

# B 29 Ortsumfahrung Schwäbisch Gmünd – Komplexer innerstädtischer Tunnelbau

Oberbaurat Robert Hamm, Baubüro Schwäbisch Gmünd, Referat 47.2, Projektleitung B 29 Tunnel Schwäbisch Gmünd, Regierungspräsidium Stuttgart, Deutschland



Die Bundesstraße B 29 verbindet den Großraum Stuttgart mit der Autobahn A 7. In Schwäbisch Gmünd führte diese Straße direkt durch die Stadt. Zur Beseitigung dieses Nadelöhrs wird eine Ortsumgehung mit einem Tunnel erstellt. Der Beitrag gibt einen Überblick über die 230 Mio € teure Baustelle. Die jeweils in offener und geschlossener Bauweise erstellten Teilbauwerke und deren Umsetzung werden beschrieben. Ungewöhnlich ist das Abluftkonzept, für das ein Raise-Bore-Schacht niedergebracht wurde. Dabei entstehende Probleme mit Auskolkungen im Grundwasserbereich und deren Lösung werden beschrieben. Die gesamte Baumaßnahme stand unter dem Auftrag, den Verkehr in der Innenstadt möglichst aufrechtzuerhalten. Hierzu waren zahlreiche Verkehrsphasen sowie stellenweise eine halbseitige Herstellung des Tunnels erforderlich. Der Fluss Rems musste ebenfalls in mehreren Phasen umverlegt und in ein neues Bauwerk gebracht werden. Ein Überblick über die Kosten der Baustelle verdeutlicht die Größe und Komplexität des Gesamtbauwerks.

**B29 Schwäbisch Gmünd by-pass – complex inner city tunnel construction:** The federal road B 29 connects the highly industrialized area of Stuttgart with highway A 7. In between it leads through the inner city of Schwäbisch Gmünd, a city with 60.000 inhabitants. Between Stuttgart and Schwäbisch Gmünd, the road already has four lines. This is reduced to two lines at the beginning of the city. To reduce traffic jam in the city and to eliminate this bottleneck, the "Gmünder Einhorn Tunnel" was planned and is now under construction. This article gives a general overview of the 230 Million € construction site. 500 m tunnel will be built in the cut and cover method. 1,700 m tunnel will be built by drilling and blasting (partly using excavator driving). Both will be described. Special points of the realization will be shown. A speciality is the ventilation system which incorporates a 75 m long lateral ventilation tunnel that ends in a 157 m high chimney. The vertical shaft is driven in the raise boring method. Stability problems in this shaft created by the erosion of the alternating sandstone claystone layers will be described as well as the technical solutions of these problems. During the construction the traffic in the city has to be maintained. This was enabled by dividing the construction site in numerous traffic situations. The river Rems had to be put in a new bed over a length of 800 m. The overview over the costs shows the size and complexity of the whole project.

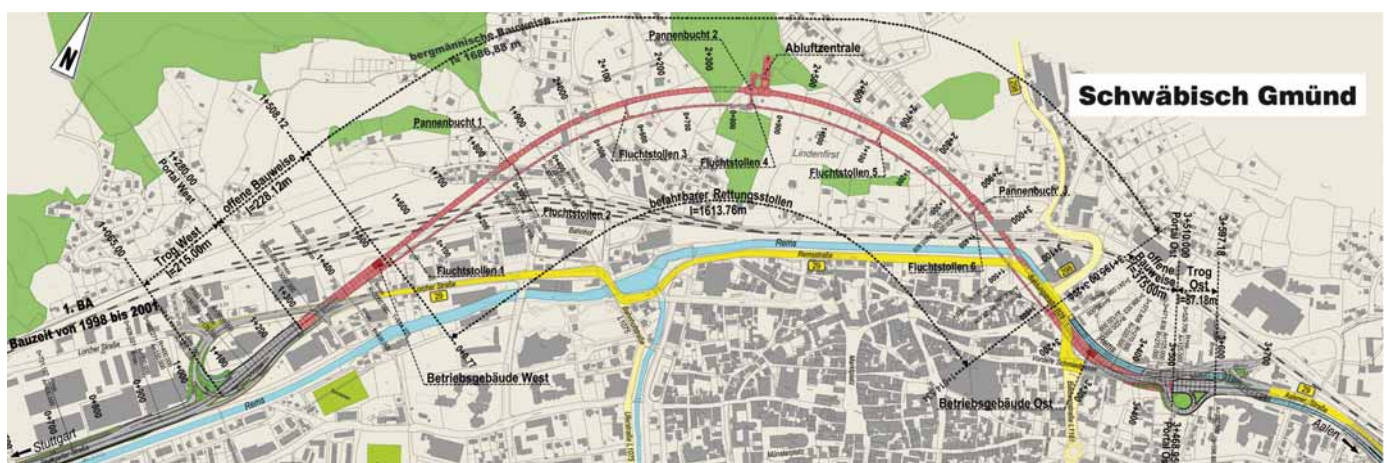
Die Bundesstraße B 29 verbindet den Großraum Stuttgart mit der Autobahn A 7. In Schwäbisch Gmünd führt diese Straße direkt durch die Stadt. Derzeit wird der Tunnel Schwäbisch Gmünd zur Beseitigung dieses Nadelöhrs für circa 230 Mio. € gebaut und soll im Frühjahr 2013 dem Verkehr übergeben werden. Nachfolgend wird in diesem Artikel die Maßnahme vorgestellt sowie auf die besonderen Aspekte des

Tunnelbaus im innerstädtischen Bereich eingegangen. Es werden zudem besondere Problemstellungen angerissen, die sich bei der Realisierung dieses komplexen Bauvorhabens ergeben haben.

