

Stauanlage Räterichsboden : neue Hochwasserentlastung

Autor(en): **Collet, Georges**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **94 (2002)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-939610>

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.

Stauanlage Räterichsboden Neue Hochwasserentlastung

■ Georges Collet

1. Lage/Daten der Stauanlage

Die Stauanlage Räterichsboden befindet sich im Aaretal ungefähr 3 km unterhalb des Grimselfpasses. Sie ist die tiefstgelegene Stauanlage der Kraftwerke Oberhasli AG im Haupttal und wurde in den Jahren 1947–1950 erstellt. Das direkte Einzugsgebiet umfasst 9,5 km²; mit Einbezug des Bächlital, von welchem ein begrenzter Zufluss in den Grimsensee abgeleitet wird, erreicht es 17,6 km².

Die Talsperre Räterichsboden ist eine Gewichtsmauer mit Fugenhohlräumen von 95 m Höhe und 456 m Kronenlänge. Das Staubecken hat einen Nutzinhalt von 25 Mio. m³ und ein Stauziel von 1767 m ü.M. Die Seeoberfläche bei Stauziel beträgt nur 0,67 km².

Die seit der Erstellung vorhandene Hochwasserentlastung besteht aus vier Saughebern in zwei Leistungsstufen, welche auf der linken Seite im Hauptteil der Mauer angeordnet sind. Die maximale Leistung dieser Heber beträgt rund 90 m³/s.

2. Hydrologische Grundlagen, Studien und Berechnungen

Bereits bei der Überprüfung der Hochwassersicherheit aufgrund neuerer hydrologischer Grundlagen und Erkenntnisse durch das Büro Stucky, Ingénieurs-Conseils, Lausanne, im Jahr 1983 mit einem Niederschlag/Abfluss-Koeffizienten von 0,6 und der Berücksichtigung des 1000-jährlichen Hochwassers zeigte sich, dass die Kapazität der Hochwasserentlastung ungenügend war. Als zusätzliche Behinderung für die Hochwasserableitung erwies sich der gemeinsame Abflussstollen von Hochwasserentlastung und Grundablass, welcher für einen gleichzeitigen Betrieb zu knapp dimensioniert war. Als erste Massnahme wurde daher 1986 dieser Stollen ausgeweitet. Erfreulicherweise musste sich diese Massnahme beim Hochwasser 1987 infolge ausreichend zur Verfügung stehenden Stauraums nicht bewähren.

Die Hochwasserereignisse 1987 führten unter anderem zur Erkenntnis, dass der Abflusskoeffizient bei Extremniederschlägen 1,0 bzw. durch Abschmelzen von Schnee und Eis sogar noch höher ausfallen kann. Zudem wurde durch die Oberaufsichtsbehörde mit dem «grösstmöglichen Hochwasser» eine neue Anforderung zur Beherr-

schung extremer Hochwasserereignisse formuliert. Dies führte zu einer Überarbeitung der Hochwasserstudie 1983 durch das Büro Stucky mit Einbezug dieser Auflage und Übergabe im Jahr 1992.

Bei den Hochwasserereignissen im Herbst 1993 (Brig) war es erneut einerseits der geschickten Bewirtschaftung und andererseits einer genügenden Reserve des Stauraums zu verdanken, dass die Hochwasserentlastung nicht in Betrieb kam und die Unterlieger von einer Abflussreduktion durch die Anlage profitieren konnten.

Die Ereignisse zeigten jedoch die Dringlichkeit einer Verbesserung der Hochwasserkapazität auf, was dann auch von der Oberaufsichtsbehörde verlangt wurde.

3. Projekt der neuen Hochwasserentlastung

Die gemäss der Hochwasserstudie 1992 dem Staubecken zufließenden Wassermengen betragen:

- für ein 1000-jährliches Hochwasser mit einer Niederschlagsmenge von 185 mm in 24 Stunden
Hochwasserfracht (E = 17,6 km²) 3,26 Mio. m³
Spitzenzufluss (E direkt = 9,5 km²) 103 m³/s
Spitzenzufluss mit Zufluss der oben liegenden Gebiete 200 m³/s
- für ein grösstmögliches Hochwasser
Hochwasserfracht (1,5 V1000) 4,89 Mio. m³
Spitzenzufluss, ungünstigster Fall 390 m³/s

Der Retentionseffekt des Staubeckens ist infolge der kleinen Seeoberfläche von 0,67 km² bei vollem Becken praktisch null.

Die durch die neue Hochwasserentlastung abzuleitenden Wassermengen ergeben sich daraus wie folgt:

1000-jährliches Hochwasser

- Spitzenzufluss 180–200 m³/s
- Vorhandene Entlastungen:
Saugheber 90 m³/s
Grundablass (n – 1-Regel) 0 m³/s
- Neue Hochwasserentlastung 110 m³/s

Grösstmögliches Hochwasser

- Spitzenzufluss 390 m³/s

• Vorhandene Entlastungen:

| | |
|-----------------------------|-----------------------|
| Saugheber | 90 m ³ /s |
| Grundablass | 40 m ³ /s |
| • Neue Hochwasserentlastung | 260 m ³ /s |

Für die Ausarbeitung des Projektes wurden folgende Randbedingungen vorgegeben:

1. Das vorhandene Stauziel Kote 1767 m ü.M. muss beibehalten werden, d.h. es entspricht der Überfallkote der neuen Entlastung.
2. Bei einem 1000-jährlichen Hochwasser darf der Wasserspiegel die Mauerkrone, Kote 1768,60 m ü.M., nicht überschreiten.
3. Beim grösstmöglichen Hochwasser darf die Mauerkrone bis höchstens 30 cm überstaut werden, d.h. maximaler See stand auf Kote 1768,90 m ü.M. Diese Kote ist auch gegeben durch die Höhenlage der Grimselstrasse. Die bestehende luftseitige Brüstungsmauer wird beibehalten. Das Überfluten der Staumauer wird damit verhindert.
4. Vor dem automatischen Anspringen des ersten Saughebers muss eine kontinuierliche Zunahme der Wassermenge bis zu einem Wert von ca. 10 m³/s sichergestellt sein, damit sich eventuell im Aarebett aufhaltende Personen rechtzeitig in Sicherheit bringen können.

Um die Produktionsverluste während der Bauzeit möglichst gering zu halten, waren Staubeschränkungen nur für die Monate April bis August zugelassen. Als Bauzeit wurden zwei Sommersaisons vorgesehen. Bei der Bauausführung zeigte sich, dass mit dem gewählten Bauvorgang nur während eines Sommers Staubeschränkungen erforderlich waren. Für die seeseitigen Hauptarbeiten wurde das Stauziel auf Kote 1735 m ü.M., d.h. 32 m unter Normalstau, beschränkt. Mit dem Baufortschritt sollte es ab Mitte August sukzessive angehoben werden können, mit dem Ziel, auf Ende September Vollstau zu erreichen. Mit Ausnahme dieser Einschränkungen war vorgesehen, den Kraftwerksbetrieb normal weiterzuführen.

In das Variantenstudium wurden sowohl bezüglich Standorte wie auch baulichen Lösungen alle Möglichkeiten einbezogen. Die Evaluation der optimalen Lösung aus neun Möglichkeiten erfolgte in der Reihenfolge der

Kriterien bauliche Realisierbarkeit, approximative Baukosten, mutmassliche Bauzeit, Eingriffe in die bestehende Bausubstanz, betriebliche Einschränkungen und Produktionsverluste. Aufgrund dieser Kriterien wurde der Variante Halbtrichter auf der linken Seite mit Abflussstollen in das Aarebett der Vorzug gegeben.

Die anschliessende geologische Beurteilung wurde durch Dr. A. Baumer, Ascona, durchgeführt. Die generelle Geologie sollte gemäss Experte keine Probleme bieten, da das ganze Projekt im zentralen Aaregranit zu liegen kam. Abzuklären waren jedoch die Mächtigkeit der Überdeckung der Felsoberfläche und damit der Felsverlauf in der vorgesehenen Stollennachse, die Tiefe der oberflächlichen Klüftung, die Klüftung im Bereich des vorgesehenen Einlaufbauwerks sowie felsmechanische Kennwerte. Das Baugrunduntersuchungsprogramm umfasste daher eine geophysikalische Erkundung mittels drei Profilen sowie vier Kernbohrungen. Die Ergebnisse waren mit der geringen Mächtigkeit der Überdeckung, nur oberflächennaher Klüftung und sehr kompaktem Granit im Projektbereich durchwegs positiv und bestätigten die Machbarkeit.

Das gewählte Projekt sah damit ein Einlaufbauwerk in der Form eines Halbtrichters auf der linken Talseite wasserseits der Staumauer bei der Fuge 1 mit einem direkten Abflussstollen parallel zum bestehenden Stollen der bisherigen Hochwasserentlastung und einem Auslaufbauwerk mit Energievernichtung auf der linken Seite des Aarebettes vor (Bild 1). Noch nicht definitiv festgelegt war die Höhenlage des Abflussstollens. Es wurden zwei Varianten in Betracht gezogen. Die erste Variante (A) für konventionellen Sprengausbruch wies nach dem Einlaufbauwerk einen rund 40 m hohen Vertikalschacht mit anschliessendem flachem, 12% geneigtem, Stollen zum Auslaufbauwerk auf. Bei der zweiten Variante (B), für mechanischen Vortrieb mit TBM vorgesehen, folgte der Stollen nach dem Einlaufbauwerk mit zuerst rund 41% Neigung der Felsoberfläche und mündete anschliessend mit 12% Neigung in das Auslaufbauwerk. Das Auslaufbauwerk auf der linken Seite des Aarebettes oberhalb der Mündung des Stollens von Grundablass und Saughebern wurde als offener trapezförmiger Kanal und Auslauf mit Strahlableiter zur Energievernichtung geplant und war sowohl für die Variante Sprengausbruch als auch diejenige mit mechanischem Vortrieb in gleicher Form vorgesehen.

Da man nicht sicher war, ob ein mechanischer Vortrieb mit diesem Längenprofil überhaupt möglich war, sowie um erste Anhaltspunkte über die zu erwartenden Kosten

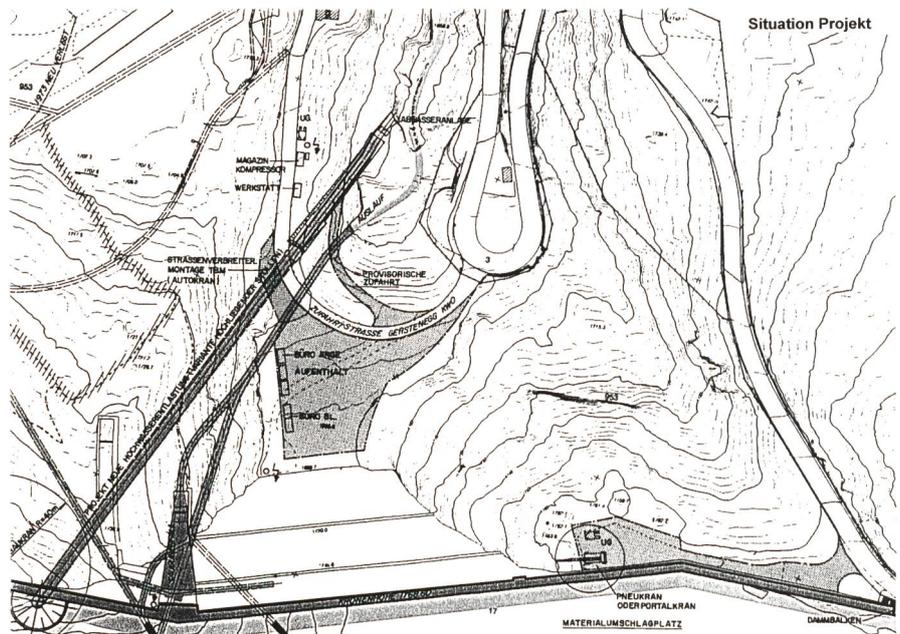


Bild 1. Übersicht über die Staumauer und die neue Hochwasserentlastungsanlage.

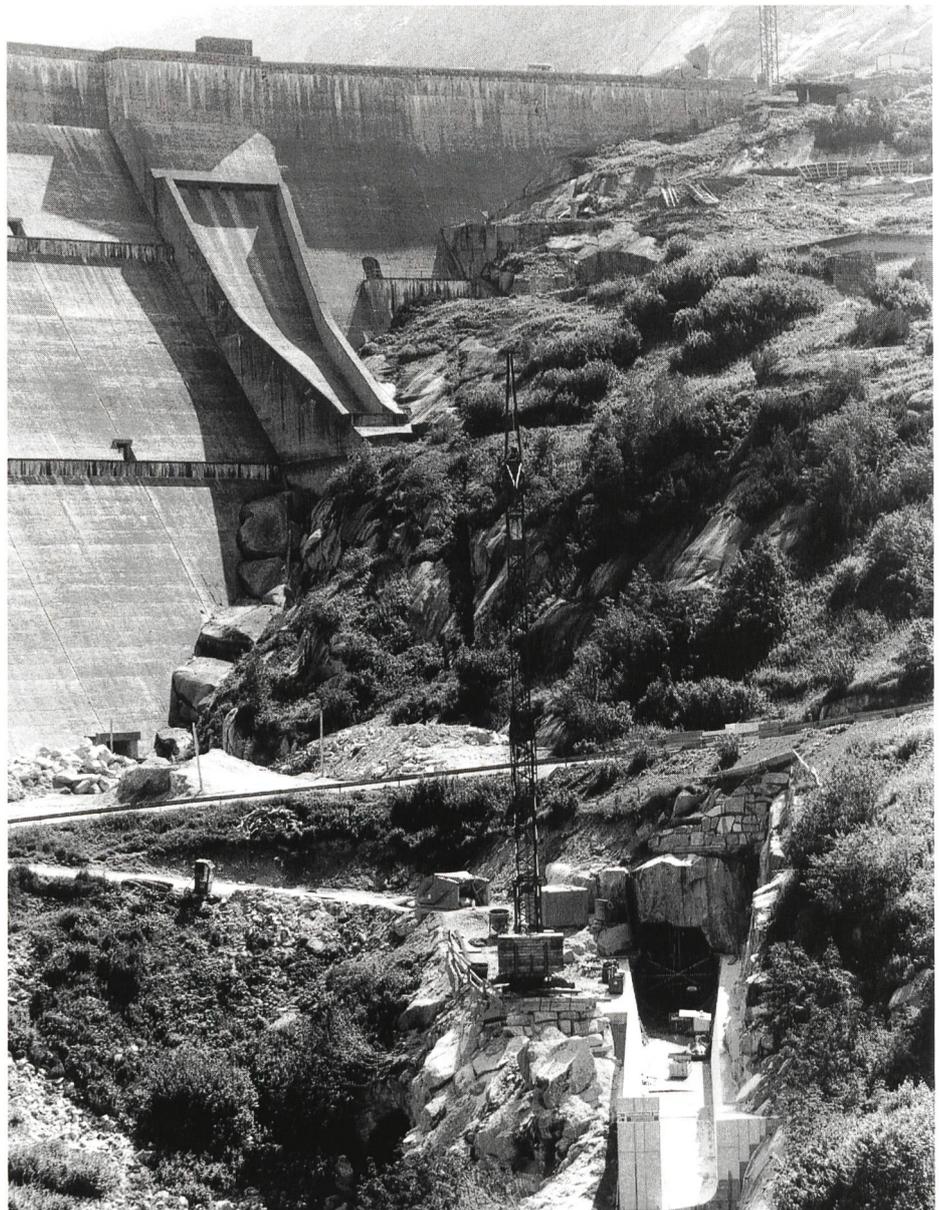


Bild 2. Übersicht über die Baustellen. Im Vordergrund Auslauf, oben rechts Einlauftrichter, oben links Saugheber.

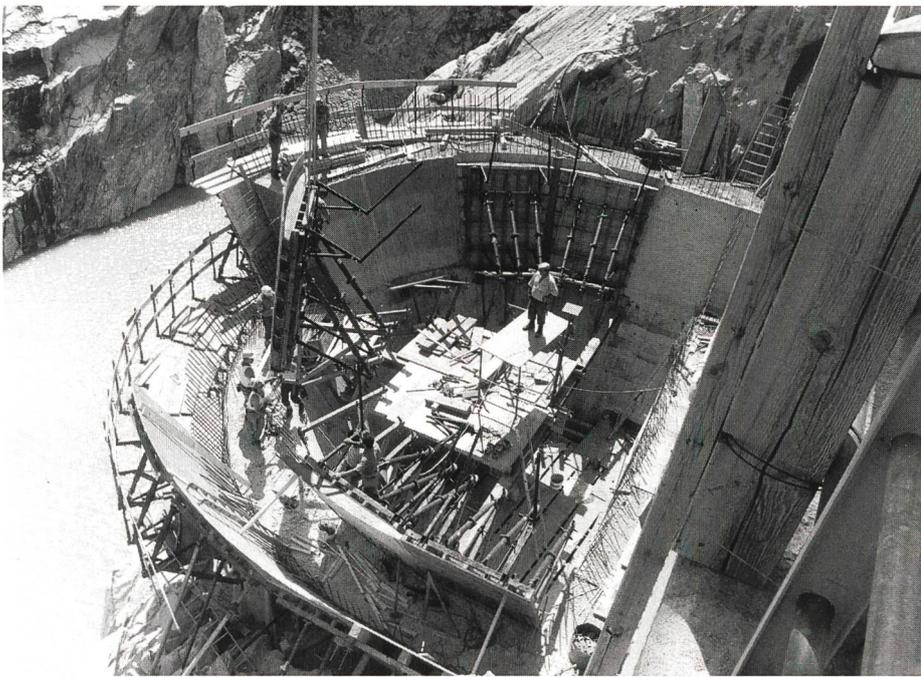


Bild 3. Der Einlauftrichter im Bau.



Bild 4. Die neue Wasserrückgabe in die Aare.

zu erhalten, wurden Vorofferten von zwei im einschlägigen Bereich tätigen Firmen eingeholt. Diese Vorofferten zeigten, dass die Variante mechanischer Vortrieb sowohl technisch möglich wie auch von der Kostenseite

her interessant war, indem der Hauptteil des Stollens ohne Auskleidung ausgeführt werden konnte. Ebenso waren Vorteile bei Bauvorgang und Bauzeit zu erwarten. Dies führte zur Favorisierung dieser Variante.

Zur Überprüfung der Dimensionierung, der genauen Lage des kritischen Querschnitts, der Belüftung und der Detailgestaltung des Strahlablenkers wurden im Wasserbaulabor der EPFL Modellversuche mit dieser Variante durchgeführt. Sie bestätigten die dem Projekt zugrunde gelegten Werte und lieferten die geforderten Erkenntnisse für die Detailkonstruktion.

4. Bauausführung

Um für die Submission im Winter 1995/96 keine Einschränkungen vorzugeben, wurden sowohl die Variante A Sprengausbruch wie auch die Variante B mechanischer Ausbruch ausgeschrieben. Nach Eingang der Offerten lag die einzige eingereichte Offerte für die Variante B in der Spitzenposition, etwa gleichrangig mit der günstigsten Offerte für Variante A. Nach diversen Verhandlungen und Preisbereinigungen mit den beiden Anbietern erhielt der Anbieter mit Variante B, mechanischer Vortrieb, den Zuschlag.

Der Bauvorgang des Unternehmers sah vor, nach der Schneeschmelze im Juni 1996 den Aushub und Felsausbruch für das Auslaufbauwerk zu beginnen, um in diesem Voreinschnitt die Montagefläche für die TBM zu schaffen. Für die Zeit von Mitte bis Ende Juli war der Ausbruch der etwa 10 m langen Startröhre vorgesehen und ab Ende Juli die etwa drei Wochen dauernde Montage der TBM. Der Vortrieb des Stollens sollte in der letzten Woche August beginnen und bis Ende September beendet sein. Darauf war im Oktober noch der Rückzug der TBM und deren Demontage vorgesehen. Im darauf folgenden Jahr 1997 war mit Anfang März ein für diese Gebirgsbaustelle sehr früher Baubeginn vorgesehen. Dabei waren vor allem der mit zwei Monaten veranschlagte Felsausbruch für den Trichter seeseits und die anschliessenden, anspruchsvollen Betonarbeiten (Bild 3) massgebend, um den Wiederaufstau des Sees nicht zu stark zu behindern. Mit der zweiten Baustelle wurde das Auslaufbauwerk (Bilder 2 und 4) erstellt. Das Bauprogramm sah eine Fertigstellung des gesamten Bauwerks auf Ende August 1997 vor.

Der Beginn der Bauarbeiten im Juni 1996 war gekennzeichnet durch Schwierigkeiten und Verzögerungen beim Bewilligungsverfahren (ein Erlernenbewuchs beim Voreinschnitt wurde von der zuständigen Waldabteilung als Wald beurteilt und damit eine Rodungsbewilligung gefordert) sowie beim Voreinschnitt durch Hang- und Felssicherungen. Montage und Vortrieb mit der TBM konnten mit einer Verspätung von rund einem Monat begonnen werden. Der Vortrieb erreichte zu Beginn nicht die geforderten Werte. Später wurden sie aber übertroffen, sodass

der Rückstand auf das Bauprogramm gesamthaft nicht wesentlich zunahm. Der Vortrieb des Stollens erfolgte bis zu einer Pilotbohrung, welche im Zentrum des Trichters erstellt wurde, die einwandfreie kompakte Felsqualität bestätigte und sich nur rund 20 m von der seeseitigen eingestauten Felsoberfläche befand. Auch nach dem Rückzug der TBM war der Stollen absolut dicht. Die Demontage der TBM konnte noch unmittelbar vor dem definitiven Wintereinbruch Mitte November 1996 abgeschlossen werden.

Die Bauarbeiten im Frühjahr 1997 litten unter den bis im Juni häufigen winterlichen Verhältnissen und den damit verbundenen Schwierigkeiten mit Installationen sowie dem ungenügenden Arbeitsfortschritt beim seeseitigen Felsausbruch. Das vorgeschriebene schonende Sprengen infolge der unmittelbaren Nähe der Staumauerfundation erwies sich als schwierig, wie auch die Messungen der zur Kontrolle eingerichteten Erschütterungsmessgeräte zeigten. Zur Sicherung der Staumauerfundation mussten zudem von der Luftseite her zusätzlich einige Felsanker eingebaut werden. Der Rückstand auf das Bauprogramm erreichte bei der seeseitigen Baustelle Anfang Juli das Maximum von rund vier Wochen. Von der Bauleitung wurden in Zusammenarbeit mit dem Unternehmer Massnahmen eingeleitet, um diesen Rückstand bei den Betonarbeiten wieder wettzumachen. Diese Massnahmen umfassten vor allem zusätzliches Schalmaterial sowie mehrere Arbeitsschichten und Samstags-/Sonntagsarbeit. Die Baustelle für das Auslaufbauwerk war ebenfalls im Rückstand, aber nicht kritisch. Mit dem Beginn der aufgehenden Betonkonstruktion seeseits konnte ein Teil des Terminrückstandes wieder aufgeholt werden. Anfang November wurde das fertig gestellte Bauwerk erstmals eingestaut (Bild 5).

5. Erstelltes Bauwerk

Während des Ersteinbaus im Oktober/November 1997 musste festgestellt werden, dass trotz sehr kompaktem, dichtem Fels und schonendem Sprengen die Dichtigkeit ungenügend war. Der Unternehmer beauftragte von sich aus eine Spezialfirma, Abdichtungsarbeiten insbesondere in Betonierfugen mit Flüssigkunststoffen vorzunehmen. Die Arbeiten waren jedoch nur teilweise erfolgreich. Die Durchsickerungen und die dadurch entstehende Eisbildung wurden während des Winters 1997/98 beobachtet. Es war klar, dass diese Undichtigkeiten nicht akzeptiert werden konnten, da Funktionstüchtigkeit und Dauerhaftigkeit beeinträchtigt waren. Deshalb wurde durch das Ingenieurbüro Stucky ein Projekt für die Ausführung von Zementin-

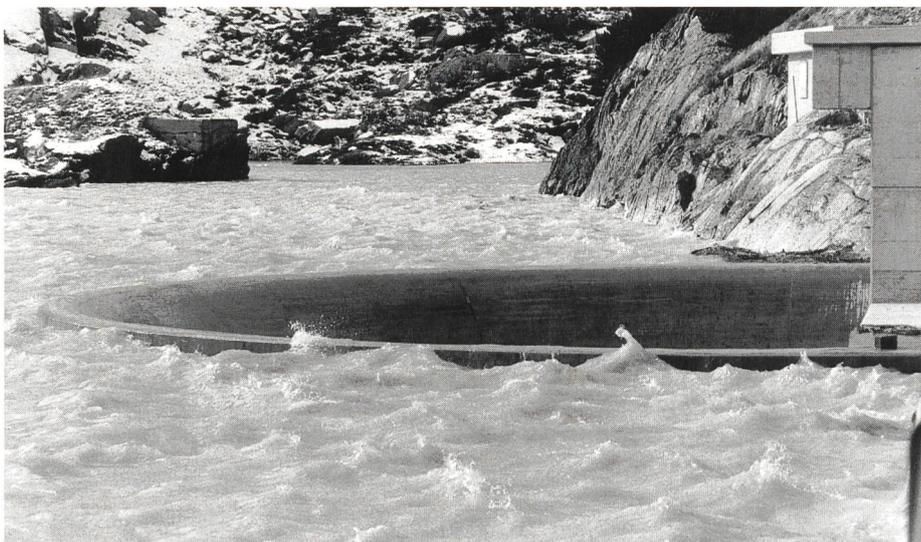


Bild 5. Fertiger Einlauftrichter bei Vollstau.

jektionen ausgearbeitet und eine Submission durchgeführt. Im Frühsommer 1998 bei tiefem Seestand wurden die Zementinjektionen von unten nach oben systematisch in jeder Betonierfuge zweistufig, das heisst im umliegenden Fels und in der Betonkonstruktion, ausgeführt. Die Bohrungen wurden einerseits an potenziell kritischen Stellen und andererseits systematisch alle 2 bis 3 m in eine Tiefe von 4 bis 6 m ausgeführt. Die gesamte injizierte Zementmenge betrug 7040 kg. Der Erfolg dieser Massnahme war offensichtlich. Die Durchsickerungen konnten praktisch vollständig eliminiert werden.

Die Hochwasserschutzmassnahmen an der Stauanlage Räterichsboden umfassten zudem eine Kronenerhöhung mit Brüstungsmauer auf der Ostseite und leichte Erhöhungen des Strassenrandes der Grimselstrasse, um eine Überflutung zu verhindern, sowie eine Schutzwand unterhalb des Auslaufbauwerks im Aarebett, um einen Brückenpfeiler der Grimselstrasse vor direktem Anprallwasser zu schützen. Diese Massnahmen wurden bzw. werden in den Sommern 2000 bis 2002 ausgeführt.

Am 14./15. Oktober 2000 fielen im Einzugsgebiet, wie zur gleichen Zeit im Kanton Wallis, ausserordentliche Niederschläge, welche zu einem starken Ansteigen des Sees und zum erstmaligen Betrieb der Hochwasserentlastung führten. Gleichzeitig kamen aber auch sämtliche Saugheber in Betrieb, sodass während zwei bis drei Stunden ein Abfluss von 100 bis 120 m³/s entstand, welcher bereits zu erheblichen Schäden am Aarebett führte. Um in Zukunft solche unnötigen Schäden zu vermeiden, wurde nach der Analyse des Ereignisses beschlossen, die Saugheber so umzubauen, dass sie künftig automatisch seestandsabhängig gestaffelt in Betrieb gehen werden. Die Hochwasserableitung wird dadurch nicht beeinträchtigt. Die neue

Hochwasserentlastung erfüllt durch die Charakteristiken des freien Überfalls die Forderung nach progressiver Zunahme des Abflusses mit steigendem Seestand, ohne jedoch unnötig hohe Abflussmengen und damit Schäden auszulösen.

6. Kosten

Der beantragte Kredit für Hochwasserentlastung und ergänzende Hochwasserschutzmassnahmen betrug 4,1 Mio. CHF und konnte eingehalten werden.

7. Erkenntnisse und Erfahrungen

Bei der Bauausführung wurden folgende, zum Teil altbekannte, aber immer wieder zu wenig berücksichtigte, Erkenntnisse und Erfahrungen gewonnen, welche beachtet werden sollten:

- Gebirgsbaustellen im Winter bedürfen wintersicherer Installationen und geschützter Arbeitsstellen.
- Vorgaben für schonendes Sprengen im Bereich bestehender Bauwerke sind meist schwierig einzuhalten. Die zulässigen Geschwindigkeiten sollten nicht zu tief angesetzt werden. Die geringen Ausbruchleistungen sind zeit- und kostenintensiv.
- Bei Betonbauwerken, welche eingestaut werden, sollte bei der Abdichtung der Arbeitsfugen nicht gespart werden. Es lohnt sich, sämtliche bekannten Massnahmen zur Abdichtung lückenlos vorzusehen.
- Auf Zementinjektionen in den umgebenden Fels kann trotz vermeintlich dichtem Fels und aller übrigen Massnahmen nicht verzichtet werden.

Anschrift des Verfassers

Georges Collet, dipl. Bauingenieur HTL, Leiter Bau, Kraftwerke Oberhasli AG, CH-3862 Innertkirchen.