Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 116 (1998)

Heft: 35

Artikel: Lüftungssanierung im Strassentunnel: neue Dimensionierung wegen neuer Randbedingungen

Autor: Welte, Urs / Menti, Urs-Peter

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-79558

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Urs Welte und Urs-Peter Menti, Zürich

Lüftungssanierung im Strassentunnel

Neue Dimensionierung wegen neuer Randbedingungen

Die Erhaltung von elektromechanischen Anlagen in Tunneln wird zunehmend zu einem Thema. Im Neubau betragen die Kosten für die technischen Systeme etwa 10 bis 15% der Gesamtkosten; man schätzt allerdings, dass die Zustandserhaltung dieser Anlagen künftig bis 50% der gesamten Unterhaltskosten ausmachen wird. Unter diesem Aspekt ist die Sanierung von lüftungstechnischen Anlagen von Interesse: Die Grundlagen für die Dimensionierung haben sich in den letzten Jahren stark verändert, so dass kleinere und trotzdem anforderungsgerechte Anlagen möglich sind.

Viele der heute in Betrieb stehenden Nationalstrassentunnel sind in die Jahre gekommen. Die lüftungstechnischen Anlagen sind nach 20 bis 25 Jahren am Ende ihrer Lebensdauer angelangt, womit ein sicherer Betrieb nicht mehr gewährleistet ist. Die Ersatzteilbeschaffung wird bei Anlagen in diesem Alter zunehmend schwierig, zudem sind einige Lieferfirmen vom Markt verschwunden. Als einzige Alternative bleibt somit häufig nur der Ersatz der lüftungstechnischen Anlagen.

Bild 1 zeigt das Altersprofil der in der Schweiz in Betrieb stehenden Nationalstrassentunnel. Daraus ist ersichtlich, dass etwa 100 km Tunnelröhren älter als 15 Jahre sind und deren Lüftungsanlagen ins «Sanierungsalter» kommen (einige Erneuerungen sind allerdings bereits erfolgt). Da sich die für die Dimensionierung einer Tunnellüftung massgebenden Parameter (Schadstoffgrenzwerte, Emissionen, Verkehr usw.) seit der Eröffnung stark verändert haben, bietet die Sanierung einer Ventilationsanlage die Chance, das Lüftungssystem den aktuellen Randbedingungen anzupassen und damit ein optimiertes und energieeffizientes System zu erstellen. Die Veränderung bei den Randbedingungen sind so gross, dass oft eine umfassende Neubeurteilung der Situation nötig ist.

Anforderungen an ein Lüftungssystem

Das Lüftungssystem hat im wesentlichen folgende Aufgaben zu erfüllen:

- Bereitstellen des erforderlichen Frischluftbedarfs
- Reduktion der Schadstoffkonzentrationen auf ein zulässiges Niveau
- Gewährleisten einer ausreichenden Sichtweite für die Fahrzeuglenker (Sichttrübung durch Russpartikel)
- Entrauchung des Tunnels im Brandfall

Obige Zielsetzungen führen als Konsequenz zu weiteren Anforderungen:

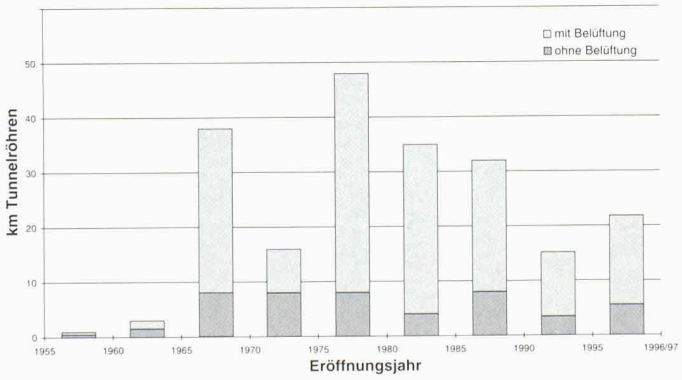
- Akzeptable Schadstoffkonzentration in der Umgebung von Tunnelportalen und Abluftkaminen
- Akzeptable Schadstoffkonzentration in der Umgebung von unterirdischen Ein- und Ausfahrten (bei städtischen Tunnels)

Die Umsetzung dieser Anforderungen in eine entsprechende Lüftungsanlage ist ein aufwendiger Dimenisionierungsprozess, der von verschiedensten Parametern und Randbedingungen abhängig ist. Zudem ist das Vorgehen beim Neubau anders als bei Sanierungsprojekten.

