
Brandbeständiger Spritzbeton für Schacht II Sedrun

FIRE-RESISTANT SPRAYED CONCRETE FOR SEDRUN'S SHAFT II

URS STREULI

Der beim Bau des Gotthard-Basistunnels ursprünglich als 800 m tiefer Wetterschacht geplante Schacht II im Abschnitt Sedrun wurde zur Entflechtung der Transportprobleme im Durchmesser von 4 m auf 7 m erweitert, mit einem brandbeständigem Spritzbeton ausgekleidet und eine Schachtförderanlage eingebaut. Für den Brandschutz wurde dazu auf die Schachtwände ein über eine bis zu 800 m tiefe Falleitung transportierter, brandbeständiger Nassspritzbeton mit Hilfe einer Spritzbetonmaschine und einem Spritzmanipulator eingebaut. Die Arge Transco hat drei verschiedene Brandschutzsysteme prüfen lassen. Zwei dieser Brandschutzsysteme waren aus Spritzbeton mit entglimmerten Gesteinskörnungen des Ausbruchsmaterials aus dem Tunnelabschnitt Sedrun. Im Schacht II Sedrun wurde der Brandschutz-Spritzbeton insgesamt auf ca 18 000 m² mit ca. 7,5 cm Mindestdicke eingebaut. Er zeigte nach den Brandversuchen (900 °C über 4 h):

- Keine Abplatzungen (auch nicht bei anschließend rascher Zwangsbelüftung)
- Keine Auflösungserscheinungen an der Oberfläche (Absandungen)
- Geringere Temperatur als 350 °C in den Kontaktflächen zum Konstruktionsbeton

In the construction of the Gotthard Base Tunnel, shaft II in the Sedrun section was originally designed as an 800 metre deep ventilation shaft. In order to resolve transport problems, its diameter was extended from 4 to 7 metres, and it was provided with a lining of fire-resistant sprayed concrete and a shaft conveyor system installed. For fire protection purposes fire-resistant wet mix sprayed concrete was applied to the shaft walls, having been carried by way of pipes up to 800 metres in depth, with the help of a sprayed concrete machine and placed by a spraying robot. Arge Transco [Transco Joint Venture] had three different fire protection systems tested. Two of these systems consisted of sprayed concrete with abraded granular materials from the excavation of the Sedrun tunnel section. The fire-resistant sprayed concrete was applied to Sedrun's shaft II over a total area of around 18,000 square metres, to a minimum thickness of 75 mm. Results of fire tests (at 900 °C over a period of four hours) were as follows:

- *No spalling (not even when subsequently subjected to high pressure ventilation)*
- *No sign of deterioration (sandy decomposition) on the surface*
- *Temperature below 350 °C at the concrete structure contact surfaces.*

1. Der Schacht II in Sedrun

Nebst den schwierigen geologischen Verhältnissen, welche für den Teilabschnitt Sedrun des Gotthard-

Basistunnels prognostiziert sind, zeichnet sich dieses Baulos durch seine außergewöhnliche Baugestaltung aus. Die Tunnelsohle liegt über 800 m unterhalb des Zugansportals sowie des Installationsplatzes

"Las Rueras" und daher musste die Ver- und Entsorgung der bis zu 7 gleichzeitig laufenden Vortriebsstellen durch 2 Vertikalschächte (Bild 1) erschlossen werden.

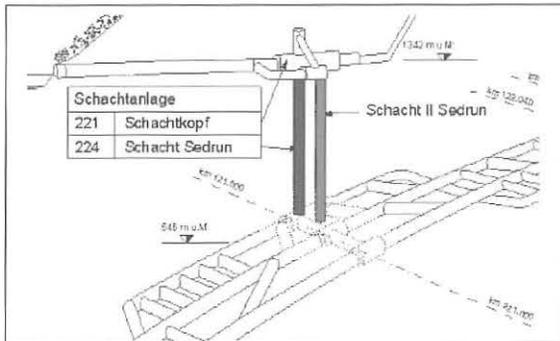


Bild 1: Schacht I und II

Ursprünglich war für die Beförderung von Ein- und Ausbruchsmaterial sowie für das Personal der Schacht I vorgesehen. In der Offertphase jedoch wurde klar, dass ein Einschachtförderbetrieb mit dem Schacht I auf einer so komplexen Baustelle zu massiven sicherheitstechnischen und logistischen Engpässen führen könnte. Daher entschloss sich die ausführende Arbeitsgemeinschaft "Arge Transco-Sedrun", bestehend aus den Baufirmen Batigroup, Bilfinger Berger, Frutiger und Pizzarotti, zur Entflechtung des bestehenden Engpasses. Der als Wetterschacht geplante Schacht II wurde vom vorgesehenen Durchmesser von 4 m auf 7 m erweitert und eine Schachtförderanlage eingebaut. Durch diese Maßnahme kann ein erheblicher Beitrag zur Entflechtung der logistischen Transportprobleme sowie zur Sicherheit sowohl in der Bau- wie auch in der Betriebsphase erzielt werden.

Der Schacht I wurde in konventioneller Bauweise mit Bohren und Sprengen abgeteuft. Dagegen wurde der Schacht II mittels der gestängellosen Schachtbohrtechnik in 3 Phasen (Bild 2) aufgefahren:

- Herstellen der Pilotbohrung
- Herstellen der Erweiterungsbohrung
- Abteufen des Schachtes (gestängelloses Schachtbohren)

2. Spezielle Vorgaben betreffend Brandschutz

Den Maßnahmen zur Berücksichtigung der Einwirkungen bei einem Brandfall im Gotthardbasistunnel (GBT) muss höchste Bedeutung beigemessen werden.

