

GEWÄHRLEISTUNG DER ARBEITSSICHERHEIT – DIE ANSPRUCHSVOLLSTE HERAUSFORDERUNG FÜR ALLE PARTNER IM PROJEKT

Heinz Ehrbar
Martin Vogel

1 GRUNDSÄTZE

Beim Bau des Gotthard-Basistunnels (GBT) stellten sich besondere technische und arbeitsmedizinische Aufgaben, wie sie im Tunnelbau in diesem Ausmass vorher sehr selten oder nie zu bewältigen waren. Die Beteiligten waren sich bereits in den frühen Planungsphasen bewusst, dass alleine schon die Grösse des Projektes mit seinen komplexen Randbedingungen alle Projektpartner vor enorme und teilweise neuartige Herausforderungen stellen würde, wie zum Beispiel:

- » Zugang über tiefe Schächte,
- » Vorkommen von druckhaftem Gebirge bei hohen Überlagerungen,
- » Bergschlag,
- » mögliche Wassereinbrüche mit hohen Drücken und/oder hohen Temperaturen,
- » mögliche Schlammeinbrüche,
- » Baulüftung für bis zu 16 km lange Vortriebe,
- » hohe Gebirgstemperaturen (mit bis zu 46 °C Felsursprungstemperatur),
- » Arbeiten in feuchtheisser Umgebung,
- » Schadstoffemissionen, wie Staub, Dieselmotoremissionen, Sprenggase, chemische Gefahrstoffe,
- » mögliche Asbestvorkommen,
- » Brandereignisse,
- » Energieausfall,
- » mögliches Vorkommen von Erdgas.

Die Projektbeteiligten waren sich einig, dass auf den Baustellen des GBT ein höheres als das bisher branchenübliche Arbeitssicherheitsniveau erzielt werden musste. Spezifische Erfahrungswerte zeigten klar auf, dass aufgrund der reinen Grösse des Projektes ohne entsprechende Gegenmassnahmen mit hohen absoluten Unfallzahlen zu rechnen sein würde. Die Verantwortlichen waren sich bewusst, dass jeder Unfall je nach Schwere:

- » zu grossem menschlichem Leid,
- » zu bleibenden Schädigungen bei den Betroffenen,
- » zu einem ungünstigen, von Unsicherheit und geminderter Motivation geprägten Betriebsklima auf der Baustelle,
- » zu hohen direkten und indirekten Kosten,
- » zu schlechteren Arbeitsleistungen und schliesslich auch
- » zu einem schlechten Image für das gesamte Projekt führen konnte [1].

Alle am Bauwerk Beteiligten teilten daher das gemeinsame Ziel, einen maximalen Beitrag zur Arbeitssicherheit auf dieser Grossbaustelle zu leisten, um zu gewährleisten, dass jeder

Arbeitnehmer seinen Arbeitsplatz nach getaner Arbeit so gesund und sicher wieder verlassen konnte, wie er ihn angetreten hatte. Sowohl auf Bauherrenseite als auch bei der für die Arbeitssicherheit unter Tage zuständigen Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt (Suva) war man sich darüber im Klaren, dass der Arbeitssicherheit bereits in der Planungs- und Projektierungsphase höchste Bedeutung einzuräumen war, da die Hebelwirkung zur Erzielung günstiger Effekte dort am grössten ist. So beeinflussten die Anforderungen der Arbeitssicherheit in nicht unerheblichem Ausmass die konzeptionellen Überlegungen bei der Auslegung der einzelnen Objekte, die Festlegung der einzusetzenden Baumaterialien und die Formulierung der Anforderungen an Installationen und Geräte.

Bei der Bearbeitung der Arbeitssicherheitsthemen am GBT konnte man von den beim Bau des Vereinatunnels und des Lötschberg-Basistunnels gewonnenen wichtigen Erfahrungen profitieren. Für mehrere der zuvor genannten Herausforderungen fehlten jedoch in der Schweiz sowohl Erfahrungen als auch Sicherheitsregeln. Aufgrund dieser Ausgangslage entwickelte sich eine wegweisende Zusammenarbeit zwischen allen Beteiligten. Ein gemeinsamer Auftrag des Bauherrn und der Suva an Bergbauspezialisten aus Deutschland führte aus verschiedenen Gründen nicht zum angestrebten Resultat, besondere Sicherheitsregeln für tiefliegende Tunnelbauten festzulegen. Diese Regeln wurden daraufhin aus gemeinsam erarbeiteten Gefährdungsanalysen abgeleitet.

Die oben erwähnten Gefährdungen erforderten diverse besondere Massnahmen, zum Beispiel bezüglich:

- » Evakuierung und Rettung,
- » Sicherheitskonzepten für die Submission,
- » Umsetzung von Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz beim Bau.

2 ARBEITSSICHERHEIT IN PLANUNG UND AUSFÜHRUNG

2.1 Arbeitssicherheit muss geplant werden und darf kein Gegenstand der Spekulation sein

Bauherr und Suva waren sich einig, dass die Arbeitssicherheitsfragen nicht erst in der Offertphase vom Unternehmer angegangen werden sollten. Im Hinblick auf den zu erwartenden hohen Wettbewerbsdruck bei den Hauptaufträgen verfolgte die Bauherrschaft vielmehr das klare Ziel, das Thema Arbeitssicherheit durch eindeutige Leistungsvorgaben der Spekulation zu entziehen. So wurde denn die Arbeitssicherheit

auch zu einem wesentlichen Zuschlagskriterium formuliert, je nach örtlichen Gegebenheiten mit einem Gewicht von 10–20 % an der Gesamtnote. Zudem musste für die im Jahr 2000 ausgeschriebenen Hauptlose beim Kriterium Arbeitssicherheit zwingend eine Minimalnote erreicht werden, andernfalls folgte der Ausschluss des betroffenen Angebots – ein Passus, der auch Anwendung fand.

