



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Bundesamt für Strassen ASTRA

Richtlinie

Ausgabe 2008 V1.06

Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln

ASTRA 13002

ASTRA OFROU USTRA UVIAS

Impressum

Autoren / Arbeitsgruppe

Jeanneret Alain	(ASTRA N-SFS, Vorsitz)
Berner Marcel	(ASTRA I-NV)
Hofer Andreas	(ASTRA I-FU)
Joseph Cédric	(ASTRA N-SFS)
Lüthy Daniel	(ASTRA I-NV)
Solari Sacha	(ASTRA I-FU)
Wyss Martin	(ASTRA I-FU)
Steinemann Urs	(US+FZ Beratende Ingenieure, Wollerau, Erarbeitung)
Zumsteg Franz	(US+FZ Beratende Ingenieure, Lenzburg)

Herausgeber

Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Strassennetze N
Standards, Forschung, Sicherheit SFS
3003 Bern

Übersetzung (Original Version in Deutsch)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von www.astra.admin.ch herunter geladen werden.

© ASTRA 2008

Abdruck - ausser für kommerzielle Nutzung - unter Angabe der Quelle gestattet.

Vorwort

Bei einem Brand in einem Strassentunnel hat die Selbstrettung der Tunnelbenutzer eine hohe Bedeutung. Um diese bestmöglich zu unterstützen, sind in längeren Tunneln u.a. belüftete Fluchtwege und eine wirksame Fahrraumlüftung erforderlich.

Die Anforderungen an die Fluchtwege sind in der Norm SIA 197/2 [7], die Anforderungen an die Notausgangstüren in der Richtlinie ASTRA 13011 „Türen und Tore in Strassentunneln“ [5] und die Anforderungen an die Fahrraumlüftung in der Richtlinie ASTRA 13001 „Lüftung der Strassentunnel“ [1] festgelegt.

Die vorliegende Richtlinie beschreibt die Anforderungen an die Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln.

Bundesamt für Strassen

Rudolf Dieterle, Dr. sc. techn.
Direktor

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	2
	Vorwort	3
1	Einleitung	7
1.1	Zweck der Richtlinie	7
1.2	Geltungsbereich	7
1.3	Adressaten.....	7
1.4	Inkrafttreten und Änderungen	7
2	Aufgaben der Lüftung	8
3	Einröhrige Tunnel mit Sicherheitsstollen	9
3.1	Allgemeines	9
3.2	Normalbetrieb	9
3.2.1	Konzept und Auslegung der Lüftung.....	9
3.2.2	Betrieb der Lüftung.....	10
3.3	Betrieb im Ereignisfall.....	10
3.3.1	Konzept und Auslegung der Lüftung.....	10
3.3.2	Betrieb der Lüftung.....	10
3.4	Vermeidung und Überwachung einer Rauchansaugung	11
4	Einröhrige Tunnel mit direkt nach aussen führenden Fluchtstollen	12
4.1	Allgemeines	12
4.2	Normalbetrieb	12
4.2.1	Konzept und Auslegung der Lüftung.....	12
4.2.2	Betrieb der Lüftung.....	12
4.3	Betrieb im Ereignisfall.....	13
4.3.1	Konzept und Auslegung der Lüftung.....	13
4.3.2	Betrieb der Lüftung.....	13
4.4	Vermeidung einer Rauchansaugung.....	13
5	Zweiröhrige Tunnel mit Querverbindungen	14
5.1	Allgemeines	14
5.2	Normalbetrieb	15
5.2.1	Konzept und Auslegung der Lüftung.....	15
5.2.2	Betrieb der Lüftung.....	15
5.3	Betrieb im Ereignisfall.....	15
5.3.1	Konzept und Auslegung der Lüftung.....	15
5.3.2	Betrieb der Lüftung.....	16
5.4	Vermeidung und Überwachung einer Rauchansaugung	16
6	Weitere Hinweise	17
6.1	Anschluss weiterer Lüftungsanlagen	17
6.2	Frostsicherheit	17
6.3	Feuchtekontrolle / Nebelbildung	17
6.4	Einfluss auf die Fahrraumlüftung	17
6.5	Rauchdetektion	17
6.6	Notwendigkeit von Schleusen.....	17
	Anhänge	19
	Glossar	23

Einheiten.....	23
Literaturverzeichnis	24
Auflistung der Änderungen	25

1 Einleitung

1.1 Zweck der Richtlinie

Diese Richtlinie beschreibt die heute gebräuchlichen Lüftungskonzepte für Sicherheitsstollen von Strassentunneln. Sie legt Grundsätze und Kriterien für die Systemwahl, die Auslegung und den Betrieb der Anlagen fest. Sie dient einerseits einer Vereinfachung der Projektierung und andererseits einer Vereinheitlichung der Systeme und Anlagen.

1.2 Geltungsbereich

Die Richtlinie gilt für die Systemwahl, die Dimensionierung und die Ausstattung von Lüftungsanlagen für Sicherheitsstollen von Strassentunneln, welche bergmännisch oder im Tagbau erstellt werden. Sie nennt auch Anforderungen für den Betrieb und den Unterhalt dieser Anlagen.

Die Richtlinie legt einen Standard fest, der auch bei der Sanierung bestehender Anlagen zu erfüllen ist.

1.3 Adressaten

Die Richtlinie richtet sich vor allem an die folgenden Anwender:

- die Bauherren, indem sie ein Instrument zur Verfügung stellt, das bei einfacheren Projekten eine rasche Erstbeurteilung zulässt;
- die Lüftungsingenieure, indem sie ihnen einheitliche und klare Randbedingungen für die Systemwahl und die Auslegung zur Verfügung stellt;
- die Ingenieure anderer Fachbereiche, indem sie die notwendigen Angaben zur Koordination der Fachbereiche schon in einer frühen Planungsphase liefert;
- die Tunnelbetreiber, indem sie grundlegende Anforderungen zu Inbetriebnahme, Betrieb und Unterhalt der Lüftungsanlage nennt.

