

Die Geschichte des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Universität Wien

von Heinz Brandl

Das Jubiläum des 100. Geburtstages von Prof. Karl v. TERZAGHI, welches annähernd mit dem 55jährigen Bestehen der Lehrkanzel für Grundbau und Bodenmechanik an der Technischen Universität Wien zusammenfällt, läßt es gerechtfertigt erscheinen, kurz die Geschichte dieses traditionsreichen Institutes zu beleuchten.

Bis zum Jahre 1928 bestanden an der Technischen Hochschule Wien zwei Wasserbaulehrkanzeln. Der Lehrkanzel für Wasserbau II stand bis dahin Prof. R. HALTER vor, welcher in seinen Vorlesungen auch den Grundbau vortrug. Nach seiner Emeritierung wurde hauptsächlich auf Betreiben von Prof. SCHAFFERNAK, der damals die Lehrkanzel für Wasserbau I innehatte, eine Neuaufteilung der Wasserbaufächer vorgenommen.

Dabei wurden die Stau- und Wasserkraftanlagen in die Vorlesung Wasserbau I aufgenommen und das übrige Stoffgebiet auf zwei Lehrkanzeln, Wasserbau II und Wasserbau III, aufgeteilt. Das neue Lehrfach Wasserbau II, wie die spätere Lehrkanzel für Grundbau und Bodenmechanik damals genannt



Abb. 1: Prof. K. TERZAGHI während seiner Wiener Zeit (nach diesem Foto wurde die Sonderbriefmarke gestochen).

Fig. 1: Prof. K. TERZAGHI during his period in Vienna (the special stamp was engraved from this photograph).

History of the Institute for Foundation Engineering and Soil Mechanics at the Vienna Technical University

by Heinz Brandl

The centenary of Prof. Karl v. TERZAGHI's birth, which more or less coincides with the 55th anniversary of the founding of the Chair of Foundation Engineering and Soil Mechanics at the Technical University in Vienna, seems a suitable occasion for briefly illuminating the history of this Institute, with its wealth of tradition.

Until 1928 there were two chairs of hydraulic engineering at the Technical University, with Prof. R. HALTER holding Chair II; he included foundation engineering in the scope of his lectures. After



Abb. 2: Deckblatt des Inventarbuches der einstigen Lehrkanzel für Wasserbau II (und Grundbau), später Grundbau und Bodenmechanik, in welchem alle Neuanschaffungen des Institutes aus den Jahren 1911 bis heute eingetragen sind.

k.k. Technische Hochschule . . . kaiserlich-königliche Technische Hochschule

Fig. 2: Cover page of the inventory of the former Chair of "Hydraulic Engineering II (and Foundation Engineering)", later named "Foundation Engineering and Soil Mechanics", in which all the Institute's acquisitions from the year 1911 to the present day are listed.

k.k. Technische Hochschule . . . Imperial-Royal Technical University

R. HALTER

K. TERZAGHI

O. K. FRÖHLICH

H. BOROWICKA

H. BRANDL

Abb. 2a: Unterschriftenblatt der Institutsvorstände seit dem Jahre 1900 (interne Kurzbezeichnung: „Wasserbau II — Grundbau“) zu Abb. 2

Fig. 2a: Collection of signatures of all heads of the Institute since 1900 (the internal abbreviated name: “Hydraulic Engineering II — Foundation Engineering” has remained until now); to Fig. 2

wurde, umfaßte die Konstruktionselemente und Arbeitsmethoden des Grundbaues, den Verkehrswasserbau und die Erdbaumechanik. Diese Neuaufteilung des Stoffgebietes war im Hinblick auf die Berufung Karl v. TERZAGHI's im Jahre 1928 vorgenommen worden (Abb. 1). Das aus dem Jahre 1911 stammende Buch über die Inventargegenstände der Lehrkanzel für Wasserbau (und Grundbau) wird heute noch am nunmehrigen Institut für Grundbau geführt; die Eintragungen von 1911 bis 1983 sind lückenlos und geben Auskunft über alle Anschaffungen seit ca. 75 Jahren (Abb. 2). Das zugehörige Unterschriftenblatt der Institutsvorstände in diesem Jahrhundert zeigt Abbildung 2a.

Da K. TERZAGHI zum Zeitpunkt seiner Berufung nach Wien als Berater in Rußland tätig war, übernahm im Jahre 1929 sein Mitarbeiter Arthur CASAGRANDE den Aufbau des Erdbaulaboratoriums. Arthur CASAGRANDE (Abb. 3) hatte in Wien stu-

he had retired, the subject matter covered by these chairs was reallocated, mainly at the instigation of Prof. SCHAFFERNAK, the then holder of Chair I. At this point dams and hydroelectric equipment were transferred to Chair I, and the remaining subjects divided between two chairs (II and III). The new Chair of “Hydraulic Engineering II” (as the later Chair of Foundation Engineering and Soil Mechanics was initially known) comprised the structural elements and practical methods of foundation engineering, waterway engineering and soil mechanics. The subject matter had been redistributed with a view to Karl v. TERZAGHI's appointment in 1928 (Fig. 1). The present inventory records for the Chair of Hydraulic (and Foundation) Engineering, beginning in 1911, provide full information on all acquisitions for the last seventy-five years, and are now kept up to date at the present Institute of Foundation Engineering (Fig. 2). Fig 2a shows the corresponding record of the signatures of all heads of the Institute in this century.

Since K. TERZAGHI was acting as a consultant in Russia at the time of his appointment, his colleague Arthur CASAGRANDE took over the job of organizing the Soil Mechanics Laboratory. Arthur CASAGRANDE (Fig. 3) had studied in Vienna and worked under Prof. SCHAFFERNAK, before he decided to move to the USA to continue his research on hydraulics. Many important test devices and experimental methods now familiar in every soil mechanics department date from the time when A.

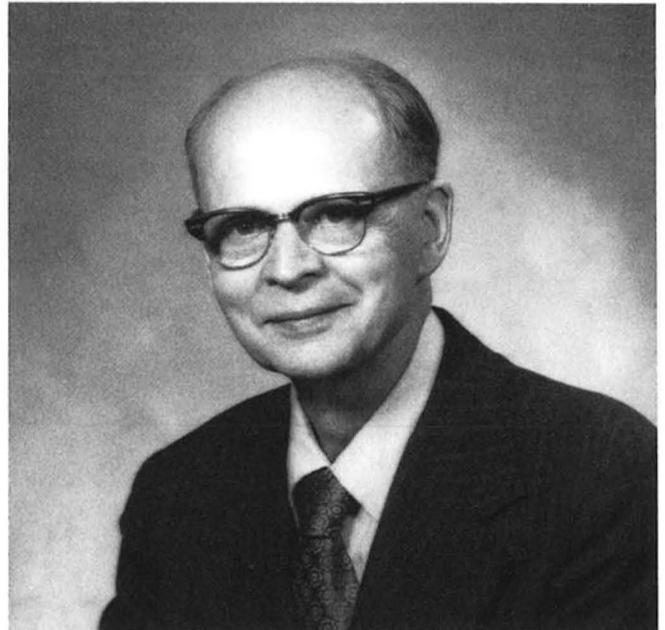


Abb. 3: Prof. A. CASAGRANDE im Jahre 1974; geboren am 28. 8. 1902 in Heidenchaft / Österreichische Monarchie, gestorben am 6. 9. 1981 in den USA.

Fig. 3: Prof. A. CASAGRANDE in 1974; he was born in Heidenchaft (then Austrian Monarchy) on 28 August 1902, and died in the USA on 6 September 1981.

diert und war bei Prof. SCHAFFERNAK Assistent gewesen, ehe er in den USA als Hydrauliker weiterarbeiten wollte. Aus jener Zeit, als A. CASAGRANDE Leiter des Wiener Erdbaulaboratoriums war, stammen zahlreiche wichtige Versuchsgeräte und Untersuchungsmethoden, die heute jedem bodenmechanischen Institut geläufig sind, wie z. B.

- das Fließgrenzen-Gerät zur Bestimmung der ATTERBERG'schen Konsistenzgrenzen*)
- die Aräometeranalyse (Schlamm-analyse) zur Ermittlung der Korngrößenverteilung feinkörniger Böden**)
- der Kompressionsapparat zur Bestimmung der Zusammendrückbarkeit feinkörniger Böden
- der Rahmenscherapparat.

Die Forschungstätigkeit am Institut war außerordentlich vielseitig, wie aus der umfangreichen Liste der Veröffentlichungen TERZAGHI's und seiner Mitarbeiter hervorgeht. Dabei kam TERZAGHI sein absolviertes Maschinenbaustudium zugute, das ihn befähigte, nahezu sämtliche Apparaturen im Eigenbau anzufertigen (Abb. 4—8; z. T. 10, 15; 19 usw.). Soweit möglich, ist das Wiener Grundbauinstitut dieser Tradition bis heute treu geblieben und besitzt daher eine entsprechend eingerichtete Mechanikerwerkstätte. Besonders hervorzuheben ist das technische Feingefühl und die Präzision, mit welcher die damaligen Geräte konstruiert und angefertigt wurden:

Der Apparat für Druckversuche bei unbehinderter Seitenausdehnung war noch relativ einfach, jedoch von ausreichender Genauigkeit. Die axiale Druckaufbringung erfolgte mittels eines Belastungshebels, auf welchem ein Laufgewicht verschoben werden konnte (Abb. 8). Schon frühzeitig wurde der Einfluß der Bodenschichten auf die Ergebnisse erkannt (Abb. 9). Die Form der Kraftübertragung mittels Hebeln und Laufgewichten wurde auch bei den Schergeräten nach A. CASAGRANDE für die Schubkräfte gewählt (Abb. 10). Die Normalkräfte wurden — bzw. werden auch heute noch — über einen Hebel mit vertikaler Gewichtsstange aufgebracht (verschieden schwere Bleigewichte sind von Hand aus auf die Stange aufzuhängen).

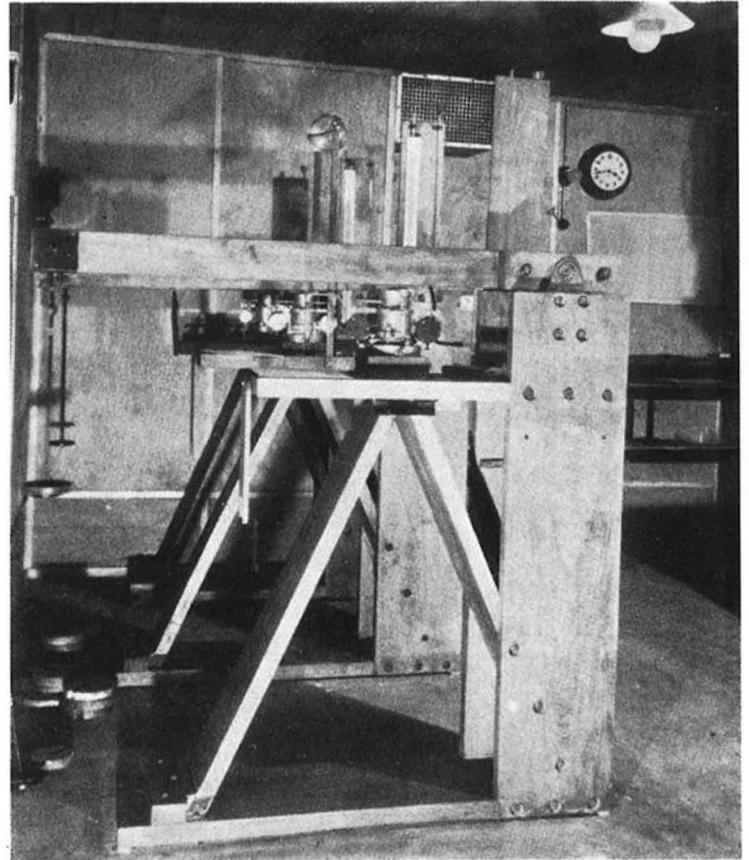


Abb. 4: Von K. TERZAGHI eingerichteter Thermostatenraum mit Ödometergeräten im Jahre 1931 [4].

Fig. 4: Thermostat-controlled room set up by K. TERZAGHI, with compression apparatus (oedometers) in 1931 [4].

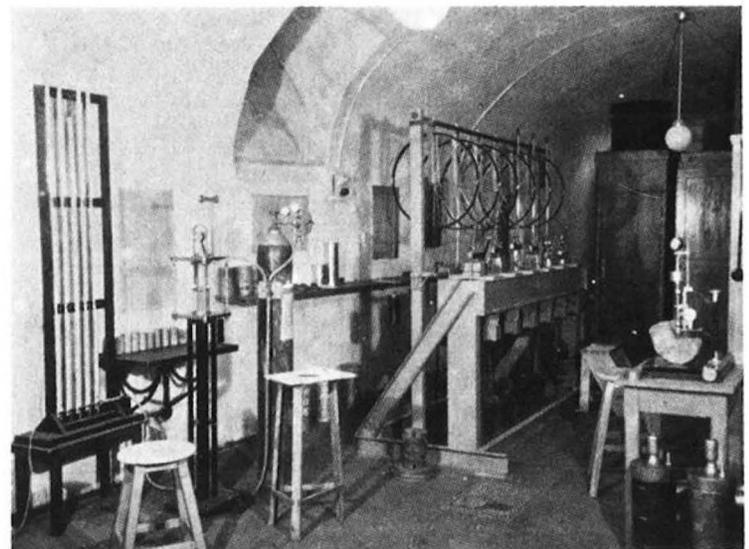


Abb. 5: Einer der Versuchsräume im Kellergeschoß des Wiener Erdbaulaboratoriums, 1936:
Links: Triaxialapparat, rechts: schwedischer Kegeldruckapparat; im Hintergrund Versuchsstand mit Kompressionsapparaten, Bauart A. CASAGRANDE.

Fig. 5: One of the experiment rooms in the cellar rooms of the Soil Mechanics Laboratory in Vienna in 1936
— on left: triaxial apparatus
— on right: Swedish cone penetrometer
— in the background: test equipment with compression (consolidation) apparatus to A. CASAGRANDE design

*) Schon damals erwies sich das Wiener Telefonbuch als wichtiges Versuchszubehör. Im Zuge der Ausarbeitung von Normen zur Bestimmung der Konsistenzgrenzen wurde in den Jahren 1970—1975 in Deutschland und Österreich der Einfluß der Unterlage des Fließgrenzengerätes auf die Versuchsergebnisse besonders intensiv diskutiert. Auf eine Anfrage bei Prof. A. CASAGRANDE gab dieser folgende Antwort: „Die beste Reproduzierbarkeit erhält man nach wie vor bei Verwendung eines dicken Telefonbuches, wie wir es schon vor Jahrzehnten im Wiener Erdbaulaboratorium verwendeten“.

***) Die Versuche waren von A. CASAGRANDE bereits 1927 im Auftrag des United States Bureau of Public Roads begonnen worden. Als deutsche Fassung des Forschungsberichtes erschien dann im Jahre 1934 das Standardbuch über die Schlamm-analyse [3].

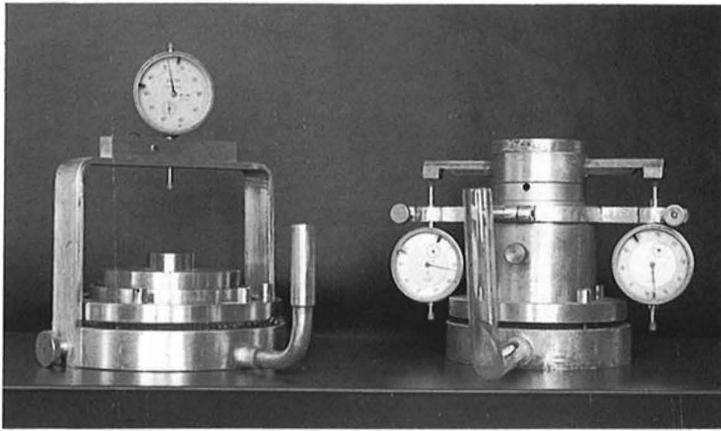


Abb. 6: Kompressionsapparate (Ödometer) nach K. TERZAGHI (rechts) und A. CASAGRANDE (links); Originale der Erstanfertigungen zwischen 1929 und 1933.

Fig. 6: Compression apparatus (oedometers) designed by K. TERZAGHI (on right) and A. CASAGRANDE (on left); originals of the first fabricates between 1929 and 1933.

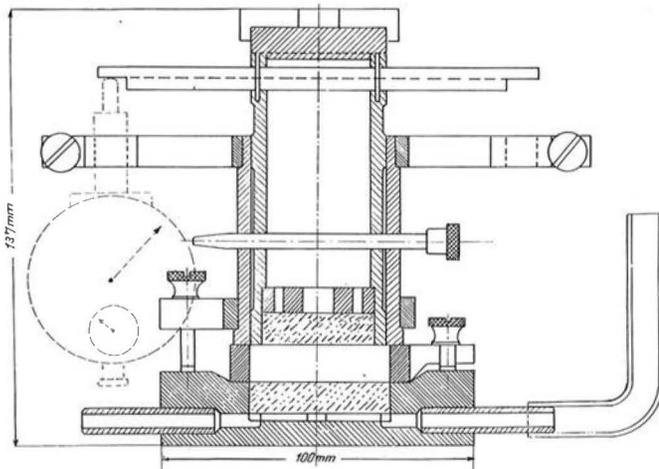


Abb. 6a: Querschnitt des TERZAGHI-Ödometers (Originalplan); zur Abb. 6 — links

Fig. 6a: Cross-section of the TERZAGHI-oedometer (original drawing); to Fig. 6 — right

In zahlreichen Scherversuchen wurden die Einflüsse von Körnigkeit und Zahnung der Filtersteine, ferner die inneren Formänderungen der Scherproben untersucht, ehe die Standardausführung der TERZAGHI'schen Scherbüchsen zustandekam (Abb. 11, 12, 13). Besonders umfangreich waren dann die Entwicklungsarbeiten für einen Kreisring-Scherapparat (Abb. 14, 15, 16). Nach den beiden Originalgeräten an der Technischen Universität Wien wurden bis heute zahlreiche Kreisring-Schergeräte für Institute des In- und Auslandes nachgebaut. Die Apparate sind nach wie vor verwendbar (Abb. 14, 17, 18); sie liefern z. B. interessante Vergleichsdaten zu den in quadratischen Rahmen-Scherbüchsen oder in Triaxialgeräten bestimmten Werten für die Restscherfestigkeit rutschgefährdeter Böden.

CASAGRANDE was head of the Soil Mechanics Laboratory in Vienna: for instance

- the liquid limit machine for determining consistency limits*)
- areometer analysis for determining grain size distribution of fine-grained soils**)
- the compression apparatus (oedometer) for determining the compressibility of fine-grained soils
- the shear apparatus (shear box).

The research carried on at the Institute was exceptionally many-sided, as the long list of TERZAGHI's and his colleagues' publications reveals. Here TERZAGHI benefited from having studied mechanical engineering, a fact that enabled him to construct almost all the equipment inhouse (Fig. 4 to 8; parts of Fig. 10, 15, 19 etc.). As far as possible the Soil Mechanics Institute in Vienna has remained true to this traditional approach until today; it accordingly possesses a suitably equipped workshop. The fine sense of engineering and the precision with which the devices of that period were designed and fabricated deserve special mention:

The apparatus for unconfined compression tests was still fairly simple but nevertheless of sufficient accuracy. Axial pressure was applied by means of a loading arm with a sliding weight (Fig. 8). The influence of the soil layers was recognized already at an early stage (Fig. 9). The method of applying force by means of arms and sliding weights also was chosen for the shear forces in the CASAGRANDE shear apparatus (Fig. 10). The normal forces were—and still are today—applied via a lever with vertical weighted bar (load weights of varying weight are attached to the bar by hand).

The influence of grain size and teeth of the porous stones (filters), and the inner deformations of the shear samples, were investigated in a large number of shear tests before the standard version of the TERZAGHI shear boxes emerged (Fig. 11, 12, 13). A great deal of work went into developing a ring shear apparatus (Fig. 14, 15, 16). Numerous ring shear apparatus for institutes in Austria and elsewhere have been modelled till now on the two original devices at the Technical University in Vienna, which are still usable (Fig. 14, 17, 18); for example, they provide interesting data for comparison with

*) Already in those days the Vienna telephone directory proved a most useful accessory for this test. When standards were being drawn up for determining consistency limits in Germany and Austria in 1970 to 1975, the influence of the support beneath the Casagrande liquid limit machine on the test results was discussed with particular intensity. An enquiry directed to Prof. A. CASAGRANDE yielded the reply "One achieves the best reproducibility by using a nice thick telephone directory, as we did decades ago in the Vienna Soil Mechanics Laboratory."

***) A. CASAGRANDE had started the tests as early as 1927, on behalf of the United States Bureau of Public Roads. The German version of the resulting report, published in 1934, is the standard text on areometer-analysis [3].

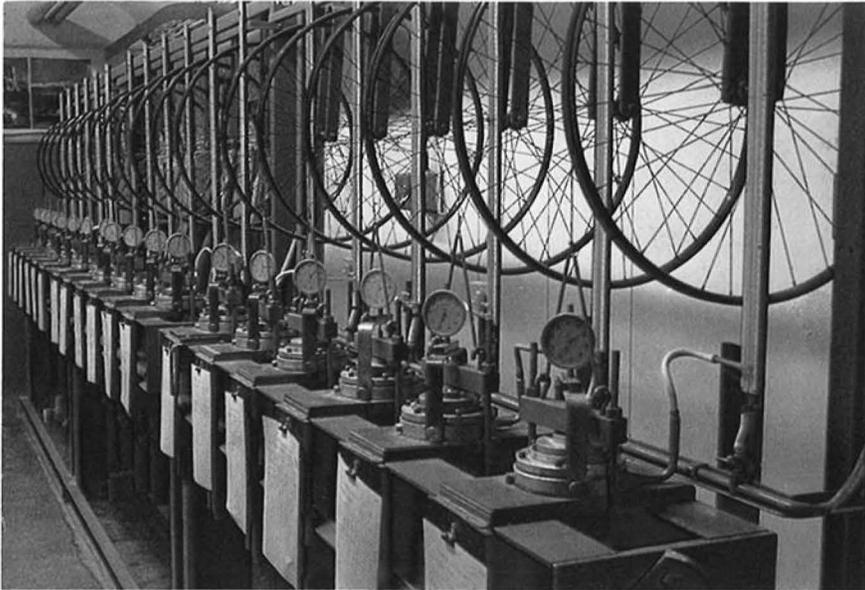
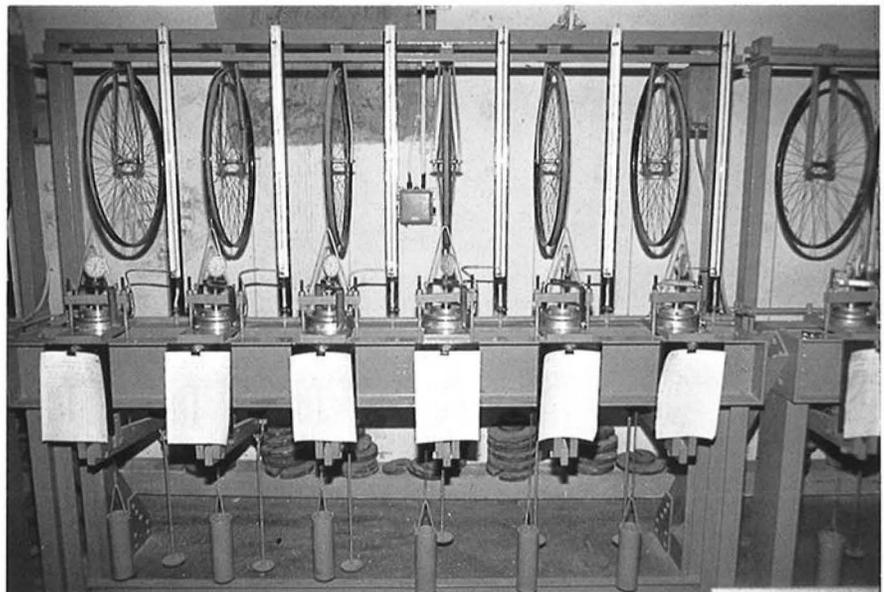


Abb. 7: Versuchsstand mit 24 Kompressionsapparaten (inkl. Meßeinrichtungen für Durchlässigkeiten) aus der Ära K. TERZAGHI — A. CASAGRANDE im Erdbaulaboratorium der Technischen Universität Wien (Foto aus dem Jahre 1984)

Fig. 7: Test equipment with 24 compression apparatus (consolidation devices including instrumentation for determining the permeability) from the era of K. TERZAGHI and A. CASAGRANDE, in the Soil Mechanics Laboratory at the Technical University in Vienna (photographed in 1984).

Abb. 7a: Kompressions-Durchlässigkeitsgeräte nach A. CASAGRANDE: Vorderansicht zu Abb. 7 (Ausschnitt) vertikale Hänger entlastet (Versuchsende), dahinter (unten) Stapel von Bleigewichten

Fig. 7a: Equipment for consolidation-permeability tests to A. CASAGRANDE's design: front view to Fig. 7. Vertical suspension members not loaded (test end); a stack of lead weights can be seen behind/beneath.



Neben den Entwicklungsarbeiten an direkten Schergeräten begann damals in Wien auch der Bau des ersten Triaxialapparates mit Einrichtungen zur Porenwasserdruckmessung. Bereits im Jahre 1934/1935 war das Gerät voll funktionsfähig (Abb. 19, 20) und lieferte die Grundlage für wesentliche neue Erkenntnisse der Bodenmechanik (z. B. [10], [11]). Die Anlage stellt heute einen musealen Ausstellungsgegenstand des Wiener Erdbaulaboratoriums dar (Abb. 21, 22).

Aufgrund der technischen Ausgereiftheit und hohen Präzision der alten Versuchsgeräte ist eine Reihe jener Apparate auch heute noch im Erdbaulaboratorium der Technischen Universität Wien in Verwendung (z. B. Abb. 6, 7, 10, 14, 17, 22, 23). Die Fehlerquellen und Reparaturanfälligkeit sind wesentlich geringer als bei modernen, verfeinerten

those obtained in square shear boxes or triaxial devices for the residual shear strength of soils liable to slip.

In addition to developing direct shear apparatus (shear boxes), work also started on the first triaxial apparatus equipped for measuring pore-water pressure. The device was fully operational as early as 1934/1935 (Fig. 19, 20), and provided the fundamentals for important new findings in soil mechanics (e.g. [10], [17]). The unit is now a museum exhibit as part of the history of the Vienna Soil Mechanics Laboratory (Fig. 21, 22).

Due to the technically perfected design and great precision of the old test equipments, a number of these devices are still in use in the Soil Mechanics Laboratory at the Technical University Vienna (e.g. Fig. 6, 7, 10, 14, 17, 22, 23). They have far fewer weak

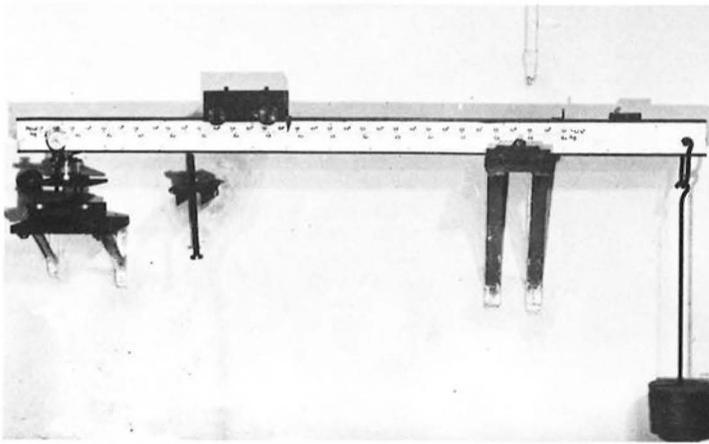


Abb. 8: Apparat für Druckversuche bei unbehinderter Seitenausdehnung (K. TERZAGHI, Wien)

Fig. 8: Laboratory equipment for unconfined compression tests (K. TERZAGHI, Vienna)

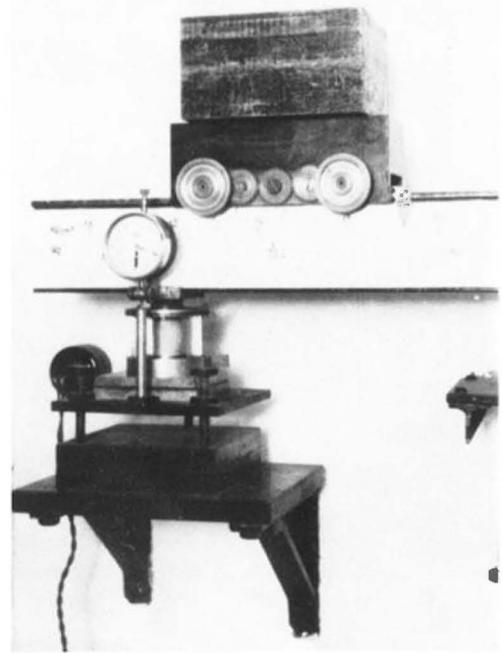
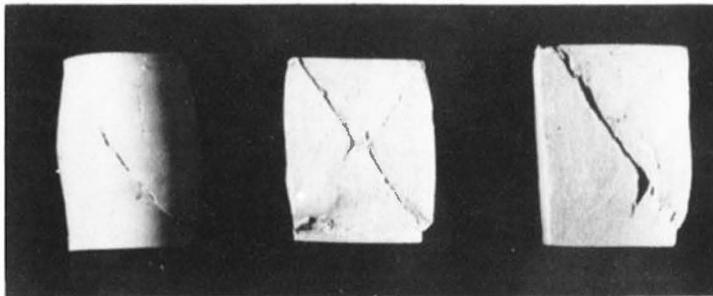


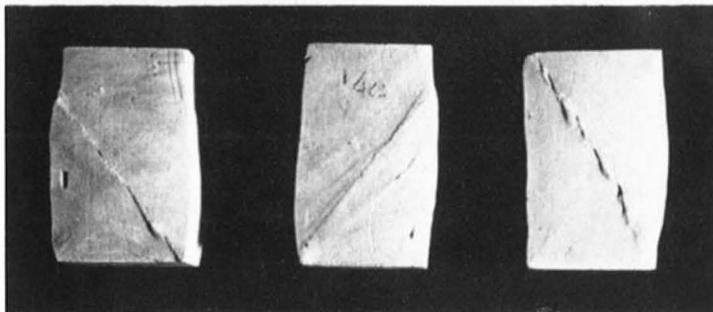
Abb. 8a: Detail zur Abb. 8: Bodenprobe, Belastungsvorrichtung mit Laufgewicht, Meßuhr zur Registrierung der Probenstauchung

Fig. 8a: Detail to Fig. 8: Soil sample, loading device with movable weight and dial gauge for measuring the unconfined compression of the sample



I I III

A. Wiener Tegel III.



I II III

Abb. 9: Einfluß der Bodenschichten bei einachsialen Druckversuchen [5]:

- I ... Schichtung horizontal
- II ... Schichtung unter 45° geneigt
- III ... Schichtung vertikal

Fig. 9: Influence of soil stratification in unconfined compression tests [5]:

- I ... horizontal stratification
- II ... strater inclined at 45°
- III ... vertical stratification

Instrumenten und empfindlicher Elektronik. Außerdem zwingt die noch intensivere manuelle und ablesende Tätigkeit den Versuchsdurchführenden viel eher zu einem vorteilhaften Nahverhältnis zum Versuch als eine bloße Automatik. Ein rationelles Arbeiten mit geringem Zeitaufwand ist aufgrund

points and need repairing much less often than modern, more refined instruments with their hypersensitive electronic circuitry. And the experimenter is obliged, intervening by hand and reading data off, to get more intensively involved with the experiment than by merely automatic devices. The ingenious mechanisms and arrangement of the apparatus (Fig. 7, 7a) make it perfectly possible to work rationally without wasting time. Advantage is taken of EDP, plotters and so on, but when using these apparatus, generally only at the evaluation stage. Nevertheless computer-controlled modern testing equipments are also employed now at the Institute.

In contrast to today's sometimes excessively complicated instrument technology, simple experimental setups were used to achieve the most spectacular results in those days. For example, Fig. 24 shows a model facility with which TERZAGHI demonstrated that the amount and distribution of soil pressure are largely affected by the extent to which a retaining wall moves. In this connexion he suggested the terms "sand pressure theory" and "clay pressure theory" [6]. Further research was concerned with observing the settlement of existing and newly erected structures by means of the recently developed precision water level-hose investigating slides, studies of the various injection methods, etc. Revolutionary publications on (hydrostatic) uplift forces beneath structures with particular reference to dams, were in evident con-

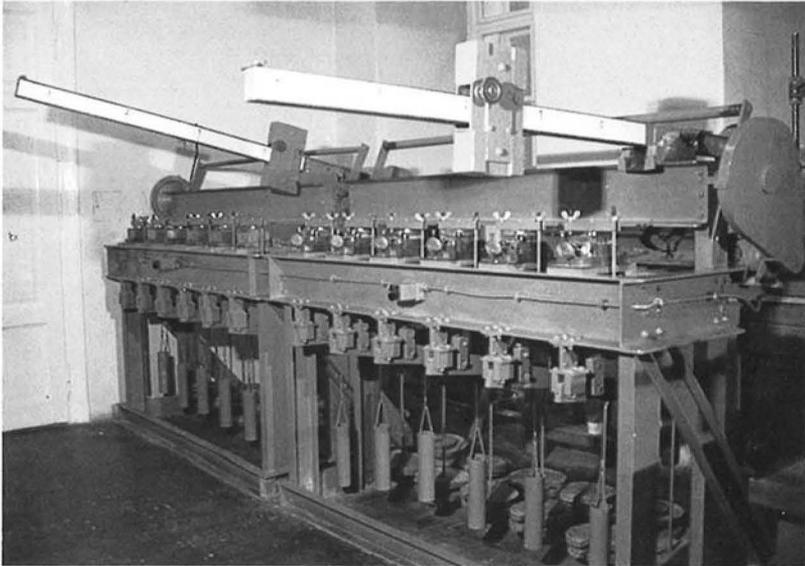


Abb. 10: Schergeräte nach A. CASAGRANDE und K. TERZAGHI (Wien, 1929—1938); heute noch einsatzfähig

Fig. 10: Shear test equipment to A. CASAGRANDE's and K. TERZAGHI's designs (Vienna, 1929—1938), still operational today

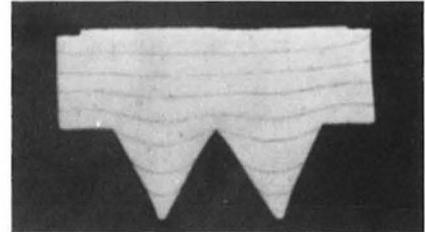
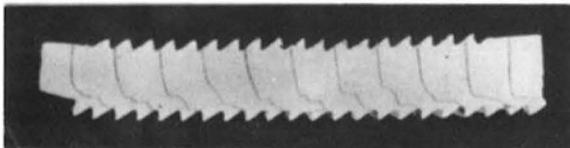
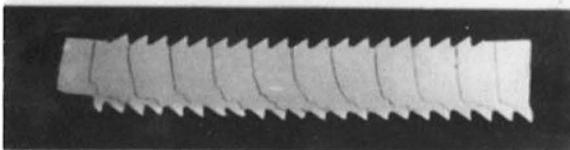


Abb. 11: Scherversuche mit Wiener Tegel: Einfluß der Zahnung der Filtersteine (Wien 1934)

Fig. 11: Shear tests with Vienna clay: influence of teeth of filter stones (Vienna, 1934)



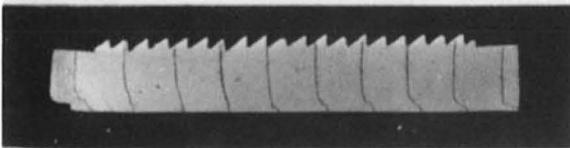
I A. Verschiebung gegen die Zahnrichtung.



B. Verschiebung in der Zahnrichtung.



II A. Grobkörniger Stein.



B. Feinkörniger Stein.

Abb. 12: Scherversuche in der TERZAGHI'schen Scherbüchse (Wien 1934):

- I ... Abscherung knapp über den Zähnen
- II ... Abscherung knapp über rauhen Filtersteinen

Fig. 12: Shear tests in the TERZAGHI shear box (Vienna, 1934)

- I ... shear off just above the teeth
- II ... shear off just above rough filter stones

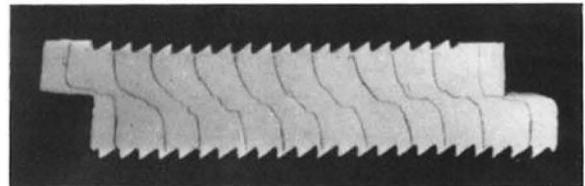


Abb. 13: Innere Formänderungen der Scherprobe: Wiener Tegel in der TERZAGHI'schen Scherbüchse (Wien 1934)

Fig. 13: Internal deformations of shear sample: Vienna clay in TERZAGHI shear box (Vienna, 1934)

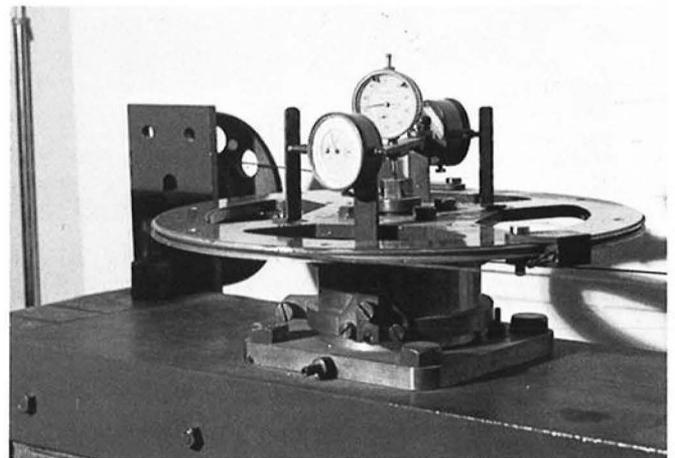


Abb. 14: Erster Kreisring-Scherapparat (Wien, 1934 [5]); Detailfoto aus dem Jahre 1984
Nach dessen Maßen wurden bis heute zahlreiche Geräte weltweit nachgebaut.

Fig. 14: First ring shear apparatus (by J. HVORSLEV in Vienna, 1934 [5]); photo of details, taken in 1984.
After this model numerous apparatus have been reproduced till now all over the world.

Legende

- A Probe
- B Gezähnte poröse Steine
- C Rippen
- D Unterteil
- E Kolben
- F Innerer Ring
- G Äußerer Ring
- H Scherrad
- I Belastungssell u. Schraube
- J Seilanschluß
- K Führungsstift
- L Führungsnut
- M Lüftungsschrauben
- N Fixierschrauben
- O Fixierstiften
- P Oberer Wasserablaß
- Q Unterer Wasserablaß
- R Glas-Standrohr
- S Uhrenträger
- T Uhrenschlag
- U Meßuhr vert. Bewegung
- V Meßuhren horiz. Bewegung
- W Tischplatte
- X Hölzerner Unterbau
- Y Wasserablaß
- Z Klemmring

Legend

- A test specimen (soil sample)
- B toothed porous stone
- C ribs
- D base
- E flask (piston)
- F inside ring
- G external ring
- H shear disk
- I load cable and screw
- J cable connecting piece
- K dowel
- L guiding groove
- M ventilating screws
- N setting screw
- O setting pin
- P top discharge
- Q bottom discharge (discharge pipe)
- R glass-riser
- S indicator support
- T indicator stop
- U dial gauge for vertical movements
- V dial gauge for horizontal movements
- W table top
- X wood underframe (support)
- Y water discharge
- Z clamping ring

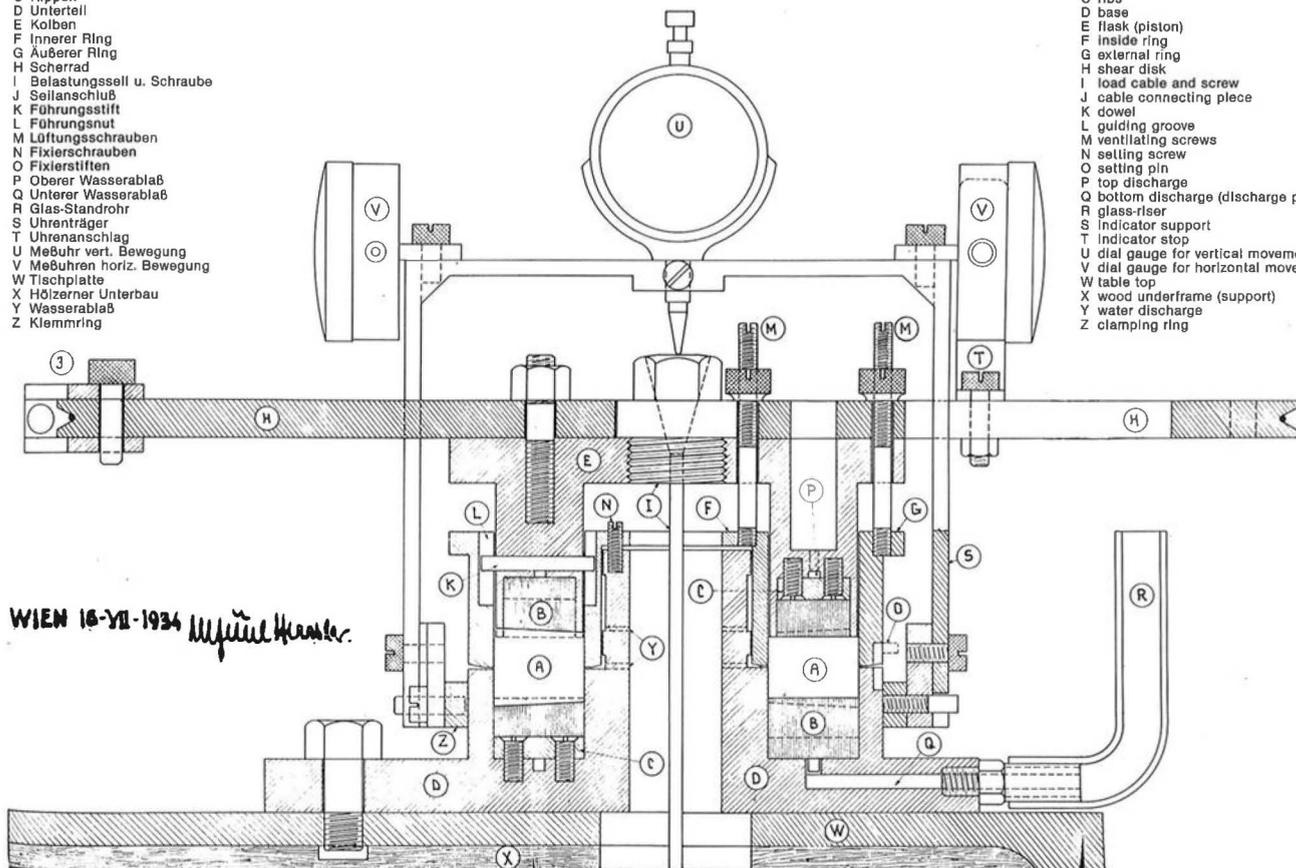


Abb. 15: Übersichtsschnitt zu Abb. 14 (Originalzeichnung)

Fig. 15: General section to Fig. 14 (Original drawing)

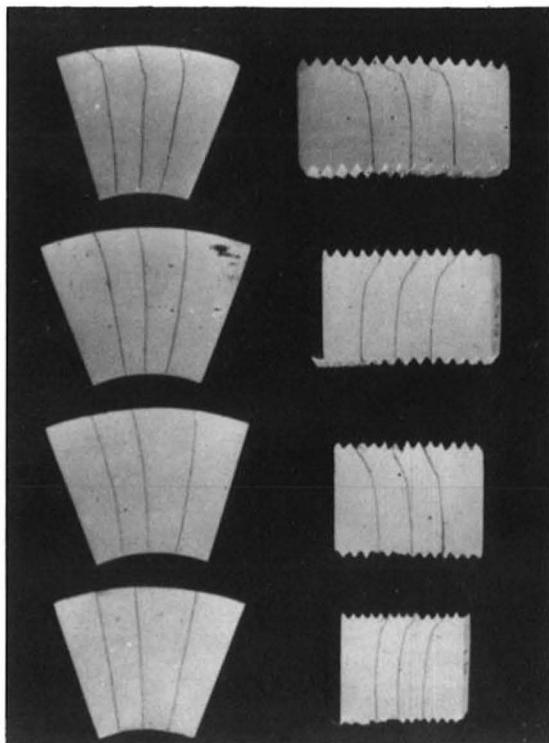


Abb. 16: Innere Formänderungen der Bodenprobe im Kreisring-Scherversuch [5]:
Links: bei festen Ringen
Rechts: bei freien Ringen

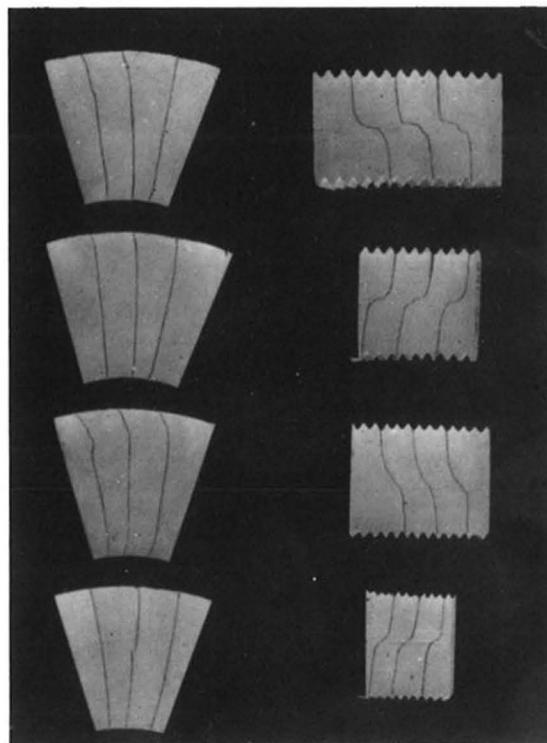


Fig. 16: Internal deformations of soil sample in ring shear apparatus [5]:
— on left: with fixed rings
— on right: with floating rings

der durchdachten Apparateanordnung und Mechanik (z. B. Abb. 7, 7a) durchaus gegeben. Die Vorteile von EDV, Plottern usw. werden bei diesen Apparaten im allgemeinen erst bei der Auswertung der Versuche eingesetzt. Ergänzend dazu sind nunmehr auch moderne, computergesteuerte Versuchsgeräte am Institut in Verwendung.

Im Vergleich zur heutigen, manchmal schon übertrieben komplizierten Meßtechnik waren es damals gerade die einfachen Versuchsanordnungen, mit denen die spektakulärsten Ergebnisse erzielt wurden. So zeigt Abbildung 24 jene Modelleinrichtung, mit denen TERZAGHI nachwies, daß Größe und Verteilung des Erddruckes ganz wesentlich von der Nachgiebigkeit einer Stützwand abhängen. In diesem Zusammenhang schlug er auch die Bezeichnungen „Sanddrucktheorie“ und „Tondrucktheorie“ vor [6]. Weitere Forschungsarbeiten betrafen die Beobachtung der Setzung von bestehenden und neuerrichteten Bauwerken mittels der neuentwickelten Präzisionsschlauchwaage, Untersuchungen von Rutschungen, Studien der verschiedenen Injektionsverfahren usw. Revolutionierende Arbeiten über den Auftrieb unter Bauwerken, insbesondere bei Talsperren, standen zunächst in krassem Widerspruch zu den damals üblichen Rechenannahmen und blieben daher nicht unwidersprochen. Die unanfechtbaren Versuche von TERZAGHI und RENDULIC zeigten jedoch klar, daß der Wasserdruck im Beton voll wirksam ist [7].

Reisen als Gutachter führten TERZAGHI zu dieser Zeit mehrmals nach Rußland, Nordafrika, Nordamerika und Deutschland. Im Wintersemester 1935/36 hielt TERZAGHI Vorlesungen über Bodenmechanik an der Technischen Hochschule in Berlin-Charlottenburg (1936 veröffentlicht), im Sommersemester 1936 war er als Gastprofessor an der Harvard-Universität in Cambridge, Mass. Während dieses Amerikaaufenthaltes fungierte er als Präsident des ersten Internationalen Kongresses für Bodenmechanik und Grundbau, der im Juni 1936 in Cambridge abgehalten und von A. CASA-

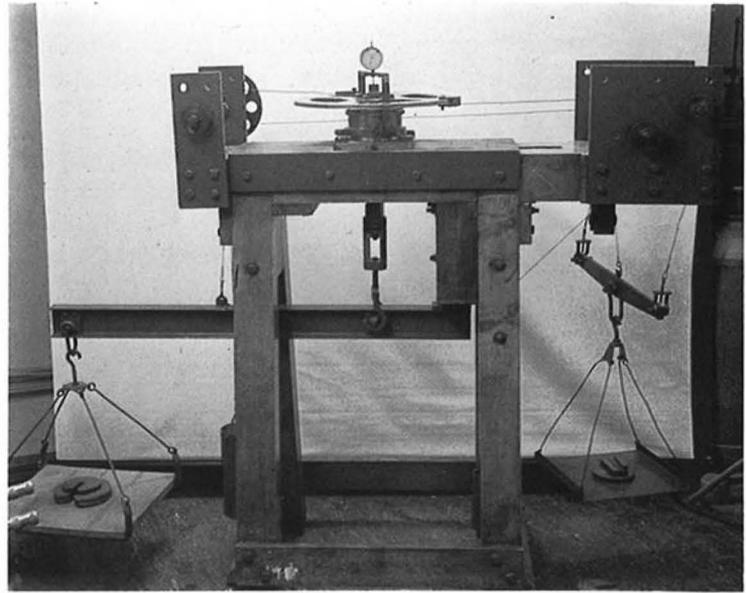


Abb. 17: Erster Kreisring-Scherapparat, nach J. HVORSLEV [5]; heute noch funktionsfähig. Gesamtansicht

Fig. 17: First ring shear apparatus to J. HVORSLEV's design [5], still operational today

flict with the calculating assumptions usually made at that time; so opposition was inevitable. However, TERZAGHI and RENDULIC produced irrefutable experimental evidence that water pressure is fully effective in concrete [7].

During this period TERZAGHI travelled a good deal as a consulting engineer to Russia, North Africa, North America and Germany. He lectured on soil mechanics at the Technical University in Berlin-Charlottenburg in the winter semester of 1935/36; the lectures were published in 1936. In the summer semester of 1936 he was visiting professor at Harvard-University in Cambridge, Mass. During this stay there he acted as President of the 1st International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, which was organized by A. CASA-GRANDE and held in Cambridge in June 1936. In this semester his place in Vienna concerning

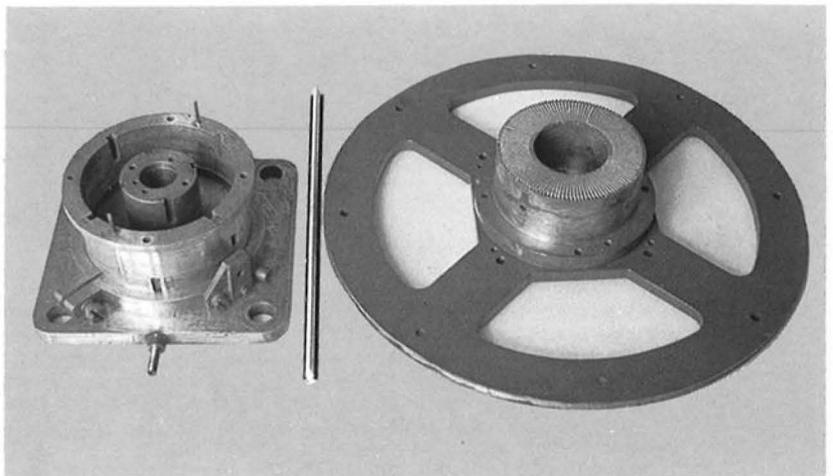


Abb. 18: Detail zur Abb. 17:
Kreisring-Scherbüchse zerlegt;
gezahnte Filtersteine erkennbar

Fig. 18: Detail from Fig. 17:
Ring shear apparatus dismantled;
toothed filter stones visible

GRANDE organisiert wurde. In diesem Studiensemester vertrat ihn in Wien als Lehrbeauftragter O. K. FRÖHLICH, einer der engsten Mitarbeiter TERZAGHI's.

Bei der Fülle an neuen Erkenntnissen, welche TERZAGHI und seine Mitarbeiter in Wien damals erarbeiteten, konnte ein geistiges Aufeinanderprallen mit nahe verwandten Wissenschaften nicht ausbleiben. Zahlreiche Streitschriften aus jener Zeit geben beredtes Zeugnis von den zum Teil sehr heftig geführten Kontroversen. Besonders scharf waren die Auseinandersetzungen mit Prof. FILLUNGER, dem Ordinarius für Elastizitätstheorie an der Technischen Hochschule (Abb. 25). Einige Passa-

teaching was taken by O. K. FRÖHLICH, one of his closest colleagues.

Due to the great number of discoveries made by TERZAGHI and his colleagues in Vienna at that time, collision with related disciplines was unavoidable. Numerous polemical writings of the period document the resulting controversies, which were often extremely sharp. Particularly violent arguments ensued with Prof. FILLUNGER, holder of the Chair in Theory of Elasticity at the Technical University (Fig. 25). A few excerpts from a pamphlet written by him should reveal how strongly some theoreticians attacked the infant science of soil mechanics in those days.

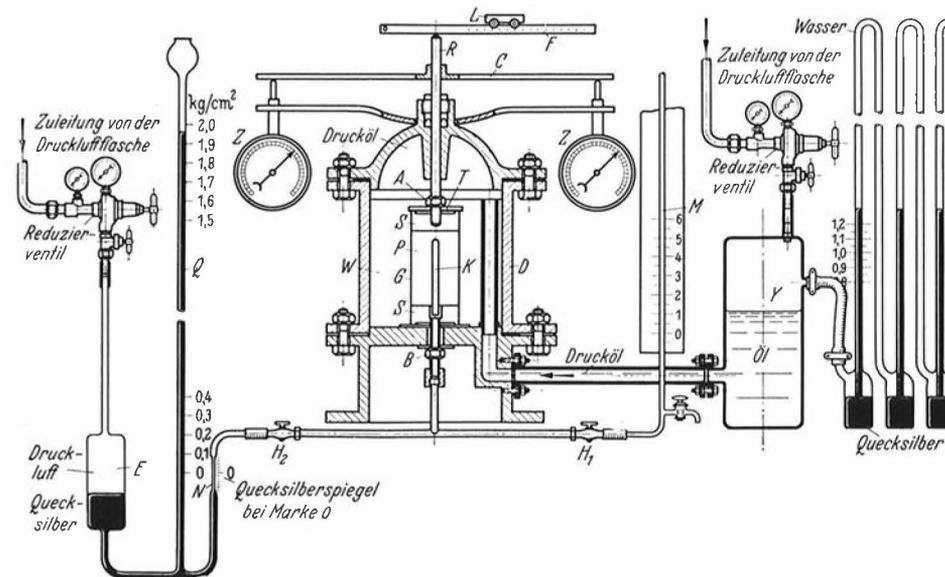


Abb. 19: Schematische Darstellung der Versuchsanordnung des ersten Triaxialapparates: „Öldruckapparat“ von TERZAGHI / RENDULIC [10, 11]; Wien 1933

Rechts: Spezialmanometer zur Messung des Zellen-druckes (5-fach Manometer — vergl. Abb. 22)

- P zylindrischer Probekörper (d = 5 cm, h = 8 cm), meist aus Wiener Tegel (Ton)
- S Messingstempel
- G dünne Gummihaut
- W äußeres Druckwasser
- K Kern von 0,8 cm Durchmesser aus stark wasser-durchlässigem Sand-Glimmergemisch, zur Ableitung des Porenwassers
- H₁, H₂ Ventile
- M Meßrohr
- Q Quecksilbermanometer, zur Messung des Porenwasserüberdruckes
- D Druckgefäß (vgl. Abb. 21)
- Y Ölbehälter
- R Stahlstange
- F Belastungshebel
- L Laufgewicht
- Z Meßuhren
- E Quecksilberbehälter (mit Druckluftzufuhr)
- N Kapillarrohr

Anstelle der Sand-Glimmer-Dränage war zunächst ein starrer Karborundumstift zur Entwässerung verwendet worden. Davon wurde ebenso wie von reinem Sand abgegangen, da sich letzterer unter allseitigem Druck ähnlich einem „starrten“ Körper verhält. Sand-Glimmer-Gemische bleiben hingegen auch unter allseitigem Druck stets plastisch, setzen also aufgezungenen Formänderungen ungefähr denselben Widerstand entgegen wie der Ton.

Fig. 19: Schematic of the test setup for the first triaxial compression apparatus (“oil pressure device”) by K. TERZAGHI and L. RENDULIC [10, 11]; Vienna 1933

— on right: special fivefold pressure gauge to measure cell pressure (see Fig. 22)

- P cylindrical test specimen (d = 5 cm, h = 8 cm), usually of Vienna clay
- S brass piston
- G thin rubber membrane
- W outside water under pressure
- K core (diameter 0.8 cm) of highly water-permeable mixture of sand and mica, to dissipate pore water
- H₁, H₂ valves
- M gauge tube
- Q mercury pressure gauge to measure excessive pore water pressure
- D pressure vessel (see Fig. 21)
- Y oil reservoir
- R steel rod
- F loading arm
- L movable weight
- Z dial gauges
- E mercury reservoir (with compressed air supplied to it)
- N capillary tube

Originally a rigid carborundum pin was used instead of the sand/mica cone to drain water off. Both carborundum and pure sand were abandoned, the latter tending to behave like a rigid body when under pressure from all sides. However, mixtures of sand and mica stay plastic also under confining pressure, so they resist deformations imposed from outside to roughly the same extent as clay.

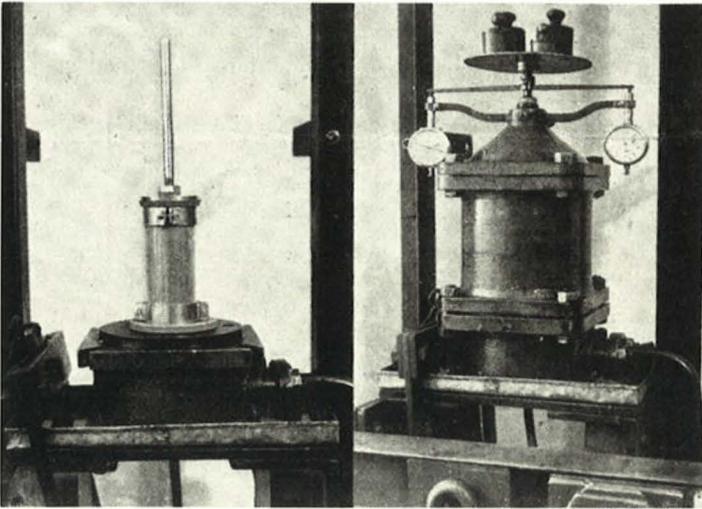


Abb. 20: Erster Triaxialapparat während eines Versuches (Detail zu Abb. 19, [11]); Foto: Wien, 1934

Fig. 20: First triaxial compression apparatus during a test (detail to Fig. 19, [11]); photo: Vienna, 1934

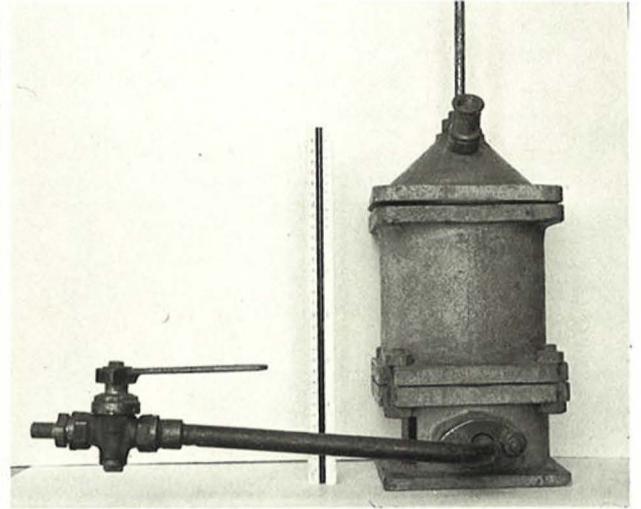


Abb. 21: Erste Zelle für Triaxialversuche (nach L. RENDULIC) Detailfoto zu den Abb. 19, 20 (im Jahre 1984)

Fig. 21: First cell for triaxial compression tests (to L. RENDULIC's design); detail to Fig. 19, 20 (Vienna 1984)

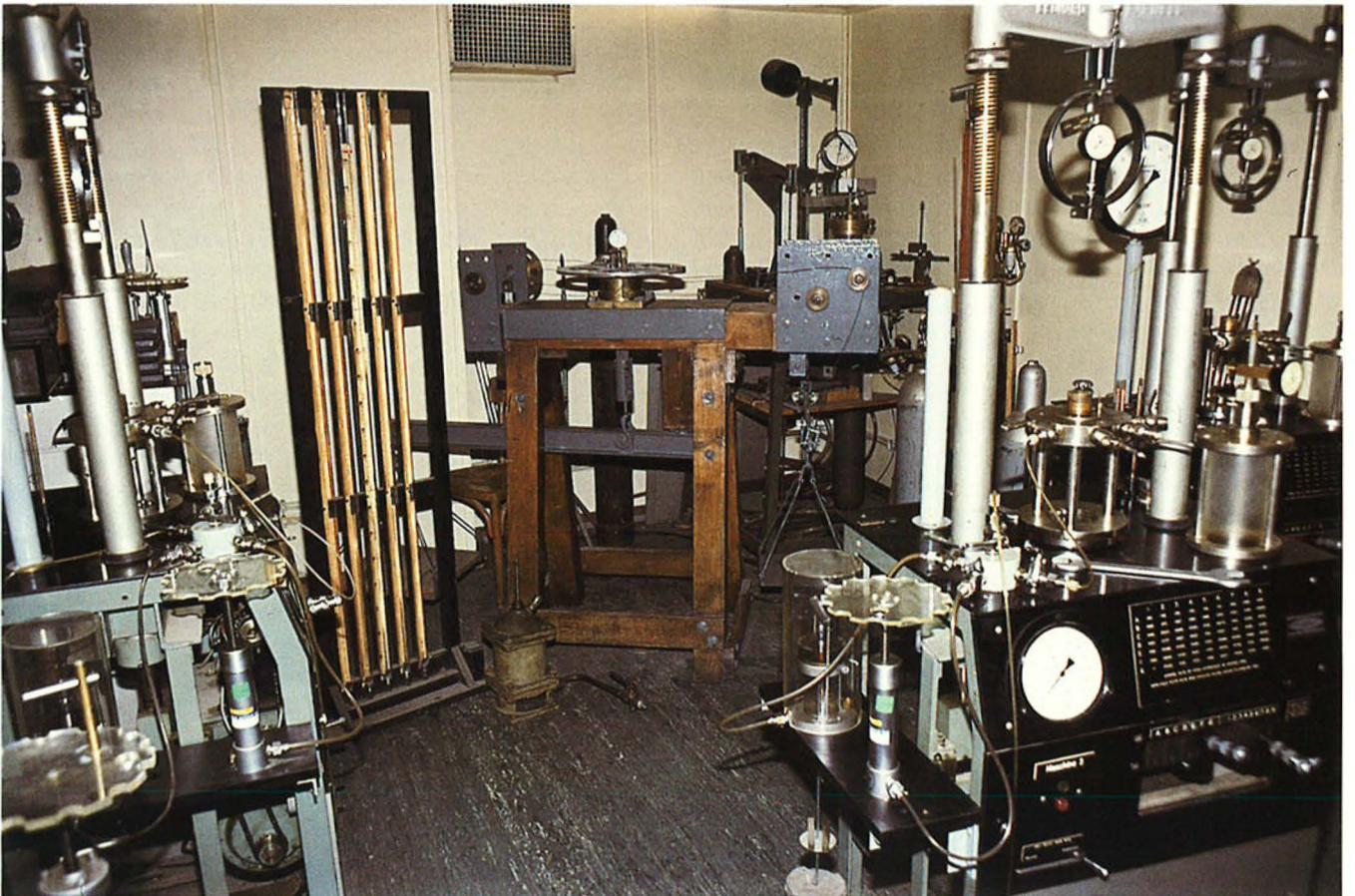


Abb. 22: Der in Abb. 4 dargestellte Thermostatenraum im Jahre 1984 (teilweise musealen Zwecken gewidmet):

- In der Mitte: 1. Kreisring-Scherapparat (von HVORSLEV)
- Links davon: 1. Triaxialzelle (von RENDULIC), daneben die Standrohre zur Messung des Zellendruckes (Mehrfachmanometer)
- Rechts hinten: erster verbesserter deutscher Triaxialapparat nach dem 2. Weltkrieg (Bauart Stenzel)
- Im Vordergrund: Triaxialapparate, (links u. rechts) Bauart Farnell (1963)

Fig. 22: Thermostat-controlled test room shown in Fig. 4, now in 1984 (partly saving for museum purposes):

- in centre: ring shear equipment (by J. HVORSLEV)
- to left of it: first triaxial cell (by L. RENDULIC),
- next to RENDULIC's cell: fivefold pressure gauge to measure cell pressure
- behind on right: first improved German triaxial compression apparatus after World War II (designed by Stenzel)
- in foreground on left and right: triaxial compression equipments designed by Farnell (1963)

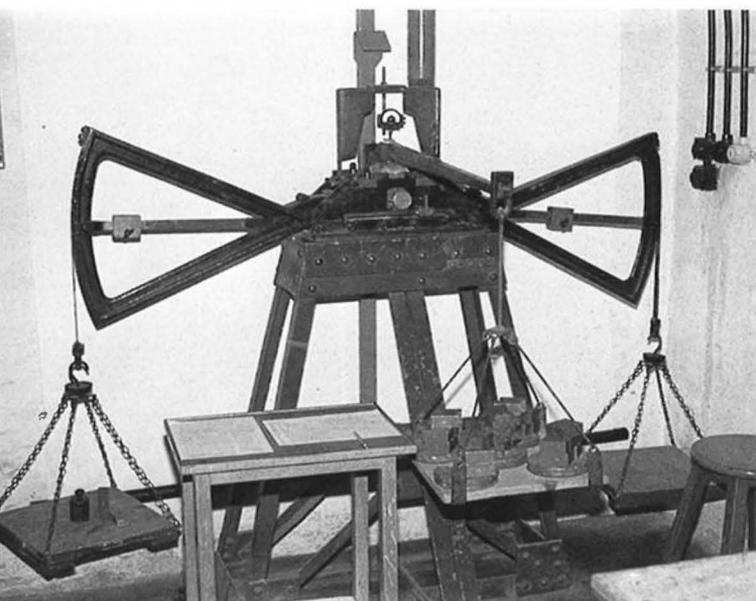


Abb. 23: Rahmenscherapparat nach H. KREY, von K. TERZAGHI in Wien montiert und mit einer eigenen Scherbüchse versehen. Nach diversen Verbesserungen noch heute in Verwendung (vor allem zur Bestimmung der Restscherfestigkeit):

Die Versuchsvorrichtung ist seit ca. 20 Jahren so konzipiert, daß ein Kippen der Scherbüchse oder des Belastungsstempels während des Schervorganges völlig vermieden wird und in jeder Versuchsphase eine statisch einwandfreie Kräfteinleitung erfolgt. Bei den sonst üblichen Schergeräten treten häufig Kippungen und Verkanten am Rahmen und an der Kopfplatte auf, sodaß durch diese Zwängungen beim Abscheren die Ergebnisse verfälscht werden.

Fig. 23: Shear test equipment to H. KREY's design, set up by K. TERZAGHI in Vienna and fitted with a separate shear box; still in use today with various improvements (particularly to determine residual shear strength):

The apparatus has been equipped in such a manner (already for about twenty years) that the load piston or shear box cannot tilt during shearing; test load is applied in a statically correct way during each test phase. In most shear apparatus, otherwise used, tilting and canting at the box-frame and/or head piston is frequent, and the test results are therefore more or less misleading.

gen aus dessen Buch sollen aufzeigen, wie sehr die junge Bodenmechanik von manchen Theoretikern damals angefochten wurde.

So wird in der Einleitung der aus 47 Druckseiten bestehenden Streitschrift von P. FILLUNGER ungläubig kritisiert [8]: „Es sollen die Setzungen, die erfahrungsgemäß bei fast allen Bauwerken auftreten, auf Grund von Bodenuntersuchungen, Laboratoriumsversuchen und Rechnungen ermittelt werden, so daß man sogar zu einer Angabe der zulässigen Baugrundbelastung gelangen könnte, die nicht auf reiner Erfahrung beruht?!“ Derartige Forschungsziele TERZAGHI's, die heute bereits zur Routine im Bauwesen gehören, wurden damals noch als unerreichbare Anmaßung gewertet. Weiters heißt es dort [8]:

„In den Erdbaulaboratorien werden außer den genannten auch noch andere Versuche ausgeführt, Schlämmanalysen, Bestimmung der Plastizitäts- und der Fließgrenze von tonhaltigen Erden und Versuche mit durchnässten Sanden. Soweit die Versuche der wissenschaftlichen Erforschung der besten Eignung des Bodens für den Anbau bestimmter Nutzpflanzen dienen sollen, kann gewiß damit in Verbindung mit chemischen und pflanzenbiologischen Forschungen sehr Nützliches geleistet werden, nur gehören sie dann nicht in ein Erdbaulaboratorium, sondern in eine landwirtschaftliche Versuchsanstalt. Dem Erdbau sagen sie nichts.“ . . .

„Daß, sofern es sich um Schichten in der Nähe der Erdoberfläche handelt, eine gute Baumwurzel viel mehr zu leisten vermag als der schönste im Laboratorium bestimmte Scher- oder Reibungskoeffizient, wird jedem Vernünftigen einleuchten. Formeln, in denen Reibungskoeffizienten vorkommen, gibt es viele und hat es immer gegeben. In der Hand eines erfahrenen Ingenieurs können sie trotz

In the introduction to his 47 page pamphlet, FILLUNGER unbelievably complained [8]: *“The extent of settlements (which experience shows occur with almost all structures) is intended to be computed on the basis of soil tests, laboratory experiments and calculations, so that one could even get from this a value for the allowable load not derived from plain experience?!”*

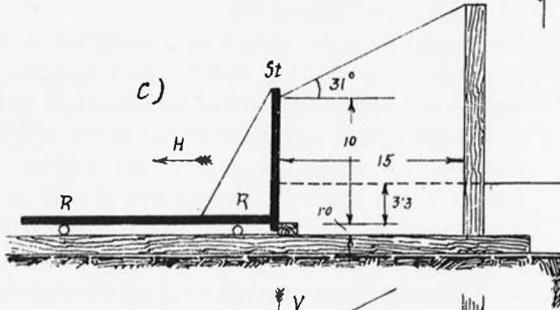
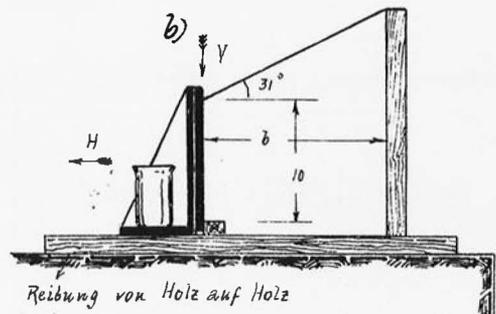
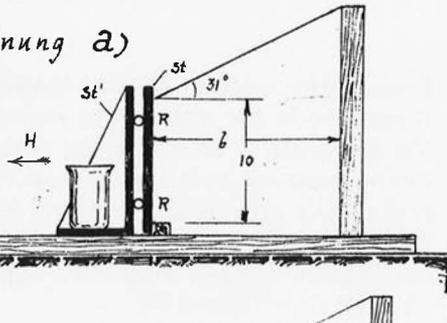
Aims of this kind in TERZAGHI's research, which are now routine in civil engineering, were regarded as wildly over-ambitious in those days. FILLUNGER goes on [8]:

“In soil mechanics laboratories not only the tests mentioned, but also others such as areometer analyses, plastic and liquid limit determinations for clayey soils, and experiments with waterlogged sands are performed. To the extent that these experiments are intended to help in the scientific investigation of how suitable a soil is for cultivating particular plants, they can well be of definite use in conjunction with chemical and botanical research; only then they should be carried out—not in a soil mechanics laboratory, but in an agricultural test centre. They are of no significance for foundation engineering” . . .

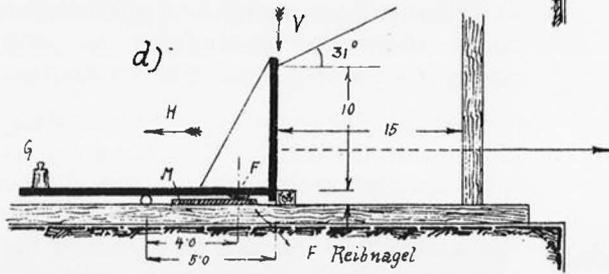
“Any reasonable person will see that, as far as strata close to the surface are concerned, a good strong tree root is worth more than the best coefficient of shear or friction determined in a laboratory. There are and always have been plenty of formulae containing coefficients of friction. In the hand of an experienced engineer they can, in spite of their unreliability, do more good than harm. But no one should try to fool us into believing that such things represent progress—or even a prelude to progress” . . .

“It should be recalled that the largest forces and the most substantial modifications of whatever

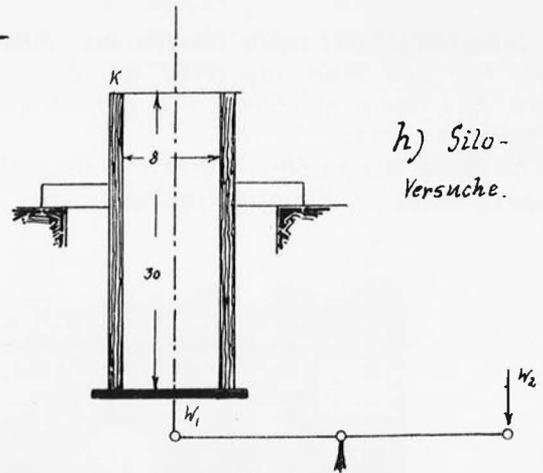
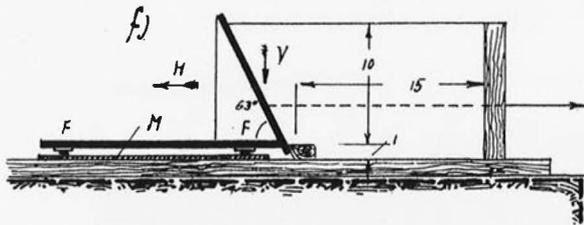
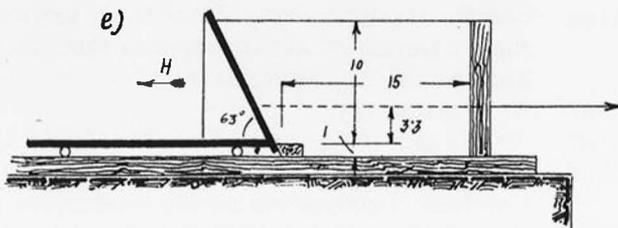
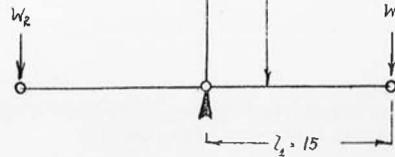
Anordnung a)



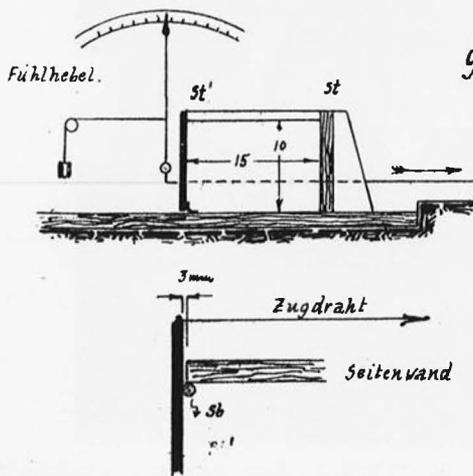
Klavierdraht



Wage



h) Silo-Versuche.



g) zur Messung des passiven Erddruckes.

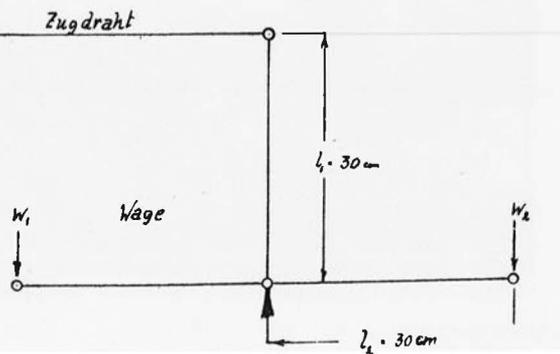


Abb. 24: Versuchsanordnungen von TERZAGHI zur Bestimmung der Größe und Verteilung des Erddruckes [6].

Fig. 24: Test setups by TERZAGHI to determine the magnitude and distribution of earth pressure. See Ref. [6]

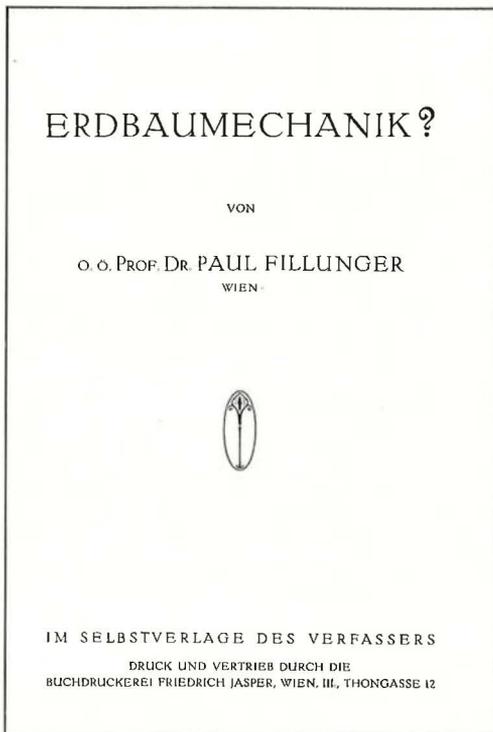


Abb. 25: Titel einer Streitschrift gegen TERZAGHI und die Erdbaumechanik aus dem Jahre 1936 [8].

Fig. 25: Title page of a polemic against K. TERZAGHI and soil mechanics ("Erdbaumechanik"), dated 1936 [8].

ihrer Unverlässlichkeit mehr Nutzen als Schaden stiften. Nur soll man uns nicht weiszumachen suchen, daß damit ein Fortschritt gemacht oder angebahnt wurde."

„Man bedenke, die größten Kräfte und die größten und ausgiebigsten Baugrundveränderungen jег-

kind to the subsoil due to loading occur—on all theories—in the immediate vicinity of the base of the structure. If an exception should be found, the circumstances must be so abnormal that no general theory can be put forward to explain them."

In this polemic not only the theoretical aspects of soil mechanics but also their applicability in practice are questioned [8]:

"However, if one consults a specialist in soil mechanics, one of two things can happen: one will hear from him either what any mature, experienced engineer could tell us with far more authority, or—something misleading and erroneous. And how could it be otherwise, when the theory is nonsense and the requisite laboratory experiments are quite impossible."

And finally *"here would be a good deal more to recount about soil mechanics, for wherever one opens their books, one finds curiosities."*

In their reply TERZAGHI and his colleague FRÖHLICH refuted FILLUNGER's polemics in detail [9], with special emphasis on the interweaving of theory, experiment and engineering practice:

"To conclude, it should be stressed that soil mechanics serves practical ends, not as it might be chiefly, but exclusively. Proof of the justification for the existence of the theory can thus be furnished only on the construction site."

And further on:

"Since one is bound to dispute Herr FILLUNGER's competence in matters of foundation engineering practice, in view of his purely theoretical approach, the stark contrast between his claims and the facts can surprise no one."



Abb. 26: K. TERZAGHI mit Mitarbeitern in Wien, 1933
Von links: L. RENDULIC, Frau RENDULIC, W. STEIN-BRENNER, K. TERZAGHI, Frau TERZAGHI, P. SIEDEK, K. KIENZL

Fig. 26: K. TERZAGHI with assistants in Vienna (1933)
from the left: L. RENDULIC, Mrs. RENDULIC, W. STEIN-BRENNER, K. TERZAGHI, Mrs. TERZAGHI, P. SIEDEK, K. KIENZL

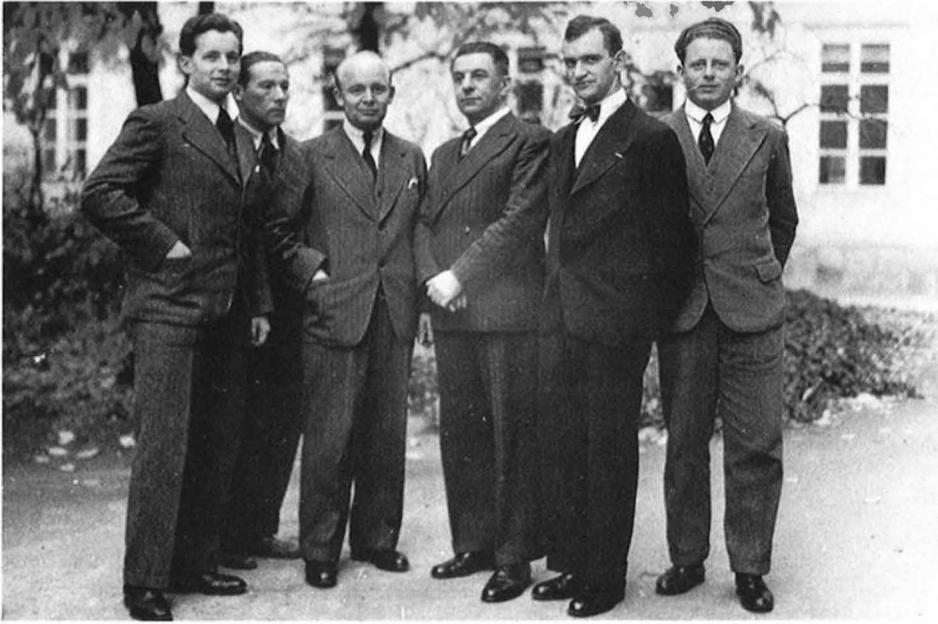


Abb. 27: Mitarbeiter von K. TERZAGHI vor dem Erdbaulaboratorium, Wien 1935:
 Von links: K. KIENZL, O. SCHWARZ, J. HVORSLEV, O.K. FRÖHLICH, H. BOROWICKA, W. STEINBRENNER

Fig. 27: Assistants of K. TERZAGHI in front of the Soil Mechanics Laboratory in Vienna (1935):
 from the left: K. KIENZL, O. SCHWARZ, J. HVORSLEV, O.K. FRÖHLICH, H. BOROWICKA, W. STEINBRENNER

licher Art als Folge von Belastungen treten nach jeder Theorie in der unmittelbaren Nachbarschaft der Sohle des Bauwerkes auf. Sollte es einmal anders sein, dann liegen so abnormale Verhältnisse vor, daß es für sie wieder keine allgemeine Theorie geben kann."

Such marked discrepancies between an inward-looking theory and applied research or practical work would be unthinkable today. To some extent this is certainly a merit of the international conferences in this field. In view of the rapid expansion of soil mechanics over the past fifty years, the



Abb. 28: Ehemalige Mitarbeiter TERZAGHI's als Ehrengäste bei der 6. Europäischen Konferenz für Bodenmechanik und Grundbau, Wien 1976.
 1. Reihe, von links: L. CASAGRANDE, J. HVORSLEV, Chr. VEDER, K. KIENZL, W. STEINBRENNER, E. GOTTSTEIN, P. SIEDEK.

Fig. 28: Former assistants of K. TERZAGHI as guests of honour at the 6th European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (Vienna, 1976)
 front row, from the left: L. CASAGRANDE, J. HVORSLEV, Chr. VEDER, K. KIENZL, W. STEINBRENNER, E. GOTTSTEIN, P. SIEDEK.

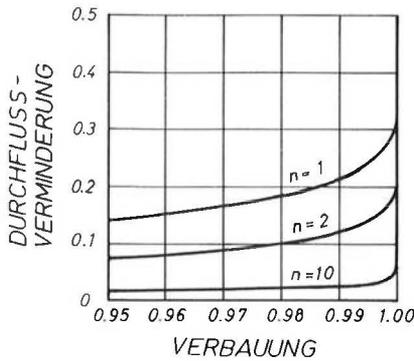


Abb. 29: Wirkung einer Dichtungswand im Untergrund [14]: Durchflußverminderung infolge Verbauung des Querschnittes; n . . . Anzahl von Lekagen in der Dichtungswand (Injektionsschleier, Schlitzwand usw.)

Fig. 29: Effect of a cut off in the subsoil [14]: Reduction of permeation flow versus shutting degree of the section; n . . . number of leakages in the cut off (grout curtain, diaphragm wall etc.)
Durchflußverminderung = reduction of permeation flow
Verbauung = shutting degree

In dieser Streitschrift werden nicht nur die theoretischen Belange der Erdbaumechanik in Frage gestellt, sondern auch deren praktische Anwendbarkeit [8]:

„Wendet man sich jedoch an einen Fachmann für Erdbaumechanik, dann allerdings kann zweierlei eintreten: entweder man hört von ihm das, was jeder erfahrene, ältere Ingenieur mit weitaus größerer Autorität uns ebenfalls versichern könnte, oder — etwas Irreführendes und Falsches. Wie könnte es auch anders sein, wo doch die Theorie einen Unsinn und die erforderlichen Laboratoriumsversuche eine Unmöglichkeit darstellen.“

Und schließlich:

„Es ließe sich noch gar vieles über die Erdbaumechanik berichten, denn wo immer man ihre Bücher aufschlägt, findet man Seltsames.“

In ihrer Entgegnung entkräften K. TERZAGHI und sein Mitarbeiter O. K. FRÖHLICH die Angriffe P. FILLUNGER's ausführlich [9], wobei die innige Verflechtung von Theorie, Versuchen und Baupraxis besonders betont wird:

„Abschließend sei hervorgehoben, daß die Erdbaumechanik nicht etwa vornehmlich, sondern ausschließlich praktischen Zwecken dient. Aus diesem Grund kann der Beweis für die Existenzberechtigung der Theorie nur am Bauplatz erbracht werden“. Und schließlich: „Da man dem Herrn FILLUNGER infolge seiner rein theoretischen Einstellung die Urteilsfähigkeit auf dem Gebiet der Grundbaupraxis absprechen muß, so kann der Gegensatz zwischen seinen Behauptungen und den Tatsachen nicht überraschen“.

Derart extreme Diskrepanzen zwischen (in sich abgekapselter) Theorie und angewandter Forschung

reader today might be tempted to treat the polemical writings of that period purely as entertainment. But at that time there was an existential struggle between an infant, aspiring branch of engineering science and an establishment made up of one-sided theorists and of building practitioners with rigid habits.