## Beschreibung der Baustelle

Die Bundesstraße B 29 führt im Remstal in West-Ostrichtung von Stuttgart über Waiblingen,

Bild 1. Übersicht Lageplan.



Hamm:

B 29 Ortsumfahrung Schwäbisch Gmünd – Komplexer innerstädtischer Tunnelbau

Schwäbisch Gmünd bis Aalen und weiter nach Nördlingen. Sie schließt den Großraum Stuttgart an die Autobahn A 7 an. Bereits im Jahr 1985 wurde die Bundesstraße B 29 bis Schwäbisch Gmünd vierspurig ausgebaut.

Die derzeitige Verkehrsbelastung in der Ortsdurchfahrt Schwäbisch Gmünd liegt bei circa 35.000 Kfz/Tag sowie einem Schwerlastanteil von 11 %. Dies verdeutlicht die Erfordernis einer leistungsfähigen Ortsumgehung.

Im Jahr 1989 wurde der Entwurf für den „Tunnel in Tallage“ erstellt (Bild 1). Man prognostiziert, dass mit dem Bau des Tunnels und einer ansteigenden Verkehrsstärke circa 20.000 Kfz/Tag durch den Tunnel fahren werden. Weiterhin verbleiben etwa 20.000 Kfz/Tag durch Ziel- und Quellverkehr in der Stadt.

Für diesen Tunnel in Tallage wurde im Jahr 1996 der Planfeststellungsbeschluss erlassen. Der erste Bauabschnitt (Straßenbau B 29 km 0+000 bis circa km 0+820, sowie Rampe A und Lorcher Straße) wurde bereits in den Jahren 1998 und 1999 hergestellt. Aufgrund der im Jahr 2006 geänderten RABT war für den Haupttunnel ein ergänzendes Planfeststellungsverfahren erforderlich, in dem der Tunnel um einen Rettungstollen erweitert wurde. Daher wurde der zweite Bauabschnitt in ein „Vorlos Trog West“ und das „Hauptlos Tunnel“ aufgeteilt. Dies hatte zum Ziel, trotz noch nicht erfolgter, ergänzender Planfeststellung für den Tunnel, bereits mit Arbeiten am zweiten Bauabschnitt beginnen zu können. So wurde die Anschlussstelle West mit Trogbauwerk und Brücke vorgezogen und bereits abgenommen. Teile davon sind bereits unter Verkehr.

Das „Hauptlos Tunnel“ des zweiten Bauabschnitts wurde im Jahr 2008 begonnen und seitdem wird dort gebaut.

Bei der Namensgebung sorgte der Name Bud-Spencer-Tunnel für Aufregung. Letztendlich wurde die Bundesstraßenbauverwaltung von der

Stadt Gmünd dann aber um Zustimmung zum Namen „Gmünder Einhorn-Tunnel“ gebeten.

Die Maßnahme des hier beschriebenen zweiten Bauabschnitts unterteilt sich in den bereits fertiggestellten „Trog West“ und das sich im Bau befindende „Hauptlos Tunnel“.

Das Hauptlos Tunnel beinhaltet:

- ➔ Den Tunnel mit Rettungstollen.
  - ➔ Die Remsverlegung.
  - ➔ Anschließende Straßenbauarbeiten.
- Der Bereich „Tunnel mit Rettungstollen“ beinhaltet dabei die folgenden Bauwerke, die das Kernstück der Ausschreibung formen (Tabelle 1):
- ➔ Trog West – (Vorlos – bereits fertiggestellt).
  - ➔ Tunnel in offener Bauweise West.
  - ➔ Tunnel in bergmännischer Bauweise mit Rettungs- und Fluchtstollen sowie Abluftzentrale.
  - ➔ Tunnel in offener Bauweise Ost.
  - ➔ Trog Ost.

Insgesamt ist der Tunnel 2.230 m lang. Der 228 m lange Abschnitt vom Westportal bis zum bergmännischen Anschlag wird in offener Bauweise als wasserundurchlässige (WU-) Betonkonstruktion mit Rechteckquerschnitt erstellt. Der daran anschließende 1.687 m lange bergmännische Tunnelabschnitt unterfährt den Lindenfirs, den lokalen Berg Schwäbisch Gmünds. Parallel zum Haupttunnel wird ein bedingt befahrbarer Rettungstollen aufgeföhrt. Seine Länge beträgt circa 1.614 m. Beide Röhren sind alle 300 m durch einen Fluchtstollen verbunden. Im Osten schließt sich ein rund 315 m langer Abschnitt in offener Bauweise ebenfalls als WU-Betonkonstruktion mit Gewölbe- und Rechteckquerschnitt bis zum Portal an. Danach kommt ein Trogbauwerk mit Ein- und Ausfahrampen mit einer Länge von circa 87 m. Der Trog West mit einer Länge von etwa 215 m sowie die Brücke Rampe B sind bereits als vorgezogene Baumaßnahme realisiert.

