

## Zugangsstollen I für Kraftwerke Linth-Limmern

M. Börker, C. Ammon, D. Frey

Das Projekt Linthal 2015 der Kraftwerke Linth Limmern AG (KLL) in der Schweiz beinhaltet den umfassenden Ausbau der Anlagen der KLL. Hierzu gehören u. a. Druckstollen, Maschinen- und Trafokavernen. Die Arbeiten am Zugangsstollen I für den Zugang zur Maschinenkaverne in der Ausrüstungs- und Betriebsphase sind Thema des folgenden Beitrags.

Das Los A1 ist Teil des Projektes Linthal 2015 der Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL). Dieses Projekt sieht einen umfassenden Ausbau der Anlagen der KLL vor. Im Gebiet Tierfehd wird ein zusätzliches Ausgleichsbecken und zwischen den hochgelegenen Wasserreservoirien des Mutt- und Limmernsees das neue Pumpspeicherwerk Limmern realisiert. Diese beiden Seen werden durch zwei zusätzliche Druck-

Manfred Börker, Wayss & Freytag  
Ingenieurbau AG  
Christian Ammon,  
Rothpletz, Lienhard + Cie AG  
Daniel Frey,  
Rothpletz, Lienhard + Cie AG

stollen verbunden, die beim Limmernsee eine Maschinenkavernemündung bilden. Dort werden vier einstufige Pumpturbinen à 250 MW stehen, die die Wasserkraft in elektrische Energie umwandeln werden.

Zusätzlich zur Errichtung des Druckstollens und der Maschinen- sowie der Trafokaverne wird am Muttsee eine neue Staumauer gebaut, um die Speicherkapazität des Sees zu erhöhen. Diese Arbeiten sind im Bauplan A2 enthalten. Andere Arbeiten, die für die Umsetzung des Projektes Linthal 2015 Pumpspeicherkraftwerk Limmern notwendig sind, werden in weiteren Losen durchgeführt. Der Zugangsstollen I für den Zugang zur

## Access Adit I for Kraftwerke Linth-Limmern

M. Börker, C. Ammon, D. Frey

The Linthal 2015 project for Kraftwerke Linth Limmern AG (KLL), Switzerland, covers the comprehensive expansion of KLL's facilities including, inter alia, headrace tunnels, machinery and transformer caverns. The work on Access Adit I to provide access to the machine chamber during the equipping and operational phases is the focus of the following article.

Lot A1 is a component of the Linthal 2015 project for Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL), which will include comprehensive expansion of KLL's facilities. An additional balancing reservoir is to be created in the vicinity of Tierfehd, and the new Limmern pumped-storage plant installed between the high-altitude water reservoirs of the Muttsee and Limmernsee lakes. These two lakes are to be linked by means of two additional headrace tunnels, which will open at the Limmernsee end into a machine chamber housing four single-stage pump-turbines, each of 250 MW, to convert the water's kinetic energy to electricity.

In addition to the construc-

tion of the headrace tunnels and the machine chamber and transformer cavern, a new dam is to be built on the Muttsee, in order to increase this lake's storage capacity. This work is part of Lot A2. Other works necessary for implementation of the Linthal 2015 Limmern pumped-storage hydroelectric power plant are to be implemented in further contract lots. Access Adit I for access to the machine chamber during the equipping

Manfred Börker, Wayss & Freytag  
Ingenieurbau AG  
Christian Ammon,  
Rothpletz, Lienhard + Cie AG  
Daniel Frey,  
Rothpletz, Lienhard + Cie AG



1 Projektübersicht Linth 2015 in der Schweiz

1 Overview of the Linth 2015 project, Switzerland

Maschinenkaverne in der Aus-rüstungs- und Betriebsphase ist eines dieser Lose (Bild 1).

## 1 Zugangsstollen I im Los A1

Damit während der späteren Nutzungsphase die Maschinen- und Trafokaverne einen witterungsunabhängigen Zugang haben, wird von Tierfehd aus der Zugangsstollen erstellt. Dieser wird im Endzustand für die Beförderung von Personen und den Transport schwerer Maschinenteile mit einer Standseilbahn ausgerüstet. Im Weiteren werden die Energieableitungskabel in den Banketten des Zugangsstollens geführt.

Der Zugangsstollen besteht aus mehreren Bauteilen:

- dem Tagbautunnel mit Portalbauwerk

- dem Zugang zur Talstation der Kaverne Talstation
- dem Schrägstollen mit der auf halber Strecke angeordneten Ausweichstelle

- Muffennischen entlang des

Schrägstollens in regelmäßigen Abständen.

Der 18 m lange Tagbautunnel mit dem Portal wird im Voreinschnitt in offener Bauweise erstellt. Daran schließt sich der bergmännische Vortrieb des Zugangs zur Talstation an. Er hat eine Länge von ca. 219 m und gemäss Projektentwurf einen Ausbruchquerschnitt von ca. 50 m<sup>2</sup>. Der Vortrieb geschieht mittels Sprengvortrieb. Danach folgt die Kaverne der Talstation, die eine Länge von 35 m hat. Die Ausbruchquerschnitte liegen bei ca. 260 m<sup>2</sup> (Normalprofil), bzw. 360 m<sup>2</sup> im Bereich der Ausweitung.

Ausgehend von der Kaverne wird der 3764 m lange Schrägstollen mit einer TBM aufgeföhren; er endet in der Maschinenkaverne. Um den Höhenunterschied von ca. 900 m zwischen Talstation und Maschinenhaus zu überbrücken hat der Stollen eine Steigung von 24 %. Ein Schrägschacht dieser Länge, mit Steigung

and operational phases is one of these lots (Fig. 1).

## 1 Access Adit I in Lot A1

Access Adit I is to be constructed, starting from Tierfehd, in order to provide all-weather access to the machine chamber and transformer cavern during the subsequent utilisation phase. In its ultimate expansion stage, this access adit will be equipped for conveyance of persons and of heavy machine components by means of a funicular. The outgoing energy supply cables will also subsequently be accommodated in the side berms of the access adit.

The access adit consists of a number of components:

- the cut-and-cover tunnel, complete with portal structure
- the access passage to the lower terminus

- the lower terminus cavern

- the inclined adit with the passing station at the half-way point

socket recesses at regular intervals along the inclined adit

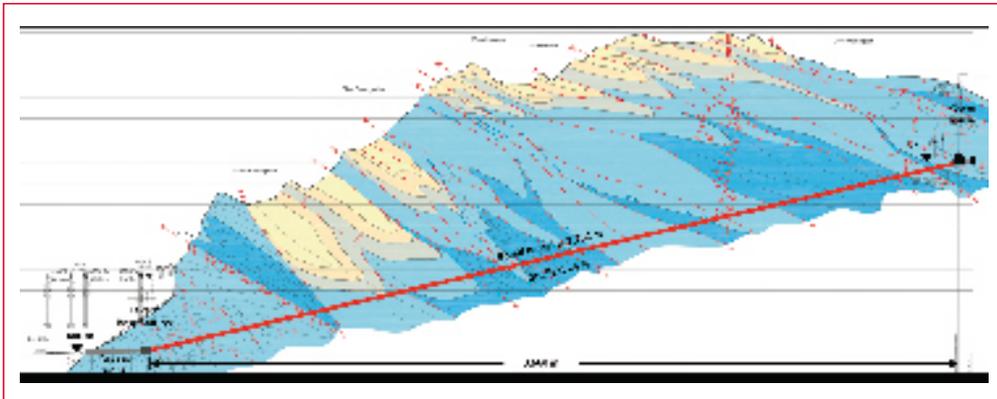
The 18 m long tunnel and portal will be constructed using the cut-and-cover method from the pilot cut. This will be followed by underground tunnelling of the access way to the lower terminus, which will have a length of around 219 m and, on the basis of the project draft, an excavated cross-section of some 50 m<sup>2</sup>. Tunnelling is to be accomplished by means of drilling-and-blasting (D&B) methods. The lower terminus cavern, with a length of 35 m, will follow. The excavated cross-sections will be around 260 m<sup>2</sup> (standard section), and 360 m<sup>2</sup> in the widened zone.

The 3764 m long inclined adit is to be tunnelled using a TBM, starting from the cavern and terminating in the machine chamber. The adit will run at a gradient of 24 %, in order to overcome the height difference of around 900 m between the lower terminus and the machinery house. As far as the project planners are aware, this will be the first time anywhere in the world that an underground incline of this length with a gradient of 24 % and an excavated diameter of 8.03 m has been created. These conditions and dimensions will impose extraordinary demands on the tunnelling crews and their equipment.

The seventeen socket recesses located at intervals of 550 m along both sides of the inclined adit are to be created in parallel to TBM tunnelling. Construction of the passing point at the mid-way mark in the adit is planned for the period after completion of the tunnelling operations.

## 2 Geology

Access Adit I is located entirely in the Quintner limestone



2 Geologischer Längsschnitt  
2 Longitudinal geological section

24 % und Ausbruchdurchmesser 8,03 m, wird gemäß Wissensstand der Projektverfasser weltweit zum ersten Mal aufgeföhren. Diese Verhältnisse bringen außerordentliche Anforderungen an Vortriebsinstallation

und Vortriebsmannschaft mit sich. Die 17 Muffennischen entlang des Schrägstollens, beidseitig im Abstand von 550 m gelegen, werden parallel zum TBM-Vortrieb mit hergestellt. Die Herstellung der Ausweichstelle

formation, which can, in general, be regarded as offering favourable conditions for tunnelling. There are, however, sections featuring unfavourable intersections of cleavage planes and

only short intervals between them), which result in unstable elements on the periphery detaching from the formation and falling into the tunnel cross-section.

Karst phenomena are possible in the Quintner limestone; thanks to the low underground water table, it is assumed that no influxes of water capable of significantly obstructing tunnelling will occur, however. Such Karst inclusions are in many cases filled with sediments. Extensive forward exploratory work is planned, in order to permit detection at the earliest possible stage of any such special features. Seismic methods, combined with forward drilling from the cutter head, will be used (Fig. 2).



3 Blick in Kaverne und Startstollen

3 View into the cavern and starting adit

in Stollenmitte ist nach Abschluss der Bohrarbeiten geplant.

## 2 Geologie

Der Zugangsstollen I liegt vollständig in der Formation des Quintnerkalk. In der Regel ist er austunnelbautechnischer Sicht als günstig anzusehen. Es gibt jedoch Passagen mit ungünstigen Verschneidungen von Trennflächen (mehrere Trennflächen, geringer Trennflächenabstand), die dazu führen, dass sich Bruchkörper am Ausbruchrand aus dem Verband lösen und in den Querschnitt fallen.

Karsterscheinungen sind im Quintnerkalk möglich; es wird aber davon ausgegangen, dass aufgrund des tief liegenden Bergwasserspiegels keine Wassereinträge auftreten, die den Vortrieb wesentlich behindern. Karste sind zum Teil mit Sedimenten gefüllt. Um dies bezüglich Besonderheiten möglichst frühzeitig zu erkennen werden umfangreiche Vorerkundungen vorgesehen. Seismik kombiniert mit Vorerkundungen durch den Bohrkopf werden zur Anwendung kommen (Bild 2).

## 3 Sprengvortrieb für Zugangsstollen und Kaverne

Nach Erstellung des Vor-

einschnittes im Sprengverfahren und dessen Sicherung mit Felsnägeln, Bewehrungsnetzen und Spritzbeton konnte im Januar 2010 der Zugangsstollen angeschlagen werden. Die erste Sprengung erfolgte am 19. Januar 2010.

Auf den ersten Stollenmetern erfolgte der Vortrieb in Teilausbrüchen aufgrund der geringen Überdeckung im Hangbereich. Danach konnte im Vollquerschnitt gesprengt werden. Die Sicherung des Querschnitts im Stollen besteht aus Spritzbeton, Bewehrungsnetzen und Mörtelankern mit 3 bis 4 m Länge.

Zu erwähnen ist noch, dass der ursprünglich geplante Querschnitt des Stollens aus baubetrieblichen Gründen von 50 auf ca. 70 m<sup>2</sup> vergrößert wurde, Hintergrund hierfür ist der Entscheid der Unternehmung, die TBM vor dem Portal zu montieren und gesamthaft mit Nachlaufkonstruktion in die Startrohre zu ziehen.

Nach Abschluss der Vortriebsarbeiten für den Stollen wurde der Ausbruch der Kaverne Talstation in Angriff genommen. Auch hier wurde bei der Erstellung mit dem Verfahren von Teilausbrüchen gearbeitet. Im Zuge der Sicherungsarbeiten der Kalotte und Strosse wurde in einem nachfolgenden Arbeitsschritt sofort die Verkleidung aus Spritzbeton

## 3 Drilling-and-blasting tunnelling for the access adit and cavern

The access adit was struck in January of 2010, following the creation of the pilot cut by means of drilling and blasting, and its securement by means of rock nails, reinforcement mesh and shotcrete. The first blasting operation took place on January 19, 2010.

Tunnelling for the first few meters of the adit was accomplished by means of partial-face tunnelling, due to the low overburden cover under the sloping surface. It was then possible to blast the full cross-section. Support of the cross-section in the adit consists of shotcrete, reinforcement mesh and grouted rock bolts of 3 to 4 m in length.

It should also be noted that the 50 m<sup>2</sup> cross-section originally planned for the adit has been enlarged for operational reasons to around 70 m<sup>2</sup>; the background to this change can be found in the company's decision to assemble the TBM in front of the tunnel portal and draw it into the starting bore complete with the back-up system.

Excavation of the lower terminus cavern was started after completion of the tunnelling work for the adit. The partial-face method was also used here for tunnelling. The lining, consisting of shotcrete and reinforcement mesh, was also installed in a follow-up working operation during the support work for the crown and bench.

The starting adit for the TBM was then drilled and blasted from the cavern, and support then installed. The inclined length of the adit is around 100 m (see Fig. 3).

## 4 TBM tunnelling for inclined adits

### 4.1 TBM and back-up system

A TBM with an appropriate

back-up system will be used for heading of the inclined adit (Fig. 4). Special requirements for this installation result from the gradient and the residual risks presented by the Karst. It must be possible to overcome cavities, and to master boring through concealed Karst inclusions while, at the same time, the crew's workplaces are required to satisfy extremely high safety standards. These demands can best be fulfilled by means of a high level of workplace mechanisation.

Unlike the situation in conventional tunnelling operations, it is not the actual rate of TBM advance which is definitive here for tunnelling progress, but instead performance in forward exploration, rock reinforcement, shotcrete lining – which is to be installed from the back-up system during active tunnelling – and supply logistics.

The invitation to tender required a TBM with double bracing. The contractor's bid met this requirement with a single-gripper machine, which also featured a forward bracing facility. A double-gripper machine was also offered as an option, which the client, however, declined. The contractor, taking account of all the technical and economic requirements, decided during the evaluation phase in favour of a TBM in the form of an open hard-rock machine with a double gripper. This machine has a tunnelling diameter of 8.03 m, and a total installed power of around 3500 kW.

The cutter head carries sixty-two roller cutters of 17" diameter, of which two take the form of bore disk cutters. The tunnelling muck is conveyed by the back-rakers via the drilling booms to the muck hopper, which transfers it to the machine conveyor, which then feeds it on to the belt in the back-up train.

und Bewehrungsnetzen mitaufgebracht.

Aus der Kaverne heraus wurde danach der Startstollen für die TBM aufgesprengt und gesichert. Seine Länge in der Schrägen beträgt ca. 100 m (Bild 3)

## 4 TBM-Vortrieb für Schrägstollen

### 4.1 TBM und Nachlaufkonstruktion

Für das Auffahren des Schrägstollens wird eine TBM mit passender Nachlaufkonstruktion zum Einsatz kommen (Bild 4). Besondere Anforderungen an die Installation ergeben sich aus der Steigung und den Restrisiken im Karst. Hohlräume müssen überwindbar sein, das Durchstanzen von am Parament verdeckten Karsten muss beherrscht werden können und die Arbeitsplätze haben sehr hohen Sicherheitsanforderungen zu genügen. Diese Vorgaben werden am zweckmäßigsten mit einem großen Mechanisierungsgrad an den Arbeitsplätzen erfüllt.

Bestimmend für die Vortriebsleistung ist hier in Abweichung zu konventionellen Vortrieb die eigentliche TBM-Leistung und die Leistung an den Arbeitsstellen. Vorauserkundung, Gebirgsicherung, Spritzbetonverkleidung, die gleichzeitig mit dem Vortrieb im NL erstellt wird, und die Versorgungsleistung.

Die Ausschreibung verlangte nach einer TBM mit Doppelverspannung. Das Angebot der Unternehmung erfüllte diese Anforderung mit einer Einfachgrippermaschine, die zusätzlich über eine Kopfverspannmöglichkeit verfügte. Optional wurde eine Maschine mit Doppelgripper angeboten. Der Auftraggeber hat auf die Beauftragung dieser Option verzichtet. In der Evaluationsphase hat sich die Unternehmung unter Bewertung aller technischen

und wirtschaftlichen Belange für eine TBM, die als offene Hartgesteinsmaschine mit einem Doppelgripper konzipiert ist, entschieden. Sie hat einen Bohrdurchmesser von 8,03 m. Gesamthaft ist auf der TBM eine Leistung von ca. 3500 kW installiert.

Auf dem Bohrkopf sind 62 Schneidrollen mit 17 Zoll Durchmesser installiert, davon zwei als Kaliberrollen. Das Bohrgut wird von den Rückräumen über die Bohrräume zum Bohrguttrichter transportiert. Dieser übergibt an das Maschinenband, das danach das Band im Nachläufer beschickt.

Sicherungsarbeiten, wie Spritzbeton aufbringen, Ausbaubogen versetzen und Anker bohren können bei Bedarf im L1, also kurz hinter dem Bohrkopf durchgeführt werden. Weiterhin ist die TBM mit Installationen zur Vorauserkundung ausgestattet, die es ermöglichen Bohrungen bis 100 m Länge und 100 mm Durchmesser durchzuführen.

Die Nachlaufkonstruktion besteht aus 8 Nachlaufwagen, die über Nachschleppstangen an die TBM angehängt sind. Zwischen Nachläufer und TBM ist eine Rückfallsicherung integriert, die bei Ausfall der Abstützevorrichtung und beim Umsetzen der TBM verhindern soll, dass die Vortriebsanlage (TBM und Nachläufer) im Schrägstollen nach unten rutscht. Sie verspannt sich mechanisch über Hebelwirkung am Ausbruchrand, sobald Druckkräfte der TBM bzw. Zugkräfte vom Nachläufer auf sie wirken (Bild 5).

Die vorderen Nachläufer tragen Aggregate zur Versorgung der TBM und den Steuerstand. Im Nachläufer 3 sind die Installationen für die Aufbringung der Innenverkleidung zu finden. Auf den folgenden Nachläufern befinden sich Einrichtungen wie Fluchtcontainer,

Support work, such as the installation of shotcrete, segmental arches and drilling of rock bolts, can be performed in Zone L1 if necessary, i.e., only shortly behind the cutter head. The TBM is also equipped with forward exploration facilities which permit drilling of exploratory bore holes of up to 100 m in length and 100 mm in diameter.

The back-up system consists of eight back-up cars, which are coupled to the TBM by means of tow-bar couplings. A hold-back, which is intended to prevent the tunnelling train (the TBM and its back-up system) sliding down the inclined adit in case of failure of the support system and during repositioning of the TBM, is installed between the back-up system and the actual TBM. This system mechanically

braces with a lever action against the periphery of the excavated section as soon as compressive forces from the TBM or tensile forces from the back-up system act upon it (Fig. 5).

The front back-up units carry equipment for supply of the TBM, and also the control pulpit. The equipment for installation of the inner lining is located on Back-up Car 3. Other equipment, such as safety containers, a workshop, transformers, ventilation systems, shotcreting pumps and the TBM cooling system, is located on the following back-up cars. The complete tunnelling train – from the front face of the TBM to the tail of the back-up system – has a total length of some 165 m.

Particular attention was devoted during the conception

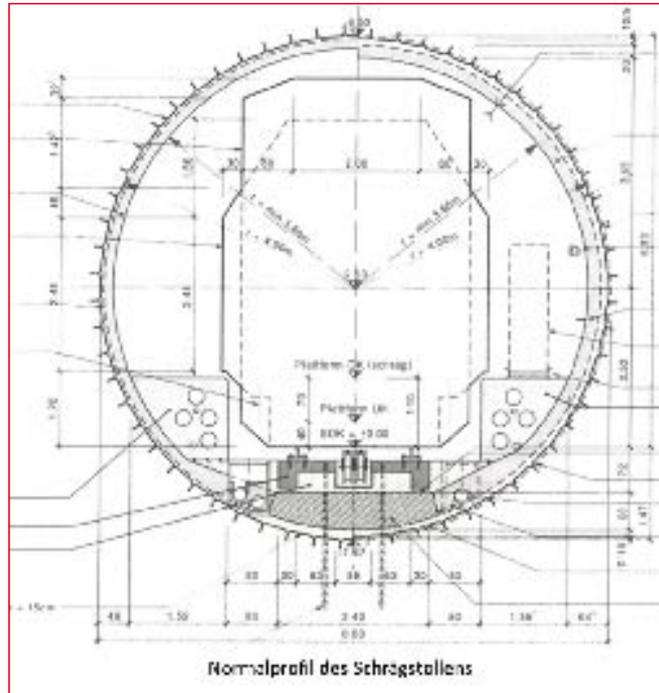
Werkstatt, Transformatoren, Ventilation, Spritzbetonpumpen, Kühlaggregat TBM. Insgesamt misst die Vortriebsanlage – TBM bis Ende Nachlauf – ca. 165 m.

Besonderes Augenmerk wurde beim Konzept des Nachläufers darauf gerichtet, dass der Transport der Baumaterialien vom Entladen ab dem Versorgungszug bis zur Einbaustelle möglichst mechanisiert durchgeführt werden kann. Ein weiterer wichtiger Aspekt war es, aufgrund der besonderen Randbedingungen beider Transporttechnik, genügend Lagerplatz für Baumaterialien zu haben, um Verzögerungen beim Antransport überbrücken zu können.

#### 4.2 Logistik für Vortriebsarbeiten

Da eine Versorgung des Vortriebs mittels Pneubetrieb aus Sicherheitsaspekten vom Bauherrn ausgeschlossen wurde, hat sich die Unternehmung entschlossen eine Windenbahn einzusetzen. Die Leistungsanforderung ergibt sich aus dem erforderlichen Material für den Vortrieb, dem Bedarf an Verkleidungsspritzbeton und den beabsichtigten Vortriebsleistungen. Die Zyklusdauer eines Zugspiels ist abhängig von Fahrstrecke, Fahrgeschwindigkeit, Beladen und Entladen des Zuges. Diese Parameter führten zu einer erforderlichen Nutzlast von ca. 50 t.

Die im Nachläufer zum Transport eingebaute Winde



4 Normalprofil des Stollens

4 Standard section of the adit

stellt durch ihre Dimension – 2000 kW Antriebsleistung, 110 t Gesamtgewicht (inkl. 3900 m Seil mit 43 mm Durchmesser) zusätzliche besondere Anforderungen an den Nachläufer, dessen Lichtraumprofile und die Geh- und Fluchtwege.

Die Windenbahn besteht aus einer Zugeinheit mit mehreren Wagen, die von ihrer Art her verschiedenen Zwecken dienen kann, spricht Aufsatzvorrichtungen hat. Eine Zugeinheit besteht aus drei Modulen mit je etwa 10 m Länge. Auf dem ersten Modul befindet sich der Steuerstand und verschiedene Aggregate, die zum Be-/Ent-

phase für the back-up train to ensuring that conveyance of building materials from unloading from the supply train up to the point of installation can be accomplished with the greatest possible level of mechanisation. A further important aspect, due to the special boundary conditions for operation of the conveying equipment, was that of assuring sufficient storage space for building materials, in order to buffer any delays in supply.

#### 4.2 Logistics of tunnelling operations

Since supply of the tunnel-

ling operation by means of tired vehicles had been excluded by the client for safety reasons, the contractor decided in favour of the use of a cable-hauled rail system. The capacity profile for this system derives from the quantities of material necessary for tunnelling, the shotcrete requirements for lining installation and the planned rates of tunnelling advance. The cycle-time for a train set depends on the distance to be travelled, travel speed, and the loading and unloading of the train. These parameters indicated the necessity for a payload of around 50 t.

The winch installed on the back-up train for haulage, due to its dimensions – 2000 kW drive rating and a total weight of 110 t (including 3900 m of cable, of 43 mm diameter) – made special additional demands on the back-up train, its clearance profiles and on the catwalks, walkways and escape routes.

The cable-hauled rail system comprises a train unit consisting of several wagons, these wagons being designed as multipurpose modules, i.e., various accessories can be mounted on them. One train unit consists of three modules, each around 10 m in length. The first module carries the control pulpit and various items of equipment required for loading and unloading of Modules 2 and 3. These modules can be flexibly equipped, depending on what is to be transported and what work is to be performed.

Tabelle: Am Projekt Beteiligte

Table: Project participants

Bauherr/Client	Kraftwerke Linth-Limmern AG (KLL)
Projekt- und Bauleitung Project and Site Management	Axpo AG
Projektverfasser Project planner	Ingenieurgesellschaft EB-KLL, bestehend aus Emch+Berger AG, Gruner AG, Slongo Röthlin Partner AG The Ingenieurgesellschaft EB-KLL consortium, consisting of Emch+Berger AG, Gruner AG, Slongo Röthlin Partner AG
Bauunternehmung Contractor	Arge Zugangsstollen Limmern (AZL): Rothpletz, Lienhard+Cie AG, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Baresel GmbH, Lazzarini AG, Andrea Pitsch AG, Ragotti+Weber Bau AG The Arge Zugangsstollen Limmern (AZL) consortium: Rothpletz, Lienhard+Cie AG, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Baresel GmbH, Lazzarini AG, Andrea Pitsch AG, Ragotti+Weber Bau AG



5 Tunnelvortriebsanlage bei der Montage  
5 Assembly of the tunnel boring train

ladender Module 2 und 3 benötigt werden. Die Module 2 und 3 sind flexibel auszurüsten, je nachdem, was transportiert oder gearbeitet werden soll.

Bewegt werden diese Zügeinheiten mittels der zuvor erwähnten Seilwinde. Die Wagen der Zügeinheiten sind gleisgeführt und bewegen sich auf den während des Vortriebs unter dem Nachläufer eingebauten Sohlböschungsbändern.

Die Windenbahn ist mit einem Kernstück der Vortriebsanordnung und ein Schlüsselgerät. Sie wird zum Ende der Vortriebsarbeiten auch für den Rücktransport der Nachläufer Teile benutzt werden.

Der Abtransport des Ausbruchmaterials ab Ende Nachläufer erfolgt durch Kaskadenförderbänder. Das sind einzelne Förderbänder mit einer Länge von je 275 m, die aneinandergereiht im Schrägstollen sukzessive zum Fortgang des Vortriebs aufgebaut werden. Damit beim Vortrieb die entstehende Lücke zwischen Ende Nachläufer und Ende des zuletzt eingebauten Förderbandes überbrückt werden kann ist im Nachläuferbereich ein Schleppband entsprechender Länge vorgesehen. Dieses wirft das durch das Nachläuferband antransportierte Material auf das

letzte Kaskadenband ab. Diese Lösung bietet nach Meinung der Unternehmung eine größere Sicherheit bei einem Bandriss als die Variante mit einem durchgängigen Bandgurt. Zudem hat sie den Vorteil, dass damit konventionelle Standardkonstruktionen möglich wurden.

### 5 Stand der Arbeiten und terminlicher Ausblick

Der Stand der Arbeiten per Mitte Oktober sah den Startstollen und die Kaverne vorbereitet für das Einschreiten der TBM mit Nachläufer in die Startröhre vor. Die TBM mit Nachläufer waren vollständig aufgebaut vom Portal bereits bis in den Startstollen eingeschoben.

Der Vortriebsstart ist in Woche 42 erfolgt, zunächst mit provisorischem Versorgungssystem. Der gesamte Vortrieb des Schrägstollens und die Demontage der Tunnelvortriebsanlage sollen bis Ende 2011 dauern. 

These units are hauled by the cable-winch mentioned above. The wagons in the train unit are rail-guided and run during tunnelling operations on the floor segments installed underneath the back-up train.

The cable-hauled rail system is one of the central elements of the tunnelling equipment, and a key system. It is also to be used for recovery of the back-up train elements after the completion of tunnelling.

Outward conveyance of the excavated material from the end of the back-up train belt is by means of conveyor-belt cascades. These consist of individual conveyor-belts, of a length of 275 m each, which are successively installed in the inclined adit as tunnelling progresses. A trailing conveyor of appropriate length is provided in the back-up train in order to ensure that the gap generated during tunnelling between the trailing end of the back-up train and the end of the most recently installed conveyor-belt can be bridged. This discharges the material fed

on to it by the back-up train belt on to the nearest cascade belt. This solution, in the contractor's opinion, provides greater reliability and safety in case of a belt breakage than the variant utilising a continuous belt. It also offers the advantage that standard, conventional belt types can be used.

### 5 Work status and envisaged completion date

As at mid-October, the starting adit and the cavern had been prepared for insertion of the TBM and back-up train into the starting bore. The TBM and back-up train had been completely assembled and had already been run into the starting adit from the portal.

Tunnelling started in the 42<sup>nd</sup> week of 2010, initially using a temporary supply system. Tunnelling of the inclined adit and dismantling of the tunnel-boring equipment is scheduled for completion by the end of 2011. 