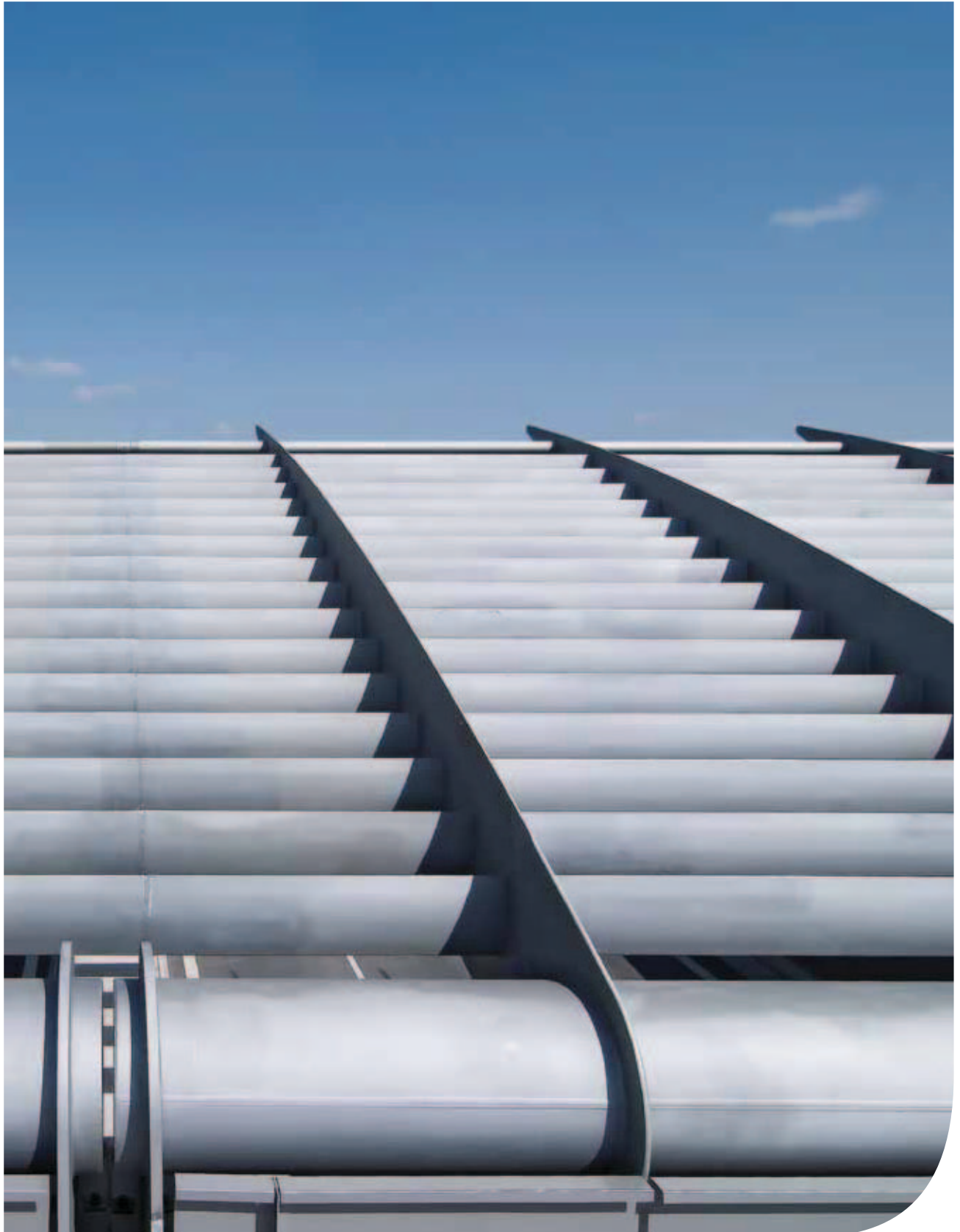


Autobahnring München
A99 Westabschnitt – Tunnel Aubing



Planungsgeschichte

Erste Überlegungen erfolgten bereits in den 30er Jahren des vergangenen Jahrhunderts, konkret wurde es Anfang der 80er: Der Westabschnitt des Autobahnringes München sollte die Anbindung der Lindauer Autobahn A 96 an die A 8 und die A 99 herstellen. Entstanden ist durch die Maßnahme ein weiteres Teilstück des leistungsstarken Münchner Autobahnringes, das wie der gesamte Ring dazu beiträgt, den heutigen Anforderungen an ein modernes Infrastrukturnetz in und um Bayerns Metropole gerecht zu werden. Herzstück dieses Abschnitts der A 99 ist der Tunnel Aubing – mit 1.935 Metern der längste Tunnel Bayerns.

Ausgangslage

Während der Planungsphase wurde das Konzept des Tunnels, auch aufgrund sich weiter entwickelnder Vorschriften im Natur- und Umweltschutz, mehrfach geändert. Zunächst wurde das mit ursprünglich rund 1 km Länge geplante Bauwerk nach Norden, später auch nach Süden verlängert. So wurde dem Wunsch der Landeshauptstadt München nach einem wirkungsvollen Lärmschutz für den neu geplanten Stadtteil Freiham entsprochen. Der Tunnel Aubing erstreckt sich heute über den gesamten Streckenabschnitt zwischen den beiden die A 99 kreuzenden Bahnlinien München - Augsburg und München - Lindau.

Aufgabe des Münchner Autobahnringes ist es, die Verkehrsströme der Lindauer, Stuttgarter, Deggendorfer, Nürnberger, Passauer und Salzburger Autobahnen aufzunehmen und am Stadtgebiet vorbei zu leiten. Dies ist insbesondere für den Fernverkehr wichtig: durch die Verknüpfung zwischen der Lindauer Autobahn (A 96) und den Autobahnen in Richtung Stuttgart (A8 West), Deggendorf/Flughafen (A 92), Nürnberg (A 9) und Passau (A 94) entsteht ein wirkungsvoller Verteilerring. Autofahrer Richtung Salzburg (A 8 Ost) nutzen die A 99 als leistungsstarke Alternative zum Mittleren Ring.

