Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 90 (1998)
Heft: 11-12

Artikel: Sanierung von Staumauern und Dämmen
Autor: Ammann, Eduard
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-939424

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: 17.07.2025

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

Sanierung von Staumauern und Dämmen

Eduard Ammann

Die schweizerischen Staumauern und Dämme kommen langsam in die Jahre, liegt doch die Blütezeit des Kraftwerkbaus in der Schweiz auch schon 30 Jahre zurück. Erhaltung und Ertüchtigung dieser Anlagen werden darum immer wichtiger und bilden heute neben vereinzelten Neubauten und Anlagen im Ausland das Betätigungsfeld der schweizerischen Talsperreningenieure.

Warum werden Stauanlagen saniert?

Stauanlagen werden meistens wegen Sicherheitsmängeln, betrieblichen Unzulänglichkeiten oder Materialschäden saniert.

Sicherheitsmängel sind in der Regel die Folge von geänderten Belastungsansätzen oder verschärften Sicherheitsanforderungen.

Da um die Jahrhundertwende kaum Auftriebskräfte berücksichtigt wurden, weisen ältere Staumauern oft eine nach heutigen Begriffen ungenügende Kipp- und Gleitsicherheit auf. Dadurch treten am wasserseitigen Mauerfuss Zugspannungen auf, welche heute bei normaler Belastung nicht mehr akzeptiert werden.

Ältere Dämme bestehen meistens aus inhomogenen Schüttmaterialien, die ohne spezielle Aufbereitung und mit sehr steilen Böschungen eingebaut wurden, so dass ungenügende Böschungsstabilitäten resultieren.

Da im Lauf der Zeit verschiedene Bemessungsansätze aufgrund von effektiven Ereignissen und höheren Sicherheitsansprüchen geändert wurden, kommen Sicherheitsmängel aber auch bei jüngeren Anlagen vor. Insbesondere die Abflusskapazität der Hochwasserentlastung und die Leistung des Grundablasses sind bei verschiedenen Anlagen zu klein. Ausserdem fehlt mancherorts die Redundanz der Abschlussorgane.

Betriebliche Unzulänglichkeiten sind unabhängig vom Alter der Anlage und meistens auf Änderungen in der Betriebsführung und erhöhte Komfortansprüche zurückzuführen. Nur in Einzelfällen handelt es sich um Fehler bei der Auslegung oder beim Bau der Anlage.

Die Beckenverlandung bis zur Kote der Triebwasserfassung z. B. kann Betriebseinschränkungen verursachen; ungünstig angeordnete und schlecht geregelte Ablassorgane können eine effiziente Beckenspülung verhindern.

Zu kleine Triebwasserfassungen und Druckleitungen verunmöglichen eine Betriebsanpassung an die heute vermehrt erforderliche Spitzenenergieproduktion.

Eine schlechte Zugänglichkeit kann die Überwachungs- und Unterhaltsarbeiten behindern. Das gleiche gilt für durchnässte Kontrollgänge und veraltete Messinstrumente.

Materialschäden sind Abnützungserscheinungen oder altersbedingte Veränderungen.

Eigentliche Abnützungserscheinungen treten vorwiegend bei Lagern und Dichtungen sowie bei Rostschutzanstrichen und Verkleidungen auf. Der Ersatz von Verschleissteilen und die Erneuerung von Anstrichen gehören allerdings eher zum ordentlichen Unterhalt.

