Entwicklungen in der Tunnel-vermessung

DIETRICH KOLLENPRAT UND
STEPHAN KOLLENPRAT |
KLAGENFURT AM WÖRTHERSEE

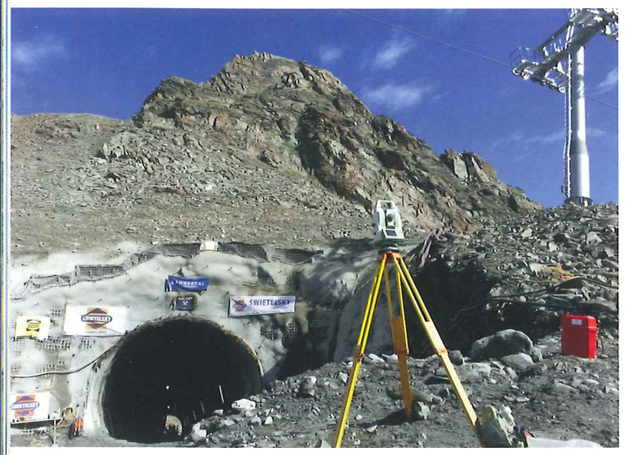
Kandler, Schwaz:
Tunnelfestpunkte an Ulmen

Als in der Mitte des 20. Jahrhunderts der Güterverkehr, der Personenverkehr und damit einhergehend auch der Warenaustausch stetig zunahmen, waren Alpenpässe beschwerlich zu überwindende Hindernisse und eine beträchtliche Tempobremse.

Was lag folglich bei Verkehrswegen näher, als Kurvenradien größer und Neigungsverhältnisse kleiner zu machen. Dabei galt es, die topografischen Verhältnisse zu meistern. Die Lösung lag in der Anlage von lang gestreckten Tunnel- und Brückenbauwerken, mit denen man Siedlungsgebiete umfahren, Berge durchörtern und Talübergänge überwinden konnte. Im Folgenden soll die Aufmerksamkeit auf den Tunnel- und Stollenbau und folglich auf die Tunnelvermessung gelenkt werden.

Mit der Entwicklung der NATM (New Austrian Tunneling Method, 1948) durch Prof. L. v. Rabcewicz gelang ein wichtiger Meilenstein. Diese neue Vortriebs- und Ausbaumethode setzte sich kontinuierlich durch und verhalf zu zügigerem und kostengünstigerem Bauen.

Wenn vor rund 40 Jahren noch Hundertschaften an Arbeitern an Tunnelbaustellen beschäftigt waren, so setzten sich mehr und mehr eine Automatisierung (z. B. Fräsvortrieb mit Lasersteuerung) und industrielle Fertigung (z. B. Vorhalten der Tübbinge im Vortriebswagen) durch.



AVD: Ahrental-Tunnel, geotechnische Kontrollmessung

AVT Arge Vermessung Tirol: Finstermünztunnel

Trigonos: Fräsvortrieb

EISENBAHNTUNNEL

Im Bahnbau ist man Neigungsangaben nur in Promille gewohnt, denn die schweren Waggons konnten nur bei geringen Steigungsverhältnissen entsprechend fortbewegt werden. Entsprechend große Kurvenradien verhalfen dann im Personenverkehr zu höheren Geschwindigkeiten, die heute meist schon im Bereich von 250 bis 300 km/h liegen können. Erst neulich war von Japan zu hören, dass man mit der neuen Magnetschwebebahn eine Geschwindigkeit von mehr als 600 km/h erzielen konnte.

Der Eisenbahntunnelbau hat in Österreich, ähnlich wie in der benachbarten Schweiz, eine lange Tradition von mehr als 100 Jahren und die folgende, aber nur auszugsweise wiedergegebene Tabelle soll dies dokumentieren. Eine parallele Entwicklung nahm der U-Bahn-Bau in Großstädten, bedingt durch die Zunahme des innerstädtischen Individualverkehrs.

Eisenbahntunnel

Name	Strecke	Eröffnung	Länge in [m]
Münsterertunnel	Neue Unterinntalbahn	2012	15.990
Terfnertunnel	Neue Unterinntalbahn	2012	15.840
Wienerwaldtunnel	Neue Westbahn	2012	13.356
Inntaltunnel	Umfahrung Innsbruck	1994	12.756
Lainzer Tunnel	Neue Westbahn	2012	12.300
Arlbergtunnel	Arlbergbahn	1884	10.648
Tauerntunnel	Tauernbahn	1906	8.550
Karawankentunnel	Rosentalbahn	1906	7.976
Siebergtunnel	Westbahn	2001	6.480
Galgenbergtunnel	Bruck/Mur–Leoben	1998	5.460
Kaponigtunnel	Tauernbahn	1996	5.096
Bosrucktunnel	Pyhrnbahn	1906	4.766
Sittenbergtunnel	Westbahn	1994	4.692
Pummersdorfer Tunnel	Westbahn	2012	3.485
Stierschweiffeldtunnel	Westbahn	2012	3.293
Raingrubentunnel	Westbahn	2012	2.775
Großer Hartbergtunnel	Wechselbahn	1910	2.477
Atzenbrugger Tunnel	Westbahn	2012	2.460
Blisadonatunnel	Arlbergbahn	2003	2.411
Gösingtunnel	Mariazellerbahn	1907	2.369
Zammer Tunnel	Arlbergbahn	1995	2.335
Burgstaller Tunnel	Westbahn	2013	2.200
Melker Tunnel	Westbahn	2000	1.865
Martinswandtunnel	Mittenwaldbahn	1912	1.810
St. Marxer Tunnel II	Pressburger Bahn	2002	1.727
Wolfsgrubentunnel	Arlbergbahn	1999	1.743
Hengsbergtunnel	Koralmbahn	2010	1.695
Moltertobeltunnel	Arlbergbahn	1914	1.643
Tunnel Semmering II	Semmeringbahn	1952	1.512

STRASSENTUNNEL

Wenn man im Straßenverkehr durchaus mit weit größeren Neigungsverhältnissen zurechtkommt, so haben doch Überlegungen der Verkehrssicherheit, der Unfallbilanz, der Terminvorgaben, der Treibstoffersparnis u. Ä. dazu geführt, dass man auch den Straßenverkehr durch geringere Längsneigungen und größere Kurvenradien komfortabler gestalten konnte.

Nicht zu vernachlässigende Beweggründe zur Anlage von Tunnelbauwerken sind der immer länger dauernde Planfeststellungsprozess, der Widerstand von Bürgerinitiativen und die Tatsache, dass Grund und Boden nicht unbeschränkt zur Verfügung stehen. Folglich ergab sich daraus ein Ausweichen auf unterirdische Anlagen.

Die folgende Tabelle gibt hier einen Überblick über die österreichischen Straßentunnel.

Bundesstraßentunnel

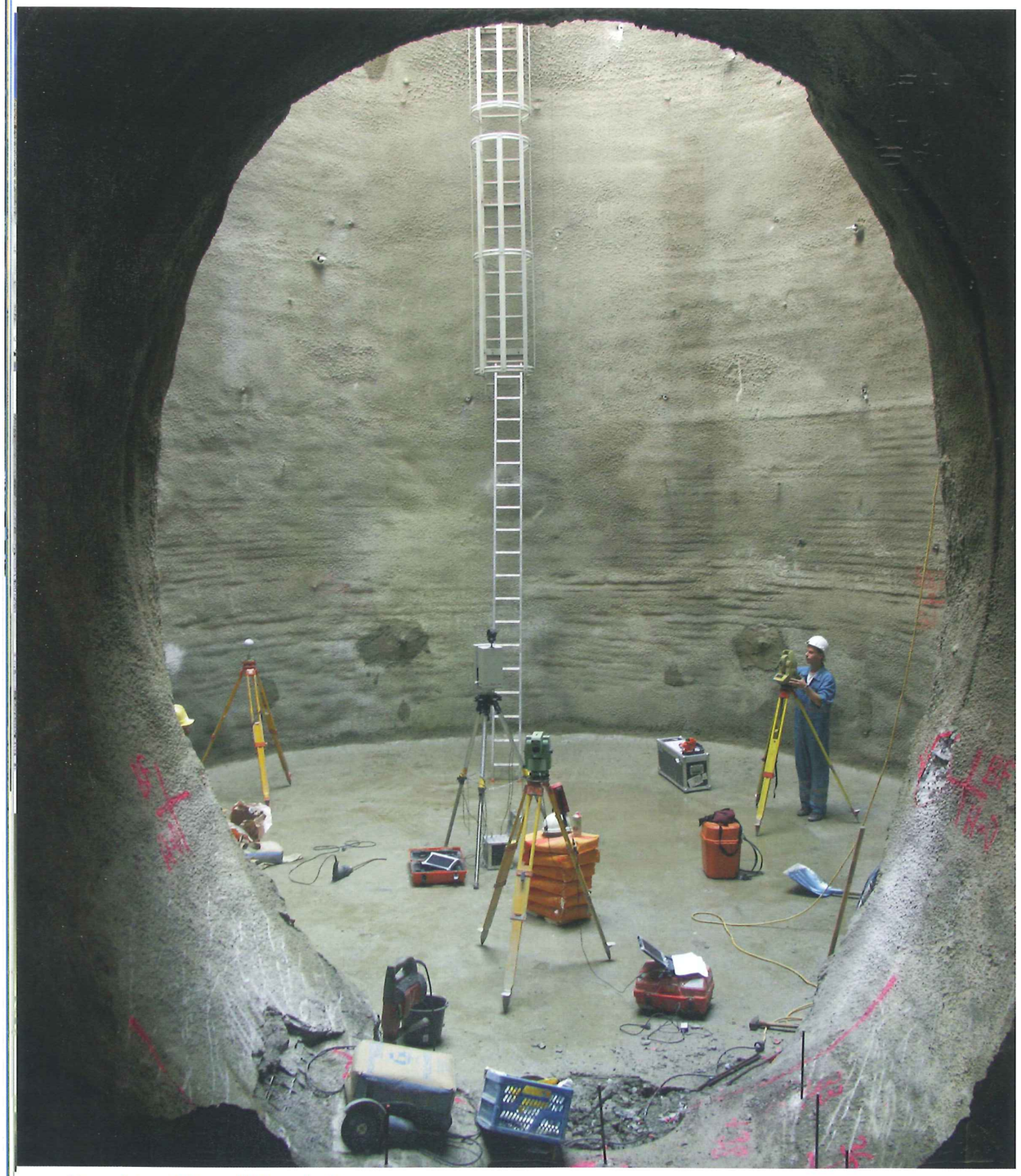
Name	Strecke	Eröffnung	Länge in [m]
Felbertauerntunnel	B108 Felbertauernstr.	1967	5.304
Schmittentunnel	B311 Pinzgauer Str.	1996	5.111
Tunnel Pfaffenboden	Privatstr.	2003	3.430
Achraintunnel	L200 Bregenzerwaldstr.	2009	3.340
Lermooser Tunnel	B179 Fernpassstr.	1984	3.168
Schönbergtunnel	B311 Pinzgauer Str.	1999	2.988
Harpfnerwandtunnel	B169 Zillertalstr.	1965	2.590
Henndorfertunnel	B1 Linzer Bundesstr.	2009	2.150
Brandbergtunnel	Umfahrung Mayrhofen	1976	2.130
Geißwandtunnel	B145 Salzkammergutstr.	2006	2.119
Bartl-Kreuz-Tunnel	B145 Salzkammergutstr.	1996	2.000
Lärchbergtunnel	B178 Loferer Str.	1994	1.859
Passür/Ralegg-Tunnel	L197 Arlbergstr.	1996	1.855
Tiefenbachtunnel	Skigebiet Sölden	1982	1.729
Rosi-Mittermaier-Tunnel			
Felberbergtunnel	B168 Mittersiller Str.	2000	1.700
Klammtunnel	B167 Gasteiner Str.	1973	1.603
Loibltunnel	B91 Loiblpassstr.	1967	1.570
Achbergtunnel	B178 Loferer Str.	1993	1.500

AVD: Ahrental-Tunnel, geotechnische Kontrollmessung

Autobahntunnel

Name	Strecke	Eröffnung	Länge in [m]
Arlberg-Straßentunnel	S16 Arlberg SS	1978	13.972
Plabutschtunnel	A9 Pyhrn AB	1987	10.085
Gleinalmtunnel	A9 Pyhrn AB	1978	8.320
Karawankentunnel	A11 Karawanken AB	1991	7.864
Landecker Tunnel	A12 Inntal AB (Zubringer)	2000	6.955
Pfändertunnel	A14 Rheintal/Walgau AB	1980	6.718
Tauerntunnel	A10 Tauern AB	1975	6.401
Strenger Tunnel	S16 Arlberg SS	2005	5.851
Katschbergtunnel	A10 Tauern AB	1974	5.439
Bosrucktunnel	A9 Pyhrn AB	1983	5.400
Roppener Tunnel	A12 Inntal AB	1990	5.100
Oswaldibergtunnel	A10 Tauern AB	1987	4.307
Tunnel Semmering	S6 Semmering SS	2004	3.451
Ehrentalerbergtunnel	A2 Süd AB	1996	3.345
Tunnel Stetten	S1 Wiener Außenring SS	2010	3.200
Perjentunnel	S16 Arlberg SS	1983	2.993
Ambergtunnel	A14 Rheintal/Walgau AB	1985	2.967
Speringtunnel	A9 Pyhrn AB	2003	2.852
Tunnel Wald	A9 Pyhrn AB	2003	2.844
Tunnel Kirchdorf	S35 Brucker SS	2010	2.807
Tunnel Spital	S6 Semmering SS	2004	2.556
Tanzenbergtunnel	S6 Semmering SS	1983	2.523
Tunnel Tradenberg	S1 Wiener Außenring SS	2010	2.424
UFT Steinhaus/Taxlberg	A8 Innkreis AB	2003	2.330
Langener Tunnel	S16 Arlberg SS	1991	2.323
Lainbergtunnel	A9 Pyhrn AB	1997	2.279
Tunnel Kaisermühlen	A22 Donauufer AB	1985	2.150
Gräberntunnel	A2 Süd AB	1986	2.148
Klauser Tunnel	A9 Pyhrn AB	2003	2.144
Ganzsteintunnel	S6 Semmering SS	1980	2.135
Herzogbergtunnel	A2 Süd AB	1982	2.093
Hieflertunnel	A10 Tauern AB	1974	2.004
Kalcherkogeltunnel	A2 Süd AB	1982	1.993
UFT Ottsdorf/Thurnham	A9 Pyhrn AB	2004	1.940
Milser Tunnel	A12 Inntal AB	1988	1.911
Tunnel Rannersdorf	S1 Wiener Außenring SS	2006	1.880
Tunnel Steinhaus	S6 Semmering SS	2004	1.838
Dalaaser Tunnel	S16 Arlberg SS	1979	1.810
Tunnel Noitzmühle	A8 Innkreis AB	2003	1.610
Tunnel Pians-Quadratsch	S16 Arlberg SS	1994	1.545
Tunnel Kreuzenstein	S1 Wiener Außenring SS	2010	1.500

Anmerkung: Tunnel mit Längen unter 1,5 km wurden weggelassen.
Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Tunneln_in_Österreich



Trigonos, Schwaz: Stollen und Lüftungsschacht

STOLLEN, SCHÄCHTE, KAVERNEN

Überwiegend bei Kraftwerksbauten und deren Zuleitungen, aber auch bei Lüftungsanlagen, U-Bahnen u. Ä. sind Bauwerke mit großer Neigung oder in senkrechter Form zu realisieren.

Diese stellen allein schon wegen der Steilheit in den Stollen, aber auch wegen des ungewöhnlich kleinen oder großen Querschnitts eine zusätzliche Anforderung an die Vermessungsarbeiten. Schächte mit oft mehreren Hundert Metern Tiefe erfordern eine besondere Präzision hinsichtlich der Lotung und des Anschlagens der Vortriebsrichtung an der Schachtsohle.

ERFORDERLICHE VERMESSUNGS-ARBEITEN UND DEREN ANFORDERUNGEN

Wie am Beginn jeder Planung liegen auch bei Tunnelprojekten topografische Karten und großmaßstäbliche Pläne dem Planungs-, Bewilligungs- und Bauvorhaben zugrunde.

Katastrale Vermessungen für Grundeinlösen, für Kauf- und Tauschverträge für die benötigten Grundstücke sowie Markierungen der künftigen Bauwerksachsen und der Erwerbsgrenzen sind zu Beginn erforderlich.

Der baubegleitenden Kontrollvermessung geht grundsätzlich die Anlage eines obertägigen Festpunktnetzes voraus, welches sich mit der Anlage von Stützpunkten auf die Portal- und Schachtbereiche konzentriert.

Es ist von Vorteil, wenn die Anlage des Festpunktfeldes der Bestandsvermessung vorausgeht, auf welche sich dann die weitere Projektierung bezieht. Bei wenig kupierter Topografie sind die Auswahl und Anlage der Portalfestpunkte meist erst nach der Realisierung der Voreinschnitte möglich und die 3-D-Einmessung erfolgt als Anschluss an das bereits errichtete obertägige Tunnelnetz.

Während der Vortriebsarbeiten sind in regelmäßigen Abständen (von ca. 400–500 m) Hauptkontrollmessungen durchzuführen, um Gewissheit über die projektgemäße Realisierung des Bauvorhabens und die präzise Vortriebssteuerung zu erhalten. Neben meist verschränkten Polygonzügen werden für die Lagekontrolle Kreiselmessungen und für die Höhenkontrolle Feinnivellements vorgenommen.

Maletz, Villach: Vermessungsarbeiten im Bereich Tunnelbrust

Die fehlertheoretisch ungünstigste Stelle des Gesamtsystems liegt an der Durchschlagsstelle, an jener Stelle, wo die Vortriebe aus den entgegengesetzten Richtungen aufeinanderstoßen. Die Klaffung der beiden unabhängigen Polygonzugsmessungen an der Durchschlagsstelle, an welcher Koinzidenz der Lage- und Höhenkoordinaten eintreten sollte, wird als Durchschlagsfehler bezeichnet. Die Querkomponente sollte 10 cm nicht überschreiten, weil in der Regel knapp hinter der Vortriebsetappe bereits das Sichern mit Spritzbeton, das Ankern und das Auskleiden mit der Betoninnenringschale ansetzen.

Die Umsetzung der NATM verlangt fortlaufende geotechnische Messungen in Form von Setzungs- und Konvergenzmessungen an Messbolzen. Diese Daten werden in der Regel grafisch und tabellarisch aufbereitet und werden der Bauleitung für die geologische und felsmechanische Beurteilung online zur Verfügung gestellt. Die Kontrollvermessungen des Tunnelquerschnitts im Ausbruchszustand, dort, wo in bergmännischer Methode vorgetrieben wird, dienen der Ermittlung des geologisch begründeten Mehrausbruchs. Diese Querschnitt-Kontrollvermessungen werden bei Fräsvortrieb in der Regel entfallen. Die Kontrollvermessungen des Betoninnenschalen-Querschnitts dienen der Kontrolle der projektgemäßen Herstellung, was vor allem bei Eisenbahntunnels u. a. wegen der vorgefertigten Einbauten im Oberleitungsbereich von Bedeutung ist.

Bei Lüftungsschächten, die fallweise bis etwa 500 m abgeteuft werden, sind die Lotung, die Kreiselmessung und die Richtungsübertragung besondere Herausforderungen an die Praktiker. Die Tunnelfestpunkte während des Baus werden meist in Form von Konsolen (Zwangszentrierung) an den Ulmen angebracht, wo sie an relativ geschützten Stellen situiert werden können.

Das Einmessen von Festpunkten nach dem Rohausbau im Bahntunnel und freilich auch entlang der Freilandstrecken dient in weiterer Folge der präzisen Gleisverlegung (Gleisvermarkungsbolzen), was durch die geforderten Ausbaugeschwindigkeiten bedingt wird.

Wenn man retrospektiv die vergangenen 30 bis 40 Jahre betrachtet, so ist eine enorme Technologieentwicklung sowohl bei den Messinstrumenten als auch bei der Software und der EDV im Allgemeinen festzustellen. Beides hat zur Entwicklung neuer Messgeräte und modifizierter, neuer Messverfahren beigetragen und Ergebnisse können in der Regel genauer, zuverlässiger und rascher zur Verfügung gestellt werden.

AVD, Dornbirn: Betoninnenschalenkontrolle mittels Laserinstrument

AKTUELLE AUSBAUPROJEKTE IN ÖSTERREICH

Vielfach liegt der Schwerpunkt in der Erhaltung, Erneuerung und Sanierung bestehender Anlagen, verbunden mit Investitionen in die Verkehrssicherheit. Die Verkehrssicherheit, speziell bei Straßentunnels, liegt neben Sicherheitseinrichtungen in der Errichtung von zweiten Tunnelröhren, wie derzeit bei der Pyhrnautobahn und bei der Arlberg-Schnellstraße.

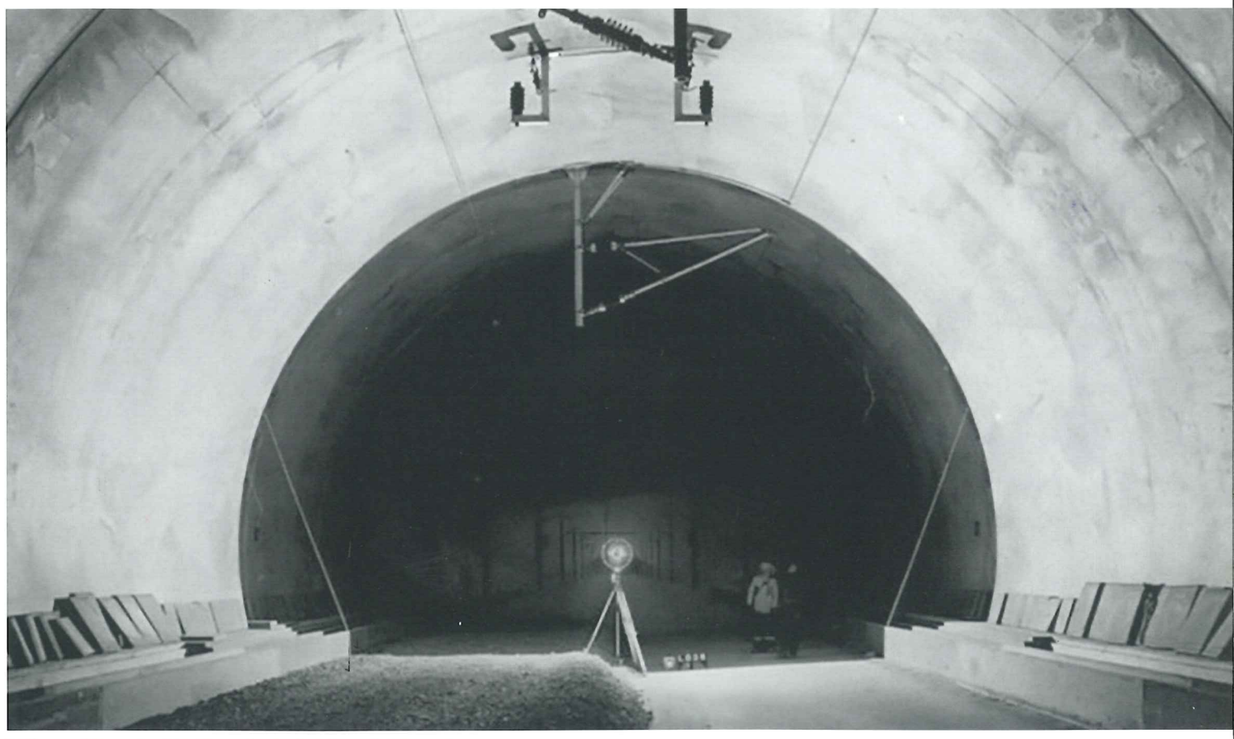
Weitere Neubauten im Straßenbau mit Baubeginn im Jahr 2015 sind an der A5 Nord-Autobahn (Abschnitt Schrick–Poysbrunn), an der A26 Linzer Autobahn (Abschnitt Donaubrücke), an der S36 Murtal-Schnellstraße (Abschnitt St. Georgen–Scheifling) und an der A10 Tauern-Autobahn (Abschnitt Zederhaus), wobei bei Letzterer eine Einhausung erfolgt.

Im Eisenbahn-Tunnelbau sind derzeit als größte Bauvorhaben der Brennerbasistunnel, der Semmeringtunnel und der Koralmtunnel zu nennen.

Die Zivilgeometer Österreichs (Ingenieurkonsulenten für Vermessungswesen) als Absolventen der Technischen Universitäten in Wien und Graz, die auf dem Gebiet der Tunnelvermessung tätig sind und entsprechende Erfahrungen besitzen, leisten dabei einen nicht unwesentlichen Beitrag, indem sie die Grundlage jeder Planung liefern und die Tunnelbaustellen vor (Errichten der Grundlagen), während (Ausführung von Absteckungen und Kontrollvermessungen) und nach dem Bau (Abrechnungsunterlagen, Bestandsdokumentation) vermessungstechnisch bedienen.

Dipl.-Ing. Dietrich Kollenprat
Zivilingenieur, Ingenieurkonsulent für Vermessung, gerichtlich beeideter Sachverständiger
dietrich.kollenprat@kollenprat.at

Dipl.-Ing. Stephan Kollenprat
Geoinformation, Ingenieurvermessung, Katastervermessung
stephan.kollenprat@kollenprat.at



Kollenprat, Klagenfurt: Lichtraumkontrolle in Eisenbahntunnel