Der Tunnel berücksichtigt in den Bereichen der offenen Bauweise zwei Richtungsfahrbahnen mit

**Tabelle 1. Unterteilung des Gesamtbauwerks in Teilbauwerke.**

| Abschnitt                   | Beschreibung  | Status                   |
|-----------------------------|---|--------------------------|
| 1. Bauabschnitt             | Straßenbau km 0+000 bis 0+820 sowie Rampe A und Lorcher Straße  | Fertigstellung 1998      |
| 2. Bauabschnitt – Trog West | → 220 m Trogstrecke im Westen<br>→ Brücke Rampe B<br>→ Rampe C<br>→ Kragarm Rampe D   | Fertigstellung 2009/2010 |
| 2. Bauabschnitt – Tunnel    | → 228 m Tunnel offene Bauweise West<br>→ 1,68 km bergmännischer Tunnel Hauptröhre<br>→ 1,61 km bergmännischer Tunnel Rettungstollen<br>→ 6 Querschläge/Fluchtstollen<br>→ 3 Pannenbuchten<br>→ Abluftzentrale mit 157 m hohem Abluftkamin<br>→ 315 m Tunnel offene Bauweise Ost<br>→ 87 m Trogstrecke Ost<br>→ 800 m Verlegung Fluss Rems (neuer Betontrog)<br>→ Straßenbau im Tunnel | Fertigstellung 2012      |
| Rad- und Gehwegbrücke       | → Rad- und Gehwegbrücke über die Rems im Osten  | Fertigstellung 2012      |
| Betriebsausstattung         | → Lüftungstechnische Ausstattung<br>→ Elektrotechnische Ausstattung   | Fertigstellung 2013      |
| Straßenbau Ost              | → Straßenbau Ost im Anschluss an den bestehenden Straßenbau   | Fertigstellung 2012      |

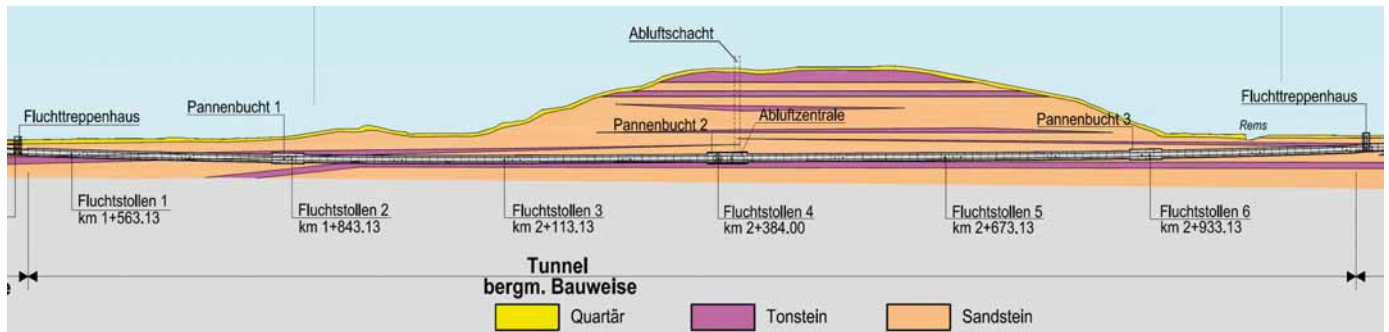


Bild 2. Geologischer Längsschnitt bergmännischer Tunnel.

einer Breite von jeweils 3,75 m sowie jeweils zwei seitliche Notgehwege. Die Notgehwege werden gemäß RABT (Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln) unter Berücksichtigung der Querneigung im Tunnel mit mindestens 1 m Breite ausgeführt. Die erforderliche Höhe des Verkehrsraums beträgt gemäß RABT mindestens 4,5 m über der Fahrbahnoberkante. Im Bereich der bergmännischen Bauweise wird der Tunnel im Gegenverkehr befahren. Die Überleitung erfolgt jeweils in den Bereichen der offenen Bauweise. Für einen vierspurigen Ausbau im Bereich der offenen Bauweise kann das Projekt gegebenenfalls – wie oben beschrieben – durch spätere Aufweitung des Rettungsstollens in einen zweibahnigen Tunnel mit vier Fahrspuren erweitert werden.

### Geologie

Die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse stellen sich folgendermaßen dar:

Im Bereich der offenen Bauweise West liegen unter drei bis sechs Meter mächtigen Deckschichten aus aufgefüllten Böden und quartären Talablagerungen Gesteine des Keupers an. Die Auffüllungen sind heterogen. Die quartären Böden bestehen hauptsächlich aus verlehmteten Kiesen. Die Keupergesteine sind in der Regel im oberen Bereich verwittert. Sie bestehen aus Sandstein, in den gelegentlich Tonsteinbänke eingeschaltet sind. Die Sand- und Tonsteine sind in der Regel hart, zeichnen sich jedoch durch eine plattige bis dünnbankige Schichtfugenbildung aus. Der Übergang zum unverwitterten Fels liegt aufgrund der vorliegenden Erkundungen bei 6 bis 8 m im Mittel unter der Geländeoberkante (GOK).

