

Umbau und Sanierung des Grundablasses beim Wasserkraftwerk Mühleberg

Autor(en): **Holzer, Walter / Reutemann, Martin**

Objektyp: **Article**

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

Band (Jahr): **91 (1999)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-940032>

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.

Umbau und Sanierung des Grundablasses beim Wasserkraftwerk Mühleberg

Walter Holzer und Martin Reutemann

Das Wasserkraftwerk Mühleberg – das grösste Flusskraftwerk der BKW FMB Energie AG – wurde 1917–1921 erstellt. Die entsprechende Talsperre, hinter der sich der Wohlensee gebildet hat, enthält u. a. einen in der rechten Talflanke angeordneten Grundablass. Grundablässe sind Sicherheitsorgane und dienen der Absenkung des Stauspiegels in Notsituationen. Der vorliegende Grundablass wurde 1997 und 1998, nach einer längeren Projektierungs- und Bewilligungsphase, umgebaut und saniert. Der Umbau war eine anspruchsvolle und vielseitige Bauaufgabe, welche erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

1. Ausgangslage

1.1 Allgemeines

Die 20 m hohe Talsperre des Wasserkraftwerks Mühleberg untersteht der eidgenössischen Talsperrenverordnung und somit der Oberaufsicht des Bundesamtes für Wasserwirtschaft (BWW), Sektion Talsperren. Die Anlage umfasst auch den als Stollen ausgebildeten Grundablass.

Im Rahmen der Expertentätigkeit (5-Jahres-Expertisen) von Prof. J. P. Stucky wurde 1988 der Grundablass näher untersucht. Die Untersuchung von Betonproben aus der Auskleidung des Stollens ergab tiefe Festigkeitswerte; zudem wurden im Beton Risse und an der Sohle einzelne Erosionsschäden festgestellt. Von sicherheitsrelevanter Bedeutung war die Frage, ob die Betonauskleidung bei grosser Wassergeschwindigkeit im lang dauernden Betrieb genügend erosionsbeständig ist.

Aufgrund der Empfehlung des Experten wurde die zulässige Abflussmenge im Grundablass ab 1989 stark eingeschränkt. Um die Funktionstüchtigkeit wieder zu gewährleisten, musste eine Sanierung des Stollens ins Auge gefasst werden. Auf Veranlassung des BWW wurde ein Umbau- und Sanierungsprojekt erarbeitet.

1.2 Das bestehende Bauwerk

Der Grundablass besteht aus einem rund 140 m langen Stollen in der rechten Talflanke und einem im Stausee angeordneten Einlaufbauwerk mit den Abschlussorganen (Bild 1). Der Stollen diente während der Bauzeit 1917–1921 vorerst als Umleitstollen und umfährt die Talsperre in einem leichten Bogen. Er mündet 80 m unterhalb des Stauwehrs in die Aare.

Der Einlauf zum Grundablassstollen ist zweiteilig ausgeführt. Die zwei rechteckigen, 4 m breiten Einlauföffnungen enthalten hintereinander je eine Gleitfahrschütze und eine Segmentschütze (heute demontiert).

Der Grundablassstollen hat einen Maulquerschnitt mit einer Höhe von 4,25 m und einer Breite von 7,55 m. Das Sohlengefälle beträgt 5 ‰. Die Sohle liegt tiefer als der Niederwasserspiegel der Aare; somit ist ständig stehendes Wasser im Stollen vorhanden.

1.3 Geologische Verhältnisse

Der Grundablassstollen liegt auf der ganzen Länge in der Molasse (untere Süsswassermolasse). Diese besteht zu etwa $\frac{1}{3}$ aus Sandstein und zu etwa $\frac{2}{3}$ aus bunten Mergeln. Im Bereich des Grundablasses herrscht Feinsandstein vor. Es bestand die Vermutung, dass auch Einlagerungen von quelfähigem Material vorhanden sein könnten.

