

# Ergebnisse des 5. Int. Kongresses für Bodenmechanik und Foundationstechnik, Paris 1961: Sektion 1: Bodeneigenschaften und deren Bestimmung

Autor(en): **Huder, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **80 (1962)**

Heft 28

PDF erstellt am: **27.06.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-66190>

## **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.

tiellement ouverte, ce débit est alors diminué de celui absorbé par la turbine.

*Schéma 6: Service simultané de la pompe d'accumulation et de la pompe siphon.* Ce service simultané des deux pompes est possible. Sur fig. 25, ce champ de travail est représenté par le polygone  $B_1 - B_1' - C_1' - C_1$ .

Il est toutefois indiqué d'éviter ce service pour des raisons économiques, car les mêmes observations qu'on a faites plus haut pour le service de la pompe siphon restent valables.

De plus, le rendement de la pompe d'accumulation diminue, puisqu'elle travaille sur un point moins favorable de la caractéristique.

Un autre schéma hydraulique serait possible en cas de panne de la pompe siphon. Dans ce cas, l'eau de Tourtemagne serait turbinée dans le groupe 3, l'alternateur 3 serait connecté sur le moteur 2, et l'eau turbinée refoulée par la pompe d'accumulation à Moiry.

à suivre

## Ergebnisse des 5. Int. Kongresses für Bodenmechanik und Foundationstechnik, Paris 1961

### Sektion 1: Bodeneigenschaften und deren Bestimmung

DK 624.131.4

Von J. Huder, dipl. Ing., Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE), ETH, Zürich

Die Zahl der Beiträge zu diesem Thema beträgt 72, und mit 427 Seiten nimmt es mehr als ein Viertel des von den eingereichten Mitteilungen beanspruchten Raumes in Anspruch. Viele der unterbreiteten Arbeiten befassen sich mit eigentlich physikalischen Untersuchungsmethoden und deren Anwendung auf Böden. Ihre Zahl hat im Vergleich zum Londoner Kongress zugenommen. Das deutet darauf hin, dass das Interesse für ein besseres Verständnis der grundlegenden Eigenschaften der Böden zunimmt. Die grössere Forschungsaktivität kann damit begründet werden, dass eine bessere Korrelation zwischen den im Laboratorium bestimmten Eigenschaften und den Feldmessungen gesucht wird. Ein grosser Teil der Mitteilungen, sei es über die Untersuchungen physikalisch-chemischer Natur oder über die grundlegenden Untersuchungen über Scherfestigkeit und Deformationseigenschaften der Böden, befassen sich direkt mit diesem Problem. Diese allgemeine Tendenz wird auch durch die verschiedenen Konferenzen und Symposien über Bodeneigenschaften unterstrichen, die in den letzten Jahren seit dem Londoner Kongress abgehalten wurden. Leider sind viele der Ergebnisse dieser Konferenzen unbeachtet geblieben, wenigstens scheint es so; vielleicht weil der Umfang der Fachliteratur auch auf diesem eng begrenzten Gebiet bereits ein sehr grosses Ausmass hat. Wer sich intensiv mit einem Problem beschäftigt, kann sich kaum mehr über all das ins Bild setzen, was über das spezielle Gebiet, das er bearbeitet, bekannt ist. Um Doppelspurigkeiten zu vermeiden, ist unbedingt anzuregen, dass die Literaturzusammenfassungen und Bibliographien mehr studiert werden.

Die Beiträge zu dieser Sektion können in 7 Hauptgruppen eingeteilt werden. Die erste Gruppe betrifft das *Vorkommen*, die *Klassifikation* und die *Beschreibung* von Böden. Seit der letzten Konferenz in London, 1957, ist das Studium der Böden auf bekannter Basis mit Berücksichtigung geologischer Faktoren aktiv verfolgt worden, wie z. B. das interessante Symposium über kanadische Bodenarten zeigt. Von grösstem Wert ist es, wenn das gesamte bodenkundliche Wissen für grössere Gebiete, seien es Städte oder Regionen, in der Form von geotechnischen Karten und Rapporten zusammengefasst wird. Diese Arbeiten sind für den Bauingenieur für die ersten Untersuchungen bei Foundationen und Erdarbeiten von grösstem Wert. Ich erinnere hier an das Baugrund-Archiv über das Gebiet der Stadt Zürich, das, von Dr. von Moos angeregt, von der VAWE bearbeitet wird und für viele Arbeiten in Zürich bereits nützliche Dienste leistet.

