bild 2) gegenüber dem Bohrgrund erfordert bei Felsbohrungen eine Wasserspülung, mit der die weggefrästen Bestandteile fortgespült werden. Dadurch verringert sich der Fräsdruk und die arbeitenden Teile werden wirksam gekühlt. Ueberbeanspruchungen der Gestängeteile sind nicht zu befürchten. Zur Spülung wurde eine mehrstufige Flügelpumpe verwendet, mit der Förderdrücke bis 10 at erzeugt werden konnten. Der Druck liess sich an einem an der Druckleitung angebrachten Umleithahn nach Bedarf einstellen. Das Spülwasser entnahm man einem offenen Gewässer, gelegentlich auch bestehenden Druckleitungen von Wasserversorgungen.

Das angesogene Wasser gelangt von der Pumpe durch einen Druckschlauch und die Gestängerohre in das Kernrohr. Dort wird es durch den Spaltraum zwischen dem ausgefrästen Kern und der Innenwand des Kernrohres nach unten durchgepresst. Normalerweise wurde der Druck bei Molassebohrungen bis zu 4 at gesteigert. An Innen- und Aussenwand

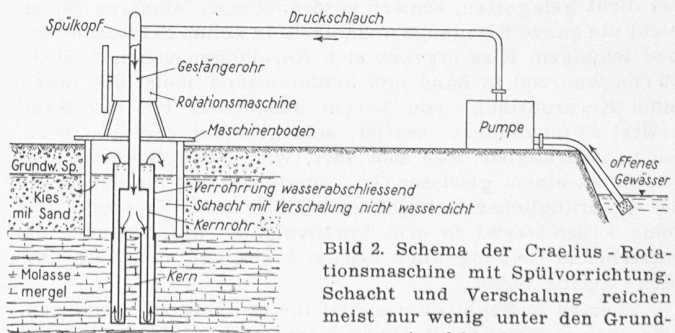


Bild 2. Schema der Craelius-Rotationsmaschine mit Spülvorrichtung. Schacht und Verschalung reichen meist nur wenig unter den Grundwasserspiegel hinab

des Kernrohres, vor allem aber bei der fräsenden Krone, belädt sich das Spülwasser mit feinen Reibbestandteilen (Bohrschmand, Korngrößen in der Regel unter 0,05 mm Durchmesser) und steigt zwischen der Aussenwand des Kernrohres und dem Terrain bzw. der Verrohrung hoch. Es läuft am oberen Ende der Verrohrung gut sichtbar und kontrollierbar über und ergiesst sich in den Schacht. Im allgemeinen wurde es dort vom Grundwasser aufgenommen, ohne ein Steigen des Wasserspiegels zu verursachen.

Das überlaufende Spülwasser gibt dem Bohrmeister Aufschluss über wesentliche Dinge der Bohrung. Die Farbe des angebohrten Gesteins zeigt sich in der Farbe des Wassers. Fast dickflüssige, dunkle oder gelbliche Trübung deutet auf Lehm; weisse milchige auf stark quarz- und feldspathaltige Gesteine wie Granite, gewisse Sandsteine oder helle Kalke; deutlich dunkle Färbung lassen dunkle basische Silikatgesteine, pyrithaltige Kalke, Mergel oder Tonschiefer, kohlige Schichten erwarten. Fast klares Spülwasser zeigt Kies und Grobsand an, sofern alsdann das Spülwasser überhaupt in die Höhe steigt. Feinsand (ganz oder als Fraktion) wird häufig mit dem Wasser emporgespült. Bei direkter Sonnenbestrahlung glitzernde Bestandteile verraten hohen Muskovitgehalt. Wenn trotz normalem Funktionieren der Pumpe kein Wasser austritt, so hat man es bis in ziemlich grosse Tiefe mit wasserdurchlässigen Schichten, meist mit Kies und Grobsand oder mit offener Klüftung im Fels zu tun.

Die Spülung verwendet man vor allem in kohärentem, festem Gestein. In schlammigem Feinsand soll sie nicht zum Vortrieb, sondern nur zum Ausspülen des nachfallenden oder auftretenden Materials unmittelbar vor erneutem Vortrieb dienen.

Die Spülvorrichtung kann ebenfalls benützt werden zum Herausdrücken der Kerne aus dem Kernrohr, wobei aber der Druck sehr vorsichtig eingestellt werden muss, damit der Kern langsam und nach Wunsch das Rohr verlässt.

In Alluvialböden aus Lehm, Sand und Kies oder in Glazialablagerungen wie Schluffmoräne und lehmiger Moräne wurde in der Regel ohne Wasserspülung gebohrt. Eine ständige Spülung würde in den meisten Fällen das Abschwemmen der feinen Bestandteile (unter 0,05 mm  $\varnothing$ ) an der Berührungsfläche von Kern und Kernrohrinnenwand und somit das Herausrutschen des Kernes beim Ausbau zur Folge gehabt haben. Auch wäre ein Auflösen des Kernes zu befürchten. Man verwendet hier Kernrohre, deren unterster Teil einen kleineren lichten Durchmesser aufweist. Infolgedessen ist die Reibung am ausgefrästen Kern nur in diesem, rd. 5 cm langen untersten Stück vorhanden. Wenn bei sehr lockeren Materialien wie Sand oder Kies doch eine gewisse Reibung im weiteren Kernrohrstück entsteht, so kann sich dadurch wohl das Gefüge etwas lockern, keinesfalls wird sich aber der Kern entmischen, was für die geologische Beurteilung wesentlich ist.

