

<b>Zeitschrift:</b>	Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio
<b>Herausgeber:</b>	geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement
<b>Band:</b>	108 (2010)
<b>Heft:</b>	12: AlpTransit
<b>Artikel:</b>	Die Rolle der Vermessung beim Bau des Ceneri-Basistunnels
<b>Autor:</b>	Bernasconi, Cristiano
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-236734">https://doi.org/10.5169/seals-236734</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 14.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Die Rolle der Vermessung beim Bau des Ceneri-Basistunnels

Die Rolle der Vermessung wird bei Bauprojekten oft vernachlässigt. Für die Realisierung von komplexen und anspruchsvollen Bauwerken wie dem Ceneri-Eisenbahn-Basistunnel ist sie hingegen ein grundlegendes Element. In den Vorbereitungsphasen sind die Vermessungsfachleute involviert, um die notwendigen Basisgeodaten für die Projektierung aufzunehmen und zu liefern. Später definieren sie die Fixpunktnetze ausserhalb des Tunnels und bestimmen die Hauptpunkte im Tunnel, um die korrekte Orientierung der Vortriebsarbeiten zu garantieren. Ausserdem müssen während dem Fortschreiten der Arbeiten die Tunnelprofile überprüft und die Bauwerke im Freien (sowohl die bereits existierenden als auch die im Bau befindlichen) überwacht werden, um eventuelle Deformationen rechtzeitig erkennen zu können. Schliesslich sind mit hohen Genauigkeiten (unterhalb eines Millimeters) die Bezugspunkte für die Verlegung der Schienen und für alle technischen Anlagen der Hochgeschwindigkeitsbahn zu versetzen und zu bestimmen.

C. Bernasconi

Der Bau des Ceneri-Eisenbahn-Basistunnels erstreckt sich über eine Länge von 15.4 km und beinhaltet eine gesamte Vortrieblänge von ca. 40 km Tunnel und Stollen (Abb. 1). Das Nordportal befindet sich bei der Magadinoebene, auf dem Gemeindegebiet von Camorino auf einer Höhe von ca. 220 m über Meer, während sich das Südportal in Vezia auf einer Höhe von 330 m über Meer befindet. Aus technischen und logistischen Gründen werden grosse Teile des Vortriebes vom Zwischenangriff Sigirino realisiert. Von Sigirino aus erreicht man durch einen 2.3 km langen Tunnel (dem sogenannten «Fensterstollen Sigirino») das Herz des Bauwerks: die «Caverna operativa centrale» CAOP (zentrale Betriebskaverne). Die Spezialisten der Vermessung sind seit Anfangs der neunziger Jahre des vergangenen Jahrhunderts in das Projekt involviert. Sie lieferten die kartografischen Grundlagedaten für die Vorprojektierung der Tunnel und der Zufahrtsstrecken. Die dazu geeignete Aufnahmemethode war die Flugphotogrammetrie, die es erlaubte in relativ kurzen Zeiten präzise topografische Modelle des umfangreichen Perimeters und hunderte von Profilen und Querschnitten des Geländes den Projektierenden zur Verfügung zu stellen.

Im Jahr 1995 führten die SBB eine öffentliche Ausschreibung durch, um einem externen Vertreter die Rolle des Bauherrenvermessers zu übertragen. Dieser trägt somit die Verantwortung für die Vermessungsarbeiten, verbunden mit der korrekten Realisierung des gesamten Ceneri-Basistunnels. Die Ausschreibung wurde von COGESUD gewonnen, einem Konsortium bestehend aus fünf Tessiner Vermessungsbüros (siehe Kasten).

Die erste Arbeitsphase von COGESUD beinhaltete den Aufbau des Basisnetzes, einem zuverlässigen Grundlagenetz, auf welchem alle künftigen Vermessungsarbeiten beruhen sollten. Kurz nach dessen Erstellung wurden die ersten Vortriebsarbeiten am Erkundungsstollen Sigirino (Länge 2.7 km) aufgenommen, welche für die präliminären geologischen und geotechnischen Untersuchungen nötig waren. Im Zusammenhang mit diesen Bauarbeiten wurden die Vermesser von COGESUD beauftragt die ersten unentbehrlichen Messungen untertage durchzuführen, sodass der Vortrieb mit Präzision an die Stelle der späteren «zentralen Betriebskaverne» CAOP geleitet wurde. Seit diesem Zeitpunkt führt das Konsortium COGSUD die ihm übertragenen vertraglichen Verpflichtungen zur Unterstützung der Auftraggeberin (im folgenden AlpTransit Gotthard AG genannt) durch und beschäftigt sich mit den diversen Fra-

gestellungen im Zusammenhang mit der Vermessung, also den konzeptionellen, organisatorischen und vermessungstechnischen Aspekten. Der direkte Ansprechpartner von COGESUD ist die Abteilung «Geomatik» der Auftraggeberin (ATG Geomatik). Mit dem Beginn des Hauptvortriebs am Ceneri Basistunnels im Verlauf des Jahres 2010, sind die Arbeiten seit kurzem in die komplexeste und faszinierendste Phase des Projektes eingetreten.

### Fixpunktnetze

#### ReteSUD (NetzSüd)

Das lagemässige Grundlagenetz für die Realisierung des Ceneri-Basistunnels besteht aus dem ReteSUD (NetzSüd), welches sich aus 24 Fixpunkten zusammensetzt. Diese Punkte sind zwischen Biasca und Lugano verteilt und sind gleichzeitig Bestandteil des Gesamtgrundlagenetzes für AlpTransit zwischen Erstfeld und Lugano. Die komplexen Bestimmungsarbeiten dieses Netzes wurden von der AlpTransit Gotthard AG und COGESUD schon Mitte der neunziger Jahre begonnen. Wegen den hohen Anforderungen an diese Arbeit wurde in einer ersten Phase die Eidgenössische technische Hochschule Zürich (ETHZ) als Beraterin mit einzogen. Es wurden anschliessend kombinierte Vermessungskampagnen mit GPS-Empfängern und Tachymetern durchgeführt. Bei den darauf folgenden Berechnungen wurden einige Varianten verglichen, um am Ende ein homogenes und zuverlässiges geodätisches Grundlagenetz zu erhalten. Die innere Genauigkeit des Netzes beträgt  $\pm 1$  cm.

#### ReteSUD altezza (NetzSüd Höhennetz)

Im Zusammenhang mit dem Bau des Ceneri-Basistunnels war es nötig ein eigenes Höhennetz für die Höhenbestimmungen im über- und untertägigen Bereich zu realisieren. Diese Vorbereitungsaarbeit wurde beim Bundesamt für Landestopografie (swisstopo) in Auftrag gegeben. Es galt die Faktoren zu bestimmen, die die theoretischen Abweichungen zum Zeitpunkt der Verbindung der Vortriebe beeinflus-

sen, besonders der gravimetrische Einfluss und der Einfluss von eventuellen Zwängen zwischen den Höhenfixpunkten des Höhenbezugsrahmen LN02. Aus dem Bericht der swisstopo ging als Fazit hervor, dass sich die Einflüsse zu grossen Teilen kompensieren, sodass der theoretische Fehler vernachlässigbar ist. Die Verwendung des Höhenbezugsrahmen LN02 (Gebrauchshöhen) erlaubt folglich die verlangte Durchschlagsgenauigkeit zu erreichen. Im Juli 2004 wurden Nivellements bei allen drei Portalen durchgeführt, um lokale Setzungen zwischen den Fixpunktgruppen in LN02 auszuschliessen. Die Überprüfungen ergaben nur minimale Bewegungen.

**Portal- und Baustellenfixpunkt Netz**  
Um eine einwandfreie Absteckung der Hauptpunkte im Tunnel zu garantieren und um alle Bauwerke mit ausreichender Genauigkeit relativ zueinander anzuschliessen, benötigt man ein dichtes Fixpunkt Netz. Aus diesen Gründen wurde in den Portalbereichen des Tunnels und den Zugangsstollen das Basisnetz (Lage und Höhe) verdichtet. Dadurch ergab sich die definitive Form der Portalnetze (mit hoher Präzision, für die Absteckung des Tunnels) und Baustellennetze (niedrigere Anforderungen, für die Bedürfnisse der Baustellen ausserhalb des Tunnels). In diesen Netzen müssen die Visuren zwischen den Fixpunkten und zu den Fernzielpunkten freigehalten werden, was nicht selbstverständlich ist bei solch komplexen Baustellen. Die Stabilität der Zonen, in welchen die neuen Fixpunkte gesetzt wurden, wurde vorgängig von einem Geologen beurteilt.

Ende 2005 wurden die Höhennetze für die Baustellen mit weiteren Nivellements ergänzt. Ausgehend von einigen Höhenfixpunkten des Landesnivelllements wurden neue Fixpunkte im Fels in der Nähe der Portale versichert. Auf der Strecke Biasca–Lugano wurden total 42 neue Höhenfixpunkte materialisiert. Die Landesnivelllementpunkte wurden als Lagerungspunkte verwendet. Um Spannungen innerhalb der Netze zu vermeiden, wurde eine freie Lagerung gewählt. Die

Differenzen gegenüber den Höhen aus LN02 betragen weniger als 3 mm. Die lagemässige Verdichtung erfolgte in den Jahren 2007 und 2008. Es wurden die Portal- und Baustellen netze in Camorino, Sigirino, und Vezia bestimmt. Diese wurden mit GNSS- und terrestrischen Messungen ins Basisnetz integriert.

#### Portalnetz Sigirino

Ausgehend vom Zwischenangriff Sigirino werden grosse Teile des Basistunnels abgesteckt und ausgebrochen, wodurch dieses Portalnetz von besonders grosser Wichtigkeit ist. Das Basisnetz wurde schon teilweise im Zusammenhang mit der Absteckung des Erkundungstollens Sigirino verdichtet, aber für den neuen Hauptzugangsstollen waren einige wichtige Ergänzungen notwendig. Es wurden vier neue Fixpunkte hinzugefügt, darunter der Hauptportalpfeiler auf der Verlängerung der Achse des Zugangsstollens. Zudem wurde eine Referenzstrecke für den Kreisel eingerichtet, welcher zu einem späteren Zeitpunkt während den Absteckungskontrollen im Tunnel für die unabhängigen Orientierungskontrollen dienen wird. Diese Referenzstrecke hat eine Länge von 500 m und beinhaltet zwei Pfeiler in der südlichen Zone des Portals.

#### Portalnetz Camorino/Vigana

Gemäss den Arbeitsplänen werden vom Portal bei Camorino nur einige wenige hundert Meter Tunnel aufgefahren. In Abhängigkeit der anderen Vortriebe ist eine optionale Verlängerung von 2 km in Richtung Süden möglich. In Camorino wurden drei neue Vermessungspfeiler vorbereitet. Diese sind auf den Flanken des Berges oberhalb der Portale gelegen und im Fels verankert. Dieser Hang ist die einzige geologisch stabile Zone in der Umgebung. Die neuen Fixpunkte bilden eine gute Basis für die Bestimmung der Portalpunkte auf der Magadinoebene. Weil es sich bei der Magadinoebene um Schwemmland handelt, ist dieses Gebiet Setzungen unterlegen und kann nicht als stabil betrachtet werden. Die Portalpunkte müssen deshalb bei jedem Einsatz neu bestimmt werden.

#### Portalnetz Vezia

Der Gegenvortrieb Vezia besteht aus einem künstlichen Tunnel (Tagbautunnel) und einem Tunnel, welcher im Fels konventionell vorgetrieben wird. Der Gesamtabchnitt erreicht eine Länge von 500 m. Die Absteckung des Tunnels im Fels erfolgt aus dem Voreinschnitt heraus, welcher vorgängig erstellt wurde. Der Tagbautunnel wird erst später im Voreinschnitt erstellt. Die äussere Situation lässt nicht viel Freiraum für die Anordnung eines stabilen und sicheren Portalnetzes. Ein Fixpunkt wurde auf dem einzigen existierenden Felsaufschluss erstellt. Er ist nördlich des Portals, entlang der SBB-Linie gelegen. Der Hauptportalpfeiler wurde relativ weit davon entfernt auf einer Wiese in der Verlängerung der neuen Tunnelachse in Richtung Lugano erstellt. Die Schwierigkeit dieser Baustelle ist, dass sie sich örtlich und zeitlich mit jener des Strassentunnels Vedeggio – Cassarate überlagert. Diese Situation erfordert eine grosse Koordinationsanstrengung aller Beteiligter, auch der Verantwortlichen der Vermessung.

#### Absteckung der Vermessungshauptpunkte im Tunnel

Die Absteckung der untertägigen Vermessungshauptpunkte ist die anspruchsvollste und gleichzeitig faszinierendste Aufgabe von COGESUD (Abb. 2). Alle Arbeiten der involvierten Bauunternehmungen basieren auf diesen Punkten. Diese Vorgehensweise garantiert die Einhaltung der korrekten Richtung der Vortriebe. Als beauftragtes Vermessungskonsortium des Auftragsgebers muss COGESUD garantieren, dass sich die Vortriebe mit einer Genauigkeit im Zentimeter-Bereich dort treffen, wo es die Projektgenieure vorgesehen. Zum Zeitpunkt des Zusammentreffens der Vortriebe beträgt der maximal zulässige Durchschlagsfehler 25 cm. Die Hauptpunkte im Tunnel sind ca. alle 200 m mit speziellen Bolzen versichert. Diese werden durch Schächte mit befahrbaren Deckeln geschützt. An den Tunnelwänden werden Rückversiche-

rungspunkte angebracht, welche zur Überprüfung der Stabilität der Hauptpunkte dienen. Die Höhen der Hauptpunkte werden mit Nivellement, ausgehend von den Höhenfixpunkten des Portalnetzes, bestimmt.

Für die Lagebestimmung wird ein übergreifender Polygonzug mit Zwangszentrierung gemessen (Abb. 3). Die Messungen auf allen Punkten des untertägigen Netzes werden in verschiedenen Kampagnen mehrfach gemessen, um die nötige Redundanz zu erhalten und das Fehlerrisiko durch negative Einflüsse zu verkleinern. Der gesamte Polygonzug beginnt beim Hauptportalpfeiler des jeweiligen Portalnetzes. Von dieser Station aus werden alle Punkte des Portalnetzes sowie die ersten Punkte des untertägigen Netzes gemessen, um die bestmögliche Verbindung zwischen dem Aussennetz und dem untertägigen Netz zu erhalten. Im Tunnelnetz bestehen keine Möglichkeiten der direkten Kontrolle der Orientierung anhand der Außenpunkte des ReteSUD und alle Koordinaten basieren auf der Genauigkeit und Zuverlässigkeit der untertägigen Messungen. Viele verschiedene Regeln dienen zur Vermeidung von möglichen negativen Einflüssen. Oft sind dies auch sehr einfache Massnahmen, wie zum Beispiel der doppelten Ablesung der Instrumentenhöhe oder es werden die nötigen Akklimatisierungszeiten der Instrumente bei Temperaturänderungen berücksichtigt. Jedes Detail ist wichtig und muss notiert werden!

In der Berechnungsphase wird die innere Genauigkeit der ausgeführten Messungen mit einer freien Ausgleichung beurteilt. In seltenen Fällen und nur aufgrund von eindeutigen Hinweisen, werden widersprüchliche Messungen eliminiert. In der Folge wird kontrolliert, ob sich das stochastische Modell bestätigt, welches alle a priori-Genauigkeiten beinhaltet (in Abhängigkeit des eingesetzten Instrumentes und der Messbedingungen). In der anschliessenden Gesamtausgleichung, bei welcher die neuen Messungen mit allen bisherigen kombiniert ausgewertet werden, werden weitere technische Parameter berücksichtigt, wie beispielsweise die

Lotabweichungen, Geoidundulationen und Distanzreduktion aufgrund der Schweizerischen Kartenprojektion.

## Kontrolle Ausbruchprofile

Kombiniert mit den Absteckungskontrollen der Hauptpunkte im Tunnel werden oft Profilkontrollen des Ausbruchs oder der verschiedenen Tunnelauskleidungen durchgeführt. Ausgehend von den Koordinaten der bekannten Hauptpunkte werden die Profile reflektorlos gemäss der Bestellung der Bauleitung aufgenommen. Mit dafür geeigneter Software werden die gemessenen Profile ausgewertet und mit den vom Projektingenieur definierten Referenzprofilen verglichen (Abb. 4). Dadurch ist es der Bauleitung möglich die Einhaltung der Vortriebsgenauigkeit des Unternehmers zu kontrollieren und die benötigten Volumen für die Auskleidungen (Beton) zu quantifizieren.

## Überwachung von Bauwerken

Eine andere wichtige Aufgabe von COGESUD ist die Überwachung der Stabilität von Bauwerken ausserhalb des Tunnels, die sich im Einflussbereich der Baustellen des Ceneri Basistunnels befinden. In die Kategorie der zu überwachenden Objekte gehören hunderte, bestehende Gebäude oder Bauwerke in den sensiblen Zonen des Projektes, für welche eine «prove a futura memoria» (Zustandserhebung) erstellt wurde. Zu den gewählten Methoden für diese Erhebungen gehören auch präzise vermessungstechnische Aufnahmeverfahren, um den aktuellen Zustand und die Entwicklungen im Verlauf der Zeit zu erfassen.

Neben den existierenden Objekten müssen laufend zahlreiche neue Objekte wie Mauern, Viadukte oder andere Bauwerke überwacht werden, die in Verbindung mit dem Bau des Basistunnels im Bereich der Portale oder entlang der angepassten Eisenbahnstrecken erbaut werden (Abb. 5). Von diesen Objekten kann der Voreinschnitt Vezia (Abb. 6) als Beispiel genannt werden. Die Ausarbeitung dieses Über-

wachungsprojektes war aufgrund der gesamten Umgebung, welche als potentiell instabil betrachtet werden muss (zwei grosse Baustellen im Gang), herausfordernd. Folglich hat die Lokalisierung von stabilen Punkten einige Probleme geboten. Außerdem verunmöglichten verschiedene Faktoren viele Visuren. Zu diesen Faktoren zählen, der relativ tiefe Aushub (mehr als 20 m), die Krümmung des Voreinschnittes sowie die Infrastrukturen und Aktivitäten der Baustelle. Trotz dieser erschwerten Situation waren die Genauigkeitsanforderungen der Projektingenieure zur Erkennung von möglichen Bewegungen der Überwachungspunkte sehr hoch (einfache Standardabweichung für die Bestimmung eines Punktes:  $\pm 1-2 \text{ mm}$ ). Mit einer angemessenen Verdichtung des Baustellennetzes und einer komplexen Konfiguration von Fixpunkten und Messstationen (die bei jedem Einsatz neu bestimmt werden müssen) wurde die Errichtung eines zweckmässigen Überwachungsnetzes erreicht. Der Messrhythmus war zu Beginn des Aushubs vierzehntäglich. In der Zwischenzeit wurde der Rhythmus verlangsamt und es finden vierteljährlich Kontrollmessungen statt. Ein anderes Überwachungsbeispiel der Baustelle Vezia ist die verankerte Pfahlwand, welche sich ca. 100 m südlich des Tunnelportals befindet. Weil sich bergseitig der Wand die SBB-Linie befindet, welche sich ständig in Betrieb befindet, ist es wichtig die Stabilität dieses Bauwerks zu überprüfen. Ausgehend von den Fixpunkten des Portalnetzes werden deshalb tachymetrischen Messungen ausgeführt. COGESUD übermittelt aktuell alle zwei Wochen den Projektingenieuren die Bewegungen von einigen ausgewählten Punkten der Wand. Die verlangte Genauigkeit der Koordinatenbestimmung ist analog zu jener der Punkte des nahegelegenen Voreinschnittes.

## Absteckungskontrollen und spezielle Aufnahmeverfahren

COGESUD hat als beauftragtes Vermessungskonsortium der AlpTransit Gotthard



## Mitglieder des Konsortiums COGESUD

- Gisi e Bernasconi ingegneria e misurazioni SA  
Via Lugano 2a, 6924 Sorengo
- Studio Meier SA  
Via Architetto Frizzi 26, 6648 Minusio
- Studio d'ingegneria Antonio Barudoni  
Via San Gottardo 20, 6600 Muralto
- Studio d'ingegneria Antonio Bottani  
Via Stazione 7, 6987 Caslano
- Studio d'ingegneria Maderni-Capezzoli-Forrer Sagl  
Via San Salvatore 3, 6900 Massagno

## Charakteristiken des Konsortiums

- erfahrenes Fachpersonal  
12 Ingenieure / 40 technische Mitarbeiter / 8 Mitarbeiter Administration
- vollständige Palette von Vermessungsleistungen  
klassische geodätische Vermessung, Photogrammetrie, terrestrisches Laserscanning
- schnelle Verfügbarkeit und Flexibilität  
ca. 150 Einsätze (5000 Stunden) / Jahr

## Vertragliche Aufgaben

- Zur Verfügung stellen der benötigten, geodätischen und topografischen Grundlagendaten für die Projektierung und den Bau des Basistunnels und der angegliederten Bauwerke.
- Überprüfung, dass alle vorgesehenen Bauwerke an der richtigen Stelle und mit der geforderten Genauigkeit realisiert werden.
- Erkennen und überwachen von eventuellen Deformationen des Geländes und anderen betroffenen Objekten; vor, während und nach der Durchführung der Arbeiten.

## Hauptaktivitäten

- Bestimmung der Fixpunktnetze  
Basisnetz / Portalnetze / Baustellennetze
- Absteckungskontrollen der Bauunternehmungen für die Bauwerke ausserhalb des Tunnels und für die Installationen der Bahntechnik
- «Prove a futura memoria» (Zustandserhebung) und Überwachung von Gebäuden und angegliederten Bauwerken  
Nivellement / tachymetrische Aufnahmen / fotografische Aufnahmen
- Absteckung der enteigneten Flächen und Erstellen der Bauprofile für die Projekte ausserhalb des Tunnels für die öffentliche Auflage
- Spezielle Aufnahmeverfahren für die Projektgenieure  
topografische Modelle / Laserscanning / photogrammetrische Auswertung / Orthofotos

AG auch die Aufgabe zu kontrollieren, ob alle Bauwerke an der richtigen Stelle und mit der geforderten Genauigkeit realisiert werden. Diese Werte wurden vorgängig durch die Projektgenieure definiert. Dies

bedeutet, dass Lage und Höhe von allen Bauwerken, die auf den Baustellen erstellt werden, regelmässig kontrolliert werden müssen. Diese Aufgebote werden durch die Bauleitungen koordiniert, welche ei-

ne wichtige Rolle zwischen Bauunternehmung, Projektgenieuren und COGESUD einnehmen.

Mit dem Fortschreiten der Arbeiten wurden die Vermessungsspezialisten auch mit Sonderaufgaben beauftragt, zum Beispiel der Erstellung eines 3D-Modells der Hauptmaterialdeponie in Sigirino. Aufgrund dieses Modells wurde ein virtueller Film generiert, welcher die Situation am Ende der Schüttungsarbeiten darstellt. (Abb. 7).

Im Weiteren wurde Laserscanning im Zusammenhang mit der «prove a futura memoria» (Zustandserhebung) eingesetzt, um den Zustand des Belages und der Geometrie von Strassen zu dokumentieren oder im Fall des Voreinschnittes Vezia, für eine präzise Bestimmung der ausgehobenen Volumen und der Berechnung von Querprofilen (Abb. 8).

Schliesslich dürfen die Kontrollarbeiten im Zusammenhang mit dem Gleiseinbau im Tunnel nicht vergessen werden. Diese Arbeiten liegen zwar aktuell noch in ferner Zukunft, werden aber eine weitere wichtige Herausforderung im Projekte darstellen. Alle Absteckungs- und Kontrollarbeiten im Zusammenhang mit dem Einbau der Bahntechnik (Geleise usw.) werden auf den sogenannten Gleisversicherungspunkten basieren, welche zuerst mit einer Submillimeter-Genauigkeit bestimmt werden müssen. Die Gleisversicherungspunkte dienen dann später auch den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) für die Unterhaltsarbeiten der neuen Strecke, über welche die Züge mit mehr als 200 km pro Stunde flitzen werden.

Cristiano Bernasconi  
dipl. ing. ETH  
Projektleiter  
Konsortium COGESUD  
Via Lugano 2a  
CH-6924 Sorengo  
[info@aggeo.ch](mailto:info@aggeo.ch)

Übersetzung: Stefan Krummenacher,  
dipl. Ing. ETH, Konsortium COGESUD