Zusammen mit dem bereits ausgeführten Hauptschacht (Schacht I) ist der Schacht II des Teilabschnittes Sedrun Hauptbestandteil des Lüftungssystems des Gotthard-Basistunnels, wobei der Schacht II als Abluftträger des GBT benutzt wird.

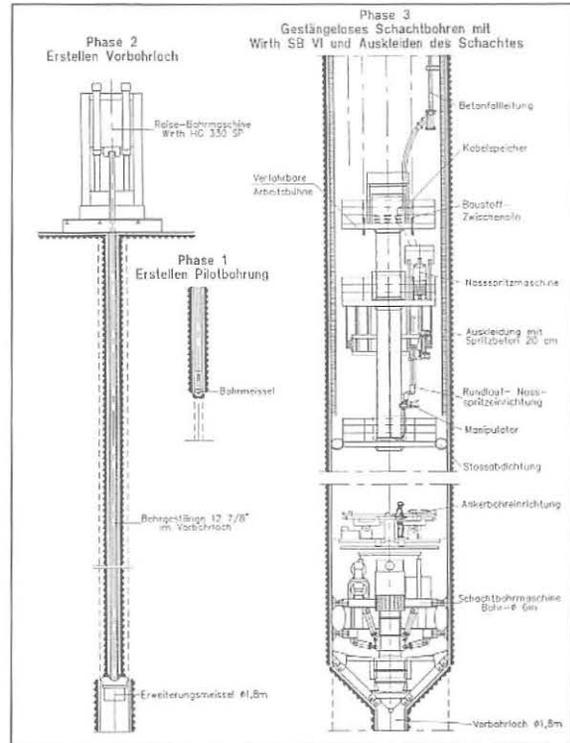


Bild 2: Bohrtechnik für Schacht II

Im Falle eines Zugbrandes im Tunnel während der Betriebsphase ist gemäß dem Sicherheitskonzept vorgesehen, dass die Züge wenn immer möglich noch in die Nothaltestellen der Multifunktionsstellen Sedrun oder Faido einfahren.

Von dort müssen die Passagiere via Verbindungs- und Seitenstollen in die Nothaltestelle der gegenüberliegenden Tunnelröhre flüchten. In den Nothaltestellen ist eine punktuelle Luftabsaugung bei gleichzeitigem Einblasen von frischer Luft vorgesehen. Dies wird in bzw. durch die Lüftungszentrale, welche in der Schachtkopfkaue zu liegen kommt, gesteuert und gefördert. Maximal können 200 m³/s Zuluft und 250 m³/s Abluft gefördert werden.

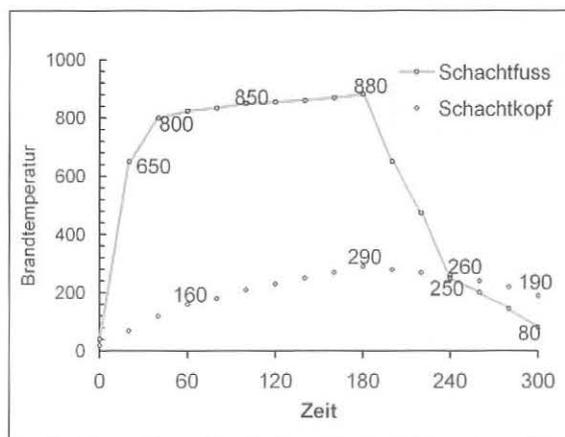


Bild 3: Temperaturanforderungen

Die Brandgase werden durch separate Lüftungsabteile bis zum Schachtfuß und von dort durch den Ablufschacht zur Schachtkopfkaverne gesogen und dann über den Entlüftungstollen ins Val Nalps abgeführt. Mit diesem Lüftungssystem kann sichergestellt werden, dass die flüchtenden Passagiere mit ausreichender Frischluft versorgt sind und das Eindringen von Rauch in die brandfreie Nothaltestelle wegen dem herrschenden Überdruck nicht mehr möglich ist.

Die Bauherrschaft des Gotthardbasistunnels (ATG) hat für den Schacht II das folgende Brandszenario ("Worst-Case") angenommen:

- Ein Brand eines Güterzuges in der Nothaltestelle.
- Die Branddauer beträgt 4 Stunden und die maximal erreichte Temperatur am Schachtfuß 880 °C (Bild 3).

Des weiteren wurde gefordert, dass, im Falle eines Güter- und Personenzugbrandes in der einen Röhre, der Betrieb in der anderen Röhre so lange wie möglich sichergestellt sein muss. Und es sind die Maßnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit und Sicherheit so vorzusehen, dass die Funktion als Abluftträger auch nach einem Brandereignis weiterhin gewährleistet bleibt.

Dies bedeutet insbesondere, dass die tragende Betonverkleidung sowie allfällige Brandschutzverkleidungen keine Schäden erleiden dürfen, die eine langandauernde Reparatur bzw. Sanierung erforderlich machen. Eine Störung des Bahnbetriebes in der nicht betroffenen Betriebsröhre ist einzuschränken. Diese Vorgaben wurden dann vom Projektverfasser wie folgt weitergeführt:

- Kleinere Betonabplatzungen sind nur dann gestattet, wenn die Funktionalität des Schachtes II als Abluftträger nicht beeinträchtigt wird.
- Eine tragende Betonschicht muss auch nach einem Brandereignis noch vorhanden sein.
- Es müssen Maßnahmen vorgenommen worden sein, damit die Temperatur an der Oberfläche der Schachtauskleidung an, d.h. der Kontaktfläche zwischen Brandschutzschicht und Stahlfaserspritzbeton der Felssicherung, nicht höher als 350 °C wird.

