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: 112 (2014)

Heft: 8

Artikel: Stollenvermessung unter Extrembedingungen in unbekannten Tiefen

Autor: Nebel, F. / Barmettler, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-389507

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: 13.07.2025

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

Stollenvermessung unter Extrembedingungen in unbekannten Tiefen

F. Nebel, A. Barmettler

Der Artikel befasst sich hauptsächlich mit der Bewältigung von Herausforderungen bei der Vermessung eines schwer zugänglichen 800 m langen Stollens ohne Sauerstoff. Dabei liegt das Hauptaugenmerk weniger auf der vermessungstechnischen Seite sondern mehr beim Thema Sicherheit, Logistik und interdisziplinäre Zusammenarbeit. Die Vermessungsarbeiten mussten unter Verwendung von redundantem Atemschutz ausgeführt werden, wobei der Zugang zum Stollen nur über einen 15 m tiefen und 60 cm breiten Vertikalschacht erfolgen konnte. Aus den mit kreiselgestützten tachymetrischen Aufnahmen resultierten Quer- und Längsprofile sowie die Angabe der Überdeckung, wobei am Stollenende eine Messgenauigkeit (1 Sigma) von 4 cm in der Lage und eine Höhengenauigkeit von 2 cm erreicht werden konnte. Der Kostenanteil für die Gewährleistung der Sicherheit betrug über die Hälfte des gesamten Auftragsvolumens und war damit relativ hoch, aber absolut gerechtfertigt. Denn nur so konnte die Vermessung trotz enormen Zeitdrucks und körperlicher Anstrengungen sicher und termingerecht durch die Trigonet AG durchgeführt werden.

L'article traite notamment de la gestion des exigeances lors de la mensuration d'une galérie de 800 m de longeur difficile d'accès sans oxygène. Dans ce cas le regard principal se porte moins sur l'aspect géométrique que sur celui de la sécurité, de la logistique et de la collaboration interdisciplinaire. Les travaux de mensuration ont dû être exécutés en utilisant une protection respiratoire redondante sachant que l'accès à la galérie n'était possible que par un puits vertical d'une profondeur de 15 m et de 60 cm de largeur. A partir des levés tachymétriques au gyroscope il résultait des profils en long et en travers ainsi que des indications sur le recouvrement permettant d'atteindre à la fin de la galérie une précision de mesure (1 sigma) de 4 cm en situation et de 2 cm en altimétrie. La part du coût pour garantir la sécurité, soit plus que la moitié du volume du mandat, était relativement élevée mais absolument justifiée. Mais ce n'était qu'à cette condition que, malgré la pression des délais et des efforts physiques, la mensuration a pu être menée à chef en sécurité et dans les délais par Trigonet SA.

Quest'articolo è incentrato su come superare le sfide che si presentano durante la misurazione di una galleria lunga 800 m, di difficile accesso e sprovvista di ossigeno. In questo caso specifico, l'attenzione è meno puntata sugli accorgimenti di tecnica di misurazione ed è prevalentemente concentrata sul tema della sicurezza, della logistica e della collaborazione interdisciplinare. Le misurazioni sono state effettuate utilizzando una protezione ridondante delle vie respiratorie, tenendo conto che l'accesso alla galleria era unicamente possibile attraverso un pozzo verticale di 15 m di profondità e di 60 cm di larghezza. I rilevamenti tachimetrici, supportati da giroscopio, hanno portato all'ottenimento di profili trasversali e longitudinali nonché all'indicazione della sovrapposizione, per cui alla fine della galleria si è raggiunta una precisione di misura (1 sigma) di 4 cm a livello di posizione e una precisione di misura in altezza di 2 cm. La parte dei costi per garantire la sicurezza ammontava alla metà del volume complessivo dell'ordine, una cifra relativamente elevata ma assolutamente giustificata. Solo così è stato possibile che la Trigonet AG realizzasse puntualmente la misurazione, malgrado la grande pressione di tempo e lo sforzo fisico.

