

**Zeitschrift:** Tec21  
**Herausgeber:** Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein  
**Band:** 134 (2008)  
**Heft:** 21: Tunnel-Lösungen

**Artikel:** Rettung im Arlbergtunnel  
**Autor:** Stadelmann, Hanspeter  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-108928>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

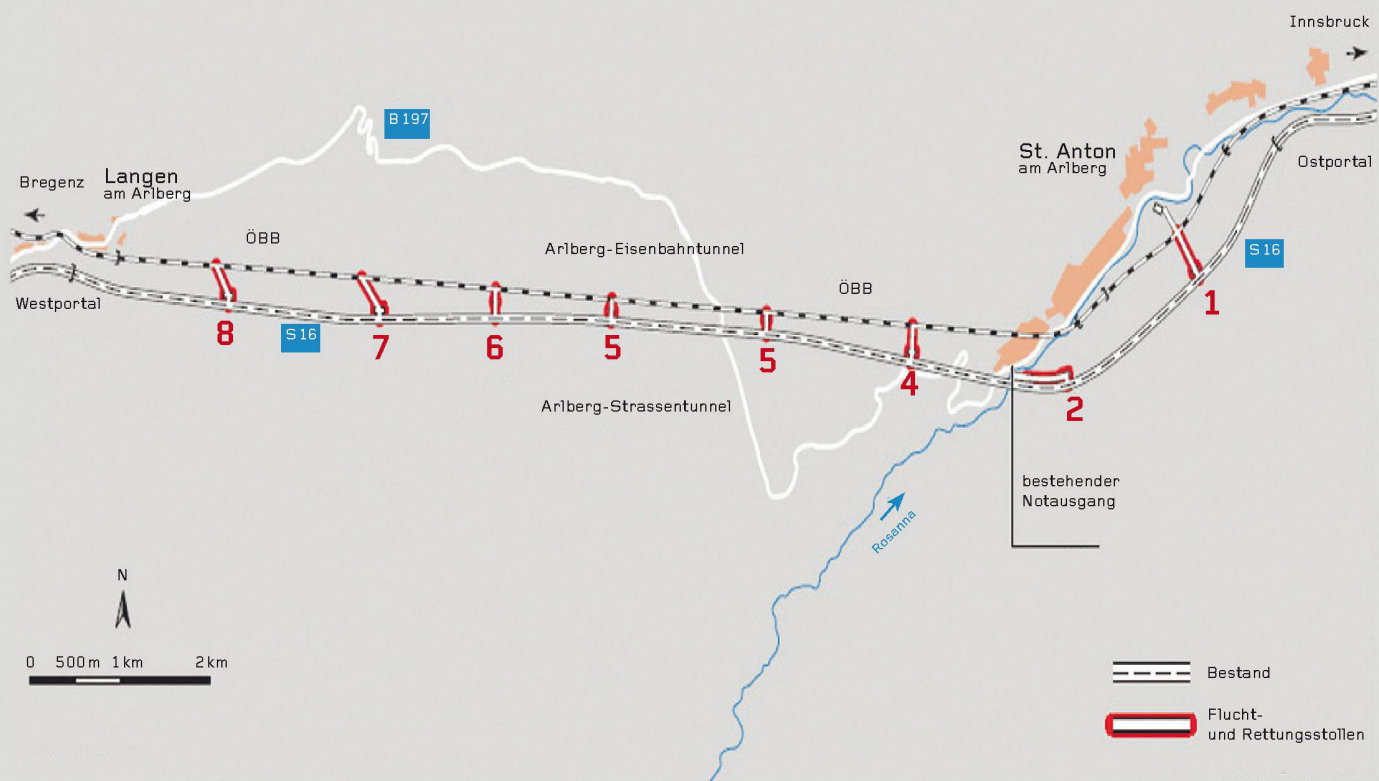
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 22.12.2024

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



01

# RETTUNG IM ARLBERGTUNNEL

Die grösstmögliche Sicherheit in einröhrigen Bahn- oder Strassentunnels gewährleistet ein parallel verlaufender Flucht- und Rettungsstollen. Bei langen, bestehenden Bauwerken fällt eine Nachrüstung wegen der hohen Kosten meist ausser Betracht. Am Arlberg gibt es hingegen seit 30 Jahren neben- einander verlaufende Röhren für Strasse und Bahn, die kürzlich mit vertret- barem Aufwand zu einem sicheren Tunnelsystem verbunden worden sind.

Die beiden einzigen ganzjährig befahrbaren innerösterreichischen Ost-West-Verbindungen liegen zwischen St. Anton in Tirol und Langen in Vorarlberg räumlich nahe beieinander und verlaufen annähernd parallel (Bild 1). Der Arlberg-Strassentunnel mit einer Länge von rund 14km wurde im Jahr 1973 als zweiröhriger Tunnel geplant und 1978 als einröhriger Tunnel mit Gegenverkehr in Betrieb genommen. Vorinvestitionen in die Querschläge der künftigen zweiten Röhre, deren Realisierung zurzeit nicht absehbar ist, wurden getätigt. Der rund 10km lange einröhrige Arlberg-Eisenbahntunnel ist zweigleisig und wurde bereits in der Zeit von 1880 bis 1884 erstellt.

Angeregt durch die Brandkatastrophen im Montblanc-Tunnel und im Tauerntunnel 1999 wurde auch in Österreich ein Massnahmenkatalog zur Erhöhung der Sicherheit von Autobahnen und Schnellstrassen erarbeitet. Bereits 1999 begann man mit der Planung und den Überlegungen für ein Flucht- und Rettungssystem für die Tunnels am Arlberg. In der Europäischen Union wurde über die Sicherheit in den europäischen Tunnelanlagen nachgedacht, um solche Unglücke in Zukunft möglichst zu vermeiden. Das Ergebnis ist in der EU-Richtlinie 2004/54/EG zusammengefasst, die zwei wesentliche Schwerpunkte beinhaltet:

- Prävention von Unfällen durch einen Tunnelmanager, Schulung der Strassenbenützer, Bau der Tunnelanlagen in Doppelröhrenausbildung und Erstellung von Notfallplänen
- Reduzierung möglicher Folgen durch Kommunikationsmöglichkeiten mit den Tunnelbenüt- zern, Möglichkeiten zur Selbstrettung und der Errichtung von Notausgängen und Haltebuch- ten in entsprechenden Abständen

### SYNERGIEN ZWISCHEN BAHN- UND STRASSENTUNNEL

Im Arlberg-Strassentunnel gab es vor der Inangriffnahme des Projektes als Fluchtmöglichkeit im Wesentlichen nur die Portale sowie die Rosannaquerung, eine Brücke über den Talfluss Rosanna, bei der die Strassentunnelröhre ca. 70m aus dem Berg hinausführt. Im Eisenbahntunnel sind es ebenfalls nur die Portale, beim 2001 fertiggestellten Wolfsgrubentunnel vor dem Bahnhof von St. Anton gibt es zusätzlich etwa in der Mitte eine Rettungsmöglichkeit. Im ungünstigsten Fall war folglich im Strassentunnel der längstmögliche Rettungsweg ca. 11 km und im Eisenbahntunnel ca. 10 km lang.

Gegeben durch die räumliche Nähe der Tunnels sieht das Projekt vor, die beiden Röhren mittels eines Stollensystems zu verbinden. Damit wird für den Strassen- bzw. den Eisenbahntunnel der jeweils andere Tunnel als Flucht- und Rettungsweg nutzbar gemacht. Der hier vorgestellte Bau der Fluchtwege zwischen Strassentunnel und Eisenbahntunnel ist die erste von insgesamt drei Ausbaustufen (Bild 2). In der ersten Ausbaustufe werden acht Fluchtstollen im maximalen Abstand von 1700m zwischen den beiden Tunnels errichtet. Die zweite Stufe sieht wiederum acht Fluchtstollen vor, sodass sich der Abstand zwischen den einzelnen Rettungstunnels auf etwa 850m halbiert. In der dritten Ausbaustufe reduzieren weitere Rettungsstollen den Abstand der Fluchtmöglichkeiten im Strassentunnel auf 425m. Von den acht Flucht- und Rettungswegen (FRW) der ersten Ausbaustufe verbinden sieben direkt den Strassen- mit dem Eisenbahntunnel. Der FRW 2 führt via die bestehende Rosannaquerung ins Freie.

Mit dem Flucht- und Rettungssystem werden zwischen Strassen- und Eisenbahntunnel ein Horizontalabstand von 160m bis 400m sowie ein Höhenunterschied von bis zu 31 m überwunden. Für die notwendigen Personensammelräume, die Platz für 800 Personen bieten, wurden fünf als Kavernen in der Achse der künftigen zweiten Röhre des Strassentunnels und drei als Schächte geplant. Die Gesamtlänge des Stollensystems (ohne Kavernen) beträgt in etwa 2500m, die fünf Kavernen zusammen ergeben 200m Länge. Die gesamte Ausbruchkubatur beläuft sich auf etwa 100000m<sup>3</sup>. Die Vergabesumme beträgt rund 28 Millionen Euro netto. Baubeginn war im November 2004, und das Bauende wurde damals auf Januar 2007 festgelegt. Schliesslich sind die Bauwerke im Herbst 2007 in Betrieb genommen worden.

Die FRW 4, 5 und 6 wurden als Schächte geplant und ausgeschrieben (Bild 3), da für die Überwindung der Höhendifferenz von 20m bis 31m die Distanz zwischen Strassen- und Eisenbahntunnel für eine maximale Neigung von 10% zu kurz war, um auf direktem Weg die Verbindungsstollen herzustellen. In den Schächten wurde ein begehbare Wendel aus Stahl mit einer Steigung von 10% ausgeschrieben. In den übrigen FRW erlaubten die Distanzen und der Höhenunterschied zwischen den beiden Tunnels, die Rettungswege vom bestehenden Strassentunnel in einen Querschlag, dann in die Kaverne und gleich im Anschluss an das Sammelbauwerk in einen kleinen Stollen mit konstanter, aber maximaler Steigung von 10% zum Eisenbahntunnel zu führen. Die Mindestbreite der Fluchtwege beträgt 3m, die lichte Höhe in der Stollenachse mindestens 3.80m.

Das Rettungskonzept sieht vor, dass sich die betroffenen Personen bei einem Unfall in einer der beiden Röhren einerseits selbst in Sicherheit bringen können und dass andererseits Rettungsfahrzeuge durch den jeweils nicht betroffenen Tunnel zur Unfallstelle gelangen können. Dafür wird jeder Rettungsstollen mit einer Fahrbahn ausgestattet. Auch der Eisenbahntunnel wird zu diesem Zweck mit einer festen Fahrbahn versehen.

#### S 16 ARLBERG-SCHNELLSTRASSE NEUBAU FLUCHT-/RETTUNGSWEGE ALPENSTRASSEN-/BAHTUNNEL

Länge Strassentunnel:	ca. 14 km
Länge Eisenbahntunnel:	ca. 10 km
Baubeginn:	November 2004
Fertigstellung:	Herbst 2007
Kosten:	ca. EUR 46 Mio.
DTV: 2004:	ca. 6500 Kfz/24h
Prognose 2020:	ca. 14 000 Kfz/24h

### REALISIERUNG

Der Hauptinstallationsplatz übertag wurde auf der Ostseite des Arlbergtunnels, bei der Betriebszentrale St. Jakob, eingerichtet. Unter anderem wurde nebst der Werkstatt und der Büroanlage eine eigene Betonanlage aufgestellt. Die Baustelleneinrichtungen untertag wurden für alle Rettungswege prinzipiell identisch aufgebaut. Frischluft wurde der Strassentunnellüftung über der Zwischendecke entnommen, über eine Stahllutte in den Querschlag geführt und von dort Richtung Ortsbrust geblasen. Die verunreinigte Luft wurde durch eine Trocken-Entstaubung gereinigt und anschliessend wieder in den Fahrraum des Strassentun-



nels zurückgeblasen. Zur Sicherung der bestehenden Bausubstanz wurden zur Überwachung der Erschütterungen pro Querschlag drei Geofone sowie ein Zentralgerät für die direkte Aufzeichnung aufgestellt. Zwei Geofone waren auf der Zwischendecke installiert und eines im Traforaum. Die Übermittlung der Erschütterungsdaten wurde mittels GSM (im Strassentunnel bestand Handyempfang) sichergestellt.

Aus verkehrstechnischen Gründen durfte maximal an drei nebeneinander liegenden Arbeitsstellen gleichzeitig gearbeitet werden. Dadurch lässt sich das Bauprogramm in drei Bauphasen aufteilen: Bauphase 1 mit den drei Rettungswegen FRW 8, 7 und 6 auf der Vorarlberger Seite, Bauphase 2 mit den FRW 5 und 4 in der Tunnelmitte und schliesslich Bauphase 3 mit FRW 3 und 1 auf der Tiroler Seite. Der FRW 2 war nicht zeitkritisch und konnte via Rosannaquerung versorgt werden, sodass diese Arbeiten beliebig zwischen Bauphase 1 und 3 ausgeführt werden konnten. Gearbeitet wurde im Schichtbetrieb an 7 Tagen pro Woche. Für die Vortriebs- und Sicherungsarbeiten im zyklischen Vortrieb (Sprengvortrieb), bei engen Platzverhältnissen und vielen Profilwechseln wurden zweiar- mige Bohrjumbos, Fahrlader und Tunnelbagger eingesetzt. Die relativ grossen Querschnitte der Kavernen mussten mit verhältnismässig kleinen Geräten ausgeführt werden.