Haupt- und Rettungsstollen verlaufen fast über die gesamte Vortriebsstrecke im Bereich des mittleren Keupers. Dabei liegen sie nahezu auf der gesamten Strecke im Grenzbereich zwischen „Kieselsandstein (km 3so)“, den „Oberen Bunten Mergeln (km 3o)“ und den untersten Horizonten des „1. Stubensandsteins (km 4.1u und km 4.1uh)“. Der Horizont des 1. Stubensandsteins wird als eine Wechselfolge aus mittelkörnigen, tonigen Sandsteinen sowie Feinsandsteinen und feinsandigen Tonsteinen beschrieben. Die Tonsteine sind oft mürbe, während die Sandsteinfestigkeiten zwischen fest und mürbe variieren (Bild 2)

In den Bereichen der offenen Bauweise treten anthropogene Verunreinigungen auf. Im östlichen Baufeld liegt in der näheren Umgebung ein altes Gaswerk, von welchem kontaminiertes Grundwasser zur Baumaßnahme hinzieht. Im Bereich der offenen Bauweise West sorgte eine alte Tankstelle mit einem Dieselschaden für kontaminierten Baugrund, der fachgerecht entsorgt wurde. Es traten keine größeren unvorhergesehenen Verunreinigungen auf.

Das Grundwasser verläuft in zwei Grundwasserhorizonten, dem quartären und dem Kluftgrundwasserleiter im Stubensandstein, die prinzipiell voneinander getrennt sind. Vor allem der hohe Grundwasserzustrom im Bereich der offenen Bauweise im Osten sorgt für eine stellenweise bis an die Kapazitätsgrenze arbeitende Wasserhaltungsanlage.

### Offene Bauweisen und Trogstrecken

Bis zur Anschlagwand des Tunnels müssen von West nach Ost zuerst 220 m Trogstrecke und anschließend 228 m Tunnel in offener Bauweise hergestellt werden. Die Trogstrecke dient dabei zum einen als Abtauchstrecke, um die für einen Tunnel erforderliche Tiefe zu erreichen. Zum anderen bietet die Trogstrecke auch die Möglichkeit, den Tunnel räumlich an das bestehende Straßennetz anzubinden.

### Verbausysteme

Der für die offene Bauweise erforderliche Verbau zur Sicherung der Baugrube gliedert sich in drei Systeme:

- ➔ Trägerbohlwand im oberen Bereich.
- ➔ Überschnittene Bohrpfahlwand im Bereich der quartären Kiese und Böden.
- ➔ Aufgelöste Bohrpfahlwand im Bereich des Stubensandsteins.

Zur Erleichterung des späteren Rückbaus ist es üblich, einen Verbau im oberen Bereich als gut rückbaubaren Trägerbohlverbau mit Holzauflattung herzustellen.

Im Bereich der quartären Kiese und Böden war es nötig, die Baugrube wasserdicht auszubilden, um ein Leerlaufen des quartären Grundwasserstockwerks zu vermeiden. Daher kam in diesem Bereich eine überschnittene Bohrpfahlwand zum

Hamm:

B 29 Ortsumfahrung Schwäbisch Gmünd – Komplexer innerstädtischer Tunnelbau

Einsatz, wobei die bewehrten und rückverankerten Tragpfähle mit überschrittenen Füllpfählen ausgefacht wurden.

Unterhalb der grundwassersperrenden Schichten wurde der Verbau mittels aufgelöster Bohrfahrlwand und perforierter Spritzbetonaus-

fachung wasserdurchlässig ausgebildet. Die Füllpfähle enden dabei auf halber Höhe und binden nicht in den Baugrund ein. Sie scheinen „in der Luft zu hängen“ (Bild 3). Durch den aktivierten Erddruck und die damit sich ausbildende Gewölbewirkung spannen diese sich in das System ein.

### Auftriebssicherheit und Notüberlauf

Aufgrund der hohen Grundwasserstände zeigte sich, dass die Trogstrecken zur Wahrung der Auftriebssicherheit Bodenplatten von bis zu 3 m Dicke benötigten. Damit das Bauwerk bei einem weiteren Ansteigen des Grundwassers in den sich spannenden Grundwasserschichten des Stubensandsteins keinen Schaden nimmt, wurden Notüberläufe eingebaut. Bei einem Ansteigen des Grundwasserspiegels über einen gewissen Punkt fließt dieses nach oben in die sonst getrennten Stockwerke des Quartärs ab.

### Verkehr in der Baustelle/Bauphasen

Die Baustellen der offenen Bauweise West sowie Ost werden in einer Vielzahl von Bauphasen hergestellt. Nur so kann der Verkehr in Schwäbisch Gmünd aufrechterhalten werden. Gleichzeitig bedeutet es, dass die Baustelle stets von circa 35.000 Kfz/24 h passiert wird.

### Verflechtungsbereich

Die in offener Bauweise erstellten Tunnelabschnitte sind vierspurig ausgebildet. Ziel ist es, für den Fall einer späteren Aufweitung des Rettungstunnels in eine weitere Fahrrohre bereits alle Vorbereitungen getroffen zu haben.

