

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 91 (1973)
Heft: 35

Artikel: Aufschlüsse zur Feststellung der Art und der Eigenschaften des Baugrundes
Autor: Lang, Hans Jürgen
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-71967>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 17.05.2025

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

Aufschlüsse zur Feststellung der Art und der Eigenschaften des Baugrundes

Von H. J. Lang, Zürich¹⁾

DK 624.131

Im Rahmen dieses Vortrages möchte ich einige allgemeine Aspekte von Aufschlussarbeiten zur Feststellung von Art und Eigenschaften des Baugrundes berühren. Es kann nicht ausbleiben, dass ich dabei Dinge anspreche, welche teilweise als Selbstverständlichkeiten erscheinen. Es ist aber zu berücksichtigen, dass in der Praxis längst nicht alle Aufschlusskampagnen zur Erkundung des Baugrundes zweckmässig angelegt und interpretiert werden.

Zunächst sei die alte Forderung wiederholt, dass Baugrunderkundungen *problemorientiert* angelegt werden sollen, um ein Maximum an realen Aussagen zu liefern. Es genügt nicht, einfach eine Baugrunduntersuchung in Auftrag zu geben. Eine Baugrunderkundung kann sinnvoll nur dann konzipiert werden, wenn der oder die damit Beauftragten das Projekt und allfällige mögliche Projektvarianten kennen und insbesondere auch darüber in Kenntnis gesetzt werden, welche Anforderungen beispielsweise an die Fundation gestellt werden. Damit ist bereits auch angedeutet, dass eine Baugrunderkundung möglichst auch zeitlich so früh erfolgen soll, dass Varianten überhaupt noch möglich sind. Offenbar genügt es also nicht, einfach beispielsweise 4 Bohrungen ausführen zu lassen und dann gelegentlich später einmal vom Ergebnis Kenntnis zu nehmen.

Eine nächste Forderung ist, dass eine Baugrunderkundung ein Maximum an Ergebnissen bei einem Minimum an Aufwand liefern sollte. Gerade hier vermag der Geologe dem Ingenieur durch eine geologische Prognose wesentliche Unterstützung zu geben. Es ist aber befremdlich, feststellen zu müssen, wie oft das Bohrgut zwar geologisch identifiziert, aber sonst nicht weiter verwertet wird. So wertvoll, ja unerlässlich die geologische Identifikation ist, der Ingenieur muss die Eigenschaften des Baugrundes wenigstens annähernd quantifi-

zieren können. Da vermögen Untersuchungen von Bodenproben, und seien es auch nur Kornverteilungen mangels anderer Möglichkeiten, wesentlich zu helfen. Feldversuche dürfen hier nicht unerwähnt bleiben, wobei ich im besonderen eine vermehrte Anwendung des Standard Penetration Test anregen möchte. Die drei Fälle A, B und C in Bild 1, die durchaus keine Einzelfälle sind, sind ein Beweis dafür, dass allzu oft noch einfach ein Loch in den Boden gebohrt wird, anstatt das Maximum an Informationen herauszuholen. In jedem der drei Fälle wären diese später dringend erwünscht gewesen.

Auch die Forderung nach einer *genügenden Aufschluss-tiefe* wird oft missachtet, wobei der Grund meist in der mangelnden Problemorientiertheit der Aufschlusskampagne liegen dürfte. In dem in Bild 2 gezeigten Fall wurde zwar der Baugrund erkundet, aber so, dass im wesentlichen nur «der Aushub sondiert» wurde. Die Verhältnisse unterhalb der Baugrubensohle blieben unbekannt. Die Folgen waren hy-

Fall A
Baugrube $F \approx 5000 \text{ m}^2$ $t \approx 8 \text{ m}$
6 Sondierbohrungen, total 83 m
Anzahl untersuchte Bodenproben: keine

Fall B
Abwasserkanal $L \approx 1900 \text{ m}$
26 Sondierbohrungen, total 248 m
Anzahl untersuchte Bodenproben: keine

Fall C
Abschnitt Nationalstrasse (mit 3 Brücken)
 $L \approx 1400 \text{ m}$
42 Sondierbohrungen, total 569 m
davon 271 m im Lockergestein
Anzahl untersuchte Bodenproben: keine

