

Untersuchung der Rauchabsaugung in Straßentunneln

FA 3.335

Forschungsstelle: Deutsche Montan Technologie GmbH, Essen
(Dr.-Ing. D. Tetzner)

Bearbeiter: Sippel, M.

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

Abschluss: Mai 2001

1. Aufgabenstellung

Zur Belüftung von langen Straßentunneln werden sowohl Längs- als auch Halbquer- und Querlüftungssysteme eingesetzt. Neben der Verdünnung und Abführung der Fahrzeugemissionen im normalen Betrieb können diese Systeme im Brandfall für eine sichere Beherrschung der Temperatur- und Rauchausbreitung eingesetzt werden. Auf diese Weise kann die Flucht von Tunnelnutzern aus dem gefährdeten Bereich ermöglicht werden. Allenfalls ist eine Lüftungsanlage eigens für die Rauchabsaugung vorzusehen.

Bei Systemen mit Rauchabsaugung besteht das Ziel, den Brandrauch und die Wärme möglichst im Umfeld des Brandherdes aus dem Verkehrsraum abzusaugen und über einen separaten Kanal aus dem Tunnelsystem abzuführen. Je konzentrierter diese Absaugung erfolgt, desto geringer wird die Rauchausbreitungszone und damit auch die Gefährdung der Tunnelnutzer.

Erfahrungen in jüngster Vergangenheit bei den Brandereignissen im Mont Blanc-Tunnel [1], im Tauern-Tunnel [2] sowie bei Brandversuchen im Memorial-Tunnel [3] haben gezeigt, dass eine unzureichende Beherrschung von Rauch- und Hitzeausbreitung in Verbindung mit unzureichenden Fluchtwegverhältnissen katastrophale Folgen haben kann.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, die Anforderungen an die Bemessung von Systemen zur effektiven Rauchabsaugung zu bestimmen. Die relevanten Auslegungsparameter dürften dabei insbesondere die Größe und der Abstand von Ansaugöffnungen, die Anzahl der gleichzeitig zu öffnenden Klappen sowie die Größe des Absaugstroms abhängig von der Brandleistung bzw. der entstehenden Rauchmenge sein. Bei den Untersuchungen sind Einflüsse durch den Brandauftrieb sowie die

Längsgeschwindigkeit der Luftströmung im Verkehrsraum zu berücksichtigen. Die Ergebnisse dienen als Grundlage für die Überarbeitung der RABT.

2. Untersuchungsmethodik

Bei der Bearbeitung des Vorhabens wurden die Untersuchungen auf Rauchabsaugsysteme mit abschnittsweiser Absaugung und fernsteuerbaren Klappen zum Öffnen und Schließen der Absaugöffnungen begrenzt. Dabei wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

1. Analyse bestehender Systeme hinsichtlich der konstruktiven Gestaltung von Absaugöffnungen sowie der geometrischen und strömungstechnischen Parameter derartiger Lüftungssysteme,
2. Auswertung von Brandversuchen im Hinblick auf den Einfluss der eingangs genannten Parameter auf die Rauchabsaugung,
3. Auswertung von bestehenden und neuen Richtlinien zur Rauchabsaugung in Straßentunneln,
4. Festlegung von Anforderungen (Randbedingungen, Variationsbreite der Parameter) an die numerische Simulation von Brandfällen,
5. Durchführung und Auswertung der Simulationsberechnungen,
6. Ableiten von Empfehlungen zur Auslegung und zum Betrieb von Systemen mit abschnittsweiser Rauchabsaugung.

3. Untersuchungsergebnisse und Folgerungen

Die Ergebnisse der Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- An die konstruktive Gestaltung von Absaugöffnungen sind hohe Anforderungen zu stellen, wie z.B. robuste und stabile Ausführung, geringer Strömungswiderstand, hohe Dichtheit im geschlossenen Zustand, einfache Montage und geringer Wartungsaufwand.

Die bekannten Typen (Schwenk-, Jalousie- und Schieberklappe) werden diesen Anforderungen gerecht. Bei der Entscheidung über die Auswahl eines bestimmten Typs sind insbesondere der Aufbau und die vorgesehene Betriebsweise des Lüftungssystems zu berücksichtigen.

