

**46**      **Vertikaler Schildvortrieb mit Tübbingausbau**

Christian Schönlechner, Roland Pöpperl

**DI Christian Schönlechner**  
Bauleiter bei Jäger Bau GMBH

**Ing. Roland Pöpperl**  
Produktmanager MABA Fertigteilindustrie GMBH

**Einleitung**

Im Rahmen der Vorarbeiten für den Koralm-tunnel – dem Herzstück der Koralmbahn zwischen der Steiermark und Kärnten – wurde im Kärntner Lavanttal ein Erkundungsschacht gebaut. Dabei kam weltweit erstmals eine neuartige Baumethode zur Anwendung.

**Konzept und Idee**

Beim Erkundungsschacht Paierdorf handelt es sich um einen 120 m tiefen Senkrechtschacht mit 10 m Durchmesser. Er dient einerseits der vertiefenden geologischen Erkundung, andererseits ist er später auch als Zugangsschacht für den dort beginnenden Erkundungstunnel vorgesehen.

Der Schacht durchörtert 30 m quartäre und in weiterer Folge tertiäre Bereiche. Aufgrund der hydrogeologischen Rahmenbedingungen bzw. der vorliegenden Nutzungssituation durfte der quartäre Grundwasserkörper nicht durch die Baumaßnahmen beeinflusst werden.

Das ausgeschriebene Projekt sah eine dichte Schlitzwand für den Quartärbereich vor, innerhalb derer das Abteufen mit konventioneller Spritzbetonsicherung bewältigt werden sollte. Vorauseilend wurde das Tertiär um den Schacht herum zusätzlich mit Vertikalfilterbrunnen entwässert bzw. druckentspannt.

Auf der Basis ihrer langjährigen Erfahrung sowohl im Schachtbau als auch im mechanischen Tunnelvortrieb bot die Firma Jäger Bau GmbH einen Alternativvorschlag an. Die Idee bestand darin, die Kenntnisse aus horizontalen Schildvortrieben mit Fertigteilauskleidung bei einem vertikalen Schachtvortrieb anzuwenden. Grundlage des Sondervorschlages war, die projektierte dichte Schlitzwand im Quartär und die Spritzbetonauskleidung im Tertiär durch eine Fertigteilauskleidung zu ersetzen. Wie beim horizontalen Schildvortrieb können auch im Schachtvortrieb Fertigteile im Schutz eines Schildes eingebaut werden.

Zum Lösen und Schüttern des anstehenden Erdreichs kam ein auf einer Bühne montier-

ter Schreitbagger zum Einsatz. Das Material wurde mit einem Schutterkübel und mittels Kranförderung aus dem Schacht befördert. Das 100 t schwere Abteufschild wurde parallel zu den Aushubarbeiten mit Hydraulikzylindern, die sich am jeweils zuletzt versetzten Fertigteiling abstützten, in das Erdreich gedrückt. Dadurch war eine durchgehende Stützung der Ausbruchswandung gewährleistet, wodurch ein Maximum an Arbeitssicherheit erzielt werden konnte.

**Auskleidung mit Betonfertigteilen bzw. Tübbing**

**Anforderungen bzw. Planung der Tübbinge**

Das Bauvorhaben Erkundungsschacht Paierdorf lässt sich hinsichtlich der Auskleidung in zwei Bereiche unterteilen:

**Bereich 1 von 0 bis 30 m:**

Für diesen so genannten Quartär musste eine dichte Fertigteilauskleidung konzipiert werden. Diese wurde mittels Dichtungen zwischen den einzelnen Tübbing erreicht.





### Bereich 2 von 30 bis 120 m:

Im Tertiär sollte eventuell vorhandenes Restwasser bewusst in den Schacht hineingeleitet werden, um das Entstehen von Wasserdruck hinter der Auskleidung zu verhindern. Dieser Bereich wurde daher mit Tübbingungen ohne Dichtung ausgeführt.

Wegen der relativ geringen Anzahl von Fertigteilringen entschied man sich auf der gesamten Strecke für dieselbe Stärke der Tübbingung. Die Höhe der Tübbingung betrug 1 m. Jeder einzelne Ring setzte sich aus sieben Einzelteilen zusammen (4 rechteckige, 2 trapezförmige und ein keilförmiger). Die Fertigteile waren so konzipiert, dass sie untereinander sowohl in Längs- als auch in Radialrichtung verschraubt werden konnten. Weiters wurden, abgesehen vom keilförmigen Schlussstein, für jedes Segment zwei Verpressöffnungen und zwei so genannte Schraubgründe für diverse Montagen vorgesehen.

