

Bericht der Vertieferexkursion 2005 nach Köln

09.11. – 11.11.2005

1 Nord-Süd Stadtbahn Köln

Am Vormittag des ersten Tages besuchten wir die Zentrale der Kölner-Verkehrsbetriebe (KVB). Dort wurden wir vom Projektleiter und einem Ingenieur eines beratenden Planungsbüros in das Bauvorhaben eingeführt.

Die Nord-Süd Stadtbahn Köln ist das derzeit größte städtebauliche Projekt Deutschlands und zählt zugleich zu den größten archäologischen Ausgrabungsstätten in einer europäischen Metropole.



Der Bau der Nord-Süd Stadtbahn Köln erfolgt in drei Baustufen:

1. Baustufe

Die erste Baustufe erstreckt sich vom Breslauer Platz beim Hauptbahnhof quer durch die Alt- und Innenstadt bis zur Marktstraße im Kölner Süden.

Der größte Teil dieser rund vier Kilometer langen Trasse verläuft unterirdisch in zwei eingleisigen, parallel zueinander liegenden Tunnelröhren. Nur 270 Meter der Strecke werden oberirdisch gebaut.

Davon entfallen 160 Meter auf eine Rampe, auf der die Nord-Süd Stadtbahn kurz vor dem südlichen Endpunkt den Untergrund verlässt und weitere 110 Meter auf die daran anschließende oberirdische Haltestelle Marktstraße. Die erste Baustufe wird voraussichtlich 2010 beendet sein. Im selben Jahr wird die Nord-Süd Stadtbahn Köln auf dieser Strecke den Fahrbetrieb aufnehmen.

2. Baustufe

Die zweite Baustufe dient der Anbindung der Nord-Süd Stadtbahn Köln an das Rheinufer. Dafür entsteht ein östlicher Abzweig, der von der künftigen Haltestelle Bonner Wall zum Teil über die Trasse eines stillgelegten Hafengleises bis zur Schönhauser Straße geht. Dort wird die Nord-Süd Stadtbahn Köln mit der Stadtbahnlinie 16 verbunden, die in Richtung Süden verkehrt. Auch die zweite Baustufe wird voraussichtlich 2010 beendet sein und muss zeitgleich mit der ersten Baustufe in Betrieb gehen.

3. Baustufe

Die dritte Baustufe wird im Anschluss an die Haltestelle Marktstraße oberirdisch in der Mitte der Bonner Straße verlaufen und mit vier Haltestellen auf zwei Kilometer Länge bis zum Verteilerkreis Köln / Arnoldshöhe führen.

Der beratende Ingenieur informierte uns anschließend über die Spezialtiefbaumaßnahmen insbesondere beim Haltestellenbau. Dieser erfolgt in mehreren Schritten:

Vor der Durchfahrt der Schildmaschine durch den Bahnhofsbereich wird der Rohbau des Bahnhofs in Angriff genommen. Nachfolgend werden dann die Streckentunnel und anschließend die Querschläge, welche den Bahnhofsbereich mit den Streckentunneln verbinden sollen, hergestellt. Abschließend erfolgt der Ausbau der Haltestelle mit Bahnsteig, Fahrstühlen, Fußgänger- und Rolltreppen und anderen für den Betrieb notwendigen Einrichtungen.



1. Schlitzwände

Zunächst wird eine wasserdichte Baugrubenumschließung aus Schlitzwänden erstellt. Dazu werden mit Hilfe einer Suspensionsstützung Schlitze bis in tertiäre, gering durchlässige Bodenschichten abgeteuft, anschließend Bewehrungskörbe eingestellt und die Schlitze im Kontraktorverfahren bei Verdrängung der Stützsuspension ausbetoniert. Aus dem Schlitzwandkasten, der jetzt abgedichtet ist, kann nun das Grundwasser abgepumpt werden, ohne dass der Grundwasserhaushalt umliegender Bereiche beeinträchtigt wird. Während dieser Bauphase muss der Straßenverkehr verlegt werden.



2. Bau unter dem Deckel

Auf die Oberkanten der Schlitzwände wird ein Deckel aufgelegt. Darunter kann die Baugrube ausgehoben werden. Die Oberfläche steht danach dem Verkehr wieder zur Verfügung.



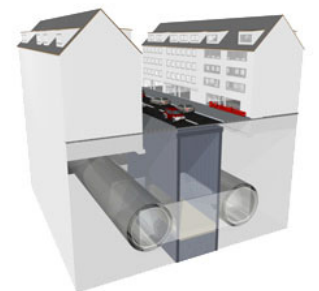
3. Abdichtung

Die Unterseite der ausgehobenen Baugrube erhält eine Sohle mit einer Auffüllung bis in Höhe des Niveaus des späteren Bahnsteiges.



4. Tunnelbau

Die Schildmaschine fährt im Laufe des Streckentunnelvortriebs unterirdisch links und rechts an der Baugrube vorbei. Ausgeklügelte Vermessungstechnik steuert sie dabei parallel zu den Schlitzwänden und kontrolliert die richtige Höhe der Tunnel.



5. Vereisung

Der wasserführende lockere Boden, der den Schlitzwandkasten von den Tunnelröhren trennt und diese umgibt, wird zur Stabilisierung vereist. Jetzt können einzelne Tübbinge aus der Tunnelröhre demontiert werden. Auch die Schlitzwände werden durchbrochen.



6. Querschläge

Im gefrorenen, standfesten Boden wird ein Querschlag hergestellt. Ist dieser endgültig mit Stahlbeton ausgebaut und auf diese Weise dauerhaft stabilisiert, kann der vereiste Boden wieder aufgetaut werden. Die Haltestelle ist jetzt im Rohbau fertig.



7. Endausbau

Im Endausbau werden die Bahnsteige innerhalb der Tunnelröhren installiert. Durch die Querschläge gelangt man ins Treppenhaus, das über das Eingangsgeschoss den Zugang von mehreren oberirdischen Treppeneingängen ermöglicht.

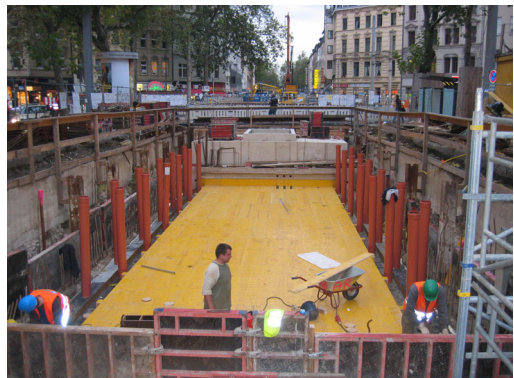
Nach einem gemeinsamen Mittagessen in der Kantine der KVB und einer weiteren kurzen Einführung vor Ort durch den Bauleiter besichtigten wir die einzelnen Bauabschnitte des Loses Süd.

Zahlen und Fakten zur Baustelle:

- Gesamtlänge 3260 m
- 6 unterirdische Bahnhöfe
- Bauzeitende 2010
- Rohbaukosten 390 Mio. €

Angewandte Bauverfahren:

- Hydroschildvortriebe
- bergmännische Bauweisen
- Düsenstrahlverfahren (HDI)
- Druckluft
- Feststoffinjektion
- Kompensationsinjektionen
- Vereisung
- Unterwasserbeton
- Deckelbauweise
- Kölner Stollenbauweise
- Schlitzwände
- Bohrpfehlwände



Daten zur Tunnelstrecke:

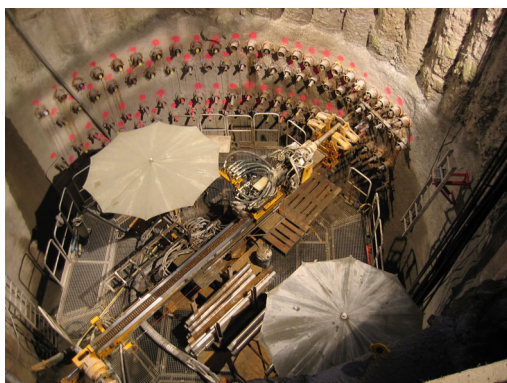
- Gesamtlänge: 2 x 2690 m
- Minimale Überdeckung: 5 m
- Maximale Überdeckung: 19 m
- Wasserdruck: 21 m

Daten zur Tunnelbohrmaschine:

- Außendurchmesser: 8,4 m
- Länge der Vortriebsanlage: 75,8 m
- Gewicht der Vortriebsanlage: 800 to
- Betriebsdruck Schild: 3,0 bar
- Max. Vortriebskraft: 64620 kN
- Installierte Gesamtleistung: 2500 kW



Um einen Eindruck von den Kompensationsinjektionen zu bekommen, besuchten wir zuletzt den Schacht Haus Kutz Süd. Für diese Baumaßnahme wurde ein spezielles Injektionsgerät entwickelt. Eine Besonderheit liegt dabei in der Abstützvorrichtung mit welcher das Gerät in der Lage ist, die Höhe zu variieren.



