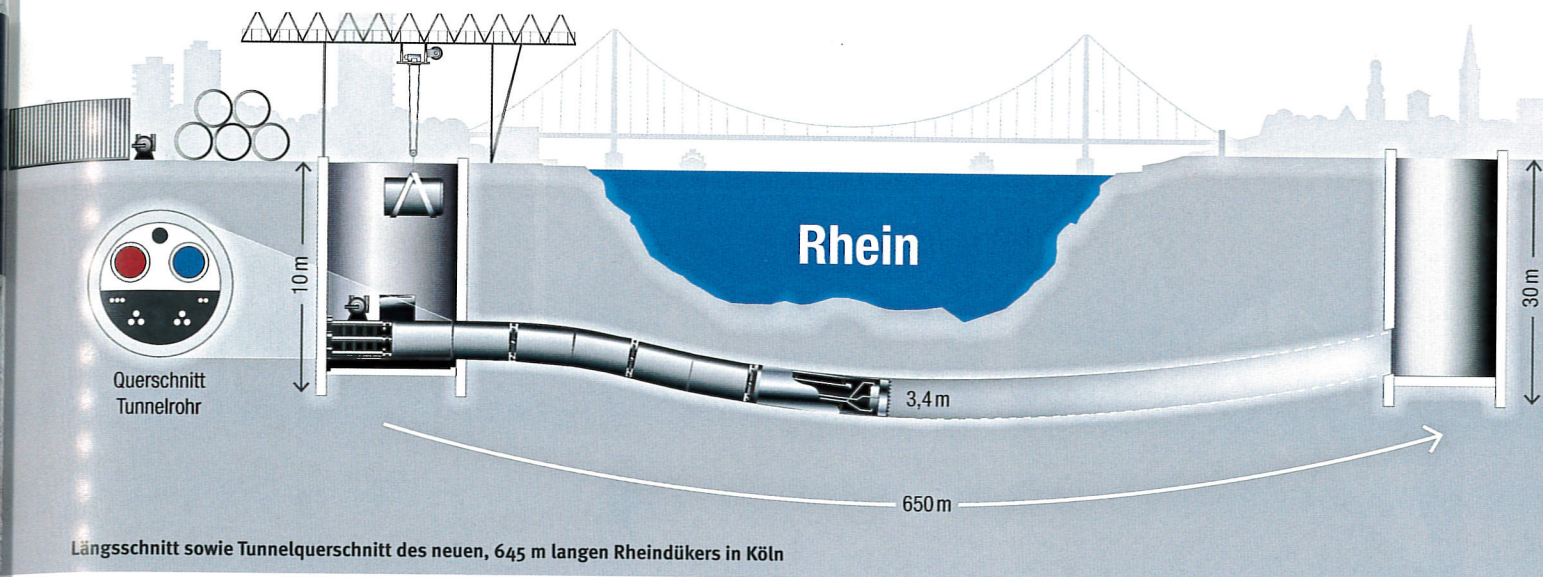


Köln setzt weiter auf Fernwärme

Infrastrukturkanal für umweltgerechten Medientransport



Pünktliche und punktgenaue Einfahrt der Vortriebsmaschine in die Zielbaugrube



Infrastrukturkanäle aus großformatigen Stahlbetonrohren sind für Tiefbauingenieure heute die oft einzige Möglichkeit, besonders dann, wenn die notwendigen Trassen aus städtebaulichen, geologischen aber auch ökologischen Gründen in den Untergrund verlegt werden müssen. Ein aktuelles Beispiel dafür ist der neue Rheindüker in Köln, an dem erkennbar wird, wie sinnvoll im Rohrvortrieb Hindernisse umweltgerecht überwunden und die unterschiedlichsten Medien gebündelt, sicher und effizient transportiert werden können. Das Bauvorhaben wird gefördert vom Land NRW mit Mitteln der EU.

VON DIPL.-ING. MARSEL KROPP UND DIPL.-ING. JONATHAN TROSDORFF



Kein Leichtgewicht selbst für einen 500-t-Kran: die rund 100 t schwere Microtunneling-Vortriebsmaschine beim Einheben in die Startbaugrube

Die RheinEnergie AG in Köln setzt nach bisher bemerkenswerten Erfolgen auch in Zukunft auf den Ausbau leistungsfähiger Fernwärmenetze. Man will dies in den einzelnen Wohnquartieren und Stadtvierteln aus eigener Kraft und auf eigenes Risiko bewerkstelligen. Rückenwind erhält man in Köln dabei von NRW-Landesumweltminister Johannes Rammel, der unlängst sich vor Ort über die bisherigen und künftigen Maßnahmen, vor allem mit Blick auf den Ausbau eines modernen und umweltgerechten Fernwärmenetzes informierte. Die Kraft-Wärme-Kopplung ist nach seinen Worten „der schlafende Riese der Energiewende“ und die Fernwärme ein wichtiger Baustein, um den Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase deutlich zu reduzieren.

Mit den Fernwärmerohren sowie den Medienleitungen werden das linksrheinische und rechtsrheinische Versorgungsnetz der RheinEnergie weiter verbunden und besonders der Ausbau des Fernwärmenetzes im rechtsrheinischen Köln forciert.

Der neue mit 3,4 m groß dimensionierte und 645 m lange Betonkanal ist das Herzstück der gesamten Baumaßnahme. Er wurde als Mehrspartendüker konzipiert und soll nach seiner Fertigstellung vor allem Vor- und Rücklauf der Fernwärmeleitung der im neuen Heizkraftwerk Niehl 3 erzeugten Fernwärme, aber auch ein zweites 210 kV-System, weitere Medienleitungen sowie eine HD-Gasleitung aufnehmen.

Baugrubenerschließung unter erschwerten Bedingungen

Das Bauwerk erwies sich bereits bei der Planung und der anschließenden baulichen Um-



Eine logistische Herausforderung: Die rund 158 und 33 t schweren Vortriebsrohre DA 3400 sowie fünf Zwischenpress-Stationen wurden genau auf den Einbautakt abgestimmten Zeiten vom Werk auf begleiteten Schwerlastfahrzeugen zur Baustelle transportiert



Baustelleneinrichtung mit groß dimensionierter Separieranlage für den Rohrvortrieb

setzung für die Tiefbauer alles andere als eine Standardaufgabe. Insbesondere aufgrund der direkten Lage am Fließgewässer und den damit verbundenen hohen Bemessungs-Wasserständen war z.B. schon die Herstellung der bis zu 23 m tiefen Start- und Zielbaugruben eine besondere bautechnische Herausforderung, für die völlig neue Denkanstöße entwickelt und entsprechend realisiert werden mussten. Die Pressgrube des Rohrvortriebs mit einer Ab-

messung von 18,50 m x 8,50 m und einer Tiefe von 12,00 m wurde in wasserdichter Bauweise hergestellt. Die Baugrubenumschließung besteht aus einer Stahlspundwand, die bis zu 15 m in den teilweise sehr inhomogenen Baugrund eingebracht wurde. Um den Vorgaben einer steifenfreien Baugrube für die spätere Montage der 16,00 m langen Fernwärmerohre gerecht zu werden, wurden die Verbauwände von einem Zwischenaushubniveau temporär rückverankert. Anschließend erfolgte der Baugrubenaushub auf Endtiefe unter Wasser.

Der Einbau der Unterwasserbetonsohle sowie die Maßnahmen für die Auftriebssicherheit der Baugrubensohle wurden von Spezialtauchern ausgeführt. Es folgte die Vorbereitung der Baugrube für die Vortriebsarbeiten. Im Bereich der Ausfahröffnung des Vortriebs hatte man erdseitig einen Betondichtblock angeordnet, in dessen Schutz die Spundwand für die Schildausfahrt geöffnet werden konnte. Um einen Grundwassereintrag während der Rohrvortriebsarbeiten zu verhindern, war baugrubenseitig eine doppelte Ausfahrdichtung angeordnet worden.

Auch die Zielbaugrube musste aufgrund der sehr hohen Grundwasserstände in wasserdichter Bauweise ausgeführt werden. Infolge der beachtlichen Baugrubentiefe von 23 m sowie der geologischen Ver-