#### **LOGISTIK UNTER ERSCHWERTEN VERKEHRSBEDINGUNGEN**

Für die Ausbruchs- und Schutterarbeiten waren grundsätzlich zwei Verkehrsabläufe vorgeschrieben: Am Tag (zwischen 5:00 und 22:00 Uhr) durfte der Verkehrsfluss im Strassentunnel nicht beeinträchtigt werden. Alle Geräte wurden entweder im Querschlag selber oder in einem weiter entfernten Querschlag (je nach Verfügbarkeit des Platzes) oder an den Portalen abgestellt. Am Tag konnte also nur reduziert gearbeitet werden, es waren keine Spreng- oder Schutterarbeiten erlaubt. In der Nacht von 22:00 bis 5:00 Uhr wurde die querschlagseitige Fahrbahn im Bereich der maximal drei Baustellen für den Verkehr gesperrt. Auf dieser Spur konnten die nicht benötigten Geräte abgestellt werden, während eine Spur für den Verkehr geöffnet blieb.

Bevor die Schutterfahrzeuge aus dem Querschlag fahren durften, musste aus Sicherheitsgründen grosser Wert auf die Reinigung gelegt werden. Während der Bagger die Ortsbrust reinigte, wurden die Lkw nacheinander beladen. Wenn eine zu grosse Schuttermenge den Abtransport am gleichen Tag nicht zulies, wurde die restliche Menge Ausbruchmaterial bei genügend Platz im Querschlag zwischengelagert.

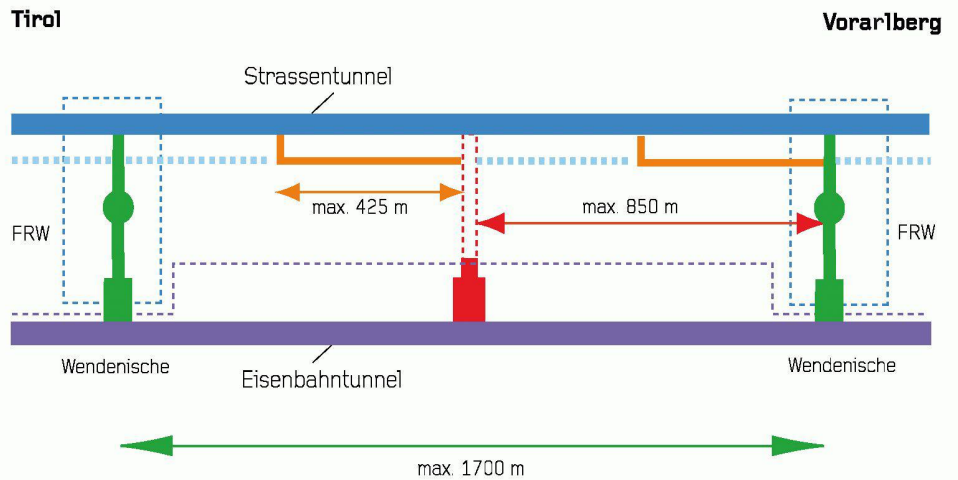
Aus verkehrssicherheitstechnischen Gründen wurden von der Bauherrschaft für sämtliche Sprengungen pro Tag drei Zeitfenster für Totalsperrungen vorgegeben. Die Sprengfenster wurden in der Zeit der Teilsperre zwischen 22:00 und 5:00 Uhr festgelegt, in welcher auch der Abtransport des Ausbruchmaterials zu erfolgen hatte. Diese Einschränkungen haben den Vortrieb dermassen stark beeinflusst, dass sie allein zur leistungsbestimmenden Grösse wurden. Für den Ausbruchabtransport mussten Lkw-Konvois gebildet werden, die am Ende, durch ein Sicherheitsfahrzeug begleitet, in den Verkehrsstrom einfädeln mussten. In der Zeit der Teilsperre wurden jeweils die drei sich im Bau befindenden nebeneinander liegenden Vortriebe mit der entsprechenden Verkehrsleittechnik alternierend von Westen und Osten im Einspurverkehr befahren.

