Tunnel Kö-Bogen schafft neue Lebensqualität in Düsseldorf

City-Unterfahrung lässt Hofgarten und Königsallee wieder zusammenwachsen

Dr.-Ing. Holger Meseck, Dipl.-Ing. Lars von Göldel und Dipl.-Ing. Frank Witte, Düsseldorf

Der Bau der U-Bahn Wehrhahn-Linie bedeutet nicht nur die verkehrstechnische Entlastung der Innenstadt und eine bessere Mobilität. Sie schafft zudem neue Freiräume für die Stadtgestaltung an der Oberfläche. Prominentes Beispiel dafür ist der Kö-Bogen, die städtebauliche Anbindung der Königsallee an den Hofgarten. Dieses Projekt wurde durch die Verlegung der Stadtbahn unter die Erde erst möglich. Der erste Teil dieses Beitrags berichtete über den innerstädtischen Rückbau der ca. 530 m langen, vorgespannten Hochstraße (BauPortal 10/2013). Im zweiten Teil wird jetzt der Neubau der Straßentunnel rund um den Kö-Bogen beschrieben.

Die Begriffe U-Bahn Wehrhahn-Linie, Kö-Bogen, Tunnel Kö-Bogen, Abbruch des Tausendfüßlers, Dreischeibenhaus, Entfall von Straßenbahnen und die Umgestaltung des Hofgartens stehen für die aktuellen Bauaufgaben zur Umgestaltung der Düsseldorfer Innenstadt nördlich der bekannten Einkaufsmeile Kö. All diese Bauvorhaben stehen in einem engen Zusammenhang und sollen Fehlentwicklungen der Nachkriegszeit zur autogerechten Stadt aufheben (Abb. 1) und den Weg frei machen zu einer noch lebenswerteren und menschenfreundlichen Innenstadt.

Mit der Realisierung der neuen U-Bahnstrecke Wehrhahn-Linie und dem damit verbundenen Wegfall der Straßenbahngleise auf dem Jan-Wellem-Platz eröffnet sich für die Stadt Düsseldorf die Chance, die nördliche Innenstadt im Bereich zwischen Königsallee, Hofgarten und Schadowstraße neu zu strukturieren und alte Wunden in der Stadtstruktur zu schließen. Ziel ist, an die Qualitäten des historischen Stadtgrundrisses anzuknüpfen und der Innenstadt eine bereits verloren geglaubte Identität zurückzugeben. Die Königsallee soll ebenerdig in den Hofgarten verlängert werden, ohne von störenden Verkehren gekreuzt zu werden. Somit kann an dieser städtebaulich herausragenden Stelle ein einzigartiger Abschluss der Königsallee geschaffen werden.

Im Bereich des Jan-Wellem-Platzes, der Schadowstraße und des Martin-Luther-Platzes sollen neue urbane Stadträume und Plätze entstehen, die durch eine geringere Lärmbelastung, konfliktärmere Straßenquerungen und ein hohes Maß an Fußgängerfreundlichkeit deutlich an Qualität gewinnen. Voraussetzung für die Umsetzung dieser Ziele ist die Untertunnelung der bislang oberirdisch verlaufenen Fahrbeziehungen sowie der Abbruch und die Tieferlegung der Hochstraße Tausendfüßler. Nach Fertigstellung des gesamten Tunnelsystems kann die Düssel – die bisher in diesem Bereich unterirdisch kanalisiert verläuft – wieder offen fließen und die beiden Teile des Hofgartens können ohne trennende Straßen wieder zu einer Parkeinheit zusammenwachsen. Abbildung 2 gibt einen Überblick über den geplanten Endzustand.

Projektübersicht

Das neue Tunnelsystem, der Kö-Tunnel, wird in zwei Bauabschnitten realisiert. Im ersten Bauabschnitt wird ein Süd-Nord-Tunnel mit einem Abzweig in Richtung Westen errichtet. Dieser Tunnel ist im Bau und soll in Süd-Nord-Richtung Anfang 2014 dem Verkehr übergeben werden. Die südliche Rampe mit dem Abzweig in westliche Richtung wurde bereits im Oktober 2013 eröffnet. Weiter gehört zu diesem ersten Bauabschnitt ein Nord-West-Tunnel, der bereits Anfang 2013 dem Verkehr übergeben wurde. Dieser Tunnel erschließt auch die neue Tiefgarage des Kö-Bogens.

Als zweiter Bauabschnitt wurde als Ersatz für die vorhandene Hochstraße ein Nord-Süd-Tunnel geplant. Voraussetzung für die Realisierung dieses Bauabschnittes war der Rückbau der Hochstraße Jan-Wellem. Dieser Brückenrückbau wurde im Juni 2013 abgeschlossen (BauPortal 10/2013, Seite 2).

Einen Überblick über die Gesamtsituation im Endzustand und die Abhängigkeit zur neuen Wehrhahn-Linie und den Gebäuden des Kö-Bogens gibt Abbildung 3. Die Tunnel des ersten und zweiten Bauabschnitts (BA) sind in Abbildung 4 a und 4 b dargestellt. Das Tieferlegen des Individualverkehrs in dieses Tunnelsystem ermöglicht anschließend die Offenlegung der Düssel und die Neugestaltung des Hofgartens als Herzstück der Gartenstadt Düsseldorf.

Abb. 1: Jan-Wellem-Platz/nördliche Kö vor der Umgestaltung
(Foto: Landeshauptstadt Düsseldorf)

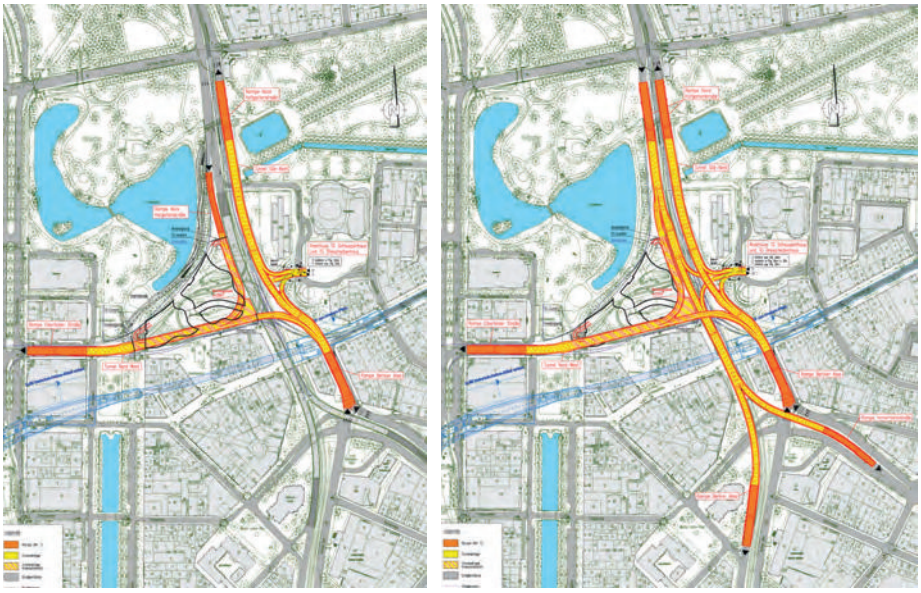
Abb. 2: Hofgarten/nördliche Kö nach der Umgestaltung
(Grafik: die developer/Cadman)