1993 und 1994 wurden geologische Untersuchungen unter der Leitung des «Geotechnischen Institutes AG» durchgeführt. Dabei wurden zwei Bohrungen im Bereich des künftigen Schützenschachtes – also oberhalb der Sperrachse – von der Oberfläche aus abgeteuft. Eine weitere Bohrung wurde im Stollenninneren in die Sohle abgeteuft. Diese hatte den Zweck, das vermutete Vorkommen von quelfähigem Material zu ergründen. Die erhaltenen Aufschlüsse gaben aber keinen Anlass zur Beunruhigung.

Zur Erkundung der Wasserdruckverhältnisse im Molassefels wurden in der Nähe des künftigen Schützenschachtes zusätzlich drei kleinkalibrige Bohrungen erstellt und mit Porenwasserdruckgebern ausgerüstet. Die Messungen ergaben, dass der Felsgrundwasserspiegel etwas variiert und im Mittel etwa 4,50 m über dem Stollenscheitel liegt.

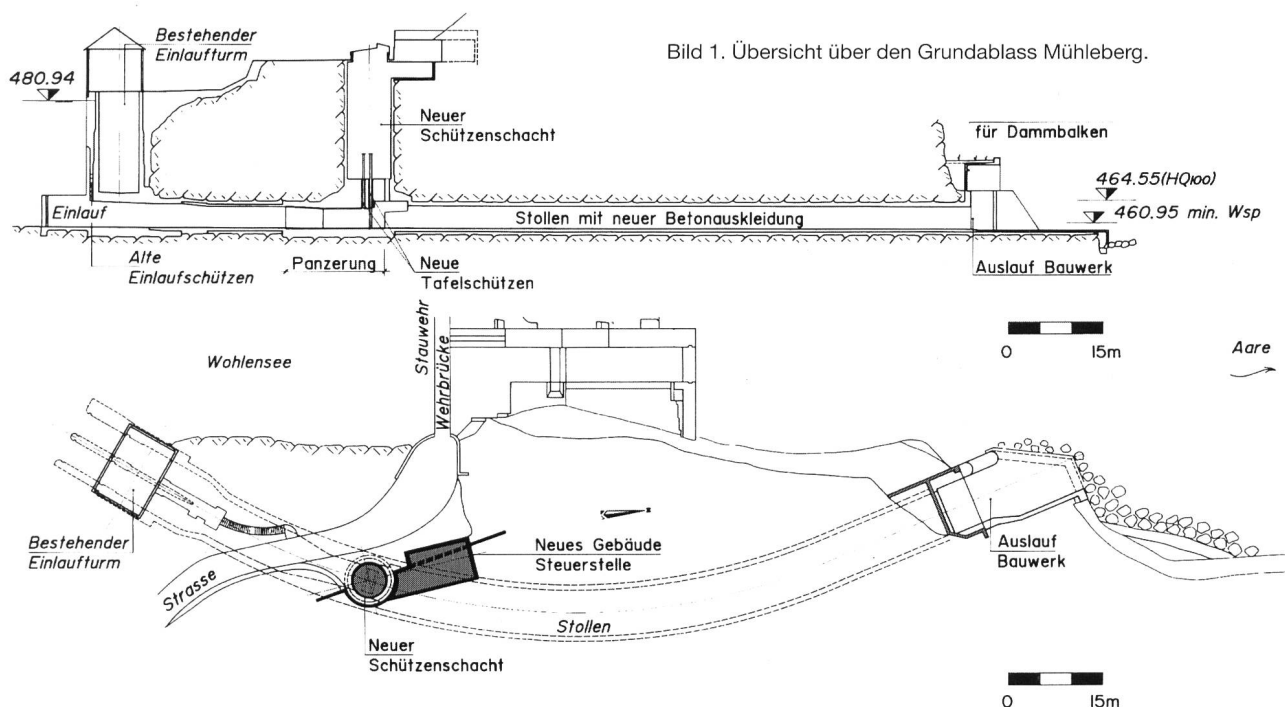


Bild 1. Übersicht über den Grundablass Mühleberg.

