Bisherige praktische Erfahrungen beim Bau von Strassentunnels in der Schweiz

Autor(en): **Ruckstuhl, Frédéric**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **99 (1981)**

Heft 51/52

PDF erstellt am: **29.03.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-74629

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Bisherige praktische Erfahrungen beim Bau von Strassentunnels in der Schweiz

Von Frédéric Ruckstuhl, Bern

Der Bau von Strassentunnels ist, wie jedes andere Gebiet der Technik, einer ständig rascheren Entwicklung unterworfen, die laufend durch neue Erkenntnisse und Erfahrungen beim Bau und Betrieb, sowie durch verbesserte und neuartige Erzeugnisse der Industrie gefördert werden.
Die Ansprüche des Tunnelbenützers an die Sicherheit und das Umweltbewusstsein der Bevölkerung haben sich seit dem Bau der ersten Strassentunnels ebenfalls gewandelt.
Die Schweiz gehört wegen ihrer Topographie und Dichte der Überbauung zu den Ländern mit der relativ grössten Anzahl von Strassentunnels. Heute, wo dank verbesserter Kommunikationsmittel alle Länder einander nähergerückt sind, bildet die Schweiz jedoch auch im Tunnelbau keine abgekapselte Insel. Dank dem weltweiten, regen Informationsaustausch gibt es heute in der Kunst des Tunnelbaus kaum «unterentwickelte» Länder. Der folgende kurze Überblick über die bisherigen praktischen Erfahrungen beim Bau von Strassentunnels in der Schweiz hat deshalb auch für andere Länder weitgehende Gültigkeit.



Bild 1. Stark korrodierter SOS-Kasten in einem Nationalstrassentunnel

Planung

Strassentunnels müssen heute immer mehr nicht nur wegen der *Topographie* oder *Dichte der Überbauung*, sondern aus *Erfordernissen des Umwelt-, Natur- und Heimatschutzes* gebaut werden. Es hat sich erwiesen, dass dabei eine Tunnellösung neben rein *finanziellen* auch noch andere Probleme aufwirft. So muss z. B. bei belüfteten Tunnels abgeklärt werden, wo man die *Abluft* ins Freie entweichen lassen kann. Die *Gestaltung der Abluftkamine* muss ebenfalls gut studiert werden. Die Frage, ob Abluft durch die Tunnelportale heraustreten darf, ist auch zu beantworten. Die Ausbreitung des *Tunnelverkehrslärms im Bereich der Portale* muss oft eingedämmt werden, weshalb Schallisolationen im Tunnel erforderlich sein können, die je nach Fall auch für alle Frischluft- und Abluftventilatoren unerlässlich sind. Bei der Unterfahrung von überbautem Gebiet muss mittels baulicher Massnahmen zudem dafür gesorgt werden, dass die Fahrbahnen im Tunnel unter Verkehr nicht störenden *Körperschall* auf bewohnte Gebäude übertragen. Dies kann insbesondere der Fall sein, wenn die Fahrbahn von einer brückenartigen Konstruktion im Tunnel getragen wird.

Der stark *korrosiven Luft im Fahrraum* von Strassentunnels muss vor allem bei den *elektromechanischen Installationen* besondere Beachtung geschenkt werden. Sämtliche *Ableitungen von Bergwasser* in Strassentunnels sollten leicht kontrollierbar sein und ohne grosse Umtriebe von Versinterungen befreit werden können. *Versinterungen* können dazu führen, dass Ableitungen gänzlich verstopfen und das Bergwasser unter Druckaufbau durch die Decke und Seitenwände auf die Fahrbahnen gelangt. *Unter den Fahrbahnen* sollte eine *Entwässerungsschicht* vorgesehen werden, damit kein Wasser von unten in den Fahrbahnbelag eindringen kann. Eine *vollständige Isolation* aller Bauteile eines Tunnels ist kostspielig. Die Erfahrung über längere Zeit zeigt jedoch, dass diese Investition sich lohnt. Ein möglichst trockener Fahrraum (Zentralen, Schächte usw.) spart Unterhaltskosten baulicher sowie elektromechanischer Art und bietet mehr Sicherheit für den Tunnelbenützer. Zudem ist das einwandfreie Funktionieren aller elektromechanischen Installationen besser gewährleistet.

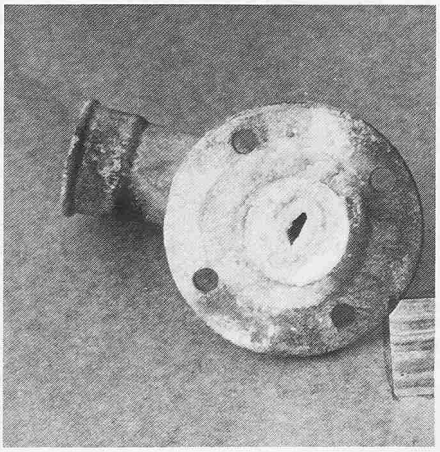
Die neuere praktische Erfahrung zeigt, dass man dem Automobilisten die Durchfahrt in den sehr langen Tunnels im *Gegenverkehr* (Gotthard: 17 km) zumuten darf. Der *Monotonie* in langen Tunnels sollte jedoch mehr als bisher entgegengewirkt werden. Das *effektive Schluckvermögen* sehr langer Strassentunnels kann hingegen durch unbegründet langsamfahrende Verkehrsteilnehmer bei hohem Verkehrsaufkommen merklich unter den Planwert gebracht werden und sogar stehende Fahrzeugkolonnen im Tunnel verursachen.

Prospektion

Mit *Sondierbohrungen* und *Probeentnahmen* zur Abklärung der Felsverhältnisse sollte *nicht gespart werden*, da diese sich meist bezahlt machen. Ein *Sondierstollen* auf der ganzen Tunnellänge vorgängig der Ausschreibung der Tunnelbauarbeiten ist *zeitraubend, kostspielig* und *zahlt sich nicht in jedem Fall aus*. Ein *Vortriebsstollen* während oder unmittelbar vor den Hauptausbrucharbeiten kann hingegen sehr nützlich sein (Vermeidung von Überraschungen beim Vollausbruch, Erleichterung bei der Bauventilation usw.). Dazu hat sich bereits in mehreren Fällen der Einsatz einer *Vollschrittsfräse* mit etwa 3 m Durchmesser als sehr zweckmässig erwiesen.

Die blosse Kenntnis der Geologie genügt heute immer weniger. Die *Geotechnik* sollte ebenfalls hinzugezogen werden. Der Bauunternehmer sollte zudem schon im Zeitpunkt der Offertstellung zusätzlich zu den während den Ausbruchsarbeiten zu erwartenden Gegebenheiten wie Standzeit, Druckverhältnisse, Klüftung, Spalten, Kohäsion usw. des Felsens sowie eventuelle Gas- und Wasservorkommen auch genauer über Bohr-, Spreng- bzw. Fräsbarkeit des zu durchörternden Materials Bescheid wissen. Ohne diese Informationen kann er kaum die für den Tunnelausbruch bestgeeignete Methode sowie die dazu benötigten Geräte und Instal-

Bild 2. Ausmass der Versinterung in einem Entwässerungsrohr des Belchentunnels, nach nur einem halben Jahr Betriebsdauer