hältnisse wurde die kreisrunde Zielbaugrube mit einem lichten Durchmesser von 11,00 m mittels einer überschnittenen Bohrspahlwand mit einem Pfahldurchmesser von 1,20 m, gesichert. Sie wurde mit einem Großdrehbohrgerät von GOK bis auf eine Endteufe von 26 m verrohrt unter Wasserauflast hergestellt. Bereits parallel zu den Bohrspahlarbeiten wurden insgesamt 36 GEWI-Pfähle zur Rückverankerung der späteren Unterwasserbetonsohle von der Geländeoberfläche mit einer Bohrtiefe von 46 m ausgeführt. Anschließend folgten die Aushubarbeiten, welche ab einer gewissen Ausschachtungstiefe unter Wasser mit einem Hydroseilbagger und einem Seilgreifer unter ständiger Begleitung von Tauchern erbracht wurden. Abschließend wurden die Pfahlköpfe unter Wasser montiert und der Unterwasserbeton eingebaut. Analog zur Startbaugrube erfolgte im Einfahrbereich der Vortriebsmaschine die Anordnung eines Betondichtblockes.

Rohrvortrieb mit Kurven, Höhen und Tiefen

Die Vortriebsachse mit einer Länge von 645 m war als vertikale Raumkurve mit einem Radius von 3770 m und einem maximalen Gefälle von 7,6% trassiert und verläuft vom linksrheinischen Ufer unter sensiblen Versorgungsleitungen und Straßenanlagen, unter dem Flussbett des Rheins bis auf die rechtsrheinische Seite in Köln-Mülheim, wo eine komplette Hochwasser-

schutzanlage setzungsarm unterfahren werden musste. Hierbei waren sowohl quartäre Kiese, als auch sehr dicht gelagerte tertiäre Sande zu durchfahren. Insbesondere im Übergangshorizont vom Quartär zum Tertiär war gemäß Bodengutachten mit massiven Geschieben, Steinen und Blöcken zu rechnen. Dies wurde bereits im Rahmen der Arbeitsvorbereitung bei der Wahl des Schneidrads und der Bestückung der Abbauwerkzeuge von Sonntag berücksichtigt. Die Vermessung erfolgte mit einer elektronischen Schlauchwaage und einem elektronischen Kreiselkompass. In regelmäßigen Abständen wurde durch Kontrollvermessungen die Ist-Lage der Vortriebsmaschine kontrolliert. Bereits parallel zu den Aushubarbeiten der Zielbaugrube wurde der Rohrvortrieb von der linksrheinischen Seite gestartet. Zum Einsatz kam hierbei eine Microtunnelling-Maschine Typ AVND2500AB von Herrenknecht, die auf einen Außendurchmesser von 3,40 m aufgedoppelt worden war. Mitte Mai 2015 wurde der ca. 100 t und 7 m lange Bohrkopf terminge-



Einbau des Unterwasserbetons in die bis zu 13 m tiefe Startbaugrube durch Spezialtaucher

Rohrvortrieb

Spezialtiefbau

Ingenieurbau

Kanalbau

Verbautechnik

Straßenbau

Rohrleitungsbau

Die Bau-Profis

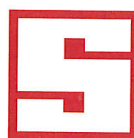


www.sonntag-bau.de



info@sonntag-bau.de

Dörth | Bingen



SONNTAG
Bauen für Mensch und Natur



Startbaugrube mit Presseinrichtungen während des Vortriebs



Eine interessante Perspektive mit Spiegelbild. Deutlich zu erkennen das Gefälle bis zu dem Düker-Tiefpunkt von 12 m unter der Gewässersohle des Rheins

recht von der Sonntag Baugesellschaft bereitgestellt, als Schwertransport auf die Baustelle gebracht und mit einem 500-t-Mobilkran in die Pressgrube eingehoben. Es folgte der Vortrieb, für den insgesamt 158 Stahlbetonrohre DN2800/DA3400 mit einer Länge von 4,00 m sowie fünf Zwischenpressstationen erforderlich waren. Sie wurden entsprechend den Anforderungen des Bauherrn im Werk Nievenheim von Berding Beton individuell im Rüttelverfahren in den Spezifikationen des Projekts angepasst massiven Stahlschalungen hergestellt und verblieben bis zur Betonerhärtung in der Schalung.

Anwendungsspezifische Besonderheiten bei der Rohrproduktion

Das Dichtungssystem der Vortriebsrohre untereinander ist auf die besondere Lage der Vortriebshaltung als Düker unter dem Rhein spezialisiert. Bei Einhaltung des Sicherheitsbereichs von Rohrvortrieben unterhalb von Wasserstraßen mit größer gleich 5,00 m Abstand zwischen Rheinsohle und Vortriebsrohren gemäß den Anforderungen des Wasser- und Schifffahrtsamts entstehen infolge der Tiefenlage sehr hohe Umgebungsdrücke auf das Vortriebsrohr.