Der Verkehr muss nun jedoch erst einmal von vier Spuren auf zwei reduziert werden. Hierzu dienen die so genannten Verflechtungsbereiche (Bild 4). Hierfür werden in der ansonsten zweizelligen Tunnelkonstruktion Bereiche ohne Mittelwand erstellt, in denen später der Verkehr von einer Zelle in die andere fließen kann. Die Spannweiten sind in diesen einzelligen Bereichen mit über 20 m sehr mächtig. Unterschiedliche Durchbiegungen zwischen den einzelligen und den zweizelligen Bereichen sind die Folge. Einzellige Bereiche haben dabei in der Feldmitte die größte Durchbiegung, zweizellige Bereiche haben dort eine Stütze und somit keine Durchbiegung. Es stellte sich als Problem heraus, dass die Verformungsunterschiede zwischen diesen Bereichen so groß sind, dass diese mit handelsüblichen, innenliegenden Fugenbändern nicht abgedeckt werden konnten. Um die Verformungsunterschiede in der Blockfuge zu reduzieren, wurde daher auf den ersten, einzellig spannenden Block ein Überzug betoniert (Bild 5). Dies hatte zur Folge, dass aufgrund der höheren Steifigkeit die Verformungen in der Blockfuge geringer wurden und diese von den Fugenbändern aufgenommen werden konnten.

Im Bereich der offenen Bauweise Ost wurden die Verbausysteme analog der Westseite



Bild 3. Verbauarten.



Bild 4. Verflechtungsbereich.

Bild 5. Erster, einzellig spannender Block mit Überzug.



gewählt. Es wurden jedoch bis zu 35 m lange Anker verwendet.

Die große Tiefe der Baugrube, die direkte Nachbarschaft der Rems sowie ein hohes Grundwasseraufkommen machen das Projekt in diesem Bereich sehr komplex. Hinzu kommt, dass der Verkehr der bisherigen B 29 mittels Hilfsbrücken über die Baugrube geleitet wird. Die beengten Verhältnisse lassen dabei für circa 20.000 m<sup>3</sup> nur den vertikalen Aushub der Baugrube zu.

Der in offener Tunnelbauweise erstellte Abschnitt im Osten erfolgt hier halbseitig unter Aufrechterhaltung der bisherigen Verkehrsbeziehungen.

### Bergmännische Bauweise:

Der bergmännisch aufzufahrende Tunnel mit Abluftzentrale und Rettungs- beziehungsweise Fluchtstollen wird von West nach Ost aufgefahren. Dies geschieht aufgrund der günstigeren Platzverhältnisse für die Baustelleneinrichtung im Westen sowie der zur Verlegung der Rems erforderlichen Vorlaufarbeiten im Osten. Nach der Fertigstellung des Baugrubenverbau für den in offener Bauweise erstellten Abschnitt West ist die Herstellung einer Zufahrtsrampe für die Versorgung des Vortriebs des Tunnels sowie des Rettungsstollens vorgesehen.

Der bergmännische Tunnel wird konventionell aufgefahren. Der Vortrieb wird dabei unterteilt in einen Kalotten-, Strossen- und Sohlvortrieb (Bild 6).

Die Sicherung des Tunnels geschieht mittels Spritzbeton, Matten, Ankern und Ausbaubögen (Bild 7). Je nach Vortriebsklasse können Rohrschirme beziehungsweise Spießschirme eingesetzt werden. Die Abschlagslängen betragen dabei in der Regel zwischen 0,8 und 1,5 m.

Die Auskleidung des Tunnels wird zweischalig ausgeführt. Sie besteht aus einem entsprechend der Ausbruchklassifizierung einzubringenden oben beschriebenen Sicherungsverbau sowie einer im Anschluss an die Vortriebsarbeiten herzustellenden Betoninnenschale aus bewehrtem Schalbeton.

Zur zuverlässigen Fernhaltung des Gebirgswassers wird zwischen der Innen- und Außenschale des Tunnelgewölbes eine Hautdichtung aus miteinander verschweißten 3 mm-PE-Dichtungsbahnen vorgesehen. Die Blocklänge beträgt 10 m. Diese Blöcke werden mittels Pressfugen aneinandergestoßen und mit einem außenliegenden Fugenband versehen, dessen Sperranker mit einem Injektionsschlauch ausgestattet und einbetoniert werden (Bild 8).

Die Betonage der Innenschale im Haupttunnel geschieht unterteilt in Sohle und Gewölbe. Nach der Fertigstellung des Gewölbes wird eine Zwischendecke auf beidseitig erstellte Konsolen aufgelegt.

Das Auffahren des Rettungstunnels ist durch seine Enge eine logistische Herausforderung. Während im Haupttunnel die verschiedenen

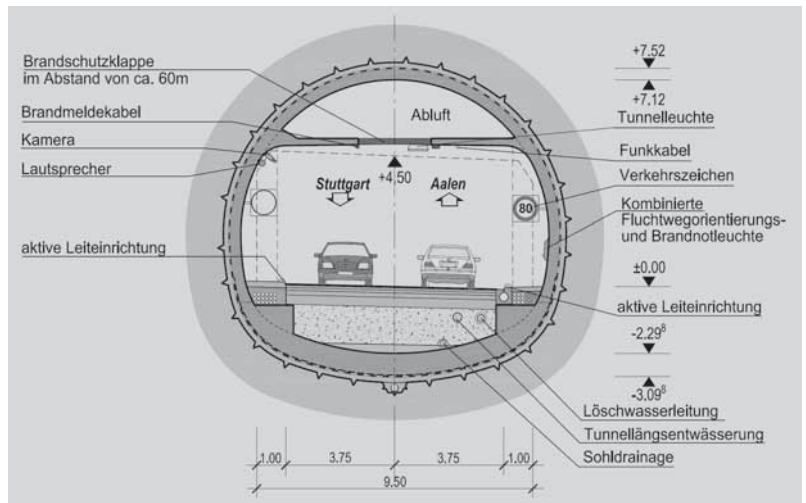


Bild 6. Bergmännisch erstellter Tunnel, Regelquerschnitt.