Abb. 3:
Übersicht Bauvorhaben rund um den Kö-Bogen
(Grafik: Landeshauptstadt Düsseldorf)

Neben der Erstellung von Tunnelrampen und des eigentlichen Tunnelbauwerkes weist das Gesamtprojekt einige Besonderheiten und Herausforderungen auf, auf die wegen ihrer Komplexität in diesem Beitrag nur bedingt eingegangen wird. Dies sind:

- Die Querung des Tunnels mit dem schildvorgetriebenen Tunnel der U-Bahn Wehrhahn-Linie und die besonderen Probleme aus der geringen Überdeckung zwischen beiden Bauwerken.
- Die nachträgliche Herstellung eines Treppenbauwerkes aus dem Bahnhof Schadowstraße der U-Bahn Wehrhahn-Linie in Verbindung mit einem Tunnelteilstück.
- Der Bau mehrerer Düker und deren Bauwerke für die Abwasserentsorgung bzw. für Gewässerverbindungen.
- Die Herstellung einer neuen Anbindung an die Tiefgarage des Dreischeibenhauses aus dem Kö-Tunnel heraus.
- Vor dem Beginn der Bauarbeiten querte eine Fußgängerunterführung (Jägerhofpassage) die vorhandenen Straßen und Straßenbahnen. Für den Bau des Kö-Tunnels muss diese Fußgängerunterführung abschnittsweise zurückgebaut werden.
- Der Einsatz des Düsenstrahlverfahrens für das bereichsweise Erstellen einer tiefliegenden horizontalen Baugrubenaussteifung.

Abb. 4a, b: Übersicht über den 1. BA (links) und 2. BA (rechts) Tunnel Kö-Bogen (Grafik: Landeshauptstadt Düsseldorf)



- Die vermessungstechnische Überwachung der angrenzenden Bebauung und das umfangreiche Messprogramm zum Erfassen der Baugrubenverformungen.
- Aus verkehrstechnischen Gründen musste die nördliche Tunnelrampe des ersten Bauabschnittes zunächst kürzer als im Endzustand nach dem 2. BA errichtet werden. Zum Zeitpunkt der Errichtung des 2. BA befinden sich diese Rampe und ihr Tunnelteilstück bereits im Betrieb. Die Verlängerung des Tunnels an dieser Stelle und der Umschluss müssen daher unter laufendem Straßenverkehr erfolgen.
- Die Düssel quert die Tunneltrassen nahezu rechtwinklig und verläuft seit dem Bau des Tausendfüßlers unterirdisch durch ein Stahlbetonkastenprofil. Im Endzustand wird sie wieder als offenes Gewässer über die Tunnel laufen. Während der Bauzeit mussten Provisorien gebaut werden.
- Für die Trassenfreiheit mussten umfangreiche Kanal- und Rohrleitungsbauarbeiten ausgeführt werden. Bereits während der Planung wurde darauf geachtet, dass im Endzustand leistungsfähigere und zukunftsweisende Versorgungs- und Entsorgungssysteme entstehen, die auch zukünftigen Bauaufgaben gerecht werden.
- Der bautechnische Ausbau besteht im Wesentlichen aus den Feuerlöschleitungen, den Notgehwegen und den darin verlaufenden Leerrohren, der Tunnelentwässerung, dem Bau der Fahrbahnen einschließlich ihres Unterbaus und dem Spachteln und Streichen der Wände als Maßnahmen zur Fahrsicherheit und des Energieverbrauchs im Tunnel.
- Die Baumaßnahmen wurden mit archäologischen Untersuchungen nach den Vorgaben der oberen Denkmalbehörde begleitet. Die Umsetzung des Grabungskonzeptes und die erzielten wissenschaftlichen Erfolge sind sicher bemerkenswert. Es sollen aber auch die Konflikte der archäologischen Begleitarbeiten mit dem Baubetrieb erwähnt werden.

Ausschreibung und Vergabe

Die Rohbauarbeiten bzw. die erweiterten Rohbauarbeiten wurden vom Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf öffentlich europaweit ausgeschrieben. Neben der Erfüllung der technischen Randbedingungen wurden von den Bietern Konzepte für die Logistik sowie zur Umwelt- und Stadtverträglichkeit bei der Umsetzung der Bauaufgabe in der Innenstadt gefordert. Der Angebotspreis ging in die abschließende Wertung mit 50 % und die Qualität der Lösungskonzepte zu den sog. weichen Kriterien ebenfalls mit 50 % ein. Die Bewertung der vorgelegten Lösungskonzepte erfolgte nach einer vorgegebenen und allen Bietern bekannten Matrix, die aus bis zu 16 Unterkriterien bestand.

Die Gesamtbaumaßnahme wurde und wird vom Bauherrn in diversen Teilprojekten ausgeschrieben. Die Leistungen der einzelnen Teilprojekte wurden wiederum in bis zu zehn Büchern übersichtlich gegliedert.

Die Arbeiten für den erweiterten Rohbau des 1. und 2. BA des neuen Tunnelsystems sind inzwischen vergeben bzw. teilweise bereits fertiggestellt und in Betrieb. Einen Überblick über das Ergebnis des Wettbewerbs für die einzelnen Teilprojekte gibt Abbildung 5. Dabei muss auf einige Besonderheiten hingewiesen werden. Das Teilprojekt 2 wurde im Rahmen der Errichtung der Tiefgarage und der darüber befindlichen Hochbebauungen des Kö-Bogens durch den Investor erstellt. Da das Teilprojekt 6 die Wehrhahn-Linie quert, wurde dieses als Vorabmaßnahme auch von der bauausführenden Firma dieses Loses der Wehrhahn-Linie errichtet. Im Teilprojekt 3 quert der Tunnel die vorhandenen Straßenbahngleise und den damals noch vorhandenen Tausendfüßler. Hier wurden die Spezialtiefbauarbeiten und der Tunneldeckel ebenfalls als Vorabmaßnahme vergeben.

