

tunnel

8

December

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2011

www.tunnel-online.info



bau || || verlag
Wir geben Ideen Raum

Statistics: Tunnelling in Germany 2010 / 2011

Fire Tests: Water Mist Fire Suppression Systems

Tunnelling: Optimising Interfaces and Remote Disc Cutter Monitoring

Brandversuche zu Wassernebel-Brandbekämpfungsanlagen

Im Rahmen des Projektes SOLIT2 wurde anhand von über 30 Großbrandversuchen im Mai/Juni 2011 die Wirksamkeit von Wassernebel-Brandbekämpfungsanlagen in Verbindung mit der Brandlüftung in Straßentunneln erprobt. Der folgende Beitrag, ein Vortrag anlässlich der STUVA-Tagung 2011 in Berlin, zeigt die dabei erzielten Ergebnisse auf.

Für das Projekt SOLIT2 wurde im Mai und Juni 2011 anhand von über 30 Großbrandversuchen die Wirksamkeit von Wassernebel-Brandbekämpfungsanlagen in Verbindung mit der Brandlüftung in Straßentunneln erprobt. Im Maßstab 1:1 wurden dabei je zur Hälfte Flüssigkeitsbrände („Poolfires“) mit Brandlasten zwischen 30 und 100 MW sowie Feststoffbrände mit kompletten Lkw-Ladungen (Brandlast 100 MW, bestehend aus Holzpaletten) ausgeführt. Neben der Überprüfung der Wirksamkeit waren die Wechselwirkungen zwischen Wassernebel-Brandbekämpfungsanlagen und anderen Sicherheitseinrichtungen in Tunneln von besonderem Interesse, um mithilfe eines ganzheitlichen Sicherheitskonzeptes mögliche Einsparpotenziale identifizieren und praxisgerechte Lösungen entwickeln zu können.

1 Einleitung

Das deutsche Projekt „Safety of Life in Tunnels 2“ (SOLIT2) wurde im Jahr 2009 mit der Zielsetzung gestartet, die

Dr.-Ing. Roland Leucker, Geschäftsführer, STUVA e.V., Köln/D
Dipl.-Ing. Stefan Kratzmeir, Geschäftsführer, IFAB Ingenieure für angewandte Brandschutzforschung GmbH, Rostock/D

Wechselwirkungen zwischen Wassernebel-Brandbekämpfungsanlagen (WN-BBA) und anderen Sicherheitseinrichtungen in Straßentunneln, wie z.B. der Brandlüftung, zu untersuchen. Da die nachgewiesenen Vorteile einer Brandbekämpfungsanlage als reine Zusatzausstattung jedoch zusätzliche Kosten nach sich ziehen, wurde von Anfang an das Ziel verfolgt, die Kosten für die gesamte Sicherheitsinstallation im Tunnel nicht zu erhöhen. Stattdessen sollte mit einem ganzheitlichen Ansatz die Kompensation von anderen Maßnahmen untersucht werden.

Neben der Entwicklung und Verbesserung der Anlagentechnik umfasst die Bearbeitung im Projekt auch die Entwicklung und Validierung von Simulationswerkzeugen zur mathematisch-numerischen Erfassung der Interaktion zwischen Wassernebel, Brand und Lüftung. Darüber hinaus rundet eine

Fire Tests for Water Mist Fire Suppression Systems

In May/June 2011 more than 30 major fire tests were carried out within the scope of the SOLIT2 project to establish the efficacy of water mist fire suppression systems in conjunction with the fire ventilation in road tunnels. The following report, presented on the occasion of the 2011 STUVA Conference in Berlin, shows the results that were achieved.

In May and June 2011 more than 30 major fire tests were carried out on water mist fire suppression systems in conjunction with fire ventilation in road tunnels to establish their efficacy for the SOLIT2 project. On a 1:1 scale the half of these fires were executed as pool fires with fire loads ranging from 30 to 100 MW; the others as solid matter fires involving complete lorry-loads (fire load 100 MW consisting of wooden pallets). In addition to checking the efficacy the interaction between the water mist fire suppression systems and other safety installations in tunnels was of particular interest in order to be able to identify possible savings potentials with the help of a holistic safety concept and develop practice-oriented solutions.

1 Introduction

The German project “Safety of Life in Tunnels 2” (SOLIT2) was started in 2009 with the aim of investigating the interaction

between water mist fire suppression systems and other safety installations in road tunnels, as e.g. the fire ventilation. As the proven advantages of a fire suppression system incur additional costs as a pure extra installation, from the very onset the target was pursued to avoid increasing the costs for the entire safety installations in the tunnel. Instead the notion was to examine how other measures could be compensated for by means of a holistic approach.

Apart from developing and improving the process technology the project also embraced the development and validation of simulation tools for the mathematical-numerical appraisal of the interaction between water mist, fire and ventilation. The programme was rounded off by a holistic evaluation of the utilisation cycle costs as well as the compilation of a planning guideline.

The project was sponsored financially by the Federal Ministry for Economics and Technology as a result of a decision reached by the German Bundestag. It runs until 2012. In

ganzheitliche Betrachtung der Nutzungszykluskosten sowie die Erstellung eines Planungsleitfadens das Programm ab.

Das Projekt wird finanziell gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages. Die Laufzeit endet 2012. Neben der STUVA sind folgende Partner beteiligt: Fogtec Brandschutz GmbH & Co. KG, BUNG Ingenieure AG, Lehrstuhl für Tunnelbau, Leitungsbau und Baubetrieb der Ruhr Universität Bochum sowie TÜV Süd Rail GmbH. Die Brandversuche wurden unterstützt durch das Institut für angewandte Brandschutzforschung und das Institut der Feuerwehr Sachsen-Anhalt.

Von zentraler Bedeutung für das Projekt sind die Erkenntnisse, welche im Rahmen von über 30 Großbrandversuchen im Mai und Juni 2011 in einem Versuchstunnel in Spanien gewonnen wurden (Bild 1). Dabei kamen je zur Hälfte Flüssigkeitsbrände („Poolfires“) mit Brandlasten zwischen 30 und 100 MW sowie Feststoffbrände mit kompletten Lkw-Ladungen (bestehend aus einer 100 MW-„Ersatzbrandlast“ aus Holzpaletten) zum Einsatz.

Im Folgenden werden die Durchführung der Großversuche erläutert sowie ausgewählte Ergebnisse vorgestellt.

2 Durchführung der Brandversuche

2.1 Versuchstunnelgeometrie

Die Brandversuche wurden in der spanischen Versuchseinrichtung „Tunnel Safety Testing“ (TST) in San Pedro de Anes durchgeführt. Der dort verfügbare Versuchstunnel besitzt eine Länge von insge-



Versuchstunnel San Pedro de Anes in Spanien
San Pedro de Anes test tunnel in Spain

samt 600 m und ist im Grundriss leicht S-förmig angelegt. Er besitzt eine Längsneigung von 2‰ und weist im Rohbau einen für Straßentunnel charakteristischen Hufeisenquerschnitt auf (9,55 m breit und 8,10 m hoch, Bild 2).

in addition to the STUVA it involves the following partners: Fogtec Brandschutz GmbH & Co. KG, BUNG Ingenieure AG, the Chair for Tunnelling, Pipe Technology and Construction Management at the Ruhr University Bochum as well as TÜV Süd Rail GmbH. The

fire tests were supported by the Institute for applied Fire Protection Research and the Fire Service Institute of Saxony-Anhalt.

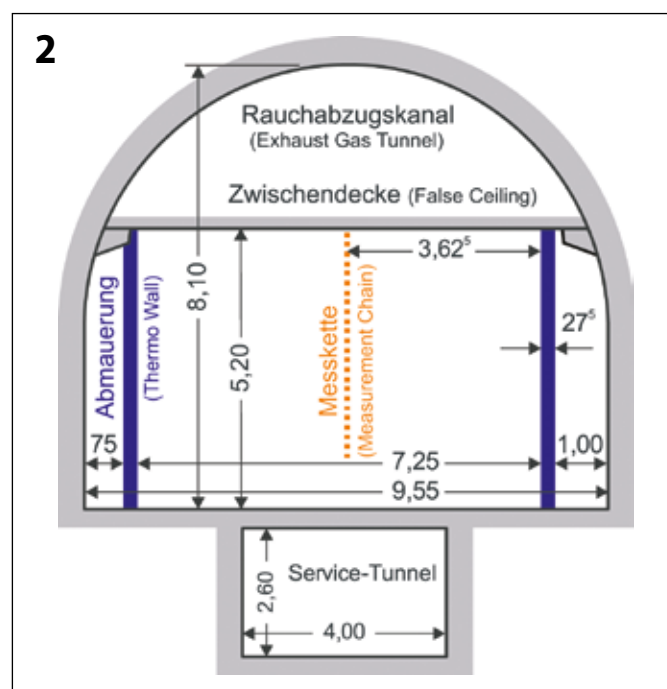
The findings obtained within the scope of more than 30 major fire tests in May and June 2011 in a test tunnel in Spain (Fig. 1) were of central importance for the project. Towards this end half of the tests were carried out as pool fires featuring fire loads of between 30 and 100 MW; the other half were solid matter fires with complete lorry-loads (consisting of a 100 MW “substitute fire load” of wooden pallets).