Bild 7. Versiegelte Ortsbrust.

Bild 8. Abdichtung und Betonage der Sohle.



Hamm:

B 29 Ortsumfahrung Schwäbisch Gmünd – Komplexer innerstädtischer Tunnelbau



Bild 9. Fullround-Schalwagen, nicht eingefahren.

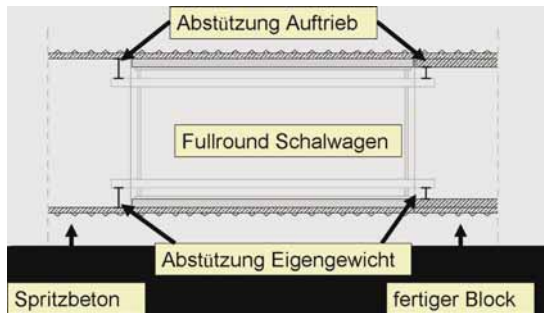


Bild 10. Schalwagen im Längsschnitt, Prinzipskizze.

Bild 11. Hochgeklappte Abdichtung im Sohlbereich des Rettungstollens.



Geräte parallel stehen können beziehungsweise aneinandervorbei fahren, ist dies im Rettungstunnel nicht möglich. Es kann immer nur ein Gerät an der Ortsbrust arbeiten. Dieses muss dann zurückfahren und in einen Querschlag ausweichen, um andere Geräte in den Vortrieb zu lassen.

Die Innenschale des Rettungstunnels wurde auf Initiative der ausführenden Firmen mittels eines Fullround-Schalwagens hergestellt (Bilder 9 und 10). Beim Prinzip des Fullround-Schalwagens wird der Rettungstunnel blockweise, ohne horizontale Arbeitsfuge, in einem Schritt betoniert. Es wird nicht mehr zwischen Sohlbetonage und Betonage des Gewölbes unterschieden. Der Schalwagen erfährt bei der Betonage auftreibende Kräfte, die nach oben abgestützt werden müssen. Im fertigen Block hat man es mit jungem, einen Tag altem Beton zu tun, sodass die Lastverteilung ausreichend groß bemessen sein muss, um ein halbmondartiges Abbrechen des Betons im Abstützungsbereich zu vermeiden. Im voranschreitenden Bereich des bis dahin mittels Spritzbeton gesicherten Tunnels muss an dieser Stelle die Bewehrung ausgespart werden. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Abdichtung nicht beschädigt wird (Bild 11). Durch ein langsames Betonieren des Tunnels wird versucht, die Auftriebskräfte gering zu halten. Nach erfolgter Betonage wird der Schalwagen eingeklappt und über ein Schreitwerk blockweise vorwärts bewegt.

Die Herausforderungen bei diesem Schalsystem liegen in der Logistik. Sämtliche Andienung der Bewehrung und der Abdichtung kann aufgrund der Enge eines solchen Rettungstollens nur von vorne über den noch nicht betonierten Bereich des Tunnels erfolgen. In diesem Bereich wird aber auch die Abdichtung eingebracht und die Bewehrung eingebaut. Diese Arbeiten müssen in der Regel vorlaufen, um einen Tagestakt bei der Betonage der Blöcke gewährleisten zu können. Es führt dazu, dass in der Sohle die vorseilende Abdichtung ausgespart werden muss, um ein Andienen des Bewehrungsstahls für die zu bewehrenden Blöcke zu ermöglichen. Die Bewehrung wird dann rundum verlegt, das heißt nach Verlegen der Sohlbewehrung muss die Gewölbebewehrung angebracht werden. Zusätzliche Bewehrungsschlitten sind erforderlich, die das Arbeiten auf der eingebrachten Sohlbewehrung zur Bewehrung des Gewölbes ermöglichen (Bild 12). Diese Gerüste überspannen den Block und reichen von Blockfuge zu Blockfuge. Nachdem diese Methode verinnerlicht war, konnte die Leistung von anfangs nur einem Block pro Woche auf bis zu fünf Blöcke pro Woche gesteigert werden.

### Monitoring bei Bauwerksunterfahrung

Der Tunnel quert die Bahnlinie Stuttgart-Aalen an zwei Stellen. In diesem Bereich wird der Ausbruchquerschnitt planmäßig mit Rohrschirmen gesichert. Für die Querung der Rems mit einer

Überdeckung von etwa 10 m wurde ein Injektionsprogramm geplant, um den Tunnel während der Bauphase vor übermäßigen Wasserzutritten zu schützen. Dieses Programm kann im Notfall aktiviert werden.