Mit diesem Konzept war der Bauherr gefordert, für die zur Gewährleistung der Arbeitssicherheit unabdingbaren Installationen (wie Lüftung und Kühlung) Musterlösungen zu projektieren und auszuschreiben, sogenannte Richtprojekte. Der Unternehmer musste die ausgeschriebene Lösung als Mindeststandard anbieten. Es war ihm aber unbenommen, aus seiner Sicht bessere Lösungen als Unternehmervorschlag zu offerieren.

In den Submissionsunterlagen wurde eine grosse Zahl an sicherheitsrelevanten Vorgaben gemacht, wie die Verwendung von Nassspritzbeton, der Einsatz von Löschanlagen auf Geräten, der Einsatz schwer entflammbarer Baustoffe, Minimalanforderungen zur Sicherheitsausbildung sowie zu Rettungsübungen und vieles mehr. Auf den in den folgenden Abschnitten behandelten Gebieten wurde in der Planungsphase wegweisende Entwicklungsarbeit bezüglich der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes geleistet.

2.2 Konzeptionelle Überlegungen zu den über 800 m tiefen Vertikalschächten in Sedrun

Im Rahmen der Optimierung des Gesamtprojekts musste in Sedrun ein Zwischenangriff geplant werden. Das Tunnelniveau lag dabei 800 m unter dem Areal des Installationsplatzes. Das Vorprojekt und das Bauprojekt 1997 sahen die Erschliessung über einen einzigen, als Blindschacht abzuteufenden Vertikalschacht vor. Eine Spiralrampe hätte, wenn sie von den Baugrundverhältnissen her überhaupt machbar gewesen wäre, eine Gesamtlänge von rund 8 km gehabt und wäre logistisch kaum beherrschbar gewesen.

Im Zuge der detaillierten Risikoanalysen zum Bauprojekt reifte insbesondere unter Berücksichtigung der Arbeitssicherheitskriterien der Entschluss, einen zweiten Schacht im Raise-Drill-Verfahren abzuteufen. Damit ergaben sich erhebliche Vorteile bezüglich der Lüftung und Kühlung, insbesondere aber auch bei der Beherrschung von Brandfällen am Schachtfuss und einer schweren Havarie im Hauptschacht. Zudem ermöglichte der zweite Schacht eine redundante und räumlich getrennte Führung der wichtigsten Versorgungsleitungen, was eine markante Steigerung des Sicherheitsniveaus bedeutete. Da der zweite Schacht der Abluftschacht ist, wären auch während des Baubetriebs die heissen Brandgase über ihn abgezogen worden. Um Abplatzungen zu vermeiden, wurde dieser Schacht bereits im Jahr 2003 mit einer damals neuartigen, mit PP-Fasern bewehrten Spritzbetonschicht ausgeführt.

Die Risiken eines Energieausfalls waren beim Schachtbau, beim Schachtbetrieb, bei einem Wassereinbruch, bei der Lüftung,

beim Betrieb der Förderbandschutterung im Schrägstollen und auch beim normalen Tunnelbetrieb erheblich. Die Verwendung einer redundanten Energieversorgung reduzierte diese Risiken massgeblich.

2.3 Baugrundbedingte Gefahren

Es war bekannt, dass im Nordvortrieb des Teilabschnitts (TA) Sedrun mit stark druckhaften Verhältnissen zu rechnen war. Diesen Verhältnissen wurde mit einem neu entwickelten Konzept und einer besonderen Vortriebs- und Ausbauinstallation aus dem Bergbau erfolgreich begegnet. In Ermangelung entsprechender schweizerischer Vorschriften wurden diese für den Tunnelbau neuartigen Streckenausbaumaschinen nach den deutschen Bergbaunormen bemessen.

In den TA Faido und Amsteg, mit Überlagerungshöhen bis über 2'000 m, musste mit ausgeprägten Bergschlagphänomenen gerechnet werden. Bei den TBM-Vortrieben wurde dieser Gefährdung durch den Einbau von Toussaint-Heintzmann-Stahlbögen unmittelbar hinter dem Fingerschild der TBM begegnet. Schwieriger gestaltete sich der Umgang mit dieser Gefahr im konventionellen Vortrieb für die Multifunktionsstelle Faido. Die Mineure und die leitenden Angestellten vor Ort mussten sich über die Beobachtung der Phänomene und schliesslich mit der Entwicklung und Umsetzung besonderer Sicherheitskonzepte an das Thema herantasten. Dabei mussten Wartezeiten nach dem Abschlag als sicherheitsbedingte Verzögerungen im Arbeitszyklus sowie Betretungsverbotzonen in Kauf genommen werden.

Ein schwerer Wasser- und Schlammereinbruch beim Bau des Erkundungsstollens der Piora-Mulde verdeutlichte die grosse Herausforderung und die damals fehlende Erfahrung im Tunnelbau beim horizontalen Anfahren wasserführender Gebirgsformationen unter hohem Druck. Mit dem Beizug eines auf die Bewältigung solcher Bohrarbeiten spezialisierten kanadischen Unternehmers, mit Richtbohrungen und mit schweren Preventereinrichtungen konnten die heiklen Sondierbohrarbeiten erfolgreich gemeistert werden. Die Erkenntnisse dieser Vorarbeiten flossen dann in die Voraussondierungskonzepte der Hauptlose ein.



► Bild 1 Folgen eines Bergschlags im Teilabschnitt Faido

Quelle: IG GBT Süd



Quelle: ATG

► Bild 2 Prevertergeschützte Voraussondierung ab der TBM Ost in Faido

Beim Tunnelvortrieb zeigte sich, dass die Setzungsbeschränkung der darüberliegenden Talsperren so hohe Anforderungen an die Vorerkundung und Konsolidierung stellte, dass die Gefährdung durch Wasser- und Schlammereinbruch kaum noch relevant war.

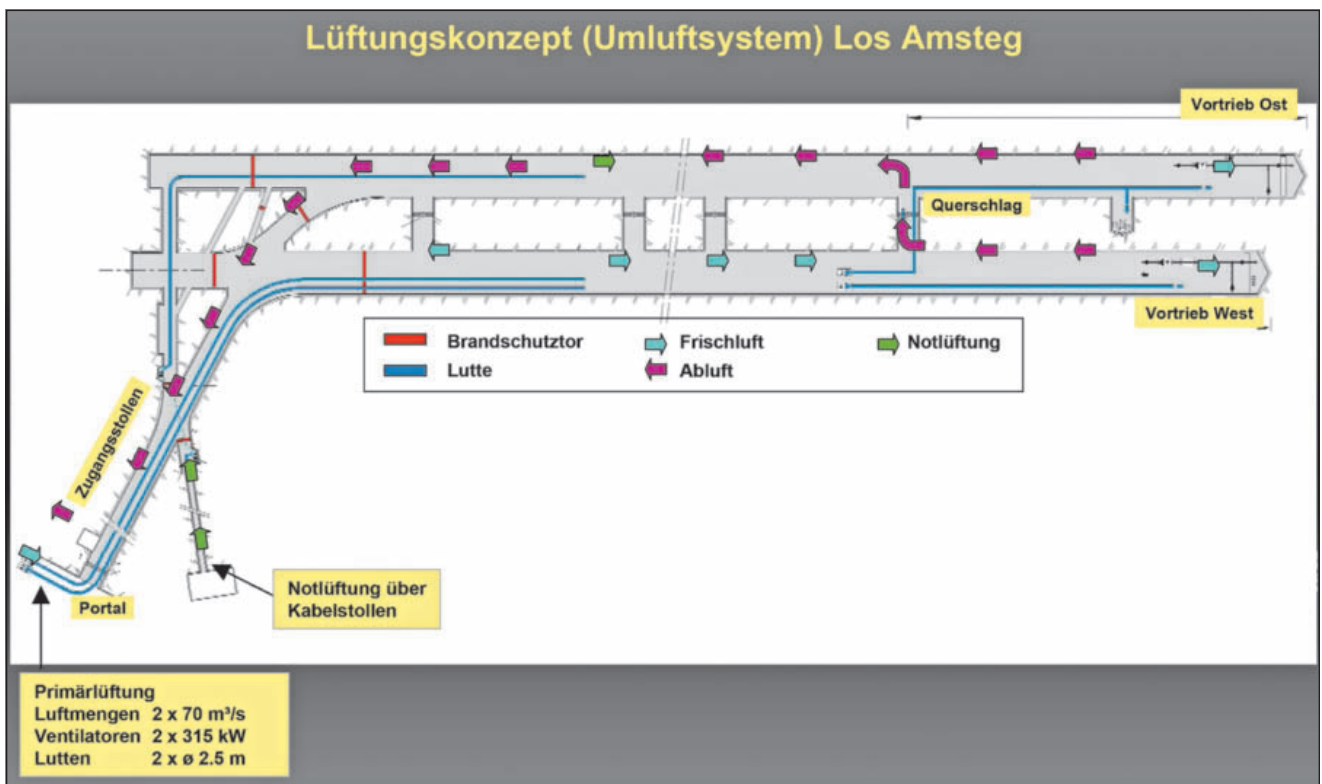
Dank der günstigen geologischen Verhältnisse war die Erdgasgefahr beim Gotthard-Basistunnel gering und konnte durch eine sorgfältige geologische Beurteilung, durch Vorerkundungen und durch Überwachungsmaßnahmen beherrscht werden. Abgesehen von schwer erkläraren Verpuffungen beim Erstellen von Bohrlöchern in den letzten Ausbruch-

etappen der MFS Faido gab es keine Ereignisse, die auf Erdgasvorkommen zurückzuführen waren.

2.4 Gewährleistung der klimatischen Bedingungen

Die hohe Überlagerung führte zu beträchtlicher Bergwärme und zusammen mit der Abwärme der Baumaschinen zu einer ausserordentlichen Gefährdung der Arbeitnehmer durch Hitze und feuchtwarme Klimabedingungen. Bald zeigte sich, dass die angestrebte maximale Trockentemperatur von 28 °C trotz der umfangreichen Kühlanlagen und der Baulüftung im Bereich der hohen Überlagerungen nicht eingehalten werden konnte. Die anfänglich zu knapp ausgelegten Kühlanlagen inklusive Kühlleitungen und Wetterkühlern mussten mehrmals verstärkt werden, was zu erheblichen Mehrkosten führte. Die beschränkten Leitungsdimensionen hatten hohe Drücke, einen hohen Energieeintrag und hohe Energiekosten zur Folge. Die WBGT (Wet Bulb Globe Temperature, eine Messgrösse für die effektive Klimabelastung) von 28 °C respektive 30 °C konnte damit an den meisten Arbeitsplätzen eingehalten werden.

Mehrfach wurden jedoch in speziellen Situationen (zum Beispiel innerhalb des Bohrkopfs) auch Trockentemperaturen von 35 °C festgestellt. Durch aufwendige arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen und häufige arbeitsmedizinische und technische Kontrollen konnten Schadensfälle weitgehend vermieden werden. Im Zuge der medizinischen Untersuchungen wurden bei den Arbeitnehmern auch andere, nicht arbeitsbedingte Risikofaktoren wie Herzschwäche, Diabetes und andere organische Erkrankungen erkannt.



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Gotthard Nord

► Bild 3 Lüftungskonzept für den Teilabschnitt Amsteg [9]

2.5 Sicherung der Qualität der Atemluft

Massgebende Schadstoffquellen während des Tunnelvortriebs sind:

- » staubförmige Schadstoffemissionen,
- » Schadstoffemissionen von Dieselmotoren,
- » Sprenggase bei konventionellem Vortrieb.

In jedem TA wurden mehrere Arbeitsstellen parallel betrieben: zum einen die Vortriebsbaustellen, dann die Baustellen für die Querschläge – und je nach TA wurde das Tunnelinnengewölbe parallel zum Vortrieb eingebracht. An jeder Arbeitsstelle kamen diverse Geräte zum Einsatz. Bei einem solchen Baubetrieb war es nur dann möglich, die Vorgaben der maximalen Arbeitsplatzkonzentrationswerte (MAK-Werte) mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand einzuhalten, wenn die Emissionen an der Quelle auf tiefe Grenzwerte limitiert wurden. Die Ausschreibungen sahen deshalb einen umfangreichen Katalog an Massnahmen vor, wie:

- » ausschliesslichen Einsatz von Maschinen und Geräten neuester Technik, insbesondere durch Umsetzung der Partikelfilterpflicht bei dieselbetriebenen Geräten;
- » Anwendung einer Zirkulationslüftung (die blasende Lüftung wurde nur noch im jeweils vordersten Tunnelabschnitt eingesetzt);
- » Lüftungstechnische Trennung der beiden Tunnelröhren durch Abschottung der Querschläge;
- » Entstaubungsanlagen auf den TBM;
- » Limitierung der Staubfreisetzung von der Oberfläche der Schutterwagen;
- » Einhausung der Abwurfstellen von Förderbändern;
- » ausschliesslichen Einsatz von Nassspritzbeton.

Staubförmige Schadstoffemissionen erforderten die effektive Beschränkung der Staubemissionen von Spritzbeton, den Einsatz wirksamer Entstaubungsanlagen beim maschinellen Vortrieb und die Minderung der Staubemissionen bei der Schutterung. Die vertraglich vereinbarten Massnahmen haben sich bewährt; allerdings wurde bei den hohen Vortriebsleistungen in der Anfangsphase des Hauptvortriebs im TA Amsteg der zulässige MAK-Wert von 0.15 mg/m^3 überschritten. Am 2. November 2004 wurde daraufhin der Vortrieb in Absprache zwischen dem Unternehmer, der AlpTransit Gotthard AG (ATG) und der Suva in beiden Röhren eingestellt. Der Vortriebsunterbruch dauerte sieben Arbeitstage, in denen diverse zusätzliche Schutzmassnahmen installiert wurden. Am 9. November wurde der Vortrieb probetalber wieder aufgenommen. Am 11. November, nach dem Vorliegen der Messresultate aus dem Probevortrieb, konnte der reguläre Vortrieb schliesslich fortgesetzt werden.

Dank der Verwendung von Nassspritzbeton und leistungsfähiger Entstaubungsanlagen, der Optimierung der band- und der schienengebundenen Schutterung und der systematischen Entsorgung der Staubrückstände im Tunnel konnte die Staubbelastung der Arbeitnehmer unter die Grenzwerte gesenkt werden.



Quelle: ATG

► Bild 4 Beim Bau des Gotthard-Basistunnels galt seit Mitte 2000 die Partikelfilterpflicht

Schadstoffemissionen von Dieselmotoren führten bereits im Vorfeld des Projekts zur Entwicklung und Verwendung von Partikelfiltern im Tunnelbau, da Dieselmotoren ohne Partikelfilter zu einer unlösbaren Schadstoffbelastung der Tunnelluft führen. Alternativen zu Dieselmotoren, zum Beispiel der Einsatz von modernen Dampfspeicherlokomotiven, wurden zwar diskutiert, waren jedoch ungenügend erprobt und standen nicht zur Verfügung. Konsequenterweise wurde in allen Losen des ATG die Verwendung von Partikelfiltern für Maschinen mit mehr als 50 kW Leistung verlangt. Mit einem wegweisenden Entscheid am 31. Mai 1999 wurde die Einsprache eines Unternehmers gegen die Verwendung von Partikelfiltern abgewiesen und darauf eine allgemeine Partikelfilterpflicht zur Mitte des Jahres 2000 im Untertagbau eingeführt. Während des Projekts konnten Unternehmer und Hersteller weitere wertvolle Erfahrungen sammeln. Die technische Entwicklung der Partikelfilter wurde bis zum Ende der Vortriebsarbeiten nahezu weltweit von der Automobilindustrie übernommen.

Die Schadstoffbelastung durch Sprenggase sowie die Gefährdung aufgrund der explosiven Wirkung der Sprengmittel konnten beim Bau beider Basistunnel durch die Verwendung von neu entwickelten Emulsionssprengstoffen minimiert werden. Diese neuen Flüssigsprengstoffe führten jedoch in Kombination mit feuchtwarmen Klimabedingungen, Wasser und Spritzbeton zur Bildung von Ammoniak, was zeitweise eine Verlängerung der Lüftungsphasen und der Sprengpausen erforderte. Die Qualität der Tunnelluft sowie die Effizienz der Massnahmen zu Lüftung und Emissionsminderung wurden mit eigenen Handmessgeräten der Baustelle und regelmässigen Tunnelluftmessungen des Bereichs Analytik der Suva systematisch überwacht.

In den TA Amsteg und Sedrun wurden geringmächtige natürliche Asbestvorkommen festgestellt. Ähnliche Vorkommen wurden auch beim Bau des Lötschberg-Basistunnels angetroffen. In Abstimmung mit der Suva wurden von den Baustellen Aktionspläne mit Gefährdungsstufen, Messkonzepten und

Gefahrenstufe		Massnahmenplanung		
	Indikatoren	Ort	Messungen	Installationen
Stufe 0 Keine Gefahr	Keine potenziell asbesthaltigen Gesteine prognostiziert	Vortriebsbereich	» Gesteinsanalysen durch Geologen (laufend)	–
		Transportwege/Deponie	–	–
Stufe 1 Geringe Gefahr	Potenziell asbesthaltige Gesteine prognostiziert, aber nicht angetroffen	Vortriebsbereich	» PCM-Messungen (2x monatlich) » Gesteinsanalysen (bei Verdacht Laboranalysen)	» Sprüheinrichtungen vorhalten
		Transportwege/Deponie	» PCM-Messungen (2x monatlich) » Gesteinsanalysen (bei Verdacht Laboranalysen)	» Sprüheinrichtungen bei Kippstelle und Deponie vorhalten
Stufe 2 Erhebliche Gefahr	Potenziell asbesthaltige Gesteine angetroffen	Vortriebsbereich	» PCM-Messungen (täglich) » Gesteinsanalysen (bei Verdacht Laboranalysen)	» Punktueller Einsatz von Sprüheinrichtungen
		Transportwege/Deponie	» VDI-Messungen (bei Bedarf)	» Einsatz von Sprüheinrichtungen bei Kippstelle und Deponie
Stufe 3 Grosse Gefahr	Asbestfasern angetroffen	Vortriebsbereich	» PCM-Messungen (laufend) » Gesteinsanalysen	» Punktueller Einsatz von Sprüheinrichtungen
		Transportwege/Deponie	» VDI-Messungen (nach Absprache)	» Einsatz von Sprüheinrichtungen bei Kippstelle und Deponie

