

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Band: 111/112 (1938)
Heft: 14: Lehr- und Forschungsinstitute der Eidgenössischen Technischen Hochschule: Sonderheft zum 60. Geburtstag des Schulratspräsidenten Arthur Rohn

Artikel: Das Institut für Erdbauforschung
Autor: Meyer-Peter, E. / Haefeli, R. / Moos, A. von
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-49808>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 15.10.2024

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

eine Fächergruppe Geophysik mit folgenden Vorlesungen und Uebungen: Mathematisch-physikalischer Vorkurs zur Geophysik, Allgemeine Geophysik, Geophysikalische Methoden, Uebungen in geophysikalischen Methoden, sowie auch ein Geophysikalisches Praktikum.

Das Institut für Geophysik durchläuft seine erste Entwicklung in einer Zeit, in der die Geldmittel für ein neues Unterrichtsgebiet nicht leicht zu beschaffen sind. Immerhin wird in nächster Zeit die Ausstattung des Institutes soweit gediehen sein, dass für die vier Hauptmethoden der angewandten Geophysik ein hochwertiges, für den Unterricht wie für die Forschung gleichermaßen geeignetes Instrumentarium zur Verfügung stehen wird. Diese Methoden sind die gravimetrische, magnetische, seismische und elektrische. Von Anfang hat das Institut die Forschungsarbeit aufgenommen; einige Ergebnisse von theoretischen Untersuchungen liegen bereits vor¹⁾. Eine grössere praktische Arbeit ist dem Institut auf Anregung von Dr. h. c. H. Fehlmann von der Eidgenossenschaft durch die Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung übertragen worden, nämlich die magnetische Vermessung der Eisenerzlagstätte auf dem Mont Chemin bei Martigny; die Felddata wurden im letzten Sommer durchgeführt, ihre Bearbeitung ist dem Abschluss nahe. Diese Arbeit hat einmal den Zweck, genauere Anhaltspunkte für die Abbauwürdigkeit der Lagerstätte zu liefern, überdies bildet sie eine aufschlussreiche Ergänzung zur geologischen Aufnahme des Gebietes.

Das Institut für Geophysik ist somit berufen, durch den Unterricht in Geophysik zur Erweiterung der Wirkungsmöglichkeiten von Absolventen der E. T. H. im In- und Ausland beizutragen. Es ist ferner in der Lage, als Stätte der geophysikalischen Forschung dem Lande wertvolle Dienste zu leisten.

F. GASSMANN

Das Institut für Erdbauforschung

Schon im Jahre 1923 ist durch die Professoren Dr. A. Rohn und Dr. Ch. Andraea die Bedeutung der Erdbauforschung für die Entwicklung von Hoch- und Tiefbau erkannt worden. Das damals durch sie ins Leben gerufene «Erddrucklaboratorium» des Institutes für Baustatik und Brückenbau ist nun vor kurzem durch das «Institut für Erdbauforschung» ergänzt worden. Während das Erddrucklaboratorium sich mit der Mechanik trockener, kohäsionsloser Sande befasst, wobei es sich in erster Linie um rein statische Probleme handelt, stellt sich das Institut für Erdbauforschung zur Hauptaufgabe die Untersuchung von Böden, deren Verhalten in massgebender Weise von dem in den Poren auftretenden Wasser beeinflusst wird. Die Tatsache, dass es sich insbesondere bei den wasserführenden kohärenten Lockergesteinen um ein Grenzgebiet handelt, das der Gefahr einseitiger Behandlung unterliegt, und das Bestreben, zu einer möglichst umfassenden Beurteilung des Stoffes nach den verschiedensten Gesichtspunkten zu gelangen, führte in der Folge zur engen Zusammenarbeit der beiden folgenden Unter-Abteilungen, über deren Tätigkeit nachstehend kurz berichtet wird.