- Die Form der Klappe hat einen sekundären Einfluss auf die Wirkung der Absaugung. Klappen sind bezogen auf die Längsrichtung eines Tunnels möglichst in der Mitte anzuordnen und möglichst breit zu dimensionieren.
Eine Absaugung über die Zwischendecke nach oben ist wesentlich effektiver als eine seitliche Absaugung.
- Die Absaugöffnungen sollten im Abstand von ca. 50 bis maximal 100 m angeordnet werden. Dabei sollte das Verhältnis von Öffnungsfläche zu Klappenabstand mindestens $0,04 \text{ m}^2/\text{m}$ betragen.
- Bei der Länge der Absaugzone sind insbesondere die Strömungsverhältnisse im Tunnel sowie die Bemessungsbrandleistung zu berücksichtigen. Sie sollte danach ca. 200 bis 400 m betragen.
- Der Absaugstrom sollte größer als die abhängig von der Brandleistung erzeugte Rauchmenge sein. Für ein System mit Absaugung über die Zwischendecke sind unter Berücksichtigung der vorstehend genannten Parameter sowie für Tunnelquerschnitte (Fahrraum) bis maximal 70 m^2 und Längsneigungen $< 3 \%$ folgende Absaugströme (bezogen auf eine Dichte von $1,2 \text{ kg/m}^3$) als Richtwerte vorzusehen:
 - für Brandleistungen $< 30 \text{ MW}$ ein Absaugstrom von mindestens $120 \text{ m}^3/\text{s}$,
 - für Brandleistungen von ca. 30 MW ein Absaugstrom von mindestens $150 \text{ m}^3/\text{s}$,
 - für Brandleistungen von 100 MW ein Absaugstrom von mindestens $300 \text{ m}^3/\text{s}$.

Die Bemessungsbrandleistung sollte dabei abhängig von den Ergebnissen einer Risikoanalyse festgelegt werden.

Weiterhin sind bei der Dimensionierung des Ventilators Leckagen der Klappen und Luftkanäle zusätzlich zu berücksichtigen.

Für Systeme mit seitlicher Absaugung sowie für Fälle mit von den o.g. Werten abweichenden Vorgaben sollten Einzelbetrachtungen vorgenommen werden.

- Der Einsatz derartiger Systeme ist bei Überland-Tunneln ab einer Länge von ca. 1500 m und bei Stadttunneln ab einer Länge von ca. 800 m vorzusehen. Abweichungen hiervon sollten ebenfalls durch die Ergebnisse einer Risikoanalyse begründet sein.
- Zur Steuerung der Klappen im Brandfall (Öffnen bzw. Schließen) sind spezielle Brandprogramme vorzusehen. Dabei sind insbesondere die Lage des Brandherdes sowie die Längsströmung im Tunnel zu berücksichtigen. Die Aktivierung der Brandlüftung muss automatisch durch ein geeignetes Brandmeldesystem erfolgen. Dabei muss eine Lokalisierung des Brandherdes zumindest zwischen zwei Absaugöffnungen möglich sein, d.h., mit einer Genauigkeit von mindestens 50 m .
- Will man eine stabile Rauchschiebung erreichen, so setzt das eine gezielte Beeinflussung der Längsströmung im Tunnel voraus. Grundsätzlich können dazu sowohl Strahlventilatoren (in ausreichender Entfernung vom Brandherd) als auch die Frischluftzufuhr und Absaugung in benachbarten Lüftungsabschnitten eingesetzt werden. Die Anforderungen an die Steuerung der Lüftung im Brandfall werden sich damit erhöhen.
- Die Funktionsfähigkeit des Systems zur Rauchabsaugung sollte sowohl hinsichtlich der Aktivierung (Branddetektion), der Steuerung (Brandprogramm) als auch der effektiven Wirkung durch geeignete Brandversuche nachgewiesen werden.

- Die Lüftungseinrichtungen zur Rauchabsaugung sind entsprechend temperaturbeständig auszulegen. Dabei sollten die Ventilatoren abhängig von der Entfernung zum Brandherd für einen Betrieb bei Temperaturen von $250 \dots 400 \text{ °C}$ über 90 min ausgelegt sein. Für Klappen einschließlich der Antriebseinheit sollte eine Temperaturbeständigkeit bis 250 °C über maximal 60 min gefordert werden.

Die Ergebnisse des vorliegenden Berichtes zeigen, dass hinsichtlich der nachstehend genannten Punkte noch weiterer Handlungsbedarf besteht:

- Durchführung von Brandversuchen in realen Tunneln zum Nachweis der Funktionsfähigkeit der Lüftung im Brandfall,
- Möglichkeiten und Grenzen der Beeinflussung der Luftgeschwindigkeit in Tunneln, z.B. durch den Einsatz von Strahlventilatoren oder durch die Frischluftzufuhr und Absaugung in benachbarten Lüftungsabschnitten. □