# Die Kölnbreinsperre nach der Sanierung

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

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **86 (1994)**

Heft 11-12

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-940817

**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**

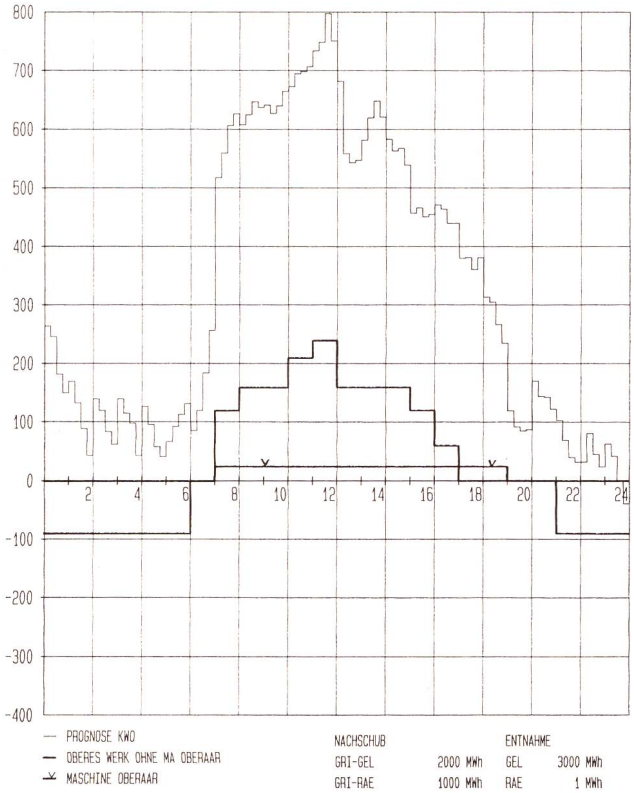


Bild 5. Einsatzprognose für Dienstag, 13. März 1994.

Laufzuflüsse, Becken- und Seestände trifft der Schichtführer seine Entscheide über den Einsatz der Maschinen und Wasserwege. Mit der Fernwirkanlage kann er alle Maschinen und hydraulischen Anlagen bedienen. Bei Störungen stehen ihm in allen Anlagen Bereitschaftsdienste zur Seite.

## 4. Ausblick

Das Prinzip der Separatbewirtschaftung hat sich sehr gut bewährt. Im normalen Betrieb haben sowohl die Partner als auch die KWO die benötigten Freiheiten, in Ausnahmesituationen aber, beispielsweise bei Hochwasser, haben die KWO dennoch genügend Spielraum, um rechtzeitig und der Situation entsprechend handeln zu können.

Bei den Fernwirkanlagen wird die in Planung befindliche nächste Generation insofern einen Schritt weiter gehen, als die Maschinensteuerung gleichzeitig den Fernwirkkopf bilden wird. Dies bietet die Möglichkeit, auf Wunsch detailliertere Informationen in die Leitstelle zu bringen, zudem wird beim Ausfall eines Geräts nicht mehr das ganze Kraftwerk, sondern nur der betroffene Anlagenteil stillgelegt.

Adresse des Verfassers: *Hans Jakob Walther,* El.-Ing. HTL, Chef Betrieb, Kraftwerke Oberhasli AG, CH-3862 Innertkirchen.

Überarbeitete Fassung eines Vortrages, den der Verfasser am 27. Oktober 1994 in Cointrin/Genf gehalten hat. Die Fachtagung des Schweizerischen Wasserwirtschaftsverbandes war dem Thema «Überwachung und Steuerung von Niederdruck- und Hochdruckwasserkraftwerken sowie Flussketten» gewidmet.

# Die Kölnbreinsperre nach der Sanierung

Die 200 m hohe Gewölbemauer Kölnbreinsperre wurde in den Jahren 1973 bis 1977 erbaut. Im Gründungsbereich dieser höchsten Talsperre Österreichs erreichten beim Aufstau im Jahre 1978 die Sickerwasserverluste und der Kluftwasserdruck unerwartet hohe Werte. Über das Verhalten der Sperre beim Aufstau und die danach durchgeführten ergänzenden Baumassnahmen sowie das Verhalten der Sperre in den Vollstaujahren 1979 und 1983 wurde bereits berichtet [1,2]. Hier wird auf das Verhalten der Sperre und des Stützgewölbes beim Vollstau 1993 näher eingegangen [3].

Zum besseren Verständnis werden aber einleitend das Rissbild und die Sanierungsmassnahmen der Kölnbreinsperre erläutert.

## Rissbild und Ursachen

Bei der Erkundung der Risszonen im Aufstandsbereich der Sperre wurden im wesentlichen zwei grosse Rissbereiche festgestellt:

- annähernd horizontal verlaufende Risse an der Luftseite mit bis 3,5 mm Öffnungsweiten bei leerem Becken als Folge des Lastfalles Eigengewicht, die sich bereits bei der Errichtung der Sperre gebildet haben, und
- steil von der Aufstandsfläche zur Wasserseite ansteigende Risse, die beim Vollstau 1979 bis 30 mm Öffnungsweiten aufwiesen.

Ursache dieser Risse war die hohe Querkraft an der Aufstandsfläche, die mit der gleichzeitig wirkenden Normalkraft Hauptzugsspannungen bewirkt.

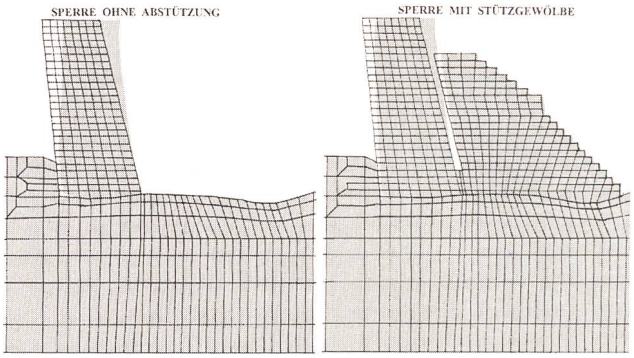


Bild 1. Felsmechanische Untersuchungen für die Sanierung der Kölnbreinsperre. Verformung der Gründungszone bei Vollstau. Sperre ohne Abstützung (links) und Sperre mit Stützgewölbe (rechts).

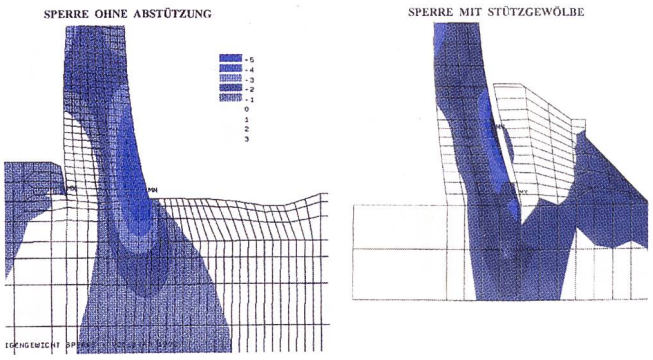


Bild 2. Felsmechanische Untersuchungen für die Sanierung der Kölnbreinsperre, Zonen gleicher Vertikalspannungen bei Vollstau (Schnitt Block 16). Sperre ohne Abstützung (links) und Sperre mit Stützgewölbe (rechts).

## Sanierungsprojekt 1988

Als 1985 wegen Begrenzung des Betriebswasserspiegels nur noch 75 % des Nutzinhaltes zur Stromerzeugung zur Verfügung standen, entschlossen sich die Österreichischen Draukraftwerke gemeinsam mit Dr. *G. Lombardi* zu einer umfassenden Sanierung der Kölnbreinsperre. Zu den von der Obersten Wasserrechtsbehörde im Dezember 1988 genehmigten Massnahmen gehörten:

- Errichtung eines Stützkörpers auf der Luftseite (Bild 3) zur Verringerung der Beanspruchung an der Aufstandsfläche der höchsten Sperrenblöcke,
- Einbau besonderer Vorrichtungen zur zwängungsfreien Übertragung der Abstützkraft zwischen Sperre und Stützgewölbe,
- Zement- und Kunstharzinjektionen zum Stabilisieren der Risszonen und Wiederherstellung des Dichtschirmanschlusses im Gründungsbereich der Sperre und
- Massnahmen an der Wasserseite zur Sicherung der Standsicherheit der Sperre bei leerem Becken.

Damit liess sich die geforderte Standsicherheit wiederherstellen und der Dichtschirmanschluss ausserhalb der wasserseitigen Zerrzone verlegen.

## Luftseitiges Stützgewölbe

Auf das 65 m hohe und unten 65 m breite Stützgewölbe (Bild 3) wirkt bei Vollstau eine Abstützkraft von 1,1 Mio t, wobei der Beton mit höchstens 2,5 N/mm² auf Druck beansprucht wird; im Beton der Kölnbreinsperre beträgt die grösste Druckspannung dagegen 9 N/mm². Der Stützkörper (0,47 Mio m³) wird in Blöcken bis zu 4000 m³ betoniert. Als Bindemittel wurde eine Mischung aus 55 % Portlandzement und 45 % Flugasche verwendet. Mit einem Bindemittelgehalt von 180 kg/m³ Frischbeton und einer Gesamtwassermenge von 130 l wurde nach 180 Tagen die geforderte Druckfestigkeit von 20 N/mm² erreicht. Für die Konsolen zur Kraftübertragung wurde ein Pumpbeton der Festigkeitsklasse B 300 (90) entwickelt [1].

## Injektionen

Zur Behandlung des Felsuntergrundes wurde überwiegend Portlandzement (Z 375) injiziert. Die Risse im Sperrenbeton wurden mit einem Zweikomponenten-Epoxidharz nach dem Rodurverfahren ausgepresst und gedichtet. Die Injektionen mit Arbeitsdrücken bis 120 bar überwachte man mit Aidek, einem prozessrechnerunterstützten Kontrollsystem zur automatischen Injektionsdatenerfassung (Injektionsdruck am Bohrloch, Injektionsgutmenge, das Produkt aus beiden als Energiewert und die zwei nächstliegenden Verformungsmessungen jeweils als Funktion der Zeit). Die Daten wurden in die Bauleitung fernübertragen, wo die einzelnen Injektionen on-line über Bildschirm mitverfolgt werden konnten. Gleichzeitig wurden alle Daten auf der Baustelle gespeichert sowie über eine Standleitung zur Planungsabteilung der Draukraftwerke nach Klagenfurt übertragen und dort auch ausgewertet.

## Kraftübertragungsvorrichtungen

Die Übertragung der Abstützkraft (1,1 Mio t) von der Sperre auf das Stützgewölbe geschieht über eine sechs bis acht Meter hohe Kontaktzone entlang des luftseitigen Sperrenfusses wie bei Blockfugen mittels Zementinjektionen und über 613 Lager entlang neun horizontal angeordneter Konsolreihen (Bild 3). Jedes Lager überträgt bei Vollstau eine

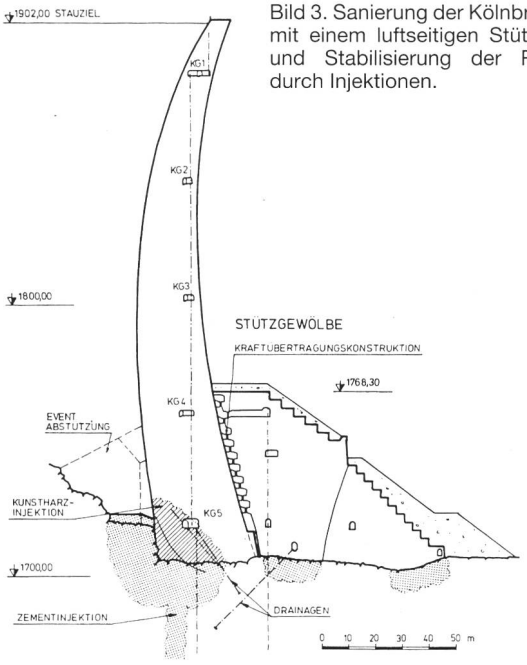


Bild 3. Sanierung der Kölnbreinsperre mit einem luftseitigen Stützgewölbe und Stabilisierung der Risszonen durch Injektionen.

Kraft von 1600 t über eine Fläche von 1,2 m² und besteht aus einer Stahlkeilkonstruktion und aus einem stahlplattenbewehrten Neoprenelager. Die Sperre stützte sich erst beim Aufstau gegen das Stützgewölbe. Die Lager hatte man zuvor mittels eines Keilsystems auf 10 % der Nennlast vorgespannt. Ein Eingreifen in den passiven Abstützvorgang nach dem Kraftschluss der einzelnen Lager ist mit vertretbarem Aufwand nicht mehr möglich, was für die Sicherheit der Sperre wichtig ist. Dies war wesentlich mitentscheidend bei der Zustimmung der Sachverständigen und der Obersten Wasserrechtsbehörde zum gesamten Sanierungsvorhaben.

## Sperre und Stützgewölbe beim Vollstau 1993

Bereits bei ihrer Fertigstellung im Jahre 1977 war die Kölnbreinsperre mit einem umfangreichen Beobachtungssystem mit 400 Ablesestellen ausgestattet, die grösstenteils an eine automatisch registrierende Fernüberwachungsanlage angeschlossen waren. So war ein sehr genauer Vergleich mit den Rechenergebnissen möglich [2].

Beim Aufstau 1993 wurde das Verhalten der Sperre und des Stützgewölbes bereits an über 8000 Messstellen überwacht, von denen ein Zehntel selbsttätig misst. Stellvertretend für die zahlreichen Messwertaufzeichnungen einige charakteristische Einzelheiten [3]:

- Der Verlauf der radialen Verschiebungen der Stützkörperkrone in Abhängigkeit von der Abstützkraft gibt einen Hinweis auf elastisches Verhalten des Bauwerkes und auf bleibende Verschiebungen des Felsuntergrundes.
- Darstellung der Biegelinie des höchsten Sperrenblockes (Block 16).
- Darstellung der Linien gleichen Sohlenwasserdruckes an der Aufstandsfläche der Sperre gibt einen Hinweis auf das wirksame Dichtungskonzept.
- Verlauf der Sickerwasserverluste in Abhängigkeit von der Stauhöhe.

Die Auswertung der vielen Messwerte (Bilder 1 und 2) ergab, dass

- sich die angestrebte Verringerung der Verschiebungen an der Aufstandsfläche der Sperre eingestellt hat,

- die angestrebte Verringerung der Verdrehungen an der Aufstandsfläche der höchsten Sperrenblöcke ebenfalls erreicht werden konnte,
- der Sohlenwasserdruck an der Aufstandsfläche der Sperre innerhalb der Rechenannahmen lag,
- die Sickerwasserverluste bei Vollstau einen Wert von nur 17 l/s aufwiesen und
- sich die Abstützkräfte wie vorgesehen entwickelt haben.

## Baumassen und Kosten

Die Gesamtkosten für die Sanierungsmassnahmen an der Kölnbreinsperre betrugen 226 Mio Fr. mit einem Anteil von 58 % für die baulichen Anlagen und von 3 % für die Messtechnik. Die Bauarbeiten zum Herstellen des Stützgewölbes (Erd- und Felsarbeiten, Betonarbeiten und Blockfugeninjektionen) kosteten zusammen 113 Mio Fr. und die Bohr- und Injektionsarbeiten zur Behandlung der Risszonen 23 Mio Fr.

Beim Bau des Stützkörpers wurden 0,19 Mio $m^3$ Erde und Fels bewegt (41 Fr./$m^3$) und 0,47 Mio $m^3$ Beton eingebaut (226 Fr./$m^3$). Bei der Rissbehandlung wurden über 50 000 m Bohrungen (40 bis 100 mm Durchmesser) ausgeführt (215 Fr./m) und 0,2 Mio kg Rodur verpresst (63 Fr./kg).

## Zusammenfassung

Nach fünfjähriger Bauzeit wurde am 4. Oktober 1993 im Kölnbreinspeicher wieder der Vollstau erreicht und damit die Sanierung der Kölnbreinsperre erfolgreich abgeschlossen. Da sich dabei die Sperre, das Stützgewölbe und die Lager zwischen Sperre und Stützkörper erwartungsgemäss verhielten, hat die Oberste Wasserrechtsbehörde den Vollstau auch für das Jahr 1994 genehmigt.

Dank guter Zusammenarbeit aller an diesem Vorhaben Beteiligten von Aufsichtsbehörden, Ingenieurbüros, Baufirmen und der Draukraftwerke konnten sowohl der Zeitplan als auch die 1988 veranschlagten Gesamtkosten eingehalten werden. *BG*


Literatur

[1] *Petter R.:* Betonierung des Stützgewölbes an der Kölnbreinsperre. Schriftenreihe des Österreichischen Betonvereins, Heft 14/1990, S. 8–12 (vgl. «wasser, energie luft» *82* (1990) H. 11/12, S. 354–355).

[2] *Ludescher, H.:* Felsmechanische Untersuchungen anlässlich der Verstärkung der Kölnbreinsperre. 39. Geomechanik-Kolloquium, Salzburg 1990; «Felsbau» *9* (1991) H. 2, S. 65–72 (vgl. «wasser, energie, luft» *83* (1991) H. 11/12, S. 350–351.

[3] *Ludescher, H.:* Die Sanierung der Kölnbreinsperre. Schriftenreihe des Österreichischen Betonvereins, Heft 22/1994 (Betontag, 3. Mai 1994, St. Pölten).


# Betrieb, Erhaltung und Erneuerung von Talsperren und Hochdruckanlagen

## Symposium in Graz

Das Institut für Wasserwirtschaft und Konstruktiven Wasserbau der TU Graz führte zusammen mit dem Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverband am 29. und 30. September 1994 eine internationale Fachtagung über «Betrieb, Erhaltung und Erneuerung von Talsperren und Hochdruckanlagen» in Graz durch. Bei dieser Tagung, die mit Unterstützung der Wasserwirtschaftsverbände der Schweiz (SWV) und Deutschlands (DVWK) stattfand, handelt es sich um die Fortsetzung einer Veranstaltungsreihe, die seit den 80er Jahren abwechselnd von den Wasserbauinstituten der TU München, ETH Zürich und TU Graz organisiert wird. Der Leiter des Wasserbauinstituts der TU Graz, Prof. Dr. *G. Heigerth,* konnte über 200 Teilnehmer aus Deutschland, Österreich, Slowenien und der Schweiz begrüssen. In bewährter Weise kamen die Vortragenden und Teilnehmer aus dem Kreis von Betreibern (Bauherrn), Projektanten, Bauausführenden, Hochschulen und Behörden, denen aktuelle und praxisbezogene Berichte und die Möglichkeit zum Erfahrungsaustausch geboten wurden.

Die Themenstellung schliesst an das letzte Symposium [1] an und gibt damit ein zunehmendes Gewicht dem Betrieb, der Erhaltung und Erneuerung bestehender Anlagen. Diesmal sind Talsperren und Speicher behandelt worden, ebenso wie Hochdruckanlagen und deren Triebwasserwege, wie Wasserkraftwerke und andere wasserwirtschaftliche Anlagen. Die insgesamt 40 Beiträge sind in sechs Themengruppen geordnet.

## Talsperren – Erhaltung

Dazu gehören Massnahmen zur Instandsetzung von Bruchsteinmauern und Pumpspeicherbecken, zur Erneuerung und Erweiterung von Kavernenkraftwerken (Hintermuhr/A) und zur Schadensvorbeugung bei drei Trinkwasser-Talsperren. Weiter wurden neue Erkenntnisse über die Abdichtung von Stauanlagen mittels Schmalwand (Vibrosol-Verfahren), die Instandsetzung von Talsperren im Iran, Honduras und Uganda mit Injektionen und Verankerungen sowie die Auswahl von Kunstharzen zur Sanierung von Rissen in Talsperren gebracht. Es folgten Überlegungen zur Rekonstruktion historischer Stauanlagen. Erläutert wurden FEM-Berechnungen für eine Staumauererhöhung (Mauvoisin) [2] sowie das Verhalten der Kraftübertragung einer mit einem Betonstützkörper sanierten Staumauer nach nunmehr drei Stauperioden (Kölnbreinsperre) [3–5].

## Talsperren – Messung und Überwachung

Die Ausführungen über die Entwicklung der Messwerterfassung und -auswertung in der Talsperrenüberwachung als Teil des Sicherheitskonzepts zum Schutz der Anlagen und der Unterlieger befassten sich mit Verformungen, Verschiebungen, Durchsickerungen und Drücken, sowie Seestand und Temperaturen [6–8]. Zur Veranschaulichung wurden Beispiele für die Überwachung von Talsperren in Nordrhein-Westfalen und Österreich gebracht.

## Sedimentation in Speichern

Am Beispiel des Kleinspeichers einer Mitteldruckanlage (Kraftwerk Langenegg/A) wurden die Verlandungsprobleme erläutert und verschiedene Verbesserungsvorschläge gemacht. Danach wurde die Untersuchung von Dichteströmungen im Bereich des Grundablasses eines Stausees (Luzzone) am Modellversuch der EPF Lausanne [9] und der Spülinsuffizienz bei Grundablässen durch die Universität Innsbruck erläutert. Untersucht wurde auch die Sedimentüberleitung zwischen zwei Hochgebirgsspeichern (Schlammpumpwerk am Einlauf des 11,6 km langen Möllstollen/A) – aber nur der ablagerungsfreie Transport der Sedimente, nicht jedoch die Auswirkungen auf die maschi-