

Festlegung von Mindestschutzmaßnahmen im Brandfall für verschiedene Tunneltypen und Verkehrssituationen

FA 3.314

Forschungsstelle: DMT – Deutsche Montan Technologie GmbH, Essen
Bearbeiter: Foit / Pollak / Sippel / Tetzner
Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bonn
Abschluss: Dezember 1999

1. Aufgabenstellung

Beim Betrieb eines Straßentunnels besteht immer das Risiko eines Brandes, der aufgrund der Verrauchung, der Wärmeentwicklung und der engen räumlichen Verhältnisse zu einer Gefährdung der im Tunnel befindlichen Personen führen kann.

Das Tunnelbelüftungssystem, das im Normalfall im Wesentlichen der Verdünnung und der Entfernung von Fahrzeugabgasen aus der Tunnelröhre dient, muss daher auch geeignet sein, nach Umstellung auf die so genannte Brandlüftung, rauchfreie Flucht- und Rettungswege sicherzustellen.

Mit der sich durch die technische Entwicklung ständig reduzierenden Fahrzeugemission sinkt naturgemäß auch der Luftstrombedarf im Normalbetrieb eines Tunnels. Für den Brandfall sind jedoch nach wie vor weitgehend unveränderte Voraussetzungen gegeben. Dieser Sachverhalt führt dazu, dass der Brandfall immer stärker die Auslegung von Tunnelbelüftungssystemen bestimmt. Dies gilt sowohl für Neuplanungen als auch für die Erneuerung der betriebstechnischen Einrichtungen von älteren Tunneln.

Ziel des Projektes ist deshalb, für die Brandlüftung von Straßentunneln unter Berücksichtigung

- der gegenwärtigen Festlegungen und Forderungen in den „Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT) sowie
- neuer Erkenntnisse aus Branduntersuchungen und -ereignissen

Mindestschutzmaßnahmen festzulegen, die im Brandfall ein vertretbares Risiko für die Tunnelnutzer ergeben.

2. Untersuchungsmethodik

Für die Bearbeitung des Vorhabens wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. Auswertung von Brandversuchen (EUREKA-Projekt, Memorial-Tunnel-Projekt und Untersuchungen auf der Versuchsrube Tremonia) im Hinblick auf Brandleistungen, Brandtemperaturen und ihren zeitlichen Verlauf, Brandschwadenentstehung und -ausbreitung
2. Auswertung von Brandversuchen und -ereignissen (Caldecott-Tunnel, Gotthard-Straßentunnel, Pfändertunnel, Ekeberg-Tunnel, Nihonzaka-Tunnel) im Hinblick auf die Eignung verschiedener Lüftungssysteme zur Beherrschung der Rauchausbreitung
3. Auswertung weiterer Literatur vornehmlich zur kritischen Luftstromgeschwindigkeit und zur im Brandfall entstehenden Rauchgasmenge. In diesem Zusammenhang fanden neben den Veröffentlichungen anderer Autoren insbesondere die Regelwerke Deutschlands, Österreichs und Frankreichs Berücksichtigung
4. Für zahlreiche wichtige Fälle, für die keine ausreichend konkreten Daten aus Brandversuchen, -ereignissen oder anderen Regelwerken vorlagen, wurden dreidimensionale Simulationsberechnungen mit einem zuvor verifizierten CFD-Code durchgeführt
5. Festlegung von charakteristischen Brandtypen, repräsentativen Tunneltypen und den wesentlichen Parameter für die Bewertung des Gefahrenpotentials
6. Beschreibung der unterschiedlichen Lüftungssysteme und der Sicherheitsphilosophie, die zur Beherrschung der Rauchausbreitung beachtet werden muss
7. Bewertung des Gefährdungs- und des Sicherheitspotentials, anhand derer dem Planer und Betreiber von Straßentunneln die Auswahl eines unter sicherheitlichen Aspekten (Flucht und Rettung) geeigneten Lüftungssystems unter Berücksichtigung flankierender Schutzmaßnahmen ermöglicht wird.

3. Untersuchungsergebnisse und Folgerungen für die Praxis

Nach den Schritten 1 bis 7 wurden die folgenden wesentlichen Ergebnisse erzielt:

- Bei den Brandtypen sollte zwischen einem Pkw-Brand (5 MW), einem Lkw-Brand (20....30 MW) und einem Tankwagen-Brand (50...100 MW) unterschieden werden.
- Der Verlauf eines Brandes wurde unterteilt in eine Entstehungsphase von etwa 5 min Zeitdauer, eine Vollbrandphase von etwa 30 min Zeitdauer und eine Abklingphase von etwa 25 min Zeitdauer. Abhängig vom Brandtyp liegen die Maximaltemperaturen in der Vollbrandphase zwischen 850 und 1200 °C.
- Neben den genannten brand- und lüftungstechnischen Einflussgrößen wurden für die sicherheitliche Bewertung eines Tunnels die Parameter Tunneltyp, Neigung des Tunnels, Verkehrsleistung, Lkw-Anteil, Regelung bei Gefahrguttransporten, Verkehrszustand und die Verkehrsart (Richtungs- bzw. Gegenverkehr) berücksichtigt.
- Die Eignung der verschiedenen Lüftungssysteme im Brandfall lässt sich durch folgende wesentliche Aussagen charakterisieren:
 - **Natürliche Lüftung:**
Bei einem natürlich belüfteten Straßentunnel stehen keine besonderen Maßnahmen für eine spezielle Brandlüftung zur Verfügung. Daher sollte die natürliche Lüftung in der Regel auf Tunnellängen < 400 m beschränkt werden.
 - **Längslüftung:**
Die Längslüftung bietet bei Richtungsverkehr gute Voraussetzungen für Flucht, Rettung und die nachfolgende Brandbekämpfung. Die rauchfreie Zone lässt sich jedoch bei ausreichender Luftgeschwindigkeit bezogen auf die Luftstromrichtung nur stromaufwärts des Brandobjektes gewährleisten. Damit ist dieses System bei häufigem Stau oder Gegenverkehr nur mit starken Einschränkungen einsetzbar.