Einleitung

In der Gemeinde Hausen im Kanton Aargau existiert seit 1928 ein Bergwerksstollen, welcher von der damalig ansässigen Zementunternehmung für den Materialabbau gegraben wurde. Mit der Schaffung des 800 m langen Stollens wurde auch eine Dienstbarkeit zur Unterhaltspflicht auf die Parzelle der Zementunternehmung ins Grundbuch eingetragen. 1932 wurden die Zementanlagen stillgelegt und standen danach bis zur Übernahme einer Chemie-Unternehmung leer. Im Laufe der Zeit wurden die Zugänge zum Stollen durch den neuen Besitzer zubetoniert und der Stollen geriet in Vergessenheit.

Im Zusammenhang mit einer eventuellen Veräusserung des Grundstücks und der damit verbundenen Übertragung der Dienstbarkeit möchte die Besitzerin mehr über den Zustand des geheimnisvollen Stollens wissen. Aus diesem Grund wurde das Ingenieurbüro Lombardi aus Luzern für die Erstellung einer Zustandsanalyse beauftragt. Da keine Plangrundlagen existieren oder auffindbar waren, musste der Stollen neu in allen Dimensionen vermessen werden. Die gewünschte Genauigkeit wurde mit 5 cm sowohl für die Lage wie auch für die Höhe vorgegeben. Die Vermessung wurde an die Trigonet AG vergeben.

Der einzige noch offene Zugang zum Stollen führt über einen 15 m tiefen und nur 60 cm breiten Vertikalschacht. Bei der ersten Begehung vor Ort mit einem Kanalisationsspezialisten stellte sich heraus, dass bereits am Schachtfuss kein Sauerstoff mehr vorhanden ist. Bei einer folgenden Begehung des Stollens mit Spezialisten des Ingenieurbüros zeigten sich weitere Herausforderungen. Der Stollen stand teilweise bis zu 30 cm unter Wasser und war an einer Stelle zu 80% mit Lehm und Schlamm verschüttet (siehe Abb. 1). Zudem funktionierte die Kommunikation per Funk nicht über die gesamte Stollenlänge von 800 m, was eine weitere Verschärfung des Sicherheitsdis-

Abb. 1: Stolleneinbruch.

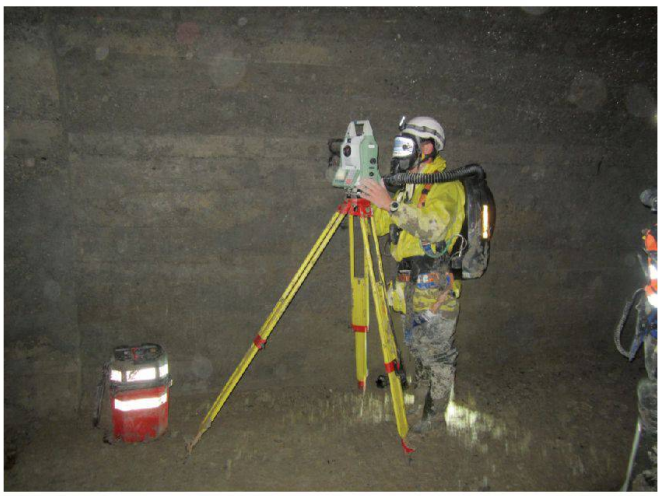

Abb. 2: Tachymetermessung mit Atemschutzgerät.

Abb. 3: Rettungshubeinrichtung.

Abb. 4: Wasserschutz für Materialdepot.

positives bedeutete. Weiter besitzt der Stollen drei zusätzliche kavernenartige Ausbrüche, welche teilweise verschüttet sind. Diese dienten ursprünglich als Verladestationen und Wendeplätze für die Materialtransportbahn. Die beiden Stollenenden sind nicht ausgebaut und befinden sich somit noch im Rohausbruch. Diese Extrembedingungen machten die Vermessungsarbeiten zu einer echten logistischen und sicherheitstechnischen Herausforderung.