Es scheint, dass seit dem letzten Kongress keine grosse Entwicklung mehr auf dem Gebiet der Bestimmung und Klassifikation der Böden stattgefunden hat. Die Arbeiten werden überall nach ziemlich standardisierten Methoden ausgeführt, die es erlauben, die gesammelten Angaben auf rationaler Grundlage zu vergleichen. Diese Standardisierung der Untersuchungsmethoden hat natürlich das Auffinden von zuverlässigen Korrelationen zwischen primären Bodeneigenschaften und dem hauptsächlich hydraulischen und mechanischen Verhalten der Böden wesentlich erleichtert und gefördert.

*Skempton 1/61* gibt einen wichtigen Beitrag über die Ruhedruckziffer und die wahrscheinliche geotechnische Geschichte des über-konsolidierten Londoner Tones. Anlass zu dieser Untersuchung gab eine Rutschung beim Aushub einer Baugrube. Bis zur Aushubtiefe wurde festgestellt, dass der Kapillardruck an ungestörten Proben etwa das Doppelte der effektiven vertikalen Ueberlast beträgt, und daraus wird die Ruhedruckziffer mit rd. 2,5 gefolgert. Dieser Wert entspricht dem passiven Erddruck in der gleichen Zone und stimmt mit den Werten überein, die aus der Stabilitätsanalyse gewonnen wurden. Mit der Voraussetzung, dass die Porenwasserdruck-Koeffizienten für den Ton mit der Tiefe konstant bleiben, scheint es, dass das geschätzte Verhältnis zwischen Kapillardruck, bezogen auf die Ueberlagerung, und der entsprechenden Ruhedruckziffer mit der Tiefe abnimmt.

*Schultze und Kotzios 1/57* haben die geotechnischen Eigenschaften von normal konsolidiertem Rheinsilt untersucht und verschiedene Klassifikationseigenschaften mit den Kompressibilitätseigenschaften des Bodens in Zusammenhang gebracht, so dass die wahrscheinliche Grösse der Setzungen unter normalen Bedingungen ohne zusätzliche Untersuchungen abgeschätzt werden kann.

*Morse u. Thorburn 1/44* haben durch quantitative Messungen untersucht, wie genau die pedologischen Bodenkarten sind. Sie haben dies nach der Wahrscheinlichkeitstheorie an fünf verschiedenen Orten durchgeführt. Die Variationsgrenzen des Plastizitätsindex und des Tongehaltes sind dabei bestimmt worden. Sie zeigen, dass Böden, die aus Löss entstanden sind, viel gleichmässiger sind als Flussablagerungen. Die erhaltenen Daten zeigen auch, dass zwischen den Kartierungsangaben und den gefundenen Resultaten bedeutende Unterschiede bestehen.

*Tornbull u. Knight 1/64* geben die Resultate einer Bodenklassifikation, die an Bodenproben einer 30 cm dicken Oberflächenschicht aus 100 verschiedenen Stellen der Vereinigten Staaten entnommen wurden. Zweck der Untersuchung war, herauszufinden, welche Böden in der nassen Periode noch befahrbar seien. Das Ergebnis lautet, dass in regenreichen Regionen der grösste Feldwassergehalt bei Tonen zu finden ist und bei Silt abnimmt, um bei sandigen Böden ein Minimum zu bilden. Die Verfasser haben an den Proben die Festigkeit im ungestörten und gestörten Zustand gemessen. Trotz der grossen Variationsbreite der Bodeneigenschaften der untersuchten Proben gibt die Analyse der Autoren eine wertvolle erste Approximation der einzelnen Parameter in Abhängigkeit von der Bodenzusammensetzung.

