

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 69 (1951)
Heft: 49

Artikel: Ein kombiniertes Penetrationsverfahren zur Untersuchung von Baugründen
Autor: AG für Grundwasserbauten
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-58971>

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: 19.11.2024

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

Ein kombiniertes Penetrationsverfahren zur Untersuchung von Baugründen

Mitgeteilt von der AG. FÜR GRUNDWASSERBAUTEN, Bern

DK 624 131.35

I. Einleitung

Die moderne Entwicklung der Bodenmechanik hat dazu geführt, dass in Ergänzung von Laboratoriumsversuchen der Feldversuch am gewachsenen Boden in vermehrtem Masse zur Beurteilung des Untergrundes herangezogen wird. Tastverfahren, die gestatten, gewisse Eigenschaften des Bodens durch die Einführung einer Sonde festzustellen, sind dazu besonders geeignet. Im Vordergrund des Interesses stehen u. a. die verschiedenen Penetrationsverfahren, bei denen der Verdrängungswiderstand einer Sondenspitze entweder beim kontinuierlichen (statischen) oder beim schlagartigen (dynamischen) Eindringen der Sonde ermittelt wird. Während die statischen Penetrationsverfahren für feinkörnige, weiche Böden überlegen sind und deshalb vor allem in den Niederlanden entwickelt wurden [1 und 2], hat sich in den Ländern mit vorwiegend harten Böden die dynamische Penetration als vorteilhaft erwiesen. In der Schweiz ist diese Sondiermethode unter dem Namen Rammverfahren bekannt, dessen Ausbau und systematische Anwendung durch die Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH sowie durch eine Reihe von Sondierfirmen einen wesentlichen Fortschritt, namentlich im Hinblick auf die rasche und sichere Beurteilung der Baugrundverhältnisse, mit sich brachte [3—7].

Da bekanntlich in der Schweiz infolge der sehr heterogenen Untergrundverhältnisse weiche und harte Schichten miteinander abwechseln, lag der Gedanke nahe, die Vorteile der statischen und dynamischen Penetration für weiche, bzw. harte Schichten in ein und dem selben Gerät zu kombinieren. Dieses von der AG. für Grundwasserbauten in Bern nach den von Prof. R. Haefeli stammenden Ideen und Richtlinien entwickelte Gerät, *Press-Ramm-Sonde* genannt, dient einerseits der Aufgabe, in Verbindung mit einer oder mehreren Schlüsselbohrungen ein differenziertes Bild des Schichtaufbaues des zu untersuchenden Untergrundes zu vermitteln und soll anderseits gestatten, gewisse technische Eigenschaften des Bodens «in situ» abzutasten.

Während der dynamische Verdrängungswiderstand der Sondenspitze eine Art Härtebestimmung ermöglicht, die eine allgemeine Orientierung über die Natur und Lagerungsdichte des Untergrundes vermittelt, erlaubt die Kenntnis des statischen Verdrängungswiderstandes die Angabe der Grenzbelastung. Voraussetzung ist dabei eine möglichst genaue Ermittlung der totalen Mantelreibung oder deren Ausschaltung auf konstruktivem Wege. Besondere Aufmerksamkeit

wurde ferner der einwandfreien Bestimmung der örtlichen spezifischen Mantelreibung oberhalb der Sondenspitze geschenkt, zu welchem Zwecke nach langwierigen Versuchen ein neues, von der AG. für Grundwasserbauten zum Patent angemeldetes Verfahren entwickelt wurde, das nachstehend beschrieben wird. Zur besseren Beurteilung der Zusammendrückbarkeit des Bodens kann in beliebiger Tiefe ein statischer Belastungsversuch vorgenommen werden. Durch diese verschiedenen Messungen soll in Ergänzung zu den Laboratoriumsversuchen die Lösung folgender Aufgaben erleichtert werden: a) Bestimmung der spez. Grenzbelastung als eine der Grundlagen der zulässigen Bodenpressung unter den Fundamenten; b) Prüfung der Zusammenrückbarkeit des Untergrundes im Zusammenhang mit der Berechnung von Setzungen; c) Ermittlung der Tragfähigkeit von Pfählen auf Grund von Spitzenwiderstand und Mantelreibung.

Da die stark wechselnden Schichtverhältnisse ein relativ enges Netz von Aufschlüssen und damit bedeutende Tagesleistungen verlangen, ist die Apparatur so gebaut, dass sie leicht transportiert, montiert und demontiert werden kann (Bilder 1, 2 und 3).

II. Die Technik des neuen Verfahrens

Um die statische und dynamische Penetration durchführen zu können, kann die Sonde entweder mit einer hydraulischen Presse in die zu untersuchenden Schichten gepresst oder mit einem Rammbaren in diese gerammt werden. Da der Spitzenquerschnitt 25 cm² beträgt und der Press-Rammapparat in der heutigen Ausführung eine Lastaufgabe bis über 2000 kg erlaubt, können selbst bei einer Mantelreibung von 1000 kg spezifische Pressungen von etwas mehr als 40 kg/cm² erreicht werden. Bei der statischen Probelastung ist es notwendig, die Eindringung des Gestänges sehr genau mit Hilfe von Uhren zu messen, welche Ablesungen von 1/100 mm gestatten.

Die neue Press-Ramm-Sonde besteht aus einem hohlzylindrischen Gestänge und einem an seinem unteren Ende lose befestigten Reibungszyylinder, dessen Durchmesser etwas grösser ist als derjenige des Gestänges. Sie wird folgendermassen betätigt:

Nach der statischen oder dynamischen Durchteufung einer bestimmten Strecke wird mit der hydraulischen Presse das Gestänge etwas angehoben und dessen Rückzugwiderstand (Mantelreibung und Gewicht) am Manometer abgelesen. Nun wird der Reibungszyylinder, der bis zu diesem Augenblick im Boden unverschieblich festgeklammert war, ebenfalls ange-

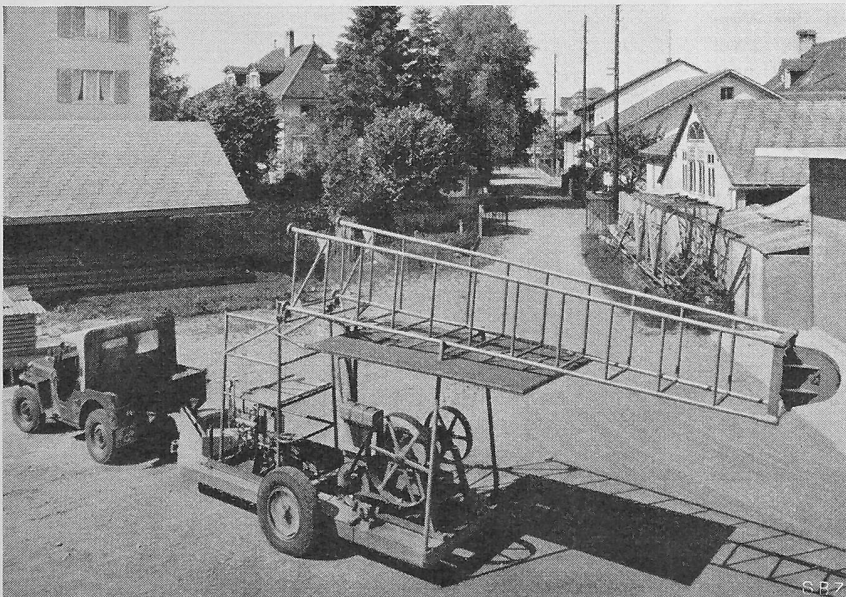


Bild 1. Press-Ramm-Sonde während des Transports

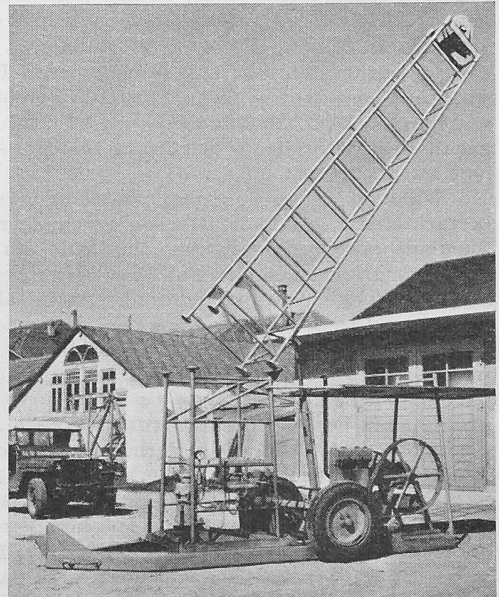


Bild 2. Die selbe bei der Montage

hoben und der Gesamtwiderstand von Gestänge plus Reibungs- zylinder gemessen. Als Differenz zwischen dem Widerstand des Gestänges und dem gesamten Rückzugswiderstand erhält man den Widerstand des Reibungszyinders, aus dem die spezifische Mantelreibung τ der den Zylinder umschliessenden Bodenschichten berechnet werden kann. — Der spezifische Spitzenwiderstand wird aus dem statischen, bzw. dynamischen Eindringungswiderstand abzüglich des totalen Reibungswiderstandes bestimmt.

Die Messbereiche der Apparatur sind die folgenden:

a) Spezifischer Spitzenwiderstand:

$$\sigma \text{ statisch} = 3 \div 70 \text{ kg/cm}^2$$

$$W \text{ dynamisch} = 10 \div 800 \text{ kg/cm}^2$$

b) Spezifische Mantelreibung $\tau = 0,1 \div 20 \text{ kg/cm}^2$

Die Apparatur gestattet, diese Messungen auf einfachem Wege sehr rasch auszuführen. Zur Vermeidung von grossen Reibungswiderständen kann das Gestänge mit einer thixotropen Flüssigkeit umgeben werden. Auf diese Weise sind in Lehmschichten mit Einlagerungen von Feinsand Rammtiefen von über 30 m erreicht worden.

III. Bisherige Erfahrungen

Das Verfahren wurde bis heute zur Baugrunduntersuchung für Brückenfundamente, Fundamente von grossen Gebäuden, Wohnblöcken und Fabrikarealen (im Hinblick auf die Wahl geeigneter Bauplätze) verwendet.

Im Diagramm einer Rammsondierung im Baugrund eines Brückenkopfes (Bild 4) ist festzustellen, dass die spezifischen Mantelreibungen und Spitzenwiderstände bei der statischen Belastung bis auf die Tiefe von rd. 20 m ausserordentlich klein sind. Das dynamische Profil (Rammprofil), das in rd. 1 m Distanz neben dem statischen aufgenommen wurde, zeigt interessanterweise ungefähr die gleichen spezifischen Mantelreibungen, dagegen aber viel grössere Spitzenwiderstände. Zu dieser Gegenüberstellung äussert sich Prof. Haefeli wie folgt:

«Es ist besonders wertvoll, dass in einem relativ homogenen Boden mit dem selben Gerät zwei Profile mit verschiedenen Verfahren nebeneinander aufgenommen wurden, um dadurch einen ersten Vergleich zwischen der statischen und dynamischen Penetration am natürlichen Schichtverband zu ermöglichen, in Ergänzung der bisher durchgeführten Vorversuche im Laboratorium [13]. Dabei muss aber vorausgeschickt werden, dass der Rammwiderstand (R_{11}) nach Stern berechnet wurde, unter der Voraussetzung eines vollkommen elastischen Rammgerätes (Stosselastizitätsziffer $\mu = 1$) [8].

Der nachstehende Vergleich der Profile R_{11} und R_{12} beschränkt sich in der Hauptsache auf die Zone unterhalb der harten Schicht, die in beiden Profilen durchrammt wurde. In dieser Zone von rd. 10 m Mächtigkeit (Kote -10 bis -20) liegen die Verhältnisse am klarsten und treten die Unterschiede zwischen den beiden Verfahren am deutlichsten hervor. Das Material besteht hier aus einem gesättigten, feinsandigen Lehm mit Steinen, dessen Eigenschaften durch folgende Mittelwerte charakterisiert werden, die in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau in Zürich an zwei einer benachbarten Bohrung entnommenen Proben bestimmt wurden: Fliessgrenze $\sim 28\%$, Plastizitätsgrenze $\sim 13\%$, Wassergehalt $\sim 20\%$, Raumgewicht $\sim 2,1 \text{ t/m}^3$. Der Schlammgehalt des Materials ($< 0,002 \text{ mm}$) beträgt $\sim 20\%$, der Gehalt an Silt ($0,002 \div 0,2 \text{ mm}$) $\sim 60\%$.

