Zeitschrift: Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio

Herausgeber: geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement

Band: 102 (2004)

Heft: 7

Artikel: Hochpräzise Lotung im Schacht Sedrun des Gotthard-Basistunnels

Autor: Schätti, I. / Ryf, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-236146

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 08.08.2025

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

Hochpräzise Lotung im Schacht Sedrun des Gotthard-Basistunnels

Im Zwischenangriff Sedrun des 57 km langen Gotthard-Basistunnels des Projektes AlpTransit erfolgen die Vortriebsarbeiten nach Norden und Süden vom Fuss eines 800 m tiefen Schachtes aus. Die Positionsübertragung von der Kaverne am Schachtkopf hinunter auf das Tunnelniveau wird von den Vermessungsfachleuten mit zwei unterschiedlichen Methoden, einmal optisch und einmal mechanisch, realisiert. Der vorliegende Bericht beschreibt die bisher durchgeführten Lotungen und dokumentiert die erreichten Genauigkeiten.

Dans le tronçon de Sedrun du tunnel de base du projet AlpTransit (longueur 57 km), les excavations en direction nord et sud se déroulent au pied d'un puits de 800 m. Les spécialistes de mensuration ont choisi deux méthodes différentes, d'une part optique, d'autre part mécanique, pour transférer la position de la caverne à la tête du puits au niveau du tunnel. Le rapport décrit les travaux réalisés et documente les précisions atteintes.

Nell'attacco intermedio di Sedrun della galleria di base del San Gottardo del progetto AlpTransit, lunga 57 km, l'avanzamento in direzione nord e sud avviene dal piede di un pozzo profondo 800 m. Gli specialisti di misurazione hanno scelto due metodi diversi, da una parte ottico, dall'altra parte meccanico per trasferire la posizione dalla caverna alla testa del pozzo sul livello della galleria. Il rapporto descrive le misurazioni avvenute e documenta le precisioni realizzate.

I. Schätti, A. Ryf

1. Ausgangslage und Aufgabenstellung

Der 57 km lange Gotthard-Basistunnel des Projektes AlpTransit wird von fünf Orten aus gleichzeitig vorgetrieben. Der Zwischenangriff Sedrun liegt mitten in den Alpen im bündnerischen Vorderrheintal. Ein Zugangsstollen führt 1 km weit ins Bergesinnere, wo von einer Kaverne aus der 800 m tiefe Schacht (Durchmesser 8 m) auf das zukünftige Tunnelniveau hinunter abgeteuft wurde. Im Verlauf des Jahres 2003 hat das mit dem Bau der Multifunktionsstelle und dem unterirdischen Tunnelausbruch beauftragte Baukonsortium 38 m neben dem ersten Schacht einen zweiten Schacht (Durchmesser 6.5 m) abgeteuft. Dieser soll die Bauarbeiten erleichtern und den Schacht I entlasten. Zurzeit (Frühjahr 2004) wird die unterirdische Multifunktionsstelle ausgebrochen, welche Lüftungsinstallationen, Technikräume und Nothaltestellen umfassen wird. Messtechnisch stellt die Schachtanlage Sedrun einige Anforderungen an die Fachleute. Neben der Orientierung und dem Netzmassstab müssen auch dreidimensionale Koordinaten zum Schachtfuss übertragen werden. Oberstes Ziel ist der Einsatz unabhängiger Präzisionsmessmethoden, um systematische Fehler auszuschliessen und die bestmögliche Genauigkeit zu erreichen. Im vorliegenden Bericht wird einer der Vermessungsaspekte, nämlich die Positionsübertragung, beschrieben.

Die für den Gotthard-Basistunnel ge-

Abb. 1: Nadirlot am Schachtkopf.

Abb. 2: Positionierung der Stative am Schachtfuss.

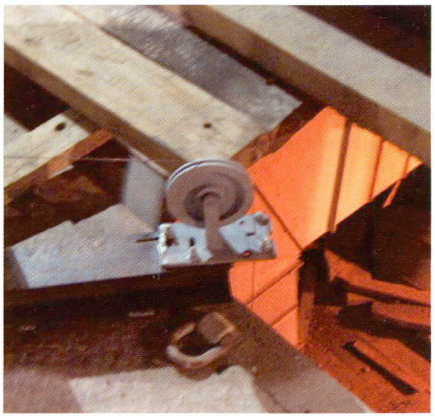


Abb. 3: Umlenkrolle mit Lotdraht.

samthaft durchgeführte Präanalyse des Vortriebsnetzes ergab für eine Koordinatendifferenz zwischen Schachtkopf und -fuss eine Genauigkeitsanforderung von 24 mm. Zur Erfüllung der Zuverlässigkeitsforderungen drängte sich die Durchführung der Lotung mit zwei möglichst unabhängigen Messmethoden, nämlich optisch und mechanisch, schon früh auf. Im Frühjahr 2002 konnte an einem Wochenende eine erste Lotung mit beiden Methoden im Schacht I realisiert werden. Im Januar 2004 konnte im Schacht II eine weitere optische Lotung erfolgreich durchgeführt werden.

Mit der Verantwortung für die Planung und Durchführung aller vermessungstechnischen Arbeiten für die Hauptabsteckung des Gotthard-Basistunnels wurde das Konsortium VI-GBT (Vermessungsingenieure Gotthard-Basistunnel) beauftragt. Die Organisation und Realisation der Lotung in Sedrun erfolgte durch den Konsortialpartner Grünenfelder und Partner AG. Die Professur Ingensand der ETH Zürich unterstützte das Konsortium bei der optischen Lotung, die DBE Erkundungsbergwerk Gorleben führte mit ihrem Material die mechanische Lotung durch.

2. Optische Lotung im Schacht I und II

2.1 Lotung Schacht I

Die optische Lotung von oben nach unten erfolgte mit einem Leica-Nadirlot (Auflösung 1:200 000) (Abb. 1). Zur Steigerung der Genauigkeit und Zuverlässigkeit wurden drei Lotkorridore gemessen, wobei sich die Anordnung nach den vorhandenen Schachtinstallationen richtete. Der Abstand vom Schachtrand betrug zwischen 1.60 m und 3.80 m, das Lotgerät wurde auf Stativen positioniert.

Während der Lotung und bereits mehrere Stunden vorher wurde die Belüftung so eingestellt, dass im Schacht «Fallluft» herrschte, das heisst, am Schachtfuss wurde die Luft abgesaugt und durch die Lutten ins Freie geleitet, die Frischluftzufuhr von oben befreite den Schacht von jeglichem Nebel und erlaubte eine klare Sicht von oben nach unten. Ständige Wassertropfen verunmöglichten allerdings eine Zenitlotung im Schacht sowohl mit dem Zenitlot, als auch mit dem Tachymeter (mit und ohne automatische Zielerkennung).

Auf den am Schachtfuss mit Näherungskoordinaten abgesteckten Lotpunkten dienten Prismen mit zentrischen Leuchtdioden als Zielmarken. Die exakte Feinpositionierung auf den Stativen erfolgte mit Kreuzschlitten (Zweiachs-Verschiebetischen) (Abb. 2).

In vier Lagen wurden jeweils die Abweichungen beobachtet, die Solllage bestimmt und per Funk die Korrekturen zum Operateur am Schachtfuss durchgegeben. Nach ca. fünf Durchgängen war die beste Position erreicht. Die Stative wurden am Schachtfuss und am Schachtkopf von drei Stationen aus mit Einbezug der Fixpunkte eingemessen. Anschliessend folgte eine zweite unabhängige Positionierung mit identischem Vorgehen.

2.2 Lotung Schacht II

Die optische Lotung im Schacht II wurde knapp zwei Jahre nach der ersten Lotung im Schacht I mit derselben Messkonfiguration durchgeführt. Wiederum konnte die Lüftung so eingestellt werden, dass eine klare Sicht eine präzise Anzielung der Prismen über 800 m ermöglichte.