Bild 1. Drei Beispiele, Anordnung von Sondierbohrungen und Bodenproben

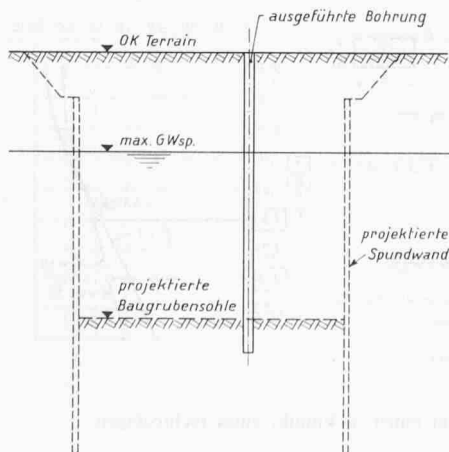
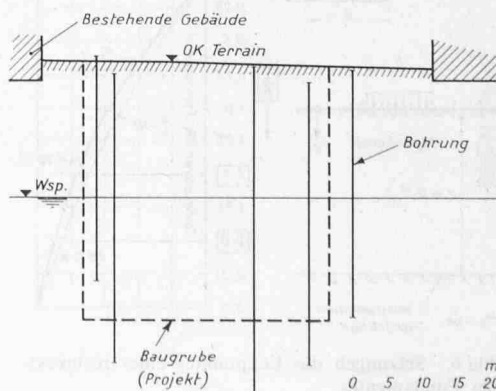


Bild 2, links. Ungenügende Tiefe einer Sondierung. Die Verhältnisse unterhalb der Baugrubensohle blieben unbekannt; die Folgen waren hydraulischer Grundbruch und beträchtliche Mehrkosten

Bild 3, rechts. Keine der angesetzten Bohrungen wurde bis auf den Fels weitergeführt, so dass die Beurteilungsgrundlage für das projektierte Bauwerk nicht genügte



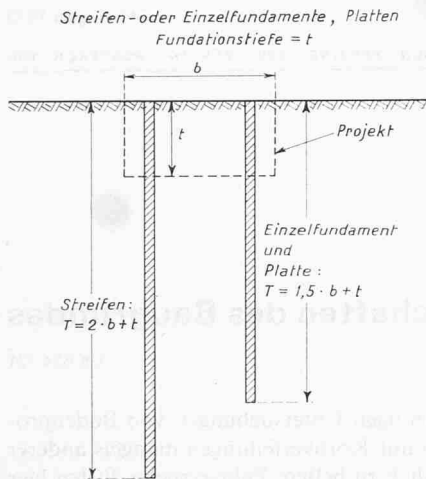
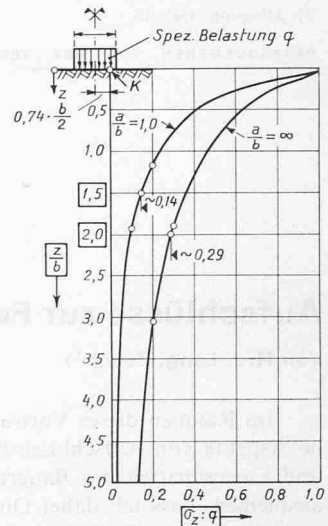
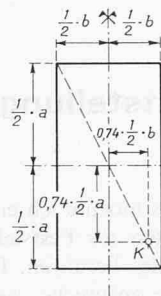


Bild 4, links. Richtwerte für Bohrtiefen (nach Hvorslev)

Bild 5, rechts. Senkrechte Druckspannungen σ_z in elastischen Halbraum (nach Kany)

Fundament:
Rechteck $a \times b$
Ort:
Kennzeichnender Punkt K



draulischer Grundbruch und beträchtliche Mehrkosten. Auch das ist kein Einzelfall, wie Bild 3 zeigt: Auch hier ist schwer verständlich, wie die Sondierbohrungen im stark durchlässigen Baugrund, von welchen beispielsweise keine die Felsunterlage erreichte, eine genügend sichere Beurteilungsgrundlage für das projektierte Bauwerk abgeben sollen.

Auch die bekannten, an sich in vielen Fällen bewährten Richtwerte für Erkundungstiefen vermögen nicht, das Orientieren der Erkundung nach dem Problem zu ersetzen. In Bild 4 sind als Beispiel die Richtwerte nach Hvorslev für Streifen- und Einzelfundamente sowie Platten aufgeführt. Schon der Verlauf der senkrechten Druckspannungen unter dem kennzeichnenden Punkt eines rechteckigen Fundamentes (Bild 5) lässt erkennen, dass die Aussagen nicht identisch sind: Bei dem quadratischen Fundament ($a:b = 1$) werden in der vorgeschlagenen Erkundungstiefe von $1,5b$ noch 14% der effektiven Zusatzbelastung übertragen, während dieser Wert beim unendlich langen Streifenfundament in der Tiefe $2,0b$ mit 29% etwa doppelt so hoch liegt. Ist die Mächtigkeit der zusammendrückbaren Schicht begrenzt (in Bild 6 mit $2,5b$), wirkt sich das nicht so stark aus, indem für das quadratische Fundament immerhin nicht ganz 80% der Gesamtsetzung erfasst werden, während die Verhältnisse beim Streifenfundament sogar noch günstiger liegen. Zusätzliche Voraussetzung ist allerdings, dass der Boden homogen ist. Beide Voraussetzungen, begrenzte Tiefe und konstanter M_E -Wert, müssen also durch mindestens einen Aufschluss grösserer Tiefe belegt

werden, wenn es sich um Setzungen oder Setzungsdifferenzen relevanter Grösse handelt.

Ist im Untergrund eine Schicht grösserer Zusammendrückbarkeit vorhanden, wird die Frage der Aufschlusstiefe kritischer. In Bild 7 ist eine solche Schicht, zehnmal so stark zusammendrückbar wie der übrige Boden, von der Stärke $0,25b$ und in variabler Tiefe angenommen. Im dargestellten Fall (mit begrenzter Mächtigkeit der zusammendrückbaren Schichten) zeigt es sich, dass diese relativ dünne Schicht immerhin noch zwischen 40 und 50% der Gesamtsetzung liefert, wenn sie unterhalb der Richttiefen von $1,5b$ bzw. $2,0b$ liegt und damit beim Baugrundaufschluss möglicherweise unerkannt bleibt. Die Bedeutung dieser Aussage hängt hier ebenfalls wieder davon ab, ob die Setzungen oder Setzungsdifferenzen für das bestimmte Bauobjekt von relevanter Grösse sind oder nicht. Eine Beurteilung ist auch hier nur problemorientiert möglich.

Weiter muss gefordert werden, dass ein gutes Aufschlussprogramm flexibel ist. Dazu muss es ständig überwacht und laufend in seinen Ergebnissen beurteilt werden. Am besten lässt sich das wohl an einem Beispiel zeigen (Bild 8). Für eine projektierte Überbauung von nicht ganz 3000 m^2 Grundfläche wurde auf Grund der hier schwierigen geologischen Prognose und bekannter Aufschlüsse zunächst die unter diesen Umständen geringe Zahl von 5 Sondierbohrungen ausgeführt. Das Ergebnis liess sich generell so zusammenfassen, wie es in Bild 9 gezeigt wird: Zwei Grundwasserträger, hier als Schot-

