

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 86 (1968)  
**Heft:** 31

**Artikel:** Zur Entwicklung der Baugrunduntersuchung in Lockergesteinen in der Schweiz  
**Autor:** Moos, A. von  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-70096>

### **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:** 30.01.2025

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

Kraftwerkgesellschaften und anderen Institutionen an der Überwachung einiger Gletscher, mit dem Ziel, das Mass einer Gefährdung abzuschätzen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass das hierfür notwendige eingehende Studium eines einzelnen Gletschers mit einem verhältnismässig grossen Aufwand verbunden ist, der für eine grössere Zahl von Gletschern schon wegen der benötigten Anzahl von Spezialisten kaum möglich wäre. Andererseits sind grosse Gletscherstürze seltene Ereignisse, die nur durch das Zusammenwirken einer Anzahl von besonderen Bedingungen zustandekommen. Wir haben deshalb wenig Aussicht, an den wenigen eingehend studierten und überwachten Objekten solche Eisstürze zu erleben und auf diesem Wege unsere Erfahrung zu bereichern.

Für die periodischen Gletscherbeobachtungen gilt heute folgendes Programm:

#### 1. Jährliche Beobachtung von 105 Enden von Gletscherzungen

Diese werden durchgeführt durch das Forstpersonal der Kantone, die VAWE/AHG, Kraftwerkgesellschaften, weitere Institutionen und einzelne Mitarbeiter. Es besteht nicht die Absicht, die Anzahl der beobachteten Zungen wesentlich zu erhöhen. Dagegen sollte die Feldarbeit durch vermehrte Anwendung der Vermessung aus der Luft unterstützt und damit rationeller gestaltet und in der Qualität verbessert werden. Eine wesentliche Unterstützung verdanken wir dabei der verständnisvollen Hilfe durch die Eidgenössische Landestopographie in Bern (L + T). Die Vermessung aus der Luft kann aber die Beobachtung im Gelände niemals ersetzen, weil der Interpretation der Luftbilder gewisse Grenzen gesetzt sind. Auch haben die einfacheren Messungen den Vorteil, dass ein Überblick über die Gesamtergebnisse der Herbstbeobachtungen vor dem Jahresende vorliegt, während die Ergebnisse anspruchsvoller Aufnahmen oft erst nach vielen Monaten zur Verfügung stehen.

#### 2. Flächenänderungen der Gletscher

Die neue Landeskarte 1:25000 gibt hierfür eine umfassende Grundlage. Nach Fertigstellung der ersten Ausgabe plant die L + T eine Nachführung im Turnus von je 6 Jahren.

#### 3. Volumenänderungen der Gletscher, bzw. Höhenänderungen der Oberfläche oder Dickenänderung

Geplant ist eine periodische Wieder-

holung der luftphotogrammetrischen Aufnahme von einigen ausgewählten Gletschern im Auswertemasstab 1:10000, mit Aquidistanzen von 10 m. Für diese Aufnahmen müssen Jahre gewählt werden, in denen die Firngebietes genügend Relief zeigen, damit die Auswertung im Autographen mit der nötigen Genauigkeit möglich ist. Dies erfordert in manchem Fall eine Bereitschaft über mehrere Jahre. Deshalb werden diese Gebiete permanent signalisiert, von einem gewünschten Jahr an auf das Flugprogramm genommen, aber erst geflogen, wenn die Verhältnisse günstig sind. Je nach Objekt sind die Aufnahmen in Intervallen von etwa 5 bis 15 Jahren durchzuführen.

#### 4. Haushaltsuntersuchungen

Die VAWE/AHG führt die Messungen jährlich an den in Tabelle 3 erwähnten vier Gletschern durch, zum Teil mit der verdankenswerten Unterstützung der in diesen Gebieten tätigen Kraftwerkgesellschaften. Für Haushaltsmessungen mittels Photogrammetrie wird vom Herbst 1968 an alljährlich der Basodino-Gletscher durch die L + T befliegen, wobei die Auswertung in den hierfür günstigen Jahren durchgeführt werden soll. Die Aufnahme weiterer kleiner Gletscher in dieses Netz wird für später erwogen.

#### 5. Firnzuwachsmessungen an Pegeln und Höhenänderung der Firnoberfläche in Fixpunkten

Niederschlagsmessungen im Hochgebirge sind mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Deshalb ist es ausserordentlich wertvoll, langjährige Klimareihen für den Firnzuwachs (Nettoakkumulation) zu besitzen und weiterzuführen, wobei auch die Dickenänderung der Gletscher in diesen Punkten gemessen wird. An dieser Aufgabe beteiligen sich auch das Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) auf Silvretta und die Schweiz. Meteorologische Zentralanstalt (MZA) auf Clariden.

#### 6. Vermessungsflüge an Gletschern, bei denen mit der Möglichkeit von grossen Eisstürzen gerechnet wird

Zehn ausgewählte Gletscher werden durch die L + T jedes Jahr um Mitte August herum befliegen. Falls sich nach der Aufnahme ein grösserer Absturz ereignet, wird die Aufnahme an diesem Gletscher wiederholt. Die zehn Gletscher werden nach rein wissen-

schaftlichen Kriterien ausgewählt, mit dem Ziel, Erfahrungsmaterial für die Untersuchung von Eisstürzen zu gewinnen.

Die laufenden anspruchsvollen Spezialuntersuchungen an einzelnen Gletschern, mit dem Ziel, eine Gefährdung möglichst frühzeitig zu erkennen, sind Sonderaufgaben, auf die hier der Vollständigkeit halber hingewiesen sei.

Die jährliche Publikation der Resultate erfolgt in der Zeitschrift «Die Alpen» des SAC als Bericht der Schweiz. Gletscherkommission der SNG, wobei den Redaktoren und den Organen des SAC für ihr Verständnis und ihre ausdauernde Hilfe gedankt sei, ist der nächste Bericht für 1966/67 doch der achtundachtzigste seiner Art. Ein Sonderdruck enthält jeweiligen zusätzliche Informationen. Die Jahresberichte enthalten nicht nur Angaben über Gletscher und Schneedecke, sondern auch meteorologische Grössen und Abflussmengen, die durch die MZA und das Eidg. Amt für Wasserwirtschaft gemessen sind. Die Überwachung der Gletschermessungen, die Zusammenstellung der Resultate und die Abfassung des Berichtes liegen seit dem allzufrühen Hinschied von Prof. André Renaud in Lausanne am 8. Juni 1964 in den Händen der VAWE/AHG.

Der Verfasser dieser Mitteilungen betreut zurzeit auch die jährlichen Gletscherberichte. Er dankt den zahlreichen Institutionen und einzelnen Mitarbeitern, welche die Messungen zum grossen Teil gratis oder gegen bescheidene Spesenentschädigungen ausführen. Besonderer Dank gilt auch Prof. Dr. R. Haefeli, welcher die Gletscherkommission der SNG seit dem Jahre 1949 präsidiert und den Unterzeichneten im Jahre 1942 am Grossen Aletschgletscher als Berg- und Arbeitskamerad in die Gletscherprobleme eingeführt hat.

Abschliessend sei darauf hingewiesen, dass die Resultate auch im Rahmen des «Permanent Service on the Fluctuations of Glaciers», einem weltweiten Dienst der wissenschaftlichen Unionen, Beachtung finden und einen Beitrag zum Internationalen Hydrologischen Dezennium darstellen.

Adresse des Verfassers: Peter Kasser, dipl. Bau-Ing., Abteilung für Hydrologie und Glaziologie, Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, 8044 Zürich, Voltastrasse 24.

## Zur Entwicklung der Baugrunduntersuchung in Lockergesteinen in der Schweiz DK 624.131

Von Dr. A. von Moos, Geologe, Zürich

Bei Anlass des 70sten Geburtstages von Prof. Dr. Robert Haefeli soll hier auf die Entwicklung der Baugrunduntersuchung namentlich in Gebieten mit Lockergesteinen eingegangen werden, auf welche der Jubilar massgebenden Einfluss hatte. Anschliessend werden einige Bemerkungen zur heutigen Situation auf diesem Gebiete angefügt, wobei der Standpunkt des Geologen im Vordergrund steht.

Zunächst darf festgestellt werden, dass Baugrunduntersuchungen an und für sich keine Errungenschaft der neueren Zeit sind. Vertieft man sich etwa in die Schriften eines J. K. Escher von der Linth (1767 bis 1823) zurzeit der Linthkorrektur (1808 bis 1822) oder liest man den Schlussbericht des Geologen Albert Heim und der Ingenieure R. Moser und A. Bürkli über die Rutschung von Zug 1887, so erkennt man, wie diese Männer sich bemühten, mit den damals zur Verfügung stehenden Mitteln die speziellen Baugrundverhältnisse dieser geologisch jungen Fluss- und Seeablagerungen zu erkennen und daraus technische Schlüsse zu ziehen.

Nun war aber die Baugrunduntersuchung bis zum zweiten Weltkrieg hauptsächlich qualitativer Natur und konzentrierte sich vor allem auf Tunnel- und Kraftwerkbauten, auf Rutschungen und seltener auf Fundationsfragen. Die Suche nach Wasser (Quellen- und Grundwassererschliessung) und nach mineralischen Rohstoffen soll dem Thema entsprechend nicht berührt werden.

Von geologischer Seite befassten sich mit der mehr qualitativen Begutachtung solcher Fragen – aber immer im Nebenamt – teils Hochschullehrer, wie etwa A. Heim (1849 bis 1937), H. Schardt (1858 bis 1931), P. Arbenz (1880 bis 1943), A. Buxtorf, M. Lugeon (1870 bis 1953) u. a., teils auch Volksschullehrer (J. Hug 1882 bis 1958 u. a.). – Die Berechnungen der Ingenieure andererseits, die sich mit solchen Fragen beschäftigten, fussten damals vor allem auf theoretischen Überlegungen über Erddruck-, Stabilitäts- und Setzungsfragen, die praktisch kaum auf Bestimmungen am Baugrund selbst zurückgingen.

Neue Wege zeigte 1926 *K. Terzaghi* (1883 bis 1963) mit seinem Werk «Erdbaumechanik auf bodenphysikalischer Grundlage». Er schuf damit die Unterlagen für eine neue quantitative Behandlung dieser Fragen und damit eine neue Ingenieurwissenschaft, ausgehend von experimentell ermittelten Bodenkennwerten. Unter dem Einfluss dieser neuen Richtung, welche sich gleichzeitig in verschiedenen Ländern entwickelte, wurde 1935 Prof. Dr. *E. Meyer-Peter* und Prof. Dr. *P. Niggli* (1888 bis 1953) an der damals «Versuchsanstalt für Wasserbau» genannten Annexanstalt der ETH – zunächst mit Mitteln der Eidgenössischen Volkswirtschaftsstiftung – eine kleine Erdbauabteilung angegliedert. Bemerkenswert war unter anderem dabei, dass der weitsichtige *P. Niggli* von Anfang an gefordert hatte, dass in diesem Laboratorium neben Ingenieuren auch Naturwissenschaftler wirken sollten.

Als Mitarbeiter und späterer Abteilungschef (Direktor war Prof. Dr. *E. Meyer-Peter*, der dieses Jahr seinen 85. Geburtstag feierte) wurde der Bauingenieur *Robert Haefeli* beigezogen, der bereits im Ingenieurbureau *H.E. Gruner* in Basel im Jahre 1930 ein kleines Erdbaulaboratorium für die Erddämme des Grenzkraftwerkes Albruck-Dogern am Oberrhein aufgezogen und über die damaligen Versuche und Versuchseinrichtungen generell 1933 und 1934 mit *H.E. Gruner* auch publiziert hatte.

Die Geschichte des Erdbaulaboratoriums an der ETH, an dessen Entwicklung *R. Haefeli* von 1935 bis zu seinem durch Erkrankung bedingten Rücktritt im Jahre 1953 dank seinem Ideenreichtum, seiner scharfen Beobachtungsgabe und Verbundenheit mit der Natur, seiner Zähigkeit und seinem gut fundierten technischen und mathematischen Wissen massgebenden Einfluss hatte, ist für die Zeit von 1935 bis 1953 bei Anlass des siebzigsten Geburtstages von Prof. Dr. *E. Meyer-Peter* in der Schweizerischen Bauzeitung 1953 (71. Jahrgang, Nr. 8) gewürdigt worden.

*Haefelis* rege publizistische Tätigkeit – er veranlasste mit andern auch die Herausgabe der Mitteilungen der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau ETH – brachte ihn schon früh in Kontakt mit zahlreichen massgebenden Fachleuten in der ganzen Welt und begründete damit den Ruf des damaligen Erdbaulaboratoriums der ETH. Dieser Kontakt führte dazu, dass auf Anfrage von *Terzaghi* die Schweiz im Jahre 1953 mit der Durchführung des 3. Internationalen Kongresses für Erdbaumechanik und Fundationstechnik betreut wurde. Der Erfolg dieser Tagung brachte 1955 auch die Gründung der Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik, die sich vor allem dank dem Interesse der jungen Ingenieure rasch vergrösserte und heute über 600 Mitglieder zählt.

Dem gesteigerten Interesse für diese Materie lag eine eminente empirische Erfahrung zu Grunde. Die Ende der 50er Jahre einsetzende Hochkonjunktur in unserem Lande hatte namentlich auch auf das Bauwesen übergegriffen. Sie führte zu einer starken Mechanisierung, die hohe Investitionen und Installationen für die Baumaschinen forderte, was eine sorgfältige Planung und damit eine genaue vorgängige Kenntnis des Baugrundes voraussetzte. Die zahlreichen neu entstehenden Hochbauten, die Strassen-, Brücken- und Dammbauten waren als Folge der zunehmenden Beanspruchung des Baulandes zudem mehr und mehr auch auf ungünstige Baugründe abgedrängt worden, wodurch sich die Schwierigkeiten mit dieser Materie vermehrt hatten.

Als Folge dieser Baukonjunktur und vorbereitet durch Lehr- und Vortragstätigkeit und Publizität über dieses Spezialgebiet fanden Baugrunduntersuchungen wie auch neue Baumethoden und -Geräte in steigendem Masse und für die verschiedensten Gebiete Anwendung, wie zum Beispiel für Dämme und Ausgleichsbecken, für die Fundation von Wohn- und Geschäftshäusern, für Stützmauern und Brücken, für die Verlegung von Öl-, Gas- und Kanalisationsleitungen, Erstellung und Schutz von Tankanlagen, von Tunnel- und Stollen-, Strassen- und Kanalbauten und für Seilbahnen in Lockergestein. Häufiger als früher setzten vorgängige geologische Erkundigungen und Kartierungen ein, wobei namentlich der Verbreitung und Unterscheidung der Lockergesteine vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt wurde. Die Zahl und der Arbeitsumfang der Bohrfirmen erweiterte sich in der Schweiz beträchtlich (1946 etwa 10 Firmen, 1968 etwa 25 Firmen, wovon einige ausländische); die Technik der Rotationskernbohrung wurde auch auf Lockergesteine ausgedehnt, die Schlagbohrung mit Meissel und Kiespumpe wurde durch die Rammkernbohrung ersetzt, die vor allem der Geologe wegen der relativ guten Kernentnahme schätzt. Die Geräte für die Entnahme ungestörter Bodenproben in weichen Materialien wurden entscheidend verbessert. Die Anwendung der dynamischen Rammsondierung und der stati-