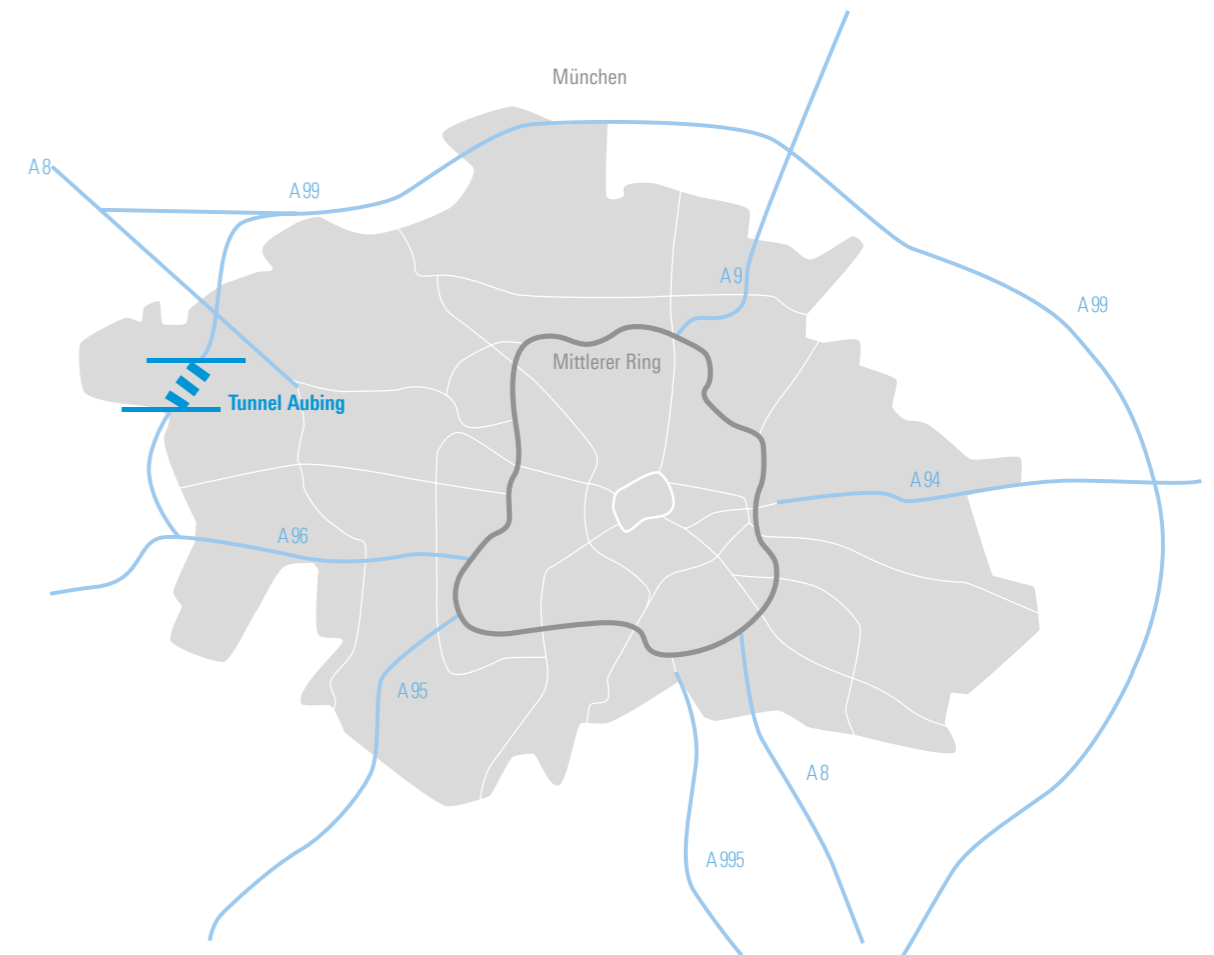
Untersucht wurden verschiedene mögliche Höhenlagen des Tunnels Aubing. Der Forderung nach einer Tieflage über die gesamte Länge stand der sehr hohe Grundwasserspiegel entgegen. Daher wurde die Tieflage lediglich im Bereich beider kreuzenden Bahnlinien realisiert. Im Mittelbereich wurde die Tunneldecke überschüttet und der umgebenden Landschaft entsprechend modelliert. Gemeinsam mit den beiden Rampen, die wie auch ein Teil des Tunnels als wasserdichte Wannen ausgebildet sind, hat das Bauwerk eine Gesamtlänge von 2.425 Metern. Es wurde – mit Rücksicht auf das Grundwasser – in insgesamt zehn Abschnitten realisiert. Diese sogenannten „Docks“ wurden mit Spundwänden eingefasst und haben eine Länge von bis zu 250 m.

