

Praktikumsbericht

Universale Grund- und Sonderbau GmbH -
ARGE Stadtbahntunnel Karlsruhe

April 2011 – Juli 2011

ARGE STADTBAHNTUNNEL KARLSRUHE



universale
SPEZIALTIEFBAU **GSB**



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	2
Allgemeines (persönliches Vorwort).....	3
Das Projekt und die Beteiligten	4
Die Baustellen im Überblick	4
Rampe und Zielschacht Mühlburger Tor	4
Haltestelle Europaplatz	4
Haltestelle Lammstrasse	4
Haltestelle Kronenplatz	4
Haltestelle Durlacher Tor	5
Rampe Durlacher Allee	5
Haltestelle Marktplatz	5
Haltestelle Ettlinger Tor.....	5
Tunnel Ettlinger Tor-Kongresszentrum	5
Haltestelle Kongresszentrum:	5
Rampe Ettlinger Straße	5
Planung – Terminabstimmung.....	6
Praxis – Bauverfahren	9
DSV-Sohle (Düsenstrahlverfahren) an der Haltestelle Europaplatz.....	9
Das Verfahren im Allgemeinen.....	10
Verankerung (GEWI).....	10
Bohrpfahlsetzung an der Haltestelle Lammstraße.....	11
Das Verfahren im Allgemeinen.....	11
Das Bohrgerät.....	12
Die Bohrungen an der Lammstraße	13
BE-Fläche Hochbaukran Lammstrasse	16
Einmessen	16
Vorbereitende Maßnahmen und Planung.....	17
Verdichtung, Prüfung und Aufbau der Kranfläche	18
Aufbau des Kranes.....	21
Fazit und Danksagung	23

Allgemeines (persönliches Vorwort)

Nachdem ich bereits einige kleinere Baustellenpraktika im Laufe meines Studiums und auch davor absolvieren durfte, war es mir wichtig noch einen Einblick in die Organisation eines Großprojektes erhalten. Der Entschluss zum Bau des Stadtbahntunnels direkt „vor der Haustür“ war für mich persönlich ein Anreiz mehr, kurz vor Ende meines Studiums noch einmal als Student einen ausführlichen Blick in die Praxis zu werfen, vor allem da ich mir noch nicht vollkommen sicher war in welchem Bereich ich nach dem Studium arbeiten möchte.

Das Projekt „Kombilösung“ faszinierte, und es gab kaum eine bessere Möglichkeit um den Baubetrieb (meine Wahl als Vertiefungsrichtung im Rahmen meines Bauingenieurstudiums) so hautnah mitzuerleben, wie in diesen vielseitigen Einzelbaustellen. Die umfangreichen Aufgaben, die zur Zeit meines Praktikums anfielen erlaubten es mir in einer doch relativ kurzen Zeit als Praktikant äußerst viele Eindrücke zu gewinnen. Dadurch dass die Baustellen untereinander leicht versetzt im Terminplan vorkommen, konnte ich beispielsweise innerhalb einer Woche sowohl Verbau, Bohrpfahlwand-Bohrungen und Sohlenverankerung beobachten – etwas was auf kleineren Baustellen in dem Zeitraum unmöglich ist.

Auch das Zusammenarbeiten in einer ARGE war für mich ganz interessant zu beobachten. Denn obwohl die 4 ARGE-Partner an sich bereits vor dem Projekt eng miteinander Verknüpft waren (Teilhaber/Beteiligungen), so war es dennoch interessant zu sehen, wie sich Organisation und Verantwortungen aufteilten.

Ich selbst war innerhalb der ARGE im Team der GSB (Grund- und Sonderbau) tätig. Dies erlaubte es mir mit den einzelnen (Ober-)Bauleitern des Spezialtiefbaus einer jeden Teilbaustelle zusammenzuarbeiten.

In diesem Bericht habe ich versucht zum Einen meine gewonnenen Eindrücke zusammenzufassen, zum Anderen aber auch mein neu Erworbenes Wissen über Bauverfahren, Gerätetechnik, Bauablaufplanung, etc. zu dokumentieren. Insofern beruht dieser Bericht auf Basis vieler Bilder und Videos, die der Veranschaulichung dienen sollten. Zu den einzelnen Bauverfahren wollte ich zunächst eine allgemeine, theoretische Beschreibung geben, um dann auf einige konkrete Vorgehensweisen im Bauvorhaben selbst überzugehen. Das Beschreiben der theoretischen Vorgehensweise erschien mir daher als passend, um mich so auf einige wenige konkrete Detail-Ausarbeitungen in der Praxis konzentrieren zu können. Zudem war die theoretische Vorbereitung der einzelnen Bauverfahren aus (Lehr-)Büchern insofern sinnvoll als dass ich direkt konkrete Beobachtungen während der Ausführung machen konnte. Insofern soll dieser Bericht einige Prozesse des Spezialtiefbaus näher erläutern und einen Überblick über die verschiedenen Bauverfahren im Allgemeinen geben.

Das Projekt und die Beteiligten

Das Projekt „Stadtbahntunnel Karlsruhe“, unter anderem auch unter dem Namen „Kombilösung Karlsruhe“ bekannt, ist eines der größten Infrastrukturprojekte der Region und sieht die Untertunnellung der Kaiserstraße (Flaniermeile) vor. Baubeginn war 2010, auch wenn es die ersten Planungen bereits gegen 2000 gab. 2015/2016 ist voraussichtliches Abnahme-Datum und insgesamt wird von einem Preis in Höhe von 402 Mio. € ausgegangen (Stand 2008)

Sieger der Ausschreibung war die ARGE Stadtbahntunnel, die sich aus den Firmen ALPINE Bau Deutschland, ALPINE BeMo Tunnelling, Universale GSB, sowie FCC Construcción S.A.

Auftraggeber für das Großprojekt ist die KASIG, die Karlsruher Schieneninfrastruktur-Gesellschaft mbH. Diese wurde 2003 gegründet und ist ein Tochterunternehmen der Karlsruher Versorgungs-, Verkehrs- und Hafen-GmbH (KVVH). Die KVVH ist zu 100% Eigentum der Stadt Karlsruhe und übernimmt somit durch die KASIG alle Bauherrenaufgaben (Planung, finanzielle Abwicklung, ...) für die Fertigung der Kombilösung.