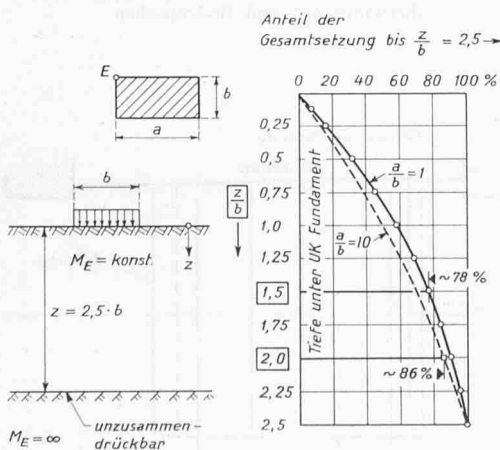


Bild 6. Setzungen des Eckpunktes eines rechteckigen Fundamentes

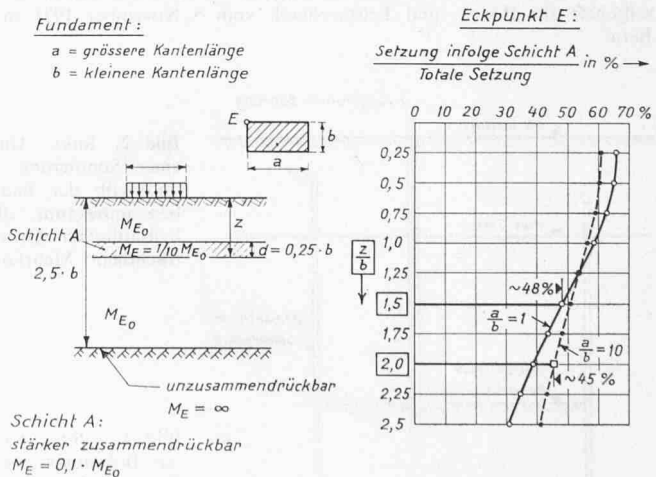


Bild 7. Setzungen unter einem Eckpunkt eines rechteckigen Fundamentes

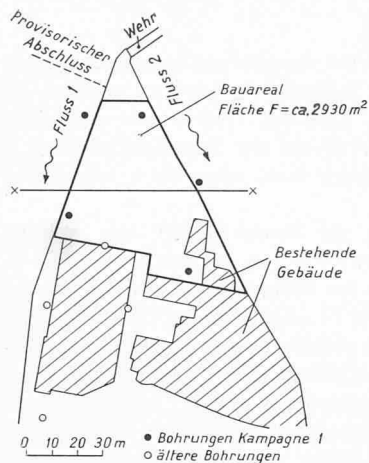


Bild 8. Die fünf Bohrungen der ersten Bohrkampagne

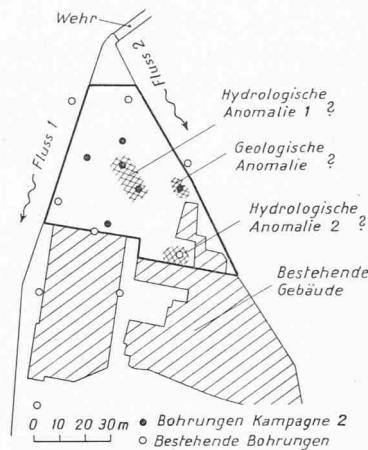


Bild 10. Die Bohrungen der ergänzenden zweiten Bohrkampagne

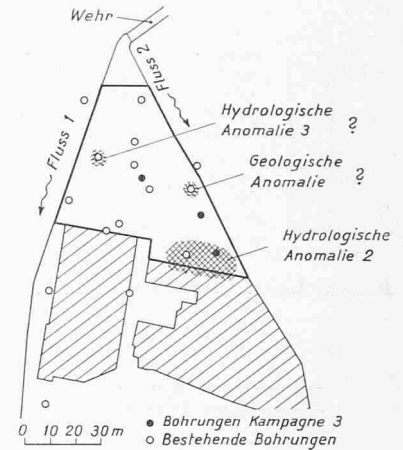


Bild 12. Die Bohrungen der dritten Bohrkampagne

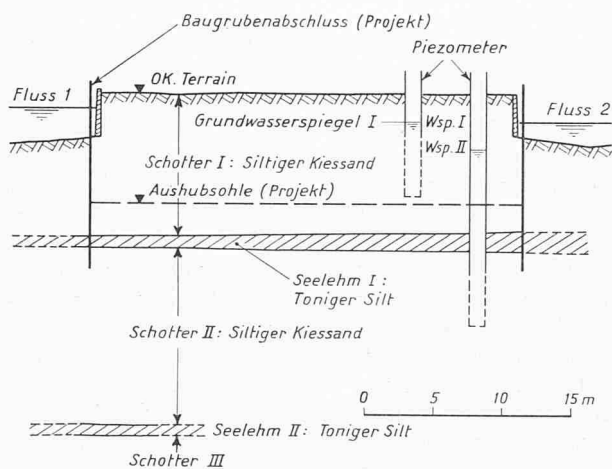


Bild 9. Generelles Baugrundprofil aus Bohrkampagne I

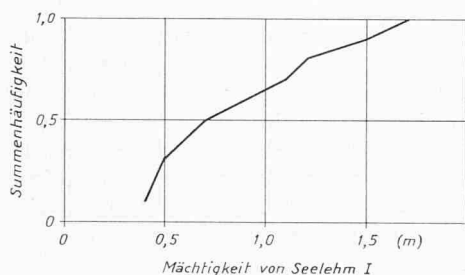


Bild 13. Summenhäufigkeitsfunktion der Mächtigkeit von Seelehm I aus den Bohrungen