Während der dynamische Verdrängungswiderstand der betrachteten Zone trotz starken Streuungen eine schwache Zunahme erkennen lässt, ist dies beim statischen Penetrationswiderstand nicht der Fall. Der Mittelwert des ersten ist mit $\sim 160 \text{ kg/cm}^2$ rund achtmal grösser als derjenige des zweiten. Die Tatsache, dass der statische Verdrängungswiderstand, der für die Beurteilung der Grenzbelastung massgebend ist, nur einen kleinen Bruchteil des spez. Rammwiderstandes ausmacht, muss bei der Beurteilung der Rammprofile stets berücksichtigt werden. Je nach Bodenart, Gerät, Rammtiefe usw. kann das Verhältnis zwischen den beiden Penetrationswiderständen innerhalb sehr weiter Grenzen variieren, so dass es zurzeit kaum möglich ist, auf Grund des spez. Rammwiderstandes den statischen Verdrängungswiderstand bzw. die Grenzbelastung anzugeben. Für die betrachteten Profile R_{11} und R_{12} schwankt z. B. das Verhältnis der beiden Penetrationswiderstände zwischen 1:2,5 und 1:12. Die Aufschlüsse werden deshalb wesentlich verbessert, wenn in

den weicheren Schichten und namentlich im Gebiet der wahrscheinlichen Fundationskote auch der statische Penetrationswiderstand gemessen wird.

Für die Beurteilung der Tragfähigkeit von Pfahlspitzen ist in erster Linie der statische Verdrängungswiderstand (Spitzenwiderstand) massgebend. Im vorliegenden Fall dürfte auf Grund der Messungen die zulässige, von einer Pfahlspitze übertragbare Bodenpressung nur mit etwa 10 kg/cm^2 bewertet werden, so dass ihr Einfluss auf die Tragfähigkeit des Reibungspfahles gegenüber der Mantelreibung von ganz untergeordneter Bedeutung ist. Die überraschende Feststellung, dass innerhalb der betrachteten Zone keine Zunahme des statischen Verdrängungswiderstandes mit der Tiefe feststellbar ist, deutet auf den überwiegenden Einfluss der Kohäsion des lehmigen Untergrundes.

Die spez. Mantelreibung der betrachteten Schicht zeigt beim statischen und dynamischen Penetrationsverfahren, wie bereits erwähnt, ähnliche Werte, was bei der Gleichheit der Messmethode nicht anders zu erwarten war. Bei der statischen Penetration fällt auf, dass Reibung und Spitzenwiderstand in grossen Zügen parallel gehen, entsprechend dem mehr oder weniger spiegelbildlichen Verlauf der beiden Diagramme (Bild 4, rechts). Im übrigen kann auch hier — in Übereinstimmung mit anderweitigen Erfahrungen in kohärentem Material — keine Zunahme der Mantelreibung mit wachsender Tiefe festgestellt werden, was nicht unbedingt als Widerspruch mit der Theorie gedeutet werden muss. Der Durchschnittswert der zwischen 10 und 20 m Tiefe gemessenen Mantelreibung beträgt $\sim 2 \text{ t/m}^2$ bzw. $0,2 \text{ kg/cm}^2$, ist also relativ klein. Bei der Beurteilung dieser Werte muss vor allem der Einfluss der durch die Materialverdrängung erzeugten Porenwasserspannung berücksichtigt werden, die anfänglich eine wesentliche Herabminderung der Mantelreibung bewirkt und sich umso stärker fühlbar macht, je undurchlässiger das Material ist. Damit werden aber alle

