

Vorwort

Fritz Gehbauer

Das Institut für Technologie und Management im Baubetrieb (TMB) deckt in Lehre und Forschung ein weites Spektrum verschiedener Bereiche des Bauwesens ab. Es beschäftigt sich neben den bauverfahrens- und baumaschinentechnischen Grundlagen des Bauens auch mit der Betriebswirtschaftslehre und dem Projekt- und Facility Management. Das TMB hat sich zur Aufgabe gemacht, den Studenten der Vertiefungsrichtung Baubetrieb dieses Spektrum in seiner Breite und Tiefe zu vermitteln. Aus diesem Grund werden im Rahmen des Vertieferlehrgangs Baubetrieb alljährlich auch verschiedene Exkursionen durchgeführt, wobei die Pfingstexkursion den Höhepunkt des jeweiligen Jahrgangs darstellt.

Die Pfingstexkursion führte uns in diesem Jahr in der Pfingstwoche, vom 29. Mai bis 1. Juni 2007, nach Mainz, Köln und Amsterdam. Mit dem diesjährigen Besichtigungsprogramm für 22 Studierende des Vertieferlehrgangs Baubetrieb gelang es, das weite Spektrum vom Tief- und Tunnelbau, dem Erd- und Straßenbau bis hin zum Ingenieur- und Hochbau abzudecken. Durch die Besuche bei den Baustellen und Baumaschinenherstellern wurden diese Einsatzfelder des Baubetriebs sehr anschaulich vermittelt. Dabei konnte die Theorie der Vorlesung mit praktischen Erfahrungen aus dem Alltag der Bauindustrie ergänzt werden. In Gesprächen vor Ort mit Projekt-, Bau- und Werkleitern konnten die Studierenden nicht nur technische und wirtschaftliche Aspekte erörtern, sondern es war ihnen auch möglich, darüber hinausgehende Einblicke in das soziale Arbeitsumfeld auf der Baustelle, in der Baufirma und in der Baumaschinenfabrik zu erhalten.

Eine Exkursion diesen Umfangs und dieser Qualität wäre allein durch die Mittel des Instituts und ohne die finanzielle Unterstützung von außen nicht durchführbar. Aus diesem Grund geht der herzliche Dank aller Exkursionsteilnehmer an folgende Firmen und Einzelpersonen, die durch Spenden für den größten Teil der Reisekosten aufgekommen sind:

Herrenknecht AG, *Schwanau*

Dr. Gunter Schlick, *Karlsruhe*

Elba-Werk Maschinen-GmbH & Co. KG, *Ettlingen*

Wilhelm Faber GmbH & Co. KG, *Alzey*

Ed. Züblin AG, *Stuttgart*

Michelin Reifenwerke, *Karlsruhe*

ABB Grundbesitz GmbH, *Ladenburg*

Putzmeister AG, *Aichtal*

ProLean Consulting AG, *Düsseldorf*

JBC Deutschland GmbH, *Köln*

Bilfinger Berger AG, *Mannheim*

Komatsu GmbH, *Hannover*

Thost Projektmanagement GmbH, *Pforzheim*

Konrad Schweikert KG, *Bruchsal*

Ingenieurbüro Wolfgang Stuber, *Karlsruhe*

BSB-Saugbagger und Zweiwegetechnik Stefan Mattes GmbH & Co. KG, *Berlin*

Dr.-Ing. Uwe Görisch GmbH, *Karlsruhe*

Ingenieurbüro Berthold Ketterer, *Speyer*

Achatz GmbH, *Mannheim*

Neben den finanziellen Beiträgen erhielten wir vielfache organisatorische Hilfe bei der Vorbereitung und Durchführung der Besichtigungen. Dafür gilt unser Dank den folgenden Firmen, Behörden und Arbeitsgemeinschaften:

Landesbetrieb Mobilität Worms – Projektbüro Mainzer Ring, *Mainz*

RWE Power – Besucherdienst, *Bergheim*

Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen, *Wesel*

Max Bögl Bauservice GmbH & Co. KG; *Neumarkt*

Keller Grundbau GmbH, *Bochum*

Wirtgen GmbH, *Windhagen*

Besonders möchten wir denjenigen Damen und Herren unseren herzlichen Dank aussprechen, die entweder durch ihre Organisation im Vorfeld und/oder durch ihre Betreuung vor Ort das Besuchsprogramm zum Erlebnis machten:

Herr Jerome Sarfert (Landesbetrieb Mobilität Worms)

Herr Herbert Groß und Frau Britta Schwalm (RWE Power)

Frau Heike Pohl und Herr Helmut Reinsch (Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen)

Herr Gert van Malenstein, Herr Stefan Buss, Herr Michael Fröhlich, Herr Raith (Max Bögl Bauservice GmbH & Co. KG)

Frau Verena Blessing (Keller Grundbau GmbH)

Herr Christoph Menzenbach (Wirtgen GmbH)

Um auch den Studenten anderer Institute und Fakultäten das Studium des Bauingenieurwesens etwas näher zu bringen, haben wir, neben der Veröffentlichung dieses Exkursionsberichtes, auch auf unserer Instituts-Homepage diesen Exkursionsbericht für alle Studenten und Interessierten zugänglich gemacht. Alle Spender können daher sicher sein, dass ihr Betrag auch von dieser Seite her eine gute Anlage war. Insgesamt war die Veranstaltung wiederum ein Höhepunkt des Lehrbetriebes unserer Fakultät.

Neben der Pfingstexkursion wurden im Verlaufe des Vertieferlehrgangs 2006/2007 zudem mehrere Tagesexkursionen zu folgenden Firmen und Baustellen durchgeführt:

Baustelle „LBBW Karlsruhe“ (Bilfinger Berger AG)

Baustelle „Wohnstift Karlsruhe“ (Bilfinger Berger AG)

Baustelle „Katzenbergtunnel, Efringen-Kirchen“ (Ed. Züblin AG)

Besichtigung des Steinbruches Nußloch (HeidelbergCement AG)

Für die hervorragende örtliche Betreuung auf den Tagesexkursionen sei folgenden Herren herzlich gedankt:

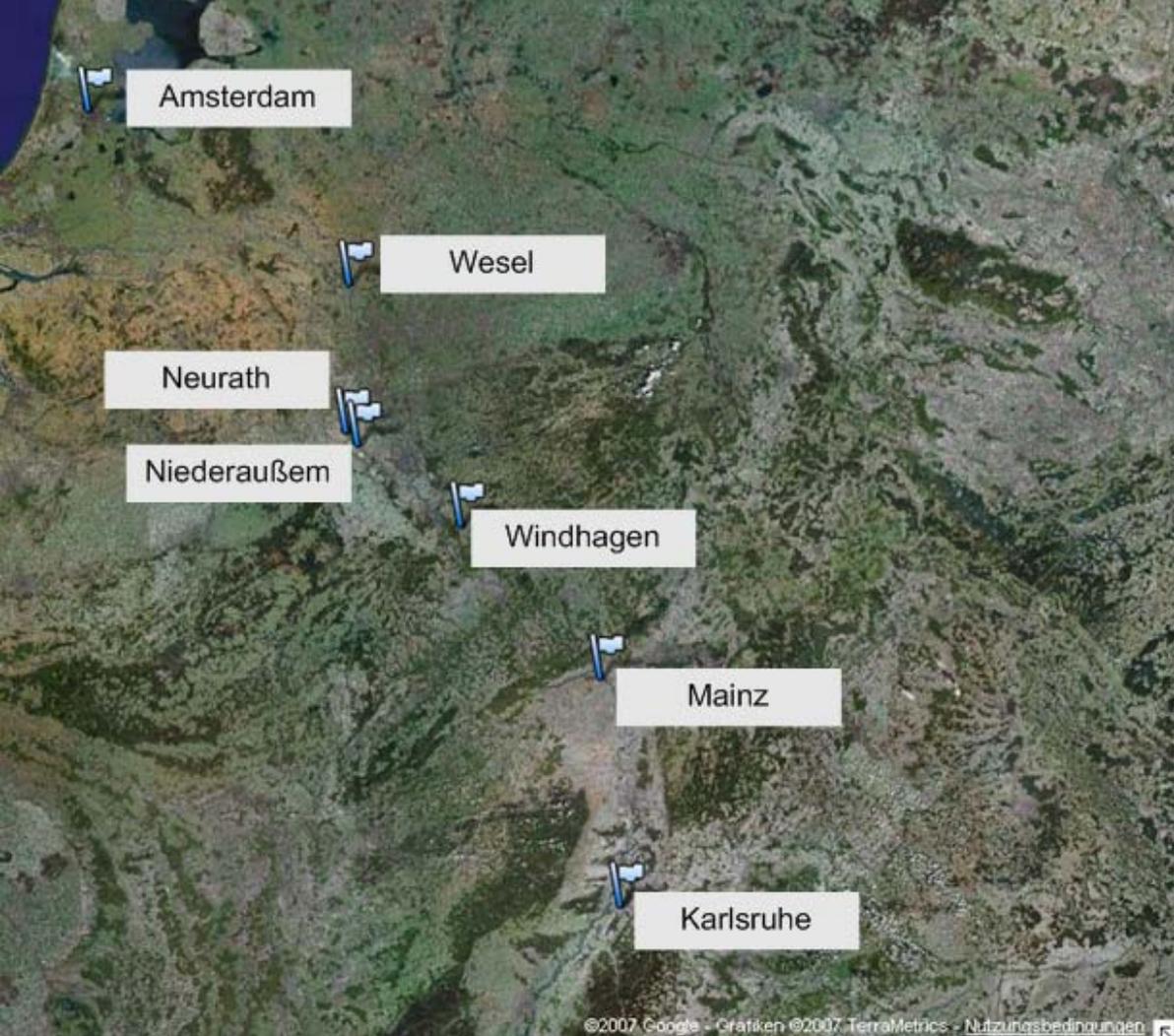
Herr Prof. Nußbaumer (Ed. Züblin AG)

Herr Hildenbrand, Herr Kiefert, Herr Hormuth, Herr Rohr (Bilfinger Berger AG)

Herr Matz (Steinbruchs-Berufsgenossenschaft)

Herr Sauter (HeidelbergCement AG)

Die Exkursionsziele



Die Teilnehmer



Institutsangehörige: Dipl.-Ing. Jürgen Kirsch
Dipl.-Ing. Harald Schneider
Armin Hofmann

Studenten:

Yves	Ayadi	Ruben	Meinzer
Jan	Beutelschieß	Daniel	Reichert
Andreas	Brüssel	Rene	Ritschel
Christian	Burkart	Alexander	Schaaf
Stefan	Ehmann	Benjamin	Schanz
Malte	Einberger	Michael	Schlick
Tillmann	Herwig	Matthias	Schulz
Veera	Ivantsova	Kristoffer	Selmer
Max	Köppl	Martin	Umminger
Gerald	Kremer	Paulo	Vicente
Jana	Krummenacker	Roland	Volz

Busfahrer: Thomas Schneider

Inhaltsverzeichnis

Dienstag, 29.05.2007

Ausbau Mainzer Ring A 60, Mainz	01
Neubau des RWE-Braunkohlekraftwerks BoA 2-3, Neurath	07
Kraftwerk Bergheim-Niederaußem, Niederaußem	15

Mittwoch, 30.05.2007

Rheinquerung der B 58n, Wesel	23
-------------------------------	----

Donnerstag, 31.05.2007

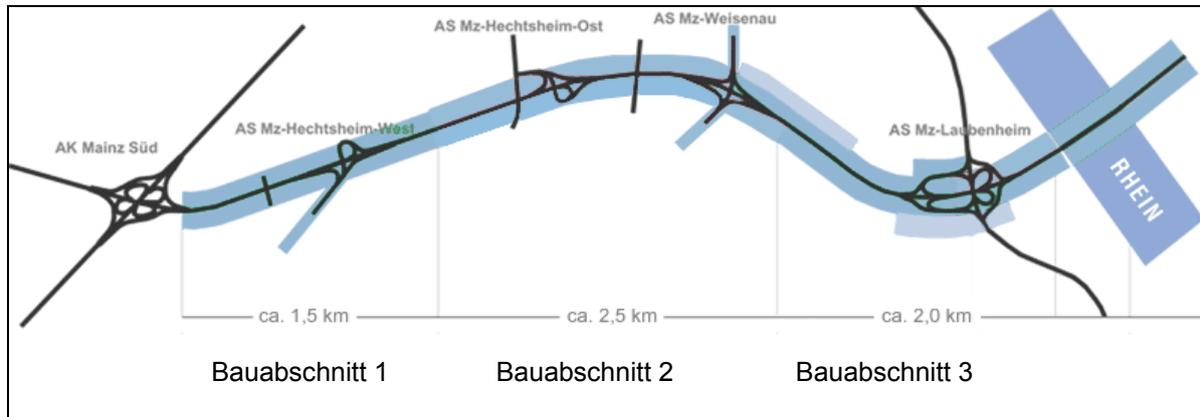
U-Bahnstationen Noord/Zuidlijn, Amsterdam	33
Untertunnelung der Centraal Station Amsterdam	42

Freitag, 01.06.2007

Werksbesichtigung Fa. Wirtgen, Windhagen	51
--	----

Veröffentlichungen des TMB	59
-----------------------------------	-----------

Streckenabschnitt AK Mainz-Süd - AS Mainz-Laubenheim



Einteilung der Bauabschnitte

Der Streckenabschnitt untergliedert sich in die Bauabschnitte 1 bis 3, wobei erster und dritter Abschnitt bereits fertiggestellt wurden. Der zweite Bauabschnitt umfasst den Tieferlegungsbereich der A 60 bei Hechtsheim, der von uns am 29. Mai 2007 besichtigt wurde, sowie die AS Mainz-Hechtsheim-Ost und die AS Mainz-Weisenau.

Ausgangspunkt der Besichtigung der Baustelle war das Infocenter des Landesbetriebs Straßen und Verkehr Rheinland-Pfalz. Dort wurden wir von Herrn Jerome Sarfert begrüßt, der auch unsere Führung übernahm.

Der ursprüngliche Verlauf der Autobahn im Bauabschnitt 2 führte über einen Damm und querte die Geschwister-Scholl-Straße mit Hilfe einer Brücke. Im Zuge des sechsstreifigen Ausbaus soll die A 60 mit der AS Hechtsheim-Ost in einen Tunnel unter der Geschwister-Scholl-Straße verlegt werden. Gründe für diese aufwendige Maßnahme ergeben sich vor allem aus der innerstädtischen Lage der Autobahn. Durch sie sollen eine bessere städtebauliche Integration, eine geringere Lärmbelastung sowie ein höherer Verkehrsfluss erzielt werden.

Die Autobahnbaustelle teilt sich in eine nördliche und eine südliche Bauphase. Zuerst liegt das Baufeld im Norden und der Autobahnverkehr verläuft im Süden. Danach wechseln das Baufeld in den Süden und der Autobahnverkehr auf die, nun 10 m tiefer gelegte, nördliche Fahrbahn.

Bauverlauf Voreinschnitt

Die Arbeiten begannen mit der provisorischen Verbreiterung der Südfahrbahn, um den vierstreifigen Autobahnverkehr während der Baumaßnahme aufnehmen zu können. Danach wurden von der Nordfahrbahn aus mit Hilfe von Bohrungen Mittelverbauträger eingebracht, um später eine Trägerbohlwand erstellen zu können. Dabei ergaben sich unter anderem Probleme mit Blindgängern aus dem Zweiten Weltkrieg. Im Folgenden wurde die alte Betonfahrbahn abgebrochen und per Lkw zu einer Recycling-Anlage transportiert, um den Beton später wieder beim Bau der Frostschutzschicht zu verwenden. Der im Zuge der Tieferlegung anfallende Erdaushub wurde in einem nahegelegenen Steinbruch eingebaut. Die Trägerbohlwand mit einer Höhe von ca. 10 m wurde als Essener Verbau ausgeführt, mit 4 Ankerlagen als Unterstützung.



Blick auf die Trägerbohlwand

Sobald die Nordfahrbahn fertig gestellt ist, und der Verkehr auf diese umgeleitet wurde, soll mit dem Abbruch der Südfahrbahn begonnen werden. Mit fortschreitendem Erdaushub auf der Südseite wird dann auch die Trägerbohlwand rückgebaut. Nach Fertigstellung der Südfahrbahn kann der gesamte Verkehr „zwei Stockwerke“ tiefer wieder ungehindert fließen.

Bauverlauf Tunnel

Als Bauverfahren zur Herstellung des Tunnels wurde die Deckelbauweise gewählt. Der Vorteil der Deckelbauweise liegt unter anderem darin, dass keine Schalgerüste für den Tunneldeckel erforderlich sind. Außerdem entfallen ebenso die Ankerlagen der Bohrpfehlwände, da der Deckel als Kopfsteife dient.



Tunneldeckel

Zunächst werden von der Geländeoberkante aus die beiden Bohrpfehlwände erstellt, die später als Tunnelwände fungieren. Diese Bohrpfehlwände werden bis zu einer Tiefe von 20 Metern ausgeführt. Auf die mittlere Bohrpfehlwand wird wiederum ein Trägerbohlverbau zur Stützung des Erdreichs aufgesetzt, wie bereits beim Bauverlauf Voreinschnitt erläutert. Danach wird die Erde des alten Damms bis auf die Höhe der Bohrpfähle abgetragen. Auf die Tunnelwände wird dann der Deckel, die Tunneldecke, betoniert. Hierzu wird zunächst eine Sauberkeitsschicht aus Beton hergestellt. Auf diese wird vor dem Betonieren noch eine PE-Folie aufgebracht, die als Trennschicht zwischen der Sauberkeitsschicht und der späteren Tunneldecke dient. Nach dem Bau der Tunneldecke beginnt der Bodenabtrag unterhalb des Deckels zur Herstellung der Tunnelröhre. Allerdings stellte sich das Entfernen der Sauberkeitsschicht komplizierter dar als gedacht, da diese teilweise zu massiv ausgeführt war. Im Anschluss daran wurde die Tunnelfahrbahn hergestellt.

Nach Fertigstellung der nördlichen Tunnelröhre wird der Verkehr in diese verlegt und mit dem Bau der südlichen Tunnelröhre begonnen.

Im Zufahrtsbereich wird statt der Deckelbauweise die herkömmliche Tunnelbauweise mit einem Lehrgerüst verwendet.



Tunnelportal

Untertunnelung der Geschwister-Scholl-Straße

Eine besondere Herausforderung stellte die Untertunnelung der Geschwister-Scholl-Straße (L 425) dar. Diese unterquerte bisher die Autobahn und soll in Zukunft über dem Tunnel verlaufen. Die Schwierigkeit lag hierbei den fließenden Verkehr sowie die Straßenbahnlinie aufrecht zu erhalten. Daher musste diese Baumaßnahme in drei Phasen unterteilt werden.