| Daten | |
|---------------------------------|--|
| Bauherr | Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch die Autobahndirektion Südbayern |
| Bauart | Tunnel in offener Bauweise Tunnellänge: 1,935 km Tunnellänge einschl. Rampen: 2,425 km Lichte Weite: 2 x 13,50 m Tiefe im Grundwasser: bis 7,50 m Baukosten: ca. 91 Mio. Euro (Inkl. Betriebstechnik) |
| Baubeschreibung | Tunnel Aubing, Teil des Westabschnitts der BAB A99 Rampe Nord (GW-Wanne) nördliche Tunneltieflage mit Unterquerung der Bahnlinie München-Augsburg Tunnelhochlage Tunneltieflage mit Unterquerung der Bahnlinie München-Lindau Rampe Süd (GW-Wanne) Planung Betriebsgebäude mit Pumpenanlage Abfangung Eisenbahnbrücke über Tunnel |
| Leistungen SSF | §42 Lph. 2, 3, 5, 6 und 7, §49 Lph. 2, 3 und 6 für Tunnel und die Vorwegmaßnahme Eisenbahnbrücken |
| Gesamtlänge des Bauwerkes | 2.425 m |
| Nördliche Rampe | 200 m |
| Nördlicher tiefliegender Tunnel | 1.090 m |
| Tunnelhochlage | 510 m |
| Südlicher tiefliegender Tunnel | 335 m |
| Südliche Rampe | 290 m |
| Fahrbahnbreiten | 2 x 12,25 m, 2-streifig; 2 x 3,75 m und Seitenstreifen (Pannestreifen) |
| Lichte Regelweite Tunnel | 2 x 14,00 m |
| Lichte Höhe | 4,80 m |
| Bauwerksbreite | 30,40 m |

rechts oben: Tunnelportal Süd
rechts unten: Lageplan Tunnel Aubing

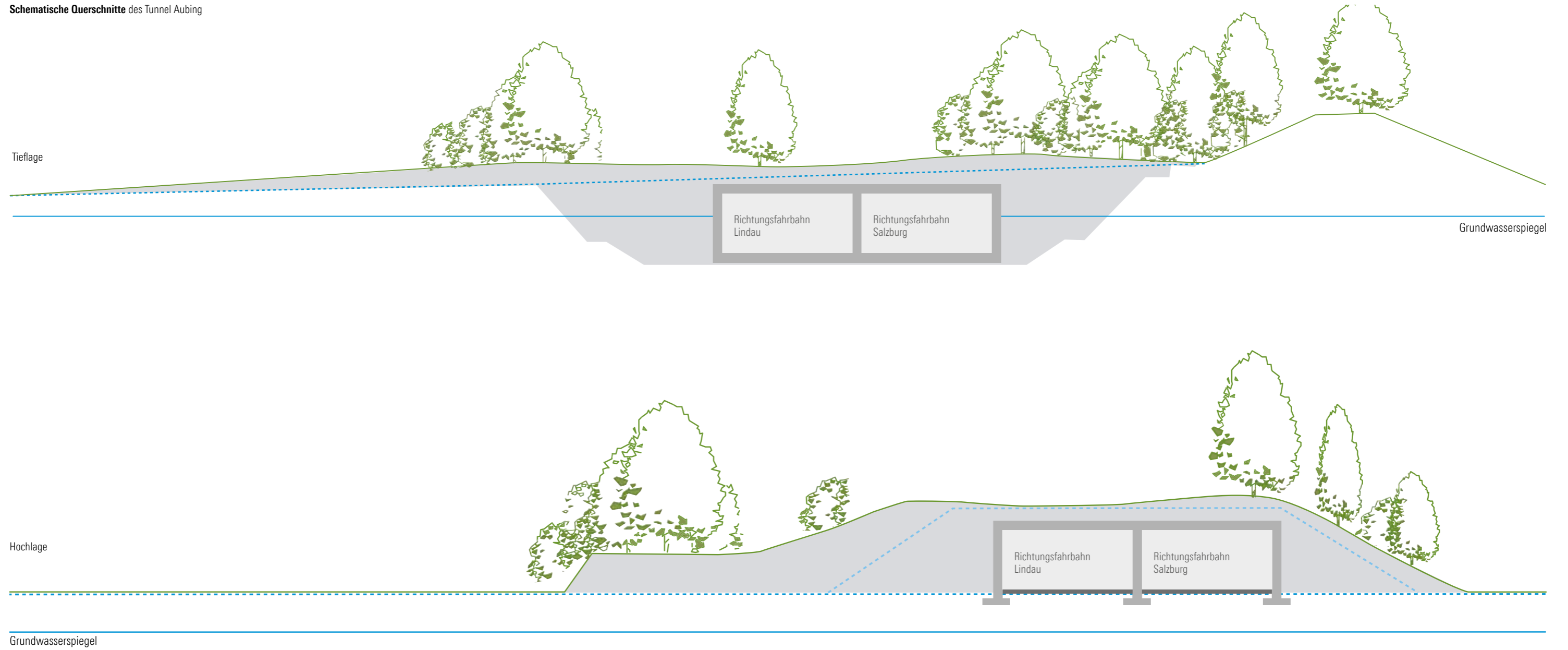


Bild: SSF Ingenieure GmbH / Florian Schreiber Fotografie



Grafik: edmundsepp

Schematische Querschnitte des Tunnel Aubing



Vorwegmaßnahme

Zunächst wurden für die vorhandenen Bahnlinien Bahnbrücken in Deckelbauweise erstellt. Die Deckel wurden neben der Bahnstrecke gefertigt und in Bahnbetriebspausen eingeschoben. Anschließend wurden Pfahlköpfe und Rahmenecken ergänzt, dasselbe geschah im Zuge des späteren Tunnelbaus mit Tunnelsohle und Wänden.

