Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 84 (1992)
Heft: 10

Artikel: Die Erhöhung der Staumauer Mauvoisin
Autor: Feuz, Bernard / Schenk, Thomas
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-940587

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: 23.08.2025

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

Die Erhöhung der Staumauer Mauvoisin

Bernard Feuz und Thomas Schenk

1. Die Anlagen der Kraftwerke Mauvoisin AG

1.1 Gesamtanlage

In den 40er Jahren erteilten die sechs Gemeinden des Val de Bagnes die Konzessionen zur Nutzung der Wasserkräfte der Dranse an die Elektrowatt AG. 1947 wurde die Kraftwerke Mauvoisin AG (FMM) gegründet und diese Konzessionen wurden auf sie übertragen. Die Hauptarbeiten begannen 1951, die Kraftwerke Fionnay und Riddes wurden 1956 in Betrieb genommen, 1958 erfolgte im Speicherbecken Mauvoisin der erste Vollstau, und das Kraftwerk Chanrion ging als letzter Anlageteil 1964 in Betrieb.

Die Partner der Kraftwerke Mauvoisin AG sind Elektrizitätsgesellschaft Laufenburg, EGL, Bernische Kraftwerke AG, BKW, Nordostschweizerische Kraftwerke AG, NOK, Centralschweizerische Kraftwerke AG, CKW, EdF und Elektrowatt. Die Elektrowatt übt die Geschäftsleitung aus, während die Betriebsführung durch die EGL wahrgenommen wird.

Das Wasser der Dranse wird in *drei Stufen* genutzt. Zuoberst auf der Staumauer Mauvoisin sitzt das *Kraftwerk Chanrion,* das als Laufkraftwerk mit einer Leistung von 28 MW die rechtsufrigen Zuflüsse turbiniert, bevor sie in den Stausee gelangen. Dabei handelt es sich naturgemäss vor allem um Sommerproduktion.

Durch einen Druckstollen und einen gepanzerten Druckschacht wird das im Stausee gespeicherte Wasser nach der Kavernenzentrale *Fionnay* geleitet, die mit drei Francismaschinengruppen ausgerüstet ist, welche zusammen 127,5 MW Leistung abgeben. Zwischen Mauvoisin und Fionnay beträgt das maximale Gefälle 474 m und die Ausbauwassermenge 34,5 m^3/s.

Der Unterwasserstollen dieser Zentrale Fionnay mündet in ein Ausgleichsbecken mit einem Volumen von 170 000 m^3, von wo das Wasser durch einen rund 15 km langen Druckstollen und zwei daran anschliessende parallele Druckleitungen in die in der Rhoneebene gelegene Zentrale *Riddes* gelangt. Das Gefälle beträgt hier 1015 m, die Ausbauwassermenge 28,75 m^3/s und die installierte Leistung der fünf Maschinengruppen 225 MW. In Riddes wird das turbinierte Wasser der Dranse wieder in die Rhone zurückgegeben.

Im Durchschnitt erzeugen die Kraftwerke Mauvoisin 875 Mio kWh pro Jahr. 41% dieser Energie fielen früher jeweils im Sommer an, 59% im Winter.

1.2 Staumauer Mauvoisin vor der Erhöhung

Die Staumauer Mauvoisin ist eine doppelt gekrümmte Bogenmauer. Ihre Höhe über der Fundation betrug 237 m und die Kronenlänge 520 m. Die Krone hatte eine Breite von 14 m, und die grösste Stärke am Mauerfuss beträgt 53,5 m. Die Staumauer ist zwischen 1951 und 1957 gebaut worden und hat 2,03 Mio m^3 Beton benötigt. Die Abdichtung des Felsens wurde durch einen Injektionsschleier von 240 000 m^2 erreicht, zu dem 47 km Bohrungen ausgeführt worden sind.

Die Fundation der Staumauer besteht aus Schiefern der Combin-Zone, welche zwischen der Grand-Saint-Bernard-Decke unten und derjenigen der Dent-Blanche oben liegt. Es handelt sich um mehr oder weniger dolomitisierte und tonhaltige Kalkschiefer von grosser Homogenität zwischen der Basis des Injektionsschleiers und der Mauerkrone. Die Richtung der Schichten ist senkrecht zur Talachse, was die sehr steile Neigung der beiden Widerlager sowie deren Stabilität erklärt. Die Durchlässigkeit betrug vor der Ausführung der Injektionsarbeiten rund 14 Lugeoneinheiten und danach noch 1 Lugeon.

Die Messeinrichtungen zum Überwachen des Staumauerverhaltens umfassten:

- 4 Pendel, wovon 2 von der Mauerkrone bis 70 m in den Fels hineingehen
- 34 Klinometer-Messstellen
- 38 Deformations-Messstellen
- 14 Auftriebs-Messstellen in 7 Profilen
- 22 Sickerwasser-Messstellen

sowie ein geodätisches Messnetz.

Das Verhalten der Staumauer seit ihrer Inbetriebnahme darf als vorbildlich bezeichnet werden. In bezug auf die Deformationen können drei verschiedene Perioden festgestellt werden:

1. Elasto-plastische Phase	1958–1967
2. Quasi elastische Phase	1968–1973
3. Elastische Phase	seit 1974.

Heute sind die Deformationen der Staumauer und des Felsuntergrundes vollständig elastisch. Die maximale Auslenkung der Mauerkrone im Hauptschnitt betrug 6,7 cm zwischen vollem und leerem See.

Die Sickerwassermengen haben in den ersten 20 Betriebsjahren ständig abgenommen. Die Maximalwerte sanken bis 1978 von 270 auf 110 l/min, und die Minimalwerte reduzierten sich auf die Hälfte, was zeigt, dass eine Kolmatierung der Widerlager auf die ganze Höhe erfolgt ist. Der Auftrieb hat dabei nicht zugenommen.

Die Speicherkapazität des Stausees betrug bei der Inbetriebnahme 180 Mio m^3. Beim Stauziel auf Kote 1961,50 m ü.M. ergab sich eine Seeoberfläche von 206 ha. Die Seefüllung wird gewährleistet durch den Abfluss aus dem natürlichen Einzugsgebiet von 113,5 km^2 sowie die beiden Zuleitungen, welche rechts ein Gebiet von 17,3 km^2 und links ein solches von 36,1 km^2 drainieren. Vom gesamten Einzugsgebiet von 167 km^2 sind 40% vergletschert.

Zur Staumauer gehören folgende Nebenanlagen:

- die Wasserfassung der Zentrale Fionnay auf der linken Seite, ausgelegt für 34,5 m^3/s,
- der Grundablass auf Kote 1792 m ü.M. auf der rechten Talseite, dimensioniert für eine maximale Abflussmenge von 140 m^3/s,

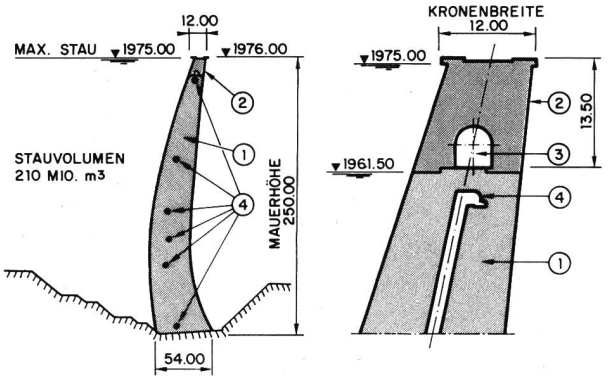

Bild 1. Links: Gesamtschnitt. Rechts: Detail Mauerkrone. 1 bestehende Staumauer, 2 Erhöhung der Staumauer, 3 Zufahrtsstollen Zentrale Chanrion, 4 Kontrollgänge.

- der Mittelablass auf Kote 1887 m ü.M. ebenfalls auf der rechten Seite mit einem Ausfluss von 100 m^3/s bei vollem See,
- die Hochwasserentlastung, vor der Erhöhung bestehend aus drei Saughebern auf der rechten Seite, welche zusammen 100 m^3/s abführen konnten.

2. Projekt der Erhöhung der Staumauer Mauvoisin

2.1 Zweck der Mauererhöhung

In der Regel war der Stausee Mauvoisin schon im Spätsommer gefüllt. Damit konnten die noch namhaften Herbstzuflüsse nicht mehr gespeichert werden, sondern sie mussten turbiniert werden, und dies zu einer Zeit, in welcher die Schweiz den Strombedarf decken kann, während sie in den Wintermonaten oft importieren muss. Aus diesem Grund ist eine Umlagerung von Sommer- auf Winterenergie nicht nur für die Kraftwerke Mauvoisin AG interessant, sondern entspricht auch einem nationalen Interesse.

Aufgrund der natürlichen in Mauvoisin zufliessenden Wassermenge ist es möglich, 29 Mio m^3 Wasser zusätzlich zu speichern, so dass die komplette Seefüllung auch in einem zehnjährlichen Trockenjahr garantiert werden kann. Eine solche Zusatzspeicherung erlaubt die Winterproduktion um rund 100 Mio kWh zu erhöhen, wobei die Sommerproduktion im selben Mass reduziert wird. Der Winteranteil an der gesamten Produktion beträgt damit nun 70%.

2.2 Erhöhung der Staumauer

Der zusätzliche Speicherraum im Becken Mauvoisin konnte durch die Erhöhung der Staumauer um 13,5 m geschaffen werden. Dank guter bautechnischer Voraussetzungen erlaubt die grosszügig dimensionierte Staumauer eine solche Vergrösserung.

Die Staumauer wurde durch Anfügen eines Bogens von 13,5 m Höhe in der Verlängerung der beiden Maueroberflächen erhöht. Dieser Bogen hat auf dem Niveau der bisherigen Krone eine Breite von 14 m und vermindert sich bis zum neuen Stauziel auf Kote 1975 m ü.M. auf rund 10,8 m. Die neue Krone liegt auf Kote 1976 m ü.M. und weist dort eine totale Breite von 12,10 m auf: 6,60 m für die Strasse und zweimal 2,75 m für Trottoirs. Im Innern der Mauererhöhung ist ein Stollen von 6 m Höhe und 5 m Breite ausgespart, der den Zugang zum Kraftwerk Chanrion sicherstellt. Das Betonvolumen der Erhöhung beträgt 80 000 m^3 und stellt somit rund 4% des Volumens der bisherigen Staumauer dar.

Die Beanspruchung der erhöhten Talsperre und der Fundation sind mit einem Computerprogramm «Flash 2» nach der Methode finiter Elemente berechnet worden. Dabei konnten, aufgrund der jahrzehntelangen Überwachung der Talsperre, die Eigenschaften der Fundation ermittelt und in die Rechnung miteinbezogen werden.

Die Resultate der statischen Berechnung ergaben für den Fall «Normalbelastung» für die erhöhte Talsperre eine Zunahme der Druckspannungen von im Maximum 20 kg/cm^2. Die vor der Erhöhung anzutreffenden maximalen Druckspannungen (rund 90 kg/cm^2) erhöhten sich aber nur um 2 kg/cm^2. Die Zugspannungen erhöhten sich infolge der Erhöhung um maximal 3 kg/cm^2.

Für den erhöhten, neuen Mauerteil wurden Druckspannungen von im Maximum 95 kg/cm^2 errechnet.

Zur Überwachung der erhöhten Staumauer wurden die Messeinrichtungen vervollständigt. So wurden die bestehenden Pendel in den Neubauteil erweitert, Thermometer und Telepressmeter im neuen Beton installiert sowie fünf Rockmeter in der Fundation eingebaut. Das geodätische Messnetz ist den neuen Gegebenheiten entsprechend erweitert worden.

2.3 Hochwasserentlastung

Die bestehende Hochwasserentlastung musste den neuen Verhältnissen angepasst werden. Dazu wurden die Einlauftrompeten der zwei äussern Saugheber beibehalten und in jedem Stollen eine Schütze installiert. Der mittlere Saugheber wurde mit einem Betonpfropfen geschlossen. Die Bedienungskammer der neuen Schützen ist in einem Vertikalschacht von 5,5 m Durchmesser untergebracht. Die Kapazität der umgebauten Hochwasserent-

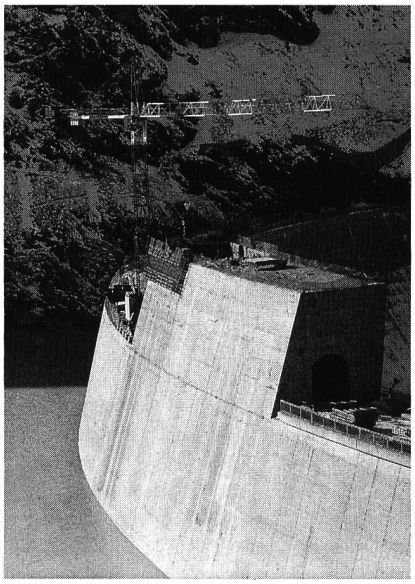

Bild 2. Herbst 1989, die ersten drei erhöhten Mauerblöcke.

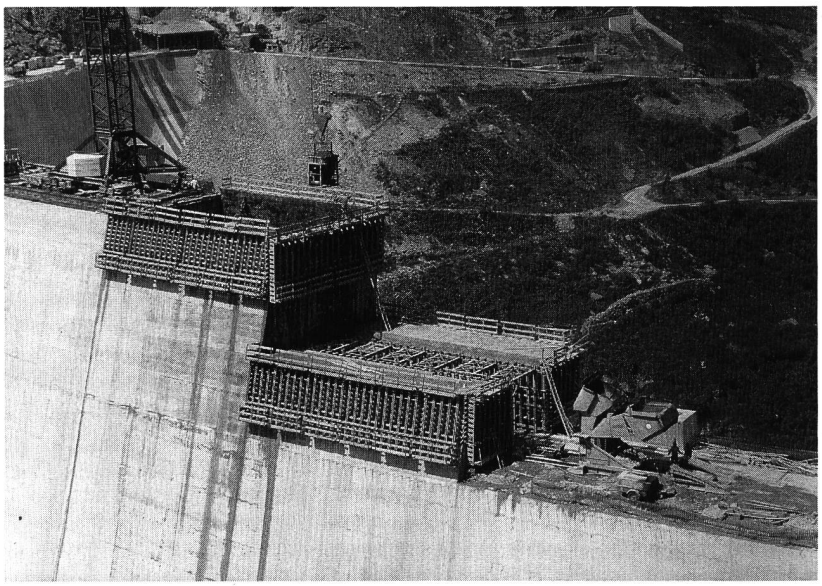

Bild 3. Sommer 1990, Betonierarbeiten auf der rechten Mauerseite.

lastungsanlage entspricht derjenigen der drei Saugheber mit dem Vorteil, dass die Abflüsse sich in einem Hochwasserfall kontinuierlich erhöhen und nicht mehr sprunghaft ansteigen. Auch bei Ausfall des grössten Entlastungsorgans, des Grundablasses, vermögen die Hochwasserentlastung und der Mittelablass die Spitze des tausendjährlichen Hochwassers von 200 m^3/s noch abzuführen.

2.4 Grund- und Mittelablass

Der Grundablass ist ausreichend dimensioniert, so dass er die zusätzliche Wasserlast von 8% ertragen kann. Beim Mittelablass beträgt die Zusatzlast infolge Erhöhung 18%, was den Einbau von neuen Schützentafeln erforderte.

2.5 Zentrale Chanrion

Die Zentrale Chanrion ist mit einer horizontalachsigen Gruppe mit zwei Peltonrädern ausgerüstet. Das maximal mögliche Unterwasserniveau liegt auf Kote 1963,15 m ü.M.

Um den Betrieb auch zu ermöglichen in der Zeit, wo der Seespiegel diese Kote überschritten hat, wird Druckluft in den Unterwasserbereich gepumpt, um das Unterwasserniveau konstant zu halten. Dazu waren eine Abdichtung der Turbinengehäuse und des Unterwasserstollens notwendig sowie der Einbau einer Tauchwand. Zusätzlich wurde eine Klappe im Unterwasserstollen eingebaut, die bei Revisionen geschlossen werden kann.

2.6 Zugänge

Die Zugangsstrasse zur Staumauerkrone besteht auf der linken Talseite, und beidseitig des Sees führen Wege zu den höher gelegenen Alpen. Die Zugangsstrasse wurde mit einem Tunnel auf die neue Staumauerkrone geführt, und die beiden Alpwege wurden im Staumauerbereich angepasst.

2.7 Zentrale Fionnay

Die Erhöhung des Stauziels um 13,5 m kann von den Einlaufschützen, dem Druckstollen, dem Druckschacht sowie von den Einrichtungen der Zentrale (Schieber, Turbinen, Generatoren) ohne Anpassung ertragen werden.

Das Wasserschloss musste aber angepasst werden. Dazu wurde eine neue obere Kammer geschaffen mit einer neuen Windenkammer und einem neuen Zugangsstollen.

2.8 Arbeitsvolumen

Für die Erhöhung der Staumauer waren rund 5000 m^3 Beton abzubrechen und 80 000 m^3 neuer Beton einzubringen. Die Zugänge und die neue Wasserschlosskammer bedingten Felsausbruch unter Tag von rund 6000 m^3.

2.9 Umweltschutz und Umweltverträglichkeitsprüfung

Eine Konzessionsänderung war für das vom Walliser Staatsrat bereits 1987 bewilligte Projekt einer Mauererhöhung in Mauvoisin nicht nötig, da keine zusätzlichen Wasser gefasst, sondern nur die von den Gemeinden des Bagnes-Tal konzedierten Wasserkräfte auf andere Weise genutzt wurden. Somit traten auch keine zusätzlichen Restwasserprobleme auf.

Als das Projekt für die Erhöhung der Staumauer öffentlich aufgelegt wurde, war zwar das Umweltschutzgesetz von 1983 schon einige Zeit in Kraft, noch nicht aber die Verordnung des Bundesrates über die Umweltverträglichkeitsprüfung von 1988. Die FMM mussten aber das Gesetz anwenden und sämtliche Auswirkungen des Projekts auf die Umwelt materiell abklären. Der grösste Eingriff in die Landschaft durch den höheren Einstau besteht aus einer zusätzlichen Überflutung des Staugebietes um 20 ha auf 226 ha. Dadurch gingen 1ha wertvollen Feuchtgebiets an der Stauwurzel sowie einige interessante Bachstrecken verloren. In teilweise zähen Verhandlungen mit den Einsprechern (teils Organisationen, teils Einzelpersonen), welche den Baubeginn um zwei Jahre verzögerten, konnte schliesslich ein Arrangement getroffen werden, indem 3 ha Land einer Renaturierung unterzogen werden. Das geschieht teils am Fusse der Staumauer, teils oberhalb des Weilers Bonatchiesse in Form zusätzlicher Weiher, die einerseits Amphibien als Lebensraum und andererseits Fischen als willkommenes Rückzugsgebiet bei Spülungen des Stauraumes dienen. Am Fusse der Staumauer wird ein kleiner Bach geschaffen, der die Schlucht unterhalb der Mauer wieder bewässert.

3. Arbeitsausführung

Die Hauptarbeiten zur Erhöhung der Staumauer Mauvoisin erstreckten sich über drei Jahre.

3.1 1989

Am 5. Juni 1989 wurde mit den Installationen begonnen. Die Schlafbaracken, Büros und die Kantine wurden in der Nähe des Hotels Mauvoisin aufgestellt, während die Brechanlage, Zementsilos, die Betonzentrale und die Werkstatt am Fusse der Staumauer errichtet wurden. An diesem Ort befand sich ein grosses Depot von Zuschlagstoffen aus der Zeit des Baues der Staumauer. Das Material wurde nach dem Brechen und Waschen in vier Klassen sortiert als Betonzuschlagstoff verwendet. Die Aufbereitungsanlage hatte eine Kapazität von 120 m^3/h. In der vollständig automatisierten Betonzentrale mit einer Kapazität von 60 m^3/h wurde ein Massenbeton mit 63 mm Maximalkorn und 250 kg/m^3 Zement sowie ein Beton für armierte Teile mit 32 mm Maximalkorn in 300 kg/m^3 Zement hergestellt. Der Zement von Eclépens wurde mit der Bahn bis Le Châble und von dort mit Lastwagen zu den vier Silos mit einem Fassungsvermögen von total 300 t transportiert. Das Wasser wurde aus dem See entnommen und im W/Z-Verhältnis von 0,5 zugefügt. Im weitern sind ein Luftporenbildner von 0,4% und ein Verflüssiger von 0,8% des Zementgewichtes beigemengt worden.

Der im 2 m^3 fassenden Mischer zubereitete Beton ist mit Lastwagen von 6 m^3 Fassungsvermögen auf die Staumauer transportiert worden. Dort wurde er in Kübel geschüttet und dann mit Hilfe eines Krans eingebracht. Eine Betonieretappe hatte eine Höhe von 2,70 m und ein Volumen zwischen 400 und 650 m^3. Der Beton wurde in Schichten von rund 50 cm eingebracht und – mit auf Raupenfahrzeugen montierten Vibratoren – verdichtet.

Der erste Beton ist am 23. September 1989 auf der vorbereiteten Staumauer eingebracht worden, und bis Ende November konnten 3 von 28 Blöcken fertig erstellt werden, was 7500 m^3 Beton entspricht. Parallel zu den Betonierarbeiten sind die Anpassungen an den Alpwegen begonnen worden.

3.2 1990

Ende März 1990 konnten die Strasse nach Mauvoisin geöffnet und die beiden grossen Krane auf den schon erhöhten Blöcken installiert werden. Der erste Beton ist am 21. Mai 1990 eingebracht worden, und mit einer Kadenz

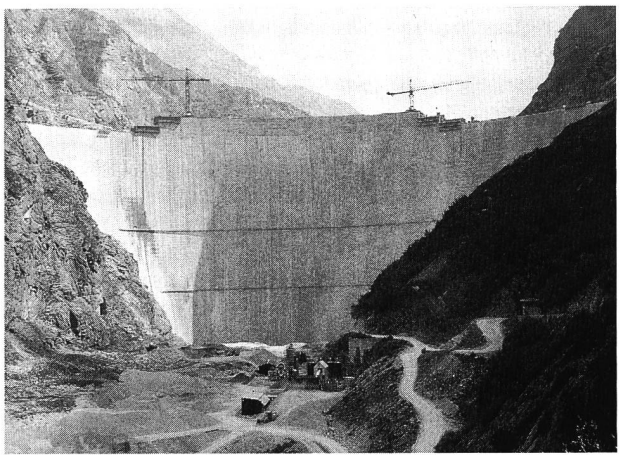

Bild 4. Sommer 1990, Ansicht von der Luftseite mit Betonzentrale am Mauerfuss.

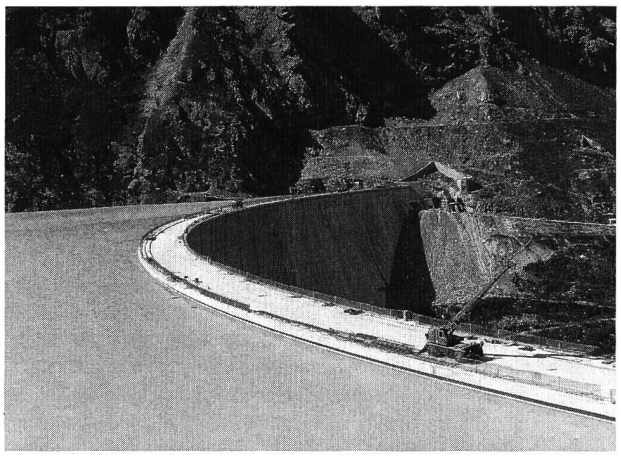

Bild 5. Herbst 1991, der erste Vollstau.

von rund 3000 m³ pro Woche sind die 25 restlichen Blöcke bis zum 8. November betoniert worden.

Die Anpassungen der Strassen konnten fertig ausgebrochen werden, und die Bauarbeiten im Unterwasserstollen von Chanrion wurden ausgeführt.

Bei der Hochwasserentlastung sind die Ausbrucharbeiten und ein Teil der Betonierarbeiten ausgeführt worden.

Zur Baustelle des Wasserschlosses wurden zwei Seilbahnen erstellt, eine Personenseilbahn (4 Personen) und eine Transportbahn von 5 t Kapazität.

Die Baustellen sind Mitte Dezember geschlossen worden.

3.3 1991

Ende März konnten die Baustellen wieder eröffnet werden und im Mai mit dem Betonieren der neuen Mauerkrone begonnen werden. Zwischen Ende Mai und Anfang Juli sind dann die Staumauerfugen zwischen den Blöcken ausinjiziert worden und anschliessend die beiden seitlichen Injektionsschleier ergänzt worden. Der Block 1 ist im Sommer fertig betoniert worden, und ab September konnten die Geländer auf der Mauerkrone montiert werden. Parallel dazu wurden auch die Anpassungsarbeiten an den Alpwegen fertiggestellt.

Im Sommer konnten auch die neuen Schützen der Hochwasserentlastung und des Mittelablasses sowie die Klappe im Unterwasserstollen der Zentrale Chanrion installiert und abgenommen werden. Die Bauarbeiten im Wasserschloss sind Mitte September abgeschlossen worden, und etwas später konnte auch die Zentrale Chanrion in Probebetrieb gehen.

Damit waren alle Voraussetzungen gegeben für den ersten Vollstau.

3.4 1992

Im Sommer 1992 waren noch Fertigstellungs- und Umgebungsarbeiten durchzuführen. Dazu gehören neben der Erstellung der neuen Brücke an der Stauwurzel insbesondere die Renaturierungsmassnahmen am Fusse der Staumauer und beim Weiler Bonatchiesse.

4. Erster Vollstau

Das Programm für den ersten Vollstau ist zusammen mit dem Bundesamt für Wasserwirtschaft wie folgt festgelegt worden:

19. bis 25. August 1991: Kontrollmessungen bei konstantem Seeniveau auf Kote 1961,50 ± 1 m (altes Stauziel). Anschliessend Entscheid über Weiteraufstau.

31. August bis 5. September 1991: Neue Messkampagne bei stabilisiertem Seeniveau auf Kote 1968 ± 1 m. Anschliessend Entscheid über Weiteraufstau.

16. bis 23. September 1991: Dritte Messkampagne bei einem Seespiegel von Kote 1974,50 ± 0,5 m. Anschliessend Entscheid betreffend Übergabe an den Betrieb.

Bei den drei Messkampagnen sind jeweils geodätische Kontrollmessungen durchgeführt und sofort ausgewertet worden, und die in der Staumauer installierten Messinstrumente sind bei Beginn und am Ende der geodätischen Messungen beobachtet worden. Im weiteren ist die Staumauer jeweils einer detaillierten Inspektion unterzogen worden und die Feststellungen sind protokolliert worden.

Sowohl die Inspektion der Staumauer wie auch die durchgeführten Messungen liessen keine Unregelmässigkeit erkennen. Die ermittelten Deformationen – maximale Auslenkung der neuen Krone von 115 mm (früher Krone 90 mm) – entsprechen den im voraus durch statische Berechnungen ermittelten Werte. Auch das im Verlauf der Entleerung beobachtete Mauerverhalten entspricht den Erwartungen, so dass die Staumauer dem freien Betrieb übergeben werden konnte.

Adresse der Verfasser: *Bernard Feuz* und *Thomas Schenk,* Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG, Bellerivestrasse 36, Postfach, CH-8034 Zürich.