International workshop on dam safety evaluation

Autor(en): **[s.n.]**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **85 (1993)**

Heft 5-6

PDF erstellt am: **04.06.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-939980

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

mittleren Abflussrichtung des aufschotternden Flusssystems.

Bei Meter 15 (Profil 5a) wurde zur Bestimmung der Verteilung der Geschwindigkeiten der elektromagnetischen Wellen eine «Common-Midpoint-Messung» (CDP) durchgeführt (Bild 5b).

Im N-S-Profil (Bild 4) sind auf der linken Bildseite zwischen 70 und 120 ns, deutlich gegen Süden, und im oberen Profilteil bis etwa 60 ns gegen Norden einfallende Reflektoren erkennbar. Im E-W-Profil (Bild 5a) dominieren subparallele Reflektoren das Reflexionsmuster. Gegen Westen einfallende kürzere Reflexionen liegen zwischen ausgedehnten subparallelen Reflektoren.

Der Grundwasserspiegel (Bild 5a, GWSP) kann in der Auswertung der CDP-Messung (Bild 5c) durch den markanten Geschwindigkeitsabfall (Reflektor R2) in einer Tiefe von 3,14 m unter der Terrainoberkante identifiziert werden. Die geologische Bedeutung der geneigten Reflektoren (Bild 4, schraffierter Bereich) wird im Vergleich mit Bild 6 deutlich. Das Bild zeigt eine Trogform, bestehend aus einzelnen Schichten von Openframework- und Bimodal-Kiesen. Es handelt sich dabei um eine Auffüllung eines Kolkloches («scour pool») des ehemaligen Flusssystems [*Huggenberger* et al., 1988]. Die geneigten Reflektoren, welche sich auf der linken Profilseite (Bild 4) zwischen 70 und 120 ns befinden, entsprechen ziemlich genau der rechten Hälfte einer solchen Kolkfüllung.

Die CDP-Messung (Bild 5b) zeigt ausserdem, dass ausgeprägte Reflektoren bis zirka 160 ns auftreten. Darunter befinden sich noch weitere, jedoch nur schlecht erkennbare Reflexionen. Ihre Auswertung erfordert eine aufwendigere Datenverarbeitung, wie sie in der Reflexionsseismik zur Anwendung kommt.

Diskussion

Generell können durch die Sedimentationsprozesse bedingte Inhomogenitäten des Untergrundes in Lockergesteinen mit dem Georadar auch bis unterhalb des Grundwasserspiegels erkannt werden. Eine geologische Interpretation der Radarprofile ist im allgemeinen ohne zusätzliche Information nicht eindeutig. In Kombination mit Bohrungen und Aufschlüssen kann jedoch eine räumliche Information über die Inhomogenitäten des Untergrundes gewonnen werden. Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass im Idealfall sogar Rückschlüsse auf charakteristische Sedimentgefüge möglich sind.

Radarprofile können in einem solchen Fall direkt für hydrogeologische Fragestellungen verwendet werden. Die Geometrie der charakteristischen fluvialen Sedimentstrukturen gibt dem Geologen zudem wertvolle Hinweise auf die Dynamik des ehemaligen Ablagerungssystems und erlaubt gewisse Voraussagen über die zu erwartende Geometrie von Sedimentstrukturen auch ausserhalb des Messgebietes.

Bei der in diesen Experimenten angewendeten Sendefrequenz von 250 MHz konnten in Schottern Reflektoren bis in eine Tiefe von maximal 10 m erkannt werden. Damit liegt die Stärke des Georadars in der hohen Auflösung (dm-Bereich) der geologischen Strukturen in den obersten 10 m des Untergrundes.

Verdankungen:
Wir danken den nachfolgend aufgeführten Personen, die im Rahmen dieses Projektes bei den Feldmessungen, der Reproduktion der Fotos und der Bearbeitung des Manuskriptes mitgearbeitet haben: *I. Holderegger, B. Schwertfeger, D. Elber, H. Bolliger* und *P. Schlup.*

