

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 82 (1990)
Heft: 9

Artikel: Edbebenberechnung von Talsperren
Autor: Wenk, Thomas
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-939835>

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

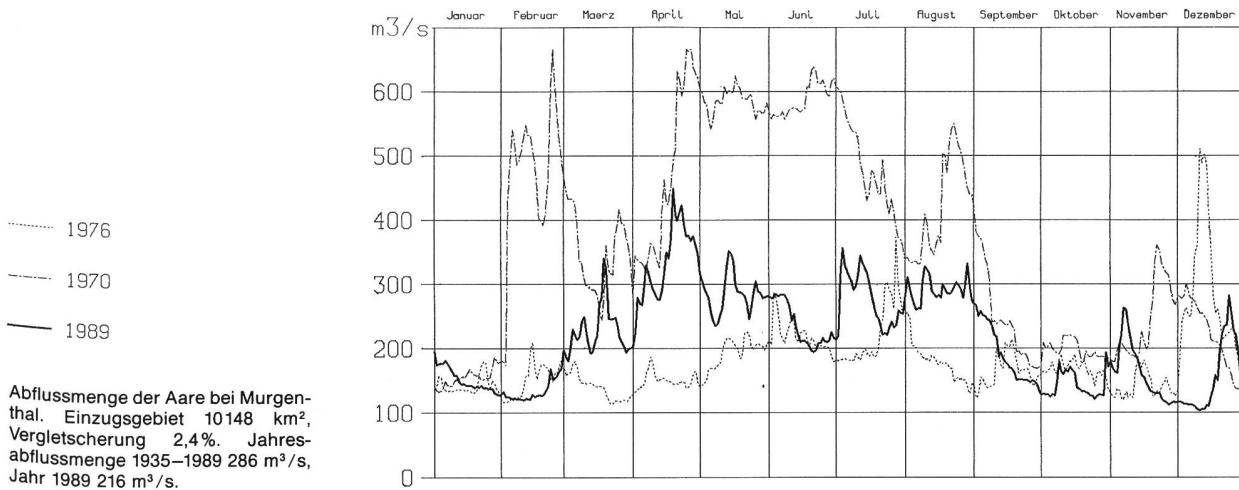
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées 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: 10.02.2026

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



Erdbebenberechnung von Talsperren

Seminar vom 2. März 1990 an der ETH Zürich

Thomas Wenk

Das Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK) und das Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion (IBWK) der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich sowie das Institut d'hydraulique et d'énergie (IHE) der Ecole polytechnique fédérale de Lausanne führten am 2. März 1990 in Zürich das Seminar «Erdbebenberechnung von Talsperren» durch. Professor Dr. H. Bachmann, Vorsteher der IBK, konnte rund 100 Mitglieder des Schweizerischen Nationalkomitees für grosse Talsperren (SNGT) und geladene Gäste aus der Schweiz und Nachbarländern begrüßen. Zehn Fachbeiträge beider Hochschulen orientierten über den Stand der in den betreffenden Instituten in Gang befindlichen Forschungsarbeiten.

Dr. R. Biedermann vom Bundesamt für Wasserwirtschaft, Bern, wies in seinem Einführungsreferat auf die stetig zunehmenden Anforderungen der Gesellschaft an die Sicherheit von Anlagen der Grosstechnologie hin. Dieses Sicherheitsbedürfnis habe das Bundesamt für Wasserwirtschaft u. a. zur aktiven Förderung der Forschung über das Erdbebenverhalten von Staumauern an der ETH Zürich (seit 1982) und an der ETH Lausanne (seit 1989) veranlasst. Er betonte jedoch, dass trotz intensiver Forschungstätigkeit Befürchtungen in bezug auf die Erdbebensicherheit unserer Talsperren fehl am Platze seien, da diese fachgerecht projektiert und erstellt worden sind. Im weiteren orientierte er über den geplanten Aufbau eines nationalen Starkbebenmessnetzes in der Schweiz, das eine Instrumentierung ausgewählter Talsperren sowie ein Freifeldnetz umfassen wird. Prof. Dr. H. Bachmann sprach über Möglichkeiten und Grenzen der Modellbildung physikalischer Problemstellungen (Bild 1). Zielsetzung der Forschungsprojekte Gewicht- und Bogenstaumauern ist die Entwicklung neuer Modelle zur besseren Erfassung der Wirklichkeit und zur schrittweisen Verringerung der Unterschiede zwischen Modell und Wirklichkeit; anschliessend werden die wichtigsten der neu entwickelten Modelle in Computerprogramme integriert. Die Beurteilung der Erdbebensicherheit von Staumauern bleibt eine interdisziplinäre Aufgabe, da ausser der Erstellung der Recheninstrumente auch die schwierige Wahl der Input-Parameter getroffen und eine angemessene Sicherheitsphilosophie festgelegt werden müssen [1].