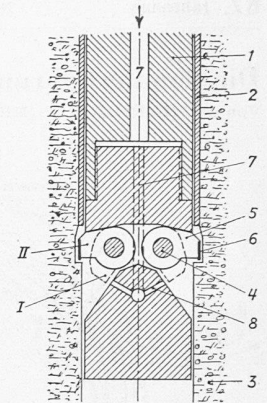
*Beim Bohren ohne Wasserspülung bleiben locker- oder halbverfestigte Böden mit einem gewissen Gehalt an Feinfraktion unter 0,005 mm  $\varnothing$  (wie lehmiger Sand, Lehm, Schluffmoräne, lehmige Moräne oder lehmiger Kies) als Bohrkern in ihrem ursprünglichen Verbands entweder vollständig oder weitgehend erhalten.*

Die Beanspruchung von Gestänge und Motor ist beim Bohren ohne Spülung oft hoch, bei sachgemässer Arbeitsweise jedoch nicht übermässig. Auch der Verschleiss der Kronen blieb normal. Das Aufstauen von nicht weggeführtem Fräsmaterial verursacht allerdings stärkere Reibung, die zur vollständigen Verklebung des Kernrohres oder zum Gestängebruch führen kann. Um dies zu vermeiden, darf man bei dicht gelagerten, schwer verdrängbaren lehmigen Böden nicht die ganze Kernlänge ausnützen. In Lehm, Schluffmoräne und lehmigem Kies ergeben sich Kernlängen von nur 50 bis 90 cm, während in Sand und Schlamm sand meist die maximale Kernrohrlänge von 150 cm ausnützlich ist. Der Sand besitzt Porenvolumen und ist, solange nicht gerammt wird, leicht verdrängbar, was sich aber, wie oben schon angedeutet, bis zu einem gewissen Grad ungünstig auf die Erhaltung des ursprünglichen Gefüges auswirken kann. Er nimmt das feine Fräsmaterial in sein Porenvolumen auf, wodurch die entstehende Reibung auch bei ganz ausgenützter Kernrohrlänge gering bleibt.

Speziell in Schluffmoräne ist die Spülung zu vermeiden. Das in ungestörtem Zustand ziemlich kohärente Material

Bild 3. Vereinfachtes Schema eines Nachnahmebohrers

1 Bohrschaft, 2 Verrohrung, 3 Bohrgrund, 4 Gelenk, 5 Bohrnocken, 6 Biduritstift, 7 Bohrungen für Druckwasser, 8 Druckwasseraustritt



verliert durch den Spülvorgang rasch seinen Gehalt an Korngrösse unter 0,005 mm. Die grösseren Komponenten beginnen alsdann unter der Bewegung der Krone zu rollen. Durch das Spülen wird ferner aus den angrenzenden Partien der Wände des Bohrloches feines Material herausgeschwemmt, wodurch der Nachfall einzelner Steine unvermeidlich wird. In diesem Falle, oder wenn beim Trockenbohren schon natürlicherweise inkohärente kiesige Schichten vorliegen, muss das Bohrloch mit einem Rohr ausgekleidet werden.

Die Verrohrung des Bohrloches, die beim gewöhnlichen Verfahren mit Kiespumpe in Lockermaterial ausnahmslos angewandt wird, kann bei Rotations-Kernbohrung in Fels oder anderen Bodenarten von genügender durchgehender Standfestigkeit vermieden werden. Ihre Anwendung stellt aber bei unsicheren Verhältnissen, wie dies bei Uebergängen oder Kohärenz-Grenzfällen von Bodenarten auftritt, eine Vorsichtsmassnahme dar, durch die oft grosse Zeitverluste vermieden werden können. Das Kernrohr kann nämlich beim Rückwärtsziehen schon durch wenig nachgefallenes Material, z. B. durch einzelne Steine, verklemt werden und lässt sich dann nur mit Mühe wieder frei machen. Unter Umständen gelingt dies nicht, so dass es mit dem darin enthaltenen Kern verloren ist. Ohne einen geeigneten Rückfräser am oberen Ende des Kernrohres ist ein weiterer Vortrieb im gleichen Bohrloch alsdann kaum mehr möglich.

Wenn Lockerpartien, wie sie in Moränen häufig vorkommen, durchbohrt werden mussten, so geschah das Weitertreiben der Rohre durch Rammen. Die Krone fräst dabei nur ein Loch vom Durchmesser des Kernrohres, nicht aber den äusseren Durchmesser der Verrohrung. Das Rammen der Rohre, das von Hand mit einem kleinen Rammbar vorgenommen wird, ist nach einer gewissen Anzahl Schläge wegen zu grossem Rammwiderstand im Verhältnis zur Festigkeit der Rohre nicht mehr möglich. Gewöhnliche Rohre werden dadurch deformiert. Der Gebrauch spezieller Rammrohre könnte hier in Erwägung gezogen werden.

Durch Anwendung eines *Nachnahme-Bohrers* erscheint es möglich, das Rammen und dessen Nachteile zu umgehen. Ein derartiger Bohrer ist als Stahlzylinder gebaut, dessen Durchmesser kleiner ist als die lichte Weite der Verrohrung (Bild 3). Er weist zwei mit Gelenken 4 befestigte, im Zylinder eingelassene Bohrnocken 5 auf, die mit Biduritstiften 6 bewehrt sind. Solange sich der Kopf des Zylinders in der Verrohrung befindet, sind die Nocken hineingeklappt (Stellung I, Bild 3); sobald der Kopf bis über den unteren Rand der Verrohrung eingeführt ist, werden die Nocken durch das durch die Boh-

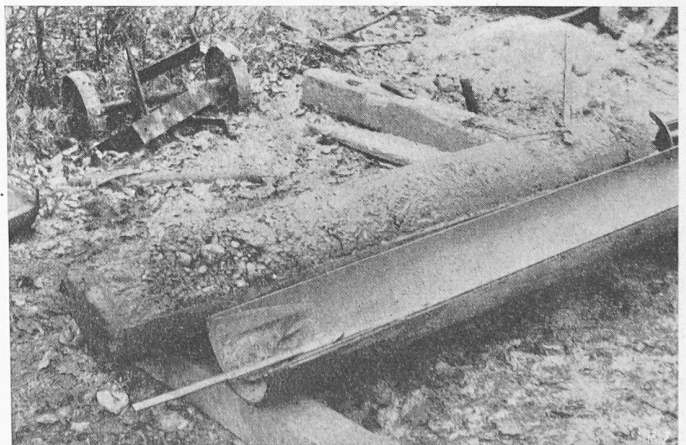


Bild 4. Mit dem Bohrpfahl erhaltener Kern aus Kies und Sand vor Herausnahme aus dem geöffneten Kernrohr (Bohrung 15)

rungen 7 und 8 hindurchströmende Spülwasser nach aussen in die Stellung II geklappt, worauf es nun möglich ist, das Bohrloch durch Drehen des Zylinders über den Durchmesser der Verrohrung hinaus auszuweiten. Durch Abstellen des Druckwassers legen sich die Nocken wieder von selbst in die Stellung I.

