

BAUSTATUS AKTUELL

INFORMATION FÜR UNSERE INTERESSIERTEN BÜRGER/INNEN

Ausgabe 1/3. Auflage, Dezember 2011



WIR FREUEN UNS AUF IHREN BESUCH!

HINKEL360



Wir informieren
Sie regelmäßig

STADTBAHNTUNNEL KOMBILÖSUNG SPEZIALTIEFBAU IM INNENSTADTBEREICH

ARGE Stadtbahntunnel Karlsruhe
Rüppurrer Straße 1 · 76137 Karlsruhe · Deutschland · info@alpine-bau.de · www.alpine-bau.de

KASIG



universale
SPEZIALTIEFBAU GSB



DIE KOMBILÖSUNG BEWEGT MICH

STAND 12 / 2011

DIE KOMBILÖSUNG BEWEGT MICH

HERAUSFORDERUNG SPEZIALTIEFBAU IN KARLSRUHE

Bevor der eigentliche Tunnelvortrieb zu Erstellung Ihres „Stadtbahntunnels Kombilösung“ beginnt, sind oberflächlich umfangreiche vorbereitende und sichernde Maßnahmen erforderlich, die den Einsatz von komplexen und nicht alltäglichen Baumaschinen und Verfahren notwendig machen. In diesem Zusammenhang fällt oft der Begriff: „Spezialtiefbau“.

Was ist das eigentlich „Spezialtiefbau“?

Ist der normale Tiefbauer mit seinen Arbeiten fertig, übergibt er, ganz allgemein gesprochen, eine Grube im Erdreich, die Baugrube, in die das zu errichtende Gebäude gestellt werden kann. Eine solche Vorgehensweise setzt aber im Wesentlichen voraus, dass zum einen der Boden in der Lage ist, die Lasten des Gebäudes aufzunehmen und zum anderen hinreichend Platz in der angrenzenden Umgebung vorhanden ist, um die geböschten Wände der Baugrube zu errichten. Zumindest Letzteres ist in dicht bebauter Innenstadtsituation fast ausnahmslos nicht möglich, vor allem wenn der Einfluss von Grundwasser hinzukommt.

Hier schlägt nun die Stunde der Spezialtiefbauer, die für solche Situationen Verfahren und Geräte entwickelt haben, die es ermöglichen, die gewünschten Gebäude oder wie hier in Karlsruhe den Stadtbahntunnel zu errichten.

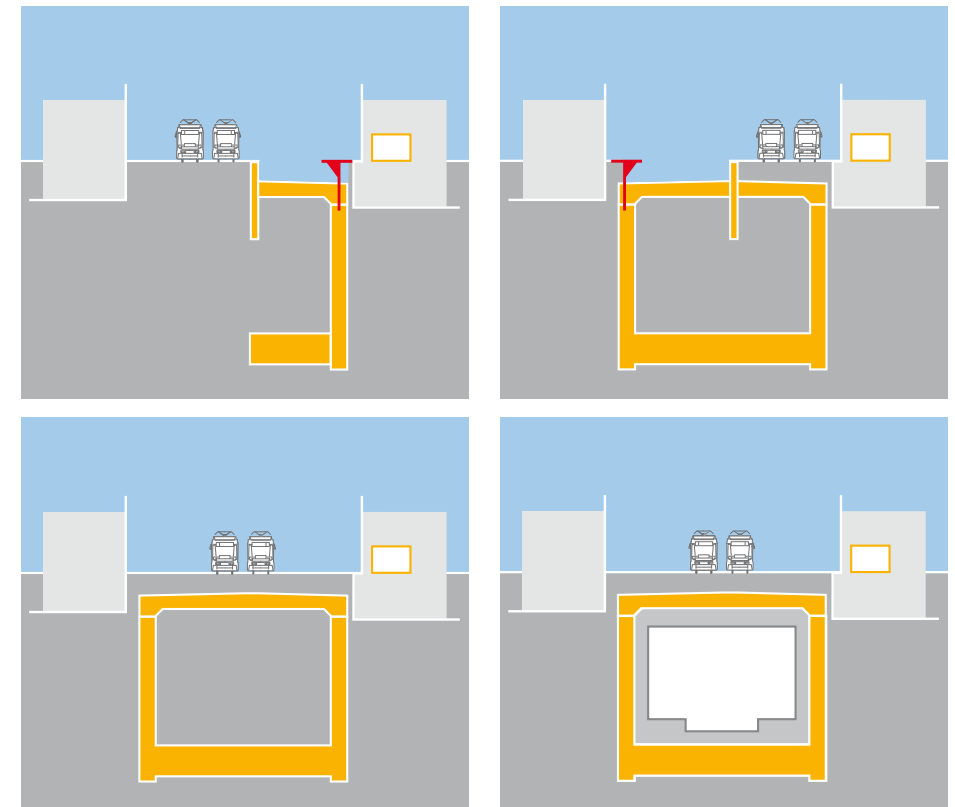
Bevor wir Ihnen die Verfahren und die dafür notwendige Gerätetechnik näher erläutern, bedarf es aber noch einer kurzen Beschreibung der grundsätzlichen Vorgehensweise zur Herstellung des Stadtbahntunnels Kombilösung.