Nach dem erfolgreichen Einbau der Kanalrohre erfolgte zunächst die Montage der Leerrohre für die 210kV-Systeme sowie die Kommunikation

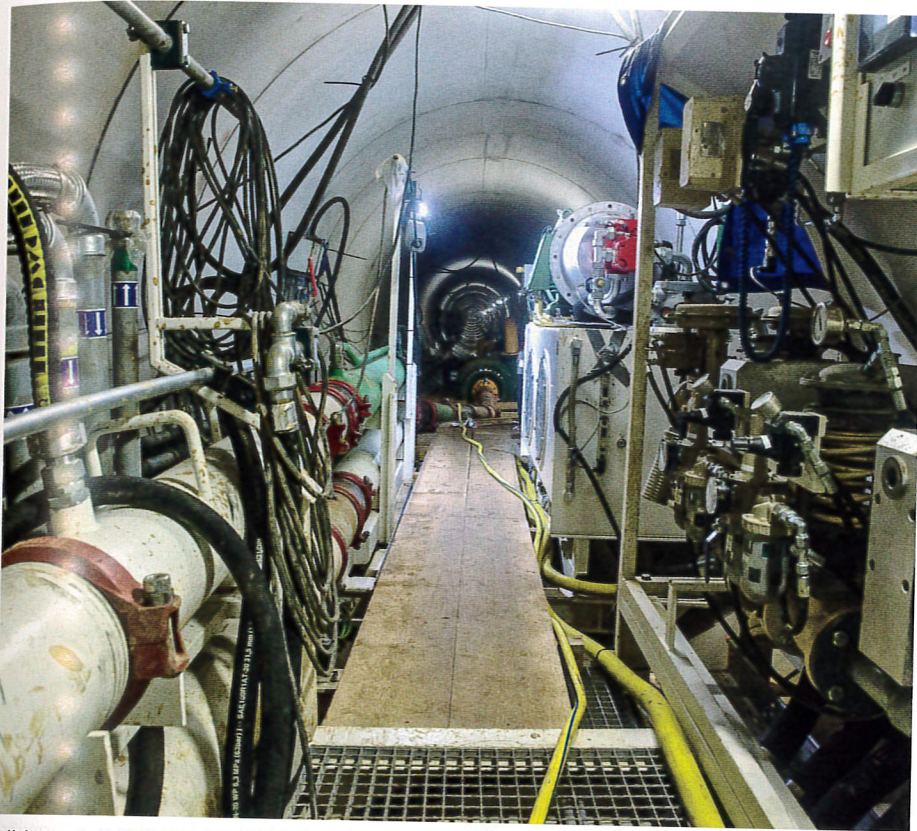
Diese Ausgangsposition wurde durch ein spezielles extrem passgenaues Rohrverbindungskonzept berücksichtigt: Auf den Rohrspitzenenden ist werkseitig ein in einer Betonkammer lagengau positionierter Elastomer-Dichtungsring eingepasst. Das für die Funktionalität der druckwasserdichten Rohrverbindung erforderliche Gegenstück bildet ein monolithisch einbetonierter Stahlführungsring aus dem Material S 235 JR. Zusätzlich wurde im Bereich der Rohrspiegelfläche eine Kompressionsdichtung werkseitig fixiert.

Die gemäß Rohrfolgeplan positionierten Vortriebsrohre mit Bentonitstutzen zur Injektion

von Bentonitsuspension während des Vortriebs sowie der späteren Ringraumverpressung wurden auf Veranlassung der Firma Sonntag in besonderer Anzahl und Anordnung werkseitig eingemessen und einbetoniert. Jedes Vortriebsrohr war im Berding Beton-Fertigteilewerk mit zwei umlaufenden, auf den Innendurchmesser gebogenen feuerverzinkten Ankerschienen versehen worden. Hierzu hatte man die Ankerschienen in der Rohrform unter Berücksichtigung der Bewehrungsführung genau nach Systemvorgabe positioniert und im Herstellungsprozess monolithisch einbetoniert.

Der Verwendung des Rohrvortriebs als Leitungsdüker entsprechend wurden an den Ankerschienen in variabler Höhe u.a. Leiterkonstruktionen für die auftriebssichere Montage von Starkstromleitungen und Kabelbahnen befestigt.