Sicherheit geht vor

Bergung eines Ohnmächtigen durch einen 15 m tiefen und nur 60 cm breiten Vertikalschacht, der sich irgendwo in einem 800 m langen Stollen ohne Licht und Sauerstoff befindet, ist das Horrorszenario für jeden Rettungsdienst. Aus diesem Grund lag bei der Planung und Ausführung das Hauptaugenmerk bei der Sicherheit der Messequipen. Diese bestanden aus drei Mitarbeitern der Trigonet AG für die tachymetrische Stollenvermessung und einem Mitarbeiter der Subunternehmung bsf swissphoto für die Kreiselmessung.

Für die Sauerstoffversorgung und Sicherheit der Messequipen war die Unternehmung AST (Atem-Schutz-Technik AG) aus Brugg zuständig. Dazu wurden für jeden Mitarbeiter ein Kreislaufatemschutzgerät mit einer maximalen Sauerstoffversorgungsdauer von vier Stunden sowie zusätzlich ein oder mehrere Pressluftatemschutzgeräte mit maximal zwei Stunden zur Verfügung gestellt (siehe Abb. 2). Die Atemschutzgeräte konnten jedoch erst im Stollen angezogen werden, da der Vertikalschacht mit 60 cm zu eng war. Die Luftzufuhr während dem Schachtabstieg wurde aus diesem Grund mittels separaten Kompressoren und Sauerstoffschläuchen gewährleistet. Die Messequipen wurden durch einen Feuerwehr-Instruktor, welcher bei einer Fehlfunktion eines Atemschutzgerätes sofort hätte eingreifen können, begleitet. Zusätzlich war ein Mitglied der Messequipe aktiver Feuerwehroffizier mit mehrjähriger Atemschutzerfahrung. Nebst der Atemschutzausrüstung trugen alle Mitarbeiter einen Klettergurt, Funkgerät, Helm und mehrere Taschenlampen.

Abb. 5: Kreisel Gyrometer 2000.

Für den sicheren Auf- und Abstieg und den Materialtransport in den Stollen durch den Vertikalschacht musste eine Rettungshubeinrichtung (Dreibein) aufgestellt werden (siehe Abb. 3). Diese wurde durch einen Spezialisten der ISS Kanal Services AG bereitgestellt und bedient.
Damit das viele Atemschutz- und Messmaterial im Stollen trocken zwischengelagert werden konnte, musste im Bereich des Vertikalschachts ein Wasserschutz (Schwimmelemente) aufgebaut werden (siehe Abb. 4). Diese dienten auch als Rettungsbarren in einem Notfall. In einem Sicherheitskonzept wurde das Vorgehen jedes einzelnen Beteiligten bei einem Notfall definiert. Die Feuerwehr Hausen und der Feuerwehrstützpunkt in Baden waren über den Stolleneinsatz und das Sicherheitsdispo vorinformiert.