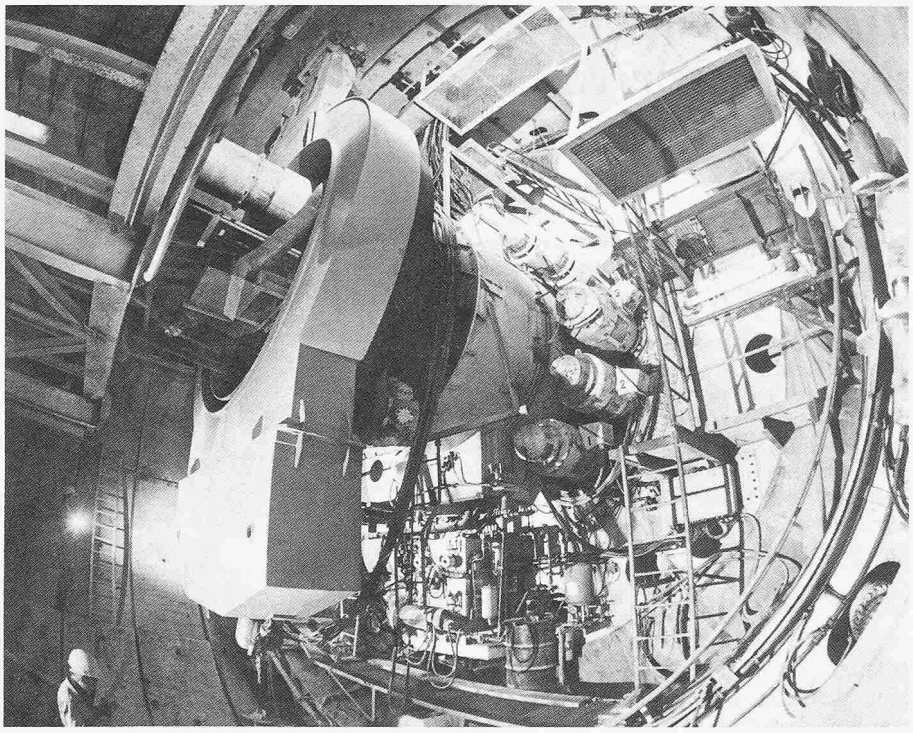


Bild 3. Hintere Ansicht der Vollschnittfräse mit Tübbingerektor im Gubristtunnel

lationen richtig wählen und wird zur Spekulation veranlasst. Diese *«Grenzzone» zwischen Projektierung und Bauausführung* müssen die beiden am Bauwerk beteiligten Partner (Bauherr und Unternehmer) im gegenseitigen Interesse, vor der Vergabe möglichst genau zu erfassen trachten. Man wird jedoch aus technischen und finanziellen Gründen die Prospektion nie soweit treiben können, dass alle Fragen zum voraus abgeklärt werden können.

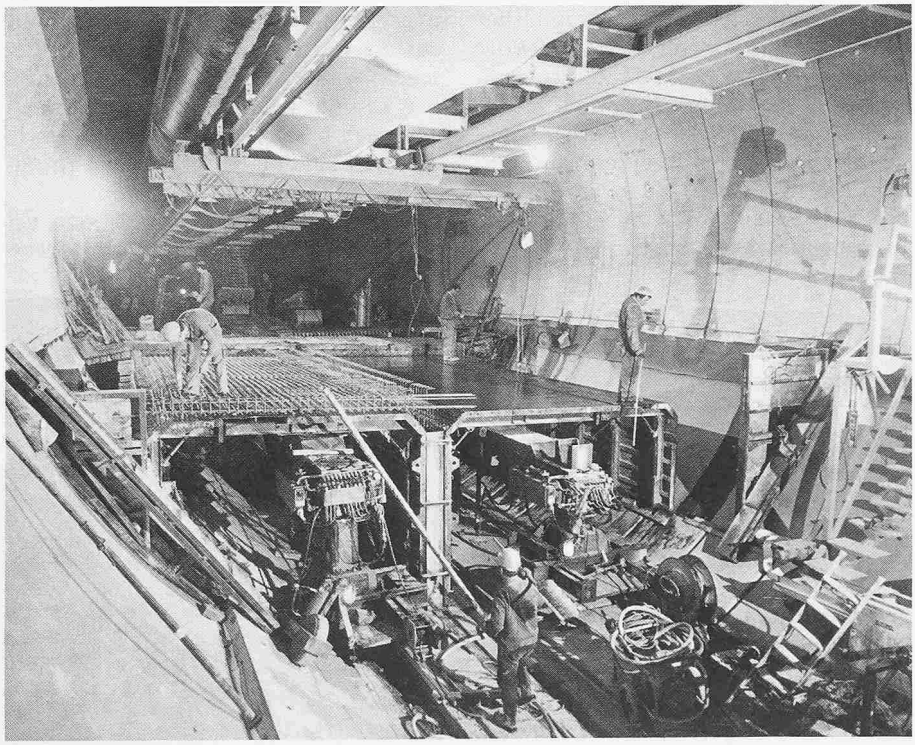
Bau

Der Trend zur *vollständigen Mechanisierung* im Tunnelbau wird immer stärker. Dadurch soll teures und immer seltener werdendes qualifiziertes Personal auf der Baustelle eingespart werden. Ein rascherer Ablauf der Bauarbeiten wird ebenfalls angestrebt. Die hohe Mechanisierung bedingt jedoch sehr grosse Investitionen und erfordert eine optimale Wahl der Geräte sowie Installationen. Zudem hängt der Baufortschritt immer unmittelbarer ab vom reibungslosen Funktionieren der einzelnen Teile.

Aus volkswirtschaftlichen Gründen sollte der *Bauherr* bei Ausschreibungen von Strassentunnels vermehrt dafür sorgen, dass nicht jeder Tunnel ohne zwingende Gründe andere Querprofilmasse aufweist und die Querprofilform nicht zum vorneherein eine Ausbruchsart ausschliesst.

Der *Sicherheit* der Belegschaft während den Ausbruchsarbeiten wird durch Vorschriften und Reglemente immer mehr Gewicht beigemessen. Auch die übrigen Arbeitsbedingungen sind stark verbessert worden. Arbeiten unter Tag können jedoch nie ganz ohne Risiko und Härten für den Menschen gestaltet werden.