Nachfolgend wird über die Teilprojekte der Bietergemeinschaft Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Bereich Düsseldorf, und Zechbau GmbH berichtet. Die technische Federführung für alle Teilprojekte des 1. und 2. BA (mit Ausnahme der südlichen Rampe und des daran anschließenden Tunnelteilstücks des 1. BA) lag bei der Wayss & Freytag Ingenieurbau AG.

Verkehrsführung und Bauablauf

Die Möglichkeiten der Aufrechterhaltung des Straßenbahnverkehrs und des Individualverkehrs bestimmten den Bauablauf dieser innerstädtischen Baustelle. Die Tatsache, dass im Umfeld der Baumaßnahme bis zu 37.000 Kraftfahrzeuge täglich fahren, verdeutlicht die Dimension dieser Aufgabenstellung. Darüber hinaus mussten die Belange weiterer Baustellen im Umfeld berücksichtigt werden. Deshalb wurden im Vorfeld umfangreiche Untersuchungen zu den Möglichkeiten der bauzeitlichen Verkehrsführung durchgeführt und bereits in der Ausschreibung Verkehrsphasen und die darin möglichen Bauaktivitäten vorgegeben.

Die von der ARGE geplanten bauzeitlichen Verkehrsführungen wurden in einer wöchentlichen Verkehrsbesprechung vorgestellt, diskutiert, überarbeitet und erst danach zur Ausführung freigegeben. Diese Vorgehensweise ermöglichte eine übergeordnete Betrachtungsweise und die Einbindung von Nebenaktivitäten, wie z.B. den Kanal- und Rohrleitungsbau, und vor allem die Berücksichtigung der Interessen anderer Baustellen. Diese Vorgehensweise hat sich bewährt und dafür gesorgt, dass der Schienen- und Individualverkehr weitestgehend stau- und unfallfrei um oder durch die Tunnelbaustelle geführt werden konnte.

Der Individualverkehr und die Straßenbahnlinien werden in Nord-Süd- und Ost-West-Richtung durch die Baustellen des 1. und 2. BA geführt. Eine Vorstellung von der aktuellen Situation gibt Abbildung 6. Es ist deutlich zu erkennen, wie die Straßen entlang der Baugruben der Teilprojekte 8/9 und 20 geführt werden. Baugrubenquerungen, insbesondere auch für den Baustellenverkehr, werden über vorgezogene Tunneldeckel geführt. Diese Vorgehensweise und die damit verbundene Bauweise haben sich bewährt.

Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

Das geotechnische Gutachten für alle Teilprojekte erstellte das Ingenieurbüro Geoteam. Mit der geotechnische Überwachung und Beratung während der Bauausführung hatte die Stadt Düsseldorf ebenfalls das Büro Geoteam beauftragt. Danach wurden die Baugrund- und Grundwasserverhältnisse zusammenfassend wie folgt beschrieben (S. Gutjahr und F. Könnemann, 2012):

Der Düsseldorfer Baugrund im innerstädtischen Bereich wird durch etwa 20–30 m mächtige Terrassenablagerungen des Quar-

Abb. 5:
Überblick Aufträge aller Teilprojekte des Rohbaus
(Grafik: Büro Wendt)

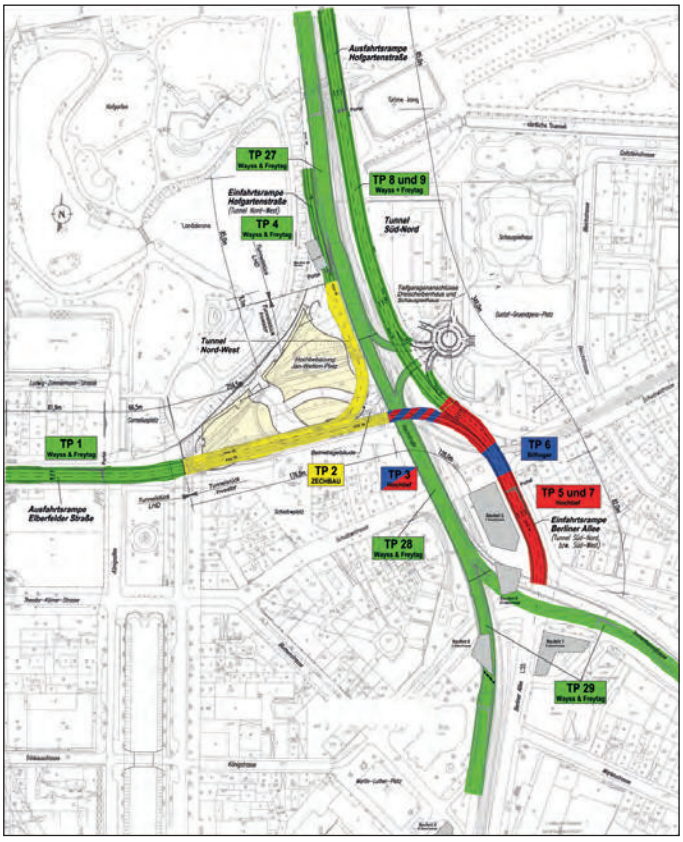


Abb. 6:
Luftaufnahme Baugruben und Verkehr
(Foto: Bernhard Fischer)

Abb. 7: Ausgesteifte Baugrube
(Foto: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)

tärs dominiert. Die Ablagerungen aus Kiesen und Sanden werden bereichsweise von Auelehmen überlagert, die aber innerstädtisch überwiegend im Zuge früherer Baumaßnahmen entfernt wurden. An deren Stelle sind 2–10 m mächtige Auffüllungen getreten. Unterlagert wird das Quartär von schwach schluffigen bis schluffigen Feinsanden des Tertiärs. Die mittlere Tiefenlage liegt bei ca. 25 m unter GOK. Das Tertiär besitzt im Projektgebiet eine wellige Oberfläche mit Höhenschwankungen von ca. ± 4 m.