#### **SPANGE STATT SCHACHT**

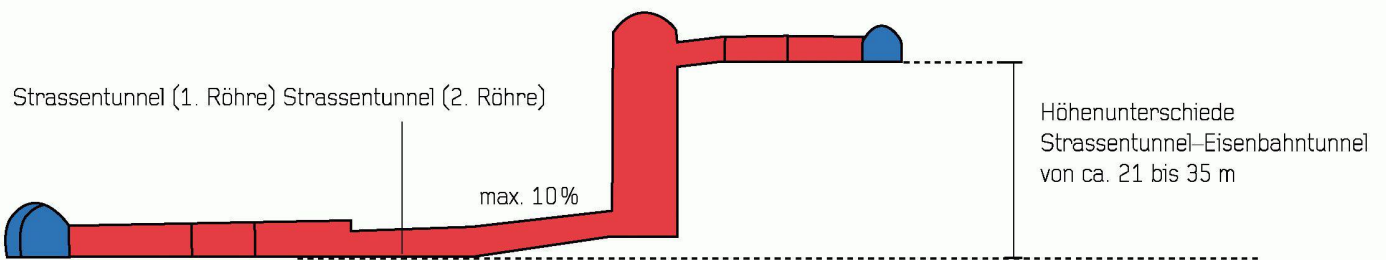
Die Bauherrschaft sah eine Lösung mit Schächten zur Überwindung der Höhendifferenz in den FRW 6, 5 und 4 vor. Die Erstellung dieser Schächte mit einem Durchmesser von 12.56m war mit zwei Hilfsschächten zur Ver- und Entsorgung, ausgebrochen mit dem System Alimak von unten und nachträglicher Aufweitung von oben, angedacht. Im Zuge der Arbeitsvorbereitung hat der Unternehmer eine Alternativlösung «Spange» vorgeschlagen, die dann zur Ausführung gekommen ist. Die Höhendifferenz wird nicht in einem Schacht, sondern mit einem mit 10% steigenden Fluchtstollen in Form einer Spange überwunden. Die Spangenlösung hat gegenüber der Schachtlösung entscheidende Vorteile: Der Rettungsweg wird durchgängig befahrbar, die Fluchtdistanzen werden nicht grösser, die Ausführung ist behindertengerecht, die Instandhaltung wird einfacher und die Baukosten werden geringer.

	Strassentunnel	Eisenbahntunnel
Stufe 1	1700 m	1700 m
Stufe 2	850 m	850 m
Stufe 3	425 m	850 m

02



### Sammelbauwerk Schacht



Anzahl Sammelbauwerke «Schacht»: 3 Bauwerke, davon 2 in Tirol und 1 in Vorarlberg

03

02 Schematische Darstellung der projektierten Ausbaustufen

03 Ursprünglich projektierte Rettungsweg mit Schacht im Querschnitt

#### Anmerkung

Der vorliegende Beitrag ist eine leicht gekürzte und aktualisierte Fassung eines Referats am Swiss Tunnel Congress vom 21. Juni 2007 in Luzern (SIA Dokumentation D 0222 Band 6)

### SPRENGTORE UND SPRITZBETON

Eine Besonderheit stellen die auf der Baustelle entwickelten Sprengtore dar. Ursprünglich waren aus Sicherheitsgründen nur leichte Schutzwände vorgesehen. Infolge der leistungsbestimmenden Einschränkungen bei den Sprengzeiten musste eine Lösung gefunden werden, mit welcher ab einem gewissen Vortriebsstand auf diese Einschränkung verzichtet werden konnte. Sicherheitsbestimmend waren Schall und Luftdruck und deren Einfluss auf das Fahrverhalten der Tunnelbenutzer. Man versuchte mit einer massiven Betonkonstruktion die Schall- und Druckwelle so weit zu minimieren, dass auch Sprengarbeiten am Tag unter Verkehr durchgeführt werden konnten. Anhand von Modellrechnungen wurden die Deformationen der Sprengwände infolge der Druckwelle errechnet und visualisiert, um die Tore und deren Verankerung dimensionieren zu können. Durch Sprengversuche und Schallpegelmessungen konnte belegt werden, dass sich mit guter Verdämmung und adäquater Menge der Ladung der Schallpegel unterhalb eines festgelegten Grenzwertes von 80dB bewegte. In der Folge wurden die Sprengbeschränkungen nach ca. ¾ Jahren Bauzeit aufgehoben, was den Betrieb beschleunigte.

In den Kavernen und in den Übergangsbereichen zum Bahn- und Strassentunnel wurden eine Abdichtung eingebaut und ein Innengewölbe in Spritzbeton erstellt. Insbesondere in den grossen Querschnitten der Kavernen musste bei der Applikation des Spritzbetons auf die Abdichtungsfolie sehr sorgfältig vorgegangen werden.

Hanspeter Stadelmann, dipl. Bauing. ETH/SIA, Implenia Bau AG Aarau