*H. U. Scherrer 1/55* versuchte, eine Beziehung zwischen dem statischen Konusversuch an gestörten Proben und den Atterberg-Grenzen zu finden. Die relativ grosse Streuung seiner Resultate zeigt jedoch, dass die Methode im jetzigen Stadium noch nicht allgemein anwendbar ist.

*Karlsson 1/29* dagegen scheint eine etwas mehr versprechende Korrelation zwischen den Atterberg-Grenzen und dem schwedischen Standard-Fallkonus zu finden.

Zum rein theoretischen Teil gehören die Untersuchungen über idealisierte, aus gleichen Kugeln bestehende Locker-

gesteine. *Kallstenius u. Bergau* 1/28 haben die Strukturen, die durch einzeln fallende Kugeln gebildet werden, untersucht. Sowohl die Theorie wie die Versuchsergebnisse zeigen, dass sich dabei eine Kettenstruktur mit einer Packungsdichte von rd. 0,5 im Massenzentrum bildet, die aber anisotrop ist. In der Nähe starrer Ränder wird die Packung über verschiedene Schichten hinweg gestört.

Wir kommen damit zu den *physikalisch-chemischen Eigenschaften*. Die grundlegenden Bodeneigenschaften und insbesondere die Zusammensetzung der Boden-Wasser-Systeme sind auf der Basis der Bodenphysik und Kolloidchemie untersucht worden. Das ständig grösser werdende Interesse der Ingenieure für die grundlegenden Erscheinungen und für die Forschungen auf diesem Gebiet zeigt sich auch bei dem Erfolg folgender drei Symposien: 1. «Wasser und sein Durchfluss durch den Boden», 1958, 2. das «Symposium über physikalisch-chemische Eigenschaften der Böden» im Jahre 1959 und 3. die Konferenz über «Wasserdruck im Boden», 1960. Diese neuen Untersuchungen auf dem Gebiete der Bodenmechanik sind nicht nur für den Forschungsingenieur interessant, sondern auch für den Praktiker eine grosse Hilfe, indem sie ihm bessere Erkenntnisse über das hydraulische und mechanische Verhalten der Böden unter verschiedenen Bedingungen vermitteln. Unter anderem werden damit alle Veränderungen der Bodeneigenschaften durch chemische Einwirkungen, wie es bei der Bodenstabilisierung der Fall ist, oder physikalische Effekte, wie sie bei der Elektroosmose auftreten, erst verständlich. Trotz der grossen Arbeit, die auf diesem Gebiet bereits geleistet wurde, zeigt es sich, dass das prinzipielle Verhalten der Böden noch zu wenig bekannt ist, oder dass die theoretischen Erkenntnisse noch nicht genügen, um sämtliche praktischen Anwendungen der Methoden restlos zu erklären.

Ueber Bodenstabilisierung haben *Houm und Rosenqvist* 1/45 interessante Versuche an künstlich sedimentierten, konsolidierten Illiten und Montmorilloniten durchgeführt. Sie haben dabei den Einfluss verschiedener Elektrolyte auf die mechanischen Eigenschaften dieser Tone untersucht. Der Austausch der Natriumionen durch Kaliumionen erhöht bei beiden Arten von Tonmaterialien, bei praktisch unverändertem Wassergehalt, die ungestörte Scherfestigkeit. Demgegenüber nimmt die gestörte Scherfestigkeit für Illit zu und bei den Montmorilloniten ab. Es sieht so aus, als ob die Sensitivität des Illites durch den Ionenaustausch verkleinert werden könnte, während jene des Montmorillonites vergrössert würde. Diese Erscheinung entspricht auch dem, was in Natur an sensitiven Tönen festgestellt wird. Ionenaustausch wird auch durch *Keil u. Striegler* 1/30 untersucht, die über die Eigenschaften von Silten und Sanden berichten, denen hydratisierende Chemikalien zugegeben wurden. Die Scherfestigkeit der behandelten Böden wird vergrössert, auch wenn die Wassergehalte die ursprünglichen Fließsgrenzen überschreiten.