Gewichtstaumauern

Dr. D. Wepf (IBK) stellte eine neue zweidimensionale Berechnungsmethode zur Berücksichtigung des Einflusses des Stausees vor. Der Stausee wird mit Randelementen im Zeitbereich modelliert, die die Wellenausbreitung im «unendlich» langen See richtig erfassen. Erste Fallstudien zeigten, dass die exakte Berücksichtigung der Form des Reservoirs und die Abstrahlungsdämpfung für das Verhalten der Staumauer von grosser Bedeutung sind. Der numerische Aufwand der Methode blieb relativ klein [2], [3].

G. Feltrin (IBK) zeigte anhand von Berechnungen der Pine-Flat-Staumauer in Kalifornien die bedeutende Rolle auf, die die Rissbildung im Beton spielt. Das an der ETH Zürich entwickelte Computerprogramm DUCS (Dynamics of Unreinforced Concrete Structures) ermöglicht es, die Ausbreitung diskreter Risse zu simulieren (Bild 2). Das implementierte Rissmodell berücksichtigt ein Spanningskriterium für die Rissentstehung, eine bilineare Entfestigungsfunktion an der Risspitze und ein Verzahnungsmodell zur Übertragung von Schubkräften über den Riss. Aufgrund der Parameterstudien stellte sich heraus, dass nebst der Zugfestigkeit des Betons die Rissverzahnung besonders wichtig ist, während die Entfestigung eine kleinere Rolle spielt [4].

Dr. P. Skrikerud, Oslo (ehemaliger Mitarbeiter am IBK), erörterte die numerischen Aspekte des Programms DUCS. Den Kern von DUCS bildet eine Zeitintegrationsroutine, die von verschiedenen Modulen wie Finite-Elemente-Modul für die Staumauer, Randelemente-Modul für den Stausee, Rissalgorithmus-Modul usw. umgeben ist. Die Rissmodellierung mit diskreten Rissen ist bei unbewehrtem Beton vorteilhafter als mit sogenannten verschmierten Rissen. Die

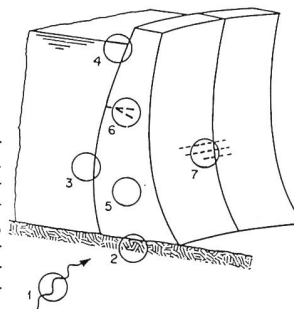


Bild 1. Problemkreise bei der Erdbebenberechnung von Staumauern. 1 Seismischer Input, Erdbebenspezifikation, 2 Boden-Struktur-Interaktion, 3 Wasser-Struktur-Interaktion, 4 Kavitation, 5 nichtlineares Materialverhalten, 6 nichtlineares Strukturverhalten, 7 Block- und Konstruktionsfugen.

