

Massnahmen im Hinblick auf den Bau der zweiten Tunnelröhre

Autor(en): **Diethelm, Willy**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **98 (1980)**

Heft 36: **Der Gotthard-Strassentunnel**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-74197>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Massnahmen im Hinblick auf den Bau der zweiten Tunnelröhre

Von Willy Diethelm, Locarno

Der etappenweise Ausbau der wintersicheren Verbindung der Nationalstrasse N2 durch den Gotthard machte es notwendig, dass bei der Festlegung des Konzeptes der Bauwerke der ersten Etappe der spätere Endausbau in die Studien miteinbezogen wurde und dass beim Bau der ersten Tunnelröhre jene Massnahmen getroffen wurden, die es erlauben sollen, in einem späteren Zeitpunkt den zweiten Tunnel mit möglichst geringen Schwierigkeiten und Behinderungen zu erstellen.

Als Grundsatz bei allen Entscheiden galt dabei das Prinzip, die Vorinvestitionen beim Bau der ersten Tunnelröhre im Blick auf den Endausbau auf das absolut notwendige Minimum zu beschränken. Es ging also vor allem darum, *planerische Massnahmen* zu treffen, d.h. die Bauwerke des Erstausbau so zu konzipieren, dass die bei der späteren Erweiterung zu erstellenden Anlagenteile sich ohne Schwierigkeiten in die vorgesehene Gesamtdisposition einfügen lassen.

Nachfolgend wird auf einige Probleme eingegangen, die im Blick auf den Bau der zweiten Röhre von besonderer Bedeutung sind, und es wird anhand von einigen Beispielen gezeigt, wie die vorgesehene Gesamtdisposition mit zwei Tunnelröhren das Konzept der Bauwerke in der ersten Ausbaustappe beeinflusst hat.

Lüftung

Allgemeines

Die Frage, wie bei der Inbetriebnahme des zweiten Strassentunnels, d.h. beim *Übergang vom heutigen Gegenverkehr zum Richtungsverkehr* in der ersten Röhre, die bestehende *Lüftungsanlage* anzupassen ist, stellt sicher das wichtigste Problem dar.

Für den Betrieb der bestehenden Tunnelröhre im Erstausbau hat die Lüftungsanlage im Normalfall einer maximalen Verkehrsmenge von 1800 Personenwageneinheiten je Stunde zu genügen, entsprechend ungefähr der Verkehrskapazität des im Gegenverkehr befahrenen Tunnels.

Auf Grund eines Beschlusses der Baukommission Gotthard-Strassentunnel wurden jedoch die Frischluftventilatoren mit einer dreissigprozentigen Reser-

ve auf die Luftmengen versehen, entsprechend einer rund 2,2 mal grösseren installierten Leistung. Damit bietet sich unter anderem die Möglichkeit, im Erstausbau in Stosszeiten den ersten Tunnel im Richtungsverkehr mit höheren Verkehrsbelastungen zu betreiben. Es stellt sich in diesem Fall allerdings eine Längsströmung der Luft im Tunnel ein, da das Abluftsystem die dreissigprozentige Reserve der Frischluft nicht verarbeiten kann. Wenn die bestehende Röhre nach Erstellung des zweiten Tunnels im Richtungsverkehr befahren wird, erhöht sich ihre Verkehrskapazität auf rund das Doppelte, d.h. auf eine grösste Verkehrsmenge von etwa 3600 Personenwageneinheiten je Stunde.

Unter heutigen Verhältnissen bezüglich Zusammensetzung des Fahrzeugparks und der spezifischen Abgasproduktion würde sich damit der *Frischlufbedarf* ebenfalls *etwa verdoppeln*. Es darf jedoch angenommen werden, dass als Folge der Bestrebungen und Vorschriften zur *Reduktion der Fahrzeugemissionen* im Zeitpunkt der Inbetriebnahme der zweiten Röhre mit einem wesentlich kleineren Frischluftbedarf gerechnet werden kann. Da das genaue Mass der Reduktion jedoch leider nicht angegeben werden kann, ist beim Konzept der Lüftungsanlage im Endausbau eine *flexible* Lösung zu wählen, die der zukünftigen Entwicklung des Frischluftbedarfs angepasst werden kann.

Unter diesen Voraussetzungen und unter Berücksichtigung des Grundsatzes, dass möglichst keine Vorinvestitionen im Blick auf den späteren Bau der zweiten Tunnelröhre getätigt werden sollen, steht ausser Diskussion, die heutige Lüftungsanlage bereits für den Endausbau zu bemessen. Es ist vielmehr eine Lösung zu wählen, die es erlaubt, die Lüftungsanlage des ersten Tunnels im Moment der Erstellung der zweiten Röhre auf Grund der in jenem Zeitpunkt herrschenden effektiven Verhältnisse anzupassen bzw. zu verstärken.

Untersuchte Möglichkeiten

Wenn im Zeitpunkt der Inbetriebnahme der zweiten Tunnelröhre die Abgasproduktion auf 65 Prozent oder weniger des heutigen Wertes zurückgegangen sein sollte, genügt die bestehende Lüftungsanlage, bei Inanspruchnahme der dreissigprozentigen Reserve der Frischluftventilatoren, auch für die höhere

Verkehrsbelastung im Richtungsverkehr. Da die *Abluftventilatoren keine Reserve* enthalten, würden im Grenzfall bei Vollastbetrieb rund 600 m³/s Luft durch die beiden Portale abströmen; die sich damit ergebenden Längsgeschwindigkeiten im Verkehrsraum wären jedoch ohne weiteres zulässig.

Wenn die Abgasproduktion im Zeitpunkt der Inbetriebnahme über 65 Prozent des heutigen Wertes bleibt, ist eine Verstärkung der bestehenden Lüftungsanlage der ersten Tunnelröhre unerlässlich. Dafür können folgende Lösungen in Frage kommen:

- a) Erhöhung der Leistung der Ventilatoren (Ersatz der bestehenden Maschinen) unter Benützung der bestehenden Luftkanäle.
- b) Zusätzliche Versorgung der ersten Tunnelröhre von den Zentralen und Schächten des zweiten Tunnels aus, die an den gleichen Stellen angeordnet sind wie die der ersten Röhre. Im nördlichen Abschnitt bis Guspisbach, wo kurze Lüftungsabschnitte vorhanden sind, wird die zusätzlich erforderliche Luft dem ersten Tunnel durch die Luftkanäle der zweiten Röhre zugeführt. Wegen der kurzen Lüftungsabschnitte wird das Profil des zweiten Tunnels nicht übermässig gross. Im langen Abschnitt zwischen Guspisbach und Motto di Dentro wird die zusätzlich erforderliche Luft dem ersten Tunnel durch zwei spezielle Lüftungsstollen zugeleitet.
- c) Versorgung der ersten Tunnelröhre ebenfalls von den Zentralen und Schächten des zweiten Tunnels aus, die gegenüber den Anlagen der ersten Röhre derart versetzt angeordnet sind, dass sich eine Verkürzung der Lüftungsabschnitte des ersten Tunnels von einem Drittel ergibt. Die zweite Tunnelröhre wird ebenfalls mit vier Lüftungsschächten und Zentralen ausgeführt, die aber, wie erwähnt, gegenüber den Bauwerken des ersten Tunnels versetzt sind.

Der Ersatz der bestehenden Ventilatoren durch leistungsstärkere Maschinen bietet betriebliche Schwierigkeiten und Behinderungen, und zudem haben die Untersuchungen gezeigt, dass diese Lösung auch vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt aus betrachtet nur von Interesse wäre, wenn der Frischluftbedarf bloss wenige Prozente über 65 Prozent des heutigen Bedarfs liegt. Aus diesem Grund wurde die Möglichkeit a) fallen gelassen.