Die Einwirkung verschiedener physikalisch-chemischer Prozesse auf die Festigkeit der Böden wird weiter von *Denisov* 1/12 untersucht, der eine Zunahme der Scherfestigkeit nicht bindiger Böden findet, die auf die Bildung eines zementierenden Gels an den Kontaktzonen zurückgeführt werden kann. Diese Untersuchung wurde mit Vibrationsmethoden durchgeführt. *Lambe* 1/35 hat verschiedene Probleme im Zusammenhang mit der mechanischen Verdichtung von Böden untersucht. Er gibt Resultate von Verdichtungstesten an siltigen Tönen wieder, bei denen die Rest-Porenwasserspannungen bei verschiedenen Anmachwassergehalten und Versuchsbedingungen nach einem neuen System gemessen wurden. *Wallays* 1/67 hat den Einfluss von Mischdauer, Mischgeschwindigkeit und Mischart auf die Eigenschaften von Ton-Zement-Injektionsmassen untersucht. Er leitet daraus die optimale Kombination dieser Faktoren für verschiedene Gemische ab. Im Falle einer Bentonit-Zement-Injektionsmasse findet er, dass der Wasserüberschuss nach der Mischung am kleinsten ist, wenn die Mischgeschwindigkeit und die Anfangsmischdauer am grössten sind. Für reine Zementinjektionsmassen gilt das Umgekehrte. Schlüssige Angaben über die Viskosität konnte er nicht ermitteln. Die mecha-

nische Festigkeit einer Bentonit-Zement-Mischung, gemessen mit der Konusmethode nach einem Tag, ist ebenfalls am grössten bei grösster Mischgeschwindigkeit und Mischdauer.

Ueber das Bodenwasser und die Quelleigenschaften der Böden sind drei Arbeiten zu nennen. *Martino* 1/40 diskutiert den Mechanismus der freien Wasserfilme und ihrer Wirkung auf die Spannungen der Bodenteilchen. *Nerpin u. Derjaguin* 1/47 untersuchen ebenfalls die Wirkung der Oberflächenspannung auf die Kräfte in den Kontaktzonen zwischen den Bodenteilchen. Die theoretischen Ueberlegungen werden auch benutzt, um die Kompressibilitäts- und Durchlässigkeitseigenschaften der Tonböden zu deuten. Bei beiden Arbeiten fehlt die experimentelle Bestätigung. *Ladd u. Lambe* 1/34 veröffentlichen die Resultate der Klassifikation von zehn quellbaren Tonböden und geben die Messungen der Quellungsgrösse und des Quellungsdruckes der verdichteten Materialien. Die Versuchsergebnisse zeigen, dass die Grösse der Hebung (Quellung) und der Quellungsdruck bei Konstantvolumen bei gleichem Wassergehalt mit dem Plastizitätsindex der Böden sehr rasch ansteigen. Es wird eine ziemlich gute Korrelation zwischen der Grösse der Quellung und dem Quellungsdruck gefunden und ein Klassifikationssystem vorgeschlagen.

Von den Arbeiten über Elektro-Osmose, Temperaturabhängigkeit der Bodeneigenschaften und Frost ist hauptsächlich die Arbeit von *Dalmator u. Shakhunyants* 1/9 zu erwähnen. Letzterer findet, dass die maximale Adhäsion ungefähr linear von der Temperaturenniedrigung abhängt. Auf Grund seiner Untersuchungen wird der Hebungsdruck auf Fundierungen abgeschätzt. Die Resultate der Abschätzungen stimmen ziemlich gut mit den Feldmessungen überein. Es wird auch gezeigt, wie die Methode auf aktive Schichten in Permafrostzonen angewandt werden kann.