In the following the procedures of these major fire tests are explained and selected results presented.

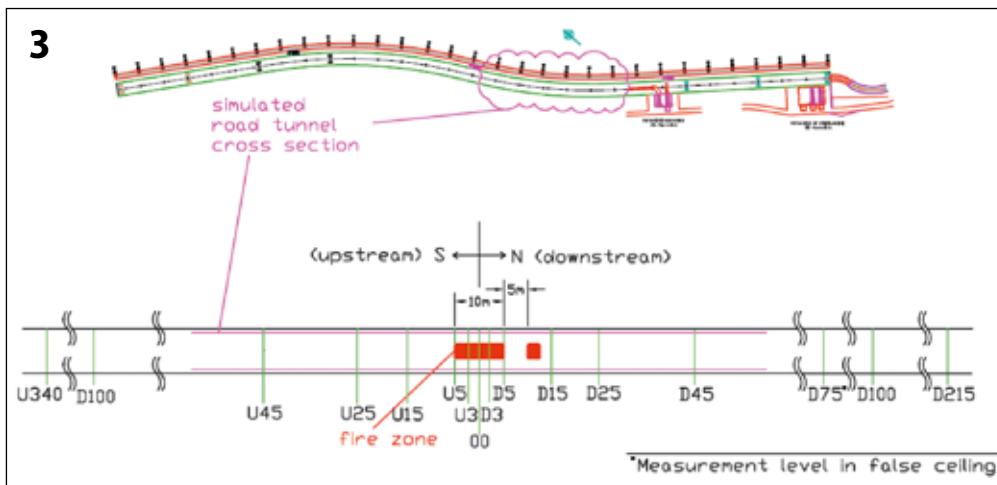
2 Executing the Fire Tests

2.1 Test Tunnel Geometry

The fire tests were executed in the Spanish test facility “Tunnel Safety Testing” (TST) at San Pedro de Anes. The test tunnel available there possesses a total length of 600 m and is slightly S-shaped. It



Querschnitt Versuchstunnel
Cross-section of test tunnel



Grundriss Versuchstunnel mit Messquerschnitten

Layout of test tunnel with measurement cross-section

Um im Brandbereich die Betonkonstruktion des Tunnels vor zu hohen Temperaturen zu schützen, musste dort durch den Einbau von seitlichen Abmauerungen der Versuchsquerschnitt auf 7,25 m Breite eingeschränkt werden (Bild 2). Die Höhe des Versuchsbereichs war durch die mit einem Brandschutzputz geschützte Zwischendecke auf 5,20 m festgelegt. Der Raum über der Zwischendecke wurde als Abzugskanal für die Halbquerlüftung genutzt. Hinter den seitlichen Abmauerungen wurden die umfangreichen Mess- und Aufzeichnungsgeräte installiert.

Für alle Entfernungsbezeichnungen wurde die Mitte der Brandlast in Tunnellängsrichtung zu 0,00 festgelegt. In Strömungsrichtung erfolgt die Bezeichnung von Messquerschnitten u.Ä. mit „D“ (für „Downstream“) und der entsprechenden Meterzahl. Gegen die Strömungsrichtung erfolgt die Zählung dementsprechend mit „U“ (für „Upstream“). Ein Messquerschnitt, der beispielsweise 45 m hinter der Mitte der Brandlast angeordnet ist, wird also mit „D045“ bezeichnet (Bild 3).

2.2 Wassernebel-Brandbekämpfungsanlage

Zur Durchführung der Versuche wurde im Versuchsbereich des Tunnels über 60 m Länge temporär eine Wassernebel-Brandbekämpfungsanlage installiert. In Längsrichtung waren 2 Reihen mit Düsen unterhalb der Zwischendecke befestigt. Die Hauptversorgungsleitung war auf der Zwischendecke verlegt (Bild 4).

Die Wasserversorgung der Anlage erfolgte über dieselbetriebene Pumpen, die in einem Container außerhalb des Tunnels positioniert waren. Die volle Leistung der Pumpen stand 30 Sekunden nach ihrem Start zur Verfügung. Sie wurden aus einem 500 m³ großen Speicher gespeist.

Nach anfänglichen Optimierungen an der Anlage hinsichtlich verschiedener Düsentypen und Düsenanordnungen wurden die Parameter in den darauf folgenden Versuchen nicht mehr variiert, um möglichst vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Unverändert blieben: die Art der Düse, der Abstand zwischen den Düsen, die Ausrichtung der Düsen (Winkel zur Vertikalen), der Abstand

has a longitudinal incline of 2 ‰ and in its rough state possesses a horseshoe cross-section characteristic of road tunnels (9.95 m wide and 8.10 m high, Fig. 2).

In order to protect the concrete structure of the tunnel from excessively high temperatures in the fire zone, walls had to be set up at the sides restricting the test cross-section to a width of 7.25 m (Fig. 2). The test zone's height was restricted to 5.20 m thanks to an intermediate ceiling protected by a fire protection plaster. The space above the intermediate ceiling was used as an exhaust duct for the semi-cross ventilation. Behind the walls at the sides there was room to install the extensive measuring and recording equipment.

The middle of the fire load in the tunnel's longitudinal direction was defined as 0.00 for all distance flow measurement cross-sections included "D" (for "downstream") and the corresponding metre number. Against the direction of flow measurements were undertaken accordingly with "U" (for "upstream"). A measurement cross-section, which for instance is set up 45 m behind the middle of the fire load, is thus designated as "D045" (Fig. 3).

2.2 Water Mist Fire Suppression System

For executing the tests a water mist fire suppression system was temporarily installed in the test zone over a distance of 60 m. Two rows with nozzles were attached to the intermediate ceiling in a longitudinal direction. The main supply line was fixed to the intermediate ceiling (Fig. 4).

The system's water supply came from diesel-driven pumps, which were set up in a container outside the tunnel. The pumps operated at full capacity 30 seconds after being switched on. They were fed from a 500 m³ large storage tank.

The system was first optimised regarding the types of different nozzles and their set-ups but then the parameters remained unaltered through the subsequent tests so that comparative results could be attained. The type of nozzle, the gap between the nozzles, the alignment of the nozzles (angle to the vertical), the gap between the pipes and the pressure on the nozzle furthest away from the pump remained unchanged.

2.3 Ventilation

The tunnel is fitted with a system for longitudinal and semi-cross ventilation. Longitudinal currents of 1 to 6 m/s can be accomplished with the jet fans attached to the ceiling. The optional semi-cross ventilation expels up to 120 m³/s via a ventilation station at the northern end of the tunnel above the intermediate ceiling (air speed of up to 30 m/s). Fourteen ventilation flaps are installed in the ceiling between the tunnel and the exhaust duct – each with a gross cross-sectional area of 1.5 m². The semi-cross ventilation is dimensioned for fires releasing up to around 30 MW of heat.

zwischen den Rohren und der Druck an der am weitesten von der Pumpe entfernten Düse.

2.3 Lüftung

Der Tunnel ist mit einer Ventilationsanlage für Längs- und Halbquerlüftung ausgestattet. Mit 6 an der Decke befestigten Strahlventilatoren können Längsströmungen von 1 bis 6 m/s realisiert werden. Die optional zuschaltbare Halbquerlüftung saugt über eine Lüftungsstation am nördlichen Ende des Tunnels oberhalb der Zwischendecke bis zu 120 m³/s Abluft ab (Luftgeschwindigkeiten bis zu 30 m/s). In der Decke zwischen Tunnel und Abluftkanal sind 14 Lüftungsklappen mit je 1,5 m² Bruttoquerschnittsfläche installiert. Die Halbquerlüftung ist für Brände bis rund 30 MW Wärmeabfuhr dimensioniert.

2.4 Feststoffbrände (Lkw-Brand)

Der Versuchsaufbau für einen Feststoffbrand (100 MW) bestand jeweils aus 408 Standard-Euro-Holzpaletten. Dies entspricht einem Gewicht von rund 9 t und einem Gesamtenergiegehalt von 110 bis 140 GJ. Die Brandlast hatte eine Länge von 10 m, eine Breite von 2,40 m und war damit in der äußeren Kubatur einem Lkw nachempfunden. In Tunnelängsrichtung war sie symmetrisch zum Nullpunkt platziert (Station U005 bis D005).