Phase 1



Phase 2



Phase 3

In Phase 1 wurde der Tunnel auf der östlichen Seite der Geschwister-Scholl-Straße hergestellt. Hierzu musste die Fahrbahn in Richtung Innenstadt gesperrt werden, der Verkehr wurde auf der westlichen Fahrbahn einspurig geführt. Außerdem wurde eine Straßenbahnhaltestelle verlegt sowie ein Schienenersatzverkehr mit Bussen eingerichtet.

In der zweiten Phase wurde im Winter 2006/2007 der Tunnelabschnitt auf der westlichen Seite der Geschwister-Scholl-Straße gebaut. Für diese Bauphase wurden die Fahrspuren der Geschwister-Scholl-Straße von der westlichen auf die östliche Seite der Straßenbahnlinien verlegt. Der Verkehr verläuft dabei auf einer provisorischen Fahrbahn, die über die fertiggestellten Tunnelabschnitte aus Bauphase eins gelegt wurde.

Die dritte Bauphase im Frühjahr/Sommer 2007 beinhaltet den Bau des Tunnels in der Fahrbahnmitte. Hierzu müssen die Straßenbahnschienen nach Westen verlegt werden. Die Verkehrsströme verlaufen weiterhin auf der östlichen Seite.

Besonderheiten und Probleme

Probleme bereiteten unter anderem auf der gesamten Ausbaustrecke das Auffinden von Kampfmitteln aus dem Zweiten Weltkrieg. Außerdem mussten neben einer NATO-Pipeline, mehrere Wildwechseltunnel sowie diverse Leitungen verlegt werden. Weiterhin wurden aus Gründen des Umweltschutzes mikrobiologische Organismen umgesiedelt. Während der Baumaßnahme mussten zudem die Erschütterungen ständig überwacht werden, da sich in direkter Nachbarschaft die Festplattenproduktion eines namhaften Computerherstellers befindet. Das Grundwasser bereitete hierbei hingegen keine Probleme, da der Grundwasserspiegel im gesamten Baubereich tief genug verläuft.

Zusammenfassend gab diese Besichtigung einen interessanten Einblick in eine besondere Autobahnbaustelle. Wir danken dem Landesbetrieb Mobilität Rheinland-Pfalz und besonders Herrn Sarfert für die Führung und wünschen weiterhin noch einen guten Verlauf der Baustelle.

Neubau des RWE-Braunkohlekraftwerks BoA 2-3, Neurath

Max Köpple, Till Herwig, Yves Ayadi

Nach unserem Zwischenstopp am Mainzer Ring führte unser Weg ins rheinische Braunkohlegebiet nach Neurath. Hier entsteht zurzeit das modernste Braunkohlekraftwerk der Welt (BoA 2-3).

Uns erwartete Herr Herbert Groß, Besucherbetreuer von RWE-Power.

Zunächst versammelte sich unsere Gruppe im Tagungsraum. In einer detaillierten Powerpointpräsentation wurden die wichtigsten Fakten erläutert.

Das Projekt BoA 2-3 stellt mit seinem Bau einen Teil der Erneuerung des bestehenden Kraftwerkparks Neurath dar. Mit der Grundsteinlegung durch Bundeskanzlerin Dr. Angela Merkel und dem Baubeginn Anfang des Jahres 2006 entsteht hier eines der modernsten Braunkohlekraftwerke der Welt. Vier Jahre lang werden Bauarbeiter aus 15 verschiedenen Nationen auf der Baustelle arbeiten. Zu Spitzenzeiten werden sich bis zu 4.000 Arbeiter auf der Baustelle befinden.

RWE-Power zählt somit zu den bedeutendsten Arbeitgebern (18.000 Arbeitsplätze) und Investoren der Region und schafft mit der Anlage von 2,2 Mrd. Euro eine der größten Investitionen der Bundesrepublik Deutschland - eine umfassende Signalwirkung im rheinischen Braunkohlerevier. Nach der voraussichtlichen Fertigstellung 2010 soll die Doppelblockanlage 2 x 1.050 Megawatt erzeugen und somit in der Lage sein, eine Stadt zu versorgen, die dreimal so groß ist wie Köln.

Im Jahre 2005 sicherte Kohle aus dem Rheinland ca. 13 % der gesamtdeutschen Stromversorgung. Durch den Neubau von BoA 2-3 und somit dem weiteren Ausbau der Energiegewinnung aus Braunkohle sichert das Unternehmen RWE-Power die Unabhängigkeit von anderen Energieträgern. Außerdem schließt Energie aus Braunkohle mittelfristig Lücken, die aus dem beschlossenen Atomausstieg zwangsläufig entstehen werden und die auch erneuerbare Energieträger in absehbarer Zeit nicht kompensieren können.

Im Gegensatz zu Erdöl oder Erdgas reichen die abbauwürdigen Braunkohlevorkommen noch für Generationen und können zu wettbewerbsfähigen Bedingungen, d.h. ohne Subventionen gewonnen werden.

Umweltverträglichkeit und Ressourcenschonung wurden beim innovativen Kraftwerksneubau nach neuesten Maßstäben umgesetzt. Durch Verbesserung der Brennstoffausnutzung wird ein erhöhter Wirkungsgrad von mehr als 43 % erreicht, der den alter Braunkohlekraftwerke um bis zu 13 % übertrifft.

Der verbesserte Wirkungsgrad hat eine Kohlenstoffdioxid-Einsparung von 6 Millionen Tonnen pro Jahr zur Folge, was einem Minderverbrauch von 300 Gramm Kohle pro kWh entspricht.

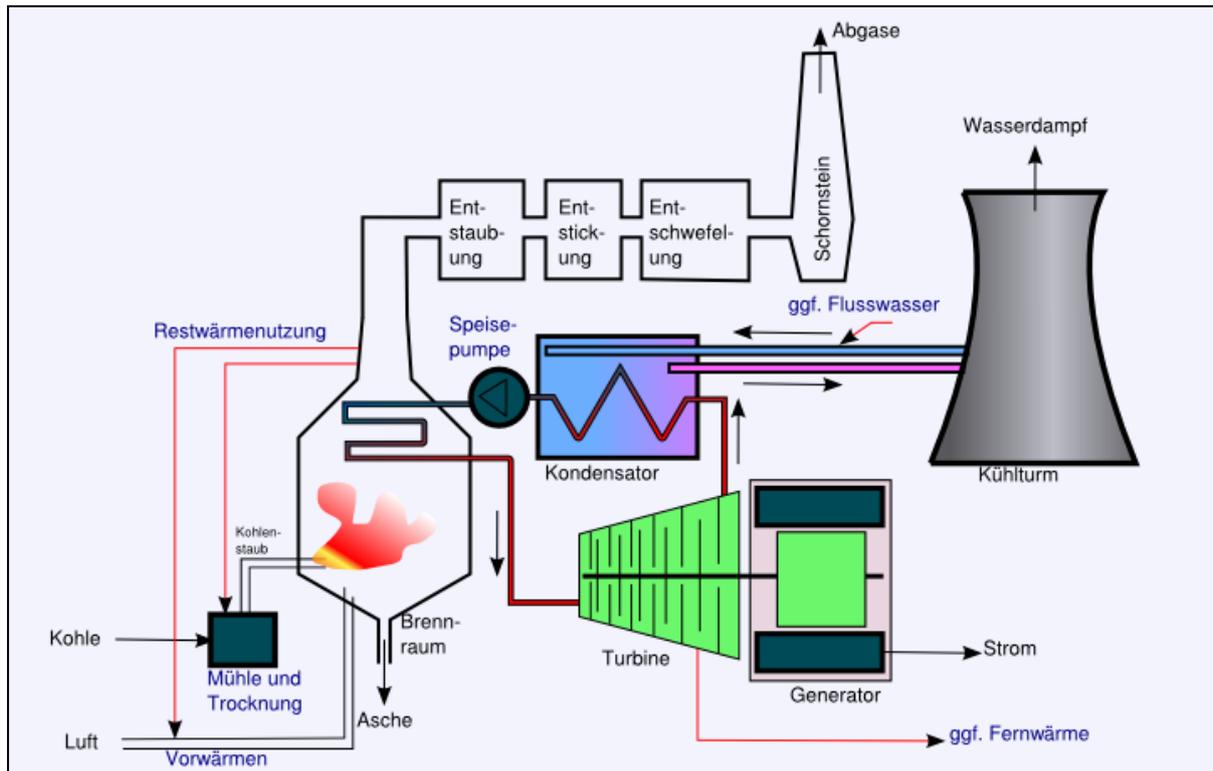
Laut Angaben von RWE kann durch innovative Kohlekraftwerke der Energieanteil, der durch Braunkohle gewonnen wird, von 26 % der deutschen Stromversorgung auf über 30 % gesteigert werden.

Braunkohlekraftwerk

Das Braunkohlekraftwerk, als spezielle Form des Elektrizitätswerks, hat seinen Namen von der Braunkohle als hauptsächlichem Brennstoff.

In einem solchen Kraftwerk wird die Kohle zunächst gemahlen und getrocknet, bevor der Staub im Brennerraum verfeuert wird. Bei einem mit Braunkohle gefeuerten Kraftwerk beträgt die notwendige Menge etwa 250 Kilogramm pro Sekunde. Die dadurch frei werdende Wärme wird von einem Wasserrohrkessel aufgenommen und das eingespeiste Wasser in Wasserdampf umgewandelt. Dieser strömt über Rohrleitungen zur Dampfturbine, die durch die erzeugten Drehbewegungen einen Generator antreibt. Es entsteht Strom. Unterhalb der Turbine ist ein Kondensator angeordnet, in dem der Dampf den größten Teil seiner Wärme an das Kühlwasser überträgt. Eine Speisepumpe fördert nun das entstandene flüssige Wasser erneut in den Wasserrohrkessel, wodurch der Kreislauf geschlossen wird.

Das im Brennerraum entstandene Rauchgas wird einer mehrfachen Reinigung unterzogen, ehe es über einen Schornstein in die Atmosphäre abgegeben wird. Das im Kondensator erwärmte Kühlwasser wird im Kühlturm auf die ursprüngliche Temperatur abgekühlt, bevor es erneut verwendet oder aber in ein Fließgewässer abgegeben wird. Schließlich wird die Schlacke aus dem Brennerraum abgezogen und für die Weiterverwendung, unter anderem als Baustoff, wiederaufbereitet.



Schematische Darstellung des Kraftwerksprozesses

Zur optimalen Ausnutzung der im Brennstoff Braunkohle gespeicherten Energie wird ständig an der Verbesserung des Wirkungsgrades gearbeitet. Wie in jedem Energiekreislauf wird auch bei einem Braunkohlekraftwerk angestrebt, dass der Wasserdampf mit einer maximal hohen Temperatur in die Dampfturbine einströmt und diese mit einer möglichst niedrigen Temperatur wieder verlässt, d.h. dass möglichst viel Energie in Strom umgewandelt wird. Folglich spielt bei der Verbesserung des Wirkungsgrades die Temperaturresistenz der verwendeten Stähle im Rohrleitungssystem oder das regelmäßige Säubern der Berohrung des Kondensators eine entscheidende Rolle. Weitere Energiegewinne sind im Bereich der Rauchgas-Wärmenutzung möglich.

Der derzeitige Stand der Technik wird hierbei vom Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagentechnik repräsentiert. Hier wird ein Wirkungsgrad von mehr als 43 % erreicht.

In der gegenwärtigen Umweltdiskussion muss sich die technologische Weiterentwicklung der Kohlekraftwerke in den nächsten Jahrzehnten an ihrem Ausstoß an Kohlenstoffdioxid messen lassen. Deshalb wird bereits heute mit hohem Aufwand an Verfahren zur Abtrennung des Treibhausgases aus dem Rauchgas

geforscht. Jedoch beinhalten entsprechende Methoden stets einen enormen Eigenbedarf an Energie, was zu einem deutlichen Wirkungsgradverlust führt. Außerdem ist die Lagerung des gewonnenen Kohlenstoffdioxids nicht unumstritten, da beispielsweise eine Verpressung im Untergrund automatisch mit Risiken verbunden ist.

Baustellenrundgang

Wir verließen den Präsentationsraum und wurden mit Sicherheitskleidung ausgestattet. Dazu zählten T3-Sicherheitsschuhe, ein Bauhelm und wetterbeständige Jacken, die von RWE Power gestellt wurden.

Anschließend begaben uns auf die 30 ha große Baustelle und begannen den Rundgang.

Gleich zu Beginn wies uns Herr Groß auf das enorme Ausmaß der Erdarbeiten hin, die notwendig waren, um das Gelände dem Kraftwerksneubau anzupassen. So wurden zunächst allein mehr als 1,4 Mio. m³ an Erdmassen ausgehoben um die Baufläche einzuebnen. Bei diesen Arbeiten konnte RWE Power auf bewährte Technik aus dem Bereich des Tagebaus, zum Beispiel Schaufelradbagger, zurückgreifen. Weitere 1,4 Mio. m³ Erde fielen beim Erstellen der Fundamente und des Schlitzbunkers an, so dass der Gesamtaushub mittlerweile sogar das Volumen der Cheops-Pyramide übertrifft.

Abtransportiert wurden die Massen über Förderbänder, welche zu betriebseigenen Bahnwaggons führten. Der Einsatz der Eisenbahn ermöglichte zum einen ein aktives Reduzieren des lokalen LKW-Verkehrs, zum anderen konnte so das Material direkt zur Rekultivierung ehemaliger Kohleabbaugebiete wie Bergheim und Bartsweiler verwendet werden.

Zunächst widmeten wir uns einem der zwei Kühltürme, welcher eine Höhe von 170 Meter und im unteren Bereich einen Durchmesser von 120 Meter hat. Der eigentliche Turm ist auf 36 filigran wirkenden Stützen errichtet.

Die Stützen des Kühlturms sind Fertigteile aus Stahlbeton mit einem Gewicht von 35 Tonnen. Diese stehen auf einem Ringfundament und sind am oberen Ende durch Ringbalken miteinander verbunden. Auf den Ringbalken steht die eigentliche Kühlturmschale, welche im oberen Bereich eine Wandstärke von 20 cm hat und sich nach

unten auf eine Dicke von 85 cm verbreitert. Die Aussteifung der Schale erfolgt über den oberen und unteren Ring.

Kühltürme zählen zu den rotationssymmetrischen Schalenträgwerken. Aufgrund des veränderlichen Querschnitts über die Höhe stellt die Konstruktion eine besondere Herausforderung dar. Durch das Einsetzen einer innovativen Kletterschalung wird diese spezielle Form realisierbar. Sie stellt zugleich eine kostengünstigere Variante zum herkömmlichen verwendeten Gerüst dar.



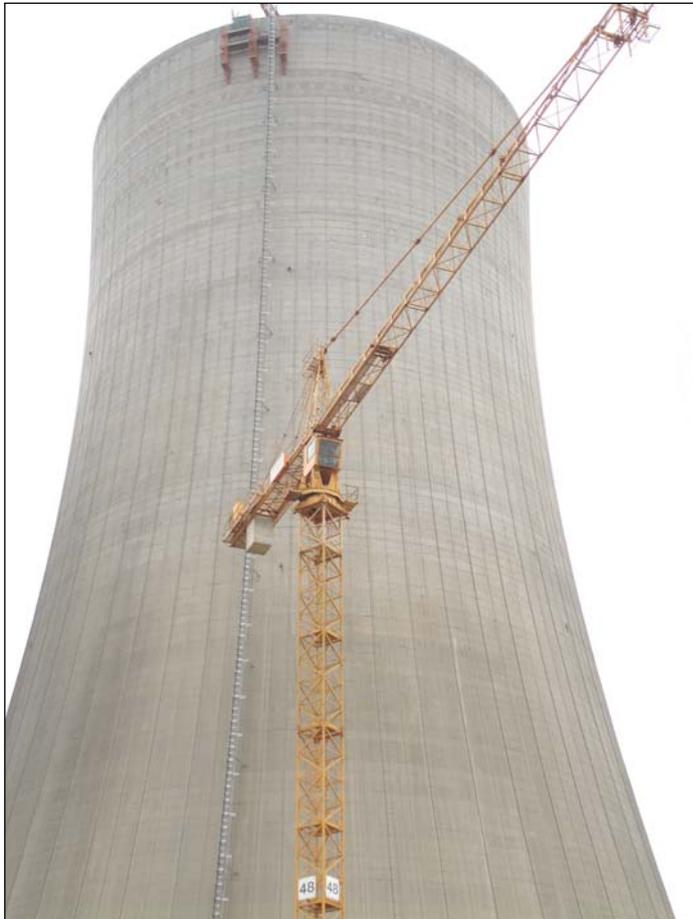
Blick auf die Baustelle

Eine Kletterschalung eignet sich besonders für Turmbauwerke, die einen nur geringfügig veränderlichen Querschnitt haben. Grundelement ist eine großflächige Wandschalung, die in regelmäßigen Takten nach dem Abbinden des Betons nach oben gezogen wird. Die Kletterausrüstung besteht im Wesentlichen aus einer Kletterkonsole, die sich im unteren Teil auf das Bauwerk abstützt. Sie dient als

Arbeitsbühne für das Ausrichten und Abstützen der Schalttafeln. Im Bedarfsfall wird darunter eine Bühne für Nacharbeiten angehängt.

Dieses Klettergerüst wird mittels Anker an der Wand befestigt, und steht nicht in Kontakt mit dem Boden. Sobald alle Anker fix miteinander verbunden wurden und der zu betonierende Bereich durch die Schalungselemente definiert wurde, wird die Bewehrung eingebracht. Nach diesem Schritt kann der Beton, welcher durch Betonpumpen nach oben transportiert wird, eingebracht werden.

Sobald der Beton seine notwendige Festigkeit erreicht hat, wird das Gerüst bei herkömmlichen Kletterschalungen mit Hilfe eines Krans in den nächsten zu betonierenden Abschnitt nach oben umgesetzt. Hier kommt es dann zur neuerlichen Verankerung mit der gerade betonierten Wand.



Herstellung eines Kühlturmes

Der Vorteil der Selbstkletterschalung liegt darin, dass auch bei hohen Windgeschwindigkeiten gearbeitet werden kann, die auch zum Zeitpunkt unseres Besuches auf der Baustelle herrschten. Im Gegensatz dazu kann es bei der üblichen Kletterschalung schon bei geringen Windgeschwindigkeiten zu Problemen kommen, da die meist großflächigen Schalungsteile beim Umsetzen mit dem Kran möglicherweise nicht manövrierfähig sind und es im schlimmsten Falle zu schweren Unfällen kommen kann.

