



Linear Heat Under Test:

Weit mehr als ein Brandmelder: lineare faseroptische Wärmemelder (DTS) ermöglicht Brandmonitoring in Zug- und Straßentunneln

Gerd Koffmane, Henrik Hoff, AP Sensing GmbH, Böblingen

Abstract

Im Maßstab 1:1 wurden Feldversuche unter authentischen Umweltbedingungen in Zusammenarbeit mit Tyco Fire / Scum und dem SP Technical Research Institute of Sweden durchgeführt. Diese zeigen auf, dass faseroptische Linearewärmemelder (DTS – Distributed Temperature Sensing) sehr schnell und zuverlässig unterschiedliche Brandtypen melden, diese präzise lokalisieren und Brandgröße sowie Ausbreitungsrichtung über eine lange Zeitdauer* genau beobachten können.

Die verbesserten Leistungsmerkmale liegen weit über dem Anwendungsbereich der klassischen Brandmeldetechnologie und bieten damit die Grundlage für sehr viel leistungsfähigere Brandmeldesysteme von morgen.

Einleitung

Untergrundverkehrsnetzwerke sind empfindliche Glieder in einer wirtschaftlichen Kette, die täglich tausende Menschen und Tonnen von Waren (inklusive gefährdender Waren) transportieren und damit an Bedeutung gewinnen. Daher sind Sicherheitsvorkehrungen ausgesprochen wichtig um den potenziellen Gefahren zu begegnen. Das größte Risiko stellt ein außer Kontrolle geratener Brand dar. Lebensgefahr wird durch giftige Gase, außerordentlich hohen Temperaturen, den sich sehr schnell eintrübenden Sichtverhältnissen, sowie limitierten Fluchtwegen und Panikreaktionen von Fahrern und Mitfahrern hervorgerufen. Zusätzlich wird die Infrastruktur der Transporteinrichtung schwer beschädigt. Aus diesem Grund werden die Anforderungen an Brandschutzmaßnahmen in Tunneln immer größer.



Einerseits wollen Betreiber ihre Sachwerte schützen, andererseits fordern Behörden den größten möglichen Schutz der Allgemeinheit von risikobehafteten Systemen. Die Aufrechterhaltung der Funktionen von wichtigen Schutzsystemen über eine bestimmte Zeit (Brandmeldeausrüstung, Lüftung, Löschanlagen, Notausgangsanzeigen uvm.) ist eine Notwendigkeit, die von modernen Brandschutzkonzepten erfüllt werden muss. Um die steigenden Anforderungen erfüllen zu können, bedarf es neuer Schutzkonzepte, die nicht nur durch die Summe der einzelnen Schutzvorkehrungen definiert sind, sondern durch das vernünftige und effiziente Zusammenspiel zwischen Schutzsystemen und Feuerwehr ermöglicht werden. Grundlegende Informationen sind eine unerlässliche Voraussetzung für dieses Zusammenspiele wie z.B:

- Schnelle und verlässliche Brandmeldung mit präziser Angabe des Brandortes ohne Beeinflussung durch die im Tunnel üblichen starken Luftströme
- Automatische Aktivierung der Verkehrskontrolle und die Alarmierung von Notdiensten wie z.B. der Feuerwehr.
- Beurteilung der Brandausbreitung und Brandgröße an der Unfallstelle um die Lüftung zu aktivieren und zu regeln und/oder der Anpassung des Systems und die Weitergabe grundlegender Informationen an die brandbekämpfenden Kräfte.
- Überwachung und Kontrolle der Gegenmaßnahmen.

Ein Beispiel für die automatische Regelung und ein Schritt in die richtige Richtung ist das Notfallsystem eines neu überholten Tunnels in Frankreich. Dieses nutzt die genaue Ortsbestimmung des Brandes durch die Einstellung der Lüftung des Brandmeldesystems in Längsrichtung, bis die Windgeschwindigkeit an der Brandstelle nahe Null ist. Infolgedessen bleibt der Rauch an der Brandstelle und die Absaugung ist viel effizienter.

Testziel

Vollständige Brandmeldung für automatische Überwachung von Brandschutzsystemen in Tunneln, wovon dieser Artikel handelt, ist neu und noch in der Entwicklungsphase. Die 1:1 Feldversuche unter authentischen Umgebungsbedingungen wurden mit SP Technical Research Institute of Sweden in Borås und in Zusammenarbeit mit Tyco Fire / Scum in Schweden durchgeführt. Das Ziel dieses Forschungsprojektes war unter anderem das Leistungsvermögen der DTS Technologie zu testen, um:

- Unterschiedliche Brandarten schnell und verlässlich zu melden
- Gewährleisten der Brandbeständigkeit über den gesamten Brandverlauf
- Die Brandentwicklung zu überwachen, um grundlegende Informationen über den Brand weiterleiten zu können
- Die installierte Löschanlage anzusteuern (HotFoam - Tyco Fire /Scum, Sweden)



Testaufbau

Die 1:1 Brandtests wurden in einem Tunnelmodell (L x B x H: 16m x 6m x 6m), ausgestattet mit nicht brennbaren Hartfaserplatten (Promatect®), 2 Türen sowie einem Überwachungsfenster ausgeführt.

Um versteckte Brände und Brände unter einem Güterwagen zu simulieren, wurde ein Lokomotivenmodell (L x B x H: 2.27m x 2.25m x 2.20m, 1 m über dem Boden angeordnet) verwendet. Ein Eisenbahnwagenmodell (L x B x H: 4.8m x 2.4m x 3.0m) sorgte für die Simulation eines offenen Feuers auf einem Güterwagen. Der Tunnel wurde mit einer Schaumlöschanlage (HotFoam von Tyco Fire /Scum) ausgestattet. Dieses Löschmedium wird im Allgemeinen verwendet, um Brände z.B. in Gütertunneln ohne Passagiere einzudämmen. Unter der Tunneldecke wurde ein ca. 1250 m langes BRUsafety Kabel mit Befestigungsschellen in 1m Abstand angebracht. Um einen 6,5 km langen Tunnel zu simulieren, wurden zusätzliche 5373 m optische Faser zwischen der Auswerteeinheit und dem Sensorkabel angebracht. Das AP Sensing Linear Heat Series – N4387A Instrument, mit 2 optischen Kanälen und einem Messbereich von jeweils 8 km, diente als Brandmelder und Brandmonitor.

Das DTS Instrument wurde entsprechend der Norm EN 54-5 Klasse A1 parametrieren, welche auch vom Deutschen VdS zertifiziert sind. Obwohl das Instrument 5 Alarmkriterien anbietet, wurden nur 4 unterschiedliche Alarmparameter benutzt. Der maximale Grenzwert wurde auf 59 °C eingestellt und die 3 unterschiedlichen Thermodifferentialkriterien wurden auf 13° C über 40 s, 17° C über 120 s und 28 °C über 360 s eingestellt. Die Messzeit wurde auf 10 s gesetzt - die Alarmzeit beinhaltet einen Bestätigungszyklus. Die konfigurierte Brandzone war mit 800 m, einer räumlichen Auflösung von 3 m und einem Ortsintervall von 1 m aufgesetzt.

Testverlauf

Insgesamt wurden acht unterschiedliche Brandscenarios gefahren um die Performance des Brandschutzsystems (Brandmeldung + Löschanlage) zu evaluieren. Das Brandscenario und die dazugehörige Reaktionszeit der Linear Heat Series (DTS) sind in Tabelle 1 aufgelistet. Hierbei wird auch dokumentiert welcher der einzelnen Alarmkriterien wann erreicht wurde. Bei sämtlichen Tests wurde das DTS Instrument 1 Minute bevor der Brand entzündet wurde gestartet.

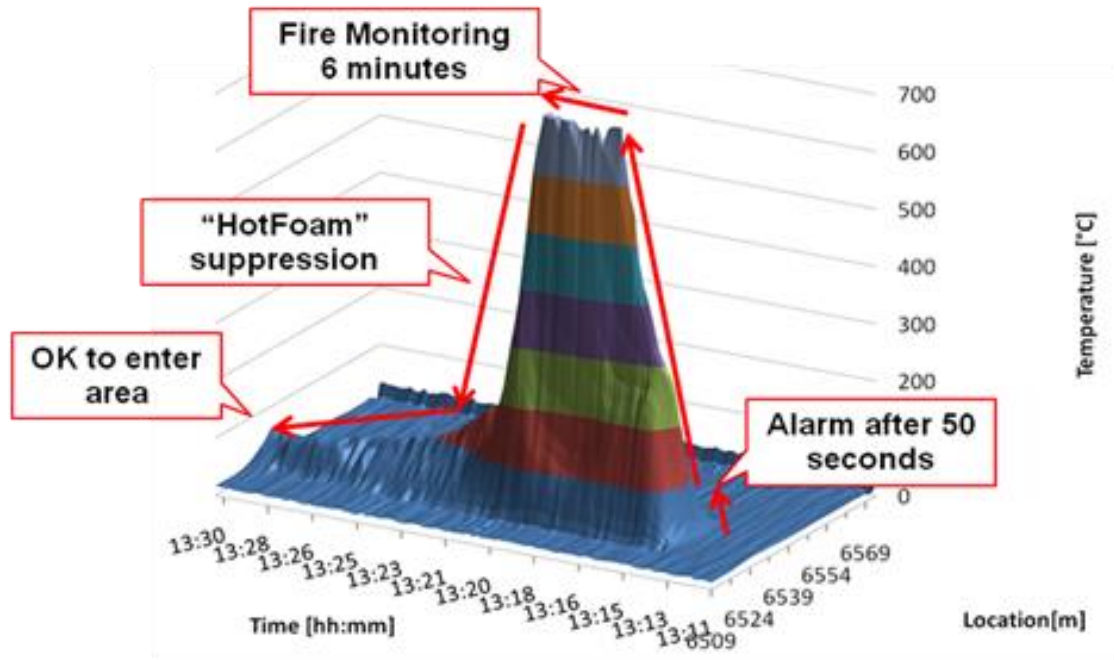
30 bis 90 Sekunden nach Auslösung des ersten Alarms wurde die "HotFoam" Löschanlage manuell aktiviert. Die Schaumproduktion wurde fortgesetzt bis der Wärmeausstoß ein Minimum erreicht hatte – die Echtzeit wurde durch die DTS Linear Heat Serie kontrolliert.

Test No.	Scenario	Fuel	HRR (aprox.)	First Alarm	T_abs Alarm 59°C	T_grad1 Alarm 13°C/40sec	T_grad2 Alarm 17°C/120sec	T_grad3 Alarm 28°C/360sec	T_ceiling_max TC7_max
1	Hidden fire inside locomotive	Diesel, 1.7m ² pool	2.4MW	01:02	01:12	01:02	01:32	05:34	359°C
3	Hidden fire inside locomotive	Diesel, 4.5m ² pool, spray	7.4MW	00:53	01:03	00:53	01:33	05:33	706°C
4	Wood pallets on wagon	Wood pallets, 2 piles	8.4MW	02:45	03:25	02:55	02:45	05:25	741°C
5	Wood pallets on wagon	Wood pallets, 4 piles	16.8MW	02:30	03:40	02:50	02:30	05:30	890°C
6	Pool fire on wagon	Heptane, 4.5m ²	9.0MW	00:30	00:40	00:30	01:30	-	1107°C
7	Pool fire on wagon	E85, 4.5m ²	4.7MW	00:31	00:41	00:31	01:31	-	875°C
8	Pool fire below wagon	Heptane, 4.5m ²	9.0MW	00:35	00:44	00:35	01:24	-	752°C
9	Hidden fire inside locomotive and wood pallets on wagon	Acetone and wood pallets 1.75m ² and 1 pile	6.3MW	02:15	02:35	02:15	02:15	05:25	800°C