Die Baustellen im Überblick

In den Aufgabenbereich der GSB (Spezialtiefbau) fallen insgesamt 11 verschiedene Baustellen für die Untertunnellung der Kaiserstraße inkl. Südabzweig. Dies sind, von Westen nach Osten: Die Rampe zum Mühlburger Tor, die unterirdischen Haltestellen Europaplatz, Lammstrasse, Kronenplatz und Durlacher Tor, gefolgt wiederum von einer Rampe (Durlacher Allee). Im Südabzweig erstrecken sich die Arbeiten vom Gleisdreieck Marktplatz, über die Haltestelle Ettlinger Tor, der Tunnel zwischen Ettlinger Tor und Kongresszentrum bis hin zur Haltestelle Kongresszentrum, gefolgt von der Rampe Ettlinger Straße.

Rampe und Zielschacht Mühlburger Tor

Offene Bauweise. Gesichert durch ca. 4800m² Spundwand und 2200m² Unterwasserbeton.

Haltestelle Europaplatz

Baugrubenumschließung ausgeführt als Schlitzwand (ca. 300lfm.), ca. 2800m² HDI-Sohle (verankert mit ca. 500 GEWI-Pfählen).

Haltestelle Lammstrasse

Baugrubenumschließung ausgeführt als Bohrpfehlwand (ca. 7300m² Ausführungsfläche), etwa 10.000m² HDI-Sohle (verankert mit 790 GEWI-Pfählen, was eine Pfahlänge insgesamt von ca. 8700m ergibt).

Haltestelle Kronenplatz

Baugrubenumschließung ausgeführt als Schlitzwand (ca. 5500m²), ca. 2800m² HDI-Sohle (verankert mit ca. 500 GEWI-Pfählen).

Haltestelle Durlacher Tor

4 Eingänge, Baugrubenumschließung ausgeführt als Schlitzwand (ca. 6000m²), ca. 3.000m² oder 7550m³ HDI-Sohle (verankert mit ca. 450 GEWI-Pfählen), 380 Anker (im Mittel ca. 20m lang).

Rampe Durlacher Allee

Offene Bauweise mit ca. 350m Rampe umschlossen von Spund- bzw. und mit ca. 6500m³ Dichtsohle. Verankert durch ca. 700 Anker in 2 Lagen.

Haltestelle Marktplatz

Baugrubenumschließung ausgeführt als Bohrpfahlwand mit ca. 200 Bohrpfählen und somit einer laufenden Metermenge von ca. 300m (Bohrpfähle teilweise überschritten, teilweise tangierend), etwa 4000m² HDI-Sohle (verankert mit ca. 500 GEWI-Pfählen).

Haltestelle Ettliger Tor

Baustelle in 7 Teilabschnitten, darunter auch das Kombibauwerk (Teilabschnitt 4) welches die Kreuzung der Kriegsstraße im Straßenbahn- und Kfz-Verkehr gleichzeitig ermöglicht. Die Baugrubenumschließung wird ausgeführt als Bohrpfahlwand (ca. 700 Bohrpfähle – ergibt ca. 600lfm. Bohrpfahlwand), etwa 3.000m² HDI-Dichtsohle, verankert mit ca. 500 Auftriebssicherungspfählen.

Tunnel Ettliger Tor-Kongresszentrum

Ca. 210m Tunnel mit Umschließung als BPW. Etwa 2.000m² HDI-Sohle mit entsprechender Auftriebssicherung.

Haltestelle Kongresszentrum:

Baugrubenumschließung ausgeführt als Bohrpfahlwand (ca. 460lfm. Bohrpfahlwand, je teilweise tangierend oder überschritten) und etwa 2200m² Weichgel-Sohle.

Rampe Ettliger Straße

Offene Bauweise mit ca. 280m Rampe, beidseitig umschlossen mit einer Spundwand und abgedichtet durch eine Sohle hergestellt per DSV bzw. Unterwasserbeton.

Planung – Terminabstimmung

Ziel der Terminabstimmung ist es, Gerätelauf – Gleichzeitigkeiten unter den verschiedenen Baustellen herauszufiltern und zu vermeiden. Zudem soll der sehr eng gestrickte Vertragsterminplan genauer untersucht und Engpässe bereits frühzeitig erkannt werden, um evtl. die Maschinenplanung oder gar die einzelnen Verfahren zu verändern. Als Randbedingungen hierfür stehen verschiedene Utensilien zur Verfügung; Zum Einen der „Ur-Terminplan“, so wie er ursprünglich vom Bauherrn durch grobe Massenabschätzung geplant wurde (und somit Vertragsbestandteil wurde), zum Anderen die neuen Terminpläne die durch die regelmäßigen Anpassungen an die örtlichen Gegebenheiten sowie durch die Nebenangebote der ARGE entstehen (z.B. Schlitzwand statt Bohrpfahlwand, doppelte HDI-Sohlen, gewölbte Solen, etc.). Verknüpft man diese mit Firmeninternen Leistungsansätzen, so erhält man die *notwendige* Maschinenanzahl.

Beispiel: für die Schlitzwandarbeit eines Teilabschnittes sind 30 Arbeitstage à 8 Stunden vorgesehen. Aus dem Plan heraus wird ermittelt dass 4.000m² (laufende Länge x [Oberkante – Unterkante Schlitzwand] – also Netto-Masse!) hergestellt werden müssen. Ausgegangen von einem Leistungsansatz von 70m²/Tag ergeben sich so eine (theoretische) Durchschnittsmaschinenanzahl von 1,9 – also 2 – Geräten (also auch 2 Kolonnen).

Ein weiteres wichtiges Kriterium für die Machbarkeit der einzelnen Vorgänge ist der Tatsache geschuldet, dass die Baufelder äußerst eng sind, und meistens (außer bei den Rampenbauwerken) nicht mehr als 1 oder höchstens 2 Geräte gleichzeitig ungehindert an einem Baufeld arbeiten können.