1.4 Inkrafttreten und Änderungen

Die vorliegende Richtlinie tritt am 01.12.2008 in Kraft. Die „Auflistung der Änderungen“ ist auf Seite 25 dokumentiert.

2 Aufgaben der Lüftung

Mit der Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln wird gewährleistet, dass diese im Ereignisfall auch bei Benutzung der Notausgangstüren rauchfrei bleiben. Dies erlaubt es den Tunnelbenützern, nach dem Auffinden einer Notausgangstür, den Tunnel durch einen sicheren Bereich ausserhalb des Fahrraums zu verlassen. Im Normalbetrieb werden Sicherheitsstollen und Querverbindungen zwischen Sicherheitsstollen und Fahrraum unter einem permanenten, kleinen Überdruck gegenüber dem Fahrraum gehalten, womit eine gewisse Sicherheit gegen das Eindringen von Schmutz und im Ereignisfall bereits vor der Auslösung des entsprechenden Betriebszustandes eine erste Sicherheit gegen ein Eindringen von Rauch besteht.

Die Lüftung von Sicherheitsstollen und Querverbindungen zwischen Sicherheitsstollen und Fahrraum, von direkt nach aussen führenden Fluchtstollen und gegebenenfalls von Querverbindungen zwischen zwei Tunnelröhren muss im Ereignisfall, d.h. in seltenen Ausnahmesituationen, zuverlässig funktionieren. Um dies zu gewährleisten, sind einfache und funktionssichere Konzepte zu wählen.

Um die sicherheitstechnischen Ziele erreichen zu können, muss die Lüftung der Sicherheitsstollen die nachfolgend beschriebenen Anforderungen erfüllen. Damit ist gleichzeitig auch eine ausreichende Durchlüftung und Sauerstoffversorgung gewährleistet. Arbeiten mit grossen Schadstoffemissionen im Sicherheitsstollen, in den Querverbindungen und in den Fluchtstollen sind gegebenenfalls mit verstärktem Lüftungsbetrieb durchzuführen. Bei Erfüllung der sicherheitstechnischen Anforderungen ist die Verschmutzung dieser Bereiche durch Emissionen aus dem Fahrraum gering. Werden in diesem Bereich jedoch schmutzempfindliche Geräte installiert, sind zusätzliche Massnahmen wie eine eigene Lüftung der kritischen Zonen oder Schränke oder ein höheres Druckniveau gegenüber dem Fahrraum erforderlich. Im zweitgenannten Fall ist die Luftdichtheit der Notausgangstüren und Abschlusskonstruktionen zum Fahrraum entsprechend anzupassen.

Durch grosse Wärmelasten in Sicherheitsstollen, Querverbindungen, Fluchtstollen oder durch besondere Anforderungen an das Raumklima können sich zusätzliche Anforderungen an die Lüftung der Sicherheitsstollen von Strassentunneln ergeben.

3 Einröhrige Tunnel mit Sicherheitsstollen

3.1 Allgemeines

Ein Sicherheitsstollen verläuft üblicherweise parallel zur Tunnelröhre, ist mit dem Fahrraum über Querverbindungen verbunden und hat an seinen Enden je einen Ausgang nach aussen. Die Querverbindungen sind gegen den Fahrraum mit einer Notausgangstür, gegen den Sicherheitsstollen mit einer Zwischentür abgeschlossen. Diese Situation ist in Abb. 3.1 schematisch dargestellt.

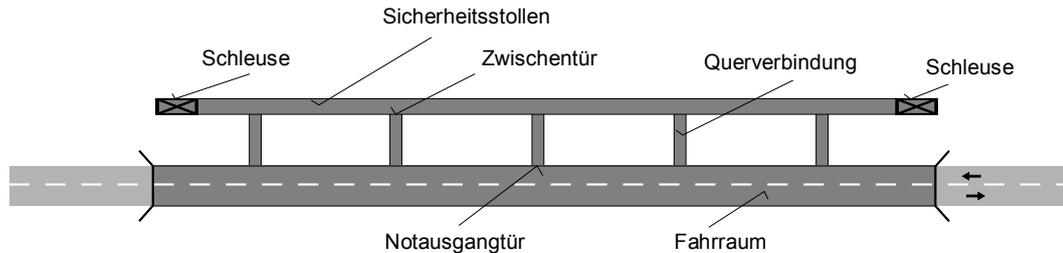


Abb. 3.1 System mit Sicherheitsstollen.

Bei allen Systemen mit Sicherheitsstollen ist dieser, zusammen mit den Querverbindungen zwischen dem Fahrraum und dem Sicherheitsstollen, so zu belüften, dass die nachfolgend beschriebenen Anforderungen eingehalten werden. Dazu ist bei allen Ausgängen des Sicherheitsstollens ins Freie eine Schleuse erforderlich. Die genannten Anforderungen sind auch einzuhalten, wenn ein Werkleitungskanal als Sicherheitsstollen genutzt wird.

3.2 Normalbetrieb

3.2.1 Konzept und Auslegung der Lüftung

Im Normalbetrieb muss bei geschlossenen Schleusen, geschlossenen Notausgangstüren und geschlossenen Zwischentüren bei allen Notausgangstüren dauernd ein Überdruck von der Querverbindung gegenüber dem Fahrraum von mindestens 50 Pa gewährleistet sein. Dabei muss der Luftstrom durch Leckagen und allfällige separate Öffnungen pro Notausgangstür 0.2 bis 0.4 m³/s betragen.

Bei der Auslegung der Lüftung des Sicherheitsstollens für den Normalbetrieb können bei Tunnellängen bis 3 km die Druckunterschiede im Fahrraum vernachlässigt werden, d.h. die Anforderungen gelten wie bei verkehrsfreiem Fahrraum ohne mechanische Fahrraumlüftung.

