

**Fachexkursion zu Erd- und Grundbau  
Pumpspeicherkraftwerk  
NANT DE DRANCE  
Wallis/Schweiz**



Quelle: [http://www.iwb.ch/media/de/picdb/2012/366/nant\\_de\\_drance\\_stausee\\_vieux.jpg](http://www.iwb.ch/media/de/picdb/2012/366/nant_de_drance_stausee_vieux.jpg)

24. April bis 25. April

**Universität für Bodenkultur Wien  
Department für Bautechnik und Naturgefahren  
Institut für Geotechnik**

Dieser Exkursionsbericht entstand mit Hilfe von Beiträgen folgender Studenten:

ASCHINGER Roland Matthias  
AUER Markus  
DIERMAYR Michael  
EXEL Thomas  
FELLINGER Gerald  
FICHTINGER Christoph  
GUMPOLDSBERGER Martin  
HÖRANDNER Konrad  
KESSLER Christian  
KRENN Julia  
LEHNER Johannes

LINDERMUTH Adrian  
LUKAS Markus  
METZLER Miriam  
PLATZER Severin  
RABANSER Erich  
SERLOTH Clemens  
WEHR Walter  
WEIGL Jakob  
WÖRLE Clemens  
WILLEIT Stephan

Weiters nahmen an der Fachexkursion teil:

GÜTLER Thomas  
KRAML Julia  
LEITNER David  
LOCHER Daniela Andrea

PANZENBÖCK Franz  
RINDLER Rolf  
STUDENY Michael  
ZUREK Jan

Vom Institut für Geotechnik nahmen an der Exkursion teil:

Univ.Prof. Dr.Ing. Wei WU  
Dipl.-Ing. Dr.nat.techn. Peter PREINDL  
Dr. Madhu Sudan ACHARYA  
Dr. Qian FAQIANG



## 1 Reiseroute und Ablauf

Die Exkursion nach Martigny, der Ort von dem aus die Baustelle „Nant de Drance“ besichtigt wurde, begann am Mittwoch, dem 24.4.2013 um 7:45 Uhr in der Feistmantelstraße vor dem Institut für Geotechnik der Universität für Bodenkultur in Wien (BOKU).

Die Route führte über die A22 nach Traismauer, weiter nach St. Pölten, Salzburg, das kleine Deutsche Eck, Innsbruck, Feldkirch, Liechtenstein, Zürich, Bern, Montreux und endete in der Stadt Martigny, die um etwa 22.00 Uhr erreicht wurde. Die Mittagspause wurde in Innsbruck eingelegt, wo zwei weitere Teilnehmer dem Reisebus zustiegen. Die Exkursionsgruppe übernachtete im "Motel des Sports" im Zentrum von Martigny.

Am nächsten Tag fand die Baustellenbesichtigung des Pumpspeicherkraftwerks „Nant de Drance“ statt. Die Exkursion startete nach der Fahrt von Martigny nach Châtelard um etwa 09:30 Uhr und endete gegen 16:00 Uhr. Gleich anschließend wurde die Heimreise über dieselbe Route wie die Hinfahrt angetreten und Wien um etwa 07:30 Uhr erreicht.

## 2 Schweiz/Wallis

Die offizielle Bezeichnung der Schweiz lautet Confoederatio Helvetica (Schweizerische Eidgenossenschaft), weshalb auch das Autokennzeichen mit CH beginnt. Die Schweiz wird manchmal auch Helvetia genannt um die Staatsbezeichnung klar vom Kanton Schwyz abzugrenzen.



Die Schweiz gliedert sich in 26 teilsouveräne Kantone. Gliedstaat, Teilstaat oder Bundesstaat sind andere Begriffe für Kanton. Jeder Kanton hat eine eigene Verfassung und sehr weitreichende Kompetenzen.

Das Wallis ist ein französisch- und deutschsprachiger Kanton im Südwesten der Schweiz.

Dieser Kanton liegt vollständig im Gebiet der Alpen, der Hauptort heißt Sitten.

Das Wallis besteht zum größten Teil aus dem Tal der Rhone, welches sich vom Rhonegletscher bis zum Genfersee erstreckt. Die Berner- und Waadtländer Alpen befinden sich im Norden und die Walliser Alpen im Süden (Mischabel und Monte-Rosa Massiv)

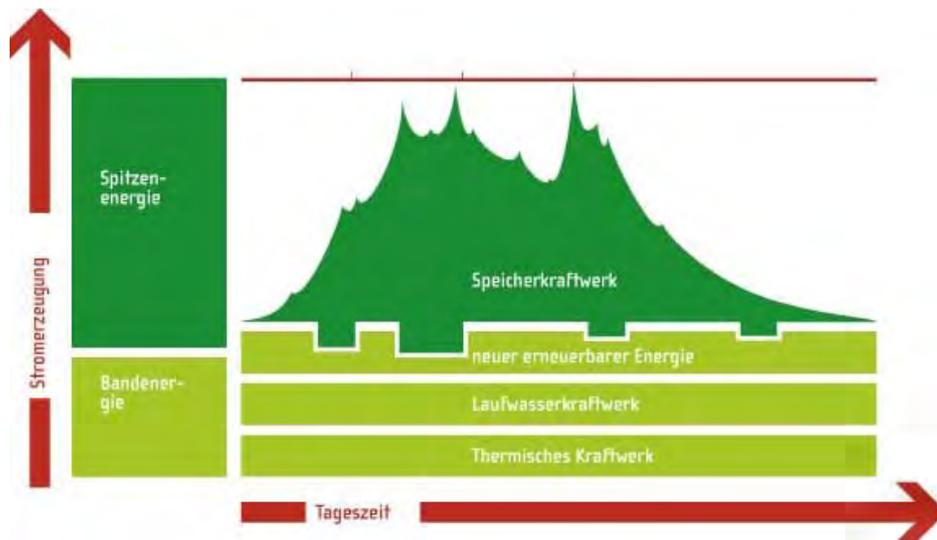
Im Wallis liegen mit der Dafourspitze (4634 m), dem Dom (4545 m), dem Liskamm (4527 m), dem Weisshorn (4505 m) und dem Matterhorn (4478 m) nicht nur die höchsten Berge der Schweiz sondern mit dem Aaletgletscher, dem Gornergletscher und dem Walliser Fischergletscher auch die drei größten Gletscher der Alpen.

Durch den Schutz der umliegenden Berge ist das Haupttal des oberen Wallis, aber auch das untere Vispental ausgesprochen trocken und warm mit einem Steppenklima, welches den Anbau von Wein ermöglicht. Die Wasserversorgung wird vielerorts durch schon im Mittelalter angelegte Wasserleitungen, sogenannte Suonen oder Bissen, gewährleistet.

### 3 Pumpspeicherkraftwerke

Pumpspeicherkraftwerke ermöglichen das Speichern von Energie in Form der potentiellen Energie von Wasser. Zu Zeiten, in denen ein Stromüberschuss besteht, wird Wasser aus einem tieferliegenden Speicher in einen höherliegenden gepumpt, um zu Zeiten in denen Verbrauchsspitzen auftreten wieder zur Stromerzeugung genutzt werden zu können.

Pumpspeicherkraftwerke stellen Ausgleichs- und Regelenergie zur Verfügung, wodurch ein stabiler Netzbetrieb sichergestellt werden kann.



**Abbildung 1 Tagesverlauf Stromerzeugung**

Quelle: [http://www.nant-de-drance.ch/Versorgungssicherheit\\_und\\_Netzstabilitat.htm](http://www.nant-de-drance.ch/Versorgungssicherheit_und_Netzstabilitat.htm)

Die Rentabilität von Pumpspeicherkraftwerken beruht auf dem Preisunterschied zwischen Zeiten mit niedrigen Strompreisen und Hochpreiszeiten. Dieser Preisunterschied beruht auf dem Prinzip von Angebot und Nachfrage. Aus Abbildung 1 ist die Nachfrage ersichtlich, wobei die vertikale Achse in Gedanken auch mit dem Strompreis beschriftet werden könnte.

Die Entwicklung des Strompreises in den nächsten Jahren ist nur schwer vorherzusagen, dies ist nicht zuletzt durch die in letzter Zeit immer stärker in Diskussionen verwickelte Atomkraft bedingt. Die Unsicherheiten in der Entwicklung des Strompreises bewirkt oftmals eine vorsichtige Haltung von potentiellen Investoren.

Diese Tatsache ist der Hauptgrund warum weltweit unzählige Pumpspeicherkraftwerke schon in der Planungsphase auf Eis gelegt wurden und vielleicht nie gebaut werden.

### 4 Eckdaten

Das Pumpspeicherkraftwerk Nant de Drance liegt zwischen den Seen Vieux Emosson und Lac d'Emosson, wobei Ersterer auf 2230 m und Zweiterer auf 1930 m Höhe liegt.



Abbildung 2 Hydraulische Übersicht der Kraftwerksanlage

### Leistungsvermögen und Stromproduktion

Das im Bau befindliche Kraftwerk soll eine Leistung von 900 MW und ein Regelarbeitsvermögen von 2500 GWh erreichen. In Abbildung 2 sieht man eine hydraulische Übersicht mit den Fließrichtungen im Turbinenbetrieb (rot) und im Pumpbetrieb (blau).

### Geplante Bauzeit

Die Bauarbeiten starteten 2008, das Pumpspeicherkraftwerk soll 2017 in Betrieb gehen. Bis zum Zeitpunkt der Exkursion konnten alle Projektmaßnahmen zeitgerecht umgesetzt werden.

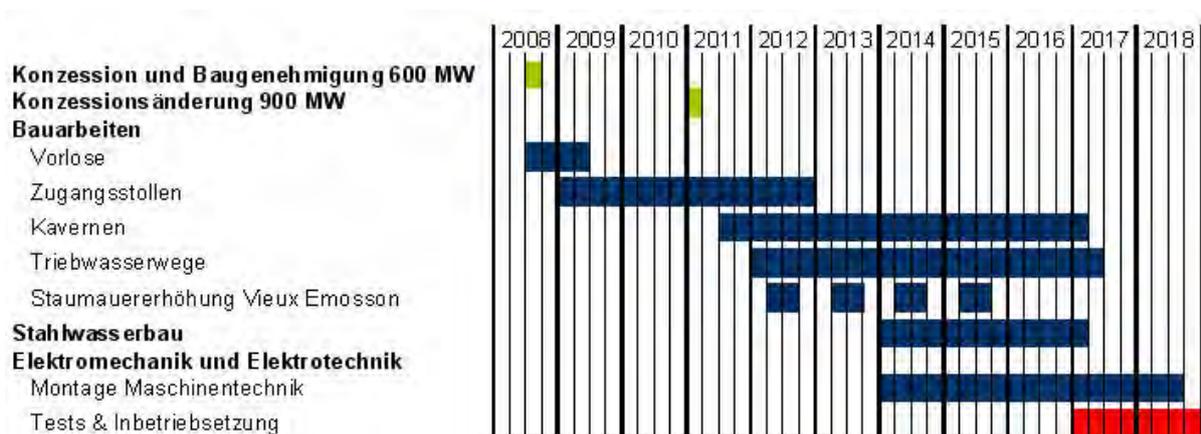


Abbildung 3 Bauphasen

Quelle: <http://www.nant-de-drance.ch/Baustelle.htm>

### Bauherr und Bauleitung

Für den Bau und den späteren Betrieb des Kraftwerks ist die Nant de Drance SA verantwortlich. Hauptbauunternehmer ist das Groupment Marti – Implenia.

## Kosten

Die Gesamtinvestitionssumme beläuft sich auf 1,8 Milliarden Schweizer Franken was 1,45 Milliarden Euro entspricht.

## 5 Projektübersicht im Detail

Das Projekt „Nant de Drance“ umfasst den Bau eines Pumpspeicherkraftwerks in einer Kaverne zwischen den beiden Stauseen auf dem Gebiet der Walliser Gemeinde Finhaut in der Schweiz. Sechs Turbinen mit einer Leistung von insgesamt 900 Megawatt werden jährlich ungefähr 2500 GWh Spitzenenergie produzieren.

In der ersten Bauetappe wurde ein 5,6 km langer Zufahrtsstollen mit Hilfe einer Tunnelbohrmaschine angelegt um auf direktem Wege zur Maschinenkaverne im Berginneren zu gelangen. Dieser weist eine durchgehende Steigung von 12 % und stellt somit eine Herausforderung für den Materialtransport dar, der ausschließlich über diese Zufahrt erfolgt.



**Abbildung 4 Zufahrtsstollen mit 12 % Steigung**

Seit Mitte 2012 laufen die Arbeiten für den Ausbruch der Kaverne. Sie misst 190 m in der Länge, 52 m in der Höhe und 32 m in der Breite, woraus sich in etwa ein Ausbruchsvolumen von 300.000 m<sup>3</sup> ergibt. In die Kaverne münden zwei Vertikalschächte mit einer Höhe von 430 m und einer Durchmesser von 8 m, welche in drei Arbeitstakten ausgebrochen werden.



**Abbildung 5 Maschinenkaverne mit Schalwagen**

Um den erhöhten Wasserbedarf abzudecken, wird die um 1954 erbaute Staumauer des Vieux-Emosson um 20 m erhöht. Durch diese Maßnahme vergrößert sich das Speichervolumen um 10.800.000 m<sup>3</sup>, was in etwa eine Verdopplung des Speichervolumens bedeutet.

Eine große Herausforderung stellte die Errichtung der Ein- und Auslaufbauwerke in den Stauseen dar. Eine langandauernde Absenkung des bestehenden Stausees wurde aus wirtschaftlichen Gründen vermieden. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde das Einlaufbauwerk mittels einschwimmen installiert. Hierzu wurde eine Plattform im Herbst 2010 errichtet, wo im darauffolgendem Sommer die jeweils 1700 Tonnen schweren Einlaufbauwerke errichtet wurden, während der Wasserspiegel im Stausee wieder anstieg. Als nun der Wasserspiegel bis über die Bauwerksoberkante gestiegen war, konnten Schwimmpontons die Konstruktion an ihren Bestimmungsort transportieren. Eine Tauchblase, in welche Luft eingepumpt wurde konnte 80% der Bauwerkseigenlast tragen, wobei die restlichen 20% vom Ponton übernommen wurden. (Hydro ZEK 02/2013)

Um den Arbeitsablauf zu optimieren und die knapp 6 km Anfahrt durch den Hauptzugangsstollen nicht so häufig passieren zu müssen, wurden zwei weitere Kavernen errichtet. Eine dient als Werkstatt (Abbildung 6), in der zweiten wird eine Betonmischanlage installiert.



Abbildung 6: Werkstattkaverne

Bis zur Fertigstellung des Projektes werden insgesamt rund 20 km Stollensysteme angelegt.

## 6 Geologie

Die Geologie des Wallis ist sehr vielfältig. Die Pumpspeichieranlage wird im Gebirgsmassiv Aiguilles Rouges errichtet, welches vorwiegend aus Gneis, Grauwacke und Granit besteht. Dieses Massiv erhielt seinen Namen durch die dort vorkommenden eisenreichen Gesteine. Im Südosten schließt das Mont Blanc Massiv an. Diese beiden kristallinen Zonen befinden sich im Helvetikum, welches hauptsächlich am Nordrand der Westalpen zu Tage tritt.

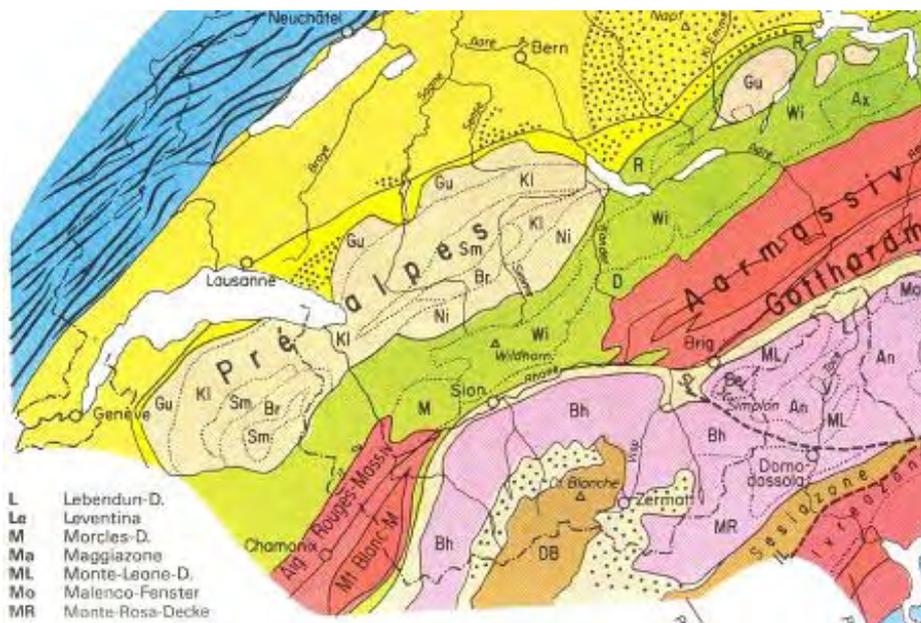


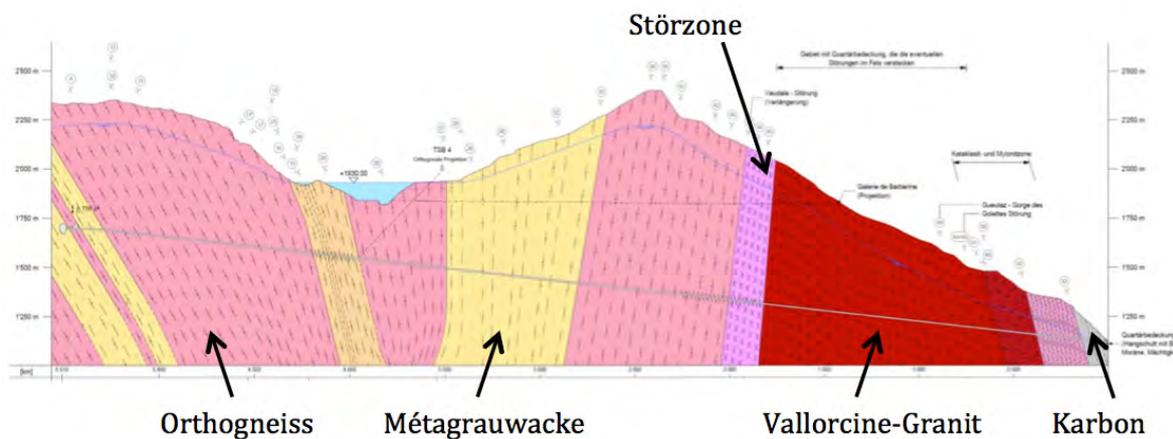
Abbildung 7 Geologische Karte Wallis (Quelle: Atlas der Schweiz Ver. 2.0)

Eine Schwierigkeit stellen unter anderem Störzonen da, die wegen ihrer unberechenbaren Beschaffenheit schon zu manchen Komplikationen geführt haben.

