Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 87 (1995)
Heft: 11-12

Artikel: Unterhalt von Steinverkleidungen
Autor: Steiger, Karl M.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940442

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: 10.07.2025

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

samte) Überwachungssystem nicht in Frage. Es wird für jedes Teilsystem ein separater Spannungsbezugspunkt definiert und der Umkreis, innerhalb welchem Elektronikkomponenten eingesetzt werden, muss auf sehr geringe Ausdehnung begrenzt und exakt definiert werden. Sämtliche von ausserhalb des Teilsystems kommenden Kabel wie Stromversorgungskabel, Signalkabel und Busleitungen müssen über Überspannungsleiter geführt werden. Selbstverständlich ist dabei der Überspannungsschutz so auszulegen, dass er den regulären Betrieb nicht beeinträchtigt.

Adresse des Verfassers: *Emil Matzinger,* Elektro-Ingenieur HTL, Siemens-Albis AG, Leittechnik Kraftwerksautomatisierung, Freilagerstrasse 28, CH-8047 Zürich.

Unterhalt von Steinverkleidungen

am Beispiel der Nordmauer des Lago Bianco

Karl M. Steiger

1. Einleitung

Bei Steinverkleidungen an Betonbauwerken handelt es sich um normales Mauerwerk. Die nachfolgenden Ausführungen müssen im Zusammenhang mit dem Haupttitel der Veranstaltung «Zustandsüberprüfung und Unterhalt von Talsperren» betrachtet werden.

Es wird zuerst auf den Zweck von Steinverkleidungen, ihre Kontrolle, den Unterhalt und die Reparaturen eingegangen und dann am Beispiel der Bernina-Nordmauer aufgezeigt, dass die Protokollierung der Unterhaltsarbeiten für die Zustandsüberprüfung ungemein wichtig ist. Gerade weil der Unterhalt bei dieser Mauer zwar handwerksmässig sauber durchgeführt, aber nicht protokolliert wurde, konnte ein tieferliegender Schaden der Mauer längere Zeit verdeckt bleiben.

2. 2 Zweck der Steinverkleidungen

Steinverkleidungen bilden einen sehr guten Schutz von Betonoberfläche und des Betonkörpers gegen Erosion, Abrasion, Frostschäden und Witterungseinflüsse.

Es handelt sich zudem um eine ästhetisch ansprechende Lösung für die Betonverkleidung. Wie schön eine Staumauer auch für Nostalgiker sein kann, sieht man am Beispiel der Bernina-Südmauer (Bild 1).

Bei derselben Mauer wurde die Steinverkleidung auch als Schutz gegen die Abrasion bei der Hochwasserentlastung eingesetzt (Bild 2).

Der wichtigste Grund für Steinverkleidungen bei alten Staumauern ist der Schutz gegen die Einwirkung von Frost. In seinem Beitrag zum Symposium in Chambéry 1993 hat *R. Bischof,* Direktor IBA Zürich, dieses Thema am Beispiel der Talsperre Schräh im Wäggital dargestellt:

- Frühe Betonmauern wurden mit Gussbeton erstellt, wobei der *W/Z*-Faktor nahe bei 1,0 lag. Für die geringe statische Beanspruchung ist die Betonfestigkeit genügend, aber die Frostgefährdung ist bei hohem Wassergehalt extrem gross. Steinverkleidungen bilden einen geeigneten Schutz, weil dadurch die täglichen Frostzyklen nicht bis zur Betonoberfläche dringen. Teilweise wurde, wie zum Beispiel bei der Talsperre Schräh, eine solche Verkleidung nachträglich als Schutz angebracht.