Zum Kapitel *Durchlässigkeit der Böden* ist gegenüber der letzten Konferenz kein grosser Fortschritt zu verzeichnen. Insbesondere die Untersuchung des Durchflusses durch ungesättigte Böden scheint noch erhebliche Arbeit zu verlangen. In das gleiche Kapitel gehört eine interessante Arbeit von *Geuze u. Abbott* 1/20 über Porenwasserspannungsverlauf in Sanden bei zyklischer Veränderung des Wasserstandes. Es wird eine mathematische Methode gezeigt, um Amplitude und Zeitverschiebung des Wasserstandes an jedem Punkt zu bestimmen, sofern man es mit einer harmonischen Aenderung des Wasserspiegels zu tun hat. Die Berechnung wird durch Messungen von Porenwasserspannungen an verschiedenen Punkten in einem Sanddamm bestätigt.

Ueber die *Deformationseigenschaften der Böden* sind hauptsächlich Untersuchungen über die rheologischen Eigenschaften der Böden mittels undräniertes triaxialer Druckversuche gemacht worden. Wenige Arbeiten beziehen sich auf die dränierten Versuche, die aber von grossem Interesse für die Endzustand-Probleme sind. Sowohl theoretische wie experimentelle Arbeiten über die rheologischen Eigenschaften stammen von den Japanern *Murayama u. Shibata* 1/46. Diese zeigen die Korrelation zwischen berechneten Werten und langzeitigen dränierten Triaxialversuchen an ungestörten Bodenproben, mit Messung der Porenwasserspannungen. Es zeigt sich dabei, dass während der Abnahme der Porenwasserspannung unter einer gegebenen Deviatorspannung die beobachteten axialen Deformationen zum grössten Teil durch die Volumenänderung geregelt werden, die der primären Konsolidation entspricht. Nach Abklingen dieser ersten Phase wächst die Deformation in Abhängigkeit vom Logarithmus der Zeit.

*Goldstein* 1/21 diskutiert die Anwendung der Methode der statistischen Mechanik auf die Bodenmechanik. Er zeigt die Resultate von rheologischen Untersuchungen, in welchen die elastischen Nachwirkungen und das viskose Fließen von Tonböden mittels undränierten triaxialen Druckversuchen untersucht wurden. Die theoretische Methode wird mit Feldmessungen und Modellversuchen in einer Zentrifuge geprüft. *Menard* 1/42 gibt wichtige «in situ-Messungen» wieder. Er bestimmt im Felde mittels der bekannten Menard-Druckdose, die in Bohrlöcher eingeführt werden kann, die Deforma-

tionseigenschaften der Böden. Die Druck-Deformations-Diagramme vermitteln Angaben über die Grösse der Vorbelastung der Böden und über den Elastizitätsmodul. Ueber der Elastizitätsgrenze, die ungefähr der Hälfte der Bruchfestigkeit entspricht, nehmen die Kriecherscheinungen rasch zu. *Davydov* 1/11 behandelt die Theorie der Vibration in einem Lockergestein im elastisch-plastischen Gebiet bei kurzzeitiger Belastung. Er benützt die Charakteristiken-Methode und gibt eine halb-graphische Lösungsmethode für zwei Typen von dynamischen Belastungen.