Das Funktionsprinzip der selbstkletternden Schalung beruht auf dem Prinzip der konventionellen Kletterschalung. Hierbei wird das Klettergerüst an der schon betonierten Wand angebracht. Die Verbindung dieser zwei Komponenten erfolgt durch eine

tionellen Kletterschalung. Hierbei wird das Klettergerüst an der schon betonierten Wand angebracht. Die Verbindung dieser zwei Komponenten erfolgt durch eine

dazwischen liegende Ankerschiene die an der Wand verankert ist. Diese Leiste wird nach jedem Betonierabschnitt mit verlegt. Durch diese zusätzliche Schiene kann das Gerüst mit Hilfe von mechanischen oder hydraulischen Hubsystemen in den nächsten Betonierabschnitt gebracht werden.

Das Gerüst wird an der Ankerschiene verankert. Auch hier wird eine Bewehrung eingebracht und mit Beton verfüllt. Nachdem der Beton erhärtet ist, fährt das Gerüst in den nächsten Betonierabschnitt. Im Gegensatz zu einer konventionellen Kletterschalung ist man hierbei nicht auf einen Kran angewiesen.

Mit dieser Technik ist es möglich, eine Höhe von 200 Meter zu erreichen und rund um die Uhr zu arbeiten. So konnte der Kühlturm täglich um bis zu 3 Meter auf ca. 170 Meter anwachsen - und das bei einem Durchmesser von 120 Meter. Diese Ausmaße der Konstruktion werden auch durch einen Spezialbeton gewährleistet.

Zum Zeitpunkt unserer Besichtigung war die Schale des ersten Kühlturms bereits fertiggestellt und die Kletterschalung am zweiten Turm angebracht.

Am nördlichen Rand des Geländes wurde unser Augenmerk auf die gewaltige Baugrube und den dort entstehenden unterirdischen Schlitzbunker mit einer Länge von 310 Meter, einer Breite von 33 Meter und einer Tiefe von 23 Meter gerichtet. Der Erdaushub betrug über 605.000 m³. Verwendet wurden über 60.000 m³ Beton.

Nach der Fertigstellung wird er Platz für über 50.000 Tonnen Kohle bieten und somit den Bedarf der Anlage an Braunkohle für 30 Stunden sichern. Die Versorgung erfolgt über die bereits bestehende unternehmenseigene Nord-Süd-Eisenbahn. Bis zu 35 Güterzüge pro Tag werden den Nachschub an Kohle gewährleisten, welche aus den rheinischen Braunkohlegebieten gewonnen wird.

Unser Weg führte uns weiter über die Baustelle zu vier riesigen Treppentürmen. Die gigantische Höhe von 173 Meter vermittelt bereits das Ausmaß der zukünftigen Doppelblockanlage. Der Bau der Treppenhäuser erfolgte ebenfalls durch eine Kletterschalung. Die Arbeiten wurden rund um die Uhr ausgeführt, dadurch war es möglich, dass der Turm täglich bis zu drei Meter wachsen konnte. Schon jetzt waren Zugänge und Aussparungen für Versorgungsleitungen zu erkennen. Ein mehrstöckiges Geflecht aus 2.200 Tonnen Bewehrungsstahl bildet das Skelett eines

der beiden Kesselhausfundamente. Insgesamt werden pro Fundament 11.000 m³ Beton verarbeitet.

Um diese gigantischen Betonmassen bereitstellen zu können, besitzt die Baustelle vier eigene Betonmischanlagen. Zuschläge wie Sand und Kies werden aus dem heimischen Tagebau gewonnen. Hier werden in den vier Jahren Bauzeit über 380.000 m³ Spezialbeton hergestellt. Das entspricht einer Betonproduktion für 10 Einfamilienhäuser pro Tag und das über zwei Jahre. Durch diese Eigenproduktion wird der LKW-Verkehr in der Umgebung stark reduziert. Um einen optimalen Transport auf der Baustelle zu gewährleisten, ist eine ganze Flotte von Betonmischern im Einsatz, die den Beton an den jeweiligen gewünschten Einsatzort transportiert.

Am Ende des Rundgangs kehrten wir in den Besprechungsraum zurück, um letzte offene Fragen zu klären. Somit endete unsere Führung auf der Baustelle der BoA 2-3.

Zu sagen bleibt, dass mit dem Bau von BoA 2-3 eines der größten Investitionsprojekte in der Geschichte der BRD, RWE Power eindeutig zukunftsweisend im Bereich der Entwicklung von neuartigen Kraftwerkstechnologien ist. Dies ist ein wichtiger Punkt im Hinblick auf die deutsche Energiepolitik und den oft diskutierten, notwendigen Energiemix.

Kraftwerk Bergheim-Niederaußem, Niederaußem

Janna Kruppenacker, Paulo Vicente, Alexander Schaaf

Am ersten Tag unserer Exkursion am Dienstag, dem 29. Mai, besichtigten wir nach der Baustelle des Kraftwerksneubaus Neurath das Kraftwerk Niederaußem. Mit einer Kapazität von 3.900 Megawatt ist der Standort Niederaußem der größte von RWE und spielt somit eine bedeutende Rolle im rheinischen Braunkohlenrevier. Das Kraftwerk liegt ca. 15 Kilometer nordwestlich von Köln und ging 1963 mit einer Gesamtleistung von 900 MW als 4. Werk des nahe gelegenen Kraftwerks Fortuna in Betrieb. Nach dessen Schließung 1988 wurde es dann in Kraftwerk Niederaußem umbenannt um seiner Leistung gerecht zu werden. Das Kraftwerk besteht aus 8 älteren Blöcken mit einer Bruttoleistung zwischen 144 MW und 636 MW und einem neuen Block, BoA 1, mit einer Bruttoleistung von 1.012 MW.



Blick auf BoA 1

Auf der Fahrt von dem Kraftwerksneubau in Neurath zu dem Kraftwerk Niederaußem zeigte uns Herr Groß rekultivierte Flächen und umgesiedelte Dörfer, wie zum Beispiel Bedburg-Rath, das in den 1960er Jahren entstanden ist und keine erfolgreiche Umsiedlung aufzeigt, da damals viele Bewohner die Gemeinde verlassen haben und keine neuen Geschäfte entstanden sind. Heute ziehen bis zu 80 Prozent der ursprünglichen Bewohner in die neu gegründeten Dörfer um.

Anschließend fuhren wir am Tagebau Hambach vorbei, der zurzeit 350 Meter tief ist und ein Abbaufeld von 85 Quadratkilometer umfasst. Insgesamt lagern hier 2,5 Milliarden Tonnen Braunkohle, die als Vorräte für mehrere Generationen dienen können. Bei der Förderung entsteht ein Verhältnis von Abraum zu Kohle von 6:1. Zudem arbeiten hier die größten Bagger der Welt: sie sind 240 Meter lang, 96 Meter

hoch, 13.500 Tonnen schwer und können täglich 240.000 Tonnen Kohle fördern. Die geförderte Braunkohle gelangt über die 22 Kilometer lange Nord-Südbahn, zu den Kraftwerken und Veredlungsbetrieben. Der Tagebau Hambach fördert pro Jahr rund 40 Millionen Tonnen Braunkohle.

Die Flötze werden nach der Nutzung wieder mit Abraum aufgefüllt. Hier können dann neue Felder entstehen, die zunächst mit einer 2 Meter dicken Löß-Deckschicht aufgebaut und anschließend 7 Jahre von betriebseigenen Bauern bewirtschaftet werden. Bauern, die ihr Land bei einem Kraftwerksneubau verlieren und nun ein neues Feld zugewiesen bekommen, erhalten als Ertragsausgleich eine größere Parzelle.

In der anschließenden Führung durch den Kraftwerkskomplex Niederaußem haben wir verschiedene Anlagen der BoA 1 (Braunkohlekraftwerk mit optimierter Anlagentechnologie) besichtigt. Das BoA-Konzept erhöht den Druck und die Temperatur des überhitzten Dampfs auf 265 Bar und 600 °C und somit auf ein deutlich höheres Niveau als die älteren Braunkohlekraftwerksblöcke. Durch zusätzliche Wärmetauscher wird ein Teil der Restwärme aus Rauchgasen zurückgewonnen. Dies sollte ursprünglich zur Vorwärmung des Wassers im Wasserdampfkreislauf und der Verbrennungsluft genutzt werden. Da diese Technik sich in BoA 1 nicht bewährt hat wird sie in BoA 2 und 3 beim Kraftwerksneubau in Neurath nicht mehr zur Anwendung kommen. Eine weitere Neuerung ist der besonders hohe und somit leistungsstarke Kühlturm. Durch die BoA-Technologie konnte der Wirkungsgrad von 31 bis 35 Prozent bei den älteren Braunkohlenblöcken auf 43,2 Prozent angehoben werden. Daher wurde der CO₂ Ausstoß um bis zu 3 Millionen Tonnen im Jahr reduziert und die Staub-Schwefeldioxid- und Stickstoffemissionen um rund 30 Prozent gesenkt.

Unsere Führung durch das Kraftwerk begann mit einem Blick auf die Trafostation und die Pilotvortrocknungsanlage. Hier wird der erzeugte Strom von 100 kV auf 380 kV für das Hochspannungsnetz hochtransformiert.

Bis 2020 wird eine Summe von insgesamt zwölf Milliarden Euro in die neue Kraftwerksgeneration investiert. Am Kraftwerk Niederaußem beginnt der Bau einer Prototypanlage zur Vortrocknung von Braunkohle. Mit dieser und anderen neuen Techniken, an denen man intensiv arbeitet, soll der Wirkungsgrad von Kohlekraftwerken um weitere zehn Prozent gesteigert werden. Die dazu nötige

Trocknungstechnik wird an einer großtechnischen Prototypanlage zur so genannten Wirbelschichttrocknung mit interner Abwärmenutzung (WTA) perfektioniert. Ab 2008 soll das Kraftwerk versuchsweise mit vorgetrockneter und nicht mehr wie bislang nur mit erdfeuchter Rohbraunkohle arbeiten. Die Trocknungsanlage wird dem BoA-Block vorgeschaltet. Das Wirbelschichtprinzip hält feinste Stäube des zu trocknenden Werkstoffes mit einer Gasströmung in der Schwebelage und trocknet diese bei 110 °C. Die zur Trocknung erforderliche Wärme wird der Anlage über einen Wärmetauscher, der über Niederdruckrohre mit der BoA verbunden ist, zugeführt. Das hierbei verdunstete Wasser wird über eine Aufbereitungsanlage wieder dem Kühlkreislauf zugeführt. Die getrocknete Braunkohle mit einer Restfeuchte von ca. 12 Prozent gelangt zur Mitverbrennung in den BoA-Block, was eine Wirkungsgradverbesserung von 1 Prozent und eine Einsparung von 300.000 t Kohle im Jahr bedeutet.



Pilotvortrocknungsanlage

Im Gegensatz dazu wird die Braunkohle in heutigen Kraftwerken mit 1.000 °C heißem Rauchgas vorgetrocknet, womit die Energie des verdampften Kohlenwassers

verloren geht. Mit Hilfe dieses Pilotprojektes will RWE bis etwa 2009 untersuchen, ob sich die WTA-Trocknung für die Braunkohleverstromung eignet. Man hofft mit dieser neuen Technik eine Wirkungsgradsteigerung von 10 Prozent und eine Rohstoffersparnis von 20 bis 30 Prozent zu erreichen.

Durch Erhöhung der Dampftemperatur auf maximal 700 °C, den Einsatz von High-Tech-Werkstoffen und computermodellierten Turbinenschaufeln, aber auch durch Recycling von Restwärme und einem reduzierten Eigenbedarf an Strom konnte man bereits eine Wirkungsgradsteigerung des BoA-Kraftwerkes auf über 43 Prozent erzielen. Durch die bessere Ausnutzung der eingesetzten Braunkohle ist es möglich bis zu 6 Millionen Tonnen CO₂ pro Jahr weniger auszustoßen als dies der Fall bei vergleichbaren Altanlagen ist. So liegt das Verhältnis der erzeugten elektrischen Energie zu der im Brennstoff Braunkohle enthaltenen Energie um ca. 31 Prozent über dem Wirkungsgrad der noch betriebenen Altanlagen. Darüber hinaus werden die übrigen kraftwerkstypischen Schwefeldioxid- und Staubemissionen um mehr als 30 Prozent gesenkt. Die Verbrennung der Kohle erfolgt unter ständiger Überwachung und Abstimmung der Kohle- und Luftzufuhr, so dass sie optimiert abläuft und bereits im Feuerraum des Dampferzeugers die Entstehung von Stickoxiden (NO_x) und Kohlenmonoxid auf ein Minimum begrenzt wird. Modernste nach dem elektrostatischen Prinzip arbeitende Filter scheiden mehr als 99,8 Prozent des im Rauchgas mitgeführten Staubes aus. Das Schwefeldioxid aus dem Rauchgas wird in der Rauchgasentschwefelungsanlage zu über 90 Prozent und als Gips ausgefiltert. Ein Teil des Gipses wird zur weiteren Nutzung an die Baustoffindustrie abgegeben. Wegen der sich stark verändernden Gipsqualität durch die stark schwankende Zusammensetzung der Asche sowie der nicht ausreichenden Nachfrage wird ein Teil des anfallenden Gipses gemeinsam mit der Braunkohlenasche im Tagebau zur Verfüllung eingesetzt. Für die anderen verfahrensbedingt anfallenden Stoffe ist eine Wiederverwendung im Prozess selbst vorgesehen. So werden zum Beispiel die kalkhaltigen Schlämme aus der Wasseraufbereitung in der Rauchgasentschwefelung zur Reduzierung des Kalksteinmehlbedarfs verwendet.

Alle Maschinenanlagen der neuen Kraftwerksblöcke werden grundsätzlich in geschlossenen Räumen aufgestellt. Primär kommen schallarme Maschinen zum Einsatz und soweit dies nicht ausreicht zusätzliche Verkleidungen beziehungsweise bauliche Trennungen. In den Zu- und Abluftöffnungen werden Schalldämpfer zur

Begrenzung der Geräuschemissionen der Kühltürme eingebaut. Außerdem gelangt die Rohbraunkohle über eine neue, außerhalb des Standorts angeordnete Kohlenversorgungsanlage mit Kohlenbunker, Brecherei, Eisenausscheidung und einem Fernband zum geschlossenen Verteilerbunker auf dem Kraftwerksgelände.

Anschließend führte uns Herr Groß in das Kraftwerksgebäude, in dem der eigentliche Kraftwerksprozess stattfindet. Hier wird durch Verbrennung der Braunkohle im Dampferzeuger die chemisch gebundene Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Damit wird Wasser bei hohen Temperaturen verdampft. Dieser Dampf treibt eine Turbine an, welche über den angekoppelten Generator elektrische Energie erzeugt. Das auffälligste Anlagenteil ist der Dampferzeuger/Kessel, der mit einer Höhe von 140 Meter den Großteil des Kraftwerkgebäudes einnimmt. Das Funktionsprinzip baut auf der Verbrennung der vorgetrockneten Kohle auf.

Hierbei wird die Kohle zunächst in den acht Kohlemühlen staubfein zermahlen und gleichzeitig mit aus der Brennkammer entnommener Luft getrocknet. Die Kohlemühlen sind die verschleißanfälligsten Teile des Kraftwerks, da die 36 Tonnen schweren Mühlräder mit einer sehr hohen Drehzahl betrieben werden und somit einem enormen mechanischen Verschleiß ausgesetzt sind. Hieraus folgt eine durchschnittliche Lebensdauer pro Mühlrad von 8.000 Stunden, was erforderlich macht, durchgehend jeweils ein Mühlrad zu warten und ein weiteres in Reserve zu halten, um einen kontinuierlichen Ablauf zu gewährleisten. Anschließend wird der Kohlenstaub zusammen mit im Rauchgas-Luftvorwärmer (Luvo) vorgewärmter Luft in die Brennkammer des Dampferzeugers eingeblasen und dort bei ca. 1.200 °C verbrannt. Mit Hilfe der dabei entstehenden Rauchgase wird das vorgewärmte Speisewasser in einem Rohrsystem des Dampferzeugers überhitzt und somit zum Verdampfen gebracht. Hierbei ist es möglich, den Wasserdampf bei einem Druck von 270 Bar auf eine Temperatur von 580 °C zu erhitzen. Anschließend wird das Rauchgas hinter dem letzten Heizflächenbündel umgelenkt und auf die beiden Rauchgas-Luftvorwärmer verteilt. Währenddessen gewinnen zwei zusätzliche Wärmetauscher einen Teil der in den Rauchgasen enthaltenen Wärme zurück, um die Verbrennungsluft und das Wasser im Wasser-Dampf-Kreislauf vorzuwärmen. Hierbei kühlen die Rauchgase auf 160 °C ab und werden anschließend in zwei parallelen Strängen zur Rauchgasreinigung geleitet. Ein weiterer Teil der verbliebenen Rauchgaswärme wird dem Rauchgas vor Einleitung in die

Rauchgasentschwefelungsanlage (REA) über Rauchgaskühler entzogen und über einen Wärmeträgerkreislauf auf einen Teilstrom des Kondensats in der Speisewasservorwärmstrecke übertragen. Damit wird die Rauchgastemperatur vor Eintritt in die REA auf 125 °C abgesenkt.

Nach der Besichtigung der Eingangsebene des Kesselhauses führen wir mit dem Lastenaufzug auf das Dach des Treppenturms in einer Höhe von 162 Meter und erhielten eine eindrucksvolle Darbietung der Dimensionen des Kraftwerks. Von unserem Aussichtspunkt, der nur noch vom Kühlturm der BoA überragt wurde, hat man normalerweise einen Blick bis nach Köln, der uns aber leider an diesem Tag durch die starken Wasserdampfemissionen aus dem Kühlturm genommen wurde. Eine Etage tiefer konnten wir einen Blick auf den Deckel des Dampferzeugers werfen und einen direkten Eindruck von der dort umgesetzten Energie gewinnen. Weiterhin erfuhren wir, dass der 45.000 t schwere Kessel an vier Hauptstützen eingehängt ist und eine Wärmedehnung von insgesamt 80 Zentimeter im Betriebszustand aufweist. Damit ist leicht vorstellbar, dass der Kessel eine Woche still liegen muss, bevor eine Reparatur möglich wird.