Aus dem Vergleich der beiden übrigen Lösungen ist hervorgegangen, dass aus betrieblichen und wirtschaftlichen Gründen der Möglichkeit b), mit Anordnung der Lüftungszentralen und Schächte an den gleichen Stellen wie die des ersten Tunnels, der Vorzug zu geben ist.

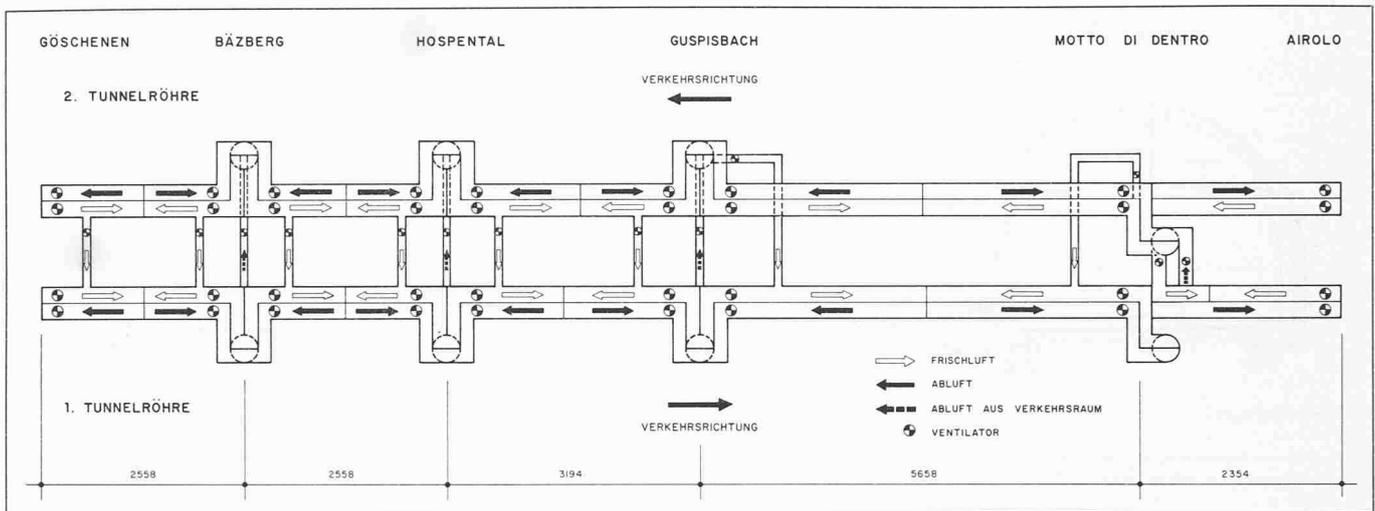


Bild 1. Schema der Lüftungsanlage für den Endausbau mit zwei Tunnelröhren. Gültig für den Fall, dass die Abgasproduktion im Zeitpunkt der Inbetriebnahme der zweiten Röhre über 65% des heutigen Wertes liegt

Gewählte Lösung

Die gewählte Disposition der Lüftungsanlage im Endausbau ist in Bild 1 dargestellt. Die Bauwerke der ersten Ausbautetappe (Tunnelröhre, Lüftungszentralen, Lüftungsschächte) bleiben unverändert im heutigen Zustand.

Bei Aufnahme des Richtungsverkehrs ist die Verstärkung der Lüftungsanlage mit folgenden Massnahmen vorgesehen:

Im nördlichen Abschnitt bis Guspisbach wird die zusätzliche notwendige Frischluft durch die Luftkanäle der zweiten Röhre zugeführt und je Lüftungsabschnitt durch einen Verbindungsstollen mit einem zusätzlich installierten Ventilator in die Zuluftkanäle der ersten Röhre gedrückt. Da im Nordabschnitt die Lüftungsabschnitte kurz sind, ergeben sich beim zweiten Tunnel trotz der zusätzlichen Luft keine allzu grossen Tunnelprofile. Den zwei Lüftungsabschnitten zwischen Guspisbach und Motto di Dentro wird die zusätzlich erforderliche Frischluft durch zwei spezielle, mit Ventilatoren versehene Lüftungsstollen zugeleitet, die bei den Zentralen Guspisbach und Motto di Dentro beginnen und eine Länge von je etwa 1 km haben. Dadurch wird die zweite Tunnelröhre nicht mit zusätzlicher Luft belastet und kann mit möglichst kleinem Querschnitt ausgebildet werden.

