

# **Die Entnahme von ungestörten Bodenproben**

Von J. Huder und M. Groebli, dipl. Ing. ETH, Zürich

# MITTEILUNGEN DER VERSUCHSANSTALT FÜR WASSERBAU UND ERDBAU

Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

Herausgegeben von Prof. G. Schnitter

Nr.		Fr.
1	1942 Dr. sc. techn. Anwar Khafagi vergriffen <b>Der Venturikanal (Theorie und Anwendung)</b> . . . . .	8.75
2	1942 Dr. sc. techn. R. Haefeli <b>Spannungs- und Plastizitäts-Erscheinungen der Schneedecke</b> unter bes. Berücksichtigung der Schneedruckberechnung und verwandter Probleme der Erdbauforschung . .	5.95
3	1943 Dr. sc. techn. Erwin Hoeck <b>Druckverluste in Druckleitungen großer Kraftwerke.</b> Bericht über die Arbeiten der Druckverlustkommission des S. I. A. . . . .	10.40
4	1944 Dr. sc. techn. R. Müller vergriffen <b>Theoretische Grundlagen der Fluß- und Wildbachverbauungen.</b> . . . . .	12.50
5	1944 Dr. sc. techn. R. Müller vergriffen <b>Experimentelle und theoretische Untersuchungen über das Kolkproblem</b> . . .	} 10.20
	Dr. sc. techn. Willy Eggenberger <b>Kolkbildung bei Überfall und Unterströmen</b> . . . . .	
6	1944 Dr. ès sc. techn. Charles Jaeger vergriffen <b>De la stabilité des chambres d'équilibre et des systèmes de chambres d'équilibre</b>	2.10
7	1944 Dr. sc. techn. R. Haefeli vergriffen <b>Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung</b> . . . . .	3.10
8	1944 Dr. sc. techn. R. Haefeli und Dipl. Ing. W. Schaad vergriffen <b>Setzungen infolge Senkung, Schwankung und Strömung des Grundwassers</b> . . .	3.75
9	1945 Dr. sc. techn. R. Haefeli vergriffen <b>Zur Erd- und Kriechdrucktheorie.</b> Mit einer Anwendung auf den Castieler Viadukt der Linie Chur-Arosa der Rhät. Bahn . . . . .	3.10
10	1946 Dr. A. von Moos, Geologe vergriffen <b>Der Einfluß des Unterbaues auf Schäden im Straßenbau.</b> . . . . .	} 4.15
	Dr. A. von Moos, Geologe, und P.-D. Dr. Rolf F. Rutsch, Geologe <b>Über einen durch Gefügestörung verursachten Seeufereinbruch (Gerzensee, Kt. Bern)</b> . . . . .	
11	1946 Dr. sc. techn. R. Haefeli und Dipl. Ing. Ch. Schaerer <b>Der Triaxialapparat.</b> Ein Instrument der Boden- und Eismechanik zur Prüfung von Verformungs- und Bruchzuständen . . . . .	5.95
12	1947 Dipl. Ing. C. Mohr, Dr. sc. techn. R. Haefeli, Dipl. Ing. L. Meisser, Fr. Waltz und Dipl. Ing. W. Schaad vergriffen <b>Umbau der Landquartbrücke der Rhätischen Bahn in Klosters</b> . . . . .	5.20
13	1947 Dr. ès sc. techn. Charles Jaeger <b>Remarques sur les nappes souterraines en régime permanent</b> . . . . .	} 5.20
	Dipl. Ing. W. Schaad und Dr. sc. techn. R. Haefeli <b>Elektrokinetische Erscheinungen und ihre Anwendung in der Bodenmechanik</b> .	
14	1948 Prof. Dr. R. Haefeli und Dipl. Ing. W. Schaad vergriffen <b>Erdbauliche Methoden zur Dimensionierung der Pisten beim Bau des Flughafens Kloten</b> . . . . .	} 4.15
	Dr. A. von Moos, Geologe und Prof. Dr. R. Haefeli <b>Die Arbeiten der Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich</b> . . . . .	
	Dr. A. von Moos und Dipl. Ing. L. Bjerrum <b>Erdbaumechanik und Geologie</b> . . . . .	
15	1948 Prof. Dr. R. Haefeli und Dipl. Ing. P. Kasser <b>Beobachtungen im Firn- und Ablationsgebiet des großen Aletschgletschers.</b> . . .	} 6.25
	Dr. A. von Moos, Geologe <b>Setzungsmessungen 1887 bis 1944 und Baugrund im Rutschgebiet von Zug</b> . . . . .	
16	1949 Prof. Dr. E. Meyer-Peter und Prof. Dr. R. Müller, Zürich vergriffen <b>Eine Formel zur Berechnung des Geschiebetriebes</b> . . . . .	2.10
17	1949 Prof. Dr. R. Haefeli und Dipl. Ing. G. Amberg <b>Struktur- und Schwinduntersuchungen an Ziegeleitonem</b> . . . . .	6.25
18	1949 P.-D. Dr. A. von Moos, Geologe, Zürich <b>Der Baugrund der Stadt Zürich</b> . . . . .	3.75

# Die Entnahme von ungestörten Bodenproben

Von J. Huder und M. Groebli, dipl. Ingenieure  
an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Zürich.