Grundlagen für die Dimensionierung

Es ist zwischen standortabhängigen, verkehrsabhängigen und umwelt- und sicherheitspolitischen Parametern zu unterscheiden. Die Standort-Parameter sind durch die geographische Lage und das Konzept des Tunnels gegeben und in der Regel konstant; die verkehrstechnischen Parameter hängen von der voraussichtlichen Verkehrsbelastung, dem erwarteten Mix Personen-/Lastwagen und dem Stand der Fahrzeugtechnik (Schadstoffemissionen) ab und ändern im Laufe der Zeit. Die umwelt- und sicherheitspolitischen Anforderungen drücken sich in Richtlinien wie z.B. Schadstoffgrenzwerten, MAK-Werten (maximale Arbeitsplatzkonzentration) und Vorgaben für die Lüftung im Brandfall aus. Im Falle der Sanierung ist nun von Interesse, welche Parameter «variabel» und welche fix sind. Bild 2 zeigt die Verhältnisse.

Die Ausgangslage betreffend Verkehr ist rasch beurteilt: Im Gegensatz zu Neuanlagen liegen bei Sanierungen zumeist aktuelle Verkehrszählungen vor, die als Grundlage für die Neudimensionierung benutzt werden können. Bei den weiteren Parametern ist die Neubeurteilung schwieriger, da z.T. unterschiedliche Auffassungen über die Anwendung der nationalen und internationalen Richtlinien und Erkenntnisse vorherrschen. Bild 3 gibt einen Überblick über die aktuelle Situation.



1
Altersverteilung der Nationalstrassen

Fixe Standortparameter	Variable Parameter
Höhe über Meer	Verkehrsdichte, Fahrtrichtungsaufteilung
Meteorologische Verhältnisse: Luftdruck, typische Wetterlagen	Anteil Schwerverkehr und Anteil Dieselfahrzeuge
Tunnellänge, -neigung	Basisemissionswert der Fahrzeuge
Richtungsverkehr, Gegenverkehr	Zulässige Schadstoffkonzentration
Max. zulässige Geschwindigkeit	Anforderungen im Brandfall, wie z.B. Strömungsgeschwindigkeit für Entrauchung

2
Fixe und variable Parameter für die Lüftungsauslegung

Literatur

[1]
Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Strassentunneln. Allgemeines Rundschreiben Strassenbau Nr. 18/1994 des Bundesministeriums für Verkehr, Bonn

[2]
Road Tunnel Committee Report. Intercongress Publication, PIARC, 1995

[3]
Road Tunnel Committee Report of the XXth World Road Congress. PIARC, 1995

[4]
Grundlagen der Belüftung von Strassentunneln. Schindler und Haerter AG, Zürich (erstellt im Auftrag des Bundesamtes für Strassenbau, ASB), Mai 1983

[5]
Schriftenreihe Umwelt Nr. 255: Luftschadstoffemissionen des Strassenverkehrs 1950–2010, Buwal, Bern 1995

