Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance, Schweiz : Wiederbelebung einer innovativen Lösung für die Erstellung der Wasserfassungen

Autor(en): **Graf, Ernad**

Objekttyp: **Article**

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

Band (Jahr): **105 (2013)**

Heft 1

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-941540

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

Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance, Schweiz

Wiederbelebung einer innovativen Lösung für die Erstellung der Wasserfassungen

Emad Graf

Zusammenfassung

Zur Realisierung des ambitiösen neuen Pumpspeicherwerk-Projekts Nant de Drance im Kanton Wallis hat das eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) am 25. August 2008 die Konzession und die Baugenehmigung erteilt. Am 14. April 2011 erhielt die Nant de Drance SA durch das UVEK die Zusatzkonzession für die Leistungserhöhung des im Bau befindlichen Kraftwerks von 600 MW auf 900 MW. Die Gesamtkosten für das Projekt belaufen sich auf etwa 1.80 Milliarden Franken.

Der Bau des Pumpspeicherwerks Nant de Drance dient der Produktion von Spitzenenergie infolge der europaweit steigenden Bedürfnisse nach konsumangepasster Spitzen-Energieproduktion und rasch einsetzbarer Regulierleistung für die Landes- und Bahnstromversorgung (SBB, TRAVYS und BLS). Hierfür kommt die modernste Maschinentechnik für eine schnelle Reaktion auf stark veränderlichen Netzschwankungen und unregelmässige Produktion aus erneuerbaren Energien zum Einsatz.

Das Projekt nutzt die bestehenden Stauseen Emosson und Vieux Emosson auf dem Gebiet der Walliser Gemeinde Finhaut mit einem Gefälle von 250–395 m zur Erzeugung von rund 2500 GWh jährlich bei einer Turbinenperformance von etwa 85%.

Als Wegweisend für neue Technologien in der Schweiz werden in diesem Projekt erstmals asynchrone Pumpturbinen mit variabler Geschwindigkeit eingesetzt. Die von Alstom (Schweiz) AG herzustellenden sechs vertikalen, reversiblen Francis-Turbineneinheiten von je Maximum 157 MW und die vertikalen Asynchronmotor-Generator-Einheiten mit 170 MVA sowie weitere zentrale Anlagenelemente stellen die Kernausrüstung des Projekts dar.

Bauherrschaft:

Nant de Drance SA, gegründet am 7.11.2008 mit folgenden Beteiligungen:

- Alpiq Suisse SA 39%
- Schweizer Bundesbahn, SBB 36%
- Industrielle Werke Basel, IWB 15%
- Kanton Wallis (FMV) 10%

Hauptbeteiligte Berater und Planer:

- Gesamtprojektierender: AF Consult Switzerland AG
- Planung Staumauererhöhung Stucky SA

Unternehmer und Lieferanten:

- Groupement Marti Implenia: Hauptbauunternehmer
- Alstom (Schweiz) AG: Pumpturbinen und Motorgeneratoren
- ABB Schweiz: Maschinentransformatoren
- Andritz Hydro AG: Stahlwasserbau
- Alpiq Ener Trans: Planung Netzanschluss

Projekt-Bestandteile

Das PSW Nant de Drance besteht hauptsächlich aus den folgenden Anlagenteilen:

- Maschinenkaverne (194 × 52 × 32 m) mit sechs Vario-Speed-Pumpturbinengruppen zu je 150 MW
- Trafokaverne (140 × 18 × 15 m) mit sechs dreipoligen Zweiwickel-Transformatoren
- zwei unabhängige Triebwasserwege mit Gesamtlänge von je ca. 2100 m (inkl. Vertikalschächte) jeweils bestehend aus:
  - Oberwasserseitig der Maschinenkaverne:
  - Ein-/Auslaufbauwerk Vieux Emosson (EAO)
  - Druckstollen mit einer Länge von rund 280 m und Innendurchmesser $Ø_i$ = 7.70 m
  - OW-Schieberkammer mit Drosselklappe
  - Vertikalschacht, Tiefe 440 m betonverkleidet mit Innendurchmesser $Ø_i$ = 7.00 m
- Stahlgepanzerte Flachstrecke zur Maschinenkaverne mit L = 55 m Innendurchmesser $Ø_i$ = 5.50 m sowie drei Verteilleitungen mit L = 30 m und je $Ø_i$ = 3.20 m
- Unterwasserseitig der Maschinenkaverne:
  - 3 Verteilleitungen mit L = 45 m und je $Ø_i$ = 3.70 m sowie eine stahlgepanzertes Teilstück L = 30 m, $Ø_i$ = 5.50 m
  - Druckstollen aus Beton mit L = 1200 m, $Ø_i$ = 7.70 m
  - Untere Schützenkaverne mit zwei Rollschützen
  - Ein-/Auslaufbauwerk Emosson (EAU)
- Hauptzugangstunnel mit Drainageleitungen und Werkleitungsrohrblöcken. Der Tunnel wird in Schildvortriebsverfahren im Hartgestein (Fels teils mit Störungen/Verwerfungen) aufgefahren. Die Länge des Schildtunnels beträgt 5600 m mit einem Ausbruchdurchmesser Ø = 9.45 m
- dem Stollensystem Emosson und Vieux Emosson mit Gesamtlänge von ca. 4300 m und einer Querschnittsfläche von ca. 45.0–50.0 m^2
- definitive Deponien «Le Châtelard», «Collecteur Ouest» und «La Gueulaz» mit Gesamtkapazität von rund 2.32 Mio. m^3.
- Erhöhung der Staumauer Vieux Emosson um ca. 21.5 m und somit Verdoppelung der Seekapazität.
- sowie weitere Umweltkompensationsmassnahmen

Im Herbst 2008 haben die Bauarbeiten für das PSW NdD begonnen. Die Inbetriebnahme ist schrittweise ab Ende 2017 geplant.

Das Projekt enthält zahlreiche technische Herausforderungen, die durch eine optimale Zusammenarbeit zwischen dem Bauherrn, dem Generalplaner, den Bauunternehmern sowie den Lieferanten mit gutem Ergebnis gemeistert werden können. Als Beispiel hierfür gelten unter anderem:

- die Projekterweiterung von 600 MW auf

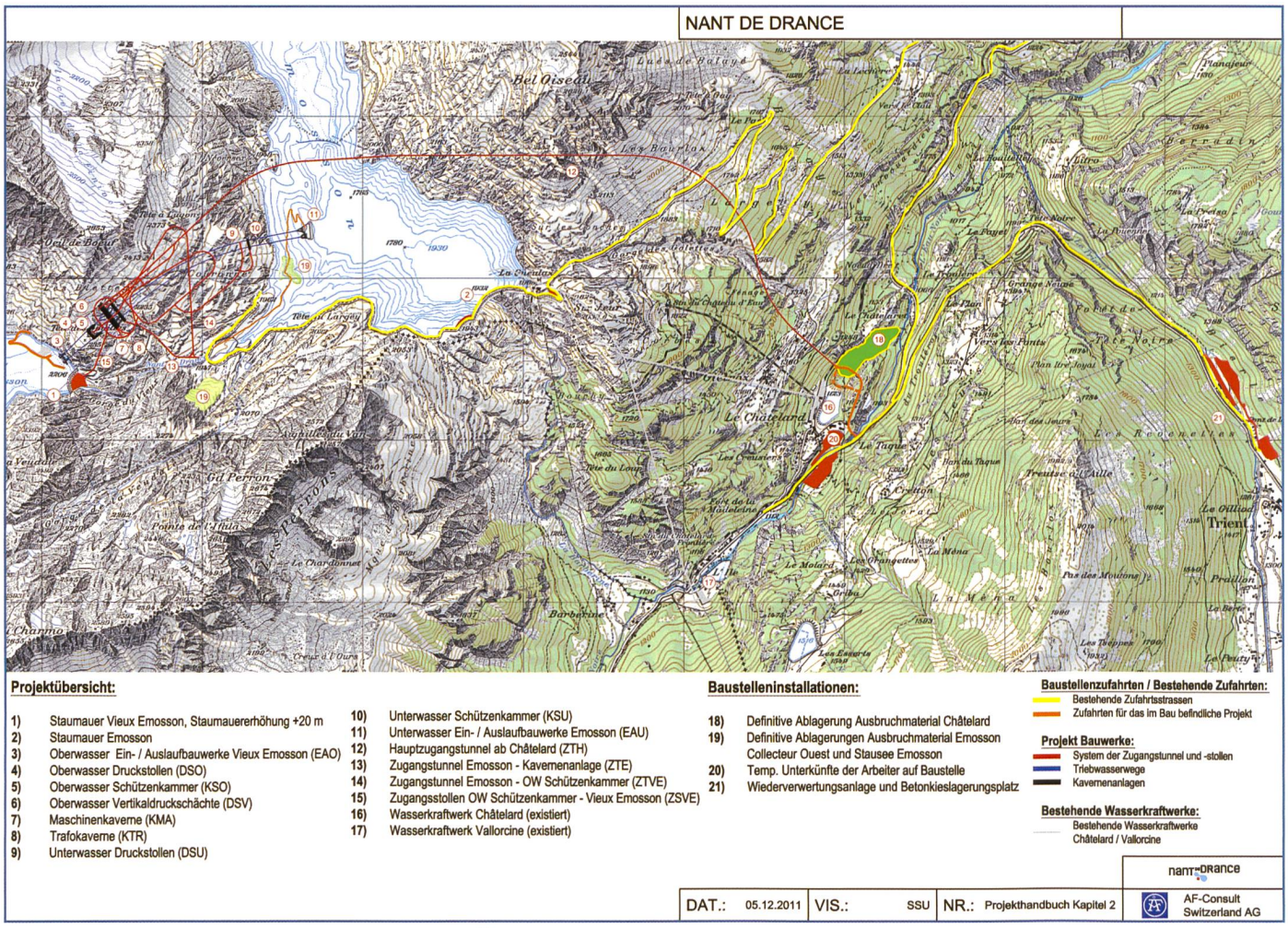

Bild 1. Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance, Übersicht der Untertagebauwerke.

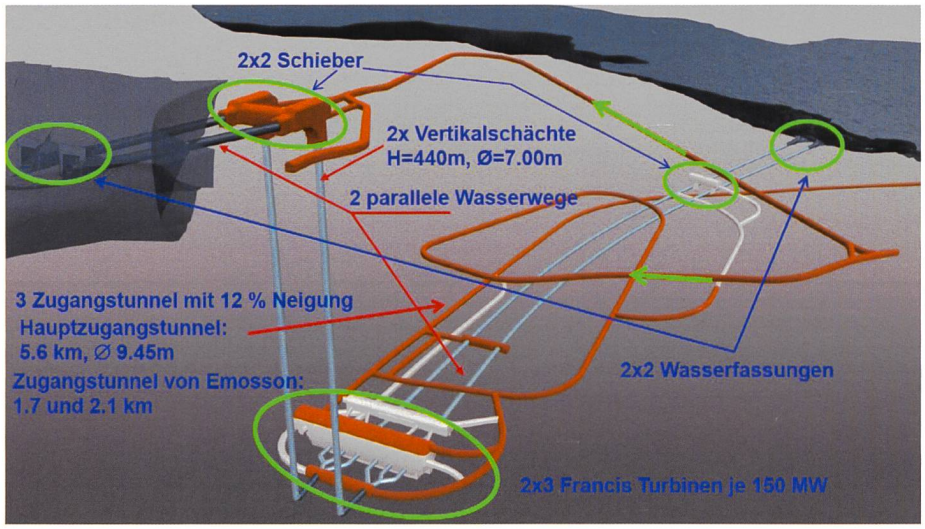

Bild 2. Triebwasserwege und Zugangsstollensystem.