Mit der Zunahme der überbauten Bodenfläche ist man heute vermehrt darauf angewiesen, auch auf schlechtem Untergrund zu bauen. Zudem verursachen heute Neubauten oft beträchtliche Bodenpressungen, so daß Setzungs- und Stabilitätsuntersuchungen immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Die heutige Labortechnik erlaubt eine genügend genaue Bestimmung der Bodenkennziffern. Während für die allgemeine Klassifikation des Bodens auch gestörte Proben ausreichen, erfordern die für Setzungs- und Stabilitätsberechnungen nötigen Festigkeitswerte ungestörte Bodenproben. Relativ kleine und äußerlich gar nicht als solche zu erkennende Probenstörungen führen hier schon zu stark verfälschten Versuchsergebnissen, so daß der wirklich ungestörten Entnahme der Proben eine maßgebende Bedeutung zukommt. Hier lagen bisher die Hauptschwierigkeiten bei all diesen Untersuchungen.

Im folgenden soll nun ein Probenentnahmegesetz beschrieben werden, das seit 1956 in der Schweiz im Einsatz steht und mit dem auch in weichen, strukturfempfindlichen Böden (Seekreide) wirklich ungestörte Proben gewonnen werden können.

## I. Prinzipielles

Bereits 1923 entwickelte der Schwede Olsson ein erstes Kolbenentnahmegesetz, das Prinzip vermochte sich jedoch nur langsam durchzusetzen. Heute existiert eine ganze Anzahl solcher Geräte, denn es hat sich gezeigt, daß dieses System in bindigen Böden die beste praktisch anwendbare Lösung darstellt. 1956 wurde erstmalig ein vom Norwegischen Geotechnischen Institut entwickeltes Kolbengerät in der Schweiz eingesetzt; heute sind bei uns mehrere Bohrfirmen mit derartigen Geräten ausgerüstet.

### 1. Prinzipieller Aufbau des Kolbenentnahmegesetzes

Der Aufbau ist aus der Prinzipskizze (Abb. 1) ersichtlich. Die vorne durch einen Kolben ④ mit Dichtung verschlossene und austauschbare Entnahmebüchse ③ wird durch ein konzentrisches Doppelgestänge ① und ② bis in die erforderliche Entnahmetiefe gebracht. Dies ist in vielen Fällen ohne Verrohrung und in weichen Böden sogar ohne Vorbohren möglich, weil der Kolben das Eindringen von unerwünschtem Material verhindert.

Während nun der Kolben durch das innere Gestänge ② in seiner Höhenlage festgehalten wird, preßt man die Entnahmebüchse über das äußere Gestänge ① in den Untergrund. Hier sorgt nun der feststehende Kolben dafür, daß die Probe keine Längenänderung erleidet.

Nach beendetem Vortreiben der Entnahmebüchse wird diese wieder mit dem Kolben verbunden und das Gerät so an die Oberfläche gehoben. Die Kolbendichtung verhindert dabei ein Herausfallen der Probe. Die Bodenprobe bleibt bis zur Untersuchung im Laboratorium in der Entnahmebüchse, welche vom Gerät gelöst und für

den Transport luftdicht verschlossen wird. Kolben und Gestänge werden mit einer neuen Büchse versehen und stehen so zur nächsten Entnahme bereit.

### 2. Störungen, die durch dieses Gerät vermieden werden

Die hauptsächlichsten Probestörungen, welche durch die herkömmlichen Entnahmegesetze verursacht werden, sind folgende:

a) Änderungen von Struktur, Volumen und Wassergehalt der Probe, die vor, während und nach der Entnahme auf-

