

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 114 (2022)
Heft: 1

Artikel: Hundert Jahre Talsperrenvermessungen in der Schweiz
Autor: Wiget, Adrian
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-990513>

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: 29.01.2025

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

Hundert Jahre Talsperrenvermessungen in der Schweiz

Adrian Wiget

Zusammenfassung

In dieser Zeitschrift wurde im Heft 4/2021 (S. 236) das 100-jährige Jubiläum der Staumauer «Montsalvens» der damaligen Freiburger Kraftwerke EEF, heute Groupe E, an der Jogne bei Broc erwähnt. Im Zusammenhang mit deren Bau kann noch auf ein weiteres Jubiläum hingewiesen werden: Vor 100 Jahren begannen in der Schweiz Spezialisten mit der geodätischen Überwachung von Talsperren zur präventiven Sicherung der gefährdeten Bevölkerung und der unterliegenden Infrastrukturen.

Résumé

Un siècle de contributions de la géodésie à la sécurité des barrages en Suisse: Dans le numéro 4/2021 de cette revue (p. 236), il a été fait mention du centenaire du barrage de «Montsalvens», construit par les Entreprises Electriques Fribourgeoises (EEF) de l'époque, aujourd'hui Groupe E, sur la Jogne près de Broc. Dans le cadre de sa construction, un autre anniversaire peut être évoqué: il y a tout juste un siècle, des spécialistes se lancèrent dans la surveillance géodésique des barrages en Suisse, afin d'assurer, à titre préventif, la sécurité des infrastructures et des populations vivant en aval. Vous trouverez de plus amples informations sur le sujet en allant sur le lien suivant: emuseum.gggs.ch/eexpo-talsperren.

Geodätische Deformationsmessungen an Staumauern 1921–1945

Die Staumauer «Montsalvens» war damals für schweizerische und europäische Verhältnisse in mehrfacher Hinsicht neuartig: Sie war die erste doppelt (horizontal und vertikal) gebogene Gewölbestaumauer Europas und mit 55 m Höhe die erste Staumauer der Schweiz über 30 m. Die Bauleitung (Ingenieur *H. E. Gruner*) war daher bestrebt, über ihre Verformungen bei Stau- und Temperaturschwankungen und auch über Veränderungen des Verhaltens im Laufe der Jahre möglichst eingehenden Aufschluss zu erhalten. Hierfür eine geeignete Messmethode zu finden, welche der Geometrie des Bauwerkes gerecht wurde, war keineswegs leicht, denn es waren sehr kleine Verformungsgrößen, welche erfasst werden mussten. Zudem standen weder schweizerische noch ausländische Messerfahrungen unmittelbar zur Verfügung.

Auf Vorschlag von Ingenieur *H. Zölly*, Chef der Sektion für Geodäsie der Eidgenössischen Landestopographie (L+T; heute Bundesamt für Landestopografie swisstopo), wurde die Verformung der Staumauer «Montsalvens» erstmals in der Schweiz nach den Methoden der Geodäsie bestimmt (*Lang, 1929; STK, 1946*). Früher begnügte man sich damit, analog den Einsenkungsmessungen in Brückenmitte, durch sog. Alignements bloss die Verschiebungen der Mauer- oder Dammkronenmitte zu messen. Die neue geodätische Methode hatte das Ziel, die beim Füllen des Stau-

sees entstehenden Mauerdeformationen an mehreren Punkten der luftseitigen Mauerfläche zu erfassen. Die L+T stützte sich dabei auf langjährige Erfahrungen mit einer trigonometrischen Methode der Landestriangulation. Die Lageänderungen der auf der luftseitigen Mauerfläche eingelassenen Zielbolzen wurden durch wiederholtes sog. «Vorwärtseinschneiden» von zwei ausserhalb des Bauwerkes gelegenen Beobachtungspfeilern aus bestimmt.

Die Messung der kleinen, durch Druck- und Temperaturänderungen verursachten Formänderungen im Bereich einiger Millimeter gewährte schon damals einen wertvollen Einblick in die Qualität und damit Sicherheit der Staumauer. Auch wenn die ersten Ergebnisse noch nicht restlos befriedigten, so zeigten sich doch bei dieser ersten praktischen Anwendung die Vorzüge der neuen Messmethode: Einfache Installationen und unbehinderte Messung präziser absoluter Verschiebungsbeträge, ohne dabei die Mauer begehen zu müssen.