Wie Sie bereits den zahlreichen Veröffentlichungen zum Projekt entnehmen konnten, erfolgt die Herstellung des Tunnels für die Stadtbahn in großen Teilen mit einer Schildmaschine. Als Resultat entsteht ein rundes Tunnelprofil, das durch Stahlbetonsegmente, sogenannte **Tübbing**, gegen das Erdreich gesichert ist. Das runde Profil kann ohne weitere Maßnahmen für den Ausbau der Gleisstrecke verwendet werden. Für die Haltestellen mit ihrem erhöhten Platzbedarf für z. B. Bahnsteige, Verteilerebenen, Ein- und Ausstiege, Nottreppenhäuser etc. ist es jedoch ungeeignet.

Um diese Haltestellenbauwerke zu errichten, bedarf es einer Baugrube, die den Platzanforderungen gerecht wird. Da auf der Tunnelstrecke mehrere Haltestellenbahnhöfe und Sonderbauwerke von dem Tunnel durchquert werden, hätte man die Möglichkeit, diese Bauwerke vorab zu errichten und die Tunnelbohrmaschine in die Haltestellen einfahren zu lassen, sie

durchzuziehen und wieder ausfahren zu lassen. Ein- und Ausfahren erfolgen durch Durchbohren der Haltestellenwände. Hierzu wären die Haltestellen von oben offen, was zu einer erheblichen Beeinträchtigung des oberflächigen Stadtverkehrs führen würde.

Deshalb hat man sich in Karlsruhe für eine andere Variante entschieden. Hier werden die Haltestellen vorab in **Deckelbauweise** erstellt. Bildlich gesprochen entstehen hierzu Schachteln aus Beton mit Deckel und Boden, die vollständig mit Erde gefüllt sind. Nach Herstellung der Schachteln durchbohrt die Schildmaschine diese Betonkästen, später werden durch kleinere Öffnungen im Deckel dieser Kästen die Erde und die **Betontübbing** des Tunnels ausgebaut. Der anschließende Ausbau der Haltestellen erfolgt ebenso durch diese Öffnungen.



Sie werden sich jetzt fragen, wie man denn eine „unterirdische Betonschachtel“ mit Deckel und Boden im Erdreich herstellen will, ohne dafür ein großes Loch auszuheben. Es funktioniert. Die wesentlichen Schritte hierzu werden im Folgenden beschrieben und danach stellen wir Ihnen die Einzelschritte detailliert vor:

- Erst einmal wird durch Vermessungsarbeit die exakte Lage der Haltestelle im Gelände markiert.
- Dann werden alle Leitungen wie Strom, Wasser, Abwasser, Telefon, Daten etc., die innerhalb des zu errichtenden Bauwerks liegen, umverlegt. In den meisten Fällen geht das durch normalen Grabenaushub, in schwierigen Fällen ist auch hier schon die Errichtung von **Verbauwänden** notwendig.
- Ist die Leitungsfreiheit gegeben, erfolgt in Abstimmung mit dem Kampfmittelräumdienst in den Achsen der späteren Außenwände der oben beschriebenen Schachtel die **Kampfmittelsondierung**.
- Nach erfolgreicher Freigabe wird ein Vorverbau als **Bohlträgerverbau** eingebracht und es erfolgt ein Voraushub.
- Von diesem Niveau werden Baugrubenwände entweder aus **Bohrpfählen** oder **Schlitzwänden** errichtet.
- Nachdem diese Arbeiten abgeschlossen sind, sind schon einmal die Wände der Schachtel fertig. Fehlen nur noch Boden und Deckel.
- Der Boden der Schachtel – als Sohle bezeichnet – wird durch das **Düsenstrahlverfahren** hergestellt – dies vom gleichen Niveau wie die Bohrpfähle.
- Der **Deckel** der Schachtel wird in **Ortbetonbauweise** auf der Arbeitsebene der Bohrgeräte errichtet.