900 MW während des Baus dank grosser Flexibilität der Beteiligten,

- der Schildvortrieb in klüftigem Fels im Einflussbereich der Staumauer Emosson,
- und nicht zuletzt die Entscheidung, den Bau der Wasserfassungen im grossen Unterwasserspeicher mittels einer Einschwimm-Methode durchzuführen.

Es sind die Einzelheiten der letztgenannten Herausforderung, die im Folgenden genauer betrachtet werden.

Die Wasserfassungen

Die Abhängigkeit vom Wasserspiegel im Stausee Emosson und die kurze Periode für den Bau, gegeben durch die alpine Lage, stellten die Hauptschwierigkeiten bei der Erarbeitung einer Lösungen zur Erstellung der beiden je 1700 t schweren Wasserfassungen im Unterwasserbereich dar.

Um die für die Erstellung der Bauwerke jeweils notwendige Seeabsenkung hinsichtlich ihrer Dauer zu minimieren und um kurze Bauzeiten zu gewährleisten, bot sich die Einschwimmlösung an. Im Sommer und Herbst 2010 wurde zunächst eine Plattform auf Kote 1917 m ü.M. errichtet, nahe der Hochwasserentlastung des Stausees und ca. 1 km vom endgültigen Standort der Fassungsbauwerke entfernt. In der darauf folgenden Sommerperiode 2011 wurde die erste der beiden Wasserfassungen nahezu vollständig erstellt. Anschliessend stieg der Wasserspiegel im Reservoir Emosson zunächst soweit über die Bauwerksdecke an, dass die für den Transport erforderliche Wassersäule zur Installation der Schwimmpontons erreicht wurde.

Im September 2011 schliesslich war das gesamte Fassungsbauwerk unterhalb der Wasseroberfläche unsichtbar und der vorinstallierten Schwimmpontons konnten über das Bauwerk gefahren werden. Nach Befestigung der Transportseile wurde mithilfe von Kompressoren Luft in eine im Bauwerk installierte Tauchglocke gepumpt (siehe *Bild 3*).

Die im Bauwerk eingeschlossene Luftblase vermochte 80% des Eigengewichtes des Bauwerkes zu tragen. Die verbleibenden 20% wurden von den Pontons aufgenommen. In der im *Bild 3* dargestellten Konstellation, also an den Pontons hängend, wurde das Bauwerk genau bis über den endgültigen Absetzstandort transportiert. Dort wurden Führungsseile am Bauwerk befestigt. Diese waren während der vorangehenden Seeabsenkungsperiode am 110 m tiefer liegenden Absetzstandort im Fels am Seegrund verankert worden und ermöglichten nun ein zentimetergenaues Absetzen der Bauwerke am Bestimmungsort. Eine weitere Massnahme zur Sicherstellung der Absetzgenauigkeit war der Einbau eines Justier-Stahlkonus an einem bestimmten Punkt auf der Absetzplattform. Für den Konus war eine Öffnung in der Stahlbetonsohle des Fassungsbauwerkes vorbereitet worden. Während des Absenkens musste sich der Justierkonus ohne Beschädigung des Bauwerks in die Sohlöffnung einfädeln.

Die Dicke der Luftblase wurde während des Transports und während des Absetzvorgangs kontinuierlich mit mehreren Kameras überwacht. Bei Bedarf sorgten zwei auf den Pontons installierte Kompressoren für den nötigen Luftnachschub.

