

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 123/124 (1944)  
**Heft:** 5

## Inhaltsverzeichnis

### 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:** 03.02.2026

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

INHALT: Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung. — Das Wärmeppump-Ergänzungswerk des Fernheizkraftwerk (FHK) der E.T.H. — Zum Ausbau unserer Wasserkräfte. — Wettbewerb für ein Kirchgemeindehaus in Wallisellen (Zürich). — Das Elektrifizierungsprojekt der Linie Paris-Lyon der S.N.C.F. — Mitteilungen: Das Weibel'sche Schweißverfahren im Flugzeugbau. Die industrielle Gas-

verwendung. Eine Schiffahrt-Signalstation im Basler Rheinhafen. Trolleybus- und Omnibus-Anhänger mit Vierradlenkung. Persönliches. — Nekrologie: Walter Mertens. Maurice Fatio. Max Scherrer. — Wettbewerbe: Verbindung der Rhoneschiffahrt aus der Stauhaltung Verbois mit dem Genfersee. — Literatur.

### Vortrags-Kalender.

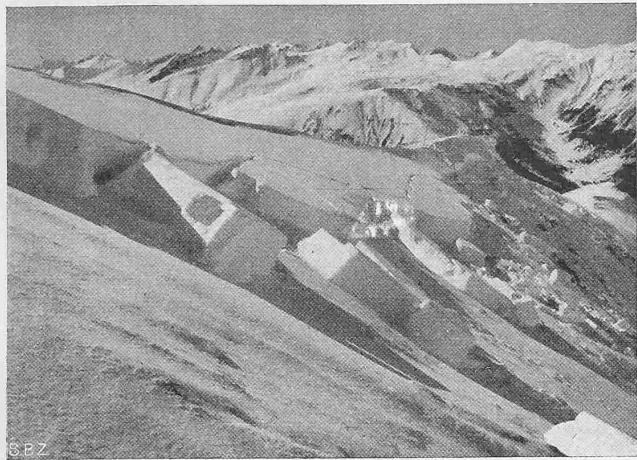


Abb. 15. Anbruch einer Schneebrett-Lawine. Phot. Meerkämper, Davos Bew. 6057

# Erdbaumechanische Probleme im Lichte der Schneeforschung

Von P.-D. Ing. Dr. ROB. HAEFELI, Chef der Erdbauabteilung der  
Versuchsanstalt für Wasserbau an der E. T. H. Zürich (Schluss von S. 44)

## 4. DIE ZERREISSFESTIGKEIT, KOHÄSION UND SCHERFESTIGKEIT VON LOCKERGESTEINEN IM ZUSAMMENHANG MIT PRAKTIKISCHEN AUFGABEN

Die Zerreissfestigkeit kann physikalisch als Mass der Kohäsion betrachtet werden. Die *Kohäsion*, bedingt durch Kapillar- und Haftkräfte, ist eine jener grundlegenden Eigenschaften, die das gesamte Verhalten der Lockergesteine in ausschlaggebender Weise beeinflussen. Man denke nur an die ganz verschiedenen Böschungsnieigungen des natürlichen Geländes, die in erster Linie von der Kohäsion des Materials abhängen.

Beim Schnee führt eine zunehmende Durchfeuchtung im Frühling zur Abnahme der Kohäsion und Zerreissfestigkeit gewisser Schichten und damit zur Bildung von späten Schneebrettlawinen (Abb. 15). Anderseits hat das Austrocknen von Gehängelehm im Sommer Schwindrisse zur Folge, in die die ersten schweren Herbststregen eindringen und durch ihre festigkeitsvermindernde Wirkung Erdschlitze veranlassen [12]. Im kontinentalen Klima besteht die Gefahr der Staubbildung und Windverfrachtung von Lockergesteinen infolge Kohäsionsverlust. Die einseitige Mechanisierung der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitungsmethoden bewirkte z. B. in den Vereinigten Staaten von Nordamerika eine vermehrte Austrocknung der Ackerkrume, wodurch ein grosser Teil des zur Verfügung stehenden Kulturlandes der Versteppung anheimfiel.

Die Kohäsion wird erdbaumechanisch definiert als die bei fehlendem Normaldruck vorhandene Scherfestigkeit  $c$  (Abb. 16). Bei Lockergesteinen unterscheidet man zwischen der «echten» Kohäsion, die unter Wasser erhalten bleibt, und der «unechten», die unter Wasser verloren geht, weil sie nur durch die Kapillarspannungen bedingt ist. Um den bedeutenden Einfluss der Kohäsion auf den Winkel der inneren Reibung im Bereich kleiner Drücke zu illustrieren, ist in Abb. 16 durch die Linie 1 die Ab-

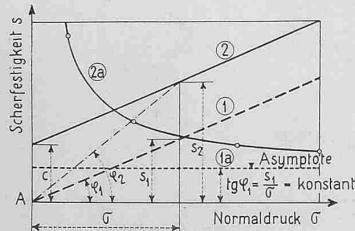


Abb. 16. Scherfestigkeit u. inn. Reibung in Funktion des Druckes, 1 ohne Kohäsion, 2 mit konst. Kohäsion