2. Umbau- und Sanierungskonzept

Im Einvernehmen mit dem BWW ergab sich folgendes Umbaukonzept: Im Schutze der vorhandenen Abschlussorgane beim Einlauf wurde etwa 40 m flussabwärts ein Schützenschacht erstellt. Unten, in der neuen Schützenschutzenschacht, sind die neuen Abschlussorgane (ölhydraulisch betätigte Tafelschützen, Grösse 4,00 × 3,10 m) eingebaut. Die aus der Bauzeit des Kraftwerks stammenden Segment-schützen wurden demontiert und der Einlauffturm innen umgebaut. Die Tafelschützen beim Einlauf wurden belassen. Sie dienen als Abschluss gegen den Stausee während der Bauarbeiten und werden später gebraucht, wenn im Grundablass Revisions- und Instandhaltungsarbeiten durchgeführt werden müssen. Der Stollen erhielt auf der ganzen Länge eine neue, auf den vorhandenen Beton aufgebrachte Betonauskleidung. Eine Verringerung des Durchflussquerschnittes musste in Kauf genommen werden. Das Auslaufbauwerk wurde saniert, Dammbalken (als Revisionsabschluss) beschafft und für diese ein Unterstand gebaut.

Die neue Kapazität des Grundablasses beträgt gemäss hydraulischer Berechnung bei Normalstau 210 m³/s, gegenüber den ursprünglichen etwa 300 m³/s. Die neue Abflusskapazität liegt immer noch bedeutend über dem Q_m der Aare von 125 m³/s. Die Bewältigung von Hochwasserereignissen ist nicht Aufgabe des Grundablasses.

3. Der Grundablass-Umbau

3.1 Schützenschacht und -kammer

Ungefähr 40 m hinter dem Einlauf wurde ein etwa 25 m tiefer Vertikalschacht abgeteuft. Der lichte Durchmesser des mit einer Betonauskleidung versehenen Schachtes beträgt 7,00 m. Zuunterst, in der im Stollen eingebauten Schützenschutzenschacht, sind die neuen Schützen angeordnet. Durch den Schützenschacht konnten während des Baus u.a. die Stahlpanzerungselemente und die neuen Schützen abgeseht werden. Der Schacht dient heute vor allem als Zugang zu den Schützen.

Vor und nach der Schützenschutzenschacht wurde auf einer Gesamtlänge von 15 m eine Stahlpanzerung eingebaut. Im Bereich der Panzerung und der unterwasserseitig anschliessenden Lufteintragskammer musste zu Beginn die vorhandene Stollenauskleidung vollständig herausgebrochen werden. In die Lufteintragskammer, wo der Stollenquerschnitt seitlich und vor allem oben erweitert ist, münden zwei Belüftungsrohre von je 1000 mm Durchmesser. Die Luftzufuhr erfolgt vom Schützenschacht her.



Bild 2. Betonieren der UW-seitigen Stollensohle mit Konterschaltung.

