

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 107/108 (1936)
Heft: 15

Sonstiges

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 21.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

belastet wird, so tritt eine Setzung auf, die zum grössten Teil durch das Ausquetschen von Porenwasser bedingt ist. Wenn die Setzung beendigt ist, so wird die ganze Last durch die Bodenkörper (feste Phase) aufgenommen. In diesem Zustande ist die Spannung des Grundwassers nur durch dessen Eigengewicht bedingt; man spricht von natürlichem Porenwasser. Erhöht man die Last plötzlich, so wird unter der Voraussetzung, dass das Wasser nicht entweichen kann, was ein Extremfall ist, die ganze Zusatzlast durch das Wasser aufgenommen. Die Spannung in der festen Phase bleibt unverändert. Unter diesen Umständen nimmt die Scherfestigkeit nicht zu, was aber nicht so interpretiert werden darf, als ob der Reibungswinkel kleiner geworden wäre; vielmehr ist eben die Mehrbelastung der festen Phase nur scheinbar grösser geworden. Man spricht in diesem Falle von druckgespanntem, besser dynamisch druckgespanntem Porenwasser. Setzt man eine gewisse Durchlässigkeit des Materials voraus, so wird das Wasser unter dem Einfluss seiner Mehrbelastung allmählich fortgedrückt. Der Wasserdruk nimmt damit mit der Zeit ab, während gleichzeitig sich der Druck in der festen Phase erhöht. Erst jetzt tritt eine Setzung ein. Die Zeit, in der sich der ganze Vorgang abspielt, ist also eine Funktion der Durchlässigkeit des Bodens. Deshalb setzen sich Bauwerke, die auf tonigem Boden errichtet sind, noch jahrelang nach ihrer Vollendung, während bei Sand und Kies der Vorgang sich sehr rasch abspielt. Hier ist auch die Begründung für die Unzuverlässigkeit der sogenannten Rammformeln zu suchen.

Die eben geschilderten Verhältnisse sind — teilweise — reversibel. Bei plötzlicher Entlastung tritt daher dynamisch zuggespanntes Porenwasser auf. Ob dabei beliebig hohe Zugspannungen (grösser als 1 kg/cm^2) entstehen können, scheint allerdings noch nicht abgeklärt. Die Scherfestigkeit müsste bei völlig reversiblen Vorgängen im ersten Moment nach der Entlastung gar keine Abnahme aufweisen. Der Versuch zeigt, dass sie den theoretischen Wert nicht erreicht, aber immer noch wesentlich grösser ist als im Zustand des natürlichen Porenwassers. Bei vollständiger Entlastung bleibt eine gewisse Scherfestigkeit, die man, wie oben gesagt, als scheinbare Kohäsion bezeichnet.

Ein wichtiges Problem ist die Bestimmung der inneren Kräfte in einem vom Wasser durchflossenen Boden. Auf Grund der Theorie der Potentialströmung können für einen vorliegenden zweidimensionalen Fall das Strömungsbild (Stromlinien und Aequipotentiallinien), sowie die Linien gleichen hydrodynamischen Drucks gezeichnet werden. Daraus lässt sich das Kraftfeld konstruieren, in dem folgende Kräfte zu berücksichtigen sind: die Schwere, der hydrodynamische Auftrieb, der nun nicht mehr senkrecht ist, und die vom Wasser auf den Boden ausgeübte Reibungskraft. Es werden hiefür die erforderlichen Ausdrücke abgeleitet¹⁾. Mit Hilfe dieses Kraftfeldes und der Methode gekrümmter Gleitflächen kann endlich die Standsicherheit des Bauwerkes, bzw. dessen Untergrundes berechnet werden. Die in den Richtlinien gezeigte Methode kann zur Untersuchung folgender Probleme benutzt werden: Standsicherheit von Erdämmen, Sicherheit gegen Grundbruch bei Baugruben und Stauwehren in losem Boden (Sand), Standsicherheit von Staumauern.

Zur Vorausberechnung der zu erwartenden Setzungen von Bauwerken ist die Kenntnis der Zusammendrückbarkeit des Bodens und die Verteilung der Pressungen im Boden erforderlich. Auf Grund der im Laboratorium durchführbaren Zusammendrückungsversuche bei verhindelter Seitenausdehnung hat schon Terzaghi ein empirisches Gesetz aufgestellt, das sich gut bewährt und das die Berechnung des Elastizitätsmoduls gestattet. Näherungsweise ergibt sich, dass dieses Mass proportional zur Spannung im Boden ist, also, bei Annahme einer horizontalen Erdoberfläche und unter Berücksichtigung nur des Eigengewichtes des Bodens, auch proportional zur Tiefe unter der Oberfläche.