Die ARGE Transco hatte durch vorgängige Versuche die Brandbeständigkeit des Brandschutzsystems zu zeigen. Die Wahl des einzusetzenden Brandschutzproduktes bzw. Systems erfolgte durch die Bauherrschaft. Die ARGE Transco beauftragte im Spätherbst 2002 die Versuchsstollen Hagerbach AG (VSH) mit der Durchführung einer Versuchsreihe zur Prüfung verschiedener Brandschutzsysteme.

Ziel der Versuche war es, unter den von der Bauherrschaft und der Arge Transco definierten Randbedingungen, die im Leistungsverzeichnis vorgegebenen Brandschutzsysteme zu testen und zu vergleichen. Des weiteren mussten neue, technisch und wirtschaftlich äquivalente, Systeme ermittelt und getestet werden.

Ein spezielles Augenmerk legte die Arge Transco bei den Brandversuchen auf den Einfluss der Schichtstärke des Schutzsystems bezüglich des Wärmedurchgangs.

3. Brandversuche im Versuchsstollen Hagerbach (VSH)

3.1 Grundplattenherstellung

Die Grundplatten (1600 mm x 1600 mm x 200 mm) wurden mit entglimmerten Zuschlägen des Ausbruchsmaterials auf der Baustelle Sedrun hergestellt. Auf die raue Oberfläche wurde das jeweilige Schutzsystem appliziert. Für alle Systeme wurden identische Grundplatten verwendet.

3.2 Schutzsysteme

Alle Schutzsysteme (Tabelle 1) wurden nach Angaben des Lieferanten im VSH, bzw. von den Herstellern selbst appliziert.

Nr.	Plattenbezeichnung	Firma	Produkt
1	FS 25	MBT	MEYCO® Fix Fireshield 1350
2	FS 50	MBT	MEYCO® Fix Fireshield 1350
3	Sika T	SIKA	Feuerbeständiger Spritzbeton
4	PC 800	Schuh GmbH	Brandschutzmörtel, Pyrocoat 800
5	Sika S	SIKA	Feuerbeständiger Spritzbeton

Tab. 1: Versuchsprodukte

3.2.1 Meyco® Fix Fireshield 1350

Bei diesem Produkt handelt es sich um einen Brandschutzmörtel auf Zementbasis (Sackware).

Es wurden zwei Platten unterschiedlicher Schichtstärke (25 mm und 50 mm) hergestellt (Bild 6). Die Herstellung einer Platte mit variabler Schichtstärke war nicht vorgesehen.

den Platten zwischen 50 und 100 mm (Bild 11). Durch diese Ausdünnung der Schutzschicht soll der Einfluss der Schichtstärke auf die Schutzwirkung dargestellt bzw. ermittelt werden.



Bild 4: Brandschutzmörtelplatten FS 25



Bild 7: Spritzbetonplatten Sika S



Bild 5: Brandschutzmörtelplatten FS 50

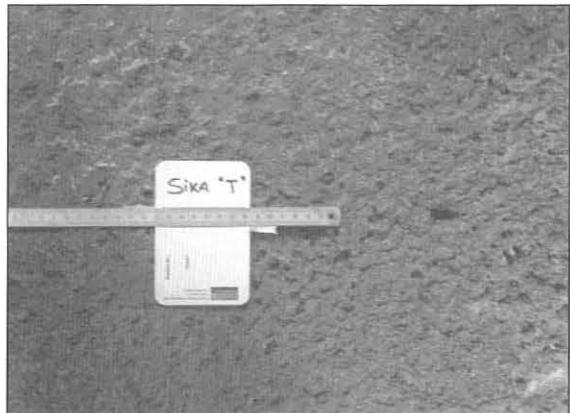


Bild 8: Spritzbetonplatten Sika T

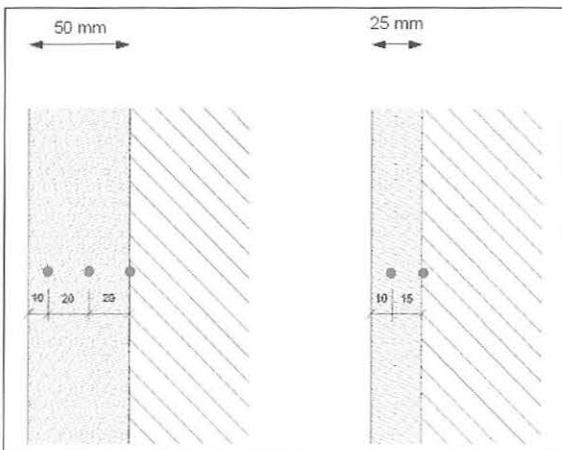


Bild 6: Position der Temperatursensoren beim FS 25 und FS 50

3.2.2 Spritzbeton mit erhöhtem Brandwiderstand

Von diesem System wurden zwei Platten hergestellt. Die genauen Rezepte sind ebenfalls in Tabelle 2 zusammengefasst. Die Schichtstärke variiert bei bei-

		Plattenbezeichnung	
		Sika T	Sika S
Herstellung	Datum	23.04.03	16.05.03
	Firma	Sika	Sika
Zuschlagstoffe	Bezeichnung, Größtkorn	Tardis, 0-8 mm	Sedrun, 0-8 mm, entglimmert
Flugasche	Bezeichnung	-	Hydrolent
	Menge [kg/m ³]		25
Zement	Bezeichnung	Gottardo 310	Gottardo 310
	Menge [kg/m ³]	450	475
Fließmittel	Bezeichnung	SIKA Tard 121 FR	SIKA Tard 121 FR
	Menge [%]	1.4	1.4
Beschleuniger	Bezeichnung	Sigunit AT-25	Sigunit AT-25
	Menge [%]	4.5	4.5
Zusatzstoffe	Bezeichnung	PP-Fasern	PP-Fasern
	Menge [kg/m ³]	2.7	2.7

Tab. 2: Rezepturen der beiden Versuchsplatten Sika T und Sika S

3.2.3 Pyrocoat 800

Bei diesem Produkt handelt es um einen Brandschutzputz auf Basis Vermikulit mit hydraulischen Bindemitteln (Sackware). Die Applikation dieses Systems erfolgte in zwei Arbeitsschritten. Die Schichtstärke variierte zwischen 50 und 100 mm (Bild 11).