Anschließend führen wir auf die Turbinen- und Generator-Ebene, die sich in 15 Meter Höhe befindet. Hier wird zunächst die im Wasserdampf gespeicherte Wärmeenergie über eine Turbine in Bewegungsenergie umgesetzt. Dabei wird der 600 °C heiße Wasserdampf bei 270 Bar in den Hochdruckteil der Turbine eingeleitet und dort auf 55,5 Bar entspannt, wodurch die Temperatur auf 356 °C absinkt. Dieser Dampf wird zum Dampferzeuger zurückgeführt und nochmals auf 605 °C überhitzt. (Zwischenüberhitzung). Anschließend wird der Wasserdampf im Mittel- und Niederdruckteil der Turbine auf 48 Millibar entspannt um die Kondensation zu ermöglichen. Vom Kondensator aus wird das niedergeschlagene Wasser wieder in das Leitungssystem eingespeist und in den Kessel zum erneuten Erhitzen geleitet. Damit ist der Wasserkreislauf geschlossen. Durch das Druckgefälle des Dampfes entsteht Strömungsenergie, die über die Turbinenschaufeln die Turbinenwelle in Rotation versetzt. In der Führung wurden wir darauf hingewiesen, dass gerade die aerodynamisch-optimierten Turbinenschaufeln im Vergleich zu den älteren Anlagen zu einer Effizienzsteigerung der BoA 1 beitragen. Diese Abläufe finden im T 10025 statt, dem - mit einer Gesamtlänge von 55 Meter und einem Wellendurchmesser von

maximal 70 Zentimeter - größten von Siemens im Bereich Braunkohle entwickelten Dampfturbosatz.



Dampfturbosatz der BoA 1

Im angeschlossenen Generator wird die Bewegungsenergie mit Hilfe des Induktionsprinzips in elektrische Energie umgewandelt; dabei entsteht ein Magnetfeld zwischen Generatorrotor und dem Generatorstator. Bei einer konstanten Drehzahl von 3.000 Umdrehungen pro Minute fließt Strom mit der Netzfrequenz von 50 Hertz. Anschließend wird der Strom über Transformatoren auf eine Spannung von 380 kV hochtransformiert und in das Hochspannungsnetz eingespeist.

Auf dem Weg zum Kühlturm erklärte uns Herr Groß das System des Kühlwasserkreislaufes. Bei der Kondensation des Wasserdampfes wird physikalisch bedingt Kondensationswärme freigesetzt, die, um einen fortlaufenden Wasserkreislauf gewährleisten zu können, abgeführt werden muss. Dies geschieht mit Hilfe eines Kühlwasserkreislaufes, der den Kondensator mit dem Kühlturm verbindet. Das Kühlwasser fließt durch das Rohrsystem des Kondensators und erzeugt durch die

dabei erfolgende Abkühlung den zur Kondensation nötigen Unterdruck von 48 Millibar. Hierzu ist es nötig, pro Sekunde 23 Tonnen Kühlwasser durch Verregen und den dabei erfolgenden kontinuierlichen Kontakt mit der Kühlluft um ungefähr 12 °C herunterzukühlen. Der Kühlluftstrom, der auch zum Abtransport der gefilterten und entschwefelten Rauchgase Verwendung findet, wird mit Hilfe des 179 Meter hohen Kühlturms nach dem Naturzugprinzip erzeugt. Das Kühlwasser muss kontinuierlich ersetzt werden, da es zum Teil bei der Rückkühlung verdunstet und zudem eine ständig steigende Salzkonzentration durch den vorher genannten Effekt aufweist. Hierzu befindet sich eine eigene Wasseraufbereitungsanlage auf dem Kraftwerksgelände, die später auch zur Versorgung der neu geplanten Blöcke BoA 2 und 3 in Neurath verwendet werden soll. Während der Führung war insbesondere in Nähe des Kühlturms der enorme Windsog, der manche Helme zum Abheben brachte, deutlich zu spüren. Beim näheren Hindurchschauen durch die Stützen des Kühlturms hatte man eher den Eindruck, neben einem tropischen Wasserfall als in einem Kraftwerk zu stehen. Beim Blick an den von Wasserdampf weiß gefärbten Himmel wurde man allerdings daran erinnert, wo man sich befand. Mit diesem Eindruck endete unsere sehr interessante Besichtigung der BoA 1 im Kraftwerk Niederaußem.

Wir möchten uns bei Herrn Gross von RWE Power für seine interessanten Führungen nochmals herzlich bedanken.

Rheinquerung der B 58n, Wesel

Ruben Meinzer, Stefan Ehmann, Rene Ritschel

Einleitung

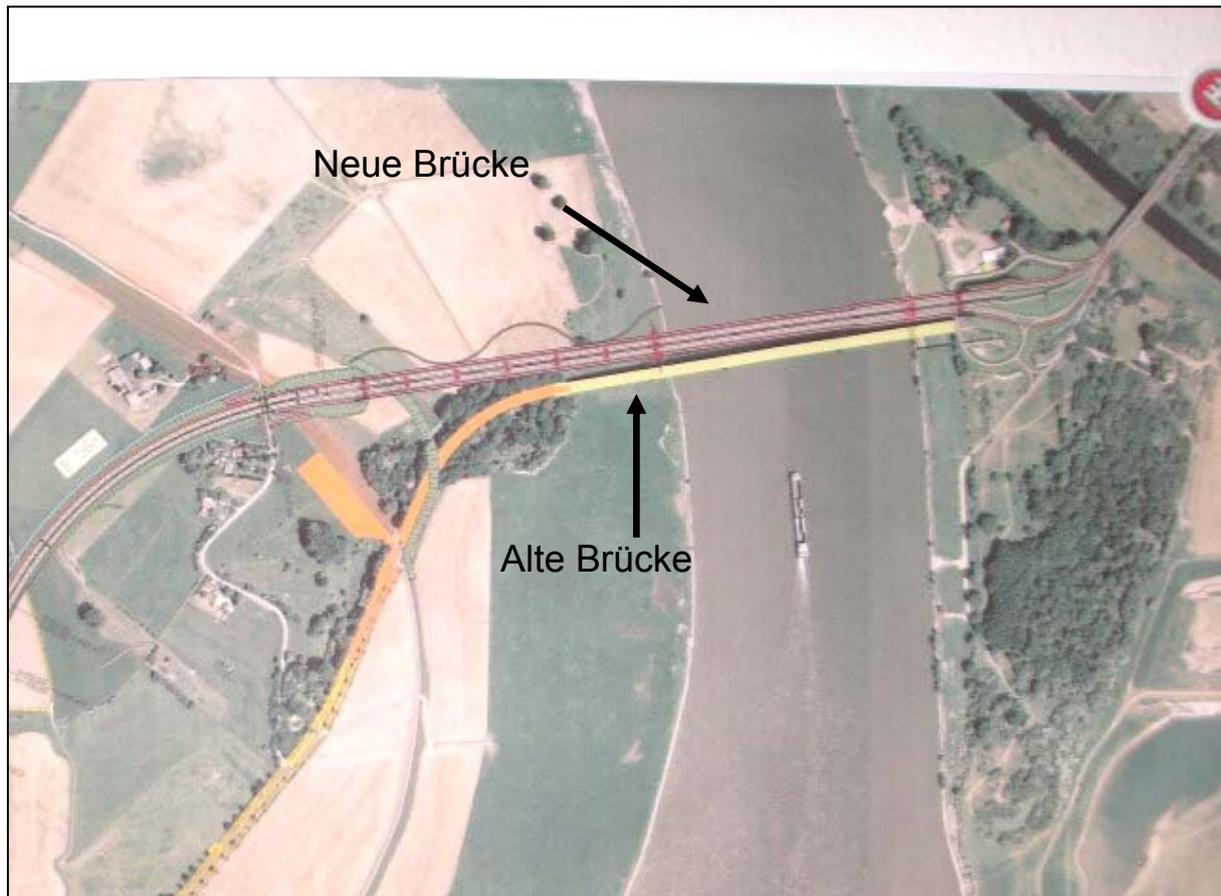
Am zweiten Tag unserer Exkursion brachen wir gegen 8:00 Uhr mit dem Bus vom „Central Hotel am Dom“ in Richtung Amsterdam auf. Auf dem Weg dahin, am Ortseingang der Stadt Wesel, besuchten wir den Bau der Rheinquerung, welches zum Großprojekt „B 58n Ortsumgehung Wesel“ gehört.

Auf der Baustelle wurden wir sehr freundlich von Herrn Helmut Reinsch, dem bauüberwachenden Ingenieur des Landesbetriebs Straßenbau Nordrhein-Westfalen, empfangen. Anhand einer ausführlichen Power-Point-Präsentation wies uns Herr Reinsch in das Projekt der Rheinquerung ein und brachte uns die Hintergründe zur Wahl der einzelnen Bauverfahren und ihre Ausführung näher. Er machte uns immer wieder auf die Schwierigkeiten bei der Planung und die benötigten Fähigkeiten, die ein Ingenieur der Bauüberwachung für diesen Job mitbringen sollte, aufmerksam und beendete seinen Vortrag mit dem Satz: „Planung ist die Kunst, die Schwierigkeiten der Ausführung vorwegzunehmen“.

Das Projekt

Die Rheinquerung der Bundesstraße 58 westlich der niederrheinischen Kreisstadt Wesel erfolgt bisher über die 50 Jahre alte, je Fahrtrichtung einspurige Brücke. Diese Brücke wurde als ein Provisorium erbaut und diente als Ersatz für die am Ende des letzten Weltkrieges gesprengte Rheinbrücke. Da diese Brücke auf den Fundamenten der früheren Brücke erbaut wurde, ist die Pfeilerstellung sehr eng und behindert bzw. gefährdet derzeit die Rheinschifffahrt. Außerdem kommt es durch die geringen Abstände der Widerlager zu einem eingeschränkten Hochwasserabfluss. Die Rheinbrücke zusammen mit den Ortsdurchfahrten Buderlich und Wesel gilt als ein mit 28.000 Kraftfahrzeugen belastetes Nadelohr für die Bundesstraße B 58, die die beiden parallelen Autobahnen A 57 und A 3 miteinander verbindet. Regelmäßig kommt es hier zu Verkehrsbehinderungen. Zusätzlich erhöht die geringe Querschnittsbreite von 7,8 m bei Störungen im Verkehrsablauf die Zahl an Rückstaus. Weiterhin wird der Verkehrsablauf durch die häufig anfallenden

Instandsetzungsarbeiten gestört, da das Bauwerk durch sein hohes Alter und der Konstruktion einen unverhältnismäßigen Instandsetzungsaufwand besitzt.



Übersichtsplan des neuen und alten Straßenverlaufs

Zur Beseitigung der Verkehrsverhältnisse und zur Entlastung der Ortsdurchfahrten ist die 9,9 km lange B 58n Ortsumgehung Wesel mit neuer Rheinbrücke geplant. Die Rheinquerung ist 1,6 km lang und integriert in das 150 Millionen Euro teure und in die drei Glieder, Ortsumgehung Büderich, Rheinquerung, Südumgehung Wesel, unterteilte Projekt.

Das Hauptaugenmerk fällt auf die neue 772,5 m lange Rheinbrücke. Das Tragwerk unterteilt sich in zwei Bereiche, die Vorlandbrücke auf der linken Rheinseite und die 396 m lange Strombrücke in Stahlbauweise auf der rechten Seite. Die Verbindung der Vorlandbrücke und Strombrücke wird 12,0 m vor dem Pylon zur Stromöffnung hin erstellt und durch die identischen Abmessungen kaum erkennbar sein. Die Wahl einer stützenfreien Schrägseilbrücke geht auf die gestellte Bedingung der Rheinschifffahrt, die eine 300 m breite, stützenfreie Stromöffnung forderte, zurück.

Diese Lösung für die genannte Stützweite stellte sich als die wirtschaftlichste heraus, die Herstellung erfolgt im freien Vorbau.

Der Querschnitt wird sich aus zwei Fahrbahnen, zwei Radwegen und einem Mittelstreifen zusammensetzen, um ein tägliches Verkehrsaufkommen von rund 40.000 Fahrzeugen aufnehmen zu können. Diese Umstände ermöglichen eine Mittelträgerbrücke, bei der die Seile zum Tragen der Fahrbahn der Stromöffnung entlang des Mittelstreifens angeordnet sind.

Zum Gesamtprojekt „Rheinbrücke“ gehört auch der Abbruch der alten Brücke, welcher nach Inbetriebnahme der neuen Brücke, unter Berücksichtigung der Rheinschifffahrt erfolgen wird.



Alte Brücke – Neue Brücke

Die Beeinträchtigung der Natur bei einem solchen Großprojekt ist unumgänglich. Betroffen sind landwirtschaftliche Flächen und Gehölzbestände, die teilweise im EU-Vogelschutzgebiet „Unterer Niederrhein“ liegen. Im Einklang mit der ausgesuchten Linien- und Gradientenführung und den bautechnischen Maßnahmen sind auf

insgesamt 46 ha Fläche umfangreiche landschaftspflegerische Maßnahmen vorgesehen. So können Beeinträchtigungen der Natur und Landschaft vermieden, minimiert, ausgeglichen oder ersetzt werden.

Das gesamte Projekt wurde vom Ministerium für Bauen und Verkehr des Landes Nordrhein–Westfalen in Auftrag gegeben. Die beteiligten Unternehmen beim Brückenbauprojekt sind zum einen Firma Kirchner für den Massivbau und Firma Donges für den Stahlbau.

Arbeitsvorbereitung

Wie bei jedem Bauprojekt, hatte auch diese Brücke ihre Besonderheiten und Einmaligkeiten. Unter anderem musste man eine Vorlandbrücke dimensionieren, die auftretendes Hochwasser ohne Probleme übersteht. Des Weiteren konnte man auf der rechten Seite in Fließrichtung keinen Pylonen errichten, da der weitere Verlauf der Straße eine Kurve machte und so das Spannen der Stahlseile unmöglich war.

Eine gut geplante Arbeitsvorbereitung mit reichlich Überlegungen und Tests war also unumgänglich.

Die gesamte Planung fing schon mit dem Untergrund an, da man sich hier für ein noch nicht weit verbreitetes Verfahren der Prüfung von Tragverhalten von Gründungspfählen entschloss. Mit Hilfe der Osterbergzelle konnte man den Spitzenwiderstand und auch die Mantelreibung des Pfahls ermitteln. Diese Zelle befindet sich in der Mitte des Pfahles und ist über eine Röhre mit hydraulischen Leitungen und Kabeln mit der Messstation an der Oberfläche verbunden. An insgesamt vier Stellen wurden solche Osterbergzellen eingebaut, um die verschiedenen Eigenschaften des Bodens im gesamten Baustellenbereich zu erfassen. Die so gewonnenen Daten lieferten den notwendigen Aufschluss und die Sicherheit für die Gründungspfähle.

Auf Grund von eventuellen Kampfmitteln aus dem Zweiten Weltkrieg wurde vor jeder Pfahlbohrung eine Sondierbohrung durchgeführt.

Die Anzahl der Pfähle variierte von Fundament zu Fundament zwischen acht bis hin zu ca. 36 Pfählen am Fundament des Pylonen. Der Durchmesser der einzelnen Pfähle betrug 150 cm und die Einbautiefe belief sich auf 24 m. Alle Pfähle eines Fundaments wurden in einer Pfahlkopfplatte eingebunden.

Die insgesamt 376 m lange Vorlandbrücke aus Stahlbeton wurde im Taktschiebeverfahren erstellt und unterteilt sich in sechs Felder.

Der eigentliche Grund der Vorlandbrücke war, dass auch bei höherem Pegel des Rheins bis hin zu einem Hochwasser eine Befahrbarkeit und Tragsicherheit der Brücke gewährleistet ist. Deshalb wurde die Geländeoberfläche um jeden Pfeiler herum mit großen Natursteinen verbessert um so ein Ab- und Ausspülen des vorhandenen Erdreichs zu unterbinden.

Das Taktschiebeverfahren wurde hier gewählt, da man so nur eine Taktstelle mit gleich bleibendem Querschnitt betreiben musste und man sich so eine kürzere und effektivere Bauzeit versprach. Auch folgt aus den wiederholten Arbeitsvorgängen dieses Verfahrens eine Optimierung und erfahrungsbedingte Vereinfachung der Arbeiten.



Taktschiebestation

Die Strombrücke in Stahlbauweise wird im freien Vorbau erstellt. Zu unserem Besichtigungszeitpunkt wurden allerdings erst der erste Schuss und die zweite Mittelzelle als „Vorbauschnabel“ benutzt.



Hilfsstütze mit aufgelegtem Vorbauschnabel

Eine weitere Besonderheit waren die Stahlseile der Brücke. Diese Schrägseile bestanden nicht wie sonst üblich aus verschlossenen Seilen, sondern aus einzelnen Litzen des Systems „SUSPA DSI“. Der große Vorteil dieser neuartigen Handlungsweise ist die einfachere Wartung und Reparatur. Sollte eine Litze Drahttrisse aufweisen, kann man schnell und einfach diese einzelne Litze auswechseln und muss nicht das ganze Schrägseil erneuern. Dieses Beispiel verdeutlicht, wie nachhaltig und zukunftsorientiert man an das gesamte Projekt herangegangen ist.

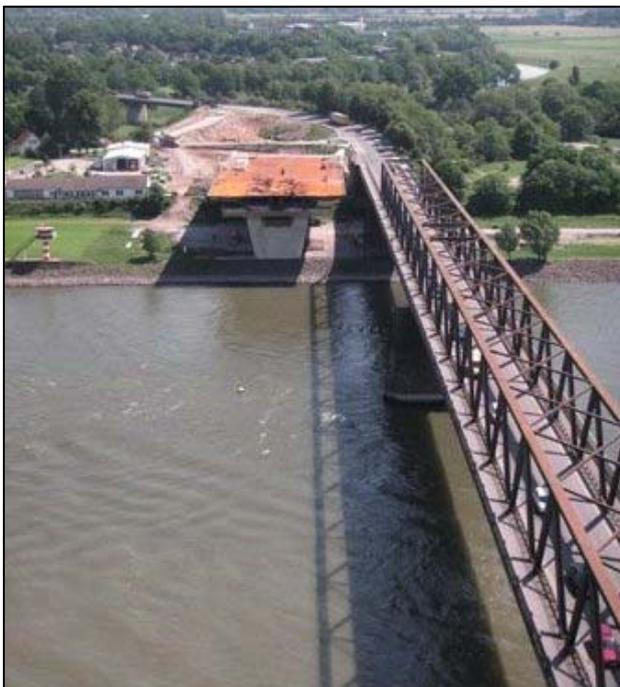
Der Pylon ist ebenfalls eine Besonderheit, da hier nur einer benötigt wird und nicht wie sonst zwei gebaut werden. Die Wege, die zu dieser Entscheidung führten sind im Nachhinein sehr einleuchtend und unumgänglich. Wie schon weiter oben erwähnt, folgt dem Straßenverlauf auf der rechten Rheinseite eine Kurve und weitere

Hindernisse, wie z.B. eine alte preußische Schießanlage, welche unter besonderem Schutz liegt. Demzufolge besteht keine wirtschaftliche und bautechnisch lösbare Variante, auf dieser Seite einen Pylonen zu errichten. Wie aber von Herrn Reinsch berichtet wurde, ist eine Schrägseilkonstruktion mit nur einem Pylonen in diesem Gebiet des Rheines mittlerweile keine Seltenheit mehr und er zeigte uns Bilder von einer anderen Brücke dieser Art, welche er vorher schon überwacht hatte.