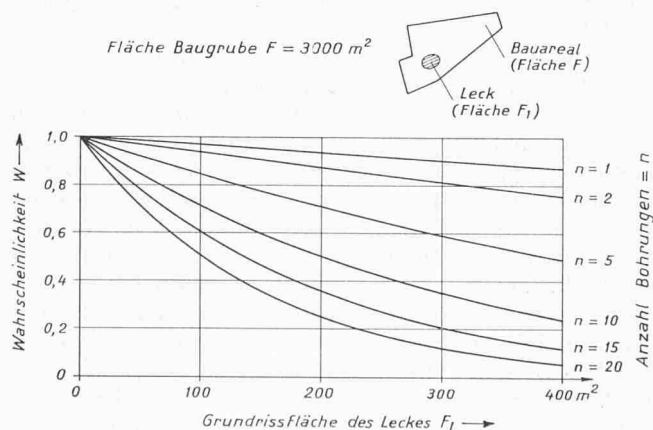


Bild 14. Wahrscheinlichkeit W , dass ein Leck der Grundfläche F_s in Seelehm I bei n Bohrungen unentdeckt bleibt

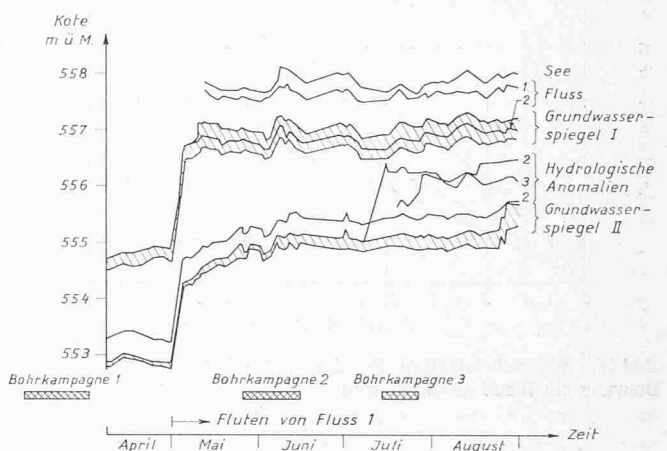


Bild 11. Wasserspiegelbeobachtungen im Bereich des Bauareals

ter I (oben) und Schotter II (unten) bezeichnet, bestehend aus hoch durchlässigen Kiessanden, sind durch eine geringmächtige undurchlässige Lehmschicht voneinander getrennt. Die projektierte Aushubsohle liegt im oberen Schotter. Das Druckniveau im unteren Schotter liegt tiefer als im oberen. Sowohl die Trennschicht aus Lehm als auch die Druckverhältnisse sind bezüglich Wasserhaltung und Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch massgebend.

Im vorliegenden Fall wurde die Aufschlussdichte als ungenügend angesehen, um so weit reichende Konsequenzen abschliessend beurteilen zu können. Ergänzende Bohrungen wurden durchgeführt, wobei man immer noch durch bestehende Bauten auf dem Bauareal in der freien Anordnung eingengt war. Diese Ergänzung ist nun insofern typisch in ihren Ergebnissen, als sie einerseits das Vorhandensein der Trennschicht in jedem neuen Aufschluss bestätigte, andererseits aber neue Tatsachen aufzeigte, die nicht in das vorhin gezeigte Schema passten und deshalb hier als «Anomalien» bezeichnet sind (Bild 10): eine «geologische Anomalie» (Trennschicht zwar vorhanden, aber in einer anscheinend anderen Tiefenlage) und zwei «hydrologische Anomalien» (Druckunterschiede der beiden Grundwasserträger kleiner). Weil die neu aufgeworfenen Fragen zu wichtig waren, um unbeantwortet zu bleiben, und weil mittlerweile durch Fluten des provisorisch trockengelegten einen Flussarmes offenkundig geworden war, dass beide Grundwasserträger an einer unbekannten Stelle miteinander in Verbindung stehen müssen (Bild 11), wurde eine abermalige Ergänzung des Aufschlussprogrammes beschlossen (Bild 12).