Among TERZAGHI's colleagues and assistants during this period, who contributed significantly to the development of soil mechanics and organized corresponding laboratories in several countries, were—apart from Arthur CASAGRANDE—his brother Leo CASAGRANDE (electroosmosis etc.), Leo RENDULIC (first ever triaxial tests and measuring pore-water pressure—Fig. 19, 20; extended consolidation theory [10]), Wilhelm BERNATZIK (experiments with sand cells, injection methods, book on “Physics of ground”, Karl LANGER (injection methods, precision hose levelling instrument (water level)), Juul HVORSLEV (first ring shear apparatus—Fig. 14, 15; mechanical properties of disturbed cohesive soils), Hubert BOROWICKA, Richard JELINEK, Christian VEDER (diaphragm wall), Ernst GOTTSTEIN, Karl KIENZL, Peter SIEDECK (road construction) and Wilhelm STEINBRENNER (tables for determining the stresses in every point of the half space and for calculating settlements)—Fig. 26, 27, 28.

TERZAGHI's students at this time included many other well-known personalities, particularly within Europe. In his ceremonial address at the Sixth European Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering in Vienna in 1976, A. CASAGRANDE said of that period: “There can be no question that, in the nine years from 1929 to 1938, Vienna rapidly became the world's leading centre for soil mechanics.” And then: “To sum up, in this time TERZAGHI passed on his knowledge and his experience to more individuals than in all other periods of activity throughout his life.”

In this connection it should be emphasized that at the Technical University in Vienna the theory of “soil”-mechanics had been treated intensively already rather early. For example, the influence of several factors, leading to a discrepancy between the real stress distribution in the subsoil and the results based on the elastic-isotropic half space, had been investigated already by E. MELAN (e.g. [13]). Due to TERZAGHI's activities not only the Institute for Soil Mechanics and Foundation Engineering itself became a research centre, but also in collaboration with other Chairs a number of outstanding scientific works were performed on the fields of earth-statics, hydraulic engineering and engineering geology: Thus, at the Institute for Hydrology (head: Professor F. SCHAFFERNAK) fundamental findings about the effect of cut offs and sealing measures in the subsoil were gained (still

bzw. Praxis wären heute undenkbar. Dies ist unter anderem sicherlich ein Verdienst der internationalen Fachtagungen. Der in den vergangenen 5 Jahrzehnten erfolgte Aufschwung der Bodenmechanik könnte den heutigen Leser dazu verleiten, solche alten Streitschriften lediglich als unterhaltsame Lektüre zu empfinden. Damals aber waren es geistige Existenzkämpfe zwischen einer jungen, aufstrebenden Ingenieurwissenschaft und dem „Establishment“ der einseitigen Theoretiker sowie der in alten Gewohnheiten erstarrten Baupraktiker.

Zu den Mitarbeitern und Assistenten TERZAGHI's aus jener Zeit, die wesentlich zur Entwicklung der Bodenmechanik beitrugen und in mehreren Ländern Erdbaulaboratorien einrichteten, gehörten neben Arthur CASAGRANDE dessen Bruder Leo CASAGRANDE (Elektroosmose usw.), Leo RENDULIC (erstmalige Ausführung von Triaxialversuchen mit Porenwasserdruckmessung — Abb. 19, 20; erweiterte Konsolidierungstheorie [10]), Wilhelm BERNATZIK (Sandzellenversuche, Injektionsverfahren, Buch „Baugrundphysik“), Karl LANGER (Injektionsverfahren, Präzisionsschlauchwaage), Juul HVORSLEV (erster Kreisringscherapparat — Abb. 14, 15; Festigkeitseigenschaften gestörter bindiger Böden), Hubert BOROWICKA, Richard JELINEK, Christian VEDER (Schlitzwand), Ernst GOTSTEIN, Karl KIENZL, Peter SIEDEK (Straßenbau) und Wilhelm STEINBRENNER (Tafeln zur Ermittlung der Spannungen in jedem Punkt des Halbraumes und zur Setzungsberechnung) — Abbildung 26, 27, 28.

Zu den damaligen Studenten von TERZAGHI gehörten noch viele namhafte Persönlichkeiten, vor allem des europäischen Raumes. A. CASAGRANDE stellte anlässlich seiner Festansprache bei der 6. Europäischen Konferenz für Bodenmechanik und Grundbau in Wien, 1976, über jene Zeit fest: „*Es ist keine Frage, daß während der 9 Jahre von 1929—1938 sich Wien rasch zum führenden Zentrum für Bodenmechanik in der Welt entwickelt hat.*“ Und weiters: „*Ich fasse zusammen, daß in dieser Zeitspanne TERZAGHI sein Wissen und seine Erfahrung an mehr Personen weitergegeben hat als in allen übrigen Schaffensperioden seines Lebens.*“

In diesem Zusammenhang sei hervorgehoben, daß man sich an der Technischen Hochschule Wien schon sehr früh intensiv mit der Theorie der „Boden“Mechanik beschäftigt hatte. So findet man die Berücksichtigung verschiedener Faktoren, durch welche sich der tatsächliche Spannungszustand im Untergrund von jenem im elastisch-isotropen Halbraum unterscheidet, bereits in den Veröffentlichungen von E. MELAN (z. B. [13]). Angeregt durch K. TERZAGHI wurde dann nicht nur das eigentliche Institut für Grundbau und Boden-



Abb. 30: Prof. O. K. FRÖHLICH, geboren am 6. 5. 1885 in Jägerndorf/Mähren, Österreichische Monarchie, gestorben am 20. 1. 1964 in Wien (Foto aus dem Jahre 1956, d. i. kurz vor seiner Emeritierung).

Fig. 30: Prof. O. K. FRÖHLICH in 1956, shortly before his retirement. He was born on 6 May 1885 in Jägerndorf, Moravia, then Austrian Monarchy, and died on 20 January 1964 in Vienna.

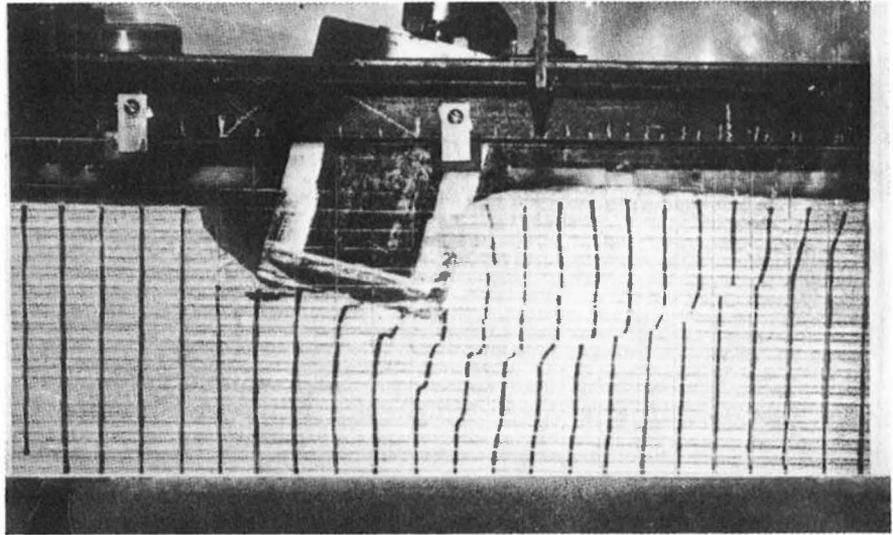
valid for sheet pile walls, cut offs, core walls, diaphragm walls, grout curtains etc.). Already then R. DACHLER proved, that only minimal leakages within the cut offs or sealing curtains reduce their efficiency extremely—entirely in contrary to cut off measures in free surface water [14]. For example, Fig. 29 shows that the permeation flow decreases only about 29% if only 1/1000 of the section area remains as one leakage ($n = 1$). If two leakages of in all 2% of the cut off area are existing, the reduction of permeation flow is already negligibly small (10%).

To sum up, TERZAGHI's Vienna period can be considered the most important phase in development of soil mechanics.

When A. CASAGRANDE and (in 1938) K. TERZAGHI had moved from Vienna to Harvard, KIENZL took charge of the Soil Mechanics Laboratory, and also lectured and held the exercises for students on an interim basis; the years 1938 to 1940 saw extensive soil investigations for roads, airfields and industrial constructions.

Abb. 33: Bestimmung der Grundbuchsicherheit von Flachfundamenten, welche von geneigten Resultierenden beansprucht werden: Modellversuche mit Donau-Sand (Bruchbilder und Gleitlinienfelder); durchgeführt von A. R. JUMIKIS unter O. K. FRÖHLICH

Fig. 33: Experimental determination of shear lines and rupture surfaces in the subsoil below shallow foundations, loaded by inclined resulting forces: Model tests with Danube-sand, performed by A. R. JUMIKIS under O. K. FRÖHLICH



mechanik zum Forschungszentrum; vielmehr entstanden in Zusammenarbeit mit nahestehenden Lehrkanzeln eine Reihe weiterer maßgebender Arbeiten auf erdstatischem, hydraulischem und ingenieurgeologischem Gebiet: Zum Beispiel konnten am Hydrologischen Institut (Vorstand: Prof. F. SCHAFFERNAK) grundlegende Erkenntnisse über die Wirkung von Dichtungsmaßnahmen im Untergrund gewonnen werden (heute noch gültig für Spundwände, Herdmauern, Tonkerne, Zementinjektionen usw.). Schon damals wies R. DACHLER nach, daß bereits minimale Durchflußöffnungen in einer im Boden situierten Dichtwand deren Wirksamkeit drastisch reduzieren — im Gegensatz zu Querschnittseingengungen im freien Wasser [14]. So zeigt Abbildung 29, daß die Durchflußverminderung nur 29% beträgt, falls nur $\frac{1}{1000}$ der Querschnittsfläche als einzige Durchflußöffnung ($n = 1$) offen bleibt. Bei zwei Öffnungen von insgesamt 2% der Querschnittsfläche sinkt die Durchflußverminderung bereits auf vernachlässigbare 10%. Insgesamt stellt somit TERZAGHI's Wiener Zeit die wichtigste Entwicklungsperiode der Bodenmechanik dar.

Nachdem sowohl A. CASAGRANDE und im Jahre 1938 auch K. TERZAGHI von der Technischen Hochschule Wien an die Harvard University/USA wechselten, übernahm K. KIENZL die Leitung des Erdbaulaboratoriums, und hielt interimistisch auch die Vorlesungen und Übungen. In diese Zeit (1938—1940) fallen umfangreiche Bodenuntersuchungen für Straßen-, Flugplatz- und Industriebauten.

Mit 1. 1. 1940 wurde O. K. FRÖHLICH mit der Leitung der Lehrkanzel betraut, und kurz darauf zum ordentlichen Professor ernannt. FRÖHLICH (Abb. 27, 30), der bis zu diesem Zeitpunkt als beratender Ingenieur tätig war, gilt als Mitbegründer der Bodenmechanik, widmete sich aber mehr ihrer the-

ed official regulations for this in the case of important buildings, for "only then will the engineer responsible for design have a reliable way of checking his fundamental assumptions and theories with an eye to future projects" [15]. The level dowel (brass) for settlement observation on buildings and structures, used by him and developed by K. TERZAGHI in Vienna, has proved in the best until now (most important advantage: damages are avoided); thus it has been laid down already for a long time in the Austrian Standards about foundation engineering (ÖNORM B 4431).

During FRÖHLICH's professorship, waterway engineering was transferred to J. KOZENY, and the

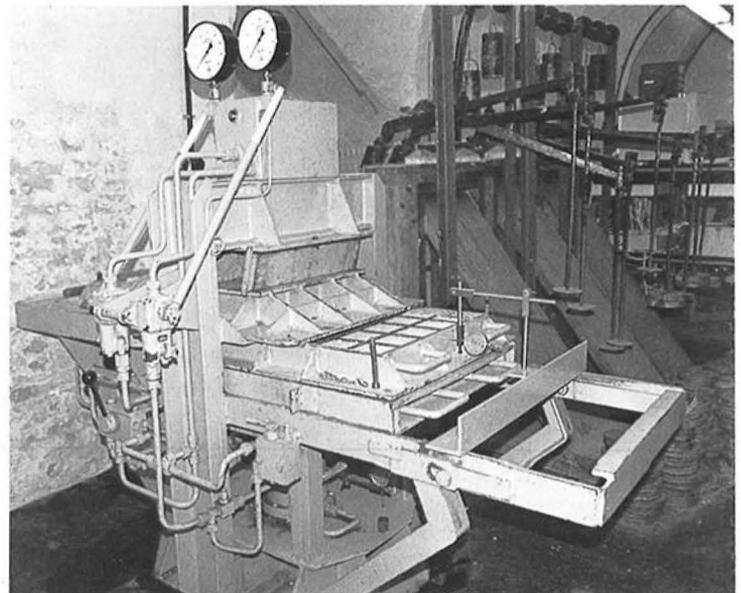


Abb. 34: Großscherapparat nach K. KLUGAR (2. Modell). Im Hintergrund alter Belastungsapparat für Ödometerversuche oder Vorkonsolidierung von Scherproben (10x10 cm) von K. TERZAGHI

Fig. 34: Large shear apparatus K. KLUGAR (2nd design). In the background old loading device of K. TERZAGHI for oedometer tests of for preconsolidation of shear samples (10x10 cm)

oretischen Seite (Abb. 31), ohne jedoch die Grundbaupraxis zu vernachlässigen. Da er selbst jahrelang bei Baufirmen im In- und Ausland gearbeitet hatte, interessierten ihn besonders Neuentwicklungen im Spezialtiefbau (Abb. 32).

Schon frühzeitig forderte FRÖHLICH die Anbringung von Höhenmarken zur Beobachtung von Setzungsunterschieden an Bauwerken. Für bedeutende Objekte schlug er sogar diesbezügliche behördliche Vorschriften vor, denn *„erst dann wird der entwerfende Ingenieur über eine verlässliche Kontrolle seiner grundlegenden Berechnungsannahmen für künftige Fälle verfügen“* [15]. Der von ihm verwendete, bereits von K. TERZAGHI in Wien entwickelte Höhenbolzen für Setzungsbeobachtungen an Bauwerken hat sich bis heute bestens bewährt (wesentlichster Vorteil: Vermeidung von Beschädigungen); er ist mittlerweile in der einschlägigen ÖNORM B 4431 verankert.

Unter FRÖHLICH wurde der Verkehrswasserbau an J. KOZENY abgegeben und die bisherigen drei Lehrfächer in die beiden Fächer „Grundbau und Bodenmechanik (Unterstufe)“ und „Gründungen mit besonderer Berücksichtigung von Wasserbauwerken“ zusammengefaßt. Im Rahmen der „Oberstufe“ wurden für interessierte Hörer Wahlvorlesungen und -übungen angeboten, welche nicht für jeden Bauingenieurstudenten verpflichtend waren. Da sich diese grundsätzliche Einteilung über Jahrzehnte bewährte, blieb sie bis heute an der Technischen Universität Wien beibehalten und wurde sinngemäß auch von vielen anderen Hochschulen übernommen.

Zu den Mitarbeitern und Studenten FRÖHLICH's aus jener Zeit gehören unter anderem die nunmehrigen Professoren A. R. JUMIKIS, USA und G. STEFANOFF, Bulgarien. JUMIKIS beschäftigte sich damals unter anderem schon frühzeitig mit Modellversuchen zur Bestimmung der Bruchfiguren und Gleitlinienfelder unter Flachfundamenten, auf welche eine geneigte Resultierende wirkt (z. B. Abb. 33 [16]).

Ab dem Studienjahr 1941/42 begannen sich die kriegsbedingten Schwierigkeiten im Unterrichtsbetrieb wegen Mangels an wissenschaftlichem Personal geltend zu machen. Unter dem häufigen Wechsel der an sich wenig geschulten Hilfskräfte hatte insbesondere der Betrieb des Erdbaulaboratoriums zu leiden, welches weiterhin Aufträge für Bodenuntersuchungen, insbesondere für die Rüstungsindustrie, zu bearbeiten hatte. Im Februar 1945 wurden durch einen Bombenreihenwurf die Lehrkanzelräume so sehr beschädigt, daß sie verlegt werden mußten. Im März erfolgte die Demontage der Apparate und die Verpackung des gesamten Laboratoriumsgerätes in Kisten. Zur geplanten Verlegung des Institutes nach dem Westen kam es jedoch nicht mehr. Während die Front durch Wien

previous three subjects were regrouped as “Foundation Engineering and Soil Mechanics (Standard Level)” and “Foundations, with special reference to Waterway Structures”. In the context of the “Upper Level” optional lectures and exercises (not obligatory for every civil engineering student) were offered for those interested. As this basic division demonstrated its value over decades, it has been retained at the Technical University in Vienna to this day, and has been adapted in analogous form by many other universities.

FRÖHLICH's colleagues and students during this period included A. R. JUMIKIS (USA) and G. STEFANOFF (Bulgaria), both now professors for soil mechanics and foundation engineering. JUMIKIS performed at that time—among other things—experimental studies on the shape of rupture surface in soil. The real shape of shear lines and failure surfaces were studied on small-scale foundation models (e.g. Fig. 33 [16]).

From the academic year 1941/42 on, the 2nd World War made itself increasingly felt in terms of a shortage of scientific personnel, which caused great difficulties in teaching. Work at the Soil Mechanics Laboratory suffered particularly from the frequent changes in (in any case inadequately trained) assistants. None the less the laboratory was still required to carry out soil investigations, particularly for the arms industry. In February 1945 a cluster of bombs damaged the department's rooms so severely that other premises had to be found. In March all the apparatus was dismantled and the entire laboratory equipment crated. But the intended removal of the Institute westwards never took place. With the front running through Vienna, office space belonging to the Laboratory had been commandeered as doctors' rooms for the Wehrmacht bandaging station (military hospital) located in the building. After the Russians had captured Vienna, the University building on Karlsplatz was used as a stables and vehicle depot by their forces. Rooms, archive and library suffered accordingly, especially the Laboratories on the ground floor. Work began at the Institute at the end of April 1945; after the worst of the job of clearing up (mainly performed by the scientific staff), it was soon usable again.

