

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 138 (2012)
Heft: 46: Pumpspeicher XXL

Artikel: Kehrtunnel und schwimmende Betoninseln
Autor: Bertholet, François / Vuilloud, Eric
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-309443>

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

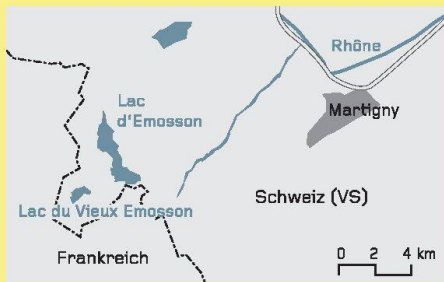
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 26.11.2024

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

KEHRTUNNEL UND SCHWIMMENDE BETONINSELN

Bereits in den 1920er-Jahren erkannten die SBB das hydraulische Potenzial des Val de Trient bei Martigny und nutzen es seitdem für die Energieproduktion. Heute sind die in Betrieb stehenden Stauanlagen die Grundlage für den Bau eines neuen Pumpspeicherkraftwerks. Die Elektrizitätsgesellschaft Alpiq AG, die SBB und die Walliser Elektrizitätswerke FMV bauen gemeinsam das zweitstärkste Pumpspeicherkraftwerk der Schweiz.



01

01 Lage der Stauseen im Gebiet von Emosson.
(Karte: alw)

02 Die Pontons im Stausee Emosson sind im Winter über der Stelle vertäut, an der im Sommer ein Ein-/Auslaufbauwerk auf den Grund abgesenkt worden ist (vgl. Abb. 04 rechts oben). Im Vordergrund die für die Bauarbeiten nicht nutzbare alte Fahrstrasse zur Staumauer von Vieux Emosson (vgl. Abb. 04 Mitte).
(Foto: Rudolf Müller)

Von 1920 bis 1928 erstellten die SBB als Eckpfeiler der Bahnstromversorgung der Westschweiz die Kraftwerke Barberine und Vernayaz. Die obere Stufe wurde als Hochdruck-Speicherwerk konzipiert. Ein auf der Alp Barberine auf 1888 m ü.M. angelegter Stausee diente als Jahresspeicher mit 39 Mio. m³ Nutzinhalt. Die rund 80 m hohe, leicht gebogene Gewichtsstaumauer mit einer Kronenlänge von 264 m war, nach der Staumauer Schräh der Kraftwerke Wägital (vgl. TEC21 37/2010), die zweite in Beton erstellte grosse Talsperre in der Schweiz.

Das im Stausee Barberine gespeicherte Wasser wird zuerst in der rund 800 m tiefer im Talgrund gelegenen Zentrale Le Châtelard turbinert. Die untere Stufe nutzt das anschliessende Gefälle von rund 650 m bis zur Zentrale Vernayaz, im Talboden des Wallis. In den beiden Zentralen waren ursprünglich Maschinen mit Leistungen von 40 MW und 36 MW installiert. Verschiedene Erweiterungen und Erneuerungen zwischen 1952 und 1989 erhöhten die Leistungen auf 107 MW in Le Châtelard und 92 MW in Vernayaz.

Um die Jahresspeicherkapazität in Barberine zu vergrössern, bauten die SBB bis 1955 auf der rund 300 m höher gelegenen Alp Vieux Emosson im Seitental des Nant de Drance einen zusätzlichen Stausee. Eine 45 m hohe Bogenstaumauer mit einer Kronenlänge von rund 170 m hält ein Speichervolumen von 13.8 Mio. m³ zurück, das im Winter ohne zusätzliche Energiegewinnung kontrolliert in den Stausee Barberine abgelassen wird.

STAUSEE VON EMOSSON

Damit waren die Speichermöglichkeiten im Tal der Barberine jedoch noch nicht ausgeschöpft. Von 1963 bis 1974 erstellte die Electricité d'Emosson SA unterhalb der bestehenden Staumauer Barberine eine neue, 180 m hohe und 555 m lange zweiflügelige Bogenstaumauer am Ausgang der gleichnamigen Alp (Abb. 01 und 02). Der dadurch aufgestaute Lac d'Emosson, der durch diverse Zuleitungen auch aus Frankreich gespeist wird, ist volumenmässig mit 227 Mio. m³ der zweitgrösste Stausee in der Schweiz. Die alte Staumauer Barberine wird durch den neuen See bei guter Füllung überflutet. Das im Lac d'Emosson akkumulierte Wasser wird zunächst in einer neuen Zentrale im Tal bei Vallorcine in Frankreich und danach in einer zweiten neuen Zentrale in der Walliser Talebene bei Martigny turbinert. Die Anlagen der SBB stehen weiterhin in Betrieb und werden ebenfalls aus dem neuen Stausee gespeist.