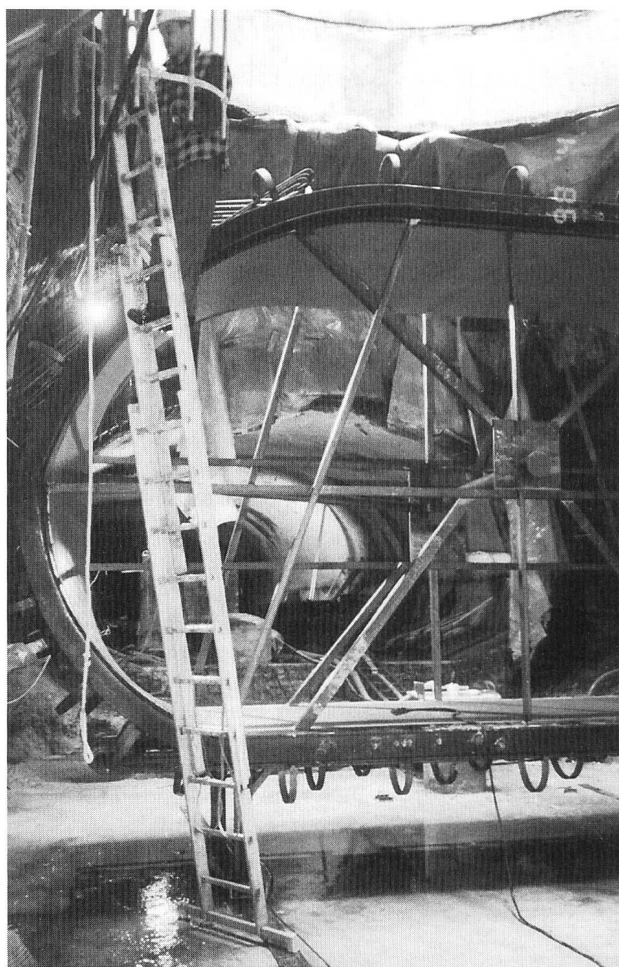


Bild 3. Ein abgesehtes Panzerungselement wird zum Längsverschieben vorbereitet. Blick Richtung UW.

3.2 Abschlussorgane

Als Betriebs- und Revisionsschütze wurde je eine Tafelschütze mit den lichten Abmessungen 4,00 × 3,10 m erstellt und montiert. Die Schützen lassen sich gegen fließendes Wasser schliessen. Im Notfall kann die Revisionsschütze die Funktion der Betriebsschütze übernehmen. Die Schützensgehäuse sind mit der ober- und unterwasserseitigen Panzerung verbunden und als selbsttragende Stahlkonstruktion konzipiert; sie sind aber vollständig von Beton umhüllt.

Als Revisionsabschluss gegen das Unterwasser, zum Einbau in das Auslaufbauwerk (lichte Breite 7,58 m), wurden Dammbalken aus Stahl beschafft.

3.3 Gebäude «Steuerstelle»

Oberirdisch, unmittelbar neben dem Schützenschacht wurde ein kleines Gebäude erstellt. Es dient als Zugang zum Schützenschacht und zur Unterbringung der ölhydraulischen Schützenantriebe sowie der elektrischen Anlagen zur Steuerung und Überwachung. Im Erdgeschoss (Steuer-raum) wurde genügend Platz freigehalten, damit später – bei einer Erneuerung des Stauwehrs – die entsprechenden Einrichtungen für das Wehr untergebracht werden können (das Gebäude liegt relativ nahe beim Stauwehr). Die architektonische Gestaltung des Gebäudes, welches grösstenteils in den Hang hineingebaut werden musste, und dessen Verbindung mit dem Schützenschacht dürfen als gelungen bezeichnet werden (Bild 6).

3.4 Grundablassstollen

Mit dem Umbau ergaben sich zwei in der Funktion und Nutzung unterschiedliche Stollenabschnitte. Der obere



Bild 4. Ein Schützengehäuse bereit zum Absenken. Im Vordergrund ist der Schützenschacht zu erkennen. Hinter dem BKW-Kran sind das Wehr und das Maschinenhaus zu sehen.

Stollenabschnitt, zwischen Einlaufbauwerk und Schützenkammer, ist normalerweise, wenn die neue Schütze geschlossen ist, einem Innenwasserdruck von etwa 20 m WS ausgesetzt. Wird dieser Stollenabschnitt entleert, so wirkt ein Aussenwasserdruck (Belastungsannahme: Wasserdruck entsprechend dem Normalstau des Sees). Um diese Belastungen aufnehmen zu können, wurde eine armierte Auskleidung, Stärke 40 bis 50 cm, mit «wasserdichtem» Beton B 45/35 eingebaut. Die vorhandene Betonauskleidung blieb grösstenteils bestehen und diente als Untergrund für den neuen Beton. Der untere Stollenabschnitt, d. h. der Stollen unterhalb der Schützenkammer, ist wie im bisherigen Zustand drainiert und nur auf einen beschränkten Aussenwasserdruck (max. 10 m WS über der Stollensohle) ausgelegt. Die alte Betonauskleidung in diesem Abschnitt wurde ergänzt und verstärkt, indem eine neue armierte Betonsohle eingezogen und auf das Gewölbe ein armerter Spritzbeton von 20 cm Stärke aufgebracht wurde. Damit kein grösserer äusserer Wasserdruck entstehen kann, wurden Drainagebohrungen ausgeführt, welche durch die neue und die bestehende Verkleidung bis in den Fels hineinreichen.