2 Emscher Projekt / Emscher Genossenschaft

Am zweiten Exkursionstag fuhren mit dem Bus nach Duisburg, um uns über das Emscher Projekt zu informieren. Nach einer kleinen Exkursion in Richtung Wuppertal, die ihre Ursache in dem verbesserungsbedürftigen Verständnis zwischen Busfahrer und Navigationssystem hatte, trafen wir dann auch nur leicht verspätet bei der Emscher Genossenschaft ein, wo wir freundlich empfangen wurden und zunächst durch mehrere Vorträge einen Überblick bekamen.

Aufgrund der zunehmenden Belastung der Gewässer durch Industrie und steigende Bevölkerungszahlen im 19. Jahrhundert wurde eine geregelte Abwasserentsorgung im Ruhrgebiet notwendig. Bergsenkungen durch den Kohleabbau verursachten zusätzlich Abflussstörungen. Deshalb wurde am 14. Dezember 1899 die Emscher Genossenschaft als erster Wasserwirtschaftsverband in Deutschland gegründet, um weiterhin eine Wasserver- und Abwasserentsorgung des Emschergebiets zu gewährleisten.

Zu den Aufgaben der Genossenschaft gehören die Regelung des Wasserabflusses, die Unterhaltung der Wasserläufe, die Abwasserentsorgung sowie die Regelung des Grundwasserspiegels. Zur Regelung des Abflusses zählt insbesondere die künstliche Entwässerung großer Gebiete. Der Verband bewirtschaftet insgesamt 76 Klärwerke, 650 km Wasserläufe, 56 km Abwasserkanäle, 158 Pumpwerke und 48 Rückhaltebecken.

Die Einrichtung dauerhafter Abwasserkanäle war wegen fortlaufender Bergsetzungen nicht möglich und ein Großteil der Abwässer fließt bis heute in offenen Kanälen gemischt mit Regenwasser zu den Kläranlagen. Zum Schutz der Umwelt und um die Kläranlagen zu entlasten wird nun im Zuge des Emscher Projekt das Emschergebiet zu einem Landschaftspark umgewandelt. Dabei sollen die Abwässer in unterirdischen Kanälen abtransportiert werden und der bisherige Emscherkanal naturnah zu einem Naherholungsgebiet umgestaltet werden. Das Projekt umfasst 360 Einzelprojekte, von denen schon ca. 250 aktiv sind, und den Bau von weiteren 400 km zusätzlicher Abwasserkanäle im Emscher System und wird voraussichtlich bis 2040 abgeschlossen sein.



3 Besichtigung der Kläranlage Duisburg- Alte Emscher

Nach der Präsentation des „Emscher-Projekts“ durften wir die Kläranlage „Alte Emscher“ besichtigen. Bis 1910 mündete dieser Emscherlauf in den Rhein. Die starken Bergsenkungen zwangen damals dazu die Emschermündung rheinabwärts zu verlegen; dieser abgetrennte Unterlauf wird seitdem Alte Emscher genannt.

Die biologische Kläranlage „Alte Emscher“ wurde 1988 in Betrieb genommen und dabei für eine Reinigungskapazität von etwa 500.000 Einwohnerwerten ausgelegt. Die Entwässerung des Einzugsgebietes Alte Emscher erfolgt heute über zwei Pumpwerke in Duisburg. Da man auch die Reinigung des Einzugsgebietes Kleine Emscher aus wirtschaftlichen Gründen übernommen hat, gibt es ein weiteres Pumpwerk und eine ca. 5km lange Druckleitung zwischen der inzwischen stillgelegten Kläranlage Kleine Emscher und der von uns besuchten.