VERBAUWÄNDE

Verbauwände sind alle senkrechten oder annähernd senkrechten Sicherungssysteme der Baugrubenwand, die ein Einstürzen der Seitenwände und, falls vorhanden, das Eindringen von Grundwasser verhindern. Hierzu zählen u.a. Bohlträgerverbauten, Spundwandverbauten, Bohrpfahlwände und Schlitzwände. Ab einer gewissen Höhe sind diese **Verbauwände** auch noch rückwärtig zu sichern, dies geschieht mit **Litzen – Temporärankern**.

KAMPFMITTELSONDIERUNG

Um trotz intensiver Luftbildauswertung sicherzugehen, dass Bombenblindgänger vollständig ausgeschlossen werden können, sind vor tieferen Bohr- und Greiferarbeiten vorauserkundende Bohrungen und Sondierungen notwendig. Die Arbeiten dürfen nur von einem hierfür besonders geschulten Personal ausgeführt werden.

Zur Kampfmittelsondierung wird mit geringem Bohranpressdruck eine Hohlbohrschnecke – Durchmesser 10 cm – in den Boden gedreht und durch die Drehung des Bohrgestänges Boden gefördert. Die Bohrtiefe beträgt ca. 5–6 m unterhalb der Geländeoberfläche von 1945. Nach dem Ziehen des Bohrgestänges wird ein Kunststoffleerrohr in dieses Bohrloch eingebaut.

Die Ausführung der Bohrungen erfolgt mit kleinen Raupenbohranlagen.

Das Kunststoffrohr wird dann mit speziellen Sonden befahren, die in einem Radius von ca. 90 cm das Vorhandensein von metallischen Gegenständen detektieren.

Beim Vorliegen eines Verdachtspunktes wird dieser zunächst mit benachbarten Bohrungen näher lokalisiert. Falls sich der Verdacht erhärtet, wird er dann durch Bagger- und Hand-schachtung vom Kampfmittelräumdienst freigelegt.

BOHLTRÄGERVERBAU

Trägerwände bestehen aus senkrechten Trägerelementen, hier Stahlprofile, die in einem Abstand von 1,0 bis 3,5 m in vorbereitete Bohrlöcher eingesetzt oder gegebenenfalls auch einviertelt werden.



Die Ausführung der Bohrungen zur Aufnahme der Träger ähnelt der Herstellung der Bohrpfähle und wird hinsichtlich des Verfahrens und der Geräte unter diesem Punkt beschrieben. Der Träger erhält an seinem Fußpunkt ein Magerbetonaufleger, auf dem er mit einer Fußplatte steht.

Die Felder zwischen diesen Trägern werden im Zuge des Baugrubenaushubes schrittweise freigelegt und Holzbohlen in die baugrubenseitige Flansche der Träger eingelegt. Die jeweils freigelegten Wandabschnitte haben je nach Standfestigkeit des Bodens eine Höhe von 20 cm bis 1 m. Die Bohlen werden von unten nach oben eingebaut und an ihrer Rückseite mit Bodenmaterial verfüllt. Die Bohle wird an dem Trägerflansch durch Holzkeile mit dem Boden verspannt.

BOHRPFAHLWÄNDE

Zur Erstellung solcher Wände werden im Drehbohrverfahren Pfähle hergestellt, die nebeneinander so angeordnet werden, dass sie sich berühren. Man spricht dann von einer „Tangierenden Bohrpfahlwand“. Schneiden die Bohrpfähle ineinander ein, spricht man von einer „Überschnittenen Bohrpfahlwand“.

Bei dem Drehbohrverfahren wird mit einem an einem Mätkler geführten Kraftdrehkopf ein Bohrrohr mit der Außenabmessung des späteren Pfahls in die Erde gedreht. Das Bohrgut in diesem Bohrrohr wird mit entsprechendem Bohrwerkzeug ausgebohrt. Hierzu dreht der Kraftdrehkopf der Drehbohranlage eine Verlängerungsstange (Kelly-Stange), an deren unterem Ende sich das Bohrwerkzeug befindet.



Das Bohrwerkzeug ist auf die unterschiedlichen Böden abgestimmt und im einfachsten Fall eine Bohrschnecke. Das Werkzeug wird, nachdem es mit Bohrgut gefüllt ist, aus dem Bohrrohr gezogen und entleert. Hierbei muss das Bohrrohr dem Bohrwerkzeug vorauslaufen, womit ein Bodenzug aus der Bohrumgebung vermieden wird. Nach Erreichen der Endtiefe des Bohrlochs wird in das Bohrrohr ein vorgefertigter Stahlbewehrungskorb eingebaut. Die Betonage des Pfahls erfolgt mit Hilfe von Betonierrohren von unten nach oben. Die Bohrverrohrung wird abschnittsweise durch Ziehen mit dem Bohrgerät zurückgebaut.