Das Quartär ist der maßgebliche Grundwasserleiter, der in Grobkies- und Steinlagen eine Durchlässigkeit von $k_f \sim 3 \times 10^{-3}$ m/s aufweisen kann. Das Tertiär kann näherungsweise als Grundwasserstauer betrachtet werden. Mit Durchlässigkeiten in der Größenordnung von $k_f \leq 1 \times 10^{-5}$ m/s ist es wesentlich undurchlässiger als die quartären Schichten. Der mittlere Grundwasserspiegel liegt etwa 6 m unter Gelände. Durch die Nähe zum Rhein unterliegt der Grundwasserspiegel erheblichen Schwankungen; mit Schwankungsbreiten von 4–5 m um den mittleren Wasserstand. Der Bemessungswasserstand für die Kö-Tunnel-Projekte wurde mit 30,5 mNN festgelegt und liegt damit ca. 4–5 m unter dem vorhandenen Geländeniveau.

Im Rahmen der Gründungsberatung wurde vom Büro Geoteam darauf hingewiesen, dass die Schlitzwandherstellung verschiedene geologische Randbedingungen berücksichtigen muss. Hier sind z.B. die teilweise bis 10 m mächtigen Auffüllungen zu berücksichtigen, die besonders im oberen Bereich locker gelagert und mit Bauwerksresten versehen sind. In den natürlichen quartären Schichten sind Kieslagen mit wirksamen Korndurchmessern von $d_{10} \leq 6$ mm vorhanden. Im Übergang zum Tertiär sind örtlich Basisgerölle als dezimeterdicke Steinlagen vorhanden. Weiter wird auf bereichsweise Verfestigungen in Form von Sandsteinbänken und Konglomerationen infolge von Eisen- und Manganausfällungen hingewiesen.

Baugruben

Für die Herstellung der Rampen- und Tunnelbauwerke waren in allen Teilprojekten überschnittene Bohrpfahlwände und Schlitzwände ausgeschrieben. Aufgrund der bauzeitlichen Verkehrsführung konnten diese im Regelfall nur abschnittsweise erstellt werden. Rückverankerungen waren nur bereichsweise zugelassen, so dass ausgesteifte Baugruben der Regelfall sind (Abb. 7).

Vereinfachend dargestellt kamen die Schlitzwände dort zum Einsatz, wo eine Einbindung in das Tertiär möglich und zugelassen war. Hier entstand durch die Geologie eine Trogbaugrube mit einer Restwasserhaltung. Abbildung 8 zeigt einen typischen Querschnitt der Deckelbauweise mit frühzeitig in den Endzustand verlegten Straßenbahngleisen.

Im Bereich von Grundwasserfenstern und in den Rampen kamen Bohrpfahlwände zum Einsatz, die im Quartär endeten und eine Unterwasserbetonsohle erforderten. In Abhängigkeit von der Tiefenlage zum Bemessungswasserstand mussten diese rückverankert werden. Abbildung 9 zeigt einen typischen Querschnitt eines offenen Tunnelbereiches mit rückverankerter Unterwasserbetonsohle und Abbildung 10 einen Rampenbereich mit Unterwasserbetonsohle ohne Rückverankerung.

Die Anordnung von Grundwasserströmungsfenstern ergab sich aus der Tatsache, dass das Grundwasser von Ost nach West in Richtung Rhein strömt und weil durch durchgehende Tertiärbaugruben und die Berücksichtigung bereits vorhandener tiefer Baugruben ein Aufstau möglich wäre. Im Vorfeld wurden zu dieser Problematik umfangreiche Untersuchungen durchgeführt und im Ergebnis die Größe und Lage von Grundwasserfenstern festgelegt.

Das abschnittsweise Erstellen der Rampen und Tunnel sowie der Wechsel zwischen Tertiär- und Quartärbaugruben erforderten die Anordnung von Schottwänden. Daraus ergab sich die Einteilung in einzelne Docks, diese wurden wiederum in einzelne Blöcke unterteilt. Die Blocklänge betrug im Mittel ca. 11 m. Abbildung 11 zeigt eine offene Baugrube mit bereits eingebauter Unterwasserbetonsohle, Schottwand und oberer Aussteifung.

Die bauzeitliche Verkehrsführung erforderte bereichsweise das frühzeitige Herstellen der Tunneldecke und von neuen Straßen- und Schienenverbindungen. Die schwierige Verkehrssituation erforderte in Teilbereichen auch ein mehrfaches Umlegen der Straßenbahnenlinien und die Herstellung von geteilten Deckeln. In Ausnahmefällen wurde die Deckel-Wand-Bauweise auch aus baubetrieblichen Gründen ausgeführt. Die gewählte konstruktive Lösung für die Auflage-

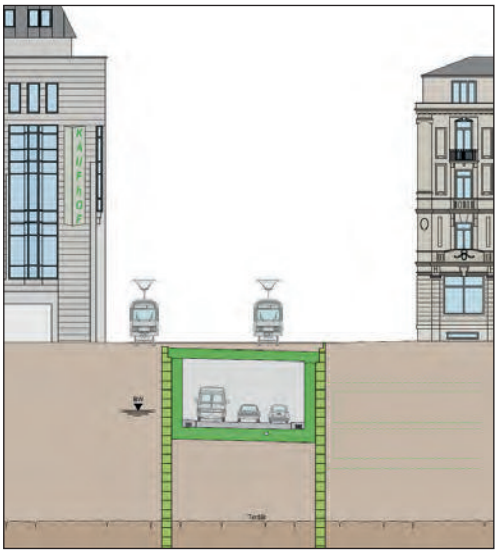
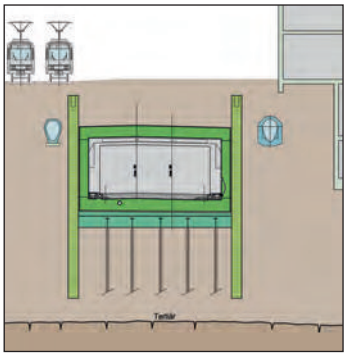


Abb. 8: Tertiärbaugrube
(Grafik: Büro Wendt)

Abb. 9: Quartärbaugrube mit Unterwasserbetonsohle und Verpresspfählen
(Grafik: Büro Wendt)



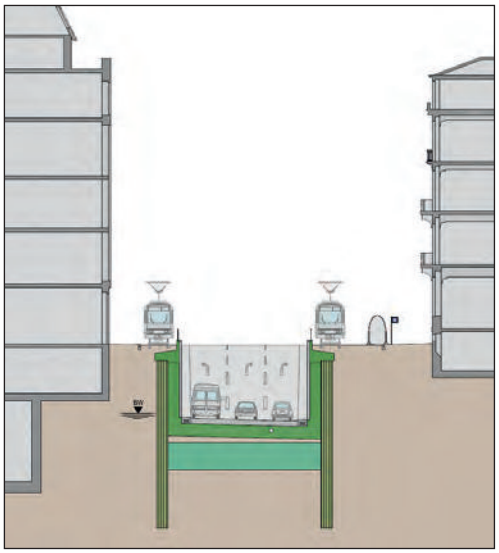


Abb. 10: Baugrube im Rampenbereich
(Grafik: Büro Wendt)

rung der Deckel in die Schlitzwände über sog. Auflagertaschen hat sich bewährt. Die entsprechenden Aussparungskörper in den Schlitzwandkörben konnten lagegenau eingebaut werden.