Bibliographie

Jussel, P. (1989): Stochastic description of typical inhomogeneities of hydraulic conductivity in fluvial gravel deposits, in Contaminant Transport in Groundwater, eds. Kobus & Kinzelbach, Balkema, p. 221–228.
Gelhar, L. W., and *Axness, C. L.* (1983): Three-dimensional stochastic analysis of macrodispersion in aquifers. «Water. Resour. Res.» *19,* p. 161–180.
Hara, T., and *Sakayama, T.* (1985): The applicability of ground probing radar to site investigations (OYO, RP-4159, pp. 32).
Hufschmied, P (1983), Ermittlung der Durchlässigkeit von Lockergesteins-Grundwasserleitern, eine vergleichende Untersuchung verschiedener Feldmethoden. Diss. No. 7397, 300 S., ETH Zürich.
Hufschmied, P., (1991): Ermittlung makroskopischer Transportparameter am Beispiel des Grundwasserleiters im Hydrothermischen Testareal Aelfligen. «Gas, Wasser, Abwasser» 3/*91,* S. 216–230.
Huggenberger, P., Siegenthaler, Ch., und *Stauffer, F.* (1988): Grundwasserströmung in Schottern; Einfluss von Ablagerungsformen auf die Verteilung der Grundwasserfliessgeschwindigkeit. «Wasserwirtschaft» *78*/5, S. 202–212.
Phillips, F. M., and *Wilson, J. L.* (1989): An approach to estimating hydraulic conductivity correlation scales using geological characteristics, «Water Resour. Res.» *25* (1), p. 141–143.
Roth, K., et al. (1990): Calibration of time domain reflectometry for water content measurement using composite dielectric approach, «WRR», V. 26/10, p. 2267–2273.
Steel, R. J., and *Thompson, D. B.* (1983): Structures and textures in triassic braided stream conglomerates («Bunter» Pebble Beds) in the Sherwood Sandstone Group, North Staffordshire, England. «Sedimentology», *30,* p. 341–367.

Adresse der Verfasser: *Peter Huggenberger,* Eidg. Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz, Eawag, CH-8600 Dübendorf, und *Edi Meier,* Edi Meier & Partner AG, Hard 4, CH-8408 Winterthur.

International workshop on dam safety evaluation

Grindelwald, April 1993

Am dreitägigen Workshop, unter der Schirmherrschaft von ICOLD und gefördert von der Fachzeitschrift «Dam Engineering», nahmen 165 Teilnehmer aus 31 Ländern teil. Das war mehr, als es die Organisatoren erwartet hatten. Warum wohl?

Das zunehmende Alter bestehender und die Dimensionen neuerer Talsperren sind Substanz und Verantwortung zugleich, sich mit ihrer Sicherheit zu befassen. Mit dem Zugriff zu verfeinerten Rechenmethoden und verlässlichen Instrumenten ist der Anreiz, dem tatsächlichen Sperrenverhalten etwas näher zu kommen, geweckt; ein Synergieeffekt, so scheint es, der beflügelt.

Die Tagung wurde von Prof. *R. Sinniger* (EPFL), Dr. *R. Biedermann* (Bundesamt für Wasserwirtschaft) und *R. Taylor* (Dam Engineering) eröffnet. Das Programm behandelte neun Themen und endete mit einer Diskussionsrunde (siehe Kasten).

Es gibt wohl keine einzelne und absolute Methode, womit die Sicherheit einer Talsperre definiert werden könnte. Das Thema ist vielschichtig und verschiedenartig, es ist orts- und zeitabhängig, mit dem Ergebnis, dass mehrere Wege erforscht und angewendet werden. Obwohl Vereinheitlichung und gegenseitige Verträglichkeit wünschenswert wären, würde das die Qualität der Sicherheitsermittlungen einschränken. Schon allein das Ausmass an vor-

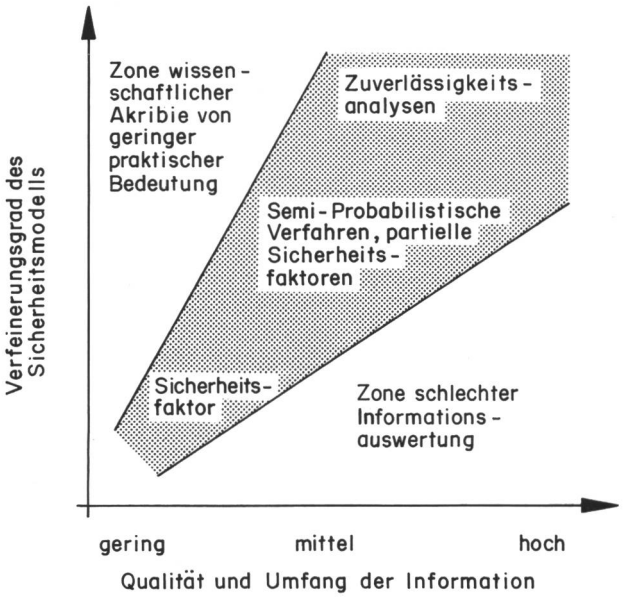

Bild 1. Bezug zwischen Verfeinerungsgrad von Sicherheitsmodellen und dem Niveau an vorhandener Information. Ein 15 m hoher Damm, gebaut in den dreissiger Jahren, ohne Bauinformation und Instrumentierung erfordert eine andere Sicherheitsbeurteilung als eine gut dokumentierte und instrumentierte hohe Bogenmauer.

handener Information rechtfertigt verschiedene Wege (Bild 1).

Im folgenden werden zwei Beispiele herausgegriffen, die nach Beurteilung von Tagungsbeiträgen und Diskussionen diese Problematik widerspiegeln.

Entwurfhochwasser

Die Definition und Wahl des Entwurfhochwassers hat sich in letzter Zeit gewandelt. Obwohl immer mehr Messdaten zur Verfügung stehen, trägt das vielfach nicht zu einer Klärung bei. Das hat mehrere Gründe. Hochwasserspitzenwerte nehmen mit zunehmender Beobachtungsdauer zu. Diese dem Gesetz der grossen Zahl entsprechende Erkenntnis lässt sich allerdings schwer quantifizieren, da neben den hydrologischen Unsicherheiten auch noch jene eines durch den Menschen geänderten Einzugsgebietes hinzukommen. Neue Daten müssen deshalb ständig einer Art Bayes'schen Revision unterzogen werden. Tut man das nicht, entsteht Konfusion.

Hier ein Beispiel: Bild 2 zeigt zwei Hochwasserabläufe des Paraná bei Posadas in Argentinien, eines im Jahre 1905, das andere 1983. Die beiden Spitzen sind mit 53 000 und 51 000 m^3/s sehr ähnlich. Das Ereignis von 1983 dauerte aber viel länger. Während dem Volumen des Hochwassers von 1983 eine Wiederkehrperiode von $1{,}5 \times 10^6$ Jahren zugeordnet wurde, beträgt jene des Spitzenabflusses nur 120 bis 150 Jahre *(Aisiks* in Vol. 1)[1]. Die Gründe der eklatanten Unterschiede beider Hydrogramme sind neben hydrologischer Willkür auch der Talsperrenbau im Oberlauf. Wenn sich der auch noch über politische Grenzen erstreckt, überlagert sich der hydrologischen noch viel menschliche Willkür.

Dass man Wiederkehrperioden seltener Ereignisse nicht von einem Kennwert auf den anderen übertragen kann, ist nichts Neues. *Schaake* (nach *Cassidy* in Vol. 4) hat zum Beispiel gezeigt, dass für mehr als 25jährliche Ereignisse die Wiederkehrperiode eines Starkregens nicht jener des entsprechenden Hochwassers entspricht. Dies gilt auch für andere Kennwerte. Obiges Beispiel zeigt dies recht deutlich.

[1] Autor und Band der Tagungsberichte

Kann man einem Höchstwasser (probable maximum flood, PMF) eine Wiederkehrperiode zuordnen? *Cassidy* hat dafür einen plausiblen Ausweg: Obwohl ein PMF deterministisch ermittelt wird, ist die Art, in der sich Hochwasser ereignen, halt doch probabilistisch. Wenn also Ingenieure Wiederkehrperioden von PMFs als Entwurfsgrundlagen oder für Risikoanalysen brauchen, so ist dies mit einem hohen Mass an Unsicherheiten wohl machbar. Aber ist es auch sinnvoll?

Vielenorts umgeht man diese Unsicherheiten einer weitläufigen Extrapolation in die Bereiche apokalyptischer Ereignisse. *R. Biedermann* (BWW) erwähnte das Schweizer Zwei-Phasen-Konzept der Wahl eines 1000jährlichen Hochwassers für den Entwurf von Entlastungsanlagen plus einer vom Sperrentyp abhängigen Reserve für das PMF, welches zu 150% des 1000jährlichen Hochwassers angenommen werden kann. Norwegische Richtlinien empfehlen eine ähnliche Methode der Risikoverteilung. *V. de Mello* (Brasilien) erwähnt ein Verfahren, wobei das 10 000jährliche Hochwasser als die 1%-Fraktile einer linearen Regression bis zum 100jährlichen Hochwasser genommen wird. Das US Bureau of Reclamation verwendet für Wirtschaftlichkeitsvergleiche ein 10^4jährliches Hochwasser, für die Sicherheit der Talsperre, risikoabhängig, einen Bereich zwischen 10^4 bis 10^6, für Extremfälle

Workshop sessions

Session 1: Static loading – floods
Keynote lecture: *J. J. Cassidy* (USA)
Chairman: *D. Vischer* (Switzerland)

Session 2: Static loading – erosion and longterm behavior
Keynote lecture: *P. Reiter* (Finland)
Chairman: *W. S. Croucamp* (South Africa)

Session 3: Static loading – embankments
Keynote lecture: *J. A. Charles* (United Kingdom)
Chairman: *V. F. B. de Mello* (Brazil)

Session 4: Static loading – concrete dams and foundations
Chairman: *P. Londe* (France)

Session 5: Static loading – concrete dams
Keynote lecture: *G. Lombardi* (Switzerland)
Chairman: *R. Lafitte* (Switzerland)

Session 6: Seismic loading – basic models
Chairman: *M. A. Fanelli* (Italy)

Session 7: Seismic loading – embankments and basic models
Keynote lecture: *W. L. D. Finn* (Canada)
Chairman: *D. J. Naylor* (United Kingdom)

Session 8: Seismic loading – concrete dams
Keynote lecture: *R. W. Clough* (USA),
presented by *A. K. Chopra* (USA)
Chairman: *A. K. Chopra* (USA)

Session 9: Reliability and risk assessment
Keynote lecture: *P. Londe* (France)
Chairman: *G. Lombardi* (Switzerland)

Tagungsbände

Die Tagungsberichte (5 Bände) können zum Preis von £ 250 bei «Dam Engineering», Quadrant House, The Quadrant, Sutton, Surrey SM2 5AS, UK, Fax (0044 81) 770 9982, bestellt werden.

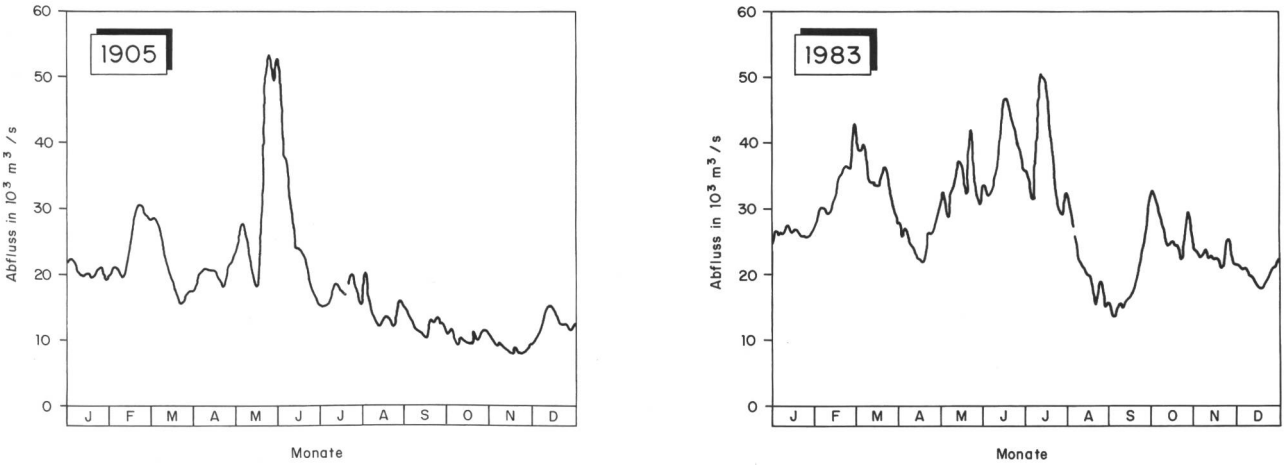

Bild 2. Zwei Hochwasserganglinien des Paraná bei Posadas (Argentinien) aus den Jahren 1905 [a] und 1983 [b]. Bei ähnlichem Spitzenabfluss unterscheiden sich die Volumina deutlich, zum Teil beeinflusst durch Talsperren im Oberwasser (Brasilien).

gar 10^3 und 10^7. Solche Beispiele lassen sich beliebig fortsetzen.

All diese Versuche, die Unsicherheiten des deterministischen Rechenprozesses und die Wahl einer Wahrscheinlichkeit für den PMF-Wert zu bewältigen, sind ja auch noch der Subjektivität des Rechners unterworfen. Man wird an *Heisenbergs* Aphorismus erinnert: «What we observe is not nature itself, but nature exposed to our method of questioning». Die an der Tagung vieldiskutierte Verträglichkeit der Verfahren wird sich wohl auf das Festhalten von Vor- und Nachteilen beschränken müssen.

Mathematische Modelle

Ein zweites Beispiel: Von den 49 an der Tagung präsentierten Vorträgen stellten 18, das sind mehr als ein Drittel, das mathematische Modellieren von Sicherheitsthemen in den Vordergund. «To model or not to model?» war deshalb ein beliebtes Diskussionsthema. Die schier unbegrenzten Möglichkeiten der Methode der finiten Elemente (FEM) und Tendenzen einer gewissen Hörigkeit rufen nun aber auch Zweifler aufs Podest. Die Gegensätzlichkeit «verfeinerte Mathematik – gesunder Menschenverstand» war spürbar.

«Organisiertes Denken stützt sich auf geistige Modelle, deren Entwicklung progressiv, ohne Lücken und Sprünge, von simplen Rohmodellen ausgehen muss, mit Respekt vor den etablierten Erkenntnissen der Vorfahren. Es ist andererseits naheliegend, dass wir uns dem widmen, wo wir uns am wohlsten fühlen; ein Tennisprofi macht am Fussballplatz auch kein gutes Bild» *(V. de Mello,* Brasilien).

Chopra (USA) demonstrierte an einem Beispiel der Staumauer/Stausee Interaktion diese Entwicklung: Die verfeinerten Modelle von gestern sind die simplen Modelle von heute. Ausgefeilte Modelle hätten deshalb ihre Berechtigung, da sie uns helfen, zu beurteilen, welche Einflussfaktoren wesentlich sind und welche weniger. Letztere könne man dann in einer zweiten Entwicklungsphase eliminieren und dadurch das Modell vereinfachen. *J. M. Hohbergs* (Vol. 1) Untersuchungen über den Einfluss von Diskontinuitäten in Bogenmauern sind dafür ein gutes Beispiel. *Chopra* meint auch, dass mehr Modelleichungen (an «bench-mark conferences») als Qualitätskontrollen von FEM nötig wären.

Nun muss man sich fragen, wieweit diese Modelle ihre praktische Anwendbarkeit erfüllen. Schwierigkeiten, das oft eigenartige Verhalten gewisser Talsperren analytisch zu belegen, sind nicht selten, meint *G. Lombardi* (Schweiz), und *P. Londe* (Frankreich) pflichtet ihm bei in der Meinung, dass eine Talsperre eigentlich ein Problem der Physik und nicht eines der reinen Mathematik bleiben sollte.

Einfachere Modelle würden auch den Erfahrungsaustausch zwischen den Spezialisten und Generalisten einerseits und Ingenieuren in Entwicklungsländern andererseits erleichtern. Für dieses heikle Thema, von *R. Lafitte* (Schweiz) und *F. M. G. Budweg* (Brasilien) angeregt, sieht man Lösungen in «on the job training», mehr Gewicht auf verständliche, allumfassende Richtlinien für Talsperrenbesitzer und regelmässige Besuche von Expertenstäben.

Die Bedeutung der Entwicklung hochgestochener Modelle wird von niemandem in Abrede gestellt. Sie haben aber nur dann eine Chance auf Praxisnähe, wenn die Interpretation ihrer Resultate für Generalisten, die die Verantwortung für die Talsperrensicherheit übernehmen müssen, nicht zum Spiessrutenlaufen wird. Wenn dem Spezialisten ein finites Element aus seinem Netz fällt, dann sollte das der Generalist als Gefährdung seiner Mauer beurteilen können und nicht als eine Erkenntnis mathematischer Genialität empfinden.

Rahmenprogramm

Neben dem Basisprogramm war noch eine liebevoll zusammengestellte Foto- und VCR-Schau von Talsperrenbrüchen von Dr. *A. Vogel* (Wien) zu sehen und je eine Präsentation der Sabotage auf den Peruča-Damm (Kroatien) und des Bruches des Zoeknog-Dammes (Südafrika) im März 1993.

Sicherheit von Talsperren und Flugzeugen

Was die Aviatik und der Talsperrenbau in Sicherheitsfragen verbindet, darüber referierte *B. Stutz* von der Swissair. Es ist ihm ausgezeichnet gelungen, Parallelen aufzuzeigen.

Auffallend, im Unterschied zum Talsperrenbau, ist die weltweit streng organisierte Information über Flugunfälle innerhalb der IATA. 230 Fluggesellschaften werden sofort und laufend informiert.

Adresse des Berichterstatters: Dr. *Harald Kreuzer,* Colenco Power Consulting AG, Mellingerstrasse 207, CH-5405 Baden.