Allfällige Schieflagen konnten mithilfe der Führungsseile auf einfache Art und Weise ausgeglichen werden. *Bild 4* zeigt die Pontons mit dem darunter hängenden Fassungsbauwerk auf dem Weg zum Bestimmungsort.

Im März 2012 wurde das erste eingeschwommene Bauwerk an seinem definitiven Standort im leeren Stausee Emosson erstmals sichtbar *(Bild 5)*. Im Sommer 2012 wurde mit dem Bau des zweiten Bauwerks begonnen. Das Einschwimmen und Absetzen am Bestimmungsort fand im September 2012 statt.

Bild 3. Fassungsbauwerk auf der Plattform 1917 m ü.M., kurz vor dem Transport in Richtung definitiven Standort (Animation: AFC).

Bild 4. Die Pontons beim Transport des Fassungsbauwerkes an den Bestimmungsort, angetrieben von einfachen Aussenbordmotoren. Die grauen Stahlgerüste sorgten für den Seilnachschub und die Seilführung; links sind die gelben Luftkompressoren zu erkennen (Foto: NdD).

Bild 5. Fassungsbauwerk am Bestimmungsort im Frühjahr 2012 (Foto: NdD).

Statische Untersuchung des EAU-Bauwerks

Abmessungen des Bauwerks: Länge 22.00 m, Breite von 8.70 bis 22.40 m, Höhe 11.47 m. Siehe *Bild 6*.

Zur Berücksichtigung der räumlichen Tragwirkung wurde das Bauwerk in einem dreidimensionalen Rechenmodell simuliert. Dabei konnte man die tatsächlichen Steifigkeiten der verschiedenen Bauteile relativ genau im statischen System übernehmen. Zu diesem Zweck wurde das Rechenprogramm «FENAS» der Firma «Walder und Trüb» in Bern eingesetzt.