Ein Teil der Feststoffbrandversuche wurde auf einem Podest von rund 1,50 m Höhe durchgeführt, welches ungefähr die Höhe der Ladefläche eines Lkw widerspiegelt. Die Gesamthöhe mit Brandlast (H = 2,50 m) von 4 m entspricht der Höhe eines beladenen Lkw.

Ein weiterer Teil der Feststoffbrandversuche sollte die Situation in einem höheren Tunnel widerspiegeln (z.B. ein Tunnel mit reiner Längslüftung und einer deshalb größeren Höhe). Deshalb wurde die Brandlast nur auf einem Sockel von ca. 0,20 m platziert. Damit errechnet sich eine Gesamthöhe mit Brandlast von 2,70 m. Wenn die Oberkante des Sockels wieder die Oberkante der Ladefläche repräsentiert, entspräche dies einer Tunnelhöhe von 6,50 m (statt 5,20 m bei den anderen Versuchen).

Bei der Mehrzahl der Feststoffbrandversuche (11 von 15) wurden die Paletten mit einer PVC-Plane abgedeckt. Dies spiegelt einerseits eine realistische Situation im Straßenverkehr wider, bei der ein Brand auf der Ladefläche unter der Plane entsteht. Andererseits stellt dies ungünstige Randbedingungen für die Wassernebel-Brandbekämpfungsanlage dar, weil der Brand relativ lange vor dem von oben versprühten Wassernebel geschützt wird.

Um beim Abbrennen ein vorzeitiges Auseinanderbrechen des Palettenstapels zu verhindern, wurde dieser mit Stahlrahmen in Position gehalten. Die Strömungsbehinderung durch das Führerhaus wurde durch eine Stahlplatte vor den Paletten (im Anström-bereich) nachgebildet. Genau so wurden die heute üblichen, am Ende der Ladefläche eines Lkw angeordneten Türen durch eine Stahlplatte simuliert.

Zur Zündung der Palettenstapel wurden jeweils 3 Brandwannen gefüllt mit je 2 l Benzin verwendet. Dies entspricht einem Zündinitial von insgesamt ungefähr 400 kW.

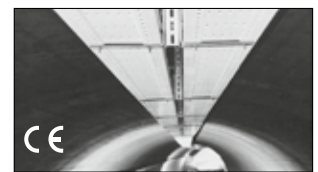
Zur Überprüfung, ob bei einem

2.4 Solid Matter Fires (Lorry Fire)

The test set-up for a solid matter fire (100 MW) in each case consisted of 408 standard Euro wooden pallets. This corresponds to a weight of some 9t with a total energy content of 110 to 140 GJ. The fire load was roughly 10 m long, 2.40 m wide and 2.50 m high thus resembling a lorry-load. In the tunnel's longitudinal direction it was set up symmetrically to the zero point (station U005 to D005).

Some of the solid matter tests were undertaken on a platform approx. 1.50 m in height, thus roughly corresponding to the height of a lorry's loading area.

The total height with fire load (H = 2.50 m) equalling 4 m corresponds to the height of a loaded lorry. Other solid matter tests were meant to simulate the situation in a higher tunnel (e.g. a tunnel with pure longitudinal ventilation and a correspondingly greater height). Consequently the fire load was placed on a platform only 0.20 m high. In this way an overall height of 2.70 m with fire load was attained. With the upper edge of the platform again representing the upper edge of the loading area, this corresponds to a tunnel height of 6.50 m (instead of 5.20 m as in the case of the other tests).



Die sichere Rohr- und Kabelführung für Stollen, Bahn- und Strassentunnel von LANZ zu international konkurrenzfähigen Preisen:

- LANZ Weitspann-Multibahnen Kabelleiter nach IEC 61537. Bahnen für hohe Belastung und grosse Stützabstände.
- LANZ MULTIFIX Trägermaterial (pat.) C-Profil mit eingewinkelten, 5 mm verzahnten Flanken für die solide, abrutschsichere Montage von LANZ Weitspann-Mb und Rohrschellen.
- Elektro-Installationsrohre LANZ-ESTA Ø M16 – M63.
- MULTIFIX Rohrschellen (pat.) für Rohre Ø 15 mm – 115 mm.
- Handläufe mit Beleuchtung für max. Personensicherheit.

- ➔ Aus Stahl tauchfeuerverzinkt oder aus Stahl rostfrei A4 WN 1.4571 und 1.4539 für höchste Korrosionsresistenz.
- ➔ Geprüft für Funktionserhalt im Brandfall E 30 / E 90.
- ➔ Schockgeprüft 3 bar und Basisschutz.

Beratung, Offerte, rasche preisgünstige Lieferung weltweit von **lanz oensingen ag 4702 Oensingen** Tel. 062 388 21 21 e-mail info@lanz-oens.com Fax 062 388 24 24

Mich interessieren Bitte senden Sie Unterlagen.

Könnten Sie mich besuchen? Bitte tel. Voranmeldung!

Name / Adresse / Tel. _____

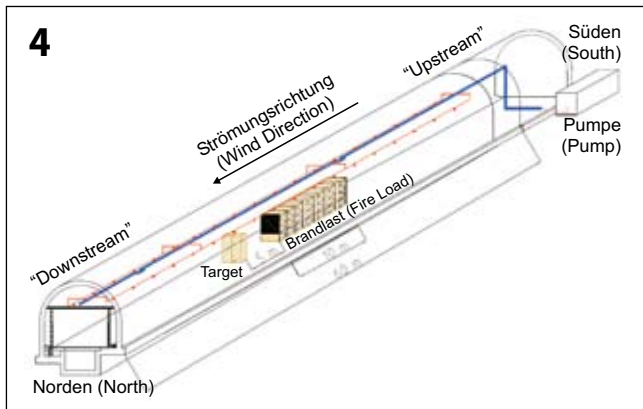
K4



lanz oensingen ag

CH-4702 Oensingen
Telefon 062 388 21 21
www.lanz-oens.com

Südringstrasse 2
Fax 062 388 24 24
info@lanz-oens.com



Wassernebel-Brandbekämpfungsanlage und Brandlastanordnung
Water mist fire suppression system and fire load set-up

Brand ein Brandübersprung zwischen 2 Fahrzeugen stattfindet, wurde auf der Abstromseite - also in Strömungsrichtung hinter der Brandlast („Downstream“) - in 5 m Entfernung (bei Station D010) ein Palettenstapel aufgebaut („Target“). Dieser Palettenstapel hatte dieselbe Höhe und dieselbe Breite wie die Brandlast (Bild 4).

2.5 Flüssigkeitsbrände

Für die Flüssigkeitsbrände wurden Stahlwannen verwendet, die mit Diesel gefüllt waren. Je nach gewünschter Wärmefreisetzungsrate (z.B. 30, 60 oder 100 MW) wurde eine unterschiedliche Anzahl von 2,5 m breiten und 40cm hohen Wannen verwendet (je ca. 2 bis 4 m², in Summe z.B. 16, 28 oder 51 m² Oberfläche), die mit 330, 630 bzw. 1.140 l Diesel befüllt waren. Zur Zündung wurde zusätzlich je Wanne 1 l Benzin verwendet.

2.6 Messsystem

Während eines Brandversuchs wurden die relevanten Messgrößen mit insgesamt 152 Sensoren im Tunnel alle 2 Sekunden aufgezeichnet. Zu den je nach Versuchsdauer bis ca. 350.000 pro Versuch aufgezeichneten Messwerten gehören:

- Temperatur
- Wärmestrahlung
- Luftgeschwindigkeit
- Gaskonzentration (O₂, CO₂, CO)
- Druck und Durchflussrate der Brandbekämpfungsanlage
- Luftfeuchtigkeit

Bei jedem Versuch wurden die Wetterdaten außerhalb des Tunnels gemessen. Bei den Feststoffbränden wurde vor den Versuchen die Feuchtigkeit der Brandlast (Holz) ermittelt. Darüber hinaus wurden kontinuierlich mit Normal- und Infrarotvideoaufzeichnung das Temperaturfeld und die Sichtbedingungen festgehalten. Die Versuche wurden mit Fotos dokumentiert.

Mit den Temperaturmessungen wurde im Wesentlichen die Temperatur der Luft gemessen. Einige Messstellen waren so nah an einer Oberfläche angeordnet (Wand oder Zwischendecke), dass die dort erfassten Werte (auf der sicheren Seite liegend) auch als Oberflächentemperatur interpretiert werden können. Die reale Temperatur der Oberfläche lag jedoch unterhalb der so gemessenen Werte. Um Vergleichswerte für die Tempera-

For the majority of the solid matter tests (11 from 15) the pallets were covered by PVC sheeting. On the one hand this reflected a realistic situation in road traffic during which a fire occurs on the loading area beneath the sheeting. On the other this represents unfavourable conditions for the water mist fire suppression system because the fire is protected from the water mist sprayed from above for a lengthy period.

