

## U-Bahnbau im Brennpunkt der City

Die Landeshauptstadt Düsseldorf, in der Rangliste der Städte mit größter Lebensqualität hoch bewertet, schickt sich an, in der Stadtgestaltung und Infrastruktur weitere Akzente zu setzen. Zwei städtebauliche Großprojekte mitten in einer pulsierenden City mit einem Investitionsvolumen von mehr als 1 Mrd. Euro sind selbst für eine Großstadt nicht alltägliche Ereignisse. Die neue U-Bahn Wehrhahn-Linie sowie das Kö-Bogen-Areal werden das Gesicht einer weiter wachsenden Metropole nachhaltig prägen. Das Ziel der ersten Etappe baulicher Umsetzung wurde pünktlich erreicht: die Vollendung der 3,4 km langen Tunnelröhre, die Schwerpunkt dieser Veröffentlichung ist.

In Düsseldorf leben mehr als 580.000 Bürgerinnen und Bürger. In den unterschiedlichsten Branchen sind mehr als 450.000 Menschen beschäftigt. Um die Attraktivität der Stadt für Wirtschaft und Handel zu bewahren, ist es erforderlich, den Individualverkehr und den ÖPNV für den täglichen Zustrom an Pendlern zu optimieren. Unter dem Motto „Mehr Mobilität – mehr Stadtqualität“ ergänzt die neue U-Bahn-Strecke das bisherige Netz des öffentlichen Nahverkehrs und sorgt für eine attraktive Verbindung zwischen den östlichen und südlichen Stadtteilen. Die Baukosten belaufen sich auf insgesamt rd. 748 Mio. Euro einschließlich Planungskosten und Grunderwerb. Durch die Kombination von Technologien, architektonischen und künstlerischen Konzepten soll die Wehrhahn-Linie ein markantes Zeichen

**Andrea Blome**, Amtsleiterin, Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf, andrea.blome@duesseldorf.de

**G. Wittkötter**, Projektleiter Wehrhahn-Linie, Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf, gerd.wittkoetter@duesseldorf.de

**B. Ferrière**, Projektleiter Wehrhahn-Linie Los 1, Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH, benno.ferriere@civil.bilfinger.de

setzen und zu den modernsten und benutzerfreundlichsten U-Bahnstrecken Europas gehören. Immerhin werden hier täglich mehr als 50.000 Fahrgäste erwartet, die in Zukunft allein durch den Wegfall von 5 Straßenbahnlinien schneller und komfortabler ihre Ziele erreichen sollen.

Die U-Bahn-Trasse unterquert die Düsseldorfer City und damit einen für Anwohner, Geschäftsleute sowie die Verkehrsführung äußerst sensiblen Bereich. Die Untertunnelung einer Innenstadt auf mehreren Kilometern sowie der gleichzeitige Bau von 6 neuen unterirdischen Bahnhöfen sind Vorhaben, die an den betrof-

## Metro Construction in the Focus of the City

The regional capital of Düsseldorf, highly rated among the cities affording the greatest life quality, is engaged in setting further standards in terms of urban design and infrastructure. Two major construction projects in a vibrant city involving an invested volume of more than 1 billion euros are no everyday occurrences even for a place the size of Düsseldorf. The new Metro Wehrhahn Line and the Kö-Bogen area will sustainably place their stamp on an ever growing metropolis. The target of the first stage of the construction programme has been reached according to schedule: the completion of the 3.4 km long tunnel, which is the main topic dealt with in this report.

the Wehrhahn Line is destined to set standards making it one of Europe's most modern and user-friendly Metro lines. After all no less than 50,000 passengers are expected to use the facility on a daily basis, who will arrive at their destinations faster and more comfortably thanks to the scrapping of 5 tram lines.

Düsseldorf has more than 580,000 inhabitants. More than 450,000 people find employment in the various branches of industry and commerce. It is essential to optimise private motoring and public commuter transportation to ensure that the city remains attractive for business. With the slogan "More Mobility – more Urban Quality" the new Metro line augments the existing transit network catering for an efficient link between the eastern and western parts of the city. The construