

Baubegleitende Vermessungsarbeiten beim Lückenschluss der Koralmbahn zwischen Feldkirchen und Weitendorf – ein weites Betätigungsfeld für Vermessungsingenieure

Surveying work during the construction phase of the Koralm railway passing the area of airport Graz – a complex field of activity for surveying engineers



Klaus Macheiner, Graz, Harald Rührnößl und Roland Krois, Deutschlandsberg und Christoph Permann, Weiz

Kurzfassung

Bei einem Eisenbahn-Neubauprojekt wie der Koralmbahn, hier speziell im steirischen Abschnitt zwischen Feldkirchen und Weitendorf, sind vielfältige Vermessungsleistungen erforderlich. In den Bauphasen vor, während und nach dem Bau sind Grundlagentetze zu erstellen und aktuell zu halten, es sind Grenz- und Bestandsvermessungen durchzuführen sowie Kontrollen von bereits hergestellten Anlagenteilen zu machen. Im dicht bebauten Gebiet, wo die Eisenbahnanlage als Unterflurtrasse ausgeführt wird, sind zudem umfangreiche geotechnische Messungen zur Beurteilung der Baugruben-Stützmaßnahmen und der umliegenden Objekte durchzuführen. Im Tunnel selbst sind untertägige Messungen notwendig, für die Herstellung der Gleisanlagen als Feste Fahrbahn sind diese mit sehr hohen Genauigkeitsanforderungen verbunden. All diese Aufgaben werden anhand des vorliegenden Projektbeispiels strukturiert beschrieben und sollen so einen Einblick in das umfangreiche und vielfältige Betätigungsfeld der Vermessungsingenieure geben.

Schlüsselwörter: Koralmbahn, Flughafenast, Unterflurtrasse, baubegleitende Vermessung, Monitoring, Gleisvermessung

Abstract

Considering the newly constructed railway section of the „Koralmbahn“ between Feldkirchen and Weitendorf (Styria, Austria), various surveying services are necessary. In the phases before, during and after the construction, control point networks have to be generated and must be maintained. Boundary surveys and topographical surveys have to be carried out as well as control surveys of already established project components. In the densely built-up sections, where the future railway track is located inside a tunnel, extensive geotechnical measurements are required for the evaluation of the behaviour of the steel piling protecting the excavation pit and possible deformations of the surrounding buildings. Within the tunnel, highly accurate subsurface measurements are required for the construction of the slab track. These surveying tasks are described amongst others in a structured way considering the mentioned project example giving an insight into the expansive and versatile field of activity of the involved surveying engineers.

Keywords: Koralm railway, subsurface route, surveying work during construction phase, monitoring, track surveying

1. Einleitung

1.1 Vorbemerkungen und Widmung

Die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) Krois-Permann mit den Autoren dieses Beitrags als Schlüsselpersonen wurde von den ÖBB im Jahr 2019 mit der Durchführung der baubegleitenden Vermessungsarbeiten in den Baulosen 3.1, 3.2, 5.1 und 5.2 der Koralmbahn (KAB) zwischen der A2-Querung bei Feldkirchen (km 7.3) und der Einbindung in die

bereits errichtete Trasse bei Weitendorf (km 20.1) beauftragt. Diesem Auftrag ging eine EU-weite Ausschreibung samt Hearing voraus, aus welcher die angeführte ARGE als Bestbieter hervorging.

In diesem Beitrag werden anhand des Auftrages für die baubegleitenden Vermessungsarbeiten sämtliche Schritte der Vermessungsarbeiten bei diesem großen Infrastrukturprojekt in den einzelnen Projektphasen beginnend mit den Leistungen

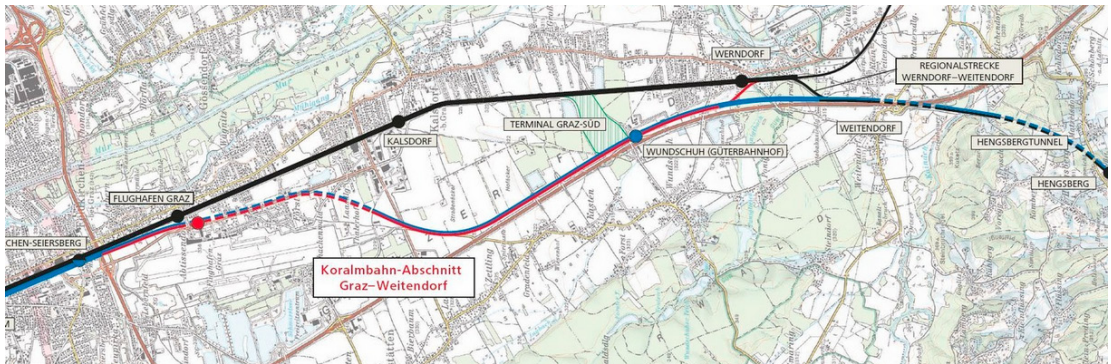


Abb. 1: Projektgebiet Graz – Weitendorf. Bildquelle: ÖBB



Abb. 2: Visualisierung der Unterflurtrasse im Bereich des Süd- (links) und des Nordportals (rechts) der Unterflurtrasse Feldkirchen. Bildquelle: ÖBB / 3D Schmiede

vor dem Baubeginn, während der eigentlichen Bauphase und den Arbeiten nach Abschluss der Bauarbeiten beschrieben. Diese Phasen erstrecken sich bei derartigen Eisenbahnprojekten über einen Zeitraum von mehreren Jahren, und es ist nicht selbstverständlich, dass man alle diese Projektphasen begleiten darf. Aufgrund dieser Besonderheit scheint es uns gerechtfertigt, darüber überblicksmäßig zu berichten.

Den Beitrag möchten wir dem im Jahr 2022 verstorbenen ehemaligen Leiter des Institutes für Ingenieurgeodäsie und Messsysteme an der TU Graz Prof. Dr. Fritz K. Brunner widmen, dem die unterschiedlichen Aufgaben der Geodäten bei großen Ingenieurprojekten in den einzelnen Projektphasen in seinen Vorlesungen immer ein wichtiges Anliegen waren und auf die er seine praxisorientierte Ausbildung ausrichtete.

1.2 Projektvorstellung

Der Abschnitt Feldkirchen – Weitendorf der Koralmbahn beginnt mit einem neuen Brückentrag-

werk GW14 bei km 7.3 für die Querung der A2, führt über die Wanne Nord in die Unterflurtrasse Feldkirchen und verlässt diese wieder über die Wanne Süd (Bauwerk FW2). Nach Unterquerung der Bierbaumerstraße (L373, Bauwerk FW3) erfolgt ein Übergang in die freie Strecke annähernd parallel zur A9 Pyhrnautobahn. Nach Überquerung des Unterführungsbauwerkes FW4 wird unterhalb des Brückenbauwerkes FW5 über die A9 der neu zu errichtende Bahnhof Wundschuh erreicht. Dieser wird im Bereich des Nordkopfes und der Anbindung des Güterterminals Werndorf von der Brücke FW7 überspannt, welche adaptiert wird. Die Bahnanlage überquert schließlich den Laabach mittels Tragwerk FW8 und führt unter der die A9 querenden Brücke über den Poniglbach (FW10). Als letzte Brücke über die A9 wird die FW11 bei Werndorf unterquert, bevor bei km 20.1 die bereits in früheren Baulosen errichtete Wanne der FW12 erreicht wird. Bei der FW9 erfolgt noch eine Abzweigung („Verbindungsgleis Nord“) zur bestehenden Südbahn im Bahnhof Werndorf. Beim Verbindungsgleis Nord wird auch der ASC

Stützpunkt Werndorf errichtet. Das Projektgebiet ist schematisch in Abbildung 1 dargestellt, Visualisierungen der Ein- bzw. Ausfahrt aus der FW2 sind in Abbildung 2 zu sehen.

1.3 Leistungsspektrum Vermessung

Das Leistungsspektrum der Vermessung bei einem derartigen Infrastrukturprojekt ist vielfältig. Es erstreckt sich über Leistungen vor dem Bau, während der Baumaßnahmen und Arbeiten nach der Baufertigstellung. Auftragsgegenstand für die Berichtersteller sind die baubegleitenden Vermessungsarbeiten und jene nach Baufertigstellung. Bei den Leistungen vor Bau war jedoch einer der Autoren ebenfalls mit Arbeiten im Nordabschnitt betraut, insbesondere mit Arbeiten zur Grundeinlöse und mit der Erstellung des Netzes für die Bestandsreambulierung. Somit darf hier über das gesamte Spektrum der Leistungen berichtet werden, wenn auch schwerpunktmäßig über die auftragsgegenständlichen. Die nachfolgende Gliederung gibt das Leistungsverzeichnis nach dem Zeitpunkt der Leistungserfordernisse wieder, ohne einen Anspruch auf Vollständigkeit zu erheben. Die wesentlichen Eckpfeiler der Leistungen werden jedoch vollständig abgedeckt.

2. Vermessungsleistungen vor Bau

2.1 Bestandsaufnahmen

Für die Detailplanung des Abschnittes Feldkirchen – Weitendorf wurde in den Jahren vor Baubeginn eine Bestandsaufnahme im Maßstab 1:500 mehrheitlich durch die Kanzleien ADP Rinner und DI Huber erstellt. Diese Bestandsaufnahme wurde unmittelbar vor der Intensivphase der Planung noch einmal reambuiert und hinsichtlich der Grundlagennetzpunkte verdichtet. In den Abschnitten Nord und Süd wurden die Grundlagennetzpunkte übermessen und neu ausgeglichen, ein nahtloser Übergang zwischen beiden Abschnitten wurde sichergestellt. Über den gesamten Planungsabschnitt wurde auch ein digitales Geländemodell berechnet und Querprofile gezeichnet. Der gesamte aktualisierte Naturbestand wurde im Jahr 2019 geliefert – ein Jahr vor dem beabsichtigten Beginn der ersten Baumaßnahmen.

2.2 Grundeinlöse

Aufbauend auf bereits in die digitale Katastralmappe (DKM) eingearbeiteten großräumigen Mappenberichtigungsplänen, welche von den Kanzleien DI Horst Rinner (Nord) und DI Kurt

Huber (Süd) ab dem Jahr 2008 erstellt wurden, verfügte die Streckenplanung über einen Altstand an Grundstücksgrenzen, welche bis auf ganz wenige Ausnahmen ausschließlich verhandelte und numerisch gegebene Grenzpunkte enthielt. Aus dem Projekt und der DKM wurde seitens der Planung der erforderliche Bedarf an dauerhaften und temporären Grundeinlösemaßnahmen ermittelt. Der erstellte Einlöseplan bildete die Basis für die Erstellung von Einzelteilungsplänen, welche im Nordabschnitt ab dem Jahr 2017 von der Kanzlei ADP Rinner und im Südabschnitt bereits zuvor von DI Kurt Huber verfasst wurden. Diese Einzelteilungspläne bildeten die Grundlage für die Verbücherung des Grundstückseigentums zugunsten der ÖBB Infrastruktur AG. Neue Grundstücksgrenzen wurden vorab abgesteckt und mit den Eigentümern und der Projektleitung begangen, um den Eigentümern den Einlösebedarf auch vor Ort aufzuzeigen. Dabei gab es bereits erste Hinweise darauf, dass möglicherweise bei einigen wenigen Eigentümern ein Enteignungsverfahren erforderlich sein würde. Einige derartige Verfahren konnten bis zum Baubeginn 2020 noch nicht abgeschlossen werden, sodass im Baulos 5.2 der Bauablauf vollständig abgeändert werden musste. Bis zum Abschluss der Rohbauarbeiten im Jahr 2022 war jedoch die ÖBB Infrastruktur AG zumindest außerbücherliche Eigentümerin aller erforderlichen Flächen.

3. Baubegleitende Vermessungsleistungen

3.1 Grundlagennetz

3.1.1 Grundlagennetz obertage

Aus den Bestandsaufnahmen in den Baulosen Nord (später BL 3.1 und 3.2) und Süd (später BL 5.1 und 5.2) standen seitens der Kanzleien ADP Rinner ZT GmbH und DI Huber Grundlagennetze im Projektkoordinatensystem zur Verfügung [1,2]. Beim Projektkoordinatensystem handelt es sich um das sogenannte „System Murtal M34“, welches ein homogenisiertes Landeskoordinatensystem zwischen Graz und Spielfeld sowie Teilen der Weststeiermark darstellt. Zur Unterscheidung von den Gebrauchskordinaten im System Gauß-Krüger (GK) M34 wird an die Rechtswerte der Koordinaten die Additionskonstante von +100 000 m angebracht. Dieses „false easting“ ist in geodätischen Berechnungsprogrammen korrekt einzustellen, um beispielsweise Streckenreduktionen, welche Koordinatenwerte erfordern, richtig zu berechnen.

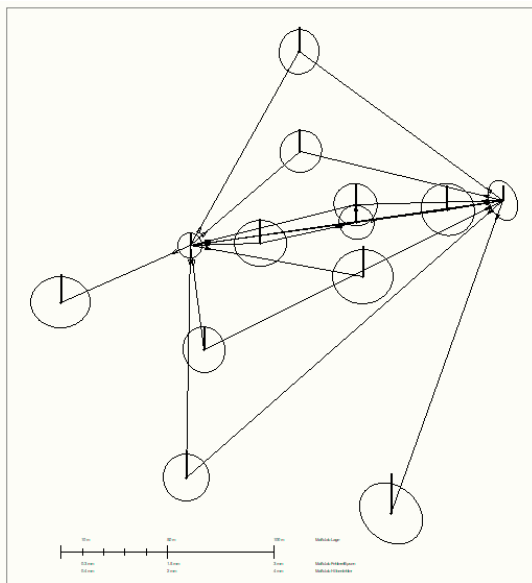
Die bestehenden Grundlagentetze waren für die Bauvermessung bzw. die baubegleitende Vermessung über die gesamte Länge von ca. 13 km zu überprüfen und geeignet zu verdichten. Im durchwegs verbauten Bereich Nord wurden zahlreiche Bolzenpunkte an Gebäuden und Kunstbauten geschaffen und eingemessen. Im Bereich der freien Strecke im Abschnitt Süd wurden vom AN Bau Pfeiler betoniert, welche die künftigen Festpunkte darstellten. Insgesamt wurden so über 400 neue Festpunkte hergestellt. Sämtliche neuen Netzpunkte wurden in Form von zwangszentrierten trigonometrischen Netzmessungen unter Anschluss an alle bisherigen Grundlagentpunkte eingebunden. Dabei und auch bei späteren Punkteinschaltungen und -überprüfungen wurde in Anlehnung an [3] stets nach folgendem zweistufigen Konzept vorgegangen: (1) Zunächst erfolgte eine freie Netzausgleichung zur Identifikation der

unveränderten Anschlusspunkte. Sämtliche bis dato gültigen Punktkoordinaten wurden dabei als Passpunkte der Ausgleichung eingeführt. Auf Basis der Klaffungen des ausgeglichenen freien Netzes zu den bestehenden Koordinaten wurden Punktdeformationen bzw. Punktidentitäten identifiziert. Anschließend erfolgte Stufe (2) der Auswertung: Die Ausgleichung erfolgte gezwängt unter Verwendung der in Stufe (1) identifizierten unveränderten Netzpunkte als Festpunkte. Bewegte bestehende Festpunkte und alle neuen Punkte sind dabei Neupunkte. Ein einfaches Beispiel der Stufe (1) einer derartigen Netzauswertung mit drei neuen Netzpunkten (plus drei nicht stabilisierten Standpunkten) und sieben unveränderten Anschlusspunkten zeigt Abbildung 3. In insgesamt 85 Epochen wurde das Grundlagentnetz überprüft, verdichtet und erweitert.

Auch alle über 600 Gleisvermarkungspunkte („Mastbolzen“) wurden nach diesem Konzept in das Grundlagentnetz eingebunden. Damit sind eine hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit aller Grundlagentpunkte sichergestellt. Die Ergebnisse des Festpunktfeldes obertage wurden der AG in Form eines aktualisierten Technischen Berichtes übergeben, aktuell in der Version 5, vgl. [4].

3.1.2 Grundlagentnetz untertage

Das Grundlagentnetz untertage wurde in elf Abschnitten entsprechend dem Baufortschritt von Süd nach Nord erstellt. Dabei wurde beim ersten betonierten Tunnelabschnitt an das Netz obertage angeschlossen und ein zwangszentrierter Polygonzug durch den betreffenden Abschnitt von ca. 500 m Länge geführt. Die Netzpunkte wurden bei jedem vierten 15-m-Block, also ca. alle 60 m, beidseitig in Form von Bolzenpunkten (Prismenadaptoren) stabilisiert und vom Polygonzug aus kontrolliert bestimmt. Nach dem Tunnelabschnitt



Klaffungen der Passpunkte zu den Näherungskoodinaten

Punkt	Y	X	H	KI-Y	KI-X	KI-H	KI
0#B1	32400.232	202189.991	324.862	-0.001	0.000	0.001	0.001
0#SP116	32512.421	202261.162	326.769	0.001	-0.002	0.001	0.002
0#SP117	32467.477	202167.684	326.507	-0.001	-0.002	0.001	0.002
0#SP118	32459.196	202107.377	326.924	-0.001	0.000	-0.001	0.001
0#SP347	32512.156	202308.251	327.064	0.000	0.001	0.000	0.001
0#SP348	32541.978	202202.338	326.757	0.000	0.001	0.000	0.001
0#SP349	32555.319	202091.077	326.760	0.000	0.002	-0.002	0.003

Abb. 3: Netzbild (oben) und Identifikation unveränderter Anschlusspunkte (unten) anhand der Klaffungen der Passpunkte einer freien Netzausgleichung bei einer Netzverdichtung

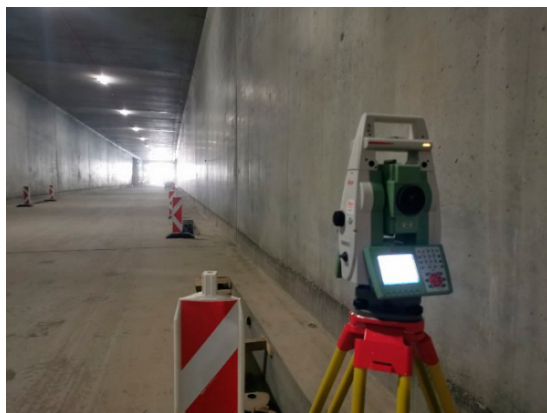


Abb. 4: Errichtung des Tunnelbauwerkes FW2 in offener Bauweise mit Anschlussstandpunkt an das oberirdige Netz (links) und zugehörige Netzmessung untertage (rechts)

wurde wieder an das oberirdige Netz angeschlossen. Dies erfolgte über das vorne offene Ende bzw. über Lücken zwischen vorlaufendem und nachlaufendem Schalwagen. Bei den weiteren Tunnelabschnitten wurde „hinten“ an das bereits existierende Tunnelnetz angeschlossen (mindestens acht bis zwölf Netzknoten) und „vorne“ beim oberirdigen Netz abgeschlossen. Baufortschritt und untertägige Netzmessung hin zum „vorne“ offenen Tunnel sind in Abbildung 4 dargestellt.

Nach der Fertigstellung des gesamten Tunnels (ca. 3.5 km) wurden die 112 untertägigen Netzknoten durch eine vollständige Netzübermessung kontrolliert, um etwaige Deformationen zu bestimmen und ein möglichst zwangsfreies Netz für die Herstellung der Gleisanlagen (Feste Fahrbahn) herzustellen. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe einer weichen Lagerung, um bestehende Koordinaten möglichst wenig zu ändern und gleichzeitig aber die hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Festen Fahrbahn zu erfüllen. Die Nachbarschaftsgenauigkeit der untertägigen Netzknoten, von denen auch die Mastbolzen abgeleitet wurden, betrug ± 0.5 mm (1 sigma). Damit sind die Anforderungen gemäß [5] jedenfalls erfüllt. Auch das untertägige Festpunktfeld wurde in Form eines Technischen Berichtes geliefert [6].

3.2 Geotechnische Messungen

3.2.1 Gleiskontrollmessungen Bestandsgleise

Bedingt durch den Aushub für die Widerlager der Brücke GW14 über die A2 Südbahn unmittelbar neben dem Bestandstragwerk der Gleise 1 und 2 („Südbahn“) sowie der anschließenden Baugrube neben den Südbahngleisen (freie Strecke) wurde in jenem Abschnitt, in dem Koralm- und

Südbahn noch annähernd parallel verlaufen, ein Monitoring der Bestandsgleise zur Sicherstellung des Bahnbetriebs erforderlich. Aufgrund der beengten Verhältnisse auf der Bestandsbrücke GW14 (alt) fiel hier die Wahl auf ein permanentes Monitoring mittels zweier Totalstationen (Abbildung 5). Dafür konnte als Dienstleister die Fa. Geodata mit Sitz in Leoben gewonnen werden. Die Erstellung des Referenzpunktfeldes und die Nullmessung der Objektpunkte (Prismen auf den Schwellen im Abstand von ca. 5 m) erfolgte durch die Berichtersteller.

Das Permanentmonitoring wurde so konfiguriert, dass alle Stunden eine Stationierung der beiden Totalstationen über Referenzpunkte außerhalb des Objektbereiches erfolgte und anschließend die Objektpunkte (Gesamtlänge ca. 150 m) beobachtet wurden. Die Darstellung der Ergebnisse wurde über ein Web-Interface realisiert, Warnungen per Email und SMS bei etwaigen Grenzwertüberschreitungen gemäß den Vorgaben aus [7] an den Geotechniker, das Baumanagement und die AG Vermessung wurden eingerichtet. Abgesehen von systematischen Bewegungen im Bereich von ca. 2 bis 3 mm mit eindeutigen Tageszyklus (Temperaturgang der Brücke in Kombination mit Temperatureffekten des Messsystems zwischen den Lärmschutzwänden) wurden keine signifikanten bauinduzierten Deformationen beobachtet. Das automatisierte Messsystem war ca. sechs Monate durchgehend im Einsatz.

Südlich der GW14 wurden die Bestandsgleise der Südbahn (Gl. 2, näher an der Baugrube der Wanne der Koralmbahn) ebenfalls messtechnisch überwacht. Hier wurden anfangs tägliche, später



Abb. 5: Automatisierte Gleiskontrollmessungen im Bereich der A2-Querung auf der Bestandsbrücke GW14 in Kooperation mit der Fa. Geodata (links) und epochenweise Gleiskontrollmessungen an der bestehenden Südbahn (rechts)

wöchentliche Messungen der geodätischen Messpunkte (Abstand ca. 5 m) durchgeführt. Für den relevanten Überwachungsbereich mit einer Länge von ca. 350 m waren in jeder Epoche vier Aufstellungen erforderlich. Die Auswertung erfolgte mittels Verschiebungs- und Setzungsdiagrammen unmittelbar nach der Messung bzw. der Koordinatenberechnung. Entlang der gesamten Baugrube wurden für die höher gelegenen Bestandsgleise keine signifikanten Setzungen und Verschiebungen festgestellt.

3.2.2 Baugrubensicherung, Gebäudekontrollen

Im Bereich des Gewerbegebietes Feldkirchen bei Graz wurde die Unterflurtrasse direkt unter der bestehenden B67 (Kalsdorfer Straße) im Nahbereich von Industrie- und Wohnbauten errichtet. Die Baugrubensicherung erfolgte durch Spund-

wände, welche gemäß Aushubfortschritt in zwei Aussteifungshorizonten durch Querversteifungen abgesteift wurden (Abbildung 6).

An den Spundwandköpfen und auf Höhe des mittleren Aussteifungshorizontes wurden Messpunkte montiert, welche in Abstimmung mit dem Aushubfortschritt null- und folgegemesen wurden. Für die Sichtbarkeit zu den unten liegenden Messpunkten war es zum Teil erforderlich, die Totalstation auf einer mobilen Konsole direkt an der Spundwand zu befestigen (Abbildung 6).

Die Kopfverschiebungen der Spundwände betrugen zum Teil mehrere Zentimeter, was jedoch fast immer auf den zu späten Einbau der Querstreben zurückzuführen war. Bei regelkonformem Vorgehen seitens des AN Bau (Fa. Granit) in besonders gefährdeten Bereichen bei nahegelegenen sensiblen Gewerbeobjekten wurden kaum Verschiebungen der Spundwandköpfe gemessen.

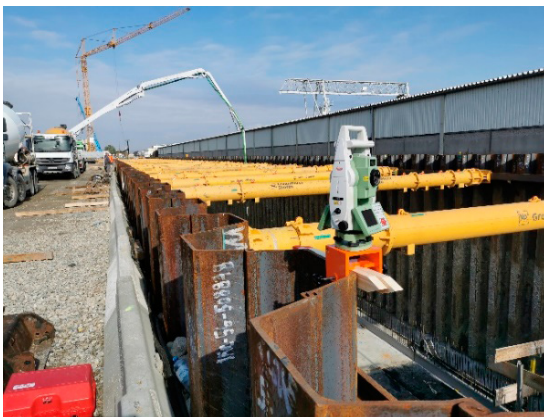


Abb. 6: Totalstation auf Konsole für GTM (links) und Messpunkt der Baugrubensicherung auf der Spundwand (rechts)

Ausgewählte Gebäude im Nahbereich der Baugrube wurden noch zusätzlich geodätisch beobachtet, zumal der Querabstand zur Spundwand oft nur wenige Meter betrug und deutlich geringer war als die Aushubtiefe. Hierbei konnte festgestellt werden, dass Gebäude mit soliden Fundamenten kaum Setzungen und Querverschiebungen hin zur Baugrube aufweisen (< 5 mm). Bei Industriebauten wie Lagerhallen mit nur punktförmigen Fundamenten lagen die Werte allerdings zum Teil im cm-Bereich. Trigger für die Objektbewegungen waren hier vor allem das Schlagen und Ziehen der Spundbohlen (für Details dazu siehe z.B. [7]).

3.3 Kontrollmessungen

3.3.1 Brückenbau

Neben dem Bestandstragwerk der Gleise 1 und 2 („Südbahn“) über die A2 Südautobahn wurde für die Koralmbahn ein zusätzliches Tragwerk GW14 errichtet. Hierzu wurden die Tragplatten der Auflager in Längs- und Querrichtung vor der Fixierung im mm-Bereich eingerichtet, sowie die horizontale Lage nivellistisch überprüft. In einer Nachtsperre der A2 wurde das Stahltragwerk in Teilen eingehoben und mm-genau positioniert.

Im Bereich der A9 Pyhrnautobahn wurden 3 neue Autobahnbrücken errichtet, um für die neue Trasse ein entsprechendes Tragwerk für die Überführung der Gemeindestraßen zu gewährleisten. Bei der Betonage der Tragwerke wurden laufend Deformationsmessungen an den Widerlagern und Pfeilern in höchster Genauigkeit durchgeführt. Während der Betonage wurden Setzungen der Schalungen der Tragwerke dokumentiert. Dabei wurde überprüft, ob die statistischen Vorgaben entsprechend eingehalten wurden. Die 3 beste-

henden Autobahnbrücken wurden dann in einer Wochenendsperre der A9 mit Baggern abgerissen.

3.3.2 Profilkontrollen Unterbau

Im Bereich des Unterbaus der Bahntrasse wurden stichprobenartig die unterschiedlichen Tragschichten auf die höhenmäßige Richtigkeit kontrolliert. Die oberste Tragschicht besteht bei dieser Bahnanlage aus der BT-Bahn (bituminöse Tragschicht) mit einer Fertigungstoleranz von ± 1 cm. Um die höhenmäßige Einhaltung der Toleranzen sowie die erforderlichen Querneigungen und Ebenheiten zu überprüfen, wurde die BT-Bahn mit einer Leica Scan Station MS50 gescannt und eine profilweise Auswertung den Ausführungsprofilen gegenübergestellt und die Abweichungen mit einem Ampelsystem farblich dargestellt.

3.3.3 Betonbau Unterflurtrasse

Die von der Bauvermessung abgesteckten Bodenplatten der Unterflurtrasse wurden nach einem mit der ÖBA abgestimmten Konzept kontrolliert: jede zweite Bodenplatte wurde in Lage (Punkte an der Außenkante) und Höhe (Punkte in der Mitte der Bodenplatte) abgenommen. Bei Überschreiten der vorgegebenen Toleranz (hier: ± 20 mm lt. [8]) wurde die ÖBA per Email unter Anschluss eines Plans informiert.

Auf den derart hergestellten bzw. kontrollierten Bodenplatten wurde nachlaufend der Schalwagen positioniert. Die Positionierungsgenauigkeit des unbelasteten Schalwagens wurde mit ± 10 mm festgelegt, um die o. a. Norm im belasteten Zustand jedenfalls einhalten zu können. Die erforderliche statische Überhöhung der späteren



Abb. 7: Kontrolle der korrekten Positionierung des Schalwagens im unverbauten Abschnitt (links) und Schalwagenquerschnitt zwischen Spundwänden im verbauten Gebiet unter der B67 (rechts)



Abb. 8: Kontrolle der Gleislage der Festen Fahrbahn in der Unterflurtrasse mit einer Totalstation Leica MS60 und dem System Amberg GRP (links) und Displayanzeige während des Kontrollvorganges (rechts)

Tunneldecke von 30 mm wurde bereits im Schalwagenprofil berücksichtigt.

Von der Bauvermessung wurde der vorlaufende Schalwagen üblicherweise am Montag in der Früh eingerichtet, am Vormittag erfolgte die Kontrolle durch die AG-Vermessung (Abbildung 7): je drei Messpunkte wurden an der Unterkante bzw. Oberkante der Abschrägung links und rechts oben kontrolliert, drei Messpunkte im Scheitel des Gewölbes. Die festgelegten Positionierungsgenauigkeiten wurden dabei nur einige wenige Male nicht eingehalten und eine sofortige Repositionierung veranlasst. Ein fehlerhaft hergestelltes Gewölbe konnte dadurch verhindert werden, sämtliche Gewölbeteile wurden geometrisch korrekt hergestellt. Dies wurde bei den später durchgeführten Endvermessungsarbeiten im Tunnel bestätigt.

Der nachlaufende zweite Schalwagen wurde nicht kontrolliert, da er „auf Lücke“ zwischen zwei bereits kontrollierten vorlaufenden Schalwagenabschnitten positioniert wurde.

3.3.4 Gleiskontrollmessungen Feste Fahrbahn

In Teilen der Wanne Nord, im gesamten Tunnelbereich und in Teilen der Wanne Süd wurde die Gleisanlage als System „Feste Fahrbahn System ÖBB - Porr“ ausgeführt. Für die derart errichteten Gleise gelten laut Regelwerken der ÖBB folgende Vorgaben:

- absolute Toleranz in Lage und Höhe ± 5 mm bezogen auf das Grundlagnetz,
- relative Abweichungen in Lage und Höhe bezogen auf eine 20 m lange „Wandersehne“: ± 2 mm,

- Maximalabweichungen für Spurweite und Überhöhung: ± 2 mm.

Die ca. $2 \times 4,5$ km langen Gleisabschnitte wurden von der Fa. Marti Tunnel errichtet, für die korrekte Positionierung der Gleistragplatten und die Einrichtung der Gleise wurde die Fa. VSP Vermessung beauftragt. Die Kontrolltätigkeiten seitens der AG Vermessung wurden mit einer Totalstation MS60 und dem Gleismesssystem Amberg GRP durchgeführt, vgl. Abbildung 8.

Das System Amberg GRP nutzt zur Herstellung der Positionierung innerhalb des untertägigen Grundlagnetzes eine Totalstation, wobei für die Stationierung mindestens acht bis zwölf Fest- und / oder Gleisvermarkungspunkte herangezogen werden. Die Ermittlung der Spurweite erfolgt durch einen Spurweitesensor, die relative Lage entlang der Stationierungsrichtung wird neben den Totalstationsmessungen auch über einen Wegstreckensensor (Odometer) realisiert. Die Querneigung bzw. Überhöhung wird über einen Neigungsmesser bestimmt, dessen Nullpunkt vor jeder Abnahmemessung durch Umsetzen des Gleismesswagens neu bestimmt wird. Nach jeder Abnahmemessung wurde dem AG ein Protokoll mit den zugehörigen Abweichungen zwischen Soll- und Ist-Lage übermittelt und mit den Ergebnissen des AN Bau verglichen. Die korrekte Herstellung der Gleislage konnte so durchgehend dokumentiert werden.

3.4 Absteckungen

3.4.1 Baufeldgrenzen

Bereits vor Baubeginn wurde für die Kennzeichnung des Baufeldes ein Mengengerüst von über viertausend Baufeldgrenzpunkten übergeben. Die



Abb. 9: Weichenabsteckung bei Sonnenaufgang (links) und Verlegen der Weichenbauteile mit dem Gleiskran (rechts)

meisten dieser Punkte wurden auch abgesteckt und mit einem Sichtpflock gekennzeichnet. Als Methode kam aufgrund der Genauigkeitsanforderungen von ± 5 cm überwiegend GNSS RTK zum Einsatz. Allerdings kamen zahlreiche Baufeldgrenzen im Südbereich in einem Waldgebiet zu liegen, das erst im Zuge der Baumaßnahmen gerodet wurde. Die Absteckung dort musste mittels terrestrischer Methoden erfolgen und war aufgrund der Vegetation und Sichtbehinderung herausfordernd. Den bauausführenden Unternehmungen (Fa. Granit, Fa. Porr) konnte jedoch zeitnah zum Baubeginn ein ordnungsgemäß ausgepflocktes Baufeld übergeben werden. Bei Grundstücken, für die ein Enteignungsverfahren angestrebt werden musste, wurden die Baufeldgrenzen speziell gekennzeichnet, um ein unbefugtes Betreten und Befahren mit Baufahrzeugen vor dem Eigentumserwerb durch die ÖBB zu verhindern.

3.4.2 Oberleitungsmasten

Im gesamten Projekt waren ca. 250 Oberleitungsmasten seitens der Baufirmen (Ortbetonfundamente bzw. Situierung auf Betonbauwerken) bzw. mit Hilfe von Rammfundamenten (Fa. Europten) zu errichten. Bei Masten mit Rammfundamenten waren diese zunächst grob abzustecken, um seitens der ausführenden Firma eine Rammsondierung zur Dimensionierung des Rammfundamentes durchführen zu können. Unmittelbar vor der Errichtung der jeweiligen Fundierung wurden die Mastmittelpunkte mit einer Genauigkeit von < 10 mm in der Natur abgesteckt bzw. die Achsrichtung(en) versichert. Zusätzlich erfolgte eine Höhenangabe (Schienenoberkante SOK) mittels Risses auf einem Pflock.

Nach dem Stellen der Masten wurde bei jedem Oberleitungsmast die Höhe der SOK abgesteckt, um die Ausleger- und sonstigen Armierungen seitens des Fachdienstes Fahrleitung in der korrekten Höhe montieren zu können. Dieser Höhenbezug wurde später auch vom Oberbau für die Herstellung der Vorschotterung beim Gleisbau verwendet.

3.4.3 Oberbau und Weichen

Für den Fachdienst Oberbau wurden vor allem Gleishauptpunkte, Neigungswechsel und SOK-Bezüge entlang der Hauptgleise abgesteckt. Bei den Weichen wurden entweder direkt nach dem Vorschottern die Weichenhaupt- und -teilungspunkte gemäß den Verlegeplänen direkt ins Schotterbett mit Eisenrohren gekennzeichnet. War dies aus zeitlichen Gründen nicht möglich, erfolgte vorab eine 3-Punkt-Versicherung jedes Haupt- und Teilungspunktes auf geeigneten Objekten seitlich der Gleisachse (Fundamente, Kabeltrög, usw.). Bedingt durch die eng bemessenen Einsatzzeiten des Gleiskranes bei der Weichenverlegung wurde auch zu früher Stunde gearbeitet (Abbildung 9).

3.4.4 Deckenstromschiene

Aufwändiger als etwaige Oberbauabsteckungen gestaltete sich die Absteckung der Stützpunkte für die Deckenstromschiene im Tunnelbereich der FW2. Hier waren über 700 Punkte im Abstand zwischen sechs und neun Metern gemäß Oberleitungsplanung an der Tunneldecke zu markieren. Dafür wurde eine Totalstation im untertägigen Netz stationiert und die Objektpunkte polar auf die sieben Meter höher liegende Tunneldecke abgesteckt. Zum Erreichen des Zielpunktes wurde mit

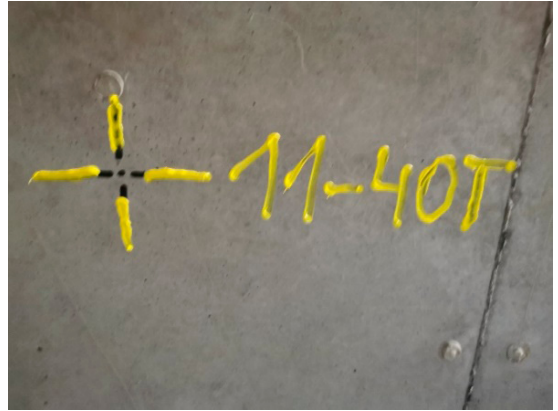
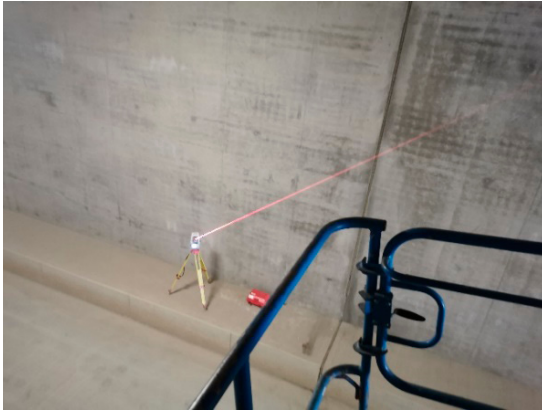


Abb. 10: Stützpunkt-Absteckung für die Konsolen der Deckenstromschiene mittels Hubsteiger (links) und markierter Stützpunkt auf der Tunneldecke (rechts)

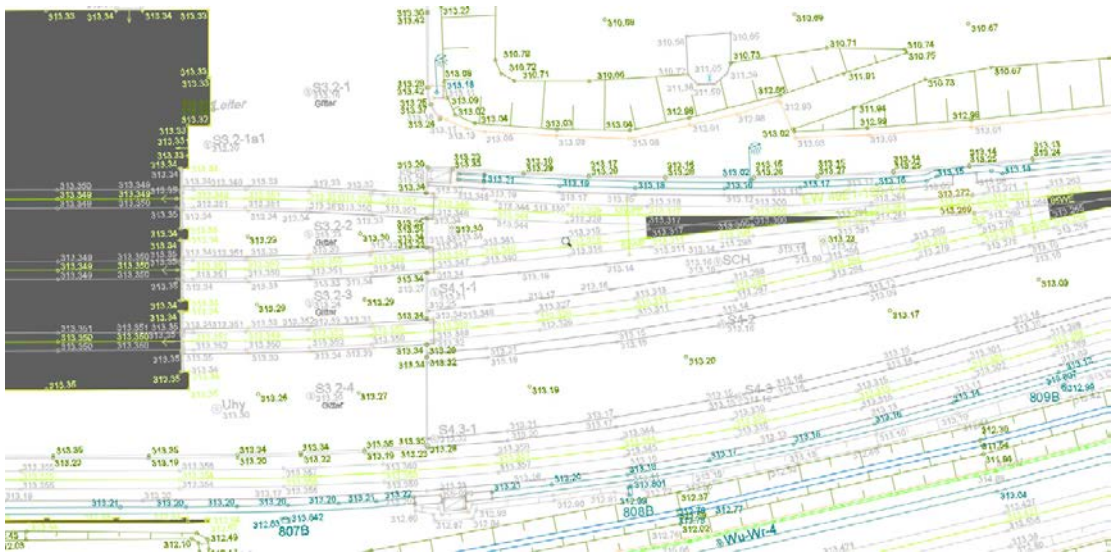


Abb. 11: Ausschnitt aus dem technischen Endvermessungsplan im Bereich des Verbindungsgleises Nord / ASC Werndorf

einem Hubsteiger manövriert, wobei besonders auf den darunter fließenden Baustellenverkehr Bedacht genommen werden musste. Die Stützpunkte für die später vom Fahrleitungsbau dort zu positionierenden Halterungen der Deckenstromschiene wurden entsprechend gekennzeichnet, an diesen Stationen erfolgte später die schienengebundene Montage derselben. Eindrücke von der Arbeit auf dem Steiger sind in Abbildung 10 zu sehen.

4. Vermessungsleistungen nach Bau

4.1 Technische Endvermessung

Sämtliche Vermessungsarbeiten für die technische Endvermessung sind gemäß den einschlägigen

ÖBB Regelwerken [5], [10], [11], [12], [13] und [14] durchzuführen und sind mit Stand Februar 2024 für alle fertig gestellten Rohbaulose abgeschlossen. Alle Regelwerke werden von der ÖBB für die planliche Darstellung vertraglich vorgegeben.

Alle Bestandspläne – ein Ausschnitt ist in Abbildung 11 gezeigt – sind in der Applikation InfraPLAN zu erstellen und zu aktualisieren. Der InfraPLAN ist eine ÖBB Infrastruktur AG interne Applikation des Fachbereichs Bautechnik/VG zum Bearbeiten, Erstellen und Verwalten von Bestandsplänen, die aus Vermessungen gewonnen werden. Diese Applikation besteht aus einem Editor (rmDATA GeoDesktop) und einer dahinterlie-

genden Geodatenbank. Installiert ist GeoDesktop auf einem ÖBB Citrix Desktop.

4.2 Katastrale Endvermessung

Vermessungen betreffend Kataster sind nach den einschlägigen Bundesgesetzen (Vermessungsgesetz und -verordnung, Liegenschaftsteilungsgesetz) durchzuführen, zudem ist das zugehörige ÖBB Regelwerk 17.07, [15], zu beachten. Die katastrale Endvermessung gemäß §15 LTG umfasst zehn Katastralgemeinden mit einer Gesamtlänge der zu verhandelnden Grenzen von ca. 30 km.

Mit Stand Februar 2024 ist für zahlreiche Abschnitte die Grenzbegehung mit den Eigentümern abgeschlossen, die Verhandlungsprotokolle sind verfasst. Für eine Katastralgemeinde ist der Endvermessungsplan bereits fertig, ein weiterer vorzudringlich zu behandelnder Abschnitt ist ebenfalls kurz vor dem Abschluss.

Die Grenzverhandlungen werden im Laufe des Jahres 2024 fortgesetzt und jedenfalls hinsichtlich der Außendienstarbeiten und der zugehörigen Verhandlungen zum Abschluss gebracht.

5. Zusammenfassung

Für ein ingenieurgeodätisches Großprojekt wie den Neubau einer Eisenbahnstrecke im teils schwierigen, weil dicht bebauten Umfeld ist eine Fülle von Vermessungsleistungen erforderlich, welche wir versucht haben, umfassend darzustellen. Dass diese Leistungen von einem Team nahezu von Anfang bis zum Ende durchgehend betreut werden, ist aufgrund der langen Projektlaufzeit und wechselnder Auftragnehmer aufgrund von Ausschreibungserfordernissen seitens der öffentlichen Hand selten geworden. Umso stolzer macht es das Autoren-Team, dass wir dieses Projekt in den letzten Jahren gemeinsam umsetzen durften.

Abschließend darf abseits des Themenkreises Vermessung noch kurz jene Frage diskutiert werden, die alle Projektbeteiligten in den letzten Jahren wohl am öftesten gehört haben: „Bleibt der Zug jetzt beim Flughafen stehen?“. Diese Frage darf klassisch österreichisch mit einem klaren „Ja“ beantwortet werden. Die Koralmbahn ist als Hochgeschwindigkeitsstrecke für den Personen- und Güterverkehr konzipiert und ist zur Einhaltung der engen Taktzeiten mit wenigen, aber großen Haltebahnhöfen ausgestattet. Eine Haltestelle beim Flughafen, nur ca. 9 km vom Hauptbahnhof Graz entfernt, würde die angepeilte Fahrzeit von 45 Minuten zwischen Graz und Klagenfurt nicht er-

möglichen. Allerdings ist der Flughafen Graz über die Schnellbahnverbindung S5 und die Haltestelle Flughafen Graz – Feldkirchen der Südbahn öffentlich erreichbar. Die Haltestelle wird demnächst zu einem Nahverkehrsknoten ausgebaut und modernisiert. Einer Anreise mit der Bahn zum Flughafen steht also seit jeher nichts im Wege.

Danksagung

Wir bedanken uns bei den Vertretern der ÖBB Infrastruktur AG für die gute Zusammenarbeit während der Projektentwicklung. Namentlich genannt seien Dipl.-Ing. Johannes Fleckl-Ernst (FB Vermessung), Dipl.-Ing. Mario Hirschmugl (Projektkoordinator), Ing. Markus Lampel (Projektkoordination), Ing. Thore Scheiber und Ing. Jürgen Wind (Baumanagement). Dank gebührt auch der Leitung der Örtlichen Bauaufsicht, Ing. Mario Leski und Dipl.-Ing. Simone Bogensperger, beide Fa. Tecton, sowie Dipl.-Ing. Marko Heiden, Fa. Davinci ZT. Von unseren Mitarbeitern, welche auch unter teils herausfordernden Bedingungen besonderen Einsatz zeigten, dürfen wir Bernhard Schütz, BSc., Jens Husung und Ing. Armin Pichler besonders erwähnen.

Referenzen

- [1] Macheiner K. (2017): Koralmbahn Graz – Klagenfurt, Abschnitt Feldkirchen – Weitendorf, km 7.0 bis km 13.2: Grundlagenvermessung: Geodätisches Grundlagennetz, Bereich Nord. Unpublizierter Technischer Bericht, ADP Rinner ZT GmbH, Graz
- [2] Huber K. (2017): Koralmbahn Graz – Klagenfurt, Feldkirchen – Weitendorf (FW), km 13.2 bis km 20.0, Bereich Süd: Ergänzungen Festpunkte Terrestrischer Polygonzug. Unpublizierter Technischer Bericht, Vermessungskanzlei DI Kurt Huber, Graz
- [3] Niemeier W. (2002): Ausgleichsrechnung: eine Einführung für Praktiker und Studierende des Vermessungs- und Geoinformationswesens. de Gruyter, Berlin
- [4] Macheiner K., Rühmöbl H. (2023): Koralmbahn Graz – Klagenfurt, Graz – Weitendorf, bedarfsgerechter Ausbau, Bereich Feldkirchen – Weitendorf, km 7.3 – km 20.1: Grundlagennetz NAN702 & 703 für die baubegleitenden Vermessungsarbeiten, Version 5.0. Unpublizierter Technischer Bericht, ARGE Krois-Permann, Graz
- [5] ÖBB Infrastruktur AG (2015): Regelwerk 07.04: Vermessung von Gleisen und Weichen, Wien
- [6] Macheiner K., Rühmöbl H. (2023): Koralmbahn Graz – Klagenfurt, Graz – Weitendorf, bedarfsgerechter Ausbau, Bereich Feldkirchen – Weitendorf, km 7.3 – km 20.1: Grundlagennetz FW2 innen (Wanne Nord, Tunnel, Wanne Süd) für die baubegleitenden Vermessungsarbeiten, Version 2.0. Unpublizierter Technischer Bericht, ARGE Krois-Permann, Graz
- [7] ÖBB Infrastruktur AG (2017): Regelwerk 09.06: Stützbauwerke und Baugrubensicherungen im Gleisbereich, Wien
- [8] Zerrenthin U. (2012): Erschütterungen und Setzungen bei Rammarbeiten. BAW Mitteilungen Nr. 95 2012
- [9] ASI (2010): Toleranzen im Hochbau Bauwerke (DIN 18202). Austrian Standards Institute / Österreichisches Normungsinstitut, Wien

- [10] *ÖBB Infrastruktur AG (2019)*: Regelwerk 17.02: Terrestrische Vermessung von Bahnanlagen, Wien (inkludiert die Regelwerke 17.02.01 Aufgabenbeschreibung und 17.02.02 Planliche Darstellung und Layerstruktur)
- [11] *ÖBB Infrastruktur AG (2022)*: Regelwerk 17.02.01: Referenzsysteme und infra:raster, Wien
- [12] *ÖBB Infrastruktur AG (2012)*: Regelwerk 08.01.03: Eisenbahnbrücken und konstruktive Ingenieurbauwerke; Hilfsbrücken, Wien
- [13] *ÖBB Infrastruktur AG (2018)*: Regelwerk 09.03: Unterbau / Geotechnik-Bahnsteige, Wien
- [14] *ÖBB Infrastruktur AG (2015)*: Regelwerk 07.07: Abnahme von Oberbauarbeiten, Wien
- [15] *ÖBB Infrastruktur AG (2016)*: Regelwerk 17.07: Bahngrundgrenzen und Liegenschaftstechnik, Wien

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing. Dr. techn. Klaus Macheiner, Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen und Geoinformation. Permann & Schmalldienst Vermessung ZT GmbH, Johann-Weitzer-Weg 9/7, 8041 Graz.

E-Mail: klaus.macheiner@permann.com

Dipl.-Ing. Harald Rührnößl, Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen und Geodäsie. Vermessungskanzlei DI Krois, Kirchengasse 10, 8530 Deutschlandsberg.

E-Mail: r.h@vermessung-krois.at

Dipl.-Ing. Roland Krois, Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen. Vermessungskanzlei DI Krois, Kirchengasse 10, 8530 Deutschlandsberg.

E-Mail: office@vermessung-krois.at

Dipl.-Ing. Christoph Permann, Ingenieurkonsulent für Forstwesen. Permann & Schmalldienst Vermessung ZT GmbH, Schubertgasse 7, 8160 Weiz.

E-Mail: christoph.permann@permann.com

vgi



Besuchen Sie die OVG Facebook Seite!

- ➡ Ankündigung von Veranstaltungen
- ➡ Aktuelle Berichte
- ➡ Treffpunkt der Community (aktuell ~100 Abonnenten)
- ➡ Funktioniert auch ohne Facebook Account!

➡ www.facebook.com/OVGAustria ⚡



:: Be part of it! ::