In order to prevent the stack of pallets breaking apart prematurely during the combustion phase steel frames were used to hold them in position. The obstacle to the flow of air presented by the driver's cab was simulated by a steel plate set in front of the pallets (in the oncoming air zone). In similar fashion the doors usually to be found at the end of the loading area were simulated by a steel plate.

In each case 3 fire trays were filled with 2 l of petrol. This corresponds to an ignition source of roughly 400 kW.

In order to discover whether a fire flashover occurs between 2 vehicles a stack of pallets was set up („target“) at a distance of 5 m (at station D010) downstream – in other words in the direction of flow behind the fire load. This stack of pallets possessed the same height and width as the fire load (Fig. 4).

2.5 Pool Fires

Steel trays, which were filled with diesel, were used for the pool fires. Depending on the desired heat release rate (e.g. 30, 60 or 100 MW) a varying number of 2.5 m wide and 40 cm high trays were used (each roughly 2 to 4 m², in total e.g. 16, 28 or 51 m² surface area), which were filled with 330, 630 or 1,140 l of diesel. 1 l of petrol was additionally used per tray for ignition purposes.

2.6 Measurement System

During a fire test the relevant parameters were registered every 2 seconds with altogether 152 sensors in the tunnel. Depending on the test duration up to around 350,000 measurement values were recorded per test including:

- temperature
- heat radiation
- air speed
- gas concentration (O₂, CO₂, CO)
- pressure and flow rate of the fire suppression system
- air humidity

For each test the weather data outside the tunnel were measured. Prior to the solid matter fires the humidity of the fire load (wood) was established. Furthermore the temperature field and the visibility conditions were constantly determined through normal and infra-red recordings. Photos were taken to document the tests.

By and large the temperature measurements were employed to measure the air temperature. Some measuring points were set up so close to a surface (wall or intermediate ceiling) that the values obtained there (lying on the safe side) can also be interpreted as surface temperature. However the real temperature of the surface actually lay beneath the values measured in this manner. In order to obtain comparative values for the temperature development within a structural component, a concrete slab was attached beneath the tunnel ceiling approx. 7.5 m behind the zero position (roughly 2.5 m behind the end of the fire load for solid matter fires). Five temperature sensors were installed in this slab at 1 cm gaps. In this way it was possible to establish the time-re-

turentwicklung innerhalb eines Bauteils zu erhalten, wurde ca. 7,5 m hinter der Nullposition (ca. 2,5 m hinter dem Ende der Brandlast bei Feststoffbränden) eine Betonplatte unter der Tunneldecke befestigt. In dieser Platte waren 5 Temperatursensoren im Abstand von 1 cm montiert. So konnte in unterschiedlichen Tiefen (ca. 1, 2, 3, 4 und 5 cm von außen/unten) die zeitabhängige Temperaturentwicklung im Material erfasst werden.

2.7 Versuchsablauf

Bei der Durchführung eines Brandversuchs wurde zunächst die Messdatenerfassung aktiviert sowie das Lüftungssystem gestartet und auf die geforderte Strömungsgeschwindigkeit

justiert. Anschließend wurde die Brandlast entzündet.

Bei Feststoffbränden wurde die Wasserdampfanlage in der Regel nach 4 Minuten aktiviert. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass von der Entstehung bis zur Detektion eines Brandes 2 Minuten vergehen und nach weiteren 2 Minuten die vollständige Aktivierung der Wasserdampfanlage erfolgt ist. Bei Flüssigkeitsbränden erfolgte die Aktivierung der Anlage aufgrund der nahezu sofortigen Brandentwicklung bereits 30 Sekunden nachdem die letzte Brandwanne entzündet wurde.

Die Versuchsdauer und damit die Zeitdauer, in der sich der Brand – nur durch die Wasserdampfanlage beeinflusst

lating temperature development in the material at varying depths (approx. 1, 2, 3, 4 and 5 cm from outside/below).

2.7 Test Set-Up

When carrying out a fire test firstly the processing of the measurement data was activated and the ventilation system started and adjusted to the required flow speed. Subsequently the fire load was ignited.

For solid matter fires the water mist system was generally activated after 4 minutes. In this connection it was presumed that 2 minutes elapse between a fire breaking out until it is detected and a further 2 minutes until the water mist system is completely activated. In the case of pool fires the system was activated only

30 seconds following ignition of the last fire tray on account of the almost immediate fire development.

The fire duration and in turn the time period during which the fire could develop freely – influenced only by the water mist system – amounted to some 30 minutes. Then the fire was extinguished by the fire service. Only then was the water mist system switched off and the processing of the measurement data completed.

3 Evaluation of the Fire Tests

In the following the manner of working of the water mist system is explained taking the examples of 2 pool fires and 2 solid matter fires.

 **Implenia®** Gratulation zum längsten Tunnel!



– frei entwickeln konnte, betrug rund 30 Minuten. Anschließend wurde der Brand durch die Feuerwehr gelöscht. Erst danach wurde die Wassernebelanlage abgeschaltet und abschließend die Messdatenerfassung beendet.

3 Auswertung der Brandversuche

An jeweils 2 Flüssigkeits- und 2 Feststoffbränden wird im Folgenden exemplarisch die Wirkungsweise der Wassernebelanlage veranschaulicht.

3.1 Flüssigkeitsbrand

Bei den Flüssigkeitsbränden wird exemplarisch ein „kleiner“ Freibrand (ohne Aktivierung der Wassernebelanlage) mit einer geplanten Wärmefreisetzungsrate von 30 MW mit einem „großen“ Brand mit einer Wärmefreisetzung von 100 MW bei Einsatz einer Wassernebelanlage verglichen. Damit soll gezeigt werden, dass bei Einsatz von Wassernebel ein größerer Brand bei noch dazu ungünstigeren Lüftungsverhältnissen beherrscht werden kann.

Bei beiden Versuchen war die Längslüftung auf rund 3 m/s Strömungsgeschwindigkeit eingestellt. Beim Freibrand (30 MW) wurde zusätzlich die Halbquerlüftung aktiviert: Über den Rauchabsaugkanal oberhalb des Tunnels wurden 120 m³/s Rauchgase abgesaugt. Beim Einsatz der Wassernebelanlage (100 MW-Brand) waren die Düsen 5,0 m über der Fahrbahn positioniert. Die Wassernebelanlage wurde 30 Sekunden nach Entzündung der letzten Brandwanne gestartet (Bild 5). Die wesentlichen Randbedingungen der Versuche sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

Schon während der Durchführung der zuvor beschriebenen Versuche war zu beobachten, dass beim Freibrand (30 MW) ein sogenanntes „Backlayering“ auftritt. Dabei bewegen sich unter der Decke heiße Brandgase entgegen der Längsströmung („Upstream“) und bewirken im oberen Bereich des Tunnelquerschnitts eine dichte Verrauchung (Bild 5). Die Messwerte für die Luftströmung zeigen deshalb 5 Minuten nach Zündung im oberen Bereich negative Werte und die gemessenen Temperaturen liegen bei knapp unter 200 °C (Bild 6). Demgegenüber zeigen die Messwerte für den Brand mit aktivierter Wassernebelanlage (100 MW-Brand) nur positive Geschwindigkeiten sowie niedrige Temperaturen

3.1 Pool Fire

In the case of the pool fires a “small” free fire (without the water mist system being activated) with a planned heat release rate of 30 MW was compared exemplarily with a “large” fire with a heat release rate of 100 MW in conjunction with the activation of a water mist system. In this way it was intended to show that a larger fire can be controlled when water mist is used even when more unfavourable ventilation conditions are prevailing.

For both tests the longitudinal ventilation was set at roughly 3 m/s flow speed. In the case of the free fire (30 MW) the semi-cross ventilation was also activated: 120 m³/s of smoke gases were removed via the smoke extraction duct above the tunnel. When using the water mist

system (100 MW fire) the nozzles were positioned 5.0 m above the carriageway. The water mist system was started 30 seconds after the last fire tray was ignited (Fig. 5). Table 1 contains the essential marginal conditions for the tests.

Even during the execution of the previously described tests it could be observed that what is known as “backlayering” occurred during the free fire (30 MW). In this connection hot fire gases moved against the longitudinal flow (“upstream”) and caused a thick cloud of smoke in the upper sector of the tunnel cross-section (Fig. 5). As a result the measurement values for the air flow revealed negative values in the upper sector 5 minutes after ignition and the measured temperatures amounted to just



Flüssigkeitsbrand ca. 20 Sekunden nach Entzündung

Pool fire approx. 20 seconds after ignition

Unschlagbar dicht

(ca. 15 °C, Umgebungstemperatur). Ein Backlayering konnte hier nicht beobachtet werden.