Als Hilfe wird die Software MS Excel und MS Project genutzt, um zum einen Gleichzeitigkeiten, zum anderen aber auch exzessiv kurze Vorgangsdauern (und somit eine Hohe Maschinenanzahl) zu entdecken. Dies erlaubt es, auf allerneueste Planungen zurückzugreifen, und geplante Änderungen (wie z.B. die Umstellung von Bohrpfahlwand auf Schlitzwand) termintechnisch zu bewerten. Zum Einen wird so ersichtlich ob zu der gewünschten Zeit überhaupt noch ein Gerät zur Verfügung steht, zum Anderen können wir die Vorgänge so verschieben, dass der „Gerätelauf“ optimiert wird. So werden unnötige Transport- und/oder Vorhaltekosten vermieden und wir können Tagegenau festlegen ab wann welches Gerät vorgehalten werden muss und vor allem ab wann es wieder freigegeben werden kann.

Spitzenleistungen jedoch indem man die Vorgangsdauer verlängert. Das Hauptproblem hierbei sind die Abhängigkeiten die dadurch mit verschoben werden müssen. Ist zum Beispiel ein HDI-Sohlen-Herstellungsvorgang zu kurz und muss verlängert werden, so muss beachtet werden dass auch die Verankerung durch die GEWI-Pfähle erst später anfangen kann oder gegebenenfalls eingekürzt werden muss. Ganz wichtig hierbei ist es aus dem Terminplan herauszulesen welche Vorgänge erst starten können wenn der zu verschiebende Vorgang beendet ist. („AE“- bzw. „Anfang-Ende“ Beziehungen)

Als Kritischen Weg bezeichnet den Ablauf zwischen den Vorgängen in einem sogenannten „Gantt“-Diagramm (in MS-Project beispielsweise), bei denen es keine Puffer-Zeiten mehr gibt. Um diesen herauszufinden gibt es neben der Software auch die Möglichkeit der manuellen Berechnung wie in der Vorlesung „Projektmanagement“ weiter vertieft wird. (siehe Kapitel MPM/CPM-Plan)

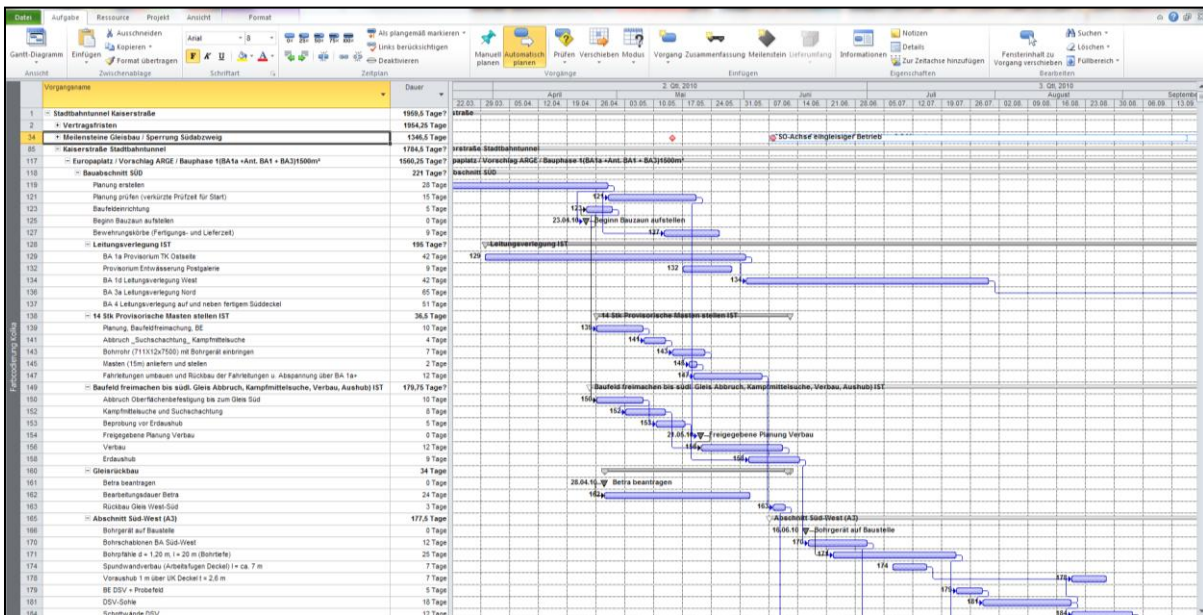


Abbildung 2': Bildschirmabbild der Projektmanagement-Software „Microsoft Project 2010“

Praxis – Bauverfahren

In diesem Abschnitt soll die praktische Tätigkeit des Praktikums weiter erläutert werden; Bei der DSV-Sohle am Europaplatz und der Schlitzwandlerstellung an der Lammstrasse darf ich, nach Erhalt des Baustellenausweises, der zugehörigen Sicherheitsbelehrung sowie der notwendigen Baustellenkleidung (Schuhe, Helm, Weste) die Arbeiten beobachten. An der Haltestelle Lammstrasse (Bohrpfahlarbeiten) werde ich dann als Hilfsarbeiter eingesetzt. Insofern bezieht sich der Schwerpunkt dieses Berichtes auf die Bohrpfahlarbeiten, während ich mich für die restlichen Arbeiten auf allgemeinen Verfahrenserläuterungen und Fotos beschränke.

DSV-Sohle (Düsenstrahlverfahren) an der Haltestelle Europaplatz



Abbildung 3: GEWI Bohrgerät & Hilfsbagger am Europaplatz (17.05.2011)

Zur Erstellung der Baugrube ist neben einer statisch sicheren „Wand“ gegen das Erdreich auch das Schützen des Untergrundes von Bedeutung. Speziell bei drückendem Grundwasser und in den Tiefen wie beim Projekt Stadtbahntunnel Karlsruhe, ist es von enormer Wichtigkeit, dass der Untergrund dicht ist. Beim Düsenstrahlverfahren (oder HDI – Hochdruckinjektionsverfahren), welches bei fast jeder Teilbaustelle dieses Projektes verwendet wird, wird eine solche Dichtsohle hergestellt. Die Vorteile dieser Methode sind, dass die Sohle VOR dem eigentlichen Aushub bereits erstellt wird, und somit für den Bauzustand keine gesonderte Statik-Berechnung erforderlich ist. Zudem ist die Methode relativ geräuscharm und erlaubt den Einsatz von relativ kleinen Geräten, was bei den sehr beengten Innenstadt-Verhältnissen der Karlsruher Kaiserstraße unabdingbar ist. Zu beachten ist jedoch dass das HDI-Verfahren nicht in allen Böden einsetzbar ist, und eine HDI-Sohle oftmals kostenintensiver ist als andere Methoden.

Das Verfahren im Allgemeinen

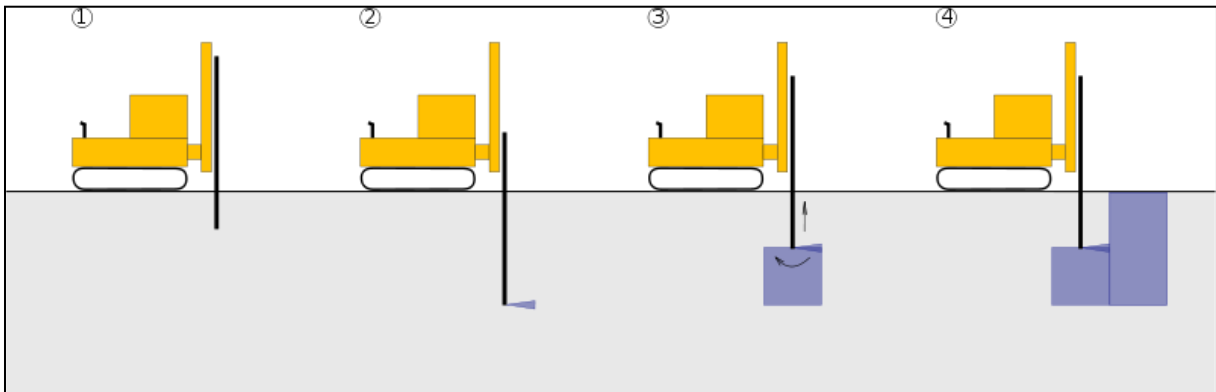


Abbildung 4: Verfahren HDI/DSV-Sohle (Quelle: Wikipedia)

In der Abbildung wird die Darstellung eines DSV-„Körpers“ dargestellt. Das Verfahren für die Herstellung einer DSV-„Sohle“ ist jedoch identisch.

- (1) Bohrgestänge wird in den Boden eingeführt (Nassbohrverfahren)
- (2) Hochdruckinjektion an der Lanzenspitze
- (3) Das Gestänge wird langsam, sich drehend, gezogen während weiterhin Suspension injiziert wird.
- (4) Wiederholung des Vorganges

Das injizierte Bindemittel, das mit ca. 500 bar den Boden regelrecht „aufschneidet“ und dann vermischt ist ein Gemisch auf Zementbasis, Bentonit und weiteren Zusätzen.

Je feinkörniger der Boden umso schwieriger die Herstellung eines DSV-Körpers.

Verankerung (GEWI)

Der GEWI-Pfahl ist ein Stahlverpresspfahl

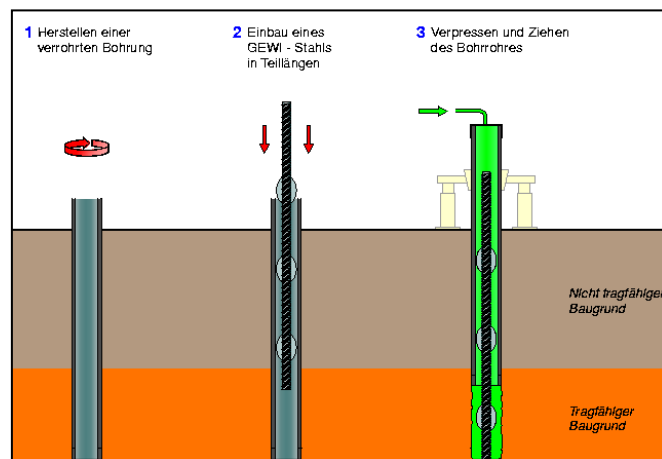
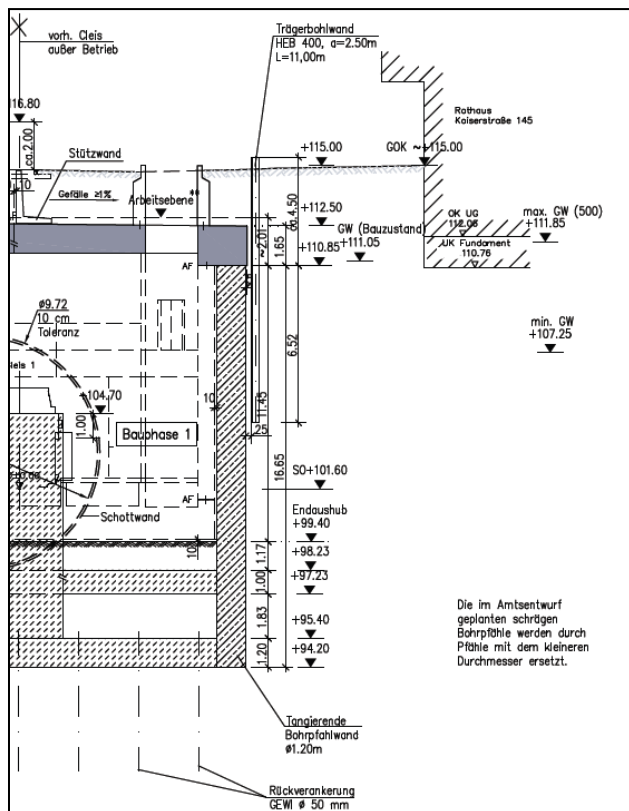


Abbildung 5: Herstellung GEWI-Pfahl (Quelle: Bräunlich)

Bohrpfahlsetzung an der Haltestelle Lammstraße



Für die Baugrubenumschließung an der südlichen Lammstraße (Bauabschnitt 1) wurde eine tangierende Bohrpfahlwand mit einem Pfahldurchmesser von 1,20m vorgesehen. Der Pfahl selbst hat eine Länge von 16,65m und seine Unterkante befindet sich bei Bauabschluss fast 21m unter der GOK. Somit werden bei einem Pfahl ca. 18m³ Beton verfüllt (entspricht 3 Fahrmischer-Fahrzeugen). Insgesamt sind knapp 400 Bohrpfähle für die Haltestelle Lammstraße vorgesehen.