Der Bauherr – die Eisenbahn-Hochleistungsstrecken AG (HL-AG) – definierte folgende Mindestanforderungen für die Tübbingung:

1. Fertigteildicke: 30 cm
2. Betonsorte:  
C 35/45 XC4/XA1 für den oberen Bereich  
C 35/45 XC2/XA1 für den unteren Bereich
3. Herstellungstoleranzen:  
Breite:  $\pm 1,0$  mm  
Dicke:  $\pm 3,0$  mm  
Länge:  $\pm 1,0$  mm  
Radius:  $\pm 1,5$  mm für Einzeltübbing

### Produktion und Qualitätssicherung im Fertigteilwerk

Die Betontechnologen der MABA Fertigteilindustrie optimierten den Entwurf des Betonmischrezeptes unter Berücksichtigung der Richtlinie Innenschalenbeton. Die Expositionsklasse XC4 wurde über das gesamte Bauvorhaben ausgeführt.

Bereits nach dem ersten Tag erreichte der Beton die geforderte Betondruckfestigkeit C 35/45 und erfüllte damit die hohen Anforderungen hinsichtlich des Schwindver-

haltens voll und ganz. Die 28-Tage-Festigkeit lag bei C 60/75 und darüber. Die Hydrationswärme im Inneren der Tübbingung unterschritt während der Erhärtung immer die 40° C-Grenze und erreichte den Höchststand nach rund 15 Stunden.

Die Schalungen für die Tübbing-Fertigteile wurden bis zu zweimal täglich mit Beton befüllt. Vereinzelt mussten – einer kurzfristigen Forderung des Bauherrn entsprechend – vor dem Betonieren elektronische Bauteile für Dehnungsmessungen in die Bewehrungskörbe eingebaut werden. Diese Elektronikteile dienten einem umfangreichen Messprogramm. Auf die Tübbingung der ersten 30 Ringe wurden nach dem Ausschalen im Fertigteilwerk die beigegebenen Dichtungen aufgezogen.

Auf Wunsch des Bauherrn fand die Erstprüfung der Betonfertigteile im Beisein eines fremdüberwachenden Instituts statt. Um den Ausschreibungsbedingungen gerecht zu werden, erhielt jeder Fertigteil überdies eine Chargennummer. Dadurch können sämtliche Details des Produktionsprozesses (Erzeugungsdatum, Bewehrungstyp, Schalungsnummer etc.) nachverfolgt werden.

Zur Sicherstellung einer reibungslosen Anlieferung erfolgte der Transport der Tübbing-Fertigteile zur Baustelle durch Sattelaufleger mit selbstladendem Innenlader.

### Erfahrungen auf der Baustelle

Das Versetzen der Tübbingung wurde mit einem von der Firma Jäger konstruierten Tübbingversetzgerät vorgenommen, dessen besonderes Merkmal ein Gegenballast ist, der einen angehängten Tübbing im Gleichgewicht hält.

Zunächst wurden zwei entsprechende Zylinder am Stahlschild eingezogen. Anschließend wurde mit dem Versetzgerät ein Tübbing in den Schacht gehoben und auf die Zylinder abgesetzt. Das genaue Einjustieren erfolgte mithilfe der Zylinder, die wieder aufgefahren wurden. Das seitliche Einrichten wurde mittels eines Hebelzuges bewerkstelligt.

Im Zuge der Arbeiten zeigte sich, dass auf das genaue Verlegen der Tübbingung größtes Augenmerk zu legen ist. Vor allem im Bereich der gedichteten Tübbingung hätten sich andernfalls größere Schwierigkeiten beim Einbauen des Schlusssteins ohne Zwänge ergeben können. Zudem bestand wegen der eingeleiteten großen Kräfte beim Nachdrücken des Schildes die Gefahr der Entstehung von Rissen in den Tübbingungen. Auch die Tübbingung mit Fugendichtungen stellten anfänglich ein Problem dar. Infolge der recht schlanken Ausführung (30 cm Fertigteilstärke) und der ziemlich steifen Dichtungen war es nicht immer möglich, die Tübbingung stirnseitig völlig eben zueinander zu verlegen. Dadurch kam es mitunter zu hohen Kantendrücken, die zu Abplatzungen führten. Zur Überbrückung der Kantendrücke wurden daher ca. 3 bis 5 mm starke Holzeinlagen bei jedem Tübbingring in die Fugen eingelegt.

### Resümee

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mit dem vertikalen Schildvortrieb mit Fertigteilbau eine äußerst sichere und komfortable Bauweise geschaffen wurde. Dies ließ sich vor allem in restwasserführenden Kies- und Sandschichten mit geringer Kohäsion feststellen. Im Gegensatz zu einer konventionellen Lösung (Sicherung mittels Spritzbeton), in der ein Abteufen wohl nur in Teilflächen mit Zusatzmaßnahmen möglich gewesen wäre, konnten diese Schichten praktisch ohne Probleme durchörtert werden.

Das Stahlschild und der Fertigteilbau trugen wesentlich zur Schaffung bester Arbeitsbedingungen bei. Durch die vorhandene Drehbühne konnten praktisch sämtliche Arbeiten von dieser aus bewältigt werden. Vor allem im Quartär, wo das Material äußerst durchnässt und dementsprechend weich war, bedeutete dies eine wesentliche Erleichterung. Außerdem ermöglichte der Fertigteilbau ein praktisch staubfreies Arbeiten.