► **Tabelle 1** Massnahmenplan zum Umgang mit Asbestgefährdung im Teilabschnitt Sedrun (vereinfacht)

Massnahmenplanung		
Arbeitsanweisungen	Gesundheitsschutz	Information
–	» Kombis und persönliche Schutzausrüstung tragen	» Information der Mitarbeiter » Besucherzentrum (keine Einschränkungen)
–	–	
–	» Atemschutzmasken FF P3 vorhalten » Kombis tragen	» Information der Mitarbeiter » Besucherzentrum (keine Einschränkungen)
–	–	
» Klassierung als B-Material » Staubverhinderung » Schonender Abbau » Weitere Massnahmen in Absprache mit der Suva	» Atemschutzmasken FF P3 tragen und fachgerecht entsorgen » Kombis täglich wechseln und fachgerecht waschen	» Instruktion der Mitarbeiter » Information der Öffentlichkeit durch ATG in Absprache mit der Suva, sobald Asbest festgestellt wird » Besucherzentrum (keine Führungen während Sprengen und Schüttern)
» Staubverhinderung » Keine Aufbereitung » Direkte Ablagerung auf Inertstoffdeponie » Kontrollierter Einbau (Menge und Ort) » Abdecken mit nicht gefährdetem Material	» Atemschutzmasken FF P3 tragen und fachgerecht entsorgen » Kombis täglich wechseln und fachgerecht waschen	
» Klassierung als B-Material » Staubverhinderung » Schonender Abbau » Weitere Massnahmen in Absprache mit der Suva	» Atemschutzmasken FF P3 tragen und fachgerecht entsorgen » Kombis täglich wechseln und fachgerecht waschen	» Instruktion der Mitarbeiter » Information der Öffentlichkeit durch ATG in Absprache mit der Suva » Besucherzentrum (keine Führungen)
» Staubverhinderung » Keine Aufbereitung » Direkte Ablagerung auf Inertstoffdeponie » Kontrollierter Einbau (Menge und Ort) » Abdecken mit nicht gefährdetem Material	» Atemschutzmasken FF P3 tragen und fachgerecht entsorgen » Kombis täglich wechseln und fachgerecht waschen	

stufengerechten Schutzmassnahmen entwickelt, welche einen sicheren Vortrieb ermöglichten.

2.6 Brandschutz

Das Brandrisiko ist eine der Gefährdungen mit Katastrophenpotenzial. Viele Brandszenarien wurden bei der Erarbeitung des Sicherheitsplans vom Unternehmer analysiert. Für jeden der Fälle wurden die entsprechenden Massnahmen festgelegt, zum Beispiel die Brandfallsteuerung der Lüftung, die Organisation geeigneter Mittel zur Selbstrettung und der Aufbau einer Grubenwehr. Als besonders kritisch wurden Brandfälle im vorderen Vortriebsbereich mit möglichem Einschluss von Mannschaften betrachtet sowie Brandfälle im untertägigen Logistikzentrum der Hauptvortriebe (Fusspunkte Amsteg, Faido und Schachtfussbereich Sedrun). Um diese kritischen Punkte beherrschen zu können, wurde nebst der persönlichen Schutzausrüstung die Installation von autonom belüfteten Rettungscontainern im Vortriebsbereich oder auf dem Nachläufer der TBM verlangt. Diese autonome Lüftung erfolgte über eine von den Portalen hereingezogene Druckluftleitung in geschützter Lage (zum Beispiel in den Schachtausbau des Vertikalschachts Sedrun und in die Betonsohle einbetoniert). Ein schwerer Brand einer übertägigen Fördergurtnanlage im Baulos Sedrun am 28. Juni 2004 sensibilisierte alle Beteiligten zusätzlich für diese Gefahr. Dieser Fall zeigte auf, dass die vertraglich vereinbarte Materialqualität der Förderbänder mangels entsprechender Normen unzureichend war.

Mittels Sofortmassnahmen und mit Einführung der SNEN 14973:2006 «Fördergurten für die Verwendung unter Tage» zum Oktober 2006 sind die brandschutztechnischen Anforderungen an Fördergurten unter Tage nun so geregelt, dass die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen gemäss Artikel 4 des Bundesgesetzes über die Produktesicherheit (PrSG) erfüllt werden. Die konsequente Beschränkung der Brandlasten, wie Förderbänder, Isolationsfolien und brennbare Abfälle, die Verwendung von Löschanlagen auf Maschinen, an Geräten und auf allen Stollenlokomotiven und die Schulung der Arbeitnehmer in der Verwendung der Löschmittel reduzierten die Brandgefahr so deutlich, dass während der gesamten



► Bild 5 Brand der übertägigen Förderbandanlage in Sedrun am 28. Juni 2004

Bauzeit des GBT im Untertagbereich kein einziger erheblicher Brandfall zu verzeichnen war.

2.7 Schutz vor Verätzungen

Chemische Gefahrstoffe wie Spritzbetonbeschleuniger führten im Vorfeld des Projekts mehrmals zu Verätzungen. Dank der Entwicklung nicht aggressiver Produkte durch die Lieferanten, wie alkalifreie Zusatzmittel, konnte diese Gefährdung stark reduziert werden.

