

# Überwachungsmessungen am Portal Erstfeld

Die ersten 600 Meter des Gotthard-Basistunnels im Kanton Uri werden nicht bergmännisch, sondern als Tagbautunnel erstellt. Bis zu 30 Meter tief schneidet der Tagbautunnel bei Erstfeld die Bergflanke an. Hangsicherungen, Schüttungen und der Tagbautunnel selbst müssen während der gesamten Bauzeit messtechnisch überwacht werden. Das stellt höchste Ansprüche an Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Flexibilität der Messtechnik.

*Les premiers 600 m du tunnel de base du Saint-Gothard côté Uri ne sont pas excavés par minage mais construits à ciel ouvert. Près d'Erstfeld ce tronçon du tunnel se situe dans une entaille dans le coteau mesurant jusqu'à 30 m de profondeur. Les installations sécurisant les pentes, les remblais et le tunnel à ciel ouvert lui-même font l'objet d'une surveillance par des techniques de mensuration pendant toute la durée des travaux. A cet effet des exigences maximales en précision, fiabilité et flexibilité de la technique de mensuration sont de mise.*

I primi 600 metri della galleria di base del Gottardo nel canton Uri non sono realizzati come opera mineraria ma come galleria costruita a cielo aperto. La galleria a cielo aperto a Erstfeld penetra nel fianco della montagna a una profondità di 30 metri. Durante tutta la durata del cantiere bisogna sorvegliare – con tecniche di misurazione – la stabilizzazione dei versanti, i rinfianchi e la galleria a cielo aperto. Questo presuppone esigenze elevatissime di precisione, affidabilità e flessibilità nella tecnica di misurazione.

## Überwachungsaufgaben

Aus Sicherheitsgründen müssen folgende Objekte messtechnisch überwacht werden:

- Vorbelastungsschüttung
- Bohrpfehlwand
- Tagbautunnel

Vor allem bei den Hangsicherungen und den Bauwerken müssen allfällige Veränderungen frühzeitig erkannt und mit den prognostizierten Werten verglichen werden. Dafür werden sowohl geodätische als auch geotechnische Messinstrumente eingesetzt.

## Aufbau des Festpunktfeldes

Als Grundlage für alle geodätischen Überwachungsaufgaben wurde ein Festpunktfeld aufgebaut, das den Ansprüchen an Stabilität und Genauigkeit gerecht wird. Zudem muss es stets nutzbar bleiben, auch wenn die Baustelleninstallationen sich ständig ändern. Das Fest-

J. Gämperle, M. Furrer

## Tagbautunnel in Lockergestein

Das eigentliche Nordportal des Gotthard-Basistunnels liegt dort, wo die Linienführung auf kompakten Fels trifft und der Tunnel bergmännisch ausgebrochen werden kann. Davor erstreckt sich ein 600 Meter langer Tagbautunnel, der in die Bergflanke aus Lockergestein eingebettet ist (Abb. 1). Um die Setzungen durch die Auflast des späteren Tagbautunnels möglichst gering zu halten, wurde der gesamte Bereich vorgängig mit meterhohen Aufschüttungen vorbelastet. Direkt vor dem bergmännischen Tunnelportal muss auf einer Länge von rund 200 Metern der Hanganschnitt für den Bau des Tagbautunnels mit armierten, bis zu 30 Meter hohen Bohrpfehlen gesichert werden, die mit Longarinen in mehreren Lagen im Fels verankert sind (Abb. 2).



Abb. 1: Der Portalbereich bei Erstfeld: Die Bohrpfehlwand rechts sichert den Hangbereich unmittelbar vor dem bergmännischen Tunnelportal, links davon ist bereits der Tagbautunnel erstellt. Förderbänder und der Installationsplatz umgeben die Baustelle (Foto: AlpTransit Gotthard AG, Adrian Wildbolz).



Abb. 2: Die rund 30 Meter hohe Bohrfahlwand (Foto: Basler & Hofmann).

punktfeld besteht aus circa 40 Lage- und Höhenfixpunkten rund um den Portalbereich. Davon befinden sich 10 Punkte auf oder an Gebäuden in der Talsohle in Entfernungen von bis zu 600 Metern vom Portal. Die vorfabrizierten Messpfeiler konnten mit einem lokalen Helikopterunternehmen auf die Flachdächer transportiert werden. Die Punkte im Fels über dem Portal mussten mit Klettereinsätzen versichert werden (Abb. 3). Das Fixpunktnetz ist zwangsfrei im übergeordneten Netz GBT gelagert.



Abb. 3: Befestigen der Messpunkte oberhalb des bergmännischen Tunnelportals (Foto: Basler & Hofmann).

## Überwachung der Schüttungen

Zur Überwachung der effektiv eintretenden Setzungen, welche mit der Vorbelastung erzwungen wurden, wurden an verschiedenen Stellen Stahlrohre im Boden verankert. Die Rohre wurden in Kanalschächten nach oben geführt und konnten je nach Setzungsverhalten verlängert oder verkürzt werden. Mittels Präzisionsnivellement wurden die Höhen der 21 Pegel bestimmt.

