

TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

VIENNA
UNIVERSITY OF
TECHNOLOGY

DIPLOMARBEIT

Master's Thesis

Einsparungspotentiale bei der Sanierung eines Autobahntunnels nach einem Brandereignis

The reconstruction of a motorway tunnel after a fire and its possibilities of saving costs

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.Prof. DI Dr.techn. Hans Georg Jodl

und als verantwortlich mitwirkenden Assistenten

Univ. Ass. DI Ingo Heegemann

am

Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement

eingereicht an der Technischen Universität Wien
Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Daniel Resch
9825540

Klaffer 87
A – 4163 Klaffer am Hochficht

Klaffer, im April 2007

.....
(Daniel Resch)

Kurzfassung:

Daniel Resch

Einsparungspotentiale bei der Sanierung eines Autobahntunnels nach einem Brand

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, ein gegebenenfalls vorhandenes Einsparungspotential durch die Verwendung von Faserbeton bei der Sanierung eines Autobahntunnels nach einem Brandereignis zu ermitteln. Als Faserbeton wird in dieser Arbeit jener Beton bezeichnet, welchem Polypropylenfasern zugegeben werden. Durch die Zugabe der PP-Fasern verbessern sich die Brandeigenschaften des Betons grundlegend gegenüber herkömmlichem Beton und man spricht von einem erhöht brandbeständigen Beton.

Um ein mögliches Einsparungspotential zu ermitteln, wurden ausgehend von der Brandsanierung des Tauerntunnels im Jahr 1999 die entstandenen Sanierungskosten mit fiktiven Kosten einer Sanierung, unter der Annahme, dass der Tunnel aus brandbeständigem Beton errichtet worden wäre, verglichen.

Die Sanierungskosten werden dabei in direkte Kosten (Sanierungskosten) und indirekte Kosten (Mautentgang, Umwegekosten) aufgeteilt.

Die direkten Kosten beinhalten die Kosten der bautechnischen und elektrotechnischen Sanierung. Als Ergebnis konnte ein Einsparungspotential von 17,7% durch die Verwendung von Faserbeton nachgewiesen werden. Zusätzlich verkürzte sich die notwendige Sanierungsdauer um 50%.

Der Tauerntunnel war nach dem Brand am 29. Mai 1999 aufgrund der entstandenen Schäden für drei Monate gesperrt. Da die Tauernautobahn in diesem Bereich über eine Mautstrecke verfügt, entstanden dem Autobahnbetreiber zusätzlich zu den direkten Sanierungskosten auch indirekte Kosten durch den Entfall von Mauteinnahmen.

Um die Verlagerung des Verkehrs auf verschiedene Ausweichrouten zu beschreiben, wurde für diese eine Verkehrsanalyse für die betroffenen Monate durchgeführt. Bei den bemauteten Ausweichrouten wurden anschließend die Mehreinnahmen berechnet. Insgesamt entstanden durch die Sperre der A 10 im Jahr 1999 Mautentgänge von 15,65 Mio. Euro und Mautmehreinnahmen auf den Ausweichrouten von 4,24 Mio. Euro.

Da die indirekten Kosten direkt proportional zu der Sanierungsdauer sind verringern sich bei der fiktiven Sanierung die Mautentgänge zu 7,83 Mio. Euro und die Mehreinnahmen zu 2,12 Mio. Euro.

Es konnte somit ein Einsparungspotential sowohl bei den direkten wie indirekten Kosten nachgewiesen werden, wobei sich auch eine Dominanz der indirekten Kosten gegenüber den indirekten Kosten zeigte.

Abstract:

Daniel Resch

The reconstruction of a motorway tunnel after a fire and its possibilities of saving costs

A aim of this thesis is it to determine a possible saving potential through the application of fiber concrete. This material is used within the process of a reconstruction of a motorway tunnel that has been destroyed by a fire. Fibre concrete is referred as concrete that contains polypropylene fibres. Through the adjunct of PP-fibers, the fire characteristics of this newly-mixed concrete improve immensely if they are compared to conventional concrete. In this constitution the fiber concrete becomes fire resistant. In order to determine a possible saving potential, the reconstruction of the "Tauerntunnel" after destruction by a fire in 1999 is compared a fictitious reconstruction that had been built with fibre-reinforced concrete. The reconstruction costs are in that way divided into direct costs (reconstruction costs) and indirect costs which include additional costs as well as the loss of toll charges. The direct costs contain the costs of the structural and the electro technical reconstruction. The a result of this comparison proved that the fictional reconstruction emerged with a saving potential of 17,7 percent compared to the original reconstruction in the year 1999. In addition, the fictional reconstruction turned out to be half as long in duration as the original reconstruction. Due to the heavy damage caused by the fire, the Tauerntunnel had to be closed for three months. Because of the fact that the Tauerntunnel consists of only one tube, the Tauernmotorway had to be closed during this period and the traffic had to be diverted to alternate routes. As a consequence, the motorway operators were faced with a loss of € 15,65 millions of toll charges. In return, however, the alternate routes could record additional toll incomes that totalled up to € 4,24 millions. This development could be proved by a thorough analysis of the traffic events within the period of the three months. As the indirect costs are directly proportional to the reconstruction duration, the loss of toll charges in the fictional reconstruction could be reduced to a sum total of € 7,83 millions. Also the additional toll incomes, that emerged due to the diversion of the traffic, were reduced to € 2,12 millions.

The comparison of the costs of the original reconstruction in 1999 with the fictional reconstruction showed that a saving potential appeared with the application of fibre concrete. Through this comparison it became clear that the indirect costs were much higher

than the direct costs. Because of the dependence of the indirect costs on the factor of time it is inevitable to reduce reconstruction time to a minimum. In order to fulfil this request, it is advisable in the future to use fiber concrete for the construction or reconstruction of a motorway tunnel.

INHALTSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| 1. Einleitung | 8 |
| 2. Wahrscheinlichkeit von Unfällen und den daraus resultierenden Tunnelbränden | 11 |
| 2.1 Ursachen von Tunnelbränden | 11 |
| 2.2 Häufigkeit von Unfällen in Straßentunnelanlagen | 12 |
| 2.3 Quantitative Risikoanalyse von Tunnelbauten | 13 |
| 3. Brandverhalten von herkömmlichem Beton und Stahlbeton im Tunnel | 17 |
| 3.1 Temperatureinwirkungen bei einem Brand in einem Tunnel | 17 |
| 3.2 Versagensarten von Bauteilen aus Beton und Stahlbeton durch Temperatureinwirkung | 19 |
| 3.2.1 Überschreitung der Druckfestigkeit von Beton | 19 |
| 3.2.2 Überschreitung der Streckgrenze des Stahls | 21 |
| 3.2.3 Lösen des Verbundes zwischen Beton und Stahl | 23 |
| 3.2.4 Querschnittsminderung durch zerstörende Abplatzungen | 24 |
| 3.2.4.1 Explosionsartige Abplatzungen | 25 |
| 3.2.4.1.1 Dampfdruck als Ursache von explosionsartigen Abplatzungen | 25 |
| 3.2.4.1.2 Spannungszustand als Ursache von explosionsartigen Abplatzungen | 28 |
| 3.2.4.1.3 Eigenspannungen infolge Temperatureinwirkung als Ursache von explosionsartigen Abplatzungen | 28 |
| 3.2.4.1.4 Bauteilgeometrie als Ursache von explosionsartigen Abplatzungen | 29 |
| 3.2.4.1.5 Betongüte als Ursache von explosionsartigen Abplatzungen | 29 |
| 3.2.4.2 Langsame, stetige Abplatzungen | 30 |
| 3.2.4.3 Abplatzungen von einzelnen Gesteinskörnungen | 31 |
| 4. Brandbeständiger Beton (Faserbeton) | 32 |
| 4.1 Allgemeines | 32 |
| 4.2 Eigenschaften und Herstellung von PP-Fasern | 33 |
| 4.3 Wirkungsweise von PP-Fasern im Brandfall | 34 |
| 4.4 Einfluss von PP-Fasern auf die Betoneigenschaften | 36 |
| 4.5 Betonherstellung | 37 |
| 4.6 Betonklassen für brandbeständigem Beton | 38 |
| 4.7 Betoneinbau | 39 |
| 4.8 Restfestigkeit und erforderliche Sanierungstiefe von Faserbeton nach einer Brandeinwirkung | 40 |
| 4.9 Zuschlagsoptimierter Faserbeton | 41 |
| 4.9.1 Zuschlagsoptimierter Faserbeton aus einem Zuschlaggesteins mit einem hohen Magnesium-Eisen-Hydrosilikatanteil | 42 |

| | |
|--|-----------|
| 4.9.2 Zuschlagsmodifizierter Faserbeton unter Verwendung von einem Leichtzuschlag (Lytag)..... | 43 |
| 5. Tauerntunnelbrand im Mai 1999 | 45 |
| 5.1 Tauerntunnel allgemein..... | 45 |
| 5.2 Unfallereignis vom 29. Mai 1999 | 48 |
| 5.3 Brandschäden an der Tunnelkonstruktion | 50 |
| 5.3.1 Ulme, Zwischendecke und Betonfahrbahn | 51 |
| 5.3.1.1 Teilbereich A – kaum beeinträchtigt..... | 54 |
| 5.3.1.2 Teilbereich B – leicht bis mittel beeinträchtigt | 54 |
| 5.2.1.3 Teilbereich C – stark beeinträchtigt | 55 |
| 5.3.2 Erhöhter Seitenstreifen..... | 56 |
| 5.3.3 Innenbeton in den Belüftungskanälen / Trennwand | 57 |
| 5.4 Sanierung des Tauerntunnels | 57 |
| 5.4.1 Ausschreibung und Vergabe | 58 |
| 5.4.2 Auftrag - Brandschadenssanierung | 60 |
| 5.4.2.1 Sanierung Ulme - Abplatzungen kleinflächig – Teilbereich A | 62 |
| 5.4.2.2 Sanierung Ulme - Abplatzungen vollflächig – Teilbereich B | 63 |
| 5.4.2.3 Sanierung Ulme - Abplatzungen vollflächig tiefgreifend – teilbereich C..... | 66 |
| 5.4.2.4 Sanierung - Zwischendecke | 68 |
| 5.4.2.5 Ermittlung der Leistungsansätze für Betonabtrag und -auftrag | 72 |
| 5.4.2.5 Analyse der Positionspreise der Hauptpositionen | 73 |
| 5.4.2.6 Sanierungskosten des Auftrags Brandschadenssanierung | 76 |
| 5.4.3 Sanierungskosten der gesamten Tauerntunnelsanierung..... | 76 |
| 5.4.4 Indirekte Sanierungskosten | 77 |
| 5.4.4.1 Umleitungsverkehr..... | 78 |
| 5.4.4.2 Mautentgang | 89 |
| 5.4.5 Zusammenfassung der direkten und indirekten Kosten der Brandschadenssanierung..... | 92 |
| 6. Fiktive Brandsanierung des Tauerntunnels | 93 |
| 6.1 Brandschäden an der Tunnelkonstruktion im Fiktiven Fall..... | 94 |
| 6.1.1 Teilbereich A - kaum beeinträchtigt | 95 |
| 6.1.2 Teilbereich B - leicht bis mittel beeinträchtigt..... | 96 |
| 6.1.3 Teilbereich C - stark beeinträchtigt | 96 |
| 6.2 Sanierungsarbeiten im Fiktiven Fall | 97 |
| 6.2.1 Sanierungsarbeiten im Teilbereich B..... | 97 |
| 6.2.2 Sanierungsarbeiten im Teilbereich C..... | 100 |
| 6.2.3 Bauzeitplan für die Fiktive Sanierung | 104 |

| | |
|---|-----|
| 6.2.4 Leistungsverzeichnis für die fiktive Sanierung | 106 |
| 6.2.5 Gesamtsanierungskosten im fiktiven Fall | 108 |
| 6.2.6 Indirekte Kosten für den Fiktiven Fall..... | 109 |
| 6.2.6.1 Umleitungskosten auf der Katschberg - Straße (B 99) | 109 |
| 6.2.6.2 Mautentgänge bzw. –mehreinnahmen im Fiktiven Fall | 109 |
| 6.3 Zusammenfassung der Direkten und Indirekten Kosten für den fiktiven Fall der Tauerntunnelsanierung | 110 |
| 7. Zusammenfassung | 111 |
| 7.1 Gegenüberstellung der Sanierungskosten 1999 und der fiktiven Sanierungskosten. | 111 |
| 7.2 Schlussfolgerung | 112 |
| Quellenverzeichnis | 114 |
| Abbildungsverzeichnis | 117 |
| Tabellenverzeichnis | 118 |
| Diagrammverzeichnis | 120 |
| Anhang | 121 |
| 1. Ausgeführte Aufträge während der Sanierung des Tauerntunnels | 121 |
| 2. ABC – Analyse des Auftrags Brandschadensanalyse | 123 |
| 3. Blockweise Berechnung der Ulmenfläche und Zwischendeckenfläche | 125 |
| 4. Leistungsverzeichnis der Sanierung 1999 | 126 |

1. EINLEITUNG

Ziel dieser Diplomarbeit ist es die Wirtschaftlichkeit von brandbeständigem Beton (Faserbeton) im Tunnelbau zu untersuchen und gegebenenfalls ein mögliches Budget zu dessen Anwendung zu berechnen.

Ausgehend von der Brandsanierung des Tauerntunnels im Jahr 1999 werden die entstandenen Sanierungskosten mit fiktiven Kosten einer Sanierung, unter der Annahme, dass der Tunnel aus brandbeständigem Beton errichtet worden wäre, verglichen.

Die Sanierungskosten werden dabei in direkte Kosten (Sanierungskosten) und indirekte Kosten (Mautentgang, Umwegekosten) aufgeteilt.

Der Vollständigkeit halber werden außerdem folgende Themen näher betrachtet:

- Wahrscheinlichkeit und Ursachen von Bränden in Tunnels
- Brandverhalten von herkömmlichem Beton und Stahlbeton im Tunnelbau
- Brandbeständiger Beton

Aufgrund des zunehmenden Straßen- und Schienenverkehrs ist es erforderlich unterirdische Verkehrswege verstärkt auszubauen. Durch diesen Ausbau, aber auch durch das steigende Verkehrsaufkommen in bereits bestehenden unterirdischen Verkehrswegen steigt die Wahrscheinlichkeit von Verkehrsunfällen in Tunnelanlagen. Ein solches Unfallereignis kann mitunter gravierende Folgen für deren Benutzer als auch für die Standsicherheit des Tunnels haben.

Speziell in den letzten zehn Jahren sorgten mehrere Brandkatastrophen in Tunnels für große Schlagzeilen wie folgende Tabelle zeigt. Diese hatten zur Folge, dass man sich eingehend mit der Sicherheit von unterirdischen Verkehrsbauten beschäftigte.

| Jahr | Tunnel | Art von Tunnel | Länge | Brandlast und Brandursache | Schäden an der Tunnelkonstruktion | Tote und Verletzte |
|------|---|----------------|--------------|---|---|--------------------|
| 1996 | Eurotunnel zwischen England und Frankreich | Bahn | L=50 km | 15 Lkw mit Ladung | Beschädigter Bereich ca. 500 m lang; Betonabplatzungen bis zu 26 cm Tiefe. | Verletzte |
| 1999 | Mont Blanc Tunnel zwischen Frankreich und Italien | Straße | L = 11,60 km | Lkw mit 12 t Mehl und 8 t Margarine; 23 Lkw und 10 Pkw ausgebrannt | Beschädigter Bereich ca. 1,50 km; Betonabplatzungen bis ca. 15 cm Tiefe | 39 Tote |
| 1999 | Tauerntunnel Österreich | Straße | L = 6,40 km | Mit Lacken beladener Lkw; 16 Lkw und 24 Pkw ausgebrannt | Beschädigter Bereich über 400 m lang | 12 Tote |
| 2001 | Gotthardtunnel Schweiz | Straße | L = 16,30 km | Frontalzusammenstoß zweier Lkw; 13 Lkw, 4 Lieferwagen und 6 Pkw ausgebrannt | Beschädigter Bereich ca. 300 m lang (Einsturz der Zwischendecke, Betonabplatzungen) | 11 Tote |

Tabelle 1: Brandkatastrophe in Tunnels und ihre Auswirkungen

Zu diesem Zwecke wurden in fast allen europäischen Staaten so genannte Tunnelkommissionen gebildet, deren Aufgabe es war, bestehende Tunnelanlagen auf ihre Sicherheit zu überprüfen und Sicherheitsrichtlinien für noch zu bauende Verkehrstunnel zu erarbeiten.

Die Untersuchungsergebnisse der Tunnelkommissionen aber auch die Analyse von Tunnelbränden zeigten die Notwendigkeit der Verbesserung des baulichen Brandschutzes im Tunnelbau deutlich auf.

„Der bauliche Brandschutz dient dem Erreichen der Sicherheit von Tunnelbauwerken bei Brandereignissen und soll zu einer, dem akzeptierten Risiko entsprechenden Planung und Ausführung unter Berücksichtigung der verkehrstechnischen und örtlichen Verhältnisse führen.“¹

Aus diesem Grund wurden Forschungsvorhaben auf nationaler wie internationaler Ebene mit dem Ziel gestartet, die Sicherheit bei einem Brand in einem Tunnel zu erhöhen, aber auch die nach einem Brand erforderliche Sanierung zu minimieren. Die Notwendigkeit des zweiten Punktes wurde z.B. beim Brand im Tauertunnel am 29. Mai 1999 deutlich, wo aufgrund der großen Brandschäden der Tunnel und somit die Tauernautobahn in diesem Abschnitt drei Monate für die Sanierung gesperrt werden musste. Eine solche Sperre einer internationalen Hauptverkehrsrouten verursacht nicht nur große finanzielle Schäden z.B. durch Mautentgang, sondern bringt auch eine Überlastung der Ausweichrouten, was ein verstärktes Stauaufkommen und indirekt wiederum finanzielle Schäden nach sich zieht.

Hauptverantwortlich für die auftretenden Schäden an der Tunnelkonstruktion bei Tunnelbränden ist das Hochtemperaturverhalten des bisher verwendeten Betons. So bilden sich durch die hohen Temperaturen bei solchen Ereignissen Abplatzungen an der Betonoberfläche, welche teilweise sogar die Standsicherheit gefährden können.

Aus diesem Grund versuchte man bautechnologische Systeme zu entwickeln, diese Abplatzungen minimieren bzw. gänzlich verhindern.

Es entstanden dabei zwei Lösungsansätze:

- Einerseits: Abschirmung des Innenschalenbetons durch Schutzschichten vor den im Brandfall entstehenden hohen Temperaturen.
- Andererseits: Entwicklung eines Betons, der weitestgehend brandbeständig ist.

¹ Richtlinie: Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005, S. 2.

Heute werden beide Lösungen zur Erhöhung des baulichen Brandschutzes im modernen Tunnelbau eingesetzt.

Schutzschichten können in der Form von Platten, Mörtel oder Faserspritzbeton angebracht werden.

Nachteilig wirken sich bei der Anwendung von Schutzschichten beim Neubau eines Tunnels folgende Punkte aus:

- Mögliche Schäden an der Betonschale sind durch die Überdeckung mit Platten nicht mehr sichtbar (z.B. Risse im Beton)
- An den Stellen der Innenschale wo Einrichtungen der Tunnelausrüstung (Verkehrsschilder, Lichtanlage,..) montiert werden, muss die Schutzschicht unterbrochen werden oder muss von vornherein entsprechend ausgespart werden
- Das Anbringen von zusätzlichen Schichten auf die Tunnelinnenschale erfordert einen größeren Ausbruchquerschnitt und damit einhergehend einen größeren Materialverbrauch bei der Herstellung des Tunnels
- Durch den zusätzlichen Arbeitsschritt der Herstellung der Schutzschicht verlängert sich die Bauzeit
- Die oben genannten Punkte, können zu einer Kostensteigerung für den Bau eines Tunnels führen.

Aufgrund der Nachteile einer Abschirmung der Tunnelinnenschale mittels einer Schutzschicht konzentrierte man sich in Österreich auf die Entwicklung eines brandbeständigen Betons. Wie verschiedene Forschungsprojekte bewiesen haben, kann man durch die Zugabe von Polypropylen Fasern Abplatzungen im Brandfall verhindern.

2. WAHRSCHEINLICHKEIT VON UNFÄLLEN UND DEN DARAUS RESULTIERENDEN TUNNELBRÄNDEN

Spektakuläre Brandunfälle in Tunnels (siehe Tabelle 1) verursachten ein verstärktes öffentliches Interesse die Tunnelsicherheit betreffend. Als Reaktion darauf wurde die Sicherheit aller österreichischen Tunnels im Zeitraum von 2002 bis Juni 2004 durch die Tunnelkommission untersucht und dort wo es notwendig erschien Verbesserungsvorschläge ausgearbeitet.

Um die Unfallursachen in Straßentunnels zu bestimmen, wurden außerdem die Unfalldaten der letzten Jahre ausgewertet.

Zum Vergleich werden die Unfalldaten von Autobahnen und Schnellstraßen angeführt.

2.1 URSACHEN VON TUNNELBRÄNDEN

Hauptverantwortlich für Tunnelbrände sind technische Mängel an Fahrzeugen.

Aber auch Unfälle in einem Tunnel können sehr leicht zu Bränden führen, wie das Beispiel des Tauerntunnelbrandes veranschaulicht.

Zusätzlich sind aber auch außergewöhnliche Ereignisse wie der Brand von Ladegut oder terroristische Anschläge denkbar.

Durch die Auswertung der Unfalldaten der letzten Jahre wurden folgende Ursachen von Verkehrsunfällen in Tunnels ermittelt. (geordnet nach der Häufigkeit des Auftretens)

- Mangelnde Wachsamkeit (Übermüdung, Ablenkung, Unaufmerksamkeit)
- Fehlverhalten des Lenkers (zu geringer Sicherheitsabstand, Überholen, Spurhaltung)
- Fehleinschätzung (Straßenführung, Witterung, andere Fahrzeuge)
- Überhöhte Geschwindigkeit

Tabelle 2 zeigt eine prozentuelle Aufteilung der Ursachen für Unfälle mit Personenschaden, Unfälle mit Sachschaden, Pannen und Bränden in den österreichischen Straßentunnels im Zeitraum von 1999-2003.

Als Grundlage dieser Auflistung dienten die Daten von der Überwachungszentrale für den Katschberg- und Tauerntunnel.

| Anteile in % | Personenschaden (n=699) | Sachschaden (n=728) | Panne (n=578) | Brand (n=13) |
|----------------------------|----------------------------|------------------------|------------------|-----------------|
| Fehlverhalten des Lenkers | 39,4 | 72,1 | 0,0 | 7,7 |
| Fehleinschätzung | 28,6 | 43,7 | 0,0 | 7,7 |
| Unvorhergesehenes Ereignis | 3,0 | 20,6 | 0,0 | 7,7 |
| Mangelnde Wachsamkeit | 44,9 | 50,4 | 0,6 | 23,1 |
| Technische Mängel | 4,4 | 14,5 | 84,6 | 46,2 |
| Geschwindigkeit | 12,1 | 1,4 | 0,1 | 7,7 |

Tabelle 2: Unfälle, Pannen und Brände nach Ursachen in % (1999-2003)²

Durch die Betrachtung dieser Ursachen fällt auf, dass schon durch vergleichsweise einfache Mittel wie z.B. die verstärkte technische Kontrolle von Fahrzeugen und die verstärkte Kontrolle des erforderlichen Sicherheitsabstandes die Risiken für Tunnelbrände minimiert werden können.

In einer zweiten Studie (welche im Pkt. 2.3 noch näher erläutert wird), wurde die Auswirkung eines eingehaltenen erforderlichen Sicherheitsabstandes der Verkehrsteilnehmer in einer Risikostudie für verschiedene Tunnels in Österreich ermittelt.

2.2 HÄUFIGKEIT VON UNFÄLLEN IN STRAßENTUNNELANLAGEN

Prinzipiell ist festzustellen, dass die Wahrscheinlichkeit von einem Verkehrsunfall in einem Tunnel geringer ist als auf einer Autobahn. Dies ist durch die im Tunnel wegfallenden widrigen Witterungsverhältnisse wie Schnee, Eis, Regen und Nebel zu erklären.

Tabelle 3 zeigt die absoluten Zahlen von Unfällen mit Personenschaden (UPS), Verunglückten, Getöteten, Unfallkosten und der Fahrleistung auf Autobahnen, Schnellstraßen und in Tunnels.

Die angeführten Unfallkosten entsprechen den volkswirtschaftlichen Kosten, welche sich aus Personenschäden und den Sachschäden bei Unfällen zusammensetzen.

² Robatsch 2005, S 32

| | Autobahn | Schnellstraße | Tunnel |
|-------------------------------|----------|---------------|--------|
| UPS gesamt (absolut) | 12484 | 1130 | 442 |
| Verunglückte (absolut) | 20465 | 1700 | 789 |
| Getötete (absolut) | 675 | 115 | 65 |
| Unfallkosten (Mio. Euro) | 915,3 | 123,4 | 64,5 |
| Fahrleistung (Mrd. Kfz-km) | 91,36 | 7,5 | 4,23 |

Tabelle 3: Vergleich der Unfälle mit Personenschäden (UPS), der Verunglückten, der Getöteten, der volkswirtschaftlichen Unfallkosten und der Fahrleistungen in Tunnels mit anderen Straßenarten. (1999-2005)

Ausgehend von den absoluten Zahlen in der Tabelle 4 wurden die Unfallrelativzahlen errechnet. Dabei wurden die absoluten Zahlen der Fahrleistung gegenübergestellt.

| Unfallrelativzahlen | Autobahn | Schnellstraße | Tunnel |
|---|----------|---------------|--------|
| Unfallrate (UPS/1 Mio. Kfz-km) | 0,137 | 0,151 | 0,104 |
| Verunglücktenrate (V/1 Mio. Kfz-km) | 0,224 | 0,227 | 0,186 |
| Getötetenrate (Tote/1 Mrd. Kfz.km) | 7,4 | 15,3 | 15,4 |
| Unfallkostenrate (Euro/1000 Kfz.km)) | 10,0 | 16,4 | 15,2 |

Tabelle 4: Vergleich von verschiedenen Unfallrelativzahlen in Tunnels mit anderen Straßenarten (1999-2003)³

2.3 QUANTITATIVE RISIKOANALYSE VON TUNNELBAUTEN

In einer österreichischen Studie⁴ wurde für Straßentunnels das soziale Risiko, bei einem Verkehrsunfall mit Lkw-Beteiligung, zu sterben untersucht. Ein Brand, eine Explosion oder ausströmendes giftiges Gas wurde dabei als mögliche Unglücksszenarien angenommen.

Exemplarisch wird die Analyse des sozialen Risikos für Verkehrsteilnehmer im Tauerntunnel angeführt.

³ Robatsch 2005, S. 8

⁴ Knoflacher 2005

Die Risikoanalyse des Tauerntunnels wurde mit einem „Quantitative Risk Assessment“-Modell (QRA) errechnet.

Als Eingangsparameter für eine solche Analyse dienen⁵:

- Tunnelbenutzer (z.B. Verkehrszusammensetzung, Unfallrate,...)
- Betrieb des Tunnels (z.B. Lüftung)
- Infrastruktur – Ausstattung des Tunnels (z.B. Sicherheitseinrichtung, Tunnelgeometrie,...)
- Fahrzeuge und Ladungen (z.B. Art und Anzahl von Gefahrguttransporten)

Da aufgrund der Komplexität eines solchen Szenarios nicht alle möglich Kombinationen und Arten von Einflussparametern berücksichtigt werden können, ist es unumgänglich, dass man Vereinfachungen vornimmt. Beispielhaft sei hier die Beschränkung auf nur wenige brennbare Transportgüter von LKW - Ladungen erwähnt.

Als Ergebnis der quantitativen Risikoanalyse wird ein so genanntes F-N-Diagramm oder auch Wahrscheinlichkeits-Ausmaß-Diagramm erstellt, bei welchem die Häufigkeit eines Ereignisses der Anzahl der Opfer gegenübergestellt wird. Auf der Abszisse des F-N-Diagramms wird die Anzahl der Opfer und auf der Ordinate die entsprechende Häufigkeit $F(x)$ pro Jahr im logarithmischen Maßstab aufgetragen.

Für jede gegebene Situation (abhängig von den Eingangsparameter) zeigt die F-N Kurve somit das soziale Risiko an.

Unter sozialem Risiko versteht man das Risiko für die Gruppe der Verkehrsteilnehmer.

Um eine Bewertung des Risikos zu ermöglichen wird eine Zone des „bedingt tolerierbaren Risikos“, auch ALARP-Zone genannt („as low as rational possible“), im F-N - Diagramm angegeben. Dabei wird der ALARP-Bereich vom Bereich des nicht mehr tolerierbaren Risikos einerseits und vom vernachlässigbaren Risiko andererseits abgegrenzt.

In der ALARP-Zone sind Maßnahmen zur Minimierung des Risikos so weit zu verfolgen, als dass sie wirtschaftlich vertretbar sind. Somit sind Verbesserungen der Tunnelsicherheit (z.B. durch den Einbau von dem Stand der Technik entsprechenden, Entlüftungssystemen) im F-N-Diagramm ersichtlich, durch die Annäherung der F-N Kurve an die untere Grenze der ALARP-Zone.

Um eine Vergleichbarkeit von verschiedenen Eingangsparametern in die quantitative Risikoanalyse zu erreichen, wird das Integral der F-N-Kurve („Expecteted Value“ - EV) berechnet.

⁵ Knoflacher 2005, S.12.

Nach der Tauerntunnel Brandkatastrophe 29. Mai 1999 hat man im Zuge der Sanierung auch die Lüftung modifiziert. Im folgenden Diagramm ist die F-N-Kurve des Tauerntunnels unter Berücksichtigung der Eingangsparameter aus der Zeit vor der Brandsanierung ersichtlich. Zum Vergleich wurde zusätzlich die F-N-Kurve angeführt welche sich aus der Änderung des Belüftungssystems ergibt.

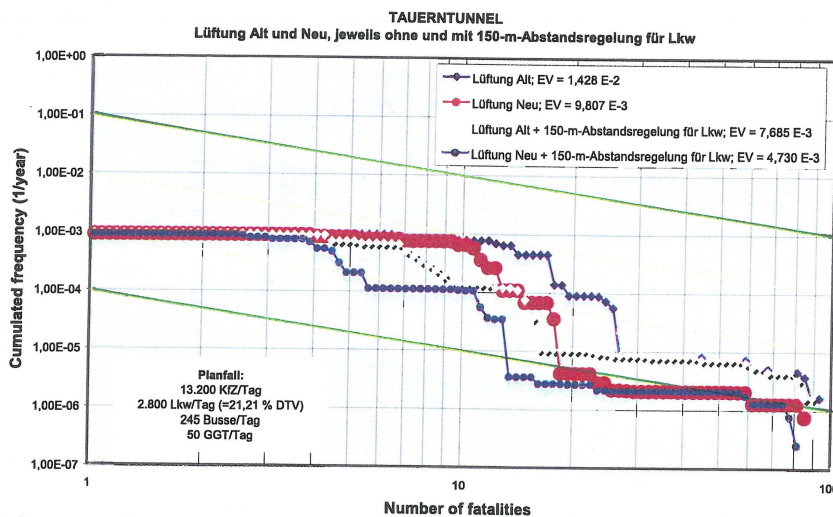


Diagramm 1: F/N- Kurven Tauerntunnel: Vergleich von „Lüftung Alt“ und „Lüftung Neu“⁶

Daraus ist ersichtlich, dass sich beide F-N-Kurven im unteren ALRAP-Bereich befinden. Für den Fall „Lüftung Alt“ wurde ein EV = 1,428 E-2 Todesopfer pro Jahr errechnet und für den Fall „Lüftung Neu“ wurde ein EV = 9,807 E-3 Todesopfer pro Jahr errechnet.

Diagramm 2 verdeutlicht, den großen (jedoch mit vergleichsweise geringem Aufwand erreichbar) Einfluss einer von Lkw's eingehaltene 150 m Abstandsregelung auf die Tunnelsicherheit.

⁶ Knoflacher, S. 110

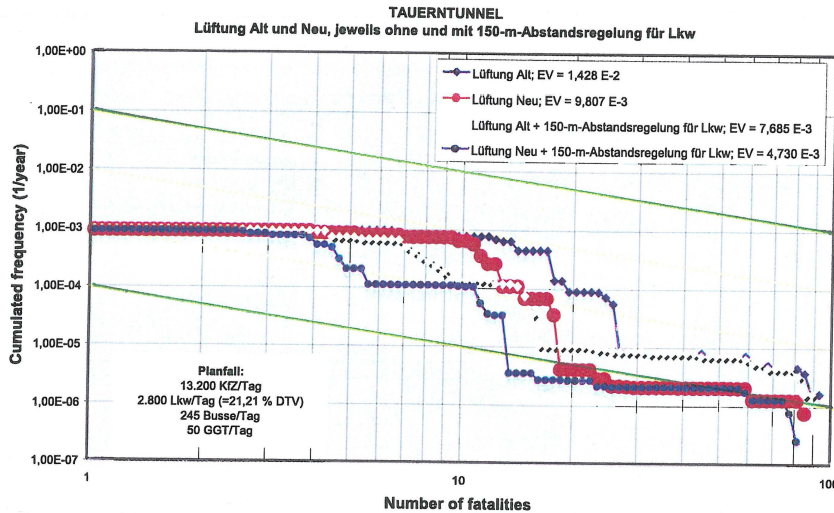


Diagramm 2: F/N- Kurven Tauerntunnel: Vergleich des Risikos ohne und mit Einführung der 150 m- Abstandsregelung für LKW, jeweils für „Lüftung Alt“ und „Lüftung Neu“

Durch die Einhaltung einer 150 m Abstandsregelung für LKW bei der Risikoanalyse würde sich die EV Werte folgendermaßen verkleinern [17]:

- „Lüftung Alt“ EV = 7,685 E-3 Todesopfer pro Jahr
- „Lüftung Neu“ EV = 4,730 E-3 Todesopfer pro Jahr

3. BRANDVERHALTEN VON HERKÖMMLICHEM BETON UND STAHLBETON IM TUNNEL

3.1 TEMPERATUREINWIRKUNGEN BEI EINEM BRAND IN EINEM TUNNEL⁷

Die Analyse von Bränden in Verkehrstunnelbauten und die Auswertung experimentell ermittelter Branddaten bei Versuchen zeigten, dass sich die auftretende Temperatur und der Temperaturanstieg sehr stark von einem herkömmlichen Brand im Hochbau unterscheiden. So können in einem Tunnel innerhalb weniger Minuten Temperaturen von über 1000 °C erreicht werden.

Die bei einem Tunnelbrand auftretenden Temperaturen sowie die Branddauer hängen hauptsächlich von der Art und Anzahl der beteiligten Fahrzeuge, dem Ladegut und den Lüftungsverhältnissen im Tunnel ab.

Die Diagramm 3: Entwicklung der Brandraumtemperatur zeigt den Temperaturkurvenverlauf bei einem Tunnelbrand in Abhängigkeit der Fahrzeugart.

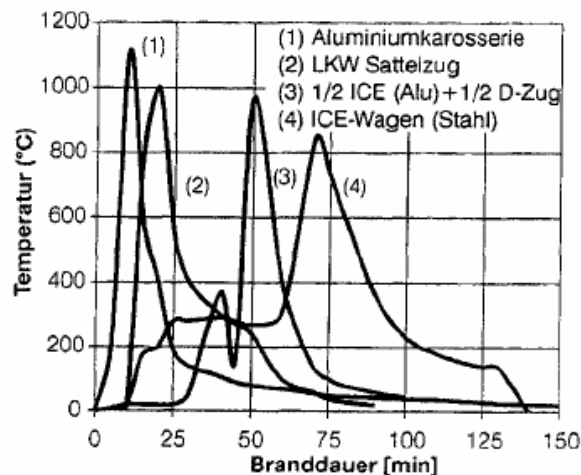


Diagramm 3: Entwicklung der Brandraumtemperatur⁸

In der Abbildung ist der teilweise sehr schnelle Anstieg der Temperatur auf bis zu 1100 °C erkennbar. Diese Temperaturentwicklung machten es notwendig, eine neue Temperatur-Zeit-Kurve zu bestimmen, mit welcher die verwendeten Baustoffe im Tunnelbau auf ihr Brandverhalten untersucht werden.

Derzeit sind in Europa mehrere solche, den Umständen eines Tunnelbrandes (Tunnelquerschnitt, Brandgut,...) angepasste Temperaturzeitkurven für die Prüfung der Baustoffe in Verwendung. Die Wahl der Temperaturzeitkurve hat großen Einfluss auf die Schäden bei einem Brandversuch.

⁷ Richtlinie: Erhöhten Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005

⁸ Richtlinie: Erhöhten Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005, S 3-4

In Österreich definiert die ÖNORM EN 1991-1-2 für solche Zwecke die Hydrocarbonkurve (HC-Kurve). Zusätzlich wurde in der Richtlinie „Erhöhten Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke“⁹ die HC_{inc} -Kurve definiert, welche den speziellen Bedingungen eines Tunnelbrandes Rechnung trägt. Diese Richtlinie definiert auch den Bereich zwischen der HC_{inc} -Kurve und der HC-Kurve als Temperatur-Zeit-Kurvenbereich. Jener Bereich kann für die Ermittlung der Auswirkungen eines Brandereignisses in einem Straßentunnel, wo keine detaillierte Untersuchung der Temperaturentwicklung erfolgt, verwendet werden.

Die HC_{inc} -Kurve und die HC-Kurve (Hydrocarbonkurve) simulieren Brandereignisse, welche einem Diesel- und Benzinlachenbrand entsprechen.

Die HC_{inc} -Kurve verfügt definitionsgemäß über einen Temperaturanstieg von 0°C auf 1300°C innerhalb der ersten 30 Minuten. Diese Höchsttemperatur wird anschließend für eine Dauer von mindestens 90 min gehalten, womit sich eine Gesamtdauer der Temperatureinwirkung von 120 min ergibt. Diese Gesamtdauer kann aber auf Verlangen von Behörden oder Betreiber von Tunnels, mit dem Ziel ein höheres Schutzniveau zu erreichen, auf bis zu 180 Minuten verlängert werden.

Die HC-Kurve erreicht im Unterschied zur HC_{inc} -Kurve in den ersten 30 min eine Temperatur von 1100°C.

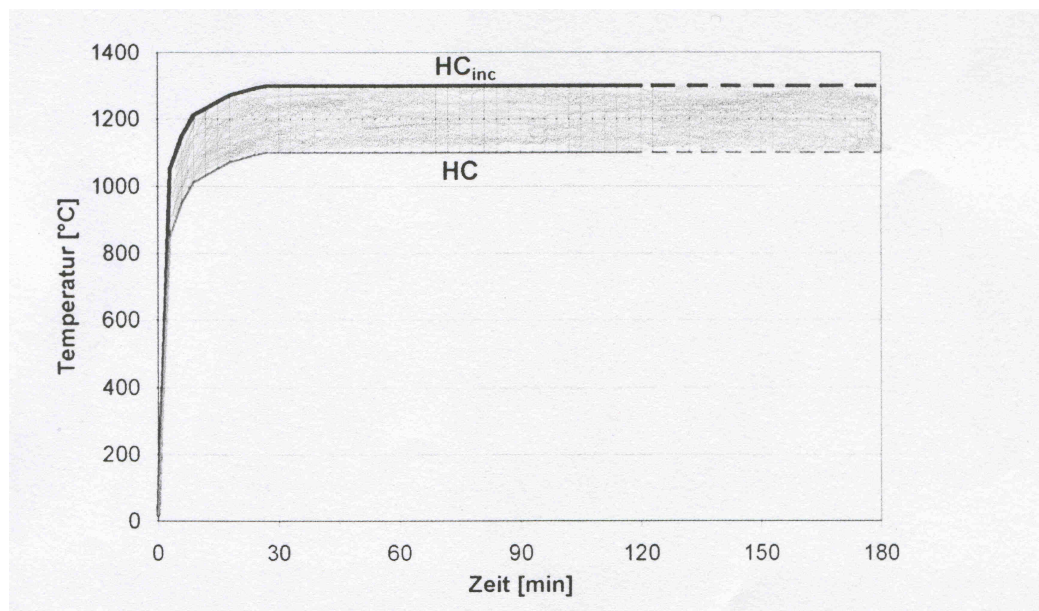


Diagramm 4: Temperatur-Zeit-Kurvenbereich für die Straße - Regelfall ohne detaillierte Untersuchung¹⁰

⁹ Richtlinie: Erhöhten Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005, S 3-4

¹⁰ Richtlinie: Erhöhten Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005, S.6

3.2 VERSAGENSARTEN VON BAUTEILEN AUS BETON UND STAHLBETON DURCH TEMPERATUREINWIRKUNG

Bei einem Brand in einem Tunnel können verschiedene Versagensarten der Bauteile aus Beton bzw. Stahlbeton auftreten. Im Folgenden werden die einzelnen Versagensarten erläutert (siehe Abbildung 1).

Zusätzlich wird auch die Änderung der Eigenschaften von Beton und Stahl durch Temperatureinwirkung beschrieben.

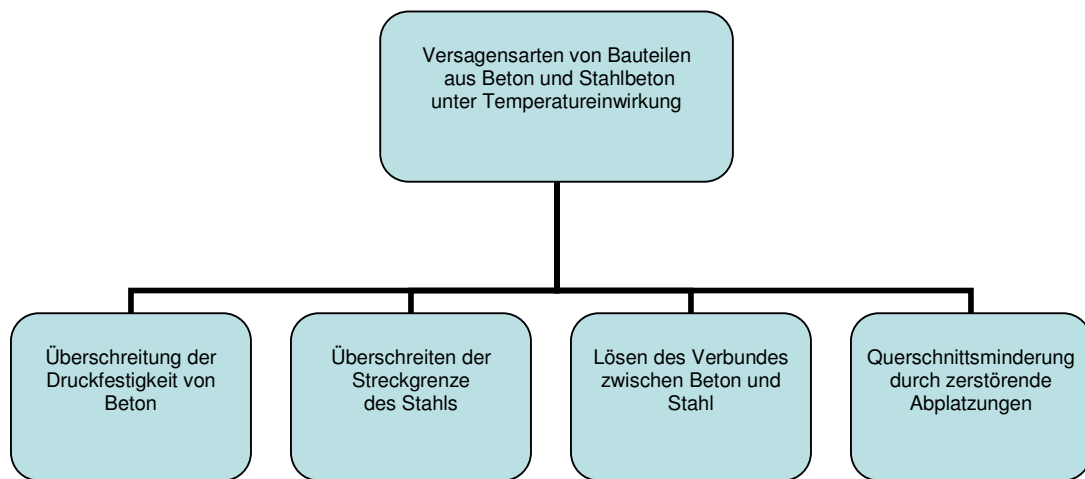


Abbildung 1: Schematische Übersicht der Versagensarten von Beton und Stahlbetonbauteilen bei einer Brandbeanspruchung¹¹

Die angeführten Versagensarten können einzeln, aber auch gleichzeitig auftreten und zum Verlust der Tragfähigkeit von Bauteilen führen.

3.2.1 ÜBERSCHREITUNG DER DRUCKFESTIGKEIT VON BETON

Beton gilt als idealer Baustoff zur Aufnahme von Druckkräften und wird auch als solcher sehr häufig im Tunnelbau eingesetzt. So bestehen die Tunnelaußen- und -innenschalen fast ausschließlich aus Beton, oder wenn konstruktiv erforderlich aus Stahlbeton. Diese Bauteile können mit Hilfe von Spritzbeton oder unter Verwendung einer Schalung hergestellt werden. Beton gilt im Allgemeinen als nicht brennbar, unterliegt aber einer Veränderung der Eigenschaften bei Brandeinwirkung.

Ursache der Änderung der Betoneigenschaften sind chemische Veränderungen, Feuchtetransporte sowie mechanische Spannungen.

¹¹ Kusterle 2004, S. 44.

Bei den Änderungen der Betoneigenschaften wird unterschieden in temporäre Änderungen, die nur während der Temperatureinwirkung auftreten und nach dem Temperaturabfall wieder wegfallen und in bleibende Änderungen nach einem Brandereignis (Restfestigkeit).

Durch die Temperatureinwirkung wird die Druckfestigkeit des Betons vermindert, was ein Versagen der Druckzone nach sich ziehen kann. Das Diagramm **5Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt den Abfall der Druckfestigkeit (f_{ck}) von Beton bei Temperatureinwirkung unter der Voraussetzung, dass keine Abplatzungen auftreten.

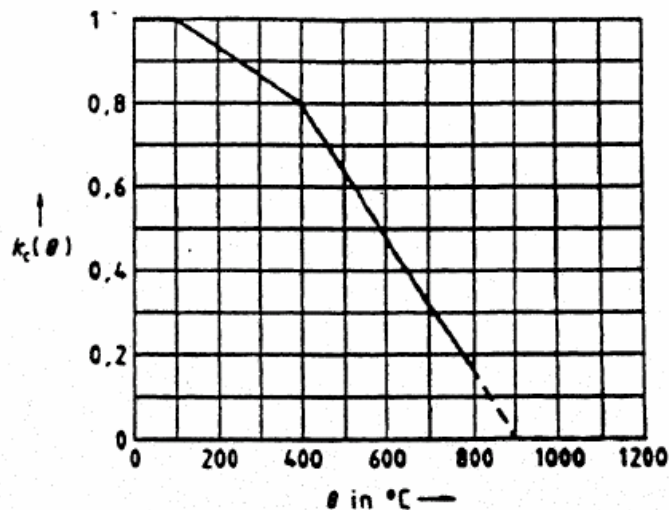


Diagramm 5: Beiwert k_c ($^{\circ}\text{C}$) zur Berücksichtigung des Abfalls der Druckfestigkeit (f_{ck}) von Beton mit quarzhaltigem Zuschlag bei Hochtemperaturen¹²

Im Brandfall kann die vorhandene Druckbelastung zusätzlich durch Eigenspannungen aufgrund von behinderter Dehnung des Bauteiles vergrößert werden, was unter Berücksichtigung der Verminderung der Druckfestigkeit unter Temperatureinfluss die Versagenswahrscheinlichkeit erhöht.

Die Druckfestigkeit von Beton unterliegt auch einer anhaltenden Verringerung (Restfestigkeit) nach einer hohen Temperaturbelastung. Diese Restfestigkeit ist abhängig von der aufgetretenen Temperatur im Brandfall und der Abkühlgeschwindigkeit.

(siehe Diagramm 6)

¹² ÖNORM ENV 1992-1-2 1997, S. 14

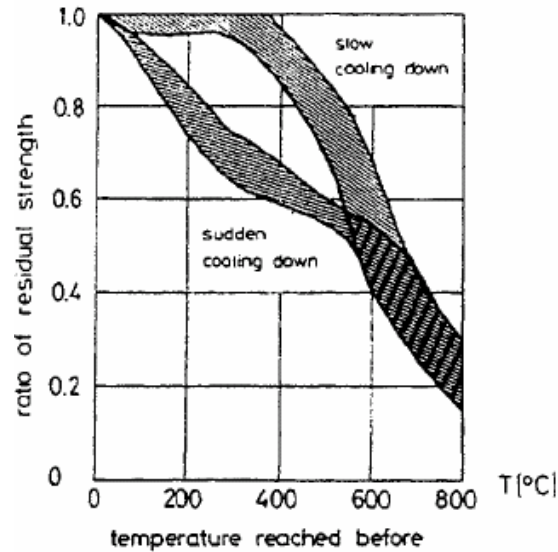


Diagramm 6: Restfestigkeit von Normalbeton¹³

Das Forschungsprojekt für das Praxisverhalten von erhöht brandbeständigem (Innenschalen-) Beton¹⁴ bestätigen den Festigkeitsabfall (nach einer Brandbeanspruchung) von fast 15% zwischen 100°C und 300°C gemäß Eurocode 2 Teil 1-2 (ENV 1992-1-2) nicht. Bei über 300°C dürfte der Festigkeitsabfall hingegen stärker ausfallen als im Eurocode Teil 1-2 (ENV 1992-1-2) angegeben. Grund der Unterschiedlichen Aussagen dürfte die unterschiedliche Größe der verwendeten Probekörper bei den Brandversuchen sein. Die Ergebnisse des Forschungsprojektes dürften der Realität am ehesten entsprechen, da diese Versuche teilweise an Kalottenprobekörpern unter Baustellenbedingungen durchgeführt wurden.

Beim Forschungsprojekt für das Praxisverhalten von erhöht brandbeständigem (Innenschalen-) Beton wurde eine gleich bleibende Druckfestigkeit im Abstand von mehr als 14 cm von der durch Temperatureinwirkung belasteten Oberfläche festgestellt. Bei einem kleineren Abstand wurde ein Abfall der Druckfestigkeit nachgewiesen.

3.2.2 ÜBERSCHREITUNG DER STRECKGRENZE DES STAHL

Betonstahl wird im Bauwesen zum überwiegenden Teil zur Aufnahme von Zugkräften verwendet, da die Zugfestigkeit des Betons zu gering ist.

Durch die Temperatureinwirkung kommt es zur Abnahme der Zugfestigkeit des Stahls. Der Betonstahl beginnt im Extremfall zu fließen, hervorgerufen werden dadurch starke Verformungen und Risse, die in weiterer Folge bis zum Bruch des Bauteiles führen können.

¹³ Richtlinie: Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005, S. 23

¹⁴ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003, S. 38

So sind z.B. Zwischendecken in Tunnelquerschnitten einsturzgefährdet, wenn sich die Zugbewehrung zu stark erwärmt und so ihre Zugfestigkeit verliert.

Aus diesem Grund wird versucht, den Betonstahl durch eine genügend große Betondeckung vor zu hoher Temperatureinwirkung zu schützen. Beim Baulos H7 (Deckelbauweise) der Zulaufstrecke für den Brenner Basistunnel werden z.B. die Wände mit einer Betondeckung von 6,5 cm und die Decke mit einer Betondeckung von 8,5 cm hergestellt.

Eine weitere Möglichkeit, die Abnahme der Stahlfestigkeit bei Temperatureinwirkung auszugleichen stellt die Erhöhung des Bewehrungsgrades dar, durch welche die Abnahme der Festigkeit des Baustahls bei Temperatureinwirkung ausgeglichen werden kann.

Hinsichtlich der Änderungen der Betonstahlzugkraft unterscheidet man in eine temporäre Änderung (Verminderung) während der Temperatureinwirkung und in eine bleibende Änderung nach einem Brandereignis (Restfestigkeit).

Abhängig von der chemischen Zusammensetzung des Stahls und den Abkühlbedingungen bei der Stahlherstellung ist das Verhalten von Stahl bei einer Temperatureinwirkung sehr unterschiedlich. Diagramm 7 zeigt den Einfluss einer Temperatureinwirkung auf die Festigkeit von Betonstahl.

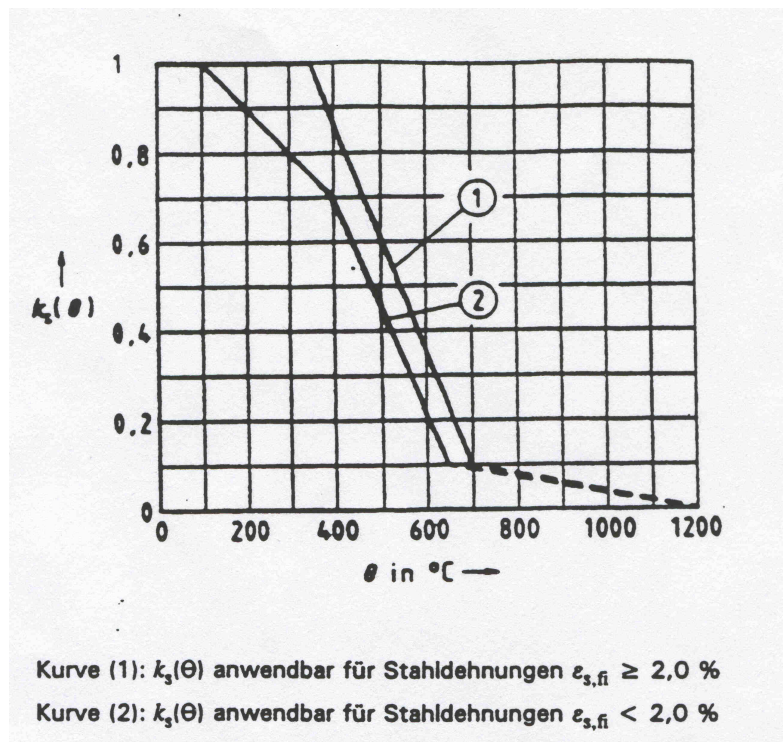


Diagramm 7: Beiwert $k_s(\theta)$ zur Berücksichtigung des Abfalls der charakteristischen Festigkeit (f_{yk}) von Betonstahl bei Hochtemperaturen¹⁵

¹⁵ ÖNORM ENV 1992-1-2 1997, S. 15.

Wie in Diagramm 8 ersichtlich, treten schon bleibende Veränderungen der Restfestigkeit nach einer Temperatureinwirkung von mehr als 300 °C auf.

Um eine solche Verminderung der Stahlfestigkeit zu vermeiden, empfiehlt die Studie über das Praxisverhalten von brandbeständigem Innenschalenbeton¹⁶ eine Betondeckung von 8 cm.

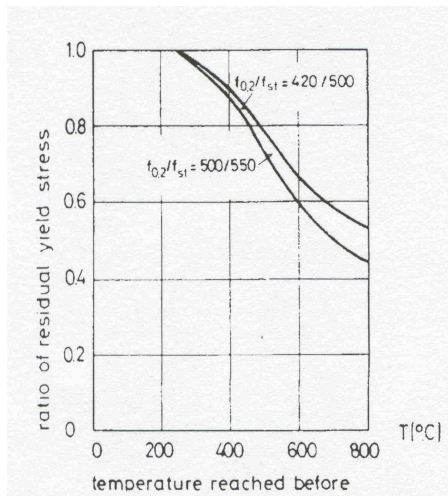


Diagramm 8: Restfestigkeit für Betonstahl nach Hochtemperaturbelastung¹⁷

3.2.3 LÖSEN DES VERBUNDES ZWISCHEN BETON UND STAHL

Ab einer Erwärmung des Betonstahls von 300 °C verkleinert sich der Haftverbund zwischen Beton und Bewehrung.

Als Folge ändert sich das statische Tragmodell vom Fachwerkmodell hin zum Bogen-Zugband-Modell. Dies verursacht im Extremfall eine Überschreitung der Zugfestigkeit des Baustahls.¹⁸

¹⁶ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003

¹⁷ Richtlinie: Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005, S. 23.

¹⁸ Kusterle 2004, S. 45.

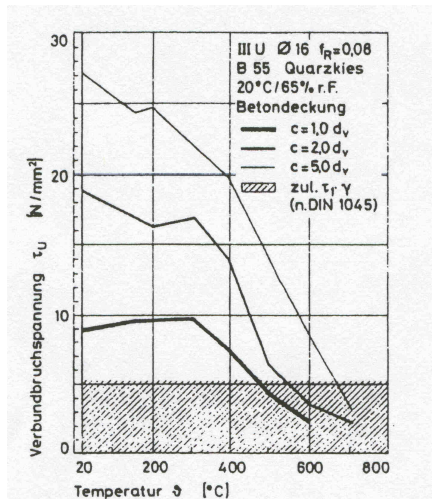


Diagramm 9: Temperaturabhängige Verbundspannung für Betonstahl bei unterschiedlichen Betondeckungen¹⁹

3.2.4 QUERSCHNITTMINDERUNG DURCH ZERSTÖRENDE ABPLATZUNGEN

Diese Versagensart ist die bei Tunnelbränden am häufigsten auftretende Art.

Abplatzungen können einerseits den Querschnitt derart schwächen, dass die Standsicherheit nicht mehr gewährleistet ist, andererseits können sie die Versagensarten „Überschreiten der Streckgrenze des Stahls“ und „Lösen des Verbundes zwischen Beton und Stahl“ (siehe 3.2.2 und 3.2.3) durch das Freilegen der Bewehrung fördern.

Bei Tunnelbränden konnten in der Vergangenheit Abplatzraten von bis zu einer Tiefe von 30 cm pro Stunde beobachtet werden. (z.B. Tauerntunnelbrand 1999)

Die Art, Tiefe und Geschwindigkeit der Abplatzungen ist hauptsächlich von folgenden Parametern abhängig:²⁰

- Bauteilfeuchte
- Temperatur-Zeit-Kurve
- Bauteilgeometrie und -abmessungen
- Belastungszustand (Spannungszustand)
- Porenstruktur
- Betonfestigkeit
- Art der Gesteinskörnung und Korngröße
- Chemische Zusammensetzung des Betons
- Faserzusatz

¹⁹ Ebenda, S. 45.

²⁰ Kusterle, S. 52.

- Bewehrungsgrad und Betondeckung

Es wird zwischen drei Arten von Abplatzungen unterschieden:²¹

1. Explosionsartige Abplatzungen
2. langsame, stetige Abplatzungen
3. Abplatzungen einzelner Gesteinskörnungen

Explosionsartige Abplatzungen sind die bei einem Tunnelbrand überwiegend auftretende Art von Abplatzungen und sind somit auch die Hauptursache der auftretenden Schäden.

Im Folgenden werden die drei Arten von Abplatzungen und deren Ursachen näher beschrieben.

3.2.4.1 EXPLOSIONSARTIGE ABPLATZUNGEN

Explosionsartige Abplatzungen werden durch Druckkräfte, die sich in der Betonmatrix aufbauen, verursacht.

Hauptverantwortlich für das Entstehen von Druckkräften im Beton ist die Bildung von Dampfdruck aufgrund der Verdampfung von Porenwasser.

Mitverantwortlich bei explosionsartigen Abplatzungen können der Spannungszustand des Bauteiles, die Eigenspannungen infolge Temperatureinwirkung, die Bauteilgeometrie und die vorhandene Betongüte sein.

3.2.4.1.1 DAMPFDRUCK ALS URSACHE VON EXPLOSIONSARTIGEN ABPLATZUNGEN

Über den Grund des Auftretens von Abplatzungen an der Betonoberfläche, hervorgerufen durch den Dampfdruck in der Betonstruktur, bei einer Brandeinwirkung werden in der Literatur zwei Theorien angeführt:²²

- Der entstehende Dampfdruck überschreitet die Zugfestigkeit von Beton
- Beim Verdampfungsprozess entstehen beim Ausströmen von Wasserdampf entlang der Porenwände Schubspannungen, die die Zugfestigkeit von Beton überschreiten können

Die Größe der auftretenden Spannungen ist abhängig von der auftretenden Temperatur, der Menge des Porenwassers und der Porenstruktur des Betons.

²¹Kusterle 2004, S. 46.

²²Kusterle 2004, S. 50-51.

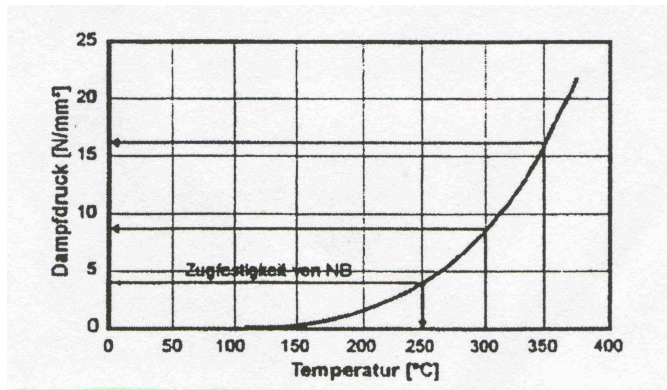


Diagramm 10: Dampfdruck in Abhängigkeit von der Temperatur²³

Die Porenstruktur bestimmt durch ihre Kapazität, Wasserdampf abzuführen, sehr wesentlich die Größe und die Entstehungsgeschwindigkeit von Überdruck im Beton. Wenn nun die entstehende Menge an Wasserdampf größer ist als die mögliche Abfuhrkapazität der Porenstruktur, steigt der Dampfdruck und kann schlussendlich zu Abplatzungen führen.

Die entweichende Dampfdruckmenge und der vorhandene Dampfdruck sind voneinander abhängig.

Der Verdampfungsprozess beginnt an der unmittelbaren Bauteiloberfläche. Erst wenn das gesamte vorhandene Wasser in der Schichte des Verdampfungsprozesses verbraucht ist schreitet dieser Prozess in die nächste Schichte in das Innere des Betonbauteiles fort.

Das verdampfte Wasser entweicht sowohl in Richtung der Betonoberfläche, als auch in das Innere des Betonbauteiles, wo es kondensiert und sich dadurch eine wassergesättigte Schichte ausbildet, die weitestgehend undurchlässig für weiteren Wasserdampf ist. Vor dieser Zone bilden sich hohe Dampfdrucke aus. Dieses Phänomen wird in der Literatur als „moister clog“ bezeichnet und kann bereits ab einer Temperatur von 200°C auftreten. (siehe Abbildung 2)

²³ Kusterle 2004, S. 51

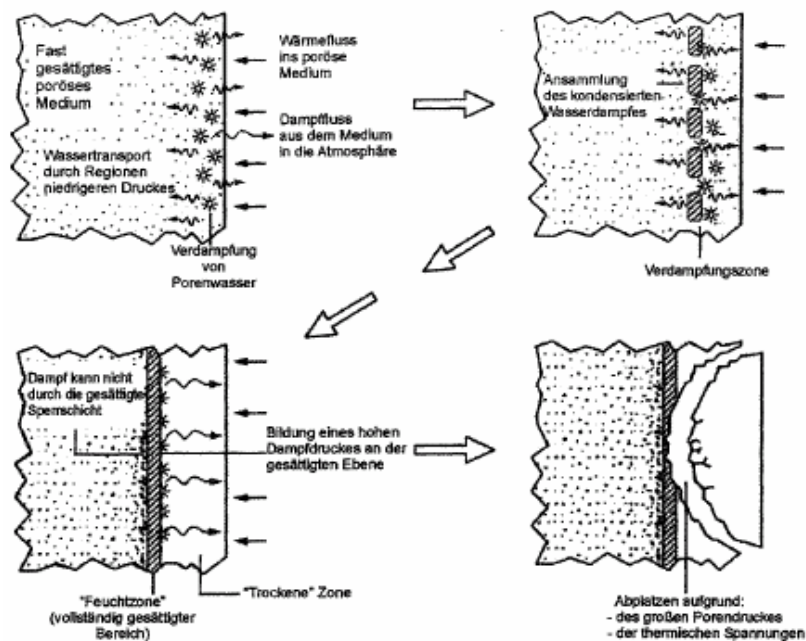


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Wasserdampfströmung in einer einseitig erwärmten Betonstruktur²⁴

Bei einem Wassergehalt kleiner 2 % kann davon ausgegangen werden, dass es zu keinen Abplatzungen kommt. Untersuchungen an bestehenden Tunnelbauwerken in Österreich haben jedoch ergeben, dass unabhängig von der angewandten Bauweise und den Randbedingungen (Bauwerk im Grundwasser; Bergfeuchte; ...) folgende Wassergehalte im Beton auftreten:²⁵

- in 2,5 cm Tiefe 1,5 % - 3,5 %
- in 7 cm Tiefe 2,5 % - 4,5 %
- in Bereichen von örtlichen Fehlstellen ist bei der Durchnässung mit bis zu etwa 3 % höheren Werten zu rechnen

Daher sind aufgrund des vorhandenen Wassergehaltes in Betonkonstruktionen bei Tunnelbauten meistens Abplatzungen möglich.

²⁴ Kusterle 2004, S. 51

²⁵ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003, S. 18

3.2.4.1.2 SPANNUNGSZUSTAND ALS URSACHE VON EXPLOSIONSARTIGEN ABPLATZUNGEN

Im Tunnelbau treten teilweise hohe Druckspannungen in Betonbauteilen (z.B. bei Tunnelschalen) auf, welche eine Rissbildung im Beton einschränken können. Eine solche Rissbildung würde aber durch die zusätzliche Bildung von Verdampfungschanälen die Gefahr der Entstehung von explosionsartigen Abplatzungen verringern. Bei druckbeanspruchten Bauteilen können Abplatzraten von bis zu 24 cm/Stunde auftreten.

Hingegen verringert sich die Abplatzrate (bis 19 cm/Std.) bei auf Zug beanspruchten Oberflächen (Zwischendecken), da sich hier leichter Risse ausbilden können.

3.2.4.1.3 EIGENSPANNUNGEN INFOLGE TEMPERATUREINWIRKUNG ALS URSACHE VON EXPLOSIONSARTIGEN ABPLATZUNGEN

Da der Beton ein schlechter Wärmeleiter ist, bildet sich im Brandfall ein sehr starkes Temperaturgefälle im Betonbauteil. Die einzelnen Betonschichten unterliegen aufgrund der Temperatureindringkurve unterschiedlichen Ausdehnungen. Dadurch entstehen in den erwärmten Zonen des Betonbauteiles Druckspannungen und in den weniger erwärmten bzw. nicht erwärmten Zonen Zugspannungen. Diese Zugspannungen können, wenn sie die Zugfestigkeit des Betons überschreiten, zu Abplatzungen führen.

Der bei einem Tunnelbrand sehr wahrscheinliche schnelle Anstieg der Temperatur verstärkt dieses Phänomen, da in einem solchen Fall der Temperaturgradient vergrößert wird.

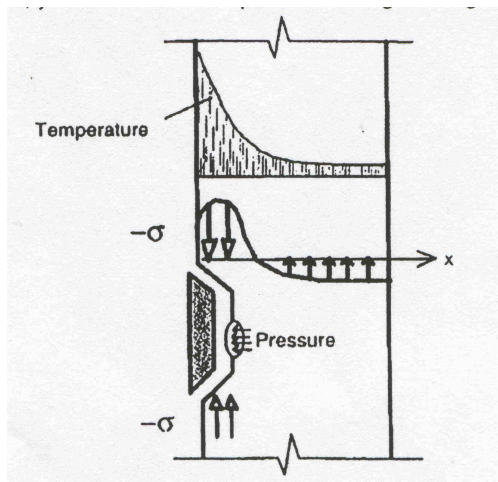


Abbildung 3: Abplatzmechanismus aufgrund von Eigenspannungen²⁶

²⁶ Kusterle 2004, S. 47

3.2.4.1.4 BAUTEILGEOMETRIE ALS URSACHE VON EXPLOSIONSARTIGEN ABPLATZUNGEN

Die Bauteilgeometrie hat einen großen Einfluss auf die Entstehung von Zwängungsspannungen welche Abplatzungen verursachen können. Vor allem bei schlanken Bauteilen können diese sehr schnell entstehen. Diese Art von Spannungen kann z.B. bei Zwischendecken in Tunnels auftreten, wenn bei diesen durch ihre Lagerungsart eine Temperaturdehnung verhindert wird.

Zwängungsspannungen können sowohl zu explosionsartigen wie zu langsameren, stetigen Abplatzungen führen.

3.2.4.1.5 BETONGÜTE ALS URSACHE VON EXPLOSIONSARTIGEN ABPLATZUNGEN

Durch die dichtere Betonstruktur von Hochleistungsbeton im Vergleich zu Normalbeton liegt die mit Wasser gesättigte Zone („Moister clog - Phänomen“ siehe Abbildung 2) näher an der durch Temperatureinwirkung belasteten Oberfläche. Dies führt zu einem schnelleren Aufheizen des gespeicherten Wassers und daher zu einem schnelleren Anstieg des Dampfdruckes, der sich begünstigend auf das Entstehen von explosionsartigen Abplatzungen auswirkt.

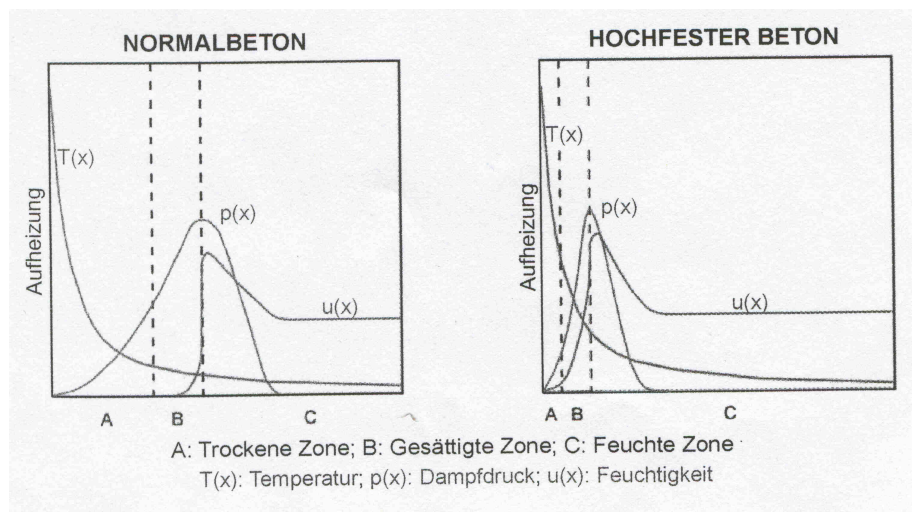


Diagramm 11: Lage der Zonen bei Brandeinwirkung an der Betonoberfläche von Normal- und hochfestem Beton²⁷

²⁷ Kusterle 2004, S. 15

3.2.4.2 LANGSAME, STETIGE ABPLATZUNGEN

Langsame, stetige Abplatzungen treten vor allem bei längerer Branddauer auf. Das Ablösen bzw. Abfallen der Betonschichten kann während und nach dem Brand auftreten. Hauptursache sind chemische Umwandlungen der Betonbestandteile und mechanische Beanspruchung.

Folgende chemischen Prozesse können auftreten:

- Dehydrierung: Zementstein wird dehydriert, z.B. durch den Abbau von Ettringit und Calziumaluminathydrat bei ca. 100°C bis 400°C, oder durch Zerstörung der C-S-H-Phasen bei Temperaturen von ca. 200°C
Diese chemische Veränderung kann bis zum vollständigen Zerfall des Betons führen
- Quarzumbildung: Bei einer Temperatur von 573°C kommt es bei Quarz zu einer Mineralumbildung. Aus Tiefquarz wird Hochquarz mit einer einhergehenden Volumsvergrößerung, welche einen starken Festigkeitsverlust des Betons verursacht, was wiederum ein Abplatzen begünstigt.
- Dekarbonisierung: Bei kalkhaltigen Betonzuschlagsstoffen kommt es bei ca. 800°C zum so genannten Kalkbrennen. Dabei zerfallen unter Entweichen von CO₂ die Gesteinskörnungen.

| Temperaturbereich [°C] | Umwandlungs- und Zersetzungsreaktion |
|------------------------|---|
| 30 – 120 | Verdunstung bzw. Verdampfung von freiem und physikalisch gebundenem Wasser |
| 100 – 300 | Gelabbau, Deydrationsbeginn |
| 250 – 600 | Abgabe des chemisch gebundenen Wassers |
| 450 – 550 | Zersetzen von Portlandit $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CAO} + \text{H}_2\text{O}$ |
| 573 | Nur bei Quarz: Quarzumwandlung $\alpha \rightarrow \beta \text{SiO}_2$ |
| 600 – 700 | Beginn der Zersetzung der CSH – Phasen; Bildung von $\beta\text{-C}_2\text{S}$ |
| 600 – 900 | Nur bei Kalkstein: Entsäuerung $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$ |
| 1200 – 1300 | Beginnen des Schmelzen von Zementstein |
| ≥ 1400 | Zementstein liegt als Schmelze vor |

Tabelle 5: Umwandlungs- und Zersetzungsreaktionen von quarzitischen und kalzitischen Betonen²⁸

²⁸ Schneider 2002, S. 10

Auch durch den plötzlichen Abkühlvorgang beim Einsatz von Löschwasser zur Brandbekämpfung können langsame, stetige Abplatzungen entstehen.

3.2.4.3 ABPLATZUNGEN VON EINZELNEN GESTEINSKÖRNUNGEN

Diese Art von Abplatzungen führt nur zu geringen Schäden an der Betonstruktur und kann daher vernachlässigt werden.

Ursachen für Abplatzungen einzelner Gesteinskörnungen können sein:

- Physikalische und chemische Prozesse welche zum Zerplatzen einzelner Körner führen können
- Saugende Mürbkörner werden durch Wasserdampfbildung zerstört

4. BRANDBESTÄNDIGER BETON (FASERBETON)

4.1 ALLGEMEINES

Im folgendem wird der Einfachheit halber die Bezeichnung Faserbeton für Beton mit PP-Faserzugabe verwendet. Im Gegensatz dazu wird in der Literatur folgende Definition von Faserbeton verwendet, welche auch andere Fasern berücksichtigt.

„Faserbeton ist ein Verbundwerkstoff, dessen Matrix aus Beton oder Mörtel besteht und dem bei der Herstellung Fasern, z.B. aus Stahl Kunststoff oder Glas, zugegeben werden.“²⁹

Brandbeständiger Beton wird heute in Österreich durch die Zugabe von Kunststofffasern hergestellt. Dieser Faserbeton unterscheidet sich vom herkömmlichen Beton dahingehend, dass im Brandfall keine oder nur sehr geringe explosionsartige Abplatzungen an der Betonoberfläche auftreten. Dadurch wird die Temperatureindringgeschwindigkeit reduziert, wodurch die Bewehrung und die tiefer liegenden Betonschichten vor einer zu hohen Temperaturbeanspruchung geschützt werden.

Mehrere Forschungsprojekte^{30/31} haben die Wirksamkeit von Kunststofffasern auf die Erhöhung der Brandbeständigkeit von Beton nachgewiesen. Diese Untersuchungen waren anschließend auch Grundlage der neuen Richtlinie „Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke“³², die im Juli 2005 veröffentlicht wurde. Diese ist für Eisenbahntunnels ab einer Länge von 50 m und für Straßentunnels (ab 200 m) bei der Bemessung des Lastfalls Brand und auch bei der Durchführung von Brandversuchen zu verwenden.

PP-Fasern werden weiters eingesetzt, um die Schwindrisswirkung im jungen Beton zu reduzieren, die Grünstandfestigkeit (=Fähigkeit des Betons nach dem Entschalen seine Form zu bewahren) zu erhöhen und die Biegezugfestigkeit günstig zu beeinflussen.³³

Zusätzlich zu den Kunststofffasern ist es auch möglich, Stahlfasern dem Beton beizugeben. In diesem Fall spricht man von einem „Fasercocktail“. Die Wirkung von Stahlfasern auf das Abplatzverhalten ist noch wenig erforscht. Es wird aber davon ausgegangen, dass Stahlfasern das Abfallen von geschädigten Betonschichten verhindern, das wiederum zu einem Abschirmen der noch nicht geschädigten Schichten vor hohen Temperaturen führt.

²⁹ Richtlinie: Faserbeton 2002, S. 3.

³⁰ Kusterle 2004

³¹ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003

³² Richtlinie: Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005

³³ Richtlinie: Faserbeton 2002, S. 3

Kritisch jedoch ist die schnellere Temperatureindringung durch die höhere Temperaturleitfähigkeit der Stahlfasern im Vergleich zum Beton zu sehen.

Die Zugabe von Stahlfasern in den Beton wird nur im Falle einer statischen Notwendigkeit angewandt. Dieser entspricht daher nicht dem im Regelfall im Tunnelbau verwendeten Beton.

4.2 EIGENSCHAFTEN UND HERSTELLUNG VON PP-FASERN

Als Kunststofffasern kommen Fasern aus Polypropylen (PP) mit einem Durchmesser von 16 - 20 μm und einer Länge von 6 mm zur Anwendung. Ihr Schmelzpunkt liegt bei ca. 150 °C und ihr Brennpunkt bei ca. 360 °C. 1 kg der PP-Microfaser, Type Duomix M6/16, mit Spinfinish der Firma Bekaert besteht beispielsweise aus ca. 915 Millionen Stück mit einer Dichte von 0,91 kg/dm³.³⁴

Die Fasern werden entweder durch Spinnen aus der Schmelze oder durch Herausstanzen aus Folien erzeugt und können gegebenenfalls mit einem Coating (Überzug), zur Reduktion des Konsistenzverlustes von Beton durch deren Zugabe, versehen werden.

Die Tabelle 6 zeigt die Veränderung von Faserbeton und der PP-Fasern im Betongefüge in Abhängigkeit der Lagerungstemperatur.

| Lagerungstemperatur | Beurteilung der Fasern in der Bruchfläche von Beton |
|---------------------|--|
| 20 °C | Fasern in großer Anzahl vorhanden, Aussehen wie vor Einbetonieren, vereinzelt leichte Risse im Beton |
| 105 °C | Nur mehr etwa 1/3 der Fasern erkennbar, viele feine Risse im Beton |
| 200 °C | Nur mehr vereinzelt Fasern erkennbar, Risse im Beton analog 105 °C |
| 350 °C | Keine Fasern mehr erkennbar, Risse im beton analog 105 °C |

Tabelle 6: Fasern im beton in Abhängigkeit von der Lagerungstemperatur³⁵

³⁴ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003, S. 19

³⁵ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003, S. 22

4.3 WIRKUNGSWEISE VON PP-FASERN IM BRANDFALL

Explosionsartige Abplatzungen werden bei der Verwendung von Polypropylenfasern durch die Bildung von zusätzlichen Kanälen, welche das Entweichen von Wasserdampf ermöglichen, verhindert. Diese Kanäle entstehen:³⁶

- Entlang der Übergangszone zwischen Zementmatrix und Fasern (Filtrationseffekt)
- durch Mikroporenbildung bei Fasereinmischung (Strukturauflockerung)
- durch das Ausschmelzen der PP-Fasern im Brandfall
- durch Rissbildung bei Volumszunahme der PP-Fasern beim Aufschmelzen

Die Gasdurchlässigkeit bei 105°C bei einem Beton mit PP-Fasern ist ca. um das Zehnfache höher als bei einem Beton mit der gleichen Zusammensetzung ohne PP-Fasern.³⁷

Die oben genannten Punkte ermöglichen dem Wasserdampf nun, durch das Entstehen von zusätzlichen Transportwegen (siehe Pkt. 3.2.4.1.1) zu entweichen. Daher wird ein Ansteigen des Wasserdampfdruckes verhindert und es kann aus diesem Grund zu keinen explosionsartigen Abplatzungen kommen.

Die Zugabe von PP-Fasern erzeugt auch einen höheren Kühleffekt, der beim Entweichen des Wasserdampfes bei zusätzlichen Transportwege entsteht. Diagramm 12 zeigt den Einfluss der Faserdosierung auf die Temperatur in einem Betonbauwerk.

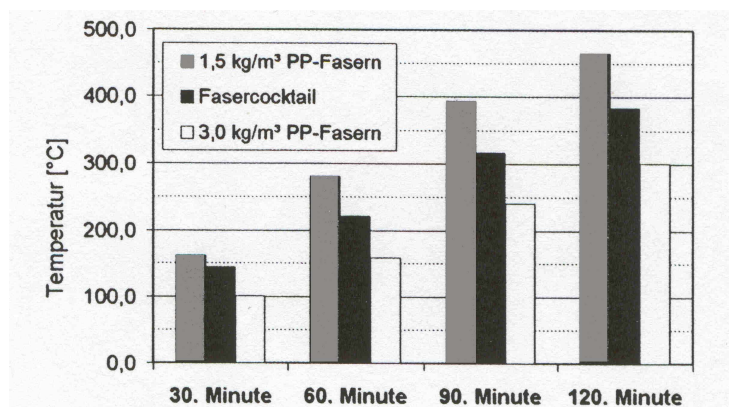


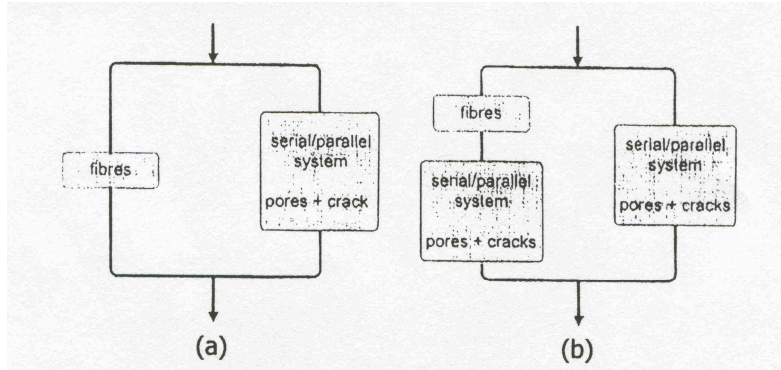
Diagramm 12: Temperatur in 5 cm Tiefe in Abhängigkeit vom Fasergehalt und der Branddauer

Heute werden PP-Fasern in den Mengen von 0,9 kg/m³ bis 2,0 kg/m³ verwendet.

³⁶ Schneider, S. 11-12.

³⁷ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003, S. 44

Bei genügend hohem Faseranteil im Beton bilden die Fasern ein eigenes, zusammenhängendes Porensystem. Bei geringerem Faseranteil entstehen nur zusätzliche Poren, die aber zusätzliche Verbindungen im Porensystem schaffen.



(a) Bildung eines eigenständigen Porensystems (Fasergehalt Hoch)

(b) Bildung von zusätzlichen Verbindungen im bestehenden Porensystem (Fasergehalt gering)

Abbildung 4: Schematisches Modell zur Porenstruktur beim Schmelzen der PP-Fasern³⁸

³⁸ Kusterle, S. 61.

4.4 EINFLUSS VON PP-FASERN AUF DIE BETONEIGENSCHAFTEN

Die Richtlinie Faserbeton enthält folgende Auflistung der Änderung der Eigenschaften von Beton durch PP-Faserzugabe:³⁹

| Betoneigenschaften bis 10 Std. Aushärtung | PP-Fasern | ++/+/0/-/-- |
|---|---|-------------|
| Schwinden | Wesentliche Verbesserung | ++ |
| Bluten | Wesentliche Verbesserung | ++ |
| Grünstandfestigkeit | Wesentliche Verbesserung | ++ |
| Frischbetoneigenschaften von 10 Std. – 3 Tage | | |
| Druckfestigkeitseinwicklung | Geringe Erhöhung der Druckfestigkeit | + |
| Druckzähigkeit | Zur Zeit nicht gemessen | |
| E-Modul | Kein Einfluss | o |
| Kriechen / Schwinden | Geringer Einfluss auf Spannungs-/Dehnungseigenschaften unter Druckbeanspruchung jedoch wesentliche Verbesserung bei extremen Austrocknungsbedingungen | + |
| Biegezugfestigkeit / Anrissfestigkeit | Geringer Einfluss Mit zunehmender Festigkeitsentwicklung nimmt der Einfluss der Fasern ab | + |
| Äquivalente Biegezugfestigkeit (Nachrisszugfestigkeit) Geringer Einfluss | Mit zunehmender Festigkeitsentwicklung nimmt der Einfluss der Fasern ab. | + |
| Festigkeitseigenschaften 28 Tage und danach | | |
| Druckfestigkeit | Unwesentlicher Einfluss | o |
| Druckzähigkeit | - | |
| E-Modul | Unwesentlicher Einfluss | o |
| Kriechen / Schwinden | Kein Einfluss auf Spannungs-/Dehnungseigenschaften unter Druckbeanspruchung | o |
| Biegezugfestigkeit (Erstriss) | Unwesentlicher Einfluss Geringere Prüfstreuung | o |
| Äquivalente Biegezugfestigkeit (Nachrissverhalten) | Unwesentlicher Einfluss | o |
| Arbeitsvermögen / Zähigkeit | Unwesentlicher Einfluss | o |
| Rissbreitenbeschränkung | - | |
| Schub / Spaltzugfestigkeit | - | |
| Stoßfestigkeit | Geringe Erhöhung | + |
| Schlagzähigkeit | Geringe Erhöhung | + |
| Brandverhalten | Deutliche Verringerung der Betonabplatzungen | ++ |
| Frost- Tausalzbeständigkeit | Deutlicher Verbesserung | ++ |
| Wassereindringtiefe | Merkbare Reduktion | ++ |
| Langzeitverhalten | Keine wesentlichen Leistungsabfälle | o |

Tabelle 7: Einfluss von PP- Fasern auf die Betoneigenschaften (++/+ starke/leichte Verbesserung; o gleich bleibend; --/- starke/leichte Verschlechterung

³⁹ Richtlinie: Faserbeton 2002, S. 44-45.

4.5 BETONHERSTELLUNG

Grundlage für die Herstellung von Faserbeton sind die Regelungen der ÖNORM B 4710-1: Beton.

Die Betonzusammensetzung ist der Änderung der Eigenschaft des Frischbetons bei Faserzugabe (z.B. Grünstandfestigkeit wird erhöht) anzupassen.

Für die Herstellung von Innenschalenbeton ist die zusätzlich die Richtlinie „Innenschalenbeton“⁴⁰ anzuwenden.

Bei der Erzeugung von Faserbeton ist darauf zu achten, dass eine homogene Verteilung der Fasern erreicht wird.

Die Richtlinie Faserbeton gibt folgende Empfehlungen für den Mischvorgang:⁴¹

- Die Mischzeit beträgt bei Zwangsmischern mit besonders guter Mischwirkung (z.B. Doppelwellenzwangsmischer) eine Minute bei allen anderen Betonmischern mindestens 2 Minuten nach der Zugabe aller Betonbestandteile.
- Bei der Zugabe der PP-Fasern zum Beton im Fahrmischer ist eine Mischzeit von einer Minute pro m³ Frischbeton bei höchster Umdrehung vorzusehen. Mindestens sind aber 5 Minuten Mischzeit einzuhalten.

⁴⁰ Richtlinie: Innenschalenbeton 2003

⁴¹ Richtlinie: Faserbeton 2002, S. 11

Tabelle 8 zeigt die Zusammensetzung eines erhöht brandbeständigen Innenschalenbetons, wie er zurzeit im U-Bahnbau in Wien eingesetzt wird.

| Betongüte: C 25/30 BB2-G F52 GK22 56 Tage | | | |
|--|--------------|-------------|-------------------------|
| Betonzusammensetzung / Frischbeton | | | |
| Zement: CEM I 42,5 R/HS/WT38 | 71 % | 270 | kg/m ³ |
| Zusatzstoffe: gemäß ÖNORM B 3309 (AHWZ) | 29 % | 110 | kg/m ³ |
| PP-Fasern | | 2 | kg/m ³ |
| Bindemittel | 100 % | 380 | kg/m³ |
| Gesamtwasser | | 185 | kg/m³ |
| Gesteinskörnung Körnung 0,1/4 | 48 % | 838 | kg/m ³ |
| Gesteinskörnung Körnung 4/16 | 32 % | 558 | kg/m ³ |
| Gesteinskörnung Körnung 16/32 | 20 % | 349 | kg/m ³ |
| Gesteinskörnung Gesamt | 100 % | 1745 | kg/m³ |
| Mischungsansatz | | 2310 | kg/m ³ |
| Frischbetonrohddichte (LP) | | 2300 | kg/m ³ |
| Ausbreitmaß a10min | | 580 | kg/m ³ |
| Ausbreitmaß a90min | | 510 | kg/m ³ |
| LP-Gehalt 90 min | | 4,8 | kg/m ³ |
| Wassergehalt Rückröstung | | 180 | kg/m ³ |
| Anrechenbares Bindemittel | | 358 | kg/m ³ |
| W/B-Wert | | 0,5 | kg/m ³ |
| LZF | | 5,7 | kg/m ³ |
| LP | | 0,38 | kg/m ³ |

Tabelle 8: Betonrezeptur eines erhöht brandbeständigen Betons im U- Bahnbau

4.6 BETONKLASSEN FÜR BRANDBESTÄNDIGEM BETON

Die Richtlinie Faserbeton⁴² definiert für eine erhöhte Brandbeständigkeit die Faserbetonklassen BB 1 und BB 2. Diese unterscheiden sich durch die abgeplatzte Betonmenge, bei einem in der Richtlinie definierten Brandversuch.

In diesem Versuch wird die abgeplatzte Betonmenge eines Faserbetons der abgeplatzten Menge eines Vergleichsbetons ohne Faserzugabe gegenübergestellt. Durch die in der Tabelle 9 angegebenen Verhältniswerte erfolgt anschließend die Beurteilung der Betonklasse des geprüften Faserbetons.

⁴² Richtlinie: Faserbeton 2002

| BB - Klasse | Abplatzungen in % | |
|-------------|-----------------------------|------------|
| | Vergleichsbeton ohne Fasern | Faserbeton |
| BB 1 | 100 % | < 30 % |
| BB 2 | 100 % | < 2 % |

Tabelle 9: Definition der BB- Klassen lt. Richtlinie Faserbeton

Die Richtlinie „Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke“ definiert eine Faserbetonklasse BBG (**B**eton erhöhter **B**randbeständigkeit geprüft im **G**roßversuch gemäß der Richtlinie) für unterirdische Verkehrsbauwerke.

Die Faserbetonklasse BBG kann nicht mit der Faserbetonklasse BB der Richtlinie Faserbeton verglichen werden.

4.7 BETONEINBAU⁴³

Die Verwendung von PP-Fasern können sich die Eigenschaften und die Verarbeitbarkeit von Frischbeton wesentlich verändern. So ist mit einem erhöhten Wasseranspruch, erhöhten Luftgehalt und veränderten rheologischen Eigenschaften (Anhebung der Fließgrenze) zu rechnen. Diese Änderungen können aber durch ein entsprechendes Bindemittel und ein darauf abgestimmtes Zusatzmittel (in der Regel Hochleistungsverflüssiger, LP-Mittel und eventuell Stabilisierer) sowie einem vergrößerten Mehlkorngelalt ausgeglichen werden.

Insbesondere beim Einbau von bewehrtem Faserbeton im Tunnelgewölbe ist mit einem erschwerten Verdichten zu rechnen.

Es empfiehlt sich, die Konsistenz und den Luftporengehalt vor und nach dem Nachmischvorgang im Fahrmischer, und vor und nach der Pumpe und an der Einbaustelle zu kontrollieren.

⁴³ Richtlinie: Erhöhter Brandschutz mit beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005

4.8 RESTFESTIGKEIT UND ERFORDERLICHE SANIERUNGSTIEFE VON FASERBETON NACH EINER BRANDEINWIRKUNG

Die Bestimmung der Restfestigkeit des Betons nach einer Temperatureinwirkung lässt direkt auf eine gegebenenfalls notwendige Sanierungstiefe nach einem Brand schließen.

Um eine Abschätzung einer notwendigen Sanierungstiefe nach einem Brand zu ermöglichen, wurden mehrere Forschungsprojekte durchgeführt. Hierbei musste man aber feststellen, dass sich die dabei gewonnenen Ergebnisse teilweise stark unterscheiden. Hauptverantwortlich hierfür war die unterschiedliche Form der Versuchskörper.

Im Folgenden werden zwei Ergebnisse aus solchen Brandversuchen angegeben.

Im Forschungsprojekt Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton ergaben sich in Bereichen, wo der Beton auf die Temperatur von 100°C bis 200°C erwärmt wurde, Restfestigkeiten des Faserbetons von 40% bis 60% der Ausgangswerte der Betondruckfestigkeit.⁴⁴

Mit dieser Angabe und der Verwendung der Temperatureindringkurve aus der Richtlinie für erhöhten Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke lässt sich nun auf eine notwendige Sanierungstiefe von bis zu 20 cm schließen.

Diese Temperatureindringkurven () basieren wiederum auf zahlreichen Brandversuchen und berücksichtigen bereits Abplatzungen bis zu 1 cm Tiefe.

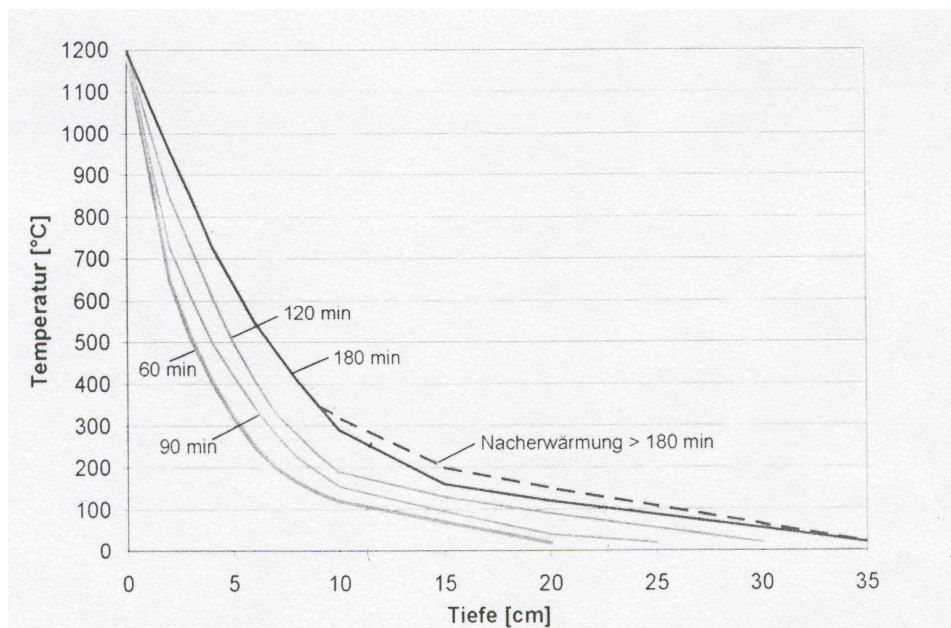


Diagramm 13: Empirisch ermittelte Temperatureindringkurve zum Nachweis des Lastfalles Brand sowie zum Nachweis der Resttragfähigkeit.

⁴⁴ Kusterle 2004, S. 173

Das Diagramm 13 gilt nur für feuchten Faserbeton mit einer Trockenrohichte = 2000 bis 2600 kg/m³ und deckt die Temperatureinwirkung gemäß RWS, HC_{inc}, HC und ETK ab.⁴⁵

Beim Forschungsvorhaben für brandbeständigen Beton wurde im Gegensatz zu den oben angeführten Werten eine um 10% verminderte Restfestigkeit von Faserbeton in einer Tiefe von 20 cm festgestellt. Ab einer Tiefe von 30 cm konnte überhaupt kein Abfall der Restfestigkeit mehr nachgewiesen werden. Dieses Forschungsvorhaben untersuchte die Brandbeständigkeit von Faserbeton an Kalotten unter Baustellenbedingungen und kann daher als sehr realitätsbezogen bezeichnet werden.⁴⁶

Diesen prognostizierten notwendigen Sanierungstiefen nach einem Brandfall kann man nun die erforderlichen Betonabtragstiefen nach dem Tauerntunnelbrand im Jahr 1999 gegenüberstellen.

Dort bestimmte man nach stichprobenartigen Haftzugversuchen an der Betonoberfläche eine erforderliche Sanierungstiefe von 5 cm im Mittel. Diese im Vergleich zu den in Versuchen ermittelte (siehe oben) geringe Sanierungstiefe, lässt sich einerseits durch den Umstand erklären, dass die nach dem Brand anstehende Oberfläche nicht während der gesamten Branddauer der Temperatureinwirkung ausgeliefert war, da erst die darüberliegenden Betonschichten abgesprengt werden mussten. Andererseits kann durch die Nachhärtung des Betons von einer höheren Betongüte als bei der statischen Berechnung ausgegangen werden, was wiederum eine notwendige Sanierungstiefe reduzieren kann.

Bei der Brandbemessung des Lainzer-Tunnels im Baulos LT22 wurde nun im direkten Brandbereich von einer erforderlichen Abtragstiefe des Faserbetons von 10 cm ausgegangen.

4.9 ZUSCHLAGSOPTIMIERTER FASERBETON

Neueste Forschungen haben ergeben, dass durch eine optimale Wahl der Zuschlagsstoffe die Brandbeständigkeit von Faserbeton weiter verbessert werden kann. Im folgendem werden zwei Forschungsvorhaben kurz beschrieben.

⁴⁵ Richtlinie: Erhöhter Brandschutz mit beton für unterirdische Verkehrsbauwerke 2005, S. 7.

⁴⁶ Forschungsinstitut der Vereinigung der Österreichischen Zementindustrie 2003, S. 95

4.9.1 ZUSCHLAGSOPTIMIERTER FASERBETON AUS EINEM ZUSCHLAGGESTEINS MIT EINEM HOHEN MAGNESIUM-EISEN-HYDROSILIKATANTEIL⁴⁷

Im folgenden Forschungsprojekt, das vom Forschungsförderungsfond gefördert wurde (Projektnummer 805086), untersuchte man das Brandverhalten von Faserbeton unter der Verwendung von Gesteinen mit einem hohen Magnesium-Eisen-Hydrosilikatanteil [12].

Dieses Gestein unterscheidet sich im Wesentlichen von im Betonbau gebräuchlich verwendeten Gesteinen durch seine thermische Beständigkeit und hat folgende Vorteile:

- Hoher Schmelzbereich bis über 1700°C
- Es treten keine sprunghaften Modifikations- und Volumsänderungen auf, da das Gestein keinen freien Quarz und bis auf Klufffüllungen auch keine freien Karbonate enthält.
- Hohe Wärmespeicherfähigkeit und vergleichsweise geringe Wärmeleitfähigkeit
- Abgabe von Hydratwasser aus dem Kristallgitter bestimmter Minerale unter hohem Wärmeverbrauch im Brandfall
- Bildung von Mikroporenräumen bei der Abgabe von Hydratwasser, welche isolierend wirken
- Durch den Zusatz von ausgewählten Magnesiumsilikaten können im Brandfall bereits an der Oberfläche große Mengen an schädlichen, aggressiven Brandgasbestandteilen (Chlorwasserstoff und Schwefeldioxid) zu entsprechenden Magnesiumchloriden oder Magnesiumsulfaten chemisch gebunden werden. Und daher ihr weiteres Eindringen in den Beton verhindert wird.

Bei Versuchen, bei denen herkömmlicher Faserbeton (2 kg/m³ PP-Fasern) mit zuschlagsoptimiertem Faserbeton (2 kg/m³ PP-Fasern) verglichen wurde, konnte ein langsames Eindringen der Temperaturfront in den Beton festgestellt werden. Dies hat den Vorteil, dass die notwendige Betondeckung für Baustahl verringert werden kann und so Einsparungen in der Bauwerksdimension möglich sind.

⁴⁷ Mörth 2005, S. 28-33.

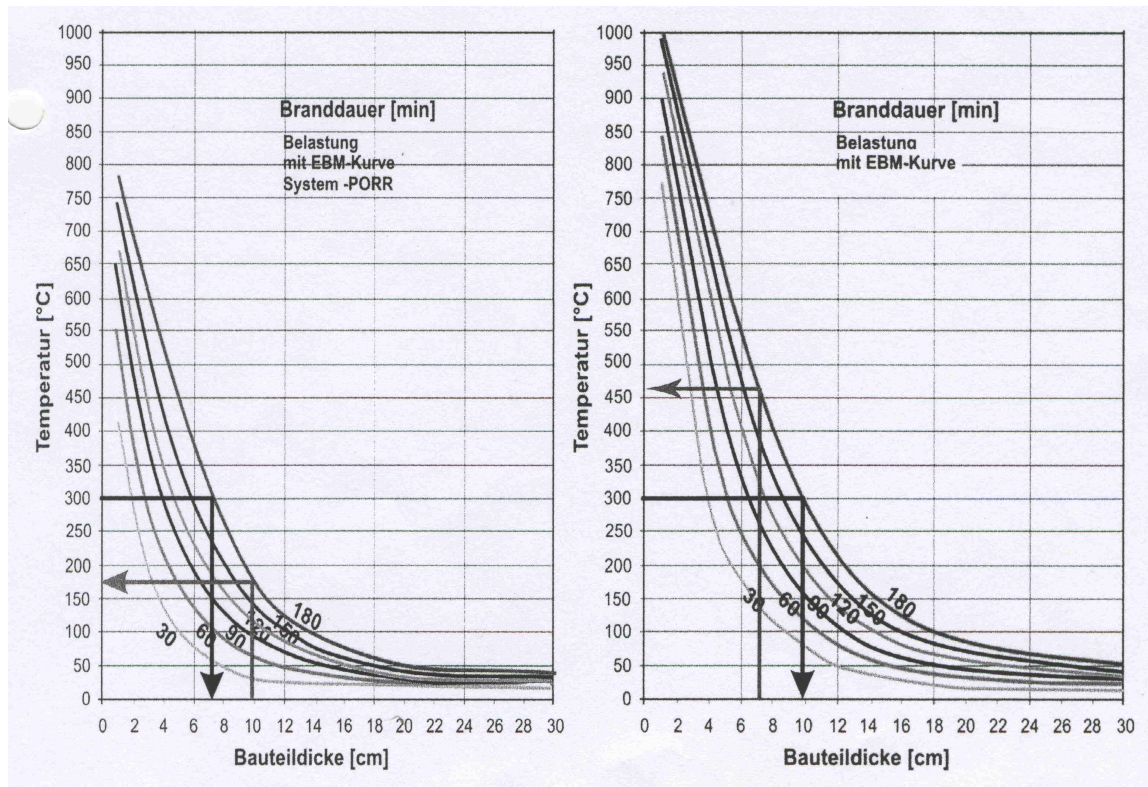


Diagramm 14: Gegenüberstellung der Temperatureindringung bei einem Großbrandversuch (Versuch an einer Tunnelkalotte) zwischen einem zuschlagsoptimierten und herkömmlichen Faserbeton.

Linkes Bild: Zuschlagsoptimierter Faserbeton; kritische Temperatur für Baustahl (300°C) wird in einer Tiefe von 7 cm erreicht

Rechtes Bild: Herkömmlicher Faserbeton; kritische Temperatur für Baustahl (300°C) wird in einer Tiefe von 10 cm erreicht

4.9.2 ZUSCHLAGSMODIFIZIERTER FASERBETON UNTER VERWENDUNG VON EINEM LEICHTZUSCHLAG (LYTAG)⁴⁸

In einem Forschungsprojekt in der Schweiz wurde die Brandbeständigkeit von Faserbeton (2,5 kg/m³ PP-Fasern) unter Verwendung von einem Leichtzuschlag (Lytag) und einem Hochofenzement (CEM III) als Bindemittel untersucht

Der Leichtzuschlag Lytag (Raumgewicht = 1300 kg/m³) wird aus Flugasche aus der Kohleverbrennung in thermischen Kraftwerken mit 3 bis 5% Restkohlenstoff und Bindung mit Wasser durch Pelletieren und Sintern bei etwa 1300°C hergestellt und durch Absiebung von Korngruppen im Bereich von 0 - 12 mm gewonnen.

⁴⁸ Brux 2001, S. 22-24.

Bei Versuchen wurde eine Betondeckung von 7 cm zum Schutz der Bewehrung vor Temperatureinwirkung ermittelt. Die Betonoberfläche zeigte dabei keine Schädigungen.

Ein Vorteil ist, dass dieser zuschlagsmodifizierte Beton auch als Spritzbeton verwendet werden kann.

5. TAUERNTUNNELBRAND IM MAI 1999

Am 29. Mai 1999 ereignete sich ein folgenschwerer Auffahrunfall im Tauerntunnel, welcher einen Brand verursachte.

Die durch den Brand erforderliche Sanierung machte es notwendig, den Tunnel vom 29. Mai bis zum 28. August zu sperren. Da der Tauerntunnel nur über eine Röhre verfügt, wurde in dieser Zeit die Tauernautobahn im Bereich von Flachau/Winkel bis Zederhaus für den Verkehr gesperrt.

5.1 TAUERNTUNNEL ALLGEMEIN

Der Tauerntunnel ist der längste Tunnel der Tauernautobahn mit einer Länge von 6400 m und befindet sich ca. 70 km südlich von Salzburg.

Die Verkehrsfreigabe erfolgte am 21. Juni 1975 und bis zum Brandunfall im Mai 1999 passierten ihn ca. 88 Mio. Fahrzeuge. Die Durchschnittliche Tägliche Verkehrsstärke (DTV) beträgt 14300 KFZ/Tag, davon sind 19 % LKW-Verkehr

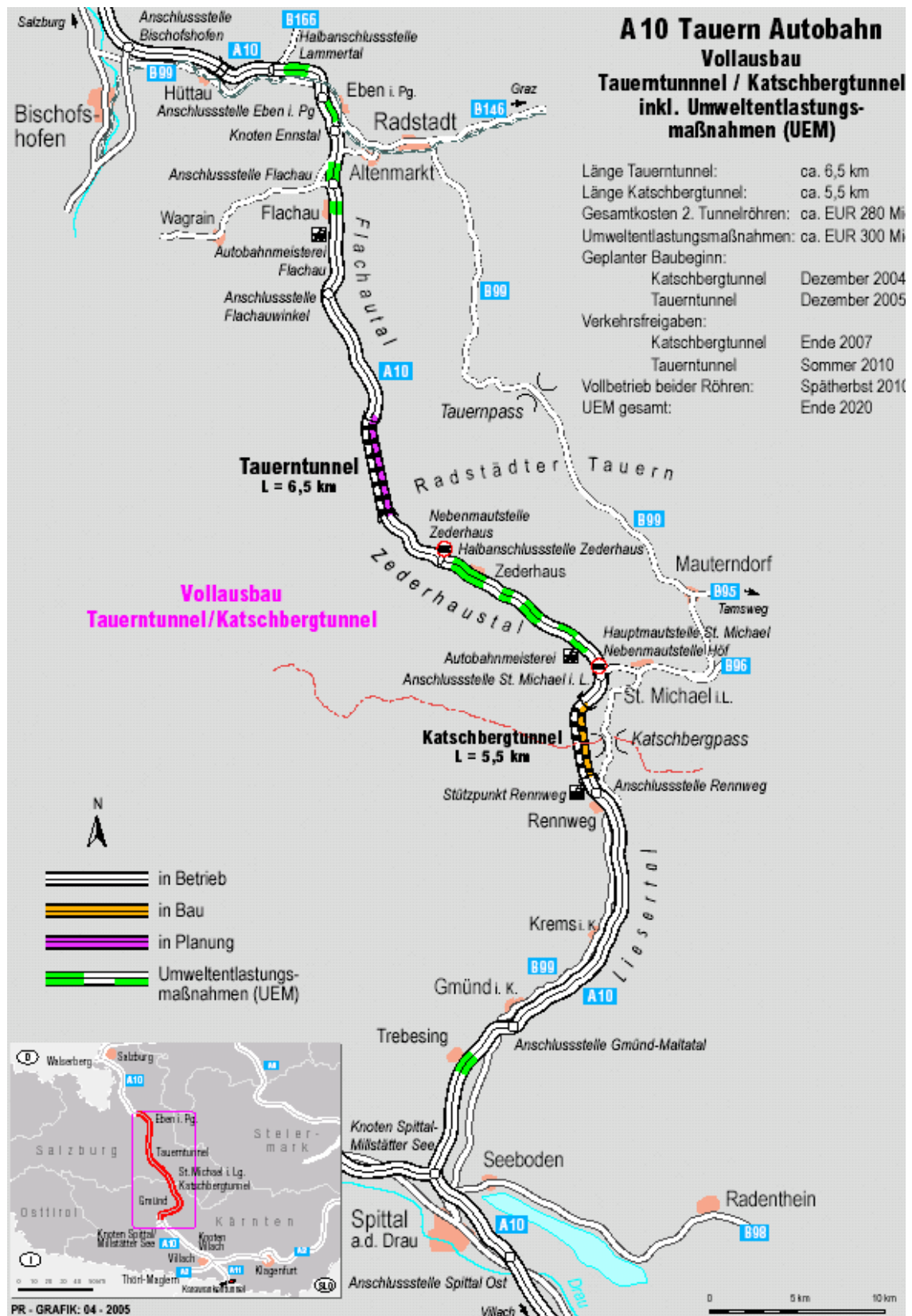


Abbildung 5: Lageplan der Tauernautobahn⁴⁹

⁴⁹ Asfinag Homepage

Der Tauerntunnel wurde unter Anwendung der so genannten „Neuen österreichischen Tunnelbauweise“ hergestellt und verfügt über eine aus Spritzbeton hergestellte Außenschale und einer Betoninnenschale (40 cm Dicke) welche blockweise (Länge 4,30 m bis 13,70 m) eingebaut wurde, auf welcher sich ein Schutzanstrich befindet.

Eine Zwischendecke (Dicke 15 cm) in einer Höhe von ca. 5,00 m über der Fahrbahn trennt den Fahrraum von den Belüftungskanälen. Diese Zwischendecke ist mittels Ankerstangen an der Tunnelfirste aufgehängt und besitzt Öffnungen zur Belüftung des Fahrraumes.

Die Ankerstangen sind in eine Zwischenwand eingebettet, welche Zu- und Abluftkanal von einander trennt.

Der Tunnel verfügt über zwei Richtungsfahrbahnen (Betonoberfläche) mit einer Breite von jeweils 3,75 m und beiderseits angeordneten Seitenstreifen (Breite = 1,00 m). In den erhöhten Seitenstreifen befinden sich Kabelkanäle, Rohrleitungen und die Seitenentwässerung der Fahrbahn, welche durch Betonplatten und einer Asphaltauflage abgedeckt sind. Die Tunnelhauptentwässerung ist in Fahrbahnmitte angeordnet.

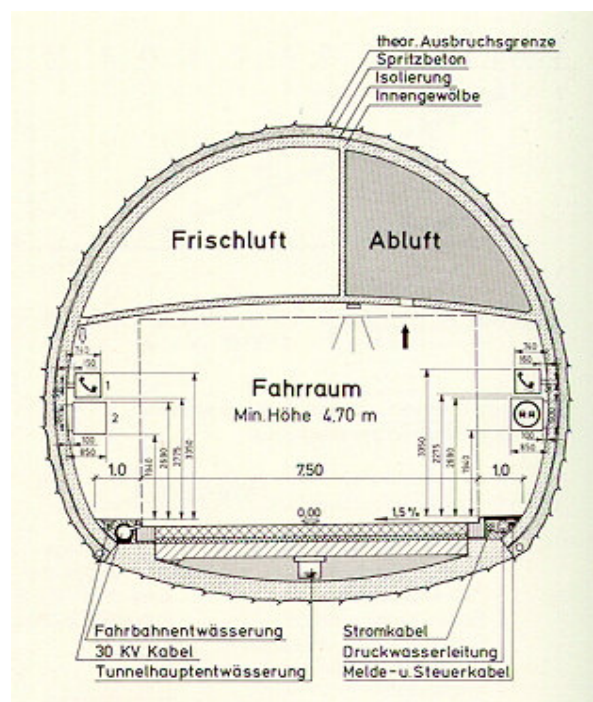


Abbildung 6: Regelquerschnitt Tauerntunnel⁵⁰

⁵⁰ ÖSAG Presseaussendungen 1999

5.2 UNFALLEREIGNIS VOM 29. MAI 1999

Im Folgenden wird die Ursache, der Hergang sowie die Folgen des Verkehrsunfalls im Tauerntunnel genauer beschrieben.

Aufgrund von Sanierungsmassnahmen im Bereich des Nordportals musste der Fahrstreifen Richtung Villach für den Verkehr auf einer Länge von ca. 500 m gesperrt werden. In diesem Bereich war somit nur ein einspuriges Befahren des Tunnels möglich und der Verkehr musste mittels Ampelregelung abwechselnd vorbeigeleitet werden. Um eine möglichst kurz Standzeit für den Verkehr zu gewährleisten, entschloss man sich, die Ampel für den Verkehr Richtung Salzburg nicht wie üblicherweise am südlichen Tunnelportal sondern im Tunnel ca. 600 m vom Nordportal entfernt aufzustellen. Dadurch konnte eine sehr kurze Räumzeit (Zeit zwischen dem Zeitpunkt des Umschaltens auf Rot und dem Verlassen des einspurigen Bereiches durch das als letztes in den Umleitungsbereich eingefahrene Fahrzeug) des Baustellenbereichs ermöglicht werden.

Am 29. Mai 1999 um ca. 4.50 Uhr ereignete sich ein folgenschwerer Auffahrunfall auf dem Fahrstreifen Richtung Salzburg ca. 740 m vom Nordportal entfernt. Ein LKW Fahrer übersah vermutlich aus Unachtsamkeit die Ampelregelung im Tunnel und fuhr nahezu ungebremst auf eine Wagenreihe, die sich vor der auf Rot gestellten Ampel gebildet hatte, auf.

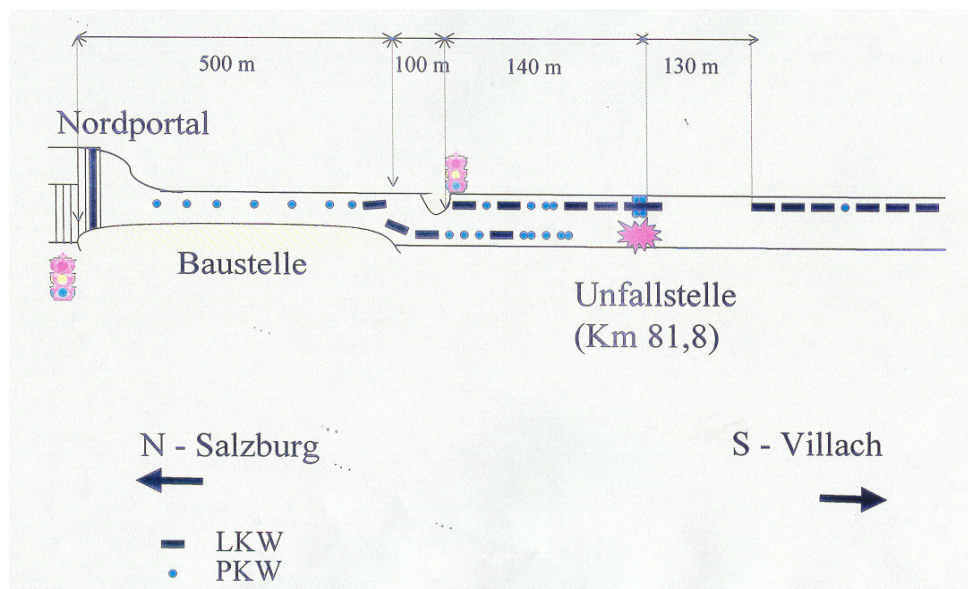


Abbildung 7: Lageskizze des Unfallereignisses⁵¹

⁵¹ ÖSAG Presseaussendungen 1999

Durch die Wucht des Aufpralles wurden vier PKW, die sich hinter einem weiteren Lkw befanden, teilweise unter den stehenden LKW geschoben oder zur Tunnelwand gedrückt, so dass sich nach dem Unfall beide LKW unmittelbar hintereinander befanden.

Es wird vermutet, dass dabei die Treibstofftanks der PKW aufgerissen wurden, sich der Treibstoff entzündete und so alle am Unfall beteiligte Fahrzeuge Feuer fingen.

Brandfördernd wirkten sich dabei Spraydosen aus, die der stehende Lkw geladen hatte.

Innerhalb kürzester Zeit bildete sich ein Großbrand mit Temperaturen bis 1200°C ⁵² unter starker Rauchentwicklung, der erst nach ca. 16 Stunden endgültig durch die Feuerwehr gelöscht werden konnte.

Das Brandunglück forderte 12 Todesopfer, von denen aber wahrscheinlich schon 8 Personen durch den Auffahrunfall getötet wurden. Außerdem gab es 49 Verletzte Personen. Zusätzlich wurden beim Brand 16 Lkw und 24 Pkw vernichtet und es entstand ein beträchtlicher Schaden an der Tunnelkonstruktion.



Abbildung 8: Unfallbereich unmittelbar nach dem Brand⁵³

⁵² Brux 1999, S.

⁵³ ÖSAG Preseausendungen 1999

5.3 BRANDSCHÄDEN AN DER TUNNELKONSTRUKTION

Sofort nach ersten Sicherungsmaßnahmen der Zwischendecke und ersten Aufräumarbeiten wurde am 4. und 5. Juni eine Feststellung des Schadensausmaßes⁵⁴ im Fahrraum durchgeführt. Am 7. Juni erfolgte eine Begehung der beiden Belüftungskanäle.



Abbildung 9: Zustand des Fahrtraumes nach der Fahrzeugbergung⁵⁵

Bei dieser Prüfung ermittelte man die Art und das Ausmaß der Schäden an den Ulmen, der Zwischendecke, der Tunnelentwässerung, dem erhöhten Seitenstreifen und der Trennwand zwischen den Belüftungskanälen. Dabei wurden digitale Aufnahmen des gesamten Bereiches sowie stichprobenartige Haftzugfestigkeitsprüfungen an der Betonoberfläche durchführt.

Zusätzlich wurden Sonderprüfungen wie eine Karbonatisierungsprüfung, eine Chlorid-Eindringprüfung und eine Stahl-Materialprüfung an den Tunnelbauteilen durchgeführt.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Untersuchung wurde anschließend die Art und Vorgehensweise der Sanierung festgelegt.

⁵⁴ ÖSAG Tauerntunnel 1999

⁵⁵ ÖSAG Presseaussendungen 1999

Um eine übersichtliche Dokumentation der Schäden sowie der Sanierungsvorhaben zu ermöglichen, unterteilte man den Schadensbereich in die Blockabschnitte der Innenschale. Die Blöcke wurden hierfür beginnend am Nordportal (Block 00D) fortlaufend nummeriert.

Insgesamt traten Schäden auf einer Länge von ca. 1100 m (Block 00D - Block 92) auf, wobei davon ca. 500 m nur leicht geschädigt waren.

Im Zuge der Schadensfeststellung wurde auch eine photogrammetrische (digitale) Aufnahme zwischen den Blöcken 032 und 068 durchgeführt. Dabei wurde ein Abplatzvolumen an der West- und Ostulme von jeweils ca. 100 m³ festgestellt.⁵⁶

Bei der Karbonatisierungsprüfung als auch bei der Chlorid-Eindringprüfung konnte keine Verschlechterung der chemischen Zusammensetzung des Betons durch den Brand festgestellt werden.

Die Stahl-Materialprüfung ergab für die Feldbewehrung der Zwischendecke im Teilbereich C einen starken Abfall der Festigkeitseigenschaften. Bei den Ankerstangen der Zwischendecke, die sich in der Wand zwischen Zu- und Abluftkanal befinden, konnte nur ein geringer Verlust der Festigkeitseigenschaften nachgewiesen werden. Die Güte der Stahlaufhängung entsprach auch nach dem Brand noch den Anforderungen der ÖNORM B 4700 Teil 7.

5.3.1 ULME, ZWISCHENDECKE UND BETONFAHRBAHN

Durch den Brand traten folgende Schäden auf:

- Ulme:
Im Bereich des Nordportals traten großflächige Ablösungen des Betonanstrichs auf. Von Block 015 bis 084 verursachte der Brand Betonabplatzungen mit unterschiedlicher Fläche und Tiefe.
- Zwischendecke:
Die Zwischendecke wurde sowohl an der Ober- als auch an der Unterseite beschädigt. Dabei traten Längs-, Querrisse sowie teilweise massive Abplatzungen auf. Der Hauptlängsriss befand sich an der Zuluftseite der Zwischendecke und erstreckte sich von Block 007 bis 090, wobei er im Anfangs- und Endbereich nur als Haarriss ausgebildet war.

⁵⁶ ILF 1999

- Fahrbahn:

An der Fahrbahnoberfläche traten punktförmige und flächige Abplatzungen im Bereich von Block 00D bis Block 92 auf.

Der durch die Brandeinwirkung geschädigte Bereich der Zwischendecke und der Ulmen wurde abhängig vom Schadensausmaß in drei Bereiche unterteilt.

- Teilbereich A – kaum beeinträchtigt
- Teilbereich B – leicht bis mittel beeinträchtigt
- Teilbereich C – stark beeinträchtigt

In den Punkten 5.3.1 bis 5.3.3 werden die Schadensbilder und die Sanierung der Teilbereiche A-C genauer beschrieben.

Abbildung 10 zeigt die blockweise (Blocklänge 4,3 - 13,7 m) Zuteilung der drei Schadensbereiche (A bis C)⁵⁷. Die Stationierung gibt die Entfernung zum Nordportal an.

⁵⁷ ÖSAG Tauerntunnel 1999

| Gewölbeblocknummer | 007 | 008 | 009 | 010 | 011 | 012 | 013 | 014 | 015 | 016 | 017 | 018 | 019 | 020 | 021 | 022 | 023 | 024 | 025 | 026 | 027 | 028 | 029 | 030 | 031 | 032 | 033 | 034 |
|--------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Station | | | | 156,6 | 168,8 | 180,7 | 192,8 | 204,9 | 217,0 | 229,0 | 241,0 | 253,1 | 266,8 | 278,9 | 291,0 | 303,1 | 315,2 | 327,2 | 339,3 | 351,4 | 363,5 | 375,5 | 387,6 | 399,7 | 411,7 | 423,8 | 435,9 | 447,9 |
| Ulme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zwischendecke | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fahrbahn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Gewölbeblocknummer | 035 | 036 | 037 | 038 | 039 | 040 | 041 | 042 | 043 | 044 | 045 | 046 | 047 | 048 | 049 | 050 | 051 | 052 | 053 | 054 | 055 | 056 | 057 | 058 | 059 | 060 | 061 | 062 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Station | 460,0 | 472,0 | 484,1 | 496,1 | 508,2 | 520,2 | 532,3 | 544,4 | 556,5 | 562,6 | 574,6 | 586,7 | 598,8 | 604,9 | 616,9 | 629,0 | 641,0 | 653,1 | 665,1 | 677,2 | 689,3 | 701,4 | 713,5 | 725,6 | 727,6 | 749,7 | 761,7 | 773,8 |
| Ulme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zwischendecke | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fahrbahn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Gewölbeblocknummer | 063 | 064 | 065 | 066 | 067 | 068 | 069 | 070 | 071 | 072 | 073 | 074 | 075 | 076 | 077 | 078 | 079 | 080 | 081 | 082 | 083 | 084 | 085 | 086 | 087 | 088 | 089 | 090 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Station | 785,8 | 797,9 | 809,9 | 822,0 | 834,0 | 846,1 | 853,8 | 865,8 | 877,9 | 889,9 | 895,6 | 899,9 | 911,9 | 924,0 | 936,0 | 948,0 | 960,0 | 972,0 | 984,0 | 996,0 | 1008,0 | 1020,1 | 1032,1 | 1044,1 | 1050,1 | 1062,2 | 1074,2 | 1086,2 |
| Ulme | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Zwischendecke | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fahrbahn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Legende:

- = Teilbereich A
- = Teilbereich B
- = Teilbereich C

Abbildung 10: Darstellung der Schadensbereiche für die Ulme, Zwischendecke und Fahrbahn

5.3.1.1 TEILBEREICH A - KAUM BEEINTRÄCHTIGT

Schadensbilder:

- Ulme:
Einige kleinflächige Abplatzungen (<30 cm²) geringer Tiefe. Im Bereich des Zwischendeckenaufagers mehrere kleine Abplatzungen. Betonschutzanstrich bildete Blasen und begann abzublättern.
- Zwischendecke:
An der Ober- wie Unterseite trat ein durchgehender Längsriss auf. Normal zu diesem bildeten sich einige Haarrisse. Im Bereich der Risse konnten vereinzelt Abplatzungen festgestellt werden.
- Fahrbahn:
Einzelne lokal begrenzte Ausbrüche (<30 cm²) an der Oberfläche.

5.3.1.2 TEILBEREICH B - LEICHT BIS MITTEL BEEINTRÄCHTIGT

Schadensbilder:

- Ulme:
Großflächige Abplatzungen mit geringer Tiefe (3-5 cm), welche sich über die ganze Oberfläche erstrecken. Zusätzlich wurde in einigen Bereichen durch Abplatzungen die Bewehrung für die Auflager der Zwischendecke freigelegt.
- Zwischendecke:
Der Längsriss im Bereich des Zuluftkanals ist deutlich ausgebildet, an der Oberseite bis zu 5 mm geöffnet und verfügt in einigen Bereichen über einen Versatz von bis zu 10 mm. An der Unterseite entstanden Abplatzungen im Bereich des Längsrisses mit einer Tiefe bis zur ersten Bewehrungslage.
Querrisse (Haarrisse) sind hauptsächlich an der Zuluftseite der Zwischendecke entstanden.
- Fahrbahn:
Einzelne lokal begrenzte Ausbrüche (<30 cm²) an der Oberfläche

5.2.1.3 TEILBEREICH C - STARK BEEINTRÄCHTIGT

Schadensbilder:

- Ulme:
Großflächige Abplatzungen die ganze Oberfläche betreffend mit einer Tiefe von 5 bis 40 cm. Im Block 047 wurde dadurch die Tunnelabdichtung freigelegt.
- Zwischendecke:
Die Zwischendecke ist im Bereich des Hauptlängsrisses nach oben ausgeknickt. Zusätzlich entstanden einige größere Querrisse. Großflächige bis zur Bewehrung reichende Abplatzungen traten an der Unterseite auf. Auch im Bereich der Blockfugen wurden große Betonausbrüche festgestellt. An der Deckenoberseite entstand ein ähnliches Rissbild, wie an der Deckenunterseite, jedoch ohne Abplatzungen.
Im Block 047 ist aufgrund der ausgebrochenen Auflager die Zwischendecke eingestürzt.



Abbildung 11: Zwischendeckenunterseite nach dem Brand⁵⁸

Die Feldbewehrung der Zwischendecke wurde nach dem Brand auf ihre Festigkeit untersucht. Dabei wurde ein Abfall der Streckgrenze / Zugfestigkeit (Sollwert = 500/560 N/mm²) auf 270/420 N/mm² festgestellt.

⁵⁸ ÖSAG Presseaussendungen 1999

- Fahrbahn:

Im gesamten Bereich punktuelle und zentimetertiefe (bis 4 cm) großflächige Abplatzungen. In Block 47 2 bis 3 cm dicke aufgeschmolzene Verkrustung.

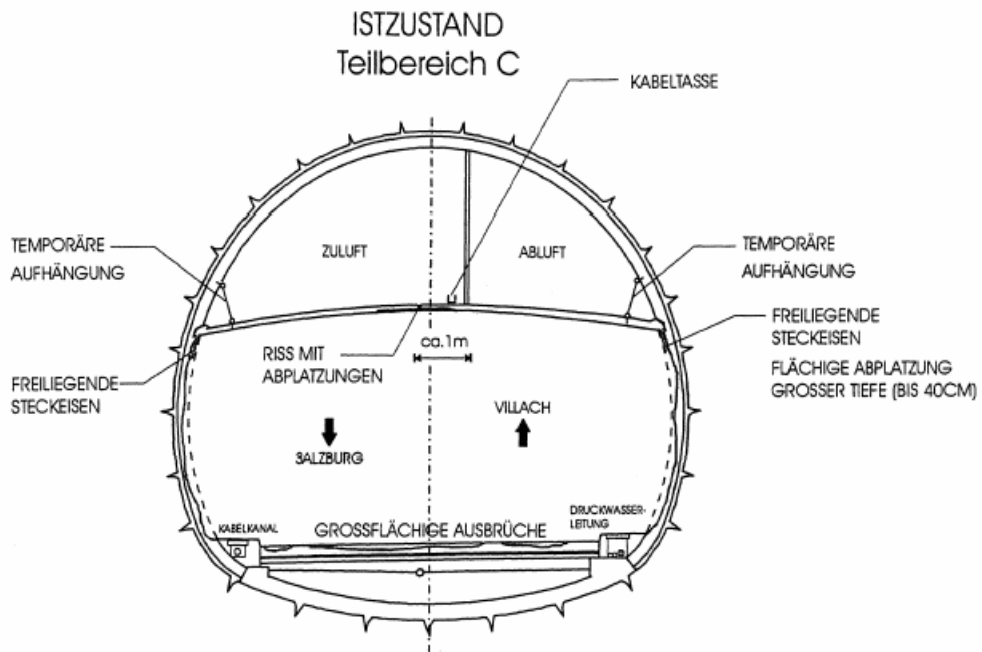


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Beschädigungen im Teilbereich C⁵⁹

5.3.2 ERHÖHTER SEITENSTREIFEN

Bei den sich beiderseits der Fahrbahn befindenden Seitenstreifen wurden die Randsteinleisten, Asphaltauflagen und die Abdeckplatten der Kabel- und Rohrkanäle durch die hohe Temperatureinwirkung beschädigt.

Die Randsteinleisten wiesen Abplatzungen auf. Die Asphaltauflage war durch Blasenbildung bzw. Risse beeinträchtigt und fehlte in einzelnen Blockabschnitten gänzlich.

Die Abdeckplatten der Kabel und Rohrkanäle waren an der Ostulmseite teilweise ausgeknickt.

⁵⁹ ÖSAG Tauerntunnel 1999, S. 8.

5.3.3 INNENBETON IN DEN BELÜFTUNGSKANÄLEN / TRENNWAND

Am Innenbeton des Zuluftkanals wurden keine Schäden festgestellt. Der Innenbeton der Abluftkanals wies wie die Trennwand vereinzelt Abplatzungen auf. An der Trennwand wurden im Bereich einiger Blockfugen Abplatzungen bis auf Bewehrungslage festgestellt und an der Seite des Zuluftkanals waren in einigen Blöcken vereinzelt Haarrisse sichtbar.

5.4 SANIERUNG DES TAUERNTUNNELS

Während der Schadensaufnahme begann man schon mit der teilweisen Schutträumung. Zusätzlich wurden folgende Arbeiten zur Absturzsicherung der Zwischendecke vorgenommen [20]:

- Ankerung der Zwischendeckenwiderlager zur Sicherung des ganzen oberen Gewölbeteils der Innenschale mit SN-Ankern in den Blöcken 042 - 049
- Temporäre Aufhängung der Zwischendecke (Blöcken 030 – 046, 048 – 057 und 060 – 0679), um die im Zuge der Bergung hergestellten Abstützungen entfernen zu können.

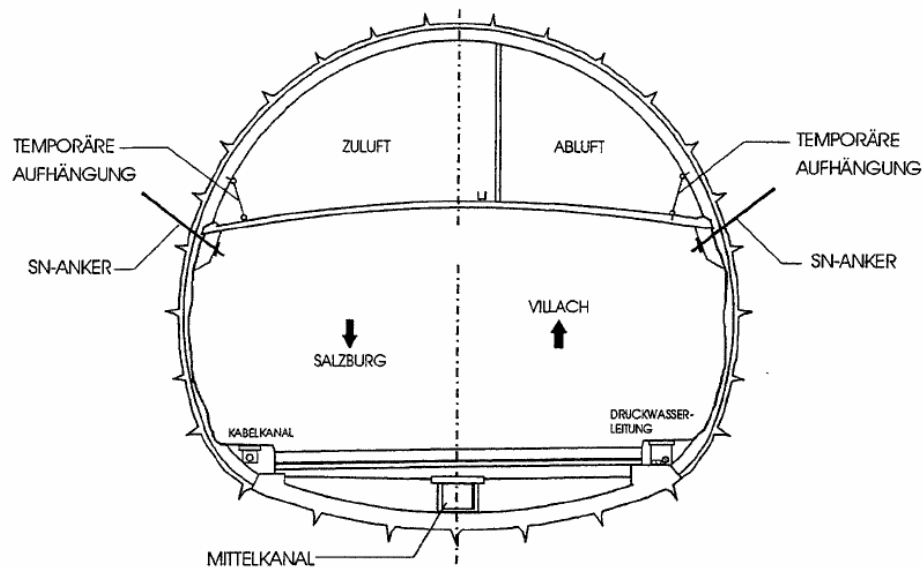


Abbildung 13: Sofortmaßnahmen zur Sicherung des oberen Gewölbeteils und der Zwischendecke⁶⁰

Nach Abschluss der Bestandsaufnahme der Tunnelschäden wurden sofort die Ausschreibungsunterlagen für die Sanierungsarbeiten erstellt.

⁶⁰ ÖSAG Tauerntunnel 1999, S. 62.

Am 7. Juni, sieben Tage nach dem Brand begann man, nach der Freigabe des Tunnels durch die Kriminalpolizei, mit der eigentlichen Sanierung.

Nach fast dreimonatiger Tunnelsperre konnte der Tauerntunnel am 28. August wieder für den Verkehr freigegeben werden. Hierfür war der Einsatz von bis zu 100 Arbeitern, die auch teilweise im Schichtbetrieb arbeiteten, erforderlich. Für diese rasche Sanierung erhielt die ÖSAG als Bauherr eine Auszeichnung der europäischen Wirtschaftskammer.

5.4.1 AUSSCHREIBUNG UND VERGABE

Als Auftraggeber der Sanierungsarbeiten fungierte die österreichische Autobahnen- und Schnellstraßen Aktiengesellschaft (ÖSAG).

Insgesamt wurden 48 Einzelaufträge vergeben. Diese beinhalteten die eigentliche Brandschadenssanierung, vorgezogene Sanierungen und Verbesserungsmaßnahmen.

Brandschadenssanierung:

Im Zuge der Brandschadenssanierung wurden alle Schäden, die im direkten Zusammenhang mit der Brandkatastrophe standen, behoben. So musste z.B. die Fahrbahn im Bereich des Unfalles auf einer Fläche von ca. 855 m² bis zu einer Tiefe von 10 cm abgetragen und neu aufbetoniert werden.

Vorgezogene Sanierungen:

Um eine nochmalige Verkehrsbehinderung im Tunnel bis zur Freigabe der zweiten Tunnelröhre (Fertigstellung ca. 2010) zu verhindern, hat man Sanierungsmaßnahmen, die eigentlich erst zu einem späteren Zeitpunkt geplant gewesen wären, vorgezogen. Diese Instandsetzungsarbeiten betrafen unter anderem die Sanierung des Mittelkanals, die Erneuerung der Beschichtung im ganzen Tunnel sowie die Erneuerungen der Markierungen und Leiteinrichtungen.

Verbesserungsmaßnahmen:

Man nützte die Tunnelsperre auch für die Verbesserung der Tunnelinfrastruktur. Diese zusätzlichen Leistungen dienten vor allem der Verbesserung der Sicherheit. So wurde das Lüftungssystem durch neue Öffnungen in der Zwischendecke, welche mit Abluftjalousien versehen sind, verbessert. Außerdem hat man im gesamten Tunnel einen aufhellenden

Anstrich angebracht, jede Notrufrische mit Frischluft versorgt und ein zweites Funkkabel installiert.⁶¹

Aufgrund der Dringlichkeit der Sanierung wurden die Aufträge teilweise durch Sofortvergabe oder im Verhandlungsverfahren vergeben.

Da sich diese Diplomarbeit mit der Brandsanierung von Betonbauwerken beschäftigt, wird im Folgenden nur mehr der Auftrag Brandschadenssanierung näher betrachtet. Die durchgeführten bautechnischen Aufträge werden den Gründen ihrer Notwendigkeit nach aufgelistet. Die ausgeführten Aufträge der Brandschadenssanierung, die Elektrotechnik, die zusätzlichen Leistungen und die vorgezogenen Leistungen betreffend, werden der Vollständigkeit halber im Anhang angegeben.⁶²

Brandschadenssanierung:

Bautechnik:

- Sofortmaßnahmen: Arbeiten, die zur Sicherung des Tragwerkes nach dem Brand nötig waren. (siehe Pkt. 5.4)
- Bauwerksprüfung als Zustandsfeststellung
- DIBIT - Vermessung zur Feststellung des Schadensbildes: Digitale Aufnahme des Tunnelquerschnittes zur Ermittlung des Abplatzvolumens
- Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen
- Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen F-Decke
- Technische Beratung für Sanierungsarbeiten, Planung und Beratung für Sanierung
- Tunnelbautechnische Beratung, Planprüfung und Beistellung von Bauaufsichtspersonal
- HDW - Reinigung
- Reinigung der Portalbereiche
- Auftrag - Brandschadenssanierung
- Betondecken und Seitenstreifensanierung
- Erneuerung der Tunnelbeschichtung

⁶¹ Brux 1999

⁶² ÖSAG Ausschreibungsunterlagen

5.4.2 AUFTRAG - BRANDSCHADENSSANIERUNG

Dieser Auftrag umfasst im Wesentlichen die Sanierung der Betonschäden infolge des Brandes im Tauerntunnel im Ulmen- und Zwischendeckenbereich und verfügt gleichzeitig über das größte Auftragsvolumen.

Der Auftrag wurde im Verhandlungsverfahren vergeben, bei welchem die Preise als Festpreise anzubieten waren. Die Angebotsfrist dauerte von 10.06 bis 23.06.1999. Die Zuschlagsfrist erstreckte sich anschließend bis zum 13.07.1999.

Das Leistungsverzeichnis wurde auf der Grundlage der Leistungsbeschreibungen für Straßenbau (RVS, Absch.7) und für Brückenbau (RVS, Absch.7B bzw. FGS, Ausg. 1970), mit den bis zum 10.04.1999 erschienen Ergänzungen, erstellt.

Der Baustellenbetrieb erfolgte aufgrund von der Dringlichkeit der Fertigstellung im 3/2-Schicht Durchlaufbetrieb.

Im Zuge der Sanierung musste die Zwischendecke in drei Bereichen auf einer Gesamtlänge von 350 m durch Fertigteile ersetzt werden. Die Verlegung von Fertigteilen wurde aufgrund der kürzeren Bauzeit der Ortbetonbauweise vorgezogen.

Die Sanierung der Ulmen erfolgte mittels Spritzbeton im Trockenspritzverfahren mit ofentrockenem Mischgut auf einer Länge von ca. 700 m.

Im Anhang (Pkt. 2) wird die ABC-Analyse des Auftrags Brandschadenssanierung angegeben. Dabei wurden die einzelnen Positionen der Größe ihres Auftragswertes nach geordnet. Der Auftragswert bezieht sich auf die Angebotspreise der ausführenden Firma. Die angegebenen Massen entsprechen den Massenangaben im Leistungsverzeichnis.

Die vor den Positionsnummern angeführten Buchstaben in der ABC – Analyse haben folgende Bedeutung:

- AA = Positionen, welche die Sanierung der Zwischendecke betreffen
- BB = Positionen der Ulmensanierung
- CC = Positionen, die nicht im direkten Zusammenhang zur Brandschadenssanierung stehen, sondern den Verbesserungsarbeiten zuzurechnen sind
- DD = Regiearbeiten

Mit der Ausführung der Sanierungsarbeiten wurde offiziell am 13. Juni, 15 Tage nach dem Brand, begonnen und der Fertigstellungstermin war am 28. August. Im Folgenden der vereinfachten Bauzeitplan des Auftrags Bauschadenssanierung.

| Arbeiten | 1.Wo | 2.Wo | 3.Wo | 4.Wo | 5.Wo | 6.Wo | 7.Wo | 8.Wo | 9.Wo | 10.Wo | 11.Wo |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| Reinigung | ■ | | | | | | | | | | |
| Unterstellung der Zwischendecke | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| Deckenabbruch | | ■ | ■ | | | | | | | | |
| Trennwad schneiden | | ■ | | | | | | | | | |
| HDW-Abtrag Ulme | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| HDW-Abtrag Decke | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| SpB-Auftrag Ulme | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Auflagerbalken für Zwischendecke | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Zwischendecke Fertigteil | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Fugenverfüllung Zwischendecke | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Winkelschienen Zwischendecke | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| Risssanierung Zwischendecke | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| Räumen Fahrraum | | | | | | | | ■ | ■ | | |
| Räumen Lüftungskanäle | | | | | | | | | | | ■ |

Abbildung 14: Bauzeitplan Brandschadenssanierung 1999

Im Bauzeitplan, der dem Autor zur Verfügung stand, ist leider der Arbeitsschritt Betonaufrag auf die Deckenuntersicht nicht enthalten.

Im Folgenden werden die einzelnen Sanierungsschritte der Ulme (Pkt. 5.4.2.1 bis Pkt. 5.4.2.3) und Zwischendecke (Pkt. 5.4.2.4) abhängig vom Schadensausmaß genauer erläutert. Als Grundlage dienten dabei die Pläne der Ausführungsarbeiten.

Zusätzlich werden die für die Sanierung notwendigen Hauptpositionen der ABC-Analyse (Positionen mit dem höchsten Positionspreisen) und deren Mengen lt. Leistungsverzeichnis angegeben.

5.4.2.1 SANIERUNG ULME - ABPLATZUNGEN KLEINFLÄCHIG - TEILBEREICH A

Im ersten Arbeitsschritt hat man den Bereich des geschädigten Betons vom Unbeschädigten durch Herstellen von geraden Rändern (durch Aufschneiden des Betons) getrennt. Darauf folgend wurde mittels Hochdruckwasserstrahlen (1200 bar) der geschädigte Beton abgetragen. Durch das stichprobenartige Durchführen von Haftzugfestigkeitsprüfungen ermittelte man die erforderliche Tiefe des Betonabtrages. Ergab sich dabei eine Zugfestigkeit $\leq 1,5 \text{ N/mm}$, musste eine Bewehrung (AQ 50) angebracht werden, die durch Steckeisen in den bestehenden Beton rückzuverankern war.

Der Spritzbetonauftrag erfolgte mittels Trockenspritzverfahren. Um eine gute Verarbeitbarkeit nach dem Auftrag zu ermöglichen, wurde ein Spritzbeton mit hohem Mikrosilikatanteil und Verzögerer verwendet. Die Oberfläche wurde anschließend händisch abgezogen und geglättet.

Die Abbildungen 15 und 16 zeigen die einzelnen Arbeitsschritte in planlicher Darstellung.

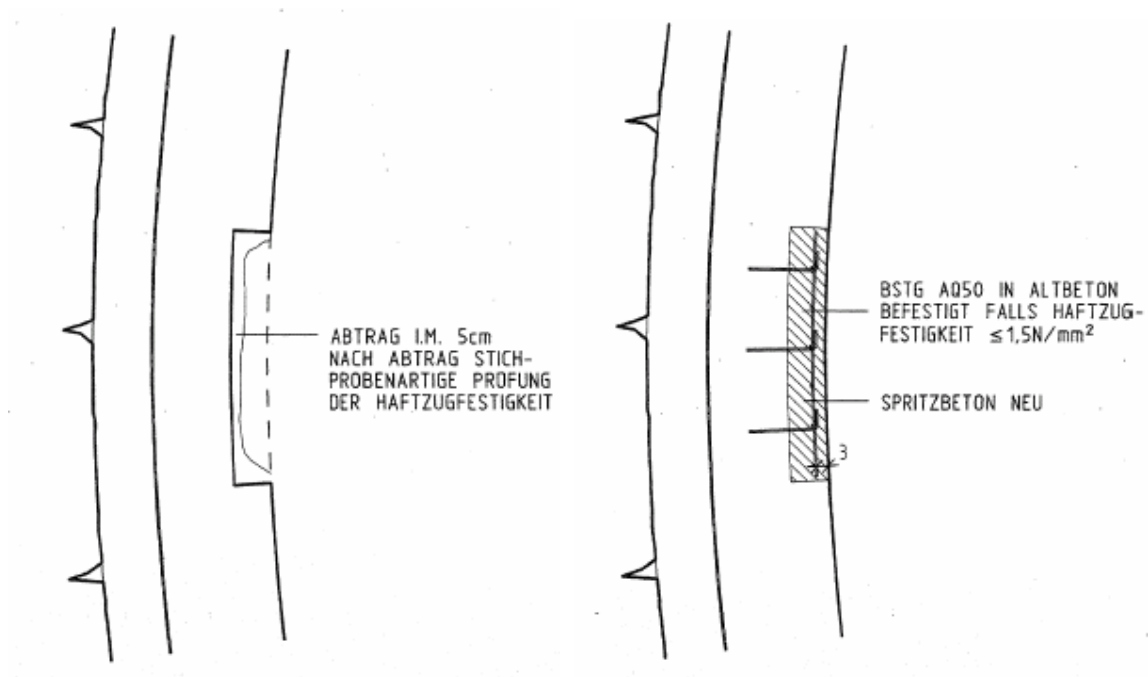


Abbildung 15: Ränder gerade schneiden und Abtrag des geschädigten Betons im Mittel 5 cm

Abbildung 16: Auftrag Spritzbeton, falls erforderlich Bewehrung (AQ 50) verlegen und rückverankern

Hauptpositionen laut Leistungsverzeichnis:

- **Pos BB 03 22 21 X Betabtr klfl unbew 5 Ulme**

Im Abtragsbereich unbewehrter oder schwach bewehrter Beton, Abtragstiefe bis 5 cm

Bauteil: Ulmenbereich

Abtragsmethode: HDW

Entgegen den ständigen Vertragsbestimmungen der RVS 7B, wird hier nur eine Tiefenstufe vergütet.

Gesamtfläche lt. Ausschreibung = 876,0 m²

- **Pos BB 13 20 00 1 Spritzbeton Spb30 klfl 10 cm UI**

Schichtdicke bis 10,0 cm, im Mittel gemessen

Bauteil: Ulmenbereich (Ringbetonsanierung) kleinflächig

Arbeitsmethode: Trockenspritzverfahren

Gesamtfläche lt. Ausschreibung = 876,0 m²

5.4.2.2 SANIERUNG ULME - ABPLATZUNGEN VOLLFLÄCHIG - TEILBEREICH B

In diesem Bereich sind Betonabplatzungen bis in eine Tiefe von 5-10 cm aufgetreten. Aufgrund der Schädigung der verbliebenen Betonoberfläche wurde diese bis in eine Tiefe von im Mittel 5 cm durch HDW-Strahlen abgetragen. Um eine ausreichende Haftzugfestigkeit des neu aufgetragenen Spritzbetons zu gewährleisten, wurde eine durch Steckeisen rückverankerte Bewehrungslage (AQ 50) eingebracht. Die Steckeisen (Rippentorstahl Ø12, Länge ≥ 40 cm) verankerte man im Altbeton 25 cm tief mit einem Rasterabstand von 75 cm. Diese wurden nach dem Anbringen der Bewehrung aufgebogen. Die Außenkante der aufgebogenen Steckeisen befand sich dann auf der Höhe der Ulmenlaibung vor dem Brand.

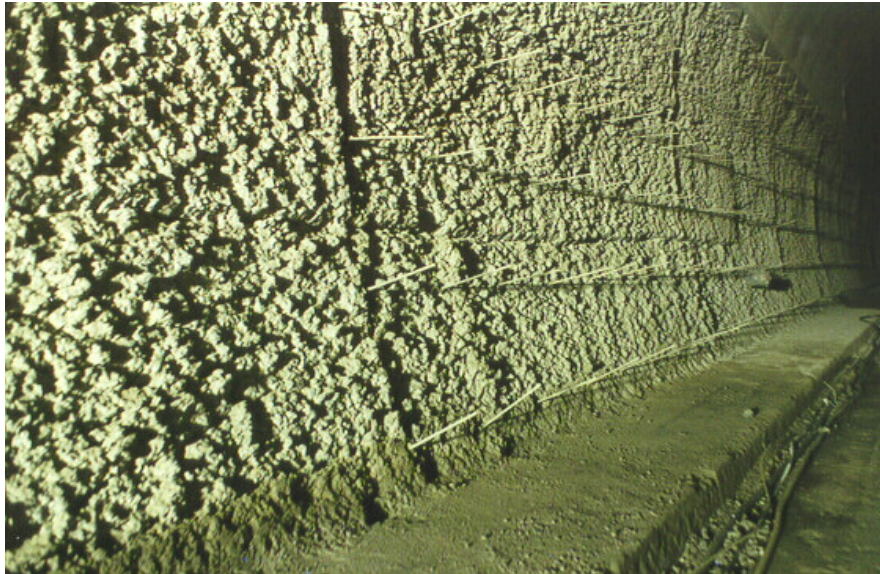


Abbildung 17: Ulme nach Betonabtrag durch HDW und Anbringung der Steckseisen

Vor dem Spritzbetonauftrag mussten, um die vorgegebene Tunnelgeometrie einzuhalten, Lehren hergestellt werden.

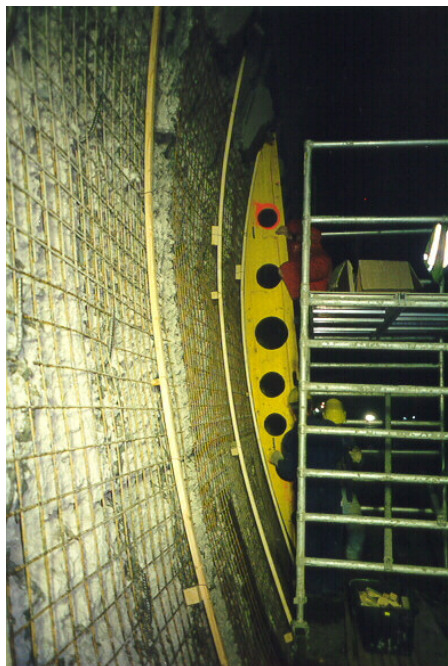


Abbildung 18: Herstellung der Lehre für Ulmenspritzbetonauftrag

Die aufgebogenen Steckseisen überdeckte man mit max. 3 cm Spritzbeton. Als Spritzbeton kam ein SpB 30 mit einem Größtkorn von 8 mm (in der Deckschicht 4 mm), welcher im Trockenspritzverfahren aufgetragen wurde, zur Anwendung. Um eine leichte

Verarbeitbarkeit der Spritzbetondeckschicht zu gewährleisten, wurde ein Spritzbeton mit hohem Mikrosilikatanteil und einem Erhärtungsverzögerer verwendet.

Die Betonoberfläche wurde anschließend mit einer Latte abgezogen, wobei die schon vorher angebrachten Lehren als Auflager dienten. Die endgültige Glättung der Oberfläche erfolgt mit einem Reibbrett. Dies war nötig um später eine Beschichtung der Ulme ohne weitere Untergrundvorbehandlung aufbringen zu können.



Abbildung 19: Spritzbetonarbeiten

Hauptpositionen laut Leistungsverzeichnis:

- **Pos BB 03 22 61 X Betabtr grfl unbew 5 Ulme**
siehe 5.4.2.3
- **Pos BB 13 20 00 2 Spritzbeton Spb30 grfl 10 cm UI**
Schichtdicke 10 bis 15 cm, im Mittel gemessen
Bauteil: Ulmenbereich (Ringbetonsanierung) großflächig
Diese Position kommt in jenen Bereichen zur Anwendung, wo die Ringbetonsanierung großflächig durchgeführt wird, sowie eine Lage Baustahlgitter vorgesehen ist.
Arbeitsmethode: Trockenspritzverfahren
Gesamtfläche lt. Ausschreibung = 2100,0 m²

- **Pos BB 21 01 00 1 Verankerung Bstg einlagig**

Liefern, versetzen und vermörteln von Rippentorstahl 550 als Verankerung für das Baustahlgitter im Ulmenbereich.

Verankerungslänge 25 cm

Im einlagigen Bereich

Rippentorstahl 12 mm lg = 40,0 cm

Gesamtanzahl lt. Ausschreibung = 8500 St

5.4.2.3 SANIERUNG ULME - ABPLATZUNGEN VOLLFLÄCHIG TIEFGREIFEND - TEILBEREICH C

Diese Art der Abplatzungen befand sich im unmittelbaren Unfallbereich. Hier verursachten die hohen Temperaturen Abplatzungen bis in eine Tiefe von 40 cm, so dass beinahe die gesamte Innenschale abgetragen wurde. Diese große Tiefe erforderte eine zweilagige Bewehrung beim Spritzbetonauftrag.

Um eine Betonoberfläche mit einer ausreichenden Festigkeit zu erhalten, musste im ersten Arbeitsschritt die oberste Betonschicht mittels HDW-Strahlen auf eine Tiefe von 5 cm im Mittel abgetragen werden. Im Fall, dass die Abplatzungen fast die ganze Innenschale zerstört hatten, wurde der verbleibende Beton bis zur Abdichtungsebene bzw. bis zum Außenschalenspritzbeton entfernt.

Als nächstes wurde im Raster von 75x75 cm Steckisen ($\varnothing 12$ mm, $l \geq 70$ cm) versetzt. Diese mussten 25 cm im Altspritzbeton verankert werden. Hierfür war es teilweise notwendig die Tunnelabdichtung zu durchbohren. Aus der geologischen Dokumentation des Tunnelvortriebes war jedoch ersichtlich, dass in dem betroffenen Bereich nur mit geringem Wasserzutritt zu rechnen ist. Auch konnten während der Sanierungsarbeiten keine Wasserzutritte beobachtet werden. Daher entschloss man sich auch auf eine neuerliche Tunnelabdichtung zu verzichten. Ermöglicht wurde dies jedoch auch durch den Umstand, dass ohnedies eine vollständige Sanierung des Tauerntunnels nach der Fertigstellung der zweiten Tunnelröhre geplant ist.

Im nächsten Arbeitsschritt wurde die Mattenbewehrung (AQ 50) im Abstand von ca. 7 cm von der Betonoberfläche angebracht und mit Spritzbeton (SpB 30; Größtkorn 8 mm) im Trockenspritzverfahren deckend eingespritzt. Anschließend wurde die zweite Bewehrungslage (AQ 50) verlegt. Der Überstand der Steckisen wurde nach dem Einbringen der zweiten Bewehrungslage aufgebogen, sodass sich die Außenkante der Steckisen auf der Höhe der Tunnellaubung vor dem Brand befanden. Um ein händisches Abziehen der Betonoberfläche zu ermöglichen, wurden Lehren an der Bewehrung angebracht. Als

nächstes wurde der restliche Spritzbeton aufgetragen. Die Steckeisen wurden mit einer 3 cm starken Betonschicht überdeckt. Als Deckschicht verwendete man einen Spritzbeton mit Größtkorn 4 mm und erhöhtem Mikrosilikatanteil. Um eine leichte Verarbeitbarkeit der Spritzbetondeckschicht zu gewährleisten, wurde dem Spritzbeton außerdem ein Erhärtungsverzögerer zugegeben.

Die Betonoberfläche konnte anschließend mit einer Latte abgezogen werden, wobei die schon vorher angebrachten Lehren als Auflager dienten. Die endgültige Glättung der Oberfläche erfolgt mit einem Reibbrett. Dies war nötig um später eine Beschichtung der Ulme ohne weitere Untergrundvorbehandlung aufbringen zu können.

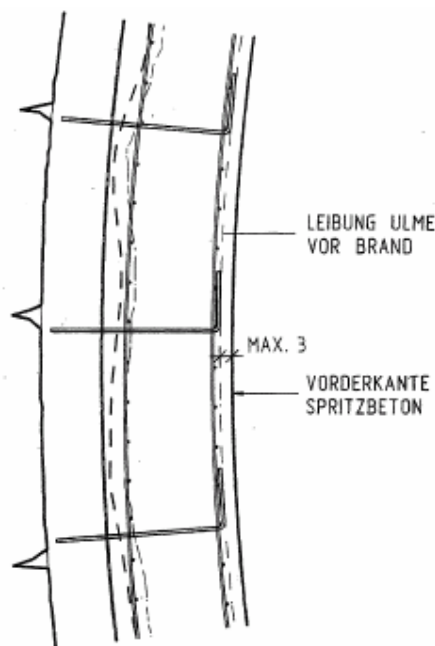


Abbildung 20: Sanierung Ulme im Teilbereich C

Hauptpositionen laut Leistungsverzeichnis:

- **Pos BB 03 22 61 X Betabtr grfl unbew 5 Ulme**

Im Abtragsbereich unbewehrter oder schwach bewehrter Beton, Abtragstiefe bis 5 cm

Bauteil: Ulmenbereich

Abtragsmethode HDW

Gesamtfläche lt. Ausschreibung = 3400,0 m²

- **Pos BB 13 20 00 3 Spritzbeton Spb30 tgr 15 cm UI**

Schichtdicke 15 bis 20 cm, im Mittel gemessen

Bauteil: Ulmenbereich (Ringbetonsanierung) großflächig tief greifend

Diese Position kommt in jenen Bereichen zur Anwendung, wo die Ringbetonsanierung großflächig durchgeführt wird, sowie zwei Lagen Baustahlgitter vorgesehen sind.

Arbeitsmethode: Trockenspritzverfahren

Gesamtfläche lt. Ausschreibung = 1300,0 m²

- **Pos BB 21 01 00 2 Verankerung Bstg zweilagig**

Liefern, versetzen und vermörteln von Rippentorstahl 550 als Verankerung für das Baustahlgitter im Ulmenbereich.

Verankerungslänge 25 cm

Im zweilagigen Bereich

Rippentorstahl 12 mm lg = 70,0 cm

Gesamtanzahl lt. Ausschreibung = 5100 St

5.4.2.4 SANIERUNG - ZWISCHENDECKE

Den Bereich der Brandschädigung der Zwischendecke hat man in drei Teilbereiche (A-C) unterteilt. Für jeden dieser Bereiche wurde eine eigene Vorgehensweise der Sanierung entwickelt. Als Grundlage der Sanierungsbeschreibung dienten auch hier die Ausschreibungsunterlagen und das Angebot der ausführenden Baufirma.

Die Zwischendecke musste insgesamt auf einer Gesamtlänge von ca. 350 m durch Fertigteile (B30; Betondeckung 3 cm) ersetzt werden.

Die Fertigteilfuge in Längsrichtung wurde als Stoßfuge und in Querrichtung als Versatz ausgeführt.

Die Zwischendecke musste außerdem aufgrund der tiefgreifenden Schädigung im Auflagerbereich auf einer Länge von 450 m auf Fertigteilstahlbetonbalken (B30) gelagert werden. Diese Balken befestigte man bei einer Einzellänge von 3,0 m jeweils mit acht Dübeln an der Tunnelwand. [21]

In den Bereichen der geringeren Schädigung der Zwischendecke entfernte man mittels HDW die beeinträchtigte Betonoberfläche und ersetzte sie durch eine neue Spritzbetonauflage. Risse wurden mit Epoxidharz verfüllt.

Im Folgenden werden die drei Fälle der Zwischendeckensanierung näher erklärt.

Fall 1 – Teilbereich A:

In diesem Fall war die Zwischendecke nur durch einen Längsriss mit einer Breite ≤ 2 mm auf der Zuluftseite der Zwischendecke beschädigt. Abplatzungen traten, wenn vorhanden, sehr

oberflächlich an der Deckenunterseite auf. Die Deckenoberseite war bis auf den Längsriss kaum geschädigt. Der Riss wurde nach einer Reinigung und dem Verdämmen an der Unterseite von oben mit Verfüllmaterial auf Epoxidharz-Basis verfüllt.

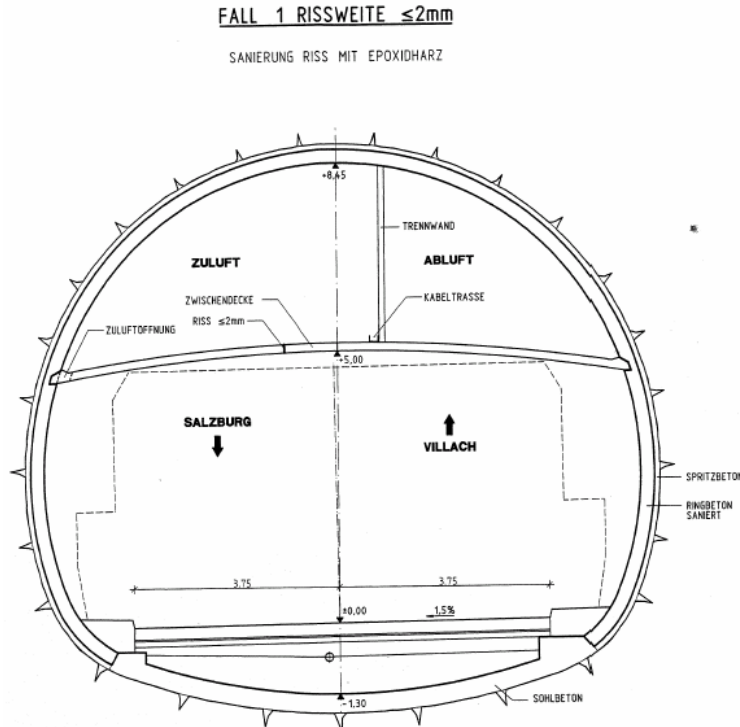


Abbildung 21: Zwischendeckensanierung Fall 1

Hauptpositionen laut Leistungsverzeichnis:

- **Pos AA 03 22 53 X Betabtr gfl unt Bew 3,5 ZwDe**
Siehe Sanierung Fall 2
- **Pos AA 13 20 00 4 Spritzbeton Spb30 klfl 7 cm ZwD**
Siehe Sanierung Fall 2

Fall 2 – Teilbereich B:

Auf der Zuluftseite war die Zwischendecke durch einen Längsriss ≥ 2 mm geschädigt. Zusätzlich traten teilweise großflächige Abplatzungen an der Deckenunterseite auf. Im Bereich der Abplatzungen wurde der Beton mittels HDW-Strahlen bis auf die Ebene der Bewehrung entfernt. Anschließend wurde der Spritzbeton im Trockenspritzverfahren aufgetragen.

Da in diesem Bereich auch die Ulme durch Abplatzungen geschädigt war, mussten teilweise zur Gewährleistung der Sicherheit Auflagerfertigteile, die durch Dübel an der Tunnelwand befestigt wurden, angebracht werden.

Risse wurde wie im Fall 1 mit Epoxidharz verfüllt.

Hauptpositionen laut Leistungsverzeichnis:

- **Pos AA 03 22 53 X Betabtr gfl unt Bew 3,5 ZwDe**
 Im Abtragsbereich Stahlbeton, Zwischendeckenuntersicht
 Abtragstiefe 3,5 cm
 Abtragsmethode HDW
 Einzurechnen ist ebenfalls das erforderliche Entrosten der Bewehrung, mind. Sa1.
 Nach dieser Position werden auch Kleinflächen abgerechnet.
 Gesamtfläche lt. Ausschreibung = 1600,0 m²
- **Pos AA 13 20 00 4 Spritzbeton Spb30 klfl 7 cm ZwD**
 Schichtdicke 5 cm bis 7 cm im Mittel gemessen.
 Bauteil: Zwischendeckenuntersicht klein- und großflächig
 Arbeitsmethode: Trockenspritzverfahren
 Gesamtfläche lt. Ausschreibung = 1600,0 m²

Fall 3 – Teilbereich C:

Hier war die Zwischendecke durch die hohe Temperatureinwirkung soweit in Mitleidenschaft gezogen, dass sie zur Gänze (über die gesamte Breite) abgetragen werden musste. Nach dem Anbringen von Auflagerfertigteilen an den beiden Ulmen wurden zwei Deckenfertigteile eingehoben. Das abluftseitige Fertigteil wurde über Stahlprofile an die Trennwand angedübelt. Zusätzlich wurden im Zuluftraum nachspannbare Hängestangen angebracht.

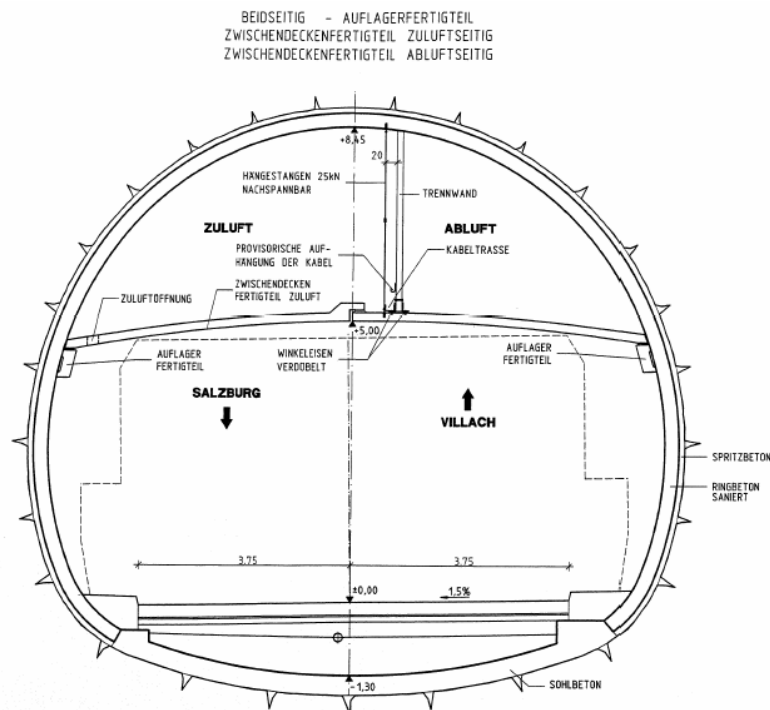


Abbildung 22: Sanierungsmassnahmen Teilbereich C

Hauptpositionen laut Leistungsverzeichnis:

- **AA 06 12 81 Y Fertig Stb ZwDeZu St**

Sorte B 400, FB, SA

Bauteil: Zwischendecke Zuluft

Gesamtmenge lt. Ausschreibung = 209 St

- **AA 06 12 81 Z Fertig Stb ZwDeAb St**

Sorte B 400, FB, SA

Bauteil: Zwischendecke Abluft

Gesamtmenge lt. Ausschreibung = 209 St

- **AA 06 12 81 T Fertig Stb Auflager St**

Sorte B 400, FB, SA

Bauteil: Auflagerfertigteil für Zwischendecke

Gesamtmenge lt. Ausschreibung = 320,0 St

- **AA 03 20 8 XX Stb Abbr Bauteil ZWD PA**

Bauteil: Zwischendecke

Die Zwischendecke im Zuluft und Abluftbereich ist auf einer Länge von ca. 348 m abzutragen.

Einzurechnen ist weiters:

- Das Trennen der Zwischenwand mittels eines Schnittes von der Zwischendecke
- Das Laden und verführen des abtraggutes auf AN – Deponie
- Schutz des Seitenstreifens und falls erforderlich der Betonfahrbahn vor Beschädigung im Zuge der Abbrucharbeiten
- Sonstige Nebenarbeiten

Gesamtmenge lt. Ausschreibung = 209 St

- **AA 06 20 42 X Betonstahl 550 Fertig.**

Betonstahl der Gruppe 550

Bauteil: Fertigteile Auflager und Zwischendecke

Produkt: rippentorstahl 550

Gesamtmenge lt. Ausschreibung = 101,0 to

- **AA 21 00 3 Winkel ZWD**

Winkel für die Verankerung der Zwischendecke im Abluft.- und Zuluftbereich liefern und versetzen. Die Löcher für die Dübel sind vorzubohren.

Material: Stahl V4A

Maße: 200*200*10 mm

Gesamtmenge lt. Ausschreibung = 230 St

- **AA 21 00 2 Aufhängesystem ZWD 25 KN**

Aufhängesystem für die Zwischendecke 25 kN verzinkt liefern, versetzen und montieren.

Bestehend aus:

Ring in Firste Gewölbebeton incl. Dübel, Karabiner, nachspannbare Hängestange und Karabiner unten.

Der Ring im Fertigteil wird werkseitig mitgeliefert und ist im Preis des Fertigteils enthalten.

Gesamtmenge lt. Ausschreibung = 418 St

5.4.2.5 ERMITTLUNG DER LEISTUNGSANSÄTZE FÜR BETONABTRAG UND -AUFTRAG

Aufgrund der nicht möglichen Einsehbarkeit von firmeneigenen Kalkulationsdaten werden die Leistungsansätze für den Betonauf- und Betonabtrag an der Ulme und Zwischendecke näherungsweise bestimmt. Hierfür werden die im Leistungsverzeichnis angeführten Flächen durch die im Bauzeitplan (siehe Abbildung 14) eingetragenen Arbeitstage für den jeweiligen Arbeitsschritt dividiert. Als Ergebnis erhält man die Leistung mit der Einheit m²/Tag. Bei dieser Vorgehensweise werden die Unterschiede der einzelnen Positionen im Bezug auf die Flächigkeit und Tiefe nicht berücksichtigt.

- Betonabtrag an der Ulme:

| Position | ABC Analyse | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit |
|---------------|-------------|------------------------------------|----------|----------------|
| BB 03 22 61 X | 2 | Betabtr grfl unbew 5 Ulme | 3.400,00 | m ² |
| BB 03 22 21 X | 12 | Betabtr klfl unbew 5 Ulme | 875,00 | m ² |
| Summe | | | 4.275,00 | m ² |

Tabelle 10: Betonabtragspositionen an der Ulme

Im Bauzeitplan der Sanierung sind für diesen Arbeitsschritt 16 Arbeitstage (AT) vorgesehen.

Daraus ergibt sich eine Leistung von ~270 m²/AT (= 4.275,0 m² / 11 Tage)

- Betonabtrag an der Zwischendecke:

| Position | ABC Analyse | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit |
|---------------|-------------|------------------------------------|----------|----------------|
| AA 03 22 53 X | 7 | Beabtrg gfl unt Bew 3,5 ZwDe | 1.600,00 | m ² |

Tabelle 11: Betonabtragsposition an der Zwischendecke

Arbeitszeit aus dem Bauzeitplan: 11 Tage

Leistung: ~145,0 m²/AT (= 1.600,0 m² / 11 Tage)

- **Betonauftrag an der Ulme:**

| Position | ABC Analyse | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit |
|---------------|-------------|------------------------------------|----------|----------------|
| BB 13 20 00 2 | 9 | Spritzbeton SpB30 GRFL 10cm UL | 2.100,00 | m ² |
| BB 13 20 00 3 | 11 | Spritzbeton SpB30 TFGR 15cm UL | 1.300,00 | m ² |
| BB 13 20 00 1 | 18 | Spritzbeton Spb30 KLFL 10cm UL | 876,00 | m ² |
| Summe | | | 4.276,00 | m ² |

Tabelle 12: Betonauftragspositionen an der Ulme

Arbeitszeit aus dem Bauzeitplan: 25 Tage

Leistung: ~170,0 m²/AT (= 4.276,0 m² / 25 Tage)

- **Betonauftrag an der Zwischendecke:**

| Position | ABC Analyse | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit |
|---------------|-------------|------------------------------------|----------|----------------|
| AA 13 20 00 4 | 14 | Spritzbeton SpB30 KLFL 7cm ZwD | 1.600,00 | m ² |

Tabelle 13: Betonauftragsposition an der ZWD

Für diese Position standen keine Angaben aus dem Bauzeitplan die Ausführungsdauer betreffend zur Verfügung. Um das Erschwernis der Arbeit über Kopf zu berücksichtigen, wird für die Bestimmung einer Leistung für den Betonauftrag an der Zwischendecke (LeBeZW) die Betonauftragsleistung (LeBeUL) an der Ulme mit einem Faktor (f) multipliziert. Die Berechnung dieses Faktors erfolgt durch die Betrachtung der errechneten Leistungen des Betonabtrags an der Ulme (LeBeAbUL) und an der Zwischendecke (LeBeAbZw), da hierdurch das Erschwernis der Arbeit über Kopf darstellbar ist. Der Faktor ergibt sich somit aus der Division der Leistung des Betonabtrags an der Zwischendecke durch die Leistung des Betonabtrags an der Ulme.

$$f = \text{LeBeAbZW} / \text{LeBeAbUL} = 145 \text{ m}^2/\text{AT} / 270 \text{ m}^2/\text{AT} = 0,54$$

Dieser Faktor wird mit der Betonauftragsleistung an die Ulme multipliziert und man erhält als Ergebnis eine Abschätzung der Betonauftragsleistung an der Zwischendecke.

$$\text{Leistung} = f \times \text{LeBeUL} = 0,54 \times 170 \text{ m}^2/\text{AT} = \text{ca. } 92,0 \text{ m}^2/\text{AT}$$

5.4.2.5 ANALYSE DER POSITIONSPREISE DER HAUPTPOSITIONEN

Im Pkt. 6 dieser Arbeit soll eine fiktive Brandschadenssanierung auf der Preisbasis der Sanierung 1999 erstellt werden. Aufgrund der nicht möglichen Einsehbarkeit der firmeneigenen Kalkulationsdaten der Sanierung 1999, werden im folgenden für die Positionen des Betonauftrags der fiktiven Sanierung die Positionspreise näherungsweise ermittelt. Hierfür werden die Positionen des Betonauftrags der Sanierung 1999 miteinander

verglichen, um die Abhängigkeiten des Positionspreises von den Positionsanforderungen (z.B. Abtragtiefe, Flächigkeit,...) zu bestimmen.

Weiters wird, durch die Betrachtung der Positionen „Liefen von Spritzbeton“ der Spritzbetonverbrauch für den Auftrag an der Ulme und der Zwischendecke (über Kopf) ermittelt.

Dies ist deswegen erforderlich, da bei der Preiserstellung einer fiktiven Sanierung, wie im Pkt. 6 beschrieben, zwar dem Wesen nach gleiche Positionen wie bei der Sanierung 1999 erforderlich sein werden, aber die Positionsanforderungen sich sicherlich anders darstellen.

Im Anhang (Pkt. 2) ist die vollständige ABC-Analyse des Auftrags Brandschadenssanierung angegeben und der Pkt. 4 des Anhangs enthält das Leistungsverzeichnis.

Position Spritzbetonauftrag

| Position | ABC Analyse | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit | Positionspreis | Einheit |
|---------------|-------------|------------------------------------|----------|----------------|----------------|------------------|
| BB 13 20 00 2 | 9 | Spritzbeton SpB30 GRFL 10cm UL | 2.100,00 | m ² | 48,80 | €/m ² |
| BB 13 20 00 3 | 11 | Spritzbeton SpB30 TFGR 15cm UL | 1.300,00 | m ² | 58,90 | €/m ² |
| AA 13 20 00 4 | 14 | Spritzbeton SpB30 KLFL 7cm ZwD | 1.600,00 | m ² | 41,10 | €/m ² |
| BB 13 20 00 1 | 18 | Spritzbeton Spb30 KLFL 10cm UL | 876 | m ² | 48,00 | €/m ² |

Tabelle 14: Positionen SpB- Auftrag

Abhängigkeit des Pos- Preises von der Auftragsdicke des Spritzbetons:

Um die Abhängigkeit des Positionspreises beim Auftrag von Spritzbeton auf die Ulme näherungsweise bestimmen zu können werden die Positionen BB 13 20 00 2 und BB 13 20 00 3 miteinander verglichen.

Laut LV (siehe Anhang Pkt. 4) beträgt die Auftragsstärke der Position BB 13 20 00 2 10,0 bis 15,0 cm und bei der Pos BB 13 20 00 3 15,0 bis 20,0 cm. Geht man jeweils vom Mittel der im Leistungsverzeichnis angegebenen Auftragsdicke aus, so unterscheiden sich die Positionen um eine Auftragsstärke von 5,0 cm.

Um nun die Abhängigkeit des Positionspreises von der Auftragstiefe näherungsweise zu bestimmen wird als erstes die Differenz aus den beiden Positionspreisen ermittelt.

$$\text{Differenz} = 58,88 - 48,80 = 10,08 \text{ €/m}^2$$

Diese Differenz wird nun durch den Unterschied der Auftragstärke von 5,0 cm zwischen den beiden Positionen dividiert. Als Ergebnis erhält man die näherungsweise ermittelte Preissteigerung pro cm Spritzbetonauftrag für einen m².

$$\text{Preissteigerung} = 10,08 \text{ €/m}^2 / 5,0 \text{ cm} = 2,01 \text{ €/m}^2\text{cm}$$

Abhängigkeit des Positionspreises vom Erschwernis Arbeiten über Kopf:

Um die Abhängigkeit vom Erschwernis für Arbeiten über Kopf des Angebotspreises näherungsweise bestimmen zu können, werden die Positionen AA 13 20 00 4 (Auftrag Zwischendecke) und BB 13 20 00 1 (Auftrag Ulme) miteinander verglichen. Beide Positionen sind für den kleinflächigen Auftrag, wobei anhand der Pos AA 13 20 00 4 auch großflächiger Spritzbetonauftrag laut Leistungsverzeichnis abgerechnet wird. Die Auftragsstärken für Spritzbeton betragen laut LV 5,0 bis 7,0 cm für die Position AA 13 20 00 4 und 10,0 cm für die Pos BB 13 20 00 1. Geht man im Falle der Position AA 13 20 00 4 vom Mittel der angegebenen Auftragsstärke aus, so besteht ein Unterschied zwischen den beiden Positionen von 4,0 cm. Um die Positionen miteinander vergleichen zu können, wird die Positionspreis des SpB-Auftrags an der Ulme, mit der oben ermittelten Preis-Steigerung, an eine Auftragsstärke von 6,0 cm näherungsweise angepasst. Hierfür wird der Positionspreis der Pos BB 13 20 00 1 durch die 4 fache Preis-Steigerung, welche oben ermittelt wurde, verringert.

$$\text{Positionspreis} = 48,0 \text{ €/m}^2 - 4 \times 2,01 \text{ €/m}^2\text{cm} = 39,96 \text{ €/m}^2$$

Als Ergebnis erhält man den näherungsweise ermittelten Positionspreis für einen Spritzbetonauftrag an der Ulme mit einer Auftragsstärke von 6,0 cm.

Anschließend wird vom Positionspreis der Pos AA 13 00 4 der eben ermittelte Pos Preis subtrahiert.

$$\text{Preissteigerung} = 41,13 \text{ €/m}^2 - 39,96 \text{ €/m}^2 = 1,17 \text{ €/m}^2$$

Als Ergebnis erhält man den näherungsweise ermittelten Aufschlag auf den Positionspreis für das Erschwernis Arbeiten über Kopf.

Um eine Unabhängigkeit dieses Preis - Steigerung von der Auftragsstärke herzustellen, wird die ermittelte Preis - Steigerung noch durch die Auftragsstärke von 6,0 cm dividiert.

$$\text{Preissteigerung} = 1,17 \text{ €/m}^2 / 6,0 \text{ cm} = 0,20 \text{ €/m}^2\text{cm}$$

Position „Lieferrn von Spritzbeton“

| Position | Kurzbeschreibung Position laut LV | Menge | Einheit | Positionspreis | Einheit |
|---------------|-----------------------------------|--------------|---------|----------------|---------|
| AA 13 20 00 5 | Lieferrn von Spritzbeton (ZWD) | 250.000,00 | kg | 0,11 | €/kg |
| BB 13 20 00 5 | Lieferrn von Spritzbeton (Ulme) | 1.250.000,00 | kg | 0,11 | €/kg |

Tabelle 15: Positionen Lieferrn von Spritzbeton

Um den Spritzbetonverbrauch für den Auftrag an der **Ulme** in kg/m³ zu bestimmen, wird das ausgeschriebene Spritzvolumen berechnet.

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge m ² | Auftragsdicke m | Volumen m ³ |
|--|------------------------------------|----------------------|-----------------|------------------------|
| BB 13 20 00 2 | Spritzbeton SpB30 GRFL 10cm UL | 2.100,00 | 0,125 | 262,5 |
| BB 13 20 00 3 | Spritzbeton SpB30 TFGR 15cm UL | 1.300,00 | 0,175 | 227,5 |
| BB 13 20 00 1 | Spritzbeton Spb30 KLFL 10cm UL | 876,00 | 0,050 | 43,8 |
| Gesamtvolumen an ausgeschriebenen Spritzbeton Ulme | | | | 533,80 |

Tabelle 16: Volumsberechnung Spritzbeton Ulme

Dividiert man die ausgeschriebene Menge in kg durch das berechnete Volumen ergibt sich der Spritzbetonverbrauch für den Spritzbetonauftrag im Trockenspritzverfahren zu 2341,7 kg/m³ aufgetragenem Spritzbeton im Ulmenbereich.

Spritzbetonverbrauch beim Auftrag an der **Zwischendecke**:

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge m ² | Auftragsdicke m | Volumen m ³ |
|---------------|------------------------------------|----------------------|-----------------|------------------------|
| AA 13 20 00 4 | Spritzbeton SpB30 KLFL 7cm ZwD | 1.600,00 | 0,06 | 96,0 |

Tabelle 17: Volumsberechnung Spritzbeton Zwischendecke

Es ergibt sich ein Spritzbetonverbrauch von 2604,2 kg/m³ eingebautem Spritzbeton an der Zwischendecke.

Der ermittelte Unterschied zwischen dem Spritzbetonverbrauch lässt sich durch den erhöhten Rückprall beim Arbeiten über Kopf an der Zwischendecke erklären.

5.4.2.6 SANIERUNGSKOSTEN DES AUFTRAGS BRANDSCHADENSSANIERUNG

Die Auftragskosten des Auftrags Brandschadenssanierung, welcher die Sanierung der Ulmen und der Zwischendecke beinhaltet (siehe Pkt. 5.4.2), beliefen sich insgesamt auf **ca. 2,55 Mio. Euro**⁶³ netto.

5.4.3 SANIERUNGSKOSTEN DER GESAMTEN TAUERNTUNNELSANIERUNG

Die durchgeführten Arbeiten während der Sanierung des Tauerntunnels im Jahr 1999 waren nicht nur dem Brandereignis zuordenbar, sondern auch zusätzlichen Leistungen und der vorgezogenen Sanierung. (siehe Pkt. 5.4.1)

Im folgendem werden die Kosten für die Auftragsgruppen (siehe Anhang Pkt.1) Brandschadenssanierung, zusätzlichen Leistungen und vorgezogene Sanierung angegeben. Dabei wird auch unterschieden zwischen den Kosten der bautechnischen und

⁶³ ÖSAG Ausschreibungsunterlagen

elektrotechnischen Sanierung. Als Grundlage dieser Angaben diene eine Auflistung der einzelnen Auftragssummen des Auftraggebers.⁶⁴

Die Gesamtkosten der einzelnen Auftragsgruppen ergeben sich aus der Summe der Kosten Bautechnik und E- Technik.

| | Brandschaden - Sanierung | Zusätzliche Leistungen | Vorgezogene Sanierung |
|--|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Summe Bautechnik (Euro / Netto) | 3.778.800,3 € | 185.317,4 € | 458.133,6 € |
| Summe E-Technik (Euro / Netto) | 1.473.956,0 € | 1.876.847,2 € | 168.653,3 € |
| Gesamtsumme (Euro / Netto) | 5.252.756,3 € | 2.062.164,6 € | 626.786,9 € |

Tabelle 18: Zusammenstellung der Gesamtsanierungskosten (netto)

Die Kosten der Brandschadenssanierung betragen ca. 5,25 Mio. € (netto) wobei ca. 3,78 Mio € (netto) auf die bautechnische und ca. 1,47 Mio. € auf die elektrotechnische Sanierung entfielen. Die Durchführung der zusätzlichen Leistungen belief sich im gesamten auf 2,06 Mio. €. Die Vorgezogene Sanierung kostete ca. 0,63 Mio. €.

Daraus ergibt sich insgesamt ein Auftragsvolumen von ca. 7,94 Mio. €.

5.4.4 INDIREKTE SANIERUNGSKOSTEN

Die indirekten Kosten beinhalten volkswirtschaftlichen Kosten. Die Ermittlung der volkswirtschaftlichen Kosten (externe Kosten) unterliegt aufgrund ihrer Komplexität einer sehr großen Fehleranfälligkeit und das Ergebnis ist durch die notwendige Wahl der Einflussparameter leicht steuerbar. Sie wird daher gerade in der Verkehrsplanung sehr oft als Argumentationsmittel missbraucht.

Folgende Kosten können durch einen Umleitungsverkehr verursacht werden:

- Infrastrukturkosten (z.B. Einrichtung von Umleitungsstrecken)
- Unfallkosten (z.B. Durch die Sperre der Tauernautobahn kommt es auf den Ausweichrouten zu einem größeren Verkehrsaufkommen was wiederum die Wahrscheinlichkeit von Unfällen erhöhen kann)

⁶⁴ ÖSAG Ausschreibungsunterlagen

- Staukosten (z.B. Durch die Überlastung der Ausweichrouten steigt die Stauhäufigkeit, und mit ihr der Zeitverbrauch für den zurückzulegenden Weg. Dieser Zeitverlust kann mithilfe von Zeitkosten umgerechnet werden)
- Umweltkosten (z.B. Der Umleitungsverkehr verursacht durch die notwendige längere Wegstrecke einen höheren Verbrauch an Treibstoff, was sich wiederum negativ auf die Luftverschmutzung auswirkt)

Die größte Schwierigkeit der Kostenermittlung liegt in der monetären Bewertung der Einflussparameter.

Bei all diesen Kostenarten wären noch viele andere Einflussparameter denkbar. Diese Auflistung macht aber schon deutlich, welcher Komplexität die Berechnung der volkswirtschaftlichen Kosten eines Umleitungsverkehrs unterliegt.

Aus diesem Grund wird in dieser Arbeit von einer Ermittlung externer Kosten Abstand genommen. Es wird aber im Folgenden die aufgetretene Verkehrsverlagerung anhand von Verkehrszählungsdaten beschrieben. Weiters wird der Mautentgang durch die Tunnelsperre angegeben.

Exemplarisch werden die Zusatzkosten (Wegekosten) jenes Umleitungsverkehrs welcher über die Katschberg-Straße (B 99) führte, angegeben. In diesem Fall ist durch die klare Bestimmung des Mehrweges eine fundierte Aussage leichter möglich. Zur monetären Berechnung des Umleitungsverkehrs wird das amtliche Kilometergeld für PKW und das unten ermittelte Kilometergeld für LKW herangezogen.

Bei allen anderen Ausweichstrecken lässt sich mit den vorhandenen Daten aus der Verkehrszählung, aufgrund der Komplexität des Quell- und Zielverkehrs, der aufgetretene Mehrweg des Verkehrs nicht eindeutig bestimmen.

Eine exakte Ermittlung dieser Kosten würde über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen. Das gewählte Ermittlungsverfahren über die Bewertung von Mautentgängen und Verkehrsverlagerungen führt jedoch zu repräsentativen Werten für die indirekten Kosten.

5.4.4.1 UMLEITUNGSVERKEHR

Als Ausweichrouten für den Verkehr während der Tauerntunnelsperre dienten vor allem die Brennerautobahn, die Felbertauern, die ÖBB-Tauernschleuse, die Katschberg-Straße (Tauernpass) und die Phyrnautobahn. Für diese Verkehrswege wird im Folgenden versucht, die Veränderung der Verkehrsstärke für die Monate Mai bis September zu beschreiben. Der Vollständigkeit halber wird auch die Verkehrsänderung auf der Tauernautobahn (A 10) vor und nach dem gesperrten Bereich beschrieben.

Daten über die Verkehrsverlagerung von der Tauernautobahn auf die Brennerautobahnen existieren im Verkehrsbericht Tirol 1999. Für alle anderen Routen wird anhand des Durchschnittlichen Tagesverkehrs (DTV) [KFZ/24h] versucht die aufgetretene Verkehrsverlagerung zu beschreiben. Die dafür notwendigen Daten stammen von ständigen Verkehrszähleinrichtungen auf diesen Verkehrswegen. Um die Veränderung während der Monate Juni bis August 1999, in welchen der Tauerntunnel gesperrt war, zu verdeutlichen, werden zusätzlich die Verkehrsstärken für die Monate Mai (nur 2 Tage Tauerntunnelsperre) und September angegeben.

Zusätzlich werden als Vergleichsdaten die Verkehrsstärken aus den Jahren 1998 und 2000 angeführt. Aus diesen Vergleichsdaten wird für die Monate in welchen der Tauerntunnel gesperrt war ein Mittelwert errechnet. Dieser Mittelwert stellt eine gute Näherung des Verkehrsaufkommens auf den Ausweichrouten, unter der Annahme eines normalen Verkehrsflusses auf der Tauernautobahn (A10), dar. Durch die Berechnung der Differenz zwischen diesem Mittelwert und den tatsächlich aufgetretenen Verkehrsstärken lässt sich eine Erhöhung der aufgetretenen Verkehrsstärke durch die Sperre der A 10 abschätzen.

Durch die Angabe der Verkehrsdaten aus den Jahren 1998 und 2000 soll außerdem die jährliche Zuwachsrate des Verkehrs auf den einzelnen Strecken berücksichtigt werden.

Es wird aber darauf hingewiesen, dass die so ermittelten Werte nur als Anhaltspunkt dienen können, da auch andere Einflussgrößen auf die Veränderung des Verkehrs als die Tauerntunnelsperre möglich sind. Es ist somit bei den Ausweichrouten, die weiter vom Tauerntunnel (TT) entfernt sind, mit einem größeren Einfluss von anderen Gründen der Verkehrserhöhung zur Zeit der TT - Sperre zu rechnen.

Trotzdem sind in allen untersuchten Querschnitten die außergewöhnlichen Veränderungen der Verkehrsstärke in den Monaten Juni bis August 1999 erkennbar.

Exemplarisch wird für die B 99 (Katschberg - Straße) unter Verwendung des amtlichen Kilometergeldes aus dem Jahr 1999 für PKW und eines angenommenen Kilometergeldes für den LKW der erforderliche Mehraufwand für den Umleitungsverkehr bestimmt.

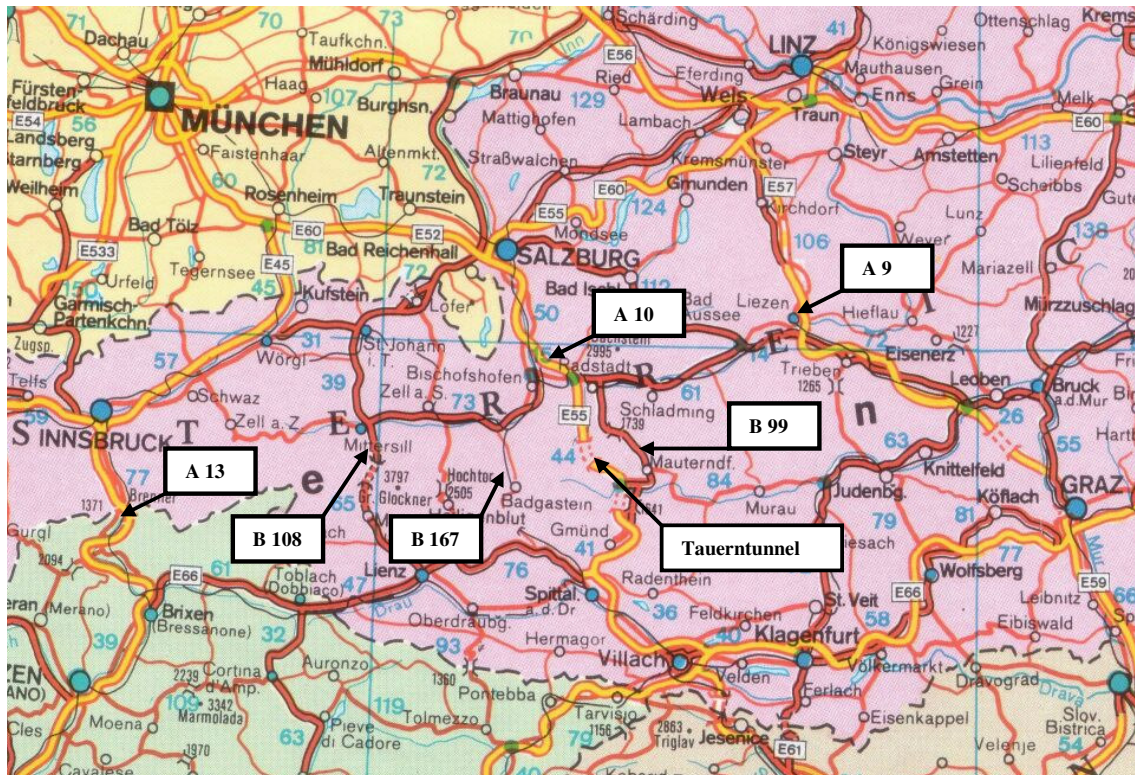


Abbildung 23: Straßenkarte Österreich

Katschberg - Straße (B 99):

Die B 99 verbindet die Orte Bischofshofen (Salzburg) und Spital an der Drau (Kärnten) und verläuft dabei fast parallel zur Tauernautobahn. Durch ihre Nähe zur A 10 war die B 99 eine der Hauptausweichrouten und die Änderung der Verkehrsstärke ist im Vergleich zu den anderen Ausweichrouten am größten. Als Umleitungsstrecke diente die Teilstrecke der B 99 zwischen Eben im Pongau bis St. Michael im Lungau

Die B 99 ist wegen ihrer teilweise großen Steigung für PKW mit Anhänger gesperrt. Aus dem Jahr 1999 liegen die Verkehrszahlen (Dauerzählstelle Radstadt) des durchschnittlichen Tagesverkehrs (DTV) von KFZ, LKW, Bussen (PAB) und LKW mit Anhängern (SLZ) vor. Als Vergleichsdaten dienen die Verkehrsdaten aus den Jahren 1998 und 2000.

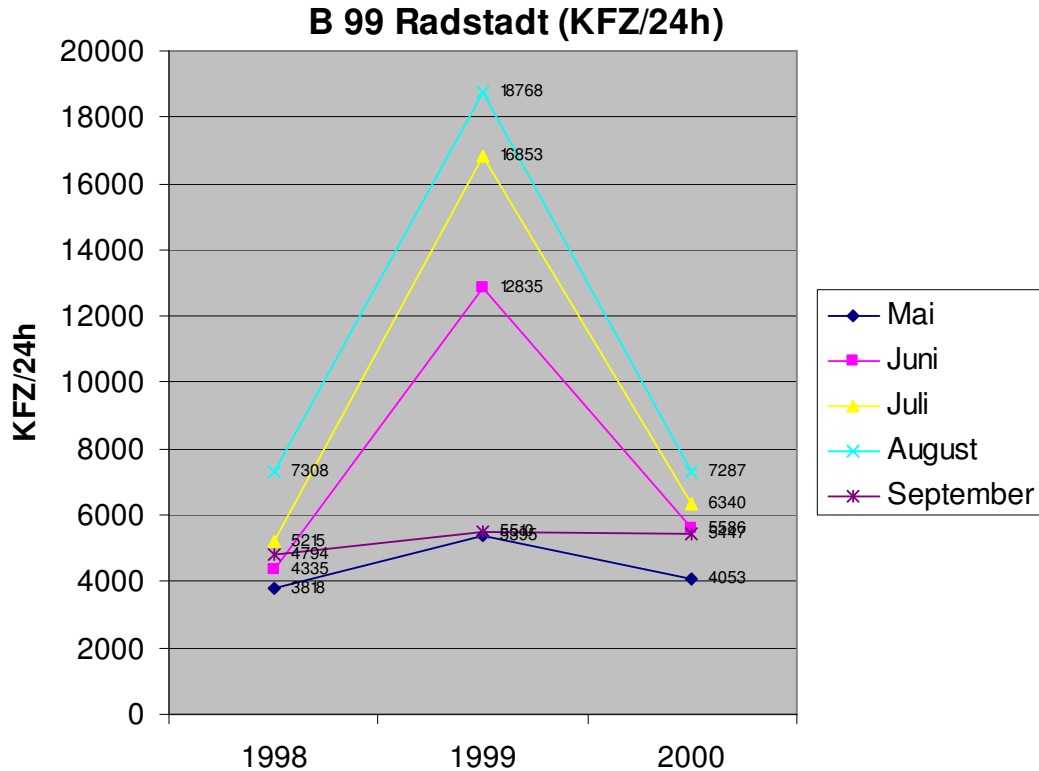


Diagramm 15: DTV (kfz/24h) B 99 Radstadt

Zur Berechnung des Mehrverkehrs, hervorgerufen durch die Tauerntunnelsperre, wird wie schon vorher erwähnt der Mittelwert der KFZ-Verkehrsstärke aus den Jahren 1998 und 2000 gebildet.

Für die Ermittlung der prozentuellen Aufteilung des Verkehrs in LKW- und PKW-Verkehr werden der Einfachheit halber die Verkehrszahlen von LKW, PAB und SLZ zum LKW-Verkehr zusammengefasst. Der PKW-Verkehr ergibt sich anschließend aus der Subtraktion des LKW-Verkehrs vom KFZ-Verkehr.

Der aufgetretene Umleitungsverkehr ergibt sich anschließend aus der Differenz von KFZ (1999) und dem Mittelwert des KFZ-Verkehrs aus den Jahren 1998 und 2000. Dieser ermittelte Umleitungsverkehr wird anschließend auf Grundlage der prozentuellen Aufteilung des KFZ-Verkehrs im Jahr 1999 in PKW- und LKW-Verkehr in eben diesen aufgeteilt.

Die Berechnung erfolgte für die Monate Juni bis August 1999.

Zusätzlich wird vom errechneten Mittelwert des KFZ-Verkehrs eine Verkehrsteigerung in % durch den Umleitungsverkehr angegeben.

| | Juni | % | Juli | % | August | % |
|---|---------|-------|----------|-------|----------|-------|
| KFZ/24h (1999) | 12.835 | 100,0 | 16.853,0 | 100,0 | 18.768,0 | 100,0 |
| PKW/24h (1999) | 12.359 | 96,3 | 15.262,0 | 90,6 | 17.387,0 | 92,6 |
| LKW/24h (1999) | 476 | 3,7 | 1.591,0 | 9,4 | 1.381,0 | 7,4 |
| Mittelwert KFZ/24h aus den Jahren 1998 und 2000 | 4.960,0 | | 5777,5 | | 7.297,5 | |
| Umleitungsverkehr KFZ/24h 1999 | 7.875 | | 11.075 | | 11.470 | |
| Steigerung in % | 158,77 | | 191,69 | | 157,18 | |
| Umleitungsverkehr PKW/24h 1999 | 7.582,5 | | 10.029,9 | | 10.626,5 | |
| Umleitungsverkehr LKW/24h 1999 | 292,0 | | 1.045,6 | | 844,0 | |

Tabelle 19: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der B 99 in den Monaten Juni bis August

Die Länge der Umleitungsstrecke über die B 99 beträgt von der Autobahnabfahrt Eben im Pongau bis zur Autobahnauffahrt St. Michael im Lungau 58,0 km. Im Gegensatz dazu beträgt die Wegstrecke auf der A 10 nur 45,0 km. Daraus ergibt sich ein erforderlicher Mehrweg pro Fahrt von 13,0 km.

Zur Abschätzung der erforderlichen Fahrzeit wurde ein Routenplaner⁶⁵ herangezogen. Dieser berechnete für die Fahrzeit eines PKW's für die Strecke zwischen Eben im Pongau und St. Michael im Lungau auf der Landstraße 65 min und für die Fahrt auf der Autobahn 28 min. Hier muss jedoch berücksichtigt werden, dass sich die berechnete Fahrzeit für die Strecke zwischen den beiden Ortszentren ergibt und nicht wie eigentlich erforderlich für die Fahrtstrecke zwischen der Autobahnab- und der Autobahnauffahrt. Daher kann man davon ausgehen, dass sich die Fahrzeit auf der B 99 weiter erhöht und auf der A 10 verringert. Somit kann von einer dreifachen Fahrzeit auf der Ausweichroute im Vergleich zur Autobahn ausgegangen werden. Noch nicht berücksichtigt ist der Umstand, dass durch das erhöhte Verkehrsaufkommen sicher auch vermehrt Verzögerungen durch Überlastung auf der Ausweichroute in der Zeit der TT - Sperre aufgetreten sind.

Zur monetären Bewertung des Umleitungsverkehrs wird als Näherung für den PKW-Verkehr das amtliche Kilometer Geld aus dem Jahr 1999 angesetzt. Für die Bewertung des LKW-Verkehrs wird die Studie der Transportkosten der AK aus dem Jahr 2001⁶⁶ herangezogen.

Kilometerkosten:

- PKW = 0,36 Euro/km
- LKW = 1,09 Euro/km

⁶⁵ ÖAMTC Homepage

⁶⁶ Herry, M. 2001, S 76:

Daraus ergibt sich für den einzelnen PKW und LKW ein Mehraufwand pro Fahrt von:

| | Kilometergeld (Euro/km) | Mehr km (km) | Mehraufwand (Euro) |
|------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|
| Pkw | 0,356 | 13,0 | 4,63 |
| Lkw | 1,09 | 13,0 | 14,17 |

Tabelle 20: Mehraufwand in Euro für PKW und LKW

Infolge dieser Eingangsparameter ergeben sich folgende Kosten:

| | Mehrfahrten Gesamt | Mehraufwand (Euro) | Gesamtkosten (Euro) |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| PKW | 847165,7 | 4,63 | 3.922.377,2 |
| LKW | 65449,3 | 14,17 | 927.416,6 |
| Gesamtkosten PKW + LKW (Euro) | | | 4.849.793,8 |

Tabelle 21: Gesamtkosten Umleitungsverkehr

Diese berechneten Mehrkosten für die Benutzung der Ausweichroute über die B 99 werden nur exemplarisch angeführt. Sie beinhalten keineswegs alle Einflussgrößen und wurden nur aufgrund von Verkehrszählungen unter Verwendung von einem Kilometergeld berechnet. Die Angabe dient nur, um deutlich zu machen, dass der Umleitungsverkehr durchaus große indirekte Kosten verursacht.

Phyrnautobahn (A 9)

Die Phyrnautobahn bildet die am östlichsten liegende Ausweichroute. Sie verbindet die Städte Wels und Graz. Auf der Phyrnautobahn gibt es eine Sondermautstrecke im Bereich Bosruck- und Gleinalmtunnel.

Die Verkehrsdaten stammen von der Dauerzählstelle Schoberpassstraße auf der A 9.

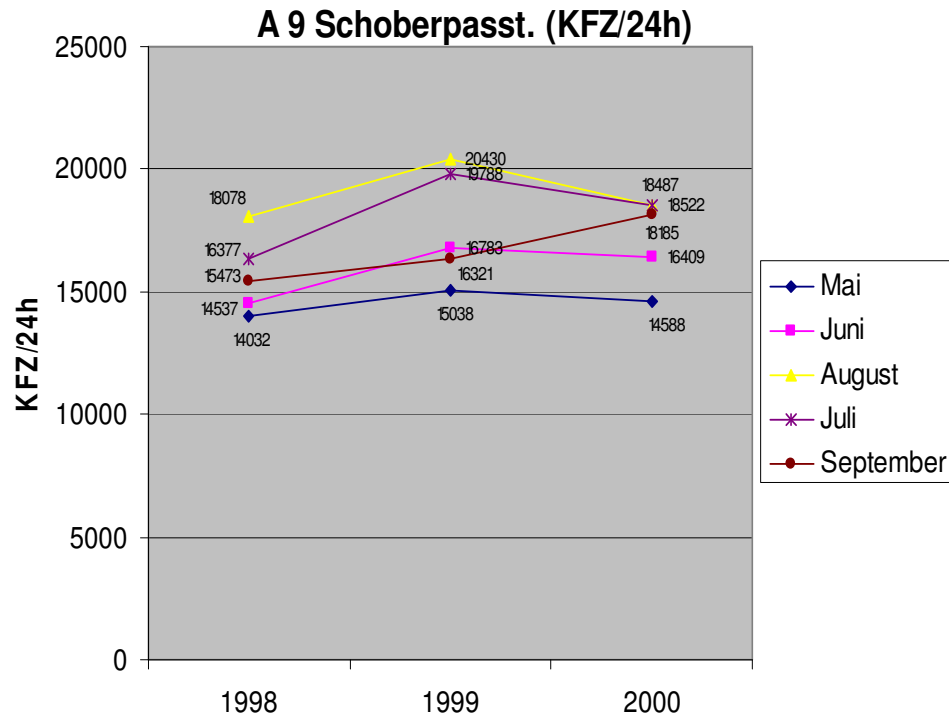


Diagramm 16: DTV (KFZ/24h) A9 Schoberpasstr.

Wie schon vorher beschrieben wird für die Monate Juni bis Juli 1999 eine fiktive Verkehrsstärke (prognostizierte Verkehrsstärke) aus dem Mittelwert der Verkehrsstärken der Jahre 1998 und 2000 errechnet. Für Juni 1998 lagen leider keine Daten vor, daher wurde eine Verkehrsstärke ausgehend von der Verkehrsstärke im Juni 2000 mit der Steigerungsrate der Verkehrsstärke von Juli 1998 auf Juli 2000 errechnet.

Durch die Differenz zwischen der tatsächlichen Verkehrsstärke 1999 und dem Mittelwert ergibt sich der Umleitungsverkehr, der durch die Tauerntunnelsperre verursacht wurde. Zusätzlich wird vom errechneten Mittelwert eine Verkehrssteigerung in % durch den Umleitungsverkehr angegeben.

| | Juni | Juli | August |
|--|--------|--------|--------|
| DTV [KFZ/24h] 1999 | 16.783 | 19.788 | 20.430 |
| DTV - Mittelwert aus den Jahren 1998 und 2000 | 15.473 | 17.432 | 18.300 |
| Umleitungsverkehr [KFZ/24h] | 1.310 | 2.356 | 2.130 |
| Steigerung in % | 8,47 | 13,52 | 11,64 |

Tabelle 22: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der A 9 in den Monaten Juni bis August

In der obigen Abbildung ist sehr schön eine Steigerung des Verkehrs in den Monaten Juni bis August 1999 erkennbar. Vergleicht man die Verkehrsstärke der Monate Mai und September mit den Verkehrsstärken der Monate Juni bis August so liegt der Schluss nahe, dass es sich zumindest teilweise um die Auswirkungen der Tauerntunnelsperre handelt.

Der Vergleich der Verkehrsdaten aus dem Jahr 1999 mit jenen der Jahre 1998 und 2000 ergibt eine Verkehrsteigerung von durchschnittlich 11,17% der prognostizierten Verkehrsstärke.

Gasteiner Straße (B 167)

Die Gasteiner Bundesstraße ist die Zufahrtsstraße zur ÖBB-Tauernschleuse im Land Salzburg. Der Tauernschleusentunnel (Länge ca. 8,5 km) ist ein zweispurig ausgebauter Eisenbahntunnel und verbindet die Orte Bockstein in Salzburg und Mallnitz in Kärnten. In den Orten Bockstein und Mallnitz befinden sich auch die Verladestationen für den KFZ Verkehr auf die Schiene.

Die verwendeten Verkehrsdaten stammen von der Dauerzählstelle Klammtunnel auf der B 167. Die Berechnung des Umleitungsverkehrs wurde wie für die A 9 durchgeführt.

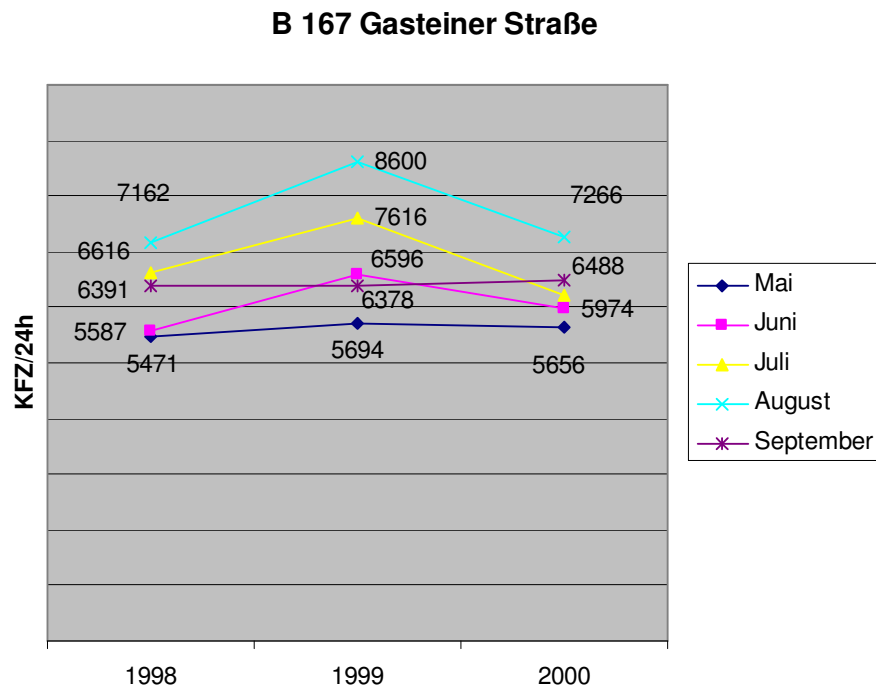


Diagramm 17: DTV (KFZ/24h) B167

| | Juni | Juli | August |
|---|-------|-------|--------|
| DTV [KFZ/24h] 1999 | 6.596 | 7.616 | 8.600 |
| DTV - Mittelwert aus den Jahren 1998 und 2000 | 5.780 | 6.412 | 7.214 |
| Umleitungsverkehr [KFZ/24h] | 816 | 1.204 | 1.386 |
| Steigerung in % | 14,11 | 18,78 | 19,21 |

Tabelle 23: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der B 167 in den Monaten Juni bis August

Auch auf der B 167 ist die Steigerung der Verkehrsstärke durch die Tauerntunnelsperre sehr gut erkennbar. Es traten Steigerungen von durchschnittlich 17,27% während der TT - Sperre auf.

Felbertauern (B 108)

Die Felbertauernbundesstraße befindet sich westlich der Tauernautobahn und verbindet die Orte Mittersill und Matrei in Osttirol. Die B 108 verfügt über einen ca. 5,2 km langen Tunnel (Felbertauerntunnel), für welchen eine Mautgebühr zu entrichten ist.

Der Tiroler Verkehrsbericht aus dem Jahr 1999⁶⁷ gibt folgende Änderung des KFZ Verkehrs durch die Tauerntunnelsperre während der Monate Juni bis August 1999 gegenüber dem Vorjahr auf der B 108 an:

- Durchschnittlicher, täglicher Verkehr: ca. +1250 KFZ/24h
- Spitzenverkehr: ca. +3000 KFZ/24h

Weiters wird im Tiroler - Verkehrsbericht angegeben, dass an Tagen mit einem hohen Anteil an Urlaubsfernverkehr ca. 1/3 des Verkehrs, welcher normalerweise durch den Katschbergtunnel geht, über die Ausweichrouten in Tirol (B 108 und A 13) abgewickelt wurde.

Die Steigerung in % des Verkehrs während der Tauerntunnelsperre wird anhand der Verkehrsdaten der Dauerzählstelle Felbertauerntunnel berechnet.

| | Juni | Juli | August |
|--|-------------|-------------|---------------|
| DTV [KFZ/24h] 1999 | 5.093 | 6.429 | 7.425 |
| DTV - Mittelwert aus den Jahren 1998 und 2000 | 4.440 | 4.718 | 5.866 |
| Umleitungsverkehr [KFZ/24h] | 653 | 1.711 | 1.559 |
| Steigerung in % | 17,71 | 36,27 | 26,58 |

Tabelle 24: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der B 108 in den Monaten Juni bis August

Die Berechnung ergab eine Verkehrsstärkensteigerung von durchschnittlich 24,65%.

Brennerautobahn (A 13)

Die Brennerautobahn bildet die westlichste Ausweichroute und verfügt über eine Sondermautstrecke.

⁶⁷ Verkehrsbericht Tirol 1999, S. 8.

Der Tiroler-Verkehrsbericht aus dem Jahr 1999⁶⁸ gibt folgende Änderung der Verkehrsstärke gegenüber dem Vorjahr während der Tauerntunnelsperre A 13 an.

- Durchschnittlicher, täglicher Verkehr: ca. +2600 KFZ/24h
- Spitzenverkehr: ca. +7500 KFZ/24h

Die Ermittlung der Verkehrssteigerung in % erfolgt wie schon bei der Berechnung für die A 9 erklärt. Als Datenquelle diente die Dauerzählstelle Brennersee.

| | Juni | Juli | August |
|--|--------|--------|--------|
| DTV [KFZ/24h] 1999 | 27.493 | 31.092 | 36.047 |
| DTV - Mittelwert aus den Jahren 1998 und 2000 | 24.848 | 28.117 | 32.012 |
| Umleitungsverkehr [KFZ/24h] | 2.645 | 2.975 | 4.035 |
| Steigerung in % | 10,64 | 10,58 | 12,60 |

Tabelle 25. Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der A 13 in den Monaten Juni bis August

Es ergab sich eine Steigerung der Verkehrsstärke von durchschnittlich 11,22% durch die TT -Sperre.

Bei der Angabe des Umleitungsverkehrs ist darauf zu achten, dass in den Werten des Tiroler-Verkehrsberichtes auch andere Ereignisse berücksichtigt sind, welche einen Einfluss auf die Verkehrsstärke der A 13 während der Zeit der Tauerntunnelsperre hatten.

Wie schon vorher erwähnt wird auch die Veränderung der Verkehrsstärke auf der Tauernautobahn während der Zeit der TT - Sperre beschrieben.

Tauernautobahn (A 10)

Die Tauernautobahn war während der Tunnelsanierung im Bereich zwischen Flachau-Winkel und Zederhaus für den Verkehr gesperrt. Normalerweise besteht zwischen Flachau und Rennweg eine Sondermautstrecke. In der Zeit der Sperre war ein starker Verkehrsrückgang sowohl nördlich im Bereich Niedernfritz als auch südlich des Tauerntunnels im Bereich des Katschbergtunnels feststellbar.

Die Ermittlung der Veränderung der Verkehrsstärke in den Monaten Juli bis August 1999 erfolgt wie schon vorher beschrieben.

⁶⁸ Verkehrsbericht Tirol 1999, S. 8.

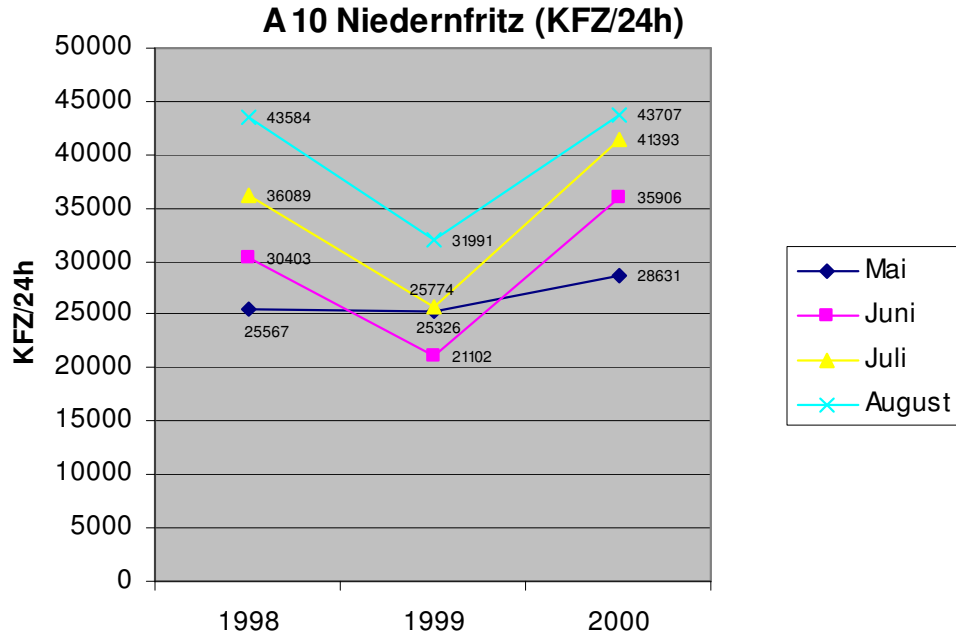


Diagramm 18: DTV (KFZ/24h) A 10 Niedernfritz

| | Juni | Juli | August |
|--|--------|--------|--------|
| DTV [KFZ/24h] 1999 | 21.102 | 25.774 | 31.991 |
| DTV - Mittelwert aus den Jahren 1998 und 2000 | 33.154 | 38.741 | 43.646 |
| Verkehrsverminderung PKW/24h | 12.052 | 12.967 | 11.655 |
| Verkehrsverminderung in % | 36,35 | 33,47 | 26,70 |

Tabelle 26: Berechnung der Auswirkungen der TT- Sperre im Bereich Niedernfritz

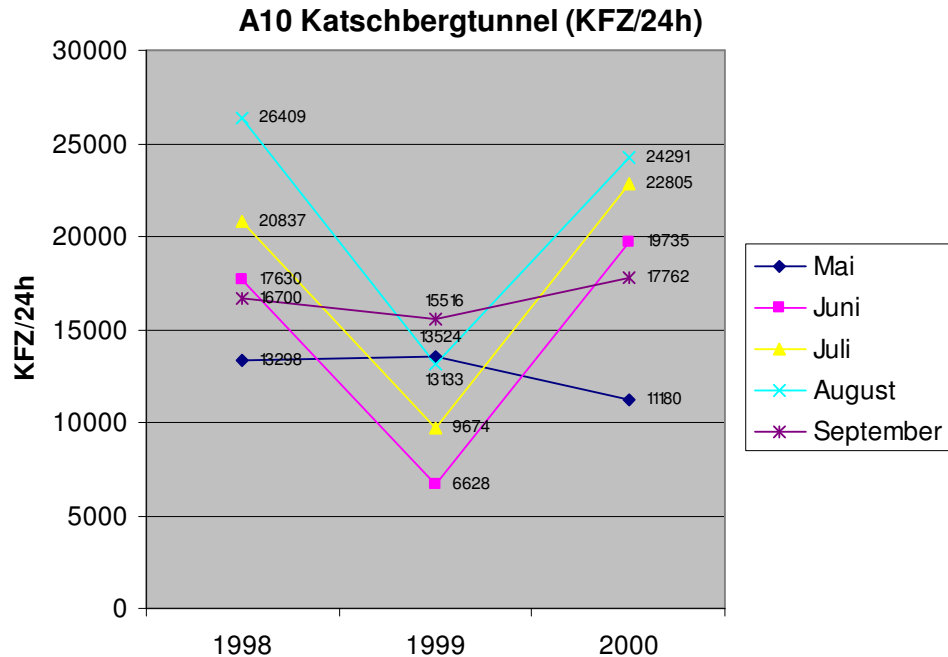


Diagramm 19: DTV (KFZ/24h) A10 Katschberg

| | Juni | Juli | August |
|---|--------|--------|--------|
| DTV [KFZ/24h] 1999 | 6.628 | 9.674 | 13.133 |
| DTV - Mittelwert aus den Jahren 1998 und 2000 | 18.683 | 21.821 | 25.350 |
| Verkehrsverminderung PKW/24h | 12.055 | 12.147 | 12.217 |
| Verkehrsverminderung in % | 64,52 | 55,67 | 48,19 |

Tabelle 27: Berechnung der Auswirkungen der TT- Sperre im Bereich Katschbergtunnel

In beiden Zählquerschnitten war ein starker Einbruch der Verkehrsstärke während der Tauerntunnelsperre zu verzeichnen. Bei der Zählstelle Niedernfritz war eine Verringerung von durchschnittlich 32,40% und vor dem Katschbergtunnel eine Verringerung von durchschnittlich 56,48% der Verkehrsstärke zu verzeichnen.

5.4.4.2 MAUTENTGANG

Die ÖSAG als Betreiber der Tauern-, Karawanken- und Phyrnautobahn musste im Zeitraum der Tauerntunnelsperre (Juni bis August) empfindliche Einbußen bei den Mauteinnahmen auf ihren Gesellschaftsstrecken hinnehmen.

Insgesamt belief sich der Mautentgang auf ca. 18,78 Millionen Euro (Brutto), dies bedeutete für alle ÖSAG - Gesellschaftsstrecken einen Einnahmenverlust von 48 % während dieser drei Monate.⁶⁹

Nicht nur auf der Tauernautobahn, sondern auch in der Folge auf der Karawanken Autobahn war ein sehr starker Rückgang der Mauteinnahmen festzustellen. Im Gegensatz dazu kam es auf der Phyrn Autobahn zu einer Mauteinnahmensteigerung, wobei vor allem der Schwerverkehr diese Ausweichroute nützte.

Veränderung der Mauteinnahmen (Brutto) aufgrund der Tauerntunnelsperre:

- Tauernautobahn (A 10): -80% oder ca. -20,35 Millionen Euro (Brutto)
- Karawankenautobahn (A 11): -37% oder ca. -1,02 Millionen Euro (Brutto)
- Phyrnautobahn (A 9): +23% bzw. ca. +2,59 Millionen Euro (Brutto)

Auf den vorher angeführten Ausweichrouten kam es dort, wo es Sondermautabschnitte gab, zu einer Zunahme der Mauteinnahmen im Zeitraum von Juni bis August 1999. So waren auf der Brennerautobahn (A 13), der ÖBB - Tauernschleuse und dem Felbertauerntunnel (B108) Mehreinnahmen zu verzeichnen. Im Folgenden wird versucht diese Mehreinnahmen für die einzelnen Ausweichrouten zu berechnen. Es soll sich dabei aber nur um eine Abschätzung der Einnahmen handeln. Eine genaue Berechnung ist unter der Verwendung der vorhandenen Verkehrsdaten wie dem durchschnittlichen täglichen Verkehrsstärken (DTV) nicht möglich. Daher wird der vorher errechnete Umleitungsverkehr (5.4.4.1) im Juni mit der Tageszahl 33 (3 Tage berücksichtigen die Sperre von 28. bis 31. Mai) für die, im Juli mit der Tagesanzahl 31 und im August mit der Tagesanzahl 28 (Aufhebung der Sperre am 28. August) multipliziert. Daraus erhält man eine Gesamtzahl des Umleitungsverkehrs mit der Einheit KFZ/Monat. Diese Gesamtzahl wird anschließend mit der Mautgebühren der Ausweichroute für PKW aus dem Jahr 1999 multipliziert. Daraus ergeben sich die Mehreinnahmen pro Monat. Die Summe über die Monate Juni, Juli und August ergibt schließlich die Gesamtmehreinnahme auf der Ausweichroute. Es wird darauf hingewiesen dass bei dieser Abschätzung die tatsächlich vorhandene Aufteilung des KFZ- Verkehrs in PKW und LKW - Verkehr nicht berücksichtigt wurde.

Mehreinnahmen (Brutto) auf der Ausweichroute Tauernschleuse (Gasteiner - Straße (B 167))

⁶⁹ ÖSAG Presseaussendungen 1999

| | Juni | Juli | August |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Umleitungsverkehr [PKW/24h] | 816 | 1.204 | 1.386 |
| Anzahl der gesperrten Tage | 33 | 31 | 28 |
| Umleitungsverkehr [PKW/Monat] | 26.928 | 37.324 | 38.808 |
| PKW - Tickets 1999 (Brutto) [€] | 14,32 | 14,32 | 14,32 |
| Zusätzliche Einnahmen pro Monat (Brutto) [€] | 385.609,0 | 534.479,7 | 555.730,6 |
| Zusätzliche Einnahmen Gesamt (Brutto) [€] | 1.475.819,2 | | |

Tabelle 28: Mehreinnahmen Tauernschleuse

Mehreinnahmen auf der Ausweichroute Felbertauern (B108)

| | Juni | Juli | August |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Umleitungsverkehr [PKW/24h] | 653 | 1.711 | 1.559 |
| Anzahl der gesperrten Tage | 33 | 31 | 28 |
| Umleitungsverkehr [PKW/Monat] | 21.549 | 53.041 | 43.652 |
| PKW - Maut 1999 (Brutto) [€] | 10,32 | 10,32 | 10,32 |
| Zusätzliche Einnahmen pro Monat (Brutto) [€] | 222.385,7 | 547.383,1 | 450.488,6 |
| Zusätzliche Einnahmen Gesamt (Brutto) [€] | 1.220.257,4 | | |

Tabelle 29: Mehreinnahmen Felbertauern

Mehreinnahmen auf der Ausweichroute Brennerautobahn (A13)

| | Juni | Juli | August |
|--|--------------------|-----------|-----------|
| Umleitungsverkehr [PKW/24h] | 2.645 | 2.975 | 4.035 |
| Anzahl der gesperrten Tage | 33 | 31 | 28 |
| Umleitungsverkehr [PKW/Monat] | 87.285 | 92.225 | 112.980 |
| PKW - Maut 1999 (Brutto) [€] | 8,18 | 8,18 | 8,18 |
| Zusätzliche Einnahmen pro Monat (Brutto) [€] | 731.991,3 | 754.400,0 | 924.176,4 |
| Zusätzliche Einnahmen Gesamt (Brutto) [€] | 2.392.568,2 | | |

Tabelle 30: Mehreinnahmen Brenner Autobahn

Diese Mehreinnahmen auf der Tauernschleuse, dem Felbertauern und der Brennerautobahn von ca. **5,09 Mio. Euro** (Brutto) sind im Vergleich zu den **18,78 Mio. Euro** (Brutto) Einnahmenverlusten auf den ÖSAG-Strecken (Tauernautobahn, Karawankenautobahn und Phyrnautobahn) sehr wenig. Es ist aber darauf hinzuweisen, dass bei der Abschätzung jedoch kein LKW-Anteil am Gesamtverkehr berücksichtigt wurde, was die Mehreinnahmen auf den Ausweichrouten sicherlich noch einmal erhöhen würde. Trotzdem ist aber erkennbar, dass durch die Sperre des Tauerntunnels große Einnahmen verloren gingen, da viele Verkehrsteilnehmer Ausweichstrecken nutzen auf denen keine Mautgebühren zu entrichten waren.

Daher kann man in diesem Zusammenhang auch von volkswirtschaftlichen Kosten sprechen, da die Mindereinnahmen indirekt auch den öffentliche Haushalt beeinträchtigen.

5.4.5 ZUSAMMENFASSUNG DER DIREKTEN UND INDIREKTEN KOSTEN DER BRANDSCHADENSSANIERUNG

Im Pkt 5.4.3 wurden die direkten Kosten der Brandschadenssanierung, welche sich aus den Kosten der bautechnischen und E - technischen Sanierung zusammensetzen, angegeben. Zusätzlich wurde im Pkt. 5.4.4 versucht, anhand von Abschätzungen die indirekten Kosten der Tauerntunnelsanierung aus dem Umleitungsverkehr und dem Mautentgang zu beschreiben. Obwohl es sich im Falle der indirekten Kosten nur um eine grobe Abschätzung handelt, ist trotzdem ersichtlich, dass diese beträchtliche Beträge erreichen können.

| | Mio. Euro |
|---|------------------|
| Direkte Kosten: | |
| Brandschadenssanierung (Netto) | ca. 5,25 |
| Indirekte Kosten: | |
| Mautentgänge auf den ÖSAG – Strecken (Netto) | ca. 15,65 |
| Mautmehreinnahmen auf den Ausweichrouten (Netto) (B 108, A 13, B167) | ca. -4,24 |
| Gesamt Kosten (Netto): | ca. 16,66 |

Tabelle 31: Zusammenfassung der direkten und indirekten Kosten der Brandschadenssanierung

In der Zusammenstellung der Kosten wurden die im Pkt. 5.4.4.1 ermittelten indirekte Kosten hervorgerufen durch den Umleitungsverkehr nicht angeführt, da sie nur exemplarisch für die Ausweichroute B 99 berechnet wurden und diese somit nur einen Teil des gesamt aufgetretenen Umleitungsverkehr repräsentieren. Diese Kosten beliefen sich auf **ca. 4,8 Mio. Euro (Brutto)**.

Durch den Vergleich der direkten mit den indirekten Kosten ist auffällig, dass die indirekten Kosten um ein vielfaches größer als die direkten Kosten sind. Da die indirekten Kosten direkt proportional zur aufgetretenen Dauer der Tauerntunnelsperre sind, ist bei einer gegebenenfalls notwendigen Brandsanierung eines Autobahntunnels unbedingt auf eine so kurz wie mögliche Sanierungsdauer zu achten. Es wird aber darauf hingewiesen, dass die indirekten Kosten sehr stark von den örtlichen Gegebenheiten abhängig sind. So hätte eine zweite Tunnelröhre, wie sie beim Tauerntunnel schon im Bau ist, starken Einfluss auf die Größe der indirekten Kosten, da diese als Umleitungsstrecke verwendet werden könnte und so kein großräumiges Umleiten des Verkehrs nötig wäre. Diese Annahme ist jedoch nur unter der Bedingung zulässig, dass beide Tunnelröhren im Normalbetrieb nicht vollkommen durch das Verkehrsaufkommen ausgelastet sind. Trifft dies aber zu, so ist auch im Falle von zwei Tunnelröhren mit erheblichen indirekten Kosten bei der Sperre einer Röhre zu rechnen.

6. FIKTIVE BRANDSANIERUNG DES TAUERNTUNNELS

Wie in der Einleitung bereits beschrieben, soll die tatsächliche Sanierung des Tauerntunnels nach dem Brand 1999 mit einer fiktiven Sanierung verglichen werden. Ausgangspunkt dieser, ist die Annahme, dass beim Tauerntunnelausbau bereits brandbeständiger Beton (Faserbeton) verwendet worden wäre. Die Verwendung von Faserbeton hat mit den im Kapitel 4 beschriebenen Brandeigenschaften große Auswirkung auf die Schäden nach einem Tunnelbrand. Weiters wird vom gleichen Brandszenario, wie es am 29. Mai 1999 auftrat, ausgegangen.

Um nach der Ermittlung der Sanierungskosten für den fiktiven Fall diese mit den Kosten der tatsächlichen Tauerntunnelsanierung 1999 vergleichen zu können, werden das Leistungsverzeichnis und die Positionspreise auf Basis der tatsächlichen Sanierung erstellt. Auch bei der Schadensbestimmung für den fiktiven Fall wird die Einteilung in drei Teilbereiche und deren Bezeichnung des durch den Brand geschädigten Teils der Sanierung 1999 beibehalten.

Weiters wird angenommen, dass auch im fiktiven Fall die gleiche Auftragsgliederung (siehe Anhang Pkt. 1) wie im Jahr 1999 verwendet wird.

Da man davon ausgehen kann, dass sich die Schäden an elektrotechnischen Einrichtungen im Tunnel auch unter der Verwendung von Faserbeton beim Innenausbau nicht ändern werden, werden die Kosten der E-technischen Brandschadenssanierung 1999 für die fiktive Sanierung übernommen.

Somit wird im Folgenden nur mehr die bautechnische Brandschadenssanierung für den fiktiven Fall näher betrachtet.

Vergebene Aufträge der Brandschadenssanierung Bautechnik der Sanierung 1999 und ihre Änderungen im fiktiven Fall:

- Sofortmaßnahmen: Dieser Auftrag entfällt im fiktiven Brandfall, da davon ausgegangen wird, dass durch den Einsatz von Faserbeton keine oder nur mehr sehr geringe Abplatzungen an den Betonbauwerken auftreten werden und somit die Tragfähigkeit der einzelnen Bauteile nach einem Brand nicht mehr gefährdet sein wird.
- Bauwerksprüfung als Zustandsfeststellung: Eine Zustandsfeststellung nach einem Brand wird auch im fiktiven Fall nötig sein. Daher werden die Kosten dieses Auftrags von der Sanierung 1999 übernommen.
- DIBIT - Vermessung zur Feststellung des Schadensbildes
Hier werden ebenfalls die Kosten der Sanierung 1999 übernommen
- Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen
Kosten werden von Sanierung 1999 übernommen

- Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen F-Decke
Kosten werden von Sanierung 1999 übernommen
- Technische Beratung für Sanierungsarbeiten, Planung und Beratung für Sanierung
Auftragskosten werden der neuen Bauzeit entsprechend angepasst.
- Tunnelbautechnische Beratung, Planprüfung und Beistellung von Bauaufsichtspersonal
Auftragskosten werden der neuen Bauzeit entsprechend angepasst
- HDW - Reinigung
Kosten werden von der tatsächlichen Sanierung übernommen, da der Tunnel jedenfalls nach einem Brandereignis gereinigt werden muss.
- Reinigung der Portalbereiche
Kosten werden von Sanierung 1999 übernommen
- Brandschadenssanierung
Bei diesem Auftrag treten im fiktiven Fall durch die Verwendung von Faserbeton die meisten Änderungen im Vergleich zum tatsächlichen Fall auf. Daher wird dieser Auftrag im Folgenden genauer beschrieben.
- Betondecken und Seitenstreifensanierung
Kosten werden übernommen, da für die Betonfahrbahndecke und die Seitenstreifen auch im fiktiven Fall kein Faserbeton zum Einsatz kommt und daher das Schadensausmaß im Brandfall gleich bleibt.
- Erneuerung der Tunnelbeschichtung
Kosten werden übernommen, da auch im fiktiven Fall nach einem Brand wieder eine Tunnelbeschichtung hergestellt werden muss.

6.1 BRANDSCHÄDEN AN DER TUNNELKONSTRUKTION IM FIKTIVEN FALL

Da wie oben erwähnt nur der Auftrag Brandschadenssanierung für den fiktiven Fall näher betrachtet wird und dieser die Sanierung der Zwischendecke und der Ulmen beinhaltet, werden nur die Schäden an diesen Bauteilen beschrieben

Für die Bestimmung der Schäden an der Tunnelkonstruktion werden folgende Annahmen getroffen:

- Die Zwischendecke und die Innenschale des Tauerntunnels wurden aus Faserbeton hergestellt.
- Die Betondeckung der Zwischendecke entspricht dem heutigen Stand der Technik und beträgt 8 cm, da in dieser Tiefe keine bleibenden Verringerungen der Festigkeit des Betonstahls nach einer hohen Temperatureinwirkung auf das Bauteil auftreten.

- Die Lagerung der Zwischendecke im Ulmenbereich ist so ausgeführt, dass etwaige Temperaturdehnungen zu keinen schädigenden Zwängsspannungen führen.

Durch diese Annahmen werden sich die auftretenden Schäden bei einem Brand im Tauerntunnel ändern. Um eine Vergleichbarkeit zur tatsächlichen Sanierung 1999 herstellen zu können, wird von dieser die Einteilung des Schadensbereichs (siehe Tabelle 8; Pkt. 5.3.1) in drei Teilbereiche übernommen. Im Folgenden werden die in den drei Teilbereichen aufgetretenen Schäden für den fiktiven Fall beschrieben. Zusätzlich werden die Flächen der betroffenen Bauteile für jeden Teilbereich auf Grundlage der Sanierung 1999 angegeben. Diese Flächen werden dann später zur Ermittlung der Positionspreise der fiktiven Sanierung herangezogen.

6.1.1 TEILBEREICH A - KAUM BEEINTRÄCHTIGT

Die Einteilung der einzelnen Blöcke zum Teilbereich A sind der Tabelle 8 im Pkt. 5.3.1 zu entnehmen.

Schadensbilder:

- Ulme:
In diesem Bereich sind bei der Brandkatastrophe 1999 nur lokale kleinflächige Abplatzungen an der Ulme aufgetreten. Unter der Annahme, dass die Innenschale aus Faserbeton besteht, kann davon ausgegangen werden, dass keine Schäden an dieser entstehen. Somit sind auch keine Sanierungsmaßnahmen an der Ulme im Teilbereich A erforderlich.
- Zwischendecke:
Beim Brand 1999 bildeten sich in diesem Bereich ein Längsriss und vereinzelte Abplatzungen. Durch die Verwendung von Faserbeton und die oben erwähnte Lagerung der Zwischendecke, werden im fiktiven Fall keinerlei Schäden an der dieser in diesem Teilbereich auftreten.

Im Teilbereich A werden unter den erwähnten Bedingungen keine Schäden an der Ulme und der Zwischendecke auftreten.

6.1.2 TEILBEREICH B - LEICHT BIS MITTEL BEEINTRÄCHTIGT

- Ulme:
Beim Brand 1999 waren in diesem Bereich großflächige Abplatzungen mit einer Tiefe von 3 - 5 cm aufgetreten. Durch die Verwendung von Faserbeton treten zwar keine Abplatzungen auf, jedoch sind in den Randbereichen der Betoninnenschale große Festigkeitsverluste durch die hohe Temperatureinwirkung zu erwarten.
- Zwischendecke:
Bei der Brandschadenssanierung 1999 mussten in diesem Bereich vor allem der Längsriss saniert werden. Aber auch Abplatzungen, welche bis in eine Tiefe bis zur ersten Bewehrungslage reichten, mussten wieder behoben werden. Unter den getroffenen Annahmen für den fiktiven Brandfall ist im Bereich B zwar mit keinen Abplatzungen und keinem Längsriss zu rechnen, jedoch werden die Randbereich der Faserbetonoberfläche durch die hohen auftretenden Temperaturen während des Brandes geschädigt.

6.1.3 TEILBEREICH C - STARK BEEINTRÄCHTIGT

Schadensbilder:

- Ulme:
Dieser Bereich befindet sich in der unmittelbaren Umgebung des Brandherdes und ist dadurch auch am stärksten geschädigt. Im Unterschied zum tatsächlichen Brandfall werden beim Fiktiven nur geringe Abplatzungen an der Ulme auftreten, jedoch ist auch hier mit einer tief greifenden Schädigung (große Festigkeitsverluste) der Betonoberfläche zu rechnen.
- Zwischendecke:
Die Zwischendecke wurde beim Brand 1999 so stark geschädigt, dass sie in diesem Teilbereich gänzlich durch Fertigteile ersetzt werden musste. Im fiktiven Brandfall werden zwar keine Risse und tief greifenden Abplatzungen auftreten, welche eine gänzliche Erneuerung erforderlich machen würden, jedoch ist auch hier mit einem tief greifenden Betonfestigkeitsverlust zu rechnen. Durch die angenommene Betondeckung ist aber von keiner bleibenden Verringerung der Tragfähigkeit des Betonstahls auszugehen.

6.2 SANIERUNGSARBEITEN IM FIKTIVEN FALL

Bei der Beschreibung der Sanierungsarbeiten werden die Positionen der tatsächlichen Sanierung 1999 herangezogen.

Da im fiktiven Fall keine Schäden im Teilbereich A auftreten, werden nur mehr die Teilbereiche B und C betrachtet. Für diese wird im Folgenden die Sanierung der Ulme und der Zwischendecke beschrieben. Zusätzlich werden die für die Sanierung notwendigen Positionen mit den Positionspreisen auf Preisbasis der Sanierung 1999 und deren Mengen angegeben. Gleichzeitig wird für die einzelnen Positionen durch die Verwendung der in Pkt. 5.4.2.5 näherungsweise errechneten Leistungsansätze eine prognostizierte Arbeitsdauer für die Positionen ermittelt.

Für Arbeiten wo keine adäquaten Positionen der Sanierung 1999 zur Verfügung stehen werden neue Positionen auf Grundlage der gegebenen Positionen der Sanierung ermittelt. Hierfür wird die im Pkt. 5.4.2.5 durchgeführte Analyse der Hauptpositionsgruppe Spritzbetonauftrag der Sanierung 1999 herangezogen. Diese neu ermittelten Positionen werden durch den Zusatzbuchstaben N (Neue Position) nach der Positionsnummer der ausgehenden Position gekennzeichnet.

Folgende zusätzliche Annahmen werden für die Sanierungsarbeiten im fiktiven Fall getroffen:

- Im Teilbereich C dem Bereich der direkten Brandbelastung wird eine nötige Betonabtragstiefe von 8 cm angenommen. Diese Abtragstiefe ergibt sich aus der schon vorher gewählten Betondeckung an der Zwischendecke.
- Im Teilbereich B welcher nicht dem Brand direkt ausgesetzt ist wird eine nötige Abtragstiefe von 5 cm, in Anlehnung an die Sanierung 1999, angenommen.

6.2.1 SANIERUNGSARBEITEN IM TEILBEREICH B

- Ulme:

Die Sanierung erfolgt in gleicher Weise wie bei der tatsächlichen Sanierung 1999 im Teilbereich B (siehe Pkt. 5.4.2.2), nur mit der Änderung, dass im fiktiven Fall nur jener Beton wieder aufzubringen ist, der vorher mittels HDW - Strahlen abgetragen wurde. Als Bearbeitungsfläche wird die im LV der Sanierung 1999 angegebene Fläche der Pos BB 13 20 00 2 (Spritzbeton SpB grfl 10 cm UI) mit 2100,0 m² angenommen.

Für die Sanierung im fiktiven Fall werden folgende Positionen benötigt:

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit | Positionspreis | Einheit |
|-----------------|------------------------------------|------------|----------------|----------------|------------------|
| BB 03 22 61 X | Betabtr grfl unbew 5 Ulme | 2.100,0 | m ² | 75,09 | €/m ² |
| BB 13 20 00 2 N | Spritzbeton SpB30 GRFL 5cm UL | 2.100,0 | m ² | 38,75 | €/m ² |
| BB 21 01 00 1 | Verankerung BSTG einlagig | 3.738 | St | 6,40 | €/m ² |
| BB 13 20 00 5 | Liefern von Spritzbeton | 245.878,15 | kg | 0,11 | €/kg |
| BB 06 20 44 X | Betonstahl M IV AQ5 | 6,47 | to | 2.329,00 | €/to |

Tabelle 32: Positionen Ulme im Teilbereich B fiktiv

- Pos BB 03 22 61 X kann von der Sanierung 1999 übernommen werden.
- Pos BB 13 20 00 2 N
 Da im Leistungsverzeichnis der Sanierung 1999 keine Position für einen Spritzbetonauftrag mit einer Auftragsstärke von 5,0 cm existiert, wird diese aufgrund der im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten Abhängigkeiten der Positionspreise von der Positionsanforderungen bestimmt. Ausgehend von der Position BB 13 20 00 2 (Spritzbeton SpB30 grfl 10cm Ul) welche einen Spritzbetonauftrag von 10,0 cm beinhaltet, wird die neue Position BB 13 20 00 N entwickelt. Hierfür wird der Positionspreis der Pos BB 13 20 00 2 (= 48,80 €/m²) durch den fünffachen (im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten) Preis - Aufschlag (= 2,01 €/m²cm) vermindert. Der Preis-Aufschlag berücksichtigt die Änderung des Positionspreises abhängig von der Auftragstiefe. Daraus ergibt sich der neue Positionspreis zu 38,75 €/m²cm (=48,80 €/m² - 5 x 2,01 €/m²cm).
- Pos BB 21 01 00 1
 Diese Position wird von der Sanierung 1999 übernommen.
 Die Verankerung des Baustahlgitters wird im Raster 75 x 75 cm angeordnet. Daraus ergibt sich eine erforderliche Stückzahl von 1,78 St/m². Multipliziert mit der Sanierungsfläche im Teilbereich B (2.100,0 m²) ergibt sich eine Gesamtstückzahl von 3738 Stück für den Teilbereich B Ulme.
- Pos BB 13 20 00 5
 Für die Ermittlung des benötigten Spritzbetons muss als erstes das Auftragsvolumen errechnet werden. Dieses ergibt sich aus der Auftragsfläche von 2.100 m² multipliziert mit der Auftragsdicke von 0,05 m. Anschließend wird das ermittelte Volumen (= 105,0 m³) mit dem Spritzbetonbedarf (siehe Pkt. 5.4.2.5) für den Auftrag auf die Ulme (2.341,7 kg/m³) multipliziert. Somit ergibt sich eine benötigte Spritzbetonmenge von 196.707,0 kg (=105,0 m³ x 2.341,7 kg/m³) für den Spritzbetonauftrag im Teilbereich B.
- Pos BB 06 20 44 X
 Diese Position wird von der Sanierung 1999 übernommen.

Die benötigte Menge an Betonstahl AQ 50 ergibt sich durch die Multiplikation des Mattengewichtes pro m² (=0,00308 t/m²) mit der Betonauftragsfläche von 2100,0 m². Als Ergebnis erhält man eine benötigte Baustahlgittermenge von 6,47 Tonnen.

- Zwischendecke:

Die Sanierung der Zwischendecke erfolgt im Teilbereich B genauso wie die Sanierung der Ulme, mit einem Betonabtrag und Betonauftrag von 5 cm und einer Einlage eines einlagigen Baustahlgitters.

Als Bearbeitungsfläche wird die im LV der Sanierung 1999 angegebene Fläche der Pos AA 13 20 00 4 (Spritzbeton SpB klfl 7 cm ZWD) mit 1600,0 m² angenommen.

Für die Sanierung im fiktiven Fall werden folgende Positionen benötigt:

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit | Positionspreis | Einheit |
|-------------------------|------------------------------------|-----------|----------------|----------------|------------------|
| BB 03 22 61 X N | Betabtr grfl unbew 5 ZwDe | 1600,0 | m ² | 76,09 | €/m ² |
| BB 13 20 00 2 N2 | Spritzbeton SpB30 GRFL 5cm ZwDe | 1600,0 | m ² | 39,75 | €/m ² |
| BB 21 01 00 1 N | Verankerung BSTG einlagig ZwDe | 2.848 | St | 7,40 | €/m ² |
| BB 13 20 00 5 | Liefern von Spritzbeton | 208.336,0 | kg | 0,11 | €/kg |
| BB 06 20 44 X | Betonstahl M IV AQ5 | 4,93 | to | 2.329,00 | €/to |

Tabelle 33: Positionen ZWD Teilbereich B fiktiv

- Pos BB 03 22 61 X **N**

Da im LV der Sanierung 1999 keine Position für den Betonabtrag mit einer Abtragstiefe von 5,0 cm an der Zwischendecke existiert, wird eine neue Position entwickelt. Ausgehend von der Position BB 03 22 61 X welche für den Betonabtrag von 5,0 cm an der Ulme gilt, wird im Folgenden ein neuer Positionspreis ermittelt. Hierfür wird der Positionspreis der Pos BB 03 22 61 X (= 75,09 €/m²) mit dem im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten Aufschlag (= 5 x 0,2 €/m²cm) für die Berücksichtigung der Arbeiten über Kopf addiert. Als Ergebnis erhält man den neuen Positionspreis der Position Pos BB 03 22 61 X **N** mit 76,09 €/m².

- Pos AA 13 20 00 2 **N2**

Da im Leistungsverzeichnis der Sanierung 1999 keine Position für einen Spritzbetonauftrag mit einer Auftragsstärke von 5,0 cm an der Zwischendecke existiert, wird diese aufgrund der im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten Abhängigkeiten der Positionspreise von der Positionsanforderungen bestimmt. Ausgehend von der Position BB 13 20 00 2 **N** (Spritzbeton SpB30 grfl 10cm Ul), welche oben für die Bestimmung der Positionen für die Sanierungsarbeiten an der Ulme entwickelt wurde, wird nun ein neuer Positionspreis ermittelt.

Der neue Positionspreis ergibt sich aus der Addition des Positionspreises der Pos BB 13 20 00 2 **N** (= 38,75 €/m²) mit dem im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten fünffachen Preis -

Steigerung (= 0,20 €/m²cm), welche das Erschwernis Arbeiten über Kopf pro cm Auftragsdicke berücksichtigt. Somit ergibt sich der Positionspreis zu 39,75 €/m².

- Pos BB 21 01 00 1 **N**

Im Leistungsverzeichnis 1999 existiert keine Position für das Verankerung eines Baustahlgitters an der Zwischendecke. Ausgehend vom Positionspreis der Pos 21 01 00 1 (= 6,40 €/St) wird der neue Positionspreis durch die Berücksichtigung des Preisaufschlages, welcher im Pkt. 5.4.2.5 für Arbeiten über Kopf beim SpB - Auftrag bestimmt wurde, ermittelt. Der Preisaufschlag auf den Positionspreis für die Bewehrungsverankerung beträgt somit 41, unter Berücksichtigung der Betonauftragstiefe (= 5,0 cm) $5 \times 0,20$ €/St. Daraus ergibt sich ein neuer Positionspreis von 7,40 €/St.

Die Verankerung des Baustahlgitters wird im Raster 75 x 75 cm angeordnet. Daraus ergibt sich eine erforderliche Stückzahl von 1,78 St/m². Multipliziert man die Stückzahl mit der angenommenen Fläche von 1600,0 m² so ergibt sich eine Gesamtstückzahl von 2848 Stück für den Teilbereich B Ulme.

- Pos BB 13 20 00 5

Für die Ermittlung des benötigten Spritzbetons muss als erstes das Auftragsvolumen errechnet werden. Dieses ergibt sich aus der Auftragsfläche von 1.600,0 m² multipliziert mit der Auftragsdicke von 0,05 m. Anschließend wird das ermittelte Volumen (= 80,0 m³) mit dem Spritzbetonbedarf (siehe 5.2.4.5) für den Auftrag auf die Zwischendecke (2.604,2 kg/m³) multipliziert. Somit ergibt sich eine benötigte Spritzbetonmenge von 208.336,0 kg für den Spritzbetonauftrag Ulme im Teilbereich B.

- Pos BB 06 20 44 X

Diese Position wird von der Sanierung 1999 übernommen.

Die benötigte Menge an Betonstahl AQ 50 ergibt sich durch die Multiplikation des Mattengewichtes pro m² (=0,00308 t/m²) mit der Betonauftragsfläche von 1.600,0 m². Als Ergebnis erhält man eine benötigte Baustahlgittermenge von 4,93 Tonnen.

6.2.2 SANIERUNGSARBEITEN IM TEILBEREICH C

- **Ulme:**

Die Sanierung erfolgt in gleicher Weise wie bei der tatsächlichen Sanierung 1999 im Teilbereich B (siehe Pkt. 5.4.2.2), nur mit der Änderung, dass im fiktiven Fall nur jener Beton wieder aufzubringen ist (8 cm), der vorher mittels HDW - Strahlen abgetragen wurde.

Als Bearbeitungsfläche wird die im LV der Sanierung 1999 angegebene Fläche der Pos BB 13 20 00 3 (Spritzbeton SpB tfgr 15 cm Ul) mit 1300,0 m² angenommen.

Für die Sanierung im fiktiven Fall werden folgende Positionen benötigt:

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit | Positionspreis | Einheit |
|-----------------|------------------------------------|-----------|----------------|----------------|------------------|
| BB 03 22 61XN2 | Betabtr grfl unbew 8 Ulme | 1.300,0 | m ² | 81,13 | €/m ² |
| BB 13 20 00 2N3 | Spritzbeton SpB30 GRFL 8cm UL | 1.300,0 | m ² | 44,78 | €/m ² |
| BB 21 01 00 1 | Verankerung BSTG einlagig | 2314 | St | 6,40 | €/m ² |
| BB 13 20 00 5 | Liefern von Spritzbeton | 243.536,8 | kg | 0,11 | €/kg |
| BB 06 20 44 X | Betonstahl M IV AQ5 | 4,0 | to | 2.329,00 | €/to |

Tabelle 34: Positionen Ulme Teilbereich C fiktiv

- Pos BB 03 22 61 X **N2**
Eine Position für den Betonabtrag von 8,0 cm an der Ulme existiert nicht im LV der Sanierung 1999. Daher wird ausgehend vom Positionspreis der Pos BB 03 61 X (= 75,10 €/m²), welcher einen Betonabtrag von 5,0 cm beinhaltet, unter Verwendung der im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten Preis - Steigerung (= 2,01 €/m²cm) bestimmt. Diese Preis - Steigerung berücksichtigt den Mehraufwand durch die größere Abtragstiefe. Daraus ergibt sich der neue Positionspreis zu 81,13 €/m².
- Pos BB 13 20 00 2 **N3**
Da im Leistungsverzeichnis der Sanierung 1999 keine Position für einen Spritzbetonauftrag mit einer Auftragsstärke von 8,0 cm existiert, wird diese aufgrund der im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten Abhängigkeiten der Positionspreise von der Positionsanforderungen bestimmt. Ausgehend von der Position BB 13 20 00 2 (Spritzbeton SpB30 grfl 10cm Ul) welche einen Spritzbetonauftrag von 10,0 cm beinhaltet, wird die neue Position BB 13 20 00 N entwickelt. Hierfür wird der Positionspreis der Pos BB 13 20 00 2 (= 48,80 €/m²) durch den zweifachen Preis - Aufschlag (= 2,01 €/m²cm) vermindert. Der Preis - Aufschlag (siehe Pkt. 5.4.2.5) berücksichtigt die Änderung des Positionspreises abhängig von der Auftragstiefe. Daraus ergibt sich der neue Positionspreis zu 44,78 €/m²cm.
- Pos BB 21 01 00 1
Diese Position wird von der Sanierung 1999 übernommen.
Die Verankerung des Baustahlgitters wird im Raster 75 x 75 cm angeordnet. Daraus ergibt sich eine erforderliche Stückzahl von 1,78 St/m². Multipliziert mit der Sanierungsfläche im Teilbereich B (1.300,0 m²) ergibt sich eine Gesamtstückzahl von 2314 Stück für den Teilbereich B Ulme.

- Pos BB 13 20 00 5

Für die Ermittlung des benötigten Spritzbetons muss als erstes das Auftragsvolumen errechnet werden. Dieses ergibt sich aus der Auftragsfläche von 1.300,0 m² multipliziert mit der Auftragsdicke von 0,08 m. Anschließend wird das ermittelte Volumen (= 104,0 m³) mit dem Spritzbetonbedarf (siehe 5.2.4.5) für den Auftrag auf die Ulme (2.341,7 kg/m³) multipliziert. Somit ergibt sich eine benötigte Spritzbetonmenge von 243.536,8 kg für den Spritzbetonauftrag im Teilbereich B.

- Pos BB 06 20 44 X

Diese Position wird von der Sanierung 1999 übernommen.

Die benötigte Menge an Betonstahl AQ 50 ergibt sich durch die Multiplikation des Mattengewichtes pro m² (=0,00308 t/m²) mit der Betonaustragsfläche von 1.300,0 m². Als Ergebnis erhält man eine benötigte Baustahlgittermenge von 4,00 Tonnen.

- Zwischendecke:

Die Sanierung der Zwischendecke erfolgt im Teilbereich B genauso wie die Sanierung der Ulme, mit einem Betonabtrag und Betonauftrag von 8,0 cm und einer Einlage eines einlagigen Baustahlgitters.

Da bei der Sanierung 1999 in diesem Bereich kein Spritzbetonauftrag erfolgte, sondern Deckenfertigteildecken verwendet wurden, wird als Bearbeitungsfläche die im Anhang Pkt. 3 ermittelte Gesamtfläche der Decke des Teilbereichs C angenommen.

Für die Sanierung im fiktiven Fall werden folgende Positionen benötigt:

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit | Positionspreis | Einheit |
|-------------------------|------------------------------------|------------|----------------|----------------|------------------|
| BB 03 22 61X N3 | Betabtr grfl unbew 8 ZwDe | 3.777,8 | m ² | 82,73 | €/m ² |
| BB 13 20 00 2 N4 | Spritzbeton SpB30 GRFL 8cm ZwDe | 3.777,8 | m ² | 46,38 | €/m ² |
| BB 21 01 00 1 N2 | Verankerung BSTG einlagig ZwDe | 6724 | St | 8,00 | €/m ² |
| BB 13 20 00 5 | Liefern von Spritzbeton | 787.041,32 | Kg | 0,11 | €/kg |
| BB 06 20 44 X | Betonstahl M IV AQ5 | 11,64 | To | 2.329,00 | €/to |

Tabelle 35: Positionen ZWD Teilbereich C fiktiv

- Pos BB 03 22 61 X **N3**

Da im LV der Sanierung 1999 keine Position für den Betonabtrag mit einer Abtragtiefe von 8,0 cm an der Zwischendecke existiert, wird eine neue Position entwickelt. Ausgehend von der Position BB 03 22 61 X **N2** welche oben für den Betonabtrag von 5,0 cm an der Zwischendecke entwickelt wurde, wird im Folgenden ein neuer Positionspreis bestimmt. Hierfür wird der Positionspreis der Pos BB 03 22 61 X **N2** (= 81,13 €/m²) mit dem im Pkt. 3.4.2.5 ermittelten Aufschlag (= 8 x 0,20 €/m²cm) für die Berücksichtigung der Arbeiten über Kopf addiert. Als

Ergebnis erhält man den neuen Positionspreis der Position Pos BB 03 22 61 X **N3** mit 82,73 €/m².

- Pos AA 13 20 00 2 **N4**

Da im Leistungsverzeichnis der Sanierung 1999 keine Position für einen Spritzbetonauftrag mit einer Auftragsstärke von 8,0 cm an der Zwischendecke existiert, wird diese aufgrund der im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten Abhängigkeiten der Positionspreise von der Positionsanforderungen bestimmt. Ausgehend von der Position BB 13 20 00 2 **N3** (Spritzbeton SpB30 grfl 8cm Ul) welche für den Spritzbetonauftrag an der Ulme entwickelt wurde, wird nun ein neuer Positionspreis bestimmt.

Der neue Positionspreis ergibt sich aus der Addition des Positionspreises der Pos BB 13 20 00 2 **N3** (= 44,78 €/m²) mit dem im Pkt. 5.4.2.5 ermittelten achtfachen Preis - Steigerung (= 0,20 €/m²cm), welche das Erschwernis Arbeiten über Kopf pro cm Auftragsdicke berücksichtigt. Somit ergibt sich der Positionspreis zu 46,38 €/m².

- Pos BB 21 01 00 1 **N2**

Im Leistungsverzeichnis 1999 existiert keine Position für das Verankerung eines Baustahlgitters an der Zwischendecke. Ausgehend vom Positionspreis der Pos 21 01 00 1 (=6,40 €/St) wird der neue Positionspreis durch die Berücksichtigung des Preisaufschlages, welcher im Pkt. 5.4.2.5 für Arbeiten über Kopf beim SpB - Auftrag bestimmt wurde, ermittelt. Der Preisaufschlag auf den Positionspreis für die Bewehrungsverankerung unter Berücksichtigung der SpB - Auftragsstärke von 8,0 cm beträgt somit 8*0,2 €/St. Daraus ergibt sich ein neuer Positionspreis von 8,00 €/St.

Die Verankerung des Baustahlgitters wird im Raster 75 x 75 cm angeordnet. Daraus ergibt sich eine erforderliche Stückzahl von 1,78 St/m². Multipliziert mit der Sanierungsfläche im Teilbereich B (3.777,8 m²) ergibt eine Gesamtstückzahl von 6724 Stück für den Teilbereich B Ulme.

- Pos BB 13 20 00 5

Für die Ermittlung des benötigten Spritzbetons muss als erstes das Auftragsvolumen errechnet werden. Dieses ergibt sich aus der Auftragsfläche von 3777,8 m² multipliziert mit der Auftragsdicke von 0,08 m. Anschließend wird das ermittelte Volumen (= 302,22 m³) mit dem Spritzbetonbedarf (siehe 5.2.4.5) für den Auftrag auf die Zwischendecke (2.604,2 kg/m³) multipliziert. Somit ergibt sich eine benötigte Spritzbetonmenge von 787.041,32 kg für den Spritzbetonauftrag Ulme im Teilbereich B.

- Pos BB 06 20 44 X

Diese Position wird von der Sanierung 1999 übernommen.

Die benötigte Menge an Betonstahl AQ 50 ergibt sich durch die Multiplikation des Mattengewichtes pro m² (=0,00308 t/m²) mit der Betonauftragsfläche von 3.777,8 m². Als Ergebnis erhält man eine benötigte Baustahlgittermenge von 11,64 Tonnen.

6.2.3 BAUZEITPLAN FÜR DIE FIKTIVE SANIERUNG

Ausgehend von den oben ermittelten Positionen wird im Folgenden anhand der im Pkt. 5.4.2.4. ermittelten Leistungsansätze der Sanierung 1999 ein Bauzeitplan erstellt.

Da im fiktiven Fall die Sanierung der Schäden an der Zwischendecke durch einen SpB-Auftrag erfolgt, ergibt sich eine wesentlich größere Betonabtrags- bzw. -auftragsfläche. Durch diese Vergrößerung des Arbeitsbereiches und durch den Wegfall des notwendigen Arbeitsbereichs für die Arbeiten an der Fertigteilzwischendecke wird, für den fiktiven Fall eine Verdoppelung der Arbeitsgeräte für den Betonauftrag und -abtrag angenommen. Daher werden die ermittelten Leistungsansätze der Sanierung 1999 für den fiktiven Fall verdoppelt.

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | EH | Leistung | EH | Arbeitstage |
|-----------------|------------------------------------|---------|----------------|----------|--------------------|-------------|
| BB 03 22 61 X | Betabtr grfl unbew 5 Ulme | 2.100,0 | m ² | 540,0 | m ² /AT | 4 |
| BB 03 22 61 X N | Betabtr grfl unbew 5 ZwDe | 1.600,0 | m ² | 290,0 | m ² /AT | 6 |
| BB 03 22 61XN2 | Betabtr grfl unbew 8 Ulme | 1.300,0 | m ² | 540,0 | m ² /AT | 2 |
| BB 03 22 61XN3 | Betabtr grfl unbew 8 ZwDe | 3.777,8 | m ² | 290,0 | m ² /AT | 13 |
| BB 13 20 00 2 N | Spritzbeton SpB30 GRFL 5cm UL | 2.100,0 | m ² | 340,0 | m ² /AT | 6 |
| BB 13 20 00 2N2 | Spritzbeton SpB30 GRFL 5cm ZwDe | 1.600,0 | m ² | 184,0 | m ² /AT | 9 |
| BB 13 20 00 2N3 | Spritzbeton SpB30 GRFL 8cm UL | 1.300,0 | m ² | 340,0 | m ² /AT | 4 |
| BB 13 20 00 2N4 | Spritzbeton SpB30 GRFL 8cm ZwDe | 3.777,8 | m ² | 184,0 | m ² /AT | 21 |

Tabelle 36: Hauptpositionen der fiktiven Sanierung

Näherungsweise ermittelte Arbeitszeit:

- Betonabtrag Ulme: 6 Tage
- Betonabtrag Zwischendecke: 19 Tage
- Betonauftrag Ulme: 10 Tage
- Betonauftrag Zwischendecke: 30 Tage

Durch diese näherungsweise ermittelte Arbeitszeiten der Hauptpositionen wird nun ein Bauzeitplan für den fiktiven Fall ermittelt. Zum Vergleich wird auch der Bauzeitplan der Sanierung 1999 (siehe Pkt. 5.4.2) angegeben. Die zeitlichen Abstände zwischen den einzelnen Arbeitsschritten wird von der Sanierung 1999 für den fiktiven Fall übernommen.

Zum Unterschied zur Sanierung 1999 entfallen bei der fiktiven Sanierung sämtliche Arbeitsschritte, welche für die Zwischendeckfertigteile und die Sanierung der Risse an der Zwischendecke notwendig waren.

| Arbeiten | 1. Wo | | 2. Wo | | 3. Wo | | 4. Wo | | 5. Wo | | 6. Wo | | 7. Wo | | 8. Wo | | 9. Wo | | 10. Wo | | 11. Wo | |
|----------------------------------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|--------|---|--------|---|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Reinigung | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Unterstellung der Zwischendecke | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Deckenabbruch | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Trennwand schneiden | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HDW-Abtrag Ulme | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HDW-Abtrag Decke | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| SpB-Auftrag Ulme | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| SpB-Auftrag Decke | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| Auflagerbalken für Zwischendecke | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| Zwischendecke Fertigteil | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| Fugenverfüllung Zwischendecke | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| Winkelschienen Zwischendecke | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Rissanierung Zwischendecke | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| Räumen Fahrraum | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| Räumen Lüftungskanäle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |
| Bauende | | | | | | | | | | | ▶ | | | | | | | | | | | ▶ |

Abbildung 24: Bauzeitplan fiktive Sanierung (grün = fiktive Sanierung; schwarz = Sanierung 1999)

Die Arbeitszeiten für die Reinigung und das Räumen wurden von der Sanierung 1999 übernommen, da sie auch im fiktiven Sanierungsfall in einem ähnlichen Ausmaß anfallen werden.

Es ergibt sich unter den oben angeführten Annahmen eine prognostizierte Arbeitsdauer für den fiktiven Fall von ca. 5,5 Wochen. Verglichen mit der Arbeitsdauer von ca. 11 Wochen bei der Sanierung 1999 wurde eine Verkürzung der Sanierungszeit von ca. 50 % durch die Anwendung von brandbeständigem Beton erreicht.

Diese starke Verkürzung der Sanierungsdauer im fiktiven Fall ist auch auf die oben getroffene Annahme eines verdoppelten Geräteeinsatzes gegenüber der Sanierung 1999

zurückzuführen. Die geänderten Randbedingungen der fiktiven gegenüber der tatsächlichen Sanierung ermöglichen jedoch Vorgehensweise.

6.2.4 LEISTUNGSVERZEICHNIS FÜR DIE FIKTIVE SANIERUNG

Ausgehend von der Sanierung 1999 wird ein Leistungsverzeichnis für den fiktiven Sanierungsfall erstellt. Das vollständige Leistungsverzeichnis und die ABC - Analyse der Einzelnen Positionen der Sanierung 1999 sind im Anhang Pkt. 2 bzw. 4 angeführt.

Sämtliche Positionen die Herstellung und den Einbau der Fertigteildecke entfallen bei der fiktiven Sanierung. Alle Mengenabhängigen Positionen der fiktiven Sanierung wurden im Pkt. 6.2.3 bestimmt.

Die restlichen Positionen der Sanierung 1999 welche auch im fiktiven Sanierungsfall zur Anwendung kommen sind:

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit | Positionspreis 99 | Einheit |
|----------------------------|------------------------------------|-----------|---------|-------------------|---------|
| AA 02 10 2 + BB 02 10 2 | Zeitgebundene Kosten | 1 | PA | 395.306,60 | PA |
| AA 02 10 2 + BB 02 10 1 | Einrichten der Baustelle | 1 | PA | 53.776,12 | PA |
| AA 02 10 5 + BB 02 10 5 | Räumen der Baustelle | 1 | PA | 14.305,61 | PA |
| DD 23 91 14 A | Arbeiter Beistellung | 200 | HR | 36,94 | €/HR |
| DD 23 93 01 A | Baustofflieferung | 80.000,00 | VE | 0,08 | €/VE |
| BB 13 40 3 | Erschwernis Blockfugen | 500 | M | 12,53 | €/m |
| AA 02 10 0 + BB 02 10 0 | Endreinigung | 1 | PA | 5.324,64 | PA |
| DD 23 92 52 A | Anteil Betriebsstoffe | 30.000,00 | VE | 0,08 | €/VE |
| DD 23 92 51 A | Anteil Miete | 30.000,00 | VE | 0,08 | €/VE |

Tabelle 37: Positionen der Sanierung 1999

Die Positionen

- Räumen der Baustelle
- Baustofflieferung
- Erschwernis Blockfuge
- Endreinigung

werden von der Sanierung 1999 übernommen, da angenommen wird, dass diese Positionen unverändert auch im fiktiven Fall anfallen werden.

Der Positionspreis der Position Einrichten der Bauerstelle der Sanierung 1999 wird für den fiktiven Fall verdoppelt, da in diesem eine Verdoppelung der Betonauftrags- und -abtragsgeräte angenommen wurde.

Der Positionspreis der Positionen

- Zeitgebundene Kosten

- Arbeiter bereitstellen
- Anteil Betriebsstoffe
- Anteil Miete

wird der im Pkt. 6.2.3 ermittelten Bauzeit im fiktiven Fall angepasst und somit um 50 % abgemindert. Dabei wird für die Positionen zeitgebundene Kosten, Anteil Betriebsstoffe und Anteil Miete, dass sich die Einsparungen (Hervorgerufen durch den Wegfall der Arbeiten die ZWD - Fertigteile betreffend) mit den Erhöhungen (Hervorgerufen durch den verdoppelten Einsatz der Betonabtrags- und SpB- Auftragsgeräte) aufheben.