schen Penetrationsgeräte (sogenannte  $M_E$ -Sonde) – beide durch *R. Haefeli* entscheidend beeinflusst – fanden steigende Anwendung, aber auch Kritik. Andere Feldmethoden wie Belastungs-, Durchlässigkeits-, Flügel-, Plattenversuche wurden entwickelt, verbessert und zum Teil auch standardisiert. Die verschiedenen geophysikalischen Methoden fanden bei wechselndem Erfolg auch auf Probleme der Lockergesteine Anwendung; ganz besonders entwickelten und verbreiteten sich die Laboratoriumsuntersuchungen. Die Kommission für Oberbau und Unterbau der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner leistete der Baugrunduntersuchung seit 1950 durch die Herausgabe zahlreicher Normblätter wertvollste Unterstützung.

Das Bewusstsein, dass eine Baugrunduntersuchung eine erste Unterlage für alle Arbeiten, die zu Eingriffen in oder Beanspruchungen des Baugrundes führen, drang in immer breitere Kreise. Heute werden Baugrunduntersuchungen nicht nur durch Ingenieure und Architekten für zukünftige private oder öffentliche Bauten im allgemeinen Sinne vorgängig der Detailprojektierung angeordnet. Sie werden auch von Versicherungen und Banken als Voraussetzung für die Gewährung zum Beispiel von Bauherrenhaftpflichtversicherungen, von Baukrediten und Hypotheken, von Behörden für Wettbewerbe und als Unterlage von Offerten von Generalunternehmungen gefordert. Auch die Gerichtspraxis rechnet sie mehr und mehr als zu den Regeln der Baukunst gehörend. Als Beispiel für diese Entwicklung sei etwa das Normblatt SNV 40 311 «Geotechnische Untersuchungen zum Strassenprojekt» der Vereinigung Schweizerischer Strassenfachmänner erwähnt, dessen Anwendung und Resultate das Eidgenössische Amt für Strassen- und Flussbau (ASF) bei der Genehmigung eines Nationalstrassenabschnittes voraussetzt.

Es ist naheliegend, dass in diesem Zusammenhang der Kreis, der sich mit diesen Aufgaben beschäftigt, erweitert wurde. Teils nebenamtlich, vor allem aber hauptamtlich beschäftigen sich heute in der Schweiz zahlreiche Geologen und Ingenieure mit diesen Fragen. Dank dieser Entwicklung ist in unserem Lande die Existenz zahlreicher selbständig erwerbender wie auch angestellter Geologen praktisch erst möglich geworden, so dass diese nach dem Studium nicht mehr fast ausschliesslich auf Anstellungen im Auslande angewiesen sind oder im Inlande sich anderen Berufen zuwenden müssen. Dass zahlreiche eidgenössische und kantonale Behörden, aber auch mittlere und grosse Ingenieurbüros und Unternehmungen auch Spezialisten für Baugrundfragen unter ihren Mitarbeitern haben, sei hier gleichfalls erwähnt.

Auch die Zahl der Baugrundlaboratorien hat sich vermehrt, wenn auch bei unterschiedlicher Beschäftigung; neben den entsprechenden Untersuchungsstellen an der ETH und der EPUL finden wir solche an einzelnen technischen Mittelschulen (Luzern), bei verschiedenen kantonalen Bauämtern (Aarau, Bern, Freiburg, Graubünden, Schaffhausen, Tessin, Thurgau, Waadt, Zürich usw.), ferner bei grösseren Bauunternehmungen, bei Sondierfirmen, Spezialunternehmungen und einzelnen Ingenieurbüros. Dazu treten noch die temporären Feldlaboratorien, zum Beispiel bei Nationalstrassen- und Erddammbauten.