Kurz vor dem Ende des Versuchstunnels, 215 m hinter der Mitte der Brandlast, spielt weniger die Wassernebelanlage als vielmehr der Einsatz der Halbquerlüftung eine Rolle. Durch die Absaugung der Rauchgase beim Freibrand (30 MW) wird auch vom Ende des Tunnels her Außen-

below 200 °C (Fig. 6). On the other hand the measurement values for the fire with activated water mist system (100 MW fire) revealed only positive speeds as well as low temperatures (approx. 15 °C, surrounding temperature). No backlayering could be observed in this case.

Shortly before the end of the test tunnel, 215 m behind the middle of the fire load, the application of the semi-cross

		Freibrand 30 MW (Nr. 11060701, ohne Wassernebel)	Brandlast 100 MW (Nr. 11060601, mit Wassernebel)
Längslüftung, Strömungsgeschwindigkeit	[m/s]	3,0	3,0
Halbquerlüftung, Absaugvolumen	[m³/s]	120	–
Höhe UK Sprühkopf über Fahrbahn	[m]	–	5,00

Tabelle 1: Randbedingungen Flüssigkeitsbrände

		Fire load 30 MW (No. 11060701, without water mist)	Fire load 100 MW (No. 11060601, with water mist)
Longitudinal ventilation Flow speed	[m/s]	3,0	3,0
Semi-cross ventilation, Extraction volume	[m³/s]	120	–
Height upper edge of spraying head above carriageway	[m]	–	5,00

Table 1: Marginal Conditions for Pool Fires

luft angesaugt. Dies ist an den über die gesamte Höhe negativen Geschwindigkeitswerten erkennbar (Bild 7). Die Temperaturen entsprechen deshalb denen der Umgebung (ca. 15 °C).

Beim Versuch mit Wassernebel und nur mit Längslüftung (ohne Rauchabsaugung über die Zwischendecke, 100 MW) müssen die heißen Brandgase zwangsläufig am Portal ausgeblasen werden, sodass hier die nominelle Strömungsgeschwindigkeit von rund 3 m/s vorherrscht. Daneben sind die Lufttemperaturen mit 100 bis unter 200 °C höher als die Umgebungstemperaturen außerhalb des Tunnels. Dennoch ist hier der positive kühlende Effekt der Wassernebelanlage zu erkennen (Bild 7).

Beispielhaft zeigen die rund 45 m hinter der Mitte der Brandlast (D045) gemessenen Temperaturen den Kühleffekt des Wassernebels. Hatten die Heißgase am Entstehungsort (D005) noch Temperaturen zwischen 1.000 und 1.200 °C, so

ventilation has a role to play rather than the water mist system. Through the extraction of the smoke gases caused by the free fire (30 MW) outside air is also sucked in from the end of the tunnel. This is discernible from the negative speed values prevailing over the entire height (Fig. 7). As a consequence the temperatures correspond to those of the surroundings (approx. 15 °C).

During the test with water mist and only longitudinal ventilation (without smoke extraction via the intermediate ceiling, 100 MW) the hot fire gases must inevitably be blown out at the portal so that the nominal flow speed of about 3 m/s prevails here. Furthermore the air temperatures of 100 to 200 °C are higher than the surrounding temperatures outside the tunnel. Nonetheless the positive cooling effect of the water mist system is evident (Fig. 7).

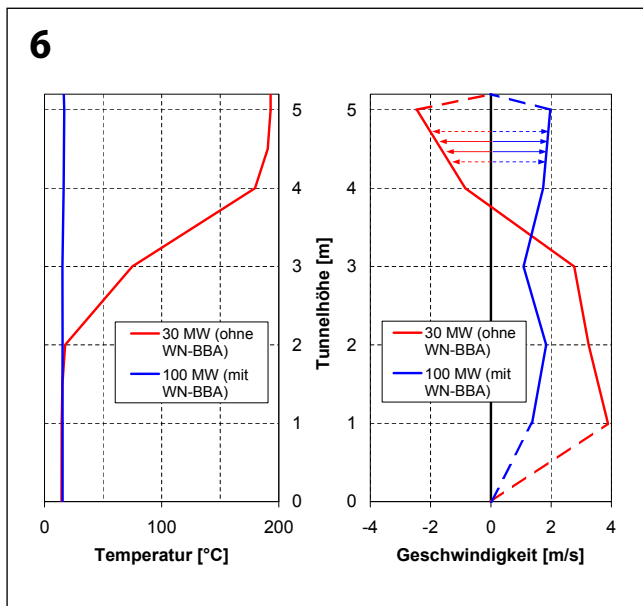
As an example the temperatures measured some 45 m behind the middle

Der Injektionsschlauch WaterproofX® 100 zur Betonabdichtung bietet ein optimales Verhältnis von Wandmaterial zu Volumen. Das Material lässt sich mit geringem Druck von 1 bar in den Beton einspritzen. Ein „Allgemeines bauaufsichtliches Prüfzeugnis“ (AbP) bestätigt, dass WaterproofX® 100 auch für Überlängen (von bis zu 30 Metern) und Mehrfachinjektionen geeignet ist.



WaterproofX® 100 hält dicht, ist robust und absolut sicher:

- hexagonaler Injektionskanal mit maximalem Kerndurchmesser von 8,3 mm. Dadurch ist auch die Injektion mit abrasiven Injektionsmaterialien möglich
- statische oder dichtende Verpressung
- Injektion mit Schaum, PUR, Epoxid, Gel, Ultrafeinstzement
- Einfach-/Mehrfachverpressung bis zu 30 m (geprüft)
- Abknicken des hexagonalen Querschnitts – praktisch nicht möglich
- vielfach geprüfte Sicherheit für jeden Anwendungsfall
- bauaufsichtlich geprüft (AbP)



Backlayering 45 m vor der Brandlast (U045) 5 Minuten nach Zündung, Luftströmungsgeschwindigkeit und Temperaturen im Vergleich

Backlayering 45 m in front of the fire load (U045) 5 minutes after ignition, air flow speed and temperature in comparison

waren bei D045 nur noch Temperaturen von maximal rund 300 °C zu messen (Bild 8). Darüber hinaus war bei Einsatz der Wassernebelanlage der Brand in den meisten Wannen verloschen, obwohl noch nicht die gesamte Brandlast verbrannt war.

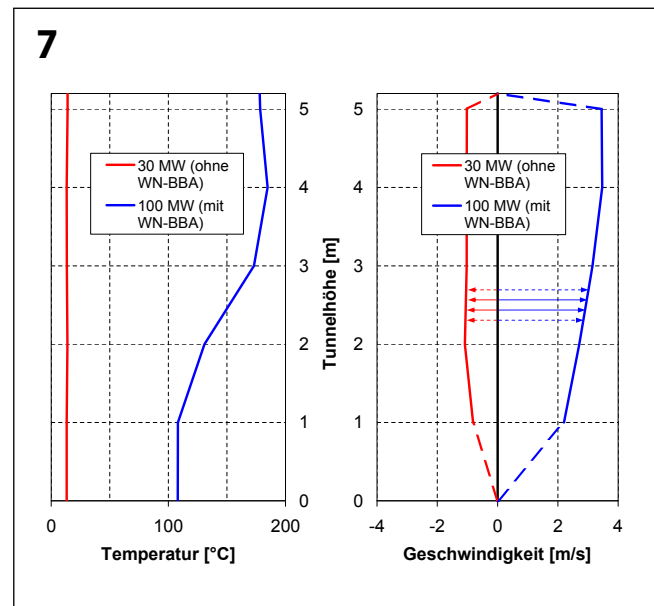
3.2 Feststoffbrände

Bei den Feststoffbränden wird exemplarisch ein Brand mit der üblichen Auslöseverzögerung der Wassernebelanlage (4 Minuten nach Entzündung der Brandlast) mit einer verzögerten Auslösung der Anlagen (12 Minuten nach Entzündung) verglichen. Die planmäßige Wärmefreisetzungsrate betrug wie bei allen durchgeführten Feststoffbränden 100 MW. Die Höhe der Brandlast maß insgesamt 4,0 m (einschließlich Sockel von 1,5 m Höhe). Beide Brandlasten waren mit einer PVC-Plane abgedeckt.