Das Konzept

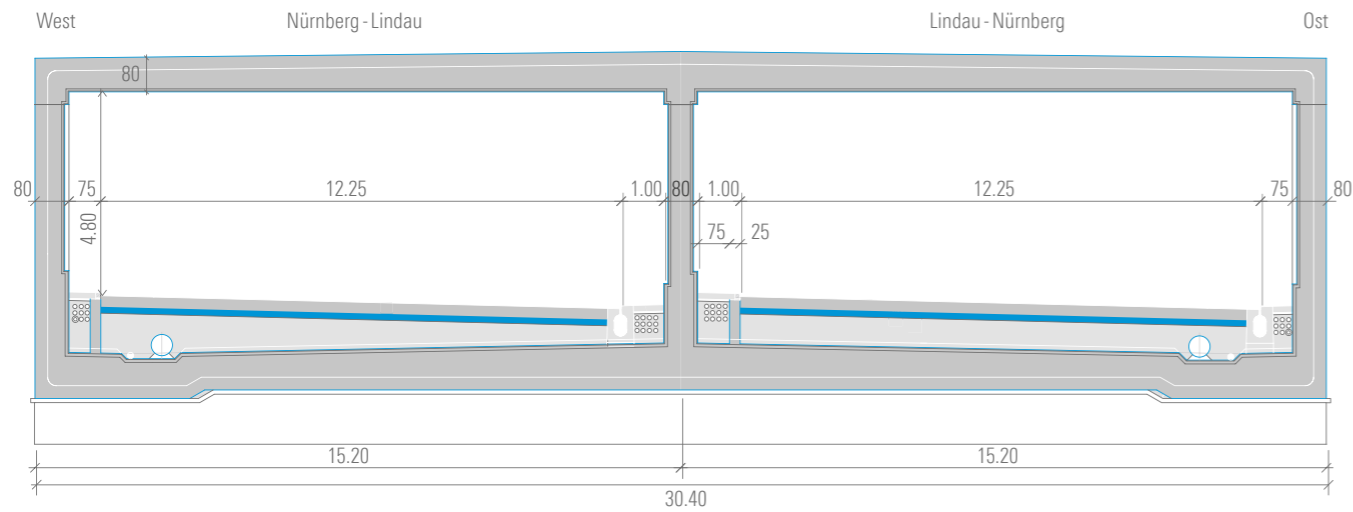
Gebaut wurde der Tunnel Aubing nach einem Entwurf von SSF Ingenieure in offener Bauweise in mehreren Abschnitten. Die wasserrechtliche Erlaubnis sah eine Herstellung mit wasserdichten Baugrubenumschließungen vor. Nicht zugelassen waren Baumethoden, bei denen Verbauwände anschließend im Boden verbleiben. Beginnend mit der Rampe Nord in Form einer Grundwas-

Grafik: edmundsepp

serwanne mit 200 m Länge, setzt sich das Bauwerk in Richtung Süden mit der nördlichen Tunneltiefelage (1.100 m Länge) mit der Unterquerung der Bahnlinie München – Augsburg fort. Es folgen die Tunnelhochlage (rd. 500 m), die südliche Tunneltiefelage (Unterquerung der Bahnlinie München – Lindau, rd. 300 m) sowie die Rampe Süd, erneut als Grundwasserwanne ausgebildet, mit einer

Länge von 300 m. Der Tunnelquerschnitt mit 2 x 14,00 m lichter Weite ergibt sich aus den beiden 12,25 m breiten Richtungsfahrbahnen mit je zwei Fahrstreifen, einem Standstreifen sowie den beidseitigen Notgehwegen. Die kleinste lichte Rohbauhöhe des Tunnelbauwerks wurde entsprechend dem vom BMVBW genehmigten Vorentwurf mit 4,90 m festgelegt.

Schematischer Querschnitt „Tieflage“



Konstruktionsart

| | |
|----------------------|---|
| Rampen (Tröge) | Wasserdichte Wanne, größtenteils mit Fundamentüberständen zur Auftriebssicherung |
| Tunnel Tieflage | Wasserdichter geschlossener 2-zelliger Rahmen (Auftriebssicherung durch Eigengewicht) |
| Tunnel Hochlage | 2-zelliger Rahmen auf Streifenfundamenten |
| Tiefe im Grundwasser | bis 7,50 m |
| Betonblocklängen | 10 m mit innenliegenden Fugenbändern |

Beide Rampen und die angrenzenden Tunnelbereiche wurden als wasserundurchlässige Betonkonstruktion (WUB-KO) geplant. Zwischen der Bahnlinie München – Lindau und der kreuzenden Staatsstraße, die im Ortsbereich nur wenig angehoben werden konnte und daher eine Tieflage der Tunnelgradienten erforderte, konnte die Einhausung nur auf eine Länge von 520 m in Hochlage über dem Grundwasser ohne Sohlplatte ausgeführt werden. Die hier kreuzenden Straßen und Wege wurden entsprechend angehoben.

Ein bestehender Abwasserhauptsammler der Landeshauptstadt München, der nördlich der Staatsstraße unmittelbar unter dem Tunnel die BAB-Trasse quert, stellte einen weiteren Gradientenzwangspunkt dar. Der 4,30 m breite und 1,63 m hohe Betonkanal weist 3 getrennte, nebeneinander liegende Durchflussprofile auf.