Durch die angeführten Annahmen und Bedingungen ergibt sich somit ein Leistungsverzeichnis mit den einzelnen Einheits- und Positionspreisen.

| Position | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | EH | Einheits - preis | EH | Positions - Preis (€) |
|----------------------------|------------------------------------|--------------|----------------|------------------|------------------|-----------------------|
| AA 02 10 2 + BB 02 10 2 | Zeitgebundene Kosten | 1 | PA | 395.306,60 | PA | 197.653,30 |
| AA 02 10 2 + BB 02 10 1 | Einrichten der Baustelle | 1 | PA | 107.552,24 | PA | 107.552,24 |
| AA 02 10 5 + BB 02 10 5 | Räumen der Baustelle | 1 | PA | 14.305,61 | PA | 14.305,61 |
| DD 23 91 14 A | Arbeiter Beistellung | 200 | HR | 36,94 | €/HR | 3.694,00 |
| DD 23 93 01 A | Baustofflieferung | 80.000,00 | VE | 0,08 | €/VE | 6.400,00 |
| BB 13 40 3 | Erschwernis Blockfugen | 500 | m | 12,53 | €/m | 6.265,00 |
| AA 02 10 0 + BB 02 10 0 | Endreinigung | 1 | PA | 5324,64 | PA | 5.324,6 |
| DD 23 92 52 A | Anteil Betriebsstoffe | 30.000,00 | VE | 0,08 | €/VE | 1.200,00 |
| DD 23 92 51 A | Anteil Miete | 30.000,00 | VE | 0,08 | €/VE | 1.200,00 |
| BB 03 22 61 X | Betabtr grfl unbew 5 Ulme | 2.100,00 | m ² | 75,09 | €/m ² | 157.689,00 |
| BB 03 22 61 XN | Betabtr grfl unbew 5 ZwDe | 1.600,00 | m ² | 76,09 | €/m ² | 121.744,00 |
| BB 03 22 61XN2 | Betabtr grfl unbew 8 Ulme | 1.300,00 | m ² | 81,13 | €/m ² | 105.469,00 |
| BB 03 22 61XN3 | Betabtr grfl unbew 8 ZwDe | 3.777,80 | m ² | 82,73 | €/m ² | 312.537,39 |
| BB 13 20 00 2N | Spritzbeton SpB30 GRFL 5cm UL | 2.100,00 | m ² | 38,75 | €/m ² | 81.375,00 |
| BB 13 20 00 2N2 | Spritzbeton SpB30 GRFL 5cm ZwDe | 1.600,00 | m ² | 39,75 | €/m ² | 63.600,00 |
| BB 13 20 00 2N3 | Spritzbeton SpB30 GRFL 8cm UL | 1.300,00 | m ² | 44,78 | €/m ² | 58.214,00 |
| BB 13 20 00 2N4 | Spritzbeton SpB30 GRFL 8cm ZwDe | 3.777,80 | m ² | 46,38 | €/m ² | 175.214,36 |
| BB 21 01 00 1 | Verankerung BSTG einlagig | 6.052,00 | St | 6,40 | €/St | 38.732,80 |
| BB 21 01 00 1N | Verankerung BSTG einlagig ZwDe | 2.848,00 | St | 7,40 | €/St | 21.075,20 |
| BB 21 01 00 1N2 | Verankerung BSTG einlagig ZwDe | 6.724,00 | St | 8,00 | €/St | 53.792,00 |
| BB 13 20 00 5 | Lieferrn von Spritzbeton | 1.484.792,27 | kg | 0,11 | €/kg | 163.327,15 |
| BB 06 20 44 X | Betonstahl M IV AQ5 | 29,03 | to | 2.329,00 | €/to | 67.610,87 |
| Gesamtpreis (Netto) | | | | | | 1.763.975,47 |

Tabelle 38: Leistungsverzeichnis fiktive Brandschadenssanierung

Als Gesamtpreis für den fiktiven Auftrag Brandschadenssanierung wurden ca. 1,76 Mio. Euro ermittelt. Gegenüber der Auftragssumme im Jahr 1999 von ca. 2,55 Mio. Euro ergeben sich im fiktiven Sanierungsfall Einsparungen von ca. 31 %. Somit konnte ein großes Einsparungspotential durch die Verwendung von Faserbeton in Verkehrstunnelbauten nachgewiesen werden.

6.2.5 GESAMTSANIERUNGSKOSTEN IM FIKTIVEN FALL

Im Pkt. 6 wurden alle Aufträge der Brandschadenssanierung Bautechnik angeführt. Bei den Aufträgen

- Bauwerksprüfung als Zustandsfeststellung
- Technische Beratung für Sanierungsarbeiten, Planung und für Beratung Sanierung
- Tunnelbautechnische Beratung, Planprüfung und Beistellung von Bauaufsichtspersonal

wird davon ausgegangen, dass sich ihr Wert proportional zur Auftragsdauer des Auftrags Brandschadenssanierung verhält. Daher werden die Auftragskosten der Sanierung 1999 um ca. 50 % reduziert. Diese Reduzierung ergibt sich aus der im Pkt. 6.2.3 ermittelten Verkürzung der Gesamtarbeitszeit.

Die Auftragskosten der restlichen Aufträge bis auf den Auftrag Sofortmaßnahmen und Auftrag Brandschadenssanierung werden ohne Änderung von der Sanierung 1999 übernommen. Der Auftrag Sofortmaßnahmen entfällt im fiktiven Fall.

Die Angaben zu den einzelnen Auftragssummen (Netto) stammen von einer Zusammenstellung der vergebenen Aufträge seitens der ÖSAG.

Die Auftragskosten des Auftrags Brandschadenssanierung wurden im Pkt. 6.2.4 ermittelt und belaufen sich auf 1.763.975,5 Euro.

Vergebene Aufträge der Brandschadenssanierung Bautechnik für den tatsächlichen und fiktiven Fall:

| Auftrag | Auftragspreis 1999 (€) | Auftragspreis fiktiv (€) | Änderung in % |
|--|------------------------|--------------------------|---------------|
| Sofortmassnahmen | 55.881,80 | - | -100 |
| Bauwerksprüfung als Zustandsfeststellung | 33.641,60 | 16.820,80 | -50,0 |
| DIBIT - Vermessung zur Feststellung des Schadensbildes | 14.328,00 | 14.328,00 | 0 |
| Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen | 3.971,40 | 3.971,40 | 0 |
| Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen f-Decke | 1.459,10 | 1.459,10 | 0 |
| Technische Beratung für Sanierungsarbeiten, Planung und für Beratung Sanierung | 71.644,50 | 35.822,30 | -50,0 |
| Tunnelbautechnische Beratung, Planprüfung und Beistellung von Bauaufsichtspersonal | 69.963,00 | 34.981,50 | -50,0 |
| HDW - Reinigung | 111.036,80 | 111.036,80 | 0 |
| Reinigung der Portalbereiche | 113.151,60 | 113.151,60 | 0 |
| Brandschadenssanierung | 2.552.155,40 | 1.763.975,47 | -31,0 |
| Betondecken und Seitenstreifensanierung | 474.127,10 | 474.127,40 | 0 |
| Erneuerung der Tunnelbeschichtung | 277.440,10 | 277.440,10 | 0 |
| Summe (Netto) | 3.778.800,30 | 2.847.114,47 | -24,7 |

Tabelle 39: Aufträge der Bauschadenssanierung Bautechnik der Sanierung 1999 und der fiktiven Sanierung

Vergleicht man die Gesamtauftragssumme der Brandschadenssanierung Bautechnik im fiktiven Fall mit jener der Sanierung 1999 (=3,779 Mio. Euro) so ist ein Einsparungspotential von ca. 24,7 % durch die Verwendung von Faserbeton feststellbar.

Mit der Annahme, dass sich die Kosten der Brandschadenssanierung Elektrotechnik durch die Verwendung von Faserbeton nicht ändern, werden diese Kosten (=1.473.956,0 Euro) von der Sanierung 1999 übernommen.

Daher ergeben sich Gesamtkosten der Brandschadenssanierung für den fiktiven Fall von 4.321.070,5 Euro. Dies entspricht einer Verringerung der Sanierungskosten von 17,7 %.

6.2.6 INDIREKTE KOSTEN FÜR DEN FIKTIVEN FALL

Die im Punkt 5.4.4 ermittelten indirekten Kosten der Sanierung 1999 verhalten sich direkt proportional zur Dauer der Sanierung. Daher werden die indirekten Kosten für die fiktive Sanierung ausgehend von den Kosten der Sanierung 1999, unter Berücksichtigung der im Pkt. 6.2.3 ermittelten Sanierungsdauer, ermittelt. Da die Sanierung im fiktiven Fall nur halb so lange wie im tatsächlichen Fall dauert, werden die ermittelten Kosten aus Mautentgang und Umwegekosten um 50% abgemindert.

6.2.6.1 UMLEITUNGSKOSTEN AUF DER KATSCHBERG - STRASSE (B 99)

Im Pkt. 5.4.4.1 wurde für die B 99 Umleitungskosten von ca. 4,85 Mio. Euro (Brutto) errechnet.

Die Umleitungskosten betragen für den fiktiven Sanierungsfall 50 % der Kosten der Sanierung 1999. Es ergeben sich somit prognostizierte Umwegekosten auf der B 99 von 2,43 Mio. Euro für den fiktiven Fall.

6.2.6.2 MAUTENTGÄNGE BZW. -MEHREINNAHMEN IM FIKTIVEN FALL

Die im Pkt. 5.4.4.2 ermittelten Mautentgänge der Sanierung 1999 werde für den fiktiven Fall um 50% abgemindert.

Daraus ergibt sich ein Mautentgang von ca. 7,83 Mio. Euro (Netto) auf den ÖSAG-Strecken. Die Mautmehreinnahmen auf den Ausweichrouten Phyrnautobahn, Felbertauern und Brennerautobahn betragen somit ca. 2,12 Mio Euro (Netto) .

6.3 ZUSAMMENFASSUNG DER DIREKTEN UND INDIREKTEN KOSTEN FÜR DEN FIKTIVEN FALL DER TAUERNTUNNELSANIERUNG

Im Pkt. 6.2.5 wurden die Gesamtsanierungskosten für die fiktive Sanierung ermittelt.

Im Pkt. 6.2.6 wurden die Indirekten Kosten Angegeben

| | Mio. Euro |
|---|------------------|
| Direkte Kosten: | |
| Brandschadenssanierung (Netto) | ca. 4,32 |
| Indirekte Kosten: | |
| Mautentgänge auf den ÖSAG – Strecken (Netto) | ca. 7,83 |
| Mautmehreinnahmen auf den Ausweichrouten (Netto) (B 108, A 13, B167) | ca. -2,12 |
| Gesamt Kosten (Netto): | ca. 10,03 |

Tabelle 40: Zusammenfassung der direkten und indirekten Kosten der Brandschadenssanierung

In der Zusammenfassung der Kosten der fiktiven Sanierung wurden die im Pkt. 6.2.6.1 angegebenen Umwegkosten nicht angeführt da diese nur exemplarisch für den Tauernpass ermittelt wurden und sie so nur einen Teil des aufgetretenen Umleitungsverkehrs beinhalten. Die Umwegkosten (ermittelt für die B 99) betragen für die fiktive Sanierung **ca. 2,43 Mio. Euro** (Brutto).

Vergleicht man die ermittelten Kosten der fiktiven Sanierung mit den Kosten der Sanierung 1999 (siehe Pkt. 5.4.5), so fällt auf, dass sich sowohl bei den direkten Kosten als auch bei den Indirekten Kosten einer Tauerntunnelsanierung ein starkes Einsparungspotential nachweisen lässt.

7. ZUSAMMENFASSUNG

Ziel dieser Arbeit war es, die Wirtschaftlichkeit von brandbeständigem Beton im Tunnelbau zu untersuchen.

Ausgehend von der Brandsanierung des Tauerntunnels im Jahr 1999 wurden die entstandenen Sanierungskosten und die fiktiven Kosten einer Sanierung, unter der Annahme, dass der Tunnel aus brandbeständigem Beton errichtet worden wäre, ermittelt.

Die Sanierungskosten wurden dabei in direkte Kosten (Sanierungskosten) und indirekte Kosten (Mautentgang, Umwegkosten) aufgeteilt. Im folgenden werden die Kosten der Sanierung 1999 und der fiktiven Kosten gegenübergestellt.

7.1 GEGENÜBERSTELLUNG DER SANIERUNGSKOSTEN 1999 UND DER FIKTIVEN SANIERUNGSKOSTEN

| | Sanierung 1999 (Mio. €) (Netto) | Fiktive Sanierung (Mio. €) (Netto) | Differenz zw. Sanierung 1999 und fiktiver Sanierung (Mio. €) | Prozentuelle Änderung durch fiktiven Fall |
|---|--|---|---|--|
| Direkten Kosten: | | | | |
| Sanierung Bautechnik | 3,78 | 2,85 | 0,93 | -27,7% |
| Sanierung E - Technik | 1,47 | 1,47 | - | - |
| Gesamtsanierung | 5,25 | 4,32 | 0,93 | -17,7% |
| Indirekte Kosten: | | | | |
| Mautentgang auf den ÖSAG Straßen | 15,65 | 7,83 | 7,82 | -50,0% |
| Mehreinnahmen auf der A 13, B 167, B 108 | -4,24 | -2,12 | -2,12 | -50,0% |
| Gesamtkosten: | 16,66 | 10,03 | 6,63 | -39,8% |

Tabelle 41: Gegenüberstellung der Kosten der Sanierung 1999 und der fiktiven Sanierung

Ausgehend von der Brandsanierung des Tauerntunnels im Jahr 1999 wurden die entstandenen Sanierungskosten und die fiktiven Kosten einer Sanierung unter der Annahme, dass der Tunnel aus brandbeständigem Beton errichtet worden wäre, ermittelt.

Die Sanierungskosten wurden dabei in direkte Kosten (Sanierungskosten) und indirekte Kosten (Mautentgang) aufgeteilt. Der Vergleich der Sanierungskosten ergibt:

- Die Kosten der Sanierung Bautechnik ist im fiktiven Fall um 27,7% geringer als bei der Sanierung 1999

- Die direkten Kosten der fiktiven Sanierung sind um 17,7 % geringer als bei der tatsächlichen Sanierung
- Die Gesamtsanierungskosten einschließlich der indirekten Kosten sind bei der fiktiven Sanierung um 39,8% geringer als bei der Sanierung 1999

Zusätzlich wurde für die Katschbergbundesstraße (Tauernpass) die Kosten des Umleitungsverkehrs ermittelt.

| | Sanierung 1999 (Mio. €) (Brutto) | Fiktive Sanierung (Mio. €) (Brutto) | Prozentuelle Änderung durch den Fiktiven Fall |
|--------------------------|---|--|--|
| Umleitungsverkehr | 4,85 | 2,43 | -50,0% |

Tabelle 42: Gegenüberstellung der Umleitungskosten auf der B 99

Weiters ist die Dominanz der indirekten Kosten gegenüber den direkten Kosten auffällig.

7.2 SCHLUSSFOLGERUNG

Diese Arbeit vergleicht die tatsächliche Tauerntunnelsanierung 1999 mit einer fiktiven Sanierung, unter der Annahme, dass der Tunnel aus brandbeständigem Beton errichtet worden wäre. Dabei konnte ein mögliches Einsparungspotential durch die Verwendung von Faserbeton nachgewiesen werden.

Nicht berücksichtigt wurden Mehrkosten, welche beim Neubau eines Autobahntunnels durch die bei der Kostenermittlung im fiktiven Fall getroffenen Annahmen, anfallen würden.

Zusätzlich wurde eine Dominanz der indirekten Sanierungskosten gegenüber direkten Sanierungskosten festgestellt. Diese Erkenntnis verlangt, dass aus wirtschaftlichen Gründen mit allen Mitteln versucht werden muss, die nach einem Brand erforderliche Sanierungsdauer zu verkürzen um das Einsparungspotential vergrößern zu können. Der Auftraggeber einer Brandsanierung kann unter der Randbedingung (wie sie sich beim Tauerntunnelbrand darstellten), dass er gleichzeitig Betreiber der Straße ist, durch das Investieren in eine „Forcierung“ der Bauzeit Gesamtkosten einsparen.

Der Wert der indirekten Kosten wurde auf Basis einer Untersuchung der Verkehrsverlagerung erstellt. Die Ermittlung eines exakten Wertes für die indirekten Kosten wäre ein Forschungsansatz, der über die Themenstellung dieser Arbeit hinausgehen würde. Bei den ermittelten Kosten muss im Falle des Tauerntunnels berücksichtigt werden, dass dieser zum Zeitpunkt des Brandes nur über eine Röhre verfügte und so der gesamte Verkehr großräumig umgeleitet werden musste.

Somit ergibt sich, dass durch die Verwendung von erhöht brandbeständigen Beton (Faserbeton) nicht nur die Sicherheit im Brandfall gegenüber Versagen gewährleistet wird, sondern auch Kosten im Sanierungsfall verringert werden können. Daher empfiehlt es sich auch in Zukunft bei planmäßigen Tunnelsanierungen Faserbeton zu verwenden.

QUELLENVERZEICHNIS

Amt der Tiroler Landesregierung:

Abteilung Verkehrsplanung; Verkehrsbericht Tirol 1999, Innsbruck, 2000

Brux, G:

Beton mit erhöhter Brandbeständigkeit. Fachzeitschrift Zement – Beton; Heft 2/01

Brux, G.:

Tauerntunnel konnte nach drei Monaten wieder für den Verkehr geöffnet werden;
Fachzeitschrift Beton; Heft 12/99

Forschungsinstitut der Vereinigung der österreichischen Zementindustrie:

Praxisverhalten von erhöht brandbeständigem (Innenschalen-) Beton; FFF-Projekt Nr. 806201; Wien 2003

Herry, M.:

Transportpreise und Transportkosten der verschiedenen Verkehrsträger im Güterverkehr;
Verkehr und Infrastruktur Heft Nr. 14, AK Wien; Dezember 2001 Seite 76

Homepage ASFINAG

www.asfinag.at, Jänner 2006

Homepage ÖAMTC

www.oeamtc.at, Jänner 2006

ILF Beratende Ingenieure:

Tauerntunnel; Digitale photogrammetrische Vermessung der beschädigten Innenschale;
Innsbruck, 11.06.1999

Knoflacher, H.; Pfaffenbichler, C.P.; Nussbaumer, H.:

Quantitative Risikoanalyse für österreichische Straßentunnel; BMVIT, Straßenforschung,
Heft 548, Wien 2005

Kusterle W. et al:

Brandbeständigkeit von Faser-, Stahl- und Spannbeton, BMVIT in Zusammenarbeit mit der
HL-AG; Straßenforschung Heft 544; Wien 2004

Mörth, W.; Mayer, A.:

Zuschlagsoptimierte Betone für Tunnelinnenschalen mit hohem Brandwiderstand.
Fachzeitschrift Zement – Beton; Heft 1/05

ÖNORM ENV 1992-1-2:

Eurocode 2 – Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken. Teil 1-2: Allgemeine Regeln – Tragwerksbemessung für den Brandfall, Mai 1997

ÖSAG:

Presseaussendungen zur Sanierung des Tauerntunnels nach dem Brandfall am 29. Mai 1999; Mai-September 1999

ÖSAG:

Ausschreibungsunterlagen der Tunnelsanierung; Salzburg; Mai 1999

ÖSAG:

Tauerntunnel; Bauliche Anlagen; Brand vom 29.05.1999; Sonderprüfung; IGT
Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Tunnelbau; Salzburg, Mai 1999

Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik:

Richtlinie: Erhöhter Brandschutz mit Beton für unterirdische Verkehrsbauwerke; Wien 2005

Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik:

Richtlinie: Faserbeton; Wien, März 2002

Österreichische Vereinigung für Beton- und Bautechnik:

Richtlinie: Innenschalenbeton; Wien, Oktober 2003

Robatsch, K.; Nussbaumer, C.:

Sicherheitsvergleich von Tunnels; BMVIT, Straßenforschung, Heft 552, Wien 2005

Schneider, U.; Horvath, J.:

Abplatzverhalten von Tunnelinnenschalenbeton unter hohen Temperaturen. Fachzeitschrift
Zement – Beton; Heft 1/02

Waubke, N. V.:

Über die Physikalischen Gesichtspunkte der Festigkeitsverluste von Portlandzementbetonen bei Temperaturen bis 1000°C. Brandverhalten von Bauteilen, Schriftenreihe des Sonderforschungsberichts 148 der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Heft 2, Technische Universität Braunschweig, November 1973

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---|-----|
| Abbildung 1: Schematische Übersicht der Versagensarten von Beton und Stahlbetonbauteilen bei einer Brandbeanspruchung | 19 |
| Abbildung 2: Schematische Darstellung der Wasserdampfströmung in einer einseitig erwärmten Betonstruktur..... | 27 |
| Abbildung 3: Abplatzmechanismus aufgrund von Eigenspannungen | 28 |
| Abbildung 4: Schematisches Modell zur Porenstruktur beim Schmelzen der PP- Fasern | 35 |
| Abbildung 5: Lageplan der Tauernautobahn | 46 |
| Abbildung 6: Regelquerschnitt Tauerntunnel | 47 |
| Abbildung 7: Lageskizze des Unfallereignisses..... | 48 |
| Abbildung 8: Unfallbereich unmittelbar nach dem Brand..... | 49 |
| Abbildung 9: Zustand des Fahrraumes nach der Fahrzeugbergung..... | 50 |
| Abbildung 10: Darstellung der Schadensbereiche für die Ulme, Zwischendecke und Fahrbahn | 53 |
| Abbildung 11: Zwischendeckenunterseite nach dem Brand | 55 |
| Abbildung 12: Schematische Darstellung der Beschädigungen im Teilbereich C | 56 |
| Abbildung 13: Sofortmaßnahmen zur Sicherung des oberen Gewölbeteils und der Zwischendecke | 57 |
| Abbildung 14: Bauzeitplan Brandschadenssanierung 1999..... | 61 |
| Abbildung 15: Ränder gerade schneiden und Abtrag des geschädigten Betons im Mittel 5 cm | 62 |
| Abbildung 16: Auftrag Spritzbeton, falls erforderlich Bewehrung (AQ 50) verlegen und rückverankern..... | 62 |
| Abbildung 17: Ulme nach Betonabtrag durch HDW und Anbringung der Steckeisen | 64 |
| Abbildung 18: Herstellung der Lehre für Ulmenspritzbetonauftrag | 64 |
| Abbildung 19: Spritzbetonarbeiten | 65 |
| Abbildung 20: Sanierung Ulme im Teilbereich C..... | 67 |
| Abbildung 21: Zwischendeckensanierung Fall 1 | 69 |
| Abbildung 22: Sanierungsmassnahmen Teilbereich C..... | 70 |
| Abbildung 23: Straßenkarte Österreich | 80 |
| Abbildung 24: Bauzeitplan fiktive Sanierung (grün = fiktive Sanierung; schwarz = Sanierung 1999) | 105 |

TABELLENVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Tabelle 1: Brandkatastrophe in Tunnels und ihre Auswirkungen..... | 8 |
| Tabelle 2: Unfälle, Pannen und Brände nach Ursachen in % (1999-2003)..... | 12 |
| Tabelle 3: Vergleich der Unfälle mit Personenschäden (UPS), der Verunglückten, der Getöteten, der volkswirtschaftlichen Unfallkosten und der Fahrleistungen in Tunnels mit anderen Straßenarten. (1999-2005)..... | 13 |
| Tabelle 4: Vergleich von verschiedenen Unfallrelativzahlen in Tunnels mit anderen Straßenarten (1999-2003) | 13 |
| Tabelle 5: Umwandlungs- und Zersetzungsreaktionen von quarzitischen und kalzitischen Betonen | 30 |
| Tabelle 6: Fasern im beton in Abhängigkeit von der Lagerungstemperatur..... | 33 |
| Tabelle 7: Einfluss von PP- Fasern auf die Betoneigenschaften (++/+ starke/leichte Verbesserung; o gleich bleibend; --/- starke/leichte Verschlechterung | 36 |
| Tabelle 8: Betonrezeptur eines erhöht brandbeständigen Betons im U- Bahnbau..... | 38 |
| Tabelle 9: Definition der BB- Klassen lt. Richtlinie Faserbeton..... | 39 |
| Tabelle 10: Betonabtragspositionen an der Ulme..... | 72 |
| Tabelle 11: Betonabtragsposition an der Zwischendecke | 72 |
| Tabelle 12: Betonaufragspositionen an der Ulme..... | 73 |
| Tabelle 13: Betonaufragsposition an der ZWD..... | 73 |
| Tabelle 14: Positionen SpB- Auftrag | 74 |
| Tabelle 15: Positionen Liefern von Spritzbeton | 75 |
| Tabelle 16: Volumsberechnung Spritzbeton Ulme | 76 |
| Tabelle 17: Volumsberechnung Spritzbeton Zwischendecke | 76 |
| Tabelle 18: Zusammenstellung der Gesamtanierungskosten (netto)..... | 77 |
| Tabelle 19: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der B 99 in den Monaten Juni bis August | 82 |
| Tabelle 20: Mehraufwand in Euro für PKW und LKW..... | 83 |
| Tabelle 21: Gesamtkosten Umleitungsverkehr..... | 83 |
| Tabelle 22: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der A 9 in den Monaten Juni bis August | 84 |
| Tabelle 23: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der B 167 in den Monaten Juni bis August | 85 |
| Tabelle 24: Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der B 108 in den Monaten Juni bis August | 86 |
| Tabelle 25. Berechnung des Umleitungsverkehrs auf der A 13 in den Monaten Juni bis August | 87 |
| Tabelle 26: Berechnung der Auswirkungen der TT- Sperre im Bereich Niedernfritz..... | 88 |

| | |
|---|-----|
| Tabelle 27: Berechnung der Auswirkungen der TT- Sperre im Bereich Katschbergtunnel ... | 89 |
| Tabelle 28: Mehreinnahmen Tauernschleuse | 91 |
| Tabelle 29: Mehreinnahmen Felbertauern | 91 |
| Tabelle 30: Mehreinnahmen Brenner Autobahn..... | 91 |
| Tabelle 31: Zusammenfassung der direkten und indirekten Kosten der Brandschadenssanierung | 92 |
| Tabelle 32: Positionen Ulme im Teilbereich B fiktiv..... | 98 |
| Tabelle 33: Positionen ZWD Teilbereich B fiktiv..... | 99 |
| Tabelle 34: Positionen Ulme Teilbereich C fiktiv | 101 |
| Tabelle 35: Positionen ZWD Teilbereich C fiktiv..... | 102 |
| Tabelle 36: Hauptpositionen der fiktiven Sanierung | 104 |
| Tabelle 37: Positionen der Sanierung 1999 | 106 |
| Tabelle 38: Leistungsverzeichnis fiktive Brandschadenssanierung | 107 |
| Tabelle 39: Aufträge der Bauschadenssanierung Bautechnik der Sanierung 1999 und der fiktiven Sanierung | 108 |
| Tabelle 40: Zusammenfassung der direkten und indirekten Kosten der Brandschadenssanierung | 110 |
| Tabelle 41: Gegenüberstellung der Kosten der Sanierung 1999 und der fiktiven Sanierung | 111 |
| Tabelle 42: Gegenüberstellung der Umleitungskosten auf der B 99..... | 112 |

DIAGRAMMVERZEICHNIS

| | |
|--|----|
| Diagramm 1: F/N- Kurven Tauerntunnel: Vergleich von „Lüftung Alt“ und „Lüftung Neu“ | 15 |
| Diagramm 2: F/N- Kurven Tauerntunnel: Vergleich des Risikos ohne und mit Einführung der 150 m- Abstandsregelung für LKW, jeweils für „Lüftung Alt“ und „Lüftung Neu“ | 16 |
| Diagramm 3: Entwicklung der Brandraumtemperatur | 17 |
| Diagramm 4: Temperatur-Zeit-Kurvenbereich für die Straße - Regelfall ohne detaillierte Untersuchung | 18 |
| Diagramm 5: Beiwert k_c (°C) zur Berücksichtigung des Abfalls der Druckfestigkeit (f_{ck}) von Beton mit quarzhaltigem Zuschlag bei Hochtemperaturen | 20 |
| Diagramm 6: Restfestigkeit von Normalbeton | 21 |
| Diagramm 7: Beiwert k_s (Θ) zur Berücksichtigung des Abfalls der charakteristischen Festigkeit (f_{yk}) von Betonstahl bei Hochtemperaturen | 22 |
| Diagramm 8: Restfestigkeit für Betonstahl nach Hochtemperaturbelastung | 23 |
| Diagramm 9: Temperaturabhängige Verbundspannung für Betonstahl bei unterschiedlichen Betondeckungen | 24 |
| Diagramm 10: Dampfdruck in Abhängigkeit von der Temperatur | 26 |
| Diagramm 11: Lage der Zonen bei Brandeinwirkung an der Betonoberfläche von Normal- und hochfestem Beton | 29 |
| Diagramm 12: Temperatur in 5 cm Tiefe in Abhängigkeit vom Fasergehalt und der Branddauer | 34 |
| Diagramm 13: Empirisch ermittelte Temperatureindringkurve zum Nachweis des Lastfalles Brand sowie zum Nachweis der Resttragfähigkeit. Gilt nur für feuchten Faserbeton mit einer Trockenrohddichte = 2000 bis 2600 kg/m ³ und deckt die Temperatureinwirkung gemäß RWS, HC _{inc} , HC und ETK ab | 40 |
| Diagramm 14: Gegenüberstellung der Temperatureindringung bei einem Großbrandversuch (versuch an einer Tunnelkalotte) zwischen einem zuschlagsoptimierten und herkömmlichen Faserbeton. | 43 |
| Diagramm 15: DTV (Kfz/24h) B 99 Radstadt | 81 |
| Diagramm 16: DTV (Kfz/24h) A9 Schoberpassstr. | 84 |
| Diagramm 17: DTV (Kfz/24h) B167 | 85 |
| Diagramm 18: DTV (Kfz/24h) A 10 Niedernfritz | 88 |
| Diagramm 19: DTV (Kfz/24h) A10 Katschberg | 89 |

ANHANG

1. AUSGEFÜHRTE AUFTRÄGE WÄHREND DER SANIERUNG DES TAUERNTUNNELS

Brandschadenssanierung

Bautechnik:

- Sofortmaßnahmen
- Bauwerksprüfung als Zustandsfeststellung
- DIBIT - Vermessung zur Feststellung des Schadensbildes
- Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen
- Untersuchung Betonabbruchmaterial für Bestimmung der Eluatklassen F-Decke
- Technische Beratung für Sanierungsarbeiten, Planung und Beratung für Sanierung
- Tunnelbautechnische Beratung, Planprüfung und Beistellung von Bauaufsichtspersonal
- HDW - Reinigung
- Reinigung der Portalbereiche
- Brandschadenssanierung
- Betondecken und Seitenstreifensanierung
- Erneuerung der Tunnelbeschichtung

E - Technik:

- Reinigung
- Reinigung Abluftkanal - Abschnitt 4
- Reinigung elektronischer und Maschinelles Anlagen
- Reinigung des Schachtkopfes bis Kavernen
- Sanierung Brandschaden E - Technik
- Demontage brandbeschädigter Anlagenteile
- Demontage Kabeltassen und Abluftklappen
- Projektierung Behebung Brandschaden
- Schadensbehebung Tunnelantennensystem
- Inbetriebnahme der Funkanlage und Strahlerkabelmessung
- Co- und Trübsichtmessanlage
- Verkehrslichtsignalanlage
- F - Nischen Bodenrahmen, Abdeckbleche
- Revision Mittelspannungsanlage
- Motorrevision Lüftungsanlage
- Schaummittel, Schläuche samt Zubehör für Tunnellöschanlage
- Ersatzteile Tunnelgebläse

- Reinigung Kabeltassen, Abhängungen, Lampe
- Reinigung Aufstieg Lüftungskanal
- Kabelprüfung

Zusätzliche Leistungen:

Bautechnik:

- Zusätzliche Verbesserungen Abluftkanal

E - Technik:

- Projektierung Abluftjalousien
- Abluftjalousien
- Einbringung Abluftjalousien
- Feuerwehr - Alarmierung von Warte
- Luftversorgung für Notrufrischen
- Erweiterung Funkanlage
- Einstellwerte Abluftjalousien

Vorgezogene Sanierung:

Bautechnik:

- Mittelkanalsanierung
- Erneuerung der Tunnelbeschichtung

E - Technik:

- Projektierung E-technischer-Verkehr
- Erneuerung Verkehrsleiteinrichtung
- Herstellung Doppelzählschleifen
- Brandschutztüren für NH - Nischen
- Revision Mittelspannungsanlage

2. ABC - ANALYSE DES AUFTRAGS

BRANDSCHADENSANALYSE

| Position | ABC Analyse | Kurzbeschreibung Position laut .LV | Menge | Einheit |
|-------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------|----------------|
| AA 02 10 2 + BB 02 10 2 | 1 | Zeitgebundene Kosten | 1,0 | PA |
| BB 03 22 61 X | 2 | Betabtr grfl unbew 5 Ulme | 3.400,0 | m ² |
| AA 06 12 81 Y | 3 | Fertigt STB ZwDeZu St | 209,0 | St |
| AA 06 12 81 Z | 4 | Fertigt STB ZwDeAb St | 209,0 | St |
| AA 13 20 00 5 + BB 13 20 00 5 | 5 | Liefern von Spritzbeton | 1.500.000,0 | kg |
| AA 06 12 81 T | 6 | Fertigt STB Auflager St | 320,0 | St |
| AA 03 22 53 X | 7 | Beabtrg gfl unt Bew 3,5 ZwDe | 1.600,0 | m ² |
| AA 03 20 8X X | 8 | STB ABBR Bauteil ZWD PA | 1,0 | PA |
| BB 13 20 00 2 | 9 | Spritzbeton SpB30 GRFL 10cm UL | 2.100,0 | m ² |
| AA 06 20 42 X | 10 | Betonstahl 550 Fertigt | 101,0 | to |
| BB 13 20 00 3 | 11 | Spritzbeton SpB30 TFGR 15cm UL | 1.300,0 | m ² |
| AA 21 00 3 | 12 | Winkel ZWD | 115,0 | St |
| BB 03 22 21 X | 13 | Betabtr klfl unbew 5 Ulme | 876,0 | m ² |
| AA 13 20 00 4 | 14 | Spritzbeton SpB30 KLFL 7cm ZWD | 1.600,0 | m ² |
| BB 21 01 00 1 | 15 | Verankerung BSTG einlagig | 8.500,0 | St |
| AA 02 10 2 + BB 02 10 1 | 16 | Einrichten der Baustelle | 1,0 | PA |
| AA 21 00 2 | 17 | Aufhängesystem ZWD 25KN | 418,0 | St |
| BB 13 20 00 1 | 18 | Spritzbeton Spb30 KLFL 10cm UL | 876,0 | m ² |
| BB 21 01 00 2 | 19 | Verankerung BSTG zweilagig | 5.100,0 | St |
| BB 06 20 44 X | 20 | Betonstahl M IV AQ5 | 14,0 | to |
| AA 21 00 1 | 21 | Dübel Vertigteil | 2.450,0 | St |
| AA 13 30 71 Y | 22 | Risse verfüllen W kleiner 2mm | 830,0 | m |
| AA 21 00 50 1 | 23 | Dübel M12/20 ZWD | 2.300,0 | St |
| AA 21 00 70 1 | 24 | Fugenverguss ZWD Fertigteil | 2.220,0 | m |
| AA 02 10 5 + BB 02 10 5 | 25 | Räumen der Baustelle | 1,0 | PA |
| AA 02 00 00 1 | 26 | Anker 250kN Lg=3m | 113,0 | St |
| AA 13 40 2 | 27 | Ausinjizieren Fertigteile | 11,0 | m ³ |
| AA 21 00 4 | 28 | Bolzen und Hüllrohr TRW | 450,0 | St |
| BB 03 22 8 | 29 | Abtragsränder scharfkantig 1cm | 1.500,0 | m |
| AA 13 40 1 | 30 | Glattstrich KHM | 628,0 | m |
| AA 02 00 00 2 | 31 | Ankerkopf SpB 30 | 113,0 | St |
| AA 06 12 81 X | 32 | Aufpreis FT Auflager ST | 100,0 | St |
| DD 23 91 14 A | 33 | Arbeiter Beistellung | 200,0 | HR |
| AA 13 30 71 X | 34 | Risse verfüllen W größer 2mm | 200,0 | m |
| DD 23 93 01 A | 35 | Baustofflieferung | 80.000,0 | VE |
| BB 13 40 3 | 36 | Erschwernis Blockfugen | 500,0 | m |
| AA 08 20 0 | 37 | Neoprenlager | 942,0 | m |
| BB 13 10 41 2 | 38 | Bet VER HDS | 500,0 | m ² |
| AA 21 00 8 | 39 | Fugenverguss fert/Ulme | 630,0 | m |
| AA 21 00 9 | 40 | Fugenverguss TRW | 314,0 | m |
| AA 13 10 71 2 | 41 | Bet UNT HDS | 300,0 | m ² |

| | | | | |
|----------------------------|----|-------------------------------|----------|----|
| AA 03 22 91 3 | 42 | Schnitte Bet 1cm Untersichten | 200,0 | m |
| AA 02 10 0 + BB 02 10 0 | 43 | Endreinigung | 1,0 | PA |
| AA 21 02 0 | 44 | Proviserische Leitung | 310,0 | m |
| DD 23 92 52 A | 45 | Anteil Betriebsstoffe | 30.000,0 | VE |
| DD 23 92 51 A | 46 | Anteil Miete | 30.000,0 | VE |

| | | | | |
|---------------|--|-------------------------------|---------|----|
| CC 03 70 0 | | Abluftöffnungen 230*220 | 130,0 | St |
| CC 03 70 1 | | Verschliessen Abluftöffnungen | 1.020,0 | St |
| CC 21 00 70 2 | | Fugenverguss ZWD Erneuern | 2.500,0 | m |

3. BLOCKWEISE BERECHNUNG DER ULMENFLÄCHE UND ZWISCHENDECKENFLÄCHE

| Block | Länge | Ulmenhöhe | Ulmenfläche (Ost+ West) | Deckbreite Untersicht | Deckenfläche Untersicht |
|-------|-------|-----------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | m | m | m ² | m | m ² |
| 10 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 11 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 12 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 13 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 14 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 15 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 16 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 17 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 18 | 13,70 | 4,80 | 131,52 | 10,80 | 147,96 |
| 19 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 20 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 21 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 22 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 23 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 24 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 25 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 26 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 27 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 28 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 29 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 30 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 31 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 32 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 33 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 34 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 35 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 36 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 37 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 38 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 39 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 40 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 41 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 42 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 43 | 6,10 | 4,80 | 58,56 | 10,80 | 65,88 |
| 44 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 45 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 46 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 47 | 6,10 | 4,80 | 58,56 | 10,80 | 65,88 |
| 48 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 49 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |

| Block | Länge | Ulmenhöhe | Ulmenfläche (Ost+ West) | Deckbreite Untersicht | Deckenfläche Untersicht |
|-------|-------|-----------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | m | m | m ² | m | m ² |
| 50 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 51 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 52 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 53 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 54 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 55 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 56 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 57 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 58 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 59 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 60 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 61 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 62 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 63 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 64 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 65 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 66 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 67 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 68 | 7,70 | 4,80 | 73,92 | 10,80 | 83,16 |
| 69 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 70 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 71 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 72 | 5,70 | 4,80 | 54,72 | 10,80 | 61,56 |
| 73 | 4,30 | 4,80 | 41,28 | 10,80 | 46,44 |
| 74 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 75 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 76 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 77 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 78 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 79 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 80 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 81 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 82 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 83 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 84 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 85 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 86 | 6,00 | 4,80 | 57,60 | 10,80 | 64,80 |
| 87 | 12,10 | 4,80 | 116,16 | 10,80 | 130,68 |
| 88 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 89 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |
| 90 | 12,00 | 4,80 | 115,20 | 10,80 | 129,60 |

| Ergebnis: | | |
|-------------------------------------|--------|----------------|
| Gesamtfläche der Ulme im Bereich A | 2155,2 | m ² |
| Gesamtfläche der Ulme im Bereich B | 1852,8 | m ² |
| Gesamtfläche der Ulme im Bereich C | 1391,0 | m ² |
| | | |
| Gesamtfläche der Decke im Bereich A | 3987,4 | m ² |
| Gesamtfläche der Decke im Bereich B | 2404,1 | m ² |
| Gesamtfläche der Decke im Bereich C | 3777,8 | m ² |

Legende:

| | |
|--|---------------|
| | Teilbereich A |
| | Teilbereich B |
| | Teilbereich C |

4. LEISTUNGSVERZEICHNIS DER SANIERUNG 1999

Ausschreibung und Angebot: Tauerntunnel Brand Instandsetzung



B.7 Leistungsverzeichnis

7,1 Leistungsbeschreibung

7,2 Leistungsverzeichnis

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Ausschreibung und Angebot: | Tauerntunnel Brand Instandsetzung |
|----------------------------|-----------------------------------|

| B.7 | LEISTUNGSVERZEICHNIS | Vorbemerkung |
|-----|----------------------|--------------|
|-----|----------------------|--------------|

B.7 Leistungsverzeichnis

In dem Leistungsverzeichnis werden die Vergütungen für Bauleistungen für die Österreichische Autobahnen- und Schnellstraßen-Aktiengesellschaft als Auftraggeber (AG) einerseits und die Auftragnehmer (AN) andererseits geregelt.

Es ist unterteilt in

7,1 Leistungsbeschreibung
7,2 Leistungsverzeichnis (LV)

Die Leistungsbeschreibungen stellen einen untrennbaren Bestandteil zum Leistungsverzeichnis dar.

Hinsichtlich allfälliger Eventual- und Wahlpositionen gilt folgende Regelung:

Die Eventual-Positionen sind nach der LB-Positions-Nummer mit "E" bezeichnet, die Wahl-Positionen mit "W"(gemäß ÖNORM B 2063). Eventual-Positionen können, müssen aber nicht zur Ausführung kommen. Bei Wahl-Positionen gelangt eine der Positionen zur Ausführung.

Die angebotenen Leistungen sind somit durch die allgemeine und ergänzende Leistungsbeschreibung nach Art und Umfang genügend und genau festgelegt.

7,1 Leistungsbeschreibung

7,101 Allgemeine Leistungsbeschreibung

Als solche gelten die

Leistungsbeschreibung für Straßenbauten (RVS, Absch.7), Leistungsbeschreibung für Brückenbauten (RVS Absch. 7B bzw. FGS, Ausg.1970), jeweils mit den Ergänzungen zum Stichtag: Zwei Monate vor Beginn der Angebotsfrist.

7,102 Besondere Leistungsbeschreibung

Diese ändert bzw. ergänzt die in den Leistungsbeschreibungen der B.7,101 festgehaltenen Beschreibungen (z.B.: LB.NR. 1,111 Z) und Bestimmungen oder wird die Leistung unter Beachtung der Beilage B.2 bis B.6 in der Position beschrieben, da hierfür keine Leistungsbeschreibung herangezogen werden kann.

| | |
|----------------------------|-----------------------------------|
| Ausschreibung und Angebot: | Tauerntunnel Brand Instandsetzung |
|----------------------------|-----------------------------------|

| B.7 | LEISTUNGSVERZEICHNIS | Vorbemerkung |
|-----|----------------------|--------------|
|-----|----------------------|--------------|

7.103 **Angebot in EURO oder Schilling**

Im Sinne der Einführung des EURO mit 1.1.1999 als Buchgeld und der endgültigen Festlegung der Wechselkurse der Teilnehmerstaaten an der WWU ist es dem Bieter in der Währungsübergangsphase von 1.1.1999 bis 31.12.2001 freigestellt, sein Angebot entweder in Schilling oder in EURO zu erstellen

Bei der Erstellung sämtlicher Angebotsunterlagen (Langtext-Leistungsverzeichnisse, Kurzttext-Leistungsverzeichnisse, Datenträger etc.) gilt für den Bieter allerdings der Grundsatz:

Einmal Schilling – immer Schilling bzw. Einmal EURO – immer EURO

Angebote die sowohl Preise in Schilling als auch in EURO enthalten sind mit einem nicht behebbaren Mangel behaftet und werden ausgeschieden.

Ein Angebot, welches vom Bieter in EURO erstellt wurde, wird von der ÖSAG als ÖSAG-Entwurf und nicht - schon per se - als Alternative gewertet.

Da die ÖSAG die Umstellung der Hauswährung auf den EURO voraussichtlich erst gegen Ende der Währungsübergangsphase mit 1.1.2002 vornehmen wird, werden die Bieter unbeschadet der oben angeführten Möglichkeiten in Euro oder Schilling anzubieten ersucht bis zu diesem Zeitpunkt **sowohl die Angebote als auch im Auftragsfall die Rechnungen möglichst in Schilling zu erstellen.**

Der Bieter erklärt, daß er **sämtliche Geldbeträge** in den vorliegenden Angebotsunterlagen (dies gilt auch für seine Alternativen) in

Schilling

EURO

dargestellt hat (Bitte zutreffendes ankreuzen).