Das Verfahren eignet sich auch für die Herstellung unter Grundwassereinfluss. Hierbei wird jedoch beim Bohren permanent Wasser zugegeben, um ein hydraulisches Gleichgewicht zu halten. Das Wasser schwimmt, da leichter als Beton, oben auf und wird während der Betonage abgepumpt. Planmäßig kommen in Karlsruhe Pfähle mit einem Durchmesser von 120 cm und einer Einzellänge von bis zu 20 m zur Ausführung.

Die Ausführung der Pfahlwände erfolgt mit einem Gerät der Firma BAUER Maschinen Typ BG 36.

SCHLITZWÄNDE

Bei der Erstellung dieser Wände werden lamellenartige, bewehrte Betonscheiben mit Dicken von 40–120 cm hergestellt. Der Arbeitsablauf einer solchen Schlitzwand gliedert sich in mehrere Phasen.



Zunächst wird in Fertigteil- oder Ort betonbauweise eine Leitwand hergestellt. Die Hauptfunktion der Leitwand ist die Führung des Schlitzwandgreifers. Meist handelt es sich um zwei Winkelstützwände mit einem Abstand zueinander, der der Schlitzwandgreiferbreite entspricht. Von dieser Leitwand geführt, erfolgt der Aushub einer Lamelle mit Hilfe des Schlitzwandgreifers. Um ein Nachrutschen des umgebenden Bodens zu vermeiden, erfolgt eine permanente Zugabe einer Stützflüssigkeit, hier: Bentonitsuspension. Die Bentonitsuspension wird auf der Baustelle mit einer in Silos bereitgestellten Trockenmischung und Wasser angemischt.

Die Bentonitsuspension ist eine sogenannte thixotrope Flüssigkeit, die sich, im Gegensatz zu Beton, bei Bearbeitung verflüssigt und im Ruhezustand verfestigt. Bentonit ist ein natürliches Tonmineral und daher für die Umwelt unschädlich. Da der Greifer seilgeführt ist, können Schlitzlöcher großer Tiefe erstellt werden. Nach Erreichen der Endtiefe werden an den Stirnseiten Abschalrohre oder Fugenelemente zur Begrenzung der Betonierabschnitte eingebaut. Sie sorgen auf Grund ihrer Formgebung und dem Einbau eines Fugengummis dafür, dass die Anschlusslamelle wasserdicht angeschlossen werden kann.

Die Stützflüssigkeit muss vor der Betonage von Sand gereinigt werden. Dies erfolgt mit einer Separierungsanlage, in der Zykclone die Sandfraktion trennen. Anschließend wird ein vorgefertigter Stahlbewehrungskorb eingebaut und die Lamelle im Kontraktorverfahren mit Hilfe von Betonierrohren von unten nach oben betoniert. Die Stützflüssigkeit wird abgepumpt, erneut durch die Separierungsanlagen gereinigt, in Behälter auf der Baustelle gepumpt und wird dann beim nächsten Schlitz wiederverwertet.

DÜSENSTRAHLVERFAHREN

Bei dem Düsenstrahlverfahren (DSV) wird die Bodenstruktur durch einen Düsenstrahl mit Pumpendrücker von 100–400 bar aufgeschnitten. Der Düsenstrahl erreicht dabei Strahlgeschwindigkeiten bis zu 300 m/sec.

Das Abteufen der Injektionsbohrungen erfolgt mit dem üblichen Bohrverfahren, vornehmlich mit Außenspülung, wobei Bohrwerkzeug und Gestänge den hohen Drücken

angepasst sind. Nach Erreichen der Endteufe wird das Gestänge mit geringer Geschwindigkeit zurückgezogen, wobei ein Düsenstrahl aus Bindemittelsuspension den Boden auffräst. Durch die Zugabe von Luft kann die Reichweite erheblich gesteigert werden. Bei dem kiesig-sandigen Karlsruher Boden wird ein Teil des aufgeschnittenen Bodens mit dem Spülmittlrücklauf gefördert, der verbleibende Anteil bildet einen nahezu homogenen Boden-Bindemittelkörper aus. Die eingesetzten Medien Bindemittelsuspension, Wasser und Luft werden über getrennte Düsen im Bohrgestänge zugeführt, so dass je nach Ausführung Einfach- bis Dreifachgestänge zur Anwendung kommen. Beim Ziehen des Bohrgestänges werden durch Rotation Säulen hergestellt.

