Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 114 (1996)
Heft: 18

Artikel: Vortriebskonzept und Tübbings
Autor: Müller, Rolf / Ceresola, Aldo
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-78963

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

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

Rolf Müller, Aldo Ceresola, Thusis

Vortriebskonzept und Tübbings

Eine Linienbaustelle mit Sackgasse erfordert ein ausgedachtes Vortriebskonzept, da neben dem Ausbruch auch ein steter Einbau erfolgen muss. Um keine Verzögerungen beim Bau zu verursachen, ist der Logistik von Beginn an grosse Beachtung zu schenken.

Bei der Submission der Tunnelbauarbeiten des Adlertunnels war der offerierende Unternehmer frei in der Wahl der Vortriebsmethode. Die Arbeitsgemeinschaft hat sich nach eingehendem Studium und aus folgenden Gründen entschlossen, dem Bauherrn einen TBM-Vortrieb mit Tübbingeinbau anzubieten:

- Mit der TBM-Vortriebsmethode mit gleichzeitigem Tübbingeinbau können die vom Projektverfasser geforderten Ringschlusszeiten eingehalten werden, was mit der Spritzbetonbauweise nicht ohne weiteres möglich wäre.
- Im Vergleich zur Spritzbetonbauweise können beim TBM-Vortrieb die Vortriebsleistungen und somit die Wirtschaftlichkeit bedeutend gesteigert werden.
- Die mit der TBM-Vortriebsmethode erzielte Bauzeitverkürzung kann für die Bauherrschaft von grosser Bedeutung sein. Die Felssicherungsmassnahmen mit dem TBM-Vortrieb sind optimal gelöst, indem der Bohrkopf der TBM einen permanenten Brustverzug und der Tübbingeinbau einen raschen Verbau des Felsens gewährleisten.

Tübbingeinbaukonzept mit Schlussstein oben

Entgegen schweizerischer Gepflogenheiten arbeitet die Adler-TBM mit dem «Schlussstein oben»-Konzept. Der Tübbingring wird von unten nach oben, Tübbing für Tübbing aufgebaut. Zuletzt wird der konische Schlussstein im First von hinten in den Ring eingeschoben. Der Vorteil dieses Aufbaus liegt darin, dass die Versetzgenauigkeit des Tübbingringes und damit auch die Vortriebsgenauigkeit erhöht werden. Durch die grössere Versetzgenauigkeit sind zudem weniger Abplatzungen an den Tübbings beim Vorschub zu erwarten. Ferner lassen sich die Beschädigungen an der Tübbingbeschichtung vermindern, da die Tübbings nicht gespreizt werden müssen.

Hinterfüllung der Tübbings

Die geforderte Hinterfüllung des Ringspalts zwischen Fels und Tübbing erfolgt mit einem Mörtelverpress-System unmittelbar hinter dem Schildschwanz, was gegenüber einer herkömmlichen Mörtelverpressung durch den Tübbing am Schildschwanz technische Änderungen zur Folge hatte. Ferner ist vorgesehen, rund 15 m hinter der TBM durch den Tübbing eine Firstnachinjektion auszuführen. Das gesamte Mörtelverpress-System wird vom Hauptsteuerstand aus bedient und überwacht. Insgesamt sieben Leitungen, die aus den Nachläufern 1 und 2 gespeist werden, sichern eine optimale Verpressung durch den Schildschwanz.

Technische Daten der Tunnelbohrmaschine TBM S-89

Die TBM S-89 ist so konzipiert, dass sie mit einem Minimum an Um- und Anpassungsarbeiten Tunnels mit einem Durchmesser von 11,6 bis 14 m auffahren kann.