After the war O. K. FRÖHLICH investigated various theoretical problems in soil mechanics, particularly connected with the stability of slopes, the critical edge pressure beneath foundations and the safety against failure of soil beneath footings, the working out of formulee for pile driving, etc. His results are to be found in a large number of publications. In the course of postwar reconstruction he was also active as a consultant for difficult foundation engineering involving industrial buildings, high-rise buildings and bridges.

O. K. FRÖHLICH wrote the outstanding book “The

verlief, waren Büroräume des Laboratoriums als Arztzimmer für den im Hause untergebrachten Verbandplatz der deutschen Wehrmacht in Beschlag genommen. Nach der Einnahme Wiens durch die Russen wurde das Hochschulgebäude am Karlsplatz von deren Militär als Pferdestall und Wagenremise verwendet. Dementsprechend waren Räume, Archiv und Bibliothek in Mitleidenschaft gezogen, vor allem die im Erdgeschoß gelegenen Laborräume. Ende April 1945 wurde die Arbeit am Institut wieder aufgenommen und war nach den größten Aufräumungsarbeiten, die hauptsächlich vom wissenschaftlichen Personal geleistet wurden, bald wieder in benutzungsfähigem Zustand.

O. K. FRÖHLICH widmete sich nach dem Kriege der Untersuchung verschiedener theoretischer Probleme der Bodenmechanik, insbesondere jenem der Standsicherheit von Böschungen, der kritischen Randbelastung unter Fundamenten (und deren Grundbruchsicherheit), der Ausarbeitung von Rammformeln usw. Die Ergebnisse dieser Arbeiten wurden in einer größeren Anzahl von Publikationen niedergelegt. Weiters war er im Zuge des Wiederaufbaues als Gutachter bei schwierigen Gründungen von Industriebauten, Hochhäusern und Brücken im In- und Auslande tätig.

Aus der Feder von O. K. FRÖHLICH stammen das grundlegende Buch „Die Druckverteilung im Baugrunde“ (1934), ferner zusammen mit K. TERZAGHI die „Theorie der Setzung von Tonschichten“ sowie etwa 60 weitere wissenschaftliche Veröffentlichungen. Weiters wurde in seiner Ära von K. KLUGAR der erste Großscherapparat im Wiener Erdbaulaboratorium gebaut: ein großes Rahmen-Schergerät mit hydraulischer Kraftübertragung, geeignet für besonders grobkörniges Material (z. B. Gleisschotter usw.) — vgl. Abbildung 34.

Die Leitung des Erdbaulaboratoriums oblag bis Kriegsende K. KIENZL und wurde dann dem Assistenten W. TETTINEK übertragen: In der Phase des Wiederaufbaues begannen umfangreiche Bodenuntersuchungen für öffentliche und private Großbauten, da das Erdbaulaboratorium der Technischen Hochschule Wien nach wie vor die einzige derartige Versuchsanstalt Österreichs darstellte.

Im November 1949 wurde H. BOROWICKA dem Institut als Privatdozent zugeteilt, nachdem er sich bereits im Jahre 1942 mit der grundlegenden Arbeit über die Druckverteilung unter ausmittig belasteten, starren Plattenstreifen habilitiert hatte (Abb. 35). Diese Schrift bildete die Fortsetzung seiner früheren Untersuchungen der Druckverteilung und Setzungen unter elastischen Platten, welche auf der Oberfläche des elastisch-isotropen Halbraumes liegen. Die späteren Veröffentlichungen anderer Autoren auf diesem Gebiet stellen nur mehr Weiterentwicklungen zur praktischen Anwen-

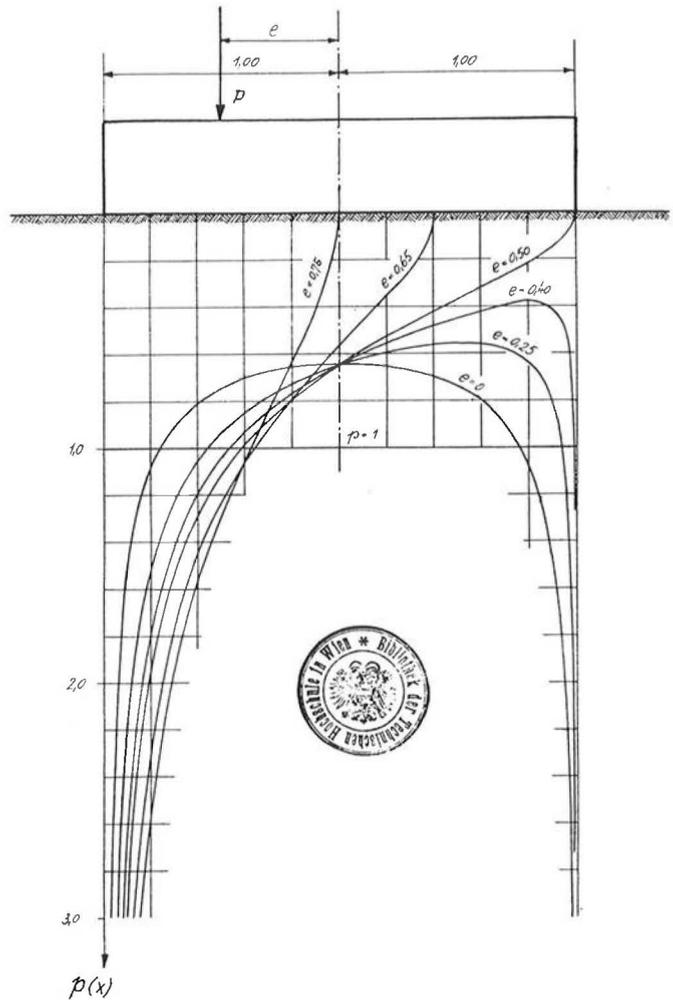


Abb. 35: Druckverteilung unter einem exzentrisch belasteten, starren Plattenstreifen, welcher auf der Oberfläche des elastisch-isotropen Halbraumes liegt [17]

Fig. 35: Soil pressure distribution beneath an eccentrically loaded rigid strip footing on the surface of the elastic-isotropic half space [17]

stress-distribution in the subsoil” (1934), and was co-author with K. TERZAGHI of the “Theory of settlements of clays”; he also produced other some sixty scientific publications. In his time the first large-scale shear device was constructed by K. KLUGAR in the Soil Mechanics Laboratory in Vienna: a massive frame-shear apparatus with hydraulic mechanism, suitable for especially coarse-grained material (e.g. crushed rock)—see Fig. 34.

K. KIENZL was in charge of the Laboratory until the end of the War, when he was succeeded by W. TETTINEK, an assistant. During the postwar reconstruction period extensive soil investigations began for large public and private buildings, since the Soil Mechanics Laboratory Vienna was still the only experimental centre of its kind in Austria.

In November 1949 H. BOROWICKA was assigned to the Institute as an unsalaried lecturer: he had already qualified as an associate professor in 1942 with a fundamental work about the soil pressure distribution beneath eccentrically loaded rigid strip footings (Fig. 35). It continued his earlier in-

dung dieses Verfahrens oder mathematischen Vereinfachungen dar (z. B. handliche Tabellen oder Einflußlinien).

O. K. FRÖHLICH absolvierte 1955/56 sein Ehrenjahr im Lehramt. Er wurde mit 30. 9. 1956 emeritiert. Für die Zeit bis zur Wiederbesetzung des Lehrstuhles wurde F. MATL, der bis 1956 Assistent am Institut gewesen war, mit der Abhaltung der Vorlesungen und Übungen aus Grundbau und Bodenmechanik betraut. Von den theoretischen Arbeiten MATL's sind vor allem die Abhandlungen über die Setzung und Schiefstellung starrer Fundamente bzw. turmartiger Bauwerke hervorzuheben.

Im Oktober 1957 wurde **H. BOROWICKA** als Nachfolger FRÖHLICH's, der bis zu seinem Tode am 20. 1. 1964 dem Institut mit Rat und Tat zur Seite stand, zum ordentlichen Professor für Grundbau und Bodenmechanik ernannt.

Obwohl das Laboratorium im Zweiten Weltkrieg und auch in der unmittelbaren Nachkriegszeit nur relativ geringe substantielle Verluste erlitten hatte, konnte seine Ausrüstung in der Kriegs- und Nachkriegszeit infolge der Materialknappheit und des Mangels an finanziellen Mitteln nicht erweitert werden. Während im Ausland nach Überwindung der ärgsten Kriegsschäden die Laboratorien mit modernsten Apparaten ausgestattet wurden, war die Entwicklung in Wien vorerst auf dem Stand von 1942 stehengeblieben. BOROWICKA trachtete daher in erster Linie danach, die Ausrüstung des Laboratoriums zu modernisieren und den Anschluß an die ausländische Entwicklung zu finden. So wurden Triaxialapparate mit Porenwasserdruck-Meßeinrichtungen und eine größere Anzahl kleinerer Geräte neu angeschafft. In den Jahren 1963—1964 wurde ein begehbare Frostraum mit Grundwassersimulation, Berechnungsmöglichkeit und einer Gefrierkapazität bis -40°C von H. BRANDL eingerichtet. (Abb. 36). Diese Anlage bildet bis heute die Basis umfangreicher Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der Frost-Tau-Einwirkung auf Böden, künstliche Korngemische und Gesteine, vor allem im Straßenbau. In Verbindung mit einer kleinen räumlichen Erweiterung des Erdbaulaboratoriums konnten in den folgenden Jahren weitere Geräte untergebracht werden, wobei diese — der Tradition des Institutes gemäß — vielfach selbst gebaut wurden.

In die Ära BOROWICKA fällt der große wirtschaftliche Aufschwung in Österreich und damit eine Vielzahl von Großbauvorhaben auf dem Gebiet des Straßen- und Wasserbaues, der Industrieanlagen, des Hochbaues und U-Bahnbaues. Vom Erdbaulaboratorium der Technischen Hochschule Wien wurden nahezu sämtliche bodenphysikalischen Untersuchungen für ganz Österreich durchgeführt; hiezu kamen zahlreiche Aufträge aus dem Ausland. Im Jahre 1950 war zwar die Bodenprüfstelle Linz

vestigations of stress distribution and settlements under flexible slabs loading the surface of the elastic-isotropic half space. Later publications of other authors in this theoretical field have been only modifications for easier practical use or mathematical sophistications and simplifications (influence value tables or curves, easy to handle).

O. K. FRÖHLICH's final year in active teaching was 1955/56; he retired to an emeritus professorship on 30 September 1956. F. MATL, until then an assistant at the Institute, was entrusted with lecturing and giving exercises on foundation engineering and soil mechanics until such time as a new professor should be appointed. Of MATL's theoretical work, the treatises on the settlement and tilting of rigid foundations and tower-like structures deserve particular mention.

In October 1957 **H. BOROWICKA** was appointed to the Chair of Foundation Engineering and Soil Mechanics, succeeding O. K. FRÖHLICH, whose valued counsel and energy continued to benefit the Institute until his death on 20 January 1964.

Although the Laboratory had suffered only minor material losses during and just after World War II, shortage of material and money precluded any expansion of its facilities in wartime and the Occupation years. Whereas, once the worst war damage had been repaired in other countries, their laboratories were equipped with the most modern devices, the clocks in Vienna had stopped in 1942 in this respect.

BOROWICKA's main aim was therefore to modernize the Laboratory facilities and catch up with developments abroad; triaxial devices with arrangements for measuring pore-water pressure, and a fair number of smaller machines were purchased. H. BRANDL set up a frost room, with groundwater simulation, arrangements for raining and a low-temperature capability down to -40°C , in 1963 to 1964 (Fig. 36). This unit is still the starting point for ambitious research on the effect of frost and thaw on soils or artificial grain distributions and rock, particularly in road construction. The Soil Mechanics Laboratory was enlarged slightly in the next few years, making it possible to accommodate more equipments, a good deal of this was fabricated in-house according to the tradition of the Institute.

The BOROWICKA era coincides with the great period of economic growth in Austria, and thus with a large number of major construction projects (roads, waterways, industrial plants, high-rise buildings and underground railways). The Soil Mechanics Laboratory at the Technical University in Vienna carried out almost all subsoil investigations throughout Austria, plus numerous commissions from abroad. It is true that the Soil Test Centre in Linz had been authorized in 1950, with W. STEINBRENNER as head; but it initially dealt only with

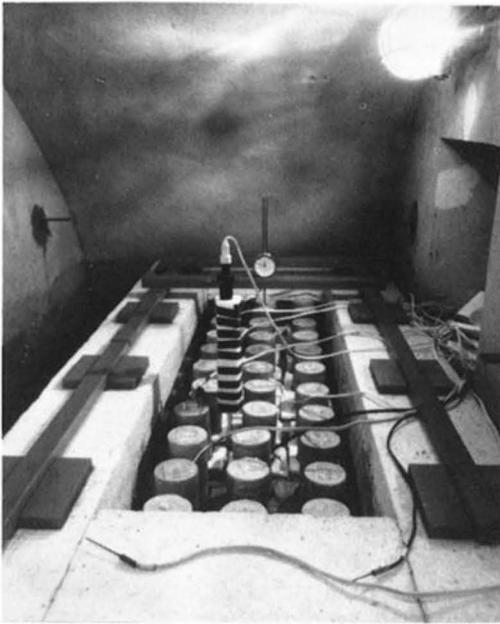


Abb. 36: 33 Proben aus feinkörnigen Böden im begehbaren Frostraum mit Grundwassernachschub [18]; „Standardversuch“ mit seitlicher Kälteisolierung durch feines Korkschröt und Styropor

Oben: Einbau

Links: vor Versuchsbeginn

Rechts: Frosthebungen nach 7 Tagen bei -25°C ; teilweise Schiefstellungen

Probenquerschnitte: $d = 6\text{ cm}$ (feinkörnig) bis 100 cm (grobkörnig)

Probenhöhen: $h = 12,5\text{ cm}$ (feinkörnig) bis 150 cm (grobkörnig)

Zusätzlich sind Modellversuche mit mehrschichtigen Straßenkonstruktionen gleichzeitig mit den Standardversuchen möglich.

Fig. 36: 33 samples of fine-grained soils in the walk-in frost-thaw room with groundwater feed and sprinkler system [18]; “standard test” with granulated cork and expandeal polystyrene providing thermal insulation along the cylindrical surface of the samples

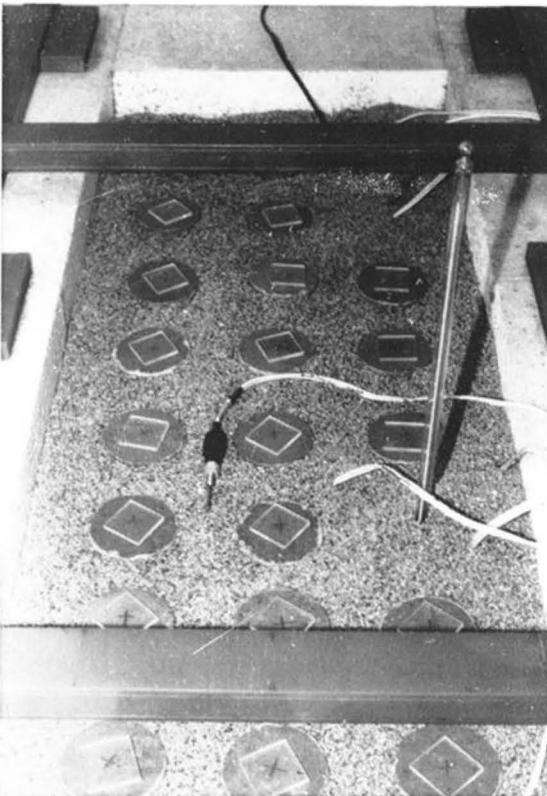
on left: placing the soil samples and instrumentations

on right: frost heave after seven days at -25°C ; partially leaning samples owing to an irregular growing of ice lenses

sample diameters: 6 cm (fine-grained soil) to 100 cm (coarse-grained soil)

sample heights: $12,5\text{ cm}$ (fine) to 150 cm (coarse)

Additionally, model tests with multi-layered road structures (subsoil, sub-base, road base and road surface of bituminous layers or concrete pavements) can be carried out simultaneously to the standard tests.



(Leitung: W. STEINBRENNER) autorisiert worden, sie befaßte sich aber zunächst nur mit dem Straßenbau. Erst im Jahre 1964 kam es zur Gründung des Institutes für Bodenmechanik, Felsmechanik und Grundbau der Technischen Hochschule Graz (Vorstand: Ch. VEDER).

H. BOROWICKA legte wissenschaftliche Schwerpunkte auf theoretische Abhandlungen über den

road construction. The Institute for Soil Mechanics, Rock Mechanics and Foundation Engineering at the Technical University in Graz was not inaugurated until 1964, when Ch. VEDER became its head.

H. BOROWICKA put the scientific emphasis on theoretical treatises on the (modified) half-space and the stability of slopes, and on laboratory inves-

HARVARD UNIVERSITY
DIVISION OF ENGINEERING AND APPLIED PHYSICS

ARTHUR CASAGRANDE
*Gordon McKay Professor of Soil Mechanics
and Foundation Engineering*

*Pierce Hall
Cambridge, Mass. 02138*

April 26, 1965

Herrn Rektor
Professor Dr. W. Wunderlich
Technische Hochschule
WIEN

Sehr verehrter Herr Rektor!