In den gegenständlichen Angebotsunterlagen sind die Lücken für die Entgeltbeträge noch durch Schilling-Abkürzungen ergänzt (ÖS, S oder ATS). Im Falle eines Angebotes, welches in Euro erstellt wurde, haben diese Schilling- Abkürzungen keine Gültigkeit.

| | |
|----------------------------|------------------------------------|
| Ausschreibung und Angebot: | Tauernntunnel Brand Instandsetzung |
|----------------------------|------------------------------------|

B.7 LEISTUNGSVERZEICHNIS**Vorbemerkung**

Als Umrechnungskurs zwischen Schilling und EURO wird der von der Europäischen Union mit 31.12.1998 endgültig festgelegte Wechselkurs mit 6 signifikanten Stellen (4 Nachkommastellen) vereinbart. **Dieser Wechselkurs wurde so festgelegt, daß 1 EURO 13,7603 Schilling entspricht.**

Abrechnung in EURO oder Schilling

Die Abrechnung erfolgt grundsätzlich in der angebotenen Währung. Ist der Vertrag in Schilling abgeschlossen und reicht er über den 1.1.2002 hinaus bleibt der Schilling auch nach dem 1.1.2002 Abrechnungseinheit und damit auch Abrechnungswährung. Das Ergebnis aus der Abrechnung in Schilling wird dann in Euro ausgewiesen.

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 1

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV ABESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|---------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|---|---------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

02 BAUSTELLENBETRIEB**02.0 Z Ankerungsarbeiten**

02.0 00 Z Ankerungen gemäß Plan IGT

02. 1 Z ANKER 250kN lg=3m

02.0 00 01

Liefen und versetzen von 250kN Anker.

Typ:

.....

Länge 3,00 m

Lo:

So: _____

113,00 ST EP:

02. 2 Z ANKERKOPF SpB30

02.0 00 02

Herstellen von Spritzbetonankerköpfen.

Betongüte: SpB 30

Lo:

So: _____

113,00 ST EP:

02.1 Baustelleneinrichtung

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Einrichten und Räumen der Baustelle

Die Kosten für das Einrichten und Räumen der Baustelle (einmalige Kosten) sowie die zeitgebundenen Kosten der Baustelle sind in den entsprechenden Positionen des LV anzubieten. Sind hierfür keine Positionen im LV vorgesehen, so sind die diesbezüglichen Kosten in die Einheitspreise der ausgeschriebenen Leistungspositionen einzurechnen.

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 2

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|--------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|--------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

(2) Bereithalten der Geräte und Einrichtungen

In die Positionen für die zeitgebundenen Kosten der Baustelle sind die Kosten für das Bereithalten jener Geräte und Einrichtungen aufzunehmen, die nicht in den Einheitspreisen der jeweiligen Leistungspositionen enthalten sind.

(3) Zusätzliche Baustelleneinrichtung

Sind für zusätzliche Baustelleneinrichtung (Tiefgründungen, Ankerungsarbeiten u. dgl.) keine Positionen im LV vorgesehen, so sind die diesbezüglichen Kosten in die Pauschalpreise der Baustelleneinrichtung, LB-Pos. 02.101 und 02.105 einzurechnen.

Die zeitgebundenen Kosten für die zusätzliche Baustelleneinrichtung sind in die entsprechenden Leistungspositionen einzurechnen.

(4) Technische Vertragsbedingungen

Für diese Unterleistungsgruppe sind keine technischen Vertragsbedingungen vorgesehen.

02. 3 Z
02.1 00

ENDREINIGUNG

Endreinigung des gesamten Baubereiches

Lo:

So: _____

1,00 PA EP:

02. 4
02.1 01

EINRICHTEN DER BAUSTELLE

Einrichten der Baustelle

Lo:

So: _____

1,00 PA EP:

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 3

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV ABESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG POS.PREIS |
|-------------|-----------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|
|-------------|-----------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|

02. 5 ZEITGEBUNDENE KOSTEN PA

02.1 02

Zeitgebundene Kosten der Baustelle

Lo:

So: _____

1,00 PA EP:

02. 6 RÄUMEN DER BAUSTELLE

02.1 05

Räumen der Baustelle

Lo:

So: _____

1,00 PA EP:

02 SUMME BAUSTELLENBETRIEB

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 4

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

03

VOR- UND ABBRUCHARBEITEN

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Allgemeines

Für die Ermittlung der Preise der nachstehenden Leistungen hat der Bieter die Baustelle zu besichtigen und sich mit den örtlichen Gegebenheiten vertraut zu machen.

(2) Eingriffe in das Landschaftsbild

Eingriffe in das Landschaftsbild im Bereich der Baustelle, wie Beseitigen von Bäumen und Sträuchern, Entfernen von Leitungen, Einfriedungen, Wegen, Viehtränken u. dgl., dürfen nur mit Genehmigung des Auftraggebers vorgenommen werden, auch wenn dies nur für vorübergehende Baumaßnahmen erfolgt. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß allenfalls einzelne, besonders gekennzeichnete oder in der Ausschreibung angegebene Bäume und Strauchgruppen erhalten bleiben müssen.

(3) Entsorgung von Abbruchmaterial

Das Trennen und Wegschaffen des anfallenden Abbruchmaterials der Eluatklassen I und II ist in die betreffenden Leistungspositionen einzurechnen, falls hierfür keine eigenen Leistungspositionen vorgesehen sind.

Fällt Abbruchmaterial höherer Eluatklassen an, so wird im Einvernehmen mit dem Auftraggeber die Trennung und schadlose Beseitigung, soweit ein eigener Arbeitsgang notwendig ist, gegen Nachweis der Kosten vergütet.

(4) Trennen von Materialien, Abrechnung

Die Mehrkosten für das "Trennen und Weg-

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 5

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

schaffen zur weiteren Verwertung" einschließlich aller Gebühren für zur Wiederverwertung geeigneter Materialien und für die entsprechenden Nachweise werden mit den hierfür vorgesehenen LV-Positionen abgegolten. Die Umrechnung von Raum auf Masse erfolgt gemäß ÖNORM B 4010.

Für Materialien, die gemäß Ausschreibung im Baulos oder nach Weisung des Auftraggebers außerhalb des Bauloses wiederverwendet werden, sind allfällige Mehrkosten für das Trennen bereits in die jeweiligen Leistungspositionen einzurechnen und werden nicht gesondert vergütet.

Die ausschreibungsgemäß erbrachte Leistung ist unabhängig vom Erreichen des Schwellenwertes zu vergüten.

Falls für das "Trennen und Wegschaffen zur weiteren Verwertung" keine gesonderten Leistungspositionen im LV vorgesehen sind, sind die eventuellen Mehrkosten in das "Wegschaffen" einzurechnen.

03.2

Vor- und Abbrucharbeiten für Instandsetzung

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Allgemeines

Bei Arbeitsbeginn sind vom Auftraggeber gemeinsam mit dem Auftragnehmer die schadhafte Stellen festzustellen und der Umfang der Arbeiten vom Auftraggeber anzuordnen.

Über den angeordneten Umfang hinausgehende Leistungen werden nicht vergütet. Eine eventuell erforderliche Wiederherstellung oder Instandsetzung ist auf Kosten des Auftragnehmers durchzuführen.

Hilfsgerüste bis zu einer Gerüsthöhe von 2,0 m und Leitern bis zu einer Länge von 4 m sind in die Einheitspreise einzu-

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 6

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV ABESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG POS.PREIS |
|-------------|-----------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|
|-------------|-----------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|

rechnen.

Für das Wegschaffen bzw. Entsorgen des Abbruchmaterials sind ÖNORMEN der Reihe S sowie die einschlägigen Richtlinien maßgebend.

(2) Abbruch- und Abtragsmethode

Die Wahl der Abbruch- und Abtragsmethode und deren Geräte hat so zu erfolgen, daß keine Schäden an den verbleibenden Bauteilen entstehen. Insbesondere ist der Einsatz schwerer Abbruchgeräte, welche an tragenden Bauteilen große Erschütterungen hervorrufen, nicht zulässig. Beim Teilabbruch von Bauteilen aus Spannbeton ist vor allem im Bereich der Spannköpfe und Spannkabel besondere Vorsicht erforderlich.

Die Wahl der Abbruch- und Abtragsmethode und deren Geräte hat so zu erfolgen, daß eine Trennung des Materials nach Eluatklassen gegeben ist.

Bei allen Abbruch- und Abtragsarbeiten werden Abweichungen von den angegebenen Betongüten nicht gesondert vergütet. Vorhandene Bewehrung darf nur mit Zustimmung des Auftraggebers entfernt werden.

Für das Abbrechen mit Hochdruckwasser sind Geräte zu verwenden, die im Hinblick auf Betongüte und Abtragstiefe die entsprechende Leistung (Arbeitsdruck und Wasserdurchfluß) aufweisen.

Die eingesetzten Geräte müssen hinsichtlich Lärmemission den Richtlinien des Österreichischen Arbeitsringes für Lärmbekämpfung (ÖAL) entsprechen. Die Arbeitsmethode ist so zu wählen, daß die Gesamtlärmemission der Baustelle möglichst gering ist. Werden darüber hinaus zusätzliche Lärmschutzmaßnahmen (z.B. schalldämmende

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 7

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE EH | PREISANTEILE | WG POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|----------|--------------|--------------|
|-------------|----------|---------------------------|----------|--------------|--------------|

Einhausung, Schutzwand) angeordnet, so werden diese gesondert vergütet.

(3) Nebenleistungen

Sind die Arbeiten halbseitig oder in Teilabschnitten auszuführen, so sind die Mehrkosten hierfür in die entsprechenden Leistungspositionen einzurechnen, falls keine gesonderten Positionen dafür vorgesehen sind.

(4) Abrechnungshinweise

Bei Abrechnung von Abbrüchen bleibt das Volumen von Einbauten unberücksichtigt, ausgenommen abgeschaltete Hohlräume über 0,5 m³.

Die Einheitspreise der Abbruch- und Abtragsarbeiten beinhalten auch die Kosten für das Auf- und Abladen sowie das Verfühen im Baulosbereich, soweit eine Wiederverwertung im Baulosbereich möglich ist. Der Einbau wird nach gesonderten Positionen vergütet. Die Wiederverwertung umfaßt entweder den unmittelbaren Einbau von Abbruch- und Abtragsmaterial als Baustoff, oder die Zwischenlagerung für einen späteren Einbau als Baustoff. In allen Fällen ist ein Nachweis (wie z.B. durch Abrechnungsunterlagen, Lieferscheine oder Übernahmestätigungen) erforderlich.

Das Wegschaffen und Entsorgen von Abbruch- und Abtragsmaterial der Eluatklassen III und IV wird gegen Nachweis der Kosten und Übergabe der gesetzlich vorgesehenen Übernahmenachweise, falls hierfür keine Leistungspositionen vorgesehen sind, vergütet.

(5) Ermittlung der Abtragsflächen

In Eck- und ähnlichen Bereichen gelangen jeweils die Sichtflächen zur Verrechnung.

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 8

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGL | PosNr | Z | PZZV | ABESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|--------|-------|---|------|----------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|--------|-------|---|------|----------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

Die jeweilige Kante bzw. Ixe gilt auch als Grenze für jedefolgende Tiefenstaffel.

(6) Regelblatt

Abrechnungsskizzen für die Positionen 03.219 bis 03.226 sind im Regelblatt 03.2-1 enthalten.

(7) Technische Vertragsbedingungen

Für diese Unterleistungsgruppe sind keine technischen Vertragsbedingungen vorgesehen.

03.2 08

Bauteile aus Stahlbeton oder Spannbeton abbrechen,

03. 7 Z
03.2 08 XX

STB ABBR BAUTEIL ZWD PA

Bauteil Zwischendecke,
Abbruchmethode

.....

Die Zwischendecke im Zuluft und Abluftbereich ist auf Länge von ca. 315m abzutragen.

Eizurechnen ist weiters:

- das Trennen der Zwischenwand mittels eines Schnittes von der Zwischendecke
- das Laden und Verführen des Abtraggutes auf AN-Deponie
- der Schutz des Seitenstreifens und falls erforderlich der Betonfahrbahn vor Beschädigung im Zuge der Abbrucharbeiten
- Sonstige Nebenarbeiten

Lo:

So: _____

1,00 PA EP:

03.2 22

Schadhaften Beton bis zum ausreichend tragfähigen Untergrund flächenhaft abtragen, Mindestabtragstiefe 1 cm, für Einzelflächen bis 4 m²,

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 9

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|--------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|--------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

03. 8 Z
03.2 22 1X

BETABTR KLFL UNBEW 5 Ulme

im Abtragsbereich unbewehrter oder schwach bewehrter Beton, Abtragtiefe bis 5 cm, Bauteil Ulmenbereich, Abtragsmethode: HDW

Anmerkung:

Entgegen den ständigen Vertragsbestimmungen der RVS 7B, wird hier nur eine Tiefenstufe vergütet!

Lo:

So: _____

876,00 M2 EP:

03.2 25

Schadhaften Beton von Untersichten bis zum ausreichend tragfähigen Untergrund flächenhaft abtragen, Mindestabtragtiefe 1 cm, für Einzelflächen größer 4 m²,

03. 9 Z
03.2 25 3X

BETABTR GFL UNT BEW 3,5 ZwDe

im Abtragsbereich Stahlbeton, Zwischendeckenuntersicht Abtragtiefe bis 3,5 cm, Abtragsmethode HDW

Einzurechnen ist ebenfalls das erforderliche Entrosten der Bewehrung, mind.Sa1.

Nach dieser Position werden auch Kleinflächen abgerechnet.

Lo:

So: _____

1.600,00 M2 EP:

03.2 26

Schadhaften Beton bis zum ausreichend tragfähigen Untergrund flächenhaft abtragen, Mindestabtragtiefe 1 cm, für Einzelflächen größer 4 m²,

03. 10 Z
03.2 26 1X

BETABTR GRFL UNBEW 5 Ulme

im Abtragsbereich unbewehrter oder schwach bewehrter Beton, Abtragtiefe bis 5 cm,

Projekt A10TTARGIBAUWERK

Seite 10

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGL | PosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|--------|-------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|--------|-------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

Bauteil Ulmenbereich,
Abtragsmethode HDW

Anmerkung:

Entgegen den ständigen Vertragsbestimmungen der RVS 7B, wird hier nur eine Tiefenstufe vergütet!

Lo:

So:

3.400,00 M2 EP:

03. 11
03.2 28

ABTRAGSRÄNDER SCHARFK 1cm

Abtragsränder auf Betonoberflächen
scharfkantig, geradlinig und ohne Ausbrüche auf eine Tiefe von mind. 1 cm herstellen

Lo:

So:

1.500,00 M1 EP:

03.2 29

Schnitte in Betonflächen scharfkantig und geradlinig auf eine Tiefe von 1 cm herstellen,

03. 12
03.2 29 13

SCHNITTE BET 1cm UNTERSICHTEN

in Untersichtsflächen

Lo:

So:

200,00 M1 EP:

03.2 65

Entsorgen von Abbruchmaterial der
Eluatklasse III und IV,

Projekt A10TTARGIBAUWERK

Seite 11

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

03. 13 E * ENTSORGEN Beton
03.2 65 XX

Material **Betonabbruchmaterial**

Lo:

So:

900,00 TO EP: *****

03.7 Z **Abluftkanal**
Neue Abluftöffnungen herstellen, bestehende Abluftöffnungen verschließen.

03. 14 Z **ABLUFTÖFFNUNGEN 230*220cm**
03.7 00

Herstellen von neuen Abluftöffnungen in der Zwischendecke im Bereich des Zuluftkanls - gesamte Tunnellänge

Maße: 230/220cm Abstand ca. 4800cm

Einzurechnen ist:

- das maßgenaue geradlinige Schneiden der Aussparrung
- der Abtrag und das Wegschaffen des Betonmaterials
- sonstige erforderliche Nebenarbeiten

Lo:

So:

130,00 ST EP:

03. 15 Z **VERSCHLIESSEN ABLUFTÖFFNUNGEN**
03.7 01

Liefen und Einbauen eines NiRo Bleches Type Stahl V4A 500*800*5mm für das Verschließen der alten Abluftöffnungen.

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 12

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

Einzurechnen ist weiters:

- selbstlebendes hitzebeständiges Abdichtungsband als Auflager
- erforderliches Befestigungsmaterial
- sonstige erforderliche Nebenarbeiten

Lo:

So: _____

1.020,00 ST EP:

03

SUMME VOR- UND ABRUCHARBEITEN

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 13

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

06

BETON-, STAHLBETON- UND MAUERUNGSARBEITEN

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Allgemeines

Die Bedingungen dieser Leistungsgruppe und der zugehörigen technischen Vertragsbedingungen RVS 8B.06 gelten für Bauteile aus Beton, Stahlbeton, Mörtel, Natur- und Kunststein und auch für derartige Bauteile anderer Leistungsgruppen.

(2) Leistungsumfang

Die Einheitspreise beinhalten, wenn im Leistungsverzeichnis nichts anderes vorgesehen ist, die Kosten für folgende Leistungen:

Das Liefern, Herstellen, Einbauen, Verdichten und Nachbehandeln des Betons, ferner das Herstellen, Beistellen und Abtragen der Schalungen, Aussteifungen und Gerüste mit Ausnahme der Lehrgerüste für Tragwerke, bei Hohlbauteilen auch die allenfalls erforderlichen Vorkehrungen für die Entwässerung der Hohlbauteile, alles notwendige Kleinteilzeug, die Herstellung der erforderlichen Aussparungen für Leitungen, Kabelschächte, Geländersteher, Leitschienensteher, Lager- teile, Dichtungen und Fugenausbildungen sowie für die Herstellung von Hohlkehlen in Ixen, von Kantenabrundungen und von Nuten für das Aufbringen der Abdichtung.

(3) Abrechnung

Die Abrechnung der Leistungen erfolgt nach den Planmaßen der zur Ausführung genehmigten Pläne bzw. den vom Auftraggeber zugestimmten Abänderungen.

(4) Ausmaßermittlung

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 14

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG POS.PREIS |
|-------------|--|-------|----|--------------|-----------------|
| 06.1 | <p>Für die Ausmaßfeststellung gilt ÖNORM B 2211, jedoch bleiben erforderliche Ausparungen bzw. Einbindungen anderer Bauteile bis zu einer Kubatur von 0,05 m³ bzw. 0,05 m³/m unberücksichtigt.</p> <p>Beton und Stahlbeton</p> <p>Ständige Vertragsbestimmungen</p> <p>(1) Mischungsverhältnis</p> <p>Aus der Verschiedenheit des bei Anbotstellung angenommenen und des aufgrund der Eignungsprüfung festgelegten Mischungsverhältnisses können keine Forderungen abgeleitet werden.</p> <p>(2) Verarbeitung des Betons</p> <p>Wird bei Bauteilen örtlich die Verwendung eines kleineren Größtkorns (z.B. GK 22 statt GK 32 bzw. GK 16 statt GK 22) oder eines leichter verarbeitbaren Beton (z.B. K 4 statt K 3 bei unverändertem W/Z-Wert) erforderlich, so werden diese Mehrkosten nicht gesondert vergütet, sondern sind in die Einheitspreise einzurechnen.</p> <p>(3) Arbeitsfugen</p> <p>Die Kosten für das Ausbilden von Arbeitsfugen und die Vorkehrungen für das Weiterbetonieren sind in die Einheitspreise einzurechnen.</p> <p>(4) Bewehrung</p> <p>Die Bewehrung wird gesondert vergütet, sofern in den LB-Positionen nichts gegenteiliges bestimmt wird.</p> <p>(5) Schalung</p> <p>In Leistungspositionen, mit denen Beton</p> | | | | |

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 15

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

einschließlich Schalung und deren Abstützung ausgeschrieben wird, sind für Betonsichtflächen Schaltafeln oder gleichwertiges vorzusehen, sofern in den Ausschreibungsunterlagen nicht anderes gefordert wird.

Bei Betonsichtflächen, die steinmetzmäßig bearbeitet werden, ist ein Vorschmaß entsprechend der Bearbeitungsart vorzusehen.

(6) Technische Vertragsbedingungen

Die technischen Vertragsbedingungen RVS 8B.06.1 sind einzuhalten.

06.1 28

Fertigteile aus Stahlbeton herstellen und einbauen,

06. 16 Z
06.1 28 1T

FERTIGT STB Auflager ST

Sorte B 400,FB,SA

Bauteil: Auflagerfertigteile für Zwischendecke

Lo:

So: _____

320,00 ST EP:

06. 17 Z
06.1 28 1X

AUFPREIS FT Auflager ST

Aufpreis zu Position 06.1281T "FERTIGT STB Auflager" für die Erschwernisse beim Versetzen in jenen Bereichen, wo die Zwischendecke nicht entfernt wird.

Lo:

So: _____

100,00 ST EP:

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 16

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

06. 18 **Z** **FERTIGT STB ZwDeZu ST**
06.1 28 1Y

Sorte B400,FB,SA
Bauteil: Zwischendecke Zuluft

Lo:

So: _____

209,00 ST EP:

06. 19 **Z** **FERTIGT STB ZwDeAb ST**
06.1 28 1Z

Sorte B 400,FB,SA
Bauteil: Zwischendecke Abluft

Lo:

So: _____

209,00 ST EP:

06.2 **Bewehrung**

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Technische Vertragsbedingungen

Die technischen Vertragsbedingungen RVS
8B.06.2 sind einzuhalten.

06.2 04 Stahl für schlaffe Bewehrung liefern,
schneiden, biegen und verlegen,

06. 20 **Z** **BETONSTAHL 550 Fertig.**
06.2 04 2X

Betonstahl der Gruppe 550,
Bauteil Fertigteile Auflager und Zwischendecke
Produkt Rippentorstahl 550

Lo:

So: _____

101,00 TO EP:

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 17

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|--------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|--------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

06. 21 Z **BETONSTAHL M IV AQ 5**
06.2 04 4X

Betonstahl der Gruppe M IV,
Bauteil Ulmenbereiche,
Produkt Baustahlgitter AQ 5

Die Verlegung des Gitters erfolgt gemäß Plan IGT entweder einlagig
oder zwellagig.

Lo:

So: _____

14,00 TO EP:

06

SUMME BETON-, STAHLBETON- UND MAUERUNGSARBEITEN

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 18

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG POS.PREIS |
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|

| | | | | | |
|----|----------|--|--|--|--|
| 08 | STAHLBAU | | | | |
|----|----------|--|--|--|--|

| | | | | | |
|------|-------|--|--|--|--|
| 08.2 | Lager | | | | |
|------|-------|--|--|--|--|

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Allgemeines

Die Bezeichnungen und die Ausstattung der Lager sind der RVS 15.441, Brückenausrüstung, Lager, zu entnehmen.

Für die beim Einbau der Lager erforderlichen Betonarbeiten gelten die ständigen Vertragsbestimmungen der LG 7B.06 und ihrer Unterleistungsgruppen sowie die technischen Vertragsbedingungen der RVS 8B.06.1, Beton und Stahlbeton und 8B.06.2, Bewehrung, vollinhaltlich.

Für die Ausführung des Korrosionsschutzes gelten die ständigen Vertragsbestimmungen der Unterleistungsgruppen 7B.09.1 und 7B.09.2 sowie die technischen Vertragsbedingungen RVS 8B.09.1, Oberflächenvorbereitung von Stahl und 8B.09.2, Oberflächenschutz von Stahl, vollinhaltlich.

(2) Preisbildung

In die entsprechenden LB-Positionen sind einzurechnen:

- die Kosten für provisorische Festhaltungen
- die Kosten für den Korrosionsschutz und für allfällig erforderliche Ausbesserungen
- die Kosten der Ausstattung gemäß RVS 15.441 (z.B. Verschiebungsanzeiger, Faltenbälge)
- die Kosten für Voreinstellungen
- die Kosten für die allfällig erforderliche Überwachung des Einbaues durch

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 19

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|--------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|---|--------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

den Lagerhersteller.

(3) Technische Vertragsbedingungen

Die technischen Vertragsbedingungen RVS
8B.08.1 und RVS 8B.08.2 sind einzuhalten.

08. 22 Z
08.2 00

NEOPRENELAGER

Neoprenelager für Auflager- und Zwischendeckenfertigteile liefern und
versetzen
B = 75mm
H = 10mm

Lo:

So: _____

942,00 M1 EP: .

08 SUMME STAHLBAU

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 20

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG POS.PREIS |
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|
|-------------|------------------------------------|-------|----|--------------|-----------------|

13

INSTANDSETZUNG BETON, STAHLBETON UND MAUERN

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Allgemeines

Für die Durchführung von Arbeiten, für die gemäß ÖNORM B 4200, 6. Teil besondere Kenntnisse erforderlich sind, ist nur geschultes Personal einzusetzen. Auf Verlangen sind entsprechende Prüfungszeugnisse vorzulegen.

Bei Arbeitsbeginn und entsprechend dem Arbeitsfortschritt sind vom Auftraggeber gemeinsam mit dem Auftragnehmer die instandzusetzenden Bereiche im Detail festzustellen. Umfang und Art der Arbeiten sind daraufhin vom Auftraggeber anzuordnen. Über den angeordneten Umfang hinausgehende Arbeiten werden nicht vergütet.

Sind die Arbeiten halbseitig oder in Teilabschnitten auszuführen, so sind die Mehrkosten hierfür in die entsprechenden Leistungspositionen einzurechnen, falls keine gesonderten Positionen dafür vorgesehen sind.

Hilfsgerüste bis zu einer Gerüsthöhe von 2,0 m und Leitern bis zu einer Länge von 4,0 m sind in die Einheitspreise einzurechnen.

(2) Zugelassene Systeme bzw. Produkte, Gütenachweise

Es dürfen nur gemäß den technischen Vertragsbedingungen zugelassene Instandsetzungssysteme bzw. Produkte verwendet werden. Die produktspezifischen Vorschriften sind einzuhalten.

Wenn bei Altbetonflächen die Anforderungen (z. B. Rauheit, Ebenflächigkeit, Haftzugfes-

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 21

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

tigkeit, Druckfestigkeit) gemäß den technischen Vertragsbedingungen nicht eingehalten werden können, sind Sondervereinbarungen zu treffen.

Die Kosten der erforderlichen Gütenachweise sind in die Einheitspreise einzurechnen, ebenso die Kosten von Kontrollflächen.

(3) Technische Vertragsbedingungen

Die technischen Vertragsbedingungen RVS 8B.13 sind einzuhalten.

13.1**Vorbereitungsarbeiten**

13.1 04

Altbetonflächen, stark geneigt oder vertikal, behandeln durch

13. 23 Z**BET VER HDS**

13.1 04 12

Hochdruckwasserstrahlen 1000 - 2000bar

In jenen Bereichen, wo kein Betonabtrag erforderlich ist, kommt diese Position zur Verrechnung. Ansonsten ist die Untergrundvorbehandlung in die Abtragspositionen einzurechnen.

Lo:

So: _____

500,00 M2 EP:

13.1 07

Altbetonflächen an Untersichten behandeln durch

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 22

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV ABESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|---------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|---|---------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

13. 24 Z
13.1 07 12

BET UNT HDS

Hochdruckwasserstrahlen 1000 - 2000bar

In jenen Bereichen, wo kein Betonabtrag erforderlich ist, kommt diese Position zur Verrechnung. Ansonsten ist die Untergrundvorbehandlung in die Abtragspositionen einzurechnen.

Lo:

So: _____

300,00 M2 EP:

13.2

Mörtel- und Betonarbeiten

Ständige Vertragsbestimmungen

(1) Abrechnungshinweise

In Eck- und ähnlichen Bereichen gelangen jeweils die Sichtflächen zur Verrechnung. Die jeweilige Kante bzw. Ixe gilt auch als Grenze für jede folgende Tiefenstaffel.

(2) Regelblatt

Die Abrechnungsskizzen für alle Flächenpositionen von 13.204 bis 13.250 befinden sich auf Regelblatt 13.2 - 1.

13.2 00 Z

Spritzmörtel, kunststoffmodifiziert, zementgebunden aufbringen,

Die Oberfläche ist zu verreiben, sodaß eine Beschichtung ohne weitere Untergrundvorbehandlung aufgebracht werden kann.

Anmerkung:

Die Abrechnungsskizzen gemäß Regelblatt der ständigen Vertragsbestimmungen der RVS 7B kommen nicht zur Anwendung. Das Liefern des Spritzbetons wird gemäß Position 13.20005 vergütet.

Arbeitsmethode Trockenspritzverfahren,

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 23

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGLGPosNr | Z | PZZV A BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|--------------|---|----------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|--------------|---|----------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

13. 25 Z SPRITZBETON Spb30 KLFL 10cm UL
13.2 00 01

Schichtdicke bis 10,0 cm, im Mittel
gemessen. ,

Bauteil: Ulmenbereich (Ringbetonsanierung) kleinflächig

Lo:

So: _____

876,00 M2 EP:

13. 26 Z SPRITZBETON SpB30 GRFL 10cm UL
13.2 00 02

Schichtdicke 10cm bis 15cm, im Mittel
gemessen. ,

Bauteil: Ulmenbereich (Ringbetonsanierung) großflächig

Anmerkung:

Diese Position kommt in jenen Bereichen zur Anwendung, wo die
Ringbetonsanierung großflächig durchgeführt wird, sowie lt. Plan IGT
eine Lage Baustahlgitter vorgesehen ist.

Lo:

So: _____

2.100,00 M2 EP:

13. 27 Z SPRITZBETON SpB30 TFGR 15cm UL
13.2 00 03

Schichtdicke von 15cm bis 20,0 cm, im Mittel gemessen. ,

Bauteil: Ulmenbereich (Ringbetonsanierung) großflächig tiefgreifend

Anmerkung:

Diese Position kommt in jenen Bereichen zur Anwendung, wo die
Ringbetonsanierung großflächig durchgeführt wird, sowie lt. Plan IGT
zwei Lagen Baustahlgitter vorgesehen sind.

Lo:

So: _____

1.300,00 M2 EP:

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 24

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|----------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

13. 28 **Z** **SPRITZBETON SpB30 KLFL 7cm ZwD**
13.2 00 04

Schichtdicke 5 cm bis 7 cm, im Mittel gemessen. ,

Bauteil: Zwischendeckenuntersicht klein- und großflächig

Lo:

So: _____

1.600,00 M2 EP:

13. 29 **Z** **LIEFERN VON SPRITZBETON SpB30**
13.2 00 05

Liefen von Trockenspritzbeton SpB 30

Die Frost-Tausalz-Beständigkeit der obersten Schichte (3cm) muß gegeben sein.

Verrechnet wird der tatsächliche Materialverbrauch (von AG bestätigte Lieferscheine) incl. Rückprallgut. Das Rückprallgut ist vom AN wegzuschaffen.

In der Kalkulation ist der geschätzte Prozentsatz des Rückpralles anzugeben.

System/Produkt Duriment Spritzbeton oder gleichwertig angebotenes Produkt

Lo:

So: _____

1.500.000,00 KG EP:

13.3 **Verpreß- und Verfüllarbeiten**

13.3 07

Risse von der Oberfläche aus mittels Kapillar- oder Gravitationseinwirkung verfüllen.

Der Flüssigkunststoff ist mit Pinsel oder Tropf bzw. Spritzflasche auf die Risse aufzutragen, bis die Risse vollständig verfüllt sind und der Flüssigkunststoff bis zur Betonoberfläche reicht,

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 25

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGLPosNr | Z | PZZV ABESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|---------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|---|---------------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

13. 30 Z
13.3 07 1X

RISSE VERFÜLLEN W>2mm

mit Verfüllmaterial auf Epoxidharz-Basis,
Produkt Sikadur 52 oder gleichwertig
angebotenes Produkt

.....

Sanierung von Rissen mit einer Rißweite > 2mm an der Oberseite der
Zwischendecke

Einzurechnen ist weiters:

- Reinigen des Risses
- Verdämmung des Risses an der Deckenunterseite
- Sonstige Nebenarbeiten

Lo:

So: _____

200,00 M1 EP:

13. 31 Z
13.3 07 1Y

RISSE VERFÜLLEN W< 2mm

mit Verfüllmaterial auf Epoxidharz-Basis,
Produkt Sikadur 52 oder gleichwertig
angebotenes Produkt

.....

Sanierung von Rissen mit einer Rißweite < 2mm an der Oberseite der
Zwischendecke

Einzurechnen ist weiters:

- Reinigen des Risses
- Verdämmung des Risses an der Deckenunterseite
- Sonstige Nebenarbeiten

Lo:

So: _____

830,00 M1 EP:

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 26

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV A | ABESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|--------|----------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|---|--------|----------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

13.4 Z **Betonarbeiten**
Diverse Betonarbeiten

13. 32 Z **GLATTSRICH KHM**
13.4 01

Glattstrich Kunstharzmörtel auf Auflagerfertigteile für Auflager der Neoprenelager

Lo:

So: _____

628,00 M1 EP:

13. 33 Z **AUSINJIZIEREN FERTIGTEILE**
13.4 02

Ausinjizieren der Auflagerfertigteile

Lo:

So: _____

11,00 M3 EP:

13. 34 Z **ERSCHWERNIS BLOCKFUGEN**
13.4 03

Erschwernis für die Wiederherstellung der Blockfugen im Zuge der Spritzbetonaufbringung im Ulmenbereich

Lo:

So: _____

500,00 M1 EP:

13 SUMME INSTANDSETZUNG BETON, STAHLBETON UND MAUERN

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 27

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG POS.PREIS |
|-------------------|----------|---|-------|----|--------------|-----------------|
| 21 | Z | AUSRÜSTUNG - NEBENARBEITEN | | | | |
| 21.0 | Z | Verankerungen Verankerungen gemäß Plan IGT | | | | |
| 21. 35 21.0 01 | Z | DÜBEL FERTIGTEIL Dübel für Auflagerfertigteile liefern und versetzen TYP: Verbundanker Hilti HVU-HAS-R M16*300 oder gleichwertig Lo: So: _____ 2.450,00 ST EP: | | | | |
| 21. 36 21.0 02 | Z | AUFHÄNGESYSTEM ZWD 25KN Aufhängesystem für die Zwischendecke 25 KN verzinkt liefern, versetzen und montieren bestehend aus: Ring in Firste Gewölbebeton incl Dübel, Karabiner, nachspannbare Hängestange und Karabiner unten. Der Ring im Fertigteil wird werkseitig mitgeliefert und ist im Preis des Fertigteiles enthalten. Lo: So: _____ 418,00 ST EP: | | | | |
| 21. 37 21.0 03 | Z | WINKEL ABLUFT ZWD Winkel für die Verankerung der Zwischendecke im Abluftbereich liefern und versetzen. Die Löcher für die Dübel sind vorzubohren. Material: Stahl V4A Maße: 200*200*10mm Lo: So: _____ 115,00 ST EP: | | | | |

Projekt A10TTARG\BAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 28

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|----------------------|---|--------|---|-------|----|-----------------------|----|-----------|
| 21. 38 21.0 04 | Z | | WINKEL ZULUFT ZWD Winkel für die Verankerung der Zwischendecke im Zuluftbereich liefern und versetzen. Die Löcher für die Dübel sind vorzubohren. Material: Stahl verzinkt Maße: 150*150*10mm | | | | | |
| | | | | | | Lo: | | |
| | | | | | | So: | | |
| | | | | | | 115,00 ST EP: | | |
| 21.0 05 | Z | | Dübel liefern und versetzen im Abluftbereich für die Befestigung der Winkel | | | | | |
| 21. 39 21.0 05 01 | Z | | DÜBEL M8/40 Type Hilti HSC-AR 8/40 oder gleichwertig | | | | | |
| | | | | | | Lo: | | |
| | | | | | | So: | | |
| | | | | | | 2.300,00 ST EP: | | |
| 21. 40 21.0 05 02 | Z | | DÜBEL M12/20 Type Hilti HST-R M12/20 oder gleichwertig | | | | | |
| | | | | | | Lo: | | |
| | | | | | | So: | | |
| | | | | | | 1.035,00 ST EP: | | |
| 21.0 06 | Z | | Dübel liefern und versetzen im Zuluftbereich für die Befestigung der Winkel | | | | | |
| 21. 41 21.0 06 01 | Z | | DÜBEL M8/40 Typ: Hilti HSC-A M8/40 oder gleichwertig | | | | | |
| | | | | | | Lo: | | |
| | | | | | | So: | | |
| | | | | | | 2.185,00 ST EP: | | |

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 29

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|--------|---|-------|----|--------------|----|-----------|
| 21. 42 | Z | | DÜBEL M12/20 | | | | | |
| 21.0 06 02 | | | Typ: Hilti HST M12/20 oder gleichwertig | | | | | |
| | | | Lo: | | | | | |
| | | | So: | | | | | |
| | | | 1.150,00 ST EP: | | | | | |
| 21.0 07 | Z | | Fugenverguß zwischen den Deckenelementen mit Brunnenschaum herstellen | | | | | |
| 21. 43 | Z | | FUGENVERGUSS ZWD FERTIGT | | | | | |
| 21.0 07 01 | | | Bauteil: Zwischendeckenfertigteile im Zuluft- und Abluftbereich | | | | | |
| | | | Lo: | | | | | |
| | | | So: | | | | | |
| | | | 2.220,00 M1 EP: | | | | | |
| 21. 44 | Z | | FUGENVERGUSS ZWD ERNEUERN | | | | | |
| 21.0 07 02 | | | Bauteil: Ortbetonzwischendecke im gesamten Abluftbereich | | | | | |
| | | | Einzurechnen ist weiters: | | | | | |
| | | | - das Entfernen des bestehenden Fugenvergußes | | | | | |
| | | | - das Reinigen der Fugenflanken | | | | | |
| | | | Lo: | | | | | |
| | | | So: | | | | | |
| | | | 2.500,00 M1 EP: | | | | | |
| 21. 45 | Z | | FUGENVERGUSS FERT/ULME | | | | | |
| 21.0 08 | | | Fugenverguß zwischen dem Fertigteil und der Tunnelwand im Zuluft- und Abluftbereich herstellen. | | | | | |
| | | | Material: Brunnenschaum | | | | | |
| | | | Lo: | | | | | |
| | | | So: | | | | | |
| | | | 630,00 M1 EP: | | | | | |

Projekt A10TTARGIBAUWERK

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

Seite 30

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV A BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|----------------------|---|--|-------|----|--------------|----|-----------|
| 21. 46 21.0 09 | Z | FUGENVERGUSS TRW Die Fuge zwischen der Trennwand und den Abluftfertigteil verschließen. Lo: So: 314,00 M1 EP: | | | | | |
| 21.0 10 | Z | Liefen, Versetzen und vermörteln von Rippentorstahl 550 als Verankerung für das Baustahlgitter im Ulmenbereich Verankerungslänge im Altbeton: 25 cm Abstand: gemäß Verlegeplan IGT | | | | | |
| 21. 47 21.0 10 01 | Z | VERANKERUNG BSTG einlagig Im einlagigen Bereich Rippentorstahl 12mm lg= 40cm Lo: So: 8.500,00 ST EP: | | | | | |
| 21. 48 21.0 10 02 | Z | VERANKERUNG BSTG zweilagig Im einlagigen Bereich Rippentorstahl 12mm lg= 70cm Lo: So: 5.100,00 ST EP: | | | | | |

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 31

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|--------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|---|--------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

21. 49 Z PROVISOR. LEITUNG
21.0 20

Bestehende Leitungen im Zulufbereich provisorisch an der
Zwischendecke aufhängen

Lo:

So:

310,00 M1 EP:

21 SUMME AUSTRÜSTUNG - NEBENARBEITEN

Projekt A10TTARGIBAUWERK

Seite 32

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HG OGL | PosNr | Z | PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|--------|---------------|----------|--------|---|-------|----|--------------|----|-----------|
| | 23 | Z | | REGIEARBEITEN | | | | | |
| | 23.9 | Z | | Regieleistungen | | | | | |
| | | | | Vorbemerkungen entsprechend RVS 7.9 - Regiearbeiten | | | | | |
| | 23.9 11 | Z | | Vorbemerkung gemäß RVS 7.910 | | | | | |
| | 23. 50 | Z | | ARBEITER BEISTELLUNG | | | | | |
| | 23.9 11 4A | | | Nach dieser Position wird die Beistellung von Arbeitern der Beschäftigungsgruppen II bis IV vergütet | | | | | |
| | | | | Lo: | | | | | |
| | | | | So: | | | | | |
| | | | | 200,00 HR EP: | | | | | |
| | 23.9 25 | Z | | Vorbemerkungen entsprechend RVS 7.920 | | | | | |
| | 23. 51 | Z | | ANTEIL MIETE | | | | | |
| | 23.9 25 1A | | | für die Beistellung von Geräten in Regie, Verrechnung nach der ÖBGL Der Einheitspreis beinhaltet die Kosten für die Abschreibung und Verzinsung der Geräte sowie den Reparaturanteil und den Regiezuschlag | | | | | |
| | | | | Lo: | | | | | |
| | | | | So: | | | | | |
| | | | | 30.000,00 VE EP: | | | | | |
| | 23. 52 | Z | | ANTEIL BETRIEBSSTOFFE | | | | | |
| | 23.9 25 2A | | | für die Beistellung von Geräten in Regie, Verrechnung nach der ÖBGL Der Einheitspreis beinhaltet die Kosten für die Treibstoffe, Schmiermittel u. dgl. einschließlich den Regiezuschlag | | | | | |
| | | | | Lo: | | | | | |
| | | | | So: | | | | | |
| | | | | 30.000,00 VE EP: | | | | | |

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 33

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

GESCHLOSSENES LV

17.06.1999

| HGOGLGPosNr | Z | PZZV A | BESCHREIBUNG DER LEISTUNG | MENGE | EH | PREISANTEILE | WG | POS.PREIS |
|-------------|---|--------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|
|-------------|---|--------|---------------------------|-------|----|--------------|----|-----------|

| | | | | | | | | |
|---------|---|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 23.9 30 | Z | | Vorbemerkungen entsprechend RVS 7.930 | | | | | |
|---------|---|--|---------------------------------------|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|--------|---|--|----------------------------|--|--|--|--|--|
| 23. 53 | Z | | BAUSTOFFLIEFERUNGEN | | | | | |
|--------|---|--|----------------------------|--|--|--|--|--|

| | | | | | | | | |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 23.9 30 1A | | | | | | | | |
|------------|--|--|--|--|--|--|--|--|

und Fremdleistungen

Lo:

So:

80.000,00 VE EP:

| | | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|
| 23 | SUMME REGIEARBEITEN | | | | | | | |
|-----------|----------------------------|--|--|--|--|--|--|--|

Projekt A10TTARGIBAUWERK

Seite 34

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

ZUSAMMENSTELLUNG DER LEISTUNGSGRUPPEN

17.06.1999

| HGOGLG | BEZEICHNUNG | SUMME |
|---|---|-------|
| 02 | BAUSTELLENBETRIEB | ..... |
| 03 | VOR- UND ABBRUCHARBEITEN | ..... |
| 06 | BETON-, STAHLBETON- UND MAUERUNGSARBEITEN | ..... |
| 08 | STAHLBAU | ..... |
| 13 | INSTANDSETZUNG BETON, STAHLBETON UND MAUERN | ..... |
| 21 | AUSRÜSTUNG - NEBENARBEITEN | ..... |
| 23 | REGIEARBEITEN | ..... |
| LV-SUMME |  | ..... |
| Nachlaß / Aufschlag auf LV-Summe .... % |  | ..... |
| Nachlaß / Aufschlag auf LV-Summe (ÖS) |  | ..... |
| Summe Nachlässe / Aufschläge |  | ..... |
| GESAMTPREIS |  | ..... |
| 20 % UST |  | ..... |
| ANGEBOTSSUMME |  | ..... |

| | | |
|------------|---|-------|
| ENTSPRICHT | e | |
|------------|---|-------|

in Worten:

Der Bieter erklärt, daß er sämtliche Geldbeträge in den vorliegenden Angebotsunterlagen (dies gilt auch für seine Alternativen) in

Schilling EURO

dargestellt hat (Bitte zutreffendes ankreuzen).

Bemerkungen:

Wird ein Nachlaß gewährt und kein weiterer diesbezüglicher Hinweis eingetragen, so bezieht sich

Projekt A10TTARG\BAUWERK

Seite 35

A10 Tauerntunnel - Sanierung Brandschaden A10Tauerntunnel

SCHLUSSBLATT

17.06.1999

| HGOGLG | BEZEICHNUNG | SUMME |
|--------|-------------|-------|
|--------|-------------|-------|

dieser Nachlaß gleichmäßig auf alle Preise des LV. Bei Unterschieden der Werte im LV gegenüber der Kostenübersicht gelten die Werte im LV. Die firmenmäßige Fertigung ist die rechtsgültige Fertigung des Bieters (alleinunternehmer bzw. alle Partner der Bietergemeinschaft).

..... am
Ort

.....
Datum

.....
Rechtsgültige Unterschrift