Der Rettungstollen unterfährt hier eine Tiefgarage. Ein aufwändiges Messprogramm detektiert dabei sämtliche Verformungen der Stützen dieser Tiefgarage. Bei Bedarf können die Verformungen mit Hebungsinjektionen kompensiert werden.

**Abluftzentrale und Kamin**

Eine Besonderheit dieses Projekts stellt die in der Tunnelmitte angelegte Abluftzentrale dar, durch welche die abgesaugte Luft im Tunnel beschleunigt und über einen 157 m hohen Kamin ausgetragen wird (Bild 13 und vgl. Bild 19). Dieser Kamin steht 33 m über GOK und ist im Gleitschalverfahren hergestellt worden.



Bild 12. Bewehrungsschlitten im Rettungstunnel.



Bild 13. Plan der Abluftzentrale.

Bild 14. Blick in die Abluftkaverne.



Bild 15. Reamer vor dem Aufwärtsschnitt.



Hamm:

B 29 Ortsumfahrung Schwäbisch Gmünd – Komplexer innerstädtischer Tunnelbau

Das Abluftbauwerk (Bild 14), das quer zur Pannenbucht Nr. 2 angelegt wird und aus einem circa 75 m langen Querstollen besteht, hat mit circa 17 m Durchmesser den gleichen Ausbruchquerschnitt wie die oben genannte Pannenbucht. Parallel zum Lüfterbauwerk und senkrecht zur Tunnelachse verläuft noch ein weiterer Stollen, der Elektrostollen. Beide Stollen sind miteinander verbunden und umschließen einen Gebirgspfeiler mit Abmessungen von etwa 12 m x 20 m.

Am Ende des Abluftstollens zweigt der Abluftschacht nach oben ab. Dieser wurde im Raise-Boring-Verfahren hergestellt. Bei diesem Verfahren wird zunächst von der Geländeoberkante (GOK) eine Pilotbohrung in den bereits erstellten Abluftstollen niedergebracht. Danach wird an das Bohrgestänge nach der Demontage des alten Bohrkopfs ein Aufweitungsbohrkopf (Reamer) von circa 1,5 m Durchmesser montiert, der nach oben gezogen wird (Bild 15). Der so erstellte Raise-Bore-Schacht diente beim Abteufen des Abluftschachts als Schutterschacht.

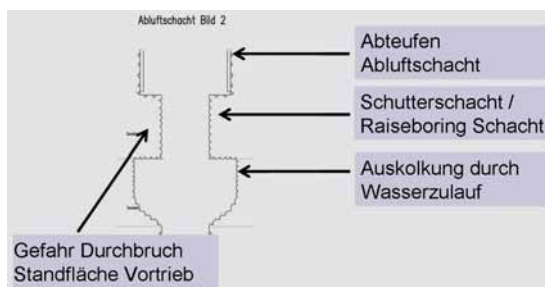


Bild 16. Auskolkung des Abluftschachts, Skizze.

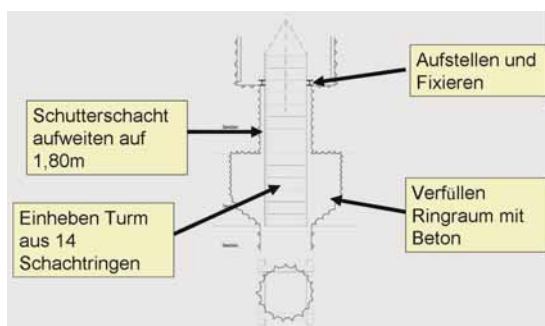
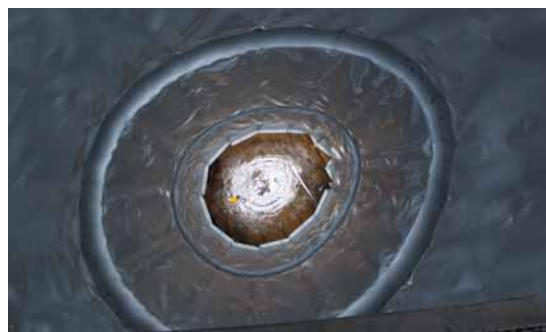


Bild 17. Stabilisierung des Abluftschachts, Prinzip-skizze.

Bild 18. Abluftschacht mit PE-Dichtungsbahn.



Während des Teufens des Raisebore-Schachts stellte man fest, dass der Schutterschacht in einer Teufe von circa 8 bis 10 m unterhalb der Standfläche des Vortriebs Auskolkungen aufwies (Bild 16). Zufließendes Grundwasser hatte den Tonstein ausgespült und zu einer Vergrößerung des Schachts von 1,5 auf rund 3,5 m Durchmesser geführt. Es bestand die Gefahr, dass sich dieser ausgekolkte Bereich beim Aufweiten immer stärker der Standfläche der Maschinen nähern würde und die verbleibende Schwebelänge – irgendwann zu dünn geworden – hätte brechen können. Um dies zu vermeiden, wurde nach einer Lösung gesucht, den Schutterschacht zu stabilisieren.

Zuerst wurde ein Turm aus 14 Schachtringen gebaut. Diese wurden in den Schutterschacht eingehoben und verbaut. Im Bereich der Auskolkung diente dieser Turm als verlorene innenseitige Schalung. Anschließend wurde der ausgekolkte Bereich mittels Beton verfüllt (Bild 17). Ein planmäßiges Aufweiten des Abluftsschachts war daraufhin wieder möglich, wobei die Schachtringe im Zuge des Vortriebs abgebrochen wurden.