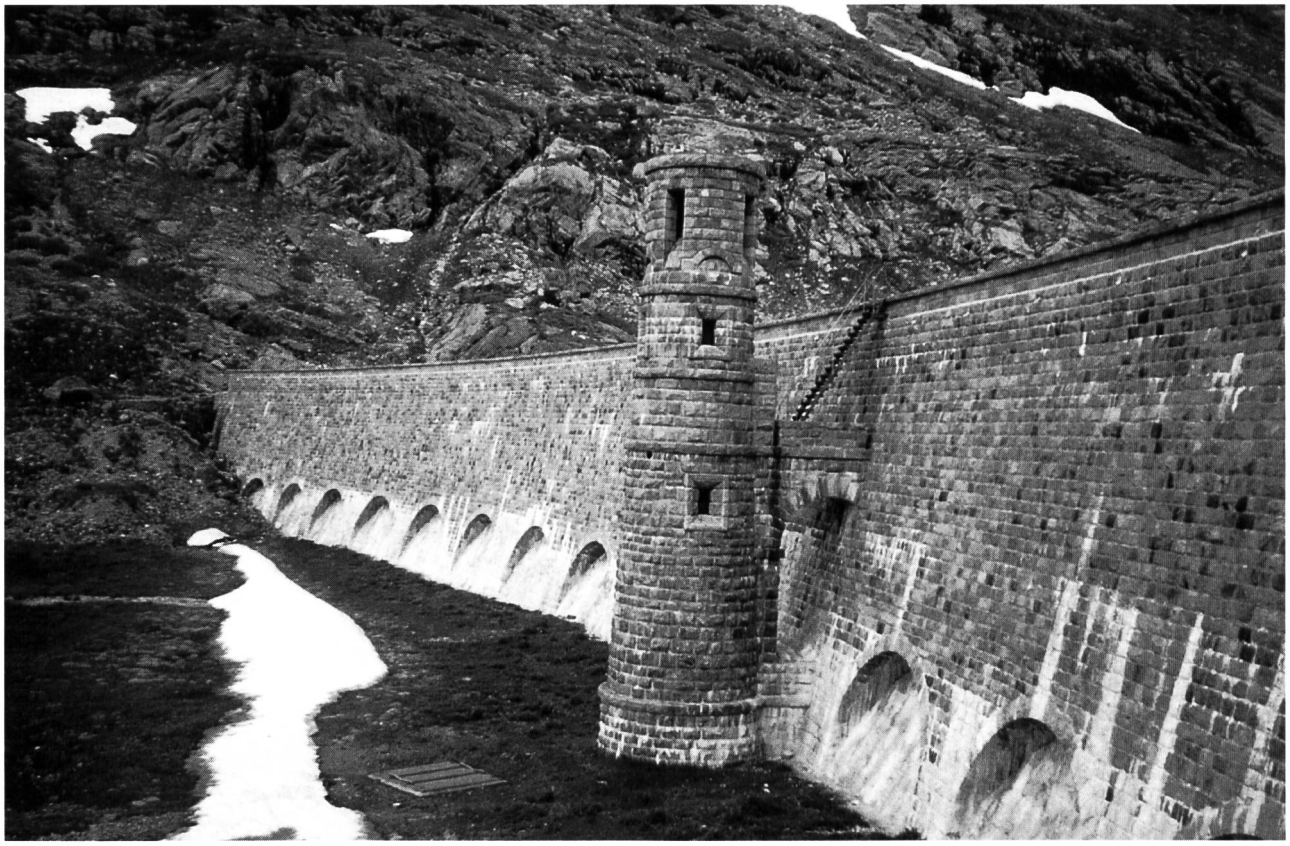

Bild 1. Die Südmauer des Lago Bianco auf dem Berninapass mit der ästhetisch ansprechenden Betonverkleidung schliesst das Tal gegen das Puschlav ab.

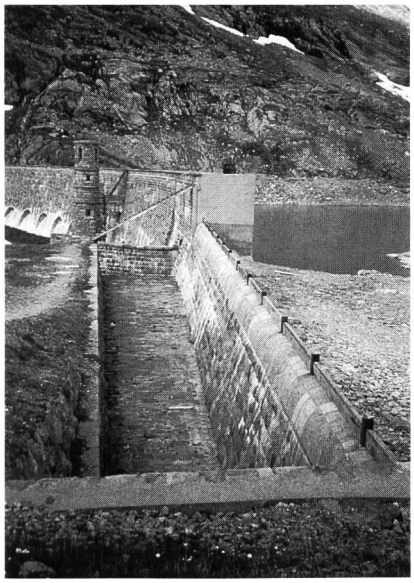

Bild 2. Bei der Hochwasserentlastung der Bernina-Südmauer wurde die Steinverkleidung als Abrasionsschutz eingesetzt.

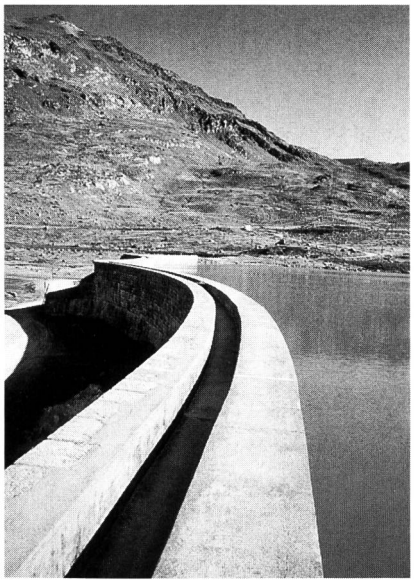

Bild 3. Die Bernina-Nordmauer bildet den Seeabschluss gegen das Engadin. Die Gewichtsmauer besteht aus drei aneinandergereihten Bogen.

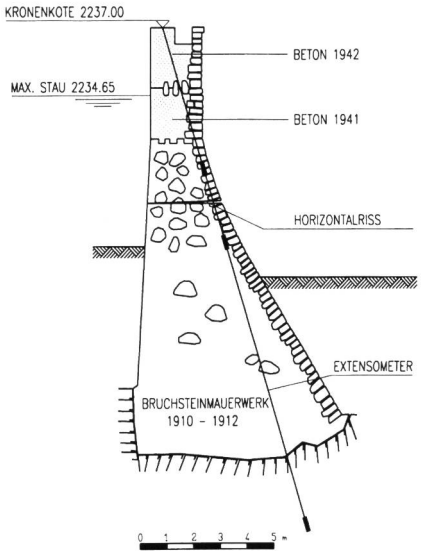

Bild 4. Querschnitt der Bernina-Nordmauer mit den Bauetappen, dem 1992 entdeckten Horizontalriss und den zur Kontrolle eingebauten Extensometern.

- Vibratoren zur Betonverdichtung wurden bei Staumauern erst ab 1936 eingesetzt, Luftporenbildner erst ab 1950.

3. Kontrolle und Unterhalt

Bei der Kontrolle von Steinverkleidungen muss die heterogene Bauweise beachtet werden. Es sind einerseits die Mauersteine zu kontrollieren und dann vor allem die aus Mörtel bestehenden Fugen. Risse in Stein und Fugen sind bei den Kontrollen genauestens zu protokollieren und ihre Ausweitung, wie das bei Rissen im Beton üblich ist, genau zu verfolgen.

Die Steine können zerstört werden, wenn sie der ausgesetzten Belastung nicht gewachsen sind. Sofern das Gefüge eines Steines zerstört ist, muss zur Kontrolle soweit aufgespitzt werden, bis wieder gesundes Material ansteht. Je nach Tiefe der Verwitterung ist dann eine Reparatur oder das Ersetzen des Steins angebracht. Auch zerstörte Mörtelfugen sind soweit örtlich aufzuspitzen, bis das Ausmass des Schadens einwandfrei feststeht.

Der Unterhalt beschränkt sich im Normalfall auf das Sauberhalten der Oberfläche, wobei Pflanzenbewuchs unbedingt zu entfernen ist, damit keine Sprengwirkung durch die Wurzeln und kein Eindringen von Wasser mit der entsprechenden Frostgefahr entsteht. Der einfachste Unterhalt besteht im Waschen der Mauer, wobei sich bei Moosbewuchs das Abdampfen bewährt hat.

4. Reparaturen

Auf der Wasserseite von Talsperren haben sich Reparaturen mit Gunit bewährt. Bei diesen Reparaturen handelt es sich also um eigentliche Sanierungsarbeiten, da hier zusätzlich eine Abdichtung angestrebt wird, welche von den Steinverkleidungen nicht gefordert werden kann.

Auf der Luftseite sind Reparaturen, welche die normalen Unterhaltsarbeiten übersteigen, problematisch. Da die Luftseite ja frei drainierend bleiben soll, kommt Gunitieren auf keinen Fall in Frage.

Wenn Schäden in der Steinverkleidung festgestellt werden, ist es unerlässlich, die eigentliche Ursache dafür zu ermitteln und nicht die Symptome zu behandeln. Notwendig ist die Information der verantwortlichen Kontrollstelle über vorgesehene bzw. ausgeführte Reparaturarbeiten. Es sollen vor allem keine Reparaturen ausgeführt werden, welche die Überprüfung und Kontrolle des Mauerkörpers verhindern.

5. Beispiel Bernina-Nordmauer

Der Stausee Lago Bianco auf dem Berninapass der Kraftwerke Brusio AG wird durch zwei Gewichtsmauern gebildet. Die Südmauer von 26 m Höhe mit 190 m Kronenlänge schliesst das Tal gegen das Puschlav ab. Hier sind alle Nebenanlagen untergebracht.

Die maximal 15 m hohe Nordmauer in Richtung Engadin zeichnet sich durch eine besondere Linienführung aus. Drei flache Bogen sind aneinandergereiht und mit künstlichen Widerlagern untereinander verbunden (Bild 3). Die Mauern wurden 1910–1912 erstellt, wobei der Mauerkörper aus Bruchsteinmauerwerk besteht. 1941–1942 wurden die Mauern um 3,6 m mit Beton erhöht (Bild 4).

Bei der Kontrolle der Deformationsmessungen der Nordmauer, welche ab 1982 durchgeführt wird, zeigte sich nun ein eigentümliches Phänomen, welches lange Zeit nicht erklärt werden konnte:

- Die Mauer bewegte sich im Sommer bei tiefem Seestand gegen den See, im Winter bei vollem See gegen das Tal. Die Belastung durch das Wasser sollte aber niemals die registrierten Deformationen von 10 bis 15 mm ausmachen, und die thermische Deformation sollte wegen der Sonnenbestrahlung auf die Wasserseite eher Richtung Tal gehen. Zudem zeigte sich auch noch eine ausgesprochene plastische Deformation in Richtung See, welche in 10 Jahren ca. 20 mm betrug.

Da der Zustand der Mauer sonst keinen Grund für Beanstandungen bot, vor allem nachdem die Wasserseite mit Gunit sehr sauber abgedichtet und damit die früheren Durchsickerungen stark reduziert werden konnten, wurde lange Zeit die Genauigkeit des Messsystems, welches aus einem Alignement über die Krone besteht, in Zweifel gezogen.

Erst bei einer Begehung, welche ausnahmsweise im Frühling stattfand, wurde ein durchgehender Riss auf der Luftseite festgestellt. Bisher war dieser Riss im Zuge des

Unterhaltes jedes Jahr nach der Schneeschmelze von neuem sauber vermörtelt worden und dadurch bei den Kontrollen nicht aufgefallen. Da zudem die Wasserseite mit armiertem Gunit saniert worden war, konnte der Riss auch hier nicht beobachtet werden. Bei der genaueren Kontrolle nach Aufdeckung des Schadens konnte allerdings die Lage des Risses als feuchte Linie auch im wasserseitigen Gunit festgestellt werden.

Es handelte sich also um einen zu guten Unterhalt, welcher ohne Protokoll ausgeführt wurde und dadurch einen eigentlichen Schaden verdeckte.

Der Riss verläuft durchgehend auf der gleichen Höhe ca. 5,80 m unter der Krone, das heisst 2,20 m unterhalb des Kontaktes zwischen alter Bruchsteinmauer und neuerem Beton. Neben einer detaillierten Sicherheitsüberprüfung wurden sofort Rissmessungen angeordnet. Anfang 1995 wurden in drei Schnitten Extensometer eingebaut, und zudem wird die Temperatur des Mauerbetons periodisch gemessen. Zusammen mit den intensiver durchgeführten Alignementsmessungen, welche durch geodätische Messungen kontrolliert werden, sollen der genaue Verlauf und die Entwicklung der Deformationen festgestellt werden, bevor dann ein Sanierungskonzept definiert wird.

Der Grund der Verformungen und der Rissbildung liegt mit grösster Wahrscheinlichkeit im heterogenen Aufbau der Mauer zusammen mit der speziellen Linienführung. Während der gemauerte ältere Teil der Mauer keine Bogenwirkung erzeugt, bewirkt der Beton der Mauererhöhung eine solche, da die Fugen kraftschlüssig ausgebildet wurden.

Bei der Erwärmung der Mauer im Sommer verlängert sich jeder Kronenbogen um ca. 10 mm bei 10 ° Temperaturerhöhung. Unter der Annahme von fixen Widerlagern ergibt sich daraus eine rechnerische Verschiebung des Bogenscheitels in Richtung See von 37 mm. Eine so grosse Verschiebung ist aber beim vorliegenden Gewichtsmauerquerschnitt ohne Rissbildung nicht möglich. Durch die Öffnung des Risses auf der Luftseite ergibt sich eine Verkippung des Querschnittes und damit eine lokale Überbeanspruchung auf der Wasserseite. Daraus wiederum resultiert die gemessene bleibende Deformation.

6. Schlussfolgerung

- Steinverkleidungen bilden einen guten, ästhetischen Schutz für Betonoberflächen.
- Der Unterhalt sollte sich auf die oberflächliche Reinigung und das Entfernen von Pflanzenbewuchs beschränken.
- Alle weitergehenden Reparaturen müssen unbedingt protokolliert werden, und die tieferliegende Ursache für den Schaden muss gesucht werden.

Adresse des Verfassers: *Karl M. Steiger,* Gruppenleiter Geotechnik und Talsperren, Colenco Power Consulting AG, Mellingerstrasse 207, CH-5405 Baden.

Vortrag, gehalten an der Tagung des Schweizerischen Nationalkomitees für Grosse Talsperren, Arbeitsgruppe Talsperrenbeobachtung, 1995, in Sion zum Thema «Zustandsüberprüfung und Unterhalt von Talsperren».

Hochleistungs-Mikrowärmetauscher

Eine für die Elektro- und die Wärmetechnik-Industrie interessante Neuentwicklung hat das Forschungszentrum Karlsruhe (KfK) vorgestellt: einen Hochleistungs-Mikrowärmetauscher. In einem Volumen von nur einem Kubikzentimeter können Leistungen von 20 Kilowatt übertragen werden, was dem Leistungsbedarf zur Heizung eines Einfamilienhauses entspricht.

Gemäss dem für diese Entwicklung zuständigen KfK-Leiter, Dr. *Klaus Schubert,* werden die Mikrowärmetauscher vom Forschungszentrum Karlsruhe in einem neuen mechanischen Mikrofertigungsverfahren mit garantierten Spezifikationen hergestellt und an die Industrie verkauft. Damit will man zeigen, dass auch ein Forschungszentrum Mikrostrukturprodukte zuverlässig und termingerecht fertigen kann.

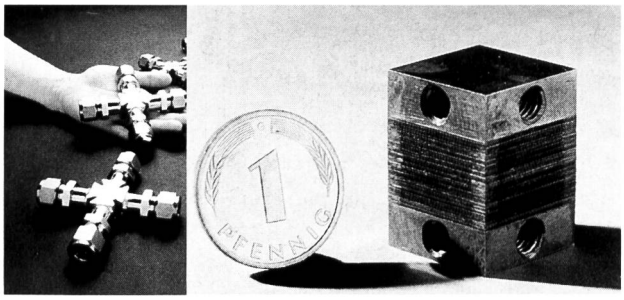

Bild 1, links. Neuentwickelter Hochleistungs-Mikrowärmeübertrager aus der Kleinserienfertigung des Forschungszentrums Karlsruhe (KfK).

Bild 2, rechts. Grössenvergleich des Mikrowärmetauschers mit einem 1-Pfennig-Geldstück. (Fotos: KfK)

Leistungsstärke einer EFH-Heizung

Das Forschungszentrum Karlsruhe (KfK) hat die ersten Exemplare der neuentwickelten Hochleistungs-Mikrowärmeübertrager einer im Aufbau befindlichen Kleinserienfertigung bereits an einen Industriebetrieb ausgeliefert. Das «Innenleben» der Mikrowärmetauscher ist komplex: In einem Volumen von nur einem Kubikzentimeter sind rund 8000 Mikrokanäle – jeder so dünn wie ein Menschenhaar! – im Kreuzstrom untergebracht. Damit können in dem Würfel Leistungen von rund 20 Kilowatt (entspricht etwa dem Leistungsbedarf zur Heizung eines Einfamilienhauses) mit Wasser als Medium übertragen werden. Die spezifische Leistung ist 100mal grösser als bei konventionellen Kompaktwärmetauschern.

Aufeinandergestapelte Kupferfolien

Die Mikrowärmetauscher werden durch Stapelung oberflächenstrukturierter Folien aus Kupfer hergestellt. Insgesamt 100 strukturierte Einzelfolien wurden vor dem Schweissen aufeinandergestapelt, wobei von Lage zu Lage die Längsachsen der Nuten um 90° verdreht wurden. Bei einem Wärmeübertragungsvolumen von 1 cm^3 ist die wirksame Wärmeübertragungsfläche etwa 150 cm^2.

Werner Peyer