Ihre Schreiben vom 11. März und 23. April, die beide in den letzten Tagen ankamen, brachten mir die Nachricht über die bevorstehende höchste Ehrung meiner beruflichen Laufbahn. Ich werde die Verleihung des Ehrendoktors mit dem Gefühl grösster Dankbarkeit annehmen.

Es wird mir eine besondere Freude und Genugung sein an den für den 8. bis 13. November geplanten Feierlichkeiten und insbesondere an dem für den 10. November vorgesehenen Festakt teilzunehmen.

Ihnen, sehr verehrter Herr Rektor, sowie dem Professorenkollegium, meinen tiefgefühlten Dank aussprechend, verbleibe ich mit vorzüglicher Hochachtung.

Ihr ergebener,



A. Casagrande

Abb. 37: Schreiben von A. CASAGRANDE an den Rektor der Technischen Hochschule Wien anlässlich der Verleihung des Ehrendoktorates während der Feierlichkeiten zum 150jährigen Bestandsjubiläum

Fig. 37: Letter from A. CASAGRANDE to the Rector of the Technical University in Vienna, on the occasion of his being awarded an honorary doctorate during the 150th anniversary celebrations

(modifizierten) Halbraum, über Standsicherheitsbetrachtungen von Böschungen, ferner auf labormäßige Untersuchungen der Scherfestigkeit von Böden (Entwicklung des „Wiener Routine-Scher-versuches“, Ermittlung der „Restscherfestigkeit“) usw. Aus seiner Feder stammen etwa 50 Veröffentlichungen.

Im Jahre 1958 begann H. BOROWICKA mit der Herausgabe der „Mitteilungen des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik an der Technischen Hochschule Wien“, um die wissenschaftlichen Ergebnisse den interessierten Kreisen bekanntzugeben und einen innigen Kontakt und Gedankenaustausch mit ausländischen Instituten herzustellen. Insgesamt erschienen bis zur Einstellung im Jahre 1979 16 Hefte dieser Schriftenreihe, in welcher auch namhaften Fachkollegen außerhalb des Institutes Gelegenheit zur Veröffentlichung von Forschungsarbeiten oder interessanten Baumaßnahmen gegeben wurde.

Im Jahre 1965 feierte die Technische Hochschule Wien ihr 150jähriges Bestandsjubiläum. Zu diesem Anlaß wurde A. CASAGRANDE, der sich besondere Verdienste um die Entwicklung der Bodenmechanik erworben hatte, zum Ehrendoktor promoviert.

tigations of soil shear strength (development of the “Vienna routine shear test”, determination of “residual shear strength”), etc. He produced around fifty publications.

In 1958 BOROWICKA began publishing the “Mitteilungen des Instituts für Grundbau und Bodenmechanik an der Technischen Hochschule Wien” (Reports of the Institute for Foundation Engineering and Soil Mechanics at Technical University Vienna), in order to make scientific findings known to interested circles and to build up close links and promote an exchange of ideas with foreign institutes. By the time publication ceased in 1979, sixteen issues had appeared in the series, in which also well-known colleagues from outside the Institute had the opportunity to publish research work or accounts of interesting constructional methods.

In 1965 the Technical University in Vienna celebrated its 150th anniversary. This was the occasion for A. CASAGRANDE, who had made an exceptional contribution to developing soil mechanics, to be given an honorary doctor. A. CASAGRANDE had been intimately associated with the Technical University since obtaining his engineer's diploma here; as a young man he was a junior lecturer, and he collaborated to great effect in organizing the Soil Mechanics Laboratory here. In his letter to the Rector he accordingly referred to the award of an honorary doctorate by the Technical University Vienna as “the highest honour of my professional career” (Fig. 37, 38).

From 1945 to 1968 W. TETTINEK was in charge of the Soil Mechanics Laboratory. He was followed by A. HONDL, and from January 1969 to 1972 its head was H. BRANDL, who, after qualifying for an associate professor in 1971, left the Technical University not long after, but remained in touch with the Institute as an external university lecturer. Responsibility for the Laboratory was therefore given to M. FROSS in 1972; he is still in this position today.

In 1975 the Technical University was officially renamed “Technische Universität Wien” in place of “Technische Hochschule Wien”, in accordance with the new Austrian law on university organization. In the course of legal reform of studies, the two previously independent Institutes of “Foundation Engineering and Soil Mechanics” and “Geology” were merged. As rocks were being investigated on an increasing scale, and the subject “Rock mechanics” appeared in the fields lectured on in conjunction with “Foundation Engineering and Soil Mechanics”, the new unit received the name “Institute for Foundation Engineering, Geology and Rock Engineering”.

BOROWICKA retired to an emeritus professorship in 1980 (Fig. 39). He was succeeded by H. BRANDL, who had been head of the Institute for Soil Me-



Abb. 38: Verleihung des Ehrendoktorates an A. CASAGRANDE durch die Technische Hochschule Wien anlässlich des 150jährigen Bestandsjubiläums im Jahre 1965.

Fig. 38: A. CASAGRANDE being awarded an honorary doctorate at the Technical University in Vienna during its 150th anniversary celebrations in 1965.

A. CASAGRANDE war der Technischen Hochschule Wien besonders verbunden, seit er hier sein Ingenieurdiplom erworben hatte, in jungen Jahren Assistent gewesen war und an der Einrichtung des hiesigen Erdbaulaboratoriums entscheidend mitgewirkt hatte. In seinem Schreiben an den Rektor bezeichnete er daher die Verleihung des Ehrendoktorates durch die TH Wien als „die höchste Ehrung seiner beruflichen Laufbahn“ (Abb. 37, 38).

Die Leitung des Erdbaulaboratoriums führte von 1945 bis 1968 W. TETTINEK, dann A. HONDL und vom Jänner 1969 bis 1972 H. BRANDL. Im Jahre 1971 habilitierte sich H. BRANDL, verließ kurz darauf die Technische Universität Wien, blieb jedoch mit dem Institut als externer Universitätsdozent in Verbindung. Die Laborleitung wurde daher im Februar 1972 an M. FROSS übertragen, der sie bis heute innehat.

Im Jahre 1975 wurde die „Technische Hochschule Wien“ gemäß neuem Universitäts-Organisationsgesetz in „Technische Universität Wien“ umbenannt. Im Zuge der gesetzlichen Studienreformen wurden im Jahre 1980 die bisher selbständigen Institute für „Grundbau und Bodenmechanik“ und „Geologie“ zu einem Institutsverband zusammengelegt. Da ferner in zunehmendem Maße felsmechanische Untersuchungen durchgeführt wurden, und das Fachgebiet „Felsmechanik“ in Verbindung mit „Grundbau und Bodenmechanik“ im Vorlesungsstoff aufschien, erhielt die neu geschaffene Einheit die Bezeichnung „Institut für Grundbau, Geologie und Felsbau“.

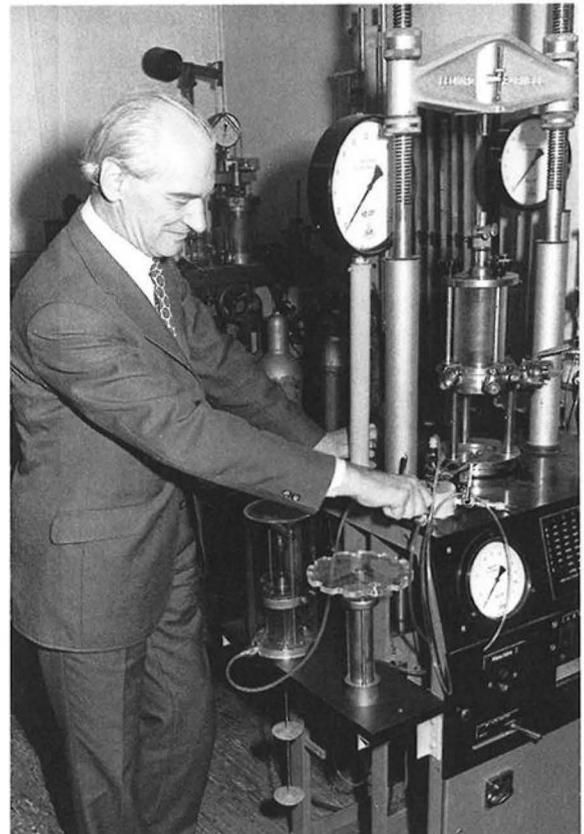


Abb. 39: Prof. H. BOROWICKA (geboren am 18. 8. 1910 in Mährisch-Schönberg); Foto aus dem Jahre 1979, d. i. kurz vor seiner Emeritierung

Fig. 39: Prof. H. BOROWICKA in 1979, shortly before his retirement. He was born on 18. August 1910 in Mährisch-Schönberg, Moravia, then Austrian Monarchy.

H. BOROWICKA emeritierte im Jahre 1980 (Abb. 39). Sein Nachfolger wurde **H. BRANDL**, der seit 1978 Vorstand des Institutes für Bodenmechanik, Felsmechanik und Grundbau an der Technischen Universität Graz gewesen war (dort als Nachfolger von Chr. VEDER). Seit dem Jahre 1981 ist H. BRANDL Vorstand des Institutes für Grundbau, Geologie und Felsbau der Technischen Universität Wien (Abb. 40). Zum Ordinarius für Geologie wurde mit 1. 10. 1981 F. MAKOVEC bestellt.

Bereits im Jahre 1982 wurde die Tradition der Drucklegung wissenschaftlicher Institutsberichte wieder aufgenommen und das Heft 1 der nunmehrigen „Mitteilungen für Grundbau, Bodenmechanik und Felsbau“ herausgegeben.

Trotz seiner großen Kapazität (z. B. 55 Kompressionsgeräte, 60 Scherapparate und Triaxialgeräte verschiedenster Bauart) ist eine Erweiterung des Erdbaulaboratoriums unumgänglich, wobei besonderer Wert auf Spezialversuche, Anordnungen für großmaßstäbliche Modellversuche usw. gelegt wird. Wissenschaftliche Schwerpunkte liegen unter anderem auf Baustellenmessungen, welche in Verbindung mit Laborversuchen zur Überprüfung oder Entwicklung theoretischer Ansätze bzw. Hypothesen führen. Ein repräsentatives Beispiel hierfür ist die Entwicklung der „semiempirischen Dimensionierung“ von Stützbauwerken, Bö-

chanics, Rock Mechanics and Foundation Engineering at the Technical University in Graz, where he had succeeded Ch. VEDER in 1978. Since 1981 H. BRANDL has been head of the Institute for Foundation Engineering, Geology and Rock Engineering at the Technical University in Vienna (Fig. 40). F. MAKOVEC was appointed Professor of Geology on 1 October 1981.

The tradition of printing scientific reports on the Institute's work was promptly revived in 1982, when volume 1 of the series now entitled "Mitteilungen für Grundbau, Bodenmechanik und Felsbau" (Reports on Foundation Engineering, Soil Mechanics and Rock Engineering) was published.

In spite of its extensive inventory (e.g. 55 oedometer devices, 60 shear apparatus and triaxial devices of the most varied design), expanding the Soil Mechanics Laboratory is unavoidable, here particular emphasis being placed on specialized experiments, setups for large-scale model tests, etc. Importance is attached (inter alia) to site measurements, which are used in conjunction with laboratory tests—to check or develop theoretical assumptions and hypotheses. A typical example is the development of "semi-empirical design" of retaining structures, slope supports, foundations in slopes liable to slip, etc. [19]. Special assignments



Abb. 40: Ständige wissenschaftliche Mitarbeiter und der Vorstand der Lehrkanzel für Grundbau, Bodenmechanik und Felsbau an der Technischen Universität Wien im Studienjahr 1983/84.

Von links: E. WÜRGER, M. POTOTSCHNIK, E. KREJCI, H. TIEFENBACHER, H. BRANDL, R. HÖRHAN, A. PLANKEL, M. FROSS, W. HAZIVAR

Fig. 40: Permanent scientific assistants and the head of the Department of Foundation Engineering, Soil Mechanics and Rock Engineering at the Technical University in Vienna (academic year 1983/84).

from the left: E. WÜRGER, M. POTOTSCHNIK, E. KREJCI, H. TIEFENBACHER, H. BRANDL, R. HÖRHAN, A. PLANKEL, M. FROSS, W. HAZIVAR

schungssicherungen, von Fundierungen in rutschgefährdeten Hängen usw. [19]. Als Sonderaufgaben werden unter anderem Geotextilien und auch Probleme des Umweltschutzes behandelt: Raumgitter-Stützmauern als begrünbare Lärmschutzwände, umweltverträgliche und dauerstabile Injektionen beim U-Bahnbau, Recycling (z. B. Verwendung von Flugasche im Erd- und Straßenbau), Abdichtung von Mülldeponien usw. Abgesehen von ausgesprochener Grundlagenforschung erfolgt die wissenschaftliche Tätigkeit stets in engster Verbindung mit der Praxis, sodaß sich beide wechselseitig befruchten.

Im Rahmen einer räumlichen Erweiterung des Erdbaulaboratoriums ist schließlich die Einrichtung eines Museums geplant, in welchem zahlreiche Originalgeräte aus den Anfängen der „Erdbaumechanik“ ausgestellt werden. Ergänzend dazu sollen Dokumente, Fotos, Skizzen und Notizen, Gutachten usw. von K. TERZAGHI und seinen Mitarbeitern einen anschaulichen Überblick über Fachliches und Persönliches geben.

include among other topics geotextiles and environmental problems: crib walls carrying plants (“greenwalls”)—also to absorb noise, non-polluting and permanently stable injections (grouting) for constructing underground railways, recycling (e.g. using fly ash for foundations and road construction), sealing off rubbish dumps, etc. Apart from basic research in the strict sense, all scientific work is carried out in close collaboration with actual practice, so that stimulations goes on in both directions.

As part of the enlargement of the Soil Mechanics Laboratory Vienna, it is planned to organize a museum in which a large number of original pieces of apparatus from the early days of soil mechanics (“Erdbaumechanik”) will be on show, supplemented by documents, photographs, sketches, notes, consultant’s reports etc. by K. TERZAGHI and his colleagues, to provide a comprehensible survey of the technical subject and those who launched it.

Literatur — References

- [1] BOROWICKA, H.: Geschichte des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik. Festbände „150 Jahre Technische Hochschule in Wien, 1815—1965“, Wien (1965)
- [2] BOROWICKA, H.: Einführung zum Vortrag Arthur Casagrandes. Mitteilungen des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Hochschule Wien, Heft 6 (1965)
- [3] CASAGRANDE, A.: Die Aräometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung von Böden und anderen Materialien. Verlag von Julius Springer, Berlin (1934)
- [4] TERZAGHI, K.: Österreichische Baugrundforschung im In- und Ausland. Festschrift „75 Jahre Ziviltechniker“, Selbstverlag der Wiener Ingenieurkammer, Wien (1935)
- [5] HVORSLEV, J.: Über die Festigkeitseigenschaften gestörter bindiger Böden. Dissertation, Technische Hochschule Wien (1936)
- [6] TERZAGHI, K.: Die Festigkeitseigenschaften *) der Schüttungen und die Erddrucktheorie auf neuer Grundlage. Wien (1933)
- [7] TERZAGHI, K.; RENDULIC, L.: Die wirksame Flächenporosität des Betons. Zeitschrift des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins, Wien (1934)
- [8] FILLUNGER, P.: Erdbaumechanik? Streitschrift im Selbstverlag des Verfassers; Buchdruckerei F. Jasper, Wien (1936)
- [9] TERZAGHI, K.; FRÖHLICH, O. K.: Erdbaumechanik und Baupraxis. Eine Klarstellung. Entgegnung zu [8], Manz’sche Buchdruckerei, Wien (1937)
- [10] RENDULIC, L.: Der hydrodynamische Spannungsausgleich in zentral entwässerten Tonzylindern. Wasserwirtschaft und Technik, Hefte 23—26, Wien (1935)
- [11] RENDULIC, L.: Ein Grundgesetz der Tonmechanik und sein experimenteller Beweis. Der Bauingenieur, Heft 31/32, Berlin (1937)
- [12] STEINBRENNER, W.: Tafeln zur Setzungsberechnung. Die Straße 1 (1934) und/and A Rational Method for the Determination of the Vertical Normal Stresses under Foundations. 1st Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Cambridge, Mass. (1936)
- [13] MELAN, E.: Die Verteilung des Druckes durch eine elastische Schichte. Österreich. W. f. d. öffentl. Baudienst 24 (1918)
- [14] DACHLER, R.: Grundwasserströmung. Verlag von Julius Springer, Wien (1936)

*) Diese Arbeit scheint in der gängigen Bibliographie über TERZAGHI’s Veröffentlichungen, welche vom Norwegischen Geotechnischen Institut zusammengestellt wurde, nicht auf.

This paper is not included in the current bibliography of TERZAGHI’s publications, listed by the Norwegian Geotechnical Institute.

- [15] FRÖHLICH, O. K.: Die Bemessung von Flachgründungen aus Eisenbeton und die neuere Baugrundforschung. Beton und Eisen, Heft 12, Berlin (1935)
- [16] JUMIKIS, A. R.: Mechanics of Soils. D. Van Nostrand Company, Inc., Princeton, New Jersey (1964)
- [17] BOROWICKA, H.: Beitrag zur Theorie der Druckverteilung im Baugrund. Habilitationsschrift, Technische Hochschule Wien (1942)
- [18] BRANDL, H.: Der Einfluß des Frostes auf kalk- und zementstabilisierte feinkörnige Böden. Mitteilungen des Institutes für Grundbau und Bodenmechanik der Technischen Hochschule Wien, Heft 8 (1967)
- [19] BRANDL, H.: Design of high, flexible retaining structures in steeply inclined, unstable slopes. 7th Europ. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Brighton (1979)