Unser Rundgang war so angelegt, dass der Reinigungsprozess des Wassers mit unserem Fußweg in etwa übereinstimmte. So starteten wir bei der mechanischen Reinigung, bestehend aus Rechen, Sandfang (hier: 2 Beckengruppen mit je 2 belüfteten Becken) und Vorklärbecken (2 Beckengruppen mit je 4 Becken). Daraufhin kamen die Belebungsbecken (3 Becken), die für die biologische Reinigung zuständig sind. Die nächste Station waren dann die Nachklärbecken (6 runde Becken mit Saugräumern), in welchen sich der sog. Belebtschlamm absetzen kann. Das gereinigte Abwasser fließt über eine ca. 500m lange Doppelrohrleitung in den Rhein. Der Belebtschlamm wird erneut der biologischen Reinigung zugeführt und der Überschussschlamm wird mit dem Vorklärschlamm aus der mechanischen Reinigung vermischt und in den beiden Faulbehältern ausgefault.

Dieser ca. einstündige Rundgang war ein lehrreicher Exkurs in die Abwasserreinigung, der gezeigt hat, wie komplex die Abläufe in einem Klärwerk sein können und dass es nicht immer einfach ist, die Schmutzstoffe, welche der Mensch produziert, wieder aus dem Abwasser zu entfernen. Die Aussage des Kläranlagenleiters, dass die Anlage quasi geruchlos sei, wollten wir allerdings nicht unterschreiben.



4 Rohrvortrieb

Ein wesentlicher Bestandteil der Neugestaltung der Emscher ist die Entlastung des Flusses von Schmutzwasserfracht durch unterirdische Kanäle, das sogenannte „emscher:kanal“ Projekt. Hierbei werden auf einer Länge von 50 km die Abwässer aus den seitlichen Einzugsgebieten zu den Kläranlagen gebracht. Das kanalisierte Einzugsgebiet umfasst 430 m² und 1,8 Mio. Menschen.

Um den geplanten Fertigstellungstermin im Jahre 2014 einhalten zu können, muss in 10 bis 15 Losen gleichzeitig gebaut werden. Der Vortrieb sieht dabei so aus, dass von einem Startschacht ausgehend, vorgefertigte Rohrstücke, mit einer Länge von ca. 2,5 m nacheinander über hydraulische Pressen in den Boden vorgetrieben werden. Am Pilotrohr befindet sich ein Schneidschuh der den anstehenden Boden löst. Um Reibung zwischen den Rohren und dem Boden möglichst gering zu halten, ist zum einen der Schneidschuh im Durchmesser größer und zum anderen wird in den dadurch entstehenden Raum, eine Suspension gegeben. Der Vortrieb ist lasergesteuert und wird durch mehrere Messeinrichtungen überwacht. Um den Druck der Pressen am Startschacht nicht zu überlasten, wurde in dem von uns besichtigten Vortrieb noch eine Zwischenpresse eingebaut, die zwischen Pilotrohr und Startschacht liegt.

Zahlen zum Emscherkanal

- Länge: 51 km
- Innendurchmesser: 1,4 m bis 2,8 m
- Gefälle: 1,5 ‰ bis 1,8 ‰
- Tiefenlage: 8 m bis 40 m
- Anzahl d. Schachtbauwerke: 130
- Pumpwerke: 3
- Rohrwerkstoff: Stahlbeton



5 Zeche Zollverein

Als ausgleichendes Kulturprogramm stand nachmittags der Besuch des UNESCO Weltkulturerbes „Zeche Zollverein“ in Essen auf dem Programm, wo wir während einer Führung einen Eindruck von der Schwerindustrie im Revier des vergangenen Jahrhunderts bekamen.



6 Braunkohlekraftwerk Niederaußem und Tagebau Garzweiler

Am Freitag, den 11.11.05 (ein Termin, auf den ein rheinländischer Lehrstuhl wohl keine Exkursion gelegt hätte ...) stand die Geotechnik im ganz großen Maßstab auf dem Programm: Braunkohletagebau.

Zunächst besuchten wir das geotechnische Labor der Firma RWE. Dort bekamen wir einen Überblick über die Geschäftsbereiche des Konzerns, insbesondere die Braunkohleförderung und die damit verbundene Energiegewinnung. Die RWE betreibt Stromerzeugung in allen Bereichen, wobei Braunkohle einen 44%igen Anteil ausmacht. Die Versorgung mit Kohle wird aus dem rheinischen Revier sichergestellt. Dazu gehören Hambach, Garzweiler und Inden. Die Lagerstätten entstanden im Tertiär vor ca. 12 bis 20 Mio. Jahren aus subtropischer Vegetation.