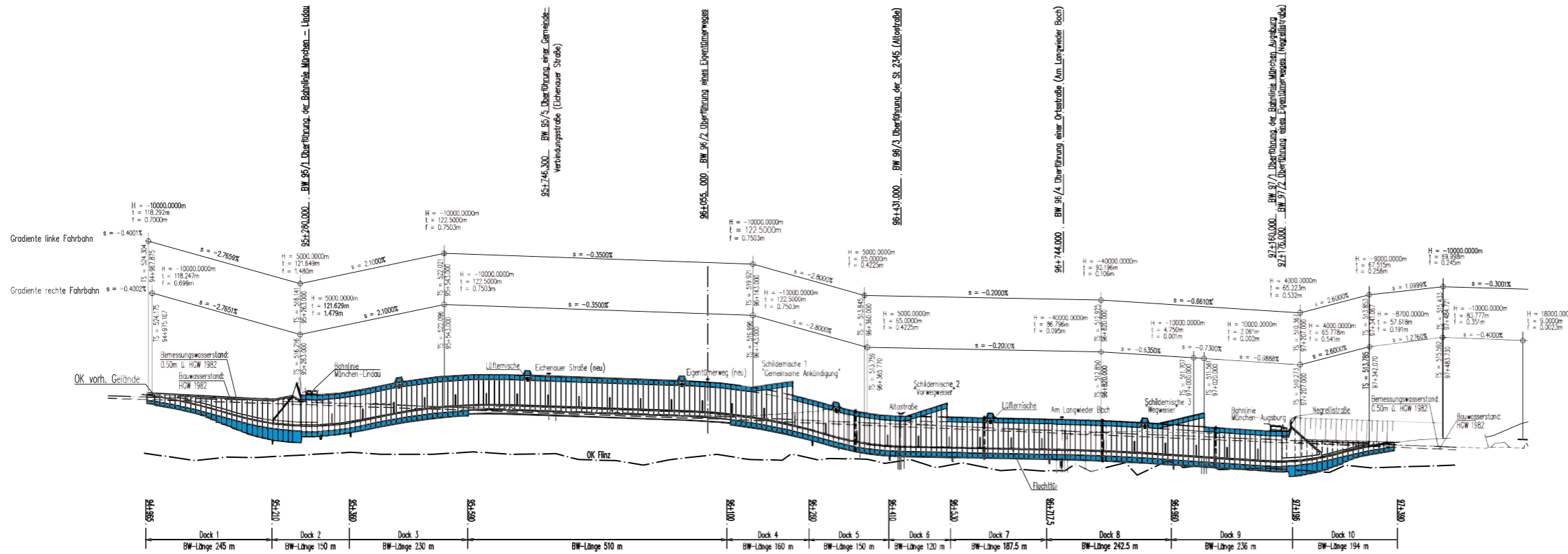
Der Bau

Nach dem Voraushub wurde die Baugrube größtenteils freigelegt. Der entnommene Nasskies wurde für den späteren Streckenausbau vorgesehen. Auf der Böschungsschulter wurde eine

Die Gradienten wurden aufgrund des hoch anstehenden Grundwassers oberflächennah geplant. Zwangspunkte stellten die beiden vorhandenen Bahnlinien an den Tunnelenden und die St 2345 dar. In diesen Bereichen liegt das Bauwerk im Grundwasser.

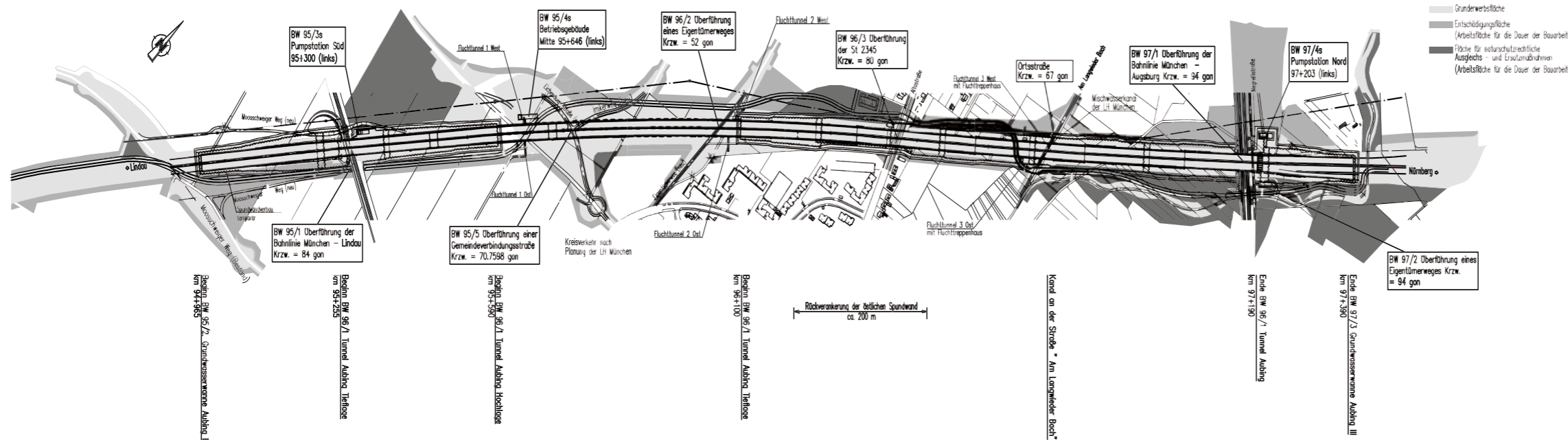


- 1 Voraushub im Bereich der Tieflage Nord
- 2 Spunden des Tiefquerschotts zwischen zwei Docks
- 3 Betonieren in Dock 4
- 4 Betriebsgebäude Mitte



Spundwand als reine Dichtwand erstellt. Diese war in Grundwasser stauende Bodenschichten des Tertiär eingebunden, welche die Baugrube von unter abdichteten. Um Sohllaufbrüche innerhalb der Baugrube zu vermeiden, wurde das innerhalb der umschlossenen Baugrube vorhandene gespannte Grundwasser – beispielsweise in Kieslinsen in den Tertiären Sanden – mit Hilfe von Brunnen entspannt.