Bild 4. Erstellung der brückenartigen Fahrbahntragkonstruktion unmittelbar hinter dem mechanischen Vollausbruch im Gubristtunnel



Sicherheitseinrichtungen für den Tunnelbenützer

Für die Gewährung *optimaler Fahrbedingungen* im Tunnel, die *Überwachung des Verkehrs* und die *Kommunikation mit dem Tunnelbenützer* werden immer modernere Mittel eingesetzt. Zur Verminderung der Auswirkungen von *Pannen, Unfällen* und *Bränden* werden in Strassentunnels aufwendigere Vorkehren als am Anfang des Strassentunnelbaus getroffen. Die *Elektronik- und Computertechnik* hat hier ebenfalls Eingang gefunden. All dies erfordert selbstverständlich grössere Geldmittel als in früheren Zeiten. Um dennoch die Installations-, Betriebs- und Unterhaltskosten in einem *erträglichen Mass* zu halten, sah man sich in der Schweiz u. a. gezwungen, folgende Entwicklung zu fördern:

- *Abkehr von der reinen Querlüftung,* ausser bei sehr langen Tunnels, und vermehrte Anwendung der Halbquer- und Längslüftung;
- *volle Ausnützung des Kontrastsehens* zur Herabsetzung des erforderlichen Leuchtdichtenniveaus bei der Tunnelbeleuchtung sowie eine direkt der jeweiligen Aussenleuchtdichte angepasste Steuerung der Einfahrzonen-Beleuchtung. Von einer Lösung mit *Lichtrastern* bei den Tunnelportalen, um Installations- und Energiekosten zu sparen, ist man hingegen aus folgenden Gründen abgekommen:

a) Glatteisbildung durch Tropfwasser auf der Fahrbahn bei Gefriertemperaturen;
b) Herabfallender Schnee im Winter mit erforderlicher Schneeräumung;

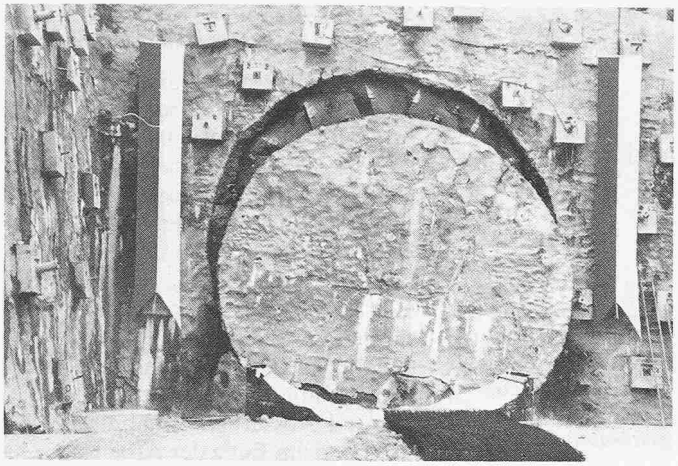


Bild 5. Vordere Ansicht der Vollschnittfräse (Durchmesser 11,45 m) im Gubristtunnel beim Beenden des Ausbruchs der ersten Röhre

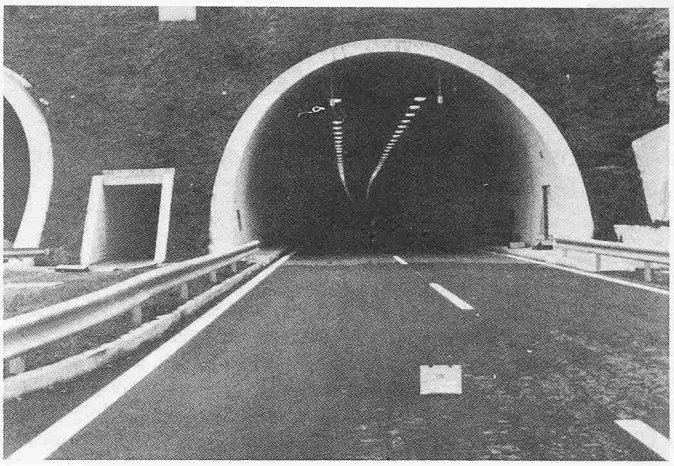


Bild 6. Würfel (20×20×20 cm) sichtbar auf der Fahrbahn im Rugentunnel dank Kontrast, der durch die neuartige Tunnelbeleuchtung hervorgerufen wird

c) Abnahme der lichttechnischen Qualitäten des Rasters durch Alterung.

Lichtraster können jedoch in stark überbautem Gebiet, wenn sie auch als Lärmschutz ausgebildet sind, eine von den Anwohnern als gut empfundene Lösung darstellen.

