

Eine leichte Rammsonde für geotechnische Untersuchungen

Autor(en): **Haefeli, R.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **69 (1951)**

Heft 36

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-58914>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Eine leichte Rammsonde für geotechnische Untersuchungen¹⁾

DK 624.131.384

Von Prof. Dr. R. HAEFELI, G. AMBERG und P.-D. Dr. A. von MOOS, Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Zürich

I. Einleitung

Unter den Verfahren, die als Ergänzung der direkten Sondiermethoden (wie Stollen, Schächte, Bohrungen usw.) und der indirekten Sondierungen (geophysikalische Verfahren) eine rasche Abtastung des Untergrundes hinsichtlich ganz bestimmter Eigenschaften gestatten, haben die Tastmethoden in den letzten Jahrzehnten im In- und Ausland eine besonders intensive Entwicklung erfahren. Diese Entwicklung entspringt dem Bedürfnis nach einer möglichst einfachen aber genauen Methode, um einerseits den differenzierten Schichtaufbau von Lockergesteinen und andererseits die Lage des tragfähigen Baugrundes objektiv feststellen zu können.

Um das genannte Ziel zu erreichen, wurden in den einzelnen Ländern z. T. ähnliche, z. T. aber ganz verschiedene Wege eingeschlagen, wobei Unterschiede einerseits bedingt sind durch die Anpassung der Methoden an die geologischen Verhältnisse des betreffenden Landes und andererseits durch den Umstand, dass bis nach dem zweiten Weltkrieg die Entwicklung vielfach in unabhängiger Weise, d. h. ohne Kenntnis anderweitiger Erfahrungen erfolgte. Diejenigen Länder, die vorwiegend feinkörnige, weiche Böden besitzen, haben es vorgezogen, Tastmethoden anzuwenden, bei denen der statische Eindringungswiderstand des Untergrundes gemessen wird, indem eine Sonde durch Auflast oder hydraulische Pressen, z. T. unter Drehung, in den Boden gepresst wird (Schwedische Drillsonde 1922 [23], Holländische Tiefensondierung Barentsen 1936 [1], Huizinga 1942 [9] usw.). In Gebieten dagegen, deren Lockergesteine einen starken Wechsel von weichen und harten Schichten aufweisen, oder mit vorwiegend festgelagerten und grobkörnigen Baugründen erwies sich eine rein statische Methode als zu schwerfällig, weil zu grosse Kräfte aufgewendet werden müssten, um auf diesem Wege den Widerstand der festen Schichten zu überwinden. Hier wurde die eigentliche Rammsondierung, bei welcher der Widerstand des Bodens gegen das dynamische, schlagartige Eindringen einer Sonde gemessen wird, entwickelt.

Die ersten Anfänge der Rammsondierungen gehen auf das primitive Abtasten des Baugrundes mit zufällig vorhandenen Geräten zurück. Da die Beschreibung der Bohrmeister «hart oder weich gelagert» nicht immer befriedigte, oder Sondierungen fehlten, wurde häufig ein Sondierisen, ein Rohr oder eine Schiene angesetzt und mit gleichmässigen Schlägen in den Boden gerammt. Auf Grund von empirischen Erfahrungen bei derartigen Rammversuchen, bei denen als Mass für die Härte der durchrammten Schicht die für eine gegebene Eindringung notwendige Zahl der Schläge dient, wird nicht selten auch heute noch die Tragfähigkeit des Bodens beurteilt (siehe z. B. Kumm 1934 [15], Terzaghi-Peck 1948 [29] usw.). Angeregt durch die theoretischen Untersuchungen über die Berechnung des Rammwiderstandes mit den zwecks Bestimmung der Tragfähigkeit von Pfählen abgeleiteten Rammformeln (Eytelwein, Stern usw. [24]) wurden in neuerer Zeit die Methoden der Rammsondierung weiter entwickelt, wobei sich bisher grundsätzlich drei Gruppen unterscheiden lassen:

1. Verfahren zur Bestimmung des totalen Rammwiderstandes ohne direkte Messung oder konstruktive Ausschaltung der Mantelreibung ([14], [15], [16], [17]).
2. Verfahren zur getrennten Bestimmung von Spitzenwiderstand und Mantelreibung durch direkte Messung der Mantelreibung ([7]).
3. Verfahren zur Bestimmung des Spitzenwiderstandes durch konstruktive Ausschaltung der Mantelreibung ([2], [4], [5], [21], [25], [26], [28]).

Die Erfahrung hat gelehrt, dass die Mantelreibung nicht weniger aufschlussreich ist, als der Spitzenwiderstand und dass sich diese beiden Grössen vorzüglich ergänzen, um die Natur und das mechanische Verhalten der durchrammten Schicht zu erkennen. Am vollkommensten sind deshalb diejenigen Verfahren, welche eine genügend genaue Ermittlung

der spezifischen Mantelreibung einerseits (z. B. durch Messung des zur Drehung des Rohres bzw. Gestänges erforderlichen Torsionsmomentes) und des Spitzenwiderstandes andererseits — beide in Funktion der Tiefe — ermöglichen. Methoden, welche diese Forderung erfüllen, gestatten bei genügender Erfahrung nicht nur einen vorzüglichen Einblick in den Schichtaufbau des Untergrundes, sondern können auch als wertvolle Grundlage bei der Dimensionierung von Pfählen verwendet werden. Zu diesem Zwecke kommen aber nur leistungsfähige Spezialapparaturen in Frage, welche imstande sind, auch bei Lockergesteinen von wechselnder Härte Rammtiefen von 15 bis 30 m zu erreichen. Solche Apparaturen sind im letzten Jahrzehnt sowohl in der Schweiz wie im Auslande von verschiedenen Sondierfirmen entwickelt und mit Erfolg verwendet worden.

Neben jenen häufigeren Fällen, bei denen sich die Untergrundverhältnisse am vorteilhaftesten durch tiefgründige und möglichst vollständige Rammsondierungen, in Kombination mit einzelnen Bohrungen, abklären lassen, hat man es in der Praxis nicht selten mit kleineren Aufgaben zu tun, die nur ein oberflächliches Abtasten des relativ lockeren Untergrundes von maximal 10 bis 12 m unter die Terrainoberfläche erfordern. Hier ist das Bedürfnis nach einer möglichst leichten und handlichen Rammsonde entstanden, welche auf einfachstem Wege einen raschen, aber objektiven Einblick in den Aufbau der obersten Bodenschichten gestattet. Der Bekanntgabe der Wirkungsweise, Bauart und Anwendungsmöglichkeiten eines solchen Gerätes, das in der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der Eidgenössischen Technischen Hochschule in den letzten zehn Jahren vielfach verwendet und Ende 1949 zu der hier beschriebenen Bauart entwickelt wurde, dient die vorliegende Arbeit. Vorausgehend sollen einige theoretische und experimentelle Grundlagen der Rammsondierung und die sich daraus ergebenden Probleme besprochen werden.

II. Theoretische und experimentelle Grundlagen

Die hier dargestellte leichte Rammsonde für Lockergesteine beruht auf dem selben Prinzip, das schon 1922 bei der schwedischen Drillsonde, [23], 1925—30 beim Wellandkanal (siehe Horslev S.36 [10]), und davon unabhängig im

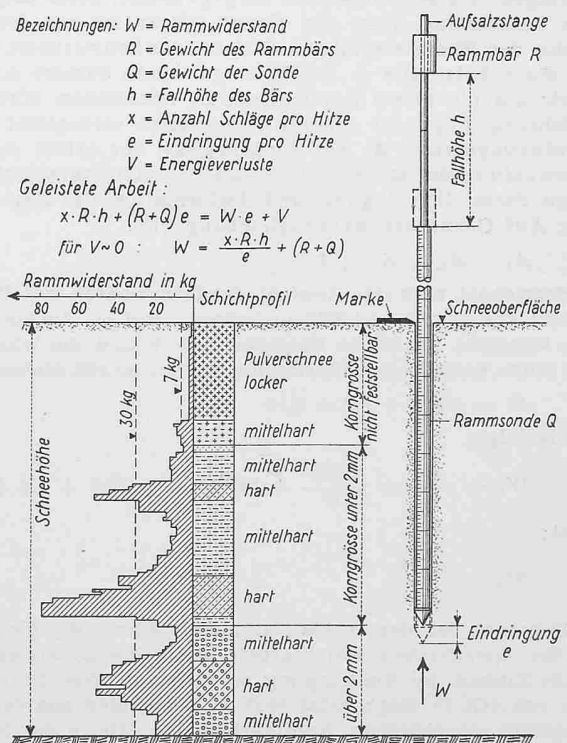


Bild 1. Schema einer leichten Rammsonde für Schnee

¹⁾ Beitrag zum IX. Internationalen Kongress für Strassenbau in Lissabon vom 24. bis 29. September 1951, mit einigen Ergänzungen.

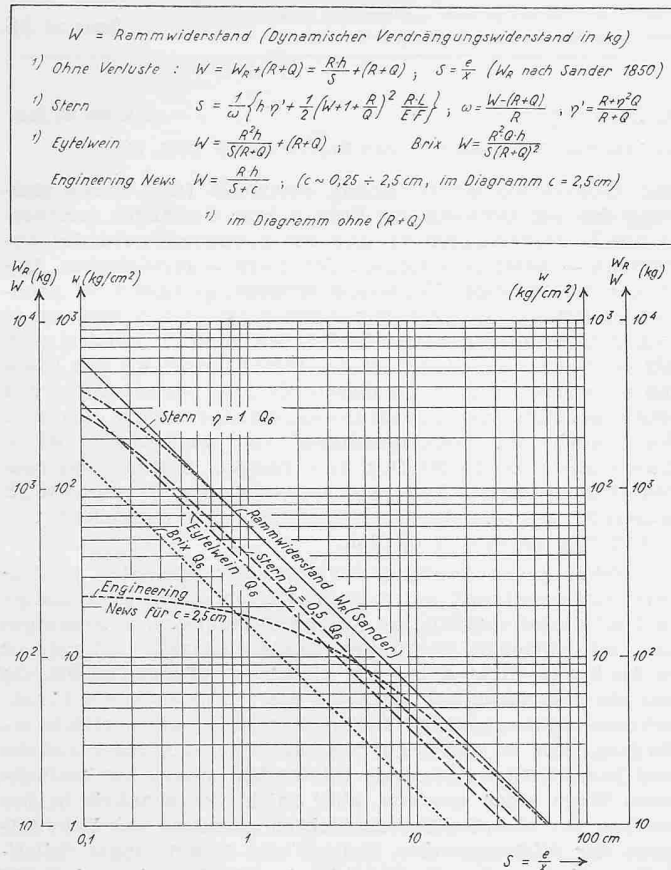


Bild 2. Diagramm zur Ermittlung des Rammwiderstandes und Vergleich mit verschiedenen Rammformeln

Schnee 1937 verwendet wurde (Bild 1), [4, 5]). Durch eine kleine Erweiterung des Spitzendurchmessers gegenüber dem Gestänge wird zwar die Seitenreibung im Boden nicht so vollständig ausgeschaltet wie in der Schneedecke, aber doch erheblich reduziert, wobei die geleistete Rammarbeit in vermehrtem Masse zur Ueberwindung des Spitzenwiderstandes frei wird.

Unter dem Rammwiderstand, der als ungefähres Mass der Härte betrachtet werden kann, versteht man bekanntlich die Kraft, die der zu untersuchende Stoff dem schlagartigen Eindringen des Rammkörpers entgegensetzt. Seine angenäherte Berechnung kann auf Grund des Satzes von der Erhaltung der Energie erfolgen. Die von der Schwerkraft während einer Hitze von x Schlägen geleistete äussere Arbeit, die wir als die totale Rammarbeit A_t bezeichnen, wird zur Verrichtung folgender innerer Teilarbeiten verbraucht: der Verdrängungsarbeit A_u der Sondenspitze, der Arbeit A_M zur Ueberwindung der Mantelreibung und der Arbeitsverluste A_v infolge Stoss, Schwingung und Deformation des Rammgerätes. Auf Grund der Arbeitsgleichung gilt:

$$(1) \quad A_t = A_u + A_M + A_v$$

Bezeichnet man das Gewicht des Rammhären mit R , das Gewicht von Sonde und Führungstange mit Q , die automatisch konstant gehaltene Fallhöhe mit h und die während einer Hitze gemessene Eindringung mit e , so gilt andererseits:

$$(2) \quad A_t = x R h + (R + Q) e$$

woraus folgt:

$$(3) \quad W_t = \frac{A_t}{e} = \frac{x R h}{e} + (R + Q) = W_R + (R + Q)$$

wobei:

$$W_R = \frac{x R h}{e}$$

Demnach ist der totale Rammwiderstand W_t identisch mit der spezifischen Rammarbeit A_t/e , die notwendig ist, um die Einheit der Eindringung zu erzeugen. Wie die rechte Seite von (Gl. 3) zeigt, setzt sich A_t zusammen aus der aufgetragenen spezifischen Rammarbeit W_R , die in der Kraft-einheit ausgedrückt wird, und dem Gewicht des ganzen Gerätes $(R + Q)$. Je besser es gelingt, die Seitenreibung aus-

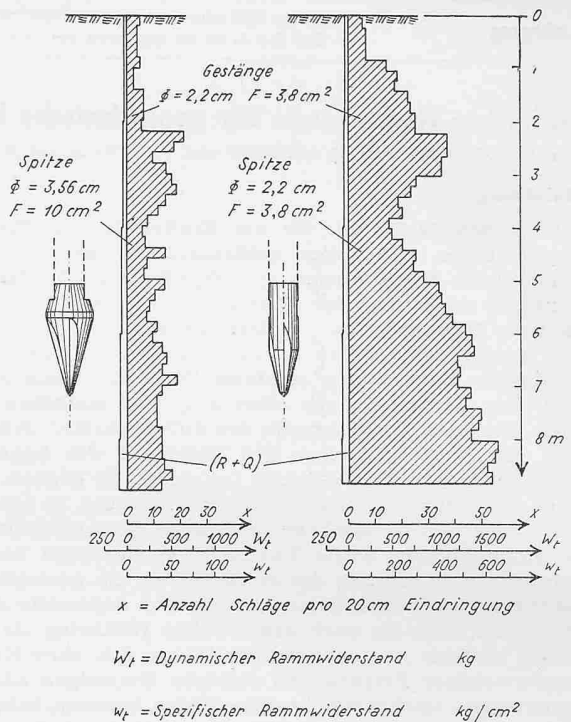


Bild 3. Vergleich von zwei nebeneinander liegenden Rammprofilen mit verschiedenen Spitzentypen

zuschalten und die Arbeitsverluste A_v klein zu halten, um so mehr nähert sich der totale Rammwiderstand W_t dem Verdrängungswiderstand der Sondenspitze A_u .

In Bild 2 ist für unsere leichte Rammsonde die Beziehung zwischen dem Rammwiderstand W_R , der mit der aufgetragenen spezifischen Rammarbeit identisch ist, und der Eindringung e dargestellt. Im doppelt logarithmischen System erscheint diese Beziehung als eine unter 45° geneigte Gerade, deren Gleichung lautet:

$$(4) \quad \log W_R + \log \left(\frac{e}{x} \right) = \log (R h)$$

Hierin bedeutet:

$e/x = S$, die Eindringung pro Schlag.

Vergleichshalber sind in Bild 2 die Rammwiderstände, berechnet nach Stern, Eytelwein, Brix & Engineering News, für verschiedene Gestängelängen aufgetragen. Dabei ergeben sich durchgehend kleinere Rammwiderstände als nach (Gl. 4.) Nur die Formel von Stern [24] liefert für $S > 5$ mm und bei vollkommen elastischem Stoss ($\eta = 1$) praktisch die selben Werte wie (Gl. 4.).

Um die mit verschiedenen Geräten aufgenommenen Rammprofile auf den selben Nenner zu bringen und dadurch den Vergleich zu erleichtern, ist es zweckmässig, alle erhaltenen Werte auf die Flächeneinheit des grössten Spitzenschnittes F_S zu beziehen. Nach (Gl. 3) gilt dann näherungsweise:

$$(5) \quad w_t = \frac{W_t}{F_S}; \quad w_R = \frac{W_R}{F_S} = \frac{x R h}{e F_S}$$

Zur Vereinfachung der graphischen Darstellung der mit unserer leichten Sonde aufgenommenen Rammprofile empfiehlt es sich ferner, rechts der Vertikalaxe nur die Werte W_R aufzutragen, während die vom Eigengewicht des Gerätes herrührenden Bodenpressungen $(R + Q)/F_S$, die links der Axe dargestellt und häufig vernachlässigt werden können, ein für allemal gegeben sind. Da andererseits die Eindringung e und die Fallhöhe h zweckmässig konstant gehalten werden, so wird nach (Gl. 5) der Widerstand W_R direkt proportional der Schlagzahl x , die notwendig ist, um die gegebene Eindringung e zu erzielen.

Um den Einfluss einer Vergrösserung des Spitzendurchmessers gegenüber dem Durchmesser des Gestänges zu demonstrieren, sind in Bild 3 zwei im selben Boden in einem gegenseitigen Abstand von nur 50 cm aufgenommene Rammprofile in der soeben beschriebenen Art dargestellt, wobei für das Profil rechts der Spitzendurchmesser identisch war mit demjenigen des Gestänges ($\varnothing_s = \varnothing_g = 2,2$ cm), während für das Profil links eine breitere Sondenspitze verwen-

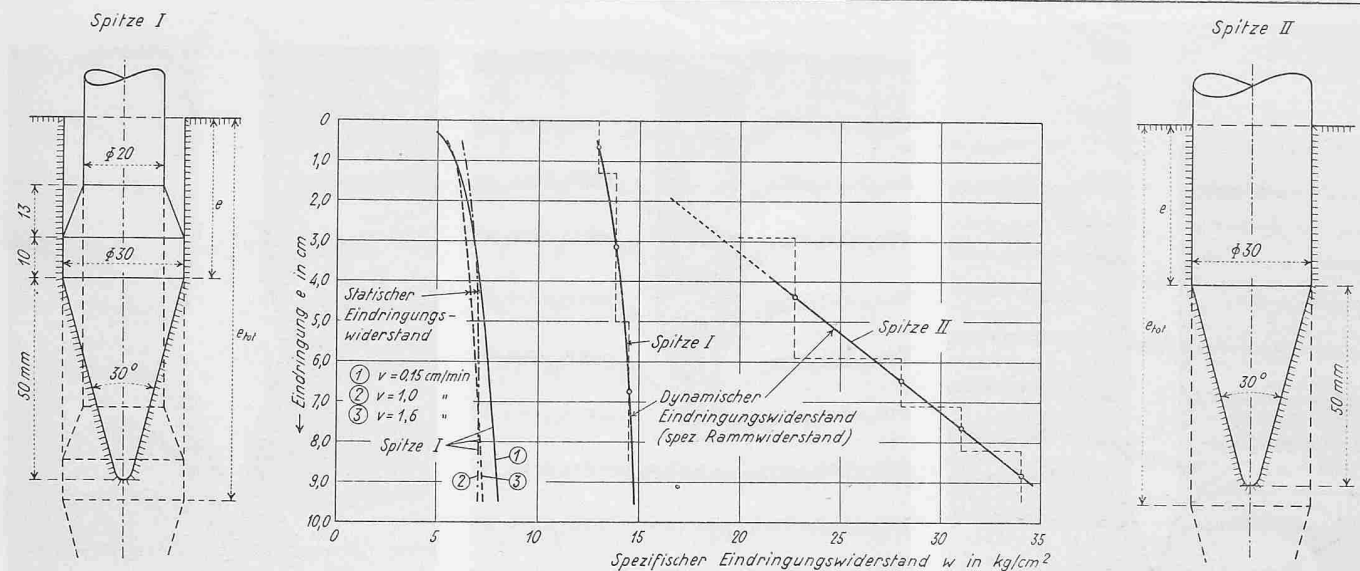


Bild 4. Einfluss der Spitzenform auf den Eindringungswiderstand

det wurde ($\phi_s = 3,56$ cm, $\phi_g = 2,2$ cm). Daraus ist ersichtlich, dass durch die Verbreiterung der Sondenspitze sowohl in der oberen, aus sandigem Lehm bestehenden Schicht, als auch im darunterliegenden Sand und Feinkies eine erhebliche Reduktion der spezifischen Rammarbeit erzielt wurde. Bemerkenswert ist vor allem die Tatsache, dass für das linke Rammprofil trotz dem mehr als doppelt so grossen Spitzenquerschnitt ($F_s = 10$ cm² gegenüber 3,8 cm²) eine bedeutend kleinere totale Rammarbeit erforderlich war, um die selbe Gesamteindringung der Sonde von 9 m zu erreichen. Die mit der verbreiterten Spitze aufgewendete Rammarbeit betrug nur etwa $\frac{1}{3}$ des entsprechenden Wertes für die nicht verbreiterte Spitze. Noch grösser ist der Unterschied der zugehörigen Mittelwerte der spezifischen Rammwiderstände, die sich verhalten wie 1:10.

Um den Einfluss der Spitzenform im Laboratorium unter genau bekannten Bedingungen zu prüfen, wurde ein homogenisierter Ziegeleiten in einem grossen Oedometertopf unter $\sigma = 2$ kg/cm² konsolidiert und anschliessend einer Reihe von Penetrationsversuchen mit verschiedenen Spitzen I und II unterworfen, deren Ergebnisse Bild 4 und Tabelle 1 zeigen.

In Übereinstimmung mit dem oben erwähnten Feldversuch (Bild 3) ist aus den Kurven I und II (Bild 4) zunächst ersichtlich, dass für eine Sonde, deren Spitzendurchmesser mit demjenigen des Gestänges identisch ist (Spitze II), der Rammwiderstand viel rascher mit der Tiefe zunimmt als bei einer Sonde mit einer Spitze (I), deren Durchmesser grösser ist als der des Gestänges. Die Ursache dieses auffallenden Unterschiedes dürfte darin liegen, dass durch die freie Materialoberfläche unmittelbar hinter der Spitze I die Fließ- und Gleitvorgänge bei der Verdrängung des Bodens ganz wesentlich erleichtert werden, indem das Material z. T. in den Hohlraum hinter der Spitze verdrängt wird. Demgegenüber spielt die etwas grössere Mantelreibung bei Spitze II, die getrennt gemessen wurde, nur eine untergeordnete Rolle.

Tabelle 1. Vergleich der Eindringungswiderstände in einem konsolidierten Ton

Eigenschaften des Tons Nr. 4002:			
Fließgrenze	...	%	44
Plastizitätszahl	...	%	17
Konsolidationsdruck	...	kg/cm ²	2,0
Wassergehalt nach Konsolidation	...	%	23,6
Druckfestigkeit bei freier Querdehnung	...	kg/cm ²	1,23
Grenzbelastung (Konusversuch)	...	kg/cm ²	4,89
Eindringungswiderstände in kg/cm ²			
für $e = 8$ cm Tiefe			
Statisch	Spitze I	$v = 0,15$ cm/min	7,8
"	"	I $v = 1,0$ cm/min	7,0
"	"	I $v = 1,6$ cm/min	7,1
Dynamisch	I	(Rammwiderstand)	14,6
"	II	(Rammwiderstand)	31,9

Auch beim Vergleich der beiden Rammprofile in Bild 3 ist deshalb zu berücksichtigen, dass der grosse Unterschied im Rammwiderstand nur zum Teil auf den Einfluss der Mantelreibung, zum andern Teil aber auf die verschiedenen Verdrängungsarbeiten zurückzuführen ist.

Mit Rücksicht auf den Umstand, dass heute bald dynamische, bald statische Penetrationsverfahren angewandt werden, ist ferner der Vergleich des dynamischen und statischen Verdrängungswiderstandes von ganz besonderem Interesse. Um entsprechende Vergleichsdaten zu erhalten, wurde als Parallelversuch noch der statische Verdrängungswiderstand ermittelt, indem die Spitze I mit Hilfe einer hydraulischen Presse unter verschiedenen konstanten Eindringgeschwindigkeiten ins Material vorgetrieben wurde. In Bild 4 ist der dazu erforderliche spezifische Flächendruck (statischer Eindringungswiderstand) in Funktion der Tiefe dargestellt. Dabei fällt die weitgehende Parallelität der entsprechenden Kurven 1 bis 3 mit Kurve I auf, d.h. ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem statischen und dem annähernd doppelt so grossen dynamischen Eindringungswiderstand bei gleicher Spitze. Abgesehen von dynamischen Einflüssen dürfte die verschiedene Grösse dieser spezifischen Widerstände u.a. dadurch bedingt sein, dass die Scherfestigkeit des vorliegenden Tons bei sehr rascher Steigerung der Belastung, d.h. bei schlagartiger Beanspruchung (dynamisch), wesentlich grösser ist als bei langsamer (statisch) [31].

Vergleicht man die statischen Verdrängungswiderstände unter sich, so überrascht, dass die Steigerung der Eindringgeschwindigkeit von 0,15 cm/min auf 1,6 cm/min nicht eine Zunahme, sondern im Gegenteil eine kleine Reduktion des Eindringungswiderstandes zur Folge hatte. Die sonst bei zähen Materialien normalerweise beobachtete Vergrösserung des Verformungswiderstandes mit zunehmender Geschwindigkeit wird hier wahrscheinlich durch den Einfluss der Porenwasser-spannung kompensiert, die mit der Geschwindigkeit ebenfalls zunimmt und eine entsprechende Reduktion der Scherfestigkeit zur Folge hat [7]. Hier ergibt sich ein deutlicher Unterschied gegenüber dem entgegengesetzten Vorgang (Bild 8) — dem Auspressen eines Tonstranges aus einer runden Öffnung —, bei dem eine annähernd lineare Zunahme des Pressdruckes mit der Austrittsgeschwindigkeit des Stranges beobachtet wurde [3, 6].

Zur Veranschaulichung des Penetrationsvorganges der Sondenspitze wurden ferner einige demonstrative Laboratoriumsversuche durchgeführt, deren Ergebnisse in den Bildern 5 bis 7 festgehalten sind. Nach einem Vorversuch mit Sand (Bild 5) wurde zu diesem Zweck der bereits erwähnte Ziegeleiten 4002 (vergleiche Tabelle 1) in weicher Konsistenz mit horizontalen, gefärbten Schichten versehen, in einen grossen Oedometer (Zusammendrückungsapparat $\phi 25,2$ cm) eingebaut und unter einer Vertikallast von 2 kg/cm² konsolidiert. Anschliessend wurde eine in ihrer Meridianebene durchsägt Holzsonde mit unverbreiteter Spitze im Zentrum der entlasteten Oedometerprobe 13 cm tief vertikal eingerammt. Beim Zerschneiden der nach erfolgter Rammung aus dem Oedometertopf

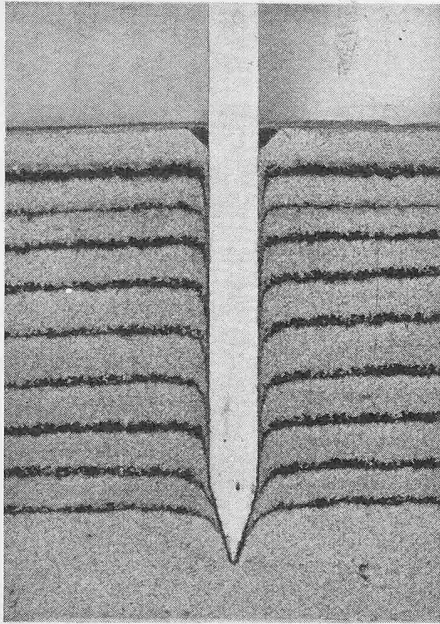


Bild 5. Innere Verformung beim Rammvorgang (Grobsand)

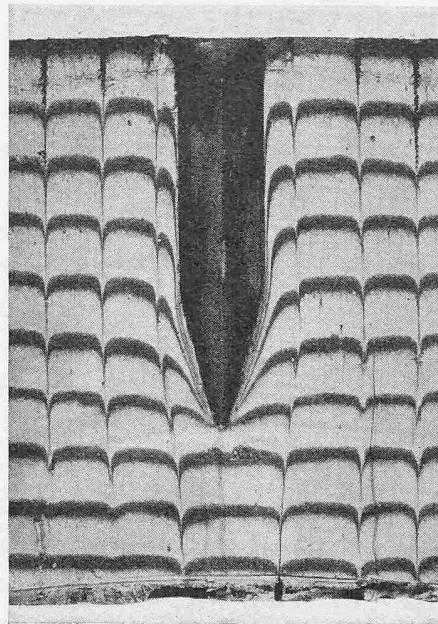


Bild 6. Wie Bild 5 (Ton)

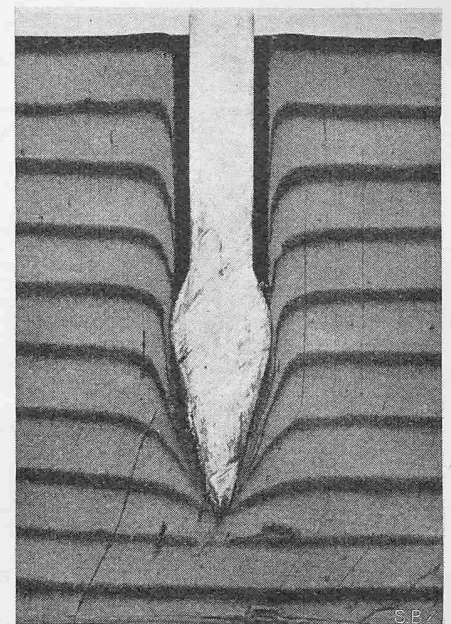


Bild 7. Innere Verformung beim Eindringen einer Sonde mit verbreiteter Spitze in Ton

ausgebauten Probe zeigte sich die in Bild 6 dargestellte Verformung. Dabei ergab sich die überraschende Tatsache, dass beim Eindringen der Sonde kein eigentliches Aufspalten des Materials stattgefunden hatte, sondern eine vollkommene Einstülpung, indem alle Zeugen ohne Unterbrechung um die Spitze herumliefen. Auch bei der gegenüber dem Gestänge verbreiterten Spitze II war die selbe Erscheinung feststellbar (Bild 7). Das Zeugenbild entspricht da wie dort grundsätzlich demjenigen, das beim inversen Prozess — dem Auspressen eines Tonstranges aus einer kreisförmigen Öffnung — entsteht, nur mit umgekehrten Vorzeichen (Bild 8). Der Einstülpung bei der Penetration bzw. beim Rammvorgang steht somit die Ausstülpung beim Formprozess gegenüber.

Eine wesentliche Rolle bei der Interpretation von Rammwiderständen spielt schliesslich die Frage, inwieweit Rammprofile, die mit verschiedenen Rammhären oder verschiedenen Fallhöhen aufgenommen wurden, überhaupt vergleichbar sind. Diesbezügliche Vorversuche, die nur orientierenden Charakter haben, ergaben, dass diese Frage überhaupt nicht einheitlich beantwortet werden kann, indem die Antwort von der Art des durchrammten Materials abhängt. Um dies zu zeigen, sind in Bild 9 die mittleren spezifischen Rammwiderstände dargestellt, die beim Einrammen einer Metallsonde von 10 cm² Spitzen- und 3,8 cm² Stangenquerschnitt in einem mit dem betreffenden Material aufgefüllten Topf gemessen wurden, und zwar unter Anwendung verschieden schwerer Rammhären einerseits ($R = 1, 2$ bzw. 10 kg) und verschiedener Fallhöhen andererseits ($h = 10, 20$ bzw. 50 cm). Während der spezifische Rammwiderstand des trockenen und nassen Sandes auf eine Änderung des Rammhärgewichtes praktisch überhaupt nicht, und auf die Veränderung der Fallhöhe nur relativ wenig reagierte, war beim konsolidierten und gesättigten Ton eine sehr starke Abnahme des spezifischen Rammwiderstandes mit zunehmendem Rammhärgewicht einerseits und mit zunehmender Fallhöhe andererseits feststellbar. Dieser grundlegende Unterschied dürfte z.T. darauf beruhen, dass es sich beim gesättigten Ton um ein Material handelt, das bei dynamischer Beanspruchung als volumenkonstant betrachtet werden darf. Dementsprechend müssen hier bei der Verdrängung viel grössere Massen in Bewegung gesetzt werden, und es werden viel grössere Trägheitskräfte wirksam, als bei einem nur leicht eingerüttelten Sand in relativ lockerer Lagerung. In dieses Bild passt auch das feuchte Tonpulver, dessen Verhalten eine mittlere Stellung zwischen dem gesättigten Ton und dem Sand einnimmt.

Durch diese wenigen demonstrativen Versuche sollte vor allem die komplexe Natur der beim Rammvorgang auftretenden Erscheinungen, die einer rechnerischen Behandlung schwer zugänglich sind, beleuchtet werden. Zahlreiche Einflüsse, wie z.B. der Wirkungsgrad der Energieübertragung zwischen Rammaufsatz und Sondenspitze [19, 32, 33], der

Einfluss der Eindring-Geschwindigkeit, des gespannten Porenwassers, des Festsaugens der Sonde bei Arbeitsunterbrüchen, der Beschaffenheit und Lagerungsdichte des Materials usw., sollten auf experimentellem Wege genauer untersucht werden. Auf diesem Wege dürfte es auch möglich sein, den für die weitere Entwicklung der Tastverfahren wichtigen Vergleich zwischen der statischen und dynamischen Penetration weiter auszubauen.

III. Die Konstruktion der leichten Rammsonde

Die leichte, in Bild 10 skizzierte Rammsonde besteht im wesentlichen aus dem Gestänge, der Schlag- und der Rückzugvorrichtung. Das Gestänge setzt sich aus einzelnen Hohlbohrstäben 1 von 100 cm Länge und 2,2 cm Durchmesser zusammen, die durch Nippel 8 miteinander verschraubt werden und in Abständen von 20 cm markiert sind. Als Sondenspitzen 11, die abschraubbar und der Länge nach gerillt sind, verwendet man normalerweise eine Spitze von 10 cm² grösstem Querschnitt, bzw. 3,56 cm Durchmesser. Diese eignet sich insbesondere für lehmiges Material, während im kiesigen Material oder im Schutt ausnahmsweise eine Spitze vom Durchmesser des Gestänges ($F = 3,8$ cm²) verwendet wird. Der Öffnungswinkel beider Spitzen beträgt 30°.

Die Schlagvorrichtung gleicht in einzelnen Teilen derjenigen der Schwedischen Borro-Sonde [17]. Ein zweiteiliger, aussen konischer Keil 6 wird um das Gestänge gelegt und ein innen konischer Keilring 7 von unten her über den Keil 6 gezogen. Durch ein paar leichte Schläge sitzt der zweiteilige

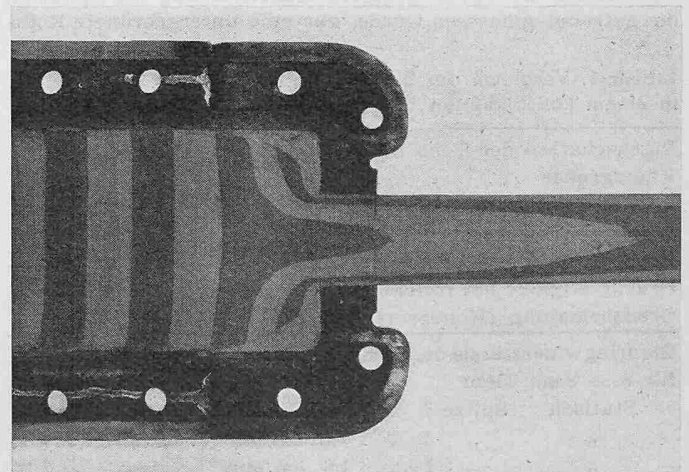


Bild 8. Innere Verformung beim Auspressen eines Tonstranges aus kreisförmiger Öffnung

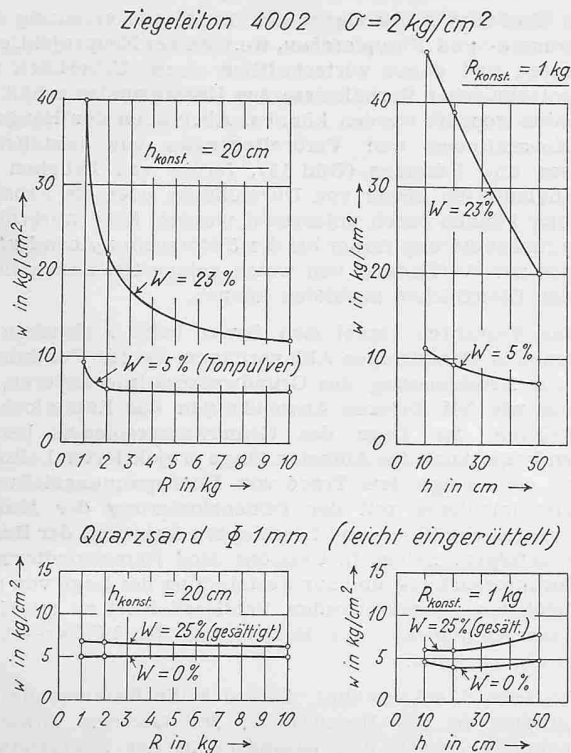


Bild 9. Einfluss der Fallhöhe und des Bärgewichtes auf den Rammwiderstand verschiedener Materialien; R = Gewicht des Rammbärs in kg, h = Fallhöhe in cm, w = mittlerer spezifischer Rammwiderstand in kg/cm^2 , W = Wassergehalt des Materials in %, Querschnitt der Spitze = 10 cm^2 , Querschnitt des Gestänges = $3,8 \text{ cm}^2$, Gewicht der Sonde = $2,25 \text{ kg}$

Keil im konischen Keilring fest und wird gleichzeitig an das Gestänge gepresst. Der 30 kg schwere Rammbar 5, der an einem Griff 4 gehoben wird, fällt — durch das Gestänge zentriert — auf den festgeklebten Keil, der die Schlagenergie an das Gestänge weitergibt (Bild 11). Die Kontrolle der Fallhöhe erfolgt durch einen Distanzstab 3, der unten auf dem Keilring aufliegt, durch eine exzentrische Bohrung des Bären hindurchführt und oben an einen ringförmigen Anschlag 2 stösst, der durch das Gestänge lose geführt wird. Auf der Fussplatte 10, die in einem Schlitz die Sonde führt, steht der untere ringförmige Anschlag 9, der zum Lösen des Keiles dient. Sobald dieser auf dem Anschlag aufliegt, wird auf den Keilring ein geschlitztes Rohr aufgesetzt und der Bär ein oder mehrere Male fallen gelassen, um den Keil zu lösen. Alle den Schlägen ausgesetzten Teile wurden im Einsatz gehärtet.

Der Rückzug der Sonde erfolgt mittels einer normalen 5 t -Bauwinde 12, die zu diesem Zweck so abgeändert wurde, dass der geschlitzte Hebefuss unter den Keilring greift und beim Betätigen der Winde die Sonde zurückzieht.

Das mit 13 Stangen zu je $2,83 \text{ kg}$ ausgerüstete Rammgerät, mit dem eine maximale Rammtiefe von etwa 12 m erreicht werden kann, erfordert zwei Mann Bedienung und wiegt rund 160 kg . Die mit diesem leichten Gerät bisher ausgeführte totale Ramm-länge beträgt etwa 2500 m . Die hauptsächlichsten Defekte traten in den Nippeln auf und zwar beim Rückzug der Sonde, da die dabei aufzuwendenden Zugkräfte, besonders bei grobkörnigem Material (Grobkies, Schutt), oft beträchtlich sind. Durch sorgfält-

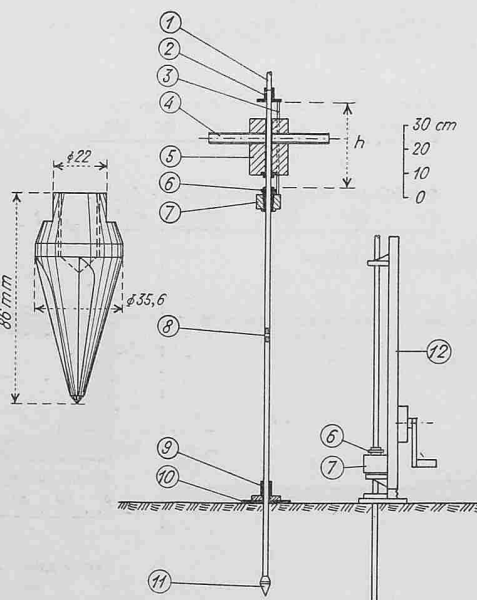


Bild 10. Leichte Rammsonde

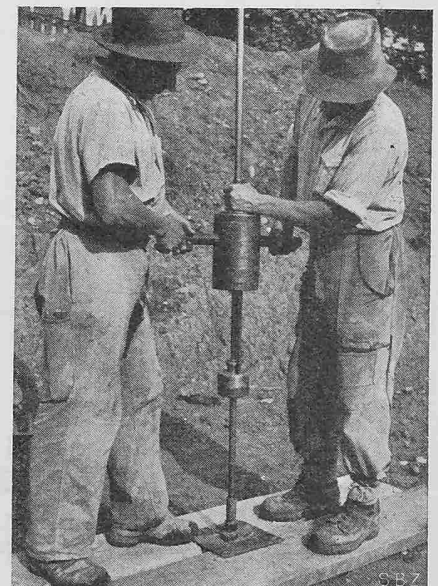


Bild 11. Sonde bei der Arbeit

tiges Bearbeiten der Gewinde und Uebergänge konnte die Zahl der Brüche wohl reduziert, aber nicht ganz vermieden werden.