Die Planung von SSF Ingenieure sah insgesamt zehn Docks vor, die mit Querschotts voneinander getrennt waren. Zwischen diesen wasserdichten, maximal 250 Meter langen Verbauabschnitten blieb immer ein Dock als „Lücke“, so dass während der Bauphase ein ungehinderter Fluss des Grundwasserstroms gewährleistet werden konnte. Heute übernehmen diese Funktion vier Grundwasserüberleitungen. Diese sind in die Tunnelsohle einbetoniert. Ein Grundwasserdüker besteht aus einer den Tunnel querenden Rohrleitung (DN 300), die an den Tunnelaußenwänden in Betonschächte einmündet. An diese Schächte sind jeweils rund 50 bis 60 m lange Horizontaldrainagen (DN 300) angeschlossen, die parallel zum Tunnel verlaufen. Ihr Scheitel liegt ca. 0,5 m unterhalb der Kote für die Zeiträume mit niedrigem Grundwasserstand. Über dieses Drainagesystem wird das breitflächig anströmende



Höhenplan und Draufsicht

Grundwasser auf der einen Seite des Tunnels gefasst und danach gebündelt mittels der Rohrleitung unter dem Tunnel gedükert und auf der gegenüberliegenden Seite gleichermaßen mittels Drainagen flächig abgeleitet. Das Tunnelbauwerk wurde in Tieflage als geschlossener zweizelliger Rahmen nach dem Prinzip der „Weißen Wanne“ als wasserundurchlässige Betonkonstruktion im Regel-

bereich in Abschnitten von 10 m Länge ausgeführt. Sohle und Außenwände wurden zur Vermeidung von Schwindrissen in einem Zuge betoniert. Im Bereich der Hochlage wurde der Tunnel als Zweifeldrahmen auf Streifenfundamenten ausgeführt, die Rampen sind wasserdichte, auftriebssichere Tröge. Der gesamte Tunnel wurde in offener Bauweise hergestellt. In den Abschnitten der

Bild: SSF Ingenieure GmbH

Rampen, der Tieflagen und der Übergänge zur Hochlage kamen grundwasserschonende, wasserdichte Spundwandverbauten zum Einsatz. Diese wurden bei ausreichend breitem Baufeld neben geböschten Baugruben ohne Rückverankerung eingebracht, sonst mit Rückverankerung. Eingebracht wurden sie mittels Rüttelpülverfahren und ggf. mit Vorbohrunterstützung. Sie binden

mindestens 1 m in die tertiären Flinzböden ein. Für die Herstellung der benachbarten Bauabschnitte wurden zusätzliche Querschotte ausgeführt. Die Spundwände binden in eine Vertiefung der Tunnelsohle des fertiggestellten Bauabschnitts ein und verblieben im Baugrund. Nach der Einbetonierung in seitliche Fortsätze der Tunnelwand wurde das jeweilige Querschott gezogen.