Nachdem wir bisher die Entwicklung der Baugrunduntersuchungen während der letzten Jahrzehnte gezeigt haben, möchten wir noch auf einige spezielle Probleme eingehen.

Wir haben gesehen, dass sich mit Baugrundproblemen sowohl Geologen wie auch Ingenieure, teils selbständig, teils in Zusammenarbeit, beschäftigen. Da stellt sich zunächst die Frage nach den Kompetenzen von Geologe einerseits und Ingenieur andererseits. In der Baugrunduntersuchung kommt dem Geologen vor allem die Aufgabe zu, die vertikale und horizontale Verteilung der einzelnen Gesteinsschichten festzustellen. Er muss somit Aufschluss und Kenntnis über alle vom Bauwerk oder vom technischen Eingriff beanspruchten Schichten haben und den Verlauf der Grenzen zwischen den Schichten verschiedener geotechnischer Eigenschaften kennen lernen. Er sollte deshalb neben der vorgängigen geologischen Kartierung bei der Bestimmung der Art, des Ortes und der Anzahl der Sondierungen mitzureden haben. Er soll ferner das Bohrgut sorgfältig auswerten und klassieren, die Schichten in Karten, Bohrprofilen und geologischen Schnitten darstellen und korrelieren und zu Einheiten ähnlicher geologischer Entstehung und geotechnischer Eigenschaften zusammenfassen. Zahlreiche Baugrundprobleme lassen sich vom Geologen, der geotechnische Kenntnisse hat, schon auf dieser Grundlage in Verbindung mit empirischer Erfahrung mit ähnlichen Baugründen qualitativ beurteilen und darauf eine Begutachtung aufbauen, ohne dass dazu Laboratoriumsuntersuchungen oder eine spezielle ingenieurmässige Mitarbeit notwendig sind.

Andererseits ist es die Aufgabe des Ingenieurs, abzuschätzen, wie weit das zu erstellende Bauwerk oder ein Eingriff den Baugrund beansprucht. Sind Setzungsanalysen, Stabilitätsprobleme oder komplizierte Strömungsprobleme zu lösen und gehen diese über das Mass allereinfachster Abschätzungen hinaus, so ist das unbedingt die Arbeit des Ingenieurs. Seine Aufgabe ist es auch, falls notwendig, Laboratoriumsuntersuchungen zu veranlassen, diese zu leiten und die Resultate kritisch auszuwerten. Die erhaltenen Bodenkennwerte ermöglichen es ihm, an die bodenmechanischen Berechnungen heranzugehen, die die Grundlage für die von ihm oder einem andern Ingenieur vorzuschlagenden technischen Lösungen geben. Beschäftigt sich der Geologe allein mit diesen Fragen und besitzt er nicht auf Grund sorgfältiger Spezialstudien und -erfahrungen das nötige Rüstzeug, so riskiert er Fehlschläge und kann dabei in kritischen Fällen belangt werden. Das selbe gilt aber auch für den Ingenieur, der auf diesem Gebiete mit ungenügenden oder gar keinen geologischen Kenntnissen arbeitet. Eine enge Zusammenarbeit von Geologe und Ingenieur ist deshalb in den meisten Fällen für alle Beteiligten am fruchtbarsten.