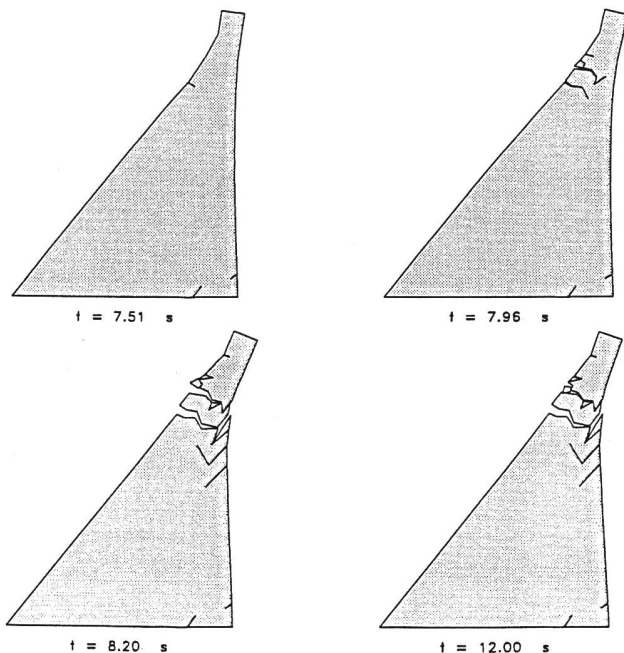


Bild 2. Mit Programm DUCS berechnete Rissausbreitung in der Pine-Flat-Staumauer bei vollem Stausee.

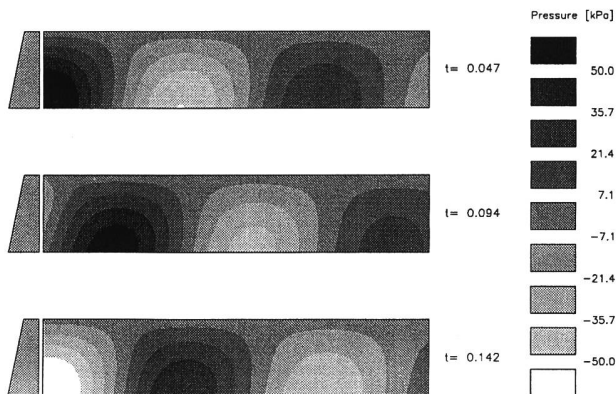


Bild 3. Druckwellenausbreitung im halbbunendlichen Stausee.

numerischen Nachteile der diskreten Risse konnten mit der Wahl eines expliziten dynamischen Lösungsalgorithmus geschickt umgangen werden [5].

Bogenstaumauern

J.-M. Hohberg (IBK) gab einen Überblick über die Problematik des nichtlinearen Verhaltens von Bogenstaumauern. Leider können die für Gewichtstaumauern entwickelten zweidimensionalen Modelle nicht einfach um eine Dimension erweitert werden, damit sie auch für Bogenstaumauern verwendet werden können. Bei diesen stehen nicht Rissfortschrittsberechnungen im Vordergrund, sondern das Zusammenwirken der Blöcke ist massgebend. Deshalb wurde für die Modellierung der Fugen ein neuartiges dreidimensionales Trennflächenelement mit Berücksichtigung der Reibung entwickelt [6].

B. Weber (IBK) erläuterte, weshalb die bisher üblichen Berechnungsverfahren eines dreidimensionalen Stausees entweder zu unpräzise (transmitting boundaries) oder numerisch zu aufwendig (Randelemente) sind. Diese Erkenntnisse führten dazu, nach einer anderen Modellierung der Abstrahlungsbedingung des Stausees im Zeitbereich zu suchen. Mit Hilfe der Systemtheorie gelang es, eine neue, numerisch sehr effiziente Methode zu entwickeln, die durch ihre gute Übereinstimmung mit der analytischen Lösung

einiger Testberechnungen überzeugte (Bild 3). Es ist vorgesehen, dieses Stauseemodell zusammen mit dem Fugenmodell von J.-M. Hohberg in ein 3D-Staumauerprogramm zu integrieren [7].

Betonverhalten

Prof. Dr. F.H. Wittmann (IBWK) sprach über das Betonverhalten unter dynamischer Beanspruchung. Zur Beschreibung des Rissverhaltens erwiesen sich weder ein reines Festigkeitskriterium noch die linear elastische Bruchmechanik als geeignet. Als brauchbar wurde das Modell des fiktiven Risses ermittelt, das im Programm DUCS implementiert ist. Dr. E. Brühwiler (ETH Lausanne) referierte über den Einfluss einer Vorbelastung auf die Betonzugfestigkeit. Am Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion (IBWK) wurde eine Reihe Zug- und Keilspaltversuche mit Staumauerbeton (Solis, GR) unter verschiedenen Dehngeschwindigkeiten durchgeführt (Bild 4). Eine Druckvorbelastung bewirkte in der Regel eine Reduktion der bruchmechanischen Kennwerte, insbesondere der Bruchenergie. Andererseits reduzierte die Vorbelastung die Abhängigkeit dieser Werte von der Belastungsgeschwindigkeit [8], [9].