Der Lüftungsabschnitt Motto di Dentro-Airolo wird in zwei Abschnitte unterteilt, wobei ein Drittel der ursprünglichen Länge von der zweiten Zentrale Motto di Dentro aus versorgt wird. Der auf zwei Drittel verkürzte Abschnitt beim Portal Airolo kann mit den bestehenden Ventilatoren gespiesen werden.

Die den zusätzlichen Frischluftmengen entsprechenden Abluftmengen werden bei den vier unterirdischen Lüftungszentralen mit speziellen Ventilatoren direkt aus dem Verkehrsraum abge-

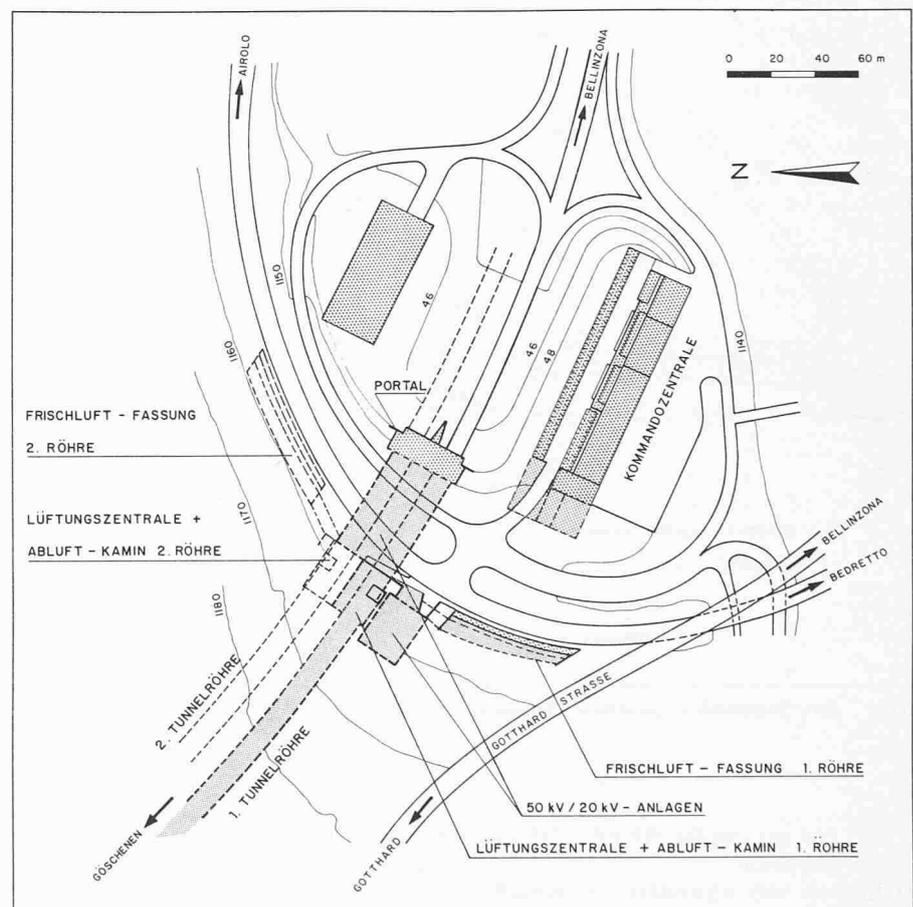


Bild 2. Portalzone Airolo. Disposition der Anlagen im Endausbau mit zwei Tunnelröhren

gen und durch die Schächte der zweiten Tunnelröhre ausgestossen. Die beim Vollastbetrieb an den beiden Portalen durch Längsströmung austretende Luftmenge wird damit gegenüber dem heutigen Zustand nicht vergrößert (maximal etwa $600 \text{ m}^3/\text{s}$).