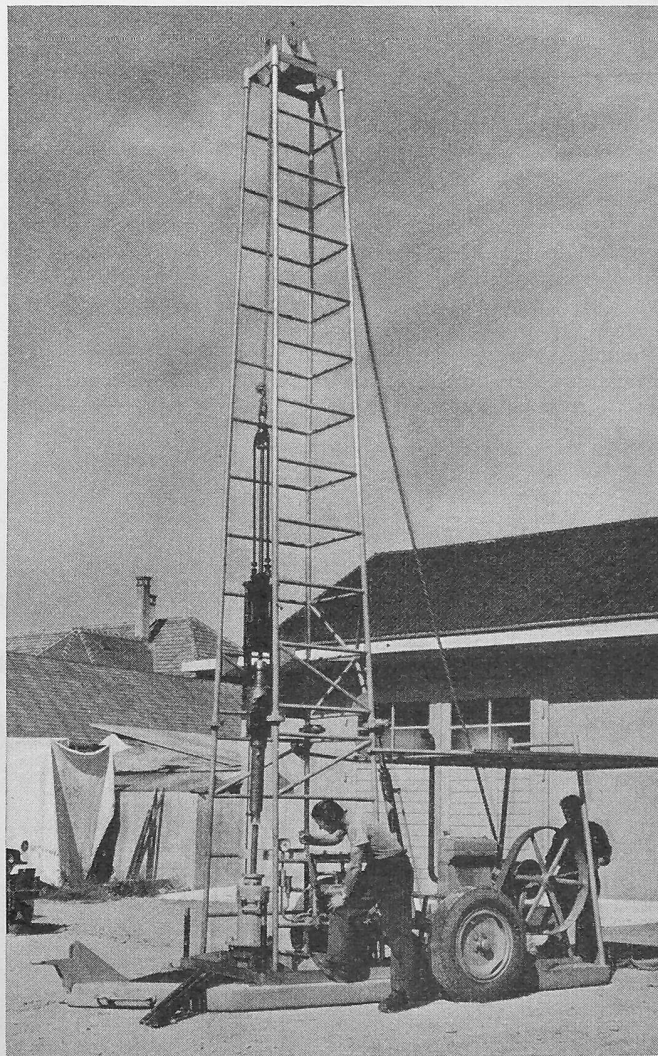


Bild 3. Press-Ramm-Sonde bei der Arbeit

gemessenen Reibungswerte vom zeitlichen Verlauf der Penetration und der Messung selbst abhängig, was übrigens in geringerem Masse auch für den Penetrationswiderstand gilt [13].

Wie stark bei der Reibungsmessung der Zeitfaktor hineinspielt, geht z. B. daraus hervor, dass bei Profil 12 in 20 m Tiefe innerhalb 12 Stunden eine Zunahme der spez. Mantelreibung von 1,3 t/m² auf 5,2 t/m², d. h. auf das Vierfache des Anfangswertes, festgestellt wurde. Unter Annahme einer Reibungszahl zwischen Material und Metall von 0,4 entspricht z. B. der beobachtete Endwert der Mantelreibung von 5,2 t/m² einem Manteldruck von 13 t/m², das sind nur rund 60 % des Ueberlagerungsdruckes in 20 m Tiefe (unter Wasser). Um auf diesem Wege eine erste Grundlage für die Berechnung der Tragfähigkeit von Reibungspfählen zu gewinnen, muss deshalb neben der kontinuierlichen Reibungsmessung der Reibungszuwachs beim Festsaugen, bzw. während der Entspannung des Porenwassers durch eine genügende Zahl langfristiger Messungen untersucht werden. Vergleichshalber sei erwähnt, dass Terzaghi-Peck für Pfähle in kohärenten Böden folgende Grenzwerte der Mantelreibung als Richtlinie angeben: weicher Lehm und Silt 1 ÷ 3 t/m², sandiger Silt 2 ÷ 5 t/m² und steifer Lehm 4 ÷ 10 t/m² [11].