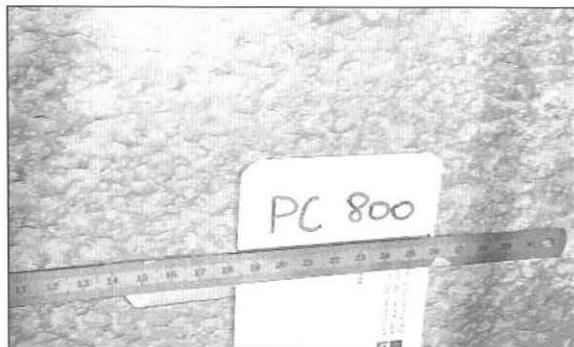


Bild 9: Brandschutzplatte PC 800

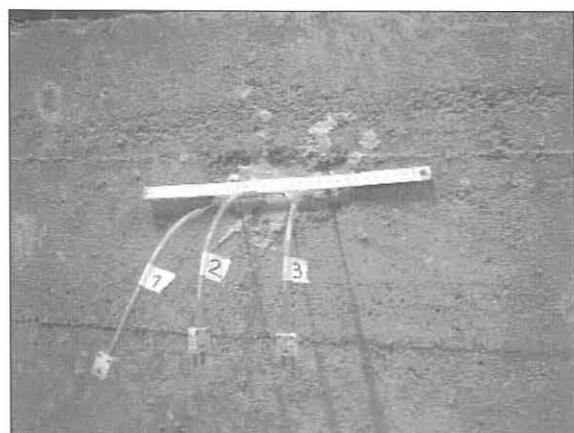


Bild 10: Einbetonierte Thermoelemente

4. Versuchsanordnung im VSH

4.1 Prüfofen

Der für den Brandversuch verwendete Prüfofen besteht aus einem zweischaligen Wandaufbau mit feuerfester Innenverkleidung (Bild 12). Die Beheizung erfolgte mit einem Ölbrenner.

4.2 Prüfkörperanordnung

Die Prüfkörper wurden in einer modifizierten Anordnung stehend auf dem Prüfofen positioniert (Bild 13). Einen direkten Flammenkontakt mit den Versuchsplatten gab es nicht. Die heißen Gase steigen von unten im Brandofen auf, und führen so zu einer ähnlichen Temperaturbelastung wie auch im Schacht II Sedrun im Falle eines Brandes vor-

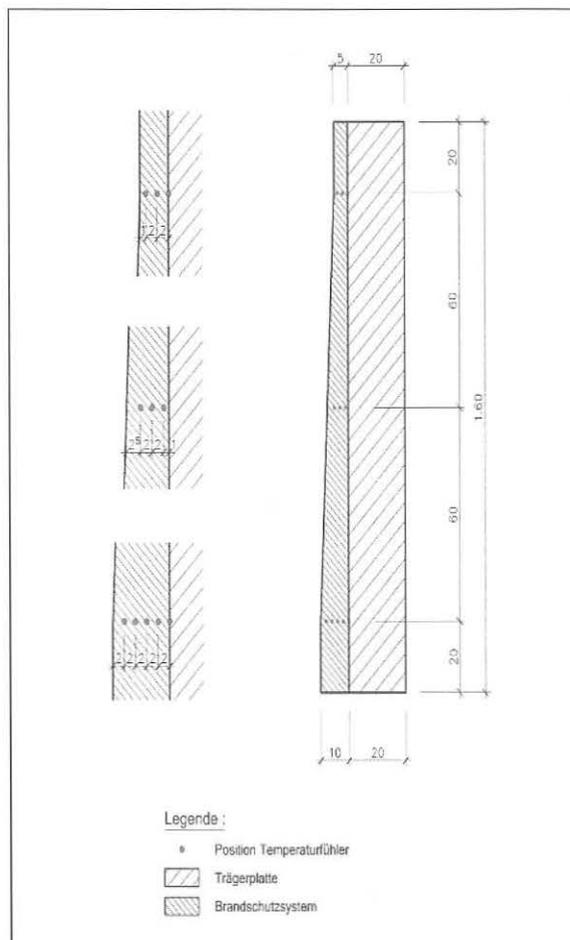


Bild 11: Lage der Temperatursensoren (variable Schichtstärke)

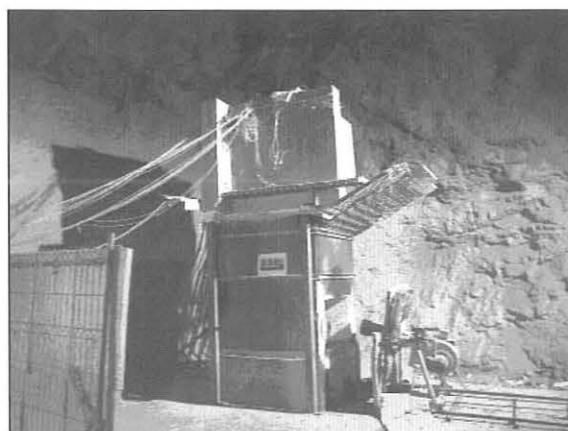


Bild 12: Prüfofen mit Brennervorrichtung im Versuchsstollen Hagerbach

herrscht. Um den Wärmefluss nach oben kontrollieren zu können, war der Prüfraum an der Oberseite mit einer Platte mit zwei Bohrungen verschlossen (Verschlussdeckel). Durch diese Bohrungen ist ein konstanter bzw. regulierbarer Wärmeabfluss möglich.

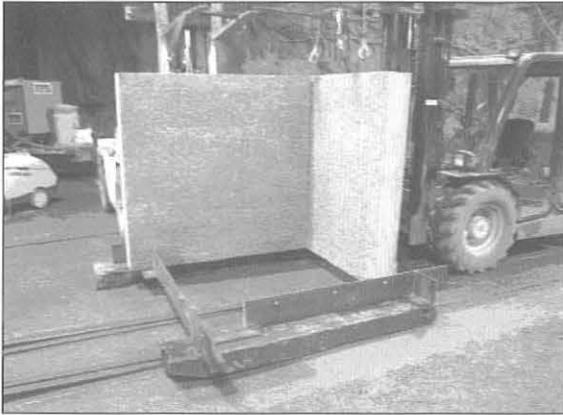


Bild 13: Prüfkörperanordnung stehend

4.3 Temperatur-Zeit-Kurve

Die Temperatur-Zeit-Kurve war durch die Arge Transco-Sedrun vorgegeben (Bild 14). Die maximale Ofenraumtemperatur betrug 900 °C und die Versuchsdauer 240 Minuten.

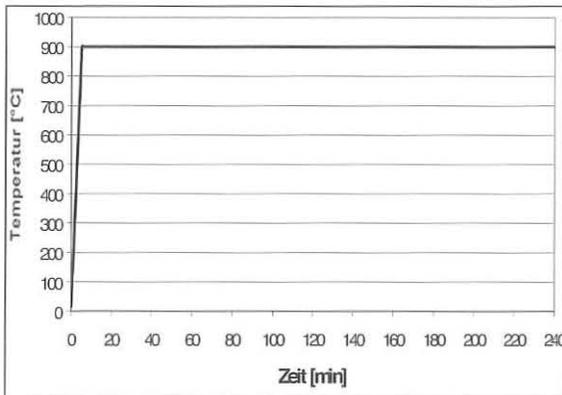


Bild 14: Temperatur-Zeit-Kurve

4.4 Luftströmung

Mit einem Ventilator und einem angesetzten Rohr plus einem 90 ° Krümmer (Ø 600 mm) wurde der Ofen nach dem Brandversuch von unten belüftet um die Luftströmung, wie sie auch im Schacht II in Sedrun im Brandfall herrscht, zu simulieren. Die Belüftung wird beendet, wenn:

- alle Temperaturen in den Schutzsystemen ca. 50 °C sind, oder
- nach maximal vier Stunden.

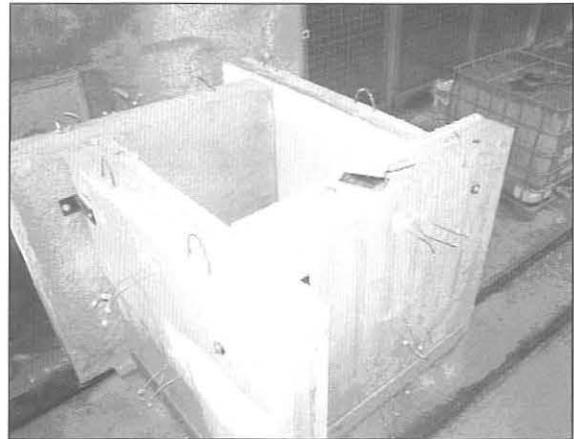


Bild 15: Thermoelemente in Prüfplatten

4.5 Messtechnik

4.5.1 Temperatursensoren

Da die Maximaltemperatur im Ofen mit 900 °C vorgegeben war, wurden ausschließlich Typ "K" (NiCr-Ni) Thermoelemente verwendet.

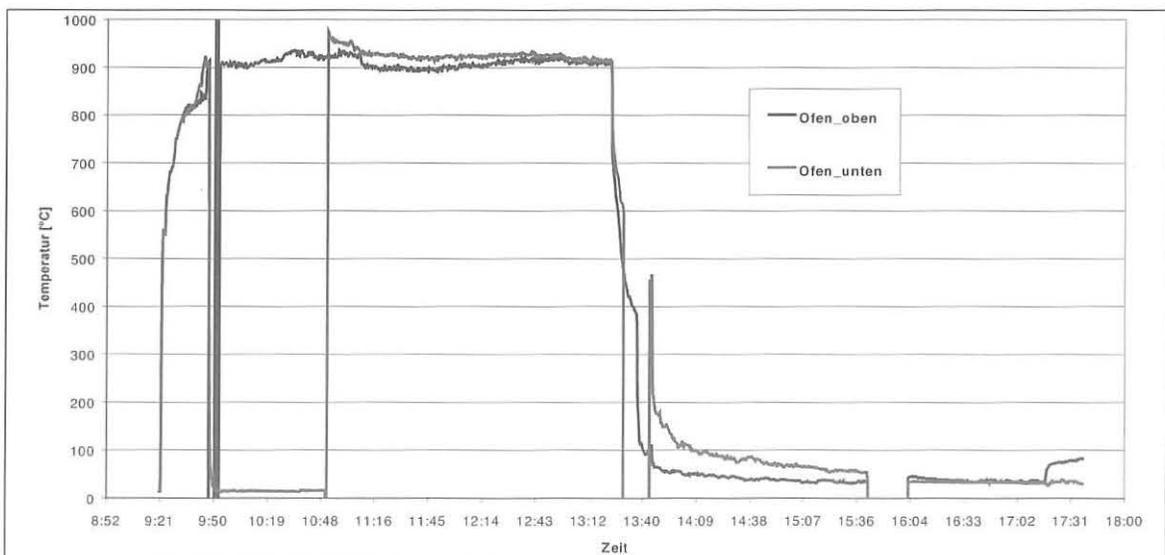


Bild 16: Temperatur-Zeit-Kurve über die gesamte Versuchsdauer

Die Aufzeichnung der Daten erfolgte mit einem digitalen Datenerfassungssystem MDA 600. Der Intervall der Datenaufzeichnung betrug 30 Sekunden.

4.5.2 Lage der Thermoelemente

Zur Bestimmung der Temperaturverteilung während der gesamten Versuchsdauer wurden in den fünf Versuchsplatten insgesamt 48 Temperatursensoren installiert. Die genauen Positionen der Thermoelemente sind in *Bild 15* dargestellt. Die Toleranz der Überdeckung beträgt ca. ± 5 mm.

5. Versuchsdurchführung

5.1 Versuche 1 und 2

Beim Versuch 1 wurden die Brandschutzsysteme FS 25, FS 50, PC 800 und Sika S untersucht. Die Temperatur stieg in der ersten Minute sehr schnell an, danach kam es - verbunden mit der starken Rauchentwicklung - zu einer Abflachung der Kurve. Die Kurve ist in *Bild 16* dargestellt.

Bedingt durch eine Störung im Brenner musste der Versuch 2 mit der Platte Sika T abgebrochen werden. Weitere Versuche mit der Platte Sika T wurden nicht weiter gefahren.



Bild 17: Aufheizphase des Ofens

5.2 Belüftung nach den Versuchen

Nach den jeweiligen Brandversuchen wurde die Brenneinheit entfernt, und der Ofenraum von unten mit einem mittleren Volumenstrom von ca. $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$ ($\pm 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$) zwangsbelüftet. Bei einem Brennraumquerschnitt von ca. $1,1 \text{ m}^2$ ergibt sich daher eine mittlere Luftgeschwindigkeit von ca. $6,7 \text{ m/s}$.



Bild 18: Starke Rauchentwicklung in Aufheizphase

6. Ergebnisse: Brand, Labor, Baustelle

6.1 Temperaturen an der Grenzfläche

Bei keinem der Systeme hat die Temperatur an der Kontaktfläche zum Beton den kritischen Wert von $350 \text{ }^\circ\text{C}$ erreicht. Die Temperaturentwicklungen in den einzelnen Schutzsystemen zeigen teilweise große Unterschiede. Die Ergebnisse der Maximaltemperaturen sind in *Tabelle 3* und *Bild 19* zusammengefasst.

	Vertikale Lage		
	Oben	Mitte	Unten
FS 25	246	256	--- ¹
FS 50	155	162	148
PC 800	119	--- ²	71
SIKA S	319	---	201

¹ gemäß Versuchsprogramm keine Fühler vorhanden
² Fühler ausgefallen

Tab. 3: Maximaltemperaturen in $^\circ\text{C}$ an der Kontaktfläche des Schutzsystems zum Beton

6.2 Versuche Falleitung und Spritzapplikation im Schacht II

Die durchgeführten Beschickungsversuche vor Ort mit den bestehenden Spritzbetoninstallationen im Schacht II waren bei allen Systemen erfolgreich. Sowohl das Beschicken der Spritzbetonpumpe über die Falleitung wie auch das Applizieren ans bestehende Schachtgewölbe konnte mit jedem System gefahren werden.

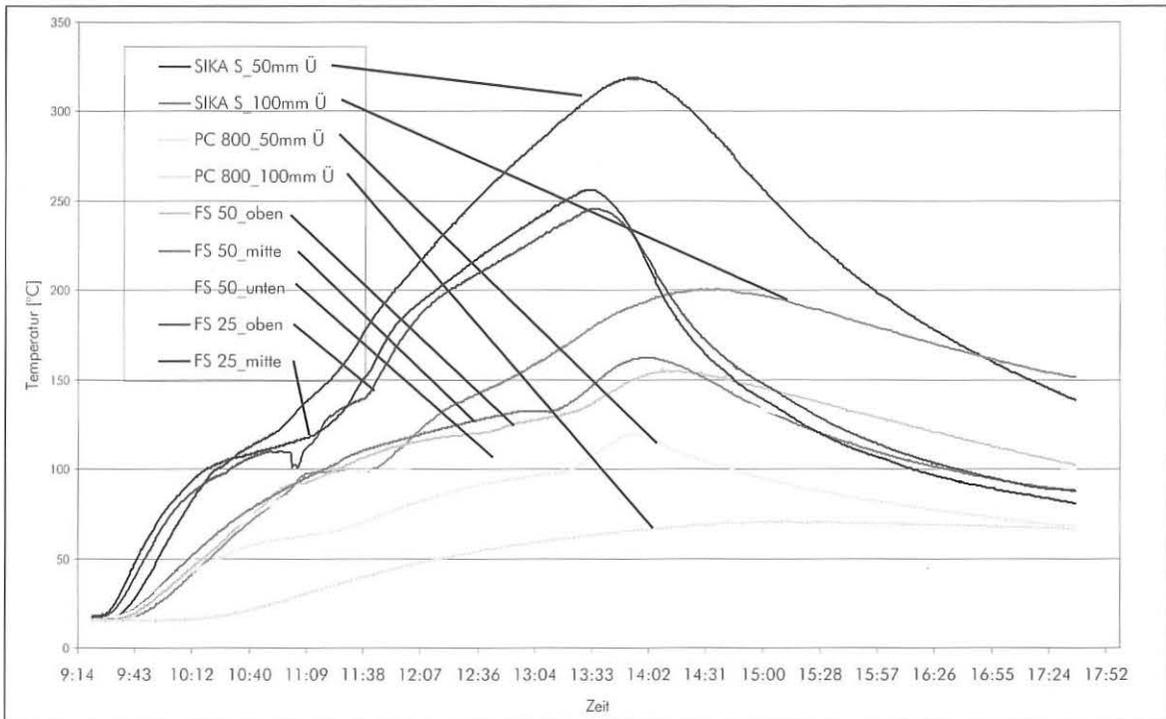


Bild 19: Zusammenfassung aller Grenzflächentemperaturen

6.3 Abplatzungen

Während dem Brandversuch wurden bei keinem System Abplatzungen oder andere Auflösungserscheinungen an der Oberfläche beobachtet bzw. festgestellt. Erst bei der Zwangsbelüftung konnten solche festgestellt werden (Bild 20).



Bild 20: Abplatzungen bzw. Auflösungserscheinungen nach Zwangsbelüftung

6.4 Laboruntersuchungen

Verschiedenste Laboruntersuchungen wurden im Anschluss an die Brandversuche im VSH durchgeführt.

6.4.1 Pendelhammer

Mit der Pendelhammeruntersuchung sollte aufgezeigt werden, wie sich die jeweiligen Oberflächen vor und nach dem Brandversuch verhalten. Der Pendelhammer wurde nicht kalibriert, deshalb sind die Werte nur als Relativwerte zu betrachten. Die Untersuchungswerte der Systeme lagen vor und nach dem Brandversuch zwischen maximal 38 und minimal 18.

6.4.2 Zugfestigkeit

Von jedem Schutzsystem wurden Probekörper - vor und nach dem Brandversuch - entnommen. Die Zugfestigkeitswerte lagen vor und nach dem Brandversuch zwischen maximal 2,9 N/mm² und minimal 0,5 N/mm².

6.4.3 Feuchte

Von allen Schutzsystemen wurden vor den Brandversuchen Proben entnommen und die Feuchte bestimmt.

Die Proben wurden dabei bis zur Massenkonstanz getrocknet, und auf Grund der Massendifferenz (feucht/trocken) wurde der Feuchtigkeitsgehalt berechnet. Die Feuchtigkeiten lagen zwischen maximal 53,1 und minimal 9,2 Gew.-%.

6.4.4 Abtragtiefe mit Hochdruckreiniger

Mit einem Hochdruckreiniger wurde der Einfluss eines Druckwasserstrahles auf die einzelnen Systeme - sowohl auf der gebrannten als auch auf der ungebrannten Seite - untersucht (Bild 21).

Eine Materialabtragung des unbeeinflussten Plattenbereiches, d.h. vor dem Brandversuch, war bei keinem der Systeme möglich. Die mechanische Abtragtiefen nach dem Brandversuch lagen zwischen maximal 16 mm und 0 mm.



Bild 21: Ermittlung der Abtragtiefe mit einem Druckwasserstrahl

7. Bauausführung Schacht II

Nach Beendigung der Installationsarbeiten der Schachtkopfkaferne und des Vorschachtes wurde die Raise-Bore-Maschine für das Abteufen der Pilotbohrung auf Stahlträgern über dem Vorschacht eingerichtet. Am 17.06.02 begann die Maschine Wirth HG330 mit der Erstellung der Pilotbohrung mit einem Durchmesser von 42 cm, wobei das Ausbruchmaterial mit Hilfe von Wasserspülung in den Vorschacht hochgefördert und im Pumpensumpf abgepumpt wurde.

Mit einer sehr hohen Zielgenauigkeit konnte der Durchstosspunkt am Schachtfuß mit einer seitlichen Abweichung von nur 34 cm erreicht werden.

Im Anschluss an die Pilotbohrung wurde an das Bohrgestänge im Schachtfuß eine Aufweitungsbohrkrone montiert (Raise-Bore-Verfahren). Diese wurde rotierend hochgezogen, wobei der Schacht von unten nach oben aufgeweitet wurde. Es entstand ein ungesicherter Schacht mit einem Durchmesser von 1,80 m. Das Ausbruchmaterial fiel

nach unten in die Schachtfußkaferne und musste von dort mit einem Fahrlader in Schutterwaggons verladen und über den Schacht I nach Übertage transportiert werden. Das Ausweiten des Schachtes von 1,8 m auf die 7,0 m Durchmesser erfolgte mit einer Wirth Schachtbohrmaschine Typ VSB VI.

Am 23.06.03 erfolgte der eigentliche Durchschlag in der Schachtfußkaferne nach nur 12 Monaten Bauzeit (Bild 22).

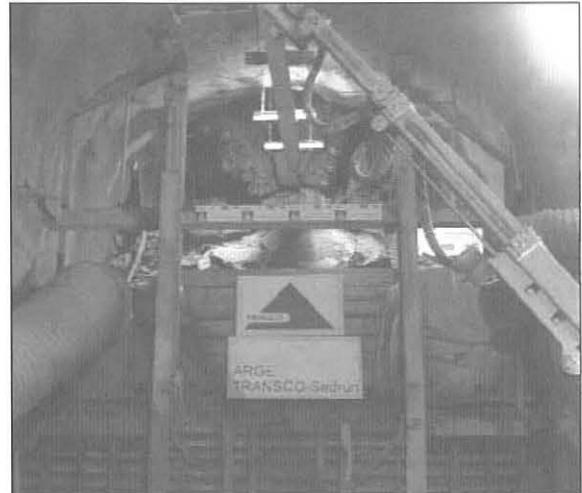


Bild 22: Durchschlag in Fußkaferne

Die Gebirgssicherung bestehend aus einer Systemankerung mit Verzugsnetzen wurde von einer 360° drehbaren Ausbaubühne auf der Schachtbohrmaschine gleichzeitig mit dem Bohren versetzt.

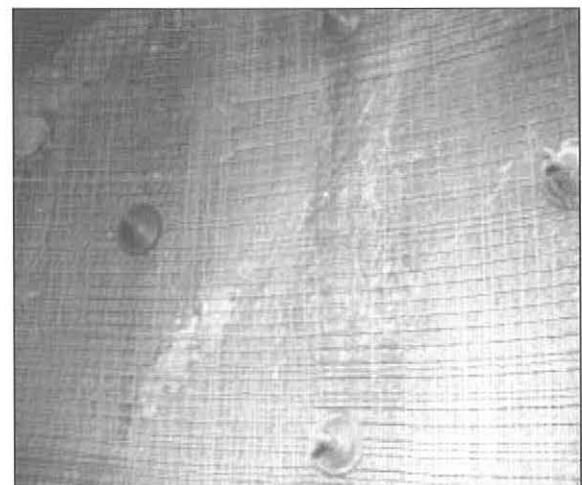


Bild 23: Felssicherungsmittel

Über der Schachtbohrmaschine befand sich eine dreietagige Arbeitsbühne, welche dem Bohrkopf mit maximal 50 m Abstand nachfolgte. Von der untersten dieser Arbeitsbühnen aus wurde die Schachtverkleidung, sowie nach Fertigstellung der Schachtbohrung, die Brandschutzverkleidung aufgebracht.

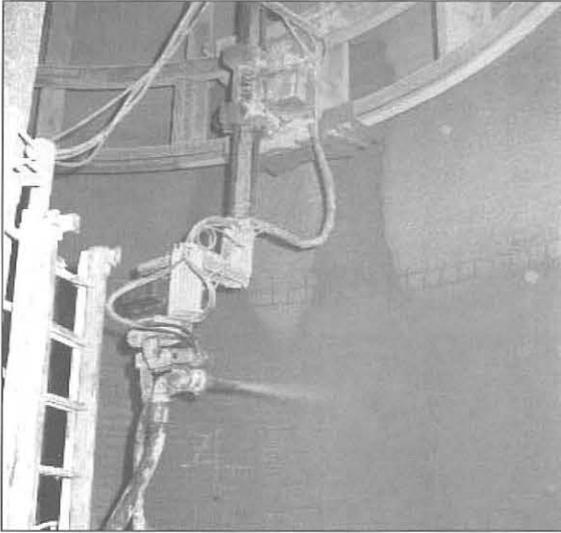


Bild 24: Spritzroboter auf Schachtbühne

Für die Einbauten der Felssicherung mit einem 22 cm starken stahlfaserverstärkten Spritzbeton sowie vom Brandschutzspritzbeton kam ein Spritzmanipulator vom Typ MBT Meyco Robojet zum Einsatz (Bild 24).

Der Frischbeton wurde in der Betonanlage, welche sich auf den Installationsplatz Las Rueras befindet, hergestellt und mit Fahrmischern in die Schachtkopfkaverne gefahren. Dort wurde nach der "Schmierung" des Fallrohres der Beton in den Einfülltrichter übergeben (Bild 25).



Bild 25: Einfülltrichter Fallleitung

Die Förderung des Frischbetons im Schacht erfolgte über die Fallleitung in einen Energievernichter und von dort fiel dieser in einen Behälter mit Mischschnecke, wo er zwischengebunkert war. Anschließend wurde der Frischbeton an die Spritzbetonpumpe Typ Meyco Suprema übergeben.

Nach dem Durchschlag der Schachtbohrmaschine in der Schachtfußkaverne wurde der gesamte Kopfbereich der Bohrmaschine demontiert und über den Schacht I nach Übertag gebracht. Im Hochziehen der verbleibenden 3 Arbeitsbühnen durch den Schacht II wurde der Brandschutzspritzbeton mit einer Schichtstärke von mindestens 7,5 cm aufgebracht. Gesamthaft mussten knapp 2 Monate für das Applizieren der Brandschutzschicht aufgewendet werden.

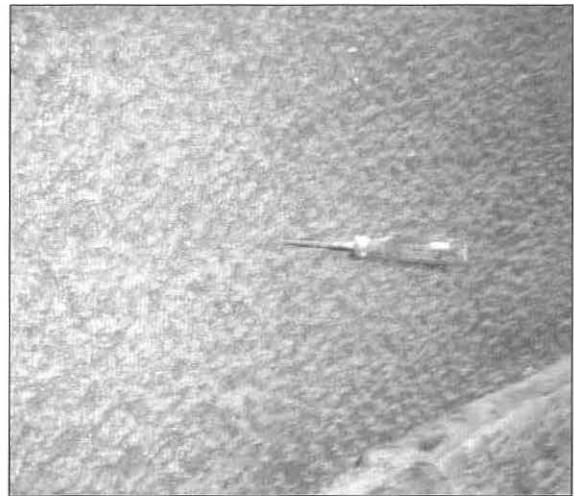


Bild 26: Brandbeständiger Spritzbeton

Die Schichtstärken wurden laufend kontrolliert und entsprechend protokolliert. Die Gesamtmenge des effektiv applizierten Brandschutzspritzbetons überschritt die theoretische Menge um weniger als 10 %. Die Gesamtbeschleunigermenge (Sika AT 25, alkalifreier Beschleuniger) lag durchschnittlich bei 6 %.

Der Systementscheid "Sika S" der Arge Transco Sedrun hat sich auch nach der Ausführung als technisch und wirtschaftlich richtig herausgestellt.