Die Disposition der zweiten Tunnelröhre entspricht der des ersten Tunnels. Wegen der grösseren Luftmengen werden jedoch die Querschnitte der Tunnelröhre und der vier Lüftungsschächte Bätzberg, Hospental, Guspisbach und Motto di Dentro erheblich grösser.

Vorkehrungen für die Verstärkung der Lüftungsanlage der ersten Tunnelröhre im Endausbau

Die Massnahmen, die beim Bau der ersten Tunnelröhre getroffen wurden, um später bei Bedarf ohne Schwierigkeiten und ohne grössere Behinderungen des Betriebes die Lüftungsanlage im Blick auf den Richtungsverkehr im Endausbau anpassen zu können, betreffen folgende Punkte:

- a) Erstellung von je einem Stück Querstollen in jedem der neun Lüftungsabschnitte, durch die später Frisch-

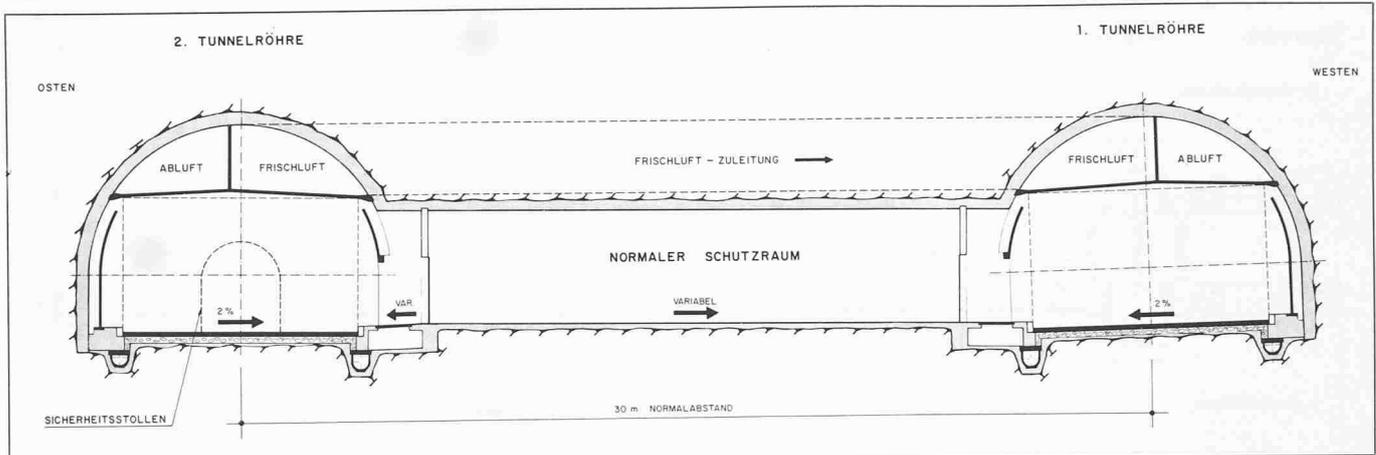


Bild 3. Normalquerschnitt mit zwei Tunnelröhren und Querschlag

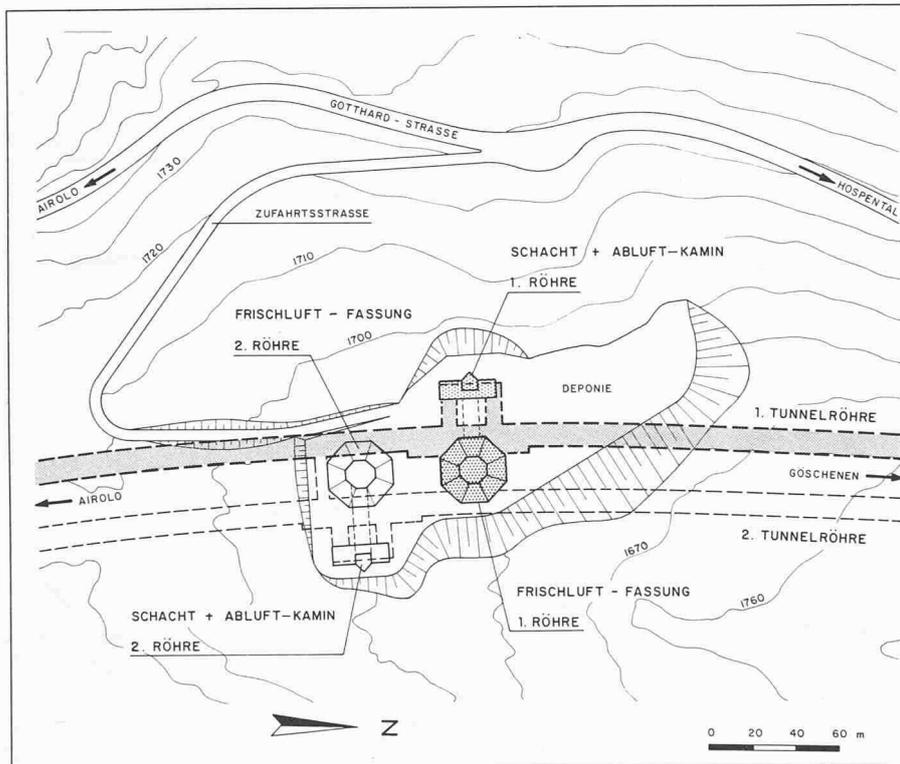


Bild 4. Zone Guspisbach. Disposition der Anlagen im Endausbau mit zwei Tunnelröhren

Ausserhalb der Portalzonen soll die zukünftige zweite Tunnelröhre im Abstand von 30 m gebaut werden, d.h. im Trasse der bestehenden Sicherheitsstollens. Die Festlegung der Linienführung des zweiten Tunnels im Grundriss und Längenprofil diene als Grundlage für die Definition von Höhenlage und Gefälle der Querschläge (Bild 3). Diese Querstollen dienen im Erstausbau als Schutzräume und Zugänge zum Sicherheitsstollen, im Endausbau als Verbindungen zwischen den beiden Röhren. Die Querstollen bei den östlichen Ausstellbuchten (Abstand rund 1500 m) weisen einen grösseren Querschnitt auf, damit sie im Endausbau befahren werden können.

In den geologisch ungünstigen Zonen des Mesozoikums und der Paragneise wurden mit Hilfe von felsmechanischen Berechnungen der Einfluss des Baus der zweiten Tunnelröhre auf die Beanspruchung der Auskleidung des ersten Tunnels ermittelt. Es konnte damit nachgewiesen werden, dass auch in diesen Strecken der vorgesehene Axabstand der beiden Röhren von 30 m den felsstatischen Gegebenheiten genügt.

luft von der zweiten Röhre zugeleitet werden kann.

- b) Einbau von sekundären Frischluftkanälen («Luftpfeifen»), die bereits für die im späteren Richtungsverkehr maximal zu erwartenden Luftmengen bemessen sind.
- c) Verstärkung der Armierung der Zwischendecke und Trennwand in den Abschnitten, wo im Endausbau höhere Luftdrücke als in der ersten Ausbaustufe vorhanden sind.

Disposition der Anlagen

Die Anordnung und die Ausführung verschiedener Bauteile des ersten Strassentunnels wurde durch die vorgesehene Gesamtdisposition im Endausbau

mit zwei Tunnelröhren mehr oder weniger stark beeinflusst. Nachstehend seien einige Fälle dieser *Beeinflussung* kurz dargestellt.

Tunnelröhre

Im Bereich der Portale liegen die beiden Tunnelröhren, bedingt durch die Möglichkeiten der Linienführung auf den offenen Strecken, sehr nahe beieinander. Es war deshalb notwendig, die Portale bereits für den Endausbau zu projektieren und auch zu bauen. Die Anordnung der Lüftungszentralen sowie der Zu- und Abluftbauwerke für die zweite Röhre ist ebenfalls weitgehend vorgezeichnet (Bild 2). Die entsprechenden Bauwerke werden jedoch erst später gebaut.

Unterirdische Lüftungszentralen, Lüftungsschächte und Aussenbauwerke

Bei der Anordnung der unterirdischen Lüftungszentralen und der Lüftungsschächte mit den zugehörigen Bauwerken für das Fassen der Frischluft und das Ausstossen der Abluft für den ersten Tunnel war auf die Möglichkeiten für die Eingliederung der entsprechenden Bauwerke der zweiten Röhre in ein optimales Gesamtkonzept Rücksicht zu nehmen. Insbesondere die Verhältnisse bezüglich Topographie und Lawinen an den Schachtköpfen liessen für die Wahl der Disposition im Endausbau nicht viele Möglichkeiten offen. Bild 4 zeigt, als Beispiel, die vorgesehene Gesamtdisposition mit zwei Tunnelröhren im Bereich des Schachtes Guspisbach, auf welche die ausgeführten Bauwerke abgestimmt sind.

Ausführung der Anlagen

Von den im Zusammenhang mit der Ausführung der Anlagen sich stellenden Problemen seien zwei herausgegriffen. Das eine betrifft die Wahl der in der ersten Etappe zu erstellenden Tunnelröhre, das zweite die Beeinflussung des im Betrieb stehenden ersten Tunnels durch den Bau der zweiten Röhre.

Wahl der Tunnelröhre

Die Beurteilung der Möglichkeiten für die Ausführung der zweiten Röhre während des Betriebs des ersten Tunnels war entscheidend für die Festlegung, in der ersten Etappe den westlichen Tunnel zu bauen. Massgebend waren dabei die Verhältnisse bei den Portalen, insbesondere in Göschenen, bezüglich Platz und Zugänglichkeit der Baustellen für die später zu erstellende zweite Röhre.

Beeinflussung der ersten Röhre durch den Bau der zweiten Röhre

Während des Baus des ersten Tunnels wurden umfangreiche Versuche und

Messungen durchgeführt, um das Mass der Beeinflussung desselben durch *Sprengerschütterungen* beim Vortrieb der zweiten Röhre zu bestimmen. Es ging darum, durch repräsentative Untersuchungen, den Einfluss der wichtigsten Parameter (Abstand, Lademenge, Sprengschema, Zündschema usw.) eines eventuellen späteren Sprengvortriebs zu definieren und zuverlässige Anhaltspunkte über die zulässigen Erschütterungsmasse für verschiedene Bauteile und Installationen zu erhalten.

Die definitive Auswertung und Beurteilung der Versuchsergebnisse und die Formulierung der Bedingungen für den Sprengvortrieb der zweiten Röhre sind im Moment noch nicht abgeschlossen.

Zusammenfassung

Beim Bau des Gotthard-Strassentunnels war der späteren Ergänzung der wintersicheren Nord-Süd-Verbindung der N2 durch die Alpen durch die Erstellung einer zweiten Röhre Rechnung zu tragen. Die Berücksichtigung ge-

schah vor allem durch planerische Massnahmen; Vorinvestitionen beim Bau der ersten Röhre im Blick auf den späteren Endausbau waren auf das absolut notwendige Minimum zu beschränken. Das wichtigste Problem, das es zu lösen galt, betraf die Anpassung der Lüftungsanlage des ersten Tunnels beim Übergang vom Gegenverkehr der ersten Ausbaustufe zum Richtungsverkehr im Endausbau. Daneben beeinflusste die vorgesehene Gesamtdisposition im Endausbau aber auch die Anordnung und Ausführung der verschiedenen Bauwerke des ersten Strassentunnels.