Abbildung 6: Plan der Bohrpfahlherstellung (Schnittdarstellung)

Das Verfahren im Allgemeinen

Die Bohrpfahlwand bildet eine im Baugrund verbleibende Baugrubensicherung. In der Praxis wird unterschieden zwischen „überschnittenen Bohrpfählen“, „tangierenden Bohrpfähle“ (Abstand ≤ 10 cm) und „aufgelösten Bohrpfählen“.

Das Herstellungsverfahren gliedert sich in 5 Schritte auf:

- Betonieren einer Bohrschablone
- Eintreiben eines Mantelrohres
- Ausheben des Bodens innerhalb des Rohres (gleichzeitig zur Mantelrohreintreibung)
- Einführen eines Bewehrungskorbes
- Betonage

Bei der überschnittenen Bohrpfahlwand, ist zu beachten, dass eine bestimmte Reihenfolge einzuhalten ist. Es wird nämlich unterschieden zwischen sogenannten Primärpfählen (welche zuerst ausgeführt werden) und Sekundärpfählen (welche die Lücken zwischen den Primärpfählen schließen). Insofern lautet die Reihenfolge bei der Herstellung: Pfahl 2, Pfahl 4, Pfahl 6, ... Pfahl 1, Pfahl 3, Pfahl 5, ... Desweiteren ist zu beachten dass alle Primärpfähle (2, 4, 6, ...) in der Regel unbewehrt bleiben, da sonst die Sekundärpfähle (1, 3, 5, ...) nicht eingeführt werden könnten.

Das Bohrgerät

Für die Bohrung an der Lammstraße kommt die Bauer BG36H zum Einsatz. Die Maschine ist ca. 25m hoch und hat eine Motorleistung von 354kW. Mit einem Gesamtgewicht von über 110 Tonnen kann es Bohrpfähle mit einem maximalen Durchmesser von 2,3m herstellen.

Es kann ein maximales Drehmoment von ca. 370kNm aufbringen und besitzt zudem ein Hilfshaken, mit dem viele Nebenarbeiten erledigt werden können. Dieses Hilfsseil ermöglicht das Einheben der Bewehrungskörbe sowie der Schüttrohre und kann somit fast ohne weitere maschinelle Unterstützung die Bohrpfähle setzen (einzig der Erd-Abtransport geschieht mit einem Radlader, um unnötiges Fahren innerhalb der Baustelle zu vermeiden)

Insgesamt werden neben dem Fahrer 2-4 Hilfsarbeiter benötigt, die neben dem Bedienen des Drehbohrgeräts auch dafür sorgen müssen, dass alle Wasser-Pumpleitungen ab- und aufgebaut werden (als Auflast gegen den hydraulischen Grundbruch beim Bohren)

Auf der Haltestelle Lammstrasse werden stets zwei „Sätze“ an Mantelrohren vorgehalten, d.h. es können immer zwei verschiedene Bohrpfähle parallel hergestellt werden. Dies erlaubt es unabhängig von Betonierzeiten und vor allem ohne jegliche Art von Steh-/Wartezeit zu arbeiten.

In der Vorausgehenden Terminplanung hat sich der Leistungsansatz nicht ganz bestätigt. Anstatt der geschätzten 45m Bohrleistung pro Tag (inkl. Betonieren) schaffen wir vor Ort im Durchschnitt nur ca. 30m. Dies ist vor allem der Tatsache geschuldet, dass die angetroffene Bodenqualität nicht ganz so ist, wie erwartet.



Abbildung 7: Bauer BG36H Drehbohrgerät

Die Bohrungen an der Lammstraße

In der Haltestelle Lammstraße werden „tangierende“ Bohrpfähle hergestellt, die allesamt mit einem „Bewehrungskorb“ (siehe Abbildung 8) bewehrt werden.



Abbildung 8: Bewehrungskörbe für die BPW Lammstrasse

Das Betonieren erfolgt im Kontraktorverfahren durch das Schüttrohr von unten nach oben, um ein zu starkes Entmischen des Betons durch die hohe Fallhöhe zu vermeiden. Beim Kontraktorverfahren bleibt das Ende des Schüttrohres stets in dem noch frischen Beton. Somit wird vermieden dass der neu eingeführte Beton sich mit Kies oder sonstigen Verunreinigungen vermischt. Gleichzeitig zum Betonieren werden das Mantelrohr und das Schüttrohr gezogen (in Abschnitten).

Der BG-Fahrer sieht in seiner Kabine wie tief unter GOK er mit der Kellystange inklusive Bohreimer ist (elektronische Anzeige). Dies erlaubt es ihm genauer abzuschätzen, wann der Bohreimer vollständig mit Bohrgut gefüllt ist. Letzteres wird mit einem Radlader in einen Container zum Abtransport verladen.



Abbildung 9: Entleeren des Bohreimers

Ursprünglich ist vorgesehen, den Beton mithilfe einer Betonpumpe bis zum jeweiligen Rohr zu befördern. Gerade wegen der beengten Platzverhältnisse im Baufeld würde man so vermeiden, dass Betonfahrnischer in die Baustelle hinein manövrieren müssten. Wegen technischen Problemen kommt es aber immer wieder zu Verstopfungen und es wird nicht die gewünschte Pumpgeschwindigkeit, resp. -Menge erreicht.



Abbildung 10: Befüllen der Betonpumpe



Abbildung 11: Befüllen des Bohrfahles

Aus diesem Grund wird entschieden, den Beton, nach Anlieferung und Prüfung (Temperatur/Ausbreitmaß) per Fahrnischer direkt in den vorgebohrten Pfahl zu gießen. Hierzu nimmt man einen Trichteraufsatz zur Hilfe. (siehe Abbildung 11)

Das Kontraktor-Verfahren bleibt dabei bestehen; Der Beton-Transporter schüttet jeweils ca. 1/3 seines Inhaltes in das Rohr bevor dann ein Stück des Mantelrohres und eines (oder mehrere) der 6 Schüttrrohr-Stücke gezogen wird.