Aus diesem Grund wird eine Begrenzung der Tunnellänge auf 800 m bei Richtungsverkehr bzw. auf 400 m bei Gegenverkehr mit hohem Verkehrsaufkommen empfohlen.

- **Halbquer-/Querlüftung:**
Dieses System bietet sowohl bei Richtungsverkehr als auch bei Gegenverkehr gute Voraussetzungen für Flucht, Rettung und Brandbekämpfung. Hier wird durch vollständige Absaugung der entstehenden Rauchgase in Brandherdnähe die verrauchte Zone auf eine begrenzte Tunnellänge im Bereich des Brandobjektes beschränkt. Dies lässt sich insbesondere dann gewährleisten, wenn an Stelle einer kontinuierlichen eine punktuelle Absaugung über große Öffnungen beiderseits des Brandobjektes vorgesehen wird und Lüftungsklappen außerhalb des verrauchten Abschnitts ferngesteuert geschlossen werden können. Der Abstand zwischen diesen großen Absaugöffnungen sollte 200 m nicht überschreiten. Für Tunnel mit Lkw-Verkehr sollte der Absaugstrom unter Berücksichtigung einer Brandleistung von 30 MW mindestens 160 m³/s (bezogen auf die Luftdichte von 1,20 kg/m³) betragen. Insbesondere bezüglich des Abstandes, der Größe der Öffnungen und der Größe des Absaugstroms besteht jedoch noch ein Optimierungsbedarf.
- Generell wird empfohlen, die Funktionstüchtigkeit komplexer Tunnellüftungssysteme im Brandfall durch Brandversuche und numerische Simulationen nachzuweisen.
- Bei der konkreten Auswahl eines Belüftungssystems ergibt sich aufgrund der Variation der Bewertungsparameter, wie z. B. Stauhäufigkeit, Gegenverkehr, Gefahrguttransporte usw., eine große Zahl von Kombinationsmöglichkeiten. Abhängig vom Gesamtgefährdungspotenzial können unter Beachtung der Tunnellängen Bereiche mit niedrigem, mittlerem und hohem Sicherheitspotenzial definiert und Maßnahmen geeignet kombiniert werden, um das jeweils ermittelte Gefährdungspotenzial sicherheitlich abdecken zu können. Als Mindestschutzmaßnahmen werden dabei berücksichtigt:
 - Festlegung des Lüftungssystems
 - Festlegung von Fluchtwegen
 - Festlegung der Länge von Lüftungsabschnitten
Erfordert ein Tunnel aufgrund des ermittelten Gesamtgefährdungspotenzials ein erhöhtes Sicherheitspotenzial, so kommen zusätzliche Maßnahmen baulicher und sicherheitstechnischer Art in Betracht, wie
 - Verfügbarkeit eines höherwertigen Brandmeldesystems
 - Ständig besetzte Sicherheitswarte
 - Kurze Anfahrwege der Feuerwehr
 - Verkürzung der Fluchtwegabstände
 - Einplanung von Standstreifen
 - Schaffung von Pannennischen
- Abschließend werden im Bericht Hinweise zur Überarbeitung der RABT gegeben.

Die Ergebnisse des vorliegenden Berichts zeigen, dass hinsichtlich der nachstehend genannten Punkte noch weiterer Handlungsbedarf besteht, insbesondere zur

- Bewertung des Gefährdungs- und des Sicherheitspotenzials bestehender Tunnelbauwerke bei Halbquer-/ Querlüftungssystemen mit kontinuierlicher Absaugung,
- Optimierung des Systems der Halbquerlüftung mit punktueller Absaugung.
Bezüglich des Abstandes und der Größe der Absaugöffnungen sowie der Größe des Absaugstroms sollten ergänzende Untersuchungen vorwiegend auf Basis numerischer Simulationen durchgeführt werden. Dabei soll insbesondere unter Beibehaltung der Leistungsfähigkeit der Brandlüftung der technische und wirtschaftliche Aufwand derartiger Systeme minimiert werden.
- Durchführung von Brandversuchen in realen Tunneln zum Nachweis der Funktionstüchtigkeit der Lüftung im Brandfall. Dazu sollte im Vorfeld ein Konzept erarbeitet werden, das die Ziele, die Durchführung (Methodik, Ausrüstung, Messtechnik, Schutzmaßnahmen usw.) und die Auswertung derartiger Untersuchungen festlegt. □