3. Mechanische Lotung im Schacht I

Auch die mechanische Lotung wurde über drei Korridore geführt. Die Installation der Winden, der Umlenkrollen (Abb. 3) und das Einfahren der Lotdrähte erforderte fast einen ganzen Arbeitstag. Die Installation endete mit dem Auflegen der Gewichte, welche pro Lot ca. 390 kg betrugen. Nach einer Ruhephase der Lote von ca. zwölf Stunden konnten die Messungen am folgenden Morgen aufge-

Abb. 4: Lote mit 192 kg Gewicht.

nommen werden. Von zwei Stationen aus wurden mit je einem Theodolit jeweils zehn Umkehrpunkte der drei pendelnden Lote in beiden Fernrohrlagen gemessen. Die zweite Messreihe erfolgte nach einer Reduktion der Gewichte auf ca. 192 kg (Abb. 4), die dritte wiederum mit 390 kg.

4. Auswertung

4.1 Modell für die Lotabweichungskorrekturen

Die Lotabweichung geht bei der Punktübertragung direkt in die Genauigkeit der Koordinaten ein und muss zwingend berücksichtigt werden. Die Lotlinie ist zudem gekrümmt, die Korrekturwerte an Schachtfuss und -kopf unterscheiden sich. Für die Bestimmung der Lotabweichungen wird das Geoid-Modell 98 von Marti (Programm CHGEO98) verwendet. Die Genauigkeit der Lotabweichungen beträgt ca. 0.3 mgon. Die Abbildung 5 enthält die jeweiligen Lotabweichungswerte und die daraus resultierenden Korrekturwerte.

Das Modell für die Lotabweichungen ist bei der optischen und der mechanischen Lotung identisch. Die beiden Methoden sind deswegen nicht ganz unabhängig, allfällige systematische Fehler im Geoidmodell bleiben unentdeckt.

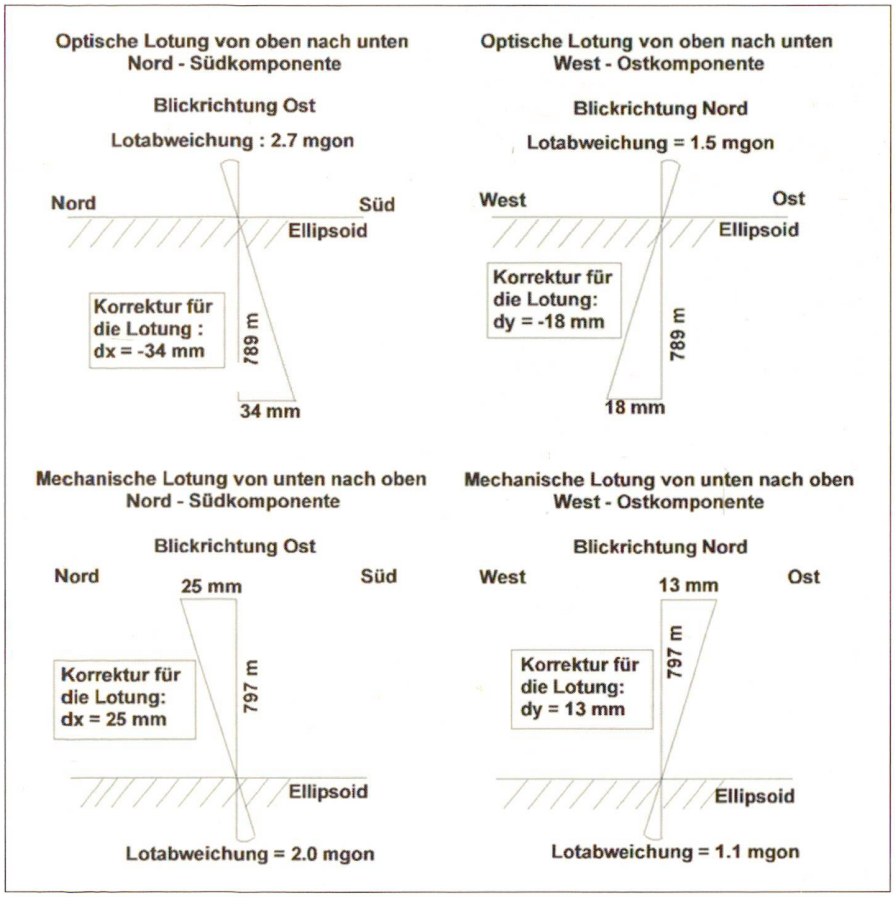


Abb. 5: Für die Korrektur des Einflusses der Lotabweichungen verwendete Werte.