Diese Ausführungen sollen zeigen, dass ein enges Zusammenarbeiten auf den Gebieten der Erforschung der Eigenschaften der Böden und der theoretischen Untersuchungen der inneren Spannungen, hervorgerufen durch äussere Einflüsse, unerlässlich ist. (Autoreferat)

II. Teil: Referat von Prof. Dr. M. Ritter.

Der zweite Teil des Vortrages behandelt die für die Praxis wichtigste angewandte Aufgabe der Erdbau mechanik, das ist die Berechnung der Tragfähigkeit und der Formänderung des Baugrundes infolge einer Fundamentbelastung. Der Vortragende erläutert zunächst den Begriff des Grenzwertes des Gleichgewichtes und die darauf gegründeten Formeln zur Berechnung der Grenzbelastung der Fundamente nach Rankine, Prandtl und Caquot. Diese Formeln lassen sich leicht erweitern für kohärentes Material und für die Tragfähigkeit an der Oberfläche (Fundationstiefe = 0). Ein wichtiges Hilfsmittel für die Berechnung von Grenzbelastungen dürfte in Zukunft auch die allgemeine Gleichung für den Druck an einer gekrümmten Gleitfläche darstellen, der vom Vortragenden abgeleitet wird. Bei der Untersuchung der Standsicherheit von Uferböschungen ist schon mehrfach mit kreisförmigen Gleitflächen gerechnet worden.

¹⁾ Eine ausführlichere Darlegung dieser Aufgabe soll demnächst in der «SEZ» erscheinen.

Zur Berechnung der Formänderungen von Fundamenten stehen die Methoden der Elastizitätstheorie zur Verfügung. Für den Laststreifen erhält man darnach aber nur brauchbare Ergebnisse, wenn man den Elastizitätsmodul als veränderlich mit der Tiefe betrachtet. Der Vortragende zeigt den Verlauf der Trajektorien und der Gleitflächen für den Laststreifen. Die Grenze zwischen dem elastischen und dem plastischen Bereich liegt da, wo das Verhältnis der Hauptspannungen dem Rankine'schen Wert entspricht. Eine Anzahl durchgerechneter Beispiele für verschiedene Belastungen und Fundationstiefen werden im Lichtbild vorgeführt.

Die bisher durchgeführten Belastungsversuche haben ergeben, dass die Einsenkungen nicht nur von der Bodenpressung, sondern auch von der Grösse der Fundamentfläche abhängig sind. Es ist wahrscheinlich, dass in wenig kohärentem Material bei grösseren Flächen die Belastungskurven horizontalen Asymptoten zustreben. Das Gesetz zwischen Einstellung und Fundamentfläche ist bis heute nur für kleinere Flächen und bestimmte Verhältnisse experimentell geprüft; die Beurteilung von Fundationen durch Stempelversuche ist zufolge der nötigen Extrapolation als wenig zuverlässig zu bezeichnen.

Zum Schlusse wird auf die dynamische Bodenuntersuchung hingewiesen, die ermöglicht, auf Grund der Messung der Eigenfrequenz des Baugrundes Schlüsse auf die Tragfähigkeit zu ziehen. Die Methode hat sich als praktisch brauchbar erwiesen, hingegen sind die theoretischen Zusammenhänge, insbesondere die Abhängigkeit des Reibungswinkels von der Schwingungszahl noch nicht aufgeklärt. (Autoreferat)

DISKUSSION. Nachdem Präsident Fritzsche den Referenten für ihre gründlichen und umfassenden Referate gedankt hat, ergreift Dr. H. E. Grüner (Basel) das Wort und legt unter Hinweis auf den Talsperren-Kongress 1933, einen Bauunfall im Bruderholz bei Basel²⁾ und auf den im Bau begriffenen Damm des Bannalpwerkes³⁾ die Notwendigkeit dar, auch in der Schweiz die Erdbauforschung zielbewusst zu fördern und zu diesem Zwecke namentlich das neu geschaffene Erdarbeitslaboratorium der E. T. H. zu unterstützen.

Prof. Dr. P. Niggli führt aus, dass man früher die granulometrische Verteilungskurve der Materialien als ihre wichtigste Charakteristik angesehen hatte, dass man aber heute andere Eigenschaften für wichtiger halte: optische und Röntgen-Untersuchung gestatten, die wesentlichsten Eigenschaften der Böden zu erfassen, wie am Beispiel von Ton näher ausgeführt wird. Es sind noch viel Erfahrungen zu sammeln und Untersuchungsmethoden auszuarbeiten. Die Ingenieurmethoden sind zu sehr idealisiert, in die massgebenden Eigenschaften der Materialien gibt die chemisch-physikalische Untersuchung Einblick. Die Bedingungen, unter denen die Bodenproben gewonnen und untersucht werden, sollten einheitliche sein.