Erddämme

Prof. Dr. R. Sinniger (IHE) orientierte über die geplanten Forschungsarbeiten in bezug auf das Verhalten von Erddämmen. Währenddem bei Staumauern Rissprobleme im Vordergrund stehen, sind bei Erddämmen in erster Linie Stabilitätsprobleme zu beachten. Es ist geplant, ein Programm zur Berechnung von Erddämmen zu entwickeln, das insbesondere nichtlineare Materialeigenschaften von Lockergestein wie Verflüssigung berücksichtigt. Nach Abschluss der Programmprobung sollen ab 1993 Erdbebeneberechnungen von Dämmen möglich sein.

Literatur

- [1] Skrikerud, P., Bachmann, H.: Rissbildung in Schwergewichtsmauern unter Erdbebeneinwirkung – eine Modellbildung. «Schweizer Ingenieur + Architekt» 103 (1985) 37, 871–877.
- [2] Wepf, D.: Talsperren-Stausee-Interaktion im Zeitbereich basierend auf der Methode der Randelemente. Institut für Baustatik und Konstruktion, Bericht 159, 1987, Birkhäuser Verlag Basel.
- [3] Wepf, D., Wolf, J.P., Bachmann, H.: Hydrodynamic stiffness matrix based on boundary elements for time-domain dam-reservoir-soil analysis. «Earthq. Eng. Struct. Dyn.» 16 (1988) 3, 417–432.
- [4] Wepf, D., Feltrin, G.: Rissmodellierung und nichtlineares dynamisches Verhalten von Gewichtstaumauern mit Stausee. Tagungsbericht des 23. Forschungskolloquiums des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton (DAfStb), 22./23. März 1990 in Zürich. Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

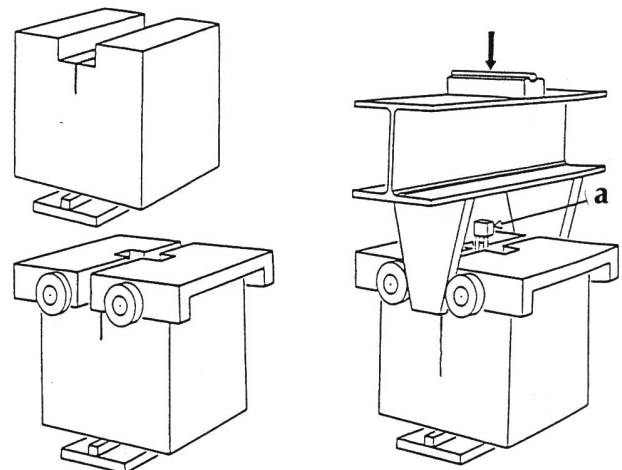


Bild 4. Keilspaltversuch zur Bestimmung der bruchmechanischen Kennwerte von Staumauerbeton, a) Messgeber für Rissöffnungsverschiebung.

- [5] *Skrikerud, P.*: Modelle und Berechnungsverfahren für das Rissverhalten von unarmierten Betonbauten unter Erdbebenbeanspruchung. Institut für Baustatik und Konstruktion, Bericht 139, 1983. Birkhäuser Verlag Basel.
- [6] *Hohberg, J.-M.*: Trennflächenformulierungen für die statische und dynamische Berechnung von Bogenstaumauern. Institut für Baustatik und Konstruktion, Bericht 163, 1988. Birkhäuser Verlag Basel.
- [7] *Hohberg, J.-M., Weber, B.*: Nichtlineares dynamisches Fugenverhalten und Wasser-Struktur-Interaktion bei Bogenstaumauern. Tagungsbericht des 23. Forschungskolloquiums des DAfStb, 22./23. März 1990. Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.
- [8] *Brühwiler, E., Flückiger, D., Rösli, A.*: Versuche über den Einfluss hoher Dehngeschwindigkeiten auf die Festigkeit und das Verformungsverhalten von Beton. Institut für Baustoffe, Werkstoffchemie und Korrosion, ETH Zürich, 1986.
- [9] *Brühwiler, E.*: Bruchmechanik von Staumauerbeton unter quasi-statischer und erdbebedynamischer Belastung. ETH Lausanne, Dissertation Nr. 739, 1988.