Die Mantelrohre kommen immer wieder, für jeden Bohrpfahl, in derselben Reihenfolge zum Einsatz. Als allererstes wird der sogenannte „Anfänger“ gesetzt. Der „Anfänger“ hat an seiner unteren Kante „Zähne“ angeschweißt, die das Eindrehen des Rohres ermöglichen (siehe Abbildung 12). Besonders bei den ersten 3 Mantelrohren ist besonders auf die Vertikalität zu achten – Immer wieder wird deshalb mithilfe einer Wasserwaage überprüft (in 2 Achsen), ob die Mantelrohre gerade eingedreht werden.

Ragt das Anfänger-Rohr noch etwa 1m aus dem Boden heraus, so kann mithilfe der BG36 das nächste Mantelrohr aufgesetzt werden. Beide Rohre werden dann mithilfe von sogenannten „Nuss-Schrauben“ verbunden. Diese werden mit einem Schlagbohrer eingebracht (siehe Abbildung 12)



Abbildung 12: (links) Anfängerrohr / (rechts) Einbringen der "Nüsse" mithilfe eines Schlagbohrers

Um beim ersten verfüllen zu vermeiden dass der frische Beton sich mit dem im Gestänge befindlichen Wasser (GW) vermischt, wird vor der ersten Betoneinführung ein kleiner Plastikball in den Trichter hineingeworfen, der so eine Art Abdichtung bis zum Austritt des Betons an der Bohrpfahlsohle bildet.

Alle Schüttrohre müssen nachdem sie gezogen werden mit Wasser abgespritzt werden, um zu vermeiden dass sich der Beton an den Rohrwänden absetzt.

BE-Fläche Hochbaukran Lammstrasse

Die Baustelle an der Unterirdischen Haltestelle „Lammstrasse“ ist in insgesamt 4 Bauabschnitte unterteilt. Die Bohrpfähle des ersten Bauabschnittes (östlich der Lammstrasse) neigen sich Ende Juni dem Ende zu und somit wird die Baustelleneinrichtung umgestellt um Platz zu schaffen für den weiteren Verlauf der Bohrpfahlwand, westlich der Lammstrasse, vor dem Karstadt-Gebäude.

Größtes Problem hierbei ist der extreme Platzmangel, denn während bei Bauabschnitt 1 noch genügend Platz zum wenden und manövrieren der Baugeräte war, so ist es vor dem Karstadt-Gebäude unmöglich, alle Arbeiten (Bewehrungskörbe einheben, etc.) mit der BG36 zu erledigen. Aus diesem Grund wurde geplant, den für den Ingenieurbau geplanten Hochbaukran in der Lammstrasse bereits vorzeitig aufzubauen und für die Tiefbauarbeiten zu nutzen.

Beim Kran handelt es sich um einen Liebherr 280/EC-H 12/256 mit einer Hakenhöhe von rund 50m und einem Ausleger mit Laufkatze von rund 66m. Der Kran wird aus verschiedenen Gründen auf Schienen gegründet. Zum Einen wird somit vermieden, dass eine zu starke Bodenbelastung stattfindet, zum Anderen entfällt somit eine weitere (Genehmigungs-)Planung für Beton-Einbringung in den Boden (Streifenfundamente, etc.)

Für die Vorbereitung und den Aufbau des Hochbaukranes darf ich die Urlaubsvertretung der Bauleitung übernehmen.



Einmessen

Als erster Schritt muss die betroffene Fläche genau ausgemessen werden. Es war gewusst, dass der Boden ausgetauscht/verstärkt werden musste, um die Lasten des Kranes aufzunehmen. Aufgrund der sehr begrenzten Fläche muss ganz genau abgestimmt werden, wo der Kran hinkommen soll. Auch im Hinblick darauf, dass während des Kranbetriebes ganz in der Nähe der betroffenen Fläche noch eine Fernwärmeleitung umgelegt werden muss

Abbildung 13: Einmessen durch die Geodäten mithilfe eines Theodoliten

Vorbereitende Maßnahmen und Planung

Die Kranaufstellung im Innerstädtischen Bereich ist insofern komplex, als dass sehr viele unterschiedlichste Randbedingungen zu beachten sind. Die Hakenhöhe wurde durch die Höhe des Karstadt-Gebäudes festgelegt. Es soll also möglich sein über das Gebäude zu schwenken. Für die Sicherstellung der Schienenfahrbahn und des weiteren Straßenbahn-Betriebes wird eine elektronische Laufkatzenbeschränkung vorgesehen.

Ein weiteres Hindernis ist ein weiterer Hochbaukran, der auf einer anderen Baustelle (nicht Stadtbahntunnel) in den Schwenkbereich unseres Kranes hineinragen kann. Auch hier muss beachtet werden, dass beide Kräne „aneinander vorbeikommen“.

Für die Standsicherheit des Kranes hat die Statik-Abteilung vorgegeben, welche Druckfestigkeit der Boden aufzubringen hat, und somit hat sich aus den Berechnungen der Geotechniker ergeben, dass ca. 1m unter GOK ein Bodenaustausch stattzufinden hat, und auf GOK-Niveau eine Kies- sowie Schotteraufschüttung aufgebracht werden muss.

Der nächste Schritt ist das Einholen aller Genehmigungen und Leitungspläne. Das Tiefbauamt der Stadt Karlsruhe muss zunächst über das Vorhaben informiert werden, und diese geben dann die Erlaubnis zum Bodenaustausch. Jeder Eingriff in den Boden der Stadt MUSS vom Tiefbauamt genehmigt sein! Da in dem betroffenen BE-Feld kein Beton eingebracht wird, und lediglich ein Boden-„Austausch“ (mit höherwertigerem Material) stattfindet, wird unverzüglich die Genehmigung erteilt.

