Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 102 (1984)
Heft: 22

Artikel: Belüftung und Entstaubung beim Bau des Rossenbergtunnels, St. Gallen
Autor: Steger, Samuel
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-75469

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: 10.07.2025

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

rell erläutert, während zur Bestimmung der *Luftmenge* auf die Suva verwiesen wird.

Der *Berechnungsgang* ist ebenfalls in die Empfehlung aufgenommen worden, während sich im Anhang die benötigten lüftungstechnischen Kennwerte und detaillierte Erläuterungen finden.

In weiteren Abschnitten wird auf die Anforderungen an das Ventilationsmaterial eingegangen und wie die Systeme im Stollen am besten zu disponieren sind. Die Angaben sind wiederum aufgeteilt in Mindesterfordernisse und einen Lehrbuchteil im Anhang der Empfehlung.
Hingegen wird in der SIA 196 nur kurz auf die Entstauber eingetreten; der heutige Stand der Staubbehandlung bei Teilschnittmaschinen wird aber durch kommende Artikel in dieser Zeitschrift erläutert werden.

Adresse des Verfassers: Dr. *A. Haerter*, Ing. SIA, Schindler Haerter AG, Stockerstr. 12, 8002 Zürich.

Belüftung und Entstaubung beim Bau des Rosenbergtunnels, St. Gallen

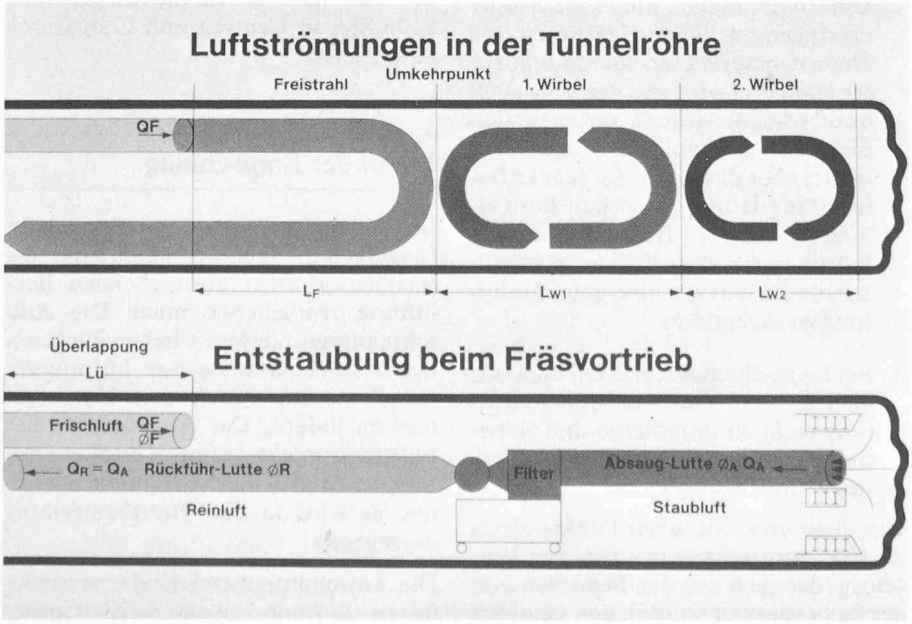
Von Samuel Steger, Zürich

Idee

Beim Ausarbeiten des Angebotes für die Ausführung des Rosenbergtunnels im Jahre 1977 war sich die Arbeitsgemeinschaft Schafir & Mugglin AG, CSC Strassen- und Tiefbau AG schon sehr früh einig über den *Einsatz von Teilschnittfräsen,* da ein Sprengbetrieb nicht zugelassen wurde. Eng mit dem Einsatz dieser Maschinen war aber das Problem der *Entstaubung* verknüpft. Naheliegend wäre eigentlich ein Pilotstollen in der Tunnelachse gewesen, zumal der bereits vorhandene Zugangsstollen zum Kreuzungsbauwerk mit einem Durchmesser von 2,60 m und einer Länge von etwa 500 m sich direkt hiefür anbot.

Nachdem aber die *Kosten* für die restlichen 2000 m Pilotstollen ermittelt waren, suchten wir nach einer Lösung, um diesen recht beträchtlichen Ausgabenposten zu reduzieren. Wir erinnerten uns an das System der Entstaubung bei einer Vollschnitt-Tunnelfräse, wie sie beim Bau des Heitersbergtunnels zum Einsatz kam. Dort wurde die staubhaltige Luft aus dem Staubraum zwischen Tunnelbrust und Staubschild abgesogen. Bei System «Rosenberg», wo wir beabsichtigten, die Teilschnittfräsen fest in einem Schild einzubauen, wäre doch sicher auch ein staubschildähnliches Gebilde zu konstruieren, um den beim Fräsvorgang erzeugten Staub von den Arbeitsplätzen der Belegschaft fernzuhalten. Diese Idee war nun zu realisieren.

Bild 1. Luftströmungen in der Tunnelröhre (oben) und Entstaubung beim Fräsvortrieb (unten)



Modellversuche

Über den erlaubten *Staubgehalt in der Tunnelluft* gab uns die Suva-Vorschrift (Form 1977) Auskunft:
Feinstaubgehalt kleiner ∅ 5 µ
8 mg/m³ bei Quarzgehalt 15%
4 mg/m³ bei Quarzgehalt 30%
2 mg/m³ bei Quarzgehalt 60%

Für unseren Fall rechneten wir mit einem zulässigen Reststaubgehalt von 4 mg/m³ in der Tunnelluft. In einer ersten Näherung verdoppelten wir das Absaugvolumen einer Vollschnittfräse auf 800 m³/min, um etwa die gleichen Vorhangdurchtrittsgeschwindigkeiten zu haben wie beim Staubschild.

Mit den ins Auge gefassten Nassentstaubern war aber eine rasche Verdünnung der «Reinluft» mit eingeblasener Frischluft notwendig, um die vorgeschriebenen MAK-Werte einzuhalten. Dementsprechend wurden auch die Luttenführungen und Leitungsquerschnitte für das Angebot ausgelegt.

Über die Gespräche, die wir in dieser Angelegenheit mit der Schweizerischen Unfallversicherungsanstalt in Luzern (Suva) mit Herr Bachofen und seinen Mitarbeitern hatten, ergab sich dann 1978 der Kontakt zu der Deutschen Tiefbauberufsgenossenschaft (TBG) und der Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen (Stuva), die ein Forschungsprogramm über die «Staubbekämpfung beim Einsatz von Teilschnittmaschinen im Untertagebau bei grossen Tunnelquerschnitten» durchführten. Auf der Suche nach geeigneten Forschungsobjekten waren die Herren der TBG auf das geplante Bauvorhaben Rosenbergtunnel gestossen. Gerne machten wir Gebrauch von der Möglichkeit, unser Schildmodell mit den vier Teilschnittfräsen auf der in Köln bei der Stuva aufgebauten Modellversuchsanlage zu testen. (Das Schildmodell steht heute im Technorama in Winterthur.) Die Versuchsanordnungen und die Ergebnisse aus dem Modellversuch in Köln sind im Stuva-Forschungsbericht Nr. 16/82 ausführlich dargestellt.

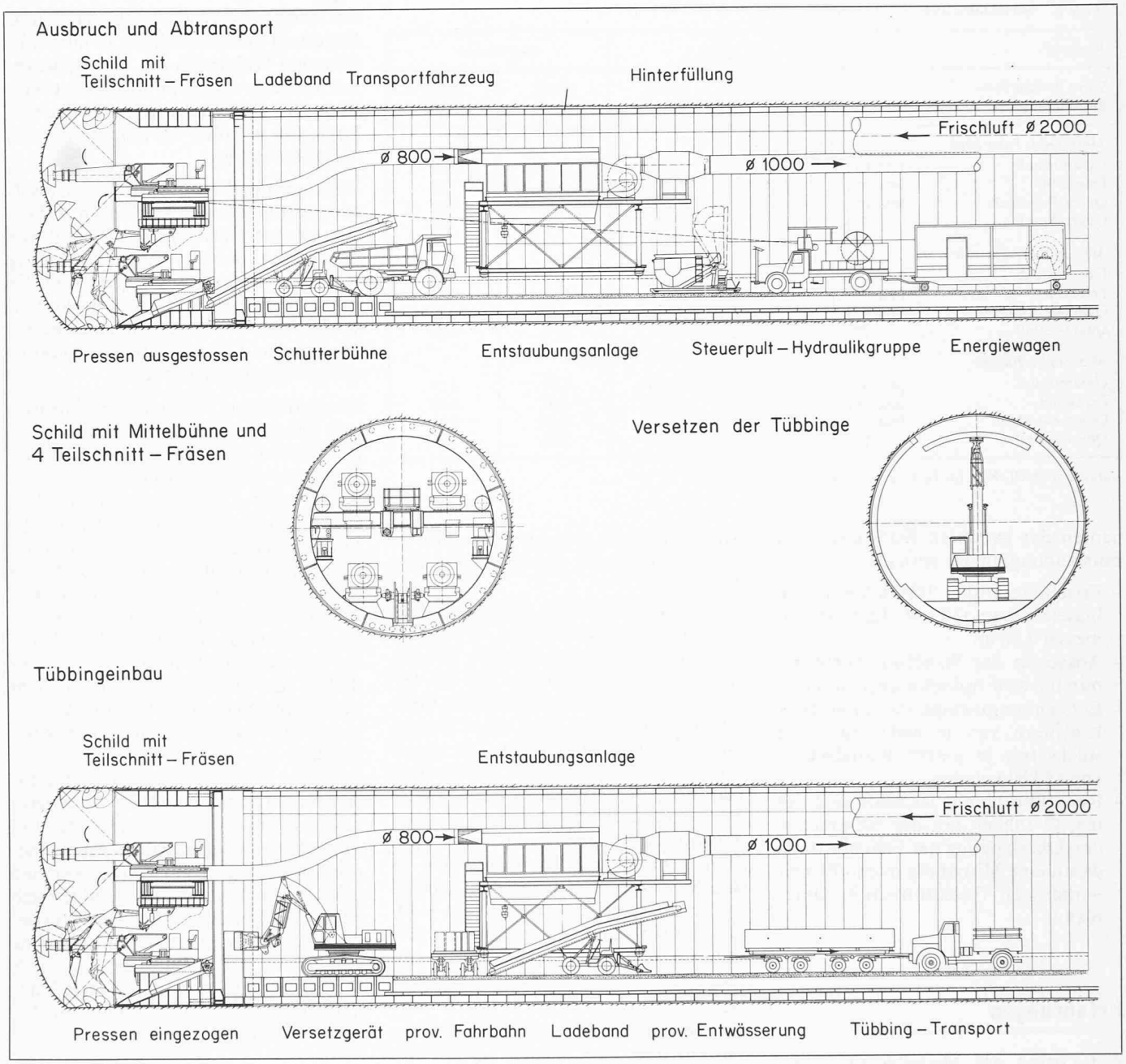


Bild 2. Bauvorgang beim Rosenbergtunnel, St. Gallen

Die *Resultate* aus dem Modellversuch ergaben Aufschluss in folgenden Punkten (Bild 1):

- Lage der Frischluftlutte in bezug auf das Tunnelprofil
- Distanz des Frischluftaustrittes gegenüber der Ortsbrust
- Lage der Absaugstellen an der Ortsbrust
- Anzahl der Absaugstellen- und deren Ausbildungen vor Ort
- Grösse und Ausdehnung des Staubraumes an der Ortsbrust
- hintere Begrenzung des Staubraumes
- Überlappung der Reinluftlutte gegenüber der Frischluftlutte
- Verhältnis zwischen abgesaugter Staubluftmenge und eingeblasener Frischluftmenge
- gesamtes strömungstechnisches Verhalten des Luftaustausches im Tunnel.

In der Folge wurde die Absaugluftmenge auf 1200 m³/min festgelegt. Mit dieser Luftmenge ergab sich auch im Abschnitt zwischen Frischluft-Luttenende und Schild eine mittlere Luftgeschwindigkeit von 0,30 m/sec.

Die Entstauberanlage

Für die endgültige Wahl der Entstauberanlage waren die *folgenden Kriterien* in die Bewertung einbezogen worden:

- Reststaubgehalt in der Reinluft in mg/m³
- installierte Motorenleistung in kW
- Verhalten bei Mergelstaub mit hohem Tonanteil, bei Zementstaub herrührend von Gunitarbeiten und bei Luftfeuchtigkeit infolge Bedüsung der Fräsköpfe
- Platzbedarf der Anlage
- Entsorgung (Staub bei Trockenentstauber - Schlamm und Wasser bei Nassentstauber
- Filterabreinigung mechanisch oder mit Druckluft
- Referenzen.

Auf Grund dieser Evaluation wurde eine *Trockenentstaubung mit Schlauchfiltern und Druckluftabreinigung* gewählt.

In der Darstellung des Bauvorgangs (Bild 2) sind die technischen Kompo-

Tabelle 1. Staubmessungen beim Fräsen

Vorhang		*offen*		*geschlossen*	
Stuva Bericht Seite Betrieb Fräsen		A-224 oben	A-225 unten	A-226 oben	A-226 unten
Messpunkt: Fräse oben					
Gesamtstaub	[mg/m³]	7,80	2,70	2,90	2,80
Feinstaub	[mg/m³]	3,64	0,95	1,26	1,24
Quarz-Feinstaub	[mg/m³]	0,44	0,11	0,15	0,15
Quarz-Anteil	[%]	12%	12%	12%	12%
Messpunkt: Fräse unten					
Gesamtstaub	[mg/m³]	15,60	5,50	1,60	5,30
Feinstaub	[mg/m³]	1,20	1,47	0,56	1,25
Quarz-Feinstaub	[mg/m³]	0,14	0,18	0,07	0,15
Quarz-Anteil	[%]	12%	12%	12%	12%
Messpunkt: Bagger					
Gesamtstaub	[mg/m³]	5,30	16,10	2,00	3,20
Feinstaub	[mg/m³]	1,54	1,52	0,65	0,90
Quarz-Feinstaub	[mg/m³]	0,18	0,18	0,08	0,11
Quarz-Anteil	[%]	12%	12%	12%	12%

Zulässiger MAK-Wert für Feinstaub: 8 mg/m³

nenten der gesamten Belüftungs- und Entstaubungsanlage enthalten:

- Frischluftzufuhr: 3800 m³/min, Gebläseleistung: 130 kW, Luttendurchmesser 2,00 m
- Absaugen der Staubluft 2×600 m³/min mit zwei Spirallutten, ∅ 80 cm
- Entstaubungsanlage mit zwei Trokkenfiltern von je 600 m³/min, bestückt mit je einem Radialgebläse von 45 kW Leistung
- Rückführung der Reinluft in 2 Lutten, ∅ 1,00 m, mit der entsprechenden Überlappung der Frischluftlutte, damit eine Mitnahme in den Primärwirbel der Frischluftzufuhr unterbleibt.

Erfahrungen

Auf Grund der Modellversuche war man zur Überzeugung gekommen, dass mit der gewählten grossen Absaugleistung sich eine *natürliche Staubwand* einstellen würde (ohne die Installation eines Staubvorhanges). Das hätte den Vorteil gehabt, dass der Fräsmaschinist eine direkte Sicht auf den Fräskopf gehabt hätte. Da aber die Anströmung des Staubraumes nicht so gleichmässig über den ganzen Querschnitt ist wie beim Modellversuch, drängte sich schon in der Startphase die *Montage eines Vorhanges* auf.

Die hauptsächlichsten Gründe hiefür sind die folgenden: Bei der in der Vortriebsstrecke vorherrschenden *laminaren Luftströmung* schieben sich die verschieden warmen Luftschichten übereinander hinweg, ohne den ganzen Querschnitt mitzunehmen. Die unterschiedliche Wärme kann technischen oder meteorologischen Ursprungs sein. Zum andern erzeugt der freie Fall des abgefrästen Materials von bis zu 11 m Höhe *Turbulenzen im Staubraum,* so dass Staubdurchschläge in den Arbeitsraum nur schwer zu verhindern sind. Um die Staubabsaugung weiter zu verbessern, wurden auch die beiden Absauglutten unter die Mittelbühne verlegt.

Gut bewährt hat sich die auf konstanter Distanz mit dem Schild verfahrbare *Entstauberanlage.* Ein einziges Mal machte sie uns richtig Kummer. Durch Unachtsamkeit wurde ein Druckluftventil verstellt, worauf durch die ungenügend gereinigten Filter die Absaugmenge stark abfiel. Es dauerte einige Zeit, bis ein findiger Geist auf die Idee der Ventilkontrolle kam.

Zufriedenstellend funktionierte der *Staubaustrag.* Über Schubsender wurde der Staub in einen Zyklon geblasen und fiel durch die Schwerkraft in eine mitfahrende Welaki-Mulde. Der Staubanfall variierte mit dem abgefrästen Gebirge. Als Regel gilt: Je härter das Gebirge, um so höher die Staubfracht der abgesaugten Luft.

Selbstverständlich gehört zu einer solchen an und für sich bewährten Anlage eine genaue *Überwachung.* So und nur so können defekte Filter rechtzeitig entdeckt und ersetzt werden. Sind die Filter einmal alt und spröd geworden, so sind sie eines Tages alle zu ersetzen, um wieder eine einwandfrei funktionierende Anlage zu haben.

Die Bestätigung, dass unser Belüftungs- und Entstaubungssystem die Erwartungen erfüllte, wurde durch die *Staubmessungen der Suva* erbracht. Die Messwerte, die nach 250 Tm gemacht wurden, sind im Stuva-Forschungsbericht aufgeführt (Tabelle 1). Periodisch wurden aber weiterhin an den kritischen Punkten Staubmessungen ausgeführt, um den vorschriftsgemässen Tunnelbetrieb zu überwachen. Damit hielt auch die Suva ihr Versprechen, als sie uns dieses System der Entstaubung unter dem Vorbehalt zugestand, dass die Grenzwerte der Vorschriften eingehalten würden.

Für die Arbeitsgemeinschaft Rosenbergtunnel war es eine grosse Genugtuung, dass die Anlage funktionierte, und sie nicht gezwungen wurde, einen Lüftungsstollen zu erstellen. Der Vortrieb eines Pilotstollens bietet an und für sich keine technischen Schwierigkeiten. Aber die Reinigung der Abluftmenge von 60 m³/sec mitten in der Stadt St. Gallen wäre für den Unternehmer und die städtischen Behörden ein bedeutendes Problem gewesen.

Vortrag, gehalten an FGU-VST-Tagung «Baulüftung von Untertagbauten» am 7. Dez. 1983 in der ETH Zürich.

Adresse des Verfassers: *S. Steger,* dipl. Ing. ETH, Schafir & Mugglin AG, Zollikerstr. 41, 8032 Zürich.