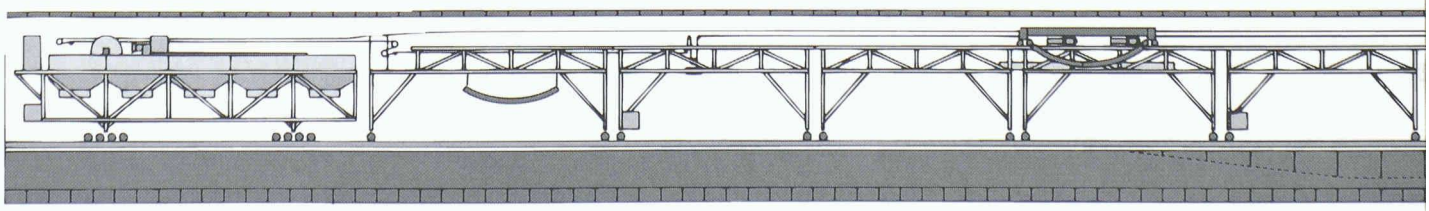
- Der Bohrkopf ist als Blocksystem ausgebildet, der Innenteil besteht aus eingeschweissten Messelsätteln der Serie 17″, die nach hinten auswechselbar sind. Die Aussenteile sind in vier Blöcke unterteilt.
- Die Schildkonstruktion ist verschraubt, der Schildschwanz angeschweisst.
- Der Platz für zusätzliche Motoren, die bei einem Ausbruchdurchmesser von 14 m notwendig werden, ist bereits ausgespart.
- Getriebe, Hauptlager und Transformatorenleistung wurden für eine Leistungserhöhung bis zu einem Durchmesser von 14 m installiert.
- Das Konzept der Nachläuferinstallation basiert auf einem Minimaldurchmesser von 11,6 m.

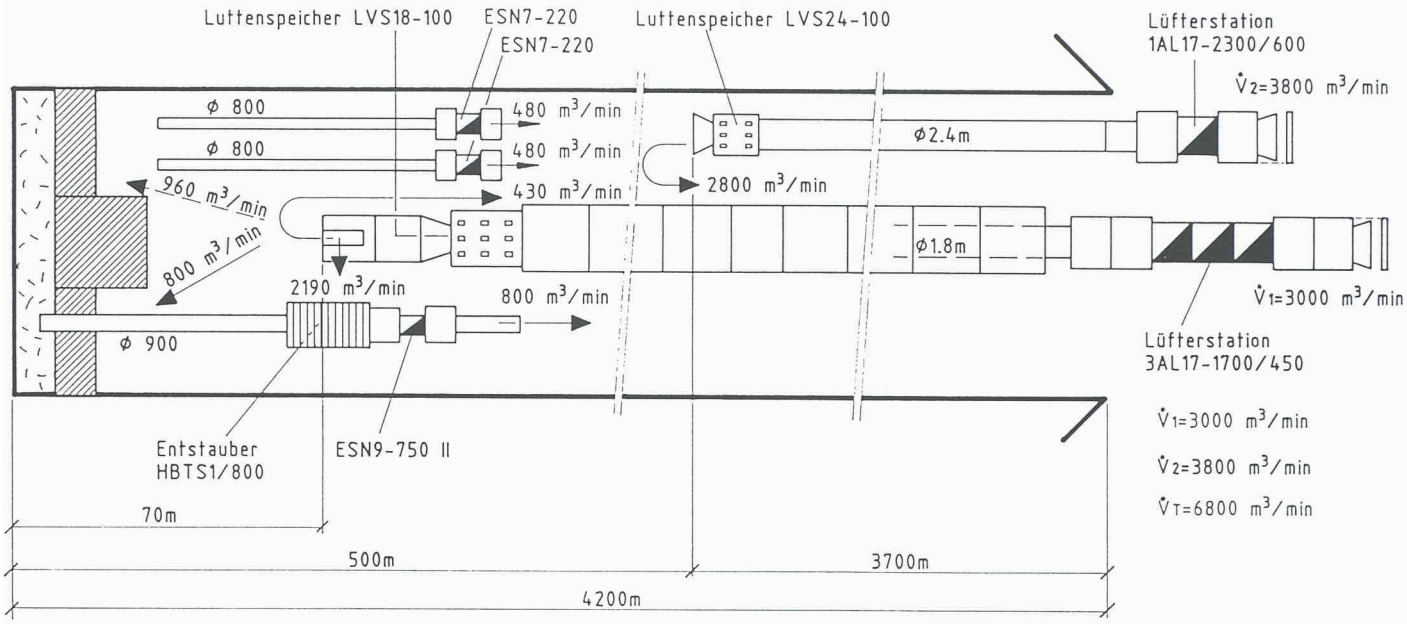
Bewetterungssystem mit Entstaubung

Die Bewetterung funktioniert als blasendes System, die Zuluft wird in zwei Phasen zugeführt. Flachlutten, die durch den Entwässerungskanal kontinuierlich und dem Vortrieb entsprechend eingebaut werden, bilden die erste Phase. Die zweite Bewetterungsphase wird im Tunnel bis zur Arbeitsstelle Innenring-Beton installiert und kontinuierlich nachgezogen. Die zusätzliche Entstaubung im Bereich der Schuttersilos im Nachläufer 4 (Ladestation für Grossraumdumper) erfolgt mit einer Entstaubungsanlage und einem Ventilator sowie den entsprechenden Absaugleitungen ab den Silos (1).

Arbeitsablauf TBM-Nachläufer

Der Vortrieb verläuft in drei Schichten (eine Wartungs- und zwei Vortriebsschichten) zu acht Stunden an fünf Arbeitstagen. Während der Wartungsarbeiten an der Vortriebseinheit werden die Versetzarbeiten des Entwässerungskanales sowie deren seitliche Auffüllung und Verdichtung durchgeführt. Gleichzeitig erfolgen die Wartungsarbeiten an der Infrastruktur für Kühlwasser, Abwasser und die Elektroinstallation. Alle zwei Tagesschichten sind fünf Fahrten mit Sohl- und Hutelementen des Entwässerungskanales erforderlich. Der Einbau des HMT-Belages ist jeweils am Samstag vorgesehen. Sämtliche Wendemanöver der Zu- und Abtransporte zum Nachläufer finden auf einer Drehscheibe statt. Die Tübbingtransporte erfolgen mit Spezial-Welaki-Fahrzeugen.





1

Einbau der Tübbings: Beim Tübbinglagerplatz werden die Welaki-Plattformen vom Portalkran mit einer Vakuumzange beladen. Die beladenen Welaki-Fahrzeuge transportieren die Tübbings zum Nachläufer 3.7, wo sie mit dem Tübbingtransportkran (konventionelle Greifvorrichtung) übernommen und zum «Fischbauch» im Bereich des Nachläufers 2 transportiert und mit einem weiteren Transportkran mittels Greifvorrichtung zum Tübbingmagazin gebracht werden.

Tübbingfabrikation

Installationen

Im April 1994 begann die Planung, die an die bis dahin während der Submission geleisteten Vorarbeiten anschloss. Um den Vortriebsbeginn nicht zu verzögern, war es notwendig, die gesamte Tübbingproduktionsanlage bis Mitte Mai 1995 betriebsbereit installiert zu haben. Detailplanung und Installation konnten innert elf Monaten abgeschlossen werden. Wegen der hohen Vortriebsleistung der TBM fiel die Wahl auf eine Karussellanlage (Umlaufanlage). Die Zeiten für die hydraulische Bedienung der Umlaufanlage wurden minimiert, um einen wesentlich tieferen elektrischen Leistungswert für die Produktion zu erreichen, als dies bisher üblich war.

Infolge der sehr hohen und sehr unterschiedlichen Gewichte der verschiedenen Tübbings (1,7 t - 18,7 t) waren auf dem Markt keine Installationen aus zweiter Hand im Angebot, so dass die gesamte Anlage neu konzipiert werden musste. Die Bauarbeiten begannen im Juli 1994, die Betonanlage konnte Anfang April 1995 in Betrieb genommen werden.

Ablauf der Fabrikation

Die 26 vorhandenen Stahlschalungen werden auf der Arbeitsstrasse vom Computergesteuerten Umlaufsystem von Arbeitsstation zu Arbeitsstation getragen:

- Ausschalen
- Schalung reinigen
- Anbringen des Trennmittels
- Einlegen der Bewehrung und schliessen der Schalung
- Pufferposition vor der Betonierstation

In der Betonierstation werden die Schalungen vom Vibriertisch abgehoben, und der Beton wird eingebracht. Auf der letzten Arbeitsposition werden die Schalungen gereinigt und die Betonoberfläche abtaloschiert. Während rund viereinhalb Stunden werden die Betonelemente bei 40 °C bedampft. Während dieser Zeit laufen die Elemente im Dampfkanal parallel zur Arbeitslinie zurück und werden danach auf der ersten Arbeitsposition ausgeschalt. Dieser Umlauf kann höchstens viermal pro Tag geschehen, was eine Tübbingproduktion von über 20 m Tunnel ergibt. Nach dem Ausschalen werden die Elemente via Kettenförderer in den Bereich des Portalkranes bewegt, wo sie während der Aushärtungszeit von vier Wochen eingelagert werden.