Die *petrographisch-geologische Abteilung*, die der geotechnischen Prüfstelle des mineralogisch-petrographischen Institutes zugeteilt ist, befasst sich mit der Klassifizierung und der allgemeinen Untersuchung der Lockergesteine nach geologischen und petrographischen Gesichtspunkten. Die *geotechnische* Mitarbeit fusst auf den Erfahrungen und Arbeiten verschiedener Mitglieder des Min.-Petr. Institutes der E. T. H., zum Teil in Zusammenarbeit mit der agrökulturchemischen Abteilung der E. T. H., wie auch der schweizerischen geotechnischen und geologischen Landesforschung, mit der sie die notwendige Verbindung herstellt. Die geotechnische Prüfstelle sucht die technischen Eigenschaften der untersuchten Lockergesteine in Beziehung zu setzen zu ihrer Entstehungsweise und Lagerung (Geologie), wie auch zu ihrer mineralogenen 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, andererseits makroskopische, mikroskopische, röntgenographische, ferner granulometrische, morphologische, chemische und Konsi-

¹⁾ F. Gassmann: Modifikation des Verfahrens von Haalek zur Berechnung von Geländekorrekturen bei Drehwaagenmessungen. Beiträge zur angewandten Geophysik, 6. 1936. S. 202/203. — Störung des Erdfeldes durch induktiv magnetisierte Einlagerungen. Beiträge zur angewandten Geophysik, 6. 1936. S. 204/205. — Seismische Bestimmung einer reflektierenden Ebene. Beiträge zur angewandten Geophysik, 7. 1937. Seite 17/20. — Zur Bestimmung von Bodenbewegungen aus Registrierungen von Schwingungsmessern und Seismographen. Festschrift SIA der ETH, 1937, Seite 244/249. — Zur Theorie der Schwingungsmesser. Gerlands Beiträge zur Geophysik, 52, Seite 1/19.

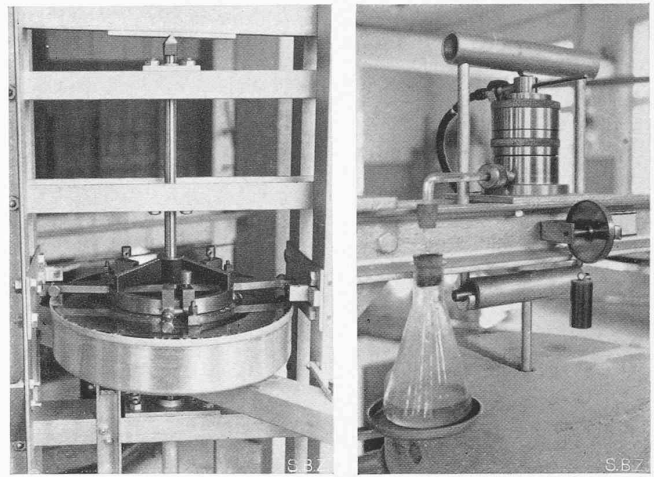


Abb. 2. Ringscher-Apparat

Abb. 3. Wasserdurchlässigkeits-Prüfung

stanzuntersuchungen 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; Abb. 1 gibt einen Ueberblick über einen Teil der vorhandenen Versuchseinrichtungen. Bei der Bestimmung der *mechanischen*, vom technischen Standpunkt besonders wichtigen Eigenschaften der Böden werden u. a. die Zusammendrückbarkeit, die Scherfestigkeit und die Wasserdurchlässigkeit des Materials in Funktion des Druckes, die kapillare Steighöhe und das Schwindmass festgestellt. Die Scherfestigkeitsbestimmung, die methodisch und erkenntnismässig im Laufe der letzten Jahre eine lebhaftere Entwicklung durchmachte, erfolgt bei feinkörnigen Materialien mit dem in Abb. 2 dargestellten Ringscherapparat (Torsionsapparat), der gegenüber den Apparaten mit prismatischer Scherbüchse den Vorteil besitzt, dass der vor und während der Abscherung in der Materialprobe entstehende Spannungszustand möglichst homogen ist. Zur Ermittlung der Wasserdurchlässigkeit gemischt-körniger Lockergesteine dienen Apparate, in die ungestört Bohrkerne bis zu 240 mm Durchmesser direkt eingesetzt und vor und während des Versuchs dem im natürlichen Boden vorhandenen Spannungszustand ausgesetzt werden können. Feinkörnige Materialien werden in kleineren Apparaten, die gleichzeitig die genaue Bestimmung der Zusammendrückbarkeit ermöglichen, auf ihre Wasserdurchlässigkeit und kapillare Steighöhe geprüft (Abb. 3).