Ueber *Setzungen* sind drei theoretische Arbeiten von *Brinch-Hansen* 1/23, dann *Tjonk-Kie* 1/63 und *Alpan* 1/1 zu nennen. In allen drei Fällen werden keine Versuchsergebnisse zur Bestätigung der theoretischen Ergebnisse geboten. Rein experimentelle Arbeiten liefern *Escarro u. Uriel* 1/14. *Schultze u. Moussa* 1/58 geben eine grosse Serie von Konsolidationsversuchen mit Sanden von verschiedener Kornverteilung und Dichte wieder. Die Versuchsergebnisse für trockene, saubere Sande zeigen, dass der Logarithmus der Deformation mit dem Logarithmus der Belastung wächst, und dass die Parameter der Spannungs-Deformationskurven und die entsprechenden Kompressibilitäten vom Porenvolumen im natürlichen, losesten und dichtesten Zustand abhängen. Die Setzungseigenschaften solcher Böden können dabei direkt abgeleitet werden. *Florin u. Ivanov* 1/18 haben eine interessante Untersuchung über den Prozess der Verflüssigung und nachträglichen Wiederkonsolidierung gesättigter sandiger Böden gemacht. Laboratoriumsversuche an losen Sanden, die durch Schlag verflüssigt werden, zeigen, dass die Konsolidation mit der untersten Schicht beginnt und dass die Grenze zwischen verflüssigtem und konsolidiertem Material langsam gegen die Oberfläche hin wandert. Wenn der Sand durch kontinuierliche Vibration verflüssigt wird, so schreitet die Verflüssigung von oben nach unten fort; die nachfolgende Wiederkonsolidation ist ähnlich derjenigen, die nach Verflüssigung durch Schlag eintritt. Die notwendige Zeit für die Verflüssigung wird kleiner bei grosser Ueberlagerung. Bei durchlässigen Böden beginnt die Konsolidation gleichzeitig im oberen und unteren Teil einer Schicht. Die Autoren beschreiben eine interessante Methode, um die Möglichkeit der Verflüssigung eines Bodens im Felde durch Standard-Sprennungen zu prüfen.

Seit der Londoner Konferenz hat das M. I. T. und die A. S. C. E. je ein Symposium über *Scherfestigkeit* abgehalten. Obwohl verschiedenste, auch komplizierte Bruchkriterien für die Böden vorgeschlagen wurden, ist das meist verwendete jenes, das auf der effektiven Scherfestigkeit nach der Coulomb'schen Gleichung beruht. Die Scherfestigkeit wird mit Porenvolumen, Porenwasserdruck- und Volumänderungseigenschaften der Böden in Zusammenhang gebracht. Die undrännierte Scherfestigkeit, ausgedrückt als Totalspannung, ist begrenzt auf Dauerzustandsprobleme und nur in völlig gesättigten, ungestörten Tonböden anwendbar. Die Schätzungen der Porenwasserspannungen für die Berechnungen werden im allgemeinen aus den Resultaten der Laboratoriumsversuche beim grössten Deviator abgeleitet. Da aber Feldbedingungen durch die Laborbedingungen nur vereinfacht wiedergegeben werden können, ist es immer notwendig, Feldkontrollen durchzuführen. Der grösste Teil der Untersuchungen über Scherfestigkeit wird mit Triaxialapparaten durchgeführt, unter den verschiedensten Belastungs- und Dränierungsbedingungen, mit Messungen der Porenwasserspannungen oder Volumänderungen. Für dränierete Versuche wird die Scherbüchse immer noch angewandt. Die bis jetzt und auch die hier wiedergegebenen Berichte befassen sich meistens mit Festigkeiten bei relativ kurzzeitiger Belastung. Die Scherfestigkeitseigenschaften der Böden im dränierten Zustand und bei langfristigen Belastungen (Kriecherscheinungen, Ermüdungserscheinungen) sind im Laboratorium noch nicht genügend untersucht worden. Die Auswirkungen der Richtung der Hauptspannung auf die Scherfestigkeit verschiedener Arten von Böden unter den verschiedensten Belastungs- und Dränierungseigenschaften sind ebenfalls noch nicht untersucht, trotz ihrer Bedeutung für die Lösung von Ingenieurproblemen.

Mit der theoretischen Untersuchung der Scherfestigkeit befassen sich zehn Arbeiten, die teils mit Modellversuchen oder praktischen Untersuchungen verglichen werden. Die praktische Untersuchung der Scherfestigkeit wird ebenfalls in zehn Arbeiten gezeigt. Unter den wichtigsten zitieren wir die Arbeit von *L. Bjerrum* über normal konsolidierte, hochsensitive Tone kleiner Plastizität.