IV. Ausblick

Es ist bekannt, dass die Entnahme von ungestörten Proben in nicht bindigem Material (körniger Sand mit Kies, Schlamm sand usw.) trotz den grossen Fortschritten in der Entnahmetechnik mit bedeutenden Schwierigkeiten verbunden und relativ kompliziert ist [14]. Aber auch Proben, die kohärenten Schichten entnommen werden, sind vielfältigen Störungen ausgesetzt, die auch bei sorgfältiger Entnahme nicht vollständig ausgeschaltet werden können. Es sind z. T. Entnahmestörungen, Störungen infolge Veränderungen des Ueberlagerungsdruckes, Störungen der Kapillarkräfte und der Festigkeit der Probekörper infolge Aenderung des Feuchtigkeitsgehaltes usw. Dazu kommen die Störungen, die mit dem Transport der Proben von der Baustelle zum Prüfraum und mit dem Einbau derselben in die Prüfgeräte verbunden sind. Es leuchtet ein, dass die Ausmerzung dieser Störungen bei der Ausführung der Laboratoriumsversuche grosser Erfahrung bedarf, damit brauchbare Resultate erzielt werden. Diese Ueberlegungen führen dazu, die erdbaumechanischen Untersuchungen auf der Baustelle im Sinne einer Abtastung des natürlichen Schichtverbandes weiter auszubauen. Dadurch

werden die im Laboratorium gewonnenen Ergebnisse ergänzt und gegenseitige Kontrollmöglichkeiten geschaffen.

Durch die Kombination von statischer und dynamischer Penetration kann je nach der Natur des Bodens und der Problemstellung das eine oder andere Verfahren angewendet werden. Handelt es sich z. B. darum, den Schichtverlauf, bzw. Aufbau in einem heterogenen Untergrund mit harten Zwischenschichten festzustellen, so führt das dynamische Verfahren (Rammverfahren) in der Regel rascher zum Ziel, wobei in allen interessanten Punkten ein statischer Penetrationsversuch eingeschaltet werden kann. Liegen dagegen weiche Böden vor, bei denen eine Pfahlfundation im Vordergrund steht, so ist die rein statische Penetration vorzuziehen. Die differenzierte Messung der spez. Mantelreibung erleichtert daher nicht nur die Dimensionierung von Reibungspfählen, sondern dient ganz allgemein als wertvolle Indikation über die Natur und die Lagerungsdichte des durchfahrenen Bodens. Die Notwendigkeit von Schlüsselbohrungen bleibt natürlich bei allen Penetrationsverfahren bestehen.

Der beschriebene Press-Rammapparat kann auch für die Untersuchung von Grundwasserträgern verwendet werden. Er gestattet sowohl die Abtastung von Mächtigkeit und Zusammensetzung der grundwasserführenden Schichten wie das Rammen von Beobachtungsrohren. Versehen mit einer Spezial-einrichtung, dient er auch der Abschätzung der Durchlässigkeitsziffern und bildet dadurch eine wertvolle Ergänzung der bisherigen Apparaturen zur hydrologischen Voruntersuchung für die Ausführung von Grundwasserfassungen.

Literaturverzeichnis

- [1] P. Barentsen: Short description of a field testing method with chnapped sounding apparatus, «Proc. Int. Conf. Soil Mech.», Harvard 1936, Vol. 1, p. 7—10.
- [2] T. K. Huizinga: Grondmechanica; Amsterdam 1942.
- [3] R. Haefeli: Schneemechanik, mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik. Dissertation ETH, Zürich 1939.
- [4] R. Haefeli: Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung, SBZ Bd. 123, S. 13*, 40*, 49*, 1944.
- [5] C. F. Kollbrunner: Fundation und Konsolidation, Vol. 1; Schweizer Druck- und Verlagshaus, Zürich 1946.
- [6] E. Papproth: Der Prüfstab Künzel, ein Gerät für Baugrunduntersuchungen, «Die Bautechnik» Bd. 21, 1943, S. 327.
- [7] S. Stump: Aus der Praxis der Rammsondierung, SBZ Bd. 128, S. 128*, 1946.
- [8] E. Schultze und H. Muhs: Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten, S. 115, Berlin 1950, Springer-Verlag.
- [9] O. Stern: Das Problem der Pfahlbelastung. Berlin 1908, Ernst & Sohn.