IV. Geotechnischer Anwendungsbereich

Wie einleitend erwähnt wurde, dient die Rammsondierung in erster Linie dem Zweck, die relative Härte als Mass der Festigkeit von mittel- bis feinkörnigen Lockergesteinen im natürlichen Schichtverband zu bestimmen. Auf Grund der Härteunterschiede lassen sich vor allem die Grenzflächen zwischen den einzelnen verschieden harten Schichten einwandfrei feststellen. Indirekt lässt sich auch etwas über die Zusammensetzung der betreffenden Schichten aussagen. Um hierüber genaueren Aufschluss zu erhalten, sollte jedoch nach Ausführung einer gewissen Zahl von Rammsondierungen stets mindestens eine Bohrung unmittelbar neben einem Rammprofil abgeteuft werden, wodurch man den Schlüssel zur Interpretation der übrigen Rammprofile und gleichzeitig die Möglichkeit zur Entnahme ungestörter Proben erhält (Schlüsselbohrung).

Ein wesentlicher Vorteil der Rammsondierung besteht einerseits in der Möglichkeit, das Ergebnis in der Form eines Rammprofils an Ort und Stelle laufend darzustellen und andererseits in der Raschheit des Verfahrens, das erlaubt, in kürzester Zeit einen genügenden Einblick in den differenzierten Schichtaufbau eines grösseren Gebietes zu erhalten (Tagesleistung mit leichter Sonde je nach Material 10 bis 40 m in 8 Stunden).

Am sichersten und meist sehr eindeutig lässt sich eine Felsoberfläche unter relativ weich gelagerten Lockergesteinen vermöge ihres hohen Rammwiderstandes festlegen, wie z. B. eine glazial bearbeitete Felsoberfläche unter jungen Seeablagerungen, die Grenze zwischen verwittertem, verlehmttem und gesundem Fels (wie z. B. Mergelfels, gewisse Gneise), die Felsoberfläche unter künstlichen Auffüllungen (wie z. B. in aufgefüllten alten Wehrgräben, Bild 12, in Erosions- oder Lösungstaschen im Kalkfels, oder in mit Lehm aufgefüllten Vulkanschlotten), ferner etwa die Lokalisierung von Bergsturzblöcken oder versackten Blöcken in ihrer weichen gelagerten Umhüllung.

Daneben können aber auch die Grenzen zwischen verschiedenen hart gelagerten Lockergesteinen unter sich ziemlich eindeutig und relativ genau ermittelt werden, wie etwa die Grenze zwischen der festgelagerten und der durch Verwitterung und Frost gelockerten oberflächlichen Grundmoräne, der Kontakt zwischen Grundmoräne und überlagernden jungen Verlandungssedimenten (wie Seebodenlehm, Seeschlamm, Seekreide, Torf), die Lage von Kiesbänken und Kieslinsen in sandig-lehmigen Ablagerungen von Deltas und Flussalluvionen oder unter verlehmtten, feinkörnigen Hochwasserablagerungen (Bild 14), die Ausdehnung von weichen Lagen innerhalb von Lehm Massen oder unterhalb von Gehängeschutt. Leicht erfassbar ist ferner die Ausdehnung von Torflinsen in fest gelagerten Gesteinen, die Grenzfläche zwi-

- | | |
|---------------------|---------------|
| 1 Hohlbohrstäbe | 7 Keilring |
| 2 Anschlag | 8 Nippel |
| 3 Distanzstab | 9 Anschlag |
| 4 Griff | 10 Fussplatte |
| 5 Rammbar | 11 Spitze |
| 6 zweiteiliger Keil | 12 Bauwinde |

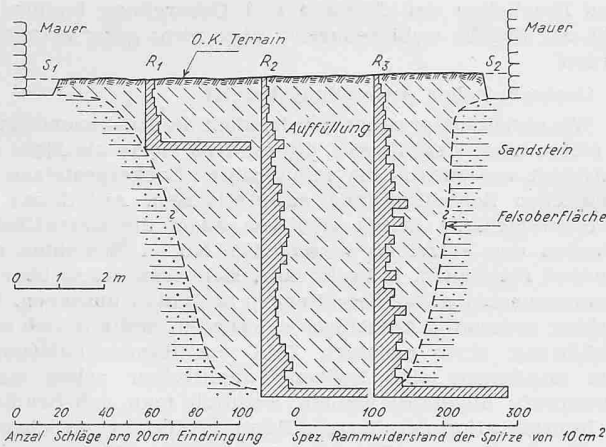


Bild 12. Feststellung der Felsoberfläche unter einem zu erstellenden Gebäude (alter, ausgefüllter Wehrgraben neben einem Schloss)

schen künstlicher Auffüllung (Bild 13) und festerem oder weicherem Untergrund, Lockersonen oder Hohlräumen infolge innerer Erosion und endlich Inhomogenitäten innerhalb künstlicher Schüttungen.

Nicht oder nur sehr begrenzt verwendbar ist die leichte Rammsonde dagegen in Festgesteinen, in Blockschutt, altem Mauerwerk, beim Auftreffen auf Findlinge und in Gehängeschutt von Hartgesteinen. Sehr mühsam ist es oft, in hartgelagerten Sandschichten einen genügenden Fortschritt zu erzielen, dagegen bieten nicht zu hart gelagerte Kiesablagerungen bis zu Bollensteinen von 15 cm $\varnothing$ in der Regel keine allzugrossen Schwierigkeiten.

Bei *Foundationsproblemen* des Wohn- und Industriebaues dient die Rammsondierung sowohl zum Aufsuchen eines speziell geeigneten Baugrundes, wie auch bei der Ueberprüfung des härtemässigen Aufbaues und der Homogenität des gewählten oder zur Verfügung stehenden Baugrundes (Bilder 12 und 14). Gleichzeitig gibt sie Anhaltspunkte für die geeignete Fundationsart, für die Aushubtiefe, für die Lage der Trennfugen usw. Wesentlich ist aber bei allen Untersuchungen mit der Rammsonde, dass durch Bohrungen und Schächte der weiter oben erwähnte Schlüssel für die Interpretation der Ergebnisse geschaffen wird, und dass diese Sondierungen auch geologisch eingehend untersucht und richtig gedeutet werden.