NEUES PUMPSPEICHERWERK

Anordnung und Lage der Stauseen bietet günstige Voraussetzungen für ein Pumpspeicherkraftwerk: Zwischen dem Stausee Emosson als grossem unterem Speicherbecken und dem nahe gelegenen Stausee Vieux Emosson als oberem Becken besteht ein Höhenunterschied von mindestens 250 m (Abb. 03). Die topografischen und geologischen Bedingungen ermöglichen es zudem, den Seespiegel des Lac du Vieux Emosson anzuheben und dadurch

AM BAU BETEILIGTE

Bauherrschaft: Alpiq AG/SBB/FMV (Forces Motrices Valaisannes)

Gesamtplaner: AF-Consult Switzerland AG

Planung Staumauererhöhung: Stucky SA

Hauptbauunternehmer: Groupement Marti Implan

Pumpturbinen und Motorgeneratoren:

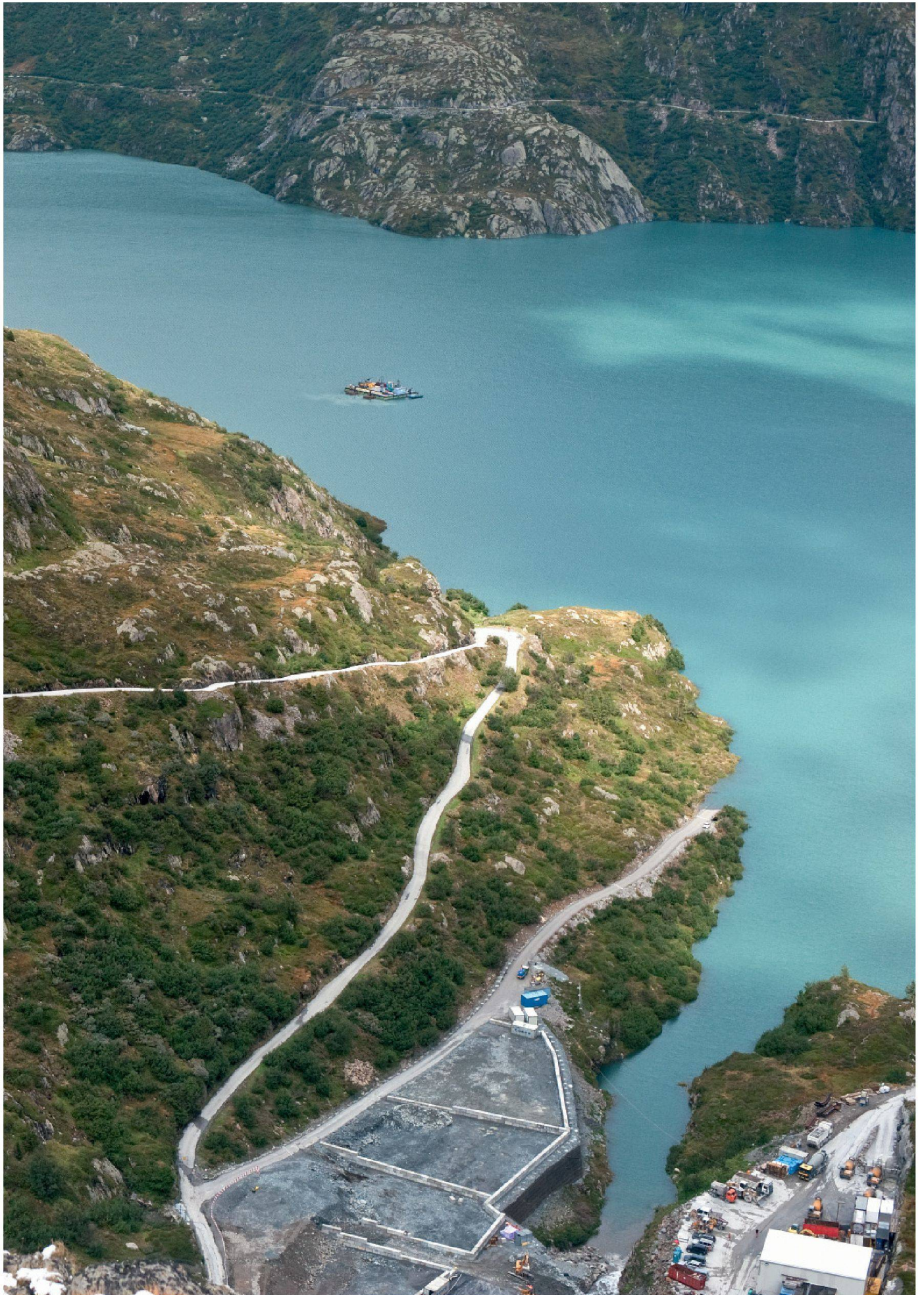
AIstom (Schweiz) AG

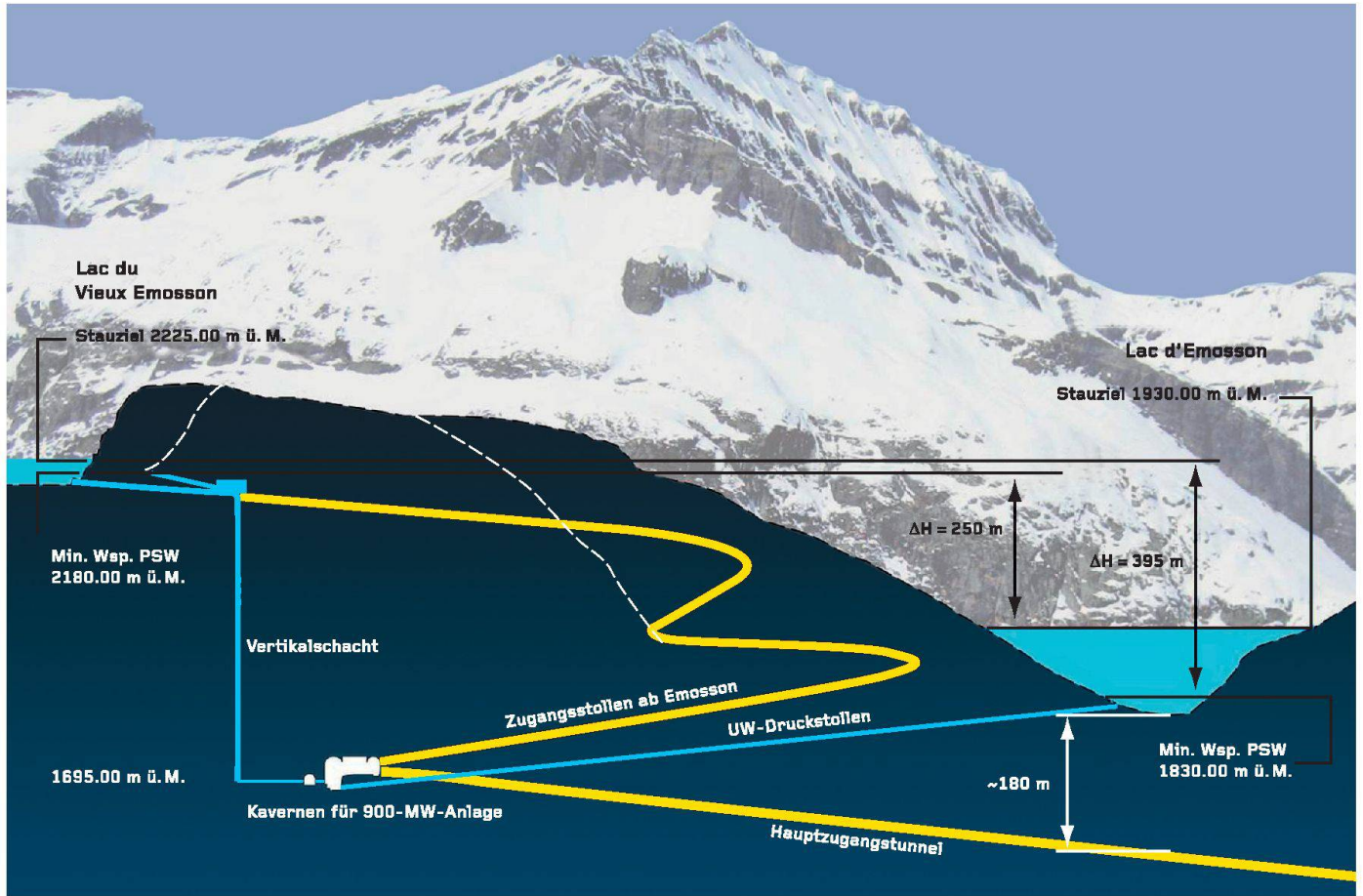
Maschinentransformatoren: ABB Schweiz

Stahlwasserbau: Andritz Hydro AG

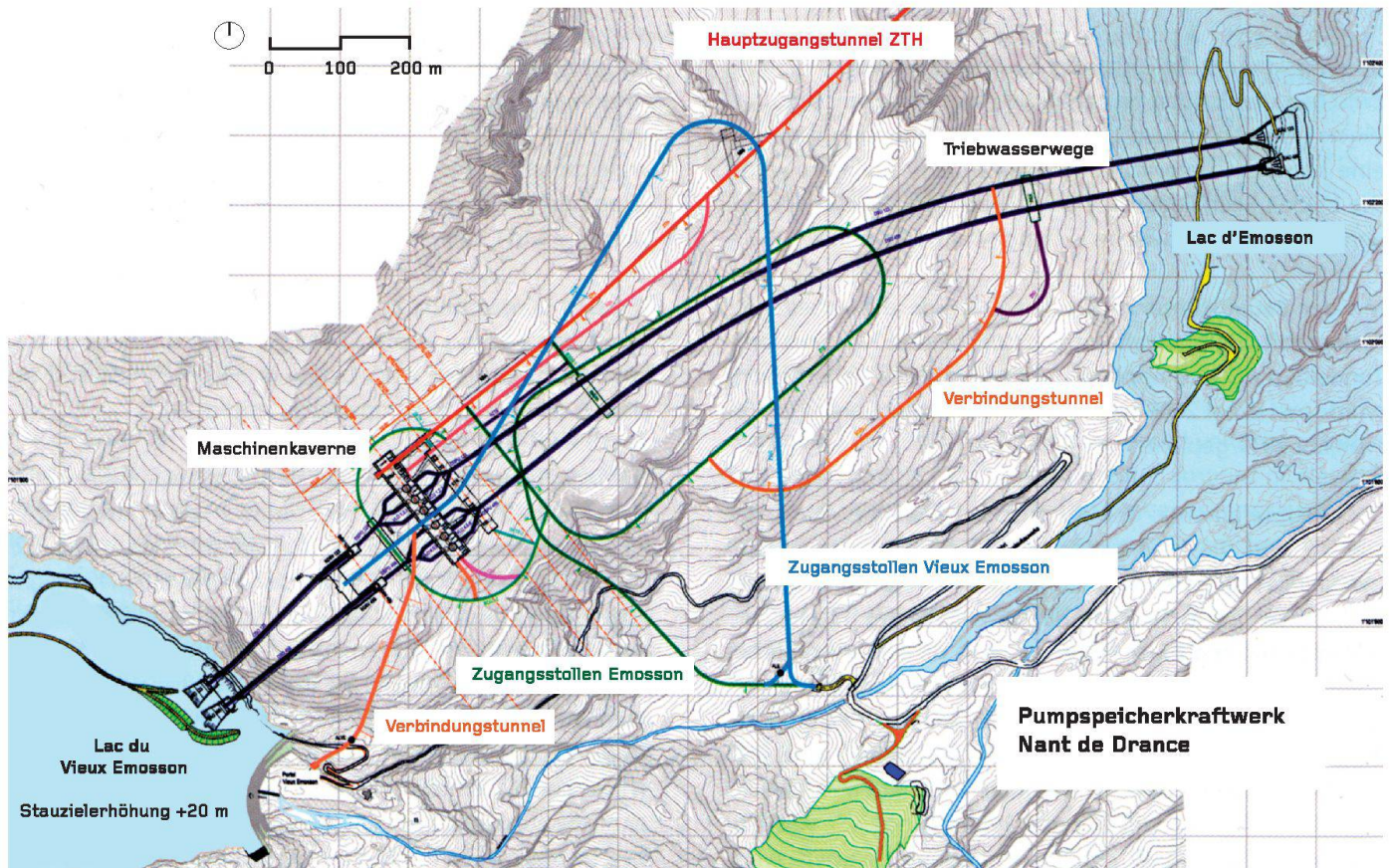
Planung Netzanschluss: Alpiq Ener Trans

Strom- und IT-Netzversorgung Baustelle: Mauerhofer & Zuber AG





03



04