Adresse der Verfasser: *Thomas Wenk*, Institut für Baustatik und Konstruktion, HIL-Gebäude, ETH-Hönggerberg, CH-8093 Zürich.

Veranstaltungen

DVWK-Seminar «Kostenvergleichsrechnung»

5. und 6. November 1990 in Vallendar bei Koblenz

In zunehmendem Masse werden für wasserwirtschaftliche Planungen Wirtschaftlichkeitsrechnungen nach den von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) herausgegebenen «Leitlinien zur Durchführung von Kostenvergleichsrechnungen» verlangt. Zur leichten Einarbeitung in dieses Standardverfahren bietet der DVWK eine Anpassungsfortbildung an.

Das nächste Seminar «Kostenvergleichsrechnung» findet am 5. und 6. November 1990 in der Versuchs- und Aussenstelle der Bundesanstalt für Gewässerkunde in D-5414 Vallendar – Rheininsel Niederwerth – bei Koblenz statt. Es bietet dem Praktiker die Möglichkeit, sich das unentbehrliche Wissen auf diesem Gebiet rasch anzueignen, die routinemässige Anwendung zu üben und methodische Unsicherheiten zu überwinden. Eine Einbindung der Kostenvergleichsrechnung in die Systematik der Projektbewertungsverfahren, unter Einschluss der Umweltverträglichkeitsprüfung, rundet die Veranstaltung ab. Die Teilnehmerzahl ist aus didaktischen Gründen begrenzt.

Anmeldungsunterlagen und Information beim Seminarleiter: Leiten der Baudirektor Prof. Dr.-Ing. *Schmidtke*, c/o Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft, Lazarettstrasse 67, 8000 München 19, Telefon 089/1259-516 (515).

10. Ozon-Weltkongress und Ausstellung, Monaco,

19. bis 21. März 1991 Im Rahmen verschiedener Sessibnen gelangen folgende Themen zur Behandlung: Ozonherstellung, Trinkwasseraufbereitung, Ozon in der Medizin, Abwasseraufbereitung, Ozonung und Reaktionsprodukte usw.

Das detaillierte Programm kann unter folgender Adresse bezogen werden: Internationale Ozon-Vereinigung, Headquarters, c/o Wasserversorgung Zürich, Hardhof 9, Postfach, CH-8023 Zürich.

Literatur

Bibliographie zum Recht über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte in der Schweiz (Bund und Kantone). Von *Paul Ursprung*. Verbandsschrift 48 des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes, Rütistrasse 3a, CH-5401 Baden, 1990. Format A5, 536 Seiten, gebunden, 180 Franken.

Mit der Verschärfung der allgemeinen Energieproblematik hat in der Schweiz die Wasserkraft wiederum an Bedeutung gewonnen; bestehende Werke werden erneuert und erweitert, und Projekte, die sich bereits in den Schubladen befanden, sollen reaktiviert werden. Zudem kommen in den nächsten Jahren und Jahrzehnten alte Konzessionen zum Ablauf, so dass sich die Frage der Konzessionserneuerung oder des Heimfalls der Werke stellt. Die Behandlung der

damit verbundenen juristischen Fragen ist dadurch erschwert, dass zwar zahlreiche Monographien, Gutachten und Gerichtsurteile vorhanden sind, hingegen eine neue zusammenfassende Darstellung des schweizerischen Wasserrechtes fehlt. Um so mehr füllt die anzuzeigende Bibliographie eine seit langem bestehende Lücke. Dr. *Paul Ursprung*, der sich als Rechtsberater der Motor-Columbus AG seit Jahrzehnten mit wasserrechtlichen Fragen befasste, hat seine reiche Sammlung von Literatur- und Judikaturhinweisen in den letzten Jahren systematisch erweitert und nun der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Die Bibliographie ist von beeindruckender Vollständigkeit und enthält nicht nur Literatur und Judikatur, sondern auch politische Vorstösse, Botschaften, Berichte und Kreisschreiben auf Bundes- und Kantonsebene. Besonders dienlich ist die zusätzliche Gliederung nach Kantonen sowie einzelnen Artikeln des Bundesgesetzes über die Nutzbarmachung der Wasserkräfte. Ein Stichwortverzeichnis ergänzt das Werk.

Das Buch von Paul Ursprung, das eine Ergänzung der ebenfalls beim Schweizerischen Wasserwirtschaftsverband erschienenen technischen Bibliographie von *Doris Scheidegger* über die Wasserkraftwerke der Schweiz (Verbandsschrift 46, Baden 1985) darstellt, gehört in die Bibliothek eines jeden, der sich mit der Wasserkraft in der Schweiz beschäftigt.

Dr. K. Zihlmann, Zürich

Méthodes classiques de construction de barrages – Aperçu général. Bulletin 76, CIGB, Paris. 406 pages dont 392 pages de texte principal bilingue, 7 pages de références, 44 figures et 4 tableaux dans le texte principal. Couverture illustrée. Prix sfr. 115.–.

Ce Bulletin donne une vue complète et détaillée des méthodes de construction des barrages jusqu'à l'apparition, dans le courant de la dernière décennie, de progrès significatifs qui font l'objet du Bulletin 63: «Nouvelles méthodes de construction».

Il comprend quatre chapitres principaux: conception et étude des travaux de construction – travaux communs à tous les types de barrage (fouilles à ciel ouvert, excavations souterraines, traitement des fondations) – construction des barrages en béton – construction des barrages en remblai. Ce Bulletin constitue un ouvrage de référence pour tous ceux concernés par la construction des barrages.

Béton compacté au rouleau pour barrages-poids – Technique actuelle. Bulletin 75, CIGB, Paris. 250 pages comprenant 180 pages de texte principal bilingue français-anglais, 26 pages de figures, 7 pages de photos, 10 pages de références, 10 pages de tableaux bilingues (liste d'ouvrages en béton compacté au rouleau). Couverture illustrée. Prix sfr. 90.–.

Le présent Bulletin rassemble les informations disponibles sur l'utilisation du béton compacté au rouleau dans la construction de barrages-poids, nouvelle technique en pleine évolution.

Après une introduction générale comportant l'historique et une description de la technique actuelle, le Bulletin traite séparément des expériences américaines et japonaises, et examine en détail les techniques mises en œuvre. Il constitue une excellente introduction à une nouvelle méthode de construction au développement prometteur et passionnant. Document indispensable à tous ceux intéressés par cette nouvelle technique.

Zur ingenieurgeologischen Beschreibung von Felsgesteinstrennflächen. Karl-Heinz Hesse und Joachim Tiedemann. «Felsbau» Essen 7 (1989) Nr. 3, Seite 148–155 mit 10 Bildern, 5 Tabellen und 15 Quellen.

Ziel der Untersuchungen ist die Entwicklung rationeller, aber trotzdem prägnanter und reproduzierbarer Methoden, nach denen Gestein und Trennflächen im Fels im Verlauf ingenieurgeologischer Vorerkundungen in Form von Rangfolgen hinsichtlich ihrer Festigkeiten zutreffend systematisiert werden können. Dadurch lassen sich aufwendigere Experimente im Labor oder in situ gezielter ansetzen und ihre Gültigkeitsbereiche besser abschätzen. Die Vergleiche zwischen der visuellen Ansprache von paläozoischen Quarziten, Grauwacken und Tonschiefern sowie verschiedenen Varianten von Punktlastversuchen an diesen Gesteinen haben ergeben, dass Systematisierungen der Gesteinsfestigkeiten möglich sind, wenn sie nach Anisotropierichtungen und Petrographie differenziert werden.

BG