Bei beiden Versuchen war die Längslüftung auf rund 3 m/s Strömungsgeschwindigkeit

eingestellt. Beim Brand mit der üblichen Auslöseverzögerung der Wassernebelanlage (4 Minuten nach Zündung der Brandlast) wurde zusätzlich die Halbquerlüftung aktiviert: Über den Rauchabsaugkanal oberhalb des Tunnels wurden 120 m³/s Brandgase abgesaugt. Die Düsen der Wassernebelanlagen waren 5,0 m über der Fahrbahn positioniert. Die wesentlichen Randbedingungen der Versuche sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Vergleicht man die Temperaturentwicklung unter der Zwischendecke unmittelbar im Brandlastbereich (3 m hinter der Mitte der Brandlast, D003), so ist deutlich der Zeitpunkt der Aktivierung der Wassernebelanlage zu erkennen. Beim Versuch mit der üblichen Aktivierungszeit (4 Minuten) steigt die Temperatur unter der Zwischendecke bis auf nahezu 300 °C, um nach der Aktivierung wieder auf rund 50 °C abzusinken (Bild 9). Qualitativ der gleiche Temperaturverlauf



Luftströmungsgeschwindigkeit und Temperaturen kurz vor Ende des Versuchstunnels (D215) 5 Minuten nach Zündung

Air flow speed and temperatures just before the end of the test tunnel (D215) 5 minutes after ignition

of the fire load (D045) reveal the cooling effect of the water mist. If the hot gases at the fire source (D005) had still possessed temperatures of between 1,000 and 1,200 °C then temperatures of only a maximum of 300 °C would have been measured at D045 (Fig. 8). Furthermore the fire in most trays would have been extinguished given the application of the water mist system although the entire fire load had still not burned.

3.2 Solid Matter Fires

For the solid matter fires an example is provided taking the form of a fire with the customary delay in activating the water mist system (4 minutes after igniting the fire load) compared with delayed activation of the systems (12 minutes after ignition. As in the case of all solid matter fires undertaken the scheduled heat release rate amounted to 100 MW. The height of the fire load amounted to 4.0 m (including the 1.5 m high platform). Both

fire loads were covered with PVC sheeting.

The longitudinal ventilation was set at roughly 3 m/s flow speed for both tests. For the fire involving the customary delay in activating the water mist system (4 minutes after igniting the fire load) the semi-cross ventilation was additionally activated: 120 m³/s of fire gases was expelled via the smoke exhaust duct above the tunnel. The water mist system's nozzles were positioned 5.0 m above the carriageway. Table 2 provides the essential marginal conditions for the tests.

If one compares the temperature development beneath the intermediate ceiling directly in the fire load zone (3 m behind the middle of the fire load, D003) the time point of activation of the water mist system is clearly evident. In the test with the customary activation time (4 minutes) the temperature beneath the intermediate ceiling increases to almost 300 °C only to drop back to around 50 °C fol-

ist auch beim Versuch mit verlängerter Vorbrenndauer zu sehen. Allerdings steigt die Temperatur unter der Zwischendecke bis zur Aktivierung der Wasserdampfanlage bis auf knapp über 1.000 °C an. Nach Aktivierung fällt auch hier die Temperatur, allerdings erwartungsgemäß nicht so tief wie beim vorherigen Versuch, sondern „nur“ bis auf ca. 370 °C (Bild 9).

Die in Bild 9 dargestellten Temperaturen unter der Zwischendecke im direkten Brandbereich erreichen mehrere Minuten nach Aktivierung der Wasserdampfanlage – nach dem zuvor beschriebenen vorübergehenden Abfall – wieder Werte zwischen 800 und 900 °C. Diese Temperaturen sind jedoch unterhalb der De-

Auslöseverzögerung Wasserdampfanlage		4 Minuten (Nr. 11061401)	12 Minuten (Nr. 11062401)
Brandlast (rechnerisch)	[MW]	100	100
Höhe OK Brandlast (mit PVC-Plane)	[m]	4,00	4,00
Längslüftung, Strömungsgeschwindigkeit	[m/s]	3,0	3,0
Halbquerlüftung, Absaugvolumen	[m ³ /s]	120	–
Höhe UK Sprühkopf über Fahrbahn	[m]	5,00	5,00

Tabelle 2: Randbedingungen Feststoffbrände

Delay in activation for water mist system		4 minutes (No. 11061401)	12 minutes (No. 11062401)
Fire load (calculated)	[MW]	100	100
Height of upper edge fire load (with PVC sheeting)	[m]	4,00	4,00
Longitudinal ventilation, Flow speed	[m/s]	3,0	3,0
Semi-cross ventilation, Exhaust volume	[m ³ /s]	120	–
Height of upper edge spraying head above carriageway	[m]	5,00	5,00

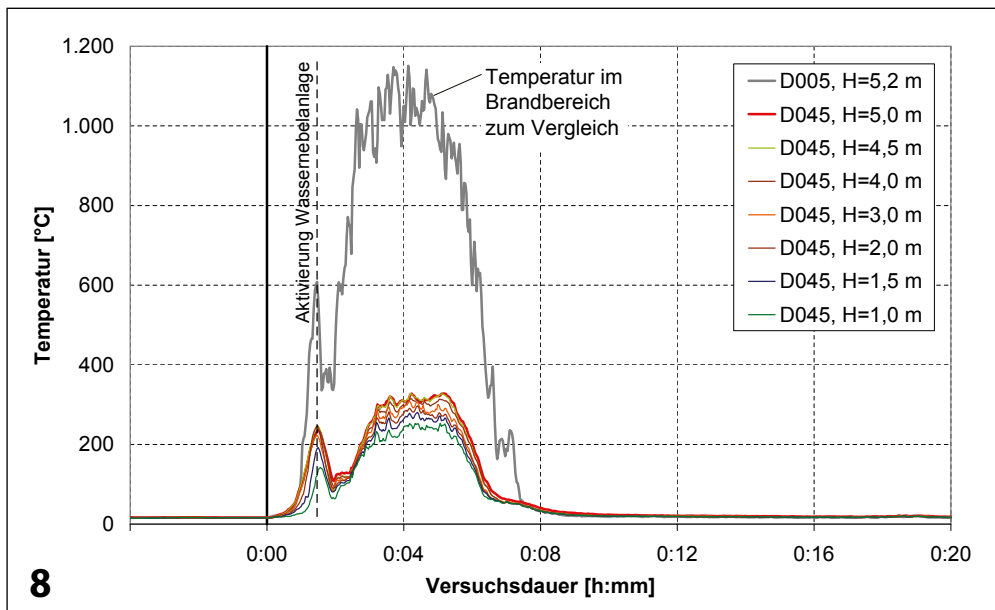
Table 2: Marginal Conditions for Solid Matter Fires

TUNNEL LINING SYSTEMS

-  Langlebige Tunnelbahnen aus Polyolefinen Werkstoffen
-  Easy Fix - Innovative Befestigungssysteme bis zu einer Breite von 4 m
-  Hot-Melt-System
-  Hot-Air-System
-  Velcro System
-  Fugenbandprofile mit integrierter Halterung für Injektionsschläuche

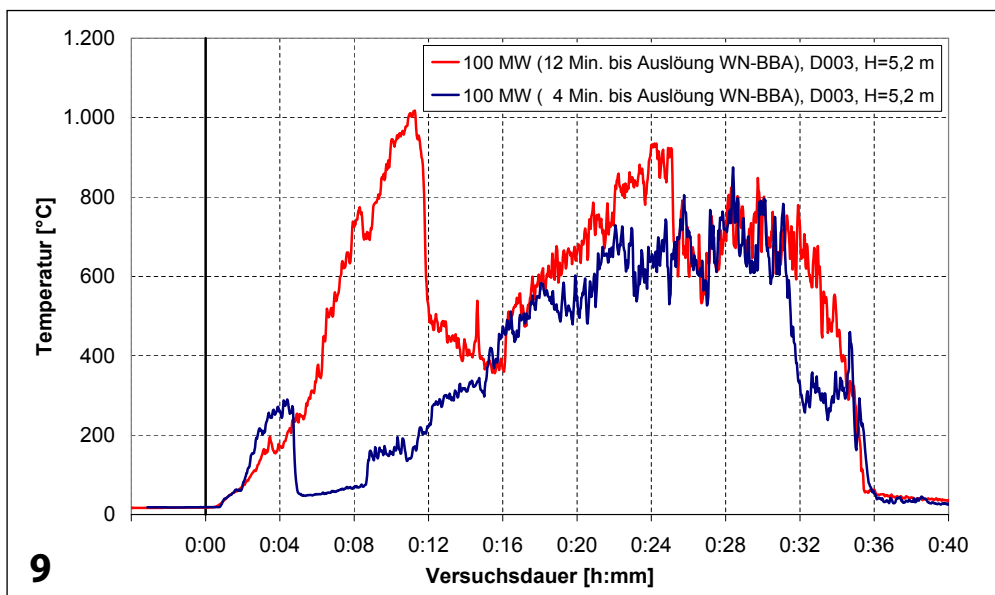
AGRU Kunststofftechnik
Ing. Pesendorferstraße 31 • A-4540 Bad Hall
tel.: +43 (0) 7258 790-0 • fax.: +43 (0) 7258 3863
mail: office@agru.at • www.agru.at





8 Temperaturen im Querschnitt 45 m hinter der Mitte der Brandlast (100 MW-Brand mit Wassernebel)

Temperatures in the cross-section 45 m behind the middle of the fire load (100 MW fire with water mist)



9 Temperaturen unter der Zwischendecke im Bereich der Brandlast (3 m hinter der Mitte der Brandlast)

Temperatures beneath the intermediate ceiling in the fire load zone (3 m behind the middle of the fire load)

cke gemessen worden und sind durch direkten Kontakt mit den Flammen zu erklären. Sie können deshalb nicht ohne Weiteres zur Beurteilung der Wirksamkeit der Wassernebelanlage herangezogen werden.