Die Schlitzwände wurden bei allen Teilprojekten der ARGE durch Mitarbeiter der Wayss & Freytag Spezialtiefbau AG ausgeführt. Zum Einsatz kamen überwiegend Schlitzwände mit einer Dicke von 80 cm und Tiefen bis zu 31 m. In Ausnahmefällen kamen auch Schlitzwanddicken von 100 cm zum Einsatz. Die offenen Schlitze hatten Längen bis zu 11 m. Die Einbindung in das Tertiär wurde mit 3 m festgelegt und vom geotechnischen Berater des Bauherrn vor Ort überwacht.

Die Misch- und Aufbereitungsanlage der Stützflüssigkeit wurde an zentraler Stelle aufgebaut. Von hier wurde die Suspension bis zu 300 m weit gefördert. Am Schlitz selbst wurde bei diesen großen Längen zusätzlich eine kleinere Aufbereitungsanlage zwischengeschaltet.

Als Abstellelemente kamen ausschließlich Rohre zum Einsatz. Alle bisher hergestellten und freigelegten Schlitzwände zeigen keine Fehlstellen oder Fugenbereiche, die nachbehandelt bzw. saniert werden müssen. Für die Qualität ihrer Ausführung und vor allem für die Flexibilität beim Arbeiten unter engsten innerstädtischen Bedingungen gilt den Mitarbeitern des Spezialtiefbaus ein besonderer Dank. Abbildung 12 gibt einen Einblick in die Situation innerstädtischer Schlitzwandarbeiten.

Deckelbauweise

Die Linienbaustellen der Kö-Bogen-Tunnel im innerstädtischen Bereich stellen naturgemäß ein Hindernis für jeglichen Verkehr dar. Autofahrer, Fußgänger und der öffentliche Personennahverkehr sind gezwungen, sich je nach Bauablauf auf neue Wege einzustellen. Auch der externe und interne Baustellenverkehr wird eingeschränkt.

Abb. 12: Innerstädtische Schlitzwandarbeiten (Foto: Holger Meseck)

Abb. 11: Baugrube mit Schottwand (Foto: Holger Meseck)

Um die Hindernisse der länglichen Baugruben zu überwinden, bieten sich z.B. Hilfsbrücken an, die eine Querung der Verkehre ermöglichen. Noch effektiver ist die „Deckelbauweise“, die bei oberflächennahen Tunneldecken bis ca. 5 m unter Gelände sinnvoll ist und mehrere Vorteile bietet. Nach Herstellung der Deckel wird die Baugrube verfüllt und die endgültige Oberfläche einschließlich Leitungsverlegung kann gestaltet werden. Der Deckel selber ersetzt dabei die Baugrubenaussteifung.

Und so funktioniert die Deckelbauweise: Zuerst werden die Verbauwände (meist Schlitzwände) hergestellt. Im Bewehrungskorb werden in der Höhenlage der Tunneldecke Aussparungskörper fixiert. Dann wird die Baugrube im Bereich der Deckel bis Unterkante Tunneldecke ausgehoben und die Aussparungen in den Schlitzwänden freigelegt. Wenn die Tunneldecke unterseitig Sichtbetonqualität erreichen soll, ist auf dem Unterbeton zusätzlich eine Schalung anzuordnen. Anschließend wird die Tunneldecke auf dem Erdreich hergestellt. Dabei wird die Decke bis in die Auflagertaschen der Schlitzwände geführt. Nach Verfüllen der Baugrube steht die Oberfläche zur endgültigen Gestaltung zu Verfügung. Zum Schluss wird der restliche Tunnel unter dem Bauwerksdeckel erstellt.

Nachteile der Deckelbauweise sind höhere Kosten, die sich aus dem erhöhten Aufwand der Arbeiten unter dem Deckel, zusätzlichen Hilfsverbauen und den Bewehrungsschraubanschlüssen für die Wände zusammensetzen.

Im Zuge der Kö-Bogen-Tunnel wurden folgende Bereiche in Deckelbauweise errichtet:

- Drei Tunnelblöcke gegenüber der August-Thyssen-Straße zur Andienung der Tiefgaragen des Dreischeibenhauses und des Schauspielhauses und als Ersatz für den U-Turn (180°-Wende/ Kehrtwende).
- Drei Tunnelblöcke in Höhe Spindel Dreischeibenhaus für den Linksabbieger in die Interimsstraße und die Baustellenandienung der Libeskind-Bauten.
- Sieben Tunnelblöcke am Corneliusplatz zur Anbindung der Kö-Nord an die Interimsstraße und Führung der Straßenbahn durch das Baufeld. Der Bauablauf mit geteilten Deckeln und den wechselnden Verkehrsführungen ist in Abbildung 13 dargestellt.
- Fünf Tunnelblöcke am Abzweig Immermannstraße zur Andienung der fertiggestellten Süd-West-Fahrt und Einrichtung der Verkehrsphase drei des 2. BA.

Betonbauwerk

Das eigentliche Betonbauwerk des Kö-Tunnels lässt sich im Wesentlichen charakterisieren:

- Stärke/Dicke der Bauwerkssohlen:
  - Im Tunnelbereich 0,80–2,10 m
  - Im Rampenbereich 0,80–1,00 m
  - Stützwände (Sporne) 0,40–0,50 m
- Stärke/Dicke der Außenwände:
  - Im Tunnelbereich 0,80–1,00 m
  - Im Rampenbereich 0,50–0,85 m
  - Stützwände/Brüstungen 0,20–0,45 m
- Stärke/Dicke der Bauwerksdecken:
  - Im Tunnelbereich 0,80–1,45 m
  - Im Portalbereich ≥ 0,70 m

Die Blocklängen betragen i.d.R. rd. 10 m. Größere Abweichungen hiervon bestehen lediglich im Anbindungsbereich zwischen dem 2. BA und dem Tunnel Nord-West mit einer Blocklänge von ca. 24 m und im Bereich der Unterquerung des Tunnels Süd-West mit einer Blocklänge von rd. 18 m. Abbildung 14 zeigt eine Schlitzwandbaugrube mit bereichsweise hergestellter Sohlplatte und den Löschwasserleitungen. Es handelt sich um ein Dock mit fünf Blöcken.