Querschnitt Trog

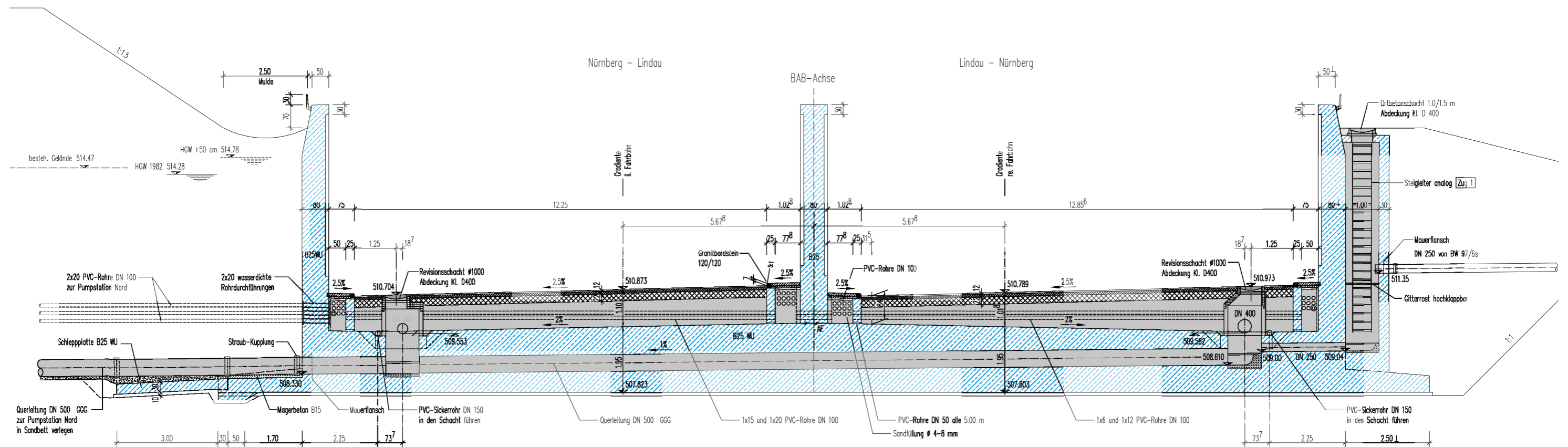




Bild: www.luftbild-bertram.de

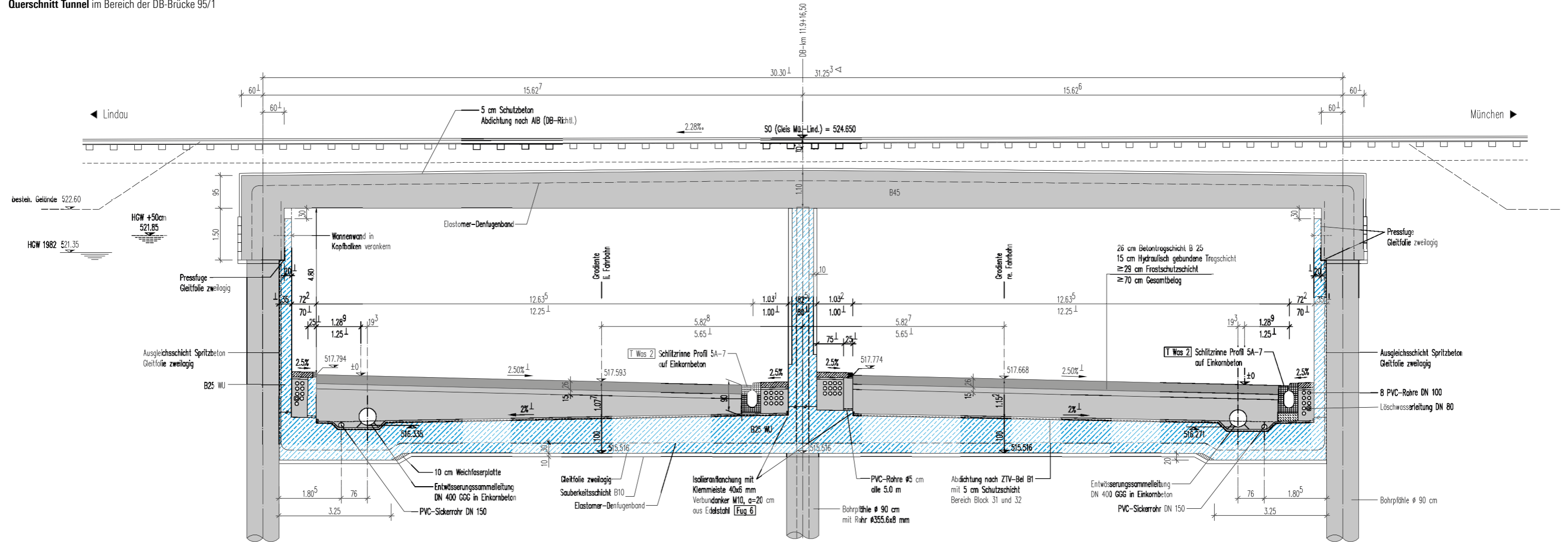
Bilder: Autobahndirektion Südbayern



Die Deckenoberseite des Tunnels Aubing hat ein leichtes Dachgefälle von 1,1 %, die Untersicht ist horizontal. Die Bodenplatte ist auf der Oberseite in Querrichtung, von der Mittelachse ausgehend, zur Ableitung von Sickerwasser aus der Fahrbahn, mit 2 % nach außen geneigt. An den Übergängen zur Hochlage wurde eine Aufkantung in Form einer Schürze bis unter die Binderschicht des durchgezogenen Straßenaufbaus geführt, um das Eindringen des Grundwassers am Ende der Tiefloge zu verhindern. In der Deckschicht wurde eine Fuge ausgebildet. Im Bereich der Querung des Abwasserhauptsammlers der Landeshauptstadt München musste die Tunnelsohle aufgrund dessen Höhenlage innerhalb des Frostschutzbereiches nach oben versetzt werden.

- 1 **Luftaufnahme** während des Bauzustandes
- 2 **Schalwagen** im Bereich Hochlage
- 3 **Betonieren** in Dock 4
- 4 **Erstellen** des neuen Fahrbahnregelaufbau
- 5 **Endzustand** ohne Fahrbahnmarkierung

Querschnitt Tunnel im Bereich der DB-Brücke 95/1



Oberhalb des Bemessungswasserstandes wurde der Tunnel ohne wasserdichte Bodenplatte als Rahmen über zwei Felder ausgeführt, der flach auf Streifenfundamenten gegründet ist. Die Streifenfundamente wurden zur Vermeidung unterschiedlicher Setzungen durchgängig ohne Raumfugen, in größeren Abschnitten mit zu Raumfugen der Wände versetzten Arbeitsfugen ausgeführt. Auf den Fundamenten sind im Tunnelinneren die Notgebahnen mit den darunter liegenden Kabeltrassen und daneben

die Schlitzrinnen angeordnet. Schlitzrinnen und Kabeltrassen wurden durch wasserdicht an das Fundament angeschlossene Stahlbetonwändchen vor Eindringen von Grundwasser geschützt. An den Übergängen der Hochlage zur Tieflage wurde jeweils der erste Block außerhalb der Tieflagendocks mit einer geschlossenen Bodenplatte wie ein Tieflagenblock ausgeführt. Aus baubetrieblichen Gründen war es erforderlich, zunächst die Hochlage herzustellen. Zwischen Hoch- und Tieflage verblieb zunächst eine

10 m breite Lücke für die Querspundwände der anschließenden Docks. Erst nach Herstellung der Tieflage und Ziehen dieser Querspundwand war es möglich, die Lücke zu schließen. Mit einer begrenzten Grundwasserabsenkung wurde hier ein Block mit durchgehender Bodenplatte ergänzt. Mit dieser Bauweise wurden die Bodenpressungen minimiert und Differenzsetzungen zu den benachbarten, sich in ihrer Setzung bereits konsolidierten Blöcken gering gehalten.

Die Rampen wurden als Trogquerschnitt, teilweise mit Mittelwand, aus wasserundurchlässigem Beton ohne Arbeitsfuge hergestellt. Die Länge der Tröge ist durch den Bemessungswasserstand (HGW 1982 + 0,50 m) vorgegeben. An den Enden wurde eine Aufkantung in Form einer Schürze bis unter die Binderschicht des durchgezogenen Straßenaufbaus geführt. In Abständen von 10 m wurden in der Regel Blockfugen ausgebildet.

Die Auftriebssicherheit war in den tiefgelegenen Abschnitten durch die ständigen Lasten der Konstruktion bei Beibehaltung der Bodenplattenstärke des Tunnels nicht gegeben. Neben der Verstärkung der Bodenplatte wurden aus wirtschaftlichen Gründen auch zurückhaltend dimensionierte seitliche Sohlplattenüberstände zur Aktivierung der Last des darüber liegenden Erdreichs für die Auftriebssicherung herangezogen. Das Erdreich wurde dabei als Auflast bis 1 m unter Geländeoberkante angesetzt.