Die Darstellung auf Bild 3 ist stark vereinfacht und schematisiert. In Wirklichkeit ist im Rohrkopf ein federbelasteter Steuerkolben eingebaut, der vom Druckwasser betätigt wird und den Druckwasserdurchtritt steuert. Nach erfolgtem Ausweiten des Bohrloches wird die Verrohrung nachgestossen. Dieses Ausfräsen mit Nachnahmebohrer wird vor allem in Felsen, wo schutterfüllte Klüfte zu erwarten sind, angewandt. Das Verfahren könnte aber auch in fest gelagerten Lockergesteinen wie Schluffmoränen versucht werden.

Bei den Sondierbohrungen von Luterbach wurde in Schluffmoräne beim Auftreten von lockeren Lagen nicht der Nachnahmebohrer verwendet, sondern diese Stellen mit kleinerem Rohrdurchmesser verrohrt (teleskopiert), damit das Spülen ganz unterdrückt werden konnte. Bei häufigem Auftreten solcher nachfallgefährlicher Schichten ist diese Methode jedoch nicht mehr möglich und es muss wieder zum Rammen geschritten werden. Die Konstruktion eines robusten Nachnahmebohrers, der ohne gleichzeitige Spülung arbeiten könnte, wäre erwünscht, weil mit ihm die Kerne erhalten und zugleich Zeit eingespart werden könnte.

Als ein Beispiel erfolgreicher Anwendung der Craelius AB 2-Bohrmethode in Alluvionen sei der Kies von Bohrung 14 aus einer Tiefe von 16,90 bis 20,00 m erwähnt. Die Kernförderung war vollständig und erschien ungestört trotz dem ausgesprochen kiesigen Charakter des Bohrgrundes. Vom eigentlichen Rollkies, wie er gegen die Oberfläche zu auftrat, unterschied er sich nur durch einen schwach erhöhten Gehalt an feinerem Korn und durch eine gewisse Pressung. Es dürfte möglich sein, auch bei Anwendung einer geeigneten, klappenartig wirkenden Haltevorrichtung, die das Herausrutschen des Kernes beim Ausbau verhindert, gleichzeitig aber ohne wesentlichen Widerstand die Drehbewegung des Kernrohres gestattet, in Rollkiesböden Kerne, wenn auch nicht ungestört, so doch in allen Fraktionen vollständig im Kernrohr zu erhalten. Ungestörte Kerne wurden in der Molasse, in Lehm oder lehmiger Moräne (Bilder 4 bis 6) und lehmig, schluffigem Kies erhalten, annähernd ungestörte Kerne, wenn von auftreibenden Teilen abgesehen wird, in Sand und Schlamm-sand. Bei den Lehmkernen war aber besonders zu beachten, dass der Terraindruck aufgehoben wird und die plastischen, bindigen Böden nach dem Ausfräsen eine gewisse Ausdehnung erfahren. Auch wird deshalb hier die Spülung besser unterlassen, da durch Wasserzutritt dieser Vorgang noch verstärkt wird.

Die Voraussetzung des Erfolges der Craeliusmethode in Lockerböden ist das Trockenbohren. Die bei Luterbach gemachten Erfahrungen zeigen, dass es möglich ist, durch Verwenden zweckmässiger Bohreinrichtungen sowie durch besondere Anleitung des Personals nicht nur im Fels, sondern auch in beliebigen Alluvionen praktisch ungestörte geologische Aufschlüsse beizubringen.



Bild 5. Herausnehmen eines Kernes von Molassemergel aus dem Kernrohr der Craelius-Rotationsmaschine AB 2



Bild 6. Herausnahme eines Schlamm-sandkernes aus dem Kernrohr der Craelius-Rotationsmaschine AB 2 (Bohrung 25)

### 3. Bohrpfahlsystem

Dieses Verfahren wurde hier bereits behandelt [2], so dass wir uns auf die Bekanntgabe der bei uns gemachten Erfahrungen beschränken können.

Die Equipe II verwendete Pfahlrohre von 278 mm Durchmesser. Die Einrichtung der Senkelschnur zum Abloten der Kernoberfläche wurde nur bei einer Bohrung angewandt; bei allen weiteren Bohrungen überliess man die Kontrolle der Kernlänge der Erfahrung des Bohrmeisters.

Im Kies waren 7 bis 12 Rammhitzen (je 25 Schläge mit einem 600 kg schweren Rammbar, total also 175 bis 300 Schläge) erforderlich, um einen Kern von 1,5 bis 1,8 m Länge zu schlagen. Die Hubhöhe des Rammbars betrug ungefähr 0,5 m, der Rhythmus gewöhnlich 20 Schläge pro Minute (vgl. Rammdiagramm Bild 7).

Die Wandstärken von Bohrpfahl und Kernfangrohr betragen zusammen etwa 35 mm, was eine Verdrängung von mehr als  $\frac{1}{4}$  des Querschnitts ergibt. Kerne von Kies oder Grobsand, d. h. von Material mit grossem Porenvolumen zeigen trotzdem Verkürzungen bis zu 40 % der Vortriebslänge infolge Zusammenrütteln durch die Schlagwirkung. Dabei entmischt sich auch der Kern in gewissen Teilen, was sich daran zeigt, dass im oberen Teil jedes Kernes kein oder nur wenig Sand im Kies zu finden ist. Dies vor allem aber auch deshalb, weil durch das Ausziehen der an der Innenwand eng anliegenden Kernbüchse ein Vakuum entsteht, durch das Sand und Wasser nachgesogen werden. Dieser über den Pfahlrohrfuss hochsteigende Sand (er gehört geologisch jeweilen zum nächstfolgenden Kern) musste nach jeder weiteren Kernentnahme mit der Kiespumpe entfernt werden, bevor mit dem Kernfangrohr wieder eingefahren werden durfte. Dies war nötig, weil Pfahlrohrfuss und untere Kante des Kernfangrohres unbedingt bündig und eng angeschlossen sein müssen, damit kein Sand dazwischen eindringt und sich das Kernfangrohr nicht verklemt.