3.5 Einlaufbauwerk

Hier waren nach dem Entfernen der alten Segmentschützen bauliche Anpassungen notwendig. Als Decken über den zwei rechteckigen Einlaufquerschnitten wurden unten im Einlaufurm massive Betonplatten eingezogen.

3.6 Auslauf

Das unten an einem steilen, felsigen Hang liegende Auslaufbauwerk blieb im wesentlichen unverändert. Eine neue

Betonsohle wurde aufgebracht. Beim Ende des Bauwerkes, am Rand des Flussbettes, mussten Kolke aufgefüllt werden. Damit die beschafften Dammbalken an Ort gelagert werden können und geschützt sind, wurde – aufgesetzt auf die Mauern des Auslaufbauwerkes – ein Unterstand aus Beton gebaut. Im weiteren wurde direkt nach dem Auslauf die Uferböschung neu gestaltet und mit Natursteinblöcken verbaut.

3.7 Bauablauf und Bauzeit

Begonnen wurde Anfang Juni 1997 mit dem Hanganschnitt für das Gebäude und den Schützenschacht. Anschliessend wurde von dort aus der Schützenschacht abgeteuft. Der Schacht diente dann als Erschliessungsweg für die weiteren Teilbaustellen im Stollen und Einlaufbauwerk. Parallel zu den Bauarbeiten im Stollen (Bild 2), ab September 1997, wurden die Bauobjekte beim Auslauf erstellt. Im April 1998 konnte mit der Montage der bis zu 18 t schweren Panzerungselemente begonnen werden (Bild 3). Die neuen Schützen wurden Anfang September 1998 antransportiert und eingehoben (Bild 4). Das Gebäude «Steuerstelle» wurde z. T. parallel zu anderen Bau- und Montagearbeiten im Frühling und Sommer 1998 gebaut. Die letzten Montagearbeiten sowie die Ausprüfungen erfolgten im Oktober und November 1998. Anfang Dezember 1998 wurden die Schützen geschlossen, dem Wasserdruck ausgesetzt (Dichtigkeitskontrolle) und anschliessend mit Teilöffnungen Funktionskontrollen unterzogen. Seither ist der Grundablass wieder betriebsbereit (Bilder 5 und 6).

Die Bau- und Montagezeit von insgesamt 18 Monaten dauerte aus verschiedenen Gründen ungefähr zwei Monate länger als geplant. Das Ziel – die Fertigstellung spätestens vor Weihnachten 1998 – konnte aber eingehalten werden.

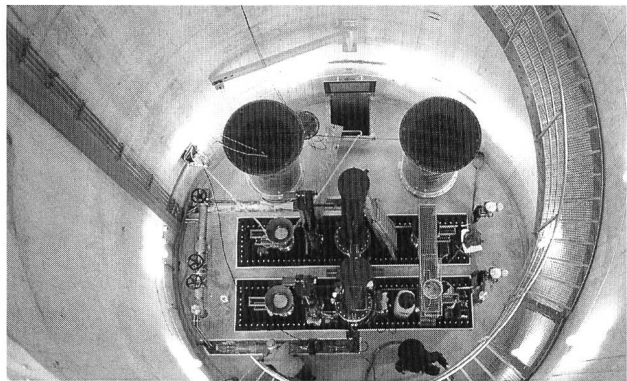


Bild 5. Blick von oben in den Schützenschacht. Unten die beiden Schützen bzw. deren Hydraulikzylinder, oben links und rechts die Belüftungsrohre, in der Mitte der Einstieg in den Grundablass.

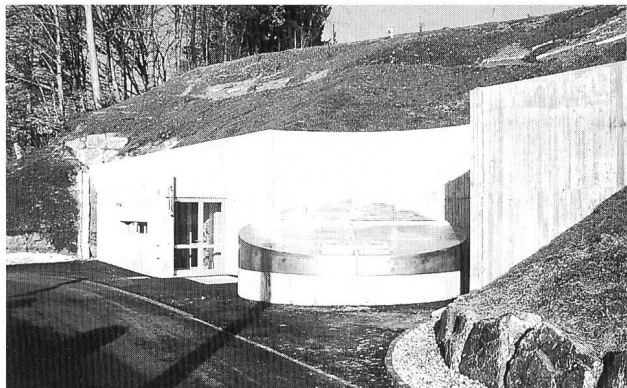


Bild 6. Blick auf den Schützenschachtdeckel und die lokale Steuerstelle.

4. Einzelheiten der Bauausführung

4.1 Auslaufbauwerk, Dammbalkenunterstand, Uferverbauung

Ein wesentlicher Teil der Sanierung beim Auslaufbauwerk sowie der tiefere Teil der Uferverbauung (mit Foundation der Natursteinblöcke) hätten im Wasser ausgeführt werden müssen. Schon in der Projektphase entschloss man sich zu einer Baugrubenumschliessung mit Spundwand und «Trockenlegung» des Bereiches; dies vor allem, weil damit eine höhere Ausführungsqualität der Bauteile möglich war.

Das Auslaufbauwerk liegt unter einem 40 m hohen felsigen Abhang und ist nur vom Stollen her oder über das Wasser, vom anderen Aareufer her, zugänglich. Die Bauunternehmung entschloss sich – anstelle der Erschliessung via Wasserweg –, oben an der Steilböschung einen grossen Kran mit einem 65-m-Ausleger zu installieren. Mit dessen Hilfe konnten alle Arbeiten (auch die Spundwand) ausgeführt und alles Baumaterial transportiert werden.

4.2 Aushub Schützenschacht, Erschütterungsmessungen

Der Schützenschacht wurde im Sprengvortrieb abgeteufelt. Die Abschlagstiefe betrug rund 1,40 m, gegen den Schluss nur etwa 80 cm. Das Felsmaterial, vorwiegend Sandstein, wurde mit einem Kleinbagger aufgeladen und mittels Kran nach oben befördert. Die Felswände im Schacht erhielten sofort eine Spritzbetonschicht von 8 bis 10 cm Dicke. Wegen der Erschütterungen bei den Sprengungen und der Nähe von wichtigen Bauten wurden Erschütterungsmessungen durchgeführt (Messstellen oben auf der Staumauer sowie im Einlaufurm). Mit zunehmender Vortriebstiefe im Schacht nahmen die Erschütterungsgeschwindigkeiten zu und erreichten im bestehenden Einlaufurm auf einer Betondecke den Maximalwert von 9 mm/s. In der Schlussphase des Sprengvortriebes mussten wegen der relativ hohen Erschütterungsgeschwindigkeiten die Ladungsmen-

gen reduziert werden. Schäden an den bestehenden Bauten entstanden keine.

4.3 Felsniederbruch im Stollen

Im Bereich Schützenschacht und Stahlpanzerung musste die bestehende Betonauskleidung herausgebrochen werden, um Platz für den Einbau der Panzerung zu schaffen. Der freigelegte Fels machte einen standfesten Eindruck. In erster Linie als Massnahme gegen kleinere Ablösungen wurden im Gewölbebereich 3 bis 4 m lange Stahllanker mit Klebepatronen versetzt. Trotzdem ereignete sich am 15. April 1998 ein Felsniederbruch. Vom Stollengewölbe, im Bereich direkt anschliessend an den Schützenschacht, stürzten plötzlich etwa 7 m³ Sandstein auf die Stahlpanzerung, die sich in der Montagephase befand. Glücklicherweise waren zu diesem Zeitpunkt keine Leute auf dem «Dach» der Panzerung. Die Hauptursache für den Niederbruch waren schlecht erkennbare Felsklüfte, die ungünstig verliefen. Die meisten der erwähnten Anker versagten, d. h. wurden ausgerissen. Bevor die Bau- und Montagearbeiten fortgesetzt werden konnten, mussten das abgestürzte Felsmaterial weggeräumt und dann neue bzw. zusätzliche Felsanker versetzt werden. Zur Anwendung kamen jetzt 5 m lange Anker (Ø 24 mm) aus GFK, ausinjiziert mit PU. Sie wurden mit Kopfplatten versehen und angespannt.

5. Schlussbemerkungen

Abgesehen vom erwähnten Felsniederbruch verliefen die anspruchsvollen Bau- und Montagearbeiten ohne nennenswerte Zwischenfälle. Der Kostenvoranschlag von 8,25 Mio Franken wird deutlich unterschritten; dies hauptsächlich, weil die Baumeisterarbeiten und der Stahlwasserbau wesentlich preisgünstiger vergeben werden konnten. Der sanierte und umgestaltete Grundablass kann nun weitere 80 Jahre seinen Dienst erfüllen.

Adresse der Verfasser: *Walter Holzer*, dipl. Bauing. HTL, *Martin Reutemann*, dipl. Bauing. ETH, BKW FMB Energie AG, Abt. Kraftwerke, Viktoriaplatz 2, CH-3000 Bern 25.

Coup de pioche symbolique à Aubonne

Nouveau barrage vaudois

Le premier coup de pioche du dernier grand chantier hydroélectrique de cette fin de siècle en Suisse romande a été donné le 12 mars dans la commune vaudoise d'Aubonne. Ce nouvel aménagement permettra de fournir plus de 30 millions de kilowattheures d'électricité aux habitants de la région dès le mois de septembre 2000.

Petite entreprise régionale équipée de sa propre usine, la Société électrique des forces de l'Aubonne (SEFA) avait bataillé dur pour obtenir l'autorisation d'accroître sa capacité de production. Elle a franchi une étape décisive ce vendredi 12 mars en donnant le premier coup de pioche symbolique des débuts des travaux, en présence de nombreuses personnalités du canton et de la région.

Cette cérémonie a eu lieu à l'entrée du vallon de l'Aubonne, où se dérouleront d'importants travaux de terrassement. Elle a été suivie de l'inauguration du centre d'accueil qui abritera une exposition permanente consacrée aux richesses naturelles du vallon et à la présentation de cet ouvrage hydraulique. Agrémentée par des présentations multimédias et des maquettes, cette exposition sera le point de départ de visites guidées sur le chantier.

Les travaux débiteront par la pose d'une conduite de trois kilomètres entre le barrage et le bassin de compensation. Puis on procédera, dès cet été, aux premiers ouvrages de terrassement de la nouvelle centrale et aux aménagements liés aux compensations écologiques, telles la mare à castors et la suppression des seuils artificiels qui entravent la migration des poissons.

Les travaux de modification au barrage devraient être achevés au début de l'an 2000. Ils seront suivis de l'installation de trois groupes hydroélectriques d'une puissance installée de 12 mégawatts. Dès la mise en eau de l'ouvrage, au mois de septembre de l'année prochaine, la production annuelle passera de 12 à plus de 30 millions de kilowattheures. La concession autorise la SEFA à porter cette production à 42 millions de kilowattheures. Mais la prochaine libéralisation du marché de l'électricité a contraint le maître de l'ouvrage à redimensionner la construction de la centrale pour obtenir des coûts de production compétitifs. Cet exemple illustre le poids des taxes et des redevances hydrauliques qui pèsent sur la production suisse et qui représentent parfois plus de 50 % des coûts d'exploitation. Pour le directeur de la SEFA, René Bautz, une volonté politique est nécessaire pour corriger cette situation afin de ne pas porter atteinte à la compétitivité de notre seule ressource énergétique naturelle dans le cadre de la libéralisation de l'électricité.