Zu den erwähnten Sondierungen gehört unter anderem die dynamische Rammsondierung. Diese Methode ist leider in der Schweiz an vielen Orten durch unsachgemässe Anwendung und falsche Auswertung in Misskredit geraten. Nach meiner Auffassung eignet sich die dynamische Rammsondierung zur wirtschaftlichen Feststellung der Unterschiede in der Lagerungsdichte gewisser Lockergesteine und ermöglicht es in vielen Fällen, die Grenzflächen zwischen Schichten unterschiedlicher Lagerungsdichte relativ einfach und damit wirtschaftlich auch räumlich zu erkennen. Als Beispiele seien die Ermittlung des Überganges von der verwitterten zur unverwitterten kompakten Grundmoräne oder der Grenzfläche zwischen der hartgelagerten Felsunterlage und überlagernden weichen Seeablagerungen oder lockeren künstlichen Auffüllungen genannt. Zur eindeutigen Interpretation der Resultate von Rammsondierungen sind indessen unbedingt Aufschlüsse notwendig, die je nach Problemstellung und Baugrundverhältnissen mittels Schlüsselbohrungen oder Bagger-schächten zu erlangen sind. Sie sollen über die stoffliche Zusammensetzung der verschiedenen Schichten des Baugrundes orientieren und es allenfalls auch ermöglichen, ungestörte Bodenproben zu entnehmen. Die zahlenmässigen Schlüsse, zum Beispiel über die tragfähigen Schichten oder über den Zusammendrückungsmodul der einzelnen Schichten, die man aus den Resultaten von Rammsondierungen zieht, beruhen indessen allein auf empirischen Erfahrungen mit dem entsprechenden Sondentyp in ähnlichen Bodenarten, wobei auch zusätzliche Beobachtung über Seitenreibung, Geräusch, Lage des Wasserspiegels die Interpretation erleichtern. In der Regel eignen sich Rammsondierungen nur für die obersten 5 bis 15 m des Baugrundes.

Der möglichst gründlichen und umfassenden Baugrunduntersuchung sind aber immer finanzielle und meist auch zeitliche Grenzen gesetzt. Die Kosten der Untersuchung müssen neben der Gesamtwirtschaftlichkeit des Projektes aber auch der Schwierigkeit des Baugrundes und des Bauwerkes gebührend Rechnung tragen. Der Bauherr muss sich klar sein, dass er, indem er nach dem Gesetz den

Baugrund liefert, für Schwierigkeiten, die auf den Baugrund zurückzuführen sind, primär haftet. Auf den Baugrundspezialisten, der die Untersuchung durchführte, wird er in der Regel nur soweit Regress nehmen können, als dieser mit den ihm zur Verfügung gestellten Mitteln in der Lage war, die Schwierigkeiten zu erkennen. Nur am Rand sei hier bemerkt, dass es trotz den grossen Fortschritten in den verschiedenen Sparten der Baugrunderforschung nicht möglich ist und kaum je möglich sein wird, alles und jede eintretende Schwierigkeit vorauszusehen.

Was die Zukunft der Baugrunduntersuchung anbetrifft, so wird sie nach wie vor in der Praxis eine Funktion der vorausschauenden Planung sein und damit die Schwankungen der Bautätigkeit mitmachen. Die Sondiermethoden und die Feldversuche werden sicher weiter verbessert und auch gewisse geophysikalische Methoden grössere Bedeutung erlangen. Vom geologischen Standpunkt aus wird man versuchen, die geologischen Unterlagen immer mehr zu vervollkommen und zu verdichten. Hier wird die Initiative von Prof. Dr. F. de Quervain, Präsident der Schweizerischen Geotechnischen Kommission der SNG, zur Errichtung einer schweizerischen Sammelstelle «Geologische Dokumente» (zurzeit Helvetiastr. 16, 3000 Bern 6; näheres siehe SBZ 1967, H. 37, S. 679) sicher Früchte tragen. Wieviele Sondierungsergebnisse, für die grosse Mittel ausgegeben wurden, sind in der Schweiz für Wissenschaft und Praxis im Laufe der Jahrzehnte verloren gegangen, während zum Beispiel in Deutschland von Gesetzes wegen diese den geologischen Landesanstalten abgegeben und dort geordnet den Interessenten zur Verfügung gestellt werden. Die neue Benützungordnung der Sammelstelle kommt auch den beratenden Geologen, deren Bohrarchiv einen Teil ihres Arbeitskapitals darstellt, insofern entgegen, als die abgelieferten Unterlagen einen gewissen Schutz erhalten.