das obere Speichervolumen zu vergrössern. In den Sommermonaten 2013 und 2014 ist die Erhöhung der bestehenden Staumauer um 20 m geplant; dadurch wird das Speichervolumen des Lac du Vieux Emosson auf 24.6 Mio. m³ nahezu verdoppelt (S. 15, Abb. 01). Zwischen den beiden Speicherbecken ist die Kavernenzentrale Emosson im Bau. Zwischen der Zentrale und den Seen wird das Betriebswasser durchgängig über zwei identische, parallel geführte Stollenstränge ausgetauscht (Abb. 04). Das Wasser aus dem Stausee Vieux Emosson wird für jeden Strang mit einem in Stahlbeton ausgeführten oberen Ein-/Auslaufbauwerk auf rund 2160 m ü. M. entnommen beziehungsweise in den See eingeleitet. Diese trichterartigen Bauwerke gehen je in einen kurzen, mit Stahlbeton ausgekleideten Druckstollen mit 7.7 m Durchmesser und einer Neigung von 12 % über.

Von den oberen Druckstollen aus fliesst das Betriebswasser durch einen in einer Kammer untergebrachten Schützenschieber und fällt danach in einem vertikalen, 430 m hohen Druckschacht mit ebenfalls 7.7 m Durchmesser bis auf 1695 m ü. M. Auf dieser Höhe, mindestens 130 m unter dem Minimalwasserspiegel des Stausees Emosson, lenkt ein 90°-Krümmer den Druckschacht in einen kurzen horizontalen Druckstollen zur Kavernenzentrale um. Vor dem Eintritt in die Kavernenzentrale teilen sich die beiden Druckstollen in je drei Zuleitungen zu den Pumpturbinen auf. Die hoch beanspruchten Krümmer und die Ein- und Austrittsbe- reiche der Stollen in die Kaverne sind mit einer Stahlblechpanzerung versehen¹, die restlichen Triebwasserstollen sind nur mit Stahlbeton ausgekleidet.

Die Vertikalschächte werden in einem mehrstufigen Verfahren ausgebrochen. Zuerst wird von oben nach unten eine Pilotbohrung mit kleinem Durchmesser vorgetrieben. Die Pilotbohrung wird darauf von unten nach oben (Raise-Drill-Verfahren) mechanisch auf einen Durchmesser von 2.4 m aufgeweitet. Das ausgebrochene Material fällt dabei zum Schachtfuss und wird von dort laufend abtransportiert. Die letzte Aufweitung auf den Aussendurchmesser von 8.0 m erfolgt sprengtechnisch von oben nach unten. Das Ausbruchmaterial fällt dabei durch den vorher ausgebrochenen Schacht in den Schachtfuss.

KAVERNENZENTRALE UND UNTERWASSERSTOLLEN

Die quer zu den Triebwasserstollen angelegte Kavernenzentrale besteht hauptsächlich aus der 190 m langen, 32 m breiten und 52 m hohen Maschinenkaverne mit einem Ausbruchvolumen von 235 000 m³ und der etwas kleineren, seeseitig angeordneten Transformatorenkaverne. In der Maschinenkaverne werden sechs vertikalachsige Maschinengruppen, bestehend aus Pumpturbine und Motor-Generator, mit einer Leistung von je 150 MW und die zugehörigen Schieber eingebaut. Jede Pumpturbine ist für eine Durchflussmenge von 60 m³/s ausgelegt, durch die beiden Stollenstränge fliessen somit je 180 m³/s Wasser. Auf der Unterwasserseite vereinigen sich je drei Turbinableitungen wieder zu zwei parallelen, rund 1 km langen Unterwasserstollen, die mit 12 % Steigung zu den beiden Ein-/Auslaufbauwerken am westlichen Hang des Stausees Emosson auf rund 1820 m ü. M. ansteigen. Die tiefe Lage der Kavernenzentrale bewirkt einen permanenten Gegendruck von über 100 m in den Unterwasserstollen als Voraussetzung für den Pumpbetrieb. Die Unterwasserstollen sind deshalb, wie die anderen Triebwasserwege, als Druckstollen mit Stahlbeton- auskleidung ausgeführt.