Ab dann gilt es, alle Leitungen in dem betroffenen Bereich zu analysieren, um sie ggf. zu schützen oder umzuverlegen. Dazu werden die Pläne der betroffenen Einrichtungen wie Telekom und Stadtwerke (für Strom, Beleuchtung, Wasser/Abwasser sowie Gas) eingeholt.

In diesem Fall gibt es nur noch „tote“ Telekomleitungen, sowie einen Wasserhydranten, der von den Stadtwerken verlegt wird. Hierzu sind Arbeiten an einem Feiertag nötig (Fronleichnam), da an dieser Leitung auch die Versorgung des angrenzenden Karstadts angehängt ist. Auch hier ist wiederum auf eine gute Koordination der Arbeiten zu achten. Die Umverlegung des Hydranten beispielsweise bedarf einer weiteren Baustelleneinrichtung, womit die Zufahrt zum eigentlichen Baufeld (nördlich der Lammstrasse) vorübergehend für den LKW-Verkehr gesperrt wird.

Nach dieser Planung stellt sich also heraus, dass der Erdaushub problemlos möglich ist, und die Arbeiten können beginnen; Mit einem Tieflöffelbagger (1 Fahrer + 1 Hilfsarbeiter) werden zunächst die Pflastersteine gelöst und gesondert abtransportiert, bevor dann mit dem weiteren Aushub fortgefahren werden kann. Dabei wurde besonderen Wert auf Vorsicht gelegt, denn auch wenn alle Leitungen zwar bekannt waren, so stimmen die genaueren Positionen nicht immer 100%ig mit der Planung überein. Deshalb ist es auch wichtig, alle angetroffenen Leitungen, Fundamente oder sonstige Besonderheiten sorgfältig zu dokumentieren.



Abbildung 14: Bagger-Arbeiten am Wasserhydranten / Angetroffenes "leeres" Telekomrohr

Verdichtung, Prüfung und Aufbau der Kranfläche

Nachdem der Boden bis ca. 1m unter GOK ausgehoben ist, kann ein erstes Mal verdichtet werden. Dazu wird eine sogenannte „Rüttelplatte“ (auch „Vibrationsplatte“ genannt) eingesetzt.



Abbildung 15: Rüttelplatte zum Verdichten des Bodens

Die Rüttelplatte ist ein Gerät, welches durch Eigengewicht und durch das Drücken der sich drehenden Unwuchten (i.d.R. 2 Stück) den Boden unter sich eindrückt und somit verdichtet. Bei grösseren Geräten wie den in der Lammstrasse eingesetzten Rüttelplatte kommen so durchaus Drücke von bis zu 80kN zustande.

Um den technisch einwandfreien Einbau zu überprüfen wird ein sogenannter *Lastplattendruckversuch* veranlasst. Hier unterscheidet man zwischen einem „dynamischen LPDV“ und einem „statischen LPDV“; hier entscheiden wir uns für die „statische“ Version des Versuches, denn obwohl diese etwas umständlicher ist als die dynamische Alternative, so gibt sie genauere Auskunft über tiefer liegende Bodenschichten. Die dynamische Variante gibt nur Erkenntnis über wie die Festigkeit etwa <1m unter GOK (je nach Boden) ist.

Ein Eigenständiges Geotechnik-Büro erhält den Auftrag für die Prüfung. Bei dieser wird eine Auflast benötigt. In diesem Fall fahren wir den 3-Achser LKW, den wir für den Abtransport des Bodengutes verwendet haben, in die Baugrube. Dann stellen die Geotechniker Ihre Messinstrumente auf.



Abbildung 16: der statische Plattendruckversuch

Nach dieser ersten Verdichtung und positiver Prüfung wird nun lageweise wieder Boden eingebaut. Vorgabe der Statiker war eine Bodengüte von „Kies 0/32“. Diese werden in ca. 30cm-Lagen eingebaut und wieder verdichtet.

Nach Erreichen der GOK (Pflasterstein-Niveau) wird ein weiterer Plattendruckversuch veranlasst um noch einmal zu bestätigen, dass der Boden standhaft genug ist – Diese Bodengüte an der Geländeoberkante ist entscheidend für die Genehmigung der Kranaufstellung. Aus diesem Grund wird hier zusätzlich auch eine Bodenprobe ins Labor geschickt. Das Ergebnis dieser Probe wird eine Proctor-Dichte von 102,8% ergeben, womit der erforderliche Nachweis gegeben ist.

Anschließend kommt eine Aufschüttung von Kies (10cm) und eine weitere Aufschüttung von Schotter (30-40cm) auf das Kranfeld. Die Mächtigkeiten dieser Lagen wurden vorab durch ein Nomogramm des Gleisherstellers ermittelt.

Um eine möglichst ebene Fläche herzustellen wird zum Abschluss noch eine Schicht aus gebrochenem Kies in den Schienenbereichen aufgebracht und glattgezogen. So wird sichergestellt, dass Höhen-, Winkel- und Horizontalitäts-Unterschiede zwischen den beiden Gleisbahnen minimiert werden.



Abbildung 17: Aufbringung von gebrochenem Kies zur Ebenenherstellung

Aufbau des Kranes

Auf insgesamt 9 Tiefladern wird der Kran antransportiert. Zur Aufstellung bedarf es nicht nur einer gut eingespielten und erfahrenen Montage-Gruppe, sondern auch zweier Mobilkrane, die für den zweitägigen Aufbau auf die Baustelle befördert werden. Die Logistik für den Transport ist dabei entscheidend. Kurz vor Karlsruhe sind alle LKW in Warteschleife, d.h. bereit zum Einsatz. Ist die BE-Fläche frei zur Anlieferung, so kann die nächste Ladung abgerufen werden und innerhalb von 20 Minuten eintreffen. Eines der Hauptprobleme hierbei sind wiederum die beengten Platzverhältnisse. Da der Transporter nämlich Rückwärts in die Baustelle einfahren muss, ist es nötig bereits bei der Abfahrt der Vielbefahrenen Kriegsstrasse (Hauptverkehrsachse in Ost-West-Richtung) zu wenden. Insofern muss kurzzeitig der Verkehr aufgehalten werden, damit jeder Transporter die gesamte Lammstrasse im Rückwärtsgang zurücklegen kann.