Deutlicher und repräsentativer ist der positive Effekt der Wassernebelanlage im Querschnitt 10 m hinter der Brandlast erkennbar (15 m hinter

der Mitte der Brandlast, D015, Bild 10). Nach 4 Minuten ist die Temperatur im oberen Bereich (auf 5,0 m Höhe, also 0,2 m unter der Zwischendecke) auf 150 bis 175 °C angestiegen. Nach Aktivierung der Wassernebelanlage (beim Versuch mit 4-minütiger Vorbrennzeit) fällt die Temperatur auf unter 40 °C. In den nächsten Minuten steigt sie dann auf ca. 60 °C. Beim

lowing activation. Qualitatively speaking the same temperature course can also be discerned in the case of the test with extended ignition duration. However the temperature beneath the intermediate ceiling increases to just below 1,000 °C until the water mist system is activated. After activation here too the temperature drops albeit as expected not so steeply as during

the previous test – but “only” to around 370 °C (Fig. 9).

The temperatures presented in Fig. 9 beneath the intermediate veiling in the direct fire zone again regain values of between 800 and 900 °C several minutes after the water mist system is activated – following the previously described drop. These temperatures are however measured beneath the ceiling and can be explained by their direct contact with the flames. Consequently they cannot as such be taken to assess the efficacy of the water mist system.

The positive effect of the water mist system in the cross-section 10 m behind the fire load (15 m behind the middle of the fire load, D015, Fig. 10) can be recognised as clearer and more representative. After 4 minutes the temperature in the upper zone (at a height of 5 m, in other words 0.2 m beneath the intermediate ceiling) rises to 150 to 175 °C. After activating the water mist system (in the test with 4-minute ignition time) the temperature drops to roughly 60 °C. In the test with extended ignition period (12 minutes) the temperature first increases unchanged and at the time point when the water mist system is activated reaches about 650 °C. After the system is activated it drops rapidly to reach some 65 °C.

In addition to the measurement values obtained the target (stack of pallets, see above) set up 5 m away from the fire load also displays the effect the water mist system possesses in suppressing the fire. Both after the fire with a delay in ignition lasting 4 minutes as well as the fire with a 12 minute long delay in ignition the target was unharmed (Fig. 11) – only revealing traces of soot – although the

Versuch mit verlängerter Vorbrennzeit (12 Minuten) steigt die Temperatur zunächst un- vermindert weiter und erreicht zum Zeitpunkt der Aktivierung der Wassernebelanlage rund 650 °C. Nach Aktivierung der Anlage fällt sie rapide auf ca. 65 °C ab.

Neben den erfassten Messwerten zeigt auch das in 5 m Entfernung zur Brandlast angeordnete Target (Palettenstapel, s.o.) die ausmaßmindernde Wirkung einer Wassernebelanlage. Sowohl beim Brand mit 4-minütiger als auch beim Brand mit 12-minütiger Auslöserverzögerung war das Target unversehrt (Bild 11) und wies lediglich Rußspuren auf, obwohl

die Brandlast nahezu vollständig verbrannt war (beim Brand mit 4-minütiger Vorbrennzeit waren 80 % der Paletten verbrannt, der Rest war größtenteils verkohlt; beim Brand mit 12-minütiger Vorbrennzeit waren die Paletten vollständig verbrannt).

3.3 Bewertung der Ergebnisse

Die dargestellten Versuchsergebnisse zeigen, dass eine Wassernebelanlage die Entwicklung sowohl von Feststoffbränden als auch Flüssigkeitsbränden positiv beeinflussen kann. In beiden Fällen übt der Wassernebel eine kühlende Wirkung auf die Brandlast und auf die Umgebung aus, sodass die Temperaturen weni-

ger als ohne Wassernebel ausfallen (die Brandlast wurde fast vollständig verbrannt (im Falle der Brandlast mit einer Verzögerung der Zündung nach 4 Minuten 80 % der Paletten hatten gebrannt, der Rest war größtenteils verkohlt; die Paletten wurden fast vollständig verbrannt im Falle der Brandlast mit einer 12-minütigen Verzögerung der Zündung).

3.3 Assessing the Results

The presented test results reveal that a water mist system can positively influence the development of solid matter fires as well as pool fires. In both cases the water mist has a cooling effect on the fire load and on the environment so that the temperatures increase less rapidly. This effect makes itself felt first and foremost a few

metres behind the fire load (in the direction of flow). In this way the danger of fire flashing over to other vehicles – as the "targets" showed – is reduced to a great extent. Furthermore the lower temperatures around the fire first make it possible for the fire service to tackle the blaze.

Generally it is important to activate the system as soon as possible so that the positive cooling effect sets in at an early stage. In this way structural damage resulting from temperature is confined to a relatively small zone or even totally avoided. In this connection the size of the fire load (e.g. 100 MW) represents only a subordinated criterion in assessing the outcome.

PENELL GmbH
Bahnhofstrasse 32
D-64372 Ober-Ramstadt
☎ +49.(0)6154.6251-0
Fax +49.(0)6154.51269
E-Mail info@penell-gmbh.de



SYNCHRO PLUS Ges.m.b.H.
Oberallach 2
A-9852 Trebesing (K)
☎ +43.(0)664.2008440
Fax +43.(0)4732.37044
E-Mail info@synchro-plus.eu

Wir sind IHR PARTNER in Fragen der Elektroversorgung.

Lösungsvorschläge - nach Ihrer Aufgabenstellung - Planung, Beratung sowie der Verkauf von

- Kabelsystemen & Konfektionierung
- Schaltanlagen
- Erdungsanlagen
- Beleuchtungsanlagen
- Klima- und Haustechnik
- z. B.: - Telefon- und Rufanlagen
- Antennenanlagen
- Elektronikbauteilen

gehören zu unserem Liefer- und Leistungsprogramm.

Wir haben umfangreiche Erfahrungen auf dem Gebiet der Elektroprojektierung, z.B. in den folgenden Bereichen:

- Tunnel-, Hoch- und Tiefbau
- NS- und MS-Schaltanlagen bis 42 kV
- Aggregate und Notbeleuchtung
- Industrieanlagen, Überwachungsanlagen
- Schulen, Freizeit- und Sportstätten
- Krankenhäuser

Gerne unterbreiten wir Ihnen ein unverbindliches Angebot und stellen unsere Leistungsfähigkeit unter Beweis.

Nutzen Sie unseren 24h-Lieferservice. Ein Notdienst ist auch an Sonn- und Feiertagen für Sie bereit.