3 ORGANISATORISCHE UND MATERIELLE MASSNAHMEN

Ein wesentliches Element der Arbeitssicherheit ist die persönliche Schutzausrüstung für jede Person unter Tage, seien dies Mineure, Kader der Unternehmung, örtliche Bauleitung, Projektengineure, Bauherrenvertreter oder auch Besucher. Die persönliche Schutzausrüstung besteht aus:

- » Arbeitskleidung in Warnfarben mit reflektierenden Streifen,
- » Badge für die Zutrittskontrolle,
- » Schutzhelm,
- » Gehörschutz,
- » Schutzbrille,
- » Staubschutzmaske,
- » Sicherheitsschuhen,
- » Sauerstoffselbstretter (45 Minuten).

Analog dem Sicherheitskonzept für den künftigen Tunnelbetrieb sind die Selbstrettungsmassnahmen auch im Baubetrieb den Fremdrettungsmassnahmen übergeordnet, da die Interventionszeiten für eine von aussen kommende Rettung lang sind. Folglich musste auch sichergestellt sein, dass in jeder Arbeitsgruppe ausgebildete Nothelfer verfügbar waren, welche dafür sorgten, dass Verletzte bis zum Eintreffen eines Arztes oder der externen Retter fachgerecht versorgt wurden. Zur Sicherstellung der Selbstrettung musste jede Person, die unter Tage arbeitete, vorgängig ihres Einsatzes mit den entsprechenden Verhaltensweisen vertraut gemacht werden. Dies galt auch für Besuchergruppen, die eine Kurzeinführung in die Grundregeln der Selbstrettung erhielten. Die Schulungsmassnahmen waren im Leistungsverzeichnis vertraglich vereinbart. Unter Tage waren die geschützten Bereiche für die einzelnen Arbeitsstellen zu definieren und entsprechend vorzuhalten. Dazu gehörten Rettungskammern im Fussbereich der Vertikalschächte, Fluchtcontainer bei den Arbeitsstellen (mit Anschluss an die von aussen zugeführte Notluftversorgung) und vordefinierte und signalisierte Fluchtwege. Zudem mussten Transportmittel vorgehalten werden, um weiter entfernte geschützte Bereiche erreichen zu können. Nebst den lüftungstechnischen Massnahmen zur Beherrschung von Brandfällen war die Verfügbarkeit von Feuerlöschrichtungen an den jeweiligen Arbeitsstellen und auf Fahrzeugen von höchster Wichtigkeit. Das Fehlen des Feuerlöschers in unmittelbarer Nähe zur Arbeitsstelle war eine der Ursachen für den oben erwähnten verheerenden Förderbandbrand in Sedrun (siehe ► Bild 5). Auch die Feuerlöschrichtungen wurden ausgeschrieben und nach Ausmass abgerechnet.

Quelle: ATG



Quelle: Alfred Haack



Quelle: Marco Tschilar

► **Bilder 6a und b** Fluchtcontainer auf dem Installationsplatz in Sedrun und grüne Fluchtwegmarkierung im Tunnel

Trotz aller Selbstrettungsmassnahmen musste sichergestellt werden, dass die Fremdrettung auf den einzelnen Baustellen ebenfalls funktionierte. In den TA Erstfeld, Amsteg, Faido und Bodio konnte für die Rettung unter Tage auf externe Ereignisdienste zurückgegriffen werden. Der Unternehmer hatte den Ereignisdiensten speziell ausgebildetes und trainiertes Personal als sogenannte Scouts zur Verfügung zu stellen, welche die aktuelle Situation der Baustelle gut kannten. Die Zusammenarbeit wurde mindestens halbjährlich mit Übungen getestet. In Sedrun fehlte ein geeigneter externer Ereignisdienst, zudem waren dort auch mögliche Ereignisse in den Vertikalschächten zu bewältigen. Die lokale Feuerwehr war ausschliesslich für die Ereignisbewältigung über Tage zuständig. Ab dem Portal des Zugangsstollens musste der Unternehmer einen eigenen Rettungsdienst, Grubenwehr genannt, aufbauen und während der gesamten Bauzeit vorhalten. Jederzeit mussten zwei Trupps mit einem Bestand von fünf Mann verfügbar sein, die nicht unter Tage eingesetzt werden durften. Der erste Trupp hatte innerhalb von 15 Minuten auf dem Installationsplatz einsatzbereit zu sein. Unter Tage stand ein mit Rettungsmaterial und Transportkapazitäten ausgerüsteter Zug zur Verfügung.

Für die Sicherheit der Belegschaft war in jedem TA eine Leitstelle auf dem Installationsplatz verfügbar. Sämtliche Alarme gingen direkt dort ein. Je nach Art und Ort des Er-

eignisses wurden in den Leitstellen anhand einer Checkliste die entsprechenden Lüftungs- und Rettungsmassnahmen ausgelöst und der Rettungseinsatz geleitet und koordiniert. Dies setzte voraus, dass in den Leitstellen im Ereignisfall alle Informationen verfügbar waren, was durch die Installation redundanter Kommunikationsmittel, wie Funk, Telefon und Videokameras, sichergestellt wurde. Im Ereignisfall mussten die Leitstellen auf die Systeme der Bauinstallation (Lüftung, Baustromversorgung) via Fernsteuerung direkten Zugriff haben, um die erforderlichen Massnahmen, wie das Auslösen von Brandfallsteuerungen für die Lüftung, ohne Verzug veranlassen zu können. Von beträchtlicher Bedeutung war auch die Auslegung der Transportkapazitäten für die Evakuierung und Rettung. So war beispielsweise beim Abteufen des Hauptschachtes in Sedrun und bei der Ausweitung der Schachtfusskavernen die Evakuierung der Mannschaft mit einem einzigen Treiben, das heisst einem einzigen Zug des Fördermittels, vorgesehen. Im Bereich der Vortriebe wurde verlangt, dass die gesamte Vortriebsmannschaft mit nur einem Transport evakuiert werden konnte. Zudem war auf jedem Installationsplatz ein Helikopterlandeplatz vorzuhalten.

Trotz spezieller Auswahl der Einsatzkräfte kamen diese in den feuchtwarmen Klimabedingungen an die Grenze der persönlichen Leistungsfähigkeit, was Anpassungen beim Einsatzkonzept und bei der Ausrüstung erforderte.



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Gotthard Nord

► **Bild 7** Rettungszug auf dem Installationsplatz Erstfeld



Quelle: Arbeitsgemeinschaft Gotthard Nord

► **Bild 8** Die Leitstelle als zentrales Element der Arbeitssicherheit und Ereignisbewältigung, Beispiel Amsteg [9]

4 ARBEITSSICHERHEIT WÄHREND DER AUSFÜHRUNG

Die Arbeitssicherheit während der Bauausführung wurde durch die systematische Umsetzung des vom Unternehmer erarbeiteten Sicherheits- und Rettungskonzepts gewährleistet. Dieses war vor der Aufnahme der Hauptvortriebe der Suva und dem Bauherrn zur Prüfung vorzulegen. Arbeitssicherheit wurde generell als eindeutige Führungsaufgabe des Baustellenmanagements verstanden und war Gegen-



Quelle: ATG



Quelle: Alfred Haack

► **Bilder 9a und b** Von allen Partnern mitgetragene «STOP RISK»-Kampagne und Massnahme zur Erinnerung an die Eigenverantwortung im Teilabschnitt Sedrun

stand jeder Führungssitzung. Die Führungspersonen jedes Vertragspartners wurden in der Wahrnehmung ihrer Aufgabe durch einen speziell ausgebildeten Sicherheitsbeauftragten unterstützt. Die Sicherheitsmassnahmen wurden zwischen den verschiedenen Arbeitgebern (Unternehmer, Bauleitung, Bauherrschaft und Drittunternehmer) abgesprochen. Durch dieses Vorgehen liess sich die Effizienz erhöhen und die Anzahl der Beteiligten und der Schnittstellen stark reduzieren. Die Unternehmer ihrerseits pflegten den Kontakt zu den Arbeitnehmervertretern.

Alle technischen, personellen und organisatorischen Massnahmen zusammengenommen führen leider dennoch nicht zu einem Zustand ohne Arbeitsunfälle, da man auch auf den Untertagbaustellen mit Menschen zu tun hat, denen einmal ein Fehler oder eine kleine Unachtsamkeit unterlaufen kann. Solche Marginalien können aber im Untertagbau und im Bauwesen generell fatale Konsequenzen haben. Deshalb entschlossen sich die ATG, die Unternehmer und die Suva im Jahr 2002 zu einem gemeinsamen «STOP RISK»-Programm, mit welchem jeder Person auf der Baustelle ihre Eigenverantwortung bewusst gemacht werden sollte. Die Arbeitssicherheit war ein Dauerthema, bei welchem auch Führungsansprüche zum Wohle der Gesundheit der Arbeiter durchzusetzen waren.

Um die Entwicklung der Unfallzahlen zu beeinflussen, wurden Ziele festgelegt. Der Trend der Arbeitsunfallzahlen wurde anhand grafischer Darstellungen verfolgt (siehe ► **Bild 10**). Der Index war als Anzahl der Arbeitsunfälle pro 1'000 Mitarbeiter und Jahr definiert. Ziel war, die Unfallhäufigkeit unter den Wert 200 zu drücken und damit rund 20 % besser zu sein als der damalige Durchschnitt der Baubranche. Wie ► **Bild 10** zeigt, wurde dieses Ziel beinahe erreicht.

Die Entwicklung der Unfallkosten beeinflusste die Prämien für die Unfallversicherung. Hohe Unfallkosten führten zu wesentlich höheren Prämien, eine Reduktion der Kosten reduzierte die Prämien stark. Die Arbeitsgemeinschaften liefen zudem Gefahr, nach mehreren Ermahnungen höhere Prämien bezahlen zu müssen. Damit war neben der ethischen Verpflichtung, Unfälle zu vermeiden, auch ein hoher wirtschaftlicher Druck zur Reduktion der Arbeitsunfälle vorhanden. Dies zeigt sich auch in den Kennzahlen der Suva: Während der Rohbauphase des Projekts GBT konnten Unfallhäufigkeit und Unfallkosten stark reduziert werden. Das Fallrisiko verringerte sich im schweizerischen Tunnelbau von 2004 bis 2012 um mehr als 30 %, auch das Kosten-, das Invaliditäts- und das Berufskrankheitsrisiko wurden signifikant reduziert.