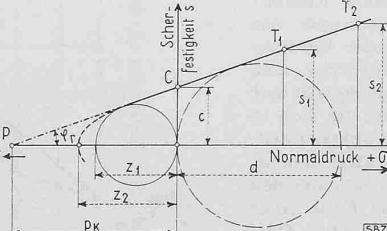


Abb. 17. Schema zur Bestimmung d. Kohäsion c  
2 mit konst. Kohäsion

hängigkeit der Scherfestigkeit vom Normaldruck bei fehlender Kohäsion, durch Linie 2 dagegen für eine konstante Kohäsion  $c$  dargestellt. Im ersten Fall wird die innere Reibung durch eine Horizontale 1a ( $\tan \varphi_1 = \frac{s_1}{\sigma} = \text{konstant}$ ), im zweiten Fall durch die Hyperbel 2a veranschaulicht. Diese beiden Linien, von denen die erste als Asymptote der zweiten erscheint, divergieren um so stärker, je mehr man sich dem Ursprung  $A$  nähert, bzw. je kleiner der vorhandene Normaldruck  $\sigma$  ist. Dadurch erklärt sich z. B., weshalb eine scheinbar unbedeutende Änderung der Kohäsion eine relativ grosse Änderung des «Winkels der natürlichen Böschung» zur Folge hat, wie man dies bei Sanden und Schneeböschungen von verschiedener Feuchtigkeit oder Packung beobachten kann.

Aus obigen Ueberlegungen folgt, dass die quantitative Abklärung der Kohäsionsverhältnisse die unentbehrliche Voraussetzung zur Lösung zahlreicher erdbaumechanischer Probleme bildet. Leider stößt jedoch die direkte Messung der Kohäsion auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten. Man sieht sich deshalb gezwungen, indirekte Methoden zu benutzen, für die sich nach den in Abb. 17 dargestellten Bruchzuständen verschiedene Möglichkeiten bieten [13]. Die eine besteht darin, dass man durch zwei Scherversuche  $T_1$  und  $T_2$  die Schergerade für konstanten Wassergehalt ermittelt, deren Ordinate  $c$  die gesuchte Kohäsion bedeutet. Dass an Stelle von Scherversuchen auch Druckversuche mit Seitendruck, die in sog. Triaxialapparaten ausgeführt werden, treten können und gewisse Vorteile bieten, sei hier nur nebenbei bemerkt. Eine andere Methode beruht auf der Bestimmung der Zug- und Druckfestigkeit  $z_1$  bzw.  $d$ , wobei die Tangente an die entsprechenden Mohr'schen Kreise den gesuchten Schnittpunkt  $C$  mit der Abszissenaxe liefert [14]. Bei derartigen Versuchen hat man jedoch mit der unangenehmen Erscheinung zu rechnen, dass die Bruchgrenze für plastische Materialien sehr unscharf ausfällt und daher schwer zu bestimmen ist, während der Zerreissversuch eindeutigere Werte liefert. Die Ermittlung der Zug- oder Zerreissfestigkeit bildet deshalb ein wertvolles Element zur Kohäsionsuntersuchung, umso mehr, da, wie bereits erwähnt wurde, diese Festigkeitseigenschaft dem Kohäsionsbegriff im Sinne der reinen Physik am besten entspricht. Zieht man schliesslich von einem bekannten Punkte  $T_1$  der Schergeraden die Tangente an den durch die Zugfestigkeit  $z_1$  definierten Spannungskreis, so stellt der Ordinatenabschnitt  $c$  dieser mit der Umhüllungslinie der Bruchzustände zu identifizierenden Geraden die Kohäsion  $c$  im Sinne der Erdbaumechanik dar. Auf Grund dieser Ueberlegungen wurde versucht, die Methodik der Zerreissversuche weiter zu entwickeln.

Zu diesem Zwecke wurde das bei der Bestimmung der Zugfestigkeit des Schnees mit Erfolg verwendete Prinzip, den Bruch durch Fliehkräfte herbeizuführen, auf den Erdbau angewandt [6]. Es bietet den wesentlichen Vorteil, dass die Schwierigkeit der Einspannung der plastischen lockeren Probekörper zwecks Uebertragung der erforderlichen Zugkräfte vollständig wegfällt, indem diese Zugkräfte bei der Rotation durch die Massenkräfte des Probekörpers selbst erzeugt werden, wobei ein ziemlich homogener Spannungszustand entstehen dürfte. Abb. 18 (S. 50) zeigt verschiedene Anordnungen des Zerreissversuchs am rotierenden Probekörper. Die Zugfestigkeit  $z_1$  ist proportional einem Formfaktor  $\lambda$ , dem Quadrat der beim Bruch des Körpers vorhandenen Drehzahl  $n$  und dem Raumgewicht  $\gamma$  des Materials. Es werden verschieden geformte Probekörper verwendet. Beim

Schnee wurden bisher zylindrische, in einem Metallrohr befindliche Körper in horizontaler Lage um eine vertikale Axe rotiert, wobei die maximale Beanspruchung im mittleren Querschnitt entsteht (Anordnung a). Im Erdbaulaboratorium werden die im Oedometer verdichteten oder ungestört ausgestochenen zylindrischen Probenkörper um ihre vertikale Zylinderaxe rotiert, wobei entweder die Möglichkeit besteht, die einaxiale Zugfestigkeit  $z_1$  am Achter-Körper (Anordnung b) oder die zweiaxiale Zugfestigkeit  $z_2$  an der Vollscheibe zu bestimmen (Anordnung c). Die letzte, die die Ermittlung des Schnitt-