Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 83 (1965)
Heft: 15

Artikel: Felsmechanische Grossversuche
Autor: Jaecklin, Felix P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-68133

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: 26.07.2025

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

Gitter

DK 682.62:7.02

Dem von Bruno Carl verfassten ersten Band der Folge «Die Architektur der Schweiz» folgt schon nach Jahresfrist ein zweiter Band[1]). Er beginnt mit einem sorgfältigen Katalog aller irgendwie bemerkenswerten Gitter der Schweiz, chronologisch geordnet, beginnend mit den ältesten aus dem 15. Jahrhundert. Dann folgt ein Abschnitt über die Eigenschaften des handgeschmiedeten Eisen-Gitters im allgemeinen, seine Struktur, seinen vorwiegend graphischen Charakter und seine – entferntere – Verwandtschaft mit der textilen Verflechtung, über seine Technik überhaupt, die mit der Industrialisierung endet. Weitere Kapitel betreffen die Entwicklungsgeschichte, wobei die schweizerischen Beispiele in die gesamteuropäische Stilgeschichte eingereiht werden, dann das Verhältnis der Nutz- und Ziergitter zum jeweiligen Baukörper im Ganzen. Meisterverzeichnis, Ortsregister, Literaturangaben bestätigen die wissenschaftliche Ernsthaftigkeit der Arbeit, die bei so reich bebilderten Bänden keine Selbstverständlichkeit ist. Auf 150 Tafeln folgen vielfach vorbildlich schöne Aufnahmen der Verfasserin, Gesamtansichten und Detailaufnahmen, die den Materialcharakter des Eisens eindringlich darstellen. Ausführliche Bildlegenden fassen das in den systematischen Abschnitten gesondert Behandelte für das jeweilige Beispiel zusammen. Das hochverdienstliche Buch ist dem kunsthistorisch, lokalhistorisch und handwerklich Interessierten gleichermassen zu empfehlen. *P. M.*

[1]) **Gitter.** Von *Lea Carl.* 2. Band von «Die Architektur der Schweiz». 104 S. Text, 150 Tafeln, Format 24 × 24 cm. Zürich 1964, Verlag Berichthaus. Preis geb. 58 Fr.

Felsmechanische Grossversuche

DK 624.131.25.001.4

Von **Felix P. Jaecklin,** dipl. Ing., Versuchsanstalt für Wasserbau und Erdbau an der ETH, Zürich *)

1. Einleitung

Bevor die Berechnung von Spannungen im Fels überhaupt sinnvoll ist, müssen die Verformungseigenschaften und wenn möglich die Bruchgrenze des Gebirges bekannt sein, denn durch die Klüfte und Schichten werden die Spannungsverhältnisse stark verändert. In eindrücklicher Weise zeigten dies im Auftrag der Verzasca SA (Ing.-Bureau Dr. Lombardi und Gellera) durchgeführte Grossversuche in den Talflanken der Staumauer Verzasca. Die Messungen ergaben aufschlussreiche Erkenntnisse zum Deformationsverhalten von Fels. Beidseits des Flusses und in verschiedener Höhe über der Talsohle erfolgten die Versuche in vier verschiedenen Sondierstollen, die bis gegen 100 m in das Bergesinnere führten. Nach Prof. Dal Vesco [3] gehört das Gebirge zur Wurzelzone der penninischen Decke und besteht aus Adergneis mit Kalksilikatfels, Gneissen und Pegmatitgängen. Die Schichten stehen praktisch vertikal und quer zum Tal. Erst nach Abtrag der Vegetationsdecke wurde die Faltung sichtbar, welche zwar für das gesamte mechanische Verhalten von geringerer Bedeutung ist.

2. Apparaturen

Die Kennwerte des elastischen und plastischen Verhaltens des Felsens wurden durch Plattenversuche ermittelt. Die Belastung der Druckplatten erzeugten zwei hydraulische Pressen von je 150 t, die beide an der gleichen Pumpe angeschlossen waren und so total mit 300 t auf den Fels drückten (Bild 1). Die Pressköpfe wirkten auf die diametral einander gegenüberliegenden kreisförmigen Druckplatten (Durchmesser 80 cm, Fläche 5000 cm²) über DIN-Träger und Eichenholzzwischenlagen als Federelemente zur gleichmässigen Verteilung der Last (Bilder 2 und 3). Das satte Anliegen der Druckflächen an die zuvor bearbeiteten Stollenwandungen wurde durch Anbetonieren der vorgefertigten Blechschalung erreicht (Bild 4). Mit eigens für diesen Zweck hergestellten Distanzlehren konnten die Schalungen genau parallel zueinander montiert werden.

Die von den Pressen ausgeübten Druckkräfte wurden mit durch die EMPA geeichten Druckdosen, die zwischen Pressenfuss und DIN-Trägerrost angeordnet waren, auf elektrischem Weg gemessen. Zur Kontrolle stand zudem ein in den Ölkreislauf eingeschaltetes Manometer zur Verfügung. Die zwischen Presse und DIN-Träger montierten Kugelkalotten-Auflager dienten dem Ausgleich kleiner Unregelmässigkeiten. Durch die Versuche wurden die Distanzvergrösserungen der einander gegenüberliegenden Stollenflächen in Abhängigkeit des zunehmenden Belastungsdruckes gemessen. Die von der VAWE (durch G. Amberg, dipl. Ing.) entwickelten Dehnungsmessstäbe ermöglichten dies. Jeder Messstab wurde mittels einer Spiralfeder soweit vorgespannt, dass er sich unter dem Einfluss der Stollendehnung verlängern

*) Vortrag, gehalten am 5. November 1964 anlässlich des Weiterbildungskurses für Stollen- und Tunnelbau im Zentralschweizerischen Technikum in Luzern, 1. Teil

Bild 1. Belastungseinrichtung zur Felsverformungsmessung in einem Sondierstollen der Staumauer Verzasca. Im Vordergrund rechts die Oeldruckpumpe, links die elektronische Messbrücke mit den Verbindungskabeln zu den Druckdosen (Photos E. Brügger)

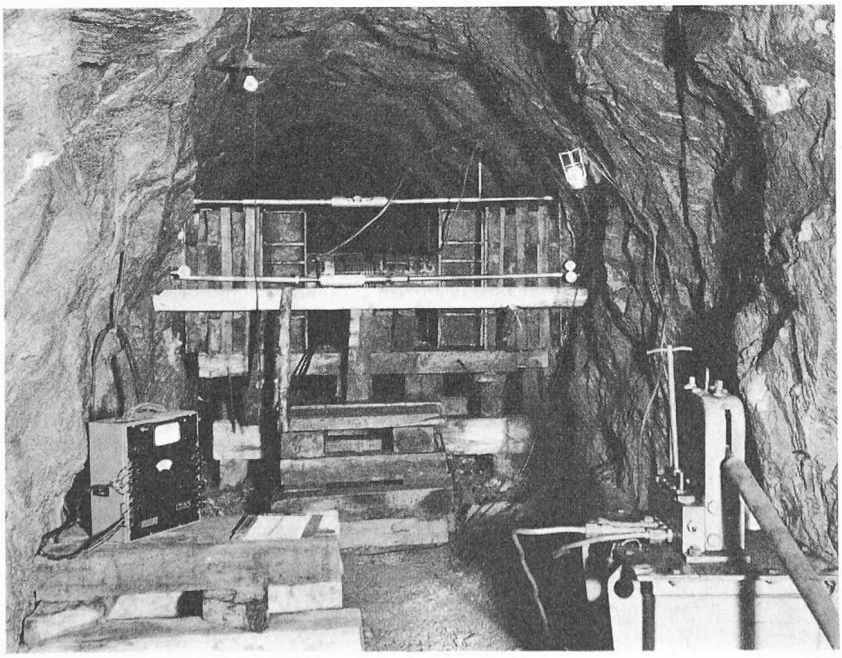
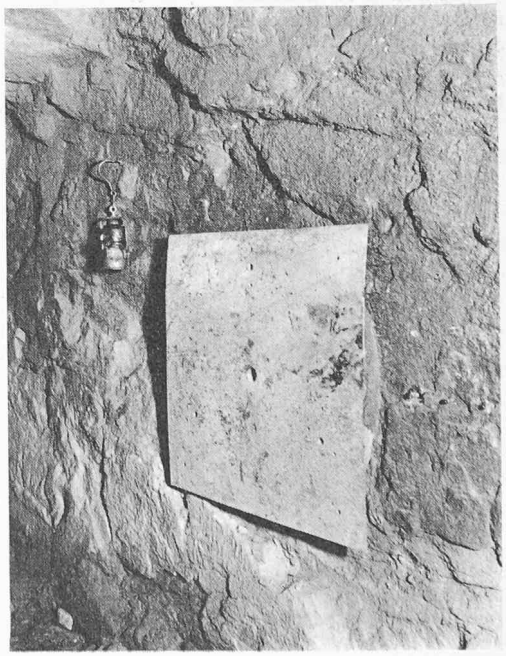


Bild 4. Blechschalung der an die Stollenwand betonierten kreisrunden Druckplatte mit ⌀ 80 cm. Zentrales Loch zur Messung der Stollendehnung an der Felsoberfläche



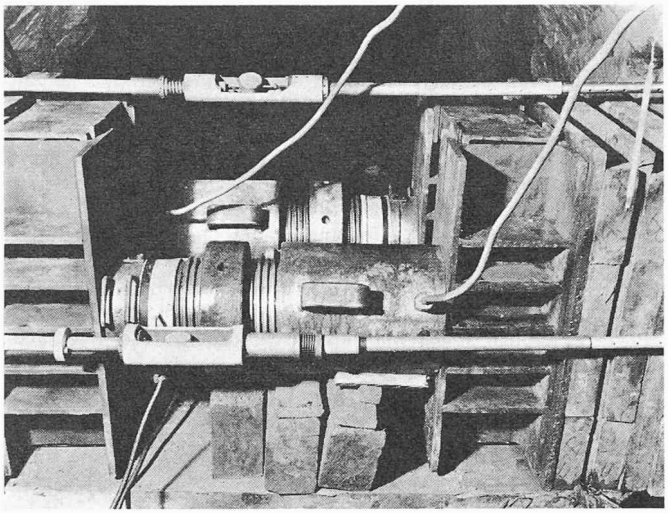


Bild 2. Nahsicht der beiden parallelen Pressen (total maximal 300 t) mit elektrischer Druckdose und Kugelkalottenauflager. DIN-Trägerrost und Eichenbohlen dienen der gleichmässigen Lastverteilung. Oben und ganz vorn sind zwei Messstäbe mit eingebauten Messuhren sichtbar

konnte. Zwischen den beiden Armen des Messstabes, wovon der eine sich beweglich in einem Gleitlager im Innern des andern Armes verschieben konnte, war die Messuhr eingebaut (Ablesegenauigkeit von etwa 4 tausendstel Millimeter). Drei derartige Dehnungsmessstäbe lieferten die Verformungen des Stollens in Lastflächenmitte und an zwei rechtwinklig zueinander stehenden Stellen am Lastflächenrand. Diese Messeinrichtung wurde ergänzt mit über Rollenuhren gespannten Invardrähten, welche die Felsbewegungen auch in einiger Entfernung der Lastfläche verfolgen liessen (Bild 1).

3. Versuchsbedingungen

Der Druck wurde in Laststufen von 12 kg/cm² stufenweise bis zum Maximum von 60 kg/cm² gesteigert. Bei 36 kg/cm² erfolgte bei einigen Versuchen eine Zwischenentlastung auf Null. Jede Laststufe wurde jeweils während 4 bis 8 Stunden konstant gehalten. Erst nach dieser Zeit waren die Verformungsbewegungen abgeklungen. Durch einen Bedienungsmann war der Pressendruck jeder Laststufe stets nachzustellen, damit der zeitliche Verlauf nicht durch Druckschwankungen gestört wurde.

Mit zwölf derartigen Grossversuchen wurde in den verschiedenen Sondierstollen der Fels in paralleler, senkrechter und auch schiefer Richtung zur Schieferung belastet. Entsprechend den aufwendigen Apparaturen und den durch die geringen Felsverformungen bedingten hohen Genauigkeitsanforderungen an die Messung war die Durchführung der Versuche sehr zeitraubend und kostete den Verfasser einige Monate Arbeit. Auf den ersten Blick betrachtet, zeigten die Resultate recht grosse Streuungen, die sich aber nach einer genaueren Untersuchung als interessantes, gesetzmässiges Verhalten der Talflanken analysieren liessen.

4. Auswertung

Ein typisches Belastungs-Setzungs-Diagramm einer Lastfläche zeigt Bild 5. Bei einer maximalen Pressung von 60 kg/cm² erfolgte eine

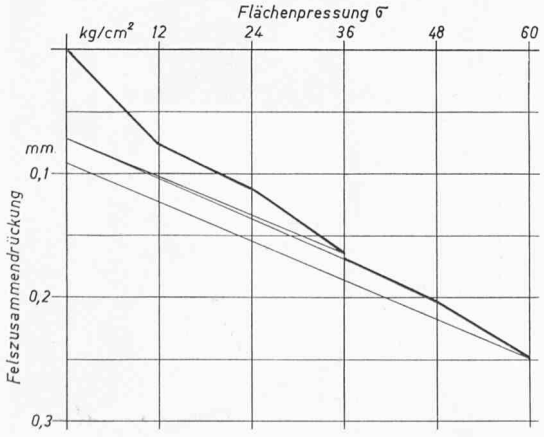


Bild 5. Typischer, beinahe geradliniger Verlauf der Belastungs-Felszusammendrückungs-Kurve, welcher auf ein weitgehend elastisches Materialverhalten des Felsens schliessen lässt

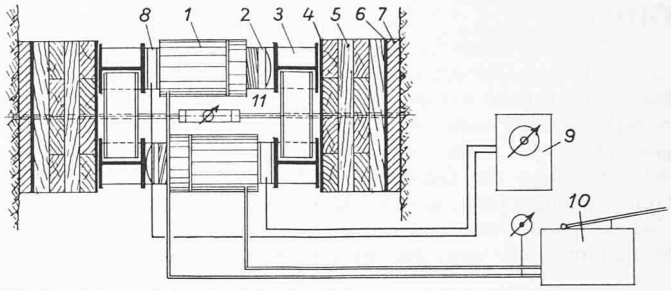


Bild 3. Schematische Ansicht der Belastungseinrichtung

1	Presse, 150 t	7	Betonplatte, ⌀ 80 cm, Druckfläche 5000 cm²
2	Kugelkalottenauflager	8	Elektrische Druckdose
3	DIN-Träger mit Stegversteifung	9	Messbrücke
4	Eisenplatte verstärkt, 10 mm	10	Oelpumpe mit Manometer
5	Eichenbohlen	11	Dehnungsmesstab
6	Blechplatte, 6 mm		

Felszusammendrückung pro Platte von nur 0,25 mm, was somit einer Stollendehnung von 0,5 mm entspricht. Die Kurve hat einen beinahe geradlinigen Verlauf, welcher nur vor der ersten Laststufe etwas geknickt wurde – offenbar eine Folge der ersten Anpassung der Apparatur an die Kontaktstellen im Fels. Dieser nahezu geradlinige Verlauf der Belastungs-Felszusammendrückungs-Kurve liess auf ein elastisches Verhalten des Felsens schliessen, wobei die Neigung dieser Geraden dem Elastizitätmodul entspricht. Tatsächlich hat der Fels nach der Entlastung sich wieder beinahe vollständig zurückverformt.

In Bild 5 sind die Entlastungskurven mit feinen Strichen gekennzeichnet. Wie es für nicht ideale, natürliche Körper selbstverständlich ist, blieb ein gewisser Anteil der Verformungen bestehen. Diese sogenannte plastische Verformung betrug für den penninischen Gneis jedoch nur etwa einen Drittel der totalen Verformungen. Mit der Absicht, elastische und plastische Verformungen des Felsens genau auseinander zu halten, werden diese Lastsetzungsdiagramme wie folgt ausgewertet: Der erste Abschnitt der Belastungskurve bis zum Knick wird ausser Betracht gelassen, um die Wirkung anfänglicher Störeinflüsse zu eliminieren. Der verbleibende Teil der Kurve besteht somit im wesentlichen aus einer ersten Geraden, der Belastungskurve, und einer zweiten Geraden, der Entlastungskurve. Entsprechend der Definition elastischer Körper wird die Neigung der Entlastungsgeraden zur Bestimmung des Elastizitätsmoduls (E) verwendet, während im analogen Sinn die Neigung der Belastungsgeraden zur Bestimmung des Verformungsmoduls (M_E) diente. Auf diese Weise ist es möglich, die Verformungscharakteristik des Felsens mit nur zwei Zahlen festzuhalten, denen physikalisch eine exakte Bedeutung zugeordnet ist: Der M_E-Modul, der die *elastische und plastische* Verformung der Erstbelastung einschliesst, und der E-Modul, welcher die *nur elastische* Zurückverformung des Felsens einbezieht und darum auch weitgehend mit der Belastungskurve nach zahlreichen Lastwechseln übereinstimmt.

Im Gegensatz zu Wasser-Abpress-Versuchen in Druckstollen oder Bohrlöchern wirkt die Kraft bei Plattenversuchen durchaus analog dem Kräftefluss unter dem Fundament eines Bauwerkes. Auch die spezifische Belastung des Felsens erreicht den selben Maximalwert unter dem Bauwerk wie im Versuch. Verschieden ist hingegen die Form der Lastfläche: Das Streifenfundament der Staumauer gegenüber der Kreisfläche des Versuches.

Die Aufgabe der mathematischen Auswertung der Versuche besteht somit darin, aus den gemessenen Setzungen der Lastfläche auf die Setzung des Bauwerkes zu schliessen. Das kann sowohl durch Ausnützen des geometrischen Ähnlichkeitsprinzipes geschehen als auch durch Berechnung der Verformungs- und Elastizitätsmoduli unter Zuhilfenahme von Lastausbreitungs- und Setzungstheorien. Grundsätzlich besteht eine grössere Zahl von Theorien und Auswertemöglichkeiten. Auf Grund der beobachteten, weitgehend linearen Belastungs-Verformungs-Kurven wird eine Lastausbreitung im homogenen, elastischen und isotropen Halbraum vorausgesetzt. Die Eichenholzstapel von 30 bis 40 cm Stärke bewirkten eine gleichmässige Lastverteilung. Die gemessenen Setzungen waren in Lastmitte immer deutlich grösser als am Lastrand, so dass die Voraussetzungen der schlaffen Lastfläche mit gleichmässiger Belastung gegeben erschienen und die entsprechende Berechnung der Moduli in Funktion der Einsenkung in Lastmitte erfolgte. Dies geschah nach Boussinesq und F. Schleicher: Zur Theorie des Baugrundes («Der Bauingenieur», 1926, S. 931 [4]).

$$M_E, E = \frac{m^2 - 1}{m^2} \cdot 2\, r \cdot \frac{p}{s}$$

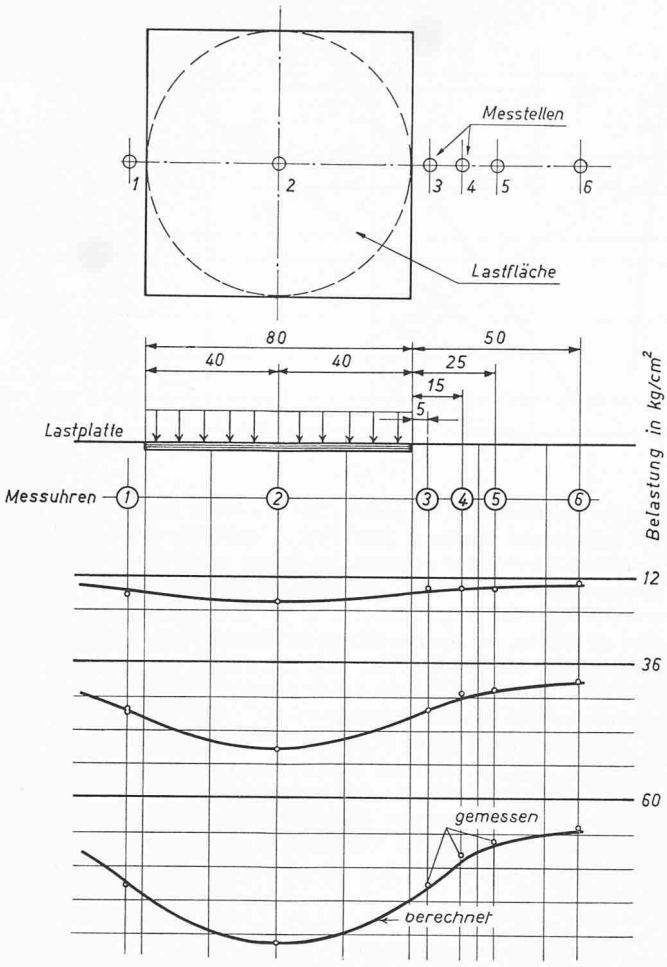
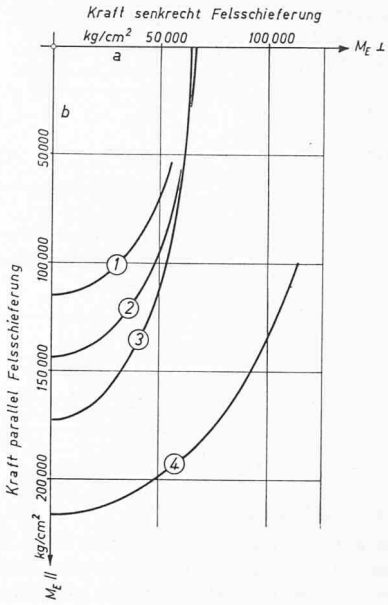


Bild 6. Lastfläche und Felsverformung



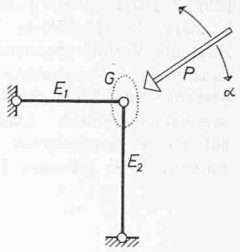


Bild 8. Der Versuchsort wird durch den Punkt G repräsentiert, welcher durch zwei rechtwinklig zueinander stehende Pendelstützen von verschiedener Länge festgehalten wird. Unter der Last P wechselnder Richtung beschreibt der Punkt G die Form einer Ellipse, was der richtungsabhängigen Deformation des Felsens entspricht

Bild 7. Fels-Schieferungsrichtung und Verformungs-Modul (M_E). Die Wirkung der Anisotropie wird durch die konzentrischen Ellipsen dargestellt, deren fortlaufende Numerierung von innen nach aussen mit jener der Sondierstollen in der Talsohle beginnend fortlaufend nach oben übereinstimmt

M_E, E = Verformungs- bzw. Elastizitätsmodul
m = Querdehnungszahl
r = Radius der kreisrunden Druckfläche
p = betrachtete spezifische Belastung
s = Einsenkung in Lastflächenmitte.

Die Wahl der Berechnungsmethode ist wesentlich, denn die Streubreite der möglichen Setzungstheorien allein ergibt einen Bereich, der um 30% des Resultates schwanken kann! Dies ist ein typisches Beispiel zur Problematik von Versuchen im Fels (und übrigens auch im Lockergestein), bei welchen die exakte Kenntnis der rechnerischen Voraussetzungen vielfach von grösserer Bedeutung ist als noch so genaue Messresultate (siehe hierzu auch F. P. Jaecklin: Die Setzung kreisrunder Lastflächen [6]). Im konkreten, vorliegenden Fall lautete also die Frage: Trifft die Annahme der Spannungsverteilung im elastischen Halbraum zu und sind die Voraussetzungen für eine schlaffe Lastfläche gegeben? Den ersten Teil können wir mit Ja beantworten dank der erwähnten, geradlinigen Form der Belastungs-Setzungskurve; die zweite liess sich sehr gut kontrollieren durch Vergleich der gemessenen Werte mit den aus der zentralen Einsenkung berechneten Werten des Felsens am Lastflächenrand und in weiterer Entfernung.

Diese Kontrolle wurde für jeden Versuch durchgeführt und ergab eine überraschend gute Übereinstimmung. Eine sinnvolle Überprüfung der zu Grunde gelegten Voraussetzungen der Berechnung ist bei allen derartigen Versuchen von besonderer Wichtigkeit. Nur sie zeigt, wie weit die grundsätzlich gefasste Konzeption der Auswertung richtig ist (vgl. hierzu Kurven in Bild 6).

5. Anisotropie und Inhomogenität

Die übrigen Voraussetzungen der Anisotropie und Inhomogenität waren in diesem Fels ohne Zweifel sicher *nicht erfüllt*. Da aber Spannungen und Deformationen stets eng miteinander verknüpft sind, haben sich die daraus entstehenden Fehler offenbar gegenseitig weitgehend kompensiert. Dies gilt für die Auswertung der einzelnen Versuche. Gesamthaft gesehen war jedoch der Einfluss der Schieferung ganz besonders deutlich. Wirkte die Kraft senkrecht zur Felsschieferung, so wurden die Pakete offenbar weitgehend auf Biegung beansprucht und die Klüfte langsam geschlossen. Wirkte die Kraft hingegen parallel der Felsschieferung, so werden offenbar die Schichtköpfe, wenn man so sagen will, wie Säulen belastet und die Kluftzwischenräume entsprechend weniger zusammengedrückt. Der Fels erscheint härter, die Verformungen sind geringer und die Moduli entsprechend grösser.

Diese richtungsabhängige Felsdeformation zeigt das statische Modell des Bildes 8 deutlich. Der Versuchsort wird durch den Punkt G repräsentiert, welcher durch zwei rechtwinklig zueinander stehende Pendelstützen von verschiedener Länge festgehalten wird, die bei gleicher Belastung verschieden grosse totale Längenänderungen aufweisen. Das Modell zeigt also eine durchaus elastische, aber richtungsabhängige und damit analoge Deformation zu jener des Felsens. Betrachten wir also die Verschiebung des Punktes G unter der Last P, deren Wirkungsrichtung sich verändert. Der Punkt G beschreibt die Form einer Ellipse, wie dies die punktierte Linie andeutet. Durch die Kenntnis der Hauptaxen der Ellipsen lässt sich die vollständige Form zeichnen, und der Einfluss der Anisotropie ist erfasst. Bild 7 zeigt die in diesem Sinne ausgewerteten Messresultate in den vier verschiedenen Versuchsstollen: Die konzentrische Folge der Ellipsen gestattet ein mittleres Axenverhältnis zu berechnen von

$$\frac{M_E \text{ Kraft parallel zur Schicht}}{M_E \text{ Kraft senkrecht zur Schicht}} = 2{,}2 \text{ bis } 2{,}7$$

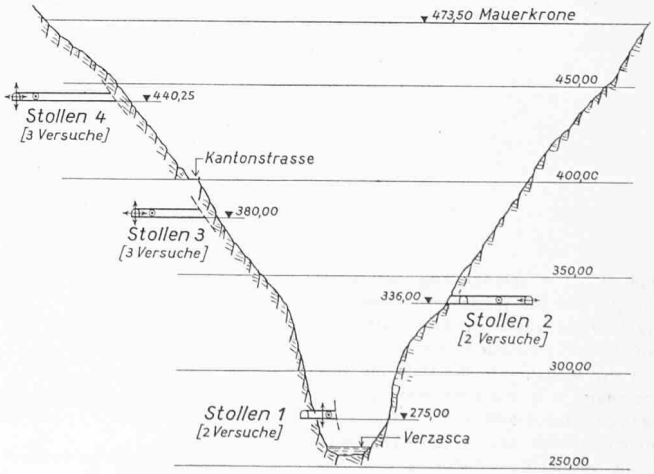


Bild 9. Talquerschnitt 1:4000 und Sondierstollen

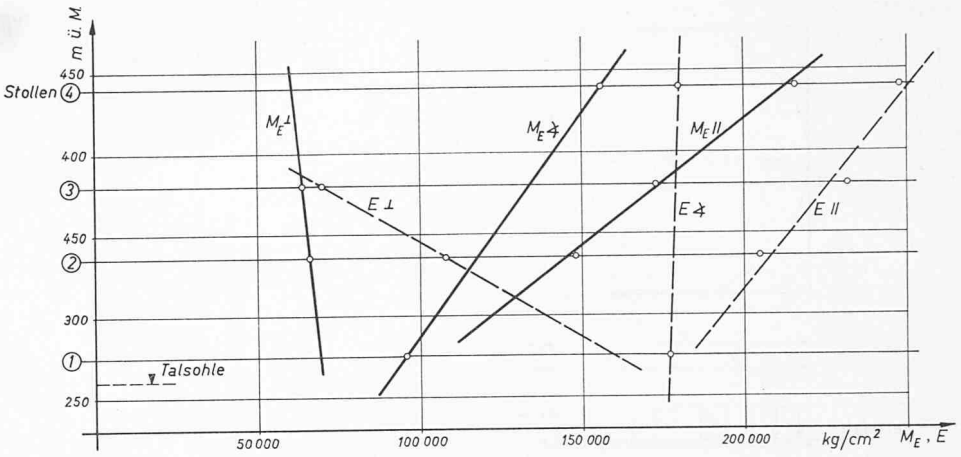


Bild 10. Die Neigung des Geradenbündels der M_E-Werte nach rechts zeigt die Verformungsabhängigkeit mit zunehmender Meereshöhe. Die gegeneinander gerichtete Stellung der zusammengehörenden Geraden deutet auf einen verminderten Einfluss der Anisotropie in grössere Tiefe hin

6. Verformungseigenschaften der Talflanken

Die Reihenfolge der fast ähnlichen Form der Ellipsen (Bild 7) deutet den Zusammenhang des M_E-Moduls mit der Höhe über dem Talboden bzw. des Abstandes des Versuchsortes von der Oberfläche an. Ist es ein Zufall, dass sich die fortlaufenden Nummern der Sondierstollen in der Talsohle beginnend nach oben (Bild 9) und in Bild 7 die Ellipsen von innen nach aussen in gleicher Reihe aufeinanderfolgen?

Es war naheliegend, die M_E- und E-Moduli in Funktion der Höhe über der Talsohle darzustellen. Bild 10 zeigt diese Darstellung, wobei die M_E-Moduli mit durchgezogenen Geraden, die E-Moduli mit gestrichelten Geraden gekennzeichnet sind. Die Neigungen des Geradenbüschels der M_E-Werte nach rechts zeigten somit die Verformungsabhängigkeit mit zunehmender Meereshöhe. Jede der drei Geraden charakterisiert eine Richtung der Kraft zur Schieferung: die senkrechte, die unter 45° stehende und die parallele. Die beiden Geradenbündel der Verformungs- und Elastizitätsmoduli entsprechen sich und ergeben eine Zunahme des M_E-Moduls mit steigender Höhe der Versuchsorte über der Talsohle. Das trifft besonders ausgeprägt für die Messungen bei paralleler Kraftwirkung zur Felsschieferung (Druckrichtung parallel Schicht) zu. Es wäre zwar weit gegangen, die Geraden rückwärts zu verlängern. So ergäbe sich ein gemeinsamer Schnittpunkt der je drei zusammengehörenden Geraden etwas unterhalb der Talsohle. Dies deutet auf eine geringere Anisotropie des Felsens in grösserer Tiefe hin, deren Einfluss, wenn er auch wohl kaum ganz verschwindet, so doch bedeutend geringer wird. Die Richtungsabhängigkeit der Verformungs- und Elastizitätsmoduli muss also teilweise durch die Spannungsumlagerung im Gebirge, durch die Talbildung und die Verwitterung verursacht sein.

Die grössere Richtungsabhängigkeit des Felsens mit zunehmender Höhe wird ergänzt durch die entsprechende Wirkung des Abstandes des Versuchsortes von der Felsoberfläche. In Bild 11 sind die Versuchsresultate, M_E- und E-Moduli und ihre Mittelwerte, in jedem Stollen in Funktion des horizontalen Abstandes des Versuchsortes unter Tag und der Felsoberfläche dargestellt. Die M_E-Werte liegen – ungeachtet der gemessenen Richtung zum Fels – innerhalb des schraffierten Bereiches, die E-Werte zwischen den beiden gestrichelten Linien. Die schräge Lage dieser Bänder illustriert die Abhängigkeit der Moduli von der Tiefe im Bergesinnern, d. h. *mit zunehmender Tiefe nehmen auch die Moduli zu.* Die Bandbreite der Bereiche zeigt die Richtungsabhängigkeit der Moduli. Das Schmälerwerden der Bereiche nach oben deutet, analog zu Bild 10, *auf die geringere Anisotropie des Felsens mit zunehmender Tiefe im Bergesinnern hin.*

Das Diagramm rechts in Bild 11 stellt die Differenz der Moduli M_E minus E in Funktion der Tiefe im Bergesinnern dar. Die Unterschiede zwischen E und M_E sind – entsprechend der Verteilung der Punkte – in Oberflächennähe grösser als in der Tiefe. Die gezeichnete Grenzkurve der maximalen Unterschiede nähert sich langsam Null. *Mit zunehmender Tiefe im Berg nimmt somit der plastische Anteil der Verformung ab.*

7. Felsmechanische Folgerungen

Die Felsverformungsmessungen des penninischen Gneises in den Sondierstollen der Staumauer Verzasca ergaben, dass der Fels sich unter einer Belastung sehr weitgehend wie elastisches Material verformt. Durch die Übereinstimmung der berechneten Verformungslinien der Felsoberfläche mit den gemessenen kann der Schluss gezogen werden, dass die der Berechnung zugrunde gelegte Theorie mit ihren Voraussetzungen weitgehend zutrifft. Die trotz des elastischen Verhaltens des Felsens stark richtungsabhängige Eigenschaft lässt sich durch ein einfaches statisches Modell erklären, so dass auch die Anisotropie rechnerisch erfasst werden kann.

Im Zuge der Auswertung der Resultate zeigte sich eine systematische Abhängigkeit der Verformungseigenschaften in bezug auf die Höhe über Talsohle und in bezug auf die Tiefe der Messstelle im Bergesinnern. Daraus folgt der allgemeingültige Schluss: Fester Fels in der selben Talflanke und den selben, von Auge sichtbaren und mit geo-

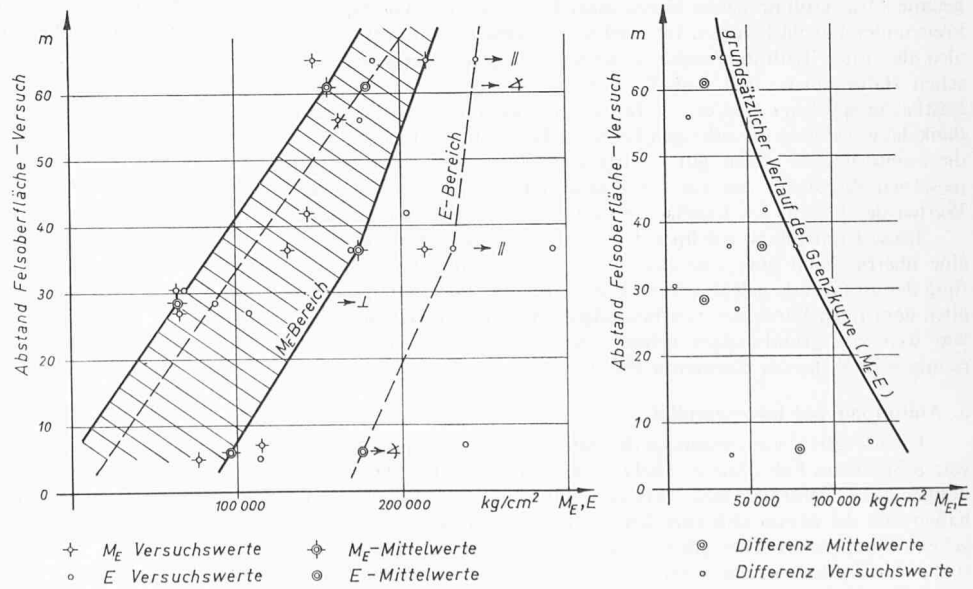


Bild 11. Die schräge Lage der Bänder (für die M_E-Werte schraffiert, für die E-Werte zwischen den gestrichelten Linien) illustriert die Abhängigkeit der Moduli von der Tiefe im Bergesinnern, d. h. mit zunehmender Tiefe nehmen auch die Moduli zu. Das Diagramm rechts zeigt die gleichzeitig damit verbundene Abnahme des Anteils der Verformung

logischen Mitteln feststellbaren Eigenschaften kann trotzdem bedeutend unterschiedliche Verformungseigenschaften haben, welche offenbar bedingt sind durch den geomorphologischen Vorgang der Talbildung und die damit verbundene Spannungsumlagerung im Gebirge. Die Erkenntnis dieser grundlegenden Eigenarten des Gebirges muss bei felsmechanischen Überlegungen und Berechnungen stets im Auge behalten werden. Sie begründen die zum Betonbau verschiedenartige Betrachtungsweise des Gesteins als inhomogenes und anisotropes Gefüge.

Der Verfasser dankt Prof. *G. Schnitter*, ETH, Zürich, und Dr. *Lombardi* und *Gellera*, Ing.-Bureau, Locarno, für die Unterstützung und Freigabe dieser Arbeiten zur Veröffentlichung. Ein besonderer Dank gebührt meinem Abteilungschef *Ch. Schaerer*, dipl. Ing., *G. Amberg*, dipl. Ing., und dem örtlichen Bauleiter *O. Skrotzky*, dipl. Ing., welche die Versuche und die Auswertung stets kräftig förderten, sowie auch meinem Kollegen *P. Borle*, dipl. Ing., der mich stets hilfsbereit unterstützte.

Literatur

[1] *VAWE-Bericht Nr. 1619:* Felselastizitätsmessungen Staumauer Verzasca, vom 14. April 1962.

[2] *G. Schnitter*, Prof. ETH, Zürich: Theoretische Grundlagen der Felsmechanik und geschichtlicher Rückblick, «Schweiz. Bauzeitung», 81. Jahrgang, Heft 3, 17. Jan. 1963, und Veröffentlichung Nr. 50, Schweiz. Gesellschaft für Bodenmechanik und Fundationstechnik.

[3] *E. Dal Vesco*, Prof. Dr. ETH, Zürich: Forze idriche della Val Verzasca, Impianto di Tenero, Geologia. Locarno e Berna, dicembre 1955.

[4] *F. Schleicher:* Zur Theorie des Baugrundes, «Der Bauingenieur» 1926, Seite 931.

[5] *O. K. Fröhlich:* Druckverteilung im Baugrund, Wien 1934.

[6] *F. P. Jaecklin:* Die Setzung kreisrunder Lastflächen, interner Bericht der VAWE, Nr. 210, 8. Mai 1962.

Adresse des Verfassers: *Felix P. Jaecklin*, dipl. Ing., Klusweg 24, 8032 Zürich.

Mitteilungen

Persönliches. *Klaus von Meyenburg*, bisher Sektionschef der Abteilung Zugförderungs- und Werkstättedienst bei der Generaldirektion der SBB, ist in die Leitung der Schweiz. Lokomotiv- und Maschinenfabrik Winterthur eingetreten. — Bei Gebrüder Sulzer AG, Winterthur, ist Direktor *C. Felber* in den Ruhestand getreten. Die Leitung der Abteilung 2, Heizung und Lüftung, hat *Jean-Pierre Sandoz* unter Ernennung zum Direktor übernommen. Ebenfalls zum Direktor ernannt wurde *Thomas Schur*, Leiter der neugeschaffenen Abteilung 8, Dieseltraktion. Th. Schur behält seine bisherige Funktion bei Sulzer Bros. London bei.

Wettbewerbe

Kirchgemeindehaus in Meilen. Zur Publikation in SBZ 1965, H. 14, S. 240 ist richtigzustellen, dass sich die Teilnahmeberechtigung auf die seit dem 1. Januar 1964 im Bezirk Meilen oder in der Gemeinde Zollikon *niedergelassenen* oder in der Gemeinde Meilen heimatberechtigten, reformierten, selbständigen Architekten erstreckt.

Sekundar- und Primarschulanlage in Wünnewil FR (SBZ 1964, H. 45, S. 798). 27 Entwürfe.

1. Preis (4000 Fr. und Empfehlung zur Weiterverarbeitung) Oswald Aebischer, Tafers
2. Preis (3500 Fr.) Marcel Waeber, Bulle
3. Preis (3000 Fr.) Atelier 5, Bern, Sachbearbeiter R. Hesterberg
4. Preis (2500 Fr.) Gilbert de Weck, Lausanne
5. Preis (1600 Fr.) Edi Lehmann, Rapperswil
6. Preis (1400 Fr.) Heinz Schaller, Flamatt

Die Ausstellung im Saal des Gasthauses St. Jakob in Wünnewil dauert noch bis Karfreitag, 16. April. An diesem Tage ist sie von 13 bis 22 h geöffnet, am Hohen Donnerstag von 13 bis 21 h.

Centre secondaire intercommunal de Colombier. Die Gemeinden Auvernier, Bevaix, Bôle, Boudry, Colombier und Cortaillod eröffnen einen Wettbewerb für ein Schulzentrum in 2 Etappen für 420 und 210 Schüler. Der Unterricht soll in 2 Sektionen (section moderne; section pré-professionnelle) erfolgen. Teilnahmeberechtigt sind alle Architekten, welche seit dem 1. Jan. 1963 im Kt. Neuenburg niedergelassen sind, ferner Neuenburger Bürger, welche ausserhalb des Kantons tätig sind. Im übrigen gelten die Bestimmungen betr. Teilnahme der Norm 152, S.I.A. Architekten im Preisgericht: Arthur Lozeron, Genf, Ernest Martin, Genf, Albert-Ed. Wyss, La Chaux-de-Fonds, Th. Waldvogel, Neuchâtel, Maurice Billeter, Neuchâtel (Ersatzpreisrichter). Für 6 Preise stehen 27000 Fr. zur Verfügung. Aus dem Gesamtprogramm: Normalklassenzimmer 29, Spezialräume für Zeichnen und naturkundlichen Unterricht 2, Handarbeitszimmer 3, Handfertigkeitsräume 5, Hauswirtschaft 3 und Kurszimmer 2, Lehrerzimmer, Krankenraum, Büros für Direktion und Sekretariat, Abwartwohnung. Die Turn- und Sportanlagen umfassen eine Turnhalle mit betrieblichen Nebenräumen und Platzanlagen. Anforderungen: Lageplan und Modell 1:500, Projektpläne 1:200, Perspektive Klassenzimmer, Erläuterungsbericht und kubische Berechnung. In den Ausführungsbestimmungen heisst es: «Il est recommandé aux concurrents de *s'abstenir de tout luxe de présentation ou de rendus*». Fragenbeantwortung bis 15. Mai, Abgabetermin 15. September 1965. Unterlagenbezug gegen Depot von 100 Fr. durch das Bureau communal de Colombier.

Nekrologe

† **Jules Riesen,** Masch.-Ing. G.E.P., von Rüeggisberg BE, geboren am 27. März 1882, Eidg. Polytechnikum 1901 bis 1905, 1919 bis 1949 in der Transformatoren-Abteilung der AG Brown, Boveri in Baden, seither im Ruhestand in Grindelwald, ist am 30. März 1965 an einem Herzschlag gestorben.

Mitteilungen aus dem S.I.A.

Mont Pèlerin-Tagung 1965

Diese findet am Samstag/Sonntag, 1./2. Mai statt und behandelt das Thema «L'avenir de l'Industrie Suisse d'exportation de biens d'équipement de haute technicité». Es sprechen: S. Rieben, F. Hummler, Ch. Gasser, A.-J. Kellerberger, O. Angehrn, R. Wellinger, P. Goetschin, F. Maillard. Anmeldung erbeten bis am 20. April an Secrétariat permanent S. I. A., 15 rue Pierre Fatio, 1204 Genf, Tel. 022/36 40 00, wo das ausführliche Programm erhältlich ist. Kosten pro Person 70 Fr., pro Ehepaar 110 Fr., Unterkunft und Verpflegung inbegriffen.

Ankündigungen

Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung ETH

Freitag, den 23. April 1965 beginnen *Uebungen in Orts- und Regionalplanung*. Es werden Vorschläge zur Ortsplanung der Gemeinde Aeugst a. A. ZH bearbeitet. Hieran ist auch die Teilnahme von Praktikern erwünscht. Ort: Institut für Orts-, Regional- und Landesplanung ETH, Leonhardstrasse 27, 8001 Zürich. Zeit: Freitag je 14 bis 18 h. Teilnahme gratis. Leitung: Prof. *M. Rotach*, Prof. *W. Custer*, dipl. Ing. *R. Sennhauser*, Prof. *E. Winkler*.

Vorlesung über Kälte- und Klimatechnik an der ETH

Im kommenden Sommersemester 1965 wird Prof. Dr. Ing. *R. Landsberg* vom *Technion* (Israel Institute of Technology), Haifa, über ausgewählte Kapitel der Klima- und Kältetechnik im Maschinenlaboratorium der ETH, Hörsaal V, jeweils montags von 17 bis 19 h, vortragen; Beginn 3. Mai. Behandelt werden: Aufgaben der Klimatechnik, Das thermische Gleichgewicht im Luftkreislauf, Wärmeeinfall, Entfeuchtung, Indirekte und direkte Kühlung, Bauformen, Regelung, Heizung, Wärmepumpen, Absaugung von Staub und Gasen. Einschreibung für Freifachhörer an der Kasse der ETH bis zum 14. Mai 1965. Postadresse: Leonhardstrasse 33, 8006 Zürich, Tel. (051) 32 73 30.

Ausbildungskurs über rationelles Lesen

Erster Kurs am 11., 18. und 25. Mai, zweiter am 2., 9. und 16. September 1965. Leiter: *H. Baer*, Leiter der Bibliothek und Dokumentation des Betriebswissenschaftlichen Instituts der ETH (Zürichbergstrasse 18, 8028 Zürich, Postfach; Tel. 051/47 08 00), welches den Kurs in seinen Räumen durchführt und Anmeldungen bis am 30. April entgegennimmt. Kursgeld 190 Fr. Teilnehmerzahl beschränkt.

Hannover-Messe 1965, 24. April bis 2. Mai

Mit seinen rund 5800 Ausstellern, darunter mehr als 1400 Unternehmen aus 29 Staaten des europäischen und überseeischen Auslands, bietet der Messeplatz Hannover einen ausgezeichneten Überblick über die Produktion der in Hannover konzentrierten Industriezweige.