SCHWIMMENDE EINLAUFBAUWERKE

Da der Stausee Emosson auch während der Bauzeit des Pumpspeicherwerks als Jahrespeicher genutzt wird, steht für den konventionellen Bau der 100 m tief im Wasser liegenden Ein-/Auslaufbauwerke im Frühling zu wenig Zeit zur Verfügung, bis sie wieder überflutet werden. Die beiden im Grundriss 22 × 25 m messenden, rund 11 m hohen Stahlbetonbauwerke mit einem Volumen von rund 6000 m³ wurden deshalb in den Sommermonaten 2011 und 2012 ohne Fundamente auf einem provisorischen, wenige Meter unter dem maximalen Seespiegel positionierten Bauplatz erstellt (Abb. 05). Die fertiggestellten Baukörper wurden dann so weit abgedichtet, dass sie bei ausreichend hohem Wasserspiegel schwimmfähig wurden, vom Bauplatz abhoben und auf dem See an ihre definitiven Standorte verschoben

03 Längsprofile der Triebwasserwege und des oberen Abschnitts des Zugangstunnels. (Grafik: Alpiq AG)

04 Situation der Triebwasserwege, der Kavernenzentrale Emosson und des oberen Abschnitts des Zugangstunnels. (Grafik: Alpiq AG)

werden konnten. Durch Fluten der Hohlräume senkten sich die Bauwerke schliesslich auf ihre vorbereiteten Standorte am Seegrund. Der Anschluss der abgesenkten Ein-/Auslaufbauwerke an die bereits erstellten Stollenportale erfolgt jeweils bei niedrigem Wasserstand ein Jahr nach dem Absenken.

ERSCHLIESSUNG UND LOGISTIK

Seit dem Bau des ersten Kraftwerks Barberine bestehen eine Standseilbahn vom Talgrund bei Le Châtelard bis unterhalb der Staumauer Emosson und ein daran anschliessender kurzer Schmalspur-Eisenbahnabschnitt, später kam noch ein offen verlegter Schräglift bis zur Krone der neuen Staumauer dazu. Diese Einrichtungen werden heute touristisch genutzt. Ab 1963 wurde der Stausee Emosson mit einer Strasse und einer Luftseilbahn vom Talgrund aus erschlossen. Für den Bau des neuen Pumpspeicherkraftwerks ist die Transportkapazität dieser Verkehrswege aber zu klein.

Die Baustellen für das neue Werk werden weitgehend unterirdisch durch Strassentunnels mit bis zu 12% Steigung erschlossen (Abb. 03). Der 5.6 km lange Hauptzugangstunnel steigt vom Portal im Talgrund bei Le Châtelard in einem Bogen unter dem Stausee Emosson bis zur Maschinenkaverne auf. Er wurde zwischen Ende 2009 und Mitte 2012 im steigenden Vortrieb mit einer Hartgestein-Tunnelbohrmaschine mit Gripper aufgeföhren, die zuvor beim Bau des Lötschberg-Basistunnels im Einsatz stand. Für den Abtransport des ausgebrochenen Materials wurde eine Förderbandanlage mit einer Transportkapazität von 1000 t/h im Tunnel verlegt, die nach beendetem Vortrieb für den Antransport der Gesteinskörnungen zur unterirdischen Betonanlage umgenutzt wird. Durch den Hauptzugangstunnel werden nach Fertigstellung des Ausbaus auch die Maschinengruppen und Transformatoren angeliefert. Von der Maschinenkaverne föhrt ein 1.7 km langer, in einem Oval angelegter Kehrtunnel weiter zum oberirdischen Installationsplatz bei der Einmündung des Bachs Nant de Drance in den Stausee Emosson. Von da aus steigt der oberste, 2.1 km lange Tunnel in einer lang gezogenen Wendeschleife bis zur Staumauer Vieux Emosson auf.