- möglichst weitgehende *Automatisierung der Betriebsüberwachung* und der Steuerung des Verkehrs, um Polizei- und Unterhaltspersonal einzusparen.

Kosten

Die oben genannten Erfahrungen und Entwicklungen der vergangenen Jahre haben den Strassentunnelbau nicht billiger gemacht. Die grössere Mechanisierung brachte ja nicht immer eine wesentliche Steigerung der Vortriebsleistungen. Die Endkosten hängen immer noch in erster Linie von den angetroffenen Verhältnissen beim Ausbruch ab. Hier sind, trotz vermehrter Prospektion, Überraschungen nach wie vor nicht auszuschliessen.

Der Bau von längeren Strassentunnels zeigte, dass wegen der im voraus nicht abschätzbaren Entwicklung die *Teuerung* einen ins Gewicht fallenden Baukostenfaktor bilden kann. Die Teuerungsentwicklung, bei der Vergabe der Arbeiten noch weitgehend unbekannt, kann sowohl den Bauherrn als auch den Unternehmer in eine unangenehme Lage versetzen.

Die Kosten für die *elektromechanischen Einrichtungen* von Strassentunnels haben sich gegenüber früheren Zeiten stark erhöht. Sie überschreiten jedoch, ausser bei sehr kurzen Tunnels, kaum 15 Prozent der Gesamtkosten und treten gegenüber den Baukosten immer noch in den Hintergrund. Für die gesamte Erstellungszeit eines längeren Strassentunnels stellen die elektromechanischen Installationen heute jedoch einen nicht zu unterschätzenden Faktor dar.

Die *Betriebs- und Unterhaltskosten* für die heutigen zeitgemäss ausgerüsteten Tunnels sind erheblich teurer als bei früheren Objekten, an die weniger hohe Anforderungen gestellt werden mussten. Diese stets wiederkehrenden Kosten sollten bei einer Tunnellösung nicht vergessen oder unterschätzt werden.

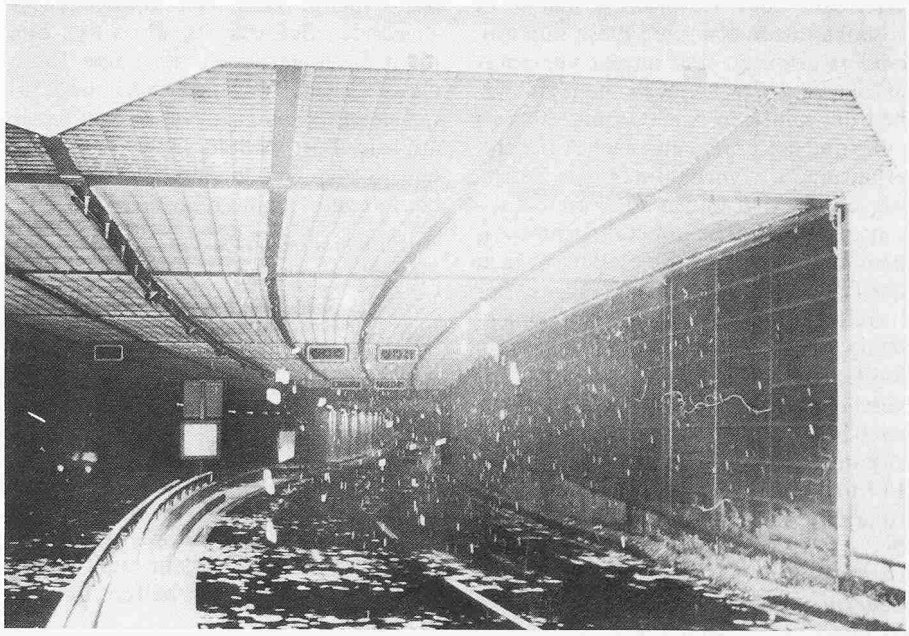


Bild 7. Schneefall durch das Lichtrasterbauwerk im Sonnenbergtunnel

Schlussbemerkung

Die hier kurz dargelegten praktischen Erfahrungen im Tunnelbau wurden während den letzten 30 Jahren bei der Erstellung des Nationalstrassennetzes gesammelt. Sie mussten teuer erkauft werden und verursachen teilweise heute noch grössere Kosten. Es ist zu hoffen, dass aus den gemachten Erfahrungen Nutzen gezogen wird und so gegebenenfalls beitragen wird, dass der Strassentunnelbau für *jedermann* zu einem vollen Erfolg wird.

Adresse des Verfassers: *F. Ruckstuhl,* dipl. Ing. ETH, Sektionschef, Bundesamt für Strassenbau, Monbijoustrasse 40, 3003 Bern.