Im Zusammenhang mit der Abklärung der Versuchsmethodik werden auch wissenschaftliche Untersuchungen über die Beeinflussung der mechanischen Eigenschaften der Lockergesteine durch verschiedene Faktoren durchgeführt. Auch hier zeigt es sich, dass die rein elementar-physikalische Betrachtungsweise allein nicht zum Ziel führt, indem kolloidchemische Vorgänge die Mechanik der feinkörnigen Lockergesteine in massgebender Weise mitbestimmen. Wir erwähnen z. B. die Wiedergewinnung einer steiferen Konsistenz gekneteter Tone (Tixotropie), oder die mechanisch allein kaum erklärbaren Vorgänge beim langsamen, aber stetig fortschreitenden Nachsetzen feinkörniger Bodenarten.

Dass in der Praxis ein sehr lebhaftes und wachsendes Bedürfnis nach einem modernen Erdbaulaboratorium besteht, bezeugen die zahlreichen Aufträge, mit denen das Institut für Erdbauforschung im Laufe der letzten zwei Jahre betraut worden ist, von denen nachstehend einige erwähnt seien: Prüfung der Stabilität der alten Fundationen der Grossmünstertürme Zürich, bodenphysikalische und statische Untersuchung des Hühnermattdammes am Etzelwerk, Mitarbeit bei Untersuchung des Baugrundes und Wahl der Fundationsmethoden für das neue Kongressgebäude in Zürich, Beurteilung der Eignung von Materialien für verschiedene Dammbauten in Südamerika, Untersuchungen über die Durchlässigkeit eines bestehenden Dammes in Irland, petrographische und morphologische Untersuchung des Aaregeschiebes bei Meiringen usw.

Zum besonderen Aufgabenkreis des neuen Institutes gehört ferner die Schätzung der zulässigen Bodenpressung, die angenäherte Berechnung der Wasserhaltung bei Grundwasserabsenkungen, die Beurteilung und Bekämpfung der hierzulande sehr

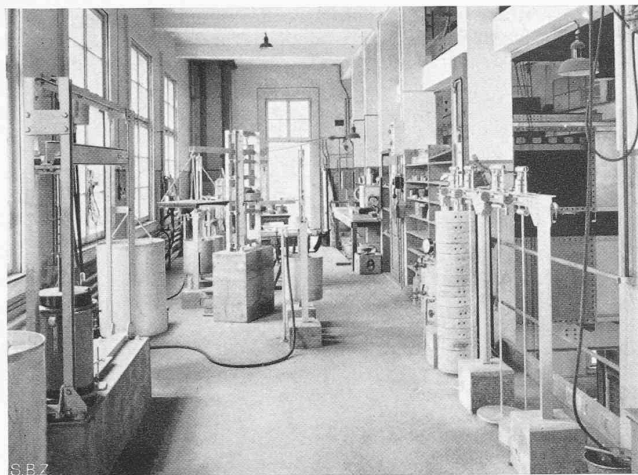


Abb. 1. Blick ins Laboratorium für Erdbauforschung

häufig auftretenden Grundbruchgefahr bei Fundamentarbeiten im Grundwasser und die Untersuchung von Erdschlüpfen. Mit der stärkeren Belastung, dem Ausbau und den Verbesserungen des Strassennetzes werden auch an den Unterbau der Strassen höhere Anforderungen gestellt, aus denen der Erdbauforschung neue Aufgaben erwachsen. Die Befahrbarmachung der Alpenstrassen im Winter z. B. beraubt diese Strassen zum grossen Teil der wärmeisolierenden Schneedecke, was zu Frostschäden führt, bei deren Bekämpfung die moderne Bodenphysik gute Dienste leisten kann.

Als spezifische Aufgabe unseres schneereichen Gebirgslandes wurde in den letzten Jahren durch das Institut für Erdbauforschung an der E. T. H. auch das Studium der *Schneemechanik* in Anlehnung an die Methoden der Erdbaumechanik in Angriff genommen. Wenn auf diesem Gebiete bereits ein gewisser Fortschritt erzielt werden konnte, so ist er vor allem der sehr engen Zusammenarbeit verschiedener Spezialgebiete, vertreten durch Kristallographen, Ingenieure, Geologen und Meteorologen zu verdanken.

E. MEYER-PETER, R. HAEFELI, A. VON MOOS

Aus dem Institut für Baustatik

A. Wirtschaftliche Bemessung von Eisenbetonquerschnitten.

Die Aufgabe der wirtschaftlichen Bemessung auf Biegung beanspruchter Eisenbetonquerschnitte ist in der Literatur des Eisenbetons überaus häufig behandelt worden; erwähnt seien u. a. die Abhandlungen¹⁾ von *Ehwitz* (1905), *Sabiger* (1906), *Friedländer* (1910), *Engesser & Proksch* (1911), *Kasarnowski* (1912), *M. Mayer* (1913), *Barck* (1917), *Campus* (1924 und 1925), *Berger* (1927), *Bernhard* (1933), *Gellusseau* (1937). In den Kreisen der Praktiker fanden diese Arbeiten wenig Zustimmung; sie begegneten verschiedenen Einwänden, die *Domke* im Handbuch für Eisenbetonbau treffend dahin zusammenfasste, dass die Aufgabe «eigentlich für sich allein nicht behandelt werden dürfe». In der Schweiz lagen zur Zeit der Gültigkeit der Vorschriften vom Jahre 1909 mit ihren bescheidenen zulässigen Betonspannungen die Verhältnisse meist so, dass die statisch zulässige Randspannung im Beton auch zugleich die wirtschaftlichste war, weshalb sich eine besondere Untersuchung über die wirtschaftlichste Lösung erübrigte. Nachdem nun 1935 *neue schweizerische Normen* mit beträchtlich erhöhten zulässigen Betonspannungen in Kraft getreten sind, deren Ausnutzung heute nicht mehr unbedingt zur billigsten Lösung führt, dürfte die nachstehende, kurze Behandlung des Problems für den Rechteckquerschnitt und den Plattenbalken von Interesse sein. Durch Einführung des Begriffes des «wirtschaftlichen Armierungsgehaltes» lässt sich die theoretische Lösung durch äusserst einfache Beziehungen darstellen.

Nachstehend werden die vom Verfasser in seinen «Eisenbetontabellen 1935» definierten, in der Schweiz gebräuchlichen Bezeichnungen benutzt; ausserdem führen wir ein:

- k_b = Einheitspreis des Betons (für 1 m³),
- k_e = Einheitspreis des Eisens (für 1 m³),
- k_s = Einheitspreis der Schalung (für 1 m²),

¹⁾ Die Liste ist nicht vollständig. Die ausführlichste, im deutschen Sprachgebiet fast unbekannt gebliebene Darstellung gab *F. Campus* in der belgischen «Revue Universelle des Mines», 1924 et 1925.

ϵ = ein Faktor > 1, der zum Ausdruck bringt, dass der wirkliche Eisenbedarf stets grösser ist, als der theoretische.

Die Problemstellung lautet: Gesucht wird der Armierungsgehalt μ_0 des Querschnittes, bei dem unter Ausnutzung der Zugspannungen in den Eisen²⁾ der Träger auf die Längeneinheit den geringsten Kostenaufwand erfordert.

1. Der Rechteckquerschnitt.

Wir beschränken die Rechnung auf den Querschnitt mit Zugbewehrung und grosser Breite b , derart, dass die Seitenschalungen ohne Belang sind (Plattenquerschnitt). Die Kosten für das Balkenstück von der Länge = 1 betragen

$$k = k_b b h 1 + \epsilon k_e F_e + k_s b 1$$

$$= k_b b h (1 + \lambda \mu) + k_s b \dots \dots \dots (1)$$

wobei $\lambda = \frac{\epsilon k_e}{k_b}$ als Verhältniswert der Einheitspreise für Eisen

und Beton und der Armierungsgehalt $\mu = \frac{F_e}{b h}$ eingesetzt sind.

Um das Minimum von Gl. (1) zu berechnen, wählen wir als unabhängige Veränderliche den Wert μ , haben daher h durch μ auszudrücken. Das Moment M liefert nach bekannter Formel die Zugspannung im Eisen

$$\sigma_e = \frac{M}{F_c y} = \frac{1}{\mu \eta} \frac{M}{b h^2}$$

worin $y = \eta h$ den Hebelarm der inneren Kräfte bezeichnet. Daraus folgt

$$h = \sqrt{\frac{M}{\sigma_e b} \frac{1}{\sqrt{\mu \eta}}}$$

und Gl. (1) geht über in

$$k = k_b \sqrt{\frac{M b}{\sigma_e} \frac{1 + \lambda \mu}{\sqrt{\mu \eta}}} + k_s b \dots \dots \dots (3)$$

Bei konstanten Werten M , b , σ_e ist k ein Minimum für

$$\frac{d k}{d \mu} = k_b \sqrt{\frac{M b}{\sigma_e}} \frac{\lambda \sqrt{\mu \eta} - \frac{1 + \lambda \mu}{2 \sqrt{\mu \eta}} (\eta + \mu \frac{d \eta}{d \mu})}{\mu \eta} = 0,$$

woraus

$$\lambda = \frac{1}{\mu} \frac{\eta + \mu \frac{d \eta}{d \mu}}{\eta - \mu \frac{d \eta}{d \mu}} \dots \dots \dots (4)$$

Aus dieser Beziehung ergibt sich der wirtschaftliche Armierungsgehalt in Funktion der Verhältniszahl λ der Einheitspreise. In der älteren Literatur wurde zur Vereinfachung oft η konstant gesetzt und damit aus Gl. (4) sehr einfach $\mu = 1/\lambda$ erhalten. Bekanntlich nimmt jedoch η mit zunehmendem Armierungsgehalt

ab, somit ist $\frac{d \eta}{d \mu}$ negativ und $\mu < 1/\lambda$. Der bekannte Ausdruck für die Lage der neutralen Axe

$$\xi = \frac{x}{h} = n \mu \left(\sqrt{1 + \frac{2}{n \mu}} - 1 \right)$$

liefert den genauen Wert von η zu

$$\eta = 1 - \frac{\xi}{3} = 1 - \frac{n \mu}{3} \left(\sqrt{1 + \frac{2}{n \mu}} - 1 \right)$$

und daraus

$$\frac{d \eta}{d \mu} = - \frac{n}{3} \left(\sqrt{1 + \frac{2}{n \mu}} - 1 \right) + \frac{1}{3 \mu \sqrt{1 + \frac{2}{n \mu}}}$$

Gl. (4) geht damit über in

$$\lambda = \frac{1}{\mu} \frac{(3 + 2 n \mu) \left(\sqrt{1 + \frac{2}{n \mu}} - 1 \right)}{3 \sqrt{1 + \frac{2}{n \mu}} - 1} = \frac{1}{\mu \psi} \dots \dots \dots (5)$$

Die Berechnung von μ aus dieser Beziehung gestaltet sich sehr einfach, wenn man beachtet, dass der Quotient ψ für die praktisch in Frage stehenden Werte von μ nahezu konstant ist. Die Ausrechnung mit $n = 10$ ergibt nämlich für

$\mu =$	0,005	0,010	0,015	0,020
$\psi =$	1,09	1,11	1,13	1,14

Für die praktische Anwendung kann daher mit genügender Genauigkeit einfach $\psi = 1,1$ gesetzt werden. Damit folgt aus Gl. (5) der Armierungsgehalt $\mu = \mu_0$, der dem Minimum der Kosten entspricht, zu

$$\mu_0 = \frac{1}{1,1 \lambda} \dots \dots \dots (6)$$

Es gelingt leicht, auch eine einfache Formel für die zugehörige Druckspannung σ_b im Beton aufzustellen; man erhält

$$\sigma_b = \frac{\sigma_e}{5 \left(\sqrt{1 + 0,22 \lambda} - 1 \right)} \dots \dots \dots (7)$$

²⁾ Dass die Eisenspannung unter Schweizer Verhältnissen stets auszunützen ist, lässt sich leicht begründen. Der Kürze wegen wird hier auf diesen Nachweis verzichtet.