4.2 Optische Lotung

In einem ersten Arbeitsschritt erfolgte die Berechnung der inneren Genauigkeit der optischen Lotung. Die beiden durch die Lotpunkte definierten Dreiecke an Schachtkopf und -fuss wurden miteinander verglichen. Die Restklaffungen einer einfachen Transformation (Translationen in Y- und X-Richtung) liegen zwischen 0.9 und 4.1 mm, die daraus resultierende innere Genauigkeit der Lotung beträgt 3.7 mm in Y-Richtung, bzw. 2.8 mm in X-Richtung. Hinzu kommt die Unsicherheit der Lotabweichung von 0.3 mgon, bzw. ca. 4 mm auf 800 m. Die Genauigkeit der optischen Lotung beträgt damit ca. 6 mm. Diese Werte stammen aus der optischen Lotung im Schacht I. Das Vorgehen bei der Auswertung der optischen Lotung im Schacht II war identisch. Die Restklaffungen und die Genauigkeiten liegen in derselben Grössenordnung.

4.3 Mechanische Lotung

Systematische Einflüsse wie Wetterzug, Tropfwasser und Krümmung des Drahtes lenken den Lotdraht von der Solllage ab. Diese Einflüsse sind umgekehrt proportional zum Gewicht und können mit der Mehrgewichtslotung berücksichtigt werden. Anhand der drei Messreihen (1. volles Gewicht, 2. halbes Gewicht, 3. volles Gewicht) können zwei Auswertungen und Berechungen der Solllage durchgeführt werden. Die maximalen Abweichungen zwischen den beiden Auswertungen betragen für den einen Beobachtungsstandort 10.2 mm, für den anderen 1.5 mm.

Die Genauigkeitsabschätzung erfolgt auch hier mit der Transformation der beiden Dreiecke an Schachtkopf und -fuss und unter Berücksichtigung der Genauigkeit der Lotabweichungen. Für die mechanische Lotung resultiert daraus eine Genauigkeit von 5 mm.

5. Netzausgleichung und Resultate

In der Netzausgleichung werden die Resultate der optischen und mechanischen Lotung gemeinsam mit den Anschlussmessungen an Schachtkopf und -fuss ausgeglichen. Die bei der optischen Lotung von unten nach oben mit dem Tachymeter gemessenen Distanzen dienen der Höhenübertragung, die in einer anderen Kampagne gemessenen Kreiselazimute der Orientierungsübertragung.

Eine Analyse der verschiedenen Lotungen im Gesamtausgleich zeigt folgende Resultate:

- Ausgleichungsvarianten, in denen nur die optische Lotung im Schacht I, bzw. nur die mechanische Lotung berück-

sichtigt werden, führen am Schachtfuss zu Koordinatendifferenzen in Y und X von lediglich 2 mm.

- Die zusätzliche optische Lotung im Schacht II bestätigt die frühere Lotung im Bereich der Messgenauigkeit. Die maximale Änderung der Koordinaten beträgt in Y und X 5 mm.

6. Ausblick

Die bis anhin durchgeführten Lotungen im Schacht Sedrun zeigen, dass die aus der Präanalyse ermittelte Genauigkeitsanforderung von 24 mm für die Punktübertragung mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit erreicht werden kann. Mit verschiedenen Messmethoden und sowohl zeitlich als auch räumlich unterschiedlichen Messkampagnen wird die Zuverlässigkeit dieser Aussage gestützt. Die erreichten Resultate und die Vergleiche der optischen mit der mechanischen Lotung lassen erkennen, dass eine optische Präzisionslotung über 800 m möglich ist. Befürchtete Refraktionseinflüsse konnten bei allen durchgeführten Messungen nicht festgestellt werden.

Literatur:

Ebneter, F. [2004]: AlpTransit Gotthard: Aufgaben und Organisation der Vermessung. XIV. Kurs für Ingenieurvermessung, Zürich. Herausgeber: H. Ingensand, geomETH, Zürich.

Stengele, R. [2004]: Geodätische Grundlagen für den Gotthard-Basistunnel. XIV. Kurs für Ingenieurvermessung, Zürich. Herausgeber: H. Ingensand, geomETH, Zürich.