Adresse des Verfassers: *W. Diethelm* dipl. Ing. ETH/SIA, Ingenieurbüro Dr. G. Lombardi, 6600 Locarno

Gotthard-Strassentunnel: Bibliographie

Allgemeine und spezielle Beschreibungen, Bauausführung, Vermessung

Studiengruppe Gotthardtunnel: «Wintersichere Strassenverbindung durch den Gotthard». Eidg. Drucksachen- und Materialzentrale, Bern, Sept. 1963

Ing. Büro Dr. Lombardi/Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG: «Das Projekt des Gotthardstrassentunnels». Strasse und Verkehr, Heft 3, 1970

Ingenieurgemeinschaft Gotthard-Strassentunnel: «N2 - Der Gotthard-Strassentunnel». Sonderdruck Rivista Tecnica, Bellinzona, Mai 1970

Schneider, W.: «Vermessung und Absteckung für den Gotthard-Strassentunnel». Schweiz. Bauzeitung, Heft 16, 1972

Lombardi, G.: «Aus der Projektierung des Gotthard-Strassentunnels», Schweiz. Bauzeitung, Heft 28, 1972

Diethelm, W. & Schatzmann, A.: «Der Lüftungsschacht Hospental». Schweiz. Bauzeitung, Heft 36, 1972

Bourquin, M.: «Saint-Gothard 1972». Chantiers, Heft 10, 1972

Gehrig, P.: «Baulos Süd des Gotthard-Strassentunnels». Schweizer Baublatt, Heft 46, 1973

Bourquin, M.: «Saint-Gothard 1974». Chantiers, Heft 10, 1974

Bourquin, M.: «Le franchissement de la zone du mésozoïque par le tunnel routier du Saint-Gothard». Tunnels et ouvrages souterrains, Heft Sept./Okt. 1975

Pfister, R.: «Excavation Methods for Long Highway Tunnels and Ventilation Shafts in the Swiss Alps». Proceedings Rapid Excavation and Tunnelling Conference, Las Vegas, Juni 1976

Bourquin, M.: «La ventilation du chantier lors de la construction du tunnel routier du Saint-Gothard». Tunnels et ouvrages souterrains, Heft Mai/Juni 1978

Lützelshwab, R.: «Bestimmung der Ausbruchflächen anhand photographischer Aufnahmen». Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Heft 7, 1978

Pfister, R.: «Der Gotthard als wichtigste Nord-Süd-Transversale». Bulletin Schweiz. Kreditanstalt, Juli 1980

Tunnellüftung

Haerter, A.: «Lüftung von Strassentunneln und Garagen». VDI-Bericht Nr. 147, 1970

Haerter, A. & Feusi, H. P.: «Strömungstechnische Modellversuche zum Gotthard-Strassentunnel». Strasse und Verkehr, Heft 3, 1974

Pfister, R.: «Probleme beim Betrieb der Lüftungsanlage langer Strassentunnel». Forschung und Praxis, Heft 15, 1974

Haerter, A. & Steinemann, U.: «Die Belüftung des Gotthard-Strassentunnels». Installation, Heft 3, 1977

Matthaei, A.: «Frischlufversorgung für die Zentralen im Gotthard-Strassentunnel». Schweizer Journal, Juli-Heft, 1978

Tunnelbeleuchtung

Gallati, F.: «Tunnelbeleuchtung. Typische Beispiele und Erfahrungen mit einzelnen Lösungen». Dokumentationsreihe SIA, Bd. 24, Zürich, 1978

Geologie/Felsmechanik

Dal Vesco, E. & Schneider, T. R.: «Der Gotthard-Strassentunnel. Geologie». Sonderdruck Rivista Tecnica, Bellinzona, Mai 1970

Lombardi, G.: «Felsmechanische Probleme am Gotthard». Rock Mechanics, Suppl. 3, 1974

Lombardi, G.: «Gebirgsdruckprobleme beim Bau des Gotthard-Strassentunnels». Schweiz. Bauzeitung, Heft 13, 1976

Schneider, T. R.: «Baugeologische Erfahrungen mit Erkundungsstollen bei der Projektierung grosser Strassentunnel». Rock Mechanics, Suppl. 8, 1979

Schneider, T. R.: «Der Gotthard-Strassentunnel als geologisches Problem». Schweizer Journal, Heft 8, 1980