Tabelle 1: Unterschiedliche Brandscenarios und entsprechende Ergebnisse

Testergebnisse

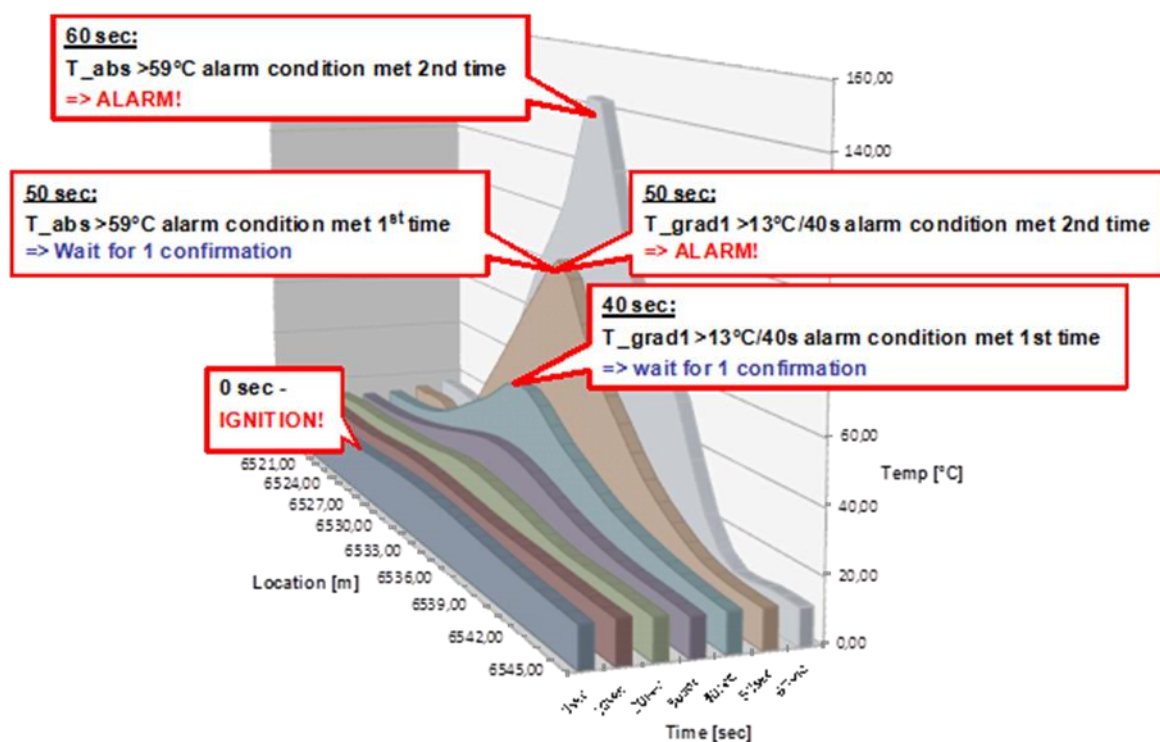
Sämtliche offenen Einsatzbrände wurden in weniger als 30 bis 40 Sekunden nach Entstehung entdeckt. Die Brandmeldung erfolgte in der Hälfte der von der Deutschen RABT (definieren z.B. die Anforderungen des Tunnelbrandschutzes) geforderten Zeit. Auch versteckte Einsatzbrände lösten innerhalb von 60 Sekunden nach Entzündung des Brandes einen Alarm aus. Auf Grund der langsamen Brandentwicklung der Holzpaletten lag die Antwortzeit im Bereich von 2 bis 3 Minuten. In sämtlichen Fällen wurde der erste Alarm durch das „fast rate-of-rise“ Kriterium, während die Temperatur unter der Decke immer noch unter 59 °C lag, gemeldet. Während die Einsatzbrände durch das „fast rate-of-rise“ Kriterium (13°C/40s) gemeldet wurden, wurden die Brände der Holzpaletten durch das „medium rate-of-rise“ Kriterium (17°C / 120s) konsequent abgedeckt. Alle Testergebnisse zeigen die Einsatzmöglichkeiten des DTS Instruments für die Brandmeldung in kürzester Zeit, bei unterschiedlichen Bränden und die Erfüllung gewisser Bestimmungen, die speziell für die Tunnelanforderungen entwickelt wurden (z.B. RABT, RVS, ASTRA uvm.). Die maximal feststellbare Temperatur unter der Decke ist eine Funktion des Wärmeausstoßes und der dem Brand zur Entwicklung gegebenen Zeit. Dabei wurden Temperaturen von 360 °C mit einem 2,4 MW großen Dieselfeuer, welcher innerhalb einer Lokomotive gelegt wurde erreicht. Bei einem offenen Heptanfeuer von 9MW wurden Temperaturen von 1100 °C gemessen. Das robuste und hitzebeständige Sensorkabel hat dabei sämtliche Brandtests überstanden, wodurch das DTS Gerät die Brände während der Tests beobachten konnte und wesentliche Informationen, wie in Tabelle 1 aufgeführt, übermittelte.



Figur 1: Brandüberwachung eines versteckten Dieselfbrandes mit einer HRR von 7,4 MW unter Benutzung eines AP Sensing Linear Heat Series

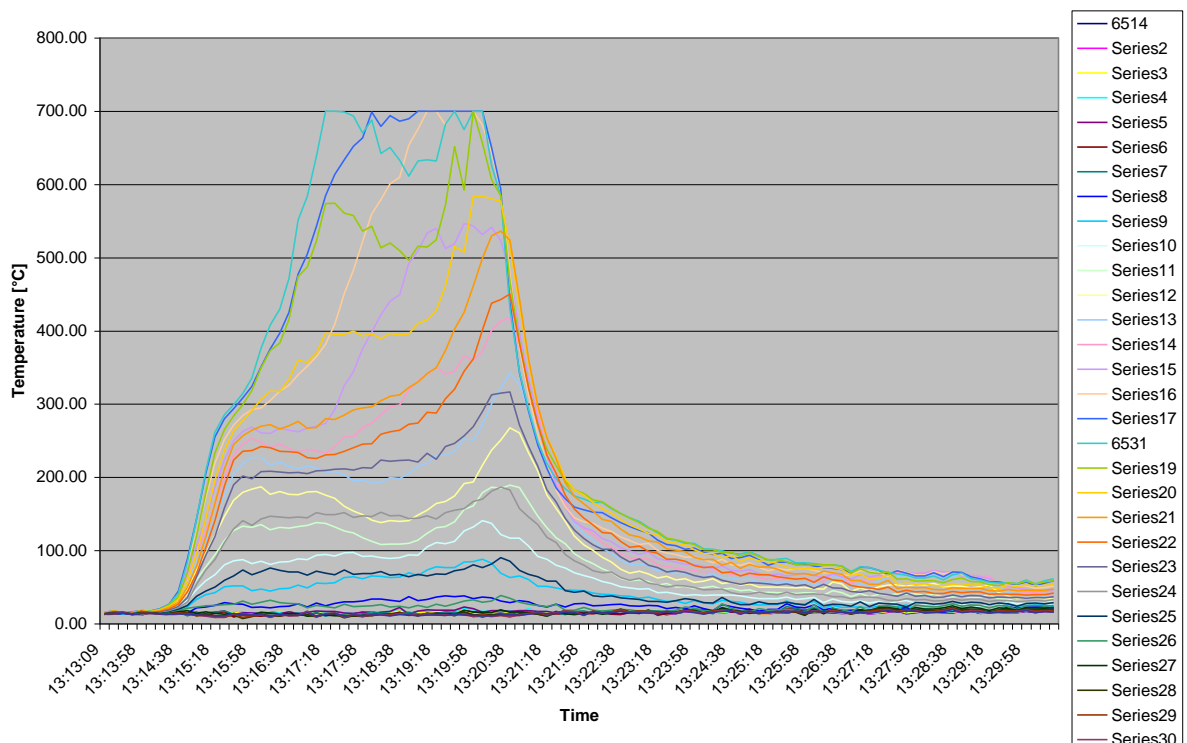
Grafik 1 zeigt das Ergebnis eines versteckten Brandes innerhalb eines Lokomotivenaufbaus. Benutzt wurde Diesel in einem Becken mit einer Fläche von 4.5 Quadratmeter. Die HRR (Heat Release Rate) liegt hier bei 7,4 MW. Ca. 40 Sekunden nach Entzündung des Brandes erkannte das DTS Instrument die erste Alarmbedingung, welche im Bestätigungszyklus nach 10 Sekunden bestätigt wurde und durch das „fast rate-of-rise“ Kriterium der Alarm auslöste (Figur 2). Der maximale Temperaturzuwachs betrug 50 °C / 10 s in der Anfangsphase. Dieser sank dann leicht auf 35 °C / 10 s, bis nach 200 Sekunden der maximale Wärmeausstoß von 7,4 MW erreicht wurde. Die vollständige Brandgröße wurde durch das DTS Instrument über einen Zeitraum von 6 Minuten überwacht, bevor die „HotFoam“ Löschanlage aktiviert wurde.

Die maximal feststellbare Temperatur während der beständigen Phase betrug 706 °C.



Figur 2: Brandentwicklung in der Anfangsphase des versteckten Brandes mit Diesel

Nach Aktivierung der „HotFoam“ Löschanlage beobachtete das DTS Linear Heat System einen rapiden Temperaturabfall mit einer Abkühlungsrate von ungefähr 60 °C / 10 s. Innerhalb von 80 Sekunden fiel die Temperatur von 700 °C auf unter 200 °C. Weitere 6 bis 7 Minuten waren jedoch nötig, um die Brandzone so herunter zu kühlen, dass diese wieder sicher betreten werden konnte.



Figur 3: Gesamte Brandentwicklung an unterschiedenen Stellen im Inneren des Tunnels. Entzündungszeit auf der linken Seite und insgesamt 17 Minuten Echtzeit-Brandüberwachung

Schlussfolgerungen

Die im SP Technical Research Institute of Sweden in Boras, Schweden in Kooperation mit Tyco Fire / Scum durchgeführten 1:1 Brandtests demonstrierten die Einsatzmöglichkeiten der DTS Linear Heat Series, um unterschiedliche Brände schnell und zuverlässig zu detektieren, sowie Brandentwicklungen auch bei Temperaturen über 1000°C zu beobachten. Die DTS Linear Heat Series ist in der Lage, wesentliche Informationen über Brandstelle, Brandgröße, Wärmeausstoß und Brandausbreitung während des gesamten Prozess des Unfalls bereit zu stellen. Dadurch wird die DTS Technologie zu einem idealen Messinstrument, um die Aktivierung und die Durchführung von Schutzsystemen wie Brandlöschsysteme, Notfallbelüftungssysteme und den Einsatz von Feuerwehr zu überwachen.

Weitere Informationen erhältlich unter: Proceedings from the Third International Symposium on Tunnel Safety and Security, Stockholm, Schweden, 12-14 März, 2008 "Fire suppression and structure protection for cargo train tunnels: Macadam and HotFoam" Anders Lönnermark, Magnus Bobert, SP Technical Research Institute of Sweden, Boras, Schweden, Peter Kristensen, Mats Helltegen, Svenska Skum AB, Tyco Fire Suppression & Building Products, Kungälv, Schweden