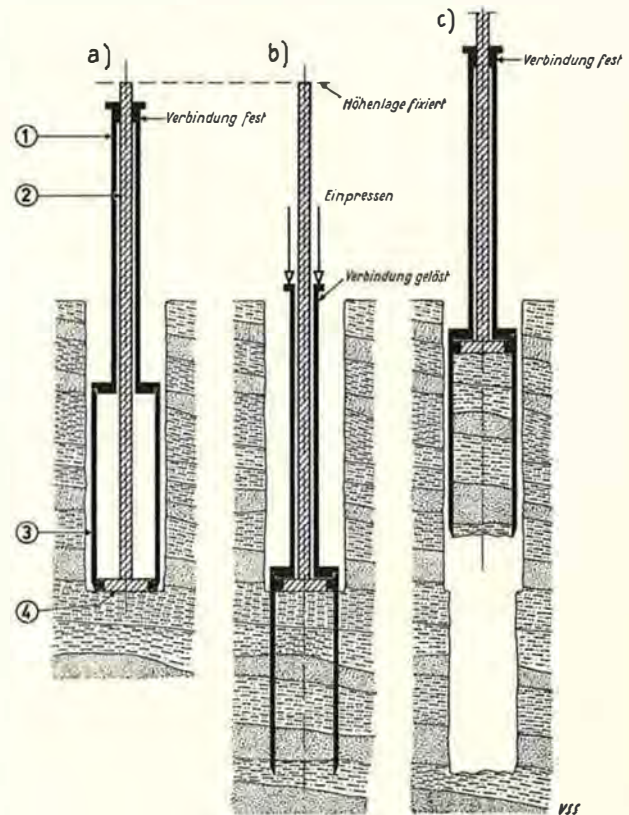


Abb. 1. Prinzip des Kolbenentnahmegesetzes; a) vor, b) bei und c) nach Entnahme.

treten können. Störungen vor der Entnahme beschränken sich auf die oberste Zone der Probe und werden durch das Vortreiben der Verrohrung und des Entnahmegesetzes verursacht. Nach der Entnahme treten beim Trennen der Probe vom Untergrund Störungen an der untersten Zone auf. Für Festigkeitsuntersuchungen wird man daher nur das Mittelstück benutzen. Es besteht daher die Tendenz, möglichst lange Proben zu entnehmen, um einen großen ungestörten Mittelteil zu erhalten.

Auch an diesem Mittelteil können Störungen auftreten. Durch die Mantelreibung der Probe am Rohrinne entstehen im Längsschnitt Aufwölbungen; im Querschnitt sind sie deutlich als konzentrische Kreise zu erkennen (Abb. 2). Unangenehmer sind die reinen



Abb. 2. Gestörte Probe, Aufwölbung infolge Mantelreibung. Oben Längsschnitt, rechts Querschnitt, etwa Zweidrittel der natürlichen Größe (Photo E. Brügger).



Beim neuen Entnahmegerät werden die beiden ersten Störungsarten, nämlich die Strukturänderung und die Durchmischung, durch seine zweckmäßige Konstruktion ausgeschaltet. Der Kolben verhindert in seiner vordersten Stellung vorerst ein Eindringen von unerwünschtem Material in die Entnahmebüchse und erlaubt in weichen Böden, ohne Bohrloch, das Gerät in die gewünschte Entnahmetiefe zu pressen. Während der Entnahme sorgt der in seiner Höhenlage festgehaltene Kolben dafür, daß sich die Probenhöhe nicht verändern kann. Beim Herausziehen des Gerätes verhindert der Kolben das Herausfallen der Probe aus der Büchse.

Verzerrungen in der Probenhöhe, da sie sich kaum direkt erkennen lassen. Mit einer Höhenänderung ändern sich auch Struktur und Wassergehalt der Probe, und damit werden die Festigkeitseigenschaften verfälscht (Abb. 3).

Die auswechselbaren Entnahmebüchsen, die gleichzeitig als Transportbehälter dienen, besitzen einen Eintrittsdurchmesser, der etwas kleiner als der Rohrrinnendurchmesser ist. Dadurch reduziert sich die Mantelreibung der Probe beträchtlich, und Aufwölbungen können vermieden werden. Die optimale Erweiterung

*b) Durchmischungen:* Wenn die Eintrittsöffnung des Entnahmegerätes nicht verschlossen werden kann, gelangt bei unverrohrten oder schlecht gereinigten verrohrten Bohrungen Material in die Entnahmebüchse, das gar nicht aus der zu untersuchenden Schicht stammt. Solche Durchmischungen können auch bei Grundbruchserscheinungen am unteren Ende der Verrohrung auftreten. In all diesen Fällen ist die Probe nicht repräsentativ und somit jede Untersuchung zwecklos.



Es besteht aber auch die Möglichkeit, daß sich das Material erst während der Entnahme in der Büchse durchmischt. Hier ist die gestörte Probe wenigstens repräsentativ, so daß immerhin Klassifikationsuntersuchungen durchgeführt werden können.

Abb. 3. Längsschnitt einer unsachgemäß entnommenen Probe mit starker Durchmischung (Photo E. Brügger)

*c) Einfluß der Korrosion* der Entnahme- und Transportbüchsen auf die Probe: Oft kann festgestellt werden, daß Proben durch Oxydation der Rohre verändert werden. Diese Vorgänge werden noch beschleunigt, wenn Behälter und Abschlußdeckel aus verschiedenen Metallen bestehen.

beträgt etwa 1 %; sie kann je nach Bodenart und Entnahmetiefe etwas variieren.

Um lokale Störungen im Bereiche der Schneide zu vermeiden, sollen die Entnahmerohre möglichst dünnwandig sein. Nach Hvorslev soll der Querschnittsfaktor

$$C_a = \frac{\text{Büchsengesamtquerschnitt} - \text{Eintrittsquerschnitt}}{\text{Eintrittsquerschnitt}}$$

10–15 % nicht übersteigen. Die Schneiden müssen so spitz ausgebildet sein, daß das Material vorwiegend nach der Seite und nicht nach vorn verdrängt wird.

Abb. 4 veranschaulicht den Einfluß von Wandstärke und Schneidenform am Modellversuch. Links wurde eine dickwandige Entnahmebüchse eingepreßt. Die ursprünglich parallelen Zeugen lassen deutlich eine Störungszone erkennen, die bis etwa auf den zweifachen Durchmesser unter die Schneide reicht. Gleichzeitig wurde die Probe beträchtlich gestaucht. Noch auffälliger

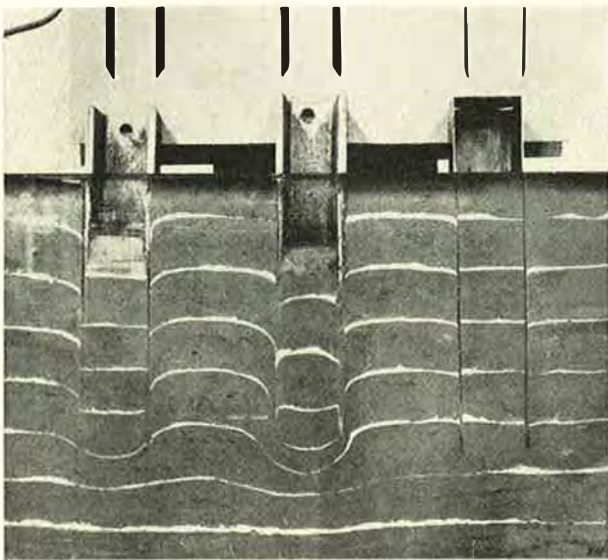


Abb. 4. Modellversuch über den Einfluß von Wandstärke und Schneidenform der Entnahmebüchse.

sind die Störungen in Bildmitte; es zeigen sich deutliche Aufwölbungen der Probe. Die Ausbildung der Schneide entspricht hier einer Stanzbüchse (Schappe), wie sie zum Reinigen der Bohrlöcher verwendet wird. Auch hier reichen die Störungen bis weit unter die Schneide. Die dünnwandige Entnahmebüchse rechts, die zudem eine verengte Schneide besitzt, verursacht keinerlei feststellbare Veränderungen. Der Einpreßvorgang sollte nicht zu schnell und vor allem möglichst gleichmäßig vor sich gehen.

Bei Verwendung von Entnahmebüchsen aus rostfreiem Stahl können Korrosionserscheinungen vermieden werden; die ständig glatte Oberfläche hilft mit, die Mantelreibung klein zu halten.

### 3. Änderungen des Spannungszustandes

Im Boden befindet sich die Probe in einem bestimmten Spannungszustand. Beim Vortreiben einer Bohrung oder eines Schachtes, während der Entnahme und beim Ausstoßen der Probe aus der Entnahmebüchse im Labor

tritt eine allmähliche Entlastung des Materials bis auf den Atmosphärendruck ein. Diese Spannungsänderungen lassen sich durch kein Entnahmegesetz vermeiden, sie können jedoch bei gewissen Versuchen durch eine Wiederherstellung des ursprünglichen Spannungszustandes rückgängig gemacht werden. Die Fehler werden damit so gering, daß sie vernachlässigt werden können.

## II. Beschreibung und Handhabung eines Kolbenentnahmegesetztes

Die folgende Beschreibung bezieht sich auf das erste in der Schweiz hergestellte Gerät, das dem 1952 vom Norwegischen Geotechnischen Institut entwickelten Typ entspricht. Die Einrichtung zur Fixierung des Kolbens ist in einem Kopfstück zwischen Entnahmebüchse und Gestänge eingebaut (Abb. 5).

Die auswechselbaren Entnahmebüchsen ⑨ bestehen aus einem rostfreien Stahlrohr von 66 mm Innendurchmesser; die Wandstärke beträgt 2 mm. Zur Verringerung der Mantelreibung wurde der Schneidendurchmesser um 0,5 mm auf 65,5 mm reduziert, der Querschnittsfaktor  $C_a$  errechnet sich somit zu 14 %. Üblicherweise werden Entnahmebüchsen für 800 mm lange Proben verwendet; durch Auswechseln der Stange ⑦ kann der Apparat für beliebige Büchsenlängen verwendet werden. Wenn beschädigte Schneiden nachgedreht werden müssen, erlaubt das Gewinde ④, den Kolben ⑩ in gewissen Grenzen den verschiedenen Büchsenlängen anzupassen.

Der Kolben ist mit einer Gummiringdichtung versehen. Um beim Einpressen des Gerätes eventuelle Steine auf die Seite verdrängen zu können, wird der Kolben vorteilhaft konisch ausgebildet. Das innere Gestänge ② ist in ein Linksgewinde ③ des Gerätekopfes eingeschraubt, damit bleibt der Kolben beim Einpressen vorne fixiert und verschließt die Eintrittsöffnung. Wenn mit der Entnahme begonnen werden soll, wird diese Verbindung durch Drehen des innern Gestänges gelöst. Da sich dabei gleichzeitig auch das Gewinde ④ bewegt, wird der Kolben weder verschoben noch verdreht. Hat sich das innere Gestänge vom Kopfstück gelöst, wird es oben festgeklemmt und gewährt so eine unveränderliche Höhenlage des Kolbens. Dann wird die Entnahmebüchse mit dem äußeren Gestänge ① gleichmäßig in den Untergrund gedrückt, was mit einer Spindel, mit Umlenkrollen und Winde oder mit einer hydraulischen Presse geschehen kann.

Sobald die Büchse gefüllt ist, oder wenn man wegen härteren Schichten mit der für das Gerät zulässigen Belastung von 3 t nicht mehr vorwärts kommt, wird das Gerät zurückgezogen. Eine automatische Klemmvorrichtung ⑥ verhindert in jeder Stellung, daß der von seiner Fixierung wieder gelöste Kolben unter dem Gewicht des inneren Gestänges nach unten gedrückt wird und dabei die soeben entnommene Probe ausstößt. Die Klemmwirkung wird erreicht, indem eine Anzahl von Stahlkugeln durch eine Feder zwischen das Gestänge und einen konischen Sitz gepreßt werden. Diese Einrichtung läßt somit nur eine Aufwärtsbewegung des Kolbens gegenüber der Entnahmebüchse zu. Der durch die Kolbendichtung gewährleistete Unterdruck zwischen

Kolben und Probe sowie die Verengung des Rohres bei der Schneide verhindern den Verlust der Probe beim Heraufziehen des Gerätes.

Durch Drehen der spiralförmigen Scheibe ⑤ werden die Kugeln der Fixiereinrichtung über einen Nocken aus dem konischen Sitz herausgehoben (vgl. auch Abb. 6).

Nach Lösen der drei Schrauben ⑥ kann nun die gefüllte Büchse samt Kolben vom Gerät weggezogen werden. Nun kann auch die Entlüftungsschraube ⑩ gelockert werden; dadurch vermag Luft über der Probe einzudringen, und der Kolben kann nun ohne Schwierigkeiten aus der Büchse herausgezogen werden. Da die Entnahme-

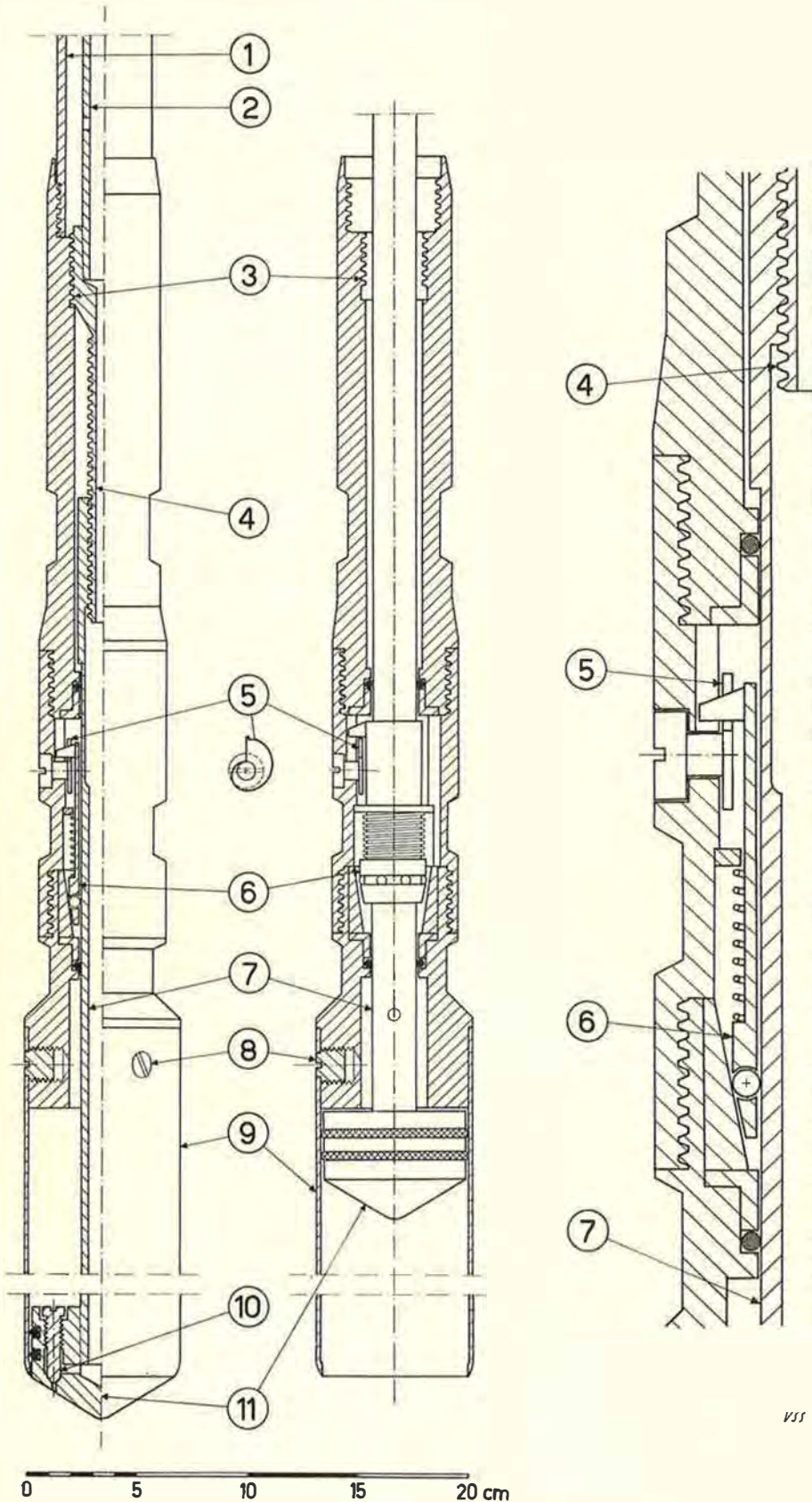


Abb. 5. Schnitt durch ein Kolbenentnahmeggerät. Automatische Klemmvorrichtung links eingeklinkt, rechts gelöst. Daten des Gerätes: Gewicht 12,500 kg, Büchsendurchmesser innen 66mm, außen 70mm, Büchsenlänge 80mm, Gewicht der leeren Büchse 2,1 kg.

büchsen zugleich zum Transport dienen, bringt man die notwendigen Beschriftungen an und vergießt die Proben mit einem Paraffinzapfen.

### III. Schlußbemerkungen

Mit diesem System wurden bis Ende 1958 in der Schweiz gegen 500 ungestörte Bodenproben aus Tiefen bis zu 30 m in den verschiedensten feinkörnigen Bodenarten entnommen. Dabei hat sich gezeigt, daß auch die ungestörte Entnahme der sehr strukturempfindlichen Seekreide möglich ist (Abb. 7). Trotz der durch das doppelte Gestänge bedingten Mehrarbeit lohnt sich die



Abb. 6. Ansicht des Kolbenentnahmegertes. Durch Drehen der Schraube wird die automatische Klemmvorrichtung gelöst (Photo Groebli).

Anwendung dieses Gerätes, da sich folgende Vorteile ergeben:

- Sicherheit gegen das Auftreten von Störungen;
- Probelängen bis zu 1 m sind möglich; dadurch reduziert sich oft die Anzahl der erforderlichen Proben;
- je nach Untergrund kann auf eine Verrohrung verzichtet werden, bei sehr weichen Böden braucht nicht einmal vorgebohrt zu werden.

In kohäsionslosem Sand ist ein Vorgehen nur dann erfolgreich, wenn einzelne horizontale Lehmschichten das benötigte Vakuum aufrechterhalten lassen. Störungen an der Probe traten nur da auf, wo größere Steine in feinkörnigem Material eingelagert waren, oder wo in ganz weichen Seeablagerungen Holzstücke den Eintrittsquerschnitt verengten. In normal gelagerten Lehmen werden Äste und Wurzeln anstandslos durchstanzten.

Die Verfasser danken Herrn Prof. G. Schnitter, Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, für das Interesse, das er dieser Arbeit entgegengebracht hat.

### Literaturverzeichnis

In erster Linie ist hier das immer noch als Standardwerk geltende Buch von M. J. Hvorslev zu erwähnen:

Abb. 7. Mit Kolbenentnahmegert gewonnene ungestörte Seekreideprobe, Länge 70 cm. Trotz sehrstrukturempfindlichem Material bleibt die horizontale Lagerung der Schichtenerhalten. Auch am Rand sind keine Störungen durch Mantelreibung zu erkennen (Photo E. Brügger).



[1] M. Juul, Hvorslev (1949): Subsurface exploration and sampling of soils for civil engineering purposes. Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

Ferner:

- [2] Undisturbed sampling of a clay using vacuum- and piston-type samplers (1950). Technical Memorandum Nr. 3-315, Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.
- [3] E. Schultze und H. Mubs (1950: Bodenuntersuchungen für Ingenieurbauten, Springer-Verlag, Berlin.
- [4] H. Cambefort (1955): Forages et sondages, leur emploi dans les travaux publics, Editions Eyrolles, Paris.
- [5] R. Cbr. Vold (1956): Opptagning of inforstyrrede jordprover. Norges Geotekniske Institutt, Publikasjon Nr. 17, Oslo.





# MITTEILUNGEN DER VERSUCHSANSTALT FÜR WASSERBAU UND ERDBAU

Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

Herausgegeben von Prof. G. Schnitter

Nr.		Fr.
19	1951 P.-D. Dr. Armin von Moos <b>Quellerscheinungen an schweizerischen Molassemergeln</b> . . . . . Prof. Dr. Robert Haefeli <b>Die Zusammendrückbarkeit der Böden</b> . . . . . P.-D. Dr. Armin von Moos <b>Konsistenzgrenzen schweizerischer bindiger Lockergesteine</b> . . . . .	} 6.75
20	1951 Prof. Dr. Robert Haefeli <b>Investigation and Measurements of the Shear Strengths of Saturated Cohesive Soils</b> . . . . . Dipl. Ing. Laurits Bjerrum <b>Fundamental Considerations on the Shear Strength of Soil</b> . . . . . Prof. Dr. Robert Haefeli <b>Some Observations on Glacier Flow</b> . . . . .	} 11.45
21	1952 Prof. Dr. R. Haefeli, Dipl. Ing. G. Amberg und P.-D. Dr. A. von Moos <b>Eine leichte Rammsonde für geotechnische Untersuchungen</b> . . . . . Prof. Dr. R. Haefeli <b>Neuere Entwicklungstendenzen und Probleme des Lawinerverbaues im Anbruchgebiet</b> . . . . .	} 8.—
22	1952 Dipl. Ing. Laurits Bjerrum <b>Künstliche Verdichtung der Böden</b> . . . . .	} 10.40
23	1952 P.-D. Dr. A. von Moos <b>Der Baugrund des schweizerischen Mittellandes</b> . . . . . Prof. Dr. R. Haefeli und Ing. P. Kasser <b>Glaziologische Beobachtungen am Großen Aletschgletscher</b> . . . . .	} 5.80
24	1953 Dipl. Ing. L. Bjerrum und Dipl. Ing. G. Amberg <b>Triaxialapparate und Konsolidationsgerät für erdbaumechanische Probleme</b> Dipl. Ing. L. Bjerrum, Dipl. Ing. H. Huggler und Dipl. Ing. R. Sevaldson <b>Messung der Porenwasserspannungen in Bodenproben während des Schervorganges</b> . . . . .	} 5.20
25	1953 Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Dipl. Ing. A. und H. Oeschger, Prof. Dr. R. Müller, P.-D. Dr. A. von Moos, Prof. Dr. R. Haefeli, Dipl. Ing. L. Bjerrum vergriffen <b>Der Ergänzungsbau der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH in Zürich. — Flußbauliche Studien an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH in Zürich. — Die Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau (VAWE) an der ETH in Zürich. — Porenwasser-Spannungen beim Bau von Erddämmen.</b> . . . . .	} 10.—
26	1953 Prof. Dr. R. Haefeli and Dipl. Ing. J. Zeller <b>Three-dimensional Seepage-tests with viscous Fluids</b> . . . . . Prof. Dr. R. Haefeli, Dipl. Ing. Ch. Schaerer and Dipl. Ing. G. Amberg <b>The Behaviour Under the Influence of Soil Creep Pressure of the Concrete Bridge Built at Klosters by the Rhaetian Railway Company, Switzerland</b> . . . Prof. Dr. R. Haefeli and Ing. H. B. Fehlmann jun. <b>A Combined Penetration Process for the Exploration of the Foundation Soil</b>	} 6.25
27	1953 Ahmed M. Yassin, B. E., M. E., Cairo, Dr. sc. techn., Zurich <b>Mean Roughness Coefficient in Open Channels with Different Roughnesses of Bed and Side Walls</b> . . . . .	} 10.30
28	1953 Dipl. Ing. A. G. Müller und Prof. Dr. R. Haefeli, Zürich <b>Die Zugverankerung im Baugrund unter besonderer Berücksichtigung der Fundationsprobleme des Freileitungsbaues</b>	
29	1953 P.-D. Dr. A. von Moos, Geologe, Zürich <b>Der Baugrund der Schweiz</b>	
30	1954 Prof. Dr. R. Haefeli, Zürich vergriffen <b>Kriechprobleme im Boden, Schnee und Eis</b> Dipl. Ing. P. Kasser, Zürich <b>Ablation und Schwund am Großen Aletschgletscher</b>	
31	1954 Prof. Dr. E. Meyer-Peter, Zurich vergriffen <b>Soil Mechanics and Foundation Problems of the Marmorera Earth Dam (Switzerland)</b> Prof. Dr. R. Haefeli, Zurich <b>Creep Problems in Soils, Snow and Ice</b> Dr. A. von Moos, Zurich <b>The Subsoil of Switzerland</b>	

# MITTEILUNGEN DER VERSUCHSANSTALT FÜR WASSERBAU UND ERDBAU

Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich

Herausgegeben von Prof. G. Schnitter

Nr.

- 32 1954 Prof. Dr. R. Haefeli, Zürich  
vergriffen **Foundationsprobleme des Lawinenverbaues**
- 33 1956 Prof. Dr. R. Müller, Dipl. Ing. V. Caprez und Dipl. Ing. E. Bisaz  
**Modellversuche für Kraftwerkbauten im Wallis, ausgeführt an der Hydraulischen Abteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Zürich**  
Prof. Gerold Schnitter  
**Entwicklungen im schweizerischen Talsperrenbau**  
Prof. Gerold Schnitter  
**Wehrbauten**
- 34 1956 Prof. Dr. R. Müller  
**Wasserfassungen in geschiebeführenden Flüssen**
- 35 1956 Ing. dipl. P. Kasser  
**La répartition des Précipitations des deux côtés d'une arête**  
Ing. dipl. P. Kasser  
**Un totalisateur à cardan placé sur un glacier**  
Dipl. Ing. P. Kasser und Dr. W. Schweizer  
**Voraussage der globalen Sommerabflußmenge der Rhone bei Porte du Scex auf Grund von Winterniederschlag und Winterabfluß**
- 36 1956 Prof. Gerold Schnitter  
**Staudämme**
- 37 1956 Ing. dipl. P. Kasser  
**Sur le Bilan Hydrologique des Bassins Glaciaires avec Application au Grand Glacier d'Aletsch**  
Prof. Dr. R. Haefeli and Dipl. Ing. F. Brentani  
**Observations in a cold ice cap. Part I and II**
- 38 1956 Dipl. Ing. J. Zeller und Dipl. Ing. H. Zeindler  
vergriffen **Vertikale Sanddrains, eine Methode zur Konsolidierung wenig durchlässiger, setzungs-empfindlicher Böden**
- 39 1957 Dipl. Ing. Ch. Schaerer und Dipl. Ing. M. Halder  
**Versuche über mechanische Grabenverdichtung in Einigen/Thun**
- 40 1957 Dr. R. Haefeli, a. Prof. ETH  
**Gletscherschwankung und Gletscherbewegung**  
Ing. dipl. P. Kasser  
**Sur l'indice d'évaporation du Bassin versant alpin de Mattmark**
- 41 1958 Dipl. Ing. J. Zeller  
**Behandlung von Grundwasser-Strömungsproblemen mit Hilfe von Modellversuchen**  
J. Zeller, Ing. dipl.  
**Comparaison de l'efficacité des drains et des tranchées à l'aide d'essais sur modèles**  
A. Preissmann, Dr. math.  
**A propos de la filtration au-dessous des canaux**
- 42 1958 Dipl. Ing. J. Zeller  
**Erdbauliche Untersuchungen für den Staudamm Göschenenalp**  
Prof. G. Schnitter und Dipl. Ing. J. Zeller  
**Sickerströmungen als Folge von Stauspiegelschwankungen in Erddämmen**  
Dipl. Ing. J. Zeller und A. Schneller  
**Einige bodenmechanische Eigenschaften künstlich verdichteter Lockergesteine**
- 43 1958 Prof. G. Schnitter und Dipl. Ing. J. Zeller  
**Geotechnische Untersuchung des Untergrundes für den Staudamm Göschenenalp**
- 44 1959 Dr. F. Balduzzi  
**Experimentelle Untersuchungen über den Bodenfrost**
- 45 1959 Prof. G. Schnitter  
**Aufbau der Straße**
- 46 1959 Dipl. Ing. J. Huder und Dipl. Ing. M. Groebli  
**Die Entnahme von ungestörten Bodenproben**