Zur Zusammensetzung der Ruhrkohle lässt sich allgemein sagen, dass der Wassergehalt zwischen 50 bis 60% variiert, der Aschegehalt zwischen 1,5 und 8 %. Der Heizwert der Ruhrkohle beläuft sich auf etwa 2000 kcal. Zur Förderung einer Tonne Kohle muss ein Aushub von 4,6 t erfolgen. Der Tagebau Inden beliefert ein nebenstehendes Kraftwerk. Die Kohle der anderen Abbaustätten wird per Bahn zu den Kraftwerken transportiert. Für den Ausbau der Lagerstätten ist es nötig Autobahnen und Flüsse zu verlegen und ganze Dörfer umzusiedeln. Schon während des Kohleabbaus wird der Abraum an Stellen, die keine Rohstoffressourcen mehr enthalten, verkippt und anschließend renaturiert oder geflutet. Während des Betriebs tritt durch die laufende Wasserhaltung eine Grundwasserabsenkung ein, die eine künstliche Bewässerung der umliegenden Feuchtgebiete nötig macht. Durch die gigantischen Absenktrichter können bei entsprechendem Baugrund selbst in großen Entfernungen Bauwerksschäden auftreten.

Insgesamt schätzt man den Vorrat des rheinischen Reviers an Braunkohle auf ca. 55 Mrd. Tonnen, von denen 30 Mrd. Tonnen gewinnbar sind. Die Braunkohle liefert momentan 25 % der Strommenge in Deutschland.

Der Abbau von Braunkohle wird im Gegensatz zur Steinkohle nicht subventioniert. Trotzdem gelingt es der Rheinbraun, einer Tochtergesellschaft der RWE, im Bereich des Braunkohleabbaus schwarze Zahlen zu schreiben.

Das geotechnische Labor leistete bereits umfangreiche Arbeit bei der Berechnung der Standsicherheit der Schaufelradbagger und der Böschungen. Hier wurden sowohl mit dem Gleitkreisverfahren als auch mit der Starrkörpermethode mögliche Rutschungen untersucht. Dafür wurden Programme eigens für den RWE-Gebrauch geschrieben, welche die Randbedingungen bei Tageauböschungen berücksichtigen, wie z. B. große Teufen, steile Böschungen, begrenzte Nutzungsdauer, eine gewisse Sicherheitszone und zulässige Verformungen. Böschungsberechnungen im Tagebau werden nicht nach der DIN 1054 (2005)geführt.

Durch Geo-Roboter und Reflektoren werden die gängigen Verformungen (5 – 6 cm) erfasst und überwacht. Inklinometerbohrungen ermöglichen frühzeitige Trennflächenerkennung.

Nach dieser allgemeinen Einführung wurden die aktuellen Arbeiten im Tagebau Garzweiler einleitend erklärt. Derzeit ist einer der Schwerpunkte die Umlegung des Bandsammelpunktes, da der Tagebau schon ziemlich weit fortgeschritten ist und für einen künftigen Abbau die Transportwege kurz gehalten werden sollen. Die Bandanlagen funktionieren im Schwenkbetrieb, d.h. sie können mit kleinen Übergangspausen kontinuierlich laufen. Als Zusatz zum Verkippgut wird Kalk beigegeben, um eine Versäuerung des Kiesel zu verhindern. Durch die neutralisierende Wirkung des Kalkes wird das Grundwasser nicht belastet. Am neuen Bandsammelpunkt mussten deswegen auch neue Kalksilos errichtet werden, was durch den schlechten Untergrund (Verkipfung) nur durch eine Pfahlgründung realisiert werden konnte. Die riesigen Silos dienen trotz ihrer Größe nur als Puffer für die Anlieferzeiten, da schließlich Unmengen Abraum anfallen.