Also kam nur ein linksrheinischer Pylon in Frage. Dieser soll später mit seinen ca. 130 m Höhe und den zweimal sechs Schrägseilgruppen die gesamte Last der Brücke und des Verkehrs tragen.

Auch aus Sicht der Arbeitsvorbereitung ist eine spezielle Betrachtungsweise des Pylonen wichtig. Da er als Endauflager der Vorlandbrücke dient kann man zwar später mit dem Bau beginnen, als mit dem Bau und Verschiebung der Vorlandbrücke, allerdings muss der gesamte Pylon dann rechtzeitig fertig und belastbar sein. Andernfalls würde die komplette Baustelle unnötig Ruhezeiten einschieben müssen. Und das wäre neben der Terminfrist auch ein großer finanzieller Verlust.

Die Betonierarbeiten des Hohlkastenprofils des Pylonen wurden mit einer Kletterschalung bewerkstelligt.



Rechtsrheinisches Überbaufeld

So konnten wir bei unserer Exkursion auf einer Baustelle gleich zwei interessante Betonierverfahren kennen lernen und vor allem auf einer aktiven Baustelle im Betrieb beobachten.

Auf der rechtsrheinischen Seite wurde ein 61,8 m langes Überbaufeld parallel zu den anderen Arbeiten erbaut, um so den Abschluss für die Stahlbrücke zu bilden.

Die Bauabschnitte

Nach den Gründungsarbeiten kann man das Bauvorhaben in drei weitere Teile untergliedern. Zum einen ist dies der Bau der linksrheinischen Vorlandbrücke, der aus Spannbeton (C 35/45) im Taktschiebeverfahren hergestellt wird. Die Vorlandbrücke wird in "Takten" von je 32 m Länge hergestellt. Das Gewicht eines solchen Abschnitts liegt bei ca. 2.500 t. Der Überbau besteht aus einem zwei- bzw. dreizelligen Hohlprofil mit seitlichen Kragarmen. Dabei werden zuerst die Bodenplatte und die Stege betoniert, anschließend werden die Schrägstreben, die als Fertigteile geliefert werden an die Stege gesetzt und schließlich die komplette Fahrbahn inklusive Kragarmen betoniert. Die Mobilität der hierfür notwendigen Schalung erfolgt mit Hilfe von hydraulischen Pressen.



Schalung mit hydraulischen Stützen

Um den Verschiebevorgang zu realisieren, musste der Querschnitt eine zentrische Vorspannung mit Längsspanngliedern erhalten. Im Inneren des Betonquerschnitts werden die externen Spannglieder für den späteren Gebrauchszustand geführt. Zur

weiteren Unterstützung wurden zwischen den später tragenden Stützen zusätzliche Hilfsstützen gebaut, welche nach der Fertigstellung des Überbaus wieder herausgerissen werden.

Der nächste Bauabschnitt ist die Herstellung des Pylonen und gleichzeitig der Bau des rechtsrheinischen Vorlandfeldes, welcher im Gegensatz zur linksrheinischen Seite in Stahlbauweise stationär montiert wird. Der Pylon ist das Herz der neuen Rheinbrücke. Er steht auf der linken Rheinseite und ist das Zentrum der Schrägseilkonstruktion. Im Pylon sind zweimal sechs Schrägseilgruppen aus jeweils sechs Einzelseilen verankert. Ein Seil besteht aus einem Hüllrohr in dem ein Bündel von Metalllitzen geführt wird. Eine Litze besteht aus 7 verzinkten Drähten, die zusammen einen Durchmesser 15 mm haben. Die Litze wird mit Spezialfett eingerieben und anschließend in einem Kunststoffmantel eingeschlagen. In ein Hüllrohr kommen ca. 55 Litzen. Durch dieses Verfahren erreicht man einen sehr guten Korrosionsschutz. Insgesamt werden ca. 700 t Seilmasse verbaut.



Schrägstiele mit Querverstrebung

Der Pylon selber hat eine Höhe von 130 m und die Form eines umgedrehten Y. Im Inneren dieses Y wird später ein Schrägaufzug fahren, und es werden sich auch sämtliche Unterhaltungsmaßnahmen darin befinden.

Der obere Stiel des Y hat eine Länge von ca. 61 m. Der obere Teil sowie die beiden Schrägstiele bestehen aus einem rechteckigen Hohlkastenquerschnitt. Der obere Stiel besteht aus einem Stahlverbundquerschnitt mit den Maßen 5,40 m x 4,00 m und die beiden Schrägstiele aus hochfestem Beton mit den Maßen 4,00 m x 3,30 m, aufweitend auf 4,00 m x 3,80 m. Für beide Teile wurde Beton C 55/67 verwendet. Der Bau erfolgt mit Hilfe einer Selbstkletterschalung in Takten von ca. 4,90 m. Sind 60 m Bauhöhe erreicht, müssen die beiden Schrägstützen durch eine Querstrebe gegenseitig abgestützt werden.

Sind 60 m Bauhöhe erreicht, müssen die beiden Schrägstützen durch eine Querstrebe gegenseitig abgestützt werden.

Der Materialtransport erfolgt mit einem Obendrehkran, der bis auf eine Höhe von 140 m aufgestockt werden kann.

Ist der Pylon fertig gestellt, entsteht zuletzt der Überbau des Flusses in Stahlbauweise. Dieser wird direkt an den Pylonen „angehängt“ und entsteht in Richtung rechtsrheinischer Seite im Freivorbau.

Zum allgemeinen Baustellenablauf lässt sich noch hinzufügen, dass sich am gesamten Bauprojekt Rheinbrücke Wesel durchschnittlich jeden Tag 60 Personen befinden. Dazu gehören Bauarbeiter, Poliere, Stahlarbeiter, Betonpumpen-, Bagger- und Kranfahrer, Ingenieure und sonstige Personen.

Insgesamt machte die Baustelle auf uns einen sehr geordneten und durchdachten Eindruck, da immer die gebrauchten Materialien an Ort und Stelle waren und nirgends größere Mengen an ungebrauchtem Material oder Bauschutt herumlagen. Wir konnten jeden interessanten Bereich von der Nähe aus beobachten und bekamen so einen guten Einblick in das Brückenprojekt.

Abschließend möchten wir uns bei Herrn Reinsch und dem Landesbetrieb Straßenbau Nordrhein-Westfalen für die Einblicke und die informative Vorstellung des Projektes herzlich bedanken.



Pylon mit Kran

U-Bahnstationen Noord/Zuidlijn, Amsterdam

Veera Ivantsova, Gerald L. Kremer, Benjamin Schanz, Matthias Schulz

Am Donnerstag stand die Besichtigung von Baustellen des Amsterdamer Metro-Großprojekts „Noord/Zuidlijn“ (deutsch: „Nord-Süd-Linie“) auf dem Programm.

Nur einige Gehminuten von unserem Hotel entfernt, begrüßte uns Herr Dipl.-Ing. Stefan Buss im Baubüro der Firma Max Bögl, welches auf einem Ponton in der Nähe des Rijksmuseums untergebracht ist. Nach der Präsentation der Baumaßnahme und einer kurzen Stärkung mit Erfrischungsgetränken und Gebäck ging es dann auf die Baustelle, um das vermittelte Wissen „in situ“ zu betrachten.

Das Projekt

Die Stadt Amsterdam ist Initiator und Auftraggeber der neuen „Noord/Zuidlijn“. Die „Noord/Zuidlijn“ verbindet die im Norden gelegenen Stadtteile, den Flughafen Schiphol und das nördliche Einzugsgebiet mit der historischen Altstadt und den südlichen Stadtbezirken rund um das World Trade Center. Als zentraler Verkehrsknoten im System der Amsterdamer Stadtbahnen wird die Funktion des Hauptbahnhofs „Centraal Station“ als Verteiler der verschiedenen Verkehrsströme (Metro, Stadtbahn) weiter verstärkt.

Die „Nord-Süd-Linie“ ist 9,5 Kilometer lang. Die Metro hält an 8 Stationen, deren durchschnittlicher Abstand zueinander 1,2 Kilometer beträgt. Die Linie startet überirdisch in Amsterdam Nord an der Haltestelle Buikslotermeerleijn. Im weiteren Verlauf taucht die Linie ab, unterquert den IJ und den Hauptbahnhof und setzt ihren Weg unterirdisch bis in die Innenstadt fort. Die gesamte Fahrt soll rund 16 Minuten betragen, dabei erreicht die Metro eine durchschnittliche Geschwindigkeit von 35 km/h. So wird es möglich sein, täglich über 200.000 Fahrgäste zu befördern.

Der unterirdische Teil der Nord-Süd-Linie beträgt 7,1 Kilometer, von denen 3,8 Kilometer gebohrter Tunnel ist. Für die Bauausführung ergeben sich jedoch erhebliche Schwierigkeiten. Wegen der dichten Bebauung der Stadt und des großen Verkehrsaufkommens an Straßenbahn-, Auto- und Fahrradverkehr sowie Fußgängern musste von den Planern eine ausgeklügelte Logistik entwickelt werden. Darüber hinaus ist auch höchste Vorsicht gegenüber den historischen Gebäuden geboten, die fast alle auf Pfählen gegründet sind, welche bis zu 60 Metern in die

Tiefe reichen. Aus diesem Grund kann unter den Häusern nicht gebaut werden. Um über etwaige Setzungen sofort informiert zu sein, wurden zur Überwachung Häuser im Umfeld der Baumaßnahme (bis zu 30 Meter von der Tunnelstrecke und bis zu 70 Meter von den Metro-Stationen entfernt) mit insgesamt 5.500 Prismen und 70 Theodoliten bespickt. Um größere Schäden zu vermeiden und im Hinblick auf die Sensibilität der Bevölkerung sind die Auflagen sehr streng – die maximal erlaubte Rissbreite beträgt 2 Millimeter. Die hiermit gewährleistete flächendeckende Überwachung spielt sowohl technisch als auch psychologisch eine wichtige Rolle.

Aufgrund der Größe und Komplexität des gesamten Bauvorhabens wurde es durch den Auftraggeber in mehrere Lose aufgeteilt, die an verschiedene Auftragnehmer vergeben wurden. Als erstes wurden die Bauarbeiten an den drei tief liegenden Stationen *Rokin*, *Vijzelgracht* und *Ceintuurbaan* 2003 aufgenommen.

Die Max Bögl GmbH & Co. KG ist Generalunternehmer für diese drei Stationen.

Nach Anlaufschwierigkeiten wegen behördlichen Auflagen und den schwierigen örtlichen Gegebenheiten wird derzeit mit einer Fertigstellung im Jahr 2010 gerechnet. Die Kosten für die drei Stationen werden sich auf ca. 220 Mio. Euro belaufen, bei Gesamtprojektkosten von ungefähr 1,5 Mrd. Euro.

Alle drei Stationen werden in Schlitzwand-Deckelbauweise erstellt. Die meist an den Enden liegenden Zugänge werden durch Spundwände gesichert. Bei gleichzeitigem Einbau der Aussteifungen mit Stahlstempeln erfolgt der unterirdische Aushub lagenweise - bei den bis zu 32 Meter tiefen Baugruben der Stationen *Vijzelgracht* und *Ceintuurbaan* sogar zum Teil unter Druckluft. Die Aussteifungslage unter der Baugrubensohle wird mittels „Jet Grouting“, einem speziellen Düsenstrahlverfahren, erstellt. Da die Bahnhöfe *Rokin* und *Vijzelgracht* zudem im Bereich früherer Flüsse bzw. Grachten entstehen, ist die Entfernung der jahrhundertealten Kaimauern mit ihren Holzpfahlgründungen besonders aufwändig.

Auf die eingesetzten Verfahren wird im Folgenden noch etwas genauer eingegangen.

Die Stationen

Die drei von Max Bögl zu bauenden Stationen *Rokin*, *Vijzelgracht* und *Ceintuurbaan* befinden sich zwischen 22 und 27 Meter unter GOK, die Schlitzwände reichen sogar bis zu 40 Meter in den Boden.

Bei jeder der 3 Stationen gibt es Besonderheiten und kritische Punkte, die zu beachten sind.

Die Station *Rokin* befindet sich an der Stelle eines ehemaligen Parkplatzes, welcher nach Fertigstellung in Form eines Parkhauses zwischen der eigentlichen Station und der oberirdisch verlaufenden Straße zu finden sein wird. Auch Fahrradfahrer werden unterirdische Fahrradstellplätze nutzen können, welche wie auch die Bahnsteige über 2 Eingänge im Norden und im Süden zu erreichen sind. Die *Rokin*-Station wird schließlich stark frequentiert sein - nach dem Hauptbahnhof wird sie mit ca. 57.000 Fahrgästen täglich den größten Ansturm erwarten.



Baustelle Rokin

Die Besonderheit bei der *Vijzelgracht*-Station besteht darin, dass über die Station eine Gracht verläuft. Anstelle des Parkhauses, wie es bei der *Rokin*-Station gebaut wird, befindet sich bei der *Vijzelgracht*-Station ein Regenrückhaltebecken im Bereich zwischen Station und GOK. Das Rückhaltebecken wird zur Regelung der Wasserstände der Grachten sowie als Überlauf für Regenwasser dienen. Wegen des auch hier herrschenden Platzmangels wurden beispielsweise die Bürocontainer der Detailplanung und Arbeitsvorbereitung auf einer Plattform über der Gracht errichtet.

Da die Straße über der *Ceintuurbaan*-Station sehr eng ist, werden dort ausnahmsweise die 2 Metroröhren übereinander geführt. Deshalb ist die Station mit knapp 27 Metern tiefliegendste der 3 Stationen.

Einige Zahlen zu den 3 Stationen:

Ingesamt:	- 500.000 m ³ Aushub	- 20.000 m ³ HDI (= DSV)
	- 200.000 m ³ Beton	- 100 Nachunternehmer
	- 26.000 t Stahl	- 100 Lieferanten
	- 60.000 m ² Schlitzwand	

Die Deckelbauweise

Um den Verkehr durch den Bau möglichst wenig zu stören, werden die 3 Stationen durch das Bauverfahren der Deckelbauweise errichtet. Im Fall dieses Projektes wird die Baustelle in 2 Bauabschnitte unterteilt. Jeweils eine Straßenseite wird gesperrt und der Verkehr auf die andere umgeleitet. Nach Abschluss des ersten Bauabschnittes ist ein großer logistischer Aufwand nötig, um das Baufeld auf die andere Seite zu verlagern.

Zunächst werden die Schlitzwände, durch eine Bentonitsuspension gestützt, ausgehoben. Da der Grundwasserspiegel in Amsterdam teilweise schon wenige Meter unter der Oberfläche liegt, werden die Schlitzwände bis zu 40 Meter tief in einer wassersperrende Bodenschicht gegründet.

Nachdem die Schlitzwände ausgehoben sind, werden die Bewehrungskörbe, die aus mehreren Teilen angeliefert und vor Ort zusammengesetzt werden, in den mit Bentonitsuspension gefüllten Schlitz eingelassen. An den Kopfenden der jeweiligen Baustellen werden spezielle Bewehrungskörbe aus 3 Teilen verwendet. Der obere und der untere Teil bestehen hier aus 50 Millimeter starkem Stahl und der mittlere, der später von der Tunnelbohrmaschine (Durchmesser 6,5 Meter) durchbrochen wird, aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Stahl hätte man später manuell lösen müssen, da ein Durchstoß durch eine herkömmliche Stahlbetonwand mit einem großen Verschleiß der Bohrköpfe verbunden wäre. Durch ein Kontraktorrohr füllt man den Beton in die mit den Bewehrungskörben gefüllten Schlitze. Die nach oben verdrängte Bentonitsuspension wird gleichzeitig abgepumpt und später wieder aufbereitet.

Als nächster Schritt im Bauablauf werden die Sohlen der Bahnhöfe durch das Düsenstrahlverfahren hergestellt. Die so entstandenen Säulen dienen der Abdichtung der Sohle.

Nun kann mit dem Aushub bis zur Unterkante des späteren Deckels angefangen werden. Nach Beendigung des Aushubs wird die Decke aus Fertigteilen hergestellt. Anschließend wird der Bereich über der Decke wieder mit Erdreich angefüllt. Im nächsten Schritt wird teilweise unter Druckluft der eigentliche Schacht für den späteren Bahnhof ausgehoben. Der Einsatz von Druckluft ist deshalb notwendig, da

der Wasserdruck aus der 3. Sandschicht von der DSV-Sohle nicht aufgenommen werden kann.

Bei der Station *Ceintuurbaan* wird dieser Schritt wiederholt, um die zweite Decke für den zusätzlichen, tiefer liegenden Schacht einzubauen. Zuletzt wird die Bodenplatte betoniert.

Die Herstellung von Schlitzwänden

Schlitzwände dienen sowohl zur Abdichtung gegen eindringendes Grundwasser und gleichzeitig als konstruktives Bauteil. Sie werden in flüssigkeitsgestützten Erdschlitzten (meistens Bentonit) nach dem Einbringen der Bewehrung im Kontraktorverfahren betoniert. Gerade im innerstädtischen Bereich eignen sie sich hervorragend, da sie verformungsarm sind. Die schwierigen Verhältnisse in Amsterdam mit hohem Grundwasserspiegel, der Nähe der Baustelle zur Bebauung sowie die Anwohnerproblematik stellen für dieses Verfahren kein Problem dar - der Einbau verläuft weitgehend geräusch- und erschütterungsarm, die Verformungen im Baugrund sind gering und die fertigen Schlitzwände sind wasserdicht.

Schlitzwände können als Verbauwand einen vorübergehenden Zweck haben oder wie in diesem Fall als tragendes Element des Bauwerkes dienen.

Bei den U-Bahnstationen bilden Schlitzwände in Verbindung mit einer Injektionssohle eine wasserdichte Baugrube. Nach Absenken des Grundwasserspiegels muss nur noch eine Restwassererhaltung betrieben werden.

Schlitzwandelemente werden auch als Gründungselemente zum Abtragen der Bauwerkslasten in tieferen tragfähigen Bodenschichten eingesetzt.

Nun eine Beschreibung des Ablaufs, hier exemplarisch im Greiferbetrieb mit Abschalrohren. Man beginnt mit einem Voraushub bis ca. 1-1,5 Meter unter Gelände zur Erstellung der Leitwände. Diese werden mit Ortbeton oder aus Betonfertigteilen hergestellt und gegenseitig ausgesteift. Sie stützen den Boden im oberen Schlitzbereich und dienen als Führung für den Schlitzgreifer. Zudem nutzt man sie, um die Schlitzwandbewehrung aufzuhängen sowie als Auflager beim Ziehen der Abschalrohre durch hydraulische Ziehpressen. Der Raum zwischen den Leitwänden dient als Vorhalteraum für die Stützflüssigkeit.