Bei längeren Tunneln als 3 km ist der Effekt der Fahrraumlüftung auf die Druckverhältnisse bei der Auslegung der Lüftung des Sicherheitsstollens zu berücksichtigen.

Allfällige thermostatische und barometrische Druckdifferenzen zwischen den Portalen sind unabhängig von der Tunnellänge zu berücksichtigen, wenn diese im gewählten Lüftungskonzept wirksam werden können. Analog zur Richtlinie „Lüftung der Strassentunnel“ [1] ist dabei vom 95 %-Wert dieser Druckdifferenzen auszugehen. Die interessierende Druckdifferenz über die Notausgangstür wird durch den Druckverlauf im Sicherheitsstollen und im Haupttunnel bestimmt.

Die Querverbindungen werden gegen den Sicherheitsstollen mit einer Zwischentür abgeschlossen. An die Druckdifferenz und Luftdichtheit bei Zwischentüren werden keine Anforderungen gestellt.

3.2.2 Betrieb der Lüftung

Bei einröhrigen Tunneln mit Sicherheitsstollen muss die Lüftung des Sicherheitsstollens dauernd in Betrieb sein. Der Betrieb muss durch Strömungs- und Druckwächter überwacht werden. Auf eine Druckregelung ist zu verzichten.

3.3 Betrieb im Ereignisfall

3.3.1 Konzept und Auslegung der Lüftung

Beim Betrieb im Ereignisfall müssen unter Berücksichtigung aller vorhandenen Undichtheiten die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- a) Mehrere Notausgangstüren für Sicherstellung der Selbstrettung offen: Die vom Ereignis betroffenen Personen müssen den Fahrraum über Notausgänge verlassen können. Mehrere Notausgangstüren können gleichzeitig geöffnet sein, mindestens aber deren drei.

In Tunneln mit Lüftungssystemen mit gezielter Rauchabsaugung beträgt die für die Dimensionierung anzunehmende Länge des vom Ereignis betroffenen Bereichs 600 m. Bei allen anderen Tunneln ist dafür die ganze Tunnellänge anzunehmen, maximal jedoch 1'200 m.

Die mittlere Durchströmgeschwindigkeit durch jede der offenen Türen muss mindestens 1 m/s betragen. Alle übrigen Notausgangstüren, alle Schleusen, alle Zwischentüren und alle Tore sind bei dieser Betrachtung als geschlossen anzunehmen. Zu berücksichtigen sind analog dem Normalbetrieb thermostatische und barometrische Druckdifferenzen sowie die Leckagen für den geforderten minimalen Luftstrom bei geschlossenen Notausgangstüren. Zusätzlich ist auch der Effekt der Tunnellüftung im Ereignisfall zu berücksichtigen.

- b) Notausgangstür am ungünstigsten Ort offen: Wenn am ungünstigsten Ort (nahe beim Ventilator) eine Notausgangstür offen ist, muss beim zusätzlichen Öffnen jeder weiteren Notausgangstür eine mittlere Durchströmgeschwindigkeit durch die offene zweite Tür von mindestens 1 m/s gewährleistet sein. Die weiteren Randbedingungen sind analog der Anforderung a) anzunehmen.
- c) Elektrische Versorgung der Ventilatoren: Alle Ventilatoren zur Lüftung von Sicherheitsstollen und Querverbindungen müssen wie die Fahrraumlüftung über zwei elektrische Einspeisungen versorgt werden. Ein Betrieb der Ventilatoren ab UPS (Unterbrechungsfreie Stromversorgung) ist nicht erforderlich. Alle Ventilatoren sind mit Abschlussklappen auszurüsten, welche bei stillstehendem Ventilator geschlossen sind und bei einem Stromausfall selbsttätig schliessen.

- d) Getrennte Ventilatorstationen: Bei Sicherheitsstollen muss die Lüftung über zwei örtlich getrennte Ventilatorstationen erfolgen.

Wenn die Ventilatorstationen mit je 2 Ventilatoren ausgerüstet werden, müssen die Anforderungen a) und b) bezüglich mittlerer Durchströmgeschwindigkeit beim Ausfall eines einzelnen Ventilators zu 100 %, beim Ausfall einer gesamten Ventilatorstation (z.B. durch den Ausfall der elektrischen Versorgung oder nach dem Ansprechen der Rauchdetektion in der entsprechenden Luftfassung) zu 80 % erfüllt bleiben.

Wenn die Ventilatorstationen mit je 1 Ventilator ausgerüstet werden, müssen die Anforderungen a) und b) bezüglich mittlerer Durchströmgeschwindigkeit beim Ausfall eines Ventilators (= Ventilatorstation) zu 100 % erfüllt bleiben.

3.3.2 Betrieb der Lüftung

Der Betrieb im Ereignisfall muss durch eines der folgenden Ereignisse automatisch ausgelöst werden:

- Brandalarm im Tunnel;
- Voralarm im Tunnel;
- Entnahme eines Feuerlöschers;
- Öffnen einer Notausgangstür;
- Abfall des Überdrucks im Sicherheitsstollen im Normalbetrieb, (z.B. während länger als 30 Sekunden um mehr als 50 %, Werte parametrierbar). Druckschwankungen durch den Verkehr im Fahrraum dürfen nicht zur Auslösung führen.

Zusätzlich muss der Betrieb für den Ereignisfall manuell ausgelöst werden können.

Beim Betrieb im Ereignisfall müssen alle für den Ereignisfall vorgesehenen Ventilatoren in Betrieb genommen werden.

Ein Ansprechen allfälliger Brandmelder im Sicherheitsstollen und in Querverbindungen darf im Ereignisfall kein automatisches Abschalten der Lüftung bewirken.

Die Rückstellung des Ereignisbetriebes muss immer manuell erfolgen.

3.4 Vermeidung und Überwachung einer Rauchansaugung

Durch bauliche Massnahmen ist die Gefahr eines Ansaugens von Rauch und anderen unerwünschten Emissionen durch die Aussenluftfassungen zu minimieren. In kritischen Fällen (z.B. horizontale Distanz zum Tunnelportal < 50 m) ist die angesaugte Aussenluft mit einer Rauchdetektion (Rauchmelder) zu überwachen. Im Normalbetrieb und im Ereignisfall sind bei unzulässiger Rauchkonzentration in einer Aussenluftfassung die betroffenen Ventilatoren sofort abzuschalten, deren Abschlussklappen zu schliessen und die andere Ventilatorstation in Betrieb zu nehmen resp. in Betrieb zu halten.

4 Einröhrige Tunnel mit direkt nach aussen führenden Fluchtstollen

4.1 Allgemeines

Ein direkt nach aussen führender Fluchtstollen führt von der Notausgangstür direkt nach aussen. Diese Situation ist in Abb. 4.1 schematisch dargestellt.

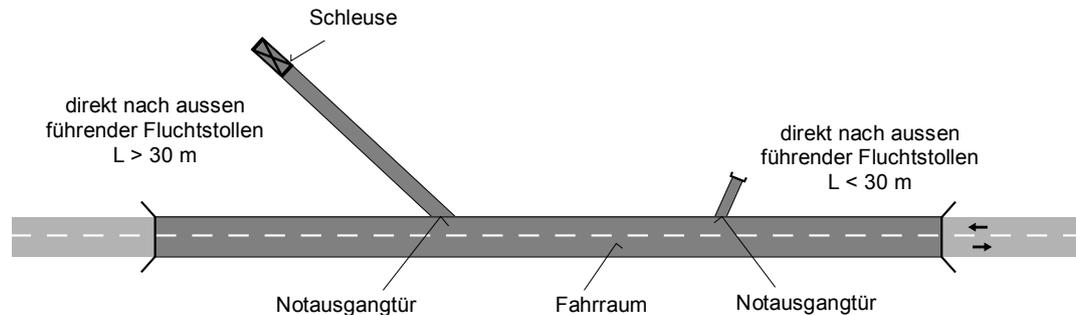


Abb. 4.1 System mit direkt nach aussen führenden Fluchtstollen.

Bei direkt nach aussen führenden Fluchtstollen bis zu einer Länge von 30 m und bis zu einer Höhendifferenz von +3 m gegen aussen ist eine natürliche Lüftung oder eine einfache Lüftung ohne besondere Auflagen zulässig. In diesen Fällen ist auch keine Schleuse erforderlich.

Wenn ein nach aussen führender Fluchtstollen länger als 30 m ist oder wenn die Höhendifferenz zwischen Ausgang und Notausgangstür mehr als +3 m beträgt, ist eine mechanische Lüftung erforderlich. Dazu ist pro Fluchtstollen eine Schleuse erforderlich, welche aussen angeordnet wird.

Bei Tunneln mit geringer Überdeckung und direkt nach oben führenden, oben geschlossenen Treppenhäusern kann es angemessen sein, diese zu belüften ohne sie mit einer Schleuse zu versehen.

Die nachfolgenden Anforderungen gelten für die Situation mit einer Notausgangstür pro direkt nach aussen führendem Fluchtstollen. Ist mehr als eine Notausgangstür am gleichen Fluchtstollen angeschlossen, sind die Anforderungen gemäss Kapitel 3 sinngemäss anzuwenden.

4.2 Normalbetrieb

4.2.1 Konzept und Auslegung der Lüftung

Wenn in einem direkt nach aussen führenden Fluchtstollen eine mechanische Lüftung erforderlich ist, muss diese im Normalbetrieb bei geschlossener Schleuse und geschlossener Notausgangstür dauernd einen Überdruck vom Fluchtstollen gegenüber dem Fahrraum von mindestens 50 Pa gewährleisten. Dabei muss der Luftstrom durch Leckagen und allfällige separate Öffnungen 0.5 bis 1.0 m³/s betragen.

Bei der Auslegung der Lüftung des Fluchtstollens für den Normalbetrieb können bei Tunnelängen bis 3 km die Druckunterschiede im Fahrraum vernachlässigt werden, d.h. die Anforderungen gelten bei verkehrsfreiem Fahrraum ohne mechanische Fahrraumlüftung. Bei längeren Tunneln ist der Effekt der Fahrraumlüftung auf die Druckverhältnisse bei der Auslegung der Lüftung des Fluchtstollens zu berücksichtigen.

4.2.2 Betrieb der Lüftung

Die Lüftung eines direkt nach aussen führenden Fluchtstollens muss dauernd in Betrieb

sein. Der Betrieb muss durch Strömungs- und Druckwächter überwacht werden. Auf eine Druckregelung ist zu verzichten.

4.3 Betrieb im Ereignisfall

4.3.1 Konzept und Auslegung der Lüftung

Beim Betrieb im Ereignisfall müssen die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- a) Notausgangstür offen: Wenn die Notausgangstür offen ist, muss die mittlere Durchströmgeschwindigkeit durch die offene Notausgangstür mindestens 2 m/s betragen. Die Schleuse ist dabei als geschlossen anzunehmen.
- b) Elektrische Versorgung der Ventilatoren: Alle Ventilatoren zur Lüftung von direkt nach aussen führenden Fluchtstollen müssen wie die Fahrraumlüftung über zwei elektrische Einspeisungen versorgt werden. Ein Betrieb der Ventilatoren ab UPS ist nicht erforderlich. Alle Ventilatoren sind mit Abschlussklappen auszurüsten, welche im stromlosen Zustand geschlossen sind.
- c) Redundante Ventilatoren: Die Lüftung eines direkt nach aussen führenden Fluchtstollens von über 30 m Länge resp. mit einer Höhendifferenz von mehr als +3 m muss über mindestens zwei Ventilatoren erfolgen. Die Anforderung a) muss beim Ausfall eines Ventilators zu 100 % erfüllt bleiben.

4.3.2 Betrieb der Lüftung

Der Betrieb im Ereignisfall muss durch eines der folgenden Ereignisse automatisch ausgelöst werden:

- Brandalarm im Tunnel;
- Voralarm im Tunnel;
- Entnahme eines Feuerlöschers;
- Öffnen einer Notausgangstür;
- Abfall des Überdrucks im Fluchtstollen im Normalbetrieb (z.B. während länger als 30 Sekunden um mehr als 50 %, Werte parametrierbar). Druckschwankungen durch den Verkehr im Fahrraum dürfen nicht zur Auslösung führen.

Zusätzlich muss der Betrieb für den Ereignisfall manuell ausgelöst werden können.

Im Ereignisfall müssen alle für den Ereignisfall vorgesehenen Ventilatoren in allen nach aussen führenden Fluchtstollen gleichzeitig in Betrieb genommen werden.

Ein Ansprechen allfälliger Brandmelder in Fluchtstollen darf im Ereignisfall kein automatisches Abschalten der Lüftung bewirken.

Die Rückstellung des Ereignisbetriebes muss immer manuell erfolgen.

4.4 Vermeidung einer Rauchansaugung

Durch bauliche Massnahmen ist die Gefahr eines Ansaugens von Rauch und anderen unerwünschten Emissionen durch die Aussenluftfassung so weit zu minimieren, dass der Betrieb der Lüftung ohne Einschränkungen zulässig ist.

5 Zweiröhrige Tunnel mit Querverbindungen

5.1 Allgemeines

Bei Tunneln mit zwei parallelen Röhren (Richtungsverkehr) besteht die Möglichkeit, über Querverbindungen in die Nachbarröhre zu flüchten. Diese Situation ist in Abb. 5.1 schematisch dargestellt. Im Gegensatz zu einem Sicherheitsstollen weist eine Nachbarröhre ein grosses Luftvolumen auf und wird in aller Regel von einer beträchtlichen Luftmenge durchströmt. Gemäss der Richtlinie „Lüftung der Strassentunnel“ [1] müssen Tunnel mit Richtungsverkehr und einer Länge von mehr als 600 bis 800 m eine Fahrraumlüftung aufweisen, welche zur Vermeidung von Rauchübertrag von der Ereignisröhre zur Nachbarröhre einzusetzen ist.

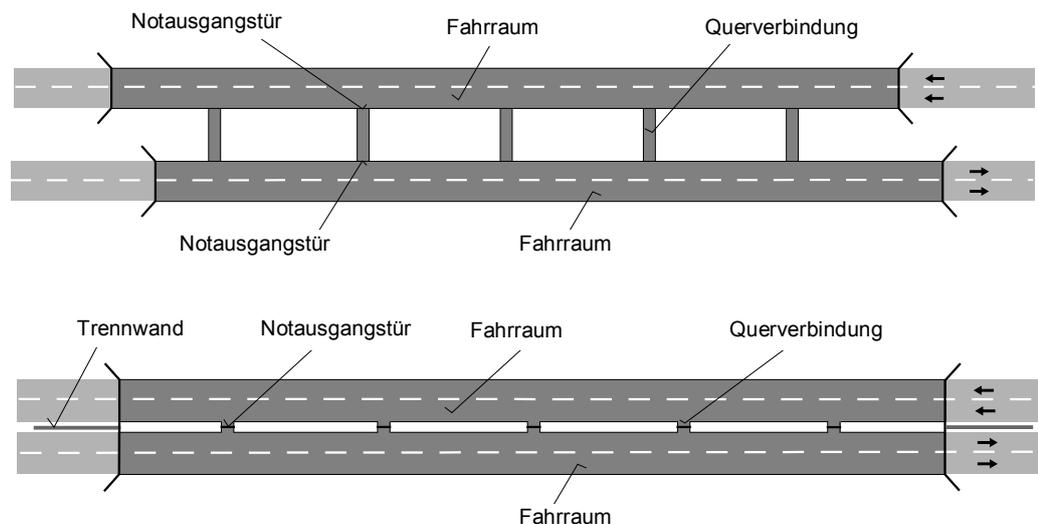


Abb. 5.1 Zweiröhriger Tunnel mit Querverbindungen.
 Oben: bergmännisch erstellter Tunnel (Darstellung Variante mit versetzten Portalen).
 Unten: Tagbautunnel (Variante mit Trennwänden).

Bei allen zweiröhrigen Tunneln müssen die Querverbindungen im Ereignisfall durch eines der folgenden Konzepte rauchfrei gehalten werden (Anforderungen an Türen gemäss Richtlinie ASTRA 13011 „Türen und Tore in Strassentunneln“ [5]):

- 1) Regelfall für bergmännisch erstellte Tunnel: Querverbindungen mit zwei Notausgangstüren. Die Türen sind derart auszulegen, dass ein Rauchübertrag in die Nachbarröhre minimiert wird. Angeschlagene Türen sind so anzuordnen und auszustatten, dass die zweite Tür im Falle einer Luftströmung von der Ereignisröhre zur Nachbarröhre durch den Luftzug, bzw. durch eine Schliessanlage unterstützt, geschlossen wird. Schiebetüren sind selbstschliessend auszuführen.
- 2) Regelfall für Tagbautunnel: Querverbindungen mit einer selbstschliessenden Schiebetür als Notausgangstür.
- 3) Sonderfall: In Sonderfällen (z.B. aufgrund der Länge und Neigung der Querverbindungen) kann eine mechanische Lüftung der Querverbindungen erforderlich sein, so dass bei allen Notausgangstüren ein Überdruck zum Fahrraum herrscht. In diesem Fall sind immer zwei Notausgangstüren pro Querverbindung erforderlich. Als Richtwert gilt, dass Situationen mit einer Höhendifferenz über die gesamte Länge der Querverbindung von mehr als 3 m als Sonderfall einzustufen sind.

Bei zweiröhrigen Tunneln ist die Fahrraumlüftung so zu betreiben, dass die Gefahr eines Rauchübertrags an den Portalen und bei den Querverbindungen minimiert wird. Zudem muss die Gefahr eines Rauchübertrages bei den Portalen durch bauliche Massnahmen (Versatz der Portale, Trennwand) minimiert werden [1].

5.2 Normalbetrieb

5.2.1 Konzept und Auslegung der Lüftung

Bei den Konzepten 1) und 2) gemäss Kap. 5.1 sind die Querverbindungen zwischen den beiden Tunnelröhren im Normalbetrieb nicht belüftet.

Beim Konzept 3) gemäss Kap. 5.1 ist die Lüftung unter Berücksichtigung der jeweiligen Verhältnisse so zu konzipieren und auszulegen, dass ein mit den Konzepten 1) und 2) vergleichbarer Sicherheitsstandard erreicht wird.

Für die Fahrraumlüftung im Normalbetrieb ergeben sich bei allen drei Konzepten keine zusätzlichen Anforderungen.

5.2.2 Betrieb der Lüftung

Wenn Querverbindungen zwischen Tunnelröhren in Sonderfällen mechanisch belüftet werden, muss die Lüftung dauernd in Betrieb sein. Der Betrieb muss durch Strömungs- und Druckwächter überwacht werden. Auf eine Druckregelung ist zu verzichten.

5.3 Betrieb im Ereignisfall

5.3.1 Konzept und Auslegung der Lüftung

Bei den Konzepten 1) und 2) gemäss Kap. 5.1 sind die Querverbindungen im Ereignisfall nicht belüftet.

Beim Konzept 3) gemäss Kap. 5.1 wird die Rauchfreiheit der Querverbindungen durch eine separate Lüftung gewährleistet. Dabei ergibt sich bei allen Notausgangstüren eine Strömung von der Querverbindung zum jeweiligen Fahrraum. Beim Betrieb im Ereignisfall müssen unter Berücksichtigung aller vorhandenen Undichtheiten die folgenden Anforderungen erfüllt sein:

- a) Mehrere Notausgangstüren für Sicherstellung der Selbstrettung offen: Die vom Ereignis betroffenen Personen müssen den Fahrraum über Notausgänge verlassen können. Mehrere Notausgangstüren können gleichzeitig geöffnet sein, mindestens aber deren drei.
In Tunneln mit Lüftungssystemen mit gezielter Rauchabsaugung beträgt die für die Dimensionierung anzunehmende Länge des vom Ereignis betroffenen Bereichs 600 m. Bei allen anderen Tunneln ist dafür die ganze Tunnellänge anzunehmen, maximal jedoch 1'200 m.
Die mittlere Durchströmgeschwindigkeit durch jede der offenen Türen muss mindestens 1 m/s betragen. Alle übrigen Notausgangstüren und alle Tore sind bei dieser Betrachtung als geschlossen anzunehmen. Zu berücksichtigen sind analog dem Normalbetrieb thermostatische und barometrische Druckdifferenzen sowie die Leckagen für den geforderten minimalen Luftstrom bei geschlossenen Notausgangstüren. Zusätzlich ist auch der Effekt der Tunnellüftung im Ereignisfall zu berücksichtigen.
- b) Notausgangstür am ungünstigsten Ort offen: Wenn am ungünstigsten Ort (nahe beim Ventilator) eine Notausgangstür offen ist, muss beim zusätzlichen Öffnen jeder weiteren Notausgangstür eine mittlere Durchströmgeschwindigkeit durch die offene zweite Tür von mindestens 1 m/s gewährleistet sein. Die weiteren Randbedingungen sind analog der Anforderung a) anzunehmen.
- c) Elektrische Versorgung der Ventilatoren: Alle Ventilatoren zur Lüftung von Querverbindungen müssen wie die Fahrraumlüftung über zwei elektrische Einspeisungen versorgt werden. Ein Betrieb der Ventilatoren ab UPS ist nicht erforderlich. Alle Ventilatoren sind mit Abschlussklappen auszurüsten, welche bei stillstehendem Ventilator geschlossen sind und bei einem Stromausfall selbsttätig schliessen.
- d) Redundante Ventilatoren: Die Lüftung von Querverbindungen muss über mindestens zwei Ventilatoren erfolgen. Die Anforderungen a) und b) müssen beim Ausfall eines Ventilators zu 100 % erfüllt bleiben.

5.3.2 Betrieb der Lüftung

Beim Konzept 3) gemäss Kap. 5.1 muss der Betrieb im Ereignisfall für alle mechanisch belüfteten Querverbindungen durch eines der folgenden Ereignisse automatisch ausgelöst werden:

- Brandalarm im Tunnel;
- Voralarm im Tunnel;
- Entnahme eines Feuerlöschers;
- Öffnen einer Notausgangstür.

Zusätzlich muss der Betrieb für den Ereignisfall manuell ausgelöst werden können.

Beim Betrieb im Ereignisfall müssen alle zur Verfügung stehenden Ventilatoren in Betrieb genommen werden.

Ein Ansprechen allfälliger Brandmelder von Fremdsystemen in den Querverbindungen darf im Ereignisfall kein automatisches Abschalten der Lüftung bewirken.

Der Betrieb im Ereignisfall muss immer manuell zurückgestellt werden.

5.4 Vermeidung und Überwachung einer Rauchansaugung

Beim Konzept 3) gemäss Kap. 5.1 ist die Gefahr eines Ansaugens von Rauch und anderen unerwünschten Emissionen durch die Aussenluftfassungen der Lüftung der Querverbindungen durch bauliche Massnahmen zu minimieren. Zudem ist die angesaugte Aussenluft mit einer Rauchdetektion (Rauchmelder) zu überwachen. Im Normalbetrieb und beim Betrieb im Ereignisfall sind bei unzulässiger Rauchkonzentration in der Aussenluftfassung der Lüftung der Querverbindungen die betroffenen Ventilatoren sofort abzuschalten und deren Abschlussklappen zu schliessen.

6 Weitere Hinweise

6.1 Anschluss weiterer Lüftungsanlagen

Andere Lüftungsanlagen (Raumlüftungen) dürfen ihre Zuluft aus den belüfteten Sicherheitsstollen, Fluchtstollen oder Querverbindungen beziehen und ihre Abluft dorthin zurückgeben, wenn sie über eine eigene Branddetektion und Brandschutzklappen in der Zu- und Abluft verfügen. Bei einem Brand in der versorgten Zone ist die betroffene Lüftungsanlage sofort abzuschalten und die Brandschutzklappen sind zu schliessen.

Bei der Auslegung der Lüftung von Sicherheitsstollen und Querverbindungen ist die Wirkung solcher Lüftungsanlagen zu berücksichtigen. Beim Betrieb der Stollenlüftung im Ereignisfall dürfen die angeschlossenen Raumlüftungen nur dann ohne örtlichen Brandalarm automatisch abgeschaltet werden, wenn damit keine erhöhten Risiken in den versorgten Bereichen verbunden sind.

6.2 Frostsicherheit

Bei der Lüftung von Sicherheitsstollen und Querverbindungen ist keine Heizung vorzusehen. Exponierte wasserführende Leitungen sind durch geeignete Massnahmen vor Frost zu schützen (Wärmedämmung, evtl. elektrische Begleitheizung). Eine Vereisung des Bodens ist zu vermeiden (Tropfwasser vermeiden resp. auffangen).

6.3 Feuchtekontrolle / Nebelbildung

Die Gefahr einer Nebelbildung in den Sicherheitsstollen, Fluchtstollen und Querverbindungen ist durch geeignete Massnahmen wie Reduktion des Wassereintrages und Luftströmung von kalten zu warmen Bereichen zu minimieren.

6.4 Einfluss auf die Fahrraumlüftung

Die geringen Einflüsse der Lüftung von Sicherheitsstollen müssen bei der Auslegung der Fahrraumlüftung im allgemeinen nicht berücksichtigt werden.

6.5 Rauchdetektion

In Sicherheitsstollen und Querverbindungen ist keine Rauchdetektion (Brandmelder) zur Erkennung von örtlichen Bränden nötig. Allfällige Brände bei technischen Einrichtungen in dieser Zone werden durch technische Alarme angezeigt.

6.6 Notwendigkeit von Schleusen

Schleusen sind nötig zum äusseren Abschluss von dauernd belüfteten Sicherheitsstollen, Fluchtstollen oder Querverbindungen, welche als Fluchtwege signalisiert sind. Keine Schleusen sind erforderlich bei dauernd belüfteten Kanälen und Stollen, welche nicht als signalisierte Fluchtwege dienen (z.B. nicht als Fluchtweg genutzter Werkleitungskanal).

Anhänge

I	Allgemeine Richtwerte	21
I.1	Direkte und indirekte Anforderungen	21
I.2	Richtwerte für den Leistungs- und Energiebedarf	21

I Allgemeine Richtwerte

I.1 Direkte und indirekte Anforderungen

Für einröhrige Tunnel mit Sicherheitsstollen gelten die Anforderungen in Kapitel 3, für einröhrige Tunnel mit direkt nach aussen führenden Fluchtstollen die Anforderungen in Kapitel 4. Diese direkten Anforderungen und die sich damit in typischen Fällen indirekt ergebenden weiteren Kenngrössen sind in der Abb. I.1 zusammengestellt.

Abb. I.1 Direkte und indirekte Anforderungen

	Einröhrige Tunnel mit Sicherheitsstollen (Kapitel 3) *	Einröhrige Tunnel mit direkt nach aussen führenden Fluchtstollen (Kapitel 4) **
Normalbetrieb		
- Δp über geschlossene Notausgangstür	$\geq 50 \text{ Pa}$	$\geq 50 \text{ Pa}$
- Luftstrom pro geschlossene Notausgangstür	$0.2 - 0.4 \text{ m}^3/\text{s}$	$0.5 - 1.0 \text{ m}^3/\text{s}$
Betrieb im Ereignisfall mit allen Ventilatoren		
Luftgeschwindigkeit durch die vollständig offene(n) Notausgangstür(en):		
- Einzelne Notausgangstür offen	ca. 3.0 m/s	ca. 3.0 m/s
- 3 Notausgangstüren nebeneinander offen	ca. 1.5 m/s	-
- 2 Notausgangstüren ungünstig verteilt offen	ca. 1.5 m/s	-
Betrieb im Ereignisfall mit Ausfall eines einzelnen Ventilators		
Luftgeschwindigkeit durch die vollständig offene(n) Notausgangstür(en):		
- Einzelne Notausgangstür offen	ca. 2.0 m/s	$\geq 2.0 \text{ m/s}$
- 3 Notausgangstüren nebeneinander offen	$\geq 1.0 \text{ m/s}$	-
- 2 Notausgangstüren ungünstig verteilt offen	$\geq 1.0 \text{ m/s}$	-
Betrieb im Ereignisfall mit Ausfall einer gesamten Ventilatorstation		
Luftgeschwindigkeit durch die vollständig offene(n) Notausgangstür(en):		
- Einzelne Notausgangstür offen	ca. 1.6 m/s	-
- 3 Notausgangstüren nebeneinander offen	$\geq 0.8 \text{ m/s}$	-
- 2 Notausgangstüren ungünstig verteilt offen	$\geq 0.8 \text{ m/s}$	-

Fette Werte: direkte Anforderung der Richtlinie. Die übrigen Werte sind indirekt über die Forderungen der Redundanz bestimmt, wobei die konkreten Werte von der jeweiligen Situation und der Auslegung abhängig sind.

* 2 Ventilatorstationen mit je 2 Ventilatoren.

** 1 Ventilatorstation mit 2 Ventilatoren.

I.2 Richtwerte für den Leistungs- und Energiebedarf

Für die Lüftung von Sicherheitsstollen gelten die folgenden allgemeinen Richtwerte:

- Leistungsbedarf beim Betrieb im Ereignisfall 10 – 20 kW/km;
- Leistungsbedarf beim Normalbetrieb 0.2 – 1.0 kW/km;
- Energiekosten Normalbetrieb (20 Rp/kWh) 350 – 1'750 Fr/km.Jahr.

Glossar

Begriff	Bedeutung
Betrieb im Ereignisfall <i>exploitation en cas de sinistre</i>	Betriebszustand der Lüftung nach einem Alarm resp. Ereignis, welches die Benützung von Notausgangstüren zur Folge haben könnte.
Fluchtstollen <i>galerie de fuite</i>	Stollen, der von einer Notausgangstür nach aussen führt.
Fluchtweg <i>chemin de fuite</i>	Signalisierter Weg, der vom Fahrraum ins Freie führt (SIA 197/2).
Fluchtweg zur Selbstrettung <i>chemin de fuite pour l'autosauvetage</i>	Als Fluchtweg zur Selbstrettung gilt der Weg vom aktuellen Standort im Fahrraum bis zu der Notausgangstür.
Fluchtwegtür <i>porte de chemin de fuite</i>	Oberbegriff für alle Türen, die auf dem Fluchtweg vorkommen.
Normalbetrieb <i>exploitation normale</i>	Betriebszustand der Lüftung in allen Situationen ohne besondere Ereignisse.
Notausgangstür <i>porte d'issue de secours</i>	Als Notausgang signalisierte Tür vom Fahrraum: ins Freie, in zweite Röhre, in Querverbindung oder in direkt nach aussen führenden Fluchtstollen. Sie sind nie Bestandteil einer Schleuse.
Querverbindung <i>liaison transversale</i>	Verbindung zwischen zwei Tunnelröhren oder zwischen einer Tunnelröhre und einem Sicherheitsstollen.
Schleuse <i>sas</i>	Durchgangsraum, welcher durch zwei gegenüberliegende manuell oder gesteuert verriegelte Türen begrenzt wird. Schleusen ermöglichen eine dauernd kontrollierte Druckhaltung. Personenschleusen dienen ausschliesslich dem Durchgang von Personen, Fahrzeugschleusen auch der Durchfahrt von Personenwagen und kleinen Unterhaltsfahrzeugen.
Sicherheitsstollen (SISTO) <i>galerie de sécurité</i>	Üblicherweise parallel zur Tunnelröhre verlaufender Stollen, der über Querverbindungen mit dem Fahrraum verbunden ist und an seinen Enden je einen Ausgang mit Schleuse nach aussen hat.
UPS	Unterbrechungsfreie Stromversorgung (UPS) <i>uninterruptible power supply (UPS)</i>
Werkleitungskanal <i>galerie technique</i>	Unter oder neben dem Fahrraum verlaufender Kanal für diverse Leitungen und Erschliessungen. (Bei geeigneten Verbindungen zum Fahrraum und nach aussen sowie bei ausreichender Begehbarkeit kann ein Werkleitungskanal auch als Sicherheitsstollen dienen.)
Zwischentür <i>porte intermédiaire</i>	Tür ausserhalb des Fahrraums zwischen Notausgangstür und freier Umgebung (z.B. zwischen Querverbindung und Sicherheitsstollen). Zwischentüren müssen von den Flüchtenden geöffnet werden können. Sie sind nie Bestandteil einer Schleuse.
Δp	Druckdifferenz [Pa].

Einheiten

Einheit	Physikalische Grösse
m/s	Luftgeschwindigkeit (Mittelwert über den betrachteten Querschnitt)
m ³ /s	Luftvolumenstrom
Pa = N/m ²	Druck
W = J/s	Leistung

Literaturverzeichnis

-
- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA (2008), „**Lüftung der Strassentunnel**“, *Richtlinie ASTRA 13001, V2.01*, www.astra.admin.ch.
-
- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (2007), „**Branddetektion in Strassentunneln**“, *Richtlinie ASTRA 13004, V2.10*, www.astra.admin.ch.
-
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (2012), „**Videoanlagen**“, *Richtlinie ASTRA 13005, V1.00*, www.astra.admin.ch.
-
- [4] Bundesamt für Strassen ASTRA (2011), „**Signalisation der Sicherheitseinrichtungen in Strassentunneln**“, *Richtlinie ASTRA 13010, V2.04*, www.astra.admin.ch.
-
- [5] Bundesamt für Strassen ASTRA (2009), „**Türen und Tore in Strassentunneln**“, *Richtlinie ASTRA 13011, V1.04*, www.astra.admin.ch.
-
- [6] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2004), „**Projektierung Tunnel - Grundlagen**“, *Norm SIA 197*.
-
- [7] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein SIA (2004), „**Projektierung Tunnel – Strassentunnel**“, *Norm SIA 197/2*.
-
- [8] Steinemann Urs, Zumsteg Franz (2003), „**Belüftung von Sicherheits- und Querstollen von Strassentunneln**“, *Leitfaden 01-03-2003*.
-

Auflistung der Änderungen

Ausgabe	Version	Datum	Änderungen
2008	1.06	30.03.2012	<ul style="list-style-type: none"> • Formelle Anpassungen in: Arbeitsgruppe, Literaturverzeichnis, Glossar, ...
2008	1.05	21.06.2011	Formelle Anpassungen im Impressum, Kap. 5.1, Literaturverzeichnis, ...
2008	1.03	26.02.2010	Formelle Anpassungen im Kap. 3.1, 4.1 und Glossar.
2008	1.02	11.08.2009	<ul style="list-style-type: none"> • Seitenlayout. • Glossar. • Literaturverzeichnis.
2008	1.01	13.01.2009	Formelle Anpassungen im Literaturverzeichnis, Glossar und Kap. 4.3.2, 4.4, 5.1 und 6.6.
2008	1.00	01.12.2008	Inkrafttreten Ausgabe 2008.