Bereits im Juli 1922 bot sich Gelegenheit an der Bogenstaumauer «Pfaffenbrunn» (UR) der Schweizerischen Bundesbahnen SBB die trigonometrische Methode wiederholt praktisch zu erproben und die an der Montsalvens-Staumauer gesammelten Erfahrungen zu verwerthen.

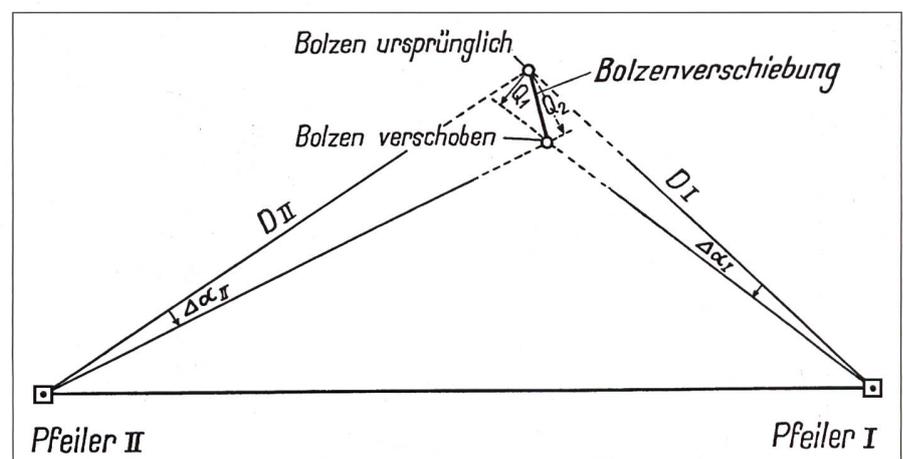


Bild 1: Prinzip des Vorwärtseinschneidens von zwei Pfeilern aus (*Lang 1929*).

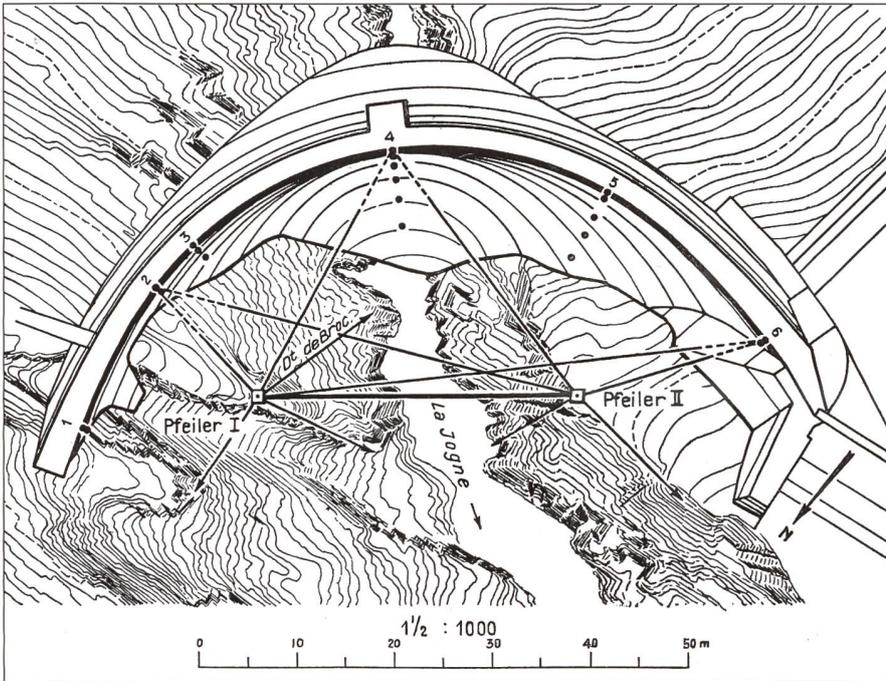


Bild 2: Staumauer Montsalvens: Trigonometrie Netzplan 1921 mit zwei Pfeilern und 24 Mauerbolzen in 6 Kolonnen und 9 Zeilen (Lang 1929).