Die Durchmesser der so entstandenen Injektionssäulen sowie ihre Festigkeit entstehen in Abhängigkeit von Boden, Druck, verwendeter Mischung und Arbeitsgeschwindigkeit, Ziehen des Bohrgestänges und der Umdrehungszahl. Diese Säulen werden so zueinander angeordnet, dass sie nass in nass hergestellt werden und sich somit eine flächige Scheibe im Untergrund ergibt.



GEBÄUDESICHERUNG

Zur Ausführung der Stadtbahn Karlsruhe hat man einen Streckenverlauf gewählt, der keine Gebäude unterfährt und möglichst große Abstände zu den bestehenden Gebäuden einhält. Dennoch gibt es Bereiche, zum Beispiel vor dem Gebäude des Karstadt, bei denen die zukünftigen unterirdischen Haltestellen so dicht an die Bestandsgebäude reichen, dass zusätzliche Sicherungsmaßnahmen erforderlich werden.

Hierfür kommen zwei Verfahren zur Ausführung:

Bei der **DSV-Unterfangung** werden die Fundamente des „neuen“ Gebäudeteils vom Karstadt durch Herstellung von Zementkörpern im Düsenstrahlverfahren unterhalb der Sohle des zukünftigen Haltestellenbauwerks unterfangen.

Bei der **Hebungsinjektion** werden unter den Fundamenten des „alten“ Gebäudeteils Injektionsventile mit festen Leitungen eingebaut. Diese Injektionsleitungen werden mit Zementleim beschickt, der an den Injektionsventilen kontrolliert unter Steuerung von Druck und Menge austritt. Diese Injektion verfestigt den Boden und hebt das Gebäude gezielt an. Zur Steuerung der Hebung ist in dem zu sichernden Gebäude ein komplexes elektronisches Schlauchwaagenmesssystem installiert, das jede Bewegung des Gebäudes registriert. Durch die Kombination aus Messung und gezielter Hebung kann auf jeden Bauzustand der angrenzenden Baugrube sensibel reagiert werden.

VERANKERUNG

Verpressanker sind Zugglieder aus Stahl, die in einen durch Bohrung oder Rammung hergestellten Hohlraum eingebaut werden. Sie sind am Ankerkopf mit dem zu verankernden Bauteil kraftschlüssig verbunden und geben ihre Last über den Verpresskörper an den Baugrund ab. Die Anker werden industriell gefertigt und werden fertig zum Einbau auf die Baustelle geliefert.

Der Verpresskörper wird durch Einpressen von Zementschlämmen oder -mörtel in die Bohrung hergestellt. Die Herstellung des Injektionsmittels erfolgt mit Mischern auf der Baustelle. Zwischen Verpresskörper und Ankerkopf liegt die freie Ankerlänge. Mit Pressen wird die Wirksamkeit des Ankers überprüft und der Anker gegen das zu verankernde Bauteil gespannt. Die Bohrung wird üblicherweise mit einem Raupenbohrgerät hergestellt, bei dem die Bohrverrohrung von Hand oder mit Hilfsgeräten aufgelegt wird.

Die Arbeitsgemeinschaft Stadtbahntunnel Karlsruhe, bestehend aus dem ALPINE-Konsortium ALPINE Bau Deutschland, ALPINE BeMo Tunnelling, Grund- und Sonderbau GmbH sowie FCC Construcción S.A., wurde mit der Ausführung der umfangreichen Rohbauarbeiten für den zukünftigen Stadtbahntunnel in Karlsruhe beauftragt.

GERNE GEBEN WIR IHNEN DIE MÖGLICHKEIT, SICH WEITERGEHEND ZU INFORMIEREN

- Unter **www.diekombiloesung.de** finden Sie Wissenswertes über das Projekt.
- Im **Informationspavillon „K.“** der Kombilösung am **Ettlinger Tor** halten wir ebenfalls Informationen über das Projekt bereit. Die Öffnungszeiten sind an Werktagen von 10–18 Uhr und sonntags von 12–23 Uhr. Dort finden Sie (außer sonntags) auch einen Ansprechpartner, der Ihnen bei Ihren allgemeinen Fragen gerne weiterhilft.

Außerdem können Sie sich von Montag bis Freitag zu den üblichen Bürozeiten – auch telefonisch über **die Info-Hotline 0721 1335577** – an uns wenden.

- Die **Arge Stadtbahntunnel Karlsruhe** ist für Sie an den Werktagen zu den üblichen Bürozeiten unter **0175 2286094** zu erreichen.