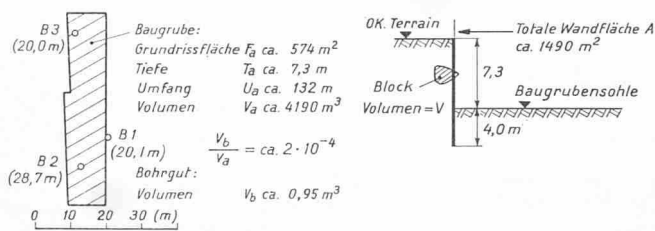


Bild 15. Links: Grundriss-Schema; rechts: Schnitt-Schema

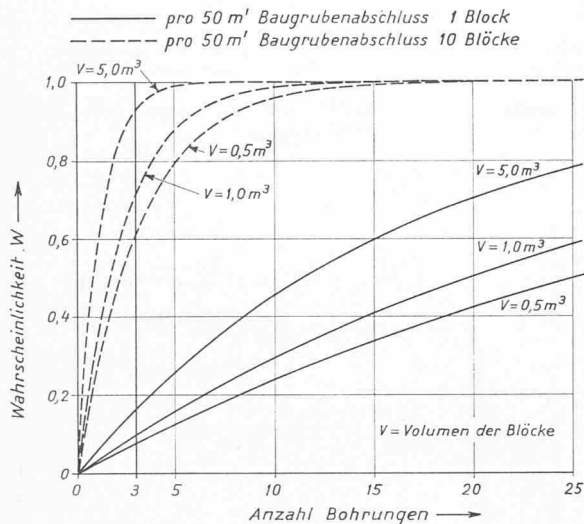


Bild 16. Wahrscheinlichkeit W , dass mit mindestens einer Bohrung ein Block getroffen wird

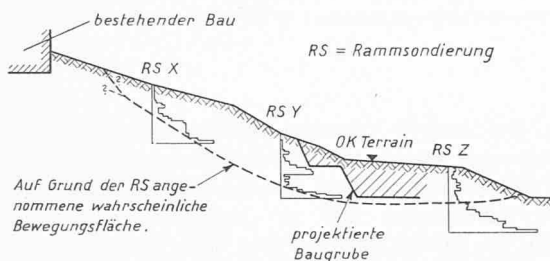


Bild 17. Rammsondierungen zur Beurteilung, ob das bestehende Gebäude durch die geplante Baugrube gefährdet ist

Die Ergänzung bestätigte, dass eine hydrologische Anomalie (in Bild 12 mit 2 bezeichnet) besteht, indem der Druck im unteren Grundwasserträger hier höher ist. Es war dies eine für die Bauausführung wesentliche Erkenntnis. Wiederum ist die abermalige Ergänzung insofern typisch, als auch sie Fragen offenliess (geologische Anomalie und hydrologische Anomalie 3), aber doch die Wahrscheinlichkeit tatsächlicher Anomalien wesentlich einschränkte. Ausführungs-, Mess- und Beobachtungsfehler lassen sich auch bei sorgfältiger Ausführung und Überwachung nicht ganz vermeiden.

Auch die Frage nach der notwendigen Aufschlussdichte kann nur problemorientiert beantwortet werden. In dem eben betrachteten Fall kann man sich fragen: Sind die 14 ausgeführten Bohrungen in ihrer Anzahl übertrieben, gerade richtig oder ungenügend? Da die Trennschicht (Seelehm I) eine so wichtige Rolle spielt, soll versucht werden, die Frage an diesem Beispiel zu beleuchten. Betrachtet man in Bild 13 die Summenhäufigkeit der Dicke dieser Trennschicht, wobei nur

die innerhalb des projektierten Baugrubenabschlusses liegenden und zweifelsfreien 10 Bohrungen verwertet wurden, so kommt man zum Schluss, dass die Trennschicht mit einer Dicke von etwa 0,3 bis 0,4 m bei der Summenhäufigkeit 0 zwar nicht gerade übermässig dick, aber doch wenigstens vorhanden ist.