Durch die Pfahlrohrschneiden (Pfahlschuh) wurden Rollsteine von 300 mm  $\varnothing$  aus Quarzit und anderen höchst widerstandsfähigen Gesteinen ohne wesentlichen zusätzlichen Zeitaufwand entzweigemeisselt. Der Bohrpfahl bewältigt somit die grössten Sorten von Rollkies mit Leichtigkeit.

Rammkerne in Lehm erfordern bis über 1500 Schläge, was einem Vortrieb von 2,5 cm pro Rammhitze entspricht. Die Grenze der Beanspruchbarkeit der Gerätschaften wurde dabei nach kurzer Zeit erreicht. Sobald sich durch das Schlagen des Rammbars kein nennenswerter Fortschritt mehr erzielen lässt, wird das Rohr nach einiger Zeit zur Unbrauchbarkeit zerschlagen. Die Grenze, bei der die Rammbohrung aufgegeben werden muss, ist praktisch gegeben durch einen Vortrieb von nur noch etwa 2 cm pro Rammhitze.

Die Lehmkerne zeigen entsprechend der Dichte und Plastizität des Materials eine Verlängerung um etwa 20 %, lehmiger Sand nur etwa 10 % gegenüber dem Pfahlrohrvortrieb. Der Kern wird hier von den Seiten her durch Verdrängung gepresst und weicht nach oben aus. Diese Pressung ist im Längsschnitt des Kernes an der Verbiegung der Schichtstreifen nach unten und gegen die Ränder zu sichtbar [2].

Rammkerne in Feinsand und Schlamm-sand erfordern total 800 bis 1500 Schläge pro Kern, was einem Vortrieb von 5 bis 2,5 cm pro Rammhitze entspricht. Der Widerstand des Feinsandes steigt durch das Schlagen rasch bis zur Grenze der zulässigen Beanspruchbarkeit des Materials. Auch hier ist, wie im Kies, infolge Vakuumhaltung das Nachreißen von Sand in den Bohrpfahl-tubus beim Ausziehen des Kernrohres die Regel.

Die besten Ergebnisse in bezug auf geologischen Aufschluss erzeugte bei uns das Bohrpfahlsystem im Grobkies. Die unteren zwei Drittel jedes Kernes blieben in ihrem Innern (eine Säule von 10 bis 15 cm  $\varnothing$ )

anscheinend ziemlich ungestört, alle Schichtänderungen waren sichtbar, wenn von der entmischten Zone abgesehen wird. Das Zusammenrütteln um einen Viertel des Volumens muss dabei aber berücksichtigt werden. Der Vortrieb erfolgte im Kies rasch (bis 6 m pro Tag). Sobald der Bohrpfahl wegen zu grossem Widerstand (Sand) nicht weiter verwendet werden konnte, wurde mit schwerer Stauchpumpe gearbeitet. Nach vollendeter Bohrung hat man die Rohrgarnitur mit hydraulischen Pressen gehoben, wobei die Druckkraft normalerweise bis 200 t erreichte.

Zusammenfassend kann auf Grund der in Luterbach gemachten Erfahrungen gesagt werden, dass sich drei dem Bohrpfahlsystem anhaftende Momente auf die Ungestörtheit der Bodenproben ungünstig auswirken: Erstens die Schlagerschütterungen, welche die Kerne um bis 40% ihres ursprünglichen Volumens zusammenrütteln und das natürliche Gefüge stören, eventuell sogar teilweise zu Entmischungen führen können. Zweitens die Pressung durch Verdrängung, was in dichten, plastischen Materialien wesentliche Deformationen herbeiführt. Drittens die Vakuumhaltung beim Ausbau des Kernrohres, wodurch den direkt darunter liegenden Partien feines Material entzogen wird und dort auf rund 10 bis 30 cm Tiefe die Schichtfolge nicht restlos kontrolliert werden kann. Immerhin sind die Vorzüge des Bohrpfahlsystems gegenüber dem gewöhnlichen Seilschlagverfahren im Kies sehr erheblich und wiegen die Nachteile mehr als auf. In feinkörnigen Materialien ist seine Anwendbarkeit beschränkt.

Die geologisch hochwertigsten Aufschlüsse hätten sich nach den in Luterbach nun gemachten Erfahrungen dadurch erzielen lassen, dass man bei jeder Bohrung den Kies durch Bohrpfahl, dagegen Sand, Moräne und Molasse durch Craeliusmaschine AB2 abteuft. Dadurch wären die Vorzüge beider Systeme voll ausgenutzt worden.

4. Einige technische Daten

a) *Equipe I* führte in der Zeit vom 11. November 1946 bis 18. Juli 1947 26 Bohrungen mit total 426,70 m aus. Durchschnittliche Bohrlochtiefe 16,30 m, minimale Tiefe 7,50 m, maximale Tiefe 26,20 m; 25 Dislokationsstrecken von total 39,5 km, durchschnittlich 1,58 km pro Dislokation. Die durchschnittlichen spezifischen Vortriebsleistungen, einschliesslich aller Nebenarbeiten, jedoch ohne Dislokationen, in Meter pro Tag betragen:

Grobkies (Kiespumpe)	rund 2,0	
Schlamm sand	} (Craelius ohne Spülung) {	
Schluffmoräne		6,5
Lehm		2,1
Molassemergel und Sandstein (Craelius)	4,6	

Das Vortreiben der Schächte mit Verspriessung erforderten durchschnittlich 3 bis 4 Stunden pro m, die Dislokationen mit Demontage und Montage durchschnittlich 1 bis 2 Tage.

b) *Equipe II* erstellte in der Zeit vom 16. November 1946 bis 4. Juli 1947 8 Bohrungen von total 182,45 m. Durchschnittliche Bohrlochtiefe 22,8 m, minimale Tiefe 13,85 m, maximale Tiefe 26,70 m; 7 Dislokationsstrecken von total 8,6 km.

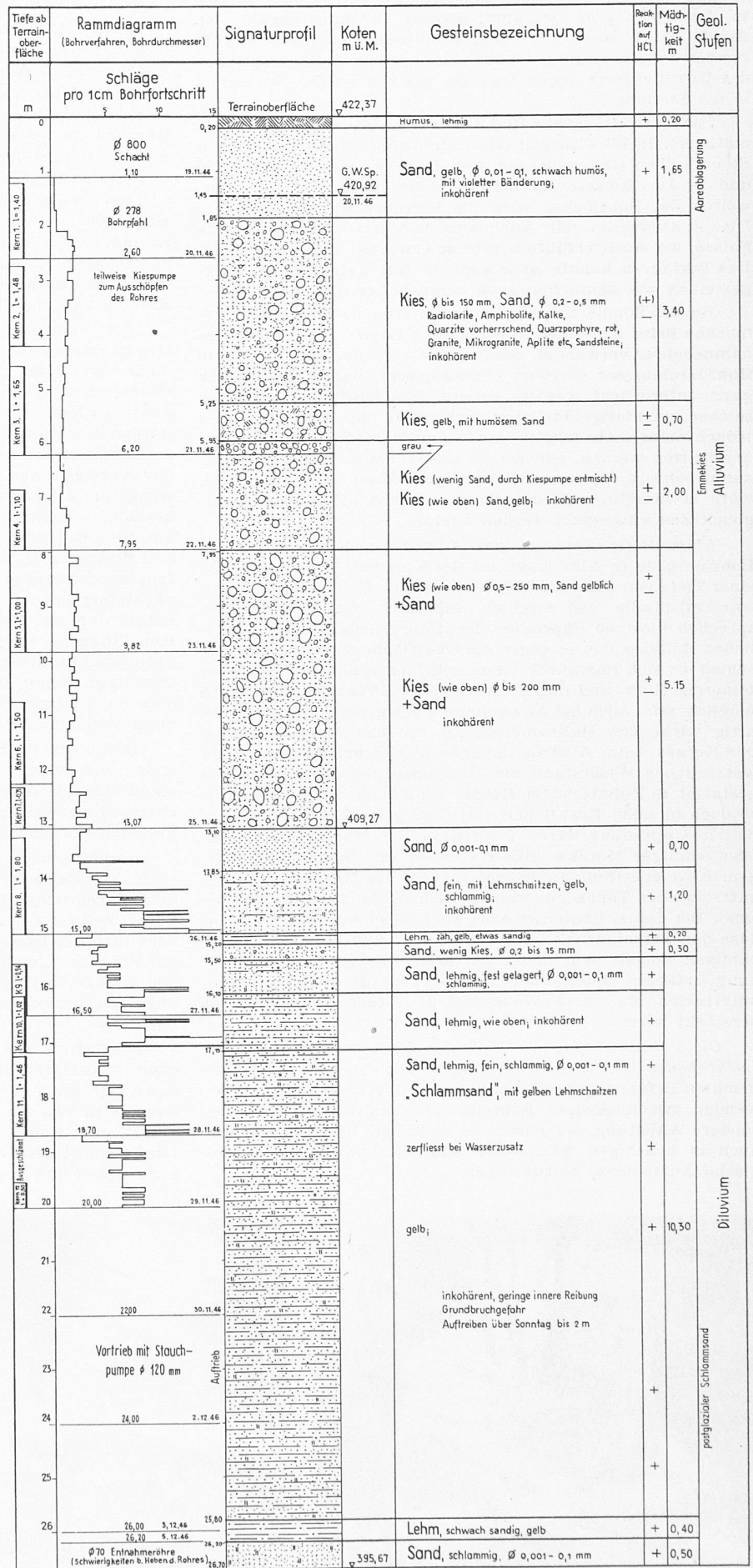


Bild 7. Protokoll der Bohrung Nr. 13 mit Rammdiagramm, Angabe der Kernlängen und Kernvortriebe. Verfahren: Bohrpfahl, Kiespumpe. Die Akzente der Rammwiderstandslinien rühren vom Bohrpfahlsystem, nicht aber von Konsistenzungleichheiten des Bohrgrundes her

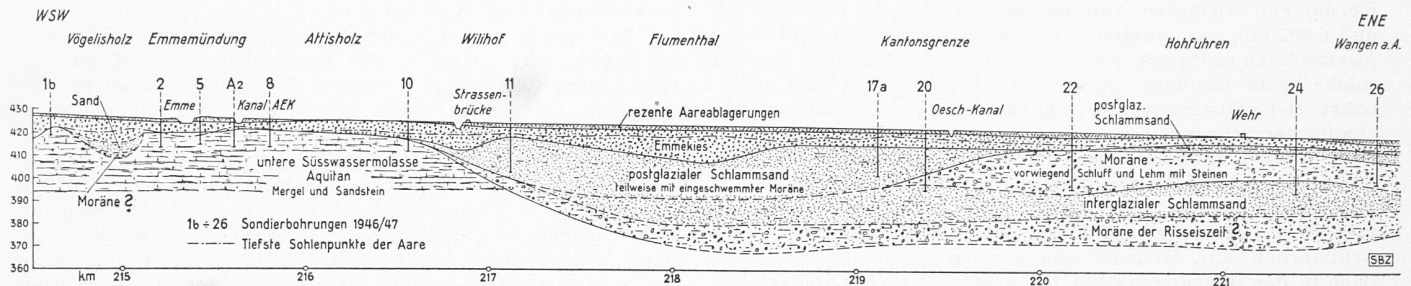


Bild 8. Geologisches Längsprofil parallel zum rechten Aareufer (schematisch). Längen 1:40 000, Höhen 1:3200

Die durchschnittlichen spezifischen Vortriebsleistungen einschliesslich aller Nebenarbeiten in m pro Tag betragen:

Grobkies	(Bohrpfahl)	4,4
Schlamm- und Sandstein	(Bohrpfahl)	1,5
Schlamm- und Sandstein	(Stauchpumpe)	4,0
Schluffmoräne	(Stauchpumpe)	1,9
Lehm	(Craelius AB mit Spülung)	5,1

Die Dislokationen mit Demontage und Montage erforderten durchschnittlich 2 bis 3 Tage.

### III. Bohrergebnisse

#### 1. Geotechnische Resultate

Während des Bohrvorganges konnten Beobachtungen über das geomechanische Verhalten verschiedener Schichten gemacht werden, die bis zu einem gewissen Grad direkten Aufschluss über ihre mutmasslichen geotechnischen Eigenschaften bei Bauvorgängen geben. Bei der geotechnischen Beurteilung der Böden ist es von erster Wichtigkeit, dass die Veränderungen des Bodens infolge des Bohrvorganges nach Art und Wirkung berücksichtigt werden. So ergibt eine Sandschicht für die Rammethode mit Bohrpfahl stetig steigende Rammwiderstände und bildet nach verhältnismässig kurzen Abteufungsstrecken für das Gerät ein unüberwindliches Hindernis. Die Beurteilung auf Grund aufgezeichneter Rammdiagramme (Bild 7) kann zu Fehlschlüssen führen, indem z. B. ein in vertikaler Richtung gleichmässig ausgebildeter lockerer Feinsand keinen gleichmässigen Rammwiderstand zu leisten braucht; dieser kann sogar den Widerstand von Molassefelsen erreichen. Zwei geotechnisch vollständig verschiedene Bodenarten können beim Bohrpfahl die gleichen Rammwiderstände aufweisen. Anders beim Rotationssystem, wo der gleiche Sand einen fast gleichmässigen geringen Widerstand bietet. Im selben Boden, in dem beim Bohren mit Schlamm- und Stauchpumpen durch intensivere mechanische Störung ein Auftrieb erzeugt wird, braucht beim Bohren nach dem Rotationsverfahren kein solcher aufzutreten. Man hat bei der Beurteilung der Bohrergebnisse stets mit der Schwierigkeit zu rechnen, die sich aus dem Umstand ergibt, dass die Vorgänge im Bohrgrund nur zum kleinsten Teil unmittelbar sichtbar sind.

Viele geotechnische Daten können indessen beim Bohren mit der Craeliusmaschine aus Indizien des Spülwassers und des Hebeldruckes herausgelesen werden. Wesentlich ist das Herausnehmen des Kernes aus dem Kernrohr und die sofortige Untersuchung des frischen Kernes, wenn auch mit einfachen Feldmethoden.

Die Beobachtung des Verhaltens des Bohrgrundes während des Bohrvorganges dürfte in vielen Fällen wichtiger sein und sicherere Schlüsse auf die geotechnischen Eigenschaften gestatten als Laboratoriumsversuche mit Proben, deren Ungestörtheit trotz sorgfältiger Entnahme und Verpackung von jedermann angezweifelt werden können.

Aus unseren Beobachtungen ergibt sich die folgende geotechnische Beurteilung der angetroffenen Bodenarten:

a) Mergel, Mergelsandsteine und Sandsteine der aquitanen Molasse

Die Mergel und Mergelsandsteine sind mehr oder weniger kalkhaltig und im frischen Zustand trocken; unter dem Hammer zerbröckelten sie leicht. Die Kohärenz ist gering im Verhältnis zu Kalk und kristallinen Gesteinen der Alpen. Die Baugruben der Cellulosefabrik Attisholz wiesen jedoch bis 10 m hohe unabgestützte Wände der selben Molasseart auf, ohne dass während mehrerer Monate ein Einsturz erfolgt wäre. Bei einer mehrmonatigen Einwirkung von Wasser auf die Mergel weicht dieser oberflächlich auf, quillt und

verliert wesentlich an Kohärenz, gewinnt aber an Bindigkeit bis zur Konsistenz eines echten Ziegellehms. In den Molassemergeln wurden gelegentlich unter ganz trockenen Komplexen dünnere Lagen aufgeweichter Mergel angetroffen. Ziemlich kohärent, plastisch und hochbindig sind die Lehme der verschwemmten Molasse in der Gegend von Attisholz.

Der Molassesandstein ist als Kalksandstein mit einem gewissen Prozentsatz an Silikatkörnern kohärent. Er kann Härte und Konsistenz des bekannten Berner Sandsteins (Burdigalien) durch Zurücktreten der mergeligen Bestandteile erreichen. Derartige Bänke stehen vor allem in der Aaresohle beim Vögelisholz an, wo sie zwei schief zur Flussaxe verlaufende Schwellen bilden.

Die Mergelsandsteine sind leicht verwitterbar. Mergel wie Mergelsandsteine müssen ebenfalls als leicht erodierbar und im turbulenten Wasser kolkbildend angesehen werden. Eine geotechnische Haupteigenschaft der Molassemergel ist das Quillen bei Wasserzutritt. Dadurch üben sie einen Druck auf ihre angrenzenden Teile aus, welcher sehr lange anhalten kann, indem immer neue Teile in den Quillprozess einbezogen werden. Bei Austrocknung setzt der Druck aus, um bei Wiederdurchnässung erneut anzuschwellen. Die hohe Bindigkeit der Mergel verhindert aber weitgehend rasche Bewegungen.

Diese Mergel bilden gewöhnlich für Fundationen von Bauwerken keine Gefahr, wenn entweder der Wasserzutritt verwehrt ist oder dem Quilldruck der Mergel oder der Lehme der gleiche Druck, wenn möglich wieder ein Quilldruck entgegengesetzt werden kann. Der Quilldruck erreicht oft eine Höhe, der auch sehr stark gebaute Stütz- und Futtermauern nicht standhalten und langsam ausweichen. Dieses Quillen braucht aber nicht unbedingt die Standfestigkeit der Mergel zu gefährden.

Die reinen Mergel sind bei entsprechendem Wassergehalt mit Ziegellehm identisch, kalkarm, vollständig abdichtend gegen ruhiges Wasser. Sie eignen sich allgemein gut für Abdichtungen von Kanalsohlen und Dämmen, sofern in zweckmässiger Kornabstufung darüber gelagerte Schichten von Sand und Kies die Strömungsgeschwindigkeit des Wassers auf der Mergeloberfläche annähernd auf null herabsetzen.

#### b) Moränen

Die Moränenlehme des Untergrundes bei Hohfuhren enthalten teilweise Sand und Steine. Ihre Bindigkeit reicht im allgemeinen nicht an diejenige der aus den Molassemergeln entstandenen bunten Lehme. Als Baugrund sind sie geeignet, da die Quillung gewöhnlich nicht so ausgesprochen auftritt wie in den Molassemergeln. Die Feinheit des Kornes ist nicht so durchgehend und gross wie bei den Molassemergeln.

Die Schluffmoränen aus der Gegend des Bernerschachens und bei Wangen zeigen eine günstige Zusammenstellung der Korngrösse. Von 0,001 bis 50 mm  $\varnothing$  sind alle Fraktionen oft in betonähnlicher Kombination vorhanden. Die Bindigkeit ist im ganzen gering aber vorhanden, die innere Reibung gross. In der Schluffmoräne können einzelne inkohärente Schichten auftreten; gewöhnlich sind sie wasserhaltig. Im allgemeinen ist die Schluffmoräne wasserundurchlässig und verfügt im ungestörten Zustand über eine ziemliche Kohärenz.

Die Bezeichnung Schluffmoräne erfolgte wegen ihrem wesentlichen Gehalt an Schluff (Korngrösse 0,005 bis 0,001), welcher als Bindemasse dem Material seinen geotechnischen Charakter gibt. Im übrigen stellt sie allgemein auch in andern Gebieten einen der verbreitetsten Typen der Moränen dar.

#### c) Sande

An Sand treten alle Korngrössen auf. Der reine Sand (Korngrössen nicht unter 0,2 mm) ist inkohärent. Sind darin

Körner von kleinerem Durchmesser, also z. B. zwischen 0,2 und 0,002 mm, so entstehen infolge hoher Kapillarität beim Austrocknen weitgehend kohärente Böden [3]. Häufig wurden solche harte trockene Lehm- und Schlamm-sandböden angebohrt. Bei vollständiger Durchnässung und zusätzlicher mechanischer Störung geht die anfängliche Kohärenz in diesen Fein- und Schlamm-sanden verloren. Die ausgesprochenen Schlamm-sande enthalten zudem organische Materialien wie Fettsubstanzen usw.; sie erhalten dadurch eine erhöhte Beweglichkeit. Bei statisch unabgestützten Lagen tritt leicht Grundbruch auf. Grundbrüche wurden in Form von Auftrieb in den Bohrungen südlich Flumenthal, an der Siggermündung, beim Stauwehr Hohfuhren und Schachenhof mehrmals festgestellt. Der Vorgang des Baggerns, möglicherweise auch Pfählungen, würden in diesen Sanden Grundbruch auslösen. Foundationen sind daher in solchem Material ebenfalls nur mit grosser Vorsicht auszuführen. Durch Stauen erzeugter ungleicher Wasserdruck kann ebenfalls zu Grundbruch führen, wenn er in einem gewissen Ausmass ausgeführt wird. Die Sande kommen in einem Streifen nördlich der Aare bei Flumenthal in Mächtigkeiten von mehr als 20 m vor.

#### d) Kies

Der Kies ist meist in der groben Varietät von 300 mm  $\varnothing$  bis Sand fast über das ganze Gebiet in einigen Metern unter der Oberfläche in Mächtigkeiten bis 20 m anzutreffen. Der Bohrvorgang bewies allgemein hohe Wasserdurchlässigkeit. Die Sandfraktion war in der Regel nur schwach vertreten. In einzelnen Fällen scheinen dünne Lehmschichten (von verschwemmter Moräne stammend) das Wasser für kurze Zeit abgsperrt zu haben.

In der Bohrung 18 war der Kies mit grobem Sand bei 20 m Tiefe immer noch vorhanden, ohne dass irgend eine wasserabdichtende Schicht durchfahren worden wäre. Diese Stelle muss als ein Grundwassertor angesehen werden.

Der Kies stammt zum grössten Teil aus der bunten Nagelfluh des Emmentales, in die er durch den Abbau von gegenwärtig nicht mehr vorhandenen Schubdecken aus dem Berner Oberland gelangt ist.

#### e) Faulschlamm

Ueber dem Kies oder Sand liegt stellenweise eine 0,5 bis 1,5 m mächtige Faulschlamm-schicht, die oft in Lehm übergeht. Sie ist gekennzeichnet durch eine Zusammenstellung von organischen Resten, vor allem von Pflanzenteilen, Fettsubstanzen usw., Feinsand und Lehm. Seine Kohärenz ist allgemein gering. Bei der Schachtabteufung in Bohrung 21 war im Schacht ein ausgesprochen bituminöser Fäulnisgeruch mit Sumpfgasaustritt festzustellen.

#### f) Kulturschicht

In einer Tiefe von 8 bis 10 m wurde in der Gegend der Wilihofbrücke eine Schicht Schlamm-sand mit grossen und kleinen Geröllen, Jurakalkblöcken und Backsteinen (Römerzeit?) angetroffen. Die Schicht zeichnete sich durch eine ausserordentlich heterogene Zusammensetzung aus.

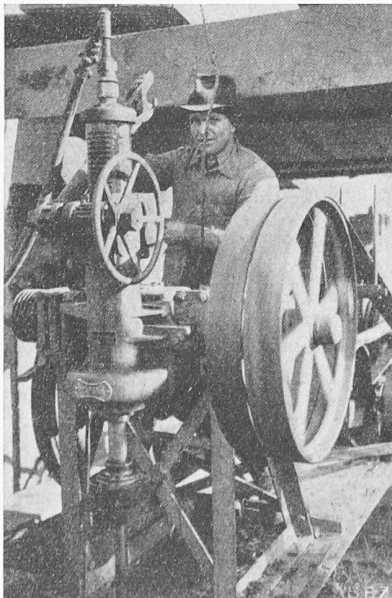


Bild 9. Craelius-Rotationsmaschine AB 2 mit Spülung im Betrieb

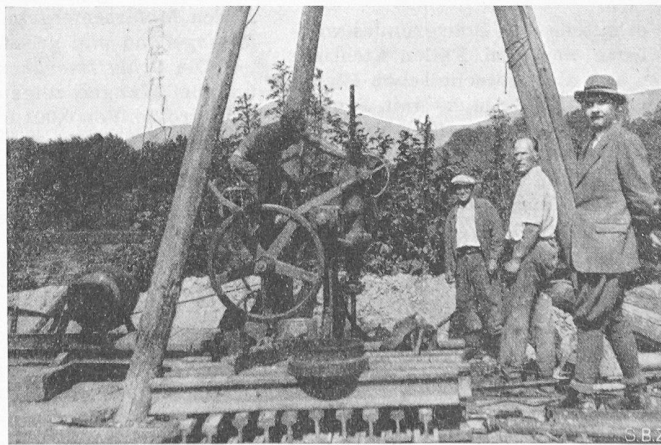


Bild 10. Craelius-Rotationsmaschine AB 2 ohne Spülung, Moräne, Bohrung 22

## 2. Geologische Resultate

Das geologische Längenprofil (Bild 8) zeigt uns den Molassesockel von Attisholz, der rasch nach Osten abfällt, um erst östlich Wangen a. A. wieder über die Schutteebeane aufzusteigen. Sie besteht aus bunten Mergeln mit eingelagerten Sandsteinbänken und wurde auf Grund lithologischer Uebereinstimmung mit andern Vorkommen als untere Süsswassermolasse oder Aquitanien bezeichnet. Die Senke von Wilihof bis Wangen wird ausgefüllt durch Schlamm-sandmassen mit im östlichen Teil eingeschalteten Moränen. Die Molasseoberfläche wurde hier nicht erbohrt; sie dürfte etwa 50 m unter der Schuttoberfläche liegen. Verfestigte Schotter der Riss-Würm-Interglazialzeit bilden die Terrassen östlich Attisholz und im Bernerschachen. Sie konnten in keiner der Bohrungen angetroffen werden. Selbst Bohrung 23, die nahe an den Terrassenrand gelegt wurde, förderte nur Sand. Es ist deshalb nicht erwiesen, bis in welche Tiefe die verfestigten Schotter im Bernerschachen und bei Hohfuhren reichen, ebenso kann die Ausbildungsform ihres Substrats nur vermutet werden. In Bohrung 24 wurde unter einer mächtigen Moränenschicht wieder Sand und Lösslehm angetroffen, der durch das geobotanische Institut Rübel auf pollenanalytischem Wege als Interglazial bestimmt werden konnte. Die mindestens 25 m mächtigen Schlamm-sande von Bohrung 16 im Zentrum des Beckens sind auf Grund der Pollenanalyse als postglazial anzusehen. Ueber diese Ablagerungen breitet sich der Emmeschutt-fächer in Mächtigkeiten von 2 bis 15 m.

Die erdgeschichtlichen Schlussfolgerungen der Bohrergebnisse werden in der geologischen Fachzeitschrift *Eclogae geologicae Helveticae* Vol. 41, Nr. 2 durch den Verfasser erörtert werden unter dem Titel «Das Quartär zwischen Solothurn und Wangen a. A.».

#### Literaturangaben

- [1] D. Mousson, Dipl. Ing.: «Rotationsbohrungen im Felsgestein und ihre Anwendung», STZ 1946, Nr. 37.
- [2] M. Wegenstein, Dipl. Ing.: «Einwandfreie Bodenaufschlüsse durch die Bohrpfehl-Sondierung», SBZ, Bd. 101, S. 263\* (10. Juni 1933).
- [3] H. Furrer, Geologe: «Berghangentwässerung als Mittel zur Bekämpfung der Rutschgefahr», «Bund» Nr. 551, 1947.
- [4] G. Schnitter, Dipl. Ing.: «Sondierbohrungen und Injektionen», SBZ, Bd. 123, S. 125\* (11. März 1944).
- [5] S. Stump, Dipl. Ing.: «Aus der Praxis der Rammsondierung», SBZ, Bd. 128, S. 128\* (7. Sept. 1946).

## Wettbewerb für ein Hotel «Bahnhof» in Biberist

Aus dem Bericht des Preisgerichtes

DK 728.5 (494.32)

Es sind 15 Entwürfe eingereicht worden, von denen 13 zur Beurteilung zugelassen werden konnten. Nach einer allgemeinen, orientierenden Einzelbesichtigung der Entwürfe, nach eingehender Besichtigung und nach Begehung des in Aussicht genommenen Areals findet der 1. und hierauf der 2. Rundgang statt. In der engern Wahl verbleiben sechs Entwürfe. Diese werden vom Preisgericht wie folgt beurteilt:

#### Erster Preis, Verfasser H. Bracher, Solothurn

Dieses Projekt zeichnet sich durch eine reizende Gruppierung der Neubauten am neu geschaffenen Bahnhofplatz aus. Der vorgesehene Restaurantgarten bildet eine angenehme, grüneschmückte Erweiterung der freien Raumflächen und bewirkt

zugleich die Distanzierung der dahinter sich befindenden Hotelräume und Speisesäle von der Strasse. Die Baulinie des grossen Saales sollte vorteilhaft parallel zum Kanal abgedreht werden. Die unter der schmalen, offenen Trottoir-laube sich befindenden Eingänge für das Restaurant und den Saalaufgang sind leicht auffindbar. Zu bemängeln ist lediglich die unmittelbare Entleerung des grossen Saales durch die Garderobenhalle im Parterre direkt auf die Strasse hinaus;