

Zeitschrift: Tec21
Herausgeber: Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein
Band: 131 (2005)
Heft: 9: Sprengungen

Artikel: Zündende Lösung für den Gotthardtunnel
Autor: Annen, Konrad
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-108543>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.12.2024

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

Zündende Lösung für den Gotthardtunnel

Ein beträchtlicher Anteil des gesamten Felsausbruchs für das Jahrhundertbauwerk AlpTransit erfolgt im konventionellen Sprengvortrieb. Dabei werden wie seit den Anfängen des Tunnelbaus Sprenglöcher gebohrt, gefüllt werden sie aber nicht mehr mit Pulver oder Stangen, sondern mit einer Hightech-Sprengemulsion.

Das Bauwerk AlpTransit-Gotthardbasistunnel setzt sich nicht nur aus den beiden Hauptröhren von je 57 km Länge zusammen, sondern umfasst weitere ca. 40 km Querschläge, Stollen, Schächte und Kavernen. Den lokal sehr unterschiedlichen bautechnischen Anforderungen wird mit massgeschneiderten Vortriebsmethoden begegnet: Während längere Tunnelabschnitte in standfestem Untergrund mit konstantem Ausbruchquerschnitt für einen maschinellen Vortrieb mit der Tunnelbohrmaschine (TBM) prädestiniert sind, kommen für die übrigen Bauwerksteile abhängig von den geometrischen und geologischen Randbedingungen verschiedene Baumethoden in Frage. Obwohl der maschinelle Vortrieb von Tunnelbauwerken weiter an Bedeutung gewinnt, spielt der sprengtechnische «konventionelle» Vortrieb insbesondere bei geologisch und geometrisch anspruchsvollen Bedingungen eine wesentliche Rolle. Das altehrwürdige Metier des Mineurs ist keineswegs vom Aussterben bedroht, sondern dank innovativen technischen Lösungen heute leistungsfähiger und sicherer geworden.

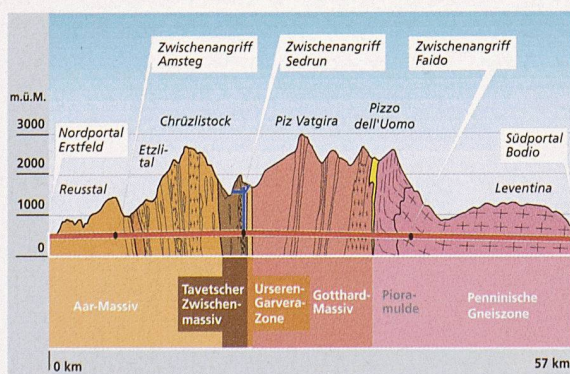
In den fünf Teilabschnitten (TA) des Gotthardbasistunnels (Bild 1), an denen gleichzeitig von den Portalen

und Zwischenangriffen aus gebaut wird, kommt der Sprengvortrieb hauptsächlich für den Ausbruch der rund 180 je 40 m langen Querschläge zwischen den Hauptröhren, der Kavernen der Multifunktionsstellen Sedrun und Faido sowie der von Sedrun aus vorgetriebenen Hauptröhrenabschnitte zur Anwendung. Auch die Zugangsstollen zu den Zwischenangriffen Amsteg und Faido und der Schacht 1 des Zwischenangriffs Sedrun sowie der Umgehungsstollen und die Startstrecken der Hauptröhren am Südportal sind sprengtechnisch ausgebrochen worden.

Seit März 2002 ist bei den Vortrieben in der Multifunktionsstelle Faido und den Querschlagsbaustellen in Bodio ein neuartiges System im Einsatz, das wesentliche Verbesserungen in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Arbeitssicherheit und Umweltschutz ermöglicht. Das Kernstück ist die Verwendung eines pumpfähigen Emulsionssprengstoffs kombiniert mit moderner, nichtelektrischer Zündtechnik und handhabungsfreundlicher Zünderverstärkung. Die sprengtechnischen Vorteile dieser Art von Sprengstoff bestehen in einer hohen Detonationsgeschwindigkeit und der effektiven Ausnutzung des gesamten Bohrlochvolumens, d. h. einer hohen Wirksamkeit sowie einer guten Wasserbeständigkeit und geringen Schwadentoxizität. Gegenwärtig werden bei den untertägigen Sprengarbeiten in Faido und Bodio mit gepumpten Emulsionssprengstoffen sehr gute Ergebnisse erzielt.

