

vgi

Österreichische Zeitschrift für **Vermessung & Geoinformation**



Leica
Geosystems

Täglich absolut
zuverlässig.

Leica GS05

Leichte GNSS-SmartAntenne
mit Neigungskompensation.



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

K. Macheiner, H. Rührnöbl, R. Krois, Ch. Permann

Frühe Eisenbahnen über die Alpen 1854–1909 Die Entwicklung der Kunst der Tunnelvermessung

M. Hiermanseder





Österreichische Zeitschrift für **Vermessung & Geoinformation**

**Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation
und der Österreichischen Geodätischen Kommission**

112. Jahrgang 2024

Heft: 4/2024

ISSN: 1605-1653

Schriftleiter: Dipl.-Ing. Andreas Pammer

Stellvertreter: Dipl.-Ing. Ernst Zahn

Dipl.-Ing. (FH) Georg Topf

Dipl.-Ing. Hartwig Ortbauer

A-1020 Wien, Schiffamtsgasse 1-3

Internet: <http://www.ovg.at>

K. Macheiner, H. Rührnöbl, R. Krois, Ch. Permann:

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

139

M. Hiermanseder:

**Frühe Eisenbahnen über die Alpen 1854 – 1909
Die Entwicklung der Kunst der Tunnelvermessung**

151

Dissertationen, Diplom- und Magisterarbeiten	172
Recht und Gesetz	179
Grenzsteine – Steine erzählen Geschichte(n)	183
Aus dem Vereinsleben	185
Buchbesprechungen	187
Neuerscheinungen	189
Veranstaltungskalender	191



Organ der Österreichischen Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation und der Österreichischen Geodätischen Kommission

112. Jahrgang 2024 / ISSN: 1605-1653

Herausgeber und Medieninhaber: Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), Austrian Society for Surveying and Geoinformation, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien zur Gänze. Bankverbindung: BAWAG P.S.K., IBAN: AT21 60000 00001190933, BIC: OPSKATWW. ZVR-Zahl 403011926.

Präsident der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Franz Blauensteiner, Tel. +43 1 21110-822216, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien.

Sekretariat der Gesellschaft: Dipl.-Ing. Dr. Lothar Eysn, Tel. +43 1 21110-822711, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. E-Mail: office@ovg.at.

Schriftleitung: Dipl.-Ing. Andreas Pammer, Tel. +43 1 21110-825262, Dipl.-Ing. Ernst Zahn, Tel. +43 1 21110-823209, Dipl.-Ing.(FH) Georg Topf, Tel. +43 1 21110-823620, Dipl.-Ing. Hartwig Ortbauer, Tel. +43 1 21110-822715, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. E-Mail: vgi@ovg.at.

Manuskripte: Bitte direkt an die Schriftleitung senden. Es wird dringend ersucht, alle Beiträge in digitaler Form zu übersenden. Genaue Angaben über die Form der Abfassung des Textteiles sowie der Abbildungen (Autoren-Richtlinien) können bei der Schriftleitung angefordert werden bzw. sind auf <http://www.ovg.at> unter „VGI Richtlinien“ zu ersehen. Beiträge können in Deutsch oder Englisch abgefasst sein; Hauptartikel bitte mit deutschem und englischem Titel, einer deutschsprachigen Kurzfassung und einem englischen Abstract sowie Schlüsselwörter bzw. Keywords einsenden. Auf Wunsch können Hauptartikel einem „Blind-Review“ unterzogen werden. Nach einer formalen Überprüfung durch die Schriftleitung wird der Artikel an ein Mitglied des Redaktionsbeirates weitergeleitet und von diesem an den/die Reviewer verteilt. Artikel, die einen Review-Prozess erfolgreich durchlaufen haben, werden als solche gesondert gekennzeichnet. Namentlich gezeichnete Beiträge geben die Meinung des Autors wieder, die sich nicht mit der des Herausgebers decken muss. Die Verantwortung für den Inhalt des einzelnen Artikels liegt daher beim Autor. Mit der Annahme des Manuskriptes sowie der Veröffentlichung geht das alleinige Recht der Vervielfältigung und Wiedergabe auf den Herausgeber über.

Redaktionsbeirat für Review: Univ.-Prof. Dr. Johannes Böhm, Dipl.-Ing. Franz Blauensteiner, Univ.-Prof. Dr. Werner Lienhart, Univ.-Prof. Dr. Norbert Pfeifer, Prof. Dr. Josef Strobl und Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.iur. Christoph Twaroch

Copyright: Jede Vervielfältigung, Übersetzung, Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen sowie Mikroverfilmung der Zeitschrift oder von in ihr enthaltenen Beiträgen ohne Zustimmung des Herausgebers ist unzulässig und strafbar. Einzelne Photokopien für den persönlichen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen davon angefertigt werden.

Anzeigenbearbeitung und -beratung: Dipl.-Ing. Andreas Pammer, Tel. +43 1 21110-825262, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien. Unterlagen über Preise und technische Details werden auf Anfrage gerne zugesendet.

Erscheinungsweise: Vierteljährlich in zwangloser Reihenfolge (1 Jahrgang = 4 Hefte). Auflage: 1000 Stück.

Abonnement: Nur jahrgangsweise möglich. Ein Abonnement gilt automatisch um ein Jahr verlängert, sofern nicht bis zum 1.12. des laufenden Jahres eine Kündigung erfolgt. Die Bearbeitung von Abonnementangelegenheiten erfolgt durch das Sekretariat. Adressänderungen sind an das Sekretariat zu richten.

Verkaufspreise: Einzelheft: Inland 25 €, Ausland 30 €; Abonnement: Inland 70 €, Ausland 90 €; alle Preise exklusive Mehrwertsteuer. OVG-Mitglieder erhalten die Zeitschrift kostenlos.

Satz und Druck: Buchdruckerei Ernst Becvar Ges.m.b.H., A-1150 Wien, Lichtgasse 10.

Offenlegung gem. § 25 Mediengesetz

Medieninhaber: Österreichische Gesellschaft für Vermessung und Geoinformation (OVG), Austrian Society for Surveying and Geoinformation, Schiffamtsgasse 1-3, A-1020 Wien zur Gänze.

Aufgabe der Gesellschaft: gem. § 1 Abs. 1 der Statuten (gen. mit Bescheid der Bundespolizeidirektion Wien vom 26.11.2009): a) die Vertretung der fachlichen Belange der Vermessung und Geoinformation auf allen Gebieten der wissenschaftlichen Forschung und der praktischen Anwendung, b) die Vertretung aller Angehörigen des Berufsstandes, c) die Förderung der Zusammenarbeit zwischen den Kollegen der Wissenschaft, des öffentlichen Dienstes, der freien Berufe und der Wirtschaft, d) die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, e) die Herausgabe einer Zeitschrift mit dem Namen „Österreichische Zeitschrift für Vermessung und Geoinformation“ (VGI).

Erklärung über die grundlegende Richtung der Zeitschrift: Wahrnehmung und Vertretung der fachlichen Belange aller Bereiche der Vermessung und Geoinformation, der Photogrammetrie und Fernerkundung, sowie Information und Weiterbildung der Mitglieder der Gesellschaft hinsichtlich dieser Fachgebiete.



<http://www.ovg.at>



<http://www.oegk-geodesy.at>

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

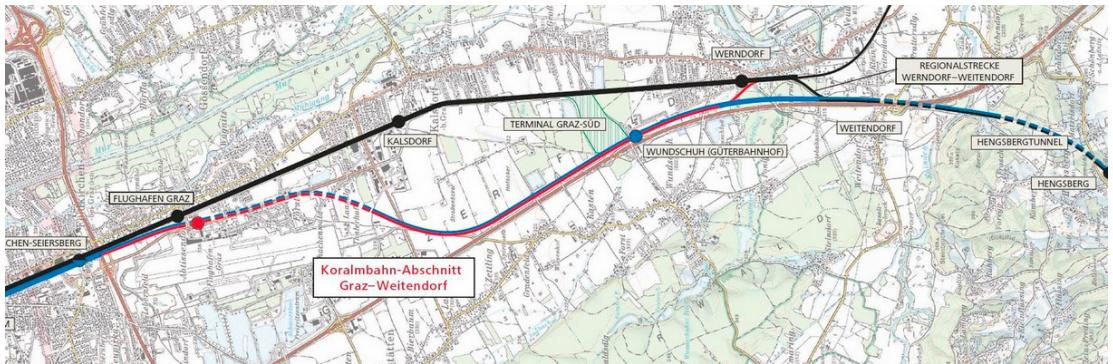


Abb. 1: Projektgebiet Graz – Weitendorf. Bildquelle: ÖBB



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 reambuliert 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 Gebrauchskoordinaten 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.

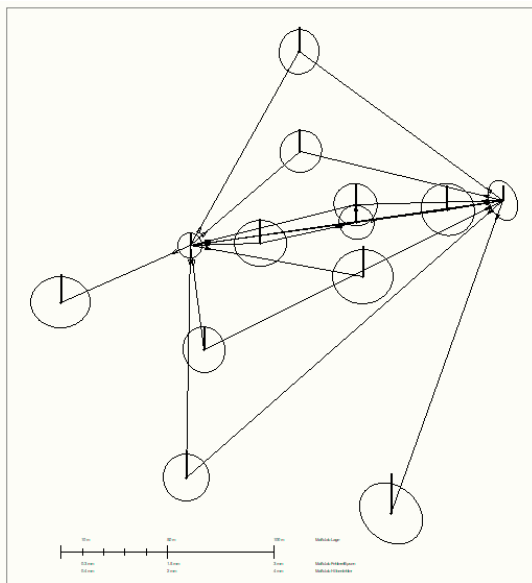
Die bestehenden Grundlagentetze waren für die Bauvermessung bzw. die baubegleitende Vermessung über die gesamte Länge von ca. 13 km zu überprüfen und geeignet zu verdichten. Im durchwegs verbauten Bereich Nord wurden zahlreiche Bolzenpunkte an Gebäuden und Kunstbauten geschaffen und eingemessen. Im Bereich 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

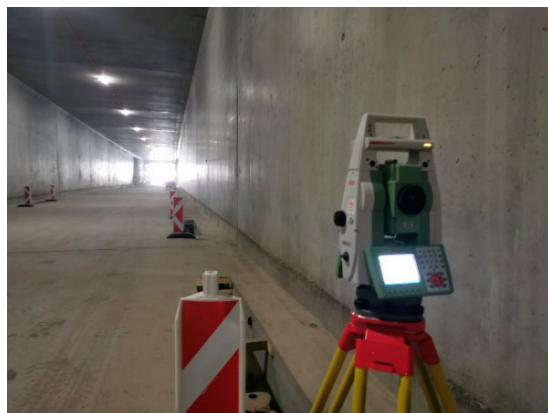


Abb. 4: Errichtung des Tunnelbauwerkes FW2 in offener Bauweise mit Anschlussstandpunkt an das oberirdige Netz (links) und zugehörige Netzmessung untertage (rechts)

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.

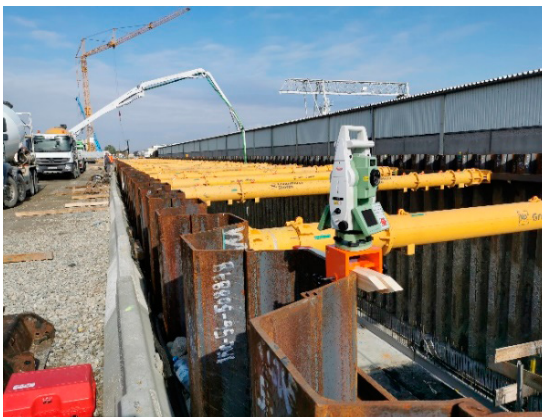


Abb. 6: Totalstation auf Konsole für GTM (links) und Messpunkt der Baugrubensicherung auf der Spundwand (rechts)

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 Spurweitensensor, 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

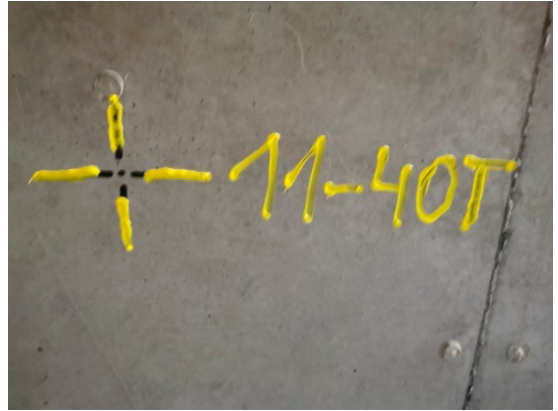
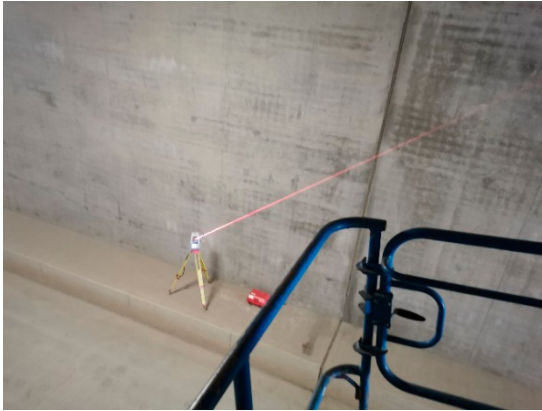


Abb. 10: Stützpunkt-Absteckung für die Konsolen der Deckenstromschiene mittels Hubsteiger (links) und markierter Stützpunkt auf der Tunneldecke (rechts)

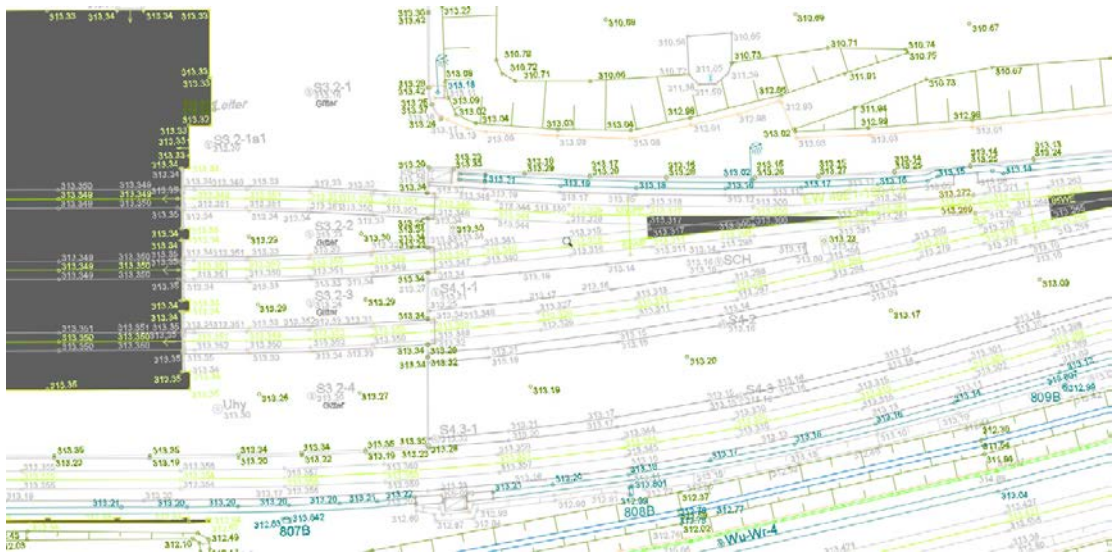


Abb. 11: Ausschnitt aus dem technischen Endvermessungsplan im Bereich des Verbindungsgleises Nord / ASC Werndorf

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 „Jein“ 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 & Schmaldienst 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 & Schmaldienst 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 ::

Frühe Eisenbahnen über die Alpen 1854–1909
Die Entwicklung der Kunst der Tunnelvermessung¹



Early railways crossing the Alps 1854–1909
Developing the art of tunnel surveying

Michael Hiernanseder, Wien

... inter maxime memoranda equidem duxerim,
montem perfossum ad lacum Fucinum emittendum
inenarrabili profecto impendio et operarum multitudine per tot annos ...²

Plinius, Naturalis Historia XXXVI, 124

Kurzfassung

Seit Menschen Tunnel bauen, fürchten sie, sich in der Mitte des Berges zu verpassen. Um das zu verhindern, werden im Lauf der Zeit mit beeindruckendem Erfolg Vermessungstechniken entwickelt. Anhand der historischen Eisenbahnlinien über Semmering, Brenner, Mont Cenis, Gotthard und Tauern wird die Entwicklung der Kunst der Tunnelvermessung beschrieben.

Schlüsselwörter: Tunnelvermessung, Eisenbahn, Geschichte

Abstract

Ever since people have built tunnels, they have been afraid of missing their way in the middle of the mountain. To prevent this, surveying techniques have been developed over time with impressive success. The development of the art of tunnel surveying is described using the historic railway lines via Semmering, Brenner, Mont Cenis, Gotthard and Tauern.

Keywords: Tunnel surveying, railways, history

1.	Semmeringbahn	1854	1.428 m	Carl von Ghega
2.	Brennerbahn	1867	ges. 5.227 m (22 Tunnel)	Carl von Etzel
3.	Mont-Cenis-Bahn	1871	12.820 m	Germain Sommeiller
4.	Gotthardbahn	1882	14.998 m	Louis Favre
5.	Tauernbahn	1909	8.371 m	Carl Wurmb

Tab. 1: Wichtige Eisenbahntunnel in den Alpen, Fertigstellung, Tunnellänge und Erbauer

1. Einleitung: Tunnelbau von der Antike bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts

Die Geschichte des Tunnelbaus reicht bis in die Antike zurück. Die Höhenvermessung beim Bau

1) Der Beitrag ist eine überarbeitete und wesentlich erweiterte Version des Artikels Hiernanseder Michael, Die Entwicklung der Tunnelvermessung, Alpenquerende Eisenbahnen 1854–1909, VDV 3/2024, S 212 ff.

Der Verfasser ist Herrn em.Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Wunderlich für seine Anregungen zu Dank verpflichtet.

2) unter den denkwürdigsten würde ich in der Tat den Berg erwähnen, der für die Ableitung des Fuciner Sees mit unbeschreiblichem Aufwand und einer Vielzahl von Arbeiten über so viele Jahre hinweg ausgehöhlt wurde.

der ersten einfachen Wasserkanäle und Straßentunnels beherrscht man schon früh. Das Prinzip des Nivellements zur Bestimmung des Höhenunterschieds zwischen Punkten hat sich bis heute kaum verändert. Die horizontale Vermessung bereitet antiken Tunnelbauern jedoch erhebliche Mühe. In der Regel kommen sie seitlich von der geplanten Linie ab. Anhand der zur Mitte hin immer unstetigeren Linienführung historischer Bauwerke lässt sich das bis heute nachvollziehen.³

3) Fischer Roland, Wegweiser zum Treffen mitten im Berg, NZZ, 05.12.2007



Abb. 1: Hiskija-Tunnel



Abb. 2: Shiloah-Inschrift (Archäologisches Museum Istanbul)

Beim Hiskija-Wasserleitungstunnel⁴ in Jerusalem aus dem 8. Jahrhundert v. Chr. treffen sich die beiden Stollen erst nach mehreren Richtungswechseln. Die 1880 unweit des südlichen Tunnelleingangs gefundene Shiloah-Inschrift berichtet von den Arbeiten kurz vor dem Tunneldurchbruch: „Dies ist die Geschichte des Durchbohrens. Als noch ... Hacke(n) ... jeder zu seinem Gefährten hin, und als noch drei Ellen zu durchbohren waren, ... die Stimme eines Mannes, der dem anderen zurief, denn da war ein Spalt an der rechten Seite ... Und am Tag des Durchbruchs begegneten sich die Arbeiter, Mann gegen Mann, Hacke gegen Hacke, und das Wasser floss von der Quelle zum

Teich, 1200 Ellen weit und 100 Ellen war die Dicke des Gesteins über den Köpfen der Arbeiter.“⁵

Vor allem längere Tunneln stellen die Ingenieure der Antike vor Probleme. Dabei ist es besonders wichtig, die Lage der beiden Tunnelenden relativ zueinander im Voraus zu erfassen. Die Richtung des Vortriebs lässt sich sonst nicht exakt vorgeben. Das zu erwartende Fehlgehen in der Mitte des Berges wird oft mit eingeplant. Man versucht sich beim Vortrieb in stumpfem Winkel von beiden Seiten schräg gegeneinander vorzuarbeiten, um sich mit Sicherheit irgendwo zu kreuzen, wie beim römischen Aquädukt-Tunnel Cave du Curé bei Lyon.⁶

Oft gräbt man auch, sobald die berechnete Distanz ungefähr erreicht ist, einen weiten Bogen und sucht so den Gegenstollen. Der Tunnel des Eupalinos ist Teil einer Wasserleitung, die im 6. Jahrhundert v. Chr. zur Versorgung der griechischen Stadt Samos auf der gleichnamigen Insel errichtet wurde. Der Tunnel ist der zweite bekannte Tunnel in der Geschichte nach dem Hiskija-Tunnel, der im Gegenortvortrieb gebaut wurde, und der erste, bei dem dies nach einem sorgfältig ausgearbeiteten Plan geschah. Mit 1.036 m Länge ist der Eupalinos-Tunnel der längste Tunnel seiner Zeit. Einfach aber effektiv ist die Methode mit der der Durchschlag der beiden Streckenabschnitte sichergestellt wird. Indem beide Vortriebe auf den letzten Metern gemeinsam scharf nach Osten abbiegen, wirkt man der Gefahr entgegen,

4) Nach 2 Kön 20,20 (Die übrige Geschichte Hiskijas und alle seine Erfolge, wie er den Teich und die Wasserleitung angelegt und das Wasser in die Stadt geleitet hat, das alles ist aufgezeichnet in der Chronik der Könige von Juda. vgl. 2 Chr 32,30) und Sir 48,17 (Hiskija befestigte seine Stadt und leitete in ihre Mitte Wasser ein. Er durchbrach mit Eisen den harten Felsen und errichtete Brunnen für die Wasser) wird der Tunnel 701 v. Chr. im Auftrag des Königs Hiskija von Juda erbaut, der Jerusalem vor den im 8. Jahrhundert durch Palästina nach Ägypten vordringenden Assyryern schützen muss. Wegen der vielen Flüchtlinge aus dem Nordreich Israel, ummauert Hiskija die gewachsene Stadt neu und sichert mit dem nach ihm benannten Tunnel die Frischwasserzufuhr von außerhalb. Der kurvige Tunnel, Gesamtlänge 533 m, beginnt bei der unterirdischen Gihonquelle in Jerusalem, die im Kidrontal entspringt. Der Wassertunnel nutzt zunächst den alten Zulauf zum Vertikalschacht. Dann verläuft er in großen Schleifen durch den Bergrücken und mündet in den Shiloah-Teich im geschützten Teil der Stadt. Es ist der älteste bekannte Tunnel, bei dem der Vortrieb von zwei Seiten gleichzeitig in Angriff genommen wurde. Die zahlreichen Blindstollen, die die Gesamtlänge des Tunnels um ein Drittel verlängern, deuten darauf hin, dass bei der Bestimmung der Vortriebsrichtung keine wissenschaftliche Methodik zum Einsatz gekommen ist. Man ist wohl dem Verlauf einer Wasserader gefolgt.

5) zitiert nach Israel Finkelstein, Neil A. Silberman, David und Salomo, München 2006

6) Die Cave du Curé, ein Tunnelabschnitt der Gier-Wasserleitung für Lyon bei Chagnon, erforderte für das Aufmaß eine ganz besondere Vermessungsmethode (Klaus Grewe, VDVmagazin 5/2021).

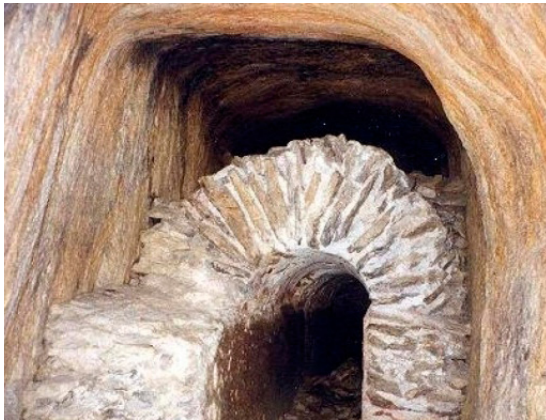


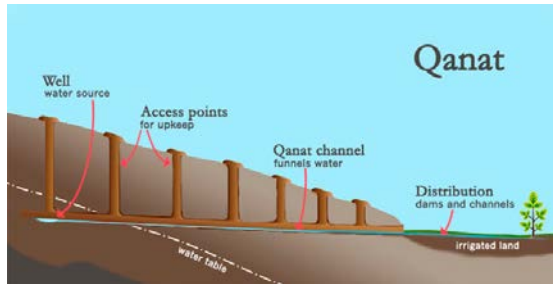
Abb. 3: Circuit de la Cave du Curé



Abb. 4: Tunnel des Eupalinos auf Samos



Abb. 5: Kanat im Iran

Abb. 6: Funktionsbild eines Qanats
(<https://irandoostan.com/qanat-architect-persian-oasis/>)

zwei parallele Stollen zu graben, und macht einen Schneidepunkt unvermeidbar, sofern sich beide Stollen auf dem gleichen Niveau befinden.

Die verlässlichste Technik besteht jedoch darin, von der Oberfläche in regelmäßigen Abständen Schächte senkrecht bis zum Tunnelniveau hinunter zu graben⁷, wie dies in Persien schon seit dem 1. Jahrtausend v. Chr. üblich ist. Die Richtung für den Bau wird dann mit Loten angezeigt, die man an zwei Schachtwänden entlang in den Tunnel absenkt. Diese sogenannte Qanat-Bauweise⁸ ist

7) Manholes were uniformly distributed along the conduit to ease its maintenance. Besides the tunnels excavated into the rock these shafts also served to facilitate the simultaneous excavation on several fronts, the withdrawal of materials, to ventilate the conduit, to facilitate setting out works through the introduction of the main alignments (by plumb bobs and ropes) and finally to mark the aqueduct's alignment on the surface, thus controlling the aqueduct's right of way (I. Moreno Gallo, Roman Water Supply Systems, New Approach).

8) Ein Qanat, (arabisch, Qanāh, persisch Kanat) ist eine traditionelle Form der Frischwasserförderung in Wüstengebieten, um Trink- und Nutzwasser aus höher gelegenen Regionen zu beziehen. Ein Qanat besteht aus einem Mutterbrunnen, mehreren vertikalen Zugangsschächten und dem Qanat-Kanal.

aber nur praktikabel, wenn der Stollen dicht unter der Oberfläche geführt wird.⁹

Von Johann Weichard von Valvasor (1641–1693) gibt es einen Plan zum Bau der Loiblpassstraße von 1679. Ihm ist die Bedeutung der Transportroute zwischen Krain und Kärnten bewusst: „Vor einigen Jahren hatte ich selbst die Absicht am Fuße des Berges ein Loch durch den Berg Loibl zu graben, und zwar in derselben Größe, wie er oben auf dem Berg besteht, so dass es möglich wäre durch den Berg zu reiten oder mit der Kutsche zu fahren. Und ich hatte auch schon alles vermessen. Das Loch in den Berg sollte bei St. Anna hineinführen und auf der anderen Seite des Berges bei St. Leonhard herausführen. So würde der Weg durch den Tunnel vom Eingang bis zum Ausgang vollkommen gerade verlaufen ...“ (Valvasor, Die Ehre des Hertzogthums Crain, 1689).

9) Die Vortriebsgeschwindigkeit ist sehr unterschiedlich und richtet sich vor allem nach der Tiefe, der Zahl der Arbeiter und der Bodenbeschaffenheit. Bei 20 Metern Tiefe erreicht ein Arbeitstrupp von vier Personen etwa 4 m/Tag, bei 40 m Tiefe halbiert sich dieser Wert. Der Qanatbau dauert daher in der Regel mehrere Jahrzehnte.

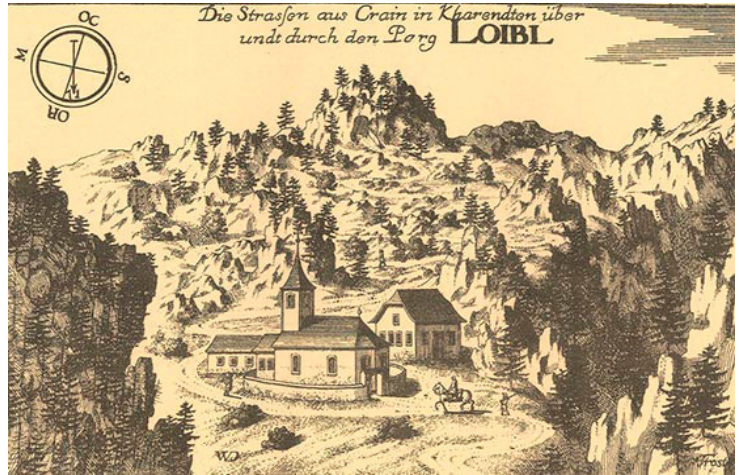
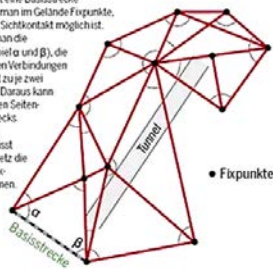


Abb. 7: Johann Weichard von Valvasor Abb. 8: Loiblpass 1689

Schematische Darstellung von Vermessungsmethoden im Tunnelbau

Triangulation (vor dem Bau):

Man misst zuerst eine Basisstrecke aus. Dann sucht man im Gelände Fixpunkte, zwischen denen Sichtkontakt möglichst ist. Nun bestimmt man die Winkel (als Beispiel α und β), die sich zwischen den Verbindungen von einem Punkt zu je zwei weiteren aufbauen. Daraus kann man die fehlenden Seitenlängen des Dreiecks trigonometrisch berechnen. So lässt sich im Dreiecksnetz die Position jedes Fixpunktes bestimmen.



Polygonzug (während des Baus):

Ein Polygonzug besteht aus geraden Strecken, die mit einem Laser vermessen werden. Etwa alle vierhundert Meter setzt man eine Orientierungsmarkierung. Weiter reicht die Sicht im Tunnel wegen der staubigen Luft oder auch wegen Kurven meist nicht. Die Position im Berg wird dann anhand der Längen der Strecken und der Winkel zwischen ihnen Schritt für Schritt vom Startpunkt am Portal her bestimmt.



Abb. 9: Vermessungsmethoden im Tunnelbau (NZZ)

Erst mit der Einführung der Triangulation Ende des 17. Jahrhunderts wird das Problem der Bestimmung der Lage der beiden Tunnelenden relativ zueinander gelöst. Man sucht im zu vermessenden Gebiet eine Reihe von Fixpunkten mit Sichtkontakt, wie weithin sichtbare Landmarken und Berggipfel. Dann bestimmt man die Winkel zwischen den Verbindungen eines Fixpunktes. Trigonometrisch kann man die Seitenlängen berechnen und damit die genaue Position der Fixpunkte. Als Maßstab muss noch eine Referenzlänge ins Triangulationsnetz eingebunden werden.

Um die Richtung des Vortriebs vom einen zum anderen Portal zu bestimmen, verwenden die Pioniere des alpinen Tunnelbaus seit der Mitte des 19. Jahrhunderts die Technik, zusätzlich zum Dreiecksnetz eine Linie quer über den Berg abzustrecken.¹⁰ Dabei visieren sie im Gelände Punkte

an, die exakt über der imaginierten Tunnelachse liegen. Hat man die Linie zwischen den zwei Portalen vermessen, kann man deren Richtung in den Berg hinein übertragen, wie bereits beim Mont-Cenis-Tunnel um 1860. Für die Bestimmung der Tunnellänge, die man braucht, um die Dauer der Bohrarbeiten abzuschätzen, kommt man nicht ohne Triangulation aus, die bis zum Ende des 20. Jahrhunderts eine notwendige Vorarbeit für jedes Tunnelprojekt ist.

Nachweis der Richtigkeit von einem Portalpunkt in einer Linie über das Hindernis festzulegen und die Querabweichung beim gegenüberliegenden Portalpunkt zahlenmäßig auszuweisen. Das bedeutet abenteuerlichste Messungen eines gestreckten Polygonzugs zu dem jeweils entferntesten topographischen Punkt, der meist sehr schwierig zu erklettern ist, ganz abgesehen von der Aufstellung des Messinstruments über einer provisorischen Marke. Es wird jeweils der letzte Punkt angezielt und dann das Fernrohr durchgeschlagen und der nächste Punkt festgelegt. Ähnlich geht man auch dann im Berg vor. Später hat man Fluchtinstrumente mit vier Fußschrauben verwendet. Erst als die Instrumente genau genug sind, kommen die Polygonzüge auf. (Thomas Wunderlich)

¹⁰⁾ Absteckung der Tunnelachse über das Gebirge: Diese Messmethode ist kein Ersatz für die Triangulation, sondern dient der Prüfung der Richtigkeit von Messung und Berechnung des Dreiecksnetzes. Bis Mitte des 20. Jahrhunderts ist vorgeschrieben, die Achse zum



Abb. 10: J. Kriehuber,
Carl v. Ghega, Litho 1851



Abb. 11: Tunnelbau, Ghega Museum, Breitenstein



Abb. 12: Nivellier Stampfer¹¹ 1840 (Stw. Kremsmünster)



Abb. 13: Kippregel (Diottra a cannocchiale) Kern¹² 1835

2. Semmeringbahn 1854

1842 wird der Mathematiker und Ingenieur Carl(o) Ghega (1802–1860) zum Gesamtplanungsleiter der südlichen Staatseisenbahn ernannt und unternimmt eine Studienreise nach Großbritannien und Amerika. Die Erkenntnisse daraus fließen in die Planung und den Bau der Semmeringbahn und in zwei Publikationen ein, die Ghega neben Deutsch auch in Italienisch und Französisch veröffentlicht. 1849 wird Ghega Vorstand der Eisenbahnbausektion.

11) Nivellier-Instrument Messing, zaponiert, Tubuslänge 35 cm, Objektivdurchmesser 3 cm, „ $M = 18.09$ (bei dieser Stellung der Mikrometerschraube ist die Libelle parallel zur Umdrehungsebene der Alhidade). Es wird auf der vertikalen Skale der Teilstrich 18 eingestellt, während die Mikrometerscheibe auf 0 steht, und dann noch um 9 Teile (= 0.09) weiter gedreht. Um das Fadenkreuz deutlich zu sehen, wird bloß die vordere geschwärzte Glasfassung gedreht, wodurch der Abstand der Linse vom Faden, je nach der Beschaffenheit des Auges, sich ändert, ohne dass dabei das Diaphragma und die wichtige Korrektion der Fäden die geringste Störung erleidet; durch die feinere Einstellung der Oku-

Der kaiserliche Auftrag ergeht 1849: „Der Bahnbau über den Semmering ist fortzusetzen.“ Im selben Jahr wird die Scheitelstrecke in Angriff genommen. Ein großes Problem ist, dass die Trasse mit den damaligen Mitteln nicht in der notwendigen Präzision vermessen werden kann. Neue Instrumente und Vermessungstechniken müssen erst entwickelt werden, wie beispielsweise das in den 1830er-Jahren erfundene, „Stampfer'sche Nivellier-, Höhen- und Längenmessinstrument“ zur optischen Distanz- und Höhenmessung, das beim Bau der Semmeringbahn seinen ersten großen Einsatz findet. In den folgenden Jahrzehnten wird es zu einem der bedeutendsten Hilfsmittel in der Geodäsie. Schichtenpläne kommen erst nach und nach zum Einsatz.

larröhre mittelst des Triebwerkes lässt sich auch das Bild zur grössten Deutlichkeit bringen.“ (http://www.specula.at/adv/monat_0704.htm)

12) Ghega, Dell'ottante a diottra, 1833. Die Dioptra ist ein universelles geodätisches Instrument, das als früher Vorgänger des Theodolits angesehen werden kann.



Abb. 14: Semmeringbahn, Leipz.III.Ztg 1854, Hist. Museum Berlin



Abb. 15: Trassierung von Ghenga¹⁴ (Symbolbild)

Ghenga kann auf die von Pionieroffizieren Erzherzog Johanns 1836–1839 angefertigten und 1842 im Auftrag der k.k. Generaldirektion für Staatseisenbahnen ergänzten Niveau-Verhältnisse der Semmeringregion zurückgreifen und damit verschiedene Trassenvarianten ausarbeiten. Trotzdem sind „wiederholte mühsame Begehungen der Gegend“ erforderlich, da für Ghenga „das Feld der Operationen [...] in seiner gesamten Beschaffenheit praktisch kennen zu lernen“ die „erste nothwendige Aufgabe“ bedeutet.¹³

1.428 Meter lang ist der Haupttunnel in 898 m Höhe. Damals gelten Tunnelbauten mit nur geringer Gebirgsüberdeckung als beherrschbar. Als Ghenga mit der Trassierung beginnt, liegen Gegenprojekte vor. Eines führt in die Prein und will die Kampalpe in der Richtung Prein-Spital mit einem 5000 m langen Tunnel durchbrechen, was bei dem damaligen Stand der Bohrtechnik auf kaum zu bewältigende Schwierigkeiten gestoßen wäre. Ghenga lehnt längere Tunnel vor allem wegen der Bauzeit entschieden ab, daher sind die notwendigen Vermessungsarbeiten nicht so risikobeladen wie später beim Mont-Cenis- oder gar beim Gotthard-Tunnelprojekt. Dennoch ist das Unterfangen „ein mörderischer Bau“. Alle Umsicht kann Felsstürze mit Todesopfern nicht verhindern. Im Haupttunnel macht aus unzähligen Quellen eindringendes Wasser die Einhaltung der Pläne fast unmöglich. Fachleute zittern, ob die Arbeiten

unter dem enormen Gesteinsdruck durchführbar wären. Wie bei der Qanat-Bauweise in der Antike werden in regelmäßigen Abständen senkrechte oder schräge Schächte bis zur Tunnelachse hinabgetrieben.¹⁵

Die Arbeiten für die Errichtung des Haupttunnels werden am 5. Juni 1849 aufgenommen. Wegen seiner Länge werden sechs vertikale und drei schräge Schächte abgeteuft, um zur eigentlichen Tunnelachse zu gelangen. Von diesen Punkten ausgehend kann dann der Tunnelvortrieb in beide Richtungen begonnen werden. Gleichzeitig dienen die neun Schächte dem Abtransport des gesprengten Materials, der Versorgung der Tunnelbaustelle mit Frischluft und dem Abpumpen des eindringenden Bergwassers. Nach jahrelanger Tag- und Nachtarbeit gelingt der Durchbruch des Richtstollens am 12. Juni 1851 und in der Folge findet die Aufweitung und Ausmauerung sowie der Ausbau statt. Die erste belegte Fahrt durch den Tunnel erfolgt am 24. September 1853.¹⁶

Die unter der Leitung von Carl Ghenga zwischen 1848 und 1854 in einer Rekordzeit von nur sechs Jahren als vollspurige Bergbahn errichtete Semmeringbahn wird bereits bei Fertigstellung als Pionierleistung bewundert. Sie gilt aufgrund des Trassenverlaufs und der Länge als erste Hochgebirgsbahn der Welt und wird 1998 als weltweit erste Eisenbahnstrecke zum UNESCO-Weltkulturerbe erklärt. 1857 wird die Gesamtstrecke Wien-Triest, die „Erzherzog Johann-Bahn“, eröffnet. Die zwei schwierigen zu überwindenden Abschnitte,

13) Dinohobl Günter, Die Semmeringbahn, Eine Baugeschichte der ersten Hochgebirgsbahn der Welt, S 96 ff

14) [...] wie wichtig es ist, bei der Ausmittlung (Tracierung) einer Eisenbahnlinie auf dem Felde, die Neigungs- und Krümmungs-Verhältnisse der Bahn mit möglichster Rücksicht auf den Umfang der Leistungen der Locomotiven zu bestimmen. (Ghenga 1844)

15) Knittel Hartmut, Vermessung und Bau des Gotthardtunnels im 19. Jahrhundert, 2008, S 41

16) Dinohobl Günter, Die Semmeringbahn, Eine Baugeschichte der ersten Hochgebirgsbahn der Welt, S 94 f



Abb. 16: Carl v. Etzel, Brennerbahn-Erbauer

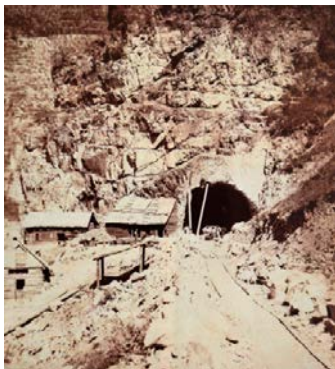


Abb. 17: Baubüros, Unterkünfte



Abb. 18: Schönberger Tunnel

Semmering und Karst, werden unter optimaler Ausnützung der geographischen Verhältnisse ohne großen Tunnel überquert. Die Trassierung im Laibacher Moor stellt Ghega vor größere Probleme als der Semmering. Der Talübergang Franzensdorf übertrifft die Dimensionen des Semmerings, ist aber nicht so spektakulär.

Die Dokumente zur Semmeringbahn gehören zu den frühesten technikhistorischen Schriften des Eisenbahnwesens. 164 Originalbelege zur Semmeringbahn aus dem historischen Museum der österreichischen Eisenbahnen (1886–1980) zeigen, dass die zwischen 1848 und 1854 gebaute Alpenbahn schon während ihrer Entstehung als Pionierleistung und international für künftige Bahnbauprojekte als richtungsweisend angesehen wird. Notizbücher der Ingenieure, Skizzen, Zeichnungen, Aquarelle, Lithografien und Stahlstiche zeugen von der Entwicklung einer Großbaustelle in der Bergwildnis sowie vom Bau der imposanten Viadukte und Tunnel mit den technischen Möglichkeiten der Zeit.¹⁷

Ghega wird mit Ehren überschüttet, der Kaiser erhebt ihn 1851 in den Adelsstand. Da der Staat aber nach und nach alle Bahnen abgestoßen hat, gibt es für Ghegas zentrale Baudirektion praktisch keine Kompetenz und keine Arbeit mehr. Man findet pro forma einen Ministerialratsposten für ihn und lässt ihn Pläne für das Siebenbürger Eisenbahnnetz machen. 1860 stirbt Ghega in Wien an Tuberkulose. Nie verheiratet, ist seine Arbeit zeitlebens seine einzige Liebe neben dem Vaterland, zu dem der Venezianer sich jederzeit bekennt: „Ich bin ein italienischer Österreicher.“

17) https://www.technischesmuseum.at/tmw-zine/semmeringbahn_eine_bahn_als_weltdokumentenerbe

3. Brennerbahn 1867

Während die Semmeringbahn mit ihren kunstvoll gestalteten Viadukten, Brücken und Tunneln als eine der schönsten Gebirgsbahnen der Welt gilt, muss der Erbauer der Brennerbahn Carl von Etzel (1812–1865) bei der Ästhetik mit dem Verzicht auf viele große Kunstbauten Abstriche machen. Dafür wird die Brennerbahn nur halb so teuer wie die Semmeringbahn.

Vermessung und Planung: Vorarbeiten, Vorwärtstasten, Varianten sonder Zahl, keine Kurve zu viel. Das Ingenieurteam folgt den Vorgaben und nimmt mit einem Trupp Zeichner ein halbes Jahr lang die mühseligen Vermessungen vor Ort vor, quer durch die Schluchten bei Patsch und Schönberg nördlich sowie bei Atzwang und Blumau südlich des Brenners. Zum ersten Mal in der Geschichte des Eisenbahnbaus werden gekrümmte Tunneln, sogenannte „Kehrtunnels“, konstruiert. Fast alles bei dem Projekt ist Handarbeit. Mit Schaufeln, Schubkarren und Schwarzpulver schufteten bis zu 20.000 Arbeiter auf der Großbaustelle. Noch vor der Vollendung der Bauarbeiten stirbt Carl von Etzel an den Folgen eines Schlaganfalls.¹⁸ Sein engster Mitarbeiter Achilles Thommen übernimmt die Leitung. Der Bau ist wegen der überwindenden Schwierigkeiten Vorbild für Erbauer späterer Gebirgsbahnen.

Aufgrund der günstigen Topologie kommt die Brennerbahn ohne große Tunnelbauten aus. Der erste längere Tunnel von 661,7 m, kurz nach Inns-

18) Am 2.5.1865 stirbt Carl v. Etzel in einem Eisenbahnwaggon in Kammelbach bei Ybbs an den Folgen des schweren Schlaganfalls vom 13.11.1864. Der Tod in einem Waggon ist nicht Ironie des Schicksals, sondern letzte Konsequenz seiner vielen Reisen, oft auf Bahnstrecken, die er geplant und gebaut hat.

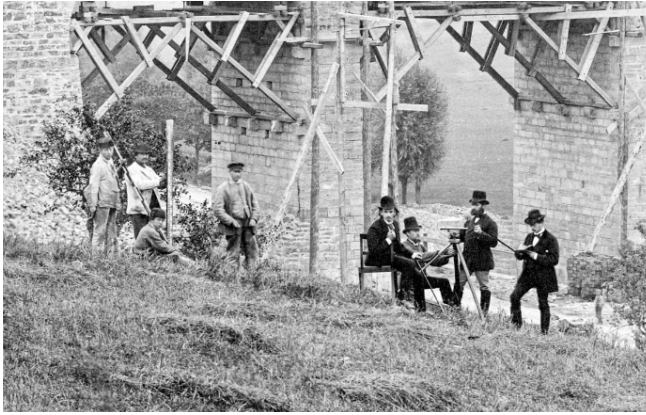


Abb. 19: Vermessung an der Eisenbahnbrücke



Abb. 20: Präzisionsnivellier Kern

bruck durch den Berg Isel, führt die Bahn ins Silltal. Der längste Tunnel der Bahn ist der 872 m lange Mühltaler Tunnel, unter dem der Mühltalbach in einem Tunnel quer durchgeführt ist. Sieben solche Bachtunnel werden zur Vermeidung kostspieliger und schwierig herzustellender Überbrückungen ausgeführt. Zwischen Patsch und Matrei wird der Sillfluß mit einem Tunnel von 102 m Länge unter der Bahn durchgeführt. Bei Stafflach fährt die Bahn in einer Schleife gegen Osten in das Schmirntal, wendet sich dann in dem 468 m langen St. Jodoker Kehrtunnel in das Valsertal, kehrt auf der südlichen Lehne des Schmirntals durch den 283 m langen Stafflachertunnel ins Silltal zurück bis zum Sillursprung auf der Höhe des Brennerpasses. Von da gelangt die Bahn ins Eisacktal und über Schellenberg nach Gossensaß, das um 176 m tiefer liegt.

Die Bahn erreicht Sterzing und überschreitet in gerader Linie das Sterzinger Moos. Am Sprechenstein wird beim Bau eine der ersten Rieseminen mit 1.500 kg Schwarzpulver zur Explosion gebracht.

1861 erhält der Eisenbahn-Ingenieur Julius Lott (1836–1883) von Carl von Etzel den Ruf zur Brennerbahn. Etzel überträgt ihm vorerst Projektierungsarbeiten und später die Bauausführung des Abschnitts Patsch–Matrei, den schwierigsten Teil der gesamten Strecke. Lott erledigt diese Aufgabe mit Bravour und macht sich damit einen Namen als Eisenbahntechniker. Nach dreieinhalb Jahren fährt am 24. August 1867 die Brennerbahn erstmals von Innsbruck nach Bozen. Die zunächst eingleisig geführte Strecke wird 1908 zweigleisig ausgebaut.

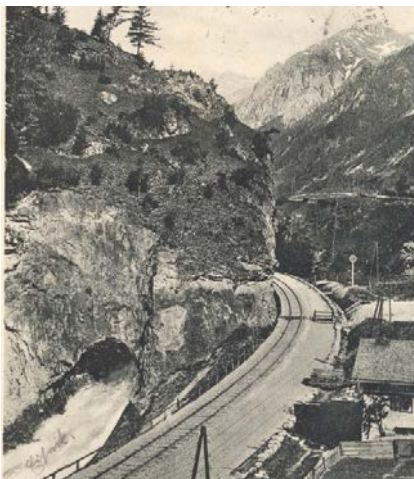


Abb. 21: Wassertunnel Gossensaß, 1907



Abb. 22: Sprengung Sprechensteinkofel, Jursitzka/Pawelka, C. v. Etzel, 2017

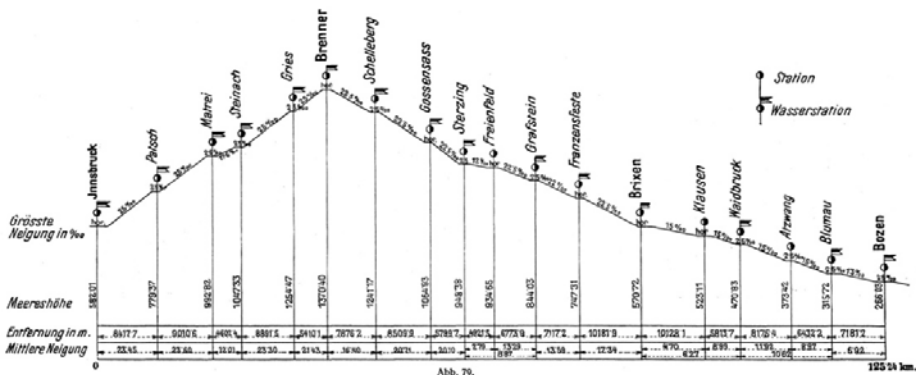


Abb. 23: Profil der Brennerbahn (Röll, Enzyklopädie des Eisenbahnwesens)



Abb. 24: Julius Lott 1880



Abb. 25: Denkmal in St. Anton



Abb. 26: Klimt, Lott auf dem Totenbett, 1883

Neben der Planung und Ausführung verschiedener Eisenbahnstrecken ist Lott auch Erbauer der Arlbergbahn, deren Fertigstellung er nicht mehr erlebt. Von schwerer Krankheit befallen, muss Julius Lott die Bauleitung der Arlbergbahn kurz vor der Fertigstellung an Johann Poschacher übergeben, der Lotts Werk erfolgreich zu Ende führt. Im Alter von nur 47 Jahren stirbt Julius Lott 1883 in Wien an Miliartuberkulose. Sein früher Tod führt zu dem Gerücht, Lott habe den Freitod gewählt, weil er befürchtet habe, dass die von Osten und Westen vorangetriebenen Richtstollen des Arlbertunnels nicht aufeinandertreffen würden. 1960 fordert der Bürgermeister von Bludenz das Unterrichtsministerium in Wien auf, die Lehrerschaft auf die unrichtige Behauptung über den Tod Lotts hinzuweisen. Auch der Bayerische Rundfunk strahlt 1960 die falsche Nachricht über den Suizid des Erbauers der Arlbergbahn aus und behauptet, dass Lott „wegen einer Liebesaffäre in St. Anton zum Zeitpunkt des Tunneldurchstichs vor seinen Arbeitern Suizid begangen“ hätte. Die widerlegte Behauptung findet sich noch 1983 im „Tirol-Lexikon“ von Gertrud Pfandler: „Beim Ein-

gang des 10,24 km langen Eisenbahntunnels steht ein Denkmal des Erbauers Julius Lott, der kurz vor der Fertigstellung des Tunnels Selbstmord verübt hat“. Nachforschungen des Verkehrsministeriums in Wien zeigen, dass alle Behauptungen über den Suizid Lotts frei erfunden sind, die Berechnungen für den Durchstich des Arlbertunnels richtig sind und kein Grund besteht, seine Planung anzuzweifeln.

1857 beginnt man im Ausland damit, ganz neue technische Maßstäbe zu setzen. Zwischen Frankreich und Italien wird die Errichtung des „Mont-Cenis-Tunnel“ (etwa 13 km) in Angriff genommen, 1871 wird dieser erste große Alpentunnel vollendet. Es stehen sich also zwei Konzepte gegenüber, Ausnutzung des vorhandenen Terrains ohne großen Tunnel oder Errichtung eines Groß-Tunnels. Angesichts des Fortschritts im Tunnelbau kommt es in der Folge zum Bau von Bahnen, welche keinesfalls überschießbare Gebiete durchqueren, die unterfahren werden müssen. 1881 wird der 15 km lange Gotthard-Tunnel eröffnet, 1884 gefolgt vom Arlberg-Tunnel. Bereits 1885 wird über die Errichtung eines Tauern-Tunnels gesprochen.

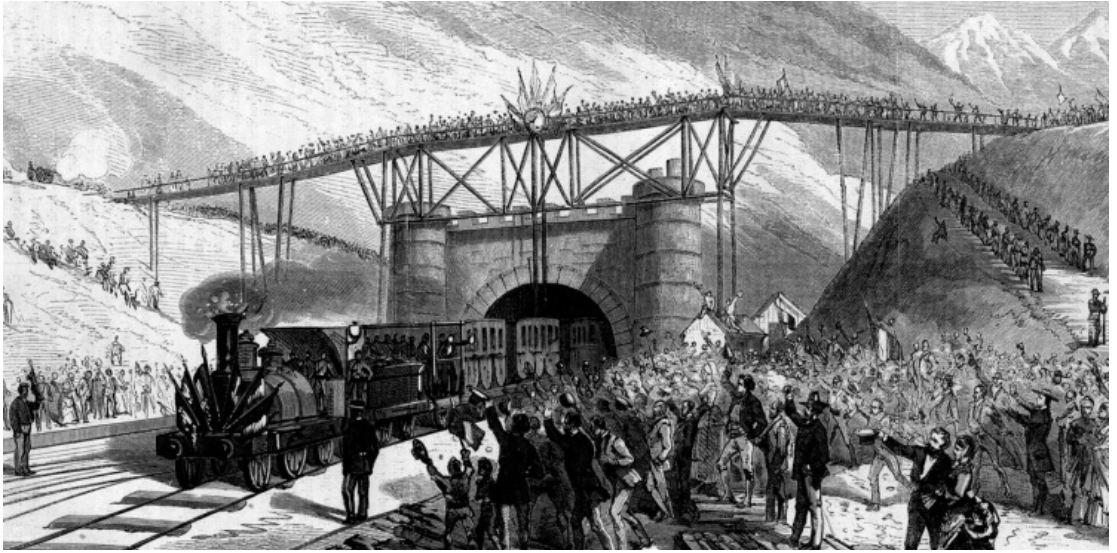


Abb. 27: Eröffnung des Mont-Cenis-Tunnels 1871

4. Mont-Cenis-Bahn 1868/71

Die Mont-Cenis-Bahn ist eine von 1868 bis 1871 betriebene internationale Eisenbahnstrecke an der Grenze zwischen Frankreich und Italien über den 2081 Meter hohen Mont-Cenis-Pass zwischen Modane und Susa. Ziel ist es, eine Verbindung von Großbritannien über die Mittelmeerhäfen zum Suezkanal in Richtung der britischen Kolonie Indien zu schaffen.



Abb. 28: Germano Sommeiller

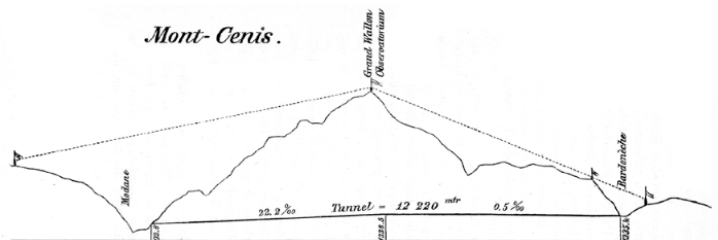


Abb. 29: Profil des Mont-Cenis-Tunnels

Viktor Emanuel II. von Sardinien-Piemont auf italienischer Seite zeitgleich die ersten Sprengungen auslösen, baut die private Bahngesellschaft Ferrovia del Moncenisio 1865 eine Bahnstrecke über den Pass. Man nimmt an, dass sich die

Obwohl bereits 1857¹⁹ die Arbeiten am Eisenbahntunnel unter dem Mont Cenis in Angriff genommen werden, als Kaiser Napoleon III. auf französischer und König

Strecke während der Tunnelbauzeit von 25 Jahren amortisiert. Die Arbeiten, die zu Beginn mit den damals üblichen Handwerkzeugen ausgeführt werden, gehen anfangs sehr langsam voran. Unter Beibehaltung des Bautempos von 1857 bis 1860 hätte die Fertigstellung 40 bis 50 Jahre gedauert.

Der den Tunnelbau leitende Ingenieur Germain Sommeiller²⁰ (1815–1871) erfindet jedoch 1857 pneumatische

19) Ce fut Joseph François Medail (1784–1844) qui donna le premier l'idée du tunnel ferroviare du Fréjus (première appellation: tunnel du Mont-Cenis). Cet ouvrage gigantesque (1857–1870) devait relier les deux parties du Piémont de part et d'autre des Alpes (la Savoie et la province du Piémont d'aujourd'hui).

20) Germain (Germano) Sommeiller, italienischer Bauingenieur aus Savoyen, leitete den Bau des Fréjus-Eisenbahntunnels zwischen Frankreich und Italien, auch bekannt als Mont-Cenis-Tunnel.

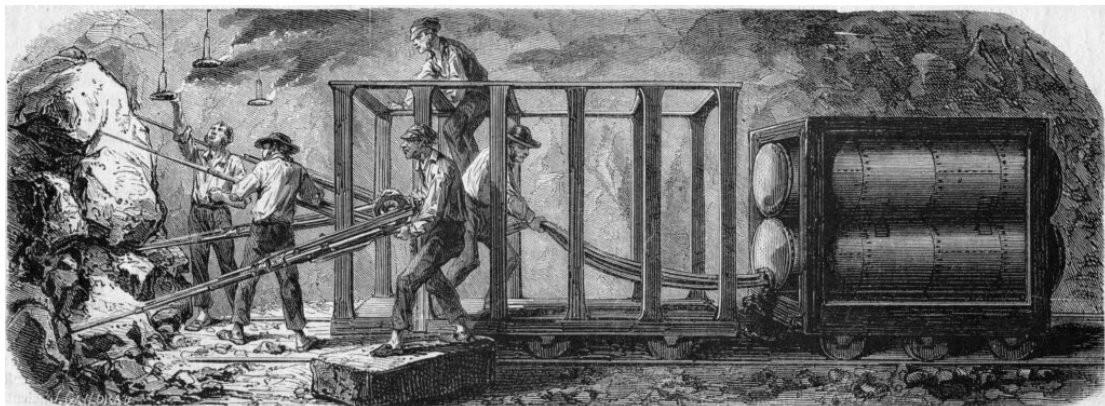


Abb. 30: Pneumatische Bohrhämmer Sommeiller

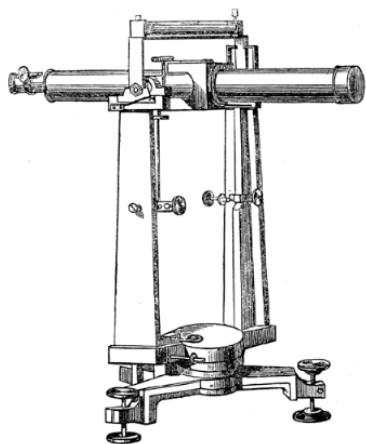


Abb. 31: Passageinstrument für Fluchtungen beim Bau des Mont-Cenis-Bahntunnels, 1858



Abb. 32: Ehemaliges Nordportal des Mont-Cenis-Tunnels

Bohrhämmer²¹ und setzt sie ab 1861 ein. Zusammen mit der elektrischen Zündung der Sprengladungen wird die Baugeschwindigkeit verdreifacht und die Bauzeit auf 14 Jahre verkürzt.

Im August 1857 beginnen die Absteckungsarbeiten für den Mont-Cenis-Bahntunnel, die die Verbindungsgerade zwischen den in Aussicht genommenen Stollenmundlöchern festlegen. Danach können die Punkte für die Errichtung der Observatorien auf beiden Seiten des Tunnels und auf dem höchsten Punkt, dem Grand Vallon, bestimmt werden. Auch ein Nivellement zur Bestimmung des Höhenunterschieds der beiden

Mundlöcher wird noch im gleichen Jahr durchgeführt, sodass mit den vorbereitenden Bauarbeiten begonnen werden kann. Im Juli 1858 wird die bisher provisorisch festgelegte Tunnelrichtung durch drei Punkte definitiv markiert und auf dem Grand Vallon ein Observatorium errichtet, das mit einem größeren Theodolit ausgestattet wird. Mithilfe dieses Instruments kann ein etwa 9 km entfernter südlich gelegener Punkt eingefluchtet werden. Dieser Vorgang wird mehrfach von verschiedenen Beobachtern wiederholt, sodass der Punkt mit hoher Wahrscheinlichkeit in der gedachten Vertikalebene der Tunnelachse liegt. Weitere Zwischenpunkte und die beiden Beobachtungspunkte gegenüber den Tunnelportalen werden endgültig festgelegt. Durch ein direktes Nivellement werden die Höhenunterschiede der beiden Punkte

21) König, W. (Hrsg.): Propyläen Technikgeschichte, Bd. 2 „Mechanisierung und Maschinisierung“, Berlin 1997: 1857 Erfindung des Preßluftgesteinsbohrers von Sommeiller für die gegenläufigen Vortriebe des damals weltlängsten Tunnels von 13 km durch den Mont Cenis.



Abb. 33: Favres Tod im Tunnel, 1879

exakt bestimmt. Die Länge des Tunnels muss indirekt durch Triangulation über 86 Dreiecke mit den Hauptpunkten der Absteckung und einer Basis von 8,7 km ermittelt werden. Geflüchtet wird mit dem dargestellten Passageinstrument (Abbildung 31), das Otto Gelpke später für den Gotthardtunnel übernimmt. Das Gelingen eines Durchschlags hängt nicht allein von der Güte der Triangulierung ab, sondern auch von der bei der Absteckung der ermittelten Richtung der Tunnelachse geübten Sorgfalt, also von der bei deren Übertragung und Weiterführung in das Stolleninnere eingehaltenen Genauigkeit.²²

Der Durchbruch erfolgt Ende 1870 und 1871 wird der Tunnel offiziell eröffnet. Die Länge des zweigleisigen Tunnels beträgt in der Geraden (samt den zwei aus Vermessungsgründen ausgeführten Richtungstunneln) 12.219 Meter. Die eigentliche Tunnellänge mit den in Kurven liegenden, beidseitigen Ausgängen erreicht 12.819,6 Meter. Der Tunnel gilt als technisches Meisterwerk und ist bis zur Eröffnung des Gotthardtunnels 1882 der längste Tunnel der Erde.

5. Gotthardbahn 1882

Vergleichbar mit dem Semmering fordert Pasquale Lucchini aus Lugano um 1850 noch eine Alpenbahn von Göschenen nach Airolo über den Gotthardpass, ein Tunnel ist nicht vorgesehen. 1865 fällt jedoch die Entscheidung für den (alten) Gotthardtunnel als Scheiteltunnel unter den Gipfeln des Gotthardmassivs in Nord-Süd-Richtung, das zentrale Bauwerk der Schweizer Gotthardbahn. Der rund 15.000 Meter lange Eisenbahntunnel besteht aus einer einzelnen, doppelgleisig ausgebauten Tunnelröhre zwischen Göschenen



Abb. 34: Durchschlag des Gotthardtunnels, 1882

im Kanton Uri und Airolo im Kanton Tessin. Der Tunnel wird um 1880 auf einer Höhe von 1.150 m über dem Meer gebohrt und gesprengt.

Der Bauunternehmer Louis Favre (1826–1879) übernimmt die ersten Bohrmaschinen Typ Sommeiller vom Mont-Cenis-Tunnel. Dazu erprobt er die wichtigsten Schlagbohrmaschinen vor Ort. Die Werkstattchefs in Airolo und Göschenen entwickeln die Maschinen weiter. Sie sollen weniger reparaturanfällig und mit einem automatischen Vortrieb versehen sein. Es wird ein signifikanter Fortschritt erzielt: Zu Beginn müssen pro Tag drei Maschinen ausgewechselt werden, gegen Ende des Baus nur noch eine Maschine alle drei Tage. Die Abluft der pneumatischen Schlagbohrmaschinen dient gleichzeitig der besseren Belüftung des Tunnels. Je sechs Bohrmaschinen sind auf Lafetten montiert. Mit den Maschinen werden zirka einen Meter tiefe Löcher gebohrt, die anschließend mit Dynamit, erfunden 1866 vom schwedischen Chemiker Alfred Nobel, gefüllt und gesprengt werden.

Am 19. Juli 1879 befällt Favre bei einer Besichtigung im Tunnel bei Kilometer 3 ein Unwohlsein und er stirbt wenige Minuten später im Alter von 53 Jahren an Herzversagen. Technischer Gesamtleiter wird ab 1879 Ernest von Stockalper. Obwohl Favre den Durchstich nicht mehr erlebt, soll ihm die Ehre zu Teil werden, als erster den Tunnel zu „durchqueren“. Am 24. Dezember 1879 hören Arbeiter des nördlichen Bautrupps zum ersten Mal den Sprenglärm im Süden. Nach weiteren 422 m durchdringt am 28. Februar 1880 ein Bohrer von Süden her die Felswand. Durch dieses Loch reichen die Arbeiter ihren Kollegen auf der Nordseite eine Blechdose mit dem Bild Favres mit den Worten: „Wer wäre würdiger gewesen, als Erster die

22) Wellisch Siegmund, Über Tunnelabsteckungen, ÖZ 1905, S 221



Abb. 35: Otto Gelpke



Abb. 36: Tunnelportal bei Göschenen um 1889



Abb. 37: Carl Koppe

Abb. 38: Großes Passageinstrument Kern von Koppe (Sammlung Kern, Stadtmuseum Aarau)²⁴

Schwelle zu überschreiten, als Favre, der seinen Mitarbeitern Meister, Freund und Vater gewesen ist? Es lebe der Gotthard!“

Am 29. Februar 1880 erfolgt nach sieben Jahren und fünf Monaten der eigentliche Durchstich. Die Abweichungen betragen seitlich nur 33 Zentimeter und 5 Zentimeter in der Höhe, eine Meisterleistung der damaligen Ingenieur- und Vermessungstechnik. Das Ereignis wird in den europäischen Medien gefeiert, der mit 15 Kilometern damals längste Tunnel der Welt ist durchstoßen. In der Schweiz, in Europa und auch in Übersee lobt man nicht nur die Baumeister, sondern auch Gelpke und Koppe für die geleisteten vermessungstechnischen Arbeiten, die angewandten Messverfahren

ren und mathematischen Ausgleichsmethoden. „Man kann heute sagen, dass die ganze Presse des Kontinents dem Gotthardwerk ihre Huldigung darbringt und den Tribut aufrichtiger Anerkennung zollt.“²³

Die Vermessung ist besonders bei sehr langen Tunnelbauten enorm wichtig. Beim Gotthard sieht Louis Favre eine kurze Bauzeit vor, die er dadurch erreichen will, dass von beiden Seiten gleichzeitig gebaut wird, wobei man sich in der Mitte treffen muss. Keine leichte Aufgabe für die Ingenieure, die dabei die Richtung vorgeben. Die Vermessung der gesamten Strecke erfolgt von 1869 bis 1874. Dabei werden von der Gotthardbahn Geländeaufnahmen in den Maßstäben 1:1.000 und 1:500 gefordert. Bei der Planung des Gotthardbahntunnels werden zwei voneinander unabhängige Triangulationen vorgenommen, die erste vom Schweizer Otto Gelpke (1840–1895), die zweite vom Deutschen Carl Koppe (1844–1910). Diese nehmen jeweils gut ein Jahr in Anspruch.

23) Knittel Hartmut, Vermessung und Bau des Gotthardtunnels im 19. Jh., 2008, S 47; Landbote Zürich, 4.3.1880.

24) Großes Passageinstrument aus der Mont-Cenis-Tunnelabsteckung, umgearbeitet von J. Kern, Aarau, durchschlagbares Fernrohr, 60 cm Brennweite (Brunner'sches Fabrikat), 6 cm Öffnung, 50-fache Vergrößerung (nach Gelpke 36-fach), ein Horizontal- und ein Doppelvertikalfaden, mehrere Parallelfäden für Beobachtung von Sterndurchgängen, Okulartrieb, kleine Lineallibelle, eine große sehr empfindliche Reiterlibelle für feine Horizontalstellung der Fernrohrachse, Brems- und Mikrometervorrichtungen, Klemmen und Mikrometer, „kleiner Horizontal- und Verticaltheilkreis mit Noniusablesung auf 1 Minute zum raschen und sichern Einstellen der Marke bei Nacht.“ (Koppe 1880, S. 45), Kerzenhalter für seitliche Beleuchtung des Fadenkreuzes durch die durchbohrte horizontale Umdrehungsachse. Heinz Aeschlimann 1990, aktualisiert Beat Sievers, 12.4.2023.



Abb. 39: Vermesser am Gotthardtunnel (Ebner 2006)

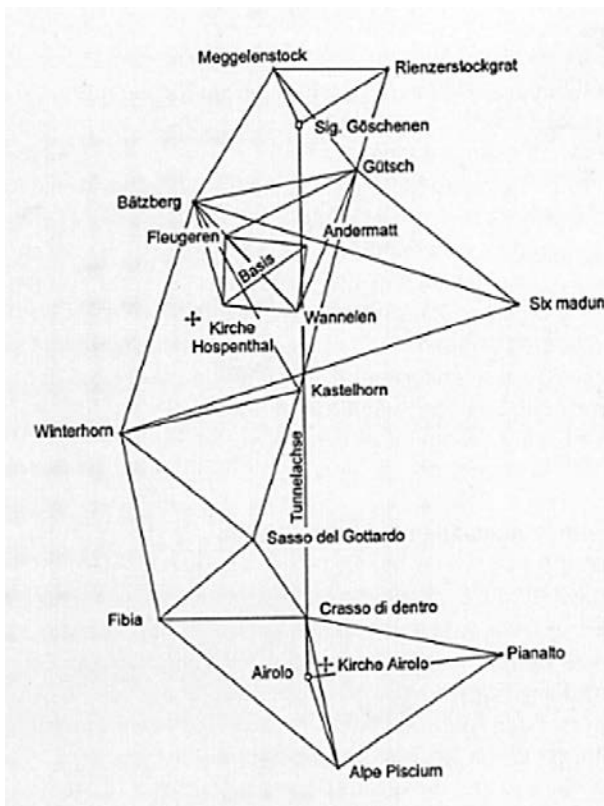


Abb. 40: Triangulationsnetz Gelpke 1871

Die doppelte Vermessung wird durchgeführt, um absolute Sicherheit über das Zusammentreffen der beiden Richtstollen zu erhalten, da bislang noch kein Tunnel dieser Länge ohne direkte Absteckung gebaut worden ist.²⁵ Von der Gotthardbahn wird dazu mit der Eidgenössischen geodätischen Kommission eine staatliche Stelle beauftragt. Diese kann teilweise auf bereits vorhandene Punkte zurückgreifen. Die Vermessung der Strecke gelingt dadurch in rekordverdächtigter Geschwindigkeit. Koppe ist von 1869 bis 1875 für die Vermessung der Gotthardbahn verantwortlich und führt auch eine barometrische Höhenmessung durch, wofür er große Bewunderung erhält.²⁶

Für die Vermessung verwendet man u.a. Theodolite der Firmen Kern & Co, Aarau, Ertel & Sohn, München und Gustav Starke, Wien.²⁷

25) Während der Mont-Cenis-Bahntunnel trotz einer Länge von mehr als 12 km noch direkt abgesteckt werden kann, ist dies für den Gotthard-Bahntunnel wegen der Topographie nicht möglich.

26) Carl Koppe ist einer der größten Förderer der Aneroidbarometer nach Jakob Goldschmid.

27) Sievers Beat, Vermessung der Gotthardbahntunnel, GGGS Arbeitsgruppe Tunnelvermessung, S 52 ff



Abb. 41: 8" „Gotthard-Theodolit“ Kern, 1874, von Koppe (swisstopo Bild 9287, 2013)²⁸



Abb. 42: 15" Universaltheodolit²⁹ Ertel & Sohn, 1863³⁰



Abb. 43: 9" Theodolit Starke, 1837, von Gelpke (swisstopo Bild 5490, 2012)³¹

Die von Jakob Kern 1817 gegründete Firma ist bekannt für besonders präzise arbeitende Geräte.³² In der großen Zeit des Schweizer Bahnbaus ist es von Vorteil, wenn man auf Geräte der Aarauer Firma zurückgreifen kann. Da die beschwerlichen Aufstiege immer wieder zu Schäden an den Theo-

doliten führen, entsendet die Firma Spezialisten zur Baustelle, die defekte Geräte instandsetzen und so die schnelle Durchführung der Vermessung ermöglichen.

Für die Wahl eines örtlichen Netzes als Voraussetzung für die exakte Absteckung der Achse des Haupttunnels spricht auch die damalige Genauigkeit der Vermessungsinstrumente wie der Theodoliten oder der Nivellierinstrumente und der Längenmessgeräte wie Stahlbänder und Holzlatten. Außerdem macht dem Vermessungstrupp die schlechte Luftqualität im Tunnel zu schaffen. Nicht nur die Lungenbelastung für die Menschen ist enorm hoch, sondern der Staub der Baustelle legt sich auch auf Optik und Feinmechanik der Vermessungsinstrumente. Somit gibt es Ungenauigkeiten bezogen auf die exakte Erdgestalt in der Gotthard-Region und andererseits wegen der präzisionsmechanischen Ungenauigkeit der Vermessungsinstrumente, insbesondere der Längenmessgeräte.³³ Das Netz besteht aus möglichst gleichseitigen Dreiecken, umfasst die beiden Achssignale Göschenen und Airolo, die Anschlussignale und Triangulationspunkte auf den umliegenden Gipfeln. Eine genaue Winkelmessung wird durch eine hohe Anzahl von Repetitionen (meistens 24) ermöglicht. Zwei Signale dienen zum Anschluss der Basisstrecke an das Netz. Zur Bestimmung der Tunnellänge wird 1869

28) „Gotthard, auch Gelpke-Theodolit“, 8", 1874–1878 Triangulation, Horizontalwinkelmessungen, Trigonometrische Höhenmessung, Bestimmung der Tunnelachse, Gotthardgebiet Koppe, SGK bis 1879, bis 1895 Gelpke, 22 cm Limbus 10', 4 Nonien 10", 16,5 cm Vertikalkreis 10', 4 Nonien 10", Sexagesimal-Teilung, Fernrohr Kern (alter Typ) 32 cm lang, Öffnung 3,4 cm, Achslibellen 20", Kollimationslibelle (1904). 1874–1879 Gotthardbahn, 1880 Eidg. Topographisches Büro. 1893 von J. Kern repariert. Lukas Gerber, 5.6.2023.

29) Beim Universal-Theodolit ist das Fernrohr zweiachsig gelagert.

30) Kompensationstheodolit, 15", 1863, Universal Horizontalkreis 40 cm, Universal Vertikalkreis 26 cm. Triangulation, 1867–1872 Prof. Plantamour, dann ca. 1872 von Koppe für die Azimut-Absteckung des Gotthardtunnels „Göschenen-Airolo“, anschließend Übungsinstrument in der Eidgenössischen Sternwarte Zürich, 1947 Landestopografie Bern. Lukas Gerber, 5.6.2023.

31) Theodolit, 9" (23 cm), ein Fernrohr, ein Horizontalkreis, von Oberst Quartiermeister Dufour 1837 in Wien bestellt. 1837–1877 für Triangulation, insb. Gotthard Vermessungen der Vermessungsbeamten Eschmann, Mohr u.a. 1837–1865, 1876/1877 von Kern neu geteilt. Hist. Instrumentensammlung swisstopo (Inventar Nr. 1012) in der Sammlung des historischen Materials der Schweizer Armee (HAM), Lukas Gerber, 5.6.2023, vgl. auch <https://emuseum.gggg.ch/eexpo-lv/mile-LV1840.html>.

32) Die Produktion von Vermessungsinstrumenten wird in Aarau 1991 eingestellt.

33) Knittel Hartmut, Vermessung und Bau des Gotthardtunnels im 19. Jh., 2008, S 43, 47

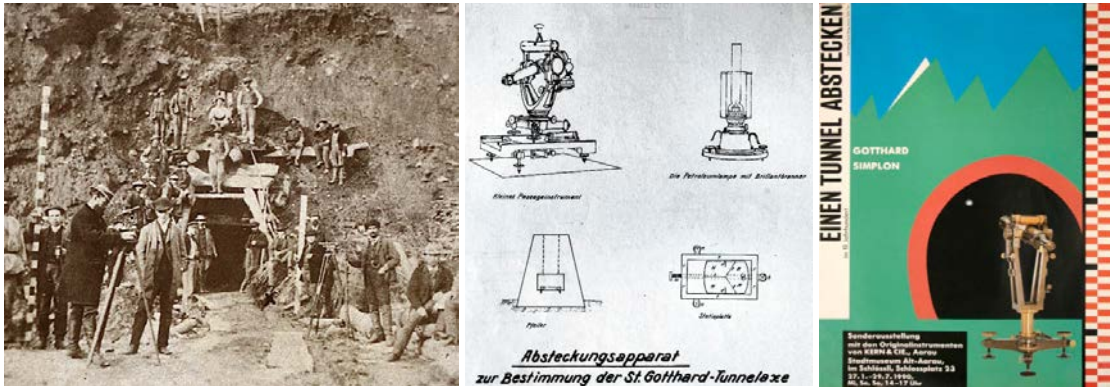


Abb. 44–46: Absteckung Gotthardtunnel um 1872 (Bildarchiv ETH-Bibliothek, Stadtmuseum Aarau)

eine provisorische Basismessung mittels Metallband durchgeführt, wobei eine Basislänge von 1.450,44 m ermittelt wird.

Die am 28.02.1880 in Göschenen eintreffende Meldung „Messieurs, la sonde a passé!“ und die am nächsten Tag erfolgte Sprengung der letzten Wand werden weltweit als Jahrhundertereignis gefeiert. Auch Gelpke und Koppe werden für den geringen Durchschlagsfehler („quasi Null“) als Helden gefeiert. Jedoch ist deren Freude getrübt. Der Durchschlagsfehler ist für sie wesentlich größer als erwartet (entspreche ca. 4,4" Fehler bei den beiden Achspunkten). Gelpke vermutet einen Fehler bei der Übertragung der Achsrichtungen in den Tunnel. Die mit Verbindungsmessungen zwischen den beiden Netzen berechneten Abweichungen der Absteckungsrichtungen betragen 0,15 mgon für Göschenen und 0,22 mgon für Airolo. Nach dem Durchschlag ergibt eine Kontrollmessung der Tunnellänge 14.892,4 m mit einer Seitenabweichung von 0,49 m. Im Gegensatz zur Längenabweichung wird der Seitenfehlleistung nur geringe Bedeutung beigemessen.³⁴ Die Tunnellänge ist um 7,6 m kürzer als das Resultat der Triangulation von Gelpke auf der Basis von Andermatt. Die Fehlerursache dürfte systematischer Natur sein: Bei der Basismessung wird es zu Ungenauigkeiten gekommen sein und die Längenmessungen im Tunnel dürften wegen der dortigen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen nicht genau genug gewesen sein. Seit 1887 beträgt die offizielle Tunnellänge 14.997,89 m.

6. Tauernbahn 1909

1901 wird der österreichische Ingenieur Karl Wurmb (1850–1907) im 1896 neu gegründeten k.k. Eisenbahnministerium zum Sektionschef und Eisenbahnbaudirektor befördert.



Abb. 47: Denkmal für Karl Wurmb in der Salzburger Schwarzstraße (Johann Rathausky 2021)

34) Querfehler: Der schlimmste Fehlereinfluss lauert bei der Vortriebsmessung durch die Lateralrefraktion. Hilfreich ist Messung in der Tunnelachse.



Abb. 48: Tauernbahn Eröffnung 1909, Das interessante Blatt, 15. Juli 1909, S 4

Die großen Alpentransversalen (Semmering, Brenner, Mont Cenis, Gotthard) sind fertiggestellt und decken die gesamte Alpenkette von Ost nach West ab. Italien ist endlich mit Europa verbunden!

Der Schwerpunkt der Tätigkeit von Wurmb ist die Ausarbeitung des Gesetzentwurfes zum Bau der westlichen Alpentransversale („Neue Alpenbahnen“) nach Triest.³⁵ Das Projekt, auch als „Österreichische Alpenbahnen“ bezeichnet, sieht folgende Strecken vor:

- Die Pyhrnbahn inklusive Bosrucktunnel
- Die Karawankenbahn mit dem Karawankentunnel und Anschlussstrecken
- Die Wocheiner Bahn
- Die Karstbahn von Görz nach Triest
- Die Tauernbahn mit dem Tauerntunnel

Weitere Linien werden geschaffen, um Umwege zu vermeiden und Ausweichmöglichkeiten zu haben. Die Tauernbahn mit dem Scheiteltunnel fällt als dritte Alpentransversale in Österreich in diese Kategorie.

35) Reichsgesetzblatt für die im Reichsrath vertretenen Königreiche und Länder, RGBl.1901/63.



Abb. 49: Karte der Tauernbahn, Victor v. Röhl: Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd. 9. Berlin-Wien 1921

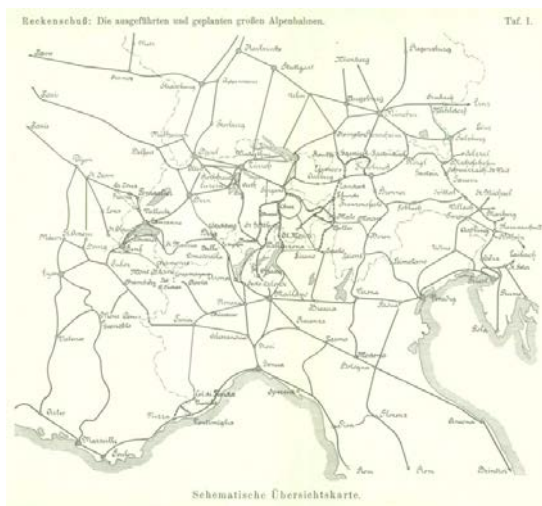


Abb. 50: Reckenschuß, Die ausgeführten und geplanten großen Alpenbahnen



Abb. 51: Mikroskop-Theodolit Tichy-Rost 1904



Abb. 52: Gewölbeausmauerung



Abb. 53: Tauerntunnel Nordportal

Neben den angeführten langen Tunneln ist eine Vielzahl weiterer Tunnel, Viadukte und anderer Brückenbauwerke in alpinem Gelände unter schwierigen geologischen Bedingungen zu errichten. Unvorhersehbare Zwischenfälle führen zu hohen Kostenüberschreitungen. Das Versiegen von Quellen und Bächen, die zur Versorgung mit Wasserkraft vorgesehen sind, Wassereinbrüche auf Tunnelbaustellen und geologische Widrigkeiten wie Felsstürze und Erdbeben, erschweren die Bauarbeiten an zahlreichen Stellen und machen umfangreiche bauliche Maßnahmen notwendig.

Im Juni 1901 beginnen kurz vor dem ersten Spatenstich Bestimmung, Absteckung und Signalisierung der Tunnelgeraden unter Einbeziehung der provisorischen Triangulierung von 1884. Die definitive Bestimmung des Höhenunterschieds zwischen den beiden Tunnelportalen erfolgt durch ein hochgenaues geometrisches Nivellement. Ein Mikroskop-Theodolit³⁶ der Firma Rudolf & August

Rost, Wien, nach k.k. Staatsbahnoberinspektor Anton Tichy findet bei den Vermessungsarbeiten für den Durchbruch des Tauerntunnels Verwendung. Tichy bestimmt damit Richtung und Länge des Tunnels durch eine neue Triangulation³⁷ und ein Nivellement zwischen Böckstein und Mallnitz über den Mallnitzer Tauern.³⁸

Dr.-Ing. Karl Imhof (1873–1944), seit 1902 Bauführer der Nordrampe des 8.371 m langen Tauerntunnels, wird auch an der Südrampe zum stellvertretenden Vorstand für die Tunnelbauleitung berufen. Ihm ist der Großteil des Bauerfolges zuzuschreiben. Von der Gasteiner Seite werden 6.164 m und von Mallnitz aus 2.386 m des Tauerntunnels 1901–1906 in maschineller Bohrung durch den Alpenhauptkamm (Scheitelhöhe 1.226 m) vorgetrieben und eine Menge von 1,6 Millionen m³ härtesten Granits ausgebrochen. Am 21.7.1907 erfolgt nach 6-jähriger Arbeit der Stollendurchbruch.

Für lange Tunnel muss bei der Höhenbestimmung unbedingt die orthometrische Korrektur beachtet werden, was gravimetrische Schweremessungen bei Präzisionsnivellement unentbehrlich macht. Insofern hat Österreich mit dem Präzisionsnivellement Böckstein-Mallnitz (über das Gebirge und später durch den Eisenbahntunnel) unbezahlbare Erfahrungswerte, wie sonst nur die Schweiz mit den geometrischen und astronomi-

36) Theodolit mit Mikroskopablesung, 1904 (nach dem Muster Gotthardtheodolit Kern), für trigonometrische Längenbestimmungen geodätischer Grundlinien, lange senkrechte Stahlachse, drehbar gelagert in Stahlbuchse wegen Standfestigkeit und Genauigkeit. Zum Schutz gegen die Witterung Horizontalkreis nicht mit Kappe abgedeckt, sondern staub- und wasserdicht eingekapselt. Grundriß der Magnesiumkappe ist ein Zehneck. Auch die mit Achat gefütterten Ypsilonlager der Kippachse des Fernrohrs sind staub- und wasserdicht eingeschlossen. Horizontalkreis mit zwei Teilungen: eine von 10 zu 10 Grad bezifferte, mit freiem Auge ablesbare Teilung in ganze Grade und eine nicht bezifferte, mikroskopisch feine Gradteilung aus 360 Gradstrichen. Zur Ablesung der Bruchteile eines Grades Mikrometerschraube 0,5 mm Ganghöhe mit 100teiler Trommel. Ein Teilstrich ergibt einen Winkelwert von 0,002 Grad, die Ablesung beider gegenüberliegenden Mikroskope 0,001 Grad gleich 3,6" und somit bei Zehntelschätzung 0,36". Sammellinse zur Beleuchtung der Teilung (Tichy,

Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- und Architektenvereins 1909, S 41 ff).

37) Tichy Anton, Ration. Vorgänge d.Absteckung bedeutend langer Eisenbahntunnels, Z.d.Ö.Ing.A.-V.1914, S 720.

38) Schlögl Michaela, Rudolf & August Rost 1888–1988, Festschrift, Wien 1988, S 39; Oesterr. Allg. Bauztg. 1912.

schen Nivellements über den Gotthard-Pass. Die Höhere Geodäsie ist für die Ingenieurgeodäsie bei langen Tunnelprojekten zwingend, was leider manchmal aus Kostengründen vernachlässigt wird. Eine genaue Bestimmung des Geoids ist dabei das Wichtigste.³⁹

Mutschlechner schreibt: „Am 24. Juni 1901 erfolgt im Anlauff der Spatenstich für den Tauern-tunnel. In sechsjähriger Bauzeit haben sich im Juli 1907 die beiden Vortriebe so weit genähert, dass man im Nordteil des Tunnels den Lärm des südlichen Vortriebes wahrnehmen kann. Die Geräusche scheinen aber von der Seite zu kommen, als arbeitete man aneinander vorbei. Sollte ein Vermessungsfehler schuld gewesen sein? Der Erbauer der Tauernbahn, Dr.-Ing. Karl Wurmb, Sektionschef im Eisenbahnministerium, der 17 Jahre an der Verwirklichung des Projektes gearbeitet hat und die Bauausführung leitet, bricht unter der Last der übergroßen Verantwortung zusammen und scheidet freiwillig aus dem Leben. Am 21. Juli 1907 fährt der Bohrer der Südbaustelle ins Leere. Der Durchbruch ist an der richtigen Stelle gelungen. Die Vermessung hat gestimmt. Alle Vermutungen und Befürchtungen sind unbegründet gewesen. Für den Erbauer ist es jetzt freilich zu spät. Darin liegt die Tragik des Mannes, der dieses Meisterwerk moderner Technik schuf.“⁴⁰

Tatsächlich verstirbt Karl Wurmb bereits am 30.1.1907 an den Folgen einer Lungenentzündung.⁴¹

1909 zeigt das k.k. Eisenbahnministerium am Bahnhof Salzburg in einer Spezial-Ausstellung zur Eröffnung der Tauernbahn, der wichtigsten Strecke der 2. Eisenbahnverbindung mit Triest, geodätische Instrumente, die beim Bau der Alpenbahnen, insbesondere bei der Absteckung der langen Tunnels eingesetzt worden sind.⁴²

7. Zusammenfassung und Ausblick

Vermessungsmethoden müssen so ausgewählt und angewandt werden, dass sie den Zweck des zu errichtenden Bauwerks ermöglichen. Dank des technischen Fortschritts im Instrumentenbau und der Weiterentwicklung der geodätischen Theorie

können im Lauf der Jahrhunderte immer kühnere Tunnelprojekte realisiert werden. Nach einfachen Wasserleitungs- und Straßentunnels in der Antike, deren Vortriebsarbeiten nach Versuch und Irrtum im stumpfen Winkel oder durch Sicherungsbögen aufeinandertreffen, bringen in der Neuzeit verbesserte Instrumente und Methoden wie die Triangulierung wichtige Fortschritte. In der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts kommen zu den Schwierigkeiten des Strecken- und Tunnelbaus im Hochgebirge noch Ungenauigkeiten der Vermessung hinzu. Ingenieurskunst und Spezialinstrumente mit bisher unerreichter Präzision erlauben Tunnel mit über 10 km Länge auch im unwegsamen Gelände der Alpen.⁴³ Eisenbahningenieure und Vermesser leisten dabei einen hohen persönlichen Einsatz, der ihr Leben verkürzt, auch wenn sie eher an Lungenkrankheiten durch die ungesunde Atmosphäre im Tunnel sterben als durch Selbstmord wegen der Belastung durch das manchmal ungewisse Ergebnis ihrer Arbeit, wie zuweilen vermutet wird.⁴⁴

Neue Hochgeschwindigkeitsstrecken durch die Alpen stellen hohe Anforderungen an die Präzision der Bauwerke. Zuverlässige und hochgenaue Vermessungsverfahren garantieren die notwendige millimetergenaue Absteckung. Die Gotthard-Triangulierungen 1869 und 1874 nehmen noch über ein Jahr in Anspruch. Für die NEAT (Neue Eisenbahn-Alpentransversale) erfolgt in den 1970er Jahren eine Triangulation, die zwei Monate dauert. Viel schneller lässt sich die Tunnelstrecke mit GPS vermessen: zwei Tage braucht man 1995. Die Genauigkeit lässt sich mit GPS nur unwesentlich steigern, auf 1 cm statt 2–4 cm Abweichung.

Problematisch ist, dass sich Messungenauigkeiten mit wachsender Entfernung vom Tunnelleingang aufsummieren. Spätestens nach ein paar Kilometern treten im messtechnischen Gerüst der Vermessungsingenieure Probleme auf. Die fehlertheoretisch ungünstigste Stelle des Gesamtsystems liegt an der Durchschlagsstelle, wo die Vortriebe aus entgegengesetzten Richtungen aufeinanderstoßen. Man will deshalb auf Richtungsreferenzen im Innern des Tunnels zurückgreifen können, um nicht alle Messungen auf die beiden

39) Thomas Wunderlich

40) Mutschlechner Georg, Der Tauern-tunnel als Forschungsobjekt, S 594.

41) Der Bautechniker 1907, S 109; <https://www.friedhoeffen.at/verstorbenenuche>

42) Mikroskop-Theodolit Rost zur Messung von Horizontalwinkeln in Triangulationsnetzen, Präzisions-Nivellier Rost, Apparat zur trigonometrischen Basismessung (Invarstab), Passageinstrument.

43) Die Errungenschaften der sich immer mehr zur Wissenschaft entwickelnden Tunnelbaukunst ermöglichen nunmehr die Lösung großer Probleme. Durchörterungen mächtiger Gebirge an ihrer Basis werden nach Vollendung der großen Alpentunnels geplant (Lueger, Lexikon der gesamten Technik, 1910).

44) Häufiger früher Tod: Gegha mit 58, Etzel 53, Lott 47, Sommeiller 56, Favre 53, Gelpke 55, Wurmb 57.



Abb. 54: Vermesser im Gotthard-Basistunnel



Abb. 55: GPS-Messung des Grundlagentznetzes

Portale beziehen zu müssen. Mit dem Vermessungskreis, in dem sich ein rotierender Kreis nach der Erdachse ausrichtet, kann man die Vortriebsrichtung im Berg mit der geplanten Richtung bis auf drei Bogensekunden genau vergleichen. Beim Gotthard-Basistunnel wird dieser Vergleich etwa alle zwei Kilometer gemacht. Zwischenanriffe mitten auf der Tunnelstrecke sind erst durch den Vermessungskreis möglich geworden. Zur Richtungsvorgabe kommt versuchsweise auch die bei der Qanat-Bauweise benutzte Lotung zum Einsatz. Die Genauigkeit beträgt aber nur fünf bis zehn Meter Abweichung am Ende des Abschnitts, die Toleranz liegt bei 25 Zentimetern. Da im Tunnel sehr hohe Geschwindigkeiten gefahren werden, kann man eine seitliche Verschiebung nicht auf den letzten Tunnelmetern vor dem Durchstich korrigieren. Jeder Fehler über die Toleranzgrenze hinaus erfordert eine aufwendige Nachbesserung des Tunnelquerschnitts, womöglich über mehrere hundert Meter. Beim Durchstich des Gotthard-Basistunnels 2007 beträgt der Fehler auf einem 15 km langen Teilstück nur 15 cm.⁴⁵

Für die Planung von Tunnels ist die Satellitennavigation inzwischen unersetzbar. Sobald es jedoch um die Orientierung im Inneren des Berges geht, können GPS-Empfänger, die nur unter freiem Himmel mit den Satelliten Kontakt haben, nicht eingesetzt werden. Unter Tage müssen sich die Vermesser deshalb heute noch immer auf dieselbe Weise zurechtfinden wie früher. Um sicherzustellen, dass die Bohrmaschine „auf Kurs“ ist, legen sie vom Tunneleingang aus einen Polygonzug in den Berg hinein. Dieser besteht aus geraden Strecken, die mit einem Laser vermessen

werden und etwa alle 400 m in eine Orientierungsmarke münden. Weiter reicht die Sicht im Tunnel normalerweise nicht, weil die Luft staubig ist und Kurven den direkten Blickkontakt beschränken. Die Position kann man im Berg nicht wie bei der Triangulation seitlich an Landmarken abstützen, sondern nur Schritt für Schritt rückwärts bestimmen bis zum Startpunkt am Portal. Für die optischen Instrumente, früher Theodolite heute Tachymeter, schafft die Atmosphäre im Tunnel Probleme. Weil verschiedene warme Luftschichten unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen, wird das Licht an den Schichtgrenzen abgelenkt, was erhebliche Messfehler zur Folge haben kann. Im 1994 fertiggestellten Ärmelkanaltunnel kommen die Tunnelbauer wegen der Refraktion vorübergehend mehr als einen Meter vom Weg ab.⁴⁶ Rechnerische Methoden, die aus den Temperaturgradienten im Tunnel Korrekturfaktoren herleiten, werden ebenso entwickelt wie ein Messgerät mit einem zweifarbigem Laser, das die Refraktion, die von der Frequenz des Lichts abhängig ist, automatisch kompensiert.

Die beim Bau des Gotthard-Basistunnels gewonnenen Erfahrungen sowie der erreichte Stand in der Ingenieurgeodäsie⁴⁷ sind die Basis für den im Bau befindlichen 64 km langen Brenner-

46) In der Regel müssen sich die Ingenieurgeodäten an der ungünstigsten Stelle, dicht an der Tunnelwand auf Konsolen aufstellen. Dort ist der strahlableitende Einfluss der Seitenrefraktion am heftigsten, weil der horizontale Temperaturgradient am größten ist. Abhilfe ist nur mit gegenseitigen Kreiselmessungen (DMT Gyromat) auf mehreren Polygonseiten zu erreichen. (Thomas Wunderlich)

47) Ingensand Hilmar, Alpenquerende Tunnelprojekte und Herausforderungen an die Ingenieurgeodäsie, vgi 3/2009, S 319 ff

45) Fischer Roland, Wegweiser zum Treffen mitten im Berg

Basistunnel, bei dem sich zwischen den beiden Haupttunnelröhren ein 12 m tiefer liegender Erkundungsstollen befindet. Bereits vor der Hauptbauphase soll die erste TBM (Tunnelbohrmaschine) in einer Hauptröhre mit der Arbeit beginnen. Die erreichbaren Durchschlagsgenauigkeiten werden mit Hilfe von a-priori-Simulationsrechnungen geschätzt. Dafür erforderliche Grundlagen, wie die Genauigkeit der oberirdischen Festpunkte, die Tunnelachsen und die Portalnetze sind bekannt. Dafür müssen Kreiselazimute in den Hauptröhren gemessen werden. Den Richtungskontrollmessungen kommt eine besondere Bedeutung zu. Ein durchgehender Erkundungsstollen mit einem zusammenhängenden untertägigen Netz führt zu einer deutlichen Verbesserung der Zuverlässigkeit und Genauigkeit.⁴⁸

Referenzen

- 150 Jahre Brennerbahn, <https://wipptalblog.tirol.de/150-jahre-brennerbahn-ein-streifzug/>
- Aeschlimann Heinz, Einen Tunnel abstecken im 19. Jh., Gotthard Simplon, Aarau 1990
- Dinhobl Günter, Die Semmeringbahn, Eine Baugeschichte d. ersten Hochgebirgsbahn der Welt, Wien 2018
- Dolezalek Carl, Gotthardtunnel, in Röhl Victor von, Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd 5, Berlin-Wien 1914
- Ebneter Franz, Die Absteckung des Gotthard-Bahntunnels vor 125 Jahren, Geomatik Schweiz 6/2006
- Fischer Roland, Wegweiser zum Treffen mitten im Berg, NZZ, 05.12.2007
- Gelpke Otto, Bericht über die Bestimmung der St. Gotthard-Tunnel-Axe, Der Civilingenieur, 16 (1870), S.143 ff, <https://www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb10479630?page=86,87>
- Gelpke Otto, Absteckungsapparat zur Bestimmung der St. Gotthard-Tunnelaxe, 1880, http://www.alpentunnel.de/10-Epochial/30-Gotthard/20_Vermessung/10_Uebersicht/Bilder/Absteckungsapparat.JPG
- Ghega Carl Ritter von, Dell'ottante a diottra, stromento geodetico per tracciare in pianta l'andamento delle curve circolari, Venedig 1833
- Held Hubert, Die Baugeschichte der Brennerbahn 1836–1867, Innsbruck 2018
- Helmert Friedrich Robert, Discussion der Beobachtungsfehler in Koppe's Vermessung für die Gotthardtunnelachse, ZfV, 5 (1876), 4, S. 146 ff: <https://www.digitale-sammlungen.de/de/view/bsb11335157?page=164,165>
- Hiermanseder Michael, Die Entwicklung der Tunnelvermessung, Alpenquerende Eisenbahnen 1854–1909, VDV 3/2024, S 212 ff
- Ingensand Hilmar, Alpenquerende Tunnelprojekte und Herausforderungen an die Ingenieurgeodäsie, vgi 3/2009, S 319 ff
- Knittel Hartmut, Vermessung und Bau des Gotthardtunnels im 19. Jahrhundert, Ferrum, 80 2008
- Kollenprat Dieter/Kollenprat Stephan, Entwicklungen in der Tunnelvermessung, Forum 2015, S 14 ff
- Koppe Carl, Die Absteckung der Axe im Gotthardtunnel, Die Eisenbahn, 12 (1880), 8, S 43 ff, <http://doi.org/10.5169/seals-8519>
- Löschner Hans, Über Tachymeter und ihre Geschichte, ÖZ 1907, S 106 ff
- Mayer-Brandt Theodor H., Die Bahn über den Berg, Bau der Semmeringbahn von Carl v. Ghega, Graz, 1946
- Gotthard-Tunnel Vermessung Übersicht, http://www.alpentunnel.de/10-Epochial/30-Gotthard/20_Vermessung/Gotthard_Vermessung.html
- Mutschlechner Georg, Der Tauerntunnel als Forschungsobjekt, NZZ Folio 07/1995 – Thema: Gotthard
- Reckenschuß Robert Ritter von, Die ausgeführten und geplanten großen Alpenbahnen, Wien 1911
- Röhl Victor von, Enzyklopädie des Eisenbahnwesens, Bd 9, Berlin-Wien 1921
- Schlögl Michaela, Rudolf & August Rost 1888–1988, Festschrift, Wien 1988
- Semmeringbahn Geschichte, Die erste Bahn über den Semmering, <http://www.semmeringbahn.at/geschichte.php>
- SBB Cargo, Millimetergenau durch den Berg, 18.03.2015
- Schweizerische Landesvermessung e-expo, <https://emuseum.gggs.ch/eexpo-lv/mile-LV1890.html>
- Sievers Beat, Vermessung der Gotthardbahn-Tunnel, GGGS AG Tunnelvermessung, Geomatik Schweiz 2/2024
- Tichy Anton, Trigonometrische Längenbestimmung geodätischer Grundlinien, Z.d.Österr.Ing.A.-V.1909
- Tichy Anton, Rationelle Vorgänge der Absteckung bedeutender langer Eisenbahntunnels, Z.d.Österr.Ing.A.-V.1914
- WDR ZeitZeichen, 24. August 1867 – Die Brennerbahn wird eröffnet, 24.08.2022
- Wellisch Siegmund, Über Tunnelabsteckungen, ÖZ 1905, S 221 ff
- Witte Bertold, Vermessung langer Tunnel von der Antike bis zum 20. Jh., Geomatik Schweiz 11/2005
- Witte Bertold, Die Vermessungsmethoden bei bedeutenden Tunnelbauwerken von der Antike bis heute, Sonderheft Prof. Dr.-Ing. W. Schwarz, avn 88, 121 (2014 3)
- Wunderlich Thomas, Warum gerade 1860? In welcher Welt erwachte der Bedarf Österreichs an Zivilingenieuren? vgi 3/2010, S 134 ff

Anschrift des Autors

Dr. Michael Hiermanseder, Managing Director, Leica Geosystems Austria GmbH (ret.); Partner, Rudolf & August Rost (ret.), Sommerergasse 11/5, A-1130 Wien

E-Mail: hiermanseder@gmx.net

48) Witte Bertold, Vermessung langer Tunnel von der Antike bis zum 20. Jh.

Dissertationen, Diplom- und Masterarbeiten

Parameterbestimmung auf Basis globaler multi-GNSS Referenznetz-Beobachtungsdaten

Džana Halilović

Dissertation: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Höhere Geodäsie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Robert Weber

Die Geodäsie hat mit dem Aufkommen moderner Welt-raumgeodätischer Techniken eine tiefgreifende Veränderung durchlaufen. Diese Methoden ermöglichen präzise Messungen der Form, der Rotation und der Orientierung der Erde im Raum. Zudem spielen sie eine entscheidende Rolle bei der Überwachung der Erdatmosphäre und der Beobachtung geophysikalischer Phänomene. Sie dienen sowohl der wissenschaftlichen Forschung als auch praktischen Anwendungen.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden GNSS-basierte Anwendungen genutzt. Diese nehmen eine herausragende Stellung unter den Weltraumgeodätischen Techniken ein. Sie ermöglichen präzise Schätzungen der Polkoordinaten (x , y) und der Tageslänge (LoD), die gemeinsam als Erdrotationsparameter (ERPs) bezeichnet werden. Hochgenaue ERP-Zeitreihen sind unerlässlich, um komplexe Dynamiken der Erde zu verstehen und genaue Referenzsysteme zu etablieren. Davon profitieren die meisten Anwendungen in der Navigation und Positionierung. Dank eines umfangreichen Netzwerks weltweit aktiver GNSS-Stationen ist eine globale Abdeckung gewährleistet, welche eine beispiellos genaue Bestimmung der ERPs ermöglicht. Allerdings sind mehrere Fehlerquellen, welche die GNSS-Signallaufzeit zwischen Satellit und Empfänger beeinflussen, zu beachten. Eine Hauptfehlerquelle ist die Ionosphäre, ein für Mikrowellen dispersives Medium, das Signalverzögerungen verursacht, wenn die Signale durch die Erdatmosphäre zu bodengebundenen Empfängern gelangen. Durch die Nutzung von Beobachtungen auf 2 Frequenzen ist es allerdings möglich, mit der sogenannten ionosphärenfreien Linearkombination einen erheblichen Teil dieser Verzögerung zu eliminieren. Andererseits ermöglicht die geometriefreie Linearkombination von Mehrfrequenzbeobachtungen die Erstellung von Ionosphärenmodellen und damit die Beschreibung von ionosphärischen Zustandsgrößen. Diese Modelle können anschließend verwendet werden um Laufzeitkorrekturen für Beobachtungen von Massenmarkt- Einfrequenz-Empfängern zu berechnen.

Das Ziel dieser Arbeit war es, die bereits erwähnten Erdrotationsparameter (ERPs) als auch ionosphärische

Informationen in Form von VTEC-(Vertical Total Electron Content)-Karten zu schätzen und zu analysieren. Hierfür wird insbesondere eine Kombination aus GPS- und Galileo-Beobachtungen prozessiert, um zu beurteilen, inwieweit diese Lösungen durch die Verwendung von Multi-GNSS-Kombinationen im Gegensatz zu einzig auf GPS-Daten basierenden Beobachtungen verbessert wurden. Besondere Aufmerksamkeit gilt dem europäischen Galileo-System. Seit dem Start seines ersten Testsatelliten im Dezember 2005 hat Galileo eine entscheidende Rolle als Ergänzung zu etablierten GNSS-Systemen wie dem US-amerikanischen GPS und dem russischen GLONASS gespielt. Es kann gezeigt werden, dass die Kombination von Galileo- mit GPS Beobachtungen eine deutlich verbesserte Genauigkeit bei der präzisen Parameterabschätzung liefert, sofern für Galileo hochpräzise Bahndaten basierend auf neuen Strahlungsdruckmodellen zur Verfügung stehen. Die Methodik dieser Forschung umfasste die Verarbeitung von Beobachtungsdaten in der Bernese GNSS Software Version 5.2 (BSW). Beobachtungen von einem weltweit verteilten Netzwerk von GNSS IGS-Stationen wurden verwendet, um ERP-Zeitreihen (Erdrotationsparameter) zu schätzen. Je nach Kombination der Beobachtungen (nur GPS oder kombiniertes GPS+Galileo) und dem verwendeten Strahlungsdruckmodell wurden sechs Lösungen über 1-Tages- und 3-Tages-Bögen berechnet. Zusätzlich wurde ein detailliertes regionales Ionosphärenmodell für die mittleren Breiten Europas mithilfe von Daten von GNSS IGS und EPOSA-Permanentstationen (Echtzeit Positionierung Austria) erstellt, wobei die modifizierte Single-Layer-Mapping-Funktion (MSLM) und die geometriefreie lineare Kombination verwendet wurden. Die Ergebnisse wurden anhand einer Gegenüberstellung mit etablierten Modellen validiert. Dabei konnten erhebliche Verbesserungen bei der Integration von Multi-GNSS-Daten hervorgehoben werden.

Der Beitrag dieser Studie spiegelt sich in der Demonstration einer verbesserten Genauigkeit wider, die durch die Integration von Multi-GNSS erreicht werden kann, in diesem Fall bei ERP- und Ionosphärenmodellierung. Die Ergebnisse dieser Studie bestätigen die Bedeutung der Verwendung mehrerer GNSS-Systeme für präzise geodätische Anwendungen. Es wird daher empfohlen, auf kombinierte Beobachtungsdaten zurückzugreifen, um künftige Verbesserungen gewährleisten zu können. Die Genauigkeitssteigerung für ERPs liegt bei ungefähr 25 %, während die VTEC Schätzungen im Sommer um etwa 60 % und im Winter bis zu 80 % im Vergleich zu externen Referenzmodellen verbessert werden konnten.

MQTT, a suitable protocol for GNSS data transmission

Jürgen Fredriksson

Dissertation: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Höhere Geodäsie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Ao.Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. Robert Weber

Aktuell gibt es mehrere Methoden, wie Global Navigation Satellite System (GNSS) Datenströme einzelner Referenzstationen, sogenannten CORS, verteilt werden können. Für die Verteilung solcher Ströme innerhalb eines geschlossenen lokalen Netzwerkes, dem Local Area Network (LAN), reicht die Übertragung via Transmission Control Protocol (TCP). Möchte man derartige Datenströme über ein offenes Netzwerk, das Wide Area Network (WAN), verteilen, benötigt man ein Übertragungsprotokoll mit mehr oder weniger komplexen Sicherheitsmethoden, wie zum Beispiel Authentifizierung und Autorisierung. Das Protokoll Networked Transport of RTCM via Internet Protocol (Ntrip) erfüllt diese Ansprüche und gilt bereits seit Jahrzehnten als der de facto Standard für die Übertragung von GNSS Datenströmen. Aufgrund der Versionsdefinitionen von Ntrip, Version 1.0 beziehungsweise 2.0, stellen diese Protokolle eine weitere Überlagerung auf dem Protokoll HTTP Version 0.9 beziehungsweise 1.1 dar, welche ausschließlich von einem speziell dafür zugeschnittenen „Client“ verarbeitet werden können. Zu berücksichtigen ist, dass HTTP für die Übertragung von abgeschlossenen Inhalten konzipiert wurde. Binäre Datenströme können hiermit zweifelsohne übertragen werden, generell vorgesehen war es hierfür allerdings nicht. Hierfür gibt es Protokolle, die eigens für die Kommunikation zwischen Maschinen (M2M) definiert wurden. Zu solchen Protokollen zählen das Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) und das Advanced Message Queuing Protocol (AMQP). Im Vergleich zu HTTP besitzen diese einen einfacheren und kürzeren „Header“ und zusätzliche Funktionalität wie „Delivery Guarantee“, wodurch weniger Metadaten und Energie für MQTT benötigt werden. Diese Vorteile werden erst bei der entsprechenden Skalierung schlagend.

Die Arbeit befasst sich mit der Implementierung und Evaluierung eines Prototypes, mit dem MQTT und Ntrip verglichen werden können. Dabei werden vier Aspekte beleuchtet: Die Latenz des übertragenen GNSS Datenstroms, die für die Übertragung benötigten Systemressourcen, die Schnelligkeit und Genauigkeit der erzielten Positionierung, sowie die Datenübertragungsrate. Die erzielten Ergebnisse zeigen, dass sich MQTT bzw. AMQP bestens für die Übertragung von GNSS Daten, zu einem oder beliebig vielen Endnutzern, eignen.

Enhancing an artificial neural network – extended Kalman filter learning approach by considering data- and model-related uncertainties for geodetic applications

Sabine Horvath

Dissertation: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Berndt Neuner

Based on a special machine learning approach, consisting of an artificial neural network (ANN) as approximation function and an extended Kalman filter (EKF) as optimisation method, a methodology for the identification of geodetic systems is derived in this thesis. This ANN-EKF learning approach is enhanced by the consideration of data-, model- or data- and model-related uncertainties. Depending on the geodetic application, one aspect of each of the three groups of uncertainties is considered. The systems to be identified are a robot arm, for which the position uncertainty is to be improved by calibration, and real estates whose value is to be determined. While the robot arm is a controllable, data-producible system with a realisable reference and low local heterogeneity; real estates are a system which is limited in inputs, in data samples, in the realisation of a reference and exhibits little empirical evidence and strong local heterogeneity. The differences in the geodetic systems result in different research objectives. The robot arm system provides a controlled environment (data can be generated; a reference can be realised) and knowledge about geometric/physical laws is available. Thus, it is possible to pursue two enhancements of the ANN-EKF learning approach for the robot arm application. These base on data- and model-related uncertainties and are mainly supported by the EKF. The inherent variance propagation in the EKF enables accounting for the random variability of the measurements. Realistic random variabilities of the robot arm positions measured by a reference are derived. Due to the existing system description in the EKF, it is also possible to integrate a geometric system into the ANN-EKF learning method. The aim is to create a methodological framework that allows the incompleteness of the model to be reduced. Real estate is a limited and complex system. The biggest limiting factor of real estate valuation based on the German purchase price collection is the small data sample. The data sample is enlarged by aggregating submarkets to achieve an advantageous ANN-EKF learning. Although this increases the sample size, it is also likely to increase the complexity of the system. The incomplete data causes a model-related uncertainty. Therefore, the interaction between data- and model-related uncertainty is analysed. The

first finding deals with the effects of considering data-related uncertainties in the ANN-EKF learning. The best generalisation result (minimum test error) is achieved by considering realistic data-related uncertainties in the ANN-EKF learning of the robot arm position corrections. The learning procedure becomes more expressive due to a meaningful setting of the learning rate. In addition, insignificant ANN parameters are eliminated and smaller model structures can be achieved. The second finding concerns the development of a framework for the integration of a parametric model into ANN-EKF learning to enable a reduction in model-related uncertainty. The integrated ANN-EKF approach is built as a residual model. Testing the functionality based on simulated data shows a necessary introduction of an additional ANN iteration to achieve the adaptivity of machine learning (ML) approaches. The analysis of model complexity as a function of reduced data samples enables the derivation of minimum sample sizes for ANN-EKF learning and corresponds to the third finding. The methods of cross-validation (CV) and structural risk minimisation (SRM) in the down-sampling procedure are used and adapted for the purposes of the geodetic systems. While the SRM determines a critical number of required samples at 5000, the CV provides a stable region starting from 9000 samples for a spatially aggregated data set. The aggregation of submarkets is an appropriate approach for enlarging the sample size. The real estate valuation on basis of cross submarket ANN-EKF learning is comparable to local valuation methods. The first two findings relate to two current topics in scientific machine learning (sciML). These are the consideration of uncertainties in ML and physics-informed machine learning (PIML), which are of interest for many fields of application such as earth observation. The developed toolbox of the ANN-EKF learning method enables the consideration of these two aspects. Finding three complements this toolbox to test these approaches of included prior information on smaller model complexities or smaller sample sizes.

Photogrammetrische Bestimmung von Fußmaßen und deren Evaluierung

Bernhard Idl

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Photogrammetrie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Norbert Pfeifer, Dipl.-Ing. Dr. Camillo Ressel

Die Arbeit beschäftigt sich mit der Entwicklung einer Methode zur photogrammetrischen Ermittlung von Fußmaßen, die unter Verwendung der Kamera eines Smartphones eine zuverlässige und kostengünstigere Alterna-

tive zu gängigen Messverfahren wie dem Laserscanning darstellen könnte. In Anbetracht des zunehmenden Online-Schuhkaufs und der hohen Retourenquote, die vor allem auf Größenprobleme zurückzuführen ist, hat diese Arbeit das Ziel, eine praktikable Lösung zu entwickeln, die genaue Fußmaße liefert.

Mit der Optimierung der Aufnahmekonfiguration der Fotos relativ zum Fuß sowie der Festlegung des Maßstabs über Passpunkte konnte mit der Software Agisoft Metashape eine erste Punktwolke erzeugt werden. Diese Punktwolke wurde anschließend in Matlab bereinigt, um nur die Punkte der Füße beizubehalten. Dafür wurde im Speziellen eine Segmentierung mittels RANSAC und euklidischem Clustering durchgeführt. Die aus der Punktwolke ermittelten Fußmaße wurden mit Ergebnissen von herkömmlichen Messverfahren verglichen. Zur Beurteilung der photogrammetrischen Methode wurden sowohl ein Plastikfuß als auch die Füße von Proband*innen verwendet.

Die durchgeführten Tests bestätigten, dass dieses photogrammetrische Verfahren fähig ist, Fußmaße mit einer hohen Genauigkeit und Zuverlässigkeit zu ermitteln, die mit den durch Laserscanning erzielten Ergebnissen vergleichbar sind. Die Abweichungen zwischen den beiden Methoden lagen bei etwa 1 mm für die Fußlänge, die Ballenbreite, die Risthöhe, die Fersenbreite und den Ristumfang, während sie beim Ballenumfang rund 5 mm betrugen. Die Ergebnisse zeigen, dass das entwickelte Verfahren für die Anfertigung von Maßschuhen und die korrekte Auswahl der Schuhgröße eingesetzt werden kann.

Practical Evaluation of the Leica Geosystems AP20 AutoPole

Manuel Zechner

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Ingenieurgeodäsie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hans-Berndt Neuner

Die Erweiterung klassischer Vermessungsinstrumente zu Totalstationen hat sowohl deren Anwendungsbereich als auch die Nutzerbasis erweitert. Innovative Technologien verbessern die Effizienz und potenzielle Genauigkeit von Messdaten und machen diese Multi-Sensor-Systeme zum State-of-the-Art in der modernen Vermessung. Allerdings wirft die erhöhte technische Komplexität auch Fragen zur erreichbaren Genauigkeit und den Grenzen solcher Systeme im praktischen Einsatz auf. Der im Jahr 2022 von Leica Geosystems eingeführte AP20 AutoPole ist ein Beispiel für diesen technologischen Fortschritt. Er ermöglicht die neigungskompensierte Bestimmung

von Koordinaten, erweitert die Einsatzmöglichkeiten und vereinfacht gleichzeitig Arbeitsabläufe.

Diese Arbeit bewertet das Gesamtsystem des AP20 AutoPoles, beginnend mit einer theoretischen Übersicht seiner Komponenten und der Methodik. Die Untersuchung vergleicht den AP20 AutoPole mit herkömmlichen geodätischen Methoden zur Punktmessung und betrachtet im Anschluss den Initialisierungsprozess des Systems. Verschiedene Bewegungsmuster und deren Auswirkungen auf die Initialisierung werden analysiert. Aufbauend darauf werden schließlich in einem praxisnahen Szenario die Erkenntnisse bewertet.

An approach for developing a fuel moisture content dataset for Austrian wildfire danger assessment

Christian Plakolm

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Fernerkundung, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Wouter Arnoud Dorigo MSc, Emanuel Büechi MSc

Fuel moisture content (FMC) of live vegetation is an important factor for wildfire ignition and propagation. Therefore, for wildfire danger assessment, it is inevitable to consider this parameter in models regarding the prediction of the ignition probability and spreading behaviour of wildfires. A current prototype of an integrated forest fire danger assessment system in Austria is introducing FMC as a functional derivative of meteorological conditions, which was calibrated for Canadian pine trees. To improve wildfire danger assessment in Austria, an updated FMC dataset that considers the local environmental and vegetational conditions is required. Observations from optical remote sensing instruments are sensitive to FMC in the infrared domain and thus, offering the possibility to estimate this quantity on a broader scale. An established global dataset for FMC is derived from the Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), which delivers temporally frequent reflectance data with a spatial resolution of 500 m. Modelling FMC with this pixel size might be too coarse when considering narrow valleys or mountain peaks.

In this study, satellite observations from the Sentinel-2 mission were used to calculate a new FMC dataset for the area of Styria with a high spatial resolution of 20 m. The aim was to develop a workflow that should further allow the FMC estimation for the entire Austrian country, which can support the domestic wildfire danger assessment. This was done by applying a pretrained machine learning model to Styrian Sentinel-2 data. This model was trained on Australian Sentinel-2 observations that were

related to the MODIS derived FMC values. The validation of this approach with MODIS FMC data of Styria led to rather low correlations (ρ between 0 and 0.16) between the two datasets. A main reason for the low correlation results was identified as the relevant climatic and vegetational differences between Australia and the study area of Styria. Another reason was the different origin of the data. While the Sentinel-2 reflectances of Australia were subjected to a preprocessing algorithm, the Styrian data was originally taken from the Google Earth Engine tool. To develop a valid FMC dataset for Austria based on optical remote sensing data and machine learning algorithms, the training of a new model is recommended for further research work. The inclusion of a data layer that contains locally optimized FMC estimations with high spatial resolution remains a desirable goal for the Austrian wildfire danger assessment.

Getting Ready for VLBI Observations to the Moon

Olivia Panzenböck

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Höhere Geodäsie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johannes Böhm, Dipl.-Ing. Helene Wolf

Geodetic Very Long Baseline Interferometry (VLBI) is based on the observation of extragalactic radio sources, primarily quasars. In recent years, the concept of equipping artificial and natural celestial bodies, such as satellites and the Moon, with VLBI transmitters has emerged. This concept opens up new perspectives in the fields of geodesy, astronomy and spacecraft navigation.

This thesis deals with the required models for the analysis, described by the precise positioning of a VLBI transmitter at the location of the Apollo 15 reflector on the Moon. The determined position is evaluated by analysing Lunar Laser Ranging (LLR) measurements. LLR measures the flight time of laser light pulses to travel from the LLR station to the LLR reflector on the lunar surface and back. Due to the considerable distance between the objects involved, the laser pulses are affected by several delays. These must be considered in the LLR analysis. In particular, this thesis focuses on the two dominant propagation delays, namely the atmospheric delay and the Shapiro time delay. The atmosphere causes a light propagation delay of 2 to 9 m. The Shapiro time delay can be subdivided into two components. The Sun is responsible for delays in the range of 6 to 8 m, while the Earth causes delays of a few centimetres. After modelling these delays, the residuals from 2002 to 2021 (no

measurements available for 2006, 2007 and 2008) lie between -1 and $+1$ m.

The second part of this thesis presents a visibility analysis of the VLBI transmitter on the lunar surface. For this purpose, modifications are made to the VLBI scheduling software VieSched++. The visibility is evaluated based on the elevation and the number of stations from which the VLBI transmitter is simultaneously visible. It was found that the number of hours per day during which the VLBI transmitter is visible varies considerably depending on the location of the VLBI station. Furthermore, the VLBI transmitter's visibility duration depends on the Moon's position. Therefore, to conduct successful VLBI observations to the Moon, it is essential to create an appropriate observation plan involving a globally distributed network of VLBI stations.

Google Decimeter Challenge: Prozessierung von kinematischen Smartphone GNSS Daten

Till Weigert

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Höhere Geodäsie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gregor Möller, Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. Marcus Franz Wareyka-Glaner

In dieser Arbeit wird die Prozessierung kinematischer Smartphone-GNSS-Daten mit Hilfe von Precise Point Positioning (PPP) im Rahmen der Google Smartphone Decimeter Challenge 2023 untersucht. Dabei werden verschiedene Smartphone-Modelle und unterschiedliche Prozessierungsmethoden, wie eine reine Codelösung, eine Kalman-gefilterte Codelösung, eine Doppler- und phasengeglättete Codelösung sowie eine kombinierte Code- und Phasenlösung verglichen. Als PPP-Beobachtungsmodell dient das Uncombined-Model, da es im Zusammenhang mit Smartphone-Beobachtungen einige Vorteile bietet. Ziel ist es, die gewählten Ansätze im Hinblick auf die Genauigkeit zu untersuchen und Limitierungen aufzuzeigen. Dabei werden sowohl ganze Messfahrten als auch ausgewählte Streckenabschnitte mit variierenden Umgebungsbedingungen betrachtet. Untersucht wird eine Freeway-Fahrt auf gerader Strecke, eine Freeway-Kreuzung mit Unterführungen und der Halt vor einer Ampel. Die Ergebnisse werden sowohl graphisch als auch statistisch analysiert, indem die ermittelten Lösungstrajektorien mit den Referenztrajektorien eines geodätischen Empfängers verglichen werden.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Genauigkeit der Positionsbestimmung stark von der gewählten Prozessierungsmethode und den örtlichen Gegebenheiten entlang der Route abhängt. Die Codelösung kann durch

die Kalman-Filterung bei nahezu allen untersuchten Szenarien und Smartphones signifikant verbessert werden. Unter einfachen Umgebungsbedingungen kann die Genauigkeit der Lösung durch Hinzunahme der Trägerphasenbeobachtung weiter gesteigert werden. Sind die örtlichen Gegebenheiten jedoch anspruchsvoller, leidet die Trägerphasenverfolgung darunter und die Ergebnisse besitzen eine gesteigerte Abweichung. Die zuverlässigsten Ergebnisse unter komplizierten Bedingungen werden mit der Doppler-geglätteten Codelösung erzielt. Unter einfachen Bedingungen sind die phasengeglättete Codelösung und die kombinierte Code- und Phasenlösung genauer. In Kombination mit einem gut angepassten Kalman-Filter können Abweichungen von unter einem Meter erzielt werden.

Vergleich von 3D Rekonstruktionen mittels Neural Radiance Fields und Dense Image Matching

Markus Brezovsky

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Photogrammetrie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gottfried Mandlbauer

Mit den Fortschritten in der Photogrammetrie und Computer Vision haben sich Neural Radiance Fields (NeRFs) als innovative Methode zur 3D-Rekonstruktion etabliert. Diese Arbeit untersucht die Leistungsfähigkeit von NeRFs im Vergleich zu traditionellen Dense Image Matching (DIM)-Verfahren anhand von Daten, die mit einer DJI M350 Drohne und einer Zenmuse P1 Kamera aufgenommen wurden. Als Referenz dient eine terrestrische Laserscanner-Punktwolke. Zwei verschiedene Aufnahmeobjekte – eine Baumgruppe und eine Kapelle – wurden unter variierenden Flugrouten (linear und orbital) analysiert, um den Einfluss der Aufnahmegeometrie auf die Rekonstruktionsqualität zu bewerten. Die Analyse umfasst quantitative und qualitative Vergleiche der Punktwolken sowie eine Diskussion über die Praxistauglichkeit von NeRFs im UAV-Mapping. Abschließend werden die Herausforderungen und das Potenzial dieser neuen Technologie für zukünftige Anwendungen in der Geodäsie und Geoinformation skizziert.

Reflection point calculations and atmospheric delay corrections for PRETTY observations

Lukas Schremmer

Diplomarbeit: Department für Geodäsie und Geoinformation, Forschungsgruppe Höhere Geodäsie, Technische Universität Wien, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Johannes Böhm, Dr. Zohreh Adavi MSC

This thesis explores the PRETTY satellite mission, a CubeSat supported by the European Space Agency (ESA) designed to measure sea and ice levels using altimetry and electromagnetic signals from GNSS satellites. It was the first reflectometry mission approved by ESA. The PRETTY satellite employs GNSS-R techniques to capture both direct and reflected GNSS signals to ascertain sea surface altitude. Unlike traditional radar systems that require both transmitting and receiving antennas, GNSS-R uses already existing GNSS signals, reducing energy and space requirements. Despite initial delays due to software and radio interference, PRETTY successfully operates in orbit at 560 km altitude, utilizing a 'slant geometry' approach for signal reflection.

In this thesis, the directly received signal and the one reflected off the Earth's surface were both utilized to compute the reflection point position and the tropospheric delay in the reflected signal. To calculate the specular points of PRETTY, three different methods were used: Gleason, Wagner and Klokocnik, and the Binary method. Additionally, two different versions of the Vienna Mapping Function, VMF1 and VMF3, as well as the Global Mapping Function and the ATom software package developed at TU Wien, were employed to compute tropospheric corrections. The results and performances of different methods and algorithms were extensively compared by applying various statistical techniques.

In summary, the spheroidal binary approach is determined to be the most effective and efficient technique for calculating specular points. When it comes to computing tropospheric corrections, the VMF performs slightly better (especially in the extreme southern region over Antarctica and the extreme northern region over Greenland) in comparison to the ATom software package. Accumulating more data will enable cross-validation with other reflectometry and conventional altimetry missions, thus assessing the limits of PRETTY's innovative Earth observation method. Consequently, it will be interesting to observe PRETTY's performance relative to these other missions. To enhance PRETTY's accuracy, the next step in determining the reflection point might involve investigating the delay caused by the ionosphere in an electromagnetic signal. Since PRETTY is located within the ionosphere, with parts above and below it, basic single-layer models would be inadequate for calculating corrections. Models currently available, such as the NeQuick ionosphere electron density model, take into account the entire ionosphere (TEC). Hence, alternative methods would need to be explored.

Bewertung der urbanen Hitzevulnerabilität: Ein Vergleich verschiedener Methoden

Karina Löffler

Diplomarbeit: Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 2024

Betreuer: Univ.-Prof. Dr. Martin Mergili

Mit dem globalen Temperaturanstieg werden Hitzewellen häufiger und intensiver, wobei städtische Gebiete aufgrund der dichten Infrastruktur und der undurchlässigen Oberflächen, die die Auswirkungen der Hitze verschlimmern, besonders gefährdet sind. Durch den Vergleich verschiedener methodischer Ansätze bewertet diese Studie die Sensitivität und Variabilität des Hitzevulnerabilitätsindex (HVI), eines häufig verwendeten Instruments zur Quantifizierung der Hitzevulnerabilität. Zur Berechnung des HVI werden Temperaturdaten (modellierte gefühlte Temperatur (Tapp), Lufttemperatur (Tair) und Oberflächentemperaturen (LST)) in Kombination mit soziodemografischen Daten und baulichen Umweltvariablen verwendet. Die Studie umfasst eine explorative Analyse räumlicher Daten (exploratory spatial data analysis, ESDA), um die räumlichen Eigenschaften und Korrelationen der verwendeten Datensätze zu verstehen. Weiters beinhaltet sie sowohl eine lokale als auch eine globale Sensitivitätsanalyse, um die Auswirkungen unterschiedlicher Temperaturinputs, räumlicher Auflösung und Gewichtungsmethoden auf den resultierenden HVI zu untersuchen.

Die Ergebnisse zeigen, dass unterschiedliche Temperaturinputs nur minimale Auswirkungen auf die Magnitude des HVIs haben und dass dessen räumliche Verteilung stabil bleibt, was auf eine robuste räumliche Clusterung hindeutet. Daher ist es möglich, Indizes zu vergleichen, die nach der gleichen Methode erstellt wurden, auch wenn sie auf unterschiedlichen Temperaturdatensätzen oder -indikatoren beruhen. Die globale Sensitivitätsanalyse zeigt, dass die Änderung des Temperaturdatensatzes den größten Einfluss von den drei untersuchten Methodenstufen auf das Ergebnis des HVIs hat, insbesondere in suburbanen Gebieten. Die räumliche Auflösung und die Gewichtungsmethoden beeinflussen vor allem zentrale städtische Regionen, haben aber insgesamt einen geringeren Einfluss auf das Ergebnis des HVIs. Bei der Erstellung eines HVIs in dünn besiedelten Gebieten ist daher die Wahl der Temperaturvariablen der wichtigste Faktor, während die räumliche Auflösung und die Gewichtungsmethode bei Studien in dicht besiedelten Gebieten Vorrang haben sollten. Diese Forschungsarbeit vertieft das Verständnis der Unsicherheiten bei der Bewertung der Hitzevulnerabilität, was für wirksame Maßnahmen im Bereich der öffentlichen Gesundheit und für politische Entscheidungen von entscheidender Bedeutung ist.

Vergleich verschiedener Fernerkundungsmethoden zur Quantifizierung mikroskaliger Karstverwitterungsformen auf Basis hochauflösender 3D-Modelle

Thomas Hochholdt

Diplomarbeit: Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 2024

Betreuer: MMag. Dr. Andreas Kellerer-Pirklbauer-Eulenstein

Diese Arbeit untersucht die Eignung verschiedener Fernerkundungsmethoden zur Erfassung mikroskaliger Karstverwitterungsformen auf Basis hochauflösender 3D-Modelle. Der Fokus liegt dabei auf der Formtreue und Geometrie der einzelnen Karren, die anhand von Querschnittprofilen überprüft wurden. Die untersuchten Methoden umfassen Terrestrial Laserscanning (TLS), Airborne Laserscanning (ALS), Smartphone Laserscanning (SLS) sowie Structure-from-Motion Ansätze, basierend auf optischen Daten, aufgenommen von einem Unmanned Aerial Vehicle (SfM UAV) und einem Smartphone (SfM Smartphone). Diese Methoden wurden unter verschiedenen Bedingungen getestet, insbesondere in Bezug auf den Neigungswinkel der Oberfläche zum Sensor (25°, 40°, 55° und 70°).

Die Studie ist in das Forschungsprojekt „The Moving Mountains“ eingebettet und konzentrierte sich in einem ersten Schritt auf die Karstverwitterungsformen in den Gleitflächen des prähistorischen Bergsturzes von Wildalpen. Für den Vergleich der Fernerkundungsmethoden wurde ein Referenzmodell erstellt, das ein Abbild der Karstformen darstellt und als kontrollierte Basis diente.

Zur Beurteilung der Methoden stützt sich diese Arbeit auf drei verschiedene quantitative Indikatoren: den RMSE (Roote Mean Square Error), die Flächendifferenz in Prozent zur Referenzfläche und eine Voll- und Hohlformerkennung. Im Rahmen dieser Arbeit erzielte die SfM Smartphone-Methode bei einem Neigungswinkel von 25° die geringste Flächenabweichung (17,02 %) vom Referenzmodell. Danach folgten TLS (25,97 %), SfM UAV (27,18 %), SLS (33,14 %) und ALS (–40,51 %). Bei der Voll- und Hohlformerkennung zeigten TLS, SLS, SfM UAV und SfM Smartphone ähnliche Ergebnisse. Die Ergebnisse aus ALS zeigten praktisch keine Geometrien und stellten lediglich zufällige Linien dar. Der teilweise geringe RMS-Error resultierte aus der Anpassung der Oberfläche und nicht aus einer präzisen Erfassung.

Bei der Prozessierung der Daten wurde auf einen möglichst einheitlichen Workflow geachtet, um die Vergleichbarkeit zwischen den Methoden zu gewährleisten. Für die Analyse der digitalen Höhenmodelle wurde QGIS mit dem Profile-Tool verwendet. Hierfür wurden drei

Querschnittprofile (A, B und C) verwendet, die jeweils am oberen und unteren Rand sowie im mittleren Bereich der digitalen Höhenmodelle liegen.

Die Wahl der optimalen Fernerkundungsmethode für die Erstellung von 3D-Modellen von Karstformen hängt von den spezifischen Anforderungen des jeweiligen Untersuchungsgegenstandes ab. Während die SfM-Methoden insgesamt die vielversprechendsten Ergebnisse lieferten, hatten TLS und SLS ihre spezifischen Stärken bei bestimmten Oberflächenstrukturen und Anwendungsfällen (dreieckige Geometrien und flache Hänge). Die gute Leistung der SLS-Methode mit mobilen Geräten überraschte, wohingegen die ALS-Methode nicht überzeugen konnte.

Monitoring of the Pasterze based on multi-temporal high-resolution aerial images in the period 2018–2022

Philipp Zettl

Diplomarbeit: Institut für Geographie und Raumforschung, Universität Graz, 2024

Betreuer: Ao.Univ.-Prof. Mag. Dr. Wolfgang Sulzer

Die Pasterze, der größte Gletscher Österreichs und der Ostalpen, wird seit 1879 regelmäßig vermessen. Ein wesentlicher Bestandteil war hierbei stets die Erfassung der Gletscherfließgeschwindigkeit, gemessen an fix definierten Punkten. Seit 2015 wurde jedoch keine umfassende Vermessung der Oberflächendynamik der gesamten Pasterzenzunge durchgeführt. Diese Masterarbeit befasst sich daher mit der Analyse der Gletscherfließgeschwindigkeit und Oberflächendynamik der gesamten Pasterzenzunge basierend auf einen multi-temporalen hochauflösenden Luftbilddatensatz für die Jahre 2018 bis 2022. Gleichzeitig wird damit auch die Eignung des zur Verfügung gestellten Datensatzes für das Gletschermonitoring bewiesen.

Als Grundlage für die Berechnung der Gletscherfließgeschwindigkeit werden exakt aufeinander ausgerichtete Orthophotos und Digitale Höhenmodelle prozessiert. Dabei wird das Konzept des multi-temporalen Bündelblockausgleichs in Agisoft Metashape angewandt.

In weiterer Folge wird darauf basierend mit dem IMCORR Algorithmus die Gletscherfließbewegung berechnet. Um hierbei ein möglichst präzises Ergebnis zu erhalten, werden die IMCORR Ergebnisse durch ein im Rahmen dieser Arbeit erstelltes Python-Skript gefiltert. Der Filterprozess folgt einem räumlich-statistischen Ansatz, der es ermöglicht, einen Großteil der Ausreißer und falschen Messungen automatisch zu entfernen. Diese Fehlmessungen sind auf die sehr herausfordernde und teilweise sehr homogene Gletscheroberfläche zurückzuführen.

Basierend auf den gefilterten Daten werden die Gletscherfließgeschwindigkeit und -richtung berechnet und dargestellt. Zusätzlich wird die Fließgeschwindigkeit in Beziehung zum jährlichen Höhenverlust gesetzt, um ein besseres Verständnis der jährlichen Abnahme des Gletscherflusses zu ermöglichen.

Die Ergebnisse dieser Arbeit präsentieren die jährliche Gletscherbewegung, die entsprechende Fließrichtung und die jährliche Höhenänderung für den Zeitraum 2018

bis 2022. Es wird festgestellt, dass die Gletscherfließgeschwindigkeit jährlich abnimmt, begleitet von einem gleichzeitigen Rückgang des jährlichen Höhenverlusts. Die mittlere Gletscherfließgeschwindigkeit der Pasterzenzunge beträgt für den Zeitraum 2018–2019 5.42 m a^{-1} , während für den Zeitraum 2021–2022 nur noch 3.53 m a^{-1} festgestellt werden. Die durchschnittliche Höhenänderung beträgt im Zeitraum 2018–2019 -6.05 m , während im Zeitraum 2021–2022 eine Höhenänderung von lediglich -4.55 m festgestellt wird.

Recht und Gesetz

*Zusammengestellt und bearbeitet von
Univ.-Doz. Dipl.-Ing. Dr.iur. Christoph Twaroch*

Zustimmungserklärung; § 13 Abs. 3 VermV 2016

Im Protokoll eines Folgeplanes kann auf die Zustimmung zu einem identen Grenzverlauf verwiesen werden, sofern sich die Eigentumsverhältnisse seit der ursprünglichen Zustimmungserklärung nicht geändert haben.

BVG, 26.08.2024, W114 2294726-1

Sachverhalt:

Der Beschwerdeführer ist grundbücherlicher Eigentümer des Grundstückes 347/3. Die Umwandlungswerber sind grundbücherliche Miteigentümer des Grundstückes 348. Die Grundstücke grenzen (nur) im Grenzpunkt 9163 aneinander.

2010 wurde eine Mappenberichtigung durchgeführt, von der unter anderem auch die Grundstücke 347/3 und 348 betroffen waren. Grundlage für diese Mappenberichtigung war eine 2009 abgehaltene Grenzzusammenkunft, bei der auch der Beschwerdeführer anwesend war. Im dazu angefertigten Protokoll erklärte der Beschwerdeführer durch seine Unterschrift, dass er dem in der Natur einvernehmlich festgelegten Grenzverlauf und der Eintragung in den rechtsverbindlichen Grenzkataster zustimme und dass der Grenzverlauf seit der letzten Vermessung unverändert geblieben sei.

2021 wurde vom VermA der Plan des Ingenieurkonsulenten, GZ 16462/21, bescheinigt. Im Protokoll dieses Planes über die Festlegung des Grenzverlaufs verwies der Ingenieurkonsulent auf die vorausgegangenen Vermessungen und Unterschriften der betroffenen Grundstückseigentümer, darunter auch des Beschwerdeführers.

Mit dem nunmehr angefochtenen Bescheid des VermA vom 17.03.2023 wurde das Grundstück 348 der

Umwandlungswerber von Amts wegen vom Grundsteuerkataster in den Grenzkataster umgewandelt.

Der Beschwerdeführer hat gegen diesen Bescheid Beschwerde erhoben. Im Wesentlichen zusammengefasst wurde dazu begründend ausgeführt, dass dem Plan und der Umwandlung des Grundstückes 348 nicht zugestimmt werde. Der Beschwerdeführer sei bezüglich der Grundstücksvermessungen nie kontaktiert bzw. eingeladen worden. Er habe auch keine Zustimmungserklärung für die Umwandlung in den Grenzkataster abgegeben, weshalb die gesetzlichen Voraussetzungen für eine Umwandlung nicht vorliegen würden.

Rechtliche Beurteilung:

Mit Bescheid des VermA wurde das Grundstück der Umwandlungswerber auf Basis des Planes des Ingenieurkonsulenten als Planverfasser vom Grundsteuerkataster in den Grenzkataster umgewandelt. Voraussetzung für die Zulässigkeit der Umwandlung ist gem. § 17 Z 1 iVm § 18a VermG insbesondere eine Zustimmungserklärung der Eigentümer der angrenzenden Grundstücke zum Verlauf der Grenze. Unzweifelhaft grenzt das Grundstück des Beschwerdeführers an das umzuwandelnde Grundstück an, sodass eine Zustimmungserklärung des Beschwerdeführers für die Umwandlung erforderlich ist.

Nach Auffassung des Beschwerdeführers habe er dem Plan des Ingenieurkonsulenten und damit auch dem Grenzverlauf in diesem Plan nicht zugestimmt, sodass auch nicht alle Voraussetzungen für eine Umwandlung in den Grenzkataster vorliegen würden. Dabei übersieht der Beschwerdeführer, dass anlässlich der Mappenberichtigung im Jahr 2010 schon am 02.09.2009 eine Grenzversammlung abgehalten wurde. Dabei hat der Beschwerdeführer dem damals einvernehmlich festgelegten Grenzverlauf – der auch den Grenzpunkt 9163 enthält – und der Eintragung in den rechtsverbindlichen Grenzkataster zugestimmt.

Gemäß § 13 Abs. 3 VermV 2016 kann im Protokoll eines Folgeplanes auf die Zustimmung zu einem identen Grenzverlauf verwiesen werden, sofern sich die Eigentumsverhältnisse seit der ursprünglichen Zustimmungserklärung nicht geändert haben. Wie schon das VerMA richtig ausgeführt hat, liegt genau diese Konstellation im gegenständlichen Fall vor.

Es stand zum Zeitpunkt der Erlassung des angefochtenen Bescheides zweifelsfrei fest, dass der Beschwerdeführer dem ursprünglich am 02.09.2009 festgelegten Grenzverlauf zugestimmt hatte. Deshalb konnte der Ingenieurkonsulent auch im Protokoll des Folgeplans auf diese Zustimmung verweisen. Da auch der Beschluss des Grundbuchsgerichtes zum Plan des Ingenieurkonsulenten vorlag, lagen alle Voraussetzungen für eine amtswegige Umwandlung des Grundstücks der Mitbeteiligten gemäß § 17 Z 3 VermG vor, sodass die Beschwerde abzuweisen war.

Bodenbewegungen, § 32a VermG

Zur Frage des Nachweises von Bodenbewegungen.

BVwG, 02.08.2024, W138 2293894-1

Sachverhalt:

Das VerMA hat im Zuge eines Planbescheinigungsverfahrens aufgrund von Koordinatenverschiebungen Bodenbewegungen festgestellt. Mit Bescheid wurde daher die Umwandlung mehrerer Grundstücke von Amts wegen aufgehoben und die Grundstücke wieder im Grundsteuerkataster eingetragen.

Gegen diesen Bescheid erhob die Beschwerdeführerin Beschwerde und brachte begründend zusammengefasst vor, dass ihr Grundstück weder baulich noch geologisch Setzungen aufweise. Lediglich durch das neu verwendete Festpunktenetz, entstehe der Irrglaube, dass es sich um eine Bodenbewegung handle.

Mit Beschwerdeverentscheidung wurde die Beschwerde abgewiesen. Begründend wurde ausgeführt, dass der für den Anschluss an das Festpunktfeld verwendete KT seit seiner Schaffung im Jahre 1971 mehrfach übermessen worden sei. Die Berechnungen würden auf dem bodenunabhängigen System ETRS89 basieren. Zusätzlich sei auch noch ein zweiter Festpunkt, der sich ca. 500 m vom Messgebiet entfernt befinde, gemessen worden. Hier würden zwei bodenunabhängige Messungen im System ETRS89 vorliegen. Der Festpunkt habe sich seit seiner Entstehung nachweislich um 63 cm bewegt. Es handle sich hierbei nicht um eine Vermutung, sondern um messtechnisch nachgewiesene Bewegungen. Die durchgeführten Berechnungen würden auf ETRS89 Koordinaten beruhen und seien somit vollkommen unabhängig von Inhomogenitäten des „alten“ Festpunktfeldes. Die Festpunkte seien auch nicht aufgrund eines neuen Netzausgleiches abgeändert

worden. Diese Festpunkte seien durch satellitenunterstützte Messverfahren (GNSS) in ihrer Lage bestätigt worden. Die Grenzpunkte des Grundstücks weisen eine Koordinatendifferenz von $dy = 0.55$ m und $dx = 0.30$ m gegenüber den im Grenzkataster eingetragenen Punkten auf.

Die Beschwerdeführerin stellte einen Vorlageantrag, in dem sie bestritt, dass es erhebliche Bodenbewegungen gebe. Zudem führte sie aus, dass sollte die Meinung der belangten Behörde zutreffen, die Bodenbewegung im Zeitraum von 15 Jahren, lediglich 18 cm betrage.

Aus der rechtlichen Beurteilung durch das BVwG:

Auf Grund der Ergebnisse der Verifikationsmessung der hangabwärts gerichteten Koordinatenverschiebungen von mehr als 25 cm kann die Veränderung der Lage der Grundstücksgrenzen wegen Bodenbewegungen gemäß § 4 Z 1 lit c VermV als nachgewiesen angesehen werden. Die Bodenbewegungen umfassen mehrere Grundstücke und erstrecken sich über ein Gebiet mit einer Fläche von 50.158 m^2 und damit weit über einem Hektar. Da Bodenbewegungen zumindest seit dem Jahr 1979 festgestellt werden konnten und diese nach wie vor andauern, ist deren Dauer nicht absehbar.

Den Ausführungen der Beschwerdeführerin, dass es nur aufgrund des neu verwendeten Festpunktnetzes so scheine, dass Bodenbewegungen stattgefunden hätten, ist nicht zu folgen, da die belangte Behörde fachlich kompetent und nachvollziehbar vorbrachte, dass der Planverfasser verpflichtet war, gemäß der Vermessungsverordnung für den Anschluss an das Festpunktfeld auf die nächstgelegenen, stabilen Festpunkte auszugreifen. Aufgrund der fachlichen Expertise der belangten Behörde war für die Beurteilung der Koordinatenverschiebung die Bestellung eines Sachverständigen nicht erforderlich. Die Beschwerdeführerin ist den Ausführungen der belangten Behörde auch nicht auf gleicher fachlicher Ebene entgegengetreten.

Da die Bodenbewegungen über einen längeren Zeitraum und nur langsam und gleitend stattgefunden haben, kann alleine aus dem Umstand, dass keine groben Risse oder Schäden am auf dem Grundstück befindlichen Gebäude zu erkennen sind, nicht geschlossen werden, dass keine Bodenbewegungen stattgefunden haben.

Aus den Erläuterungen zu § 32a VermG ergibt sich, dass infolge von Bodenbewegungen (Rutschungen) in den davon betroffenen Gebieten die Wiederherstellung des Grenzkatasters durch die ebenfalls erfolgte Bewegung der „Festpunkte“ nicht mehr exakt möglich ist. Bei instabilen Festpunkten ist eine fehlerfreie Bestimmung neuer Grenzpunkte bzw. die korrekte Absteckung bestehender Grenzpunkte nicht möglich. In solchen Problemgebieten sind dann weder Vermessungsbehörde noch

Vermessungsbefugte in der Lage, technisch gesicherte Reproduktionen von „rechtsverbindlichen“ Koordinaten zu erstellen. Unter anderem ist die exakte Wiederherstellung der Grenze aus Koordinaten für diese Grundstücke nicht sichergestellt.

Da sich gemäß § 32a Abs. 1 VermG im Zuge der gegenständlichen Vermessung ergeben hat, dass die Grundstücke durch andauernde und großräumige Bodenbewegungen in ihrer Lage verändert sind, war die Umwandlung in Bezug auf diese Grundstücke gemäß § 32a Abs. 2 VermG zu Recht von der belangten Behörde mit Bescheid aufzuheben.

Vertretungsbefugnis der Miteigentümergeinschaft; § 833 ABGB

Die Entscheidung, den Gerichtsweg gemäß § 25 Abs. 2 VermG zu bestreiten, fällt nicht unter die ordentliche Verwaltung und kann folglich gemäß § 833 ABGB nur von allen ideellen Miteigentümern gemeinschaftlich getroffen werden.

BvwG, 30.07.2024, W138 2290404-1

Sachverhalt:

Mit Bescheid des Vermessungsamtes wurde der Beschwerdeführer gemeinsam mit seinen beiden Miteigentümerinnen aufgefordert, binnen 6 Wochen ein für die Bereinigung des Grenzstreites bestimmtes gerichtliches Verfahren anhängig zu machen. Der Gerichtsverweis bezieht sich auf einen im Bescheid genau beschriebenen Grenzverlauf. Gegen diesen Gerichtsverweis erhob nur der Beschwerdeführer, vertreten durch seinen Rechtsanwalt, Beschwerde an das BVwG. Die Beschwerde wurde somit nicht gemeinsam mit den beiden Miteigentümerinnen des Grundstücks erhoben.

Aus der rechtlichen Beurteilung:

Die Vertretungsbefugnis der Miteigentümergeinschaft in Bezug auf die den Miteigentümern nach ideellen Miteigentumsanteilen gemeinsame Sache und deren Verwaltung richtet sich danach, ob in einer Sache der ordentlichen Verwaltung oder iZm wichtigen Veränderungen zu vertreten ist.

Unter ordentlicher Verwaltung sind nur jene Maßnahmen zu verstehen, die zur Erhaltung und zum Betrieb notwendig und zweckmäßig sind, den Interessen aller Miteigentümer dienen und (kumulativ) keine besonderen Kosten hervorrufen.

Die Beschreitung des Zivilrechtswegs gemäß § 25 Abs. 2 VermG (mitunter zuvor im außerstreitigen Verfahren bzw. sofort oder danach im streitigen Zivilverfahren, evtl. bis zum OGH) ist notorisch mit besonderen und dabei nicht unerheblichen Aufwendungen verbunden. Die Entscheidung, den Gerichtsweg gemäß § 25 Abs. 2 VermG zu bestreiten, fällt daher nicht unter die ordent-

liche Verwaltung und kann folglich gemäß § 833 ABGB nur von allen ideellen Miteigentümern gemeinschaftlich getroffen werden.

Ein Miteigentümer, der nur einen ideellen Anteil an einem im Miteigentum stehenden Grundstück hat, ist eben kein hinsichtlich der fraglichen Grundstücksgrenze einzelvertretungsbefugter (Gesamt- bzw. Allein-) Eigentümer und ist daher im Rahmen der außerordentlichen Verwaltung nur gemeinsam mit seinen Miteigentümer vertretungs- und entscheidungsbefugt.

Da die Grundgrenzen bei einem Grundstück denkmöglich lagemäßig immer nur für alle ideellen Miteigentümer die gleichen sein können, können die Miteigentümer auch nur gemeinschaftlich entscheiden, ob sie den von den übrigen Eigentümern in der Grenzverhandlung angegebenen Grenzverlauf zustimmen, den gemäß § 25 Abs. 2 VermG auferlegten idR mit erheblichen Kosten verbundene Zivilrechtsweg beschreiten oder den Gerichtsverweis der Behörde mittels einer Beschwerde beim BVwG bekämpfen.

Vertretungsbefugt sind im gegenständlichen Fall – mangels hier nicht behaupteter und auch sonst nicht hervorgekommener Verwalterbestellung – nur der Beschwerdeführer und seine Miteigentümerinnen gemeinsam. Sie wurden daher mit dem gegenständlichen Bescheid gemeinschaftlich auf den Gerichtsweg verwiesen. Beschwerde gegen diesen Bescheid hat jedoch nur der Beschwerdeführer alleine erhoben. Miteigentümer sind entsprechend den §§ 833ff ABGB betreffend die Frage der Beschreitung des Rechtsmittelweges jedoch nur gemeinsam entscheidungs- und vertretungsbefugt und somit antragslegitimiert. Da der Beschwerdeführer daher nicht befugt war die gegenständliche Beschwerde ohne seine Miteigentümerinnen zu erheben, war diese mangels Antragslegitimation des Beschwerdeführers zurückzuweisen.

Toleranzen im Baurecht

Der **Tiroler Bauordnung 2022 – TBO 2022**, LGBl Nr. 44/2022 (jetzt idF LGBl Nr. 85/2023) wurde mit der Novelle LGBl Nr. 64/2023 im § 38 Abs. 2 angefügt:

„Abweichungen im Rahmen des § 1 Z 8 der Vermessungsverordnung 2016, BGBl. II Nr. 307/2016, in der jeweils geltenden Fassung, bleiben unberücksichtigt.“

Die Erläuternden Bemerkungen führen dazu aus:

Hinsichtlich möglicher Messtoleranzen soll im Zusammenhang mit der Einmessung der äußeren Wandfluchten und der Bauhöhen an die entsprechenden Regelungen der Vermessungsverordnung 2016 angeknüpft werden, womit eine sachgerechte Toleranzregel geschaffen wird.

Die Übergangsbestimmungen des § 71 Abs. 13 lauten nun:

(13) Bei Gebäuden, für die die Baubewilligung nach den baurechtlichen Vorschriften vor der Novelle LGBl Nr. 10/1989 zur seinerzeitigen Tiroler Bauordnung erteilt worden ist, ist eine lagemäßige Abweichung des Gebäudes gegenüber der Lage aufgrund der Baubewilligung von höchstens 120 cm jedenfalls rechtmäßig. ...

Nach den Erläuternden Bemerkungen *soll klargestellt werden, dass eine nach Abs. 13 privilegierte lagemäßige Abweichung des Gebäudes gegenüber der Lage aufgrund der Baubewilligung von höchstens 120 cm auch ohne Bezug auf die dafür maßgebende Ursache die Rechtmäßigkeit des Baubestandes nicht berührt. Somit sind künftig nicht nur Abweichungen privilegiert, die durch eine aus heutiger Sicht mangelhafte Qualität der damaligen Planunterlagen erklärbar sind.*

Damit im Zusammenhang steht auch § 1 Abs. 2 lit. c und f der (Tiroler) **Bauunterlagenverordnung 2024**, LGBl Nr. 42/2024, mit der erstmals Verpflichtungen eingeführt wurden, bei Lageplänen die Grundstücksnummer des Bauplatzes und die in der Natur überprüften Grenzen des Grundstückes samt den Schnittpunkten mit den Grenzen der an den Bauplatz angrenzenden Grundstücke (unter Angabe des Datums der Überprüfung und der Toleranzen der Grenzen basierend auf den ihnen zu Grunde liegenden Vermessungsurkunden) sowie die

Koordinaten der Eckpunkte der Umriss des Neu- bzw. Zubaus anzugeben.

Ähnliche Bestimmungen über **Abweichungen vom Baukonsens** enthalten auch andere Landesbauordnungen:

In der **Oberösterreichischen Bauordnung 1994** (LGBl Nr. 66/1994 idF LGBl Nr. 14/2024) ist in § 49a geregelt, dass Abweichungen vom Baukonsens, auch hinsichtlich der Situierung, bei bestehenden Gebäuden im Bauland [...] als rechtmäßig gelten, wenn ursprünglich eine Baubewilligung erteilt wurde oder ein Baukonsens vermutet werden kann, die Abweichungen seit mindestens 40 Jahren bestehen und dies bescheidmäßig festgestellt wurde.

In der **Kärntner Bauordnung 1996** (LGBl Nr. 62/1996 idF LGBl Nr. 77/2022) ist in § 54 Abs. 1 vorgesehen, dass das Vorliegen der Baubewilligung für Gebäude vermutet wird, die seit mindestens 30 Jahren bestehen und für die eine Baubewilligung im Zeitpunkt ihrer Errichtung erforderlich war, welche jedoch nicht nachgewiesen werden kann.

Nach **§ 23a Abs. 1 des Burgenländischen Baugesetzes 1997** (LGBl Nr. 10/1998 idF LGBl Nr. 42/2024) gelten bestehende Bauwerke, für die eine Baubewilligung zum Zeitpunkt ihrer Errichtung erforderlich gewesen wäre und diese aber nicht nachgewiesen werden kann, als rechtmäßig, wenn sie bereits vor dem 1. Jänner 1970 errichtet wurden.

Jetzt Mitglied werden!



Wir bieten vieles..

- ➡ Netzwerken und Weiterbilden
- ➡ Kostenlose Fachzeitschrift vgi
- ➡ Vorträge und Seminare
- ➡ Ermäßigungen und Förderungen
- ➡ Mitgliederbereich auf der Homepage

➡ Näheres unter www.ovg.at ◀

:: Be part of it! ::



Grenzsteine – Steine erzählen Geschichte(n)

Das Fundstück – ein Grenzstein

Gelegentlich stößt mancher Grundbesitzer auf einen Grenzstein mit markanten Initialen, Wappen oder sonstigen Symbolen, manchmal sind solche Steine aber beschädigt und die Inschrift ist nicht mehr zur Gänze und vollständig erhalten.

So ist es auch dem Eigentümer des Grundstücks 316/2 in der Katastralgemeinde 75441 St. Martin bei Villach ergangen und er wünschte sich Aufklärung, welche Geschichte sich hinter diesem Grenzstein wohl verbirgt.

Um welche Buchstaben handelt es sich? Man erkennt ein **G**, gefolgt von einem **kleinen V** und am Ende kann es sich um ein **E** oder **L** handeln. Zwischen den Buchstaben sind auch Punkte als Abkürzungen zu erkennen, so auch vor dem erstgenannten Buchstaben, so dass man auch noch vor dem **G** einen Rest eines Buchstabens zu erkennen meint, wahrscheinlich ein **F** (s. Foto).

Da man die seinerzeitige Lage des Grenzsteins vor Ort ungefähr gezeigt bekommt, zeigt ein Blick in den ehemaligen Franziszeischen Kataster¹, dass das Grundstück damals die Nummer 316 hatte und an 315 und 317 angrenzte.

Ein Besuch im Landesarchiv und die Einsichtnahme im Parzellenprotokoll, das zum Zeitpunkt des Anlegens des Franziszeischen Katasters erstellt wurde, gibt Aufschluss über den damaligen Besitzer, der im Gesamtverzeichnis des „Hauptbuchs des vormaligen Pfarrhofs Dominium“² St. Martin ob Villach und Filialen“ eingetragen ist (s. Tabelle).

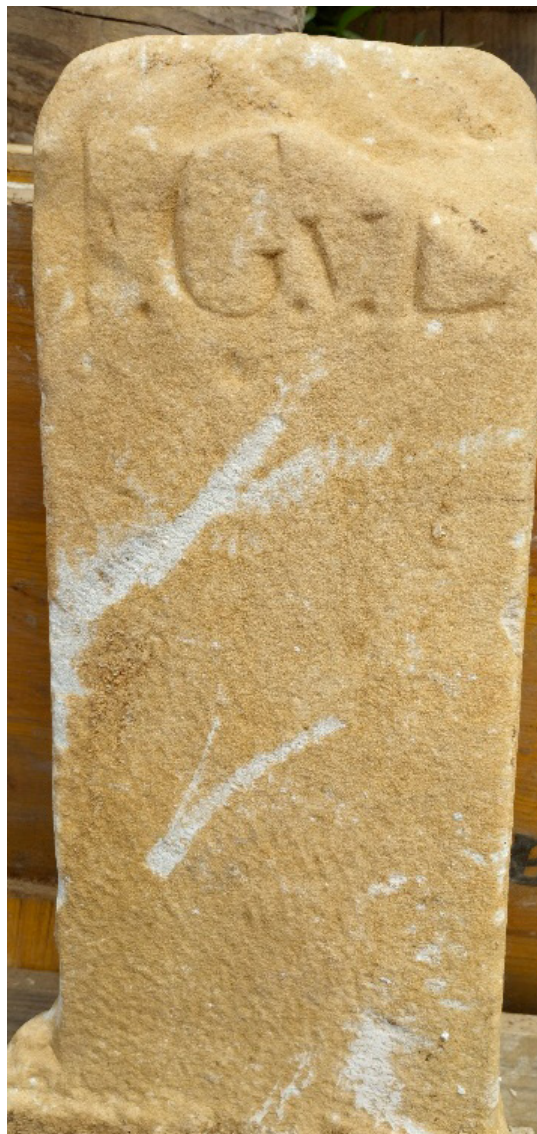
Auf Seite 16 des Parzellenprotokolls sind die Grundstücke mit den Nummern 316 und 317 mit der Eintragung des Namens des Eigentümers, seines Standes und Wohnortes zu finden.

Es handelte sich um **Franz Egger**, im Grafen-Stand mit dem Wohnsitz in Klagenfurt.

Somit sind die Initialen des Grenzsteins wie folgt zu deuten:

F. (ev. Franz), **G.** (Graf), **v.** (von), **E** (Egger).

Wann dieser Grenzstein gesetzt wurde, ist unbekannt, die Deutung des Buchstaben **F** bleibt unsicher. Somit versucht man einen Blick in die Geschichte der Familie Egger.



1) Anlegung des Franziszeischen Katasters in Kärnten zwischen 1822 und 1828; s. Tabelle.

2) Bis 1848 wurde zwischen Dominikal- und Rustikal-Land unterschieden. Unter Dominikalland (lat.: terra dominica, dominicalis, indominicata, terra salica) verstand man im Mittelalter Herrschaftsland, also Land, das direkt durch die Herrschaft (in der Regel Adel oder Kirche) bewirtschaftet wurde. Auf dem Dominikalland hatten die Leibeigenen Frondienst zu leisten. Quelle: Wikipedia am 01.07.2024

313		107	Raffler Jop: o	3/4		Stonpa.
314		107	do do	3/4		Stonpa
315		109	Ernst Guany o	gan Ernt		Alban.
316		126	Ernst Guany o	Guaf	Bergauf	Alban
317		126	Ernst Guany o	Guaf		Stonpa
318		128	Ernst Guany o	gan Ernt	Alban	Stonpa
319		128	do	do	do	Alban

Die Wurzeln der späteren Grafen von Egger gehen zurück auf Paul Egger den Älteren, geboren im Jahr 1648, der es in Leoben zu Wohlstand und Anerkennung brachte. Bei seinem Tod am 21. April 1700 hatte er zwei Radwerke und sechs Hammerwerke in seinem Besitz und hatte damit den Grundstein für eine der vermögendsten Gewerke-Familien Kärntens gelegt.

In der Folge zeichneten sich auch die Nachkommen durch wirtschaftliche und gesellschaftliche Erfolge aus, so dass deren Besitzungen sich auch bis weit nach Kärnten und darüber hinaus erstreckten. Diese Erfolge wurden durch die Erhebung in den Adelsstand (Graf, Freiherr) sichtbar. Pauls Enkel, Maximilian Thaddäus Egger (1734-1805) wird als „größter Herrschaftsbesitzer Kärntens“ bezeichnet.

Unter den Nachkommen findet man mehrere männliche Familienmitglieder, deren Vornahme mit einem F beginnt. So findet man einen Ferdinand Maximilian (1693–1753), gefolgt von zwei Enkeln Franz Xaver (1768–1836, Begründer der Treibacher Linie) und Ferdinand Johann (1772–1805, Begründer der Feistritz/Lippitzbach Linie).

In der Treibacher Linie folgen Gustav Johannes (1808–1884), gefolgt von Franz Xaver (1852–1904).

In der Feistritz³/Lippitzbacher Linie gibt es den Nachkommen Ferdinand Franz (1802–1860), ehe dann bei beiden Linien entweder männliche Nachkommen ausbleiben oder jene Besitzungen, die Gewerke, Hammerwerke und Bergwerke umfassten, an andere abverkauft wurden.

Als Nachkommen der Eggerschen Besitzungen beider Linien sind heute die Familien Sichel-Egger, Gorton, Mayer von Melnhof und Helldorf zu nennen.

Es kann nicht eindeutig geklärt werden, wann der Grenzstein F.G.v.E. gesetzt wurde. Das Parzellenprotokoll und die Lebensdaten der Grafen Egger sprechen allerdings eher für eine frühe Besitzname durch den Sohn von Maximilian Thaddäus (gest. 1805), nämlich Franz Xaver Graf von Egger (gest. 1836). Mit großer Wahrscheinlichkeit verweist der Stein auf Franz Graf von Egger.

PS: Wegen Bauarbeiten musste der Grenzstein vorübergehend entfernt werden, soll aber nach Abschluss der Arbeiten wieder an der ursprünglichen Stelle eingesetzt werden.

Referenzen

Franziseischer Kataster und Parzellenprotokolle (Kärntner Landesarchiv)

Martin STERMITZ (2005), Genealogisches zu der Gewerkefamilie der Grafen Egger, Abteilung für Landesgeschichte sowie mittelalterliche und neuzeitliche Numismatik, S.233-246

Dieter Kollenprat

3) Feistritz ob Bleiburg (in Unterkärnten)

Aus dem Vereinsleben

Herzliche Gratulation zu einem Jubiläum im November bzw. Dezember 2024 oder Jänner 2025

50. Geburtstag

Dipl.-Ing. Regina Gegenleitner, Wien

60. Geburtstag

Dipl.-Ing. Regina Waldner-Groß, Poggersdorf

Dipl.-Ing. Josef Wintner, Oberarnsdorf

70. Geburtstag

Dipl.-Ing. Martin Obex, Sistrans

Dipl.-Päd. Ing. Leopold Orsolits, BEd MSc, Wien

75. Geburtstag

Dipl.-Ing. Hans Polly, Wartmannstetten

Dipl.-Ing. Erwin Truttmann, Wien

Dipl.-Ing. Walter Erber, Bad Ischl

Dipl.-Ing. Helmut Kager, Wien

80. Geburtstag

Dipl.-Ing. Walter Einicher, St. Pölten

Dipl.-Ing. Franz Hutterer, Krems

90. Geburtstag

Dipl.-Ing. Adolf Pum, Wien

Wir begrüßen als neues Mitglied

Dipl.-Ing. Dipl.-Ing. Beatrice Löffler, St. Christophen

Wir trauern um die Verstorbenen

Prof. Dipl.-Ing. Dr. Gerhard Brandstätter ist am
7.3.2024 im 92. Lebensjahr verstorben.

Großes Ehrenzeichen für zwei OVG-Mitglieder

Anlässlich der Jahresabschlussfeier hat der Leiter des BEV Dipl.-Ing. Wernher Hoffmann das vom Bundespräsidenten verliehene Große Ehrenzeichen für Verdienste um die Republik Österreich an zwei OVG-Mitglieder überreicht. Dipl.-Ing. Wolfgang Gold leitet die Gruppe „Grundlagen und Geoinformation“ im BEV. Dipl.-Ing. Ernst Brandstötter leitete von 1997 bis zu seiner Pensionierung im Jahr 2024 das Vermessungsamt Steyr und organisierte als Kongressdirektor den Österreichischen Geodätentag 2018 und 2023 ebenda.



©BEV



©BEV

Robert Kostka



Nachruf

Am 2. August 2024 verstarb Univ.-Prof. Robert Kostka im 89. Lebensjahr. Er hat disziplinenübergreifend die Entwicklung von Photogrammetrie, Fernerkundung und Kartographie, vor allem im (Hoch-) Gebirge, über Jahrzehnte mitgeprägt; dies nicht nur in Österreich, sondern auf weltweitem Level. Als akademischer Lehrer, Forschungsreisender und institutionenprägender Vertreter seines weiten Fächerbereichs schöpfte er trotz enormer beruflicher Belastung – mit einem gehörigen Quäntchen Humor und Ironie ausgestattet – alle Möglichkeiten des Lebens eines Wissenschafters aus.

Robert Kostka wurde am 29. November 1935 in Graz geboren und wirkte über 60 Jahre als herausragender österreichischer Vertreter in den eingangs erwähnten Disziplinen. Sein Schaffen fällt in diesen Bereichen in eine Epoche weitreichender Neuentwicklungen und dadurch bedingter paradigmatischer Wechsel.

Sofort nach seiner Studienzeit bekam Kostka das Angebot, als Assistent an der Lehrkanzel für Geodäsie, heute Arbeitsgruppe Fernerkundung und Photogrammetrie des Institutes für Geodäsie, zu arbeiten. In diese erste Zeit als Universitätsbediensteter ab 1960 fallen die Erstellungen von sehr zahlreichen großmaßstäbigen kartographischen Darstellungen.

1970 war „Bob“ bei dem von Mitgliedern der Akademischen Sektion Graz des ÖAV initiierten und organisierten Grazer Forschungsunternehmen „Exploration '70“ in den afghanischen Wakhan-Korridor als Geodät und Kartograph dabei. Die Zweitersteigung des damals noch für einen Siebentausender gehaltenen „Koh-e Keshnikhan“ im Hindukusch zusammen mit Walter Kuschel, seine erstmalige exakte Vermessung mit 6.755 m und das

bemerkenswerte Kartenblatt der Alpenvereins-Serie im Maßstab 1:25.000 dieses Gebietes zählen sicher zu den Höhepunkten im alpinistischen und wissenschaftlichen Leben Kostkas.

Bereits 1973 begann dann zusammen mit seinen Grazer Alpenvereinskollegen Roger Senarclens de Grancy, Karl Gratzl und Walter Kuschel die Planung für ein weiteres, noch größeres Forschungsunternehmen, nämlich die „Exploration Pamir '75“, das noch weiter in den östlichen Wakhan führen sollte. Im Nachgang dieser durch den 399 Seiten starken Text-Bild-Band „Großer Pamir“ bekannt gewordenen und international gepriesenen Wakhan-Expedition 1975 hat er dann unter dem Titel „Applikationsmodifizierung topographischer Karten (im Gebirge)“ an der Technischen Universität Graz seine Dissertation eingereicht und wurde 1980 zum Doktor der Technischen Wissenschaften promoviert.

Als sich 1984 die Möglichkeit bot, bei der European Space Agency (ESA) als Co-Investigator für das Metric Camera Experiment auf dem Spaceshuttle aktiv zu werden, und Kostka hierzu ausgewählt wurde, blieb er den bisher bearbeiteten asiatischen Gebirgsregionen treu. Diese Untersuchungen führten dann zu seiner im Jahre 1988 an der Technischen Universität Graz approbierten Habilitationsschrift mit dem Titel „Die erdkundende Weltraumphotographie und ihre Anwendung in der Gebirgskartographie“.

Die fruchtbare Kooperation mit dem Institut für Digitale Bildverarbeitung und Computergraphik der Forschungsgesellschaft Joanneum führte in weiterer Folge 1988/89 zur Errichtung des internationalen Tauern-Dachstein-Testgebiets („TADAT“) für Satellitenbildern westlicher wie östlicher Provenienz. Von 1981 bis 1999 und schließlich bis 2002 war Kostka im Rahmen des Forschungsschwerpunkts „Siedlungsprozesse und Staatenbildungen im Tibetischen Himalaya“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) viele Monate zu Geländearbeiten in Nepal und erstellte über 20 Karten unterschiedlicher Art.

Da der „Unruhesthändler“ Kostka neben seiner bis in das letzte Lebensjahrzehnt andauernden fachbezogenen Publikationstätigkeit auch im weitesten Sinne kulturell aktiv war und mit seiner Frau Helga umfangreiche Studienreisen unternahm, war sein Leben bis kurz vor seinem Tode durchaus erfüllt und immer von Terminplanungen bestimmt.

Alpinisten, Wissenschaftler und alle Geodäten Österreichs werden Robert Kostka ein ehrendes Andenken bewahren.

Manfred Buchroithner, Graz – Dresden

Buchbesprechungen

Piero Martin

Maß für Maß

Die sieben Einheiten, die unsere Welt erklären

Aufbau Verlage, Berlin, 2022,
228 Seiten, € 23,70.

ISBN 978-3-3510-3981-3

„Die Menschheit vermisst die Welt, um die Vergangenheit zu ergründen, die Gegenwart zu verstehen, in die Zukunft zu schauen.“ (S.12)

Piero Martin, Universitätsprofessor für Experimentalphysik an der Universität von Padua (Italien) schreibt in seinem ersten populärwissenschaftlichen Buch über die sieben aus der Natur abgeleiteten Basiseinheiten Meter (m) (Länge), Sekunde (s) (Zeit), Kilogramm (kg) (Masse), Kelvin (K) (Temperatur), Ampere (A) (Stromstärke), Mol (mol) (Stoffmenge) und Candela (cd) (Lichtstärke) mit deren Hilfe alles messbar ist, was die Menschen umgibt. Diese werden als SI-Einheiten (Système International d'unités) bezeichnet. Bereits Ende des 17. Jahrhunderts wurde in Paris das metrische Dezimalsystem mit sechs Einheiten erfunden, von denen Meter und Kilogramm bis heute in Verwendung sind. Erst im Jahre 1971 kam das Mol als letzte Maßeinheit dazu.

Früheste Messverfahren wurden bereits vor 4000 Jahren angewandt. Erste benannte Maßeinheiten bezogen sich auf Körperteile (z.B. Fuß, Elle). Im 18. Jahrhundert entwickelte sich die Definition eines universellen Einheitssystems. Um moderne Wissenschaftsmethodik strukturiert zu betreiben, ist eine ‚gemeinsame Sprache‘ unabdingbar, eine Tatsache, die zur Etablierung von Maßeinheiten geführt hat. Ohne diese wären Experimente und die Aufstellung von Theorien, um diese zu validieren oder widerlegen, nicht möglich. Seit 2018 werden die



SI-Einheiten ausgehend von universellen physikalischen Konstanten definiert.

Mit einem auf Fakten basierendem anekdotischen Ausflug in die Vergangenheit beginnt jedes Kapitel, der auf den ersten Blick nicht einen unmittelbaren Zusammenhang mit der jeweiligen Einheit erkennen lässt. Der Autor verflechtet Begebenheiten von mehr oder weniger bekannten handlungsentscheidenden Akteuren der Wissenschaftsgeschichte. Anhand eines kurzen historischen Rückblicks wird die Entwicklung der jeweiligen Maßeinheit gezeigt. Beim Lesen muss die Reihenfolge der Kapitel keineswegs eingehalten werden und kann je nach Belieben bzw. Interesse geändert werden, da jede dieser Einheiten für sich steht, gelegentliche Querverweise stören nicht.

Diese sieben auf knapp 230 Seiten vorgestellten Maßeinheiten beeinflussen sowohl in direkter Weise als auch oft unbewusst das Leben der Menschen und sind aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. „Die Wissenschaft zum Allgemeingut der Bürger zu machen ist ein entscheidender Schritt zu einer funktionierenden Demokratie.“ (S.34) Diese Errungenschaft darf keineswegs unterschätzt werden, denn „der Vermessungsprozess [...] kann von einem unparteiischen Erkenntnisinstrument zum Protagonisten der Verzerrungen werden“ (S.218).

Fazit: Ein verständlich geschriebenes Buch für den physikalisch interessierten Laien, dem bis dato vielleicht nicht alle sieben SI-Einheiten bekannt waren als auch für Wissenschaftler, die abseits der nackten Zahlen interessante Fakten erfahren. Minuspunkte sind ein leider fehlendes ausführliches Quellen- als auch Literaturverzeichnis, das nach dieser Lektüre zur weiteren Vertiefung anregen könnte. Ein Stichwortverzeichnis wäre ebenso wünschenswert.

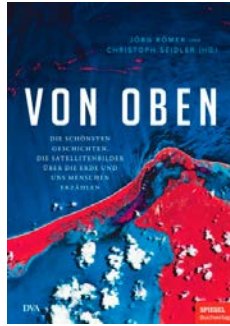
Regina Falkensteiner

Jörg Römer und
Christoph Seidler (Hrsg.)

Von oben

Die schönsten Geschichten,
die Satellitenbilder über die
Erde und uns Menschen
erzählen

Deutsche Verlags-Anstalt,
München & Spiegel Verlag,
Hamburg, 2021,
288 Seiten, € 24,70.
ISBN: 978-3-4210-4891-2



„Um die Erde ganz zu begreifen, brauchen wir den Blick aus dem Weltall.“ (S.33) Erst diese Perspektive „Von oben“, so wie der Titel dieses Bildbandes lautet, erlaubt uns das Aussehen der Erde aus einem ganz besonderen Blickwinkel zu betrachten. Die beiden Herausgeber, Jörg Römer und Christoph Seidler, zeigen seit vielen Jahren unter https://www.spiegel.de/thema/satellitenbild_der_woche/ in der ältesten Kolumne des Wissenschaftsressorts des Spiegels ausgewählte Eindrücke über unsere Erde. Diese sind nun in Buchform erschienen, von denen einige bereits online veröffentlichte Bilder auch hier abgebildet sind, der Großteil jedoch wurde hier erstmals publiziert. Satellitenbilder zeigen die Erde aus einer Perspektive, die sie den Leser gänzlich neu entdecken lässt.

In der Einleitung wird ein kurzer historischer Rückblick über die Entwicklung der Satellitenbilder dargeboten. 1959 wurde die erste schwarz-weiß Bildaufnahme aus dem Weltall veröffentlicht, 1967 das erste Farbbild der gesamten Erde. Das vermutlich bekannteste Farbbild der Erde ist „Blue Marble“, aufgenommen bei der Apollo 17 Mission im Jahre 1972. Die Auflösung von Satellitenbildern bewegt sich derzeit im niedrigen Dezimeterbereich. Inzwischen betreiben aus verschiedenen Staaten sowohl das Militär als auch kommerzielle Anbieter mit unterschiedlichen Intentionen eine Vielzahl von Satelliten im Orbit. Seit Ende der 1990er Jahre lieferte der Satellit „Ikonos“ rund 600.000 frei zugängliche Fotos. Die Anwendungsbereiche von Satellitenbildern sind äußerst vielfältig. Insbesondere im Bereich der Umweltwissenschaften liefern diese Erkenntnisse über den aktuellen Zustand der Erde wie z.B. das Schmelzen des Eises in

der Arktis und Antarktis oder die Abholzung der tropischen Regenwälder. Auch die Vermessung des Meeresbodens und die Berechnung des Schwerefelds der Erde sind auf deren Basis möglich.

Um sich einen ersten Eindruck über die Auswahl der präsentierten Bilder zu verschaffen, sind auf den vorderen und hinteren Umschlagseiten auf einer Weltkarte die Lage der Abbildungen mit Namen und Seitenzahl eingetragen. Das Buch gliedert sich in die folgenden fünf Kapitel:

- Stadt, Land, Fluss – Das wundersame Antlitz der Welt.
- Die sieben Weltmeere – Wo die wilden Wellen wogen.
- Wie im Urlaub – Die schönsten Orte des Planeten.
- Achtung, Achtung – Hier droht Gefahr.
- Bleibt alles anders – Wie der Mensch die Erde prägt.

Zu jedem Bild, das mit einem einprägsamen Titel versehen wurde, gibt es einen kurzweiligen informativen Text, der oft auf den ersten Blick nicht Erkennbares erläutert. Es wird sowohl die Schönheit als auch die Gefährlichkeit, die sich hinter einem Naturphänomen verbergen kann, gezeigt. Oft regen die begleitenden Zeilen auch zum Nachdenken über das Mutterschiff Erde an und lassen auch deren Verwundbarkeit erkennen mit nicht wieder rückgängig machbaren Veränderungen. Die Leserschaft sollte kurz innehalten und überlegen, wohin die Menschheit im 21. Jahrhundert steuert. „Satelliten können uns aus dem All auf Probleme aufmerksam machen. Lösen müssen wir sie auf der Erde.“ S. 29

Fazit: Mit Hilfe dieser 50 Bilder aus unterschiedlichen Regionen der Erde ist eine Reise rund um den Globus möglich ohne sein zu Hause zu verlassen und wir können sogar Gebiete entdecken, die sonst teilweise nur schwer zugänglich sind. Dieses Buches hätte durchaus im Format A4 publiziert werden können, um die farblich eindrucksvollen Bilder noch wirksamer zu präsentieren. Abschließend ist die Auszeichnung mit dem ITB (Internationale Tourismus-Börse Berlin) BuchAward 2022 in der Kategorie „Reise-Bildband/Illustriertes Sachbuch“ hervorzuheben.

Regina Falkensteiner

Neuerscheinungen

Vida Maliene,
Reinfried Mansberger,
Jenny Paulsson, Tine
Köhler, Walter Seher (Hg.)
**Sustainable and Equitable
Land Management**
Legal Framework,
Assessment, Planning Tools
Buchreihe: European
Academy of Land Use and
Development (EALD)
vdf Hochschulverlag AG,
2024, 240 Seiten, 62,00 €.
ISBN: 978-3-7281-4171-2



This new volume of European Academy of Land Use and Development (EALD) contains broad view and interdisciplinary peer reviewed articles that inform the reader of most recent scientific investigations in Land Management. The spectrum of contributions cover: regulations, governance and implementation of land management along with assessment of relevant data.

Some of the key highlights include various scientific and practical approaches, applied methods and systems together with a discussion and understanding of the government's role in various European countries.

Committed to sustainability, the articles entailed give evidence to Europe as an experimental ground for land management issues as well as allows for collaboration in pursuit of best practices.

Red.

Herbert Karner,
Martina Stercken (Hg.)
Habsburg kartieren
Schriftbildliche Entwürfe
von Herrschaft im 16. und
17. Jahrhundert
De Gruyter, 2024,
204 Seiten, 129,00 €.
ISBN: 978-3-11-11736-2

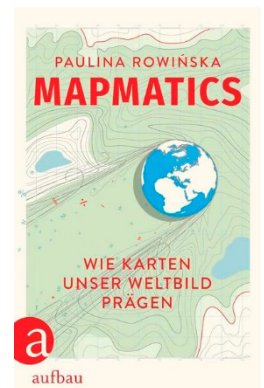


Seit einiger Zeit werden Karten als hybride Ordnung von Wissen in den Kontext der bildlichen wie auch schriftlichen Überlieferung ihrer Zeit gestellt und als Visualisierung, Konstitution und Aneignung von Raum erschlossen. Zugleich ist die Frage nach der politischen Bedeutung kartographischer Darstellungen in den Vor-

dergrund gerückt. Damit werden nicht nur die Produktionsbedingungen von Karten in den Blick genommen, sondern auch ihre Rolle bei der Inszenierung von Macht habern sowie die vielfältigen Formen, in denen politische Ansprüche und Vorstellungen auf der Kartenoberfläche verortet werden. Der Band befasst sich erstmals systematischer und in interdisziplinärer Perspektive mit kartographischen Konzeptionen der Raumherrschaft Habsburgs im 16. und 17. Jahrhundert. Er gilt also einer Zeit, die durch den beeindruckenden, allerdings immer wieder in Frage gestellten Herrschaftsausbau der Habsburger und gleichzeitig durch eine Suche nach adäquaten Formen seiner Kartierung charakterisiert ist. Im Zentrum steht, wie die Karten dieser Zeit angelegt sind, um dem Ausmaß und der Qualität habsburgischer Herrschaft Ausdruck zu verleihen.

Red.

Paulina Rowińska
Mapmatics
Wie Karten unser Weltbild
prägen
Verlag – Aufbau, 2024,
448 Seiten, 29,50 €.
ISBN: 978-3-351-04193-9



Ob bei Google Maps oder Apple: Täglich verlassen wir uns auf Karten. Aber wir denken selten darüber nach, wie umfangreich sie Einfluss auf unser Leben nehmen. Zum Beispiel durch die Mercator-Projektion aus dem 16. Jahrhundert, die bis heute die Dominanz des Westens unterstreicht, indem sie die Länder des Nordens größer erscheinen lässt. Oder durch Gerrymandering, das den Ausgang von Wahlen beeinflusst.

Paulina Rowińska weht uns ein in die Geheimnisse der Kartenerstellung: Sie zeigt, wie Karten Pandemien bekämpfen und dabei helfen, Serienkiller dingfest zu machen, dass Karten immer politisch sind – und dass wir, wenn wir die Mathematik hinter Karten verstehen, die Welt mit neuen Augen sehen können.

Nominiert für das Wissenschaftsbuch des Jahres 2025!

Red.

Hans Egger

Ostalpen-Saga

Die Biographie eines Gebirges

Verlag Anton Pustet

Salzburg, 2023,

288 Seiten, 33,00 €.

ISBN: 978-3-7025-1084-8



Was uns die Steine zu erzählen haben!

Das Material, das Geolog*innen über die Erdgeschichte zusammengetragen haben, ist inzwischen so reichhaltig, dass es ganze Bibliotheken füllt. Schließlich geht es um eine fast unendliche Geschichte, die mehrere Jahrmilliarden in der Zeit zurückreicht.

Die Ostalpen-Saga ist nur ein einzelnes Kapitel daraus, in dem die Biografie eines kleinen Gebirges vorgestellt wird, das ungefähr das Gebiet des heutigen Österreich, des südlichsten Bayern und der östlichsten Schweiz einnimmt. Diese Biografie ist voll mit überraschenden Wendungen und im wahrsten Sinn des Wortes erschütternden Ereignissen, aber auch voll mit bizarren Lebewesen, deren Aussehen manchmal selbst die Vorstellungen der wildesten Fantasie übertrumpft. Die Ostalpen-Saga erweckt ein faszinierendes Stück Erdgeschichte wieder zum Leben und will die Leserschaft zu eigenen Entdeckungen in der oft verblüffenden Welt der Steine anregen.

Nominiert für das Wissenschaftsbuch des Jahres 2024!

Red.

Peter Bellerby

Der Globenmacher und wie das Bild unserer Welt entstand

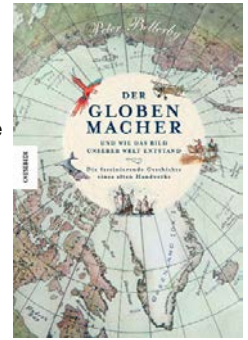
Die faszinierende Geschichte
eines alten Handwerks

Knesebeck GmbH & Co.

Verlag KG, 2024,

240 Seiten, 36,00 €.

ISBN: 978-3-95728-851-6



Nachdem Peter Bellerby vergeblich nach einem Globus für den Geburtstag seines Vaters gesucht hatte, machte er sich daran, selbst einen herzustellen. Er rechnete damit, dass das Ganze einige Monate dauern würde: Denn wie schwierig kann es schon sein, eine Kugel mit einer Karte zu bekleben? Doch er ahnte nicht, wohin ihn sein Vorhaben führen würde ...

Heute ist Bellerby & Co. in London der weltweit einzige Hersteller maßgefertigter Globen. Ein Team erfahrener Handwerker und Kartographen fertigt dort exquisite Erd-, Himmels- und Planetengloben für Kunden in aller Welt. Dieses wunderbar illustrierte Sachbuch führt durch den aufwändigen Herstellprozess eines Globus und erzählt anhand historischer Illustrationen, exklusiven Fotografien und Anekdoten die Geschichte des traditionsreichen Handwerks und seiner Bedeutung für die Menschheit. Eine aufschlussreiche und faszinierende Erkundung von Globen und ihrer Fähigkeit, uns unsere Erde und unseren Platz im Universum zu zeigen.

Red.

Veranstaltungskalender

Internationale Geodätische Woche Obergurgl

09.02. – 15.02.2025 Obergurgl, Österreich
<https://www.uibk.ac.at/de/geometrie-vermessung/veranstaltungen/obergurgl-2025/>

Munich Satellite Navigation Summit

26.03. – 28.03.2025 München, Deutschland
<https://www.munich-satellite-navigation-summit.org/>

FOSS4G-Europe

26.03. – 29.03.2025 Münster, Deutschland
<https://www.osgeo.org/events/fossgis-2025-munster/>

International Conference on GI Systems (GISTAM)

01.04. – 03.04.2025 Porto, Portugal
<https://gistam.scitevents.org/Home.aspx>

Photogrammetric Week (DGPf)

01.04. – 04.04.2025 Stuttgart, Deutschland
<https://www.dgpf.de/cal/Eventdetail/172/114%7C136%7C113%7C101/photogrammetric-week-2025.html>

GEO-Tag

03.04. – 03.04.2025 Wien, Österreich
<https://www.tuwien.at/mg/geo/veranstaltungen/geo-tag/aktuelles/newseintrag/news/termine-fuer-2025>

ISPRS Geospatial Week

06.04. – 11.04.2025 Dubai, UAE
<https://gsw2025.ae/>

FIG Working Weeks

06.04. – 10.04.2025 Brisbane, Australien
<https://www.fig.net/fig2025/>

Mobiles GIS-Forum

10.04. – 11.04.2025 Augsburg, Deutschland
<https://www.rundertischgis.de/veranstaltungen/mobiles-gis-forum/>

Geospatial World Forum

22.04. – 25.04.2025 Madrid, Spanien
<https://geospatialworldforum.org/2025/index.php>

CLGE General Assembly

09.05. – 10.05.2025 Amersfoort, Niederlande
<https://www.clge.eu/event/clge-general-assembly-amersfoort-nl-09-10-may-2025#2025-05-09>

Internationales 3D-Forum Lindau

13.05. – 14.05.2025 Lindau, Deutschland
<https://www.rundertischgis.de/veranstaltungen/3d-forum-lindau/>

European Navigation Conference (ENC)

21.05. – 23.05.2025 Wroclaw, Polen
<https://enc-series.org/2025/>

SGPF, DGPf & OVG – Dreiländertagung 2025

03.06. – 05.06.2025 Muttenz, Schweiz
<https://fhnw.ch/plattformen/dlt2025/>

DACH 2025 – Dreiländertagung der IKV

05.06. – 07.06.2025 Basel, Schweiz
<https://www.bdvi.de/de/news-medien/termine/2025-06-05-dach-2025-dreilaender-tagung-der-freiberuflichen-vermessungsingenieure-aus-deutschland-oesterreich-und-der-schweiz>

AGIT 2025

02.07. – 03.07.2025 Salzburg, Österreich
<https://gi-salzburg.org/de/>

ESRI USER CONFERENCE

14.07. – 18.07.2025 San Diego, USA
<https://www.esri.com/en-us/about/events/uc/save-date>

International Cartographic Conference (ICC)

18.07. – 22.07.2025 Vancouver, Kanada
<https://icc2025.com/>

INTERGEO

07.10. – 09.10.2025 Stuttgart, Deutschland
<https://www.intergeo.de/>

Trimble Dimension

10.11. – 12.11.2025 Las Vegas, USA
<https://www.trimble.com/en/our-company/events/dimensions/overview>

IEEE Visualization Conference

02.11. – 07.11.2025 Wien, Österreich
<https://www.ieeevis.org/year/2024/blog/vis-25-in-vienna>

OVG.Summit 2026 # Geodät:innentag

27.05. – 28.05.2026 Wien, Österreich
<https://www.ovg.at/de/tagungen/ovgsummit/>

OVG-Vorträge Sommersemester 2025

Vortragsprogramm Innsbruck

Veranstaltungsort:

Universität Innsbruck

Hörsaal B6, Technikerstraße 13, 6020 Innsbruck
<https://www.ovg.at/de/aktuelles/vortrage/innsbruck/>

Mittwoch, „Beiträge der Ingenieurgeodäsie für ein digitales LifeCycle. Management von Infrastrukturbauwerken“

26. März 2025

18 Uhr 15

Prof. Dr.-Ing. Ingo NEUMANN

Geodätisches Institut, Leibniz Universität Hannover

Mittwoch, „Das Öffentliche Wassergut – öffentlich-rechtliche und privatrechtliche Grundlagen“

9. April, 2025

18 Uhr 15

Dr. iur. Walter SANDHOLZER

Amt der Vorarlberger Landesregierung, Abteilung Wirtschaftsrecht

Mittwoch, „Das (ungenutzte) Potential von Radarsatellitendaten für die flächenhafte Detektion von Bodenbewegungen“

7. Mai 2025

18 Uhr 15

Markus DÖRFLER MSc

AUGMENTERRA GmbH, Puch bei Hallein

Mittwoch, „Alles eine Frage der Zeit? Wie neue Strategien der 4DErdbeobachtung das Geomorphologische Monitoring verbessern“

4. Juni 2025

18 Uhr 15

Prof. Dr. Katharina ANDERS


Technische Universität München

Austrian histMap maps.bev.gv.at

ZEITREISE



bev.gv.at

 Bundesamt
für Eich- und
Vermessungswesen

In der Kartographie ist in den letzten hundert Jahren richtig viel passiert und diese Geschichte wollen wir jetzt sichtbar machen.
Erleben sie in acht unterschiedlichen Epochen ein Stück der Geschichte Österreichs. maps.bev.gv.at