Nachdem der Schacht abgeteuft und mit Spritzbeton gesichert war, wurde er ebenfalls mit 3 mm dicken PE-Dichtungsbahn ausgekleidet (Bild 18). Anschließend wurde der Schacht im Gleitverfahren betoniert (Bild 19).

### Umleitung der Rems

Aufgrund der beengten innerstädtischen Platzverhältnisse muss der Fluss Rems in verschiedenen Verkehrsphasen mehrmals verlegt werden (Bild 20). Teil der Maßnahme ist es daher auch, ein neues 800 m langes Trogbett für die Rems in Betonbauweise zu erstellen. Damit verbunden ist die Erstellung zahlreicher innerstädtischer Kreuzungsbauwerke über diesem Remstrog. Die Rems fließt direkt durch Schwäbisch Gmünd und hat einen mittleren Abfluss von circa 2m<sup>3</sup>/s. Im Hochwasserfall schwillt dieser jedoch auf bis zu 145 m<sup>3</sup>/s an. Auf dieses 750-jährige Hochwasser ist der Remstrog bemessen und verbessert die Hochwassersicherheit der Stadt Gmünd deutlich. Die Umleitung der Rems hat größtenteils bereits stattgefunden.

### Kosten

Die Kosten der Gesamtmaßnahme belaufen sich auf rund 230 Mio. € (Stand 2007). Diese unterteilen sich wie folgt auf die einzelnen Projektabschnitte:

- Erster Bauabschnitt (BA): 6 Mio. €
- Zweiter BA - Los Trog West 10 Mio. €
- Zweiter BA Hauptlos Tunnel: 179 Mio. €
- Zweiter BA technische Betriebsausstattung: 16 Mio. €
- Vorbereitende Leitungs-, Kanal- und Abbrucharbeiten: 4 Mio. €
- Grunderwerb: 15 Mio. €

Die Kosten beim Hauptlos Tunnel des zweiten Bauabschnitts werden noch nachfolgend weiter



aufgeschlüsselt. So belaufen sich die Kosten des rein bergmännischen Tunnels einschließlich der Rettungstunnel auf rund 60 Mio. €, die Kosten der Abschnitte in offener Bauweise auf etwas unter 45 Mio. € und die Kosten für die Remsverlegung auf etwa 20 Mio. €. Ein nicht unwesentlicher Anteil der Kosten entsteht zusätzlich durch die im Tunnelbau sehr komplexe Baustelleneinrichtung sowie die Gemeinkosten und zeitgebundenen Kosten des Vortriebs, die mit ebenfalls rund 40 Mio. € separat zu Buche schlagen.

Anhand der Summe von 20 Mio. € für die Verlegung der Rems zeigt sich, wie komplex das innerstädtische Bauen sein kann und welche Maßnahmen man vorsehen muss, um den Verkehr aufrechtzuerhalten. Dies spiegelt sich auch in etwa wider, wenn man die Abschnitte in offenen Bauweisen im Osten und im Westen miteinander vergleicht.

Aber hinter diesen Zahlen verbirgt sich auch eine enorme technische Leistung. So könnte man mit dem bei diesem Projekt verwendeten Stahl zwei Eiffeltürme bauen, mit dem verwendeten Beton ließe sich das Ulmer Münster einschließlich Turm massiv in Beton herstellen und füllen. Würde man alle Lastwagen, die Ausbruch und Aushub transportieren, hintereinander aufreihen, hätte man eine weit über 800 km lange Kolonne.

### Koordinierung, Steuerung und Ausführung der Maßnahme

Auftraggeberseitig wird das Projekt über die Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg in Auftragsverwaltung des Bundes betreut. Zuständig für die Realisierung ist dabei das Baureferat Ost mit seinem Baubüro in Schwäbisch Gmünd.

Die im Regierungspräsidium angesiedelte Straßenbauverwaltung ist personell nicht dafür ausgerüstet, dergleichen umfangreiche Projekte alleine umzusetzen. Daher hat man sich zusätzlich externer Hilfe bedient und sowohl die Bauüberwachung als auch die Bauoberleitung an die Ingenieurgemeinschaft BUNG Ingenieure AG, Heidelberg, und Müller+Hereth GmbH, Freilas-



Bild 19. Abluftkamin in der Bauphase – der fertiggestellte Kamin ist 157 m hoch.

sing, vergeben. Diese Gruppe stellt sicher, dass die rund um die Uhr laufende Baustelle sowohl nachts als auch an Wochenenden und Feiertagen betreut wird.

Der Auftragnehmer hat sich als ARGE Tunnel Schwäbisch Gmünd formiert und setzt sich zusammen aus den vier Unternehmen Ed. Züblin AG, Stuttgart, Baresel GmbH, Leinfelden-Echterdingen, G. Hinteregger & Söhne GmbH, Salzburg, sowie Östu Stettin GmbH, Leoben. Die technische Federführung liegt bei Züblin und die kaufmännische Federführung bei Hinteregger.

Es wird erwartet, den Tunnel in der ersten Jahreshälfte 2013 dem Verkehr zu übergeben.

Bild 20. Remsverlegung, Übersichtsplan.