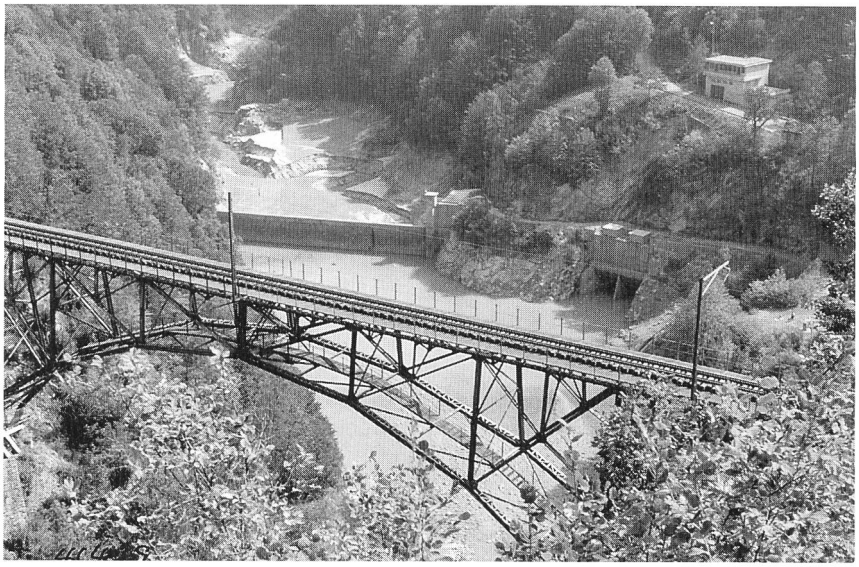
Frostschäden und Abplatzungen, also Schäden an der Betonoberfläche, sind erste Zeichen der Alterung und werden anfänglich ebenfalls im Rahmen des ordentlichen Unterhalts behoben. Eine umfassende Sanierung wird dann aktuell, wenn die Schäden ein grösseres Ausmass annehmen und wenn damit gleich verschiedene Mängel behoben werden können.

Weitere Materialschäden, die bei Staumauern auftreten können, sind die Beeinträchtigung der Betonqualität infolge Karbonatisierung und das Betonquellen infolge Alkaliaggregatreaktion, ausserdem die Zunahme der Durchsickerungen infolge schadhafter Fugenbänder oder Auswaschungen im Injektionsschleier.

Typische Materialschäden an Dämmen sind die Veränderung der Materialeigenschaften unter Sauerstoff- und Wassereinfluss sowie die Zunahme der Durchsickerungen infolge innerer Erosion und Durchwurzelung.

Wie werden Stauanlagen saniert?

Die Kapazität der Hochwasserentlastung kann auf verschiedene Weise erhöht werden. Am einfachsten wird die Abflusshöhe über der Überfallkante vergrössert, indem eine



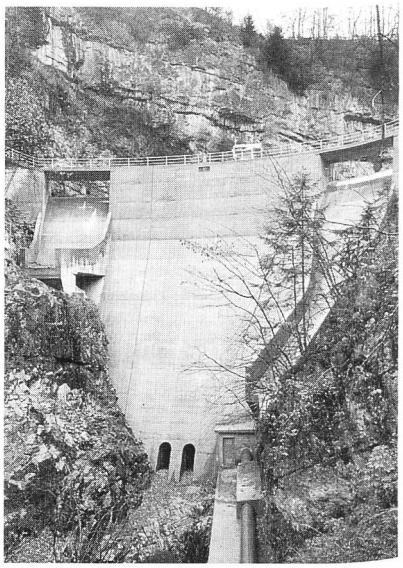


Bild 1, links. Stauanlage Palagnedra der Maggia Kraftwerke AG – Zwischensperre und Einlauf zum Umleitstollen (1976/77).

Bild 2, rechts. Stauanlage Muslen der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG – Verkleidung und Erhöhung der Gewichtsmauer. Vergrösserung der bestehenden und Anordnung einer zweiten Hochwasserentlastung. Erneuerung der beiden Grundablässe und der Triebwasserfassung (1981/82).

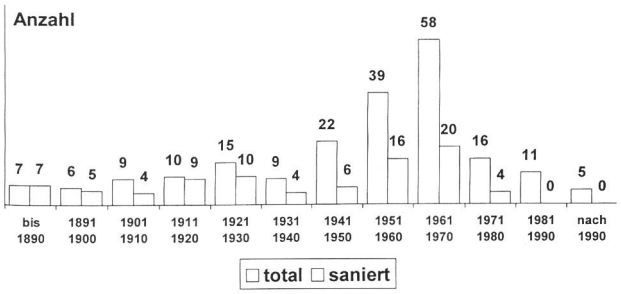


Bild 3. Anteil Sanierungen von Stauanlagen pro Altersklasse.