Für das Projekt werden 16.5 km Stollen und Tunnel mit einer Gesamtkubatur von 1 250 000 m³ ausgebrochen. Der grösste Teil des Ausbruchmaterials wird in drei Deponien endgelagert. Für den Bau der Anlagen werden 320 000 m³ Frischbeton hergestellt und eingebaut. Teile des Ausbruchmaterials (Granite und Gneise) eignen sich für die Betonherstellung; sie werden in einem Kieswerk aufbereitet und in der Betonmischanlage verarbeitet. Bei Beginn der Arbeiten wurde der Beton in der Betonanlage Le Châtelard am Portal des Hauptzugangstunnels hergestellt. Nach der Fertigstellung dieses Tunnels wird an seinem oberen Ende, bei der Maschinenkaverne, eine untertägige Betonmischanlage die zentrale Betonproduktion für alle Bauplätze übernehmen.

RADIOAKTIVITÄT UND ARSEN

Bei Projektbeginn war bekannt, dass in den Felsformationen des Vallorcine-Granits, wie in zahlreichen anderen alpinen Gesteinen, das radioaktive Edelgas Radon vorkommt (vgl. TEC21 41/2011 S. 14–15 und TEC21 15/2006 S. 5–12). Eine mögliche Geföhrdung der unter Tage Arbeitenden soll durch tägliche Messung der Strahlendosis im Arbeitsbereich der Vortriebsmannschaften und die Überwachung der Radonkonzentration in der Tunnelatmosphäre frühzeitig erkannt werden. Als Gegenmassnahme wird das Lüftungskonzept der Stollen für die Verdünnung des Radons mit Frischluft ausgelegt. Die Radioaktivität des ausgebrochenen Gesteins wird permanent überwacht, sodass nur Gesteinskörnungen mit einer Aktivität unterhalb des Grenzwerts der Strahlenschutzverordnung für die Betonherstellung verwendet oder offen deponiert werden. Material mit erhöhter Radioaktivität wird gesondert auf einer «heissen Halde» gelagert.

Im Bergwasser des Hauptzugangstunnels sowie im Schlamm der Tunnelwasseraufbereitung und der Kiesaufbereitung treten Konzentrationen des toxischen Elements Arsen oberhalb des Trinkwassergrenzwerts der Lebensmittelverordnung auf. Eine aus diesem Grund durchgeföhrt Studie kam zu dem Ergebnis, dass das im Wasser gelöste Arsen nur bei Einnahme



05

05 Ein Ein-/Auslaufbauwerk wird auf einem provisorischen Bauplatz am Rand des Stausees von Emosson auf Kote 1917 erstellt. Nachdem der steigende Wasserspiegel das Bauwerk erreicht hat, wird es schwimmfähig abgedichtet und an seinen definitiven Standort im See eingeschwommen. (Foto: Alpiq AG)

problematisch ist. Die Schutzausrüstungen der Arbeitskräfte und die Arbeitsabläufe unter Tage sind deshalb darauf ausgelegt, eine Arsenkontamination durch Wasser oder Schlamm zu vermeiden. Die kontaminierten Schlämme müssen in einer Reststoffdeponie oder einer Inertstoffdeponie entsorgt werden.

PROJEKTSTAND

Mit den Bauarbeiten wurde im Herbst 2008 begonnen. Ab Sommer 2011 waren die Baustellen für die Maschinenkaverne und für die Staumauer Vieux Emosson über Strassentunnels von der Staumauer Emosson aus erreichbar. Im Sommer 2012 wurde der Hauptzugangstunnel durchschlagen. Seither sind alle grossen Baustellen zwischen dem Talgrund auf 1100 m ü. M., der Maschinenkaverne auf 1700 m ü. M., dem Stausee Emosson auf 1930 m ü. M. und der Staumauer Vieux Emosson auf 2225 m ü. M. durch Tunnels winter-sicher miteinander verbunden. Die Inbetriebnahme des Pumpspeicherkraftwerks ist für 2017 geplant.

François Bertholet, bertholet@martiag.ch, Dipl. Bauing. HTL, Marti Tunnelbau AG

Eric Vuilloud, eric.vuilloud@alpiq.com, Dr. sc. nat., Direktor Nant de Drance

Anmerkungen

1 Vgl. Anmerkung 1 S. 21.

2 Vgl. Anmerkung 2 S. 21.

Der vorliegende Beitrag ist eine gekürzte und überarbeitete Fassung des Referats von François Bertholet am 11. Swiss Tunnel Congress am 14. Juni 2012 im KKL Luzern. Überarbeitung: ar