Auf dem Ingenieurgebiet wird die Grundlagenforschung zur Abklärung der verschiedenen physikalischen und mineralogisch-kolloidchemischen Probleme weiter gepflegt werden müssen, während für die Praxis auf Grund neuerer Untersuchungen und Unterlagen die Arbeit mit der elektronischen Rechenmaschine die bodenmechanischen Berechnungen weiter beschleunigt und erleichtert wird.

Sehr zu begrüssen ist endlich, dass der neue Studienplan der Abteilung II für Bauingenieure an der ETH vom 6. Semester an mit der Vertiefungsrichtung Grund- und Strassenbau eine stärkere Spezialisierung für Baugrundfragen gestattet, wodurch auch mehr Fachleute für dieses Gebiet ausgebildet werden. Es ist zu hoffen, dass auch im Studien- und Prüfungsplan der Geologen an der ETH diesem Arbeitsgebiet des Geologen und dieser Entwicklung mehr Beachtung als bisher geschenkt wird.

Zuletzt sei noch der Wunsch ausgesprochen, dass sich die Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH in Zukunft in grösserem Masse als bisher der Forschung widmen kann, was sie bei gleichbleibendem Personalbestand vor allem durch eine Konzentration ihrer Beratungstätigkeit erreichen könnte.

Adresse des Verfassers: Dr. A. von Moos, Geotechnisches Büro, Eidmattstrasse 38, 8032 Zürich.

## Zur Berechnung horizontal belasteter Pfähle

DK 624.154.001.2

Von J. Huder, F. Bucher und P. Kiefer, Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Zürich

### 1. Einleitung

Die zunehmende Überbauung hat zur Folge, dass häufig neue Bauten auf wenig tragfähigem Untergrund erstellt werden müssen. Die Gründung erfolgt dann oft durch Pfähle, die neben Vertikallasten auch Horizontalkräfte und Momente in den Boden zu übertragen haben. Dazu kommt, dass die zu übertragenden Lasten immer grösser werden, was die Ausführung grosskalibriger Pfähle nötig macht. Somit wird die Aufnahme einer horizontalen Pfahlbeanspruchung durch die gelegentlich angewandte Schrägstellung der Pfähle erschwert, so dass auch allfällige horizontale Lasten durch vertikale Pfähle in den Untergrund abzugeben sind.

Die Berechnung für die horizontale Beanspruchung stellt ein komplexes Problem dar. Eine zuverlässige und umfassende Berechnungsmethode ist jedoch erwünscht, um die Schnittgrössen und Horizontalverschiebungen zur Pfahldimensionierung bestimmen zu können. Im folgenden werden Berechnungsmethoden beschrieben, welche es erlauben, diese Grössen zu bestimmen. Besonders soll darauf eingegangen werden, wie zutreffend diese Berechnungsmetho-

den die Wechselwirkung von Pfahl und Boden zu erfassen vermögen und wie sehr die Berechnung von den versuchstechnisch bestimmten bodenmechanischen Grössen abhängt.

Im Zusammenhang mit der Projektierung eines grossen Bahnüberganges in Zürich-Tiefenbrunnen stellte sich das Problem der horizontalen Pfahlbelastung. Die dabei an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau angewandte Berechnungsmethode sowie die Resultate des zur Bestätigung durchgeführten Belastungsversuches sind in diesem Aufsatz kurz zusammengefasst. Dadurch wird an diesem Beispiel ein Problem behandelt, das den Jubilar, Prof. Dr. R. Haefeli, als Forscher und Ingenieur in seiner langen Tätigkeit immer wieder beschäftigte.

### 2. Berechnungsverfahren

Um infolge der Horizontallast  $H$  und eventuell eines Einspannmomentes  $M_s$  die Verteilung der Biegemomente  $M$ , der Pfahlverschiebungen  $y$  und der Auflagerreaktionen  $p$  längs des Pfahles (Bild 1) berechnen zu können, müssen die Formänderungsbedingungen des Pfahles und des Bodens sowie deren Zusammenwirken erfasst und