Auf die Rohrmittelachse bezogen waren die Vortriebsrohre auf einen Vortriebs-Düker-Radius von 3.771 m bemessen, d.h. sowohl die Verbindungselemente der 4 m langen Rohre mit z.B. Stahlführungsring-Abmessungen von 350 x 15 mm als auch die Rohrstatik erfüllten alle geometrischen und lastbezogenen Anforderungen, insbesondere aus der vertikalen Kurve. So beinhaltet der statische Nachweis



Blick vom Nachläufer der Vortriebsmaschine in die fertiggestellte Kanalaröhre

die unterschiedlichen Lastfälle im Bau- und Betriebszustand mit z.B. über 17 m Überdeckung genauso wie die unterschiedlichen Rohrtypen, die zum Auffahren des Langstreckenvortriebs notwendig sind: z.B. Vor- und Nachlaufrohre an Zwischenpress-Stationen. Im Betonwerk waren insgesamt fünf Zwischenpress-Stationen mit durch eventuelle Bauzwänge situativ-nachstellbare Doppeldichtungen incl. Injektionsstützen hergestellt worden.

Variabler Stützdruck bei der Rohrverlegung

Die gesamte Vortriebsstrecke wurde im Mischschildmodus mit Nassförderung aufgefahren, um Setzungen zu minimieren und eine permanente, kontrollierbare Stützung der Ortsbrust zu gewährleisten. Bei diesem Verfahren lässt sich der Stützdruck des Stützmediums mittels eines Druckluftpolsters, welches im Bohr-



Kontinuierlicher Tunnelvortrieb durch begleitende Wartungsarbeiten



„Dumme“ Rohre – „Intelligente“ Netze Modelle, Simulation und Steuerung von Infrastrukturen

Das Oldenburger Rohrleitungsforum als Treffpunkt der Wirtschaft und der Wissenschaft, als Marktplatz von Know-how und dem Neuesten aus der Rohrleitungswelt.

30. Oldenburger Rohrleitungsforum 10. bis 12. Februar 2016

- über 3.000 Besucher aus Versorgungswirtschaft, Behörden, Ingenieurbüros, Bauunternehmen und Rohr- und Zubehörherstellern
- ca. 100 Fachvorträge in fünf parallelen Vortragsveranstaltungen vermitteln Wissen für die Praxis und bringen Impulse in die Hochschule
- über 350 internationale Aussteller mit dem Neuesten aus ihren Entwicklungsabteilungen
- in den Pausen: Kommunikation pur in den Gängen, auf dem Gelände und auf den Abendveranstaltungen

Anmeldungen und weitere Informationen:



Institut für Rohrleitungsbau
an der Fachhochschule Oldenburg e.V.
Ofener Straße 18 / 26121 Oldenburg
Frau Ina Kleist
Tel. +49 (0) 441 361039-0
Fax +49 (0) 441 361039-10
Email: Kleist@iro-online.de / www.iro-online.de



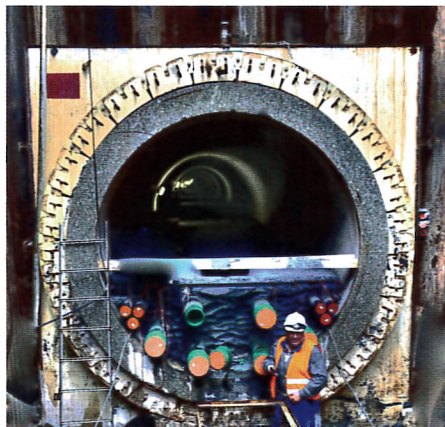
Einbringen des Sohlbetons im Düker über die Zielgrube mit 36 m Betonpumpe sowie über die Startbaugrube mit Pumplängen von bis zu 350 m

kopf hinter dem Brecherraum angeordnet ist, regeln. Auf Grundlage einer vorab erstellten Stützdruckberechnung durch Babendererde Engineers, bei der neben den geologischen und örtlichen Gegebenheiten auch der veränderliche Pegel des Rheinwasserstands einfluss, konnte der Stützdruck eingestellt und entsprechend angepasst werden.