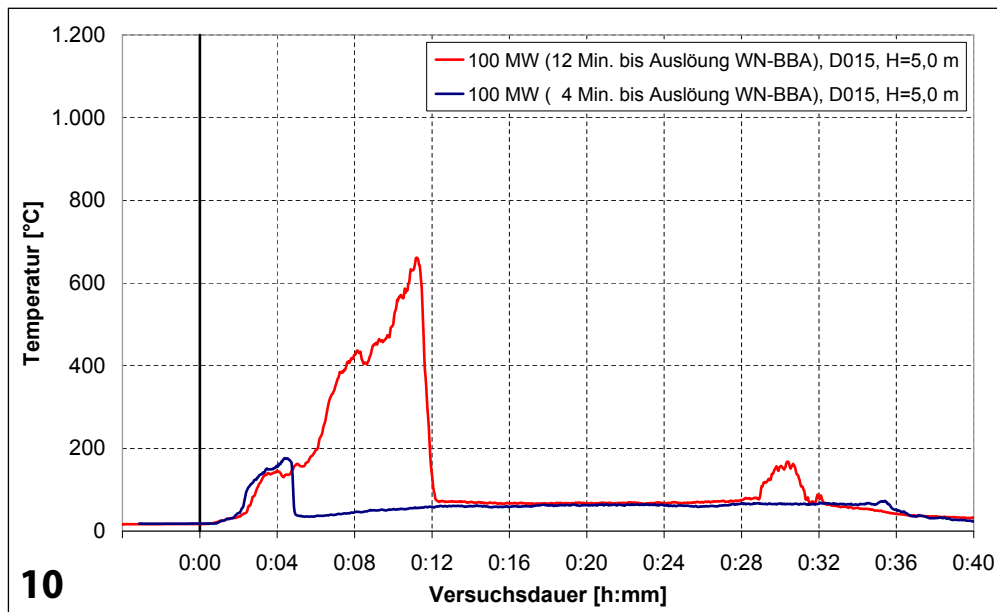
SYNCHRO PLUS GmbH
Montageplatz
D-03130 Haidemühl
☎ (035751) 15345
Fax (035751) 15346
E-Mail synchro.plus@t-online.de
Internet www.synchroplus.de

Unsere Monteure sind sofort vor Ort einsetzbar mittels eigener Meß-, Vulkanisations- und Spulwagen.
Unsere Monteure sind spezialisiert und qualifiziert in den Bereichen Niederspannung, Mittel- und Hochspannung und LWL.
Genauere Informationen über uns und unser Leistungsspektrum finden Sie auf unserer Internetseite.
Unser Bereitschaftsdienst steht Ihnen auch an Sonn- und Feiertagen zu Ihrer Verfügung.



Energietechnik & Montagen

- von 1 kV bis 330 kV
- Kabel · Leitungen · Fernmelde · LWL
- Muffen · Endverschlüsse · Verlegung
- Vulkanisation · Mantelreparaturen
- Stecker montagen · Cadweld-Muffen
- Prüfungen · Fehlerortungen



Temperaturverlauf unter der Zwischendecke 10 m hinter der Brandlast
Temperature curve beneath the intermediate ceiling 10 m behind the fire load

ger schnell ansteigen. Besonders positiv macht sich dieser Effekt einige Meter hinter der Brandlast bemerkbar (in Strömungsrichtung). Damit wird die Gefahr des Brandübersprungs auf andere Fahrzeuge – wie es die „Targets“ gezeigt haben – sehr stark reduziert. Darüber hinaus wird durch die geringeren Temperaturen im Brandumfeld ein Löschangriff durch die Feuerwehr oft überhaupt erst möglich.

Generell ist es wichtig, die Anlage möglichst früh zu aktivieren, weil sich so die positive Wirkung der Kühlung früher entfaltet. Damit werden temperaturbedingte Bauwerkschäden auf einen relativ kleinen Bereich eingegrenzt oder sogar vollständig vermieden. Die Größe der Brandlast (z.B. 100 MW) stellt dabei nur noch ein untergeordnetes Kriterium zur Bewertung der Folgen dar.

Insbesondere bei den beschriebenen Flüssigkeitsbränden wurde beobachtet, dass durch den Einsatz der Wassernebelanlage die Rauchen-

entwicklung deutlich reduziert werden konnte. So trat bei dem durchgeführten Brandversuch mit 30 MW Energiefreisetzung und aktivierter Halbquerlüftung (Rauchabsaugung über die Zwischendecke), aber ohne den Einsatz einer Wassernebelanlage ein deutliches Backlayering auf. Mit Aktivierung der Wassernebelanlage konnte selbst bei einem Brand mit 100 MW Energiefreisetzung auch ohne Halbquerlüftung das Backlayering verhindert werden. Dies zeigt deutlich, dass bei Einsatz einer Wassernebelanlage auch Brände beherrscht werden können, für die die vorhandene Lüftung eigentlich nicht ausgelegt ist.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen des Forschungsvorhabens SOLIT2 wurden im Mai und Juni 2011 mehr als 30 Großbrandversuche durchgeführt. In Summe sind rund 6.000 Euro-Paletten für Feststoffbrände und ungefähr 8.000 l Diesel für Flüssigkeitsbrände verbrannt worden. Für

velopment of smoke could be considerably reduced. Thus obvious backlayering occurred in the case of the fire tested carried out with 30 MW energy release rate and activated semi-cross ventilation (smoke removal via the intermediate ceiling) – but without the application of a water mist system. Backlayering could be prevented also in the case of a fire with 100 MW energy release rate even without semi-cross ventilation. This clearly shows that when a water mist system is applied even fires for which the existing ventilation is not designed can be mastered.

4 Summary and Outlook

Within the scope of the SOLIT2 research project more than 30 major fire tests were carried out in May and June 2011. Altogether some 6,000 Euro pallets for

It was observed in particular in the case of the described pool fires that through the application of the water mist system the de-

Unbeschädigtes Target nach Ende des Brandversuchs (100 MW-Brand, 12-minütige Auslöseverzögerung der Wassernebelanlage)

Undamaged target after the conclusion of the fire test (100 MW fire, 12-minute delay in activating the water mist system)




den Betrieb der Wasserdampf-Brandbekämpfungsanlage und für die Löscharbeiten durch die Feuerwehr wurden 1.200 m³ Wasser verbraucht.

Mithilfe der durchgeführten Versuche konnte zum Ersten die Wirksamkeit von Wasserdampf-Brandbekämpfungsanlagen in Straßentunneln nochmals bestätigt werden. Zum Zweiten konnten wichtige Daten gewonnen werden, mit denen die Entwicklung mathematischer numerischer Modelle zur Abbildung der komplexen Vorgänge beim Einsatz von Wasserdampf im Brandbereich nachgebildet werden kann. Zum Dritten wurden reale Daten gewonnen, die für die Beurteilung von Kompensationsmöglichkeiten bei

Einsatz von Wasserdampfanlagen gebraucht werden.


Die Versuche haben gezeigt, dass durch den Einsatz der Wasserdampfanlage die Fremddrehung unterstützt wird, indem eine unmittelbare Annäherung auch an sehr große Brände (z.B. 100 MW) möglich wird. So wird ein Löschangriff der Einsatzkräfte effektiv unterstützt bzw. bei Großbränden überhaupt erst möglich.

Die positiven Versuchsergebnisse belegen, dass das angestrebte Kompensationspotenzial technisch vorhanden ist. Die finanzielle Bewertung der Kompensation im Rahmen einer Lebenszykluskostenberechnung wird in den nächsten Monaten erfolgen. 

solid matter fires and approx. 8,000 l of diesel for pool fires were burned. 1,200 m³ of water was used for operating the water mist fire suppression system and for the extinguishing operations tackled by the fire service.

With the help of the executed tests firstly the efficacy of water mist fire suppression systems in road tunnels could be reconfirmed. Secondly important data were gained by means of which the development of mathematical-numerical models to simulate the complex processes involved in applying water mist in fire zones could be construed. Thirdly real data were obtained, which can be used for assessing compensation possibilities when applying water mist systems.

The tests have revealed that through applying water mist systems external rescue is supported by enabling even very large fires (e.g. 100 MW) to be approached. Thus efforts to extinguish the blaze on the part of the emergency services are effectively supported or made at all possible in the case of major fires.

The positive test results confirm that the compensation potential strived for is technically available. The financial evaluation of compensation within the scope of a life cycle cost calculation will take place within the next few months. 

**Bochumer Eisenhütte
Heintzmann**



STUVA Berlin 6. – 8.12., Halle: 20; Stand D101

since 1851

Bergbau, Tunnelbau – Mining, Tunnelling

TH-, GI-, HEB- und Sternprofile

TH-, GI-, HEB- and Star-Profile

2-, 3- und 4-Gurt-Gitterträger

2-, 3- and 4-bar Lattice Girders

Sonderkonstruktionen für Großräume

Special Construction for big excavation areas

Ankersysteme – Bolting System

Jackpots und Donuts – Jackpots and Donuts

Stachelemente – Stress Controller

Wärmebehandlung – Heat Treatment

Verstellbarer, nachgiebiger Tübbingausbau



HEINTZMANN | Group

**Für den
weltweiten Außendienst**

**suchen wir den/die engagierte/n
Export-Leiter/in**

Wir freuen uns auf Ihre aussagekräftige Bewerbung!
Schicken Sie uns Ihre Unterlagen an:
Bochumer Eisenhütte GmbH & Co. KG,
Herrn Klocke, Klosterstraße 46,
44787 Bochum oder per mail: klocke@be-heico.de.



Klosterstraße 46 . 44787 Bochum, GERMANY . Tel.: + 49 (0) 234 - 9118 - 0
Fax: + 49 (0) 234 - 9118 - 228 www.be-heico.de . email: info@be-heico.de