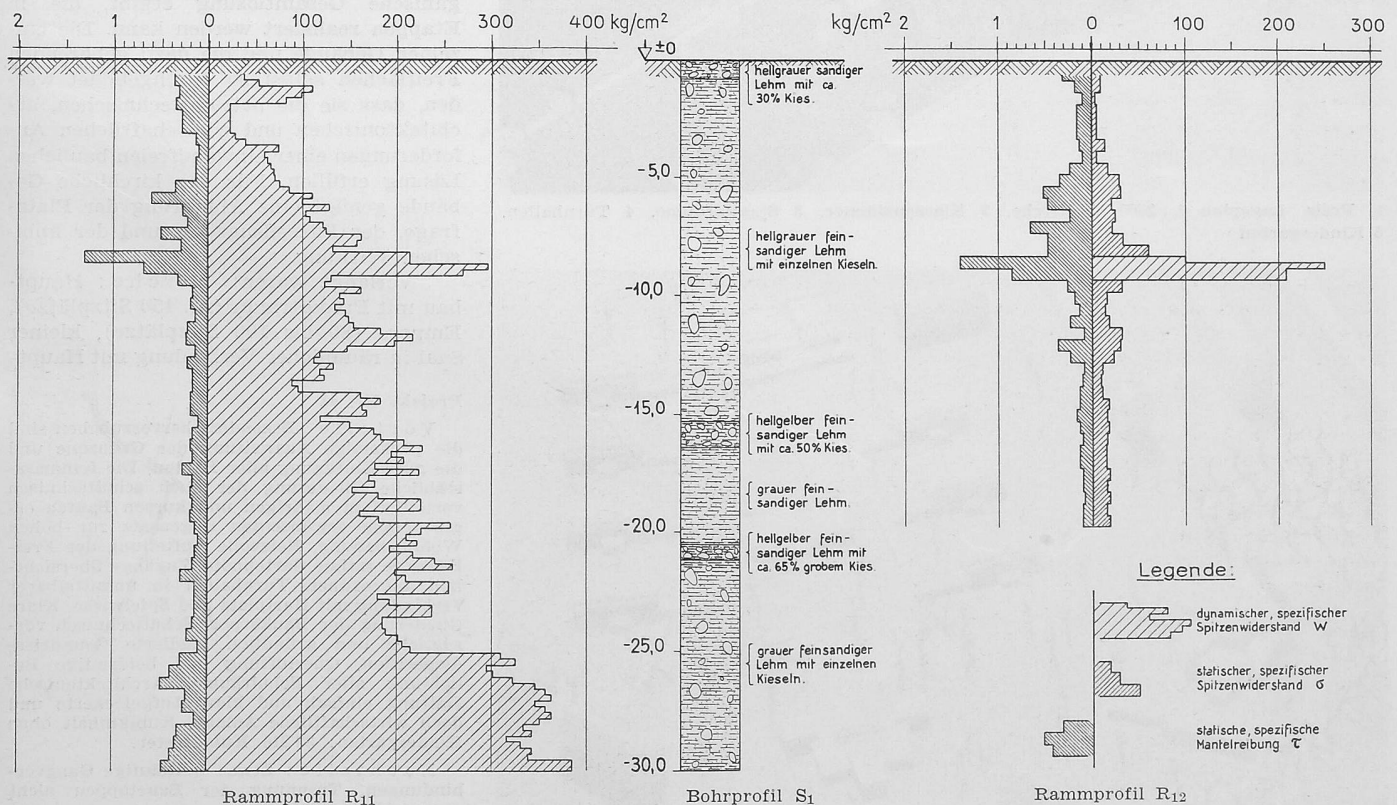


Bild 4. Baugrunduntersuchung eines Brückenkopfes. Das Bohrprofil S₁ wurde in etwa 37 m Entfernung von den Rammprofilen R₁₁ und R₁₂ aufgenommen.

- [10] K. Terzaghi: Die Tragfähigkeit von Pfahlgründen. «Die Bautechnik» 1930, Bd. 8.
- [11] K. Terzaghi, R. Peck: Soil mechanics in engineering practice; 1948.
- [12] E. E. de Beer: Etudes des fondations sur pilots et des fondations directes. L'appareil de pénétration en profondeur. «Annales des Travaux Publics de Belgique» 98 (1945), Tome XLVI, 23e série.
- [13] R. Haefeli, G. Amberg, A. von Moos: Eine leichte Rammsonde für geotechnische Untersuchungen. SBZ 1951, Nr. 36, S. 497*.
- [14] J. Hvorslev: Subsurface exploration and sampling of soils for civil engineering purposes. Waterways experimental station. Corps of engineers U. S. Army 1948, 1949.