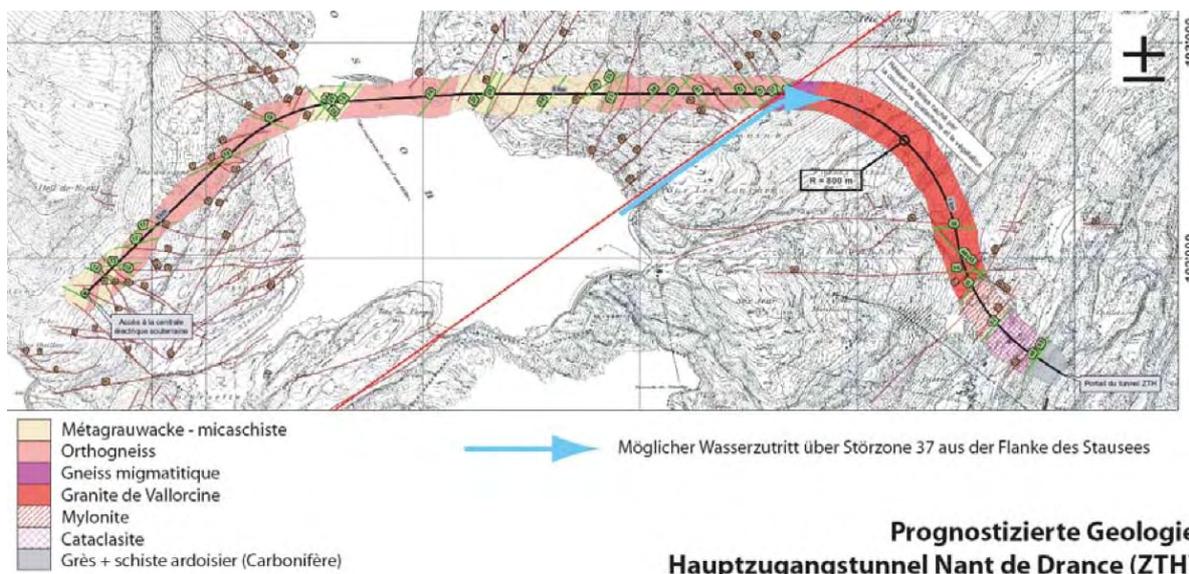
Im Geländeschnitt sind die einzelnen Gesteinsschichten mit ihren Schieferungen und Störzonen deutlich zu erkennen.

Laut dem Geologischen Profil sind im Hauptzugangstollen folgende Gesteine zu erwarten

- Orthogneiss
- Metagrauwacke
- Vallorcine-Granit
- Karbon



**Abbildung 8 Geologisches Profil**  
Quelle: Präsentation Baustellenbesichtigung



**Abbildung 9 Geologie Hauptzugangstollen**

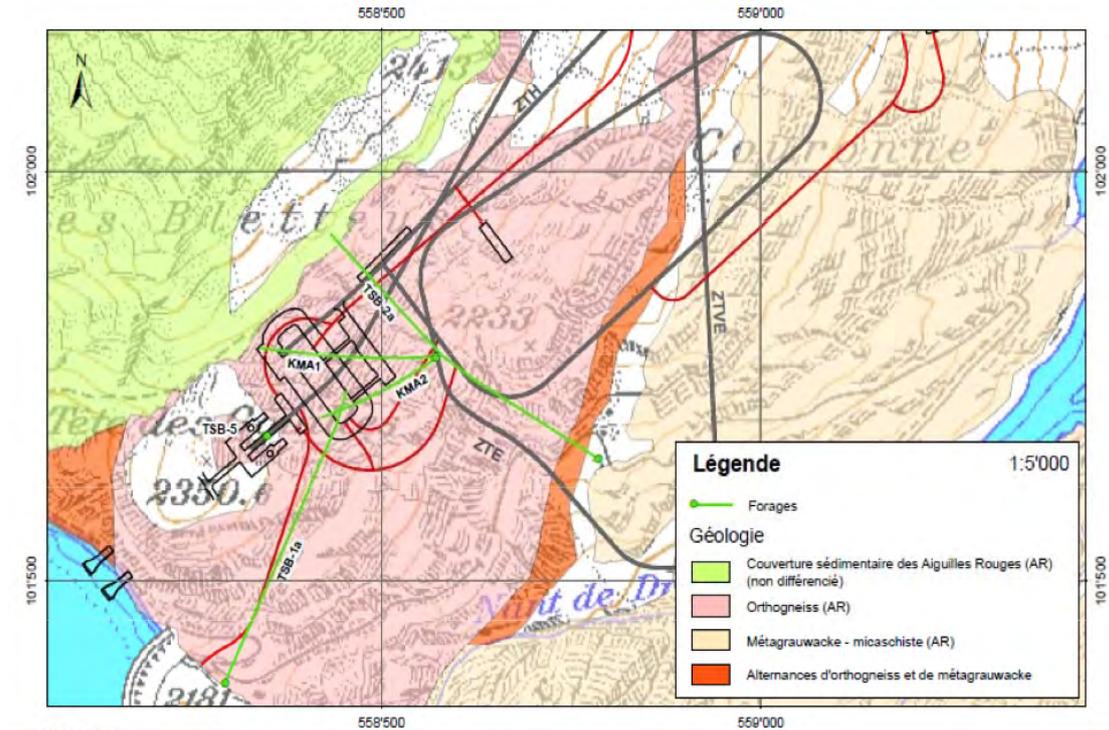


Abbildung 10 Geologische Karte Projekt

## 7 Hydraulisches und wasserbauliches Schema

Das Wasserkraftwerk nutzt die Höhendifferenz zwischen den Stauseen Vieux Emosson und dem rund 300 m tieferliegenden Lac d’Emosson. Durch den relativ geringen Zufluss durch den Wildbach Nant de Drance handelt es sich bei den Stauseen um Jahrespeicher. Die Speicherkategorie ist jedoch nicht entscheidend, da das Kraftwerk im Pumpspeicherbetrieb als geschlossenes System der beiden Stauseen funktioniert.

Die Entnahme erfolgt über einen sohnlahen Einlauftrichter. Der Ausbaudurchfluss der Anlage beträgt  $360 \text{ m}^3$  (zwei Triebwasserwege zu je  $180 \text{ m}^3$ ). Die Triebwasserwege im Oberwasser setzen sich aus zwei geneigten Druckstollen und zwei rund 430 m tiefen vertikalen Druckschächten zusammen. Die Druckschächte führen in die Maschinenkaverne, in der sich jeder Triebwasserweg auf je drei Turbinen aufteilt.