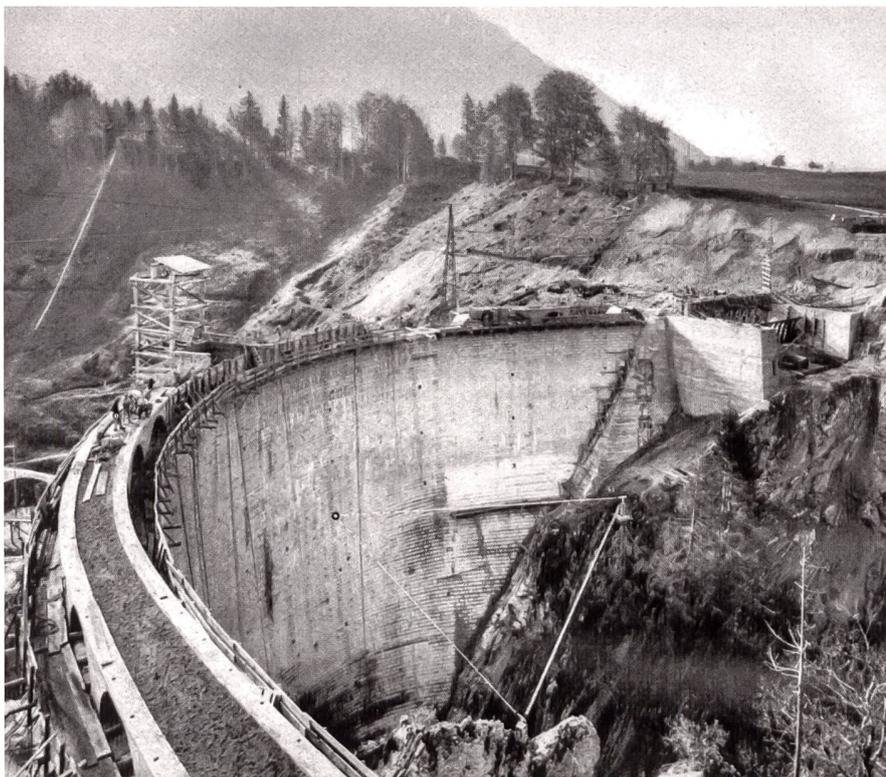


Bild 3: Staumauer Montsalvens kurz vor Bauabschluss mit den zwei Pfeilern und dem Beispiel eines Vorwärtseinschnittes auf einen Mauerbolzen (Lang 1929).

Staumauerunfälle im Ausland, z.B. der Bruch der Mauer im Val Gleno (Italien) am 1. Dezember 1923, beunruhigten breite Kreise der Bevölkerung bezüglich der Sicherheit der Talsperren. Aber auch der Bau immer höherer Stauanlagen veranlassten die Behörden und die Werkbetreiber, geodätische Deformationsmessungen zur Kontrolle des elastischen Verhaltens

der Staumauern ausführen zu lassen. So beauftragte in den frühen 1920er Jahren auch die AG Kraftwerk Wägital die L+T als «neutrale Amtsstelle», die Deformationen der Staumauern «Rempen» (SZ) und «Schräh» (SZ), welche bis 1930 mit 111 m die höchste Gewichtsmauer der Welt war, trigonometrisch und nivellitisch zu kontrollieren.

Die Methoden der geodätischen Deformationsmessungen (in Lage und Höhe) wurden von den Ingenieuren der L+T bezüglich Netzanlage, Materialisierung und Instrumentarium für hochpräzise Anwendungen der Ingenieurgeodäsie verfeinert und zu einer Standardmethode der Talsperren-Überwachung weiterentwickelt. Sie wurden bei praktisch allen Staumauern der Schweiz ausgeführt, um deren Verformungen mit Wiederholungsmessungen festzustellen. Auch im benachbarten Ausland kamen die Methoden zur Anwendung, bis hin nach Spanien und Nordamerika, nachdem die Veröffentlichungen der L+T dort bekannt geworden waren.

Der grosse Aufschwung 1945 – 1980

Nach dem Zweiten Weltkrieg, besonders in der Zeit von 1955 bis 1969, erfolgte wegen des zunehmenden Strombedarfs und des Kraftwerkbooms ein grosser Aufschwung im Schweizer Talsperrenbau, auch bezüglich Kühnheit der Ausführungen. In dieser Zeit wurden an verschiedenen Hochschulen im In- und Ausland die Methoden zur Überwachung von Talsperren wissenschaftlich untersucht und weiterentwickelt; in der Schweiz insbesondere an den Instituten für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) der Eidgenössischen Technischen Hochschulen in Zürich (ETHZ) und Lausanne (EPUL/EPFL). Die Überwachungskonzepte der bestehenden wie der neuen Talsperren wurden erweitert, die geodätischen Beobachtungsverfahren verbessert und den Baugrössen angepasst. Neben den Methoden der Landesvermessung wurden weitere vermessungstechnische und geophysikalische Verfahren und Instrumente der Geotechnik und der Felsmechanik mit der Geodäsie kombiniert, primär im Innern der Talsperren.

Die Hochschulinstitute wurden von privaten Ingenieurunternehmungen für die Beratung oder Mitarbeit bei Deformationsmessungen beigezogen. Es ist denn auch nicht verwunderlich, dass die von ehemaligen Institutsmitarbeitern gegründeten Vermessungsbüros ab den 1960er Jahren, also in der Blütezeit des schweizerischen Staumauerbaus, neben der L+T ebenfalls mit Bau- und Überwachungsmessungen an schweizerischen und ausländischen Talsperren beauftragt wurden. Schliesslich war die Ausweitung der Durchführung geodätischer Deformationsmessungen auf private Firmen auch wegen der zunehmenden Anzahl der zu überwachenden Objekte unerlässlich.

Besonderheiten der geodätischen Überwachung von Talsperren

Mit der Geodäsie konnten die räumlichen Verformungen der Sperren, welche die Erbauer besonders interessierten, bereits beim ersten Aufstau bestimmt werden. Im Allgemeinen haben sich die Staumauern übrigens beim Einstau mehr deformiert als die damalige Theorie vorsah, und diese Deformationen haben sich beim Absenken des Seespiegels nur zum kleinen Teil zurückgebildet. Die Verformungen vieler Mauern wurden anschliessend im Wechsel des Auf- und Abstaus bis zur Erreichung der (nahezu) endgültigen Elastizität untersucht. Erst dann setzten die langperiodischen Kontrollmessungen der Talsperren ein.

Als grosser Vorteil der geodätischen Überwachung ist zu erwähnen, dass ihre Methoden von der Netzanlage über die Instrumentierung und Durchführung der Messungen bis hin zur Auswertung sehr flexibel und situativ auf die verschiedenen Talsperrentypen und lokalen Verhältnisse angepasst werden können. Von Bedeutung ist zudem, dass mit den geodätischen Methoden auch allfällige Bewegungen des Fundamentfelsens sowie der Talsperrenumgebung erfasst werden. Denn während in den Anfängen vor hundert Jahren noch kurzfristige, relative (differenzielle) Messungen zwischen zwei Epochen im Vordergrund standen, werden die heutigen Messungen für langfristige Untersuchungen ausgelegt. Die Methoden der Geodäsie ermöglichen die Bestimmung absoluter Bewegungen der Talsperren und ihres Untergrundes in Bezug zu regionalen oder nationalen Referenzrahmen in geologisch bekannten bzw. stabilen Zonen. Allerdings sind solche Messungen und deren Auswertung bezüglich des Fachwissens und der Erfahrung der Ingenieure anspruchsvoll. Das notwendige Instrumentarium muss hohen Präzisionsanforderungen genügen und entsprechend geprüft werden und schliesslich sind die Beobachtungen relativ zeitaufwändig.

Die Geodäsie hat ihre Bedeutung bis heute bewahrt und wird bei allen grossen Staumauern der Schweiz eingesetzt. Selbstverständlich wurden die Methoden und Instrumente der technologischen Entwicklung angepasst. Heute kommen elektronische Präzisionstachymeter, elektrooptische Präzisionsdistanzmesser, Digitalnivelliere und seit 1989 auch satellitengestützte GPS/GNSS-Empfänger zum Einsatz (vgl. beispielsweise «wasser, energie, luft» Heft 9/1993). Mit den modernen Instrumenten und Softwarewerkzeugen sind

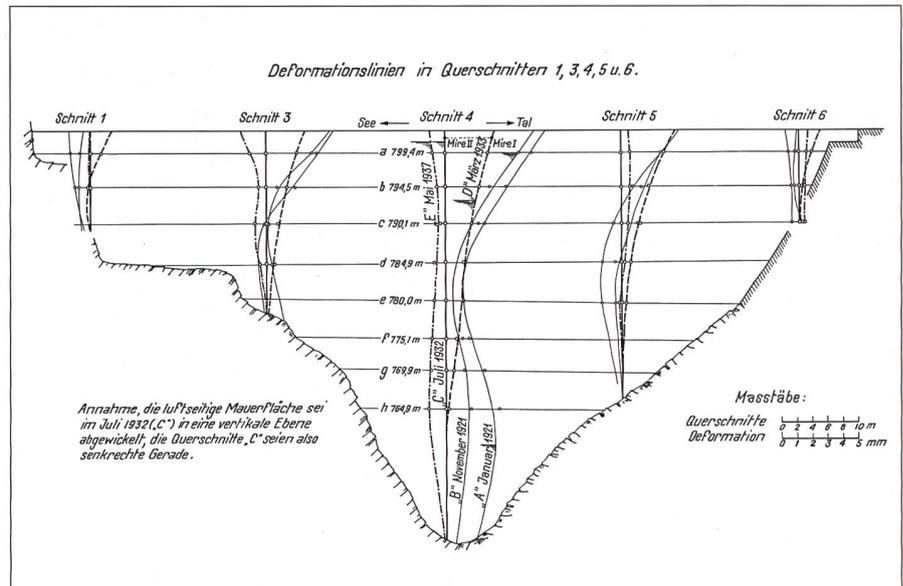


Bild 4: Staumauer Montsalvens: Deformationslinien in fünf Querschnitten 1921–1937. Annahme Stand Juli 1932 als vertikale Ebene (aus STK 1946).

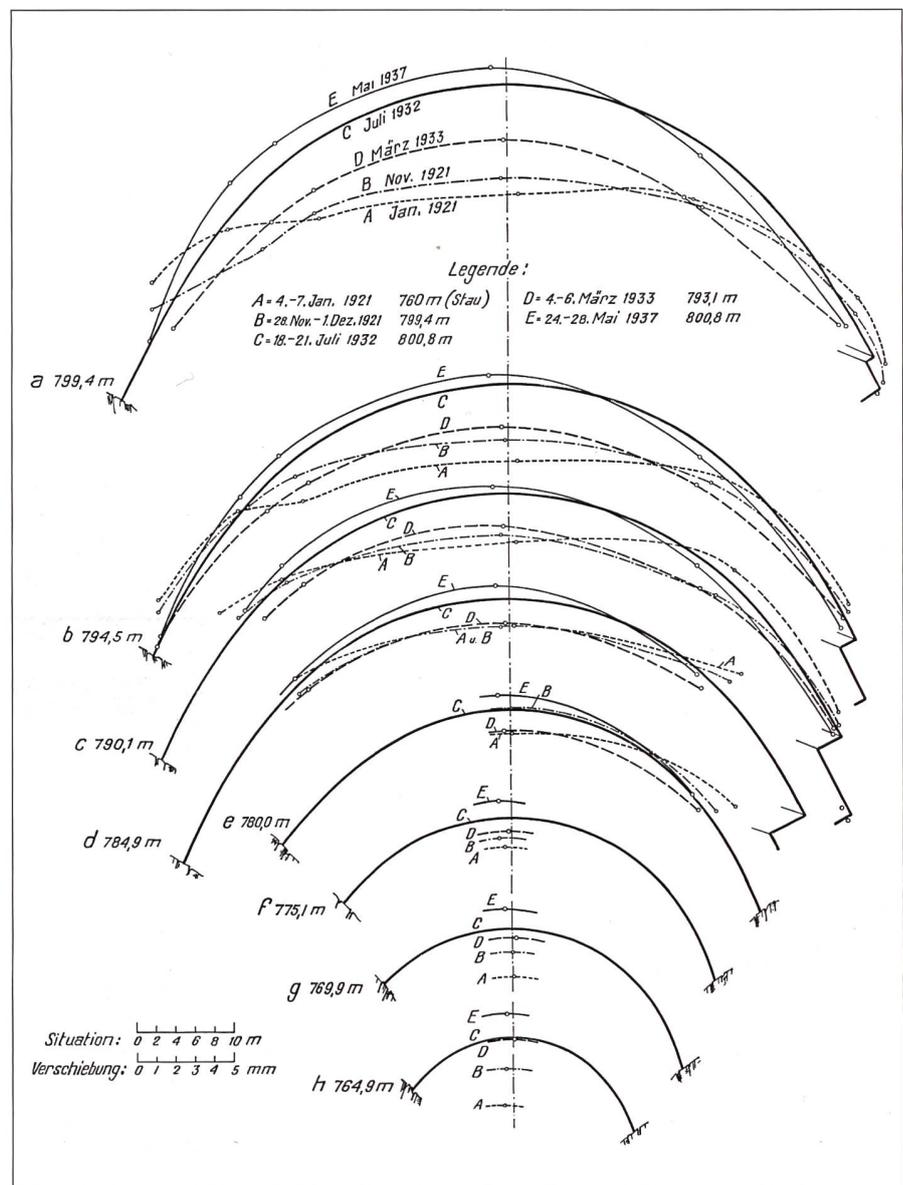


Bild 5: Staumauer Montsalvens: Verschiebungswege der Mauerbolzen aus trigonometrischen Messungen 1921–1937 (aus STK 1946).



Bild 6: Staumauer Montsalvens 2014: Alain Wicht und Jean Ecoffey bei Nivellementmessungen beim Pfeiler 1. (M. Kistler, © Bundesamt für Landestopografie swisstopo).

auch kontinuierliche Überwachungen von Talsperren möglich (sog. Geomonitoring). Und zunehmend werden auch an Stauanlagen Versuche mit flächenhaften Messmethoden wie Laserscanning und Radarinterferometrie gemacht.

Hochgenaue, langjährig zuverlässige Deformationsmessungen sind ein komplexes und anforderungsreiches Anwendungsgebiet der Ingenieurgeodäsie. Die geodätische Überwachung von Stauanlagen wird vor allem dank ihren «absoluten» Ergebnissen ein wichtiger Pfeiler im Sicherheitskonzept der Talsperren bleiben.

Dokumentation

Eine Arbeitsgruppe der Gesellschaft für die Geschichte der Geodäsie in der Schweiz (GGGS) hat zum 100-jährigen Jubiläum die

Entwicklung der Talsperrenvermessung in der Schweiz, deren Messmethoden, Anwendungen und Vorteile sowie der beteiligten Firmen dokumentiert inkl. der Aktivitäten schweizerischer Vermessungsbüros im Ausland. Der Bericht wagt auch einen Ausblick auf künftige Messverfahren. In einer Kurzversion wurde er in Deutsch und Französisch in der Zeitschrift «*Geomatik Schweiz*» Heft 7–8/2021 veröffentlicht. Die Arbeitsgruppe macht diese Publikationen sowie den ausführlichen Hauptbericht zusammen mit einer umfangreichen Bibliografie einschlägiger Fachpublikationen seit 1920 und einer Bildergalerie zu 18 Themenbereichen aus allen Zeitepochen auf der Webseite der GGGS verfügbar: emuseum.gggs.ch/eexpo-talsperren

Gesellschaft für die Geschichte der Geodäsie in der Schweiz (GGGS)

Die GGGS bewahrt das materielle und intellektuelle Erbe der Geodäsie in der Schweiz. Ihre Tätigkeit erstreckt sich auf alle Anwendungsgebiete geodätischer und vermessungstechnischer Methoden im zivilen und militärischen Bereich und befasst sich mit der Dokumentation von Arbeitsmethoden, Geräten für geodätische, vermessungstechnische und topographische Arbeiten in der Schweiz und der diesbezüglichen Literatur technischen, historischen, politischen oder künstlerischen Inhalts. Ausserdem hilft sie bei der Vermittlung von Spezialisten für Revisionen und Reparaturen von Instrumenten. www.gggs.ch.

Quellen:

W. Lang (1929): Deformationsmessungen an Staumauern nach den Methoden der Geodäsie, Verlag der Abteilung für Landestopographie, Bern.
Schweizerische Talsperrenkommission (STK 1946): Messungen, Beobachtungen und Versuche an Schweizerischen Talsperren 1919-1945, Bern.

Schweizerisches Nationalkomitee für grosse Talsperren, Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung: Geodätische und photogrammetrische Deformationsmessung für die Überwachung der Stauanlagen; «wasser, energie, luft – eau, énergie, air» 85. Jahrgang, 1993, Heft 9 (dt. und fr.) www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=wel-004%3A1993%3A85%3A%3A192#194

Weitere Literatur siehe Hauptbericht und Bibliografie auf der Webseite der GGGS (siehe: Virtuelles Museum > E-Expo Schweizer Talsperrenvermessung).

Autor

Verfasst im Namen der GGGS Arbeitsgruppe Talsperren: Adrian Wiget, adrian.wiget@bluewin.ch