Ueber die Bestimmung des Winkels der Scherfestigkeit an normal konsolidierten, gestörten Bodenproben sind zwei Arbeiten erschienen, die versuchen, die Bodeneigenschaften aus der Untersuchung einer einzelnen Bodenprobe zu gewinnen. Es handelt sich um die Arbeiten von *Kirwan u. Daniels* 1/33 und *Kenmen u. Watson* 1/32. Die erstere der beiden Arbeiten bestätigt Resultate, die an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau erhalten wurden. Eine Arbeit von *Bjerrum* und Mitarbeitern 1/5 gibt sehr interessante Resultate über feine Sande, für die der Winkel der Scherfestigkeit rasch absinkt, wenn die Porosität einen kritischen Wert überschreitet. Es werden Werte von  $19^\circ$  in dränierten Versuchen und von nur  $11^\circ$  in undrännierten Versuchen gemessen. Die hohen Porenwasserspannungszunahmen erlauben eine nur teilweise Mobilisierung der Reibung im losen Sand. Die hohen Porenwasserspannungsparameter und die kleinen Verhältnisse von undrännierter Scherfestigkeit zu effektivem Konsolidationsdruck sind ähnlich den Erscheinungen, die an hoch sensitiven Tonen niedriger Plastizität gemessen wurden.

Unter den *apparativen Methoden* ist hauptsächlich die neue, von *Whitman* 1/69 entwickelte Porenwasserspannungsdose zu erwähnen, die auch rasche Porenwasserspannungsänderungen elektrisch zu messen erlaubt.

#### Schlussfolgerungen

Die 72 Berichte über Bodeneigenschaften und deren Messungen, die in dieser Sektion eingereicht wurden, bestreichen eine weite Spanne von Themen, die nur schwierig gruppiert werden können. Es ist zur Hauptsache die Scherfestigkeit der Böden, die behandelt wird. Die theoretischen Probleme, die mit den Bruch-Kriterien und Versuchsbedingungen in Zusammenhang stehen, sind am meisten diskutiert worden. Der grösste Teil der Laboratoriumsuntersuchungen wird heute mit dem triaxialen Apparat durchgeführt. Die 1957 erstmals gezeigten Verbesserungen der Konsolidations- und Triaxialapparate haben sich verallgemeinert, und es scheint sich eine Standardtechnik zu entwickeln. In Zukunft wird es besonders wichtig sein, dass man beginnt, zwischen den Streuungen, die durch Inhomogenitäten des Materials verursacht werden und den Streuungen, die direkt mit der Messmethode zusammenhängen, zu unterscheiden. Diese Trennung ist leider nicht bei allen Berichten klar durchgeführt.

### Astbestzementrohre mit unwahrscheinlich kleinen Strömungswiderständen DK 621.643.257

Im Oktoberheft vom Jahre 1961 der «ac, Internationale Asbestzement-Revue» (Verlag Girsberger, Zürich) wird die Anwendung von Asbestzement in Einfamilienhäusern gezeigt. Eine dieser Anwendungen besteht darin, dass runde Asbestzementkanäle als Ringleitung im Boden nicht unterkellerten Häuser für die Warmluftheizung verlegt werden. In diesem Zusammenhang wird auf Seite 24 über Messungen des Luftwiderstandes an runden Asbestzementleitungen berichtet, welche im Versuchsinstitut der Johns-Manville Corporation — also jener amerikanischen Firma, welche diese Rohre herstellt — vorgenommen und erstmals im «ASHRAE-Journal» vom Oktober 1960 veröffentlicht wurden. Die Autoren behaupten, experimentell nachgewiesen zu haben, dass der Strömungswiderstand in Asbestzementrohren dank der glatten Innenwand und den günstigen Stössen rund 30 % kleiner sei als in üblichen Lüftungsleitungen aus galvanisiertem Eisenblech (Bild 1, dem zitierten Aufsatz in «ac» entnommen).

Ermittelt man aus diesen Messdaten unter der Voraussetzung, dass sie für Normluft ( $\gamma = 1,2 \text{ kg/m}^3$ ) gelten, den Widerstandskoeffizienten  $\lambda$  und die Re-Zahl, so können sie