Schätti, I.; Ryf, A. [2004]: Hochpräzise Lotung im Schacht Sedrun des Gotthard-Basistunnels. XIV. Kurs für Ingenieurvermessung, Zürich. Herausgeber: H. Ingensand, geomETH, Zürich.

Wagner, C. [2003]: Mehrgewichtslotung im Schacht Sedrun – Einsatz beim Projekt Gotthard-Basistunnel. Wissenschaftliche Schriftenreihe im Markscheidewesen, Heft Nr. 19. Herausgeber: Deutscher Markscheider-Verein e.V., Herne.

Marti, U. [2002]: Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz «LV95». Teil 10: Das Geoid der Schweiz 1998 «CHGEO98». Bericht 16, swisstopo – Bundesamt für Landestopographie, Bern.

Ryf, A.; Haag, R.; Schätti, I. [2000]: AlpTransit Gotthard-Basistunnel: Aktueller Projektstand, ingenieurgeodätische Aspekte. XIII. Kurs für Ingenieurvermessung, München. Herausgeber: Schnädelbach, Schilcher, Wittwer Verlag, Stuttgart.

Ivo Schätti
Grünenfelder und Partner AG
Denter Tumas 6
CH-7013 Domat/Ems
ivo.schaetti@gruenenfelder.ch

Adrian Ryf
Institut für Geodäsie und
Photogrammetrie
ETH Hönggerberg
CH-8093 Zürich
adrian.ryf@geod.baug.ethz.ch

TK-3101 Handy430
TK-3101 PMR446

Funkgeräte von Kenwood sorgen seit 1946 für eine perfekte drahtlose Kommunikation. Heute werden unsere Produkte in 120 Ländern auf der ganzen Welt verkauft. Und sie haben sich einen Namen gemacht – wegen ihrer Qualität und Zuverlässigkeit auch unter härtesten Bedingungen. Daher gibt es nichts Besseres für Polizei, Notdienste, Bau- und Forstunternehmen, für den Einsatz bei Rockkonzerten, der Formel 1 oder großen Sportveranstaltungen. Kenwood-Funkgeräte sind immer allererste Wahl.

Generalvertretung Schweiz und FL:
ALTREDA AG, Max-Högger-Str. 2, 8048 Zürich
Tel. +41 1 432 09 00, Fax +41 1 432 09 04
E-Mail: info@altreda.ch
www.altreda.ch

Das **TK –3101** ist das kompakte und äusserst robuste Funkgerät für Ihre tägliche Anwendungen.

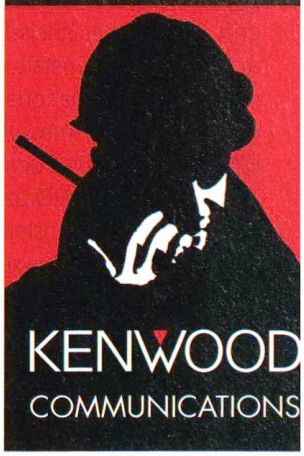
- Hart im Nehmen, zuverlässig im Einsatz
- Professionelles Design, einfache Bedienung
- Erlaubt die maximalen Sendeleistungen im PMR446- und Handy430-Bereich
- Entspricht den harten Anforderungen des US Militärstandards MIL-STD 810 C/D/E geschützt gegen Feuchtigkeit, Staub und Vibrationen
- Erfüllt IP54/55

TK-3101 Handy 430 (430MHz)
3 Frequenzen speziell für die Schweiz mit 2,5 Watt Sendeleistung, Betriebsbereit auf 15 Kanälen programmiert*, inklusive Akku 600mAh und Ladegerät Anmeldeformular beiliegend

*Jede der 3 Frequenzen sind mit je 5 Pilottönen programmiert und erlauben 15 verschiedene Kanaleinstellungen für ungestörtes Funken.

TK-3101 PMR 446 (446MHz)
8 Frequenzen mit 0,5 Watt Sendeleistung, 38 Untergruppen (CTCSS) möglich, Betriebsbereit programmiert auf 15 Kanälen inklusive Akku 600mAh und Ladegerät Anmelde und gebührenfrei

www.altreda.ch



KENWOOD MEANS BUSINESS