Man kann sich auch die Frage stellen, mit welcher Wahrscheinlichkeit man ein Loch von bestimmter Grösse in der Trennschicht innerhalb der Baugrube mit den Aufschlüssen nicht entdeckt habe. Bild 14 zeigt, dass ein Loch mit einer Grösse von 10% der Baugrubenfläche mit Hilfe von 10 Aufschlüssen mit einer Wahrscheinlichkeit von immer noch zwischen 20 und 30% unentdeckt bleibt, während diese Wahrscheinlichkeit bei einem Loch von 30 m² Grundfläche (etwa 1% der Baugrube) schon rund 90% beträgt! Diese Aussage darf aber nur im Zusammenhang mit der Tatsache bewertet werden, dass die Druckunterschiede beider Grundwasserträger gemessen wurden und in der Nähe eines Loches kleiner sein müssten.

Da die Frage der *Sicherheit einer Aussage* bei einer begrenzten, oft kleinen Anzahl von Aufschlüssen uns alle immer wieder stark beschäftigt, sei anhand eines weiteren Beispiels darauf hingewiesen (Bild 15). Eine projektierte Baugrube von etwa 570 m² Grundfläche und etwa 4200 m³ Aushubvolumen wurde durch 3 Sondierbohrungen aufgeschlossen. Das Verhältnis von Volumen des Bohrgutes zum Aushubvolumen ist mit rund $2 \cdot 10^{-4}$ sehr klein; es wäre noch kleiner, wenn man (vielleicht konsequenter) das vom Baugrubenabschluss insgesamt umschlossene Volumen berücksichtigen würde. Ein solches Verhältnis wäre entmutigend klein, wenn man es als massgebend für die Aussagekraft der Aufschlüsse ansehen müsste.

Im vorliegenden Fall ist nach der geologischen Prognose damit zu rechnen, dass Blöcke vorhanden sind, die bei der Ausführung des Baugrubenabschlusses entweder Ärger und Kosten verursachen oder sogar die Konzeption des Baugrubenabschlusses massgebend beeinflussen könnten. Es ist deshalb eine relevante Frage, mit welcher Wahrscheinlichkeit man die Prognose mit n Aufschlüssen bestätigen oder widerlegen kann. Als Beispiel soll – in Bild 16 – untersucht werden, wie dieser Sachverhalt zu beurteilen ist, wenn man annimmt, dass auf 50 m Abwicklungslänge des Baugrubenabschlusses 1 Block oder 10 Blöcke variabler Grösse angetroffen werden. Ein Block auf 50 m wäre zwar unbequem, aber nicht unbedingt ausschlaggebend für die Systemwahl, während die zweite Annahme mit 10 Blöcken auf 50 m Länge schon gravierender zu beurteilen wäre.

Die Untersuchung auf dieser Grundlage ergibt (Bild 16), dass mit 3 Bohrungen für das «kleine Ereignis» (d.h. 1 Block auf 50 m) nur mit etwa 17% Wahrscheinlichkeit in mindestens einer Bohrung ein 5 m³-Block getroffen wird. Hat der Block nur 0,5 m³ Inhalt (als Kugel approximiert), so sinkt die Wahrscheinlichkeit auf 8%. Beim «gravierenden Ereignis» (d.h. 10 Blöcke auf 50 m Baugrubenabschluss) sind die entsprechenden Wahrscheinlichkeiten mit rund 93% für den 5 m³-Block und rund 60% für den 0,5 m³-Block schon recht ansprechend hoch. Ohne die Aussagekraft derartiger Überlegungen überbewerten zu wollen, können sie im Verein mit anderen Erwägungen ein nützliches Hilfsmittel für Entscheidungen sein. Die Wahrscheinlichkeit, mit wenigen Aufschlüssen ein bestimmtes grosses Ereignis tatsächlich festzustellen, muss grösser sein, als es bei einem kleinen Ereignis der Fall sein kann. Das eingangs genannte Verhältnis Bohrvolumen zu Baugrubenvolumen von etwa $2 \cdot 10^{-4}$ wäre nur gültig, wenn wir z.B. mit Hilfe von Bohrungen eine innerhalb der projektierten Baugrube vergrabene Perle suchen wollten. Diese und andere hier erwähnten Darstellungen wurden von Dr. Kälén, einem meiner geologischen Mitarbeiter, erarbeitet.