Zusätzlich wurden zwei Sondierbohrungen mit SE-Sonden überwacht. Mit den SE-Sonden können Stauchungen im Untergrund festgestellt werden. Die gemessenen Setzungen von bis zu 35 Zentimetern entsprechen den Erwartungen.

## Sicherheit der Bohrfahlwand

Um die Sicherheit der Arbeiten unmittelbar vor dem Tunnelportal sicherzustellen, müssen die beiden Seitenwände während der gesamten Bauzeit auf Verformungen

hin überwacht werden. Bei mindestens 5 Prozent der Felsanker werden die Ankerkräfte automatisch überwacht. Bei Toleranzüberschreitungen wird ein automatisierter Alarm ausgelöst und direkt die örtliche Bauleitung informiert. Zudem werden in einem Turnus von drei Monaten 60 Punkte in der Bohrfahlwand geodätisch überwacht. Die Überwachungspunkte sind mit Miniprismen dauerhaft versichert und werden jeweils in einer Netzmessung bestimmt. Eine Messung besteht aus 10 bis 15 Stationierungen auf den Wandabschlüssen, so dass jeder Punkt von mindestens zwei Stationen aus gemessen werden kann. Da sich die Situation durch den Baufortschritt ständig ändert, müssen die Messpositionen flexibel angepasst werden. Mit der geodätischen Messung können Lageverschiebungen von mehr als 5 Millimetern signifikant bestimmt werden. Ebenfalls im Drei-Monats-Turnus werden die in den Bohrfählen eingelassenen Inklinometerrohre gemessen. Dabei wird eine Sonde in die Rohre eingeführt, welche die Abweichung von der Bohrlochachse in Abständen von 60 Zentimetern erfasst. Damit kann eine Aussage über das Verformungsverhalten der Pfähle und die Stabilität des Hangs gemacht werden.

## Der Tagbautunnel

Der Tagbautunnel besteht aus zwei parallelen Röhren. Da der Bereich unmittelbar vor dem bergmännischen Tunnelportal für die Montage und Demontage der Tunnelbohrmaschine frei gehalten werden muss, wird der Tagbautunnel von Norden her erstellt. Im Tunnel werden circa 30 Querschnitte mit je sieben Punkten überwacht. Dabei ist eine Messtoleranz von 4 Millimetern für die räumliche Verschiebung zwischen zwei Epochen einzuhalten. Die Überwachungspunkte im oberen Bereich des Tunnelprofils werden mit Miniprismen ausgerüstet, diejenigen im unteren Bereich mit Dübeln und SBB-Bolzen. Parallel dazu werden die Bodenplatten der Röhren an circa 35 Querschnitten mit Setzungsmessungen überwacht. Im Sommer 2009 konnten die ersten Profile



Abb. 4: Geodätische Vermessung auf der Bohrpfahlwand (Foto: Basler & Hofmann).

im Tagbautunnel versichert werden. Seither werden laufend Folgemessungen ausgeführt.

## Verschiebungen nach Süden

Die Resultate der ersten Folgemessungen zeigten Verschiebungen von bis 15 Millimetern in Tunnellängsrichtung. Sie nehmen nach Süden ab. Verschiebungen in Tunnellängsrichtung sind ungewöhnlich, eher würde man eine Verformung des

Profils erwarten. Der Grund für die Verschiebungen liegt in der Bauweise des Tunnels: Die einzelnen Abschnitte wurden in monolithischer Blockbauweise mit durchgehender Armierung erstellt. Die temperaturbedingten Ausdehnungen des Betonkörpers werden so nicht wie normalerweise durch die Dilatationsfugen abgefangen, sondern kumulieren sich. Der Tunnel zieht sich je nach Temperatur gegen den momentanen Schwerpunkt zusammen, respektive dehnt sich aus. Da sich der Schwerpunkt des Tunnels mit dem Baufortschritt wöchentlich um

10 Meter nach Süden verlagert, zeigen auch die Verschiebungen in diese Richtung.

## Flexible Überwachung

Das Baustellenumfeld verlangt den Vermessern ein hohes Mass an Flexibilität ab: Förderbänder, Lüftungszentralen, Lutten und Portalkräne verstellen häufig die Sicht auf die Fixpunkte, weshalb für die geodätische Überwachungsmessung stets neue Standorte gesucht werden müssen (Abb. 4). Die Miniprismen in der Bohrpfahlwand wurden durch die darunterliegenden Förderbänder, mit denen das Aushubmaterial aus dem Tunnel abtransportiert wurde, oft so stark verschmutzt, dass sie in Abseilaktionen gereinigt werden mussten.

Positiv sind dagegen die Messergebnisse für die Bauingenieure zu werten: Zu keinem Zeitpunkt ging von den überwachten Objekten eine Gefahr für die Baustelle aus. Alle Verformungen lagen innerhalb der berechneten Toleranzen. Die Messungen der Bohrpfahlwand und des Tagbautunnels werden noch bis zur vollständigen Überschüttung fortgesetzt.

Jörg Gämperle, Michael Furrer  
Basler & Hofmann  
Fachbereich GIS und Geomatik  
Forchstrasse 395, Postfach  
CH-8032 Zürich  
joerg.gaemperle@baslerhofmann.ch