

AQUA & GAS

Fachzeitschrift für Gas, Wasser und Abwasser
Revue pour le gaz, l'eau et les eaux usées

N° 5 | 2016

vonRollhydro



vonRoll Gussrohre die Lösung für
freihängende Hochdruckleitungen

www.vonroll-hydro.ch

DIGITALISIERUNG

Sind Wasserversorgungen
«digital-ready»?

THEMA

Pumpen und Wasserzähler –
weniger trocken als gedacht

OZONUNG MIT UV-SONDEN

Stabile Elimination von
Mikroverunreinigungen

LINTHAL 2015: DRUCKLEITUNG IM ZUGANGSSTOLLEN

VONROLL HYDRO (SUISSE) AG
TEL. +41 (0)62 388 11 11
WWW.VONROLL-HYDRO.CH

DUKTILE GUSSROHRE MIT FLEXIBLEN STECKMUFFEN

Im Schweizer Glarnerland werden im Quellgebiet der Linth die Wasserzuflüsse eines rund 140 km² grossen Einzugsgebiets zur Stromproduktion mit Wasserkraft genutzt.

Die Kraftwerke Linth-Limmern AG ist im Besitz des Schweizer Stromkonzerns AXPO und des Kantons Glarus und betreibt die Kavernenkraftwerke Muttsee und Tierfehd sowie das Kraftwerk Linthal, die 1968 nach elfjähriger Bauzeit in Betrieb genommen wurden. Eine erste Erweiterung der Anlagen erfolgte 2009 mit der Fertigstellung und Inbetriebnahme des Pumpspeicherwerks Tierfehd.

Bereits heute sind die Anlagen der Kraftwerke Linth-Limmern ein wichtiger Stützpfeiler der einheimischen Energiequelle Wasserkraft und leisten einen bedeutenden Beitrag zur Stromversorgung der Schweiz.

LINTHAL 2015

Mit dem Ausbauprojekt Linthal 2015 sollen nun die bestehenden Anlagen mit einem zusätzlichen, leistungsfähigen Pumpspeicherwerk erweitert und optimiert werden. Ein Pumpspeicherwerk hat gegenüber einem reinen Speicherkraftwerk den Vorteil, dass nicht nur Strom zu Spitzenzeiten produziert werden kann, sondern auch Stromüberschüsse zu Schwachlastzeiten genutzt werden können. Dazu wird Wasser in einen höher gelegenen Stausee gepumpt, das zu einem späteren Zeitpunkt erneut zur Stromproduktion genutzt wird. Linthal 2015 ist eine hochflexible Anlage, die innerhalb weniger Minuten sowohl grosse Mengen an Strom produzieren wie auch zeitweilige Stromüberschüsse aufnehmen und durch Hochpumpen von Wasser für eine spätere Nutzung speichern kann. Gleichzeitig leistet ein Pumpspeicherwerk einen wichtigen Beitrag zur Netzstabilität.

HÖCHSTGELEGENE BAUSTELLE EUROPAS

Auf der Muttenalp 2500 m ü. M., oberhalb der Gemeinde Glarus Süd, wird auf Europas höchstgelegener Gebirgsbaustelle mit dem riesigen Pumpspeicherwerk Linthal 2015 ein Jahrhundertwerk erstellt. Die geplanten Investitionskosten für dieses Projekt betragen rund 2,1 Mia. Schweizer Franken.

Nach mehrjähriger Bauzeit soll das neu erstellte, unterirdisch angelegte Pumpspeicherwerk bereits 2015/2016 in Betrieb gehen. Zur Stromproduktion wird Wasser aus dem ungefähr 1850 m ü. M. gelegenen Limmernsee wieder in den gut 630 Meter höher gelegenen Muttsee zurückgepumpt, um es bei Bedarf wieder zur Stromproduktion zu nutzen (Fig. 1). Dazu wurde der Inhalt des Muttsees durch den Bau einer imposanten, bis zu 36 Meter hohen und 1025 Meter langen Staumauer von ursprünglich neun Millionen Kubikmeter auf 25 Millionen Kubikmeter erhöht (Fig. 2).

Mit einer Pumpleistung und einer Turbinenleistung von je 1000 MW wird sich die Gesamtleistung der Anlagen des Kraftwerks Linth-Limmern von heute 480 MW auf zukünftig 1480 MW erhöhen, was ungefähr der Leistung des Kernkraftwerks Leibstadt entspricht.

ZUGANGSSTOLLEN ZUR ERSCHLIESSUNG DER KAVERNEN

Für die Erschliessung der Maschinen- und Transformatorenkaverne des neuen Pumpspeicherwerks Linth-Limmern musste ein Zugangsstollen mit einem Durchmesser von acht Meter und einer Länge von rund vier Kilometer von Tierfehd auf 811 m ü. M. bis in die unterirdische Kavernenzentrale

AUTOR

Roger Saner
vonRoll hydro (suisse) ag, Oensingen
roger.saner@vonroll-hydro.ch

AUFTRAGGEBER

ARGE Zugangsstollen AZL, Linthal
c/o Wayss & Freytag Ingenieurbau AG,
Bereich Tunnelbau, Frankfurt am Main (D)

WERKPLANUNG

ewp bucher dillier AG, Luzern
matthias.bucher@ewp.ch

LEITUNGSBAU ZUGANGSSTOLLEN 1. ETAPPE

Baumeler Leitungsbau AG, Luzern
info@baumelerltg.ch

LEITUNGSBAU ZUGANGSSTOLLEN 2. ETAPPE

Bauunternehmung Vetsch Klosters AG,
Klosters Dorf
bauunternehmung@vetsch-klosters.ch

LEITUNGSBAU AUSSENBEREICH

Marti & Co., Linthal
marti&co.sanitaer@bluewin.ch

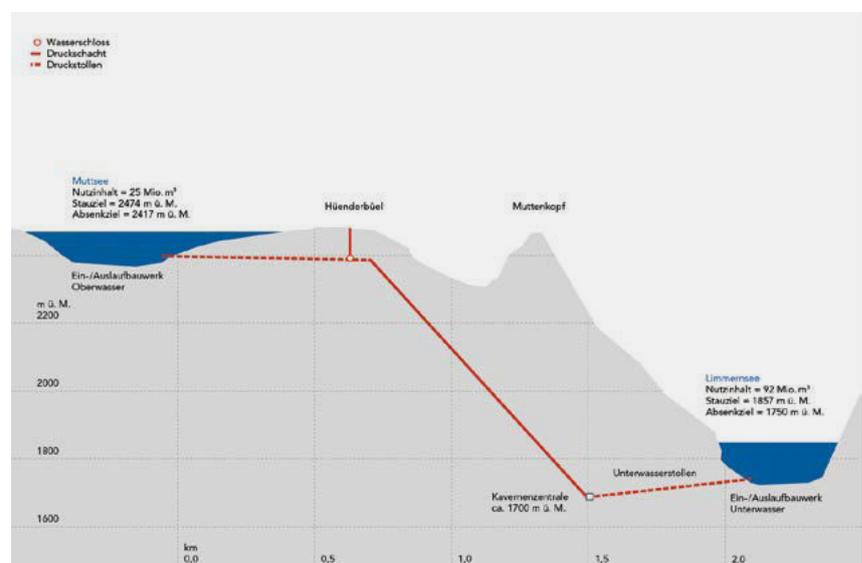


Fig. 1 Längsschnitt Muttsee - Limmernsee durch Druckstollen und Druckschacht

(Grafik: Axpo Holding AG)



Fig. 2 Fertiggestellte Staumauer Muttssee

(Bild: Axpo Holding AG)

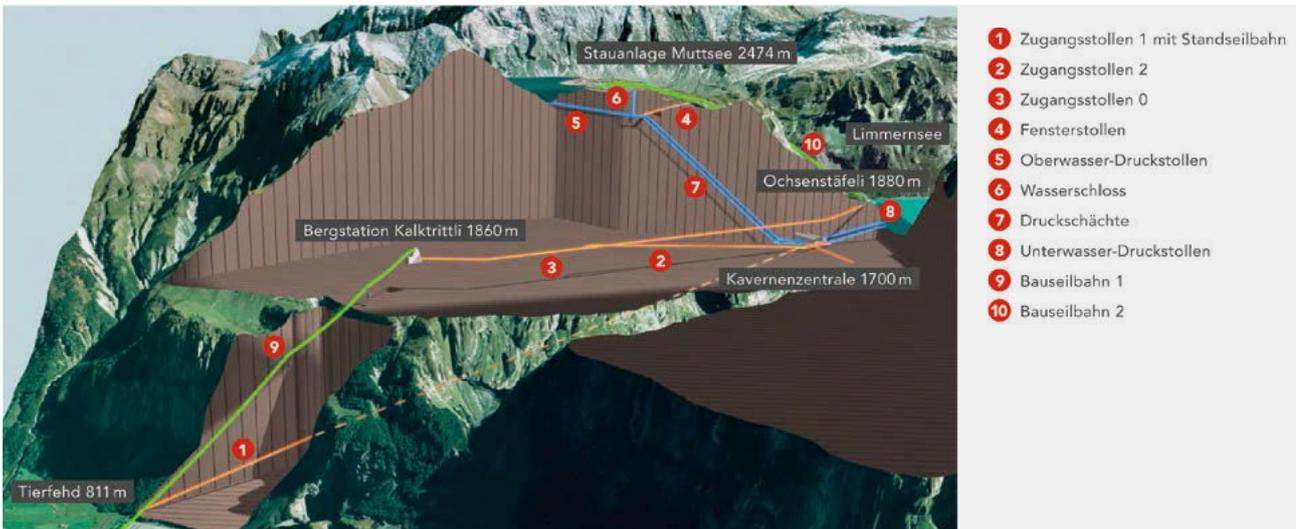


Fig. 3 Schnitt durch den Berg, 1 Zugangsstollen

(Grafik: Axpo Holding AG)



Fig. 4 Übergang Kaverne Talstation zum Schrägstollen



Fig. 5 Fertig montierte Druckleitungen im Schrägstollen (mit Gleitkonsolen)



Fig. 6 Anschluss Sammelbecken bei Tunnelmeter TM 1213

auf einer Höhe von rund 1700 m ü. M. erstellt werden (Fig. 3). Der Zugangsstollen wurde für den Transport der grossen und schweren Maschinenteile mit einer Standseilbahn ausgerüstet, die Lasten bis zu 215 Tonnen transportieren kann, wie es für den Einbau der grossen Transformatoren notwendig ist. Parallel dazu ist die Baustelle mit zwei baugleichen Transportseilbahnen erschlossen, die im Normalbetrieb je 25 Tonnen sowie Sonderlasten bis zu 40 Tonnen transportieren können.

Der Eingangsstollen und die Kaverne der Talstation der Standseilbahn wurden im Sprengvortrieb ausgebrochen und mit Spritzbeton gesichert. Der Ausbruch des knapp 3800 Meter langen Zugangsstollens 1 hinter der Talstation, mit einer konstanten Neigung von 24% respektive 13,5° (Fig. 4), wurde mittels einer 160 Meter langen und 1500 Tonnen schweren Tunnelbohrmaschine realisiert. Der Ausbau erfolgte mit Ankern, Netzen und zwei Lagen Spritzbeton. Das ausgebrochene Gestein (vorwiegend Quintnerkalk) mit einer Gesamtkubatur von nahezu 500 000 Tonnen wurde grösstenteils für Terrainanpassungen bei der Talstation Tierfehd verwendet.

DRUCKLEITUNG ZUR ABLEITUNG VON KARSTWASSER

Im Zuge der Tunnelbohrarbeiten für den Schrägstollen wurden bei Tunnelmeter TM 1279 (links) und bei Tunnelmeter TM 1285 (rechts) sogenannte Karstwasserquellen angeschnitten, also unterirdische Wasserläufe, welche in verkarstem (durch Kohlensäure verwittertem) Gestein auftreten. Die anfallenden Karstwassermengen unterliegen starken saisonalen Schwankungen und können bis zu 400 Liter pro Sekunde betragen. Im Winter sind die Karstwasserquellen in der Regel eingefroren.

Für die Zusammenführung des anfallenden Wassers wurde auf Höhe TM 1213 ein Sammelbecken gebaut. Die anschliessende Ableitung des Karstwassers in einen 300 Höhenmeter tiefer liegenden Schieberschacht im Portalbereich wurde mit zwei übereinander liegenden Druckleitungen DN 250 mm geplant und ausgeführt. Die eingeschränkten Platzverhältnisse im Lichtraumprofil des Stollens verunmöglichten es, eine einzige Druckleitung mit grösserem Durchmesser einzusetzen (Fig. 5).

Wenn im Sammelbecken die anfallende Wassermenge stark ansteigt, wird das überschüssige Wasser nach dem Volllaufen der ersten Leitung via Überfallkante in die zweite Leitung geführt (Fig. 6). Das im Tal beim Schieberschacht ankommende Karstwasser wird ebenfalls mittels einer Druckleitung DN 250 in ein oberhalb des Portals (40 Höhenmeter) liegendes, bestehendes

Reservoir geleitet und für die Turbinenkühlung wieder verwendet. Überschüssiges Wasser wird über die Entleerungsleitung des Reservoirs in den Vorfluterkanal geführt. Ist die Kapazität des Reservoirs erschöpft, kann das Karstwasser auch direkt beim Schieberschacht mit einer Entlastungsleitung DN 400, über ein Vereinigungsbauwerk, in ein Ausgleichsbecken oder auch in den Vorfluterkanal abgelassen werden.

Aufgrund der erschwerten Montagebedingungen im Zugangsstollen – die Leitungen wurden frei hängend seitlich im Tunnelgewölbe montiert – und wegen dem maximalen statischen Druck aus der Höhendifferenz (300 Meter/30 bar) vom Quellanstich bis zur Talstation, fiel die Wahl des Rohrmaterials für die Druckleitungen auf duktile Gussrohre mit flexiblen Steckmuffenverbindungen des Schweizer Herstellers vonRoll hydro.

ROHRTYPEN

Folgende Rohrtypen kamen in den unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz:

- Zugangsstollen Sammelbecken bis Zugangsportal, freihängende Doppelleitung:
 - vonRoll DUCPUR DN 250, Klassen K7, K9, K10, Gesamtlänge ca. 2500 m
- Austritt Zugangsstollen bis Schieberschacht sowie Zuleitung Reservoir, erdvergraben:
 - vonRoll ECOPUR DN 250, Klasse K10, Gesamtlänge ca. 120 m
- Entlastungsleitung Schieberschacht bis Vereinigungsbauwerk, erdvergraben:
 - vonRoll ECOPUR DN 400, Klasse K9, Gesamtlänge ca. 90 m

Die Standardrohre vonRoll DUCPUR verfügen über eine Zink/Bitumenbeschichtung nach EN 545 [1] sowie über eine Innenbeschichtung aus Polyurethan (PUR) gemäss EN 15655 [2]. Die Vollschutzrohre vonRoll ECOPUR sind integral mit Polyurethan (PUR) beschichtet, gemäss den Normen EN 15655 [2] und EN 15189 [3]. Sie sind wegen ihrer mechanisch sehr widerstandsfähigen PUR-Umhüllung in allen Arten von Böden einsetzbar und nach Norm EN 545 [1] als Gussrohre mit verstärkter Umhüllung klassifiziert.

Für die Werkplanung wurde ein für Tunnelbau spezialisiertes Ingenieurbüro beauftragt, das in diesem Stollenprojekt auf ein selbst entwickeltes, für solche freihängende Druckleitungen bewährtes Konzept zurückgegriffen hat. Sämtliche auftretenden Ablenkkräfte sollen direkt in das Stollengewölbe eingeleitet werden. Kräfte in Längsrichtung der Rohrleitung werden durch gezieltes Zulassen von Gleitverschiebungen kompensiert.

Dazu wurden verzinkte Stahlkonsolen mit Gewindestangen (Fig. 7) direkt im Stollengewölbe verankert und die duktilen Gussrohre darauf montiert. Wegen Unebenheiten und Niveaudifferenzen der Stollenwände mussten die Grundplatten der Stahlkonsolen nach der Montage mit hochfestem Fließsmörtel hintergossen werden. Bei Richtungsänderungen in Nischen und alle 60 Meter auf der geraden Strecke wurden die Stahlkonsolen als Fixpunkte in einer massiven Ausführung angeordnet. Die Verbindung der Rohr- oder Formstückmuffe beim Fixpunkt sowie jeweils zwei Rohrmuffen vor- und nach dem Fixpunkt wurden für die direkte Krafteinleitung



Fig. 7 Wanddurchführung durch Stollengewölbe mit Fixpunktconsolen im Eingangsstollen Tierfeld



Fig. 9 Steckmuffen-Verbindung mit außenliegender Schubsicherung vonRoll HYDROTIGHT Figur 2806

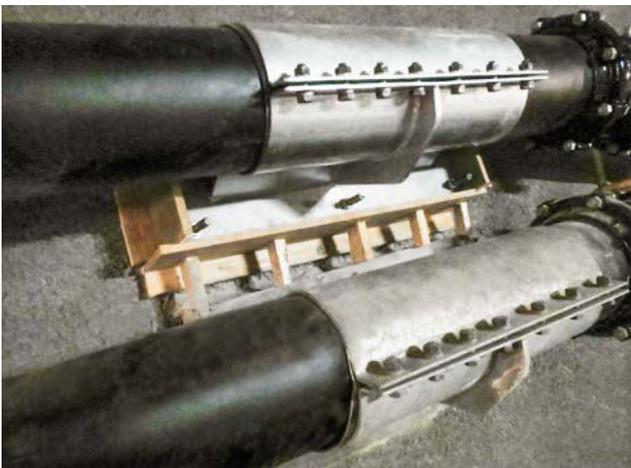


Fig. 8 Abschaltung Fixpunktconsolle für das nachträgliche Hintergiessen mit Fließmörtel



Fig. 10 Steckmuffen-Verbindung mit innenliegender Schubsicherung vonRoll HYDROTIGHT Figur 2807 A

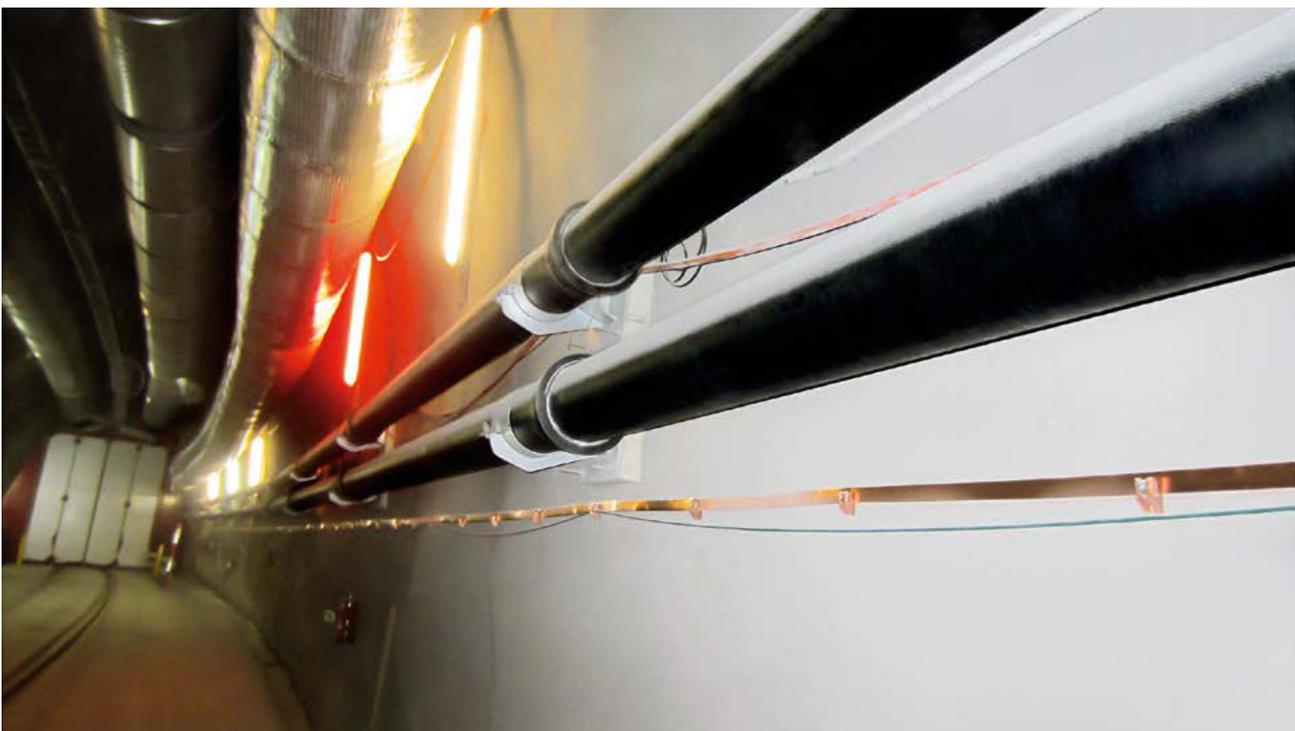


Fig. 11 Mit Fließmörtel hintergossene Gleitpunkte in der Geraden



Fig. 12 Montage der duktilen Gussrohre mit Kleinbagger im Schrägstollen

in das Gewölbe längskraftschlüssig gesichert (Fig. 8). Dazu kamen die bewährten Schubsicherungen von Roll HYDROTIGHT Fig. 2806 (Fig. 9) und Fig. 2807 A (Fig. 10) zum Einsatz. Somit wird verhindert, dass die duktilen Gussrohre unmittelbar nach der Kraftumlenkung um die Fixpunktconsolen drehend ausbrechen können. Auf der freien Strecke zwischen den Fixpunkten wurden die Stahlconsolen für die bis 5° auswinkelbaren duktilen Gussrohre als Gleitconsolen ausgebildet (Fig. 11). In diesen Bereichen wurden bewusst keine Schubsicherungen eingesetzt, damit die Leitung Längsbewegungen flexibel aufnehmen kann.

ERSCHWERTE MONTAGE DER KARSTWASSERLEITUNG IM ZUGANGSSTOLLEN

Die Doppelleitung musste seitlich im Stollen, der ein Längsgefälle von 24% aufweist, auf einer Höhe von ungefähr 2,80 Meter in das Tunnelgewölbe verankert werden. Erschwerend kam dazu, dass die Standseilbahn für die Leitungsbauarbeiten nicht zu lange blockiert werden durfte, damit es zu

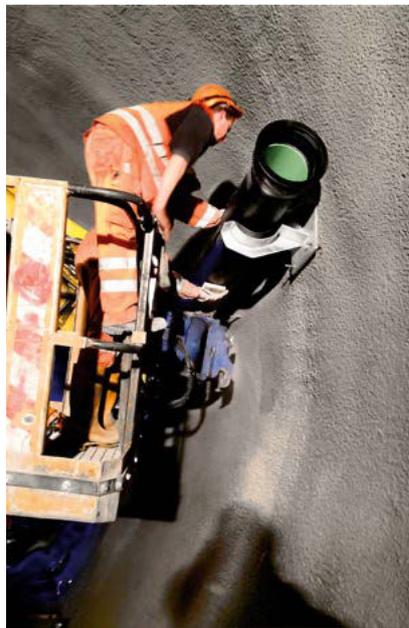


Fig. 13 Montage der duktilen Gussrohre mit Kleinhebebühne im Schrägstollen

keinen Verzögerungen beim Transport der grossen Maschinenteile für das Kraftwerk kommen konnte.

Die duktilen Gussrohre gelangten mit der Standseilbahn vom Stolleneingang im Tal zu der jeweiligen Einbaustelle, wo sie sofort unter Mithilfe eines Kleinbaggers auf die vormontierten Stahlconsolen verlegt wurden (Fig. 12). Wegen dem starken Längsgefälle kamen für die Montagearbeiten auch Hilfsgerüste und Kleinhebebühnen (Fig. 13) zum Einsatz, die einfach und schnell verschoben werden konnten. Durch die sehr knappe Terminvorgabe der Bauleitung waren die Leitungsbauunternehmen gezwungen im 24-Stunden-Schichtbetrieb mit bis zu sieben Arbeitern je Schicht die Rohrmontage durchzuführen. Die gesamte Bauzeit für eine Leitung im Schrägstollen dauerte lediglich zehn Tage (die beiden parallel verlaufenden Druckleitungen wurden projektbedingt mit einem zeitlichen Abstand von mehreren Monaten installiert!) Die Montage der Rohre in der Kaverne und Zugangsstollen im Tal nahm lediglich drei Arbeitstage in Anspruch.

FAZIT

Im Projekt Linthal 2015 ist während der Bauzeit eine reibungslos funktionierende Erschliessung durch den vier Kilometer langen Zugangsstollen bedeutsam. Schwere Maschinenbauteile für das Pumpspeicherkraftwerk, die nicht in Einzelteile von weniger als 40 Tonnen zerlegt werden können, können nur mit der installierten Standseilbahn sicher zum Bestimmungsort transportiert werden. Ebenso wichtig für die Baustellen-Erschliessung sind die beiden Bauseilbahnen sowie die bestehende Fünftonnen-Seilbahn, die der zentrale Zugang vor allem für den späteren Betrieb sein wird. Leider lassen sich unvorhergesehene Ereignisse im Untertagbau nie restlos ausschliessen, was mit dem Anschnitt der Karstwasserquellen allen Beteiligten wieder einmal bewusst wurde. Zwischenfälle, wie der Eintritt von solch grossen Wassermengen, konnten mit dem gezielten Einsatz von hochwertigen Baumaterialien durch erfahrene Ingenieure und Baufachleute gelöst werden.

Im Teilprojekt Karstwasser-Druckleitung haben die duktilen Gussrohre von vonRoll hydro, mit ihren sehr hohen Festigkeitseigenschaften, sicheren längskraftschlüssigen Steckmuffenverbindungen und innovativen Beschichtungen einen wesentlich Beitrag zum sicheren Betrieb des Zugangsstollens im Jahrhundertbauwerk Pumpspeicherkraftwerk Linthal 2015 beigetragen.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] EN 545 (2010): Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen und ihre Verbindungen für Wasserleitungen - Anforderungen und Prüfverfahren 2010
- [2] EN 15655 (2009): Rohre, Formstücke und Zubehörteile aus duktilem Gusseisen - Polyurethan-Auskleidung von Rohren und Formstücken - Anforderungen und Prüfverfahren
- [3] EN 15189 (2006): Rohre, Formstücke und Zubehör aus duktilem Gusseisen - Polyurethanumhüllung von Rohren - Anforderungen und Prüfverfahren