

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 91 (1999)
Heft: 11-12

Artikel: Wiederinstandsetzung der Staumauer Ferden
Autor: Bremen, Roger / Como, Giovanni / Satzgeber, Hermann
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940092>

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: 18.05.2025

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

intensive Schneefälle statt, welche in neun Tagen auf einer Höhe von 2700 m ü.M. zu einer kumulierten Neuschneemenge von 3,83 m führten. Zahlreiche Lawenniedergänge versperrten den Zugang zum Löt-schental für mehr als eine Woche.

Am Nachmittag des 23. Februar 1999 ging eine aussergewöhnlich mächtige Lawine aus dem Seitental des Faldumbaches auf die Stauhaltung Ferden nieder. Spätere Ermittlungen ergaben eine geschätzte Schneemenge von gesamthaft 250 000 bis 300 000 m³ mit einer mittleren Dichte von 0,75 t/m³. Etwa ein Drittel der mit einer geschätzten Aufprallgeschwindigkeit von 28 m/s niedergegangenen Lawine gelangte in die Stauhaltung, während sich auf der Luft-seite ein 300 m langer Lawinenkegel bildete.

Einen ersten Eindruck über das Ausmass und die Wucht der Lawine konnte man erst am 28. Februar nach dem Freilegen der Zufahrtstrasse bekommen. Wie aus Bild 3 zu entnehmen ist, erreichte die Schneehöhe auf der Luftseite der Sperre etwa 30 m, so dass nur noch etwa das oberste Drittel der Bogen-mauer herausragte. Sämtliche Geländer, Zu-gangsstege und Messpfeiler im Bereich der Mauer waren stark beschädigt oder ganz zerstört. Nach dem Freilegen des völlig mit Schnee gefüllten Treppenhauses wurde fest-gestellt, dass die Bedienungsgalerie eben-falls zerstört war. Weiter ergab sich, dass die Bedienungskammer der Grundablassschüt-zen ganz mit vereistem Schnee gefüllt war. Die sich in der Galerie befindenden Anlagen und Messeinrichtungen standen alle wegen

des Ausfalles der Energieversorgung ausser Betrieb und waren ebenfalls teilweise zer-stört. Die gesamte Messeinrichtung inklusive Wasserstandsmessung war somit nicht mehr betriebsfähig.

Nachdem das Ausmass der Lawine und die damit verbundenen Schäden grob abgeschätzt werden konnten, wurden sei-tens der KW Lötschen AG eine ganze Anzahl von Massnahmen getroffen, um so schnell wie möglich die Sicherheit der Anlage zu überprüfen und den Betrieb wieder gewähr-leisten zu können. Zu diesen Massnahmen gehörten unter anderem ein Absenken der Stauhaltung bis auf Kote 1290 m ü.M., die Bereitstellung beider Maschinengruppen, um die maximale Ableitkapazität des Kraftwer-kes ausnützen zu können, sowie natürlich die Benachrichtigung aller Behörden und Konzessionsgemeinden.

Unter ständiger Kontrolle der Lawi-nengefahr, wurden ausserdem die Schnee-räumungsarbeiten im 2-Schicht-Betrieb sofort in Angriff genommen, um raschest-möglich eine Besichtigung und Funktions-kontrolle der Grundablasseinrichtungen und der Drosselklappe zu ermöglichen.

Am 8. März fand eine Ortsschau mit den Aufsichtsbehörden statt, bei welcher die Lage beurteilt und das weitere Vorgehen fest-gelegt wurde. Ausser der Ausarbeitung einer Notfallstrategie wurde beschlossen, die In-standstellung der Messeinrichtung sowie die luftseitige Schneeräumung weiterhin mit Vor-rang vorzunehmen. Weiter wurde von den Aufsichtsbehörden eine Überprüfung der

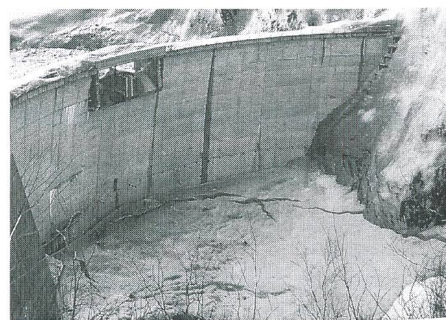


Bild 3. Situation der Bogenmauer Ferden nach dem Niedergang der Faldumlawine am 23. Februar 1999 (Lage am 28. Februar 1999).

Hochwassersicherheit der Anlage mit Be-rücksichtigung der ausserordentlichen Um-stände (Grundablässe ausser Betrieb, mög-liche Verklausung der Hochwasserentlastung durch Baumstämme und/oder Eisblöcke) ge-fordert.

Die stark beschädigte Bedienungs-galerie, so wie sie nach dem Freilegen der Schneeüberlagerung vorgefunden wurde, ist in Bild 4 ersichtlich.

Während eines Monats wurden im Tag-und-Nacht-Betrieb die Schneeräu-mungsarbeiten durchgeführt, um möglichst rasch einen Kanal im Lawinenkegel auszubilden, der beim Anspringen der Hochwasser-entlastung oder bei der Öffnung der Grund-ablässe einen möglichst freien Ablauf der Wassermengen gewährleisten sollte. Die provisorische Instandstellung der Messein-richtung sowie sämtliche Reparaturarbeiten wurden ebenfalls unter Zeitdruck voran-getrieben.

Nachdem am 13. und 14. Mai 1999, also etwa 2,5 Monate nach dem Lawinen-niedergang, die Hochwasserentlastung an-sprang und ein Abfluss von etwa 25 m³/s pro-blemlos im Lawinenkegel abgeleitet wurde, konnte wieder zum Normalbetrieb überge-gangen werden.

Wiederinstandstellung und Neubau der beschädigten Bauten

Schon während der Schneeräumung wurde mit der Ausarbeitung eines Projektes zur Wiederinstandsetzung und dem Neubau der beschädigten Nebenbauten begonnen. Als Grundlage zur Projektierung galten folgende Nutzungs- und Sicherheitsanforderungen:

- der Zugang zur Bedienungsgalerie sowie zu allen Abschlussorganen ist auch im Falle der grösstmöglichen Lawine zu gewähr-leisten.
- Auch im Falle der grösstmöglichen Lawine soll die volle Sicherheit gewährleistet sein.

Um diese Sicherheitsanforderungen einzuhalten und die neuen Bauwerke dem-entsprechend bemessen zu können, muss-

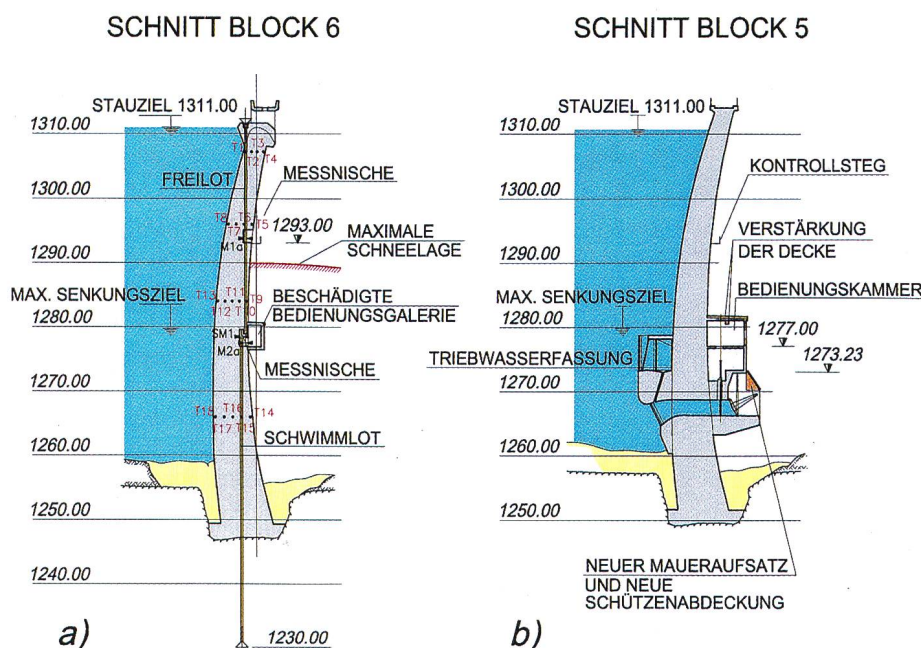


Bild 2. Vertikalschnitte der Bogenmauer: a) Zentraler Block mit vorhandenen Messeinrichtungen und b) Block Nr. 5 mit Grundablassöffnungen und Wiederinstandstellungsarbeiten.



Bild 4. Freigelegte und stark beschädigte Bedienungsgalerie. Die Bedienungsgebäude der Grundablassschützen und der Triebwasserfassung sind im oberen Teil des Bildes zu erkennen (Stand 12. März 1999).

ten in erster Linie die beim Niedergang der Lawine einwirkenden Lasten bestimmt werden. Mit Berücksichtigung der vorhandenen Armierung der Bedienungsgalerie sowie der Bedienungskammer der Grundablässe und der Triebwasserfassung konnten die theoretischen Bruchmomente dieser Bauwerke bestimmt werden. Dank einem statischen Modell der Bedienungsgalerie, welche als einziges Bauwerk einen Strukturzusammenbruch erlitt, konnte die Bruchreihenfolge bestimmt werden, die zur festgestellten Bruchgeometrie führte. Somit konnten, durch Einsetzen der bereits bestimmten Bruchmomente, die aufgetretenen Belastungen mit einer genügenden Zuverlässigkeit abgeleitet werden. Die ermittelten Lastbedingungen der zerstörten Bedienungsgalerie stellten somit eine untere Grenze der Last dar, während die

Nachrechnungen für die nur leicht beschädigten Bedienungskammern eine im vorliegenden Fall nicht erreichte obere Grenze ergaben.

Auch wenn der durch dynamische Effekte beeinflusste Bruchmechanismus nicht in allen Details nachgebildet werden konnte, ergab sich aus den statischen Berechnungen beim Niedergang der Lawine vom 23. Februar eine hauptsächlich vertikale Belastung von ca. 100 bis 120 kN/m². Anhand dieser Erkenntnisse wurden für die Bemessung aller Nebengebäude eine vertikale Bemessungslast von 150 kN/m² und eine horizontale Bemessungslast von 30 kN/m² angenommen. Diese Belastungen wurden vom Eidgenössischen Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) in einer separaten Studie und durch die Anwendung eines eigenen numeri-

schen Simulationsmodells des Lawinnenniederganges bestätigt.

Die neu zu erstellenden sowie die noch vorhandenen Nebengebäude wurden somit unter Berücksichtigung der oben erwähnten Lastbedingungen bemessen, respektive überprüft, woraus sich die Notwendigkeit ergab, praktisch alle Nebengebäude in verschiedenem Ausmass zu verstärken.

Was die praktisch vollständig zerstörte Bedienungsgalerie anbelangt, wurde das neue Bauwerk wesentlich massiver und kompakter gestaltet, wie aus Bild 5 zu entnehmen ist.

Die Bedienungskammern der Grundablässe und der Triebwasserfassung wurden durch eine Verstärkung der Decke den neuen Lastbedingungen angepasst. Für die Bedienungskammer der Grundablässe erwies sich eine zusätzliche Verstärkung im Innenraum als unumgänglich. Die vorhandenen Fenster wurden verkleinert und mit einer Panzerung versehen.

Schliesslich wurden noch eine ganze Anzahl von kleineren Bauwerken, wie der Übergang vom Treppenhaus zur Bedienungsgalerie oder die Überdeckung der Grundablassschützen, verstärkt oder neu erstellt.

Nach der Genehmigung des Bauprojektes seitens des BWW sowie der Erteilung der Baubewilligung, konnte mit den Bauarbeiten in der zweiten Augushälfte begonnen werden. Die zurzeit nach dem Bauprogramm und termingerecht in Ausführung stehenden Arbeiten sehen eine Fertigstellung der Bauwerke für Ende November vor. Die gesamten Rohbaukosten belaufen sich auf etwa 800 000 Franken, das gesamte Schadenpotential liegt hingegen bei ca. 2,5 Mio Franken.

In Bild 6 sind die Schalungs- und Betonierarbeiten der neuen Bedienungsgalerie ersichtlich.

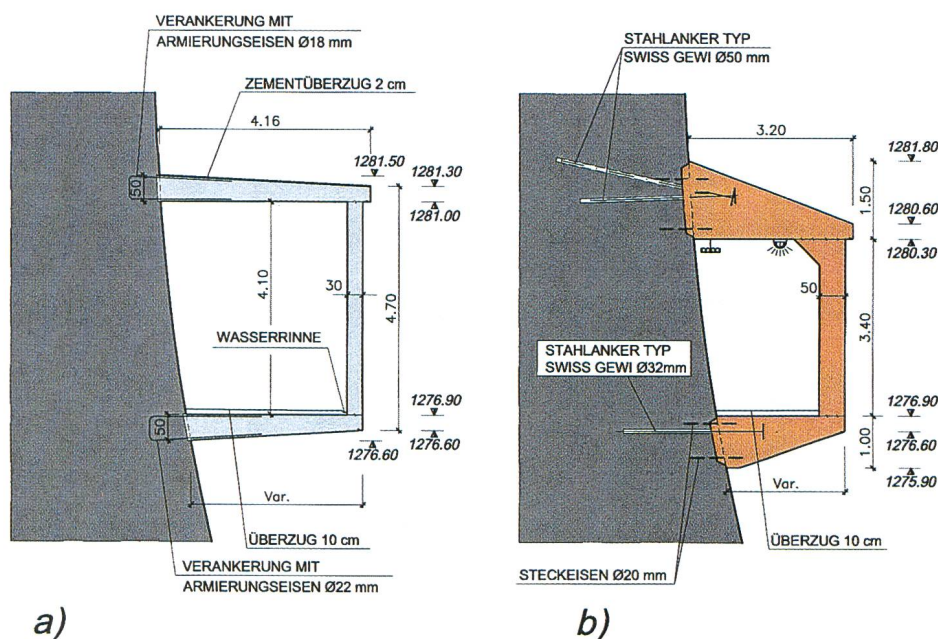


Bild 5. Typischer Querschnitt der zerstörten (a) sowie der neuen Bedienungsgalerie (b) auf der Luftseite der Bogenmauer.

Überwachung der Talsperre nach dem Lawinenereignis

Wie schon erwähnt, stand nach dem Lawinnenniedergang die gesamte Messeinrichtung der Bogenstaumauer ausser Betrieb. Dies nicht nur wegen des Stromausfalls, sondern auch wegen der Beschädigung eines Teiles der Messinstrumente.

Auch wenn keine offensichtlichen Schäden an der Bogenmauer selbst festzustellen waren, konnte eine definitive Antwort zum Verhalten der Sperre während des aussergewöhnlichen Ereignisses nur nach der Wiederinstandstellung der Messinstrumente gegeben werden.

Mit Ausnahme von einzelnen partiellen Messungen wurden die automatischen



Bild 6. Erstellung der neuen Bedienungsgalerie. Schalung und Betonierarbeiten der Sohle (Stand am 14. Oktober 1999).

Verformungsmessungen erst Anfang April wieder aufgenommen, d.h. etwa fünf Wochen nach dem Lawinenniedergang.

In Bild 7 sind als Beispiel die Wasserstandsmessung und die radiale Verformung der Mauerkrone (P1a) vor und nach dem Lawinenergebnis dargestellt.

Wie aus Bild 7 zu entnehmen ist, wurde zwischen der letzten Messung vor dem Lawinenniedergang und der ersten Messung Anfang April eine Verschiebung der Mauerkrone von etwa 11 mm festgestellt. Während der fünföchigen Zwischenzeit hatten sich natürlich auch der Wasserstand und die Temperaturverteilung im Mauerkörper geändert, so dass sich zur Auswertung der feststellbaren Kronenverschiebung die

Ermittlung des tatsächlichen statischen Zustandes als unerlässlich erwies.

Die für die Talsperre Ferden installierte Überwachungssoftware MIC erlaubte durch das integrierte deterministische Modell diese Bewertung unmittelbar durchzuführen. Anhand des gemessenen Wasserstandes sowie der Temperaturverteilung im Mauerkörper berechnet das Überwachungsprogramm den Einfluss beider Faktoren auf die Verformung der Mauer. Dies geschieht, indem die gemessene Verformung so korrigiert wird, dass sie sich auf einen fixen Referenzbelastungsfall der Mauer bezieht. Im Falle der Bogenmauer Ferden wurde als Referenzbelastungsfall ein Seestand von 1300 m ü. M. und eine Betontemperatur von 0°C gewählt. Die so ermittelte Vergleichsverformung sollte rein theoretisch im Laufe der Zeit konstant bleiben. Wegen unvermeidbarer Ungenauigkeiten in der Datenerfassung und -übertragung sowie nicht exakter Übereinstimmung des mathematischen Modells mit der Realität sind Abweichungen nicht zu vermeiden. Zur Interpretation des Mauerhaltens müssen daher Toleranzgrenzen beigezogen werden.

Wie auf Bild 7 deutlich zu erkennen ist, ergibt sich vor und fünf Wochen nach dem Lawinenniedergang praktisch eine unveränderte Vergleichsverformung, was eindeutig ein den Erwartungen entsprechendes Verhalten der Bogenmauer bezeugt.

Ab Mitte Juni bis Ende Juli befindet sich die Vergleichsverformung aber zweifellos ausserhalb der üblichen Werte. Diesbezügliche Untersuchungen haben ergeben, dass im Rahmen der Wiederinstandstellung der Messinstrumente gewisse elektrische Verbindungen falsch angeschlossen wurden, was zu fehlerhaften Messungen geführt hat.

Es ist zu bemerken, dass allein anhand der gemessenen Verformungen diese Anomalie nicht zu erkennen gewesen wäre.

Die Berechnung der Vergleichsverformung aufgrund eines deterministischen Modells hat sich somit im vorliegenden Fall als ein sehr zuverlässiges Hilfsmittel zum raschen Erfahren des tatsächlichen Sperrverhaltens erwiesen.

Schlussbemerkungen

Die aussergewöhnlichen Schneefälle vom Winter 1998/99 und die darauf zurückzuführenden Schäden an den Nebenanlagen und an der Messeinrichtung der Staumauer Ferden haben die Notwendigkeit der Bemessung dieser Bauwerke für extreme Einwirkungen bewiesen. Vor allem den Anlagen, welche für die allgemeine Sicherheit und Überwachung massgeblich sind, soll spezielle Aufmerksamkeit geschenkt werden.

Unter diesem Gesichtspunkt wurde ein Projekt für den Neubau und die Wiederinstandstellung der beschädigten Bauwerke sowie ein Instrumentierungskonzept erstellt, das in Zukunft den Betrieb der Anlage bei ähnlichen Bedingungen ohne Einschränkungen erlaubt und die Sicherheit der Anlage voll gewährleistet.

Was die Bewertung des Verhaltens der Sperre selbst anbelangt, ist zu bemerken, dass besonders im Falle von aussergewöhnlichen Ereignissen die rasche und zuverlässige Analyse der Messdaten eine einschneidende Bedeutung erlangt. Unter diesen Bedingungen scheint ein deterministisches Modell der Sperre einer statistischen Auswertung überlegen zu sein, weil die letztere grundsätzlich nicht in der Lage ist, ausserordentliche Zustände zu deuten.

Schliesslich sei noch zu erwähnen, dass zur Bewältigung dieses ausserordentlichen Ereignisses und dessen Folgen eine konstruktive Zusammenarbeit aller beteiligten Parteien (Eigentümer, Behörde, Gemeinden, projektierende Ingenieure usw.) ausschlaggebend ist. Nur unter solchen Bedingungen konnten die Bauarbeiten an den Nebenanlagen der Staumauer Ferden in der kurzen Zeitspanne von nur drei Monaten plangemäss ausgeführt werden.

KW Löttschen AG
Steg (VS)

STAUMAUER FERDEN
KONTROLLMESSUNGEN

LoSA - MIC

VERFORMUNGSZUSTAND DES OBERSTEN MESSPUNKTES

Periode: 01.01.99 - 07.11.99

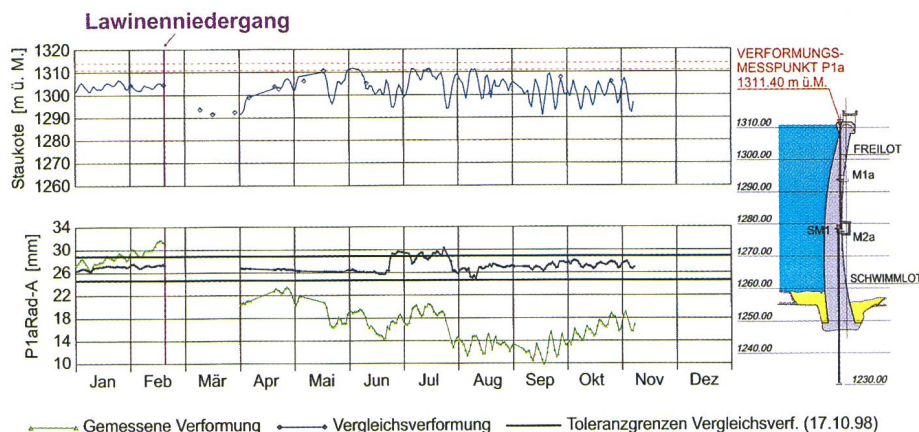


Bild 7. Wasserstandsmessung und radiale Verformung der Mauerkrone während der Periode vom 1. Januar bis zum 7. November 1999.

Adressen der Verfasser

R. Bremen und G. Como, Lombardi AG, Beratende Ingenieure, Via R. Simen 19, CH-6648 Minusio.

H. Salzgeber, KW Löttschen AG, c/o Alusuisse-Lonza Energie AG, CH-3930 Visp.