Außerdem war der Bau von Überlandleitungen, Trafostationen und Feuerlöschversorgungsanlagen nötig, wobei die Kosten für die Bandanlage noch den Löwenanteil stellten. Damit war die erste Einführung abgeschlossen und wir fuhren mit dem Bus zum Schloss Paffendorf, das im Besitz der RWE ist, in dessen Räumlichkeiten wir zunächst eine Einführung zum Braunkohle-Kraftwerk Niederaußem erhielten.

Anhand einer Folienpräsentation wurden wir von einer engagierten Maschinenbaustudentin von der RWTH über die grundlegenden technischen Daten des Kraftwerks informiert:

- 9 Blöcke mit 3,8 GW Leistung; JAV 27 TWh/a
- neuer Braunkohleblock BoA mit 1000 MW; Wirkungsgrad > 43%; JAV 7,2 TWh/a
- (zum Vergleich: erster Block von 1963 mit 150 MW; Wirkungsgrad = 33%)

Die technischen Errungenschaften haben im Laufe der Zeit zu einem wesentlich besseren Verhältnis von Kohlemenge zu Strommenge geführt. Heute ist man bei etwa 0,9 kg / kWh.

Zu Beginn des Prozesses der Energiegewinnung wird die angelieferte Kohle sortiert und in der Kohlemühle vorbereitet. Der eigentliche Kraftwerksprozess beginnt dann mit der Verbrennung der Braunkohle im Dampferzeuger. Dort wird Wasser unter hohem Druck verdampft und überhitzt. Anschließend wird dieser Dampf durch die Turbine geleitet, welche über eine Welle mit dem Generator verbunden ist, der dann den Strom erzeugt. Der Wasserdampf entspannt sich beim Durchströmen der Turbine aber nicht komplett, sondern muss anschließend im Kühlturm wieder zu Wasser kondensiert werden. Danach beginnt der Kreislauf wieder von vorn. Das benötigte Kühlwasser wird aus der Grundwasserhaltung des Tagebaus Hambach entnommen.

Im Anschluss an die Präsentation besichtigten wir das Kraftwerk Niederaußem. Der Rundgang begann im Maschinenhaus, dort befanden sich Kondensatoren und die Kühlwasseranlage, die 8000 m³ / h Wasser in das Kraftwerk pumpt. Im Weiteren besichtigten wir die Turbinen, aus denen mittels Argon andere Gase verdrängt werden. Die Turbinen bestehen aus drei Niederdruckteilen, einem Mittelteil und einem Hochdruckteil. Um den 162 m hohen Kessel zu besichtigen war es nötig sich in den oberen Teil des Kraftwerks zu begeben. Der Kessel ist an eine St52 Stahlkonstruktion aufgehängt. Den Abschluss des Rundgangs stellte die Kohlemühle dar, in der sich eine Hammerkopfplatte mit 500 Umdrehungen pro Minute befand.



Highlight des Tages war die Besichtigung des Braunkohletagebaus Garzweiler im Geländebus. Dort befinden sich 2,8 km Bandanlagen, die mit 6,5 m / s zur Zugbeladung laufen. Es werden immer zwei Züge wechselseitig beladen. Von dort aus fahren wir vorbei an Bunkerschiffen und dem alten Bandsammelpunkt zu einem der kohlefördernden Schaufelradbagger. Hier konnten wir aus nächster Nähe mit ansehen, in welchem Tempo ein solches Ungetüm die Böschungen abträgt.

Daten zum Bagger

Preis: 200 Mio. €

Gewicht: 13.000 t (Bodenpressung: bis 280 kPa)

Länge: 240 m

Höhe: 96 m

Rauperfläche: 660 m²

Schaufelraddurchmesser: 21 m

Volumen einer Schaufel: 6,5 m³

Stromversorgung: 30 kV

Antriebsleistung: 16 MW

Besatzung: 4 Personen

Auf die Kohlequalität wird großen Wert gelegt. Um diese sicherzustellen werden an mehreren Stellen zwischen Schaufelradbagger und Kraftwerk Proben genommen.





Abends wurden wir von unseren Gastgebern noch ins Schloss Paffendorf zum Abendessen eingeladen, wo wir noch einige Fragen loswerden und uns für die Rückreise stärken konnten. Der Bus brachte uns danach – ausnahmsweise zielgenau – zum Deutzer Bahnhof, wo wir auf den ICE wartend noch ein knappes Stündchen in den Kölner Karneval eintauchen konnten ...