Der Regelquerschnitt der Tunnel hat eine lichte Weite von 11,74 m bzw. im Bereich der später aufgebrachten Lärmschutzverkleidung von 11,94 m. Im Rampenbereich ergibt

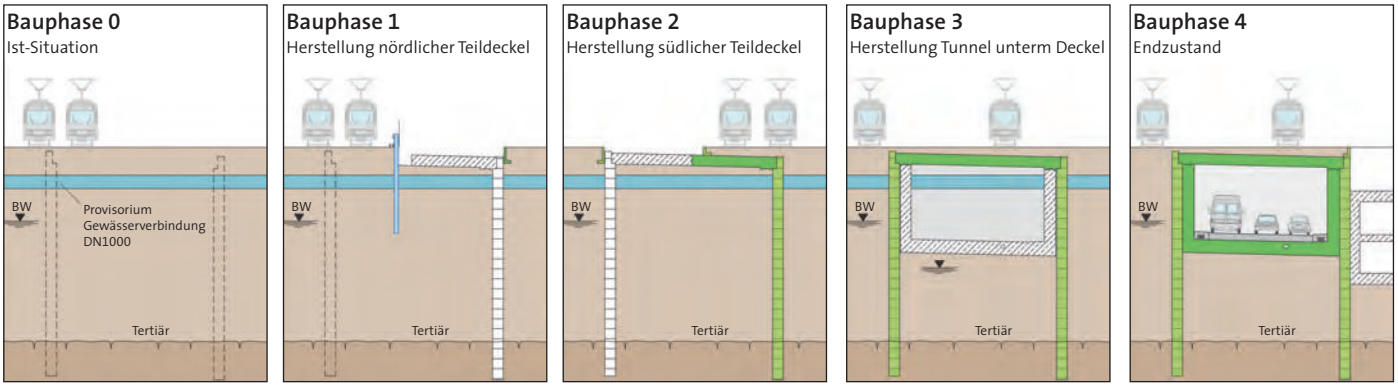


Abb. 13: Schematische Darstellung des Arbeitsablaufes mit Teildeckeln und wechselnder Verkehrsführung (Grafik: Büro Wendt)

sich aufgrund der Reduzierung der Notgehwegbreite auf 0,75 m eine lichte Weite von 11,44 m unter Berücksichtigung von 10 cm Lärmschutzverkleidung je Wandseite.

Die lichte Höhe beträgt i.d.R. im Tunnelbereich 5,45 m. Dieses Rohbaumaß besteht aus 0,50 m Fahrbahnaufbau, 4,50 m Verkehrsraum und 0,45 m bautechnischem Nutzraum. Vom Portal bis 25 m in den Tunnel hinein erfolgt eine Reduzierung des bautechnischen Nutzraumes aufgrund von zusätzlich anzuordnenden Lärmschutzverkleidungen um 10 cm, so dass sich hier eine lichte Höhe von 5,10 m ergibt. Weiterhin ist im Bereich der Deckennischen für die Strahlventilatoren eine Aufweitung der lichten Höhe auf bis zu 6,35 m vorgesehen. Die Deckenoberkante inklusive Schutzbeton ist durch die spätere Überbauung begrenzt und muss daher bei der Herstellung zwingend eingehalten werden.

Infolge der abschnittsweisen Herstellung der Tunnelbauwerke wird besonderes Augenmerk auf die sich ergebenen Arbeitsfugen in Sohle, Wand und Decke gelegt. Hier sind insbesondere auch die Anschlüsse an die vorab bzw. durch Dritte hergestellten Tunnelteilbauwerke zu beachten.

In mehreren Teilbaugruben des Kö-Tunnels kommt die Deckelbauweise zum Tragen, d.h. der Deckel (Decke) wird ohne Schalung direkt auf dem Unterbeton hergestellt (Abb. 15). Daher wird in diesem Bereich die Ebenheitsanforderung an den Unterbeton wie an eine Deckenschalung gestellt. Damit sich der Unterbeton im Zuge des späteren Aushubes auch leicht vom Deckel lösen lässt, musste auf ein geeignetes Trennmittel geachtet werden.

Für die spätere Komplettierung des Tunnels wurden in die Wandanfänger des Deckels gleich die erforderlichen Schraubanschlüsse für die spätere Wandbewehrung mit eingebaut. Abbildung 16 zeigt eine Wandbewehrung unter einem Tunneldeckel und die Durchführung eines Abwasserprovisoriums.

Für die Herstellung der Tunnel- und Rampenwände wird i.d.R. eine einhäuptige Trägerschalung mit rückseitiger A-Bock Abstützung eingesetzt. Die Trägerschalungen für die Wände unter den bereits fertiggestellten Deckeln erhalten zusätzlich in die Schalung integrierte Betonierstutzen mit Schlagschiebern, über welche dann auch die eigentliche Betonage erfolgt. Die Verdichtung des Wandbetons in diesen Bereichen erfolgt über eine

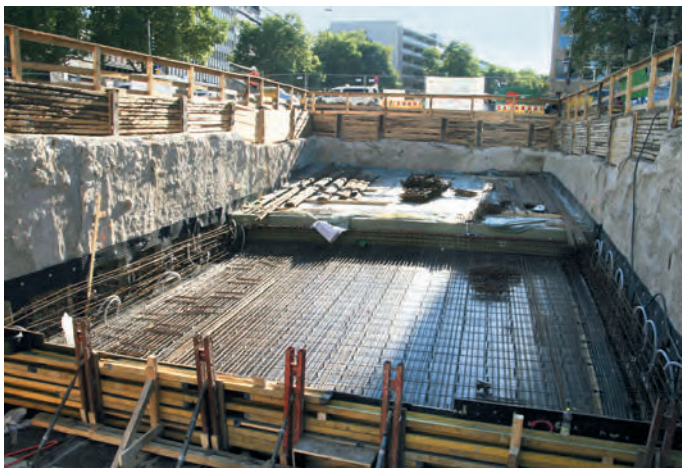


Abb. 15: Herstellung Tunneldecke als Deckel für die Wand-Deckelbauweise (Foto: Holger Meseck)

Abb. 14: Ausgesteifte Schlitzwandbaugrube mit Sohlplatte in einem Block (Foto: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)

Abb. 16: Gerüstabbau nach Herstellen der Wandbewehrung mit Anschluss an die bereits fertiggestellte Tunneldecke (Foto: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)

Vielzahl von auf der Trägerschalung befestigten Außenrüttlern, die dann in Abhängigkeit von der Steighöhe des Betons in den unterschiedlichen Rüttellagen betrieben werden. Um dann zuletzt eine kraftschlüssige Verbindung im Bereich der Arbeitsfuge Außenwand/Deckel sicherzustellen, werden nach dem Ansteifen des Betons die eingebauten Entlüftungs- und Injektionsschläuche gemäß ZTV-Ing, Teil 3, Abschnitt 5, mit Zementsuspension verpresst.