Der abschliessende Hinweis beschäftigt sich nochmals, wenn auch in anderer Art und Weise, mit der *Sicherheit von Schlussfolgerungen*, die aus Baugrundaufschlüssen gezogen werden können oder sollen. Wenn sich dieser Hinweis auf Rammsondierungen bezieht, so deshalb, weil diese nun einmal besonders vorsichtig interpretiert werden müssen. In Bild 17 ist ein Profil dargestellt, aufgeschlossen durch 3 Rammsondierungen. Rechts und links dieses Profils wurden noch weitere aufgenommen. Auf Grund der Rammsondierungen wurde eine wahrscheinliche Bewegungsfläche bezeichnet. Die Frage nach der Gefährdung oder Nichtgefährdung der bestehenden Baute infolge des projektierten Baugrubenaushubes hängt in weitem Masse von der Interpretation und der Sicherheit der durch die RS X gegebenen Schlussfolgerungen ab. Dass hier

sich wohl eine zurückhaltende Beurteilung und damit Sicherungsmassnahmen an der projektierten Baugrube aufdrängen, dürfte kaum als übertriebener Pessimismus gewertet werden.

Wenn ich in meinen Ausführungen auch negative Beispiele erwähnt habe, so geschah das nicht, um Kritik an bestimmten Arbeiten zu üben, sondern es war notwendig, um gewisse Aussagen zu verdeutlichen. Gute und gelungene technische Werke sind für die Beteiligten erfreulich; mehr lernen kann man jedoch sehr oft aus den Fehlern, die man selbst oder andere begangen haben.

Adresse des Verfassers: *Hans Jürgen Lang*, dipl. Bau-Ing., Prof. für Grundbau und Bodenmechanik an der ETHZ, Gloriastrasse 37/39, 8006 Zürich.

Projektorganisation bei Grossbauten

DK 72

Von **R. Rosenblatt, J. Beyer, R. Arni** und **K. Röthlisberger**, Basel

1. Einleitung

In der «Schweiz. Bauzeitung» 90 (1972), H. 26, S. 620–623, wurde ein beachtenswerter Beitrag zur Frage der «Koordination der technischen Anlagen in Grossbauten» publiziert. Der Verfasser behandelt darin u.a. in theoretischer Hinsicht das Problem der Zusammenarbeit zwischen Bauherrschaft, Bauplanern und Ausführenden. Anhand von verschiedenen Strukturmodellen wird aufgezeigt, dass in modernen Organisationen an zentraler und dominanter Stelle der «freie, künstlerische Gestalter» von einer Organisationsstelle abgelöst wird, deren Hauptaufgabe die Koordination aller Beteiligten ist. Die Wichtigkeit der künstlerischen Gestaltung wird damit nicht verneint; sie wird lediglich in einen Gesamtplanungsprozess integriert.

Der bisher nur vage definierte Aufgabenbereich des Architekten erfährt dadurch eine deutliche Aufgliederung in

1. eine übergeordnete Generalplanung (Gesamtkoordination, Baumanagement) und
2. in eine integrierte Planungs- und Gestaltungsarbeit.

Während letztere eindeutig Aufgabe des Architekten bleibt, ist dies bei der Generalplanung nicht unbedingt der Fall; die Komplexität der Aufgabe wird vermutlich ein Teamwork von verschiedenen Fachleuten erfordern. Völlig falsch wäre aber eine diesbezügliche Verwechslung der Begriffe «Generalplanung» und «Generalunternehmung».

In der Praxis sind nicht nur Bauvorhaben, sondern auch die Voraussetzungen und Bedürfnisse verschieden. Die Organisation darf sich deshalb nicht an einem festen theoretischen Schema ausrichten, sondern muss dieses so weit modifizieren, dass die Gegebenheiten entsprechend berücksichtigt werden.

Die folgenden Ausführungen und Tabellen beziehen sich auf ein grösseres Bauvorhaben mit folgendem Programm:

