

Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Herausgeber: Vereinigung Schweizerischer Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 39 (1972-1973)
Heft: 96

Artikel: Günstige Baugrundverhältnisse stellen manchmal auch Probleme
Autor: Lang, H.J. / Wullimann, R.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-198502>

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 01.05.2026

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

Günstige Baugrundverhältnisse stellen manchmal auch Probleme

mit 15 Abbildungen

von H. J. LANG und R. WULLIMANN*)

Einführung

Über die Baugrundverhältnisse wird meist dann berichtet, wenn diese «ungünstig» sind. Als «ungünstig» werden die Baugrundverhältnisse dann empfunden, wenn sie sich beispielsweise durch eine oder mehrere der folgenden Gegebenheiten auszeichnen:

- Starke Inhomogenität, grosse Unterschiede in den Schichtmächtigkeiten (wo solche überhaupt zu erkennen sind),
- Zu grosse oder zu kleine Durchlässigkeit,
- Zu kleine Scherfestigkeit,
- Zu grosse Zusammendrückbarkeit,
- usw...

Es leuchtet uns ohne weiteres ein, dass solche Eigenschaften des Baugrundes nachteilig sind, besonders eingehende Baugrundaufschlüsse und Gedankenarbeit bezüglich der Bauvorgänge usw. bedingen, und endlich meist Mehraufwendungen zur Folge haben.

Wenn im vorliegenden Falle nun einmal «günstige» Baugrundverhältnisse beschrieben werden, geschieht dies in der Absicht zu verdeutlichen, dass auch in solchen Fällen besonders eingehende Aufschlüsse und Kontrollen notwendig sein können, nur dass diese dann eben durch Ersparnisse bei der Bauausführung aufgewogen werden. Es geschieht auch in der Absicht zu verdeutlichen, dass «günstige» Baugrundverhältnisse u. U. nur unter ganz gewissen Voraussetzungen als solche erkannt und ausgenützt werden können.

Hauptvoraussetzung dazu ist eine Problem-orientierte Auslegung der Untersuchung. Sie ist nur dann möglich, wenn das Bauvorhaben bereits in recht fortgeschrittenem Masse konzipiert ist, und selbst in diesem Falle nur dann, wenn die mit der Untersuchung Beauftragten mit dem Projekt und allfällig möglichen Projektänderungen bekannt gemacht werden. Mit dem Projekt bekannt gemacht werden heisst nicht nur die Abmessungen und Gewichte kennen lernen, sondern vor allem auch Informationen erhalten über die spezifischen Anforderungen, wie z. B. zulässige Deformationen, Anspruch an Trockenheit usw., welche aus der Art des Bauwerkes und seines Verwendungszweckes resultieren. Ohne einen kompetenten Gesprächspartner auf der Projektierungsseite wird diese intensive Zusammenarbeit zwischen den projektierenden und den untersuchenden

*) ETH-Zürich: Prof. H. J. Lang, Dipl. Ing. R. Wullimann, Institut für Grundbau und Bodenmechanik (IGB).

Instanzen nicht möglich sein. Handelt es sich um ein grundbauliches Problem, so wird man also voraussetzen müssen, dass der projektierende (und womöglich auch bauleitende) Ingenieur Erfahrungen auf dem Gebiete des Grundbaus besitzt. Dass dies auch für die untersuchende Instanz zutreffen soll, müsste eigentlich eine Binsenweisheit sein!

Konkret hat die intensive Zusammenarbeit zwischen dem projektierenden (und bauleitenden) Ingenieur und dem mit der Untersuchung Beauftragten (Geologe und Grundbau/Bodenmechanik-Ingenieur) folgende Vorteile:

- Die aus der laufenden Untersuchung anfallenden Ergebnisse können sofort auf ihre baulichen Auswirkungen hin geprüft werden.
- Die laufende Untersuchung kann noch zweckentsprechend umgestaltet oder ergänzt werden.
- Projektänderungen, die sich aus den Untersuchungsergebnissen oder anderen Gründen ergeben, können berücksichtigt bzw. auf ihre Auswirkungen geprüft werden.

Bei dem hier gewählten Beispiel, einem Erweiterungsbau des Hotels Freienhof in Thun, waren die entsprechenden Gesprächspartner in dem Fachbereich Grundbau einerseits das Ingenieurbureau Dr. Staudacher & Siegenthaler AG, Zürich/Bern und andererseits das Institut für Grundbau und Bodenmechanik (IGB) der ETH-Z.

Das Beispiel wurde gewählt, weil sich hier eine im Bauareal vorliegende Besonderheit im Aufbau des Untergrundes für die Bauausführung vorteilhaft auswirken konnte. Ohne sie hätte mit Schwierigkeiten und Mehraufwendungen gerechnet werden müssen. Sie bedingte aber relativ umfangreiche Untersuchungen, welche das Mass einer eigentlichen Baugrunduntersuchung sprengen und schon eher als «Qualitätskontrollen» des Untergrundes anzusprechen wären.

In den nachfolgenden Ausführungen werden lediglich die wichtigsten geotechnischen und hydrologischen Probleme behandelt. Auf eine Darstellung bautechnischer Details muss hier verzichtet werden.

Bauareal und Bauobjekt

Das ebene Bauareal, auf welchem ein Erweiterungsbau des Hotels Freienhof, Thun, zu errichten war, liegt am SE Ende der Aareinsel, die durch die Äussere und Innere Aare gebildet wird (Abb. 1). Der Wasserspiegel der Äusseren Aare, unterhalb der Scherzlig-Schleuse, liegt bei Normalwasser ca. 80 cm tiefer als der Spiegel der Inneren Aare.

Der teilweise fünfgeschossige Erweiterungsbau ist durchwegs einfach unterkellert. Das Untergeschoss wird von Verkaufsraum, Einstellhalle usw. belegt und bedingt die Erstellung einer Baugrube von rund 3000 m² Grundfläche und einem Umfang von etwa 250 m, wobei die Baugrubensohle rund 5,5 m unter OK Terrain oder um 4 m (3,5 m) unter der Inneren (Äusseren) Aare bei Normalwasser liegt.

Erkundung der geotechnischen und hydrologischen Verhältnisse im Bauareal

Der Aufbau der obersten Schichten im Bauareal dürfte aus dem Zusammenwirken von Kander, Aare und der beiden Bäche aus dem Lauenengebiet entstanden sein.

Der Aufbau des Untergrundes wurde durch insgesamt 14 Rotationskernbohrungen B 1 bis B 14 (Abb. 1) bis max. 30 m Tiefe aufgeschlossen. Dabei ergab sich, unter Beachtung der Resultate aus früheren Untersuchungen (Bohrungen 101 bis 104 aus dem Jahre 1956 für den Altbau des Hotels Freienhof), folgendes Vorgehen:

Die Aufschlussarbeiten wurden in drei zeitlich hintereinander liegenden Etappen ausgeführt.

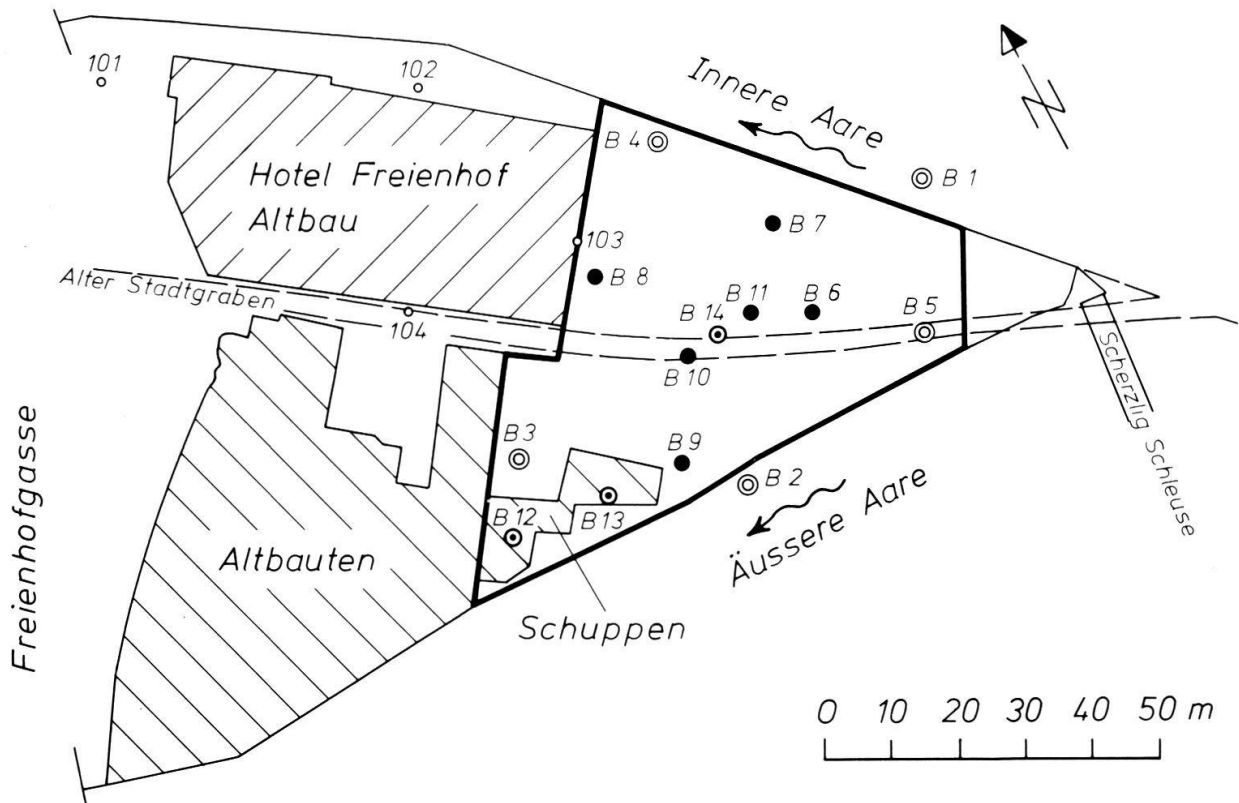


Abb. 1: Lage des Bauareals zwischen Innerer und Äusserer Aare. Situation der 14 durchgeführten Sondierbohrungen.

- | | |
|--------------------------------|---------------------------------|
| 1. Bohrkampagne: B 1 bis B 5, | 3. Bohrkampagne: B 12 bis B 14. |
| 2. Bohrkampagne: B 6 bis B 11, | Ältere Bohrungen: 101 bis 104. |

– «Bohrkampagne 1»: Bohrungen B 1 bis B 5 (Abb. 1). Lage der Bohrungen: Weitmaschig über das Bauareal verteilt und möglichst nahe am zukünftigen Baugrubenabschluss. Zweck: Generelle Abklärung des Aufbaus des Untergrundes und der hydrologischen Verhältnisse, insbesondere im Hinblick auf die Frage, ob die im Bereich des bestehenden Baues Hotel Freienhof aufgeschlossene Schichtfolge auch auf dem Areal des Erweiterungsbaues vorhanden ist.

Dabei waren die grundbaulichen Probleme von vorneherein weniger auf die Frage der Foundation gerichtet, da wegen des Gewichtsausgleiches und des Auftriebes Setzungen in relevantem Masse nicht erwartet werden mussten, als vielmehr auf die Ausführung (Baugrubenanschluss, hydraulischer Grundbruch, Wasserhaltung usw.).

– «Bohrkampagne 2»: Bohrungen B 6 bis B 11. (Abb. 1). Lage der Bohrungen: Innerhalb des Bauareals verteilt, soweit es die Platzverhältnisse erlaubten. Zweck: Ergänzung der Bohrkampagne 1, insbesondere hinsichtlich der Frage, ob die in den Bohrungen B 1 bis B 5 aufgeschlossene tonige Trennschicht der beiden Grundwasserträger (Abb. 2) durchgehend sei oder nicht.

– «Bohrkampagne 3»: Bohrungen B 12 bis B 14 (Abb. 1). Lage und Zweck der Bohrungen: Bedingt durch die in der Bohrkampagne 2 festgestellten Irregularitäten.

Ergebnisse der 1. Sondierkampagne

Durch die Sondierkampagne 1 wurden, wie in Abb. 2 schematisch gezeigt wird, zwei Grundwasserträger – Schotter I oben und Schotter II unten – aufgeschlossen, welche aus relativ stark durchlässigen Kiessanden bestehen (Abb. 3 und 5). Ihre Durchlässigkeit

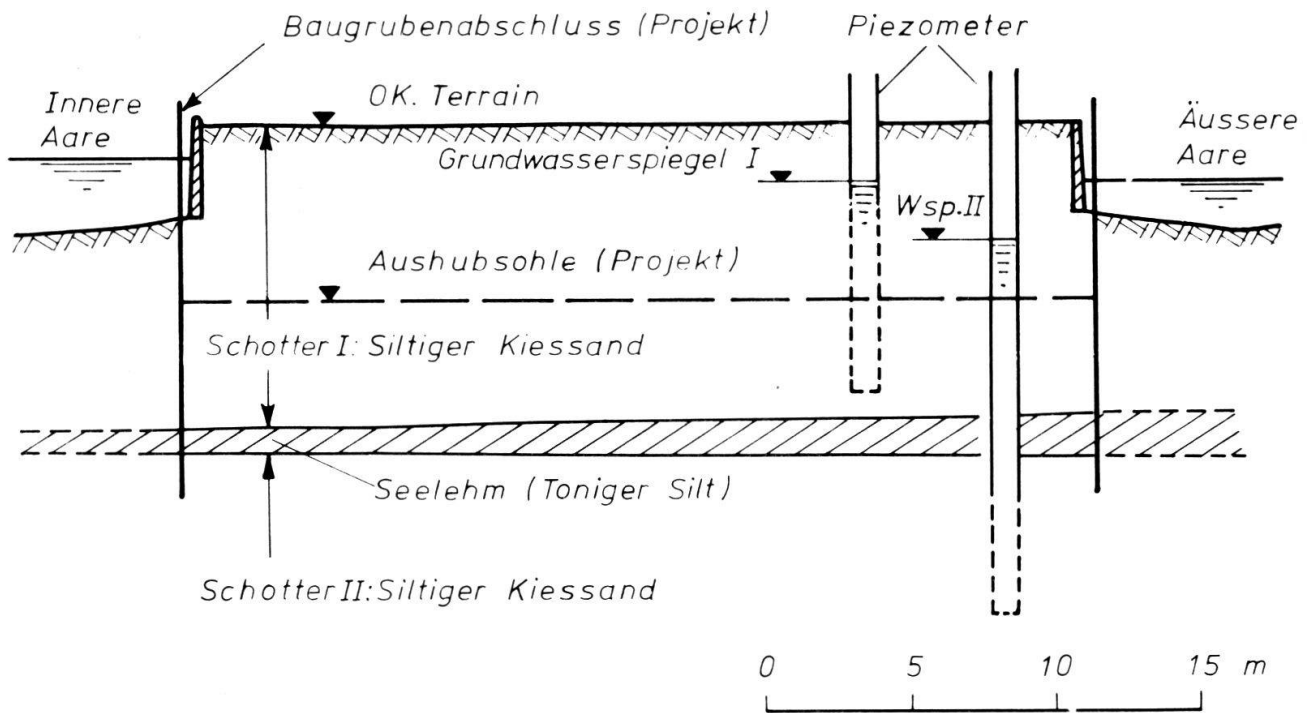


Abb. 2: Typisches Baugrundprofil. Schnitt ca. NE-SW.

beträgt rund 10^0 bis 10^{-1} cm/sec. Diese beiden Gesteinskörper sind durch eine relativ geringmächtige Lehmschicht (Kornverteilung siehe Abb. 4) kleiner Durchlässigkeit voneinander getrennt. (Die projektierte Baugrubensohle liegt in der Grössenordnung rund 3 bis 4 m über OK der Seelehmschicht, also im Schotter I). Dieser Aufbau entspricht damit generell demjenigen im Areal des bestehenden Baues, womit die erste Frage dahingehend beantwortet werden konnte, dass eine abdichtende Lehmschicht auch im Areal des Neubaus vermutlich durchgehend vorhanden ist. Mit der Feststellung, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit keine grösseren Blöcke im Baugrund vorhanden sind, war auch die Antwort auf die weitere Frage gegeben: der Baugrund war

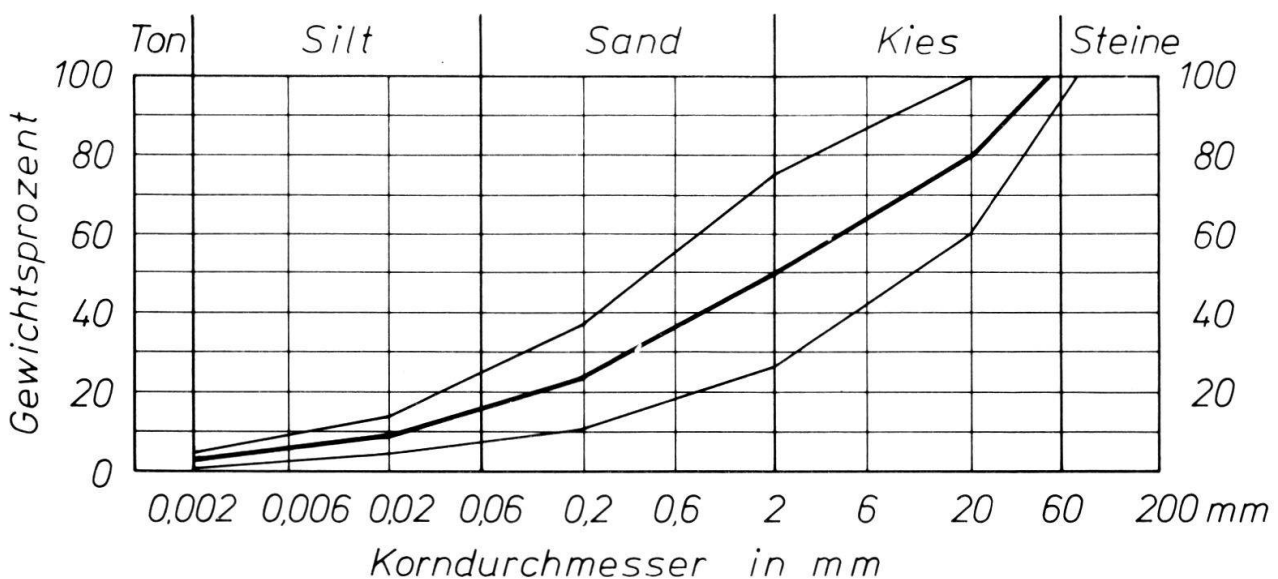


Abb. 3: Mittlere Kornverteilung mit Standardabweichung des Schotters I aus 19 Proben.

nicht gerade als leicht rammbaar zu taxieren, hinsichtlich der Wahl des Wandsystems mussten jedoch keine besonderen Bedingungen gestellt werden. (Es sei an dieser Stelle erwähnt, dass im Rahmen dieses Artikels auf die Schichtabfolge in grösserer Tiefe nicht eingegangen wird).

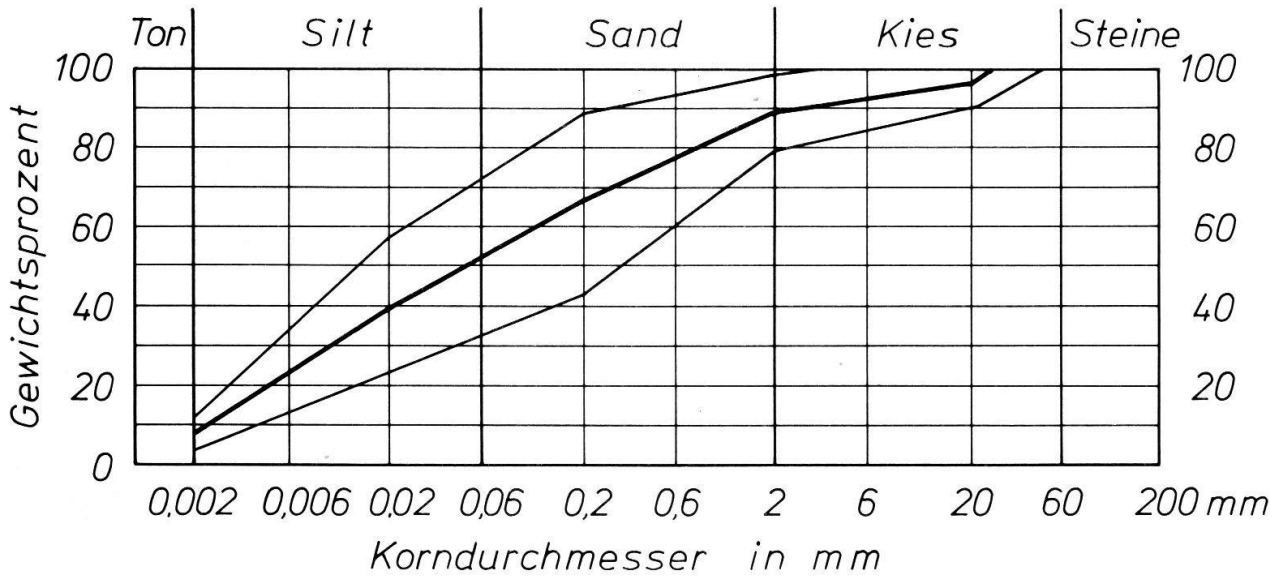


Abb. 4: Mittlere Kornverteilung mit Standardabweichung des Seelehms aus 7 Proben.

Als bemerkenswert erwiesen sich die hydrologischen Verhältnisse, indem das Druckniveau des Wassers im Schotter II tiefer liegt als im Schotter I. Die Beobachtung dieses Druckniveaus erfolgte mittels Piezometern, wie sie in Abb. 6 schematisch dargestellt sind. Der zeitliche Verlauf der verschiedenen Wasserstände ist aus Abb. 7 ersichtlich. Der plötzliche Anstieg der Wasserstände anfangs Mai 1971 ist auf das Fluten der Inneren Aare zurückzuführen, welche wegen Bauarbeiten an ihrem rechten Ufer seit November 1970 trockengelegt war.

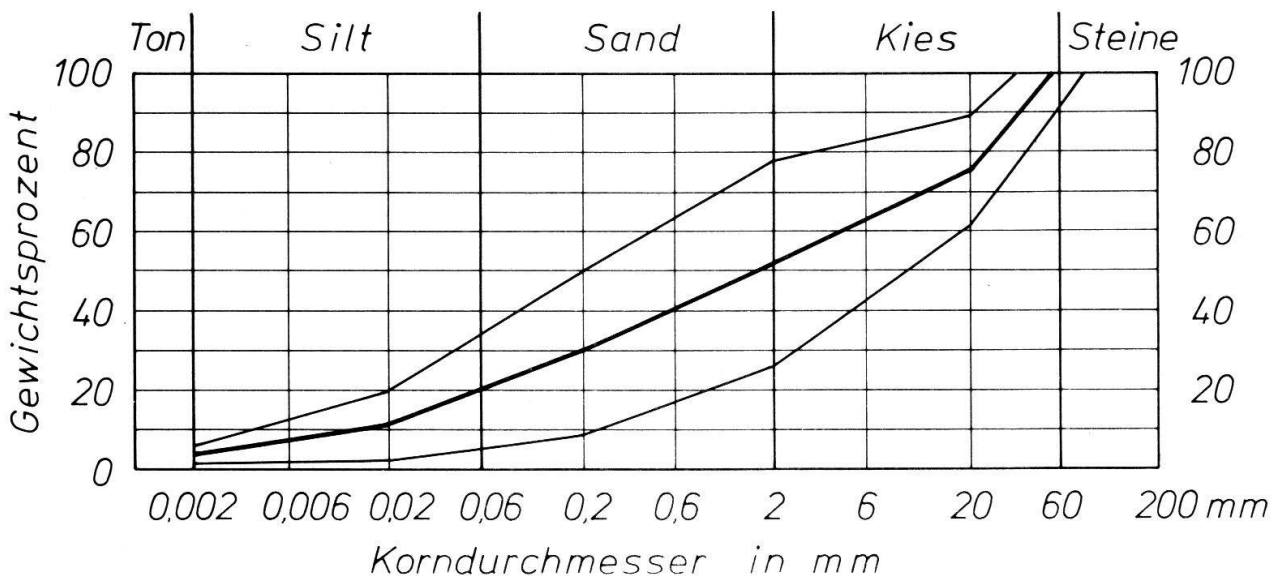


Abb. 5: Mittlere Kornverteilung mit Standardabweichung des Schotters II aus 16 Proben.

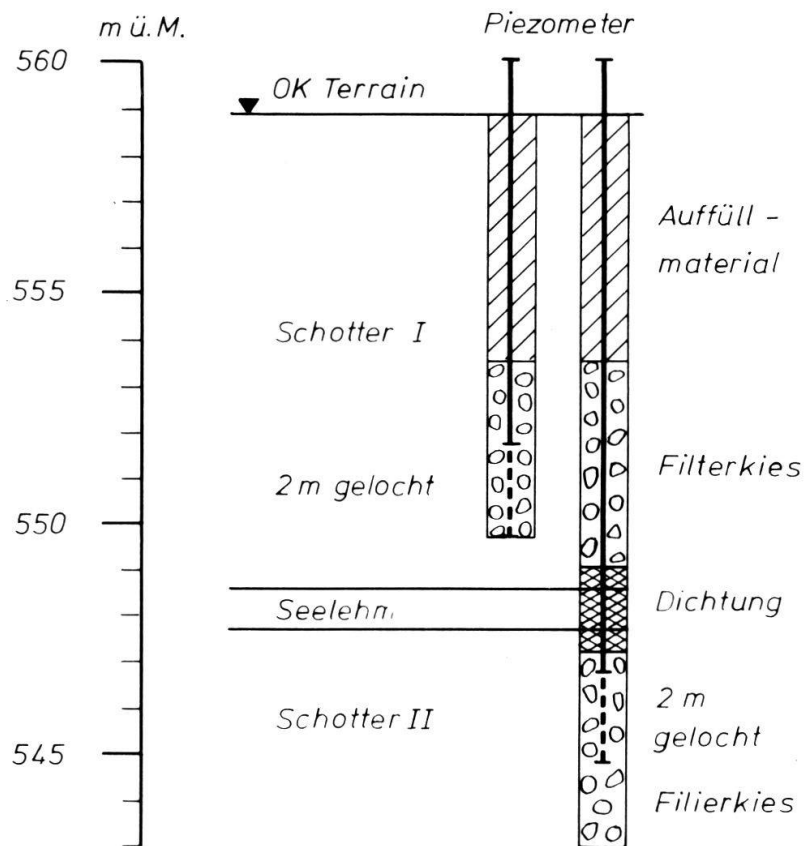


Abb. 6: Schema der Piezometer in den Bohrungen B 3 bis B 14. Die in den Schotter II reichenden Piezometer sind auf der Höhe des Seelehms abgedichtet.

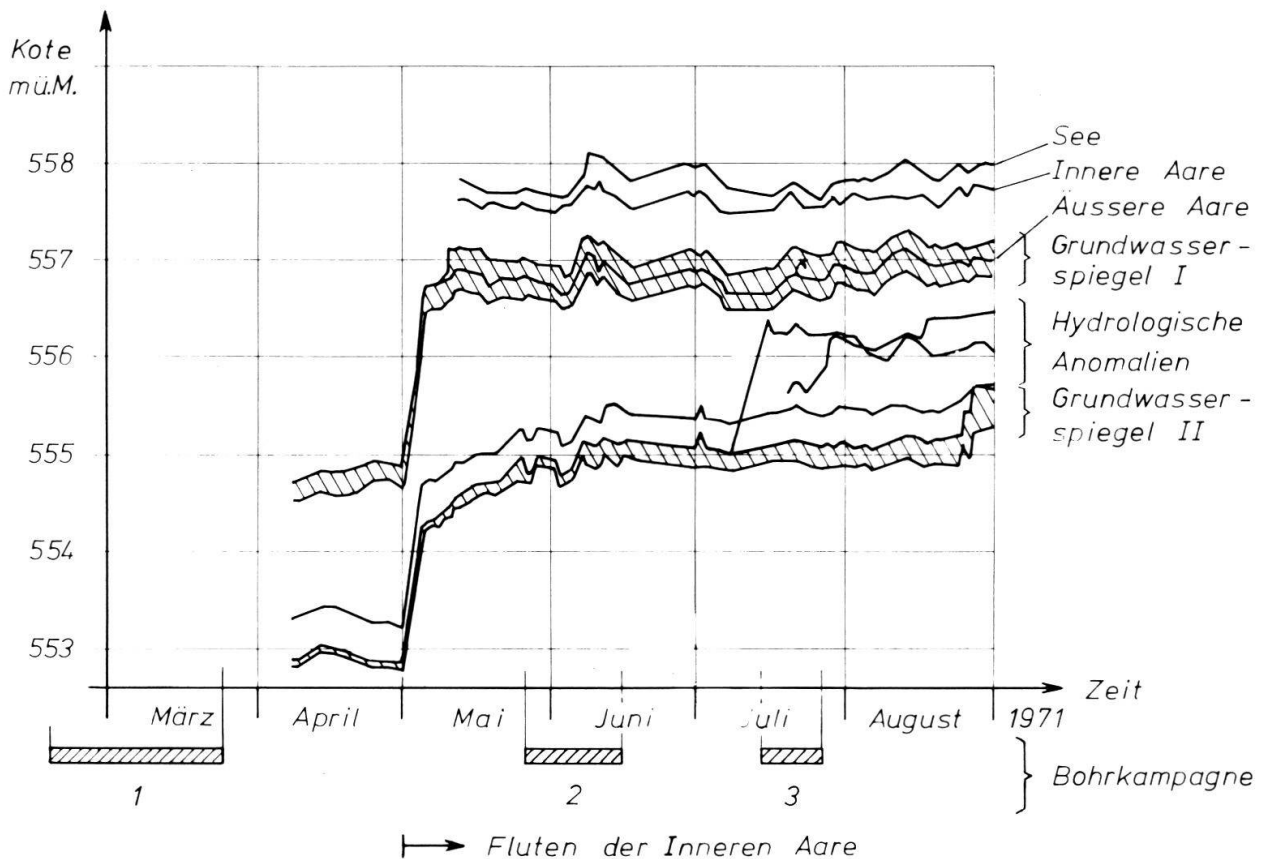


Abb. 7: Ganglinien der Wasserstände des Sees, der Inneren und der Äusseren Aare sowie in den Piezometern.

- Aus diesen Aufschlussresultaten hinsichtlich Aufbau und Hydrologie des Baugrundes ergab sich die zentrale Bedeutung der Seelehm-Schicht für die Bauausführung:
- Sie kann als natürliche, horizontale Abdichtung der Baugrubensohle ausgenutzt werden, d. h. der Baugrubenabschluss muss bis mindestens UK. dieser Schicht (+Sicherheitszuschlag) reichen.
 - Sie ist im Verein mit den Druckverhältnissen massgebend für die Sicherheit der Baugrube gegenüber hydraulischen Grundbruch.

Mit Bezug auf beide Punkte erschien jedoch die Sicherheit der in der Sondierkampagne 1 gewonnenen Kenntnisse zu gering. Mit 5 Aufschlüssen auf rund 3000 m² mussten folgende Risiken als zuwenig abschätzbar angesehen werden:

- a) Lokales oder grösserflächiges Fehlen der dünnen Seelehm-Schicht («Loch»). Mögliche Folgen: Fehlende Abdichtung; Strömungskonzentration und dadurch lokale Verschärfung der Grundbruchgefahr; Solltiefe für den Baugrubenabschluss zu wenig bekannt.
- b) Lokale oder grösserflächige höhere Lage der Seelehm-Schicht. Mögliche Folgen: Wesentliche Verschärfung der Grundbruchgefahr.
- c) Lokal oder grösserflächig höheres Druckniveau im Schotter II. Mögliche Folgen: wie unter b).

Auf Grund dieser Gegebenheiten bzw. Überlegungen wurde die Bohrkampagne 2 ausgeführt.

Ergebnisse der 2. Sondierkampagne

Die sechs Sondierungen B 6 bis B 11 der sogenannten Bohrkampagne 2 wurden deshalb, soweit dies die Platzverhältnisse erlaubten, im Inneren des Areals verteilt. Diese Ergänzung ist nun insofern typisch in ihren Resultaten, als sie einerseits das Vorhandensein der Trennschicht in jedem neuen Aufschluss bestätigte, andererseits aber neue Tatsachen aufzeigte, die nicht in das soeben beschriebene Schema passten und deshalb hier als «Anomalien» bezeichnet werden. Es handelte sich im wesentlichen um eine «geologische Anomalie» bei B 9 (Trennschicht zwar vorhanden, aber anscheinend in einer anderen Tiefenlage) und um zwei «hydrologische Anomalien» im Bereich von B 10 und B 11 sowie bei B 3 (Druckunterschiede der beiden Grundwasserträger kleiner), wobei letztere bereits seit der Bohrkampagne 1 beobachtet werden konnte (siehe dazu auch Abb. 7).

Weil solche neu aufgeworfenen Fragen in ihren Auswirkungen zu wichtig waren, um unbeantwortet zu bleiben und weil beim Fluten der Inneren Aare anfangs Mai offenkundig geworden war, dass beide Grundwasserträger an einer unbekanntem Stelle miteinander in Verbindung stehen müssen (wobei, nebenbei bemerkt, die Widersprüchlichkeit dieses Phänomens nicht plausibel geklärt werden konnte), wurde eine weitere Ergänzung des Sondierprogramms beschlossen.

Ergebnisse der 3. Sondierkampagne

Die drei Bohrungen B 12 bis B 14 wurden in der Nähe der festgestellten «Anomalien» abgeteuft. Dabei konnte nun auch der Platz beim inzwischen abgebrochenen Schuppen benützt werden.

Die Ergänzung bestätigte, dass im Bereich der Bohrungen B 3 und B 12 tatsächlich eine «hydrologische Anomalie» besteht, indem der Druck im unteren Grundwasserträger hier höher ist. Hingegen konnte die «hydrologische Anomalie» bei B 10 und B 11 eliminiert werden. Die Messungen in den Piezometern der Bohrung B 14 wiesen nach, dass die Beobachtungsstellen 10 und 11 mit dem Grundwasserträger II nicht in Verbin-

ding standen, dass also hier offenbar ein Fehler in der Messanlage eine «Anomalie» vortäuschte. Bestehen blieb jedoch die «geologische Anomalie» bei B 9 und neu hinzu kam nun noch eine solche hydrologischer Art bei B 7, die sich dadurch manifestierte, dass das Piezometer, welches im unteren Grundwasserspiegelträger steckte, in der ersten Hälfte Juli plötzlich stark anstieg. Dieses Verhalten war aber vermutlich auch hier eher auf Mängel im Mess-System (wahrscheinlich defekte Dichtung) als auf natürliche Gründe zurückzuführen.

Wiederum ist also die abermalige Ergänzung insofern typisch, als auch sie Fragen offen liess, hingegen aber doch die Wahrscheinlichkeit tatsächlicher und wesentlicher, das Konzept der Baugrubenausbildung in Frage stellender Anomalien viel kleiner erscheinen liess.

Bemerkungen zu den Aufschlussarbeiten

Etwelchen Fragen könnte die «grosse» Anzahl von 15 Sondierbohrungen für eine Baustelle mit «offenbar ziemlich gleichmässigem Aufbau des Untergrundes» rufen. Dieser Punkt muss deshalb noch etwas beleuchtet werden. Grundsätzlich muss man dabei zunächst davon ausgehen, dass zusätzliche Aufschlussarbeiten *vor* Baubeginn meist besser und billiger sind als «Flickarbeiten» während der Bauausführung. Hier hätte das zweifellos zugetroffen, handelte es sich doch bei den relevanten Tatsachen um solche, die mittels Aufschlüssen relativ leicht und zweifelsfrei zu ermitteln waren: Dicke und Höhenlage der Seelehmschicht sowie Druckverhältnisse, besonders im unteren Grundwasserträger. Zudem, und vor allem, muss man das Sicherheitsrisiko bei Auftreten von hydraulischem Grundbruch in Betracht ziehen.

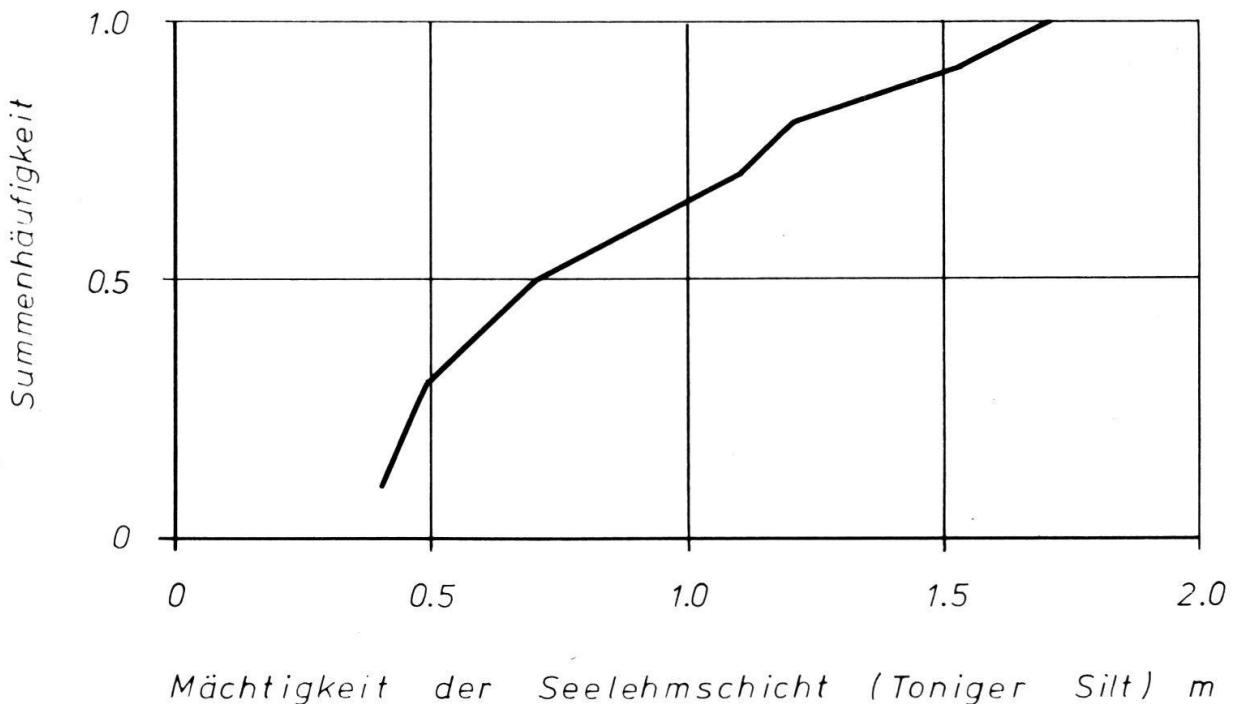


Abb. 8: Mächtigkeit der Seelehmschicht als Summationskurve dargestellt, basierend auf zehn zweifelsfreien, innerhalb des projektierten Baugrubenabschlusses liegenden Bohrungen. Z. B.: 50% der rebohrten Mächtigkeiten der Seelehmschicht liegen zwischen rund 0,70 m und 1,70 m.

Spezifisch lag einmal das Problem der Mächtigkeit der Seelehm-Schicht vor. Sie war in der 1. Sondierkampagne in sehr unterschiedlicher Stärke aufgeschlossen worden. Dies änderte sich zwar nicht mit der Vermehrung der Aufschlüsse, doch war es nun

möglich, eine fundiertere Aussage zu machen. Aus der Abb. 8 ergibt sich für eine Summenhäufigkeit Null eine Schichtstärke von zwar nur 0,3 bis 0,4 m, aber immerhin noch eine positive Stärke. Auf Grund von 5 Aufschlüssen wäre eine solche Aussage nicht zu machen gewesen.

Trotzdem blieb die Tatsache bestehen, dass bei rund 200 m² Grundfläche pro Aufschluss ein Loch im Seelehm mitsamt den damit verbundenen Risiken nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden konnte. Wahrscheinlichkeitsüberlegungen (Abb. 9) ergaben, dass ein Loch von 10% der Baugrubenfläche mit den 12 Bohrungen innerhalb der Baugrube immer noch mit etwa 30% Wahrscheinlichkeit unentdeckt geblieben war, und ein Loch von 1% der Fläche sogar mit rund 90% Wahrscheinlichkeit. Diese Aussagen durften aber nicht isoliert gewertet werden, sondern nur im Zusammenhang mit den gemessenen Druckunterschieden in den beiden Grundwasserträgern. In der Nähe eines Loches hätte dieser Druckunterschied kleiner sein müssen.

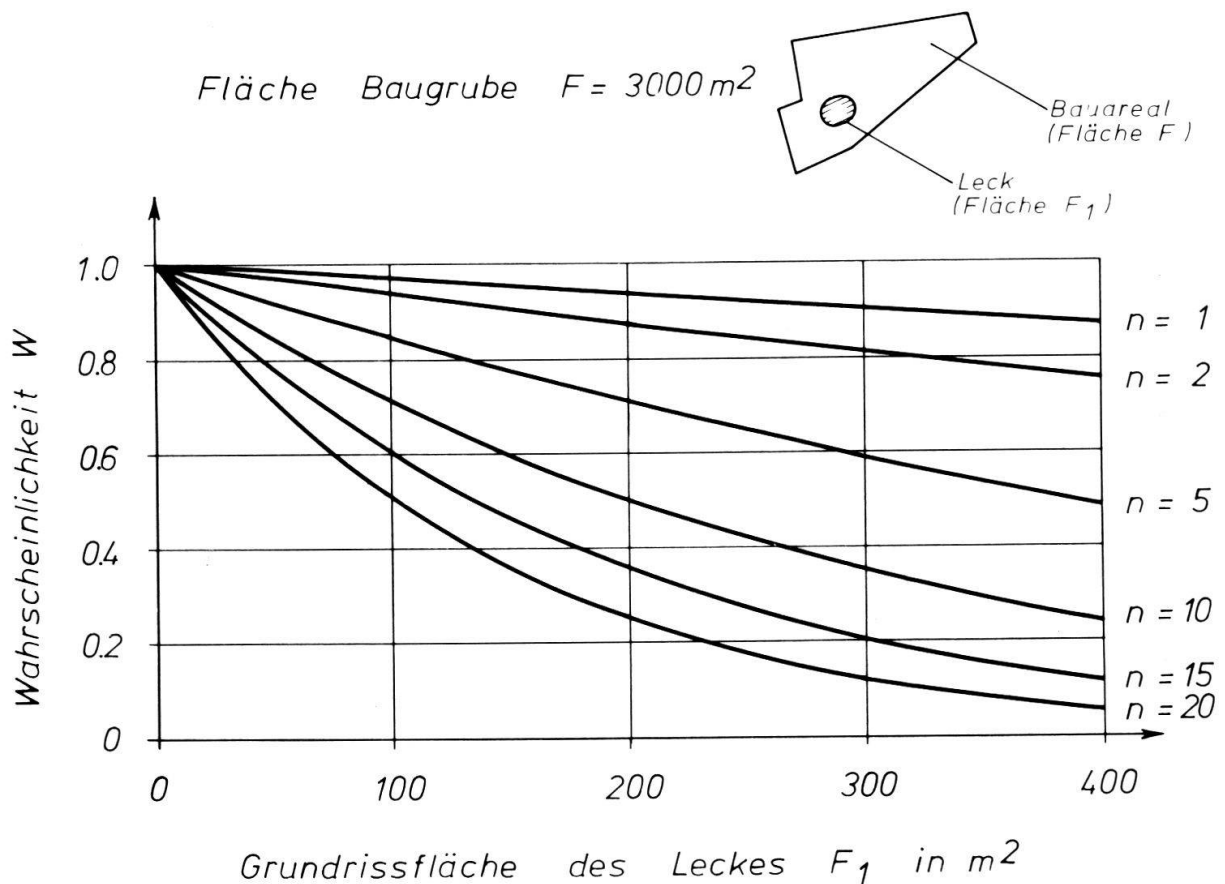


Abb. 9: Wahrscheinlichkeit W , dass ein Leck von der Fläche F_1 im Seelehm bei n Bohrungen unentdeckt bleibt.

Es war nach der 3. Sondierkampagne und unter Würdigung aller Ergebnisse möglich, am prinzipiellen Vorschlag zur Ausbildung der Baugrube festzuhalten. Als wichtiger Bestandteil solcher Vorschläge sind allgemein aber auch Kontrollen während der Ausführung anzusehen. Von ihnen wird anschliessend noch die Rede sein. Wichtig sind solche Kontrollen deshalb, weil die hydrologischen Verhältnisse in der Regel nur kurzfristig beobachtet werden können, und weil jede Baugrunduntersuchung ein «Versuch» ist, bei dem nicht immer zweifelsfrei zu entscheiden ist, ob gewisse in die Arbeitshypothese nicht hineinpassende Beobachtungen tatsächlich vorhandene Verhältnisse wieder-

geben, oder ob sie auf Mängel in der «Versuchsdurchführung» oder in der «Versuchseinrichtung» zurückzuführen sind. Das heisst mit anderen Worten, dass auch erprobten Verfahren praktisch unvermeidbare Mängel anhaften, und dass auch bei problemorientiert konzipierten Baugrunduntersuchungen gewisse Risiken technischer Art in der Folge nicht auszuschalten sind. Eine hundertprozentige Sicherheit gibt es im Grundbau eben nicht.

Bauausführung

Wie einleitend erwähnt, kann im Rahmen dieses Artikels nicht auf bauliche Detailprobleme eingegangen werden. Zum Bauvorgang sei hier nur soviel gesagt, dass von «oben nach unten» gebaut wurde, nämlich: Nach dem Rammen der Spundwände, einem kleinen Voraushub und dem Erstellen der gebohrten «Montage»-Stützen (identisch mit den definitiven Stützen), wurde auf demselben die Platte des Erdgeschosses betoniert. Dann erfolgte der Aushub unter der Platte, wobei der Baugrubenabschluss gegen diese Platte verspriesst wurde (Abb. 13 und 14).

Wasserhaltung

Für die Wasserhaltung wurden insgesamt 7 Filterbrunnen erstellt (Abb. 10/11), wovon die Brunnen FB 2 bis 7 der Entwässerung des oberen Grundwasserträgers dienen, also des Schotters I innerhalb des Baugrubenabschlusses und über dem «Deckel» aus Seelem. Der Wasserspiegel musste dabei auf etwa 50 cm unter der Aushubsohle gehalten werden. Dabei war das Wasser, das durch die Baugrubensohle sickerte sowie das Wasser,

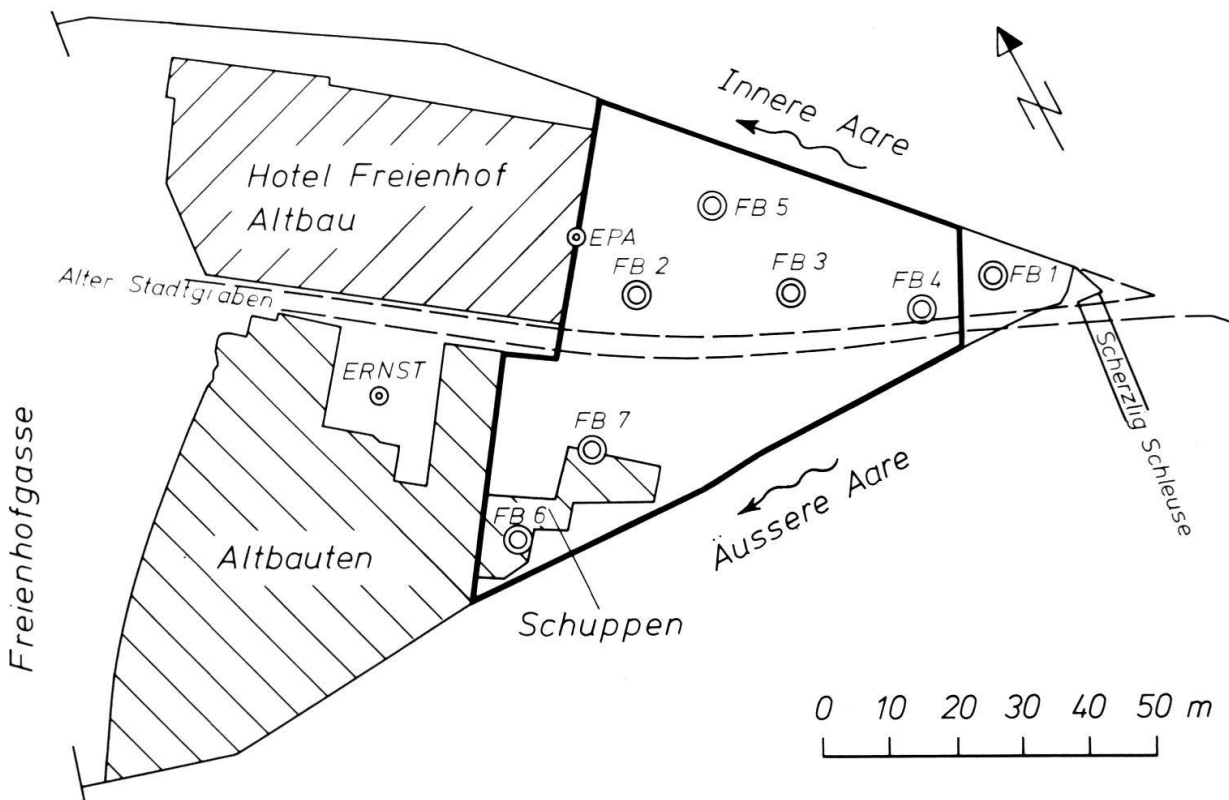


Abb. 10: Lage der sieben Filterbrunnen FB 1 bis FB 7 und der beiden bestehenden Wasserfassungen EPA und ERNST. FB 1 reicht in den Schotter II. Die übrigen Filterbrunnen dienen der Entwässerung des Schotters I zwischen Baugrubenabschluss und Seelehmschicht.

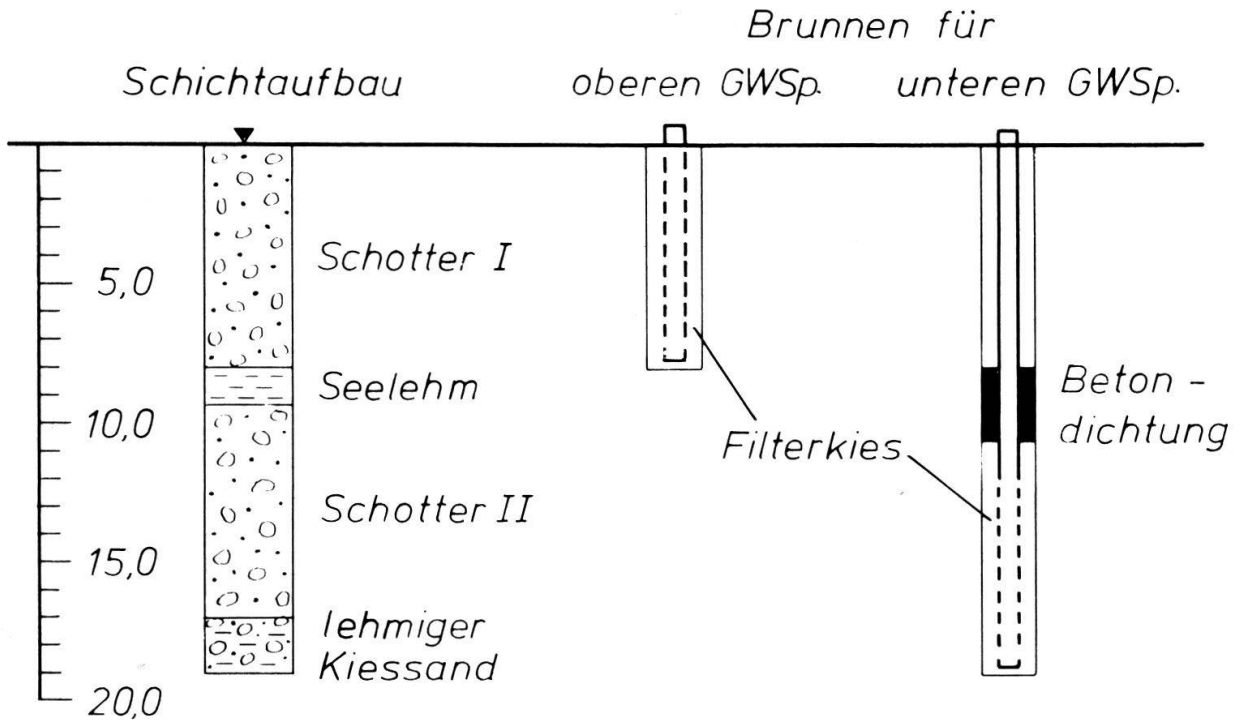


Abb. 11: Schema der Filterbrunnen für Schotter I und II. Letzterer mit Betondichtung auf der Höhe des Seelehms. (Schichtaufbau wie er beim Erstellen des Filterbrunnens FB 1 aufgeschlossen wurde).

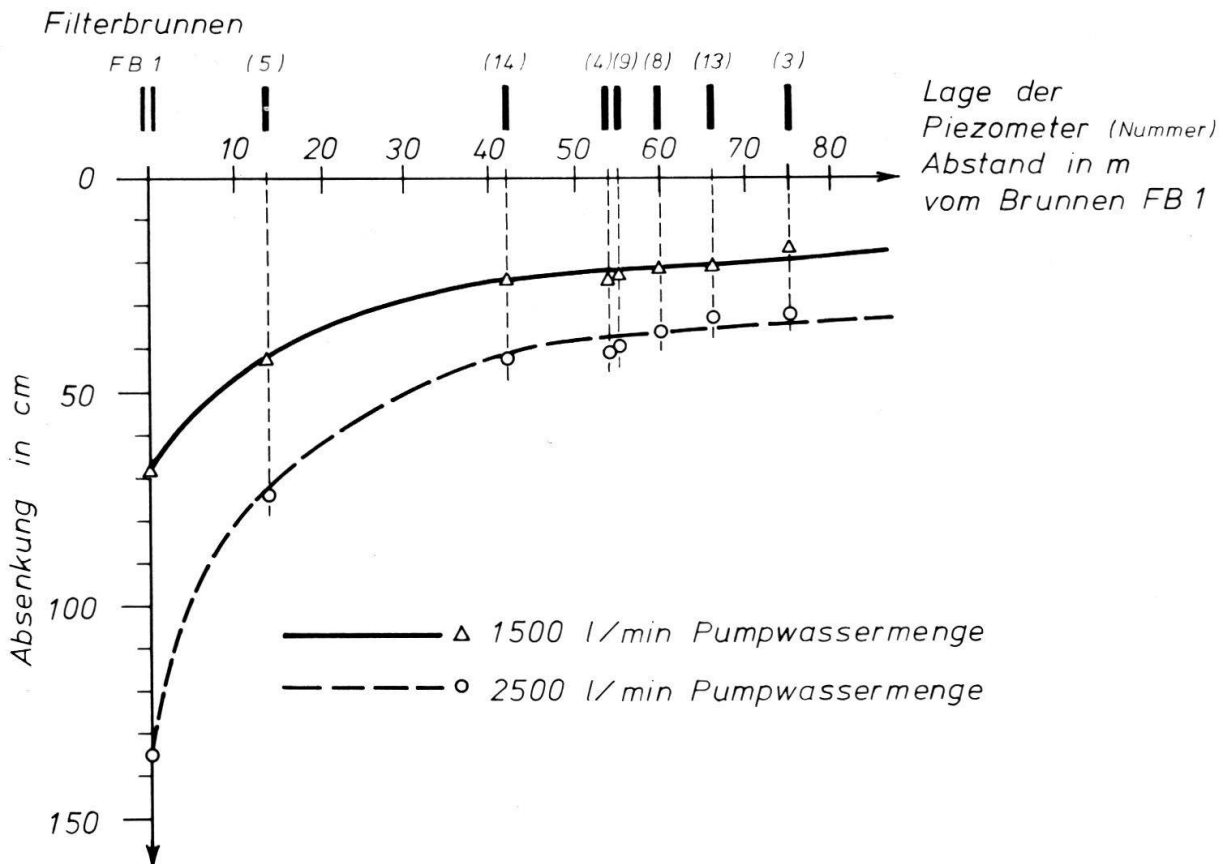


Abb. 12: Absenktrichter des Grundwasserspiegels im Schotter II, infolge Wasserentnahme aus FB 1. Wasserstände in den Piezometern 5, 14, 4, 9, 8, 13 und 3 des Schotters II.

welches durch die Schlösser der Spundwand drang, (Abb. 15) abzuführen. Die Wirksamkeit dieser Brunnen wurde mit einer Anzahl von Pumpversuchen überprüft, wobei die eingebauten Piezometer als Beobachtungsstellen zur Verfügung standen. Überprüft wurde im weiteren auch der Einfluss des Wasserentnahmeregimes der bestehenden Wasserfassungen «EPA» und «ERNST» auf die Wasserhaltung im Bauareal. Als Beispiel ist in Abb. 12 das Resultat eines Pumpversuches dargestellt. Ein wichtiges Ergebnis der Pumpversuche war auch das Folgende: Bei Absenkung des Wasserspiegels im Schotter I konnte keine Reduktion des Druckniveaus im unteren Grundwasserträger (Schotter II) nachgewiesen werden.

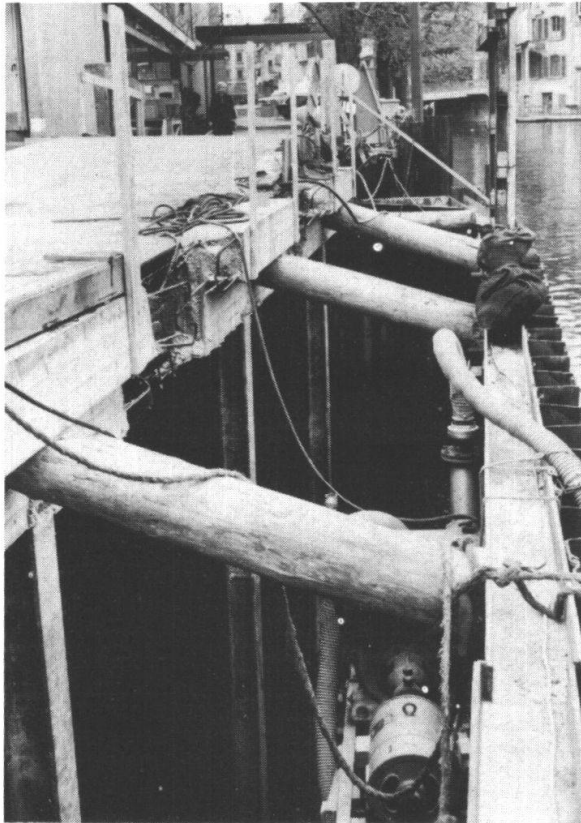


Abb. 13: Verspriessung der Spundwand gegen die Platte des Erdgeschosses. (Photo A. E. GONIN, Ingenieurbureau Dr. Staudacher & Siegenthaler AG, Bern).



Abb. 14: Baugrubenabschluss, Verspriessung und Montage-Stützen. (Photo A. E. GONIN, Ingenieurbureau Dr. Staudacher & Siegenthaler AG, Bern).

Während der Bauausführung wurden im Dauerzustand rund 3000 l/min aus der Baugrube abgeführt, wovon *theoretisch* (bei einer Durchlässigkeit von rund $3 \cdot 10^{-7}$ cm/sec) etwa 3 l/min auf das vertikal durch den Deckel aus Seelehm zuströmende Wasser entfielen.

Sicherung gegen hydraulischen Grundbruch

Gegenüber dem innerhalb der Baugrube im oberen Grundwasserträger abgesenkten Wasserspiegel entstand im unteren Grundwasserträger ein Überdruck von etwa $2\frac{1}{2}$ bis 3 m Wassersäule. Auf Grund der Gliederung des Untergrundes musste angenommen werden, dass diese ganze Druckdifferenz in der Seelehmschicht abgebaut würde. Es war

also die hydraulische Stabilität der Seelehmschicht mit der darüber noch vorhandenen Auflast (Schotter I zwischen UK. Aushub und OK. Seelehm) zu sichern.

Die Beurteilung ergab, dass gegenüber hydraulischem Grundbruch eine noch genügende Sicherheit vorhanden war, solange der oben genannte Überdruck nicht überschritten würde. Angesichts der Tatsache, dass langfristige Beobachtungen diesbezüglich nicht zur Verfügung standen und dass ein tatsächliches Eintreten von hydraulischem Grundbruch katastrophale Folgen nach sich ziehen würde, drängten sich hier Kontrollen gebieterisch auf.

Praktisch musste also laufend beobachtet werden, ob das Druckniveau im Schotter II eine gewisse, von Anfang an festgelegte Höhe nicht überschritt, und dass die Absenkung in Schotter I ein zulässiges Tiefstmass nicht unterschritt. Eine sich daraus selbstverständlich ergebende Forderung war die Erhaltung der Beobachtungsstellen (Piezometer) während der Bauzeit, trotz der damit zweifellos verbundenen Behinderung der Bauarbeiten.

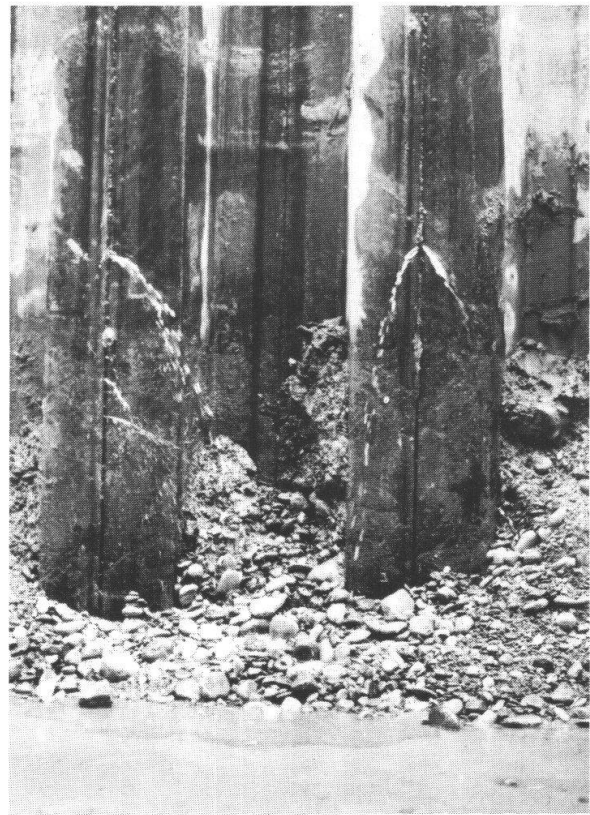


Abb. 15: Wassereintritte. Spundwandschlösser z. T. noch nicht abgedichtet. (Photo E. FINGER, IGB, Zürich).

Nun nützen bekanntlich Kontrollen allein noch nichts. Man muss sich von Anbeginn an darüber im klaren sein, welche Massnahmen in dem Falle ergriffen werden sollen, müssen oder können, in welchem irgendeine Messgrösse eine vorher festgelegte Grenze überschreitet. Zudem müssen diese Massnahmen vorbereitet und, wenn möglich, auf ihre Wirksamkeit hin überprüft sein.

Im vorliegenden Fall bestand die kleinste Sicherheit gegenüber hydraulischem Grundbruch in dem Augenblick, wo der Baugrubenaushub vollendet und die Baugrubensohle noch nicht wieder bedeckt war. Für den Fall eines unzulässigen Anstieges der Druckdifferenz waren 2 Massnahmen denkbar, evt. in Kombination:

- Reduktion des Druckes unter dem Deckel aus Seelehm mit Hilfe des Filterbrunnens FB 1 (Abb. 11) und evt. weiterer Brunnen dieses Typs.

- Fluten der Baugrube durch Abstellen der Filterbrunnen FB 2 bis 7 und evt. durch Öffnungen in der Spundwand.

Die Überprüfung dieser Massnahmen ergab zunächst mittels Pumpversuchen im Brunnen FB 1, dass die Druckreduktion im Schotter II tatsächlich möglich war. Da sich aber durch weitere Überprüfung zeigte, dass das Fluten der Baugrube auch in zeitlicher Hinsicht durch Abstellen der Brunnen FB 2 bis 7 durchaus gewährleistet werden konnte, mussten keine zusätzlichen Massnahmen in Betracht gezogen werden. Übrigens musste der Brunnen FB 1 während der ganzen Bauzeit nie in Betrieb genommen werden.

Diskutiert wurde auch die Frage, ob das Fluten der Baugrube in gewissen Bauzuständen (z. B. offen daliegende Isolation) Mehrkosten verursachen würde, welche weitere Brunnen des Typs FB 1 notwendig machen würden. Als reine Wirtschaftlichkeitsfrage wurde dieses «Risiko 2. Ordnung» in Kauf genommen.

Auftrieb

In einer nächsten Phase, bei der die Wannenkonstruktion weitgehend vollendet, jedoch das nötige Bauwerkgewicht gegenüber dem Auftrieb noch nicht vorhanden war, musste folgendes beachtet werden: Ein Unterbruch der Pumparbeit in den Brunnen FB 2 und FB 7 war nun als «Risiko erster Ordnung» anzusehen. Falls der Druckausgleich durch die Querschnittfläche dieser Brunnen aus irgendeinem Grund dem Ansteigen des Wassers ausserhalb der Wanne nicht genügend rasch folgen konnte, war ein «Aufschwimmen» der Wannenkonstruktion nicht auszuschliessen. Um dieses Risiko zu eliminieren, wurde deshalb an der Seitenwand der Wanne eine Öffnung offen gelassen, durch welche das Wasser auf alle Fälle genügend rasch ins Innere der Wanne hätte strömen können.

Schlussbemerkung

Die vorstehenden Ausführungen konnten sich naturgemäss nicht mit allen Aspekten und nicht mit Details der grundbaulichen Probleme befassen, welche mit dem Neubau für das Hotel Freienhof in Thun impliziert waren. Wesentlich erschien uns, einmal darauf einzugehen, dass und wie von der Natur durch einen bestimmten Aufbau des Untergrundes gegebene Umstände in baulich vorteilhafter Weise genutzt werden konnten. Im vorliegenden Falle handelte es sich neben den Druckverhältnissen der beiden Grundwasserstockwerke um einen zwar mindestens stellenweise sehr dünnen, undurchlässigen «Deckel», welcher – fast schon eine Laune der Natur – auf einer Fläche von immerhin 3000 m² durchgehend vorhanden war. Dass dieser «Deckel» schonend zu behandeln und (ausser durch die Spundwand) nicht zu verletzen war, versteht sich (fast) von selbst. Die Ausnützung dieses Deckels zur Abdichtung der Baugrube erforderte allerdings einen erheblichen Aufwand an Aufschlüssen, Kontrollen und Vorsichtsmassnahmen. Diesem Aufwand steht aber eine wesentlich grössere Ersparnis an Baukosten gegenüber.

Es muss in diesem Zusammenhang noch festgestellt werden, dass eine um nur 1 m tiefere Fundationskote oder eine um nur 1 m höhere Lage des Deckels entweder Projektänderungen oder ganz erhebliche bauliche Aufwendungen bedingt hätte!

Wesentlich erschien uns endlich vor allem auch die Bemerkungen mehr allgemeiner Natur über das Vorgehen bei einer derartigen oder ähnlichen Problemstellung und über das Zusammenwirken der an der Planung Beteiligten.