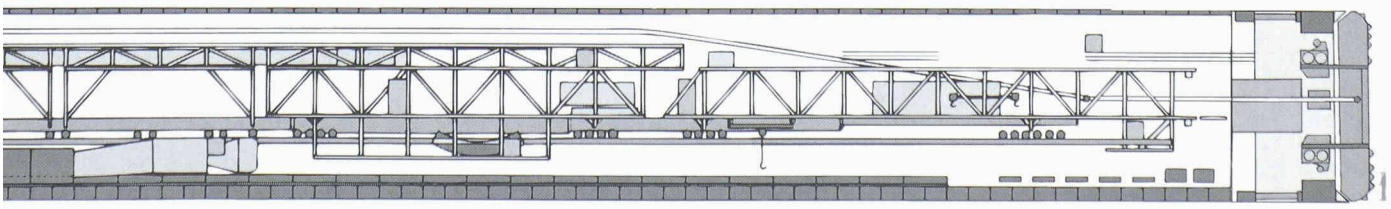
Die Bügelbewehrung mit Durchmesser bis 12 mm wird auf dem eigenen Biegeautomaten vorgebogen, die Bügel verschweisst und in eigens angefertigten Schablonen mit den vorgebogenen Längseisen zu den fertig vorfabrizierten Armierungskörben verschweisst. Der vorhandene Pufferraum im Tübbinglager beträgt nur etwa zwei Wochen, was bedingt, dass die Produktion parallel mit der Vortriebsleistung läuft. Bei der Maximalproduktion werden täglich 30 t Stahl und 440 m³ Beton verarbeitet.

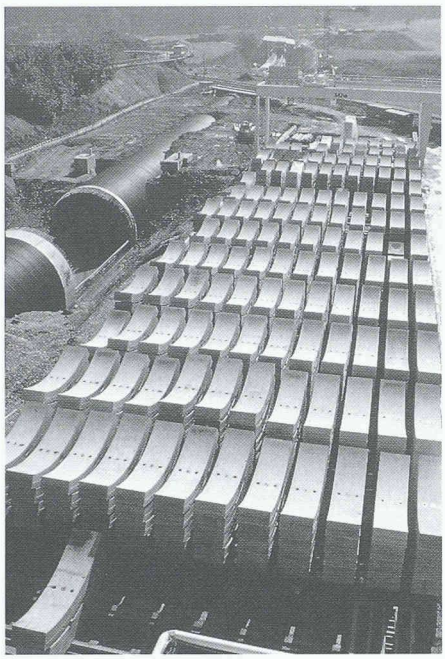
Problematik der Tübbingfabrikation

In den Zonen quellfähigen Gipskeupers sind vom Bauherrn Sohltübbings mit einer Stärke von 90 cm vorgegeben. Diese Ele-

1
Bewetterungskonzept
2
Längsschnitt TBM (schematisch)

2





3
Tübbinglager

mente werden in einer Qualität B 60/50 mit einem CEM I 52.5, 325 kg/m³ hergestellt. Um eine hohe Sulfatbeständigkeit zu erreichen, wird dem Beton rund 10% des Zementgewichtes als Microsilica zugemischt, der W/Z-Wert liegt unter 0.42. Bei der Herstellung dieser extrem dicken Tübbings besteht die Gefahr der zu hohen Wärmeentwicklung im Beton, was mit der Frischbetontemperatur aber elementweise gesteuert werden kann. Eine weitere Problematik sind die grossen Gewichte, die sehr hohe Anforderungen an die Installationen stellen. So ist es nur mit eigens dafür ausgelegten Anlagen möglich, die Elemente mittels Vakuumhebegerät aus den Schalungen zu heben.

Um die Sulfat- und die Chloridresistenz zu erhöhen, werden sämtliche Tübbings für die ganze Gipskeuperstrecke unmittelbar nach dem Ausschalen der Elemente mit Epoxydharz beschichtet. Da dies auf der gesamten Mantelfläche geschieht, muss der Tübbing mindestens einmal um 180° gedreht werden. Dieser Vorgang wurde mit in das System der Lagerhaltung integriert. So werden die Elemente nach dem Ausschalen um 90° gedreht und auf einen Kettenförderer abgestellt, auf welchem sie beschichtet werden können. Die Applikation dieser Beschichtung sowie deren Verhalten auf der relativ warmen Betonoberfläche wurden vorgängig in aufwendigen Laborversuchen ausgetestet.