Zur Berücksichtigung der Felsreaktion an der Sohle wurde eine vorsich-

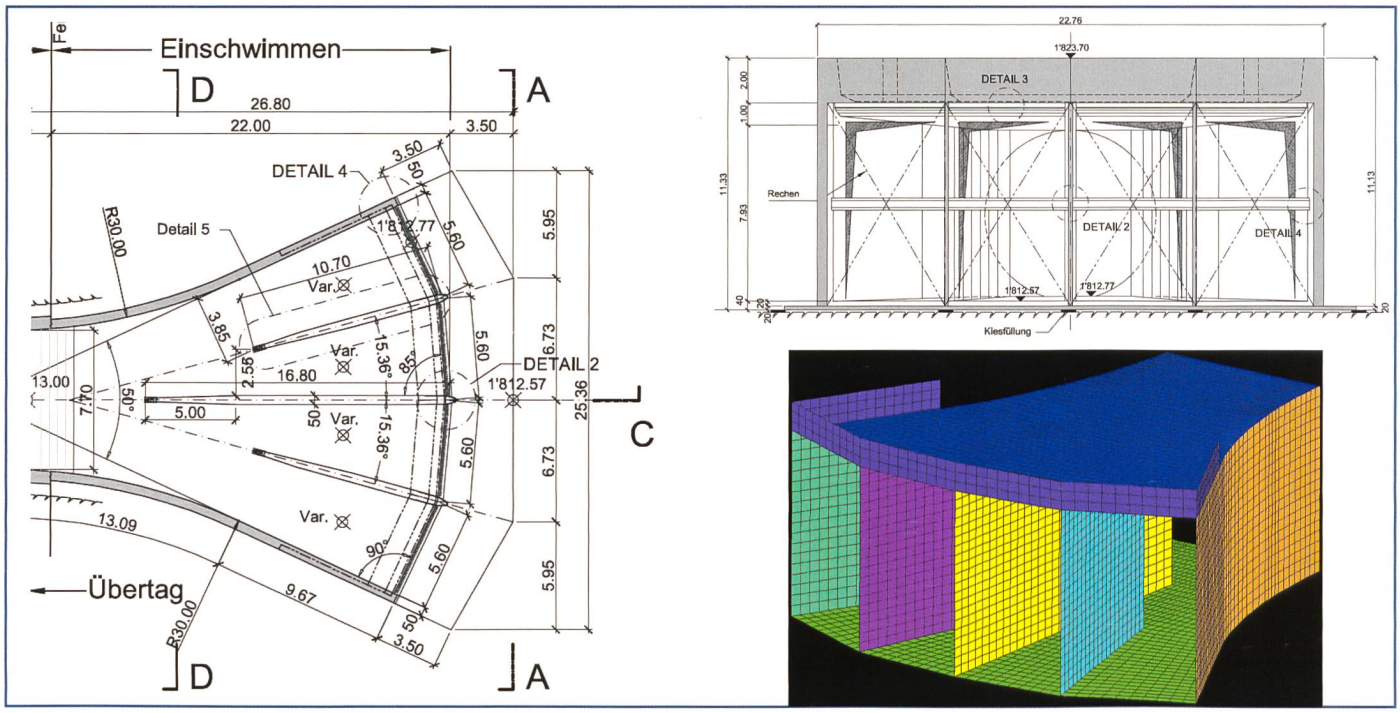

Bild 6.1. EAU im Grundriss (links oben). Bild 6.2. EAU Ansicht (rechts oben). Bild 6.3. Statisches System in 3D-Modell (rechts unten).

tige Bettung angesetzt, die als realitätsnah erachtet wird. Die Berechnung hat überwiegend eine Druckbettung gezeigt, sodass eine Nichtlineare Berechnung zur Ausschaltung der Zugbettung nicht mehr notwendig war.

Für Lastfälle, in denen die Horizontalkräfte nicht im Gleichgewicht stehen, konnte die Mobilisierung der Sohlreibung, vertreten durch tangentiale Bettungsfeder, das Gleichgewicht wieder herstellen. Die Reibungsfedern sind an den senkrechten Bettungsfedern durch einen Reibungsbeiwert (μ) zu koppeln bzw. nachträglich zu kontrollieren.

In der Schwimmphase hängt das Bauwerk an den Pontons an Seilen, die die Auflagerung des EAU definieren.

Für das EAU-Bauwerk wurden die Lasten aus Eigengewicht, Kiesbett über der Decke, Schneelasten, hydraulischen Lasten infolge Druckverlusten am Rechen und im Bauwerk, Auftriebskräfte während des Aufschwimmens und Steinschlag auf die Decke gemäss SIA-Normen angenommen. Weitere Lasten aus dem Stahlwasserbau wirken lokal und wurden deshalb separat betrachtet.

Je nach Bauphase wurden die Lastfallkombinationen gebildet, für die das Bauwerk im Detail untersucht wurde. Dabei wurden die entsprechenden Material- und Lastbeiwerte gemäss SIA berücksichtigt.

Anhand der Berechnungen aller Kombinationen wurden die zulässigen Verformungen überprüft.

Aus Überlagerung aller Lastfallkombinationen wurde zunächst die statisch erforderliche Biegebewehrung ermittelt, die anschliessend sowohl mit der Mindestbewehrung zur Beschränkung der Rissbreiten als auch mit der konstruktiven Mindestbewehrung gemäss SIA-Normen verglichen wurde.

Zurzeit ruhen die Fassungsbauwerke am endgültigen Standort im unteren See Emosson vor dem jeweiligen Unterwasser-Druckstollen.

Im Frühjahr 2013 wird schliesslich mit der Erstellung der Verbindungen zwischen Fassungsbauwerken und Stollen im Ortbetonbau begonnen.

Anschrift des Verfassers
Emad Graf, Dipl. Bauing.
AF-Consult Switzerland AG, CH-5405 Baden,
Tel. +41 56 483 17 82
emad.graf@afconsult.com