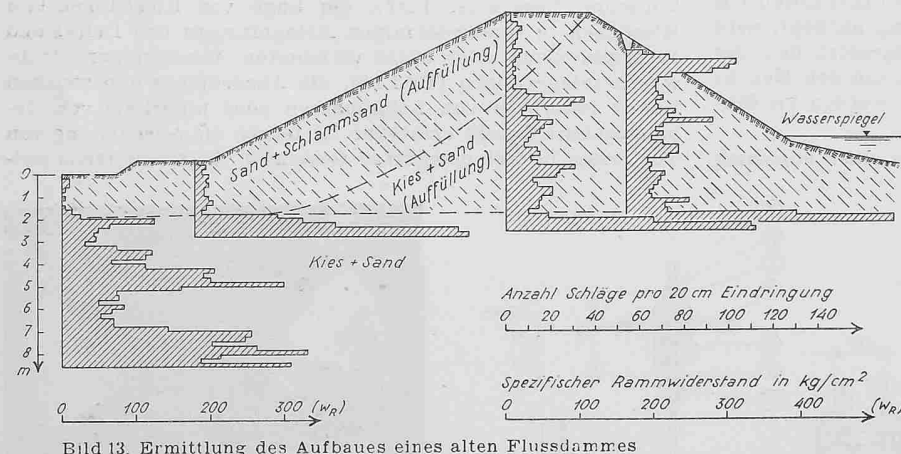


Bild 13. Ermittlung des Aufbaues eines alten Flussdamms

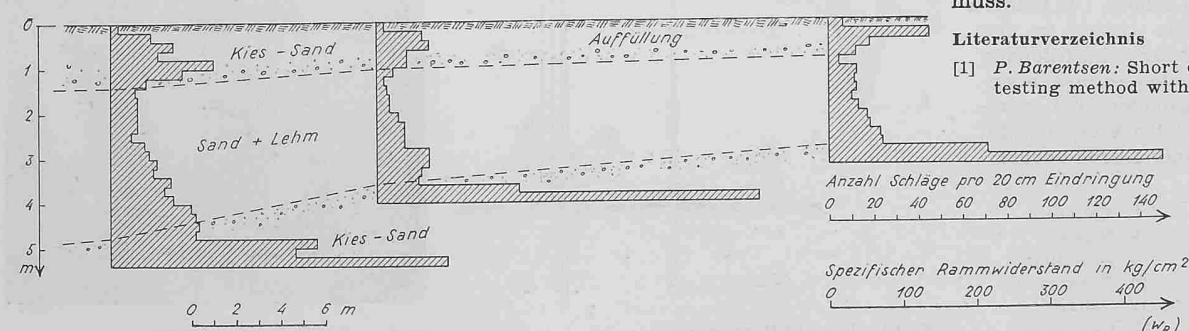


Bild 14. Untersuchung des Baugrundes für die Erstellung eines Oeltanks

In ähnlicher Weise eignet sich die Rammsondierung auch im *Strassen- und Flugplatzbau*, wo man bei Neuprojektierungen rasch und damit wirtschaftlich einen Ueberblick über die geotechnischen Verhältnisse des Untergrundes erhält und Varianten geprüft werden können. Aber auch der Baugrund bei Korrekturen und Verbreiterungen von bestehenden Strassen und Dämmen (Bild 13), ferner von Brücken und Lehnviadukten sowie von Durchlässen, oder die Frosteindringung können rasch untersucht werden. Sehr wertvoll ist die Rammsondierung ferner bei der *Untersuchung von Rutschgebieten* zur Auffindung von weich gelagerten Zonen, in denen sich Gleitflächen ausbilden können.

Das Verfahren eignet sich ferner beim Aufsuchen von Kieszonen in feinkörnigen Ablagerungen, die für Fundationen oder zur Erschliessung des Grundwassers interessieren, wobei hier wie bei anderen Anwendungen das Rammloch zur Feststellung der Lage des Grundwasserspiegels benützt werden kann. Auch das Abtasten längs projektierten Leitungsgräben oder längs dem Tracé von Hochspannungsleitungen im Zusammenhang mit der Dimensionierung der Mastenfundamente, von Sand- und Lehmlagern kann mit der Rammsonde erfolgen. Selbst in Caissons sind Rammsondierungen zur Voruntersuchung und zur Feststellung der Lage von grossen Blöcken verwendet worden. Schliesslich ist zu erwähnen, dass das Rammprofil zur Beurteilung der Lösbarkeit von Böden dienen kann.

Ergänzend sei erwähnt, dass sich die Rammsonde auch für Studien in der Bodenkunde, der Geologie sowie der Schneekunde eignet und besonders in der letztgenannten ausgedehnte wissenschaftliche und praktische Verwendung gefunden hat [5, 30]. Wie bereits gezeigt wurde, birgt aber das Verfahren noch zahlreiche Probleme, die der weiteren Abklärung durch theoretische und experimentelle Untersuchungen bedürfen. Beim heutigen Stand der Entwicklung ist z.B. ein Vergleich der Härte verschiedener Lockergesteine auf Grund von Rammprofilen nur dann schlüssig, wenn für alle Profile das selbe Gerät und die selbe Fallhöhe verwendet worden sind. Bei wassergesättigten Lehmen und Tonen spielt ferner der zeitliche Arbeitsvorgang eine nicht unwesentliche Rolle. Auch die Einführung von Härtegraden ist vorläufig von beschränkter Bedeutung, da noch kein absoluter, von den besonderen Eigenarten des verwendeten Gerätes unabhängiger Masstab besteht. Für die hier beschriebene leichte Rammsonde unterscheiden wir z.B. weiche, mittelharte und harte Böden, je nachdem ihr spezifischer Rammwiderstand unter 50, zwischen 50 bis 100 oder über 100 kg/cm² liegt.

Im übrigen ist zu beachten, dass die wichtigen Beziehungen zwischen der Härte einerseits und den massgebenden erdbaumechanischen Eigenschaften des Baugrundes andererseits (wie Tragfähigkeit, Scherfestigkeit usw.) keineswegs eindeutig und zudem schwer durchschaubar sind, weil zahlreiche Nebeneinflüsse in diese zur Zeit noch ungenügend erforschten Zusammenhänge hineinspielen. Bei allen Vorteilen des Rammprofils zum raschen Abtasten eines gegebenen Schichtkomplexes muss deshalb an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass die richtige Interpretation des Rammwiderstandes eine nicht unbedeutende Erfahrung erfordert und mit der nötigen Vorsicht erfolgen muss.

Literaturverzeichnis

- [1] P. Barentsen: Short description of a field testing method with conshaped sounding

- apparatus. «Proc. Int. Conf. Soil Mech.», Harvard 1936, Vol. 1, p. 7—10.
- [2] A. Coillard: Détermination par sondages dynamiques de l'angle de frottement interne et la cohésion des sols en place. «Génie civil», vol. 125, p. 472, 1948.
- [3] K. Frey: Ueber die plastische Verformung organischer Kennstoffe. Festschrift Mirko Ros. Solothurn 1950, Verlag Vogt-Schild, S. 54.
- [4] R. Haefeli: Bericht über die wissenschaftliche Tätigkeit der Station Davos-Weissfluhjoch in den Jahren 1934—1937. SBZ Bd. 110, 1937.
- [5] R. Haefeli: Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik. Dissertation ETH Zürich 1939.
- [6] R. Haefeli und G. Amberg: Struktur- und Schwinduntersuchungen an Ziegeleitenen. Mitt. Nr. 17 der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH. Zürich 1949, Verlag Lee-mann.
- [7] R. Haefeli: Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung. SBZ Bd. 123, 1944.
- [8] A simple rod sounding outfit. «Engineering News record» 1939, Vol. 122, p. 444—445.
- [9] T. K. Huizinga: Grondmechanica N. V. Wed. J. Ahrend u. Zoon, Amsterdam 1942.
- [10] J. Hvorslev: Subsurface exploration and sampling of soils for civil engineering purposes. Waterways experimental station. Corps of engineers U. S. Army 1948, 1949.
- [11] C. F. Kollbrunner: Fundation und Konsolidation Vol. 1, Schweizer Druck- und Verlagshaus Zürich 1946.
- [12] W. Kjellmann: A Method for direct determination in the field of the shearing resistance of soils. «Ingeniörs Vetenskaps Akademiens Handlingar» Nr. 170, Stockholm 1943.
- [13] H. Krey: Erddruck, Erdwiderstand und Tragfähigkeit des Baugrundes. Berlin 1936, W. Ernst & Sohn.
- [14] H. Kripner: Beitrag zur Kennzeichnung einiger Festigkeitseigenschaften von Böden verschiedenen geologischen Alters. «Geologie und Bauwesen» 1937, S. 64, 92.
- [15] A. Kumm: Ueber Festigkeitsuntersuchungen mit Hilfe des geologischen Handbohrgerätes. «Geologie und Bauwesen» 1934, S. 118—120, 129—134.
- [16] Künzel: «Bauwelt» 1936, 1943, 1944. «Bautechnik» 1943.
- [17] S. Kjessler: Briefl. Mitteilung vom 8. 5. 50 und Prospekt Borro Rammer Drill. Ingeniörsfirman Borros A. B. Kaptensgatan 6, Stockholm.
- [18] A. von Moos und F. de Quervain: Technische Gesteinskunde. Basel 1948. Verlag Birkhäuser, p. 83.
- [19] J. Niculescu: Untersuchungen über die Energieübertragung und Stossdauer beim geraden zentralen Stoss zylindrischer Stäbe. Diss. Freiberg i. S. 1932.
- [20] E. Papproth: Der Prüfstab Künzel, ein Gerät für Baugrunduntersuchungen. «Die Bautechnik» Bd. 21, 1943, S. 327.
- [21] G. B. R. Pimm: Recent developments in deep ground testing. «The Structural Engineer» 1938.
- [22] E. Schultze und H. Muhs: Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten. Berlin 1950, Springer-Verlag, S. 115.
- [23] Statens Järnvägars Geotekniska Commission 1914—1922. Slutbetänkande Stockholm 1922, S. 19—42.
- [24] O. Stern: Das Problem der Pfahlbelastung. Berlin 1908, Ernst & Sohn.
- [25] S. Stump: Aus der Praxis der Rammsondierung, SBZ Bd. 128, S. 128*.
- [26] S. Stump: A method for determining the resistance of the subsoil by driving. Proc. II, Internat. Conf. on soil mechanics and foundation engineering. Rotterdam, Vol. III, p. 212, 1948.
- [27] K. V. Taylor, C. T. Morris and J. R. Burkey: The predetermination of piling requirements for bridge foundations. Ohio State Univ. Eng. Exp. Station. Bull. 90, 1935.
- [28] K. Terzaghi: Die Tragfähigkeit von Pfahlgründungen. «Die Bautechnik» 1930, Bd. 8.
- [29] K. Terzaghi and R. Peck: Soil mechanics in engineering practise. New York 1948, John Wiley and Sons.
- [30] M. de Quervain: Die Festigkeitseigenschaften der Schneedecke und ihre Messung. «Geophysica Pura e Applicata», 1950.
- [31] A. Casagrande and S. D. Wilson: Effect of rate of loading on the strength of clays and shales at constant water content. «Géotechnique», Vol. II, Nr. 3, 1951, London.
- [32] Hoffmann: Der Ramm Schlag, Forschungshefte aus dem Gebiete des Stahlbaues, H. 6, S. 55, Berlin 1943.
- [33] Hoffmann: Beitrag zur Frage der statischen und dynamischen Pfahltragfähigkeit. Abh. über Bodenmechanik und Grundbau, herausgegeben von der Forschungsgesellschaft für Strassenwesen, Bielefeld 1948.
- [34] 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.