Bei den verwendeten Turbinen handelt es sich um Francis-Turbinen mit vertikaler Welle und Leitradregelung. Dieser Turbinentyp hat den Vorteil auch als Pumpe genutzt werden zu können (Pumpturbine). Daher folgt das Wasser im Pumpbetrieb genau dem herabströmenden in entgegengesetzter Richtung und wird auch durch dieselbe Maschinen nach oben gepumpt.

Mit diesem Turbinentyp ist ein Gesamtwirkungsgrad von etwa 80% möglich.

Bei den gegebenen Bedingungen der nutzbaren Höhendifferenz von etwas über 300 m und dem Ausbaudurchfluss von  $360 \text{ m}^3$  ergibt sich unter Einbeziehung der Erdbeschleunigung, der Dichte von Wasser sowie dem Gesamtwirkungsgrad eine Ausbauleistung von 900 MW ( $P=h*Q*g*\rho_w*\eta$ ). Diese Leistung teilt sich auf die sechs Turbinen zu je 150 MW auf und steht innerhalb von etwa zwei Minuten zur Verfügung, was vor allem für die morgendliche

Spitzenbelastung wesentlich ist. Die Schweizer Bundesbahnen sind mit 36% an dem Projekt beteiligt um zukünftige Verbrauchsspitzen im Bahnbetrieb mit dem Kraftwerk abzudecken.

Von der Maschinenkaverne verlaufen zwei Druckstollen bis zum Auslauftrichter in den unteren Stausee. Die Triebwasserwege sind als Betonbau (Ein- und Auslaufbauwerke, Druckstollen und Druckschächte) und Stahlbau (Bögen, Drosselklappenverschluss obere Schieberkammer, Rollschützenverschluss untere Schützenkammer, Einlaufrechen bei den Ein- und Auslaufbauwerken) und mit einem kreisrunden Querschnitt ausgeführt. Im Pumpbetrieb wird das Wasser aus dem unteren See durch dieselben Anlagenteile in den oberen See gepumpt.

Durch das beschriebene geschlossene System ergibt sich kein Einfluss auf die natürlichen oberflächlichen Wasserkreisläufe. Da das Kraftwerk keine frei fließenden Gewässer berührt entfällt das Schwall- und Sunkproblem.

## 8 Vortriebsstrecken

### Umfang der auszuführenden Ausbrucharbeiten

Zugangsstollen ZTH	TBM-Vortrieb	5500 m
Triebwasserwege	Sprengvortrieb	2450 m
Div. Stollen	Sprengvortrieb	7400 m
Druckschächte	Raiseboring & Aufweitung	2x430 m
Kavernen	Maschinenkaverne	238500 m <sup>3</sup>
Diverse Kavernen & Kammern		156000 m <sup>3</sup>
Spritzbeton / Beton		440000 m <sup>3</sup>

Zur Herstellung des rund 20 km langen Tunnelkomplexes in „Nant de Drance“, kamen zwei verschiedene Methoden des Tunnelvortriebs zum Einsatz. Zum Einen ist dies das konventionelle Sprengverfahren, zum Anderen wird mit einer Tunnelbohrmaschine gearbeitet. Je nach Länge, Gesteinsart und benötigtem Durchmesser wird einer dieser Vortriebsmethoden der Vorzug gegeben.

Im Rahmen des Neubaus des Pumpspeicherkraftwerkes, werden ein Hauptzugangsstollen, eine Maschinenkaverne, zwei parallele Triebwasserwege bestehend aus Ober- und Unterwasserdruckstollen, sowie Zugangsstollen zu den oberen Einbauten errichtet.

Die Hauptbauarbeiten haben im Januar 2009 mit dem Aushub und der Sicherung des Voreinschnittes für den 5,6 km langen Hauptzugangstunnel gestartet. Der Eingang liegt im Tal neben dem SBB Kraftwerk Le Châtelard. Der Zugangsstollen wurde mittels Tunnelbohrmaschine mit einem Durchmesser von 9,45 m vorangetrieben und Ende 2012 fertiggestellt. Zum Zeitpunkt der Baustellenbesichtigung fand gerade die Demontage untertage in der zukünftigen Kaverne für die Betonmischanlage statt. Die Steigung des Zugangstunnels ist mit 12% relativ groß und stellte sowohl für die Herstellung des Stollens als auch für den Betrieb der Baustellenfahrzeuge eine Herausforderung dar.

Am Ende des Zugangsstollens befindet sich die rund 200 m lange und 56 m hohe Maschinenkaverne. Diese wird mittels Sprengverfahren hergestellt, wobei zuerst nur die obersten 16 m ausgebrochen wurden, um anschließend die Decke stützen und verankern zu können und das Lager der Kranschiene zu betonieren und 18 m tief im Fels zu verankern (Abbildung 11).

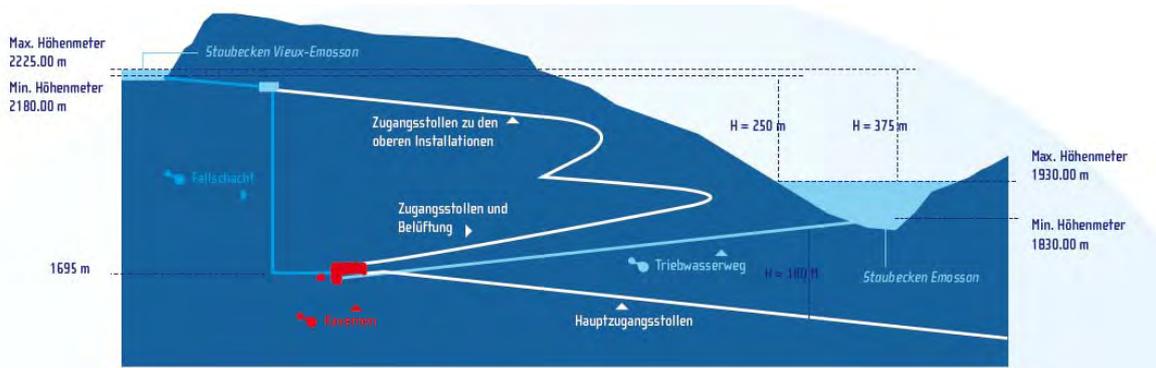


**Abbildung 11: Verankerung der Kranschiene**

Erst nach diesem Verfahrensschritt wird mit weiteren Sprengungen die gewünschte Tiefe der Kaverne ausgebrochen.

Die Triebwasserwege werden ebenfalls durch konventionellen Vortrieb hergestellt. Mit einem Durchmesser von etwa 8,5 m sind die Druckstollen größer als die später eingebauten Stahlrohre, die einen Durchmesser von 8 m aufweisen. Der Zwischenraum wird nach den Einbauarbeiten mit Beton verfüllt.

Die Zugangsstollen, die zu den oberen Einbauten führen, wurden ebenfalls mittels konventionellen Vortriebs erschlossen.



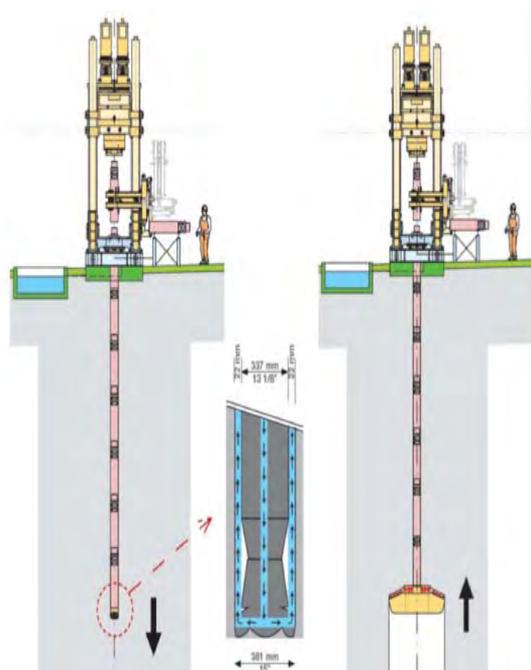
**Abbildung 12 Schema Vortriebsstrecken**

Quelle: <http://www.nant-de-drance.ch/prinzip.htm>

### Vertikale Fallschächte: Raise Boring

Für die Errichtung der Vertikalschächte wurde am oberen Ende ein Kaverne ausgesprengt, in der die für den Vortrieb erforderlichen Arbeitsbühnen und -geräte (z.B. Bohrlafette) montiert wurden.

Die 430 Meter langen vertikalen Fallschächte, die das Wasser vom oberen Stausee zur Maschinenkaverne leiten, werden mittels „raise boring“ hergestellt. Dabei wird zuerst eine kleine Bohrung von typischerweise 230 – 350 mm Durchmesser als Pilotbohrung nach unten abgeteuft. Nachdem die Kaverne erreicht ist, wird der Bohrkopf entfernt und von unten ein so genannter „Bohrlochräumer“ mit einem Durchmesser von 2,5 m angebracht. Dieser wird nun rotierend nach oben gezogen. Das Bohrgut muss dabei nicht nach oben herausgespült werden, sondern fällt nach unten und kann von dort aus abtransportiert werden. Erst jetzt wird der Durchmesser der beiden Fallschächte, mittels Sprengarbeiten auf die gewünschten 8m erweitert.



**Abbildung 13 Raise Boring Verfahren**

Quelle: Präsentation Baustellenbesichtigung

In „Nant de Drance“ beträgt der Durchmesser der Pilotbohrung 380 mm. Trotz der Länge der Bohrung von über 400 m war die Abweichung vom Lot am unteren Ende mit nur wenigen Zentimetern sehr gering.

Für die Durchführung der konventionellen Sprengung wird eine variable Arbeitsplattform benötigt. Diese wird über ein Trägerseil mit einer Winde in den Schacht hinabgelassen. Der Schacht wird abschließend mittels einer Gleitschalung ausbetoniert. Dieses Ausbetonieren stellt höchste Anforderungen an die Baustellenlogistik, da eine Unterbrechung des Betoniervorganges zu einer sehr schwer behebbaren Fuge führt.