Abb. 17: Wandschalung unter einem bereits hergestellten Deckel (Foto: Wayss & Freytag Ingenieurbau AG)

Abwasserdüker

Die oberflächennahen Tunnel der U-Bahn Wehrhahn-Linie und des Kö-Bogens zerschneiden das vorhandene Abwassersystem. Insbesondere der Sammler Schadowstraße, der in ca. 6 m Tiefe das Abwasser Richtung Westen führt, musste im Zuge der Tunnelbauarbeiten zweimal verlegt werden. Im Bereich Kö-Nord/Elberfelder Straße wird der Hauptsammler Richtung Norden in das Klärwerk Düsseldorf Nord ebenso wie die Wasserführung der Düssel durch den Kö-Graben unterbrochen.

Die erforderlichen Dükerbauwerke führen das Abwasser durch Leitungen unter dem Tunnel vom Dükeroberhaupt in das Dükerunterhaupt. Dort wird das Schmutzwasser wieder auf das ursprüngliche Niveau hochgepumpt. Im Regenwasserfall funktionieren die Düker als kommunizierende Röhren.

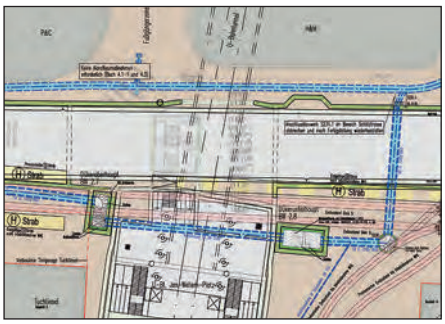
Folgende Dükerbauwerke wurden für die Kö-Bogen-Tunnel erforderlich:

- Mischwasserdüker Elberfelder Straße für den Hauptsammler Richtung Norden,
- Grundwasserdüker Elberfelder Straße für den Abfluss der Düssel von der Landskrone in den Kö-Graben,
- Mischwasserdüker August-Thyssen-Straße,
- Mischwasserdüker Schadowstraße als Ersatz für den Sammler in Ost-West-Richtung (Abb. 18).

Insbesondere auf letzteren wird hier eingegangen: Der Düker und seine Bauwerke befinden sich unmittelbar in der Fußgängerzone der Schadowstraße und queren diese zudem im Bereich einer Straßenbahnhaltestelle. Die Dükerleitung verläuft unter der Verteilerebene des Bahnhofs Schadowstraße der U-Bahn Wehrhahn-Linie. Dükerober- und Unterhaupt liegen unmittelbar neben dem bereits bestehenden Bahnhof. Abbildung 19 stellt einen hydraulischen Längsschnitt durch den Düker Schadowstraße dar.

Die vom Auftraggeber entwickelte Lösung zur Herstellung dieses anspruchsvollen Dükerbauwerkes bietet ein Optimum an städtebaulicher Verträglichkeit während der dafür notwendigen Bauarbeiten. Die Lage von Dükerober- und Dükerunterhaupt bieten nach der Inbetriebnahme auch unter den hier schwierigen Randbedingungen eine gute Zugänglichkeit des Dükers und seiner Bauwerke für Wartungszwecke.

Abb. 18: Lageplan Düker Schadowstraße (Grafik: Büro Wendt)



Treppenhaus

Im Bereich des Bahnhofs Schadowstraße der U-Bahn Wehrhahn-Linie wird der Tunnel Nord-Süd durch ein Treppenbauwerk der Wehrhahn-Linie überbaut. Dieses wird durch den Auftragnehmer des Teilprojektes 20 hergestellt, da der Treppenaufgang komplett in dessen Baufeld liegt und zusätzlich, aufgrund der Geometrie und der Höhenzwangspunkte, eine monolithische Verbindung mit dem Tunnel Nord-Süd hat. Abbildung 20 stellt einen Querschnitt der Situation im Endzustand dar.

Die Ausführungsplanung der Wehrhahn-Linie wird übernommen und in die eigene Ausführungsplanung des Tunnels integriert. Dabei muss zwingend sichergestellt werden, dass es zu keiner leitenden Verbindung zwischen der Wehrhahn-Linie und dem Tunnel Nord-Süd kommt (Isolierblock).

Der Bauablauf war vom Auftraggeber vorgegeben und erforderte eine abschnittsweise Herstellung. Nachlaufend zur Herstellung der Treppe erfolgt dann die Ausführung des unterquerenden Nord-Süd-Tunnels.

Abb. 19: Hydraulischer Längsschnitt durch den Düker Schadowstraße (Grafik: Büro Wendt)

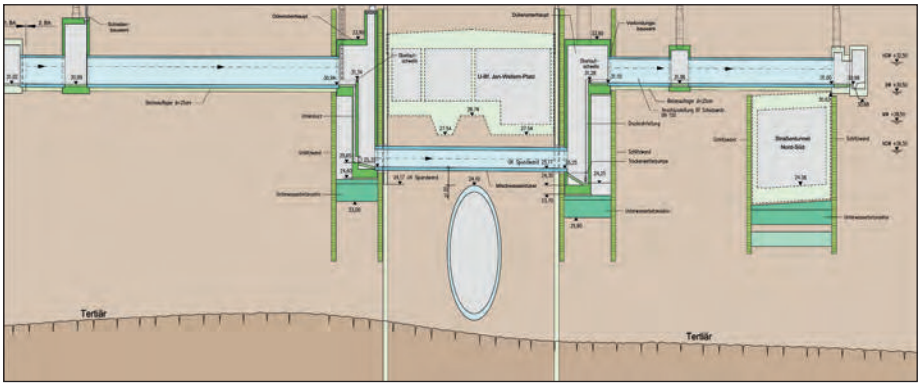


Abb. 20: Treppe der Wehrhahn-Linie im Kreuzungsbereich mit dem Nord-Süd-Tunnel (Grafik: Büro Wendt)