Planung und Eigentumsgarantie

Von Dr. iur. M. WERDER, Aarau

DK 347.235:711.4 (494)

Am 29. November 1950 hat das Bundesgericht eine staatsrechtliche Beschwerde Rüesch gegen die Zonenordnung der aargauischen Gemeinde Ennetbaden gutgeheissen. Dieser Entscheid ist stark beachtet worden. In Besprechungen in der Tagespresse wurden aus ihm vielfach falsche Schlüsse gezogen, so dass es gerechtfertigt erscheint, die Leser der Bau-

zeitung über seine Tragweite kurz zu orientieren. Auf rechtliche Erörterungen, insbesondere auf das Verhältnis zu dem kurz vorher ergangenen Entscheid in Sachen Battistini gegen Gemeinde Beringen und Regierungsrat des Kantons Schaffhausen¹⁾, kann dabei nicht eingetreten werden.

Die Gemeinde Ennetbaden hat im Rahmen einer Ortsplanung ihr Baugebiet ausgeschieden und in § 1 der Zonenordnung folgendes bestimmt:

«Das Baugebiet der Gemeinde Ennetbaden wird durch den als Anhang beigefügten Zonenplan, der einen Bestandteil dieser Zonenordnung bildet, ausgeschieden.

Ausserhalb des Baugebietes dürfen vorläufig keine Neubauten errichtet werden. Bauten, die dem Rebbau und der Landwirtschaft dienen, können gestattet werden, sofern sie die folgerichtige bauliche Entwicklung der Gemeinde nicht hindern.

Wasser- und Kanalisationsanschlüsse werden nur für solche Bauten bewilligt, die innerhalb des Baugebietes liegen. Für landwirtschaftliche Bauten ausserhalb des Baugebietes kann der Gemeinderat Wasseranschlüsse bewilligen, wenn sie von den bestehenden Anlagen aus möglich sind.»

Der Zonenplan und die Zonenordnung wurden vom Regierungsrat unter Abweisung von drei unerledigten Einsprachen genehmigt. Gegen diesen Beschluss führte ein Einsprecher beim Bundesgericht Beschwerde und machte geltend, die Regelung der Gemeinde Ennetbaden verstosse gegen die Eigentumsgarantie der Kantonsverfassung und das Willkürverbot der Bundesverfassung. Das Bundesgericht hat die Beschwerde gutgeheissen und den Genehmigungsbeschluss des Regierungsrates aufgehoben, soweit dadurch § 1, Abs. 2, der Zonenordnung genehmigt wurde. Den Wortlaut des umfangreichen Entscheides findet der Leser im «Plan» 1951, Nr. 2 und im «Schweizer Baublatt» 1951, Nr. 48.

Der Beschwerdeführer ist Eigentümer von zwei Grundstücken ausserhalb des ausgeschiedenen Baugebietes. Beide liegen auch ausserhalb der Druckzone der heutigen Wasserversorgung, die für die Abgrenzung des Baugebietes einen massgebenden Faktor bildete. Auch könnten sie nur mit unverhältnismässig hohen Kosten an die Gemeindekanalisation angeschlossen werden. Die eine Parzelle kann bei einer allfälligen Erweiterung der Wasserversorgung und der Kanalisation später in das Baugebiet einbezogen werden. Der Gemeinderat hatte von Anfang an Zusicherungen in dieser Richtung gemacht. Das andere, bedeutend höher gelegene Grundstück dürfte nie in den Bereich des Gemeindeleitungsnetzes zu liegen kommen. Seine Ueberbauung muss auch aus Gründen des Natur- und Heimatschutzes abgelehnt werden. Der Beschwerdeführer hatte nun nicht etwa ein konkretes Bauprojekt für seine Grundstücke vorgelegt. Er machte überhaupt keine bestimmten Bauabsichten geltend. Die Ausgangslage war also eine andere als bei den vom Bundesgericht früher beurteilten Beschwerden Lips gegen Gemeinderat Uitikon und Regierungsrat des Kantons Zürich²⁾ und Battistini gegen Gemeinde Beringen und Regierungsrat des Kantons Schaffhausen. Der Beschwerdeführer verlangte auch nicht, dass sein Grundeigentum in das Baugebiet einbezogen werde. Er erhob aus grundsätzlichen Erwägungen gegen die Zonenordnung Einspruch und bestritt der Gemeinde das Recht, bestimmte Gebiete mit Bauverbot belegen zu dürfen.

Das Bundesgericht hat die Beschwerde zwar gutgeheissen. Es hat entschieden, § 1, Abs. 2, der Zonenordnung entbehre der gesetzlichen Grundlage des kantonalen öffentlichen Rechts und bedeutete somit eine Verletzung der Eigentums-garantie. Damit ist aber für den Beschwerdeführer praktisch nicht viel gewonnen. Der Zonenplan und die andern Vorschriften der Zonenordnung bestehen zu Recht. Insbesondere scheint die Ueberbauung des tiefer gelegenen Grundstückes nach wie vor ausgeschlossen, da der Gemeinderat auf Grund des Absatzes 3 von § 1 der Zonenordnung, welche Vorschrift vom Beschwerdeführer nicht angefochten wurde, den Wasser- und Kanalisationsanschluss für Bauten ausserhalb des Baugebietes verweigern muss. Die Realisierung der grundsätzlich bestehenden Baufreiheit wäre nur möglich, wenn der Bauherr ohne Inanspruchnahme der Gemeindeanlagen selbst für das erforderliche Wasser (Quelle) und für die unschädliche Beseitigung des anfallenden Abwassers (Grube für landwirtschaftliche Verwertung) sorgen würde. Eine solche Selbstsorge ist mit derartigen Kosten und Unzukömmlichkeiten

¹⁾ SBZ 1951, Nr. 4, S. 39, und «Plan» 1950, S. 176 ff.

²⁾ Entscheidungen des Bundesgerichtes 74 I 147 ff.; vgl. SBZ 1949, Nr. 6, S. 83.