Betrieb und Sicherheit

Nach nur 34-monatiger Bauzeit wurde der Tunnelrohbau Mitte 2005 fertig gestellt. Anschließend wurden sämtliche Tunnelbe-

triebs- und Sicherheitseinrichtungen installiert – selbstverständlich nach dem neuesten Stand der Technik. Um den Tunnel jederzeit betriebsbereit zu halten, wurden zwei Pumpstationen und ein Betriebsgebäude errichtet.

Grundlage für die Planung der betriebstechnischen Ausstattung ist die Richtlinie für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT), Ausgabe 2003. Die Energieversorgung wird durch zwei unabhängige, redundante Einspeisungen über Transformatoren gewährleistet, die von einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV) unterstützt werden. Installiert sind Durchfahrts- und Einfahrtsbeleuchtungen sowie eine Brandnotbeleuch-

tung und eine Fluchtwegkennzeichnung. Bei Bedarf werden die Strahlventilatoren automatisch eingeschaltet. SOS-Notrufanlagen, Brandmeldeanlagen, Funk- und Lautsprecheranlagen sowie eine durchgängige Videoüberwachung und eine Verkehrsbeeinflussungsanlage komplettieren die technischen Sicherheitseinrichtungen. Selbstverständlich ist das gesamte System in ein übergeordnetes Leitsystem eingebunden.

Auch von konstruktiver Seite wurde dem Thema Sicherheit höchste Priorität eingeräumt:

Zwei richtungstrennte Tunnelröhren mit jeweils durchgängigen Seitenstreifen und beidseitigen Notgehwegen sorgen ebenso für

Sicherheit wie die Notausgänge im Abstand von 60 m zur jeweiligen Nachbarröhre sowie zusätzliche Ausgänge im Abstand von 450 m und 12 begehbare Notrufrischen mit Feuerlöschern und Notruftelefon.

Visualisierung Tunnel Aubing



Technische Ausstattung und Sicherheitseinrichtungen

Grundlage der Planung der betriebstechnischen Ausstattung bilden die Richtlinien für die Ausstattung und den Betrieb von Straßentunneln (RABT).

Technische Einrichtungen - Überblick

- Die Energieversorgung des Tunnels besteht aus zwei unabhängigen (redundanten) Einspeisungen über Transformatorstationen unterstützt von einer unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV)
- Durchfahrts- und Einfahrtsbeleuchtung sowie Brandnotbeleuchtung und Fluchtwegkennzeichnung
- Die Lüftungssteuerung schaltet die Strahlventilatoren bei Bedarf automatisch ein
- SOS-Notrufanlagen
- Brandmeldeanlagen
- Funk- und Lautsprecheranlagen
- Durchgängige Videoüberwachung mit automatischer Ereignisdetektion
- Verkehrsbeeinflussungsanlage
- Übergeordnetes Leitsystem

Besondere Sicherheitsmaßnahmen:

- Zwei richtungsgetrennte Tunnelröhren mit jeweils durchgängigem Seitenstreifen (Standstreifen) und beidseitigen Notgehwegen
- Notausgänge im Abstand von 60m zur Nachbarröhre sowie zusätzliche Ausgänge ins Freie im Abstand von ca. 450m
- Eine redundante, ausfallsichere Stromversorgung mit zwei getrennten Einspeisungen
- Die wichtigsten Sicherheitseinrichtungen werden bei Stromausfall mit USV versorgt

- Eine Brandmeldeanlage mit wärmeempfindlichem Detektionskabel und zusätzlichen Druckknopfmeldern in den Notrufrischen
- Eine lückenlose Videoüberwachung mit automatischer Ereignisdetektion bei Stau, Fußgängern, anhaltenden und in Gegenrichtung fahrenden Fahrzeugen sowie bei Rauchereignissen
- Pro Tunnelröhre 12 begehbare Notrufrischen im Abstand von 130 m mit je 2 Feuerlöschern, Notruftelefon
- Funkanlagen für die Rettungskräfte und für die durchgängige UKW-Rundfunkversorgung mit Einsprachemöglichkeiten im Notfall
- 24 Strahlventilatoren pro Röhre sorgen auch im Brandfall für die Beseitigung der Rauchgase und genügend Frischluft
- Im Abstand von 60 m befinden sich sog. Löschwassernischen mit Hydrantenanschlüssen, Schlauchhaspeln mit 30 m Schlauch, aber auch Feuerlöschern und Druckknopfmeldern der Brandmeldeanlage
- Durch ein Schlitzrinnensystem werden ausgelaufene Flüssigkeiten aus dem Tunnel zu den Rückhaltebecken geleitet
- Mittels übergeordnetem Leitsystem wird das Überwachungspersonal in der Verkehrsrechnerzentrale (VRZ) in München Freimann aber auch die Polizeidienststelle in München West und die zuständige Autobahnmeisterei in Inning rund um die Uhr mit allen relevanten Betriebs- und Notfallmeldungen sowie den Bildern der Videoüberwachung versorgt
- Durchgehende optische Leitführung mittels Leuchtdioden (LED) auf den Notgehwegen
- Selbstleuchtende Fluchtwegkennzeichen mit Distanzangaben
- Eine Brandnotbeleuchtung auf ca. 1 m Höhe (Orientierungsmöglichkeit für flüchtende Personen bei verrauchtem Tunnel)
- Verkehrsbeeinflussungsanlage der A99 West auch im Tunnel Aubing
- Tunnelsperreinrichtungen mit Schranken

oben: Tunnelportal Nord
unten: Tunnelportal Süd



SSF Ingenieure AG
Beratende Ingenieure im Bauwesen

München
Berlin
Halle
Köln

www.ssf-ing.de