

## Vergleichende Untersuchung herkömmlicher Störfall- und Brandmeldesysteme mit neuen digitalen Auswertesystemen auf ihre Eignung zur schnelleren und sicheren Detektion von Stör- und Brandfällen in Straßentunneln

FA 3.344

Forschungsstellen: STUVA, Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e. V. Köln / RWTH Aachen, Institut für Straßenwesen (isac) (Prof. Dr.-Ing. habil. B. Steinauer)

Bearbeiter: Haack, A. / Schreyer, J. / Steinauer, B. / Brake, M. / Mayer, G.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: August 2004

### 1. Ausgangslage

Die Brandkatastrophen der vergangenen Jahre in verschiedenen europäischen Straßentunneln haben die Notwendigkeit zur Entwicklung neuer Sicherheitskonzepte aufgezeigt. Höchste Priorität hat hierbei die Verbesserung der Fluchtbedingungen zur Selbstrettung der Tunnelnutzer. Ziel ist es, durch eine schnelle und zuverlässige Detektion von Brandfällen sowie dem unmittelbaren Aktivieren von Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen zu erreichen, dass bei einem Brandfall die zur Selbstrettung zur Verfügung stehende Zeit möglichst effektiv genutzt werden kann. Des Weiteren besteht in einer frühzeitigen Detektion von verkehrlichen Störfällen eine weitere Möglichkeit, die Detektionszeit zu verkürzen.

Dazu ist es erforderlich, verschiedene Elemente der Tunnelsteuerung miteinander zu kombinieren und simultan zu schalten. Zunächst ist sowohl die aktuelle verkehrliche Situation im Tunnel als auch der genaue Ort, Typ und das Ausmaß eines Stör-/Brandfalles zu erfassen. Basierend auf diesen Informationen sind für die im Tunnel befindlichen Personen rauchfreie Tunnelabschnitte herzustellen, die zur Selbstrettung genutzt werden können. Dazu müssen unmittelbar nach Brandausbruch geeignete Lüftungsprogramme zur Minimierung und Steuerung der Rauchausbreitung aktiviert werden. Des Weiteren sind schnellstmöglich die bereits im Tunnel befindlichen Personen über die Art des Störfalles zu informieren und zu bestimmten Verhaltensweisen aufzufordern. Gleichzeitig sind die Beleuchtungsanlage, gegebenenfalls mit einer dynamischen Fluchtwegkennzeichnung, und die vorhandenen Lüftungsanlagen in geeigneter Weise zu steuern. Zur Minimierung der Gefährdung (Brandlast, betroffene Personen) ist sofort mit Maßnahmen der Verkehrssteuerung die Einfahrt weiterer Fahrzeuge in den Tunnel zu unterbinden.

Zur Überwachung des Verkehrsraumes werden derzeit in Tunneln eine Reihe unterschiedlicher Detektoren eingesetzt. Die automatische Erfassung des Verkehrsgeschehens erfolgt i. d. R. über lokale Messeinrichtungen wie Induktivschleifen oder über Kopf angeordnete Infrarotsensoren. Brandereignisse werden über Brandmeldekabel, Sichttrübungsmesser oder die Entnahme von Feuerlöschern aus Notrufstationen detektiert. Bei einer installierten Videoanlage können Meldungen dieser Detektoren mit einem Kamerasystem verknüpft und ein Bild aus dem Bereich der Störstelle in eine ständig besetzte Zentrale aufgeschaltet werden.

Im Gegensatz hierzu versprechen moderne Videoanalyzesysteme die Möglichkeit, neben der Detektion von Brand und Rauch verkehrliche Störfälle, wie liegengeliebene Fahrzeuge,

Benutzung von Standstreifen bzw. Nothaltebuchten, Falschfahrer, Personen bzw. Gegenstände auf der Fahrbahn, aber auch betriebliche Störungen, z. B. Beleuchtungsänderungen, automatisch und in Echtzeit zu erfassen. Bei einer lückenlosen Anordnung der Kameras wäre es somit möglich, den gesamten Verkehrsraum auf Ereignisse hin zu überprüfen und sowohl Art und Umfang von Störfällen als auch ihre Ursachen räumlich und zeitlich exakt zu detektieren. Ein Störfall wäre somit ohne Zeitverzug erkennbar, sodass ein Voralarm bereits ausgelöst werden kann, sobald ein Fahrzeug liegen bleibt. Somit könnte ein verkehrlicher Störfall bereits detektiert werden, bevor er sich zu einem Brandfall entwickelt.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, videobasierte Brand- und Störfalldetektionssysteme auf ihre Eignung zur schnellen und sicheren Detektion von Störfällen in Tunnel im Vergleich zu den herkömmlichen Detektionsverfahren zu untersuchen.

### 2. Untersuchungsmethodik

Entscheidend für die Verbesserung der Sicherheit in Straßentunneln ist die schnelle und präzise Stör- und Brandfalldetektion. Aufgabe des Forschungsvorhabens ist es deshalb, herkömmliche Störfall- und Brandmeldesysteme mit neuen digitalen Bildauswertesystemen vergleichend zu untersuchen. Ziel ist, die Eignung automatisierter, rechnergestützter Videosysteme für den Einsatz in Straßentunneln sowie eventuelle Vorteile hinsichtlich Zuverlässigkeit und Schnelligkeit bei der Detektion, und somit zur zeitnahen Einleitung lüftungstechnischer und verkehrsregelnder Maßnahmen, gegenüber herkömmlichen Störfall- und Brandmeldesystemen zu überprüfen.

Um einen Vergleich verschiedener Brandmeldesysteme untereinander herstellen zu können, werden zunächst systematische und reproduzierbare Untersuchungen verschiedener Brandmeldesysteme in einem, mit einem Straßentunnel vergleichbaren, Brandraum im Hagerbachstollen durchgeführt. Als Referenzsystem der videobasierten Verfahren dient hierbei die am isac entwickelte Software isac-DVA.

Zur Untersuchung von Brandmeldesystemen unter realen Bedingungen werden des Weiteren im Rahmen des Forschungsvorhabens Brandversuche im Rennsteigtunnel und in der 4. Röhre Elbtunnel wissenschaftlich begleitet. Neben der Erfassung und Speicherung der durch die Brandmeldeeinrichtungen erzeugten Alarmmeldungen werden diese Brandversuche über die in den Tunneln installierten Kameras per Video aufgezeichnet.

In denselben Straßentunneln erfolgt anschließend die Untersuchung verkehrlicher Störfalldetektionssysteme. Hierbei werden "inszenierte" Störfälle vor Verkehrsfreigabe und unter Verkehr durchgeführt. Die zu erstellenden Szenarien werden wiederum per Video aufgezeichnet. Gleichzeitig werden die in den Tunneln vorhandenen Installationen zur Verkehrsdatenerfassung genutzt, um die lokalen Verkehrsdaten für diesen Zeitraum zu erfassen und zu speichern.

Mit Hilfe der aufgezeichneten Videosequenzen erfolgt eine differenzierte systematische Untersuchung der auf dem europäischen Markt befindlichen Videodetektionssysteme auf Funktion,

Detektionszeiten, korrekte Störfalltypisierung sowie auf Fehleranfälligkeit.

Die herkömmlichen Detektionsverfahren werden mit den jeweils erfassten Daten (lokale Verkehrsdaten bzw. Brandmeldedaten) auf ihr Ansprechverhalten hin untersucht.

Der Vergleich der Detektionssysteme erfolgt durch Gegenüberstellung der Detektionszeiten und der Typisierung der jeweiligen Ereignisse.

Aus den daraus gewonnenen Erkenntnissen werden außerdem Empfehlungen für den Einsatz von Videodetektionssystemen in Tunneln abgeleitet.

### 3. Untersuchungsergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Gegenüberstellung der Verfahren zur Branderkennung macht deutlich, dass herkömmliche Systeme (Linienbrandmelder) im Rahmen der Untersuchung durchgeführten Brandversuche in realen Straßentunneln Mängel in der Detektion aufweisen. Diese Defizite entstehen durch zu lange Detektionszeiten, welche in den meisten Fällen über der maximalen Branddetektionszeit von 60 Sekunden liegen.

Dagegen zeigt sich, dass die Untersuchungsergebnisse bei den Videodetektionssystemen bzgl. Rauchdetektion stärker streuen. Bei den Versuchen unter RABT-Bedingungen variieren die

mittleren Detektionszeiten zwischen 19 und 82 Sekunden. Zwei Systeme überschreiten hierbei den geforderten Grenzwert von 1 Minute um 17 bzw. 22 Sekunden. Im Mittel kann ein System den Rauch innerhalb von 34 Sekunden und 3 Systeme zwischen 19 und 23 Sekunden detektieren.

Der Vergleich der Verfahren zur Detektion verkehrlicher Störfälle zeigt deutlich, dass es generelle Qualitätsunterschiede zwischen den videobasierten und herkömmlichen, auf lokaler Verkehrsdatenerfassung beruhenden, Systemen gibt.

Keines der herkömmlichen Störfalldetektionsverfahren ist in der Lage, eine korrekte Typisierung des Ereignisses durchzuführen. Auch hinsichtlich einer schnellen und sicheren Detektion eignen sich diese Verfahren nicht zu einer zuverlässigen Anwendung in Tunneln. Lediglich die korrelative Messtechnik zeigt gute Ergebnisse hinsichtlich einer treffenden und schnellen Detektion von Störfällen. Jedoch ist verfahrensbedingt auch hier keine Typisierung der Störfälle möglich.

Ein vollkommen anderes Bild zeigt sich bei den Videodetektionssystemen, die sich durch eine zeitnahe und exakte Detektion der Störfälle auszeichnen. Alle Störfalleszenarien werden erkannt und überwiegend korrekt typisiert. Die Bandbreite, innerhalb der die Störfälle detektiert werden, ist äußerst gering. Die mittleren Detektionszeiten der einzelnen Systeme variieren zwischen 0 und 12 Sekunden.