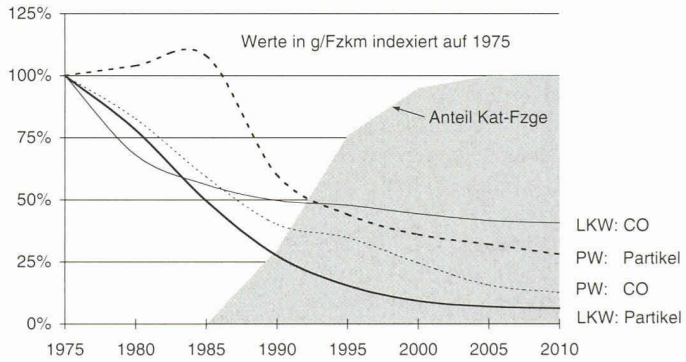
Parameter	heute	einst	Quelle/Bemerkungen
Richtwert CO	100 ppm	150 ppm	für flüssigen Verkehr heute [2], einst [4]
	30 ppm	30 ppm	bei Wartungs- und Unterhaltsarbeiten im Tunnel
Grenzwert Sichttrübung	$5 \cdot 10^{-3}$/m	$5 \cdot 10^{-3}$/m	für flüssigen Verkehr heute [2], einst [4]
Grenzwert NO2	0,05–0,5 ppm	kein Dimensionierungskriterium	PIARC[1], Werte in Vorbereitung
Richtwerte im Brandfall (am Beispiel eines längsgelüfteten Tunnels)	Während Evakuation: 2–3 m/s Für Entrauchung: 3–6 m/s	kein Dimensionierungskriterium	CH-Anforderungen, PIARC-Werte in Überarbeitung

[1] PIARC: World Road Association

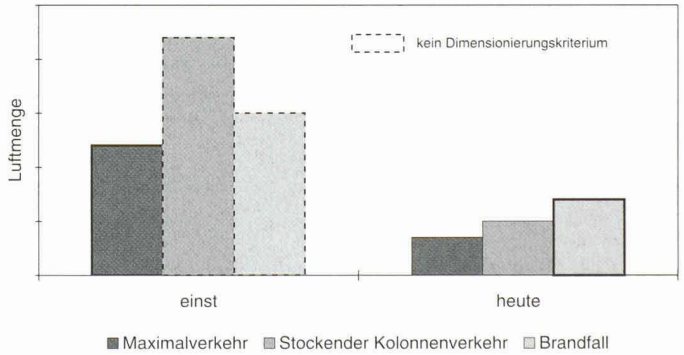
3
Anforderungen einst und heute

Die Emissionsmenge des sogenannten Leitschadstoffs CO pro Personenwagen nimmt durch den Einsatz des Katalysators laufend ab, so dass sich meist auch die absolute CO-Konzentration im Tunnel infolge dieser Tendenz und trotz Zunahme des Verkehrsvolumens verringert. Bild 4 zeigt die prozentuale Zunahme der mit einem Katalysator ausgerüsteten Fahrzeuge im Zusammenhang mit der Entwicklung der Schadstoffemissionen (CO und Partikel) für Personen- und Lastwagen.

Aufgrund dieser Entwicklung hat es sich in den letzten Jahren erwiesen, dass der Schadstoff CO zur Dimensionierung nicht mehr verwendet werden kann und vermehrt die Anforderungen des Brandfalls sowie die Partikelmenge (Sichttrübung) und Schadstoffe wie NO_x in den Vordergrund rücken.



4
Entwicklung der fahrzeugspezifischen Emissionen



5
Frischluftbedarf einst und heute (exemplarisch)

Neudimensionierung

Die erwarteten Emissionen der Fahrzeuge zusammen mit den geforderten Schadstoffgrenzwerten bestimmen den Frischluftbedarf eines Tunnels im Normalbetrieb. Diese Frischluft wird durch die «Selbstlüftung» (Luftströmung im Tunnel als Folge der Kolbenwirkung der Fahrzeuge) und/oder durch eine mechanische Lüftungsanlage in den Tunnel gebracht. Für die Berechnung des nötigen Frischluftbedarfes sind im allgemeinen drei Zustände zu beachten:

- Maximalverkehr (grösste Emission von Schadstoffen)
- Stau, stockender Kolonnenverkehr (kaum «Selbstlüftung» des Tunnels)
- Brandfall (besondere Anforderungen)

War früher vor allem der Zustand «Maximalverkehr» massgebend, ist es heute – aufgrund der niedrigen Basisemissionswerte der Fahrzeuge – hauptsächlich der Brand eines Fahrzeugs und eher selten der Kolonnen- oder Maximalverkehr. Exemplarisch ist in Bild 5 der Frischluftbedarf eines Tunnels für die drei Zustände dargestellt; einmal für das Erstellungsjahr und einmal für den Zeitpunkt der Sanierung. Die Abbildung zeigt deutlich, wie der Brandfall als Dimensionierungskriterium ins Zentrum des Interesses gerückt ist. Obwohl ein Fahrzeugbrand in einem Tunnel relativ selten ist (1 Brand auf 10 bis 70 Millionen Fahrzeugkilometer), muss diesem Zustand hohe Beachtung geschenkt werden. Folgende Anforderungen werden im Brandfall an eine mechanische Lüftung gestellt:

- Möglichst rasches Absaugen des Rauches und/oder Erzeugen einer moderaten Luftgeschwindigkeit, um den Rauch aus dem Tunnel zu entfernen und gleichzeitig ein Verqualmen des gesamten Tunnelquerschnitts zu verhindern
- Einbringen von genügend Frischluft in den Tunnel zur Atmung und zur Kühlung des Bauwerks

Da die einzelnen Anforderungen teilweise zu unterschiedlichen Resultaten führen, ist die Dimensionierung einer Tunnellüftung

für den Brandfall ein komplexer Optimierungsprozess. Die Bedeutung des Brandfalls für die Lüftungsdimensionierung und die Sicherheit eines Tunnels ist erkannt und hat deshalb zu einer weltweit intensivierten Forschungstätigkeit geführt. Dabei werden immer mehr auch CFD-Modelle (Computational Fluid Dynamics; Computersimulationen) eingesetzt, um Brände und den optimalen Lüftungsbetrieb zu modellieren.

Schlussfolgerungen

Die erforderlichen Luftmengen für den Normalbetrieb im Tunnel sind heute deutlich kleiner als noch vor 15 Jahren. Der Grund hierfür liegt im wesentlich «umweltfreundlicheren» Fahrzeugpark mit geringeren CO- und Partikel-Emissionen. Die Dimensionierung von Tunnellüftungen folgt deshalb neuen Gesetzen; unter anderem wird der Brandfall zur bestimmenden Grundlage für die Dimensionierung. Insgesamt sind heutige Ventilationssysteme kleiner, effizienter und sparsamer im Energieverbrauch - und erfüllen trotzdem die Anforderungen an einen sicheren Betrieb der Strassentunnel.

Adresse der Verfasser:
Urs Welte, dipl. El-Ing. ETH, *Urs-Peter Menti*, dipl. Masch.-Ing. ETH, Amstein + Walthert AG, Leutschenbachstrasse 45, 8050 Zürich

Bücher

Energie und Umwelt

Wir möchten auf die folgenden, in den vergangenen Monaten in den Bereichen Energie und Umwelt erschienenen Bücher hinweisen. Wo nichts anderes vermerkt ist, sind die Werke im Buchhandel erhältlich.

Schonend Wohnen

Tips, Produkte und Adressen für ökologisches Einkaufen und Heimwerken. Hrsg. WWF Schweiz, 1997. 100 S., viele Sw-Abb., Preis: Fr. 15.-. Bezug: WWF, Postfach, 8010 Zürich, Tel. 01 297 22 50.

Umweltbericht für den Kanton Zürich 1996

Hrsg. Baudirektion im Auftrag des Regierungsrates des Kantons Zürich, 1997. 214 S., viele Farbabb., Preis: Fr. 25.-. Bezug: KDMZ, Räffelstrasse 32, 8090 Zürich, Tel. 01 461 34 10.

Jahrbuch 97/98 Gas und Wasser

Hrsg. Schweiz. Verein des Gas- und Wasserfaches (SVGW), 1997. 314 S., 20 Farb- und 10 Sw-Abb., Preis: Fr. 45.-, zweisprachig d/f. Bezug: SVGW, Grütlistr. 44, 8027 Zürich.

Umwelt in der Schweiz 1997

Hrsg. Bundesamt für Statistik, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Buwal), 1997. 370 S., 252 Farbgrafiken, 58 Bilder, Preis: Fr. 28.-. ISBN 3-303-02034-5. Bestellung: EDMZ, 3000 Bern, Bestell-Nr. 319.404d bzw. f, i oder eng.

Bauphysik

Reihe Bau und Energie, Band 2. Von *Christoph Zürcher* und *Thomas Frank*. 240 S., zahlr. Tab. und Abb., A4, brosch., Preis: Fr. 78.-. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1998. ISBN 3-7281-1822-2.

Schweizer Energiefachbuch 1998

260 S., A4, kart., Preis: Fr. 58.- (Abonnement: Fr. 48.-). Verlag Künzler-Bachmann AG, St. Gallen, 1998.

Handbuch Wärmekraftkopplung

Vol. 2. Hrsg. Schweiz. Fachverband für Wärmekraftkopplung. 100 S., durchgehend vierfarbig, Preis: Fr. 30.-. WKK-Fachverband, Liestal, 1998. ISBN 3-9521-008.

Klimarisiken – Herausforderung für die Schweiz

Wissenschaftlicher Schlussbericht NFP 31. Von *Stephan Bader, Pierre Kunz*. 276 S., zahlr. Abb., geb., Preis: Fr. 78.-. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1998. ISBN 3-7281-2605-5.

Klimaänderungen und Naturgefahren in der Raumplanung

Synthesebericht NFP 31. Methodische Ansätze und Fallbeispiele. Von *Werner Bloetzer, Thomas Egli, Armin Petrascheck, Joseph Sauter, Markus Stoffel*. 200 S., brosch., Preis: Fr. 78.-. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1998. ISBN 3-7281-2610-1.

Die Alpen und das CO_2-Problem

Schlussbericht NFP 31. Biologische Perspektiven. Von *Christian Körner, Stephan Hättenschwiler*. 138 S., zahlr. Abb., brosch., Preis: Fr. 54.-. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1998. ISBN 3-7281-2587-3.

Heisszeit – Klimaänderungen und Naturkatastrophen in der Schweiz

Ergebnisse des NFP 31 populärwisschenschaftlich zusammengefasst. Von *Beat Glogger*. 168 S., zahlr. Abb., geb., Preis: Fr. 48.-. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, 1998. ISBN 3-7281-2613-6. Vom gleichen Autor: Video «Die Klimaverschwörung», Fr. 39.90, und CD/ROM «Climate Effects», Fr. 68.-. Alle drei Publikationen als «Das grosse Klimapaket» zum Preis von Fr. 148.-.

Der Klima-GAU

Erdöl, Macht und Politik. Von *Ross Gelbspan*. 248 S., geb., Preis: Fr. 51.-. Gerling Akademie Verlag, München, 1998. ISBN 3-932425-05-7.

Sinnvoll Strom sparen in Dienstleistungsgebäuden

Hrsg. Zürcher Energieberatung/Elektrizitätswerk der Stadt Zürich. Von *Jürg Nipkow*. 28 S., brosch. Verlag Industrielle Betriebe der Stadt Zürich, 1998. Bezug: Zürcher Energieberatung, Tel. 01 319 49 60. ISBN 906497-02-X.

Energiebilanzierung von Gebäuden

Hrsg. *Gerd Hauser* und *Gerhard Hausladen* im Auftrag der Wüstenrot-Stiftung. Von *Gerd Hauser, Gerhard Hausladen, Matthias Dönch, Bernd Heibel, Kirsten Höttges, Anton Maas*. 56 S., geb., mit CD-ROM. Preis: Fr. 35.-. Karl Krämer Verlag, Stuttgart 1998. ISBN 3-7828-1511-4.

Bezugsquelle BauBioLogie/BauÖkoLogie 98/99

Hrsg. Genossenschaft Information Baubiologie (GIBB). 300 S., Preis: Fr. 26.-. Bezug: GIBB, St. Galler Strasse 28, 9230 Flawil, Tel. 071 393 22 52.

Niedrigenergie-Solarhäuser

Systeme - Projekte - Technologien. Von *Yvonne Kaiser* und *S. Robert Hastings*. 159 S., 110 Abb., brosch., Preis: Fr. 48.-. Birkhäuser Verlag für Architektur, Basel 1998. ISBN 3-7643-5798-3.