Danach beginnt man mit dem Aushub einer Lamelle durch Schlitzwandgreifer. Damit die Wände des Erdschlitzes nicht einstürzen, werden sie während des Aushubs

ständig mit Bentonit, einer thixotropen Flüssigkeit, gestützt, die dem Schlitz zugeführt wird.

Bentonit ist ein Gestein, welches eine Mischung aus verschiedenen Tonmineralien ist und als wichtigsten Bestandteil Montmorillonit (60 - 80 %) enthält. Dies erklärt die starke Wasseraufnahme- und Quellfähigkeit, da die spezifische Oberfläche bis zu 800 m²/g beträgt. Weitere Begleitmineralien sind Quarz, Glimmer, Feldspat, Pyrit oder auch Calcit. Es entsteht durch Verwitterung aus vulkanischer Asche. Bentonit ist ein nichtnewtonsches Fluid und weist somit ein thixotropes Verhalten auf.

Danach folgt das Einbringen der Abschalrohre zur Begrenzung der einzelnen Betonierabschnitte. Der Durchmesser der Abschalrohre ist gleich der Wanddicke. Nach dem Ansteifen des Betons werden sie wieder gezogen, wobei eine halbkreisförmige Fuge entsteht, über die man eine gute Verzahnung der einzelnen Wandabschnitte untereinander erreicht. Zusätzlich wird die Suspension homogenisiert und regeneriert.

Danach erfolgt das Betonieren der Lamelle im Kontraktorverfahren. Während man den Beton einbringt wird die Stützflüssigkeit abgepumpt. Man spricht auch von einer „Zweiphasen-Schlitzwand“. Die Stützflüssigkeit wird regeneriert und kann mehrfach verwendet werden. Allerdings kann sich das Recycling als recht schwierig und vor allem teuer gestalten, wie auch die Stadt Amsterdam feststellen musste.

Nach Erstarren des Betons werden die Abschalrohre durch hydraulische Pressen gezogen, als Auflager dienen die Leitwände.

Es gibt verschiedene Abwandlungen dieses Verfahrens, wie z.B. die Verwendung von seil- oder gestängegeführten Spezialgreifern.

Weiterhin bewährt hat sich auch die Schlitzwandfräse. Hier kann auch die Abschal-konstruktion entfallen, da nach Erhärten des Betons in der Primärlamelle dieser beim Aushub der Sekundärlamelle so angefräst wird, dass später beim Betonieren der Sekundärlamelle eine enge Verzahnung erreicht werden kann.

Eine Schlitzwand kann entweder im Pilgerschrittverfahren oder kontinuierlich hergestellt werden. Beim Pilgerschrittverfahren wird nach Herstellung der Primärlamelle zuerst die übernächste Lamelle wieder als Anfängerlamelle (Primärlamelle) hergestellt. Anschließend folgt die dazwischen liegende Schließlamelle (Sekundärlamelle). Dadurch kann eine schnellere Herstellung erfolgen, da man nicht auf das Erhärten des Betons in der ersten Lamelle warten

muss. In Amsterdam war dies allerdings aufgrund der Enge der Baustelle nicht möglich.

Das Düsenstrahlverfahren (DSV)

Injektionsmaßnahmen zur Abdichtung und Verfestigung des Baugrunds gehören zu den Standardaufgaben im Spezialtiefbau.

Das seit langem gebräuchliche Injizieren von Feststoffen, Chemikalien oder Kunstharzen ist auf Böden mit einem vorgegebenen Porenanteil und einer bestimmten Porengröße beschränkt. Bei solchen Niederdruckinjektionen wird das Injektionsmittel mit bis zu 20 Bar über natürliche Fließwege im Boden in die vorhandenen Poren und Hohlräume des Bodens eingepresst. Dabei wird die Bodenstruktur kaum verändert und es führt zur Bildung undefinierter Injektionskörper. Ein weiterer Nachteil bei den feinkörnigen Böden ist die Beeinträchtigung der Umwelt, da hier nur noch Chemikalien und Kunstharze eingesetzt werden können.

Das Düsenstrahlverfahren (DSV), auch als Hochdruckinjektion HDI bezeichnet, ist ein Verfahren des Spezialtiefbaus zum Erstellen von Injektionskörpern im Erdreich, das im Gegenteil zu den Niederdruckinjektionen im gesamten Spektrum der Böden, von Ton bis Grobkies, eingesetzt werden kann. Das Düsenstrahlverfahren kann für vielfältige Anwendungen genutzt werden. Einige Anwendungsbeispiele sind:

- das Unterfangen von Fundamenten bestehender Gebäude
- das Erstellen von dichten Baugrubenverbauten
- das Abdichten von Baugrubensohlen
- das Stabilisieren von problematischen Böden im Tunnelbau mittels DSV-Schirm
- die Errichtung von Dichtschirmen für Dämme, etc.

Das Prinzip des Düsenstrahlverfahrens besteht darin, den anstehenden Boden mit Hilfe eines Hochdruckdüsenstrahls in seinem Gefüge zu lösen und mit einer Zementsuspension zu durchmischen. Dadurch wird durch einen „Erdbeton“, bzw. „Bodenzementkörper“ eine weitgehend baugrundunabhängige Verfestigung oder Abdichtung des Bodens erreicht.

Zur Herstellung eines DSV-Körpers wird zuerst eine Injektionslanze (Hochdruckinjektionsgestänge) bis auf die vorgesehene Tiefe in den Boden eingebohrt. Häufig wird hierfür bei dichten, bindigen und harten Böden ein spülungsunterstütztes

Nassbohrverfahren verwendet, um einen größeren Durchmesser der Injektionssäule zu erzielen und den Verbrauch an Zementsuspension zu optimieren. Am unteren Ende des Bohrgestänges ist eine Düse angebracht, aus der unter Hochdruck von bis zu 600 Bar das Injektionsgut ausgepresst wird. Dabei entsteht ein äußerst energiereicher „Schneidstrahl“ mit einer Geschwindigkeit bis zu 200 m/s, der den Boden aus seiner natürlichen Lagerung löst und mit Bindemittel versetzt. Der Boden wird erodiert und mit der Bindemittelsuspension vermischt, die mit dem natürlichen Boden als Zuschlagstoff einen Injektionskörper bildet. Die Reichweite des Strahles ist



DSV-Herstellung

unter anderem durch die Lagerungsdichte und die Bodenart begrenzt. Durch entsprechende Wahl des Schneidstrahlendrucks, der Ziehgeschwindigkeit sowie der Gestängedrehzahl lassen sich Form (Lamelle, Teilzylinder, zylindrischer Körper) und Größe (Durchmesser bis zu 2,5 Meter möglich) der entstehenden Körper in Abhängigkeit vom anstehenden Boden beeinflussen. DSV-Körper können sowohl vertikal, geneigt oder horizontal hergestellt werden. Die erreichbare Qualität der DSV-Körper ist abhängig von der Kornverteilung des Bodens (je feinkörniger desto schwieriger). Überschüssiges Gemisch aus Boden, Wasser und

Zement tritt über den Bohrlochringraum zutage und wird vor Ort gesammelt und abtransportiert.

Ein Vorteil des Düsenstrahlverfahrens gegenüber herkömmlichen Bodeninjektionen ist, dass DSV-Körper bis knapp unter die Geländekante hergestellt werden können, ohne dass Hebungen zu befürchten wären. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist, dass im Vergleich zu anderen Verfahren der Baugrubensicherung oder Unterfangungsarbeiten für das Düsenstrahlverfahren nur vergleichsweise kleine Geräte erforderlich sind, die gegebenenfalls auch im Inneren von Gebäuden eingesetzt werden können.

Aktueller Stand

Während der Besichtigung der Baustellen der Stationen Vijzelgracht und Rokin konnten wir uns ein Bild vom Fortschritt des Projekts machen. Bei der Station Vijzelgracht sind mittlerweile die Aushubarbeiten in vollem Gange. Da bereits ein Teil der Eingänge im Rohbau fertig gestellt sind, konnten wir die freigelegten Schlitzwände sehen. Dieser sichtbare Teil der Schlitzwände wird später entfernt, da hier der spätere Zugang zu den Bahngleisen entsteht.

Bei der Station Rokin ist der erste Bauabschnitt schon fertig gestellt, aktuell werden die Schlitzwände des zweiten Bauabschnitts hergestellt.

Untertunnelung der Centraal Station Amsterdam

Jan Beutelschieß, Roland Volz und Kristoffer Bille Selmer

Am Donnerstagnachmittag stand die Großbaustelle Central Station Amsterdam auf unserem Programm. Dazu traf sich unsere Gruppe im Büro der Bauleitung und wurde sehr freundlich von Frau Dipl.-Ing. Verena Blessing, Keller Grundbau GmbH, empfangen und über die gesamte Baumaßnahme informiert.

Informationen über die Gesamtbaumaßnahme¹

Die neue Metro-Trasse Noord/Zuidlijn soll die Regionen Amsterdam Nord und Amsterdam Süd mit dem Zentrum der Stadt mit insgesamt 9 Stationen verbinden. Die 9,5 Kilometer lange Strecke (siehe Bild) erfordert den Bau einer neuen Metro

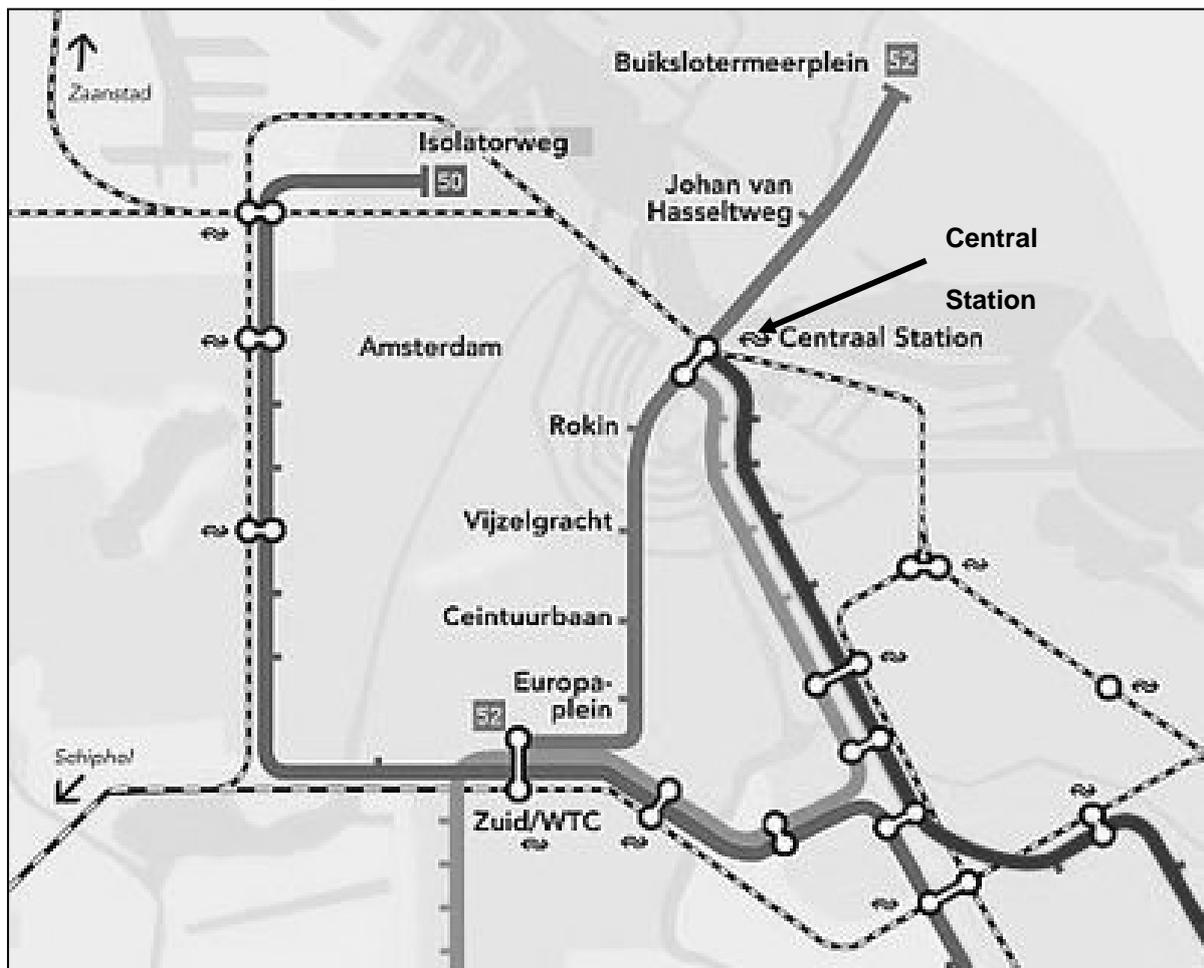


Bild 1: Metro-Linie Amsterdam

¹ Aus Veröffentlichungen der Stuurgroep, Amsterdam

Untertunnelung der Centraal Station Amsterdam

unterhalb des Amsterdamer Hauptbahnhofes, was für die Bauausführenden eine erhebliche Herausforderung darstellt.

Das bestehende Bahnhofsgebäude wurde gegen Ende des 19. Jahrhunderts gebaut. Es befindet sich auf einer künstlich aufgeschütteten Insel im Flussbett der IJ und ist auf etwa 9.000 Holzpfählen gegründet. In den etwa einhundert Jahren seines Bestehens hat sich das Gebäude um ca. 18 cm gesetzt. Die Rahmenbedingungen seitens der Stadt Amsterdam für den Bau der neuen Metrostation sind, dass sowohl für den Zugverkehr als auch für die Reisenden kaum Behinderungen entstehen dürfen.

Bauherr der Baumaßnahme ist die Stadt Amsterdam. Sie wird durch das Adviesbureau Noord/Zuidlijn und das Büro VOF Stationseiland Amsterdam vertreten. Die VOF ist eine Arbeitsgemeinschaft der Unternehmen *Movares* und *Arcadis Bouw Infra*. Generalunternehmer der Arbeiten ist Combinatie Strukton Betonbouw/van Oord ACZ (CSO). Die Jet-Grouting Arbeiten wurden an die Smet Keller Funderingstechnieken VOF als Nachunternehmer vergeben.

Geologische Verhältnisse

Der Bodenaufbau beginnt direkt ab Geländeoberkante (NAP² +3 m) und besteht zunächst aus einer 8 m starken, aufgefüllten Sandlage (bis NAP -5 m). Darunter bis NAP -15 m folgt der weiche Fluss-Klei mit eingelagerten Sandbändern. Die zweite Sandschicht aus mitteldicht bis dicht gelagerten Sanden mit geringfügigen Schluff- und Kleianteilen befindet sich in ca. -28 m/-29 m NAP darunter. Unterlagert werden diese Schichten durch eine ausgeprägte Kleischicht bis NAP -45 m. Im Anschluss daran bis -56 m NAP folgen der glaziale Klei und dann die unterlagernde dritte Sandlage mit hoher Tragfähigkeit bis in eine Tiefe von NAP -70 m. Das Grundwasserniveau liegt etwa bei NAP 0,0 m und somit ca. 3 m unter dem Gelände. Das geologische Längsprofil ist im nachfolgenden Bild 2 wiedergegeben.

Der Amsterdamer Hauptbahnhof

Die Großbaustelle am Amsterdamer Hauptbahnhof wird in 3 Teile unterteilt. Das Hauptbahnhofsgebäude, der Bahnhofsvorplatz südlich und die Hinterseite nördlich des Bahnhofs.

² Normaal Amsterdams Peil – Amsterdamer Pegel

3.1 Hauptbahnhofsgebäude

3.1.1 Bauphasen der Tunnelherstellung/Sicherung



Bild 2: Die Sandwichwände und Pfähle unter dem Bahnhofsgebäude nach Fertigstellung

Für die Abfangung der Bauwerkslasten bzw. Herstellung des Tunnels unterhalb des Bahnhofsgebäudes sind folgende Bauphasen vorgesehen:

Bauphasen:

1. Ziehen der vorhandenen Holzpfähle und Herstellung der Tubex-Pfähle
2. Herstellung der Sandwichwände
3. Herstellung der Abfangkonstruktion des Bahnhofsgebäudes aus Stahlstützen
4. Absenkung des Grundwasserniveaus
5. Aushub bis zur ersten Steifenlage
6. Herstellung der tief liegenden Aussteifungssohle
7. Anbringen der oben liegenden Steifenlage
8. Unterwasser-Aushub
9. Einschwimmen und Absenken der Tunnelemente
10. Wiederauffüllung mit Boden

3.1.2 Sandwichwand-Lösung

Damit die enormen Lasten abgetragen werden können, wurde eine spezielle Sandwichwand-Lösung erarbeitet.

Hierbei sollte die Sicherung des historischen Bahnhofsgebäudes im Vordergrund stehen. Das Konzept der Sandwichwand beruht auf der Herstellung einer sehr steifen Wand, die aus mehreren Einzelkomponenten besteht. Die Sandwichwand besteht aus zwei Reihen Tubex-Pfählen mit einem Durchmesser von ca. 50 cm und einer



Bild 3: Tubex Maschine

Länge von 26 bis 60 m. Die Pfähle haben etwa einen Achsabstand von 1 m parallel zur Wandachse und stehen in Querrichtung 2,5 m auseinander. Sie werden dann in Teillängen von 2 bis 5 m mit einer speziell für diese Arbeiten angepassten Tubex-Maschine eingebaut.

Der Zwischenraum zwischen den Pfählen in Längsrichtung wird durch Jet-Grout-Säulen mit Durchmessern von 800 mm bis 1.200 mm und Längen von 28,5 m ausgefüllt. Zwischen den beiden Tubex-Pfahlreihen werden ebenfalls Jet-Grout-Säulen bei Durchmessern von 1.400 bis 2.200 mm und Längen von 26 bis 28,5 m angeordnet. Die vorhandenen Holzpfähle wurden vor Beginn der Baumaßnahmen mit einer speziell entwickelten Verfahrenstechnik gezogen und die entstehenden Löcher mit Sand aufgefüllt.