**Abbildung 14 Arbeitsbühne Vertikalschächte**

Die Übergänge an den beiden Enden der Schächte in die Druckstollen bestehen aus Metallkrümmern (Durchmesser 8 m, Wandstärke 2-3 cm). Diese werden segmentweise angeliefert und erst vor Ort zusammenschweißt. Der Freiraum zwischen den Metallkrümmern und der ursprünglich ausgesprengten Kavernenwand wird mit Beton ausgegossen um die durch den Impuls bedingten hohen Umlenkkräfte aufzunehmen zu können.

### **Hauptzugangstollen: TBM**

Die Tunnelbohrmaschine, kurz TBM, ist eine Maschine, die zum Bau von Tunneln eingesetzt wird. Sie wird auch als Vollschnittmaschine bezeichnet, was bedeutet, dass sie den gesamten Tunnelquerschnitt in einem Arbeitsschritt abbaut. Hauptbestandteil der TBM ist der Bohrkopf, welcher mit mehreren rotierenden Meißeln ausgestattet ist. Mit Hilfe von Förderbändern wird das ausgebrochene Gestein zutage gefördert und dort abgelagert oder weiterverarbeitet.

Die Vortriebsgeschwindigkeit hängt stark von der vorkommenden Gesteinsart ab. Durchschnittlich legt diese Maschine rund 15 bis 20 m pro Tag zurück und ist demnach 1,5- bis 2,5-mal schneller als die konventionelle Methode. Ein weiterer positiver Aspekt der TBM ist, dass sie auch in nicht standfesten Felsformationen eingesetzt werden kann. Zum einen verwendet man eine Art Schild, welche die Bauteile der Tunnelbohrmaschine schützt, zum anderen wird unmittelbar nach der Bohrung die Tunnelröhre durch Erstsicherung abgestützt. Durch diese aufwändigen Zwischenschritte verlangsamt sich die Vortriebsgeschwindigkeit.

Beim Vortrieb des Hauptzugangsstollens trat eine schwierige Störung auf. In diesem Zwischenabschnitt musste mit dem Schild gearbeitet werden, um ein Einstürzen zu vermeiden.



Abbildung 15 Letzte Elemente der TBM bei der Demontage

### **Triebwasserwege: Konventionelle Sprengverfahren**

Bei der konventionellen Vortriebsmethode werden zuerst Bohrlöcher gebohrt, welche einen Durchmesser von 36 bis 43 mm aufweisen. Die Anordnung der Bohrlöcher und der Abstand zueinander sind entscheidend um eine gute Sprengung durchzuführen. Daher muss bei der Ausführung der Bohrlöcher präzise gearbeitet werden um den gewünschten Sprengerfolg zu garantieren. Die Bohrlöcher werden mit Sprengstoff gefüllt, und der Sprengstoff zur Detonation gebracht. In „Nant de Drance“ findet ein 2-Komponenten Sprengstoff, der erst vor Ort vermischt wird, Verwendung. Mit einer Sprengung kann eine Abschlagtiefe von etwa 2 - 4 Metern erreicht werden.

Der konventionelle Vortrieb eignet sich nicht in Gebieten mit losem Gesteinsverband, da durch die lockere Lagerung weit mehr Gesteinsmaterial als gewünscht gelöst wird.

## 9 Ein- und Auslaufbauwerke

Das Einlaufbauwerk hat den Zweck, das gesammelte Wasser des oberen Stausees in die Druckstollen zu leiten, an deren Enden sich die Turbinen befinden. Das Auslaufbauwerk leitet das Wasser in den unteren Speichersee ein. Befindet sich das Kraftwerk im Pumpbetrieb und Wasser in den oberen Stausee gepumpt, wird die Ein- bzw. Auslauffunktion umgedreht. Die Form der Bauwerke ist trichterförmig um ein möglichst verwirbelungsfreies Ein- und Auslaufen zu gewährleisten



**Abbildung 16 Herstellung Ein- und Auslaufbauwerk**

Das Ein- bzw. Auslaufbauwerk des unteren Speichersees wurde im Trockenen auf einer speziellen Plattform hergestellt. Im Anschluss wurde dieses schwimmend an den richtigen Platz befördert und schließlich abgesenkt.



**Abbildung 17 Einschwimmen des Ein- und Auslaufbauwerks**

Quelle: Präsentation Baustellenbesichtigung

## 10 Deponie Ausbruchmaterial

Das Ausbruchmaterial, welches durch den Tunnelvortrieb anfällt, wird mit Hilfe von Förderbändern über Tage befördert. Das Material wird in zwei Klassen (K1 und K2) eingeteilt. Dabei wird jenes Material (K1) welches als Zuschlagsstoff für den Beton verwendet werden kann bis zur weiteren Verwendung gelagert. Das Gestein, welches die Anforderungen nicht erfüllt, wird deponiert.

Nach Abschluss der Arbeiten wird die Deponie rekultiviert, um Erosion zu verhindern und eventuell nachteilige Einflüsse so gering wie möglich zu halten.



Abbildung 18 Deponie Ausbruchmaterial