Abbildung 18: Antransport des ersten Turmstückes und Sicherung der Strasse durch die Arbeiter (Lammstrasse Höhe Ettlinger Tor)

Die einzelnen Turmstücke werden mit jeweils 4 Bolzen an jeder Ecke untereinander fixiert.

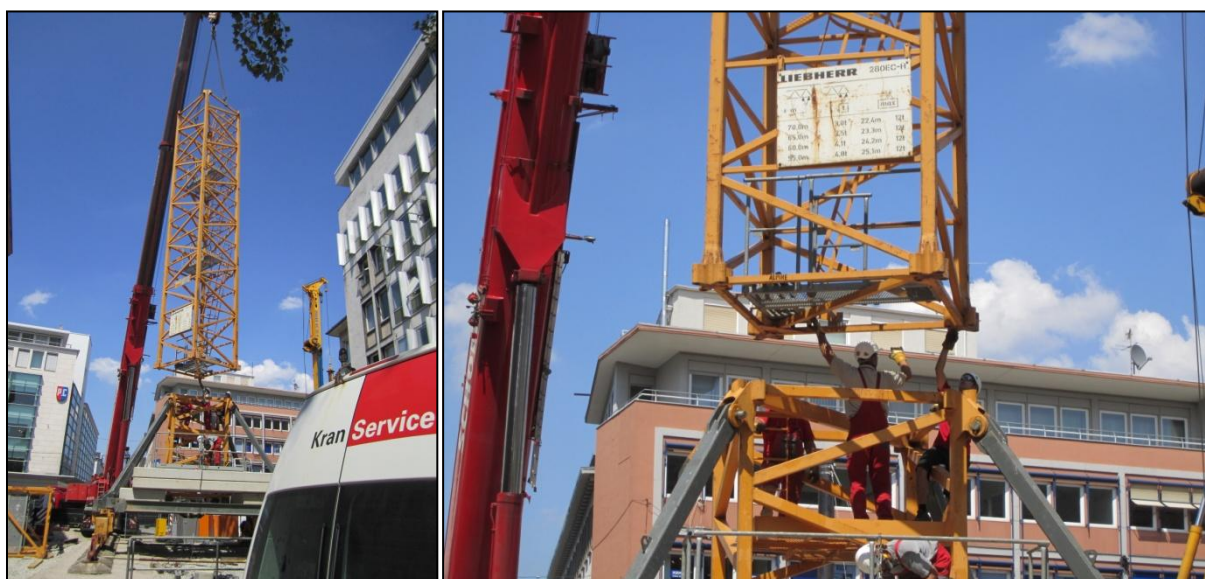


Abbildung 19: Einheben und fixieren der Turmstücke

Der Ausleger besteht aus insgesamt 3 Teilstücken und wird erst am Boden zusammengebaut (hierzu wird der 2. Mobilkran benötigt). Insgesamt wiegt er ca. 15 Tonnen und wird danach hochgehoben und befestigt.



Abbildung 18: Zusammenbau und Einheben des Auslegers in der Lammstrasse

Nachdem auch der Ausleger angebracht ist, werden die Gegengewichte eingehoben und dann kann die sogenannte „Testfahrt“ ausgeführt werden bei der unter anderem auch die Laufkatzbegrenzung eingestellt wird. Die elektronische Laufkatzbegrenzung ist speziell bei beengten Platzverhältnissen unabdingbar denn sie verhindert, dass der Kranfahrer evtl. durch Unachtsamkeit beispielsweise eine Last über die noch fahrenden Straßenbahnen hebt. Die Laufkatzbegrenzung bei diesem speziellen Kran ist zudem noch eine Weiterentwicklung, da sie nicht einfach nur abbremst, wenn die Hakenhöhe in einen vorher definierten „unerlaubten“ Bereich schwenkt, sondern zudem davor bereits abbremst. So wird zudem vermieden, dass die Last ins Schwanken gerät.



Abbildung 19: Festmachen des Auslegers aus Sicht der Kaiserstrasse (zu sehen ist einer der beiden Autokrane)

Fazit und Danksagung

Das Praktikum in dem Großprojekt „Stadtbahntunnel Karlsruhe“ hat mir äußerst viele Eindrücke über den tatsächlichen Ablauf einer Baustelle und die Aufgabenbereiche des Bauleiters und des Bauingenieurs im Allgemeinen verschafft. Insbesondere wurde mir noch deutlicher, dass der Ingenieur, sei es nun Statiker, Bauleiter oder Projektmanager vielmehr ein „Problemlöser“ ist, der seine Kreativität immer wieder in der Überwindung von Behinderungen, Schwierigkeiten, Problemen, etc. unter Beweis stellen muss.

Wie bereits im Einleitungs-Teil erwähnt habe ich enorm von dem umfangreichen Leistungsspektrum des Großprojektes profitiert. In meinen Aufgabenbereich fielen die unterschiedlichsten Themengebiete; denn neben der Arbeit mit den Bauleitern durfte ich auch den Kalkulatoren über die Schulter schauen und konnte so viele Einblicke gewinnen, was Leistungsverzeichnisse, Abrechnungsrecht, Nachtragsverhandlung, etc. betrifft. Ich hatte also quasi die Möglichkeit von Ausschreibung bis Abrechnung alles mitzuerleben.

Die Wahl des Zeitpunktes des Praktikums kurz vor Ende des Studiums hat sich als richtig erwiesen, da ich direkt von Anfang an intensiv mitarbeiten konnte und auch wenn mein theoretisches Studiums-Wissen alles andere als tiefgründig war, so konnte ich mich relativ schnell in alle Themengebiete einarbeiten. Insbesondere für die Planung kamen mir die Vorlesungen „Bauverfahrenstechnik im Hoch-/Tief-/Wasserbau“, „Kalkulation“ und „Bauleitung & Unternehmensführung“ zugute.

Insofern würde ich mich an dieser Stelle gerne bei der ARGE Stadtbahntunnel und insbesondere der Grund- und Sonderbau mit Ihrem ganzen Team an (Ober-)Bauleitern, Polieren und Arbeitern ganz herzlich für die äußerst lehrreiche Zeit bedanken.