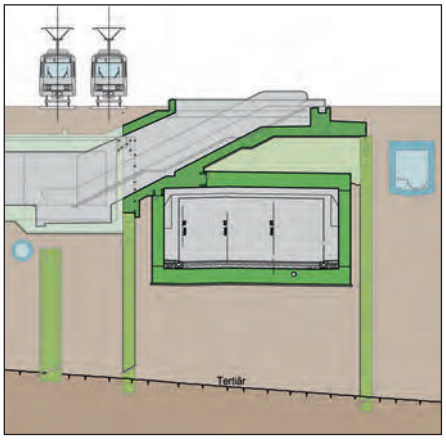


Abb. 21:
Aktiver Bergungseinsatz
der Düsseldorfer Feuerwehr
(Foto: Ina Lauer)

Abb. 22:
Erstes fertiggestelltes Teilstück
des Tunnels Kö-Bogen
(Foto: Holger Meseck)

Arbeitsschutz

Der Auftraggeber hatte bereits in der Ausschreibung umfangreiche Maßnahmen zum Arbeitsschutz gefordert und festgelegt. Hinzu kommt, dass Qualität und Arbeitssicherheit innerhalb der Wayss & Freytag Ingenieurbau AG einen besonderen Stellenwert einnehmen. Dementsprechend wurde das Motto „Nur wer sicher baut, kann auch qualitativ hochwertig bauen“ schnell auf der Baustelle umgesetzt.

Die Bauleitung erstellte in enger Zusammenarbeit mit der Sicherheitsfachkraft die Gefährdungsanalysen und überprüft und aktualisiert diese kontinuierlich. Ebenso wurde das Vorhandensein von Gefährdungsanalysen aller Nachunternehmer ständig kontrolliert.

Die Unterweisung und Beauftragung der Mitarbeiter in die Benutzung von Maschinen, insbesondere die schriftliche Beauftragung von Geräteführern, wurde konsequent umgesetzt. Gleiches galt auch für die Überwachung der regelmäßigen Prüfungen der eingesetzten Geräte, Anschlagmittel sowie die monatliche Prüfung der Schutzschalter in den Baustromverteilern.

Gerüste wurden regelmäßig auf das Vorhandensein des zwingend notwendigen Freigabescheines überprüft. Gemeinsam mit der Feuerwehr fanden mehrfach Bergungsübungen statt. Für das Erstellen der Unterwasserbetonsohle wurde gemeinsam mit den Tauchrettern der Feuerwehr eine Ortsbesichtigung durchgeführt und ein Konzept für den Rettungsfall erarbeitet.

Die regelmäßigen Begehungen der eigenen Sicherheitsfachkraft mit dem SiGeKo, der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, der Bezirksregierung und dem Arbeitsmedizinischen Dienst der BG BAU waren selbstverständlich. Ebenso regelmäßig wurden die Sicherheitsgespräche mit dem Baustellenpersonal durchgeführt.

Alle zuvor genannten Maßnahmen konnten dazu beitragen, dass gefährliche Situationen und beinahe Unfälle auf der Baustelle ausgeblieben sind. Einer der „Schwachpunkte“ bleibt menschliches Fehlverhalten. Um dieses Problem zu lösen und alle Mitarbeiter zu sensibilisieren, wurden zeitweise zwei „Arbeitssicherheitsscouts“ auf der Baustelle postiert. Diese hatten ausschließlich die Aufgabe, die Bauarbeiten und deren Arbeitssicherheitssituationen zu beobachten und beim Fehlverhalten einzelner Mitarbeiter diese darauf anzusprechen, ihnen ihr Fehlverhalten aufzuzeigen und zu erläutern. Damit konnten gute Erfolge erzielt werden, da so zeitnah direkt auf die Verhaltensweisen der Mitarbeiter eingewirkt wurde.

Schlussbemerkungen

Die Unternehmen der Arbeitsgemeinschaft Tunnel Kö-Bogen und ihre Mitarbeiter arbeiten mit dem notwendigen Respekt aber auch mit Stolz an der Umsetzung der ingenieurtechnischen Herausforderungen beim Bau des innerstädtischen Tunnelsystems. Ihr Beitrag zur zukunftsorientierten Umgestaltung der Düsseldorfer Innenstadt sichert nicht nur die eigenen Arbeitsplätze. Die schwierigen innerstädtischen Baustellenverhältnisse, das Vorhandensein angrenzender Baustellen, die engen Termine sowie die Vielzahl der Gewerke und der dabei gleichzeitig tätigen Mitarbeiter haben von Anfang an dazu beigetragen, dass dem Arbeitsschutz ein besonderer Stellenwert zukam. Alle Beteiligten haben diese Herausforderung angenommen, umgesetzt und so die komplexe Baustelle zu einem sicheren Arbeitsplatz gemacht. Dieser Einsatz hat sich bewährt und wird bis zum Bauende im Jahr 2016 unvermindert beibehalten bzw. in Detailfragen noch intensiviert und evaluiert werden.

Literatur

Gutjahr, S.; Könnemann, F.: Der Tausendfüßler steht in Düsseldorf am Rande einer tiefen Baugrube, 8. Kolloquium Bauen in Boden und Fels, Technische Akademie Esslingen, 2012

Autoren:

Dr.-Ing. Holger Meseck und
Dipl.-Ing. Lars von Göldel
Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Düsseldorf

Dipl.-Ing. Frank Witte
Ingenieurbüro Wendt, Düsseldorf

Sichern Sie sich jetzt
Ihren Zugang zum eJournal!

Lesen Sie auf **www.Bauportal-digital.de** das aktuelle Gesamtheft oder Einzelbeiträge direkt mit Erscheinen. Ihre Suche führt Sie schnell und treffgenau zum Ergebnis. Downloads sind problemlos möglich.

Weitere Informationen zum eJournal:
www.BauPortal-digital.de

Jetzt per E-Mail bestellen unter:
BauPortal@ESVmedien.de

ESV ERICH SCHMIDT VERLAG
Auf Wissen vertrauen

Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG · Genthiner Str. 30 G · 10785 Berlin · Tel. (030) 25 00 85-228 · Fax (030) 25 00 85-275 · ESV@ESVmedien.de · www.ESV.info