Adresse der Verfasser:
Rolf Müller und *Aldo Ceresola*, ARGE Adlertunnel, Andrea Pitsch AG, 7430 Thusis

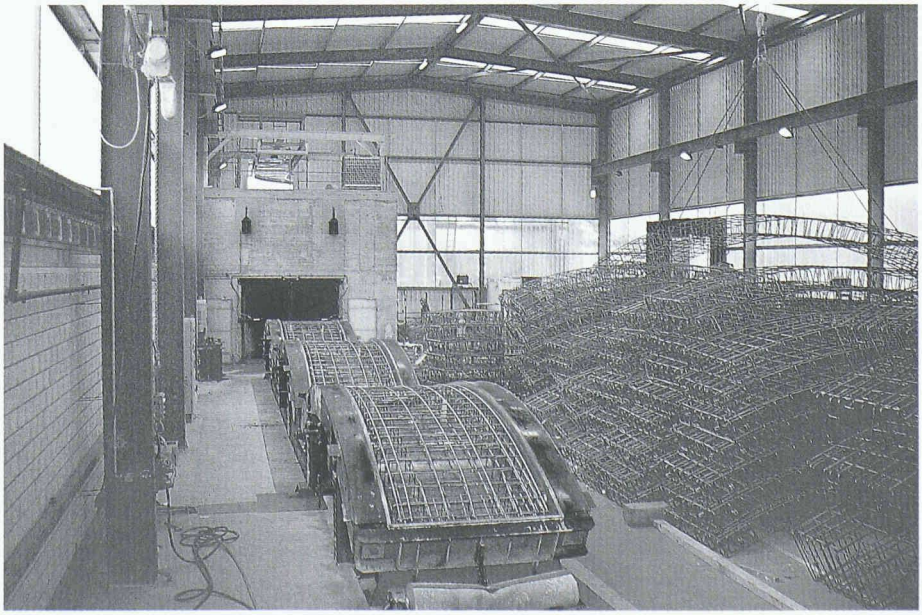
Technische Daten

Allgemein:	
Ausbruchdurchmesser:	12,58 m
Länge der gesamten Vortriebsanlage:	195 m
Einsatzgewicht der gesamten Anlage:	ca. 2000 t
Total installierte elektr. Leistung:	ca. 5000 kW
Stromversorgung:	13,6 kV
Schwerster Teil bei Montage (Antrieb):	180 t
Belüftung mit Lutten d = 1,8 und d = 2,4 m:	ca. 115 m³/Sek. (inst. Leistung: 740 kW)
Bohrkopf:	
Gewicht:	290 t
Anzahl Rollenmeissel:	77 Stk.
Durchmesser/Gewicht der Einzelrolle (17):	430 mm/165 kg
Schneidspurabstand:	89 mm
Max. Fräsdurchmesser mit ausgefahrener Randrolle:	12,64 m
Antrieb/Schild:	
Gewicht des Schildes, ohne Antrieb:	ca. 600 t
Gewicht des Antriebsteiles:	180 t
Antrieb hydrostatisch, Leistung:	9 Motoren à 400 kW = 3600 kW
Anzahl Hydraulikmotoren mit Getriebe:	12 Stk.
Anzahl TBM-Pressen:	12 Stk.
Anpressdruck Bohrkopf:	max. 1800 t
Drehzahl Bohrkopf:	0 bis 4,3 U/Min.
Max. Drehmoment:	2000 mto
Vorschubpressen:	40 Stk.
Total Vorschubkraft:	8000 t
Max. Vorschubgeschwindigkeit:	0 bis 120 cm/Min.
Gewicht Erektor:	50 t

Nachläufer 1:
Steuerstand, gesamtes Hydraulik- und Schmiersystem der TBM, Trafostation mit Hauptverteilung, Mörtelverpressung, Kompressoren, Bedienung Erektor, Tübbingumschlagkran, Wasserbehälter, Werkstatt

Nachläufer 2:
Mörtelcontainer 12 m³, Entstaubungsanlage, Fischbauch

Nachläufer 3:
7 Wagen, Hängekran 3 t, Tübbingtransportkran 24 t

Nachläufer 4:
Materialsilos (5 × 25 m³), Entstaubung zu dito, Hochspannungskabeltrommel (für 500 m Kabel), Schlauchtrommel für Wasserversorgung, Notstromaggregat

4
Tübbingfabrikation