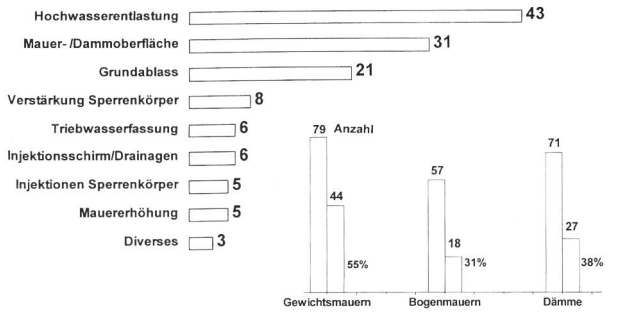


Bild 4. Aufteilung der Sanierungsarbeiten nach Sachgebieten und rechts unten Anteile pro Mauertyp.

feste Brüstungsmauer auf die Krone aufbetoniert wird. Dadurch wird auch das Stauziel bei Hochwasser erhöht. Falls dies nicht zulässig ist, muss die Überfallkante heruntergesetzt oder verlängert werden. Eine andere Möglichkeit stellt der Ersatz des festen Überfalls durch bewegliche Stauklappen dar. Oft bringt schon die Befreiung des Überfalls von Einengungen durch Pfeiler und Brücken die erforderliche Verbesserung. Im Extremfall muss eine neue, zusätzliche Hochwasserentlastung erstellt werden.

Die Kippsicherheit wird meistens durch eine wasser- oder luftseitige Vorbetonierung oder durch eine vollständige Umhüllung mit Beton verbessert. Dürfen die Mauerparameter nicht tangiert werden, z.B. weil die Mauer unter Schutz steht, kann sie mit Ankern heruntergespannt werden.

Die Böschungsstabilität wurde bei verschiedenen Dämmen durch eine Schüttung am Dammfuss verbessert. Wirkungsvoll ist auch das Absenken der Sickerlinien mittels zusätzlicher Drainagen am Dammfuss. Gegebenenfalls kann der Belastungszustand durch neue, innen aufgebrachte Abdichtungen oder Dichtungswände verbessert werden. Eine weitere Möglichkeit stellt die Reduktion des Stauziels dar, vor allem bei Anlagen, die nicht mehr für die Energieproduktion genutzt werden.

Die Leistung des Grundablasses musste schon bei zahlreichen Anlagen verbessert werden. Je nach Mängel und Zustand der bestehenden Organe wurden die Einlaufverhältnisse korrigiert, neue und grössere Schützen eingebaut oder gar ein zweiter Grundablass erstellt.

Die Dichtigkeit der Fugen kann durch Aufbringen von neuen Fugenbändern oder zusätzliche Fugeninjektionen verbessert werden.

Undichter Mauerbeton wird normalerweise mit einer Spritzbetonverkleidung, einer Kunststoffmembran oder einem Vorsatzbeton saniert. Gleichzeitig werden mit der neuen Verkleidung die Abplatzungen und Frostschäden repariert und der karbonatisierte Beton ersetzt.

Mangelhafte Dichtungsschirme können mit zusätzlichen Injektionskampagnen saniert werden.

Zur Wiederherstellung und Verbesserung der Betoneigenschaften wurde auch schon der Mauerkörper mit Injektionen behandelt.

Einer zunehmenden Verlandung des Beckens wird meist mit dem Höhersetzen der Betriebswasserfassung begegnet. Wirkungsvoll ist aber auch der Bau einer Zwischensperre mit Umleitstollen. Manchmal werden auch spezielle Spüleinrichtungen konstruiert.

Die Mess- und Überwachungseinrichtungen werden aufgrund der Entwicklung bei Automatisation und Übertragung und zur Rationalisierung der Kontrollen oft saniert bzw. erneuert.

Eine bessere Anlagenwirtschaftlichkeit, d.h. eine höhere Energieproduktion oder ein grösserer Spitzenenergieanteil, wurde bei einigen Kraftwerken durch Erhöhen der Staumauer oder durch eine neue Triebwasserleitung und neue Turbinen erreicht.

Von den gut 200 der Talsperrenverordnung unterstellten Stauanlagen sind bis heute fast 90 saniert worden. Dabei wurden über 130 Baumassnahmen ausgeführt. 33 % davon betrafen die Hochwasserentlastung, rund 25 % die Mauer- oder Dammoberfläche und gut 15 % den Grundablass.

Wann werden Stauanlagen saniert?

Sicherheitsmängel müssen unverzüglich behoben werden. Da alle der Talsperrenverordnung unterstellten Anlagen periodisch auf ihre Sicherheit überprüft werden, sind die wesentlichen Mängel aber sicher schon erkannt und saniert worden. Weitere Sanierungen könnten erforderlich werden, wenn künftig höhere Anforderungen, z.B. an die Erdbebensicherheit, gestellt werden.