Wettbewerb für ein Schulhaus, einen Kindergarten und eine reformierte Kirche am Wasgenring in Basel

DK 727.1
726 4

Aus dem Raumprogramm

Der Kannenfeld-Gottesacker (künftiger Volkspark), das Areal des Hilfsspitals, die Baumschule der Stadtgärtnerei, der Bachgraben und das Areal längs der Grenzen gegen Frankreich und den Kanton Basel-Landschaft (Allschwil) sollen später durch eine Grünzone verbunden werden. In dem südlich

der Hegenheimerstrasse und westlich des Wasgenrings gelegenen Gebiet werden neue Wohnquartiere und öffentliche Bauten erstellt, Spielflächen für Schulen und Sportvereine sowie Dauerpacht-Gärten gebaut. Zu beiden Seiten des Bachgrabens, der seines alten Baumbestandes wegen als Schutzzone bezeichnet ist, sollen eine Evang.-reform. Kirche, ein Kindergarten- und ein Schulgebäude erstellt werden. Südlich der Schulparzelle ist ein Rasenspielfeld für die Schulen des Quartiers vorzusehen als Ersatz für die bisherigen Spielflächen des Spichly-Gutes (Wasgenring Nr. 60). Südlich der verlängerten Blotzheimerstrasse soll der hier bereits vorhandene Sportplatz organisch in die geplante Bebauung und in die Grünzone eingefügt werden. Das anschliessende, nicht überbaubare Areal der Kiesgrube ist als öffentliche Anlage gedacht. Die Platzwahl und die gegenseitige Stellung der zu projektierenden Gebäude waren grundsätzlich freigestellt. Die Erstellung der beiden Schulhäuser ist dringlich; das kirchliche Gebäude wird voraussichtlich erst in zehn Jahren benötigt werden.

Die künftigen Bauten (Schule, Kindergarten, Kirche) und Freiflächen sollen sowohl unter sich als auch in bezug auf die vorgesehenen Wohnbauten so projektiert werden, dass sich eine in landschaftlicher und architektonischer Hinsicht organische Gesamtlösung ergibt, die in Etappen realisiert werden kann. Die einzelnen Gebäude und die dazu gehörenden Freiflächen sollen so durchgebildet werden, dass sie die betriebstechnischen, architektonischen und wirtschaftlichen Anforderungen einer einwandfreien baulichen Lösung erfüllen. Für das kirchliche Gebäude genügt eine Abklärung der Platzfrage, der Parzellengrösse und der kubischen Wirkung.

Verlangt waren: Kirche: Hauptbau mit Predigtraum (rd. 450 Sitzplätze), Empore (80 bis 100 Sitzplätze), kleiner Saal in räumlicher Verbindung mit Haupt-

Projekt Nr. 41

Vorteile: Besonders hervorzuheben sind die parkartige Ausweitung der Grünzone und die gute Einfügung aller Bauten. Die feinstabliche Gliederung der auch schultechnisch vorteilhaften niedrigen und kurzen Bauten ergibt einen erwünschten Gegensatz zur hohen Wohnbebauung. Reizvolle Aufteilung der Freifläche in intime Gartenhöfe. Zugänge übersichtlich angeordnet. Turnhallen in unmittelbarer Verbindung mit Hartplatz und Spielwiese. Klare Gliederung der Baukörper. Schultechnisch vorzügliche und gründlich studierte Grundrissdisposition, Querlüftung und beidseitige Belichtung aller Schulräume. Architektonische Haltung einfach und klar. Aufgelockerte und doch wirtschaftliche Anlage. Kubikinhalte ohne Kindergarten: 32 815 Kubikmeter.

Nachteile: Etwas weitläufige Gangverbindungen. Trennung der Bautappen nicht einwandfrei.

Modellansicht aus Norden



1. Preis. Lageplan 1 : 2500. 1 Kirche, 2 Klassenzimmer, 3 Spezialräume, 4 Turnhallen, 5 Kindergarten