3.1.3 Konstruktive Aspekte

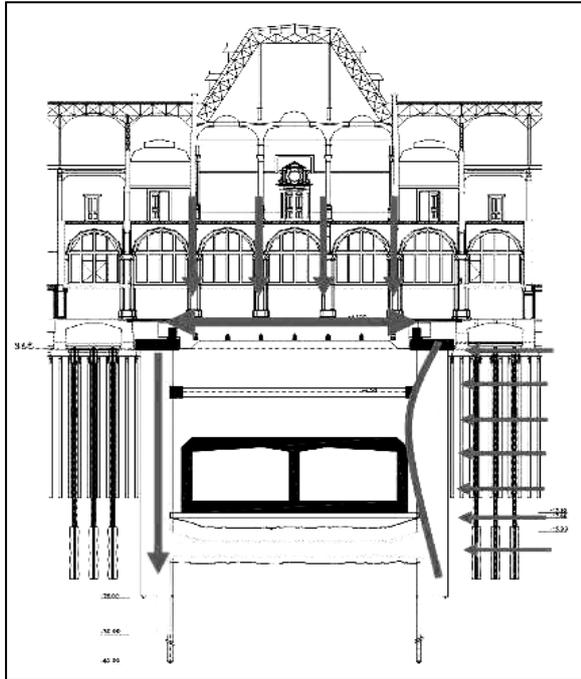


Bild 4: Horizontalverformung durch Biegesteifigkeit

Die Horizontalverformung wird durch die Biegesteifigkeit der Verbundkonstruktion (Tubex-Pfähle/Jet-Grout-Körper) sowie dreier Aussteifungslagen begrenzt. Trotz der sehr hohen Eigensteifigkeit werden Verformungen in einer Größe von 10 bis 15 mm erwartet.

Die vertikalen Lasten aus den Gebäudeabfangungen oberhalb der Baugrube werden ebenfalls über die Sandwichwand abgetragen. Das Tragverhalten der Sandwichwand beruht auf dem Zusammenwirken der Tubex-Pfähle mit dem Jet-Grout-Körper. Die Festigkeit der Tubex-Pfähle wurde so gewählt, dass ein Versagen des Gesamtsystems ausgeschlossen werden kann!

Laut Entwurf ist eine weitgehend wasserundurchlässige, erddruckstützende Konstruktion vorgesehen, die während der Bauphase einen uneingeschränkten Zugverkehr ermöglicht und die Behinderungen des Personenverkehrs auf ein Minimum beschränkt. Deshalb wird hier die Sandwichwand gebaut.

3.1.4 Ausführungskonzept

Für die Ausführung der Jet-Grout-Arbeiten muss zunächst eine Aufnahme der vorhandenen Tubex-Pfähle und Holzpfahlreste in einem Bestandsplan erfolgen. Anschließend kann das Säulenraster entsprechend angepasst werden. Während der Ausführung der Jet-Grout-Arbeiten wird gleichermaßen Wert auf die Qualität der Einzelsäule als auch auf die Qualität der gesamten Wandkonstruktion gelegt.

Für beide Komponenten werden umfangreiche Messungen vorgesehen und Anpassungsmöglichkeiten eingeplant. Die nachfolgende Abbildung 5 zeigt beispielhaft einen Planausschnitt mit farbigen Tubex-Pfählen (TP) und Jet-Grout-Säulen (JGS).

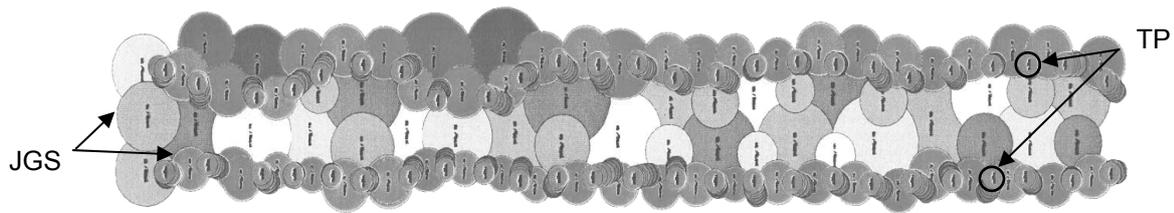


Bild 5: Grundriss Sandwichwand (Ist-Situation)

Für jede Einzelsäule wird ein eigener Arbeitsplan erstellt, bestehend aus Herstellparameter, Messprogramm, zulässige Abweichungen und Maßnahmen im Falle einer Abweichung.

Somit wird jede Säule mit individuellen Parametern hergestellt. Im Rahmen der Qualitätssicherung werden sämtliche Herstellungsparameter online aufgezeichnet und dokumentiert. Hierdurch steht zu jedem Zeitpunkt ein Ist-Plan zur Verfügung, der einen Überblick über die bisherigen und eventuell zukünftigen Änderungen gibt.

Zur Herstellung der Säulen kommen sowohl das 1-Phasen-System (ohne Luft/Single) für Säulendurchmesser von 800 mm bis 1.200 mm als auch das 2-Phasen-System (mit Luft/Double) für Säulendurchmesser von 1.400 mm bis 2.200 mm zum Einsatz. Die Säulen werden in 2 Arbeitsschritten hergestellt, dem Vorschneiden mit einer feststoffarmen Suspension zum Erreichen der erforderlichen Durchmesser und dem Nachschneiden mit einer feststoffreicheren Suspension zum Erreichen des erforderlichen Zementgehalts. Um den Einfluss von Zeiteffekten auf die Qualität der Säulen möglichst gering zu halten, wurden die einzelnen Säulen zusätzlich in Sektionen hergestellt. Hierdurch wird der Zeitunterschied zwischen dem Vorschneiden und dem Nachschneiden möglichst gering gehalten.

Die gleich bleibende Qualität der Säulen über unterschiedliche Bodenschichten hinweg wird durch Anpassung der Herstell-Parameter für jede einzelne Bodenschicht erreicht. Hierdurch kommen stellenweise bis zu sieben Parameterkombinationen pro Säule zum Einsatz. Der einzelne Arbeitsplan enthält nicht nur diese Kombinationen, er enthält auch mögliche Variationen im Falle von Abweichungen bestimmter Messwerte. Zu Kontrollzwecken finden ferner Rückrechnungen der Durchmesser aus den Ergebnissen der Rückflusswichte-Messungen statt.

3.1.5 Zusammenfassung

Unter extrem ungünstigen Bodenbedingungen und unter sehr beengten Platzverhältnissen wird eine äußerst starre Wandkonstruktion in Verbundbauweise aus Jet-Grout-Körper und Tubex-Pfählen in Tiefen von bis zu fast 30 m hergestellt. Dieser außergewöhnlichen Bauaufgabe kann nur mit außergewöhnlichen Maßnahmen begegnet werden, weswegen letztendlich Smet Keller Funderingstechniken den Zuschlag bekommen hat.

3.2 Vorplatz

An der Vorderseite (Südseite) vom Bahnhofsgebäude wird die Haltestelle in verschiedenen Etappen gebaut. Der gesamte Bahnhof befindet sich auf einer künstlichen Insel, an der Südseite gab es nur kleine Hafenecken. Um die U-Bahnstrecke zu realisieren musste man teilweise das Caissonsenkstufenverfahren an der Vorderseite benutzen. Insgesamt wurden drei Caisson-Senkstufen im Bereich zwischen Open Hafenfront und Damrak benutzt um den Bahnhofplatz nach Süden zu verlängern. Unter dem heutigen Bahnhofplatz sollte die ganze Metrohaltestelle Hauptbahnhof ausgehoben werden. Zum Zeitpunkt unserer Exkursion waren die Schlitzwände rund um die künftige Aushubstelle gerade fertig. Der nächste Schritt ist die Injektionen von Pfahlwand und Stützpfehlern für die künftige Metrohaltestelle. Mit diesen hatten die Unternehmen schon angefangen als wir dort waren. Anschließend erfolgte die Herstellung von einem unterirdischen Betondeckel aus aneinander überlappenden Jetgrout-Säulen, der zusammen mit den Stützpfehlern die Haltestelle schützen sollte. Sobald das ganze „Schutzschild“ fertig gestellt ist, muss die Haltestelle trocken ausgehoben werden. Dies erfolgt durch zwei Löcher im Betondeckel. Mit fortschreitendem Aushub werden die Stützpfehle und der Betondeckel abgestützt. Die Aushubarbeiten der Haltestelle sind sehr umfangreich und deswegen hat die Haltestelle die Kosenamen „die Kathedrale“.

3.3 Nordseite – Autotunnel und Busbahnhof

Nördlich des Bahnhofsgebäudes sind umfangreiche Landgewinnungsmaßnahmen im Gange. Ziel dieser Maßnahmen ist die Errichtung von neuen Busbahnhöfen. Gleichmaßen sollen alle Straßenverkehrsverbindungen, die derzeit noch vor dem Bahnhof auf der Südseite verlaufen, auf die Hinterseite verlagert werden. Auf der freigewordenen Fläche am Bahnhofsvorplatz soll schließlich ein neues Touristenzentrum entstehen.



Bild 6: Entwurf der Nordseite des Amsterdamer Hauptbahnhofs

Die genannten Landgewinnungsmaßnahmen verlaufen nach dem bekannten Prinzip der Sandaufschüttung, d.h. es werden riesige Mengen an Sand vom Meeresboden vor der Küste gewonnen und im Anschluss zur Baustelle verschifft, um sie in dort in den von langen Spundwänden abgegrenzten Bereichen letztlich aufzuspülen.



Bild 7: Foto der Nordseite (Stand 2006)

4. Baustellenführung

Im Anschluss an die Theorie wurden wir von Frau Verena Blessing über die Baustelle geführt. Dort konnten wir unter anderem die Stützkonstruktion aus den schweren roten Stahlträgern sehen, welche das gesamte Bahnhofsgebäude auf der neu erstellten Sandwichwand tragen. Mittels Hydraulikstützen, die zwischen der Decke und den Stahlträgern sitzen, können gegebenenfalls entstehende Setzungen sofort ausgeglichen werden. Dies wird durch ein umfangreiches Meßsystem kontrolliert und gesteuert.

Zudem konnten wir die gerade durchgeführten Abbrucharbeiten an den alten Tragsäulen des Hauptgebäudes beobachten. Auf dem Bahnhofsvorplatz konnten wir die Dichtungsarbeiten mittels Soilcrete®-Verfahren für den Tunneldeckel sehen.

Außerdem wurde uns noch die Misch- und Pumpanlage für die Soilcrete®-Suspension (Gemisch aus Wasser und speziell eingestelltem, auf Zement basierendem Bindemittel) gezeigt.

5. Zusammenfassung

Wir bedanken uns bei Frau Blessing und der Firma Keller Spezialtiefbau für die Einladung und dafür, dass wir eine wirklich interessante und komplexe Baustelle sehen durften. Wir haben eine sehr ausführliche Führung bekommen und Frau Blessing konnte durch ihre große Berufserfahrung auf alle unsere Fragen sehr ausführliche Antworten geben.

Werksbesichtigung Fa. Wirtgen, Windhagen

Martin Umminger, Malte Einberger, Christian Burkart



Geschichte der Wirtgen Group

Das von Reinhard Wirtgen 1961 gegründete Fuhrunternehmen für den Transport von Baustoffen, entwickelte sich schon 1965 zu einem Dienstleistungsunternehmen, das mit seinem selbst gebauten Betonzertrümmerungsgerät verschiedene Straßenbaufirmen als Subunternehmer unterstützte.

1971 wurde dann die erste Heißfräse entwickelt. Mit ihr ließen sich beschädigte Asphaltbeläge einfach abtragen, was zu einer großen Nachfrage nach der Neuentwicklung führte. Schon Mitte des Jahrzehnts waren über 100 Maschinen von Wirtgen in ganz Europa im Einsatz.

Im Jahre 1976 entwickelte Reinhard Wirtgen seinen ersten Heißrecycler. Diese Maschine wurde zur Reprofilierung von verformten Deckschichten direkt vor Ort eingesetzt, wobei das komplette Deckenmaterial wieder verwendet werden konnte.

Zwei Jahre später entwickelte das Unternehmen die Kaltfräse mit der Asphalt-schichten verschiedener Dicke abgetragen werden konnten.

Zu Beginn der 80er-Jahre wurden zur Gewinnung von Lagerstättenmaterial die Surface Miner entwickelt, die das anfallende Gestein effektiv in einem Durchgang lösen, zerkleinern und verladen.

Ab 1981 wurden die Dienstleistungsaktivitäten beendet und Wirtgen konzentrierte sich auf die Konstruktion, Herstellung und den Vertrieb von Baumaschinen.

In den folgenden Jahren wurden weltweit die Anzahl von Niederlassungen und eigenen Händlern ausgebaut, unter anderem in den USA, Brasilien, Hongkong, Singapur, Großbritannien und Osteuropa.

Ende der 80er-Jahre begann das Unternehmen das Kaltrecycling zu entwickeln, das sich heute, auch durch die Integration des Schaumbitumens, zu einem bedeutenden Bauverfahren entwickelt hat. Bei diesem Bauverfahren wird die vorhandene Fahrbahnbefestigung aufgefärdt, ein neues Baustoffgemisch durch die Zugabe von Bindemitteln geschaffen und anschließend vom Recycler direkt wieder eingebaut. Durch dieses innovative Verfahren werden Tragschichten wirtschaftlich hergestellt und außerdem Ressourcen und die Umwelt geschont.

1989 wurde das belgische Unternehmen SGME übernommen und damit das Angebot an Produkten durch die Gleitschalungsfertiger erweitert, die zum Einbau von Betondecken und Betonprofilen verwendet werden.

1995 wurde die Ciber LTDA., der südamerikanische Marktführer für Asphaltmischanlagen und Fertiger, übernommen und damit die Präsenz auf diesem Kontinent ausgebaut.

Die Entstehung der heutigen Wirtgen-Group begann 1996 durch den Zusammenschluss mit der Joseph Vögele AG, die sich auf die Entwicklung von Straßenfertigern für den Asphalteinbau konzentriert und heute noch über 700 Mitarbeiter beschäftigt.

Es folgte 1999 die Eingliederung der Hamm AG in die Unternehmensgruppe. Die Hamm AG ist heute der zweitgrößte deutsche Hersteller von Walzen für den Straßen- und Erdbau.

Seit August 2006 erweitert die Kleemann GmbH, als Spezialist für mobile Brecher und stationäre Technik für die Aufbereitung von Mineralstoffen, das Angebot der Wirtgen Group.

Parallel wurde, durch den stetigen Ausbau der Produktpalette, die Aufstockung auf rund 55 eigene Vertriebsgesellschaften weltweit und die Zusammenarbeit mit zahlreichen Händlern, die Präsenz auf allen Kontinenten ausgebaut.

Zahlen und Fakten

Das Stammwerk der Wirtgen GmbH befindet sich in Windhagen. Insgesamt unterhält die Wirtgen GmbH 54 weitere Standorte weltweit, beschäftigt dort über 1.000 Mitarbeiter und hatte 2006 einen Umsatz von etwa 370 Mio. €.

Betrachtet man nun die gesamte Wirtgen Group, so erreicht der Jahresgesamtumsatz beeindruckende 1.040 Mio. €, die von über 4.000 Mitarbeitern weltweit erwirtschaftet werden.

Führung

Nach ausgiebiger Stärkung in der betriebseigenen Kantine führte uns Herr Dipl.-Ing. Christoph Menzenbach in die Produktion der Wirtgen Arbeitsgeräte ein.

Nebenbei sei erwähnt, dass Herr Menzenbach ebenfalls Bauingenieur ist, der - abgesehen von einigen Werksführungen - eigentlich für den reibungslosen Austausch zwischen dem Maschinenbau und dem Bauingenieurwesen zuständig ist, da später am Ende der Produktion das fertige Arbeitsgerät schließlich den Anforderungen der Bauingenieure im Straßenbauwesen genügen muss.

Grob stand die Führung unter dem Motto „vom Walzblech zur Maschine“ Denn die Fertigungstiefe ist bei Wirtgen entgegen heutigen Outsourcing-Trends noch sehr tief. Dies erlaubt den hohen Qualitätsansprüchen der Kunden gerecht zu werden.

Am Anfang steht das Walzblech – alles beginnt mit der Anlieferung verschiedenster Walzbleche in etlichen Längen und Breiten und einer maximalen Höhe von 150 mm. Aus dem fertigen Maschinenentwurf in CAD werden nun die einzelnen Teile extrahiert und für die Fräsen und Bearbeitungsgeräte in einen CNC-Code übersetzt. Aus dem Walzblech werden im nächsten Arbeitsschritt entweder mit Lasern oder mit Brennern die einzelnen Maschinenteile herausgeschnitten.

Von hier an folgten wir nun den Einzelteilen, wie diese zu größeren Gruppen wuchsen und später schließlich zu ganzen Arbeitsgeräten.

Die Produktpalette

Im Laufe der Jahre erweiterte die Wirtgen GmbH ihre Produktpalette ständig, es kamen neue Maschineneinsatzfelder hinzu.

Zum einen werden Kaltfräsen hergestellt, die bei Belagsaustauscharbeiten zum Einsatz kommen und wie sich durch ihre Bezeichnung schon erahnen lässt, die alte Belagdecke in einer bestimmten Dicke abfräst. Die in der Breite unterschiedlichen

Maschinen erlauben auch den Ausbau von schmalsten Streifen aus der Straße, um später zum Beispiel darunter ein Graben für eine Rohrleitung auszuschachten.

Um Böden aufzuarbeiten und zu stabilisieren werden im Straßenbau Kaltrecycler und Bodenstabilisierer eingesetzt. Hier wird das abgefräste Materialgemisch zusätzlich mit Bindemitteln angereichert und anschließend wieder eingebaut. Zusätzlich zu den eigentlichen Kaltrecyclern gibt es noch Mischanlagen, die stationär für eine Durchmischung der Baustoffe sorgen.

Bei den Heißrecyclern wird die Deckschicht erwärmt und durch Einmischen von Bindemitteln recycled und wieder eingebaut.

Eine weitere Maschinengruppe stellen die Gleitschalungsfertiger dar, die kontinuierlich in der Lage sind Betondecken für den Straßenbau zu fertigen.

Im Erdbau ist Wirtgen mit Surface Minern vertreten, die ganze Erdschichten abfräßen und über ein Förderband abtransportieren.