Messkampagne

Richtlinien der Armee und Feuerwehr über den Atemschutzeinsatz mit Kreislaufgeräten sowie die vorhandenen Luftreserven gaben eine maximale Einsatzdauer von sechs Stunden vor, denn nach Ablauf dieser Zeitspanne blieb der Messequipe buchstäblich die Luft weg. Somit stand der gesamte Messeinsatz im Stollen unter einem enormen Zeitdruck.
Als Erstes wurde oberirdisch, basierend auf den Fixpunkten der amtlichen Vermessung, ein Fixpunktnetz gemessen und drei Passpunkte am oberen Ende des Vertikalschachts bestimmt. Über diese drei Punkte berechnete man unten im Stollen eine Freie Station und übertrug so die Position mit einer Genauigkeit unter 1 mm (Orientierungsgenauigkeit 0.08 gon). Anschliessend wurde ein zwangszentrierter offener Polygonzug mit jeweils einer seitlichen Versicherung (Reflektorbolzen) bei den jeweiligen Stationen gemessen. Die Visurlängen betrugen situationsbedingt zwischen 30 m und 200 m. Während der Polygonzugmessung nahm man zusätzlich rund 70 Profile jeweils bei einem Wechsel der Stollengeometrie auf. An den Stollenenden wurde der nicht ausgebaute Teil mittels MS50-Scanfunktion hochaufgelöst gescannt (vertikale Auflösung < 1 cm). Daraus generierte man später ebenfalls Profile. Für die genaue Übertragung der Orientierung vom oberirdischen Netz in den Stollen verwendete man einen Kreisel Gyrometer 2000 der ETH (siehe Abb. 5). Die Kreiselmessungen führte die Subunternehmung bsf swissphoto aus. Die Messdauer auf der oberirdischen 130 m langen Referenzstrecke auf den beiden Stativen betrug jeweils eine Stunde. Anschliessend beförderte man das gesamte Material in den Stollen und es wurde eine Hin- und Rückmessung ausgeführt. Aufgrund der Stollengeometrie und von stehendem Wasser am Schachtfuss erfolgte die Orientierungsübertragung im Stollen rund 300 m vom Vertikalschacht entfernt. Eine Herausforderung war, dass der Tachymeter des Kreisels über keine automatische Anzielung von Reflektoren verfügt. Somit mussten die Zielpunkte manuell angezielt werden. Aus diesem Grund musste auf eine spezielle Atemschutzmaske zurückgegriffen werden, welche ein manuelles Anzielen zuliess. Am Schluss wurde zur Kontrolle die oberirdische Basis nochmals gemessen.

Auswertungen und Resultate

Die Berechnung der Koordinaten erfolgte als kombiniertes Netz, bestehend aus dem oberirdischen Netz, der tachymetrischen Positionsübertragung, dem freien

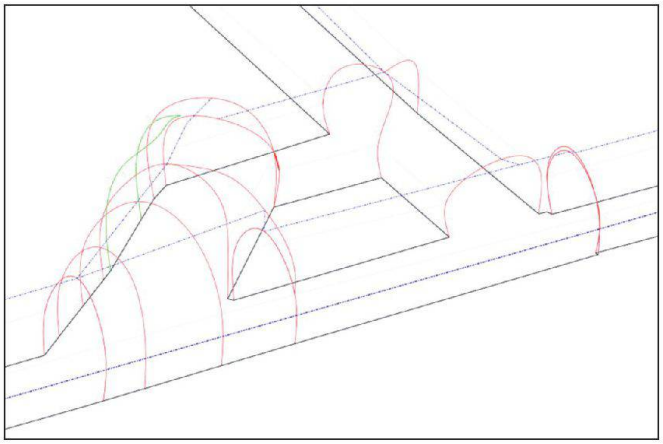

Abb. 6: Isometrische Ansicht der Profile.

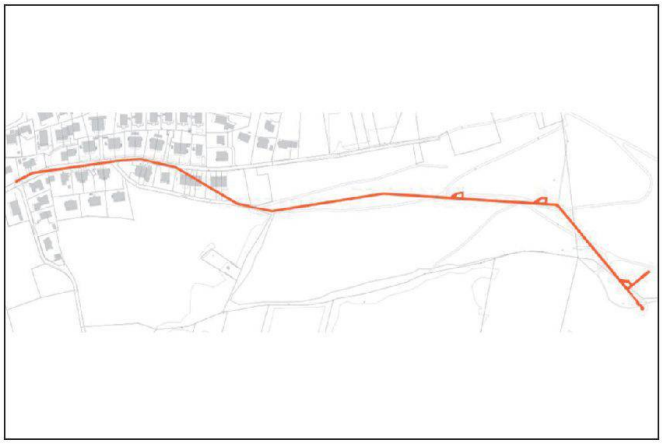

Abb. 7: Lage des Stollens.