Als Stützmedium kam eine Bentonitsuspension zum Einsatz, die auf der Baustelle angemischt und auf die geologischen Gegebenheiten abgestimmt wurde. Zur Qualitätssicherung hatte man ein Feldlabor eingerichtet, um die rheologischen Eigenschaften der Bentonitsuspension während des Vortriebs zu kontrollieren. Durch Zugabe von Additiven konnten auch geologische Stör- und Übergangszonen problemlos durchfahren werden.

Zur Reduzierung der Pressenkräfte wurde der gesamte Rohrstrang mit einer Bentonit-Suspension über spezielle Rohre geschmiert. Hierbei kam ein vollautomatisches Bentonit-Schmier-system von Herrenknecht zum Einsatz, das nach Eingabe aller Randbedingungen, der Tunnelstation und der angetroffenen Geologie automatisch die Parameter für die Schmierung regelt.

Planmäßig waren zwei Drucklufteinstiege an der Ortsbrust bei bis zu 1,7 bar Überdruck vor-



Der fertige Düker-Querschnitt mit Leerrohrsystem und Sohlbeton

gesehen, um die Diskenmeißel am Schneidrad zu kontrollieren und ggf. auszutauschen. Hierbei wurde die Stütz suspension im Brecherraum abgesenkt und die gesamte Vortriebsmaschine über die integrierten Luftscheulen mit Druckluft versorgt. Anschließend konnten die Spezialtaucher an der Ortsbrust einsteigen. Für den Zeitraum der Wartungsarbeiten erfolgte die Ortsbruststützung mit Druckluft.

Das Schneidrad war so konzipiert, dass sämtliche Abbauwerkzeuge von hinten gewechselt werden konnten. An den beiden Drucklufteinstiegen wurden die Abbauwerkzeuge ausschließlich be-

gutachtet. Ein Werkzeugwech-

sel war auf der gesamten Vortriebsstrecke trotz großer Steine und Blöcke nicht erforderlich.

Gut im Plan durch kontinuierlichen Vortrieb

Die Vortriebsarbeiten wurden rund um die Uhr an sieben Tagen der Woche ausgeführt. Nach nur 40 Vortriebstagen erfolgte im Juli 2015 punktgenau die Einfahrt der Vortriebsmaschine in die Zielbaugrube. Nach dem Baubeginn im Januar 2015 wurden die technisch sehr komplexe Start- und Zielbaugrube sowie der gesamte Rohrvortrieb in einer Bauzeit von nur 7,5 Monaten fertiggestellt. Anschließend begann das Einziehen von zwölf Leerrohren für Strom (110kV) und Kommunikation, die in einer 1 m hohen Sohle mit einer speziellen wärmeleitfähigen Mischung einbetoniert wurden. Bedingt durch die hohen Pumplängen von bis zu 350 m sowie der beengten Verhältnisse im Tunnel war selbst für gestandene Profis die Sohlbetonage mit einer Länge von 645 m keine leichte Aufgabe. Bereits im Oktober 2015 konnte die Leerrohranlage termingerecht zum Kabeleinzug übergeben werden. Nachfolgend werden das Fernwärmesystem, bestehend aus Vor- und Rücklauf, sowie eine Hochdruckgasleitung in den Tunnel eingezogen. Der Restquerschnitt des gesamten Leitungstunnel wird abschließend vollständig verdämmt und die Baugruben werden verfüllt.

Fernwärme hat Zukunft

Wenn im kommenden Jahr das neue Gas- und Dampfturbinen-Heizkraftwerk Niehl 3 der RheinEnergie AG seinen Regelbetrieb aufnimmt, ist auch der komplett ausgestattete Infrastrukturkanal für den Medientransport bereit. Aber damit nicht genug: In Köln hat man inzwischen neue Bereiche identifiziert, in denen ein weiterer Ausbau der Fernwärme sinnvoll sein könnte. Nach den Worten von Vorstandschef Dr. Dieter Steinkamp „hat sich die Fernwärme in Köln im Wettbewerb zu anderen Energieformen immer durchgesetzt“.

Die am Bau Beteiligten

Bauherr

RheinEnergie AG, Köln
E-Mail: m.kropp@rheinenergie.com

Bauausführung

Sonntag Baugesellschaft mbH & Co KG, Dörth
E-Mail: j.trosdorff@sonntag-bau.de

Betonfertigteile

Berding Beton GmbH, Werk DW Nievenheim, Dormagen
E-Mail: hg.mueller@berdingbeton.de