Explosives Gemisch

Emulsionssprengstoffe sind Gemische aus sauerstoffliefernden, hochkonzentrierten Salzlösungen und brennbaren Bestandteilen, die mit Hilfe von Emulga-



1

Geologischer Längsschnitt AlpTransit-Gotthardbasistunnel
(Bild: AlpTransit)



2

Sprengmobil in Faido mit Misch- und Ladeeinheit
(Bilder: Zschokke Bau AG)

toren in Form einer Wasser-in-Öl-Emulsion stabilisiert sind. Die Matrix einer Basisemulsion besteht aus Ammoniumnitrat, Wasser und Mineralöl. Die verschiedenen Komponenten werden nicht als explosiv oder toxisch eingestuft und können deswegen frei gelagert und transportiert werden. Diese Sprengmatrix ist nur durch die Zugabe dichteregulierender Stoffe, wie gasbildender chemischer Zusätze (Gassing-Mittel), detonationsfähig. Der Sauerstofflieferant Ammoniumnitrat optimiert die Sauerstoffbilanz der Sprengschwaden, erhöht die Energie des Sprengstoffs und erniedrigt den Kristallisationspunkt der übersättigten Lösung, womit die Herstellung erleichtert und die Lagerstabilität verbessert wird.

Um den Einsatz von Sprengstoffen im Tunnelbau zu optimieren, sind eine Reihe von Faktoren wie Geologie, Querschnittsgrösse, Abschlagslänge, Bohrlochdurchmesser, Bohrgenauigkeit, Zündmittel und -verfahren, Ladungskonzentration usw. zu berücksichtigen. Werden die Lademengen der Bohrlöcher in der Startphase einer Baustelle vorerst noch auf der Basis von Richtwerten bestimmt, gilt es diese im Laufe der Ausbrucharbeiten den örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Angestrebt wird ein möglichst optimales Verhältnis von Abschlagslänge, dem gewünschten Sprengresultat und der Lademenge.

Praktischer Einsatz

Der Emulsionssprengstoff wird vor Ort mittels mobiler Misch- und Ladeeinheiten aufbereitet. Die Misch-Ladegeräte sind auf einem Fahrzeug aufgebaut, welches auf die Zugänglichkeit resp. die Transportlogistik (Pneu/Schiene) der Baustelle abgestimmt ist (Bild 2). Durch eine Schneckenpumpe wird die Emulsionsmatrix aus einem Vorratsbehälter in einen kontinuierlichen Mischer gefördert. Vor dem Eintritt in den Mischer wird das Gassing-Mittel zudosiert, welches nach gründlicher Durchmischung mit der Matrix durch Gasbildung eine Dichtereduzierung des Gemisches auf 1.0–1.15 g/cm³ bewirkt. Der so hergestellte Sprengstoff wird mit Hilfe eines Ladeschlauches in die vorbereiteten Bohrlöcher gepumpt (Bild 3). Ein Wasserfilm zwischen Sprengstoff und Schlauchwand reduziert den

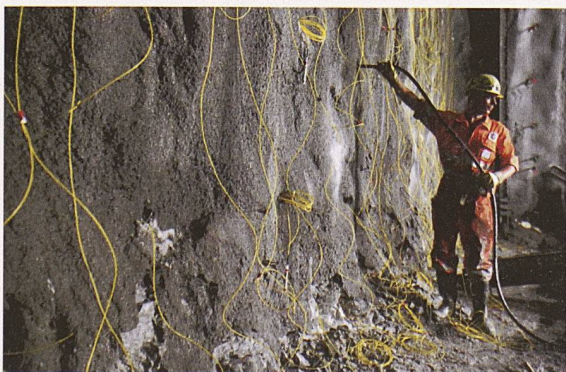
Systemdruck auf einen Bereich von 2 bis 6 bar und reguliert den pH-Wert der Matrix.

Der Ladevorgang erfolgt prozessgesteuert (SPS), was eine hohe Ladegeschwindigkeit bei minimalem Personalbedarf ermöglicht. Die Mineure können den Ladevorgang direkt am Bohrloch auslösen. Alle Messgrößen wie Durchfluss, Systemdruck und Temperatur werden überwacht, und bei Abweichungen stoppt das Gerät. So können gefährliche Betriebszustände oder Rezepturabweichungen ausgeschlossen werden. Die Anlage weist eine Kapazität von 20–40 kg/min Emulsionssprengstoff mit einer Dosiergenauigkeit von 0.1 kg auf. Die Ladeschläuche sind elektrisch leitfähig und haben bei einem Aussendurchmesser von 25 mm eine Länge von 30–40 m. Nach Abschluss der Ladearbeiten wird ein Ladeprotokoll mit Gesamtlademenge und Lademenge pro Bohrloch ausgedruckt.

Für die im Tunnelbau herrschenden Bedingungen wurde ein Primer (Boosterladung/Zündverstärker) entwickelt, um die Detonationsübertragung zu optimieren und den Zündvorgang zu stabilisieren. Der Primer enthält ca. 25 g eines hochbrisanten Sprengstoffes, der sich mit einer Detonationsgeschwindigkeit >6000 m/s umsetzt. Das Laden eines Bohrloches beginnt mit dem Einführen des mit einem Primer versehenen Zünders in den Mund des Ladeschlauches. Anschliessend wird der Ladeschlauch bis zum Grund des Bohrloches eingeschoben, Zünder und Primer nach Auslösen des Pumpvorganges ausgestossen und der Ladeschlauch langsam zurückgedrängt.

Bei der Durchführung der Sprengarbeiten kommt sowohl im Einbruch als auch in den Helfer- und Sohlöchern die gleiche Lademenge zur Anwendung. Die Profillöcher werden nur mit 80 g/m Sprengschnur und einer geringen Menge Emulsionssprengstoff geladen. Die Zündung erfolgt mit nichtelektrischen Zündern, die einzelnen Zünder werden mit Sprengschnur zu Bündeln zusammengefasst (Bild 4) und dann mit einem Einzelzünder initiiert. Dieses System ist einfach und sicher in der Anwendung und unempfindlich gegen Fremdströme.

Konrad Annen, Zschokke Bau AG, Aarau
c/o Consorzio TAT–Tunnel AlpTransit Ticino
KonradAnnenConsorzioTAT@tat-ti.ch



3

Einpumpen der Matrix an der mit Spritzbeton gesicherten Ortsbrust der Multifunktionsstelle (MFS) Faïdo



4

Ortsbrust der MFS Faïdo mit gebündelten Sprengschnüren kurz vor der Sprengung

Hat Sprengen noch Zukunft?

Gesprengt wird heute vor allem im Tunnelbau, bei Grossbohrlochsprengungen zur Rohmaterialgewinnung in den Steinbrüchen und bei Werksteinsprengungen für die Blockgewinnung zur Veredelung von wertvollem Rohmaterial. Dazu kommen Lawinsprengungen, gelegentliche Gebäudesprengungen und nicht zu vergessen die Stock- und Wurzelsprengungen in der Forst- und Landwirtschaft. An diesen Arbeiten wird sich in nächster Zeit nicht viel ändern.

Im Tunnelbau hängt die Entscheidung zwischen sprengtechnischem Vortrieb oder mechanischem Abbau mittels Tunnelbohrmaschine (TBM) von verschiedenen Parametern ab. Die aufzufahrende Geologie, die Länge des Bauwerks, das Bauprogramm, die Wirtschaftlichkeit, die finanziellen Ressourcen und auch Umweltschutzaspekte fallen unterschiedlich ins Gewicht. Heute ist im Fels der Sprengvortrieb bis ca. 2.5 km Tunnellänge flexibler und kostengünstiger als ein TBM-Vortrieb, und die Bauzeiten sind unter Berücksichtigung der Montagezeiten für eine TBM sicher gleichwertig. Bei längeren Tunnels erzielt der fabrikmässige Tunnelbohrbetrieb mit Hochleistungsnachlaufsystemen und ausgeklügelten Logistikkonzepten höhere Durchschnittstagesleistungen. In städtischen Gebieten werden auch aus umwelttechnischen Gründen vermehrt TBM als Schild-TBM, Erddruck- oder Mixschild eingesetzt. Auch in Zukunft wird es aber Sprengvortriebe geben, bei denen die Flexibilität bei wechselhaften Gebirgsformationen ausschlaggebend ist.

Bei der Arbeit in den Steinbrüchen wird es kaum möglich sein, mit hydraulischen Abbaugeräten die Effizienz einer Grossbohrlochsprengung zu übertreffen. In der Werksteingewinnung ist die schonende Schwarzpulversprengung ein bewährtes Rezept, das Klüfte und Schichtverläufe berücksichtigt, um grosse, ungerissene Blöcke zu gewinnen.

Gebäude-, Kamin- und Abbruchsprengungen, so spektakulär sie sind, erhalten oft Konkurrenz durch hydraulische Abbaugeräte. Zeit- und Platzverhältnisse können aber auch für die Sprengung sprechen, da durch die vollzogene Sprengung eine länger dauernde Instabilität des Gebäudes ausgeschlossen wird. Problematisch sind jedoch meistens die vielen Schaulustigen. Auf diesem Gebiet wird sich der Abbau mittels mechanischer und hydraulischer Geräte wohl eine grössere Tranche vom Auftragsvolumen abschneiden.

Grosse Abtragssprengungen wie in den Anfängen des Nationalstrassenbaus sind heute selten. Die Autobahnen sind in grossen Zügen gebaut, und in Siedlungsgebieten wird aus umwelttechnischen Überlegungen dem Fels mit mechanischen Grossgeräten zu Leibe gerückt.

Fast gänzlich verschwunden sind die Graben- und Aushubsprengungen. Aufgrund von Erschütterungen in Wohngebieten, Absperproblemen und der gesetzlichen Rahmenbedingungen sind Sprengungen hier nicht mehr wirtschaftlich. Die verschärfte Gesetzgebung, die Aufwendungen für die Lagerung und die Wahl der Lagerstandorte sowie die Auflagen bezüglich Transport von Sprengstoffen und Sprengmitteln sind aktuelle Beweggründe, nach alternativen Methoden zu Sprengungen zu suchen. Trotzdem werden wir uns auch in Zukunft mit der Sprengtechnik befassen und weitere Innovationen suchen und auch realisieren. Die Arbeit der Mineure und Sprengmeister wird deswegen sicherlich nicht einfach aus dem Bauwesen verschwinden.

Kurt Morger

Zentralpräsident des Sprengverbandes Schweiz SVS

info@sprengverband.ch



4 Künstliche Lawinenauslösung

| *Lukas Stoffel* | Bevor Lawinen spontan niedergehen und Schäden verursachen, können sie mit verschiedenen Einsatztechniken durch Detonationen kontrolliert ausgelöst werden.

8 Zündende Lösung für den Gotthardtunnel

| *Konrad Annen* | Mit neuen flüssigen Sprengstoffen hat der konventionelle Sprengvortrieb bei grossen Tunnelbauten weiterhin seine Berechtigung neben dem maschinellen Tunnelbau.

12 Präzises Ende eines Ärgernisses

| *Aldo Rota, Ivo Bösch* | Die Fällung des Sendeturms auf dem Höhrnon beseitigt ein ungeliebtes Bauwerk und veranschaulicht den Technologiewandel im Kommunikationswesen.

16 Wettbewerbe

| Neue Ausschreibungen und Preise | Zentrumsentwicklung Schlieren | Bahnmuseum Bergün | Verwaltungsgebäude Predigerstrasse 5 in Bern | Altersheim Sissach | SIA-Haus, Zürich |

22 Magazin

| Holzbauforum Garmisch | Signers «Windraum» auf der Ebenalp standortgebunden | Wasser und Biomasse: viel Potenzial | In Kürze | Bücher: Wer plant die Planung? Texte von Lucius Burckhardt | Torfeld Süd in Aarau kommt voran | Rheinhafen: Fusion besser abklären? | Neuer Sprengverband |

26 Aus dem SIA

| Reise Fachverein Architektur und Kultur: Lehmarcitektur in Mali | Berufsgruppe Architektur: Rolle der Berufsgruppen | Mit SIA-Kostengarantievertrag Budget sicher einhalten | Kurs: Wirtschaftlichkeitsrechnung |

30 Produkte

| Regale dank Schiebetüren salonfähig | Leistungsstarker Abfallverdichter | Fenstersystem von Tuchschild | Umfrage: FM im Bauprozess | Klassiker in neuem Gewand |

38 Veranstaltungen