Abb. 8: Leica Multistation MS50.

Polygonzug im Stollen und den Kreiselmessungen in der Ausgleichsoftware LTOP. Gelagert wurde das Netz auf den Fixpunkten der amtlichen Vermessung. Am Stollenende konnte eine Messgenauigkeit (1 Sigma) von 4 cm in der Lage und eine Höhengenauigkeit von 2 cm erreicht werden, womit die Anforderungen des Auftraggebers erreicht wurden.

Die Weiterverarbeitung der Messungen zu Quer- und Längsprofilen erfolgte im CAD (siehe Abb. 6). Einige Profilpunkte mussten noch konstruiert werden. Insbesondere in den drei kavernenartigen Ausbrüchen waren nicht alle benötigten Punkte wegen Verschüttungen sichtbar. Aufgrund des erwähnten Zeitdrucks konnten auch nicht beliebig viele Stationierungen durchgeführt werden.

Als weiteres Produkt wurde die Überdeckung berechnet. Für das oberirdische Geländemodell wurde das DTM-AV der swisstopo verwendet, wobei künstliche Objekte nicht ins Geländemodell integriert wurden. Die Überdeckung ist im Bereich des Vertikalschachts mit rund 12 m am geringsten und nimmt mit zunehmender Länge bis auf gewaltige 100 m zu.

Fazit

Das Geheimnis um den in Vergangenheit geratenen Stollen wurde gelüftet. Die Vermessung des Stollens konnte trotz enormem Zeitdruck und körperlicher Anstrengungen sicher durchgeführt werden (siehe Abb. 7). Der Einsatz des Kreisels war sinnvoll, da ansonsten die geforderte Lagegenauigkeit von 5 cm (1 Sigma) auf eine Stollenlänge von 800 m sicherlich nicht zuverlässig erreicht worden wäre.

Der Einsatz der Leica Multistation MS50 hat sich bewährt (siehe Abb. 8). Das Vermessungsinstrument besitzt eine hohe Fernrohrdrehgeschwindigkeit, eine hilfreiche Scanfunktion, ein beleuchtetes Userinterface sowie eine Kamerafunktion. Letzteres war insbesondere hilfreich, da mit der Atemschutzmaske das Fernrohr nicht verwendet werden konnte. Einschränkungen gab es bei den Detailaufnahmen und bei der Messung auf die nahen Rückversicherungen, da keine Distanzmessungen unter 1.5 m möglich sind. Körperlich war der Messeinsatz für alle Beteiligten sehr anstrengend. Nebst dem Gewicht der Atemschutzgeräte (bis 16 kg) mussten mehrere Stative, Bohrmaschinen, Bolzen etc. durch den Stollen und über lehmigen Untergrund getragen werden. Das Zuführen von Flüssigkeit war nur bedingt möglich und die Sicht eingeschränkt, da insbesondere bei Kreislaufgeräten die Atemschutzmaske beschlägt. Der Kostenanteil für die Gewährleistung der Sicherheit betrug über die Hälfte des gesamten Auftragsvolumens und war damit relativ hoch, aber absolut gerechtfertigt. Zugute kam die Erfahrung im Umgang mit Atemschutz einzelner Mitarbeiter aus der Tätigkeit bei der Feuerwehr. Schlussendlich konnte die Vermessung des Stollens aber nur dank der reibungslosen Zusammenarbeit aller Beteiligten und einer hervorragend eingespielten Messequipe erfolgreich durchgeführt werden.

Danksagung

Die Trigonet AG bedankt sich bestens bei Andre Fuchs (Lombardi AG, Luzern), der ISS Kanal Services AG, dem gesamten Team der Atem-Schutz-Technik AG aus Brugg sowie Dante Salvini von bsf swissphoto für die äusserst angenehme Zusammenarbeit.

Fabian Nebel
Andreas Barmettler
Trigonet AG
Spannortstrasse 5
CH-6003 Luzern
fabian.nebel@trigonet.ch