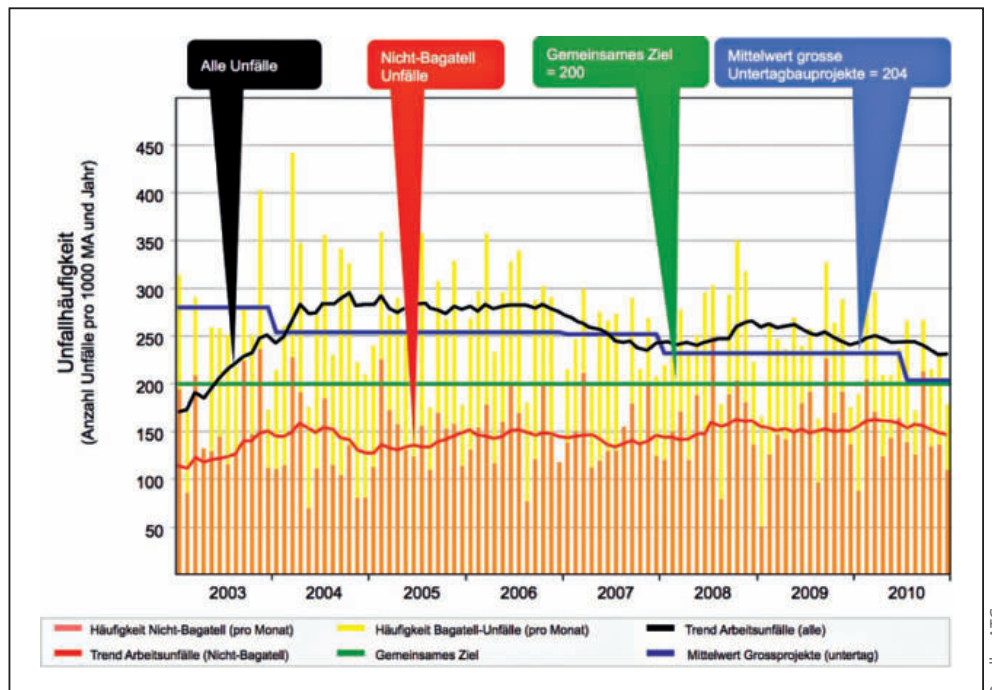
Leider gab es trotz aller Massnahmen während des Baus des Gotthard-Basistunnels bis Mitte 2015 neun Todesfälle. Zwei davon ereigneten sich beim Abteufen des Blindschachtes in Sedrun. Beim darauf folgenden mechanischen Abteufen des Schachtes kam es dann zu wesentlich weniger Arbeitsunfällen. Aufgrund dieser Erkenntnisse würde heute vermutlich nach weiteren Alternativen zu einem im Sprengverfahren abgeteufen Blindschacht

gesucht. Die Bilanz bezüglich der schweren und der tödlichen Arbeitsunfälle ist zwar sehr viel besser als bei früheren Tunnelbauten, zufrieden sein kann man mit den erreichten Werten aber weiterhin nicht. Es zeigt sich, dass die Arbeitssicherheit nach wie vor verbessert werden muss. «Target Zero», wie die Zielvorgabe beim Projekt Crossrail in London lautet, müsste auch im mitteleuropäischen Raum das Ziel bei weiteren Projekten sein. Die Todesfälle standen meist im Zusammenhang mit Transportarbeiten. Klassische, durch den Baugrund bedingte Tunnelbauunfälle durch Felsniederbruch oder Sprengarbeiten waren sehr selten und nur in einem der neun Fälle die Ursache. Mit der systematischen Verwendung von Rückfahrkameras ab 2004 konnte zum Beispiel die Zahl der Unfälle mit rückwärtsfahrenden Baumaschinen massiv reduziert werden.

5 FAZIT

Mit dem Bau des Gotthard-Basistunnels haben alle Beteiligten inklusive der Suva, die mit der Aufsicht über die Untertagarbeiten beauftragt war, wichtige Erkenntnisse für den gesamten Tunnelbau gewonnen. Der Stand der Arbeitssicherheit im Tunnelbau wurde nachhaltig verbessert. Gemeinsam wurden auch bezüglich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz Meilensteine gesetzt, wie:

- » die konstruktive Zusammenarbeit zwischen den beteiligten Parteien,
- » die systematische Anwendung von Risikoanalysen und abgeleiteten Massnahmen,
- » die systematische Verwendung von Festlegeblättern für die Felssicherung und Vorerkundung,
- » die breite Anwendung von preventergeschützten Vorbohrungen,
- » die systematische Anwendung des Nassspritzverfahrens,
- » die Verfügbarkeit effizienter Entstaubungsanlagen für TBM,
- » die Verfügbarkeit von Löschanlagen auf Baumaschinen,
- » die Verfügbarkeit von praxistauglichen Partikelfiltern für alle Anwendungen,
- » die Verfügbarkeit von Sicherheitsplänen für asbesthaltiges Gebirge,
- » die Verfügbarkeit von Rettungsmassnahmen wie Rettungscontainern, Selbstrettern, Zugangskontrollsystemen und bilateralen Rettungsorganisationen,
- » die Verfügbarkeit von Rückfahrkameras,
- » der Umgang mit feuchtwarmen Klimabedingungen.



► Bild 10 Entwicklung der spezifischen Unfallhäufigkeiten während des Vortriebs [10]

Quelle: ATG

Die beteiligten Bauunternehmen, die Ingenieurunternehmen, die Bauleitungen, der Bauherr, die Sicherheitsspezialisten, die Suva und auch Dritte, wie Maschinenhersteller und Lieferanten, haben wertvolle Kompetenzen erlangt, die bei der Ausführung künftiger Tunnelbauvorhaben im In- und Ausland angewendet werden können. Die gewonnenen Erkenntnisse sind die Basis für die notwendigen weiterführenden Entwicklungen. ☑

Literatur

- [1] Aerni, K.: Sicherheitskonzeption bei grossen Tunnelprojekten aus der Sicht des Bauherrn; Fachtagung Tunnelbau, 2002
- [2] Vogel, M.: Tunnelbau und Arbeitssicherheit; Fachtagung Tunnelbau, 2002
- [3] Weber, C.: Arbeitssicherheit auf den Baustellen der AlpTransit Gotthard AG; Fachtagung Tunnelbau, 2002
- [4] Gugelmann, B.: Tunnel AlpTransit – Ticino, Lotto 554 Bodio/Lotto 452 Faido; Fachtagung Tunnelbau, 2002
- [5] Blindenbacher, B.: Leitstelle und Zutrittskontrolle; Fachtagung Tunnelbau, 2002
- [6] Arbeitsmedizinische Prophylaxe bei Arbeiten im Untertagbau im feuchtwarmen Klima, Suva, 2003
- [7] Jost, M.: Gefährdung und arbeitsmedizinische Vorsorge im Untertagbau; Medienkonferenz vom 9. September 2008
- [8] Bloch, A.: Arbeitssicherheit beim Projekt AlpTransit; Medienkonferenz vom 9. September 2008
- [9] Lucek, J.: Arbeitssicherheit aus der Optik des Tunnelbau-Unternehmers; Medienkonferenz vom 9. September 2008
- [10] Bericht über die Oberaufsicht über den Bau der NEAT im Jahre 2010, NAD, Bern 2011