Ing. H. Blattner empfiehlt, die veralteten Sondiermethoden zu verlassen und warnt davor, insbesondere bei Wehrbauten Injektionen auf gut Glück als Allheilmittel vorzusehen. Prof. K. E. Hilgard begrüßt die Aufnahme der Erdbau mechanik an der E. T. H. und stellt eine Frage betr. das Gefrieren des mit Kapillarwasser gefüllten Bodens. Ing. P. Zigerli erwähnt Schwierigkeiten beim Bau des E. W. Andelsbuch. Dr. L. Bendel (Lucern) gibt Kenntnis von Schwierigkeiten bei der Entnahme und Aufbewahrung von Bodenproben, spricht über die Methoden Atterbergs und jene der Amerikaner, die auch in Berlin und Paris nun angewendet werden. Bendel hat letztes Jahr erstmals einen Instruktionskurs über Baugrund-Beurteilung für Praktiker durchgeführt. Ing. Bernardi empfiehlt vermehrte Anwendung des Bodenpegels nach Terzaghi. Ing. M. Meyer-Zupfinger stellt die Frage, ob die Anwendung der Theorie der elastischen Bettung auf Grund der neuen Erkenntnisse noch zulässig sei. Dr. H. Peter erläutert die Wichtigkeit der Gewinnung ungestörter Bodenproben und weist hin auf den diesjährigen Kurs über Bodenmechanik der Harvard-Universität (USA).

Prof. Dr. E. Meyer-Peter beantwortet die verschiedenen Fragen: Kritik an den heute üblichen Methoden der Gewinnung ungestörter Bodenproben; Fehlen von Erfahrungen auf längere Dauer mit Zement- und chemischen Injektionen. Er bestätigt die Ausführungen von Prof. Dr. Niggli betreffend die Notwendigkeit der Erforschung der Eigenschaften der Böden. In Bezug auf die Frage nach den durch das Gefrieren des Kapillarwassers auf die Bauwerke ausgeübten Kräften verweist er auf die Notwendigkeit der Zusammenarbeit mit dem Kristallographen, wie dies bereits auf dem Gebiete der Schnee- und Lawinenforschung erkannt wurde.

Prof. Dr. M. Ritter bezeichnet die «Bettungsziffer» als einen rohen Hilfsbegriff, dessen Anwendung für die praktische Rechnung heute aber noch durchaus gerechtfertigt sei.

Mit wiederholtem Dank an die Referenten schliesst der Präsident die Sitzung um 23.30 Uhr. Der Protokollführer: W. J.

²⁾ Siehe Seite 141 lfd. Bds. ³⁾ Siehe Seite 77* lfd. Bds.

S.I.A. Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. Mitteilung des Sekretariates.

Mitte April wird die Vereinsrechnung 1935 sämtlichen Mitgliedern zugehen unter gleichzeitiger Nachnahme des Jahresbeitrages an den S.I.A. pro 1936 von 12 Fr. bzw. 6 Fr. für die jüngeren Mitglieder. Um Irrtümer zu vermeiden, möchten wir unsere Mitglieder noch besonders darauf aufmerksam machen, dass es sich dabei um den Beitrag an den Hauptverein und nicht um jenen ihrer Sektion handelt. Wir bitten daher, die nötigen Weisungen zu geben, damit die Nachnahme nicht aus Unkenntnis zurückgeht. Bei Abwesenheit kann der Betrag auf unser Postcheck-Konto VIII/5594 einbezahlt werden. Adressänderungen sind dem Sekretariat baldmöglichst bekannt zu geben.

Zürich, den 29. März 1936.

Das Sekretariat.

SITZUNGS- UND VORTRAGS-KALENDER

Zur Aufnahme in diese Aufstellung müssen die Vorträge (sowie auch nachträgliche Änderungen) bis spätestens jeweils Mittwoch 12 Uhr der Redaktion mitgeteilt sein.

17. April (Freitag): Techn. Verein Winterthur, 20.15 h im Bahnhofsäli. Vortrag mit Lichtbildern von Ing. J. Stolper (S. L. M.): «Bulgarien: Land, Leute und Lokomotiven».

18. April (Samstag): S. I. A., Sektion Bern. Hauptversammlung.