

## Hauptsponsoren • Main Sponsors



AFRY Schweiz AG, Zürich



Emch+Berger Gruppe, Bern



Amberg Engineering AG  
VersuchsStollen Hagerbach AG



Frutiger AG, Thun



Avesco AG, Langenthal



Gähler und Partner AG,  
Ennetbaden



B+S AG, Bern



Gasser Felstechnik AG,  
Lungern



Basler & Hofmann AG, Zürich



Heitkamp Construction  
Swiss GmbH, Dierikon



Bellini Personal AG, Zürich



Herrenknecht AG,  
Schwanau (DE)



Belloli SA, Grono  
Rowa Tunnelling Logistics AG,  
Wangen SZ



Holcim (Schweiz) AG, Zürich



csc costruzioni sa, Lugano



IM Maggia Engineering AG,  
Locarno  
IUB Engineering AG, Bern

## Sponsoren • Sponsors



Implenia Schweiz AG, Opfikon



PORR SUISSE AG, Altdorf



Lombardi AG,  
Bellinzona-Giubiasco,  
Rotkreuz, Fribourg



Renzo Tarchini  
Cantieri & Contratti SA,  
Lugano



Marti Technik AG, Moosseedorf



Robert Aebi AG, Regensdorf



Marti Tunnel AG, Moosseedorf



SABAG Biel/Bienne Stahlcenter



Master Builders Solutions  
Schweiz AG, Holderbank



Sika Schweiz AG, Zürich



Pini Group SA, Grono



WSP Ingénieurs Conseils SA,  
Lausanne

## Co-Sponsoren • Co-Sponsors

A. Aegerter & Dr. O. Bosshardt AG, Basel  
ACO AG, Netstal  
Bekaert (Schweiz) AG, Baden  
CSD INGENIEURE AG, Freiburg  
EBP Schweiz AG, Zürich  
GIPO AG, Seedorf

Gruner SA, Renens  
ILF Beratende Ingenieure AG, Zürich  
Infra Tunnel SA, Marin  
JAUSLIN STEBLER AG, MuttENZ  
Liebherr-Baumaschinen AG, Reiden  
Locher Ingenieure AG, Zürich

MAPEI SUISSE SA, Sorens  
MARECHAL GmbH, Willstätt-Sand (DE)  
Promat AG, Münchwilen  
Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Aarau  
Société Suisse des Explosifs (SSE), Brig  
VMT GmbH, Bruchsal (DE)

Claudia Alig, MSc ETH Bau-Ing., Locher Ingenieure AG, Zürich/CH

Marcel Roggenmoser, Dipl. Bau-Ing. ETH/SIA, Locher Ingenieure AG, Zürich/CH

Jasmin Freudiger, BSc FHO Bau-Ing., Lombardi AG, Bellinzona-Giubiasco/CH

# N4 Neue Axenstrasse

## Tunnelbau in den Schweizer Voralpen

Die N4 Neue Axenstrasse mit dem Sisikoner und dem Morschacher Tunnel wird die Verkehrssicherheit und Verfügbarkeit der Nord-Süd-Transitachse nachhaltig erhöhen. Das Grossprojekt mit den zwei Haupttunneln und den diversen Nebenbauwerken liegt in anspruchsvoller topographischer Lage und beinhaltet herausfordernde hydrogeologische-geotechnische Randbedingungen, auf welche nachfolgend eingegangen wird.

### 1. Einleitung

Mit der N4 Neuen Axenstrasse sollen die Verfügbarkeit, Funktionsfähigkeit und Verkehrssicherheit der Nord-Süd Transitachse zwischen Brunnen und Flüelen erhöht und das Dorf Sisikon nachhaltig vom Durchgangsverkehr entlastet werden.

### 2. Projektübersicht

#### 2.1. Situation

Die N4 Neue Axenstrasse wird in Ingenbohl und Gumpisch an die bestehende Nationalstrasse N4 angeschlossen. Dazwischen liegt die Neubaustrecke mit dem knapp 3 km langen Morschacher Tunnel, dem 4.5 km langen Sisikoner Tunnel und dem kurzen Abschnitt der Offenen Strecke Ort. Der Morschacher und der Sisikoner Tunnel verfügen über je eine Röhre und werden im Gegenverkehr betrieben. In Gumpisch ist neben dem Portal des Sisikoner Tunnels und der Galerie Gumpisch der Ausfahrtstunnel Gumpisch angeordnet. Er dient als niveaufreier Halbanschluss für die Ausfahrt nach Sisikon von Süden her (Bild 1). Beim Portal Ingenbohl wird ein separater Entwässerungstollen realisiert, um die zu erwartenden grossen Bergwassermengen aus dem Morschacher Tunnel vom Portal in den Vierwaldstättersee bei Brunnen abzuleiten.

#### 2.2. Geologische und hydrogeologische Verhältnisse

Die vom Morschacher und Sisikoner Tunnel durchörterten Gesteine der Drusberg- und Axen-Decke gehören zu den helvetischen Decken des Alpennordrandes. Diese Decken umfassen komplex aufgebaute Gesteinsserien der Kreide und des Tertiär, wobei es sich einerseits um tonig-schieferige und andererseits um kalkige Gesteine, die unterschiedlich tektonisch beansprucht worden sind, handelt. Entsprechend weisen die Gesteine in verschiedenen Abschnitten sehr unterschiedliche ingenieurgeologische und tunnelbautechnische Eigenschaften auf. Der Morschacher Tunnel liegt vollständig in den Schichten der Helvetischen Drusberg-Decke mit Kieselkalk, Kalken und kalkigem Mergel. Der Sisikoner Tunnel durchquert im nördlichen Abschnitt ebenfalls die Formationen der Drusberg-Decke. Im mittleren Abschnitt wird bei Sisikon der schieferige und lokal stark tektonisch überprägte Palfris-Mergel aufgefahren. Im südlichen Abschnitt durchquert der Sisikoner Tunnel die Schichten der Axen-Decke, welche aus kieseligen Kalken, Kalken und Mergel bestehen (Bilder 2 und 3).



1 Projektperimeter – Auszug aus der Landeskarte

## Nouvelle route de l'Axen N4

### Construction de tunnel dans les Préalpes suisses

La nouvelle route de l'Axen N4, avec les tunnels de Sisikon et de Morschach, a pour objet d'améliorer durablement la sécurité routière, la disponibilité et la fonctionnalité de l'axe de transit nord-sud. Ce projet de grande envergure couvrant deux tunnels principaux et divers ouvrages annexes est soumis à une situation topographique difficile et implique des conditions-cadres hydrogéologiques et géotechniques complexes qui sont typiques de la construction de tunnels dans les Préalpes suisses. L'espace disponible pour réaliser les travaux est très restreint, et outre les éboulements, la structure karstique et les gaz présents sont des facteurs à considérer lors de l'excavation.

## La nuova Axenstrasse N4

### Costruzione di gallerie nelle Prealpi svizzere

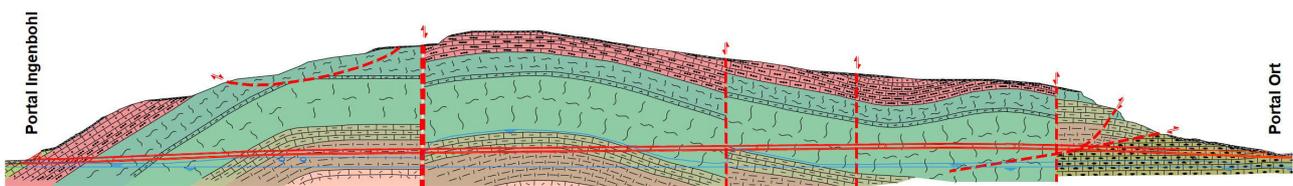
La nuova Axenstrasse N4, con i tunnel Sisikon e Morschach, aumenterà stabilmente la sicurezza stradale, la disponibilità e la funzionalità dell'asse di transito nord-sud. Il progetto di larga scala, che prevede la costruzione di due gallerie principali e di diverse opere accessorie, si trova in una posizione topografica difficile e presenta condizioni idrogeologiche e geotecniche impegnative che sono tipiche della costruzione di gallerie nelle Prealpi svizzere. Le condizioni locali per la realizzazione delle opere sono molto stringenti e nello scavo delle gallerie vanno considerati, oltre alla caduta di massi, soprattutto fenomeni carsici e gas.

## Project "N4 New Axenstrasse"

### Tunnelling in the Swiss Prealps

The "N4 New Axenstrasse" road project with the Sisikon and Morschach tunnels will steadily increase the traffic safety, availability and functionality of the north-south transit axis. The large-scale project with its two main tunnels and various ancillary structures is located in a highly complex topographical location and involves challenging hydrogeological and geotechnical constraints as are typical for tunnelling in the Swiss Prealps. The space available for realising the project is very limited. When excavating the tunnels, karst and gas must be considered here, as well as rockfall.

### Geologische und hydrogeologische Bedingungen Morschacher Tunnel



#### Legende Geologie

##### Lockergestein

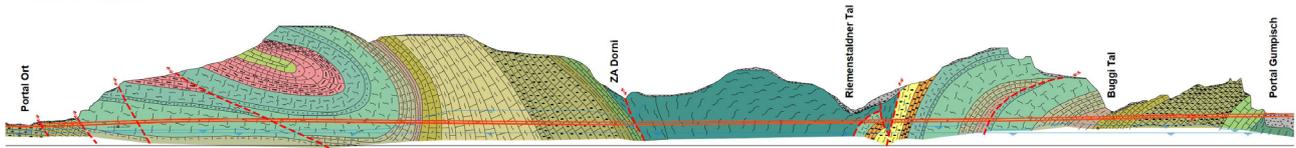
■ Gehängeschutt / Rutschung / Ablagerungen

##### Festgestein

	C <sub>9-10</sub> Seewen-Formation	} Garschella-Formation
	C <sub>6-8b</sub> Selun-Member	
	C <sub>6a</sub> /C <sub>6d</sub> Brisi-Member Lutere-Bank	
	Oberer Schrattekalk	} Schrattekalk-Formation
	Rawil-Member (untere Orbitolina-Schichten)	
	Unterer Schrattekalk	} Tierwis-Formation
	Drusberg-Kalk	
	Drusberg-Mergel	
	Kieselkalk (Mäuerchenkalk)	Helvetischer Kieselkalk
	Verwerfungen, Bruchzonen, tektonische Störungen	

### 2 Geologische und hydrogeologische Bedingungen im Morschacher Tunnel

**Geologische und hydrogeologische Bedingungen  
Sisikoner Tunnel**



**Legende Geologie**

Lockergestein		Gehängeschutt / Rutschung / Ablagerungen	
Festgestein			
Stad-Formation	Bürgen-Formation	Obere Schratfenkalk-Formation	Untere Schratfenkalk-Formation
Rawil-Member (untere Ostalpine-Schichten)	Untere Schratfenkalk-Formation	Drusberg-Member, kalkig	Drusberg-Member, mergelig
Echinodermenbreccie	Krolliger Kieselkalk	Kieselkalk (Münchenerkalk)	Schiefliger Kieselkalk
Diphyoides-Kalk (Drusberg-Decke)	Bettis-Formation (Axen-Decke)	Vitznau-Mergel	Palfris-Formation
Helvetischer Kieselkalk		Verwerfungen, Bruchzonen, tektonische Störungen	

**3 Geologische und hydrogeologische Bedingungen im Sisikoner Tunnel**

**2.3. Vortriebskonzept**

Der Morschacher und der Sisikoner Tunnel werden im Sprengverfahren ausgebrochen. Im Felsen ist ein Hufeisenprofil vorgesehen (Bild 4). Der Vortrieb erfolgt grundsätzlich im Vollausbuch mit nachträglichem Sohlensausbruch. Im Bereich des Palfris-Mergels mit Sohlgewölbe erfolgt der Vortrieb im Vollausbuch mit raschem Ringschluss. Der Vortrieb des Morschacher Tunnel erfolgt ab Ingenbohl Richtung Süden, jener des Sisikoner Tunnel überwiegend vom Zwischenangriff in Dorni aus gleichzeitig in Richtung Ort (Norden) und Gumpisch (Süden). Zur Verkürzung der Bauzeit und für die Überquerung der SBB-Tunnel mit sehr geringer Überdeckung starten vom Portal Ort aus zwei Gegenvortriebe mit 350m resp. 450m Länge.

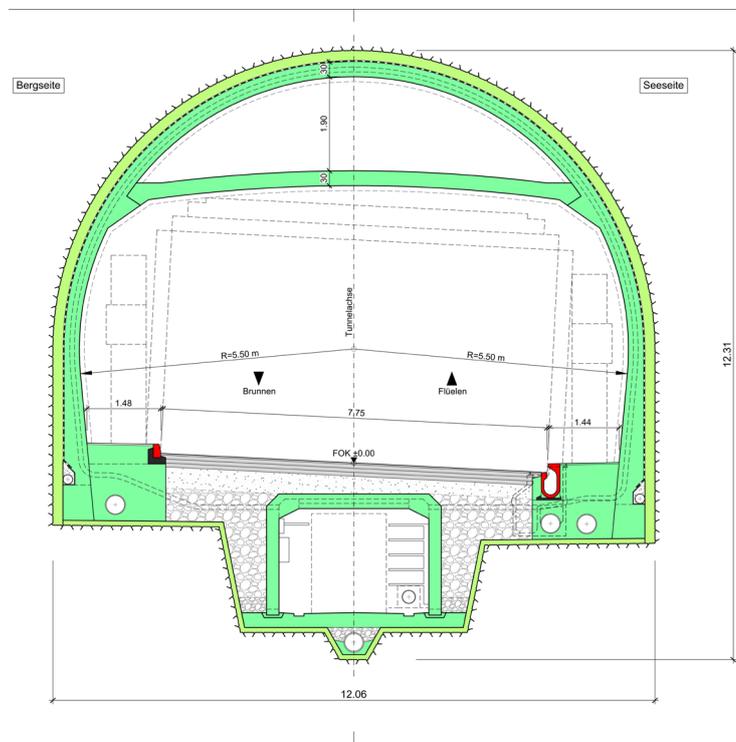
**3. Übersicht Stand der Arbeiten / Bauarbeiten**

Die ersten Bauarbeiten wurden bereits im Jahr 2016 in Angriff genommen. Im Zuge der Sanierung des SBB-Seegleises wurden Verstärkungsmassnahmen für die Überquerungen der SBB-Tunnel sowie eine temporäre Strassenüberführung zur Verkehrs-umleitung und ein Schutz-tunnel über der Bahn in Ort erstellt (Bild 5). Seit 2022 finden die Vorbereitungsarbeiten in den Portalbereichen statt. Die beiden Hauptlose Morschacher und Sisikoner Tunnel starten Mitte 2025. Als Erstes werden die Arbeiten im Bereich der Installationsplätze sowie die Voreinschnitte und der Erschliessungsstollen Dorni ausgeführt. Der Start der Hauptvortriebe der beiden Tunnel ist ab Frühjahr 2026 geplant. Die Inbetriebnahme der Neuen Axenstrasse ist für 2033 vorgesehen.

**4. Projektherausforderungen aus Sicht Projektverfasser**

Das Projekt N4 Neue Axenstrasse ist aufgrund der topographischen und (hydro-) geologischen Gegebenheiten ein Projekt mit hoher Komplexität und beinhaltet diverse tunnelbautechnische Herausforderungen. Nachfolgend sind die wichtigsten aufgelistet:

- Sehr beengte Platzverhältnisse aufgrund des steil Richtung See abfallenden Geländes
- Nähe zu Axenstrasse und SBB-Stammlinie Nord – Süd, beide unter Betrieb
- Naturgefahren, insbesondere Steinschlag- und Murganggefahr im Bereich Gumpisch
- Engmaschiges Bauprogramm mit Abhängigkeiten zu Vor- und Nachfolgelosen
- Materialbewirtschaftung und Anforderungen Seeschüttung
- Portallagen und Bauwerke im BLN-Gebiet (Bundesinventar der Landschaften und Naturdenkmäler von nationaler Bedeutung)



4 Normalprofil ohne Sohlgewölbe im Sisikoner und Morschacher Tunnel

Quelle: CSD Ingenieure AG

Quelle: INGE Axen

- Unterquerung von gefassten Quellen und Gewässerschutzzonen S1–S3
- Gefährdungsbilder im Tunnelvortrieb, wie:
  - Kluftkörper bis 140 m<sup>3</sup>, welche Anker bis 6 m Länge bedingen
  - Karstgebirge mit grossem prognostiziertem Wasser- und Sedi-  
mentanfall
  - Gas bis Gasgefahrenstufe 4, woraus sich diverse Massnahmen bezüglich Lüftung, Gas-  
messungen und -überwachung wie auch technische und organisatorische Massnahmen er-  
geben
  - Mittlere bis grosse Quarz-  
gefährdung sowie im Betliskalk  
geogenes Arsen, was spezi-  
fische Massnahmen zur Reduk-  
tion der Staubfreisetzung und für die persönliche Schutzausrüstung erfordert
  - Quelldrücke im Bereich des Palfris-Mergels, welche ein Sohlgewölbe bedingen



Quelle: INGE Axen BL

5 Luftbild der bestehenden Axenstrasse mit Verkehrsumleitung über die temporäre Strassenüberführung sowie Installationsfläche auf dem Schutztunnel, beide über das SBB-Gleis, im Bereich Ort, Stand vom Februar 2025

Nachfolgend werden einige Herausforderungen näher erläutert.

### 5. Logistik

Mit Ausnahme des Nordportals des Morschacher Tunnels befinden sich alle Portal- und Baubereiche in unmittelbarer Nähe zur viel befahrenen Axenstrasse. Um Platz für die Bauarbeiten zu schaffen, wurden im Portalbereich Ort und Gumpisch temporäre Brücken für die Verkehrsumleitung geschaffen. Damit sich der Verkehr auf der Axenstrasse nicht aufstaut, sind Zu- und Wegfahrten zu den Baustellen nur mittels Rechtsabbiegen gestattet. Beim Zwischenangriff Dorni wird für die Baustellenzufahrt ein provisorischer Kreislauf erstellt, sodass Wenden möglich wird und Ortsdurchfahrten durch das Dorf Sisikon minimiert werden können. Um Platz für Installationsflächen zu schaffen, sind an den Portalen sowie beim Zwischenangriff Dorni aufwendige Vor- und Hangeinschnitte erforderlich (Bild 6). Aufgrund der beschränkten Platzverhältnisse wird der Logistik und der zeitgerechten Anlieferung von Materialien grösstes Augenmerk gewidmet. Der Abtransport des Ausbruchmaterials beim Zwischenangriff Dorni in die Seeschüttung muss aufgrund der begrenzten Zwischenlagermöglichkeiten unverzüglich erfolgen. Für den Abtransport via Schiffe ist in Dorni eine Siloanlage vorgesehen.

### 6. Niederbrüche / Kluftkörper

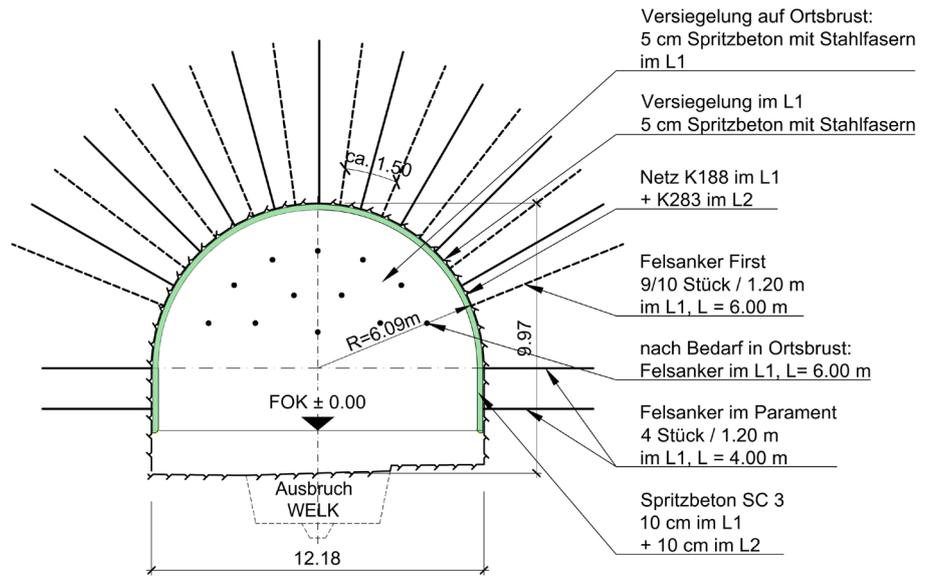
In den verschiedenen Kalkformationen, welche die Vortriebe durchörtern, können je nach Trennflächengefüge und Verkarstungsgrad Niederbrüche und Kluftkörper von unterschiedlicher Form und Grösse vorkommen. Beim Bau des Ölbergtunnels im Jahr 1992



Quelle: INGE Axen BL

6 Luftbild der Bauarbeiten des zukünftigen Hauptinstallationsplatzes für den Sisikon Tunnel (Voreinschnitt Dorni), Stand vom November 2024

wurde der Extremfall eines Niederbruchs von einem Kluftkörper von 140m<sup>3</sup> dokumentiert. Die Tunnelbauten der neuen Axenstrasse befinden sich in derselben geologischen Formation wie der Ölbergtunnel und das Auftreten eines Kluftkörpers in dieser Grössenordnung kann somit nicht ausgeschlossen werden. Die Ausbruchsicherung berücksichtigt dieses Gefährdungsbild mit Anker von bis zu 6 m Länge oder alternativ in schlechten geologischen Verhältnissen und der Gefahr von grösseren Niederbrüchen mit dem Einbau von Stahlbögen (Bild 7).



Quelle: INGE Axen

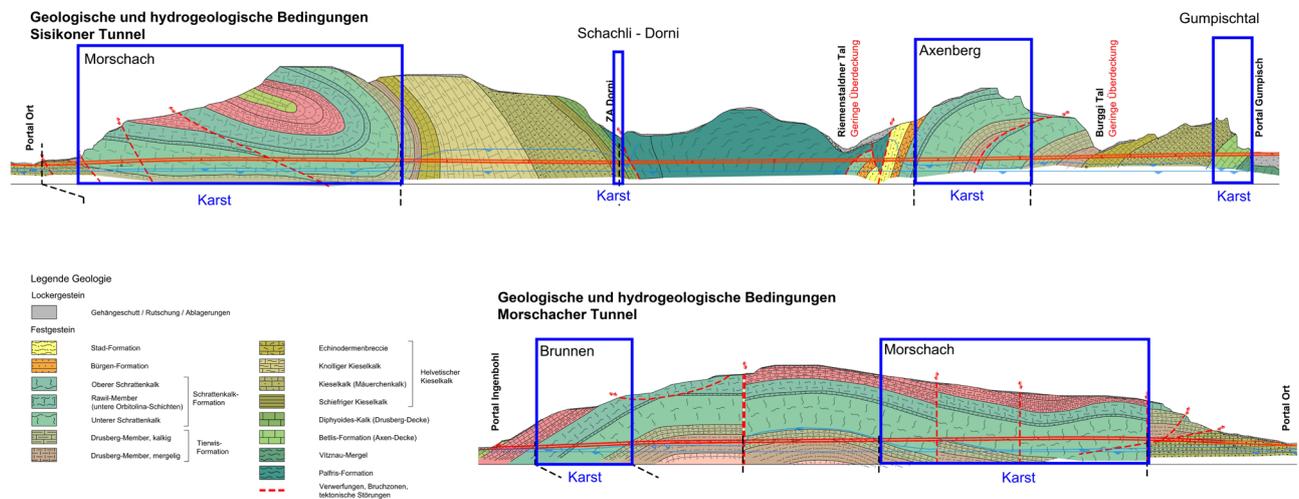
7 Ausbruchsicherung Sicherungsklasse 3 Haupttunnel für Kluftkörper mittlerer Grösse mit Felsankern von 6 m Länge

### 7. Karst

Entlang der Tunnelbauwerke werden verschiedene Formationen mit Wasserführungen erwartet. Insbesondere der Schrattekalk ist bekannt für die Ausbildung von Karststrukturen. Im massigen Schrattekalk können Karsthohlräume mit zeitweise hoher Wasserführung vorkommen. Die grössten Einzel-Ereignisse können Anfälle bis 1'000l/s Wasser und Material verursachen und erfordern diverse Massnahmen. Zur Erkundung des Gebirges und als Drainage von wassergefüllten Karstsystemen werden Vorerkundungsbohrungen in Abhängigkeit des prognostizierten Gefährdungspotentials ab der Ortsbrust ausgeführt. Nebst den Erkundungsbohrungen sind während den Vortriebsarbeiten verschiedene Massnahmen geplant, um den Gefährdungsbildern zu begegnen. Unter anderem sind dies Kluftinjektionen, Injektionsschirme, Hohlraumverfüllungen und weitere konzeptionelle Massnahmen. Obwohl im Projekt die Zonen, in welchen mit erhöhtem Wasseranfall zu rechnen ist, bekannt sind, ist die konkrete Gefahr aufgrund der räumlichen Begrenzung und des Zusammenhangs sowohl mit den Niederschlägen und Schneeschmelze als auch mit den Wasserwegsamkeiten im Untergrund im Voraus nicht abschliessend ermittelbar. Schliesslich bleibt das Antreffen von Karststrukturen in einem Tunnel zufällig und sein hydraulisches Verhalten ist mit hohen Unsicherheiten verbunden (Bild 8).

### 8. Quellfähiges Gebirge

Im mittleren Abschnitt des Sisikoner Tunnels werden die schiefrigen Palfris-Mergel auf einer Länge von rund 900 m aufgefahren. Das Hauptgefährdungsbild bildet das Quellpotential in den tonmineralführenden Mergelschichten. Diese potenziell entstehenden Quelldrücke werden entsprechend dem Widerstandsprinzip im Endzustand mit einem bewehrten Sohlgewölbe aufgenommen (Bild 9).



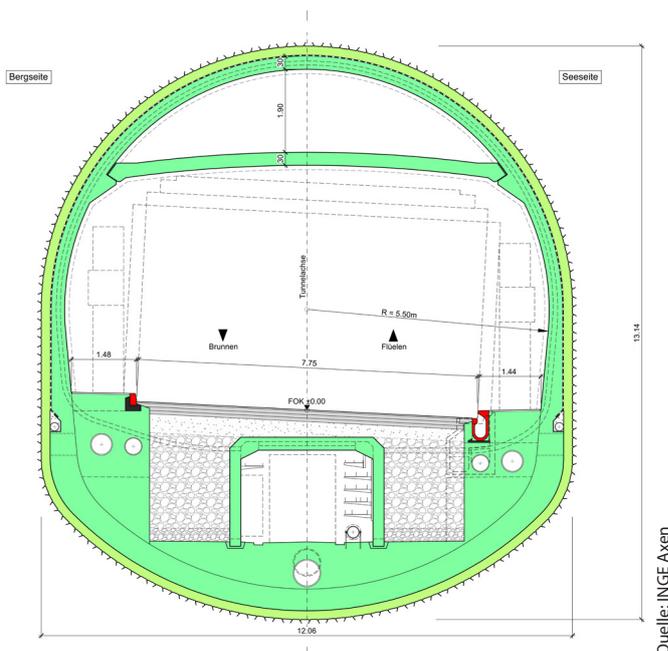
8 Geologische Längensprofile des Morschacher (oben) und des Sisikoner Tunnels (unten) mit den relevanten Karstsysteme auf Tunnelniveau in blauer Einfärbung

Quelle: CSD Ingenieure AG

Wie der Haupttunnel werden auch sämtliche Nebenbauwerke im Palfris-Mergel wie z.B. die Mittelzentrale 3 mit einem Sohlgewölbe ausgebildet, um auftretende Quelldrücke abtragen zu können. Zur Verhinderung resp. Minimierung des Aufbaus eines Quelldrucks sowie um eine Aufweichung und Entfestigung der Sohle im Palfris-Mergel zu vermeiden, wird während der gesamten Bauausführung auf einen möglichst geringen Wassereintrag durch den Bauprozess geachtet. Wasser wird möglichst sofort gefasst und abgeleitet.

### 9. Fazit

Das Projekt N4 Neue Axenstrasse ist ein Projekt, welches viele Herausforderungen im Tunnelbau bietet und exemplarisch für Tunnelprojekte in den Schweizer Voralpen ist. Die topographischen Gegebenheiten haben direkte Auswirkungen auf das Vortriebskonzept, die Angriffsstellen und die Materialbewirtschaftung. Die Ausbruchsicherung wird massgeblich durch das Trennflächengefüge definiert und muss flexibel entsprechend den geologischen Gegebenheiten angepasst werden können. Ein Vortrieb in wasserführendem karstfähigen Gebirge stellt eine grosse Herausforderung an Projektierung und Ausführung dar, da auch mit allen begleitenden Massnahmen eine Unabwägbarkeit bestehen bleibt.



9 Normalprofil mit Sohlgewölbe im Sisikoner Tunnel

Quelle: INGE Axen

### PROJEKTDATEN

#### Region

Schweiz, Kantone Uri und Schwyz

#### Bauherr, Projekt- und Oberbauleitung

Kantone Uri und Schwyz, c/o Tiefbauamt des Kantons Schwyz

#### Planung und Bauleitung

- INGE Axen, c/o Lombardi AG, Rotkreuz bestehend aus Locher Ingenieure AG, Lombardi AG, WSP AG, B+S AG
- INGE Axen Bauleitung, c/o Lombardi AG, Rotkreuz bestehend aus Lombardi AG, ILF, www.bauleitungen.gmbh, CSD Ingenieure AG, Locher Ingenieure AG, WSP AG, B+S AG

#### Ausführung

- Baulos 200 Sisikoner Tunnel: ARGE Tunnel Axenstrasse, Implenia Schweiz AG / Frutiger AG
- Baulos 400 Morschacher Tunnel: ARGE Urnersee Morschach, c/o Marti Tunnel AG

#### Kenndaten

Bauzeit:	ca. 12 Jahre
Inbetriebnahme:	voraussichtlich 2033
Baukosten Tunnel:	ca. CHF 662 Mio.
Gesamtlänge:	Haupttunnel exkl. Stollen knapp 8 km
Ausbruchquerschnitt:	Haupttunnel Normalprofil bis 115 m <sup>2</sup> , mit Sohlgewölbe bis 132 m <sup>2</sup>

#### Besondere Merkmale

Sprengvortrieb, anspruchsvolle geologische Verhältnisse (Karstgebirge, quellfähiges Gebirge, Gas, Quarz), Naturgefahren, beengte Platzverhältnisse, Seeschüttung, sehr steil abfallendes Gelände, Nahbereich zur bestehenden Axenstrasse sowie SBB, BLN-Gebiet