Fräsenmontage

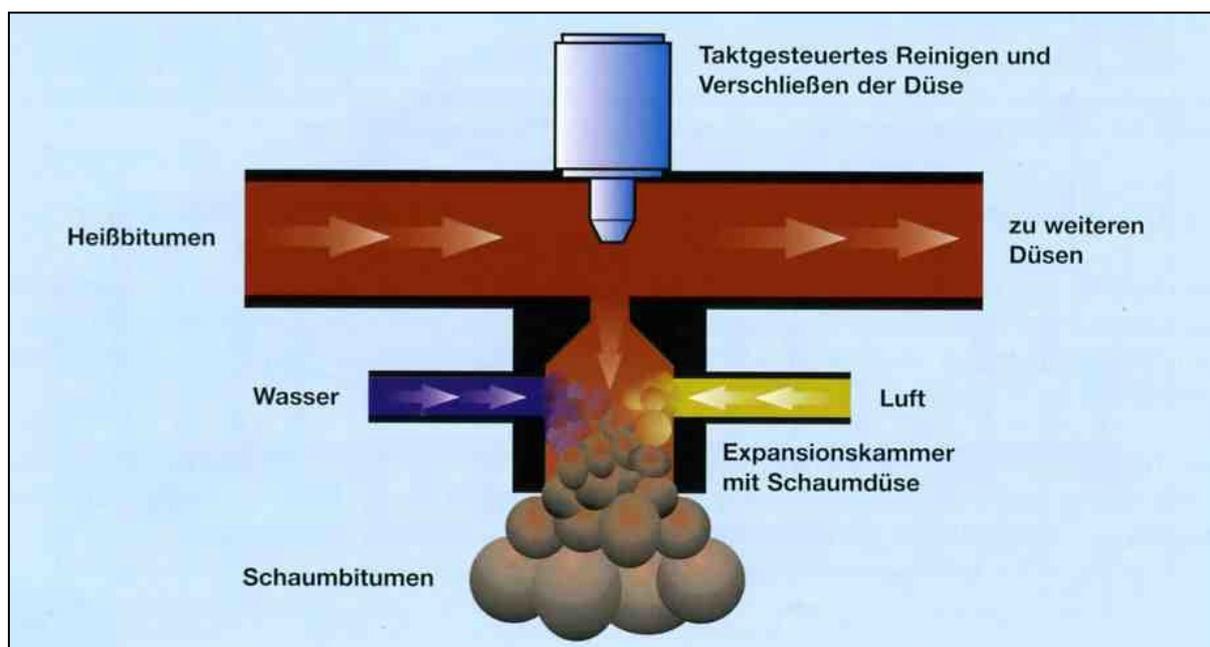
Das Schaumbitumen

Durch die zunehmende Bedeutung der Straßensanierung in den letzten Jahrzehnten hat sich die Wirtgen-Schaumbitumentechologie als eine innovative Recycling-Methode auf der ganzen Welt erfolgreich etabliert.

Dabei ist die Wiederverwendung des bestehenden Straßenaufbaus unter Zugabe von Schaumbitumen die Basis dieser Recyclingmethode. Das Prinzip, welches hinter dem Schaumbitumen steckt kennt eigentlich jeder aus der Küche: wenn man zu siedendem Öl kaltes Wasser zugibt verdampft es explosionsartig. Beim Schaumbitumen ist das Ausgangsmaterial handelsübliches Bitumen der Klassen B 60 bis B 200. Dieses wird auf 180 Grad Celsius erhitzt und dann ca. 2 % kaltes Wasser und Luft kontrolliert in einer Expansionskammer unter einem Druck von ca. 5 Bar zugegeben.

In Norwegen kennt man dieses Verfahren schon seit 1983 und es setzt seitdem seinen „Siegeszug“ über die ganze Welt fort.

Die Qualität des Schaumbitumens wird vor allem durch die Parameter „Expansion“ und „Halbwertszeit“ bestimmt, welche sich gegenläufig mit zunehmender Wasserzugabemenge entwickeln. Wenn das Wasser zugegeben wird, vergrößert sich das ursprüngliche Bitumen schlagartig auf das 15-20fache des Ausgangsvolumens und die Halbwertszeit bis zur folgenden Volumenhalbierung beträgt in der Regel 10 - 15 Sekunden.



anschaulicher Blick in eine Expansionskammer

Der Einsatz von Schaumbitumen wird meist mit den Kaltrecycling-Geräten von Wirtgen, wie dem WR 2500, gemeistert. Das Aufschäumen an sich erfolgt in separaten Expansionskammern unter Einsprühen des Bitumens durch Düsen. Die Zugabemengen und der Aufschäumprozess werden mit Hilfe von Mikroprozessoren unter der Berücksichtigung von Vorschub, Materialdichte, Arbeitstiefe und Arbeitsbreiten gesteuert.

Schaumbitumen ist ein vielseitiges Bindemittel, welches für Mineralgemische verschiedenster Herkunft und Art verwendet wird. Beispiele hierfür sind Verkehrswege aus ungebundenen Schottertragschichten, die mit Hilfe von Schaumbitumen erfolgreich befestigt werden oder der Einsatz von Asphaltfräsgut, teerhaltiger Straßenaufbruch und Mineralschottergemisch. Zu achten ist bei dieser Methode des Straßenrecyclings aber auf eine ausgewogene Sieblinie. Um die gewünschte Qualität zu gewährleisten, muss z.B. ein ausreichender Gehalt an Feinanteilen im Mineralgemisch vorhanden sein.



Kaltrecycler WR 2500 im Einsatz

Die Eignungsprüfung des hergestellten Kaltmischgutes erfolgt in der Regel durch Ermittlung der Spaltzugfestigkeit am Marshall-Probekörper, welcher nach der Trocknung sowie nach einer anschließenden Wasserlagerung untersucht wird. Typische Festigkeitswerte sind bei gebrochenem Gestein 400-900 kPa bei einem E-Modul von 3.000-6.000 MPa.

Beim Schaumbitumen müssen keine Brech- und Abbindezeiten berücksichtigt werden. Die Verkehrsbehinderung ist aufgrund des schnellen Einbaus auf ein

Minimum reduziert. Das Kaltmischgut besitzt eine hohe Lagerungsfähigkeit, wenn das Schaumbitumen als Bindemittel verwendet wird. Die Herstellung erfolgt schnell und unkompliziert. Schon 1999 wurden weltweit ca. 5,7 Mio. m² mit Schaumbitumen instand gesetzt und die Zukunft verspricht für diesen Baustoff eine durchaus rosige Aussicht. Verantwortlich hierfür sind die vielen positiven Eigenschaften wie z.B. die geringen Zugabemengen, die minimale Umweltbelastung, die hervorragenden Gebrauchseigenschaften sowie die hohe Wirtschaftlichkeit dieses Produktes.

Abschließend möchten wir uns bei Herrn Menzenbach und der Firma Wirtgen recht herzlich für die interessante Werksführung bedanken.

**Veröffentlichungen
des Instituts für Technologie und Management im Baubetrieb**

REIHE F – FORSCHUNG

Heft 1	Hans PINNOW "Vergleichende Untersuchungen von Tiefbauprojekten in offener Bauweise"	1972
Heft 2	Heinrich MÜLLER "Rationalisierung des Stahlbetonbaus durch neue Schalverfahren und deren Optimierung beim Entwurf"	1972
Heft 3	Dieter KARLE "Einsatzdimensionierung langsam schlagender Rambäre aufgrund von Rammsondierungen"	1972
Heft 4	Wilhelm REISMANN "Kostenerfassung im maschinellen Erdbau"	1973
Heft 5	Günther MALETON "Wechselwirkungen von Maschine und Fels beim Reißvorgang"	1973
Heft 6	Joachim HORNUNG "Verfahrenstechnische Analyse über den Ersatz schlagender Rammen durch die Anwendung lärmarmen Baumethoden"	1973
Heft 7	Thomas TRÜMPER/Jürgen WEID "Untersuchungen zur optimalen Gestaltung von Schneidköpfen bei Unterwasserbaggerungen"	1973
Heft 8	Georg OELRICHS "Die Vibrationsrammung mit einfacher Längsschwingwirkung - Untersuchungen über die Kraft- und Bewegungsgrößen des Systems Rambär plus Rammstück im Boden"	1974

Heft 9	Peter BÖHMER "Verdichtung bituminösen Mischgutes beim Einbau mit Fertigern"	1974
Heft 10	Fritz GEHBAUER "Stochastische Einflussgrößen für Transportsimulationen im Erdbau"	1974
Heft 11	Emil MASSINGER "Das rheologische Verhalten von lockeren Erdstoffgemischen"	1976
Heft 12	Kawus SCHAYEGAN "Einfluss von Bodenkonsistenz und Reifeninnendruck auf die fahrdynamischen Grundwerte von EM-Reifen"	1975
Heft 13	Curt HEUMANN "Dynamische Einflüsse bei der Schnittkraftbestimmung in standfesten Böden"	1975
Heft 14	Hans-Josef KRÄMER "Untersuchung der bearbeitungstechnischen Bodenkennwerte mit schwerem Ramm-Druck-Sondiergerät zur Beurteilung des Maschineneinsatzes im Erdbau"	1976
Heft 15	Friedrich ULBRICHT "Baggerkraft bei Eimerkettenschwimmbaggern - Untersuchungen zur Einsatzdimensionierung"	1977
Heft 16	Bertold KETTERER "Einfluss der Geschwindigkeit auf den Schneidvorgang in rolligen Böden" - vergriffen -	1977
Heft 17	Joachim HORNUNG/Thomas TRÜMPER "Entwicklungstendenzen lärmarmen Tiefbauverfahren für den innerstädtischen Einsatz"	1977

Heft 18	Joachim HORNUNG "Geometrisch bedingte Einflüsse auf den Vorgang des maschinellen Reißens von Fels - untersucht an Modellen"	1978
Heft 19	Thomas TRÜMPER "Einsatzoptimierung von Tunnelvortriebsmaschinen"	1978
Heft 20	Günther GUTH "Optimierung von Bauverfahren - dargestellt an Beispielen aus dem Seehafenbau"	1978
Heft 21	Klaus LAUFER "Gesetzmäßigkeiten in der Mechanik des drehenden Bohrens im Grenzbereich zwischen Locker- und Festgestein" - vergriffen -	1978
Heft 22	Urs BRUNNER "Submarines Bauen - Entwicklung eines Bausystems für den Einsatz auf dem Meeresboden" - vergriffen -	1979
Heft 23	Volker SCHULER "Drehendes Bohren in Lockergestein - Gesetzmäßigkeiten und Nutzenanwendung"	1979
Heft 24	Christian BENOIT "Die Systemtechnik der Unterwasserbaustelle im Offshore-Bereich"	1980
Heft 25	Bernhard WÜST "Verbesserung der Umweltfreundlichkeit von Maschinen, insbesondere von Baumaschinen-Antrieben"	1980
Heft 26	Hans-Josef KRÄMER "Geräteseitige Einflussparameter bei Ramm- und Drucksondierungen und ihre Auswirkungen auf den Eindringwiderstand"	1981

Heft 27	Bertold KETTERER "Modelluntersuchungen zur Prognose von Schneid- und Planierkräften im Erdbau"	1981
Heft 28	Harald BEITZEL "Gesetzmäßigkeiten zur Optimierung von Betonmischern"	1981
Heft 29	Bernhard WÜST "Einfluss der Baustellenarbeit auf die Lebensdauer von Turmdrehkränen"	1982
Heft 30	Hans PINNOW "Einsatz großer Baumaschinen und bisher nicht erfasster Sonderbauformen in lärmempfindlichen Gebieten"	1982
Heft 31	Walter BAUMGÄRTNER "Traktionsoptimierung von EM-Reifen in Abhängigkeit von Profilierung und Innendruck"	1982
Heft 32	Karlheinz HILLENBRAND "Wechselwirkung zwischen Beton und Vibration bei der Herstellung von Stahlbetonrohren im Gleitverfahren"	1983
Heft 33	Christian BENOIT "Ermittlung der Antriebsleistung bei Unterwasserschaufelrädern"	1985
Heft 34	Norbert WARDECKI "Strömungsverhalten im Boden-/Werkzeugsystem"	1986
Heft 35	Christian BENOIT "Meeresbergbau - Bestimmung der erforderlichen Antriebskraft von Unterwasserbaggern"	1986
Heft 36	Rolf Victor SCHMÖGER "Automatisierung des Füllvorgangs bei Scrapern"	1987

Heft 37	Alexander L. MAY "Analyse der dreidimensionalen Schnittverhältnissen beim Schaufelradbagger"	1987
Heft 38	Michael HELD "Hubschraubereinsatz im Baubetrieb"	1989
Heft 39	Gunter SCHLICK "Adhäsion im Boden-Werkzeug-System"	1989
Heft 40	Franz SAUTER "Optimierungskriterien für das Unterwasserschaufelrad (UWS) mittels Modellsimulation"	1991
Heft 41	Stefan BERETITSCH "Kräftespiel im System Schneidwerkzeug-Boden"	1992
Heft 42	Heinrich SCHLICK "Belastungs- und Fließverhältnisse in Silos mit zentralen Einbauten und Räumarmaustrag"	1994
Heft 43	Günther DÖRFLER "Untersuchungen der Fahrwerkbodeninteraktion zur Gestaltung von Raupenfahrzeugen für die Befahrung weicher Tiefseeböden"	1995
Heft 44	Axel OLEFF "Auslegung von Stellelementen für Schwingungserregerzellen mit geregelter Parametervstellung und adaptive Regelungskon- zepte für den Vibrationsrammprozess"	1996
Heft 45	Kunibert LENNERTS "Stand der Forschung auf den Gebieten der Facility- und Baustellen-Layoutplanung"	1997

Heft 46	Kunibert LENNERTS "Ein hybrides, objektorientiertes System zur Planung optimierter Baustellen-Layouts"	1997
Heft 47	Uwe RICKERS "Modellbasiertes Ressourcenmanagement für die Rettungsphase in Erdbebengebieten"	1998
Heft 48	Ulrich-Peter REHM "Ermittlung des Antriebsdrehmomentes von Räumarmen in Silos mit Einbaukörper und kohäsivem Schüttgut"	1998
Heft 49	Dirk REUSCH "Modellierung, Parameterschätzung und automatische Regelung mit Erschütterungsbegrenzung für das langsame Vibrationsrammen"	2001
Heft 50	Franz DIEMAND "Strategisches und operatives Controlling im Bauunternehmen"	2001
Heft 51	Karsten SCHÖNBERGER "Entwicklung eines Workflow-Management-Systems zur Steuerung von Bauprozessen in Handwerkernetzwerken"	2002
Heft 52	Christian MEYSENBURG "Ermittlung von Grundlagen für das Controlling in öffentlichen Bauverwaltungen"	2002
Heft 53	Matthias BURCHARD "Grundlagen der Wettbewerbsvorteile globaler Baumärkte und Entwicklung eines Marketing Decision Support Systems (MDSS) zur Unternehmensplanung"	2002
Heft 54	Jarosław JURASZ "Geometric Modelling for Computer Integrated Road Construction" ("Geometrische Modellierung für den rechnerintegrierten Straßenbau")	2003

Heft 55	Sascha GENTES "Optimierung von Standardbaumaschinen zur Rettung Verschütteter"	2003
Heft 56	Gerhard W. SCHMIDT "Informationsmanagement und Transformationsaufwand im Gebäudemanagement"	2003
Heft 57	Karl-Ludwig KLEY "Positionierungslösung für Straßenwalzen – Grundlage für eine kontinuierliche Qualitätskontrolle und Dokumentation der Verdichtungsarbeit im Asphaltbau“	2004
Heft 58	Jochen WENDEBAUM "Nutzung der Kerntemperaturvorhersage zur Verdichtung von Asphaltmischgut im Straßenbau“	2004
Heft 59	Frank FRIEDRICH "Ein High-Level-Architecture-basiertes Multiagentensystem zur Ressourcenoptimierung nach Starkbeben“	2004
Heft 59	Joachim DEDEKE "Rechnergestützte Simulation von Bauproduktionsprozessen zur Optimierung, Bewertung und Steuerung von Bauplanung und Bauausführung“	2005

REIHE V - VORLESUNGEN UND MITTEILUNGEN

Heft 1	Heinrich MÜLLER "Management im Baubetrieb"	1974
Heft 2	Erwin RICKEN "Baubetriebswirtschaft B" - vergriffen -	1974
Heft 3	Thomas TRÜMPER "Elektrotechnik" - vergriffen -	1975
Heft 4	Albrecht GÖHRING "Zusammenfassung des Seminars Anorganische Chemie"	1975
Heft 5	Joachim HORNUNG "Netzplantechnik" - vergriffen -	1975
Heft 6	Günter KÜHN "Baubetriebstechnik I" Teil A: Baubetrieb Teil B: Hochbautechnik	1988
Heft 7	Günter KÜHN "Baubetriebstechnik II" Teil A: Tiefbau Teil B: Erdbau	1985
Heft 8	Bernhard WÜST "Maschinentechnik I"	1982
Heft 9	Norbert WARDECKI "Maschinentechnik II"	1983
Heft 10	Fritz HEINEMANN "Einführung in die Baubetriebswirtschaftslehre" - vergriffen -	1991

Heft 11	Fritz GEHBAUER "Wer soll die Zukunft gestalten, wenn nicht wir?"	1989
Heft 12	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1989 Chile – Argentinien – Brasilien“	1989
Heft 13	„Mitgliederverzeichnis – Gesellschaft der Freunde des Instituts“	1996
Heft 14	„Das Institut“	1996
Heft 15	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1990 Deutschland – Dänemark – Norwegen – Belgien“	1990
Heft 16	Fritz GEHBAUER „Baubetriebstechnik I“ Teil A: Baubetrieb Teil B: Hochbau	1997
Heft 17	Fritz GEHBAUER „Baubetriebstechnik II“ Teil A: Erdbau Teil B: Tiefbau	1997
Heft 18	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1991 Deutschland – Polen“	1991
Heft 19	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1992 Südostasien – Bangkok – Hongkong – Taipeh“	1992
Heft 20	Alfred WELTE „Nassbagbertechnik – Ein Sondergebiet des Baubetriebes“	1993

Heft 21	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1993 Großbritannien“	1993
Heft 22	Die Studenten „Studenten-Exkursion 1994 Österreich“	1994
Heft 23	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1995 Deutschland"	1995
Heft 24	Die Studenten "Studentenexkursion 1996 Neue Bundesländer"	1996
Heft 25	Herbert FEGER "Betonbereitung" Teil 1 der Vorlesung "Betonbereitung und -transport"	1997
Heft 26	Herbert FEGER "Betontransport" Teil 2 der Vorlesung "Betonbereitung und -transport"	1997
Heft 27	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1997 Deutschland - Tschechien"	1997
Heft 28	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1998 Deutschland"	1998
Heft 29	Die Studenten "Studenten-Exkursion 1999 Deutschland – Schweiz - Frankreich"	1999
Heft 30	Fritz GEHBAUER "Baubetriebswirtschaftslehre"	2000

Heft 31	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2000 Deutschland – Rhein/Main - Ruhr"	2000
Heft 32	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2001" Goldisthal - Berlin - Hannover	2001
Heft 33	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2002" Essen – Hamburg – Hannover	2002
Heft 34	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2003" Zürich – Luzern – München	2003
Heft 35	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2004" Köln – Hamburg – Hannover	2004
Heft 36	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2005" Schweiz – Österreich – Deutschland	2005
Heft 37	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2006" Innsbruck – Wien	2006
Heft 38	Die Studenten "Studenten-Exkursion 2007" Köln – Amsterdam	2007