Anders sieht die Situation bei den kleinen, nichtunterstellten Stauanlagen, bei den Wehren und Seitendämmen, bei den Wildbachsperren sowie bei den Hochwasserrückhaltebecken und Geschiebesammlern aus. Viele dieser Anlagen wurden nicht nach den Kriterien des Talsperrenbaus konzipiert und dürften noch Sicherheitsmängel aufweisen.

Oft verhindern leider die bescheidenen finanziellen Mittel der Besitzer die rasche Sanierung von Kleinanlagen, während bei den Schutzwasserbauten Zuständigkeitsprobleme Verzögerungen verursachen.

Betriebliche Unzulänglichkeiten werden bei der heutigen Preissituation auf dem Energiemarkt wohl nur noch zusammen mit anderen Mängeln, oder wenn daraus finanzielle Vorteile resultieren, behoben. Können Betriebskosten eingespart und die Produktion verbessert oder gesteigert werden, sind solche Sanierungen immer interessant.

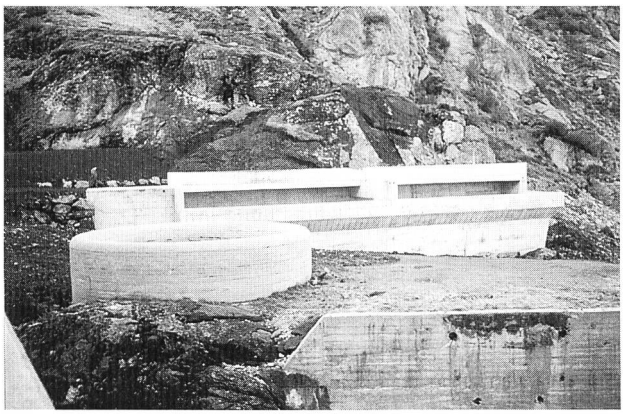


Bild 5. Stauanlage Zött der Maggia Kraftwerke AG. – Zusätzliche Hochwasserentlastung (Sammelrinne mit Entlastungsstollen). Links im Bild der Schachteinlauf der ursprünglichen HW-Entlastung (1994/95).

Bild 6. Stauanlage Gübsensee der St. Gallisch-Appenzellischen Kraftwerke AG. – Verstärkung des Westdammes durch Schüttung. Absenkung der Sickerlinie durch Drainageleitungen am Dammfuss (1986/87).

Die zunehmende Verlagerung der Energieproduktion auf Spitzenenergie dürfte noch einen beachtlichen Aufwand an Studien und Umbauten verlangen. Ausserdem werden die immer strenger werdenden Auflagen für Beckenspülungen dazu führen, dass vermehrt Zwischensperren, Absetzräume und Umleitungen gebaut und neue Spülmöglichkeiten gesucht werden müssen.

Materialschäden müssen nur dann umgehend behoben werden, wenn sie zu einem Sicherheitsproblem werden. Ansonsten wird ihre Sanierung eher aufgrund einer Kosten/Nutzen-Analyse beschlossen. Einerseits lässt sich eine umfassende Reparatur von Materialschäden mit intensivem Unterhalt sehr lange hinausschieben, andererseits kann der Unterhaltsaufwand mit einer Gesamtsanierung für viele Jahre beachtlich reduziert werden.

Eine rechtzeitige Sanierung von Materialschäden dient auch der Imagepflege der Kraftwerksgesellschaft, präsentiert doch niemand gerne eine mit Abplatzungen übersäte oder gar undichte Mauer.

Auch bezüglich Materialschäden besteht der grosse Sanierungsbedarf eher bei den kleinen, nichtunterstellten Anlagen und bei den Anlagen, die nicht der Stromproduktion dienen. Diese sind oft in einem schlechten Zustand und werden kaum unterhalten. Einer zweckmässigen und zügigen Sanierung stehen aber auch hier häufig finanzielle Probleme der Anlagenbesitzer im Weg.

Eine letzte Statistik zeigt, dass praktisch alle um die Jahrhundertwende gebauten Stauanlagen bereits saniert wurden. Von den in den Hauptjahren des Talsperrenbaus, also zwischen 1950 und 1970, erstellten 97 Anlagen wurden bis anhin 36 oder gut 35 % saniert.

Dass der Anteil an sanierten Anlagen bei den Gewichtsmauern mit 55 % weitaus am grössten ist, dürfte von der Altersstruktur der schweizerischen Talsperren herrühren, sind die meisten Bogenmauern doch neueren Datums.

Da Talsperrenabbrüche in der Schweiz unter allen Umständen vermieden werden müssen, kann man davon ausgehen, dass jede Talsperre früher oder später saniert werden muss. Mindestens ein beschränktes Beschäftigungsgebiet bleibt den schweizerischen Talsperreningenieuren damit auch in Zukunft erhalten.

Adresse des Verfassers: *Eduard Ammann,* dipl. Bauing. ETH, IM Ingenieurbüro Maggia AG, CH-6601 Locarno 1.

Referat anlässlich der Fachtagung 50 Jahre Schweizerisches Nationalkomitee für Grosse Talsperren vom 5./6. Juni 1998, Montreux.

Auguste Rateau (1863–1930)

Rateau wurde am 13. Oktober 1863 in Royan (Département Charente-Inférieure) geboren, verliess 1881 als Bester die Ecole Polytechnique, um dann als Ingenieur ins Corps des Mines einzutreten. 1889 wurde er Professor für Analysis, Mechanik, Maschinenbau und industrielle Elektrizität an der Ecole des Mines von St-Etienne. 10 Jahre später wurde er an die Ecole des Mines (Bergbau-Universität) von Paris berufen, wo er bis 1910 lehrte. Später widmete er sich ausschliesslich der Wissenschaft und seiner *Société Rateau* mit Sitz in Paris. In dieser Firma mit z.T. über 3000 Mitarbeitern wertete er seine Ideen in praktikable Elemente für die Industrie aus.

Seine ersten wissenschaftlichen Arbeiten bezogen sich auf Dampfturbinen, später betrachtete er auch Turbomaschinen und Ventilatoren. Dies führte zu seinem Hauptwerk *Turbo-machines,* welches über Jahrzehnte diesen Wissensbereich nachhaltig prägte. Als wesentliche Anwendungen revolutionierte Rateau den Schiffsantrieb und die Zentrifugalkompressoren. In den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts beschäftigte er sich zudem mit der Strömung von Wasserdampf durch Düsen, mit hydraulischen Bremsen und mit der Aerodynamik.

Rateau war zugleich ausgezeichneter Experimentator und geübter Mathematiker, was sich in der Verbindung zwischen Theorie und Versuch sehr nachhaltig niederschlug. Seine Resultate waren von Bedeutung für die industrielle Anwendung: So etwa seine hydrodynamischen Ähnlichkeitsgesetze und die Turbinenkennzahlen. Im Wasserbau hat Rateau (1900) noch vor *Allievi* (1856–1941) wesentlich zum Verständnis des Druckstosses durch Pumpen- und Turbinenmanöver beigetragen. Eine zusammenfassende Darstellung über den Druckstoss findet sich bei Rateau et al. (1926).

An Auszeichnungen wurden ihm der Prix Fourneyron (1899) und der Prix Poncelet (1911) verliehen. Weiterhin war er etwa Ehrenmitglied der American Society of Mechanical Engineers (ASME) und des Österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins sowie Ehrendoktor der Technischen Hochschule Berlin (1906) und Dr. h. c. der Universität von Loewen. Ausserdem diente er verschiedenen französischen Organisationen als Vorstand oder Mitglied. Er war auch *Commandeur de la Légion d'Honneur.*

Während des Ersten Weltkrieges gelang ihm seine beachtliche Konstruktion des Turbokompressors für Flugzeuge. Damit liess sich das Drehmoment eines Flugmotors in beliebiger Höhe konstant halten. Rateau gilt auch heute noch als ein grosser Wissenschafter im Bereich des Maschinenbaus. Trotz hohem Einfluss und grossem Wohlstand änderte sich die Schlichtheit seines Auftretens nicht. Er starb am 13. Januar 1930 in Paris. *WHH*

Literatur

- Anonymous (1930). Memoir: Auguste Rateau. *Proc. Institution Mechanical Engineers* 90: 825–826.
- *Guillet, L.* (1930). Nécrologie: Auguste Rateau. *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées* 41(3): 65–66.
- *Rateau, A.* (1900). *Traite des Turbo-machines*. Dunod: Paris.
- *Rateau, A., Eydoux, D., Gariel, M.* (1926). *Turbines hydrauliques.* J.-B. Baillière et Fils: Paris.