Die ersten 20 Jahre der Erdbauabteilung der VAWE, 1935 bis 1954

Autor(en): **Schnitter, Gerold / Schaerer, Charles**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **86 (1968)**

Heft 31

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-70093

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

stehen. Wir freuen uns, wenn Haefeli diesen vorläufigen Schlussstein in das weitgespannte Gewölbe der EGIG einsetzen wird. Dass auch dann die Forschung in Grönland in irgend einer Form weitergehen kann und muss, ist im letzten Jahr durch das Versetzen einer Anzahl von 20 m hohen Turmpegeln über das ganze Querprofil – auf ausdrückliche Empfehlung von Haefeli hin – dokumentiert worden. Damit ist dieses Profil jedenfalls auf weitere Jahrzehnte hinaus gesichert.

Diese knappen Hinweise geben nur einen Ausschnitt aus der bisherigen Tätigkeit des Jubilars im Dienst der Schnee- und Eisforschung wieder. Dass es der stets neuen Zusammenhängen nachspürende Geist mit dem bis dahin Geleisteten bewenden lassen wird, ist kaum anzunehmen. Im Namen aller, die durch seine Forschungen, Gründungen und Anregungen bereichert worden sind, im besonderen auch namens der Eidg. Schnee- und Lawinenforschungskommission, der er seit über 25 Jahren angehört, sei ihm herzlich gedankt. Die besten Wünsche begleiten ihn ins nächste Dezennium.

Literaturhinweise

Bader, H.; Haefeli, Z.; Bucher, E.; Neher, J.; Eckel, O.; Thams, Ch. (1939): Der Schnee und seine Metamorphose. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie – Hydrologie – Lieferung 3. Bern 1939, Kümmerly & Frey.

Church, J.E.: Snow Surveying: its Principles and Possibilities. "Geographical Review", Vol. XIII, No. 4, p. 529–563.

Haefeli, R.: Schneemechanik mit Hinweisen auf die Erdbaumechanik. Dissertation 1939 ETH Sonderdruck aus Bader H., Haefeli R...usw. 1939.

Haefeli, R.: Spannungs- und Plastizitätserscheinungen der Schneedecke. «Schweiz. Archiv für angewandte Wissenschaft und Technik» 1942, H. 9–12.

Haefeli, R.: Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung. «Schweiz. Bauzeitung» Bd. *123,* (Jan. 1944), Nr. 2, 4 und 5.

Haefeli, R.: Contribution to the movement and the form of ice sheets in the Arctic and Antarctic. "Journal of Glaciology", Vol. *3* (1961), p. 1133–1151.

Haefeli, R. und Brandenberger, F.: Rheologisch-glaziologische Untersuchungen im Firngebiet des Grönländischen Inlandeises. «Meddelelser om Grönland» Bd. *177* (1967), No. 1, p. 1–336 (im Druck).

Paulcke, W.: Praktische Schnee- und Lawinenkunde. Berlin 1936, Jul. Springer.

Seligman, G.: Snow Structure and Ski Fields, London 1936, McMillan Ltd.

Adresse des Verfassers: Dr. *Marcel de Quervain,* Direktor des Eidg. Instituts für Schnee- und Lawinenforschung, Weissfluhjoch, 7260 Davos-Dorf.

Die ersten 20 Jahre der Erdbauabteilung der VAWE, 1935 bis 1954

DK 378.962:061.6:624.131

Von Prof. **G. Schnitter** und Ing. **Ch. Schaerer,** Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH

Fünf Jahre nach Inbetriebnahme der «Versuchsanstalt für Wasserbau an der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich», also im Jahre 1935, wurde ihr eine «Erdbauabteilung» angegliedert.

Weiter zurückgreifend ist zu erinnern, dass aus dem Erdbaulaboratorium des Instituts für Baustatik und Brückenbau ein «Institut für Erdbauforschung» entstand mit einer petrographischen Abteilung, das der Geotechnischen Prüfstelle (Prof. Dr. *P. Niggli*) angegliedert war und durch eine eigentliche Erdbauabteilung ergänzt wurde. Die Vorarbeiten dazu hatten Prof. Dr. *A. Rohn,* Prof. *Ch. Andreae* sowie Prof. Dr. *P. Niggli* und der erste Direktor der Versuchsanstalt für Wasserbau, Prof. Dr. *E. Meyer-Peter,* Mitte der 20er-Jahre an die Hand genommen.

In einer zehnjährigen Entwicklung, und nicht zuletzt dank der Möglichkeit, gemeinsame Labor-Räumlichkeiten für die petrographisch-geologischen und die erdbaumechanischen Untersuchungen zu schaffen, wurde der Gedanke eines selbständigen Institutes damals aufgegeben und die «Erdbauabteilung» als mündiges Kind auch in der Anschrift der Versuchsanstalt im Jahre 1956 integriert; seither heisst sie «Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH» (VAWE).

Im vorliegenden knappen Rückblick wird versucht, die von der Persönlichkeit des ersten Leiters der Erdbauabteilung, Prof. Dr. *Robert Haefeli,* ausgehende Ausstrahlung, das Tätigkeitsfeld, die gesteckten Ziele sowie die personelle Entwicklung zu schildern.

Anlass zur Gründung der Erdbauabteilung mitten in der Krisenzeit der 30er-Jahre waren die Arbeiten für grössere Wasserkraftanlagen mit Erddämmen (Albbruck-Dogern, Bannalpwerk, Etzelwerk) sowie der Einsturz des Quais in Vevey. Es war deshalb naheliegend, diese junge Wissenschaft unter die Fittiche des Lehrstuhles für Grundbau und des neuen Wasserbaulabors zu stellen.

Der Aufbau, 1935 bis 1938

Die Einrichtung der Erdbauabteilung im zweiten Stock der Nord-Galerie der Versuchsanstalt für Wasserbau, 1935, erfolgte mit Hilfe einer Subvention der Eidg. Volkswirtschaftsstiftung. Als erster Auftrag für die Praxis wurden bodenphysikalische Untersuchungen vom Untergrund des Karlsturmes am Zürcher Grossmünster durchgeführt.

Die Wahl des Abteilungsleiters fiel auf den damals 37 Jahre alten dipl. Ing. *R. Haefeli.* Als Mitarbeiter des Ingenieurbüros *H.E. Gruner* in Basel hatte er, nach mehrjähriger Praxis in Spanien, die erdbaumechanischen Untersuchungen für die Dämme des Kraftwerkes Albruck-Dogern ausgeführt. Diese umfassten sowohl theoretische Studien wie auch bodenmechanische Versuche mittels Apparaturen und Methoden, die der ideen- und phantasiereiche Ingenieur Haefeli für diese Aufgabe eigens entwickelt und konstruiert hatte. Diese Geräte – beim Übertritt geschenkweise vom Ingenieurbüro Gruner der ETH überlassen – bildeten den Grundstock der Versuchseinrichtungen. Die Arbeiten wurden von einem Einmannbetrieb bewerkstelligt: in der «Petrographisch-Geologischen Abteilung» war Dr. *A. von Moos* und an der «Erdbauabteilung» Ingenieur R. Haefeli. Es ist als glückliche Tatsache zu bezeichnen, dass von Beginn der Tätigkeit an, sozusagen in paritätischer Selbständigkeit, Vertreter der Naturwissenschaft und der Technik in enger Zusammenarbeit an der Lösung der sich stellenden Probleme wirkten.

Die Abgrenzung der Gebiete lautete [1] wie folgt: «Die Geotechnische Prüfstelle sucht die technischen Eigenschaften der untersuchten Lockergesteine in Beziehung zu setzen zu ihrer Entstehungsweise und Lagerung (Geologie) wie auch zu ihrer minerogenen und biogenen Zusammensetzung, zum Gehalt an flüssiger Phase, zur Kornverteilung und Morphologie der Einzelteilchen. Diesen Zwecken dienen einerseits kombinierte Boden- und Bohrproben-Untersuchungen, besonders auch im Gebiet der Stadt Zürich, anderseits makroskopische, mikroskopische, röntgenographische, ferner granulometrische, morphologische, chemische und Konsistenz-Untersuchungen nach vorhandenen und neugeschaffenen Methoden, Instrumenten und Apparaturen an den verschiedensten natürlichen und künstlichen Lockergesteinen.

Die Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau übernimmt das Studium der mechanischen Eigenschaften kohärenter wie kohäsionsloser Lockergesteine mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der flüssigen Phase. Bei der Bestimmung der mechanischen, vom technischen Standpunkt besonders wichtigen Eigenschaften der Böden werden unter anderem die Zusammendrückbarkeit, die Scherfestigkeit und die Wasserundurchlässigkeit des Materials in Funktion des Druckes, die kapillare Steighöhe und das Schwindmass festgestellt.»

Die Erdbauabteilung beschäftigt sich somit mit Aufgaben der Bodenmechanik und deren Anwendung auf die Fundationstechnik (Grundbau), [2]; das heisst mit allen Problemen, die die Fundierung von Wasserbauten, Brücken und Hochbauten, die Stabilität und Abdichtung von Erddämmen, den Unterbau von Bahnen, Strassen und Flugpisten, die Sicherung von Rutschhalden usw. betreffen. Deren Behandlung erfordert Forschung im Laboratorium, und zwar sowohl eine Grundlagenforschung als auch die Prüfung des Verhaltens der verschiedensten Bodenarten bei speziellen Bauaufgaben, weiterhin aber auch theoretische Arbeit bei der Anwendung der Versuchsresultate auf die Praxis.

Bereits im Winter 1935/36 beteiligte sich die Versuchsanstalt an den Arbeiten der Eidg. Expertenkommission für Schnee- und Lawinenforschung. Dieses für *Robert Haefelis* Denkweise faszinierende Gebiet der Schneemechanik, der Metamorphose des Stoffes, der Kriech- und Gleitbewegungen bis zur Ausbildung der unheilvollen Lawinen, sodann die Konzeption, die Projektierung und Erstellung der Abwehr- und Schutzmassnahmen als technische Abhilfe

gab ihm ein Gepräge, das seinen Namen weit über unsere Grenzen führte. Dank seiner ausgesprochenen Assoziationsphantasie konnte er die Zusammenhänge zwischen plastischem Verhalten verschiedener Materialien in von ihm selbst entwickelten und konstruierten originellen Geräten und Apparaturen experimentell verfolgen.

Unermüdlicher Forscher im ursprünglichen Sinne des Ringens um die Erkenntnis und das Aufdecken von Naturgesetzen, fand er in der Schneemechanik den Stoff seiner Promotionsarbeit, mit der er im Jahre 1939 die Würde des Dr. sc. techn. erlangte.

Als Leiter der Erdbauabteilung und knapp 3 Jahre nach Beginn seiner Tätigkeit an der Versuchsanstalt organisierte er den Erdbaukurs 1938 (11 Vorträge von Mitarbeitern der VAWE). Mit diesem Anlass, dem ein grosser Erfolg beschieden wurde, gewann die schweizerische Fachwelt einen Überblick über dieses noch sehr junge Gebiet der Ingenieurwissenschaften.

Interessante Aufgaben für die Praxis – im Jahre 1938 waren es bereits 25 Aufträge –, so zum Beispiel die Fundierung des Zürcher Kongresshauses und die baulichen Vorbereitungen für die Landesausstellung 1939, liessen dem kleinen Arbeitsteam von insgesamt 4 Mitarbeitern (1 Chef, 1 Ingenieur, 1 Geologe, 1 Laborant) nur sehr wenig Zeit für Forschungsarbeiten. Diese befassten sich einerseits mit theoretischen Arbeiten über Setzungsberechnung/Nachsetzungen/Kriechen, dann Auswertung der Sternschen Formel, anderseits mit Laboruntersuchungen wie elektrische Widerstandsmessungen an Lockergesteinen, Konus-Versuche, Stempelversuche, Methoden zur Bestimmung der Zugfestigkeit sowie des Ruhedruckes von Lockergesteinen.

Die Kriegsjahre 1939–1945

Trotz der Belastung dieser Periode, sowohl in psychischer wie in personeller Hinsicht infolge Militärdienstleistung, wurden die Forschungsarbeiten weitergeführt. Die Ergebnisse fanden ihren Niederschlag in «Internen Berichten», wobei allein in den vier Jahren 1942 bis 1945 deren achtundzwanzig abgefasst wurden. Sie betreffen das breite Feld der Bodenmechanik, so zum Beispiel Nr. 69 J: Langfristige Oedometer-Versuche (Dauerversuche) mit Wasserstoff-Kalium- und Kalcium-Kaolin; No. 71 J: Reibungsversuche, Winkel der natürlichen Böschung und innerer Reibungswinkel; No. 71 a: Theorie zum Injektionsproblem; No. 78 J: Ruhedruckversuche; No. 79 J: Laborversuche über Elektroentwässerung; No. 80 J: Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung (Mitt. No. 7 der Versuchsanstalt); No. 89 J: Theorie zur Setzungsanalyse bei konstantem Plastizitätsmodul M_e.

Im Jahre 1940 reichte Dr. *R. Haefeli* seine Habilitationsschrift über «Analyse des Spannungszustandes ebener, plastisch zusammendrückbarer Böschungen» ein. Sie wurde erweitert und mit etwas abgeändertem Titel [3] als Mitteilung No. 2 der Versuchsanstalt herausgegeben. Damit war der Grundstein einer äusserst fruchtbaren wechselseitigen Bereicherung von zwei benachbarten Gebieten der Ingenieurwissenschaft und Baukunst: Schnee- und Bodenmechanik, dank Personalunion, gelegt.

In personeller Hinsicht entwickelte sich die Erdbauabteilung erfreulich. Ende 1945 waren 10 Mitarbeiter tätig, und zwar 6 Ingenieure (wovon ein polnischer Internierter seit 1942), ein Geologe, ein Techniker, ein Mechaniker und seit 1944 eine Stenodaktylo.

Die Aufträge für die Praxis nahmen zu. Im Jahre 1939 waren es 30, die von 5 Mitarbeitern erledigt wurden; 1945 wurden deren 78 betreut. Darunter sei die Sanierung der Brücke der Rhätischen Bahnen in Klosters, die Untersuchungen für den Neubau des Kantonsspitals Zürich, Untersuchungen für die Flugpiste Kloten und den Seedamm Rapperswil erwähnt.

Im Wintersemester 1944/45 begann PD Dr. *Haefeli* seine Vorlesungen: «Erdbaumechanik I, II und III» an den Abteilungen II und XII sowie «Schneemechanik und Lawinenverbau» an der Abteilung VI zu lesen.

Die Entwicklung 1946 bis 1950

Der Ausbau der Wasserbauabteilung sowie der Werkstatt führte dazu, dass die Erdbauabteilung im Jahre 1946 an die Physikstrasse 7 in eine zu diesem Zwecke umgebaute Villa dislozierte. Diese provisorische Unterkunft dauerte bis zum Einzug in den Erweiterungsbau 1951. Diese räumlich begrenzte Arbeitsstätte bot günstige Voraussetzungen für ein erspriessliches Arbeitsklima zwischen den Mitarbeitern und förderte die Equipenarbeit. Ing. *L. Bjerrum* löste Ing. *W. Schaad* als Senior-Ingenieur im Jahre 1948 ab.

Dr. *A. von Moos* begann seine Lehrtätigkeit mit der Mitwirkung bei den Exkursionen und Übungen des Mineralogischen-Petrographischen Instituts im Jahre 1947. Im darauffolgenden Jahr wurde ihm die venia legendi erteilt als PD an der Abteilung XII, über «Geologische Baugrundfragen in Lockergestein».

Im Jahre 1948 fand der zweite Internationale Kongress für Bodenmechanik und Fundatiostechnik in Rotterdam statt. Das Ergebnis langjähriger Studien und Versuchsreihen konnte zu diesem Anlass zusammengestellt und publiziert werden. In der Tat wurden 10 Aufsätze als Kongressbeiträge eingereicht. Diese enthalten das Facit der wissenschaftlichen Versuche, die unmittelbar nach dem Erdbaukurs 1938 in Angriff genommen wurden. Sie betreffen Scherfestigkeit, Zusammendrückbarkeit und Schwinden von Lockergesteinen, Setzungserscheinungen, Stabilität von Böschungen, Elektroosmose, Standardisierung des Versuchswesens und die Beziehung zwischen Geologie und Erdbaumechanik.

15 weitere Veröffentlichungen der Mitarbeiter der Erdbauabteilung erschienen im selben Jahr, wobei als Autoren *G. Amberg, L. Bjerrum, R. Haefeli, P. Kasser, A. von Moos* und *W. Schaad* zeichneten, wozu noch 6 wissenschaftliche Untersuchungen zu internen Berichten verarbeitet wurden.

Im selben «Rekordjahr» 1948 wurde die Erdbauabteilung mit den bodenmechanischen Untersuchungen für den Erddamm Marmorera betraut. Dieser erste grosse Erddammbau in der Schweiz stellte hohe Anforderungen an das Wissen und Können des Mitarbeiterteams. Galt es doch, die neuentwickelten Grundsätze, die aus den USA bekannt waren, auf unsere spezifischen Klima- und Baugrundverhältnisse zu übertragen. Als weitere interessante Aufträge sind die Untersuchungen der Mastfundation (Zuganker) für die Lukmanier-Hochspannungsleitung zu erwähnen, wie auch der Rutsch an der Engehalde in Bern.

Im Jahre 1950 begannen die Untersuchungen für den zweiten grossen Schweizer Erddamm: Göschenenalp. Der Personalbestand wuchs an und erreichte 1950 bereits 15 Mitarbeiter, und zwar 7 Ingenieure, 1 Geologe, 1 Techniker, 1 Zeichner, 1 Gehilfin für Bureauarbeiten, 3 Laborgehilfen, 1 Aushilfe.

Die wissenschaftlichen Arbeiten umfassen unter anderem zu dieser Zeit: Tragfähigkeit von Kreisplatten, Berechnungsmethoden zu Stabilitätsuntersuchungen von Erddämmen, Entwicklung eines grossen Verdichtungsgerätes und eines Triaxial-Apparates, künstliche Verdichtung von Böden, Entwicklung einer leichten Rammsonde, Modellversuche für Grundwasserentnahmen mit horizontalen Bohrungen. Die Vorarbeiten für die Organisation des in Zürich 1953 stattfindenden 3. Internationalen Kongresses für Bodenmechanik und Fundationstechnik beginnen bereits im Jahre 1950.

Die Entfaltung 1951 bis 1954

Im Herbst 1951 konnte die Erdbauabteilung die neuen Bureaux und Labor-Räumlichkeiten beziehen. Aus Gesundheitsgründen musste leider Prof. *R. Haefeli* noch vor Jahresende einen längeren Urlaub antreten, so dasss seine 14 Mitarbeiter für die Weiterführung der laufenden Untersuchungen sorgten.

Der Bau des Erddammes Marmorera war in vollem Gang wie auch die Untersuchungen für den Göschenenalpdamm. Die Erfahrung, die bei der Projektierung und Erstellung dieser Bauwerke von seiten der Erdbauabteilung gewonnen werden konnte, bildet einen wichtigen Bestandteil des wertvollen geistigen Kapitals, das für die weitere Entwicklung der Fundationstechnik in der Schweiz richtungweisend war. Weitere Studien für Erddämme, so zum Beispiel Valle di Lei, Zervreila, Le Marinel (Kongo), Ausgleichsbecken Fionnay, die in diese Zeit fielen, konnten zielsicher an die Hand genommen werden.

Die Organisation und die Durchführung des 3. Internationalen Kongresses für Bodenmechanik und Fundationstechnik in Zürich und in Lausanne vom 16. bis 27. August 1953 wurden zur Hauptsache durch die Mitarbeiter der Erdbauabteilung bestritten. Im Kongressjahr allein wurden dafür 5400 Stunden aufgewendet.

Auch die Forschungsarbeiten lagen im Zeichen der Staudammprobleme: Durchlässigkeitsversuche mit quadratischen Sickergräben als Anleitung für Feldversuche; künstliche Verdichtung von Böden; Porenwasserdruckerscheinungen an gesättigten und nicht gesättigten Materialien; Sickerströmungsprobleme. Der Strassenbau begann den Bodenmechaniker vermehrt zu beschäftigen. Probleme der Tragfähigkeit und des Verhaltens bei Frost gaben Anlass zu Forschungsarbeiten, wozu im Jahre 1953 erstmals ein Physiker (*F. Balduzzi*) eingesetzt wurde.

Der Auftrag der Technischen Kommission der Zementwarenfabrikanten für die experimentelle Abklärung der Grabenverdichtung

im Jahre 1954 gab das Startzeichen für die Untersuchungen über das Verhalten des Bodens unter dynamischer Beanspruchung.

In dieser Zeit widmete sich Prof. *R. Haefeli* der Bereinigung verschiedener Publikationen, die als Mitteilungen der VAWE herausgegeben wurden.

Ende 1954 umfasste die Erdbauabteilung insgesamt 18 Mitarbeiter, wovon 12 mit akademischem Titel.

Rückblickend auf die 20jährige Tätigkeit des Mitgründers und ersten Chefs der Erdbauabteilung der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, möchten wir ihm vorab danken für den Impuls, den er in unermüdlicher, ja beinahe rastloser, intensiver Arbeit diesem jungen Zweig der Ingenieurwissenschaft gegeben hat. Jede Anregung zum besseren Verständnis der Zusammenhänge zwischen dem Verhalten und der Beanspruchung des Materials gab ihm Anlass, dank ausserordentlichem Geschick als Experimentator, zahlreiche sinnvolle Geräte und Apparate zu entwickeln. Die über 70 von ihm abgefassten «Internen Berichte» sind Zeugen seiner ideenreichen mathematischen Begabung, Versuchsergebnisse in einer Theorie zu formulieren.

Wenn auch bestimmte, zum Teil sehr persönliche Darstellungen, wie zum Beispiel seine Setzungsanalyse, mit dem von ihm eingeführten Zahlenwert $\triangle_e$ durch die Weiterentwicklung der Bodenmechanik überholt wurden, hat seine einmalige Synthese über das plastische Verhalten in der Fels-, Boden-, Schnee- und Eismechanik vor der Nachwelt sicheren Bestand.

Literaturverzeichnis

[1] 1938 *E. Meyer-Peter/R. Haefeli/A. von Moos:* Das Institut für Erdbauforschung, SBZ Bd. 111, Nr. 14, 1938.

[2] 1953 *E. Meyer-Peter:* Der Ergänzungsbau der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Zürich. «Neue Zürcher Zeitung» Nr. 207, 28. Januar 1953.

[3] 1942 *R. Haefeli:* Spannungs- und Plastizitätserscheinungen der Schneedecke unter besonderer Berücksichtigung der Schneedruckberechnung und verwandter Probleme der Erdbauforschung.

Adresse der Verfasser: Prof. *Gerold Schnitter* und Ing. *Charles Schaerer*, VAWE, 8006 Zürich, Gloriastrasse 39.

Kriechen von Böschungen in vorbelasteten Tonen

DK 624.131.221

Von **Laurits Bjerrum**, geotechnisches Institut, Blindern, Oslo

Seit Professor Dr. *R. Haefeli* in den frühen dreissiger Jahren mit seiner wissenschaftlichen Arbeit auf dem Gebiete der Eis-, Schnee-, Boden- und Felsmechanik begann, widmete er sein Hauptinteresse stets dem Problem des Kriechens. Während vier unvergesslichen Arbeitsjahren an der Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH in Zürich führte der Jubilar den Verfasser dieser Abhandlung in die Probleme der langsamen Böschungsbewegungen ein. Mit diesem Beitrag – einer kurzen Studie über einen speziellen Fall des Kriechens – in der Festschrift zum 70. Geburtstag von Professor Haefeli möchte der Verfasser gerne seiner tiefen Dankbarkeit seinem Lehrer und Freund gegenüber Ausdruck verleihen.

«Kriechen von Böschungen» ist ein weitgefasster Ausdruck, der in der Ingenieurgeologie gebraucht wird, um Abwärtsbewegungen zu bezeichnen, die mit kaum feststellbarer Geschwindigkeit erfolgen (Terzaghi, 1950). Die folgende Erörterung soll aber auf den Mechanismus des Kriechens von *Tonböden-Böschungen* beschränkt bleiben. Es wird dabei unterschieden zwischen dem Fall, bei dem die Bewegung in der Zone erfolgt, in welche der Frost im Winter eindringt, und jenem Fall der Böschungs-Bewegung, der Gegenstand der nachfolgenden Ausführung ist. Dieser Fall kann auf tieferliegende Bewegungen zurückgeführt werden, jener sollte eher unter der «Solifluktion» behandelt werden. Doch sogar mit solch einer Einschränkung des Begriffes sind noch verschiedene Arten des Kriechens von Tonböden-Böschungen möglich (Bild 1).

Ein Studium des Verhaltens der Böschungen von Tonböden verschiedenartigen geologischen Ursprungs und Geschichte führt zu dem interessanten Schluss, dass das Kriechen von Böschungen umso ausgeprägter wird, je grösser die Festigkeit des ursprünglichen Tones oder des Ursprungsgesteines war. Ein Gebiet, in welchem öfters Kriechvorgänge vorkommen, befindet sich im östlichen Teil der Schweiz. Dort besteht das Ursprungsgestein aus schwachzementierten, tonigen Schiefern, die ihre grosse Festigkeit durch ehemalige grosse Überlagerungen erhalten haben (es ist auch möglich, dass diese Schiefer eine Umwandlung erfahren haben). Kommen sie jedoch mit Wasser oder Luft in Berührung, so quellen und zerfallen sie (*Jäckli,* 1948 und 1957; *von Moos,* 1953; *Haefeli,* 1944; und *Haefeli et al.,* 1953). Nahe an diese Art kommt das Kriechen, das man bei Böschungen in den etwas weicheren Schiefertonen im südlichen Europa und in mehreren Schiefertongebieten der Vereinigten Staaten beobachten kann, wie zum Beispiel in Pennsylvania und an der kalifornischen Westküste (*Sharpe* und *Dosch,* 1942; *Ladd,* 1927 bis 1928; *Gould,* 1960; *Peterson,* 1954). Anderseits zeigt die Erfahrung, dass ein Kriechen von Böschungen in Schweden, Norwegen und Kanada, wo der Ton weich und normal- oder beinahe normalkonsolidiert ist, nur selten oder überhaupt nicht vorkommt. Das gleiche gilt auch für Löss. Es ist daher nicht unwahrscheinlich, dass die Natur des hier erörterten Falles von Kriechen mit der geologischen Geschichte des Ursprunggesteins eng verbunden ist.

Vor kurzem wurde gezeigt (*Bjerrum,* 1967), wie ein Teil der Zusammendrückungsenergie bei Tonen und Schiefertonen, die während einer Vorbelastung grossen Drücken ausgesetzt waren, eine Biegung der schuppenförmigen Tonteilchen verursacht. Sobald die Last entfernt wird, versuchen die Tonteilchen so weit wie möglich ihre ursprüngliche Form wiederzuerhalten. Das ist nur unter der Voraussetzung möglich, dass die Belastung die Elastizitätsgrenze nicht überschritten hat. Ein Ton, der unter einem gegebenen Druck konsolidiert wird, enthält demnach einen gewissen Anteil von sogenannter Dehnungsenergie.

In der gleichen Abhandlung wurde auch gezeigt, wie die Dehnungsenergie in einigen Tonen bei der Entlastung wieder frei wird, während es andere Tone gibt, bei denen die Dehnungsenergie eingeschlossen bleibt und infolgedessen nicht sofort frei wird. Die Erklärung, warum die Dehnungsenergie in einigen Tonen erhalten bleibt, wurde darin gefunden, dass in diesen Tonen während der maximalen Vorbelastung diagenetische Bindungen entstanden sind. Diese Bindungen haben die Eigenschaft, die Berührungsstellen der Teilchen zusammenzuschweissen. Auf diese Weise werden die gebogenen Teil-
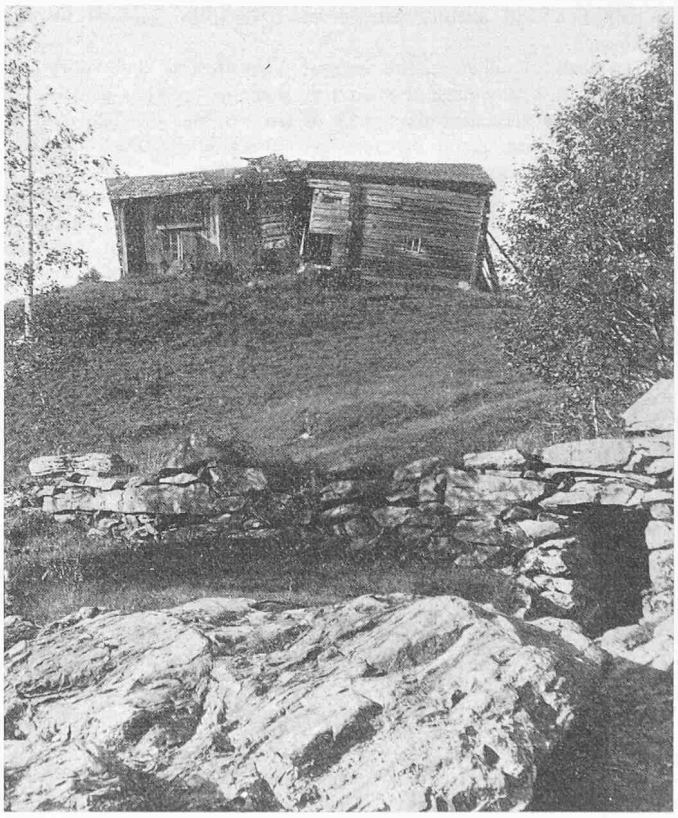
Bild 1. Kriechen in zwei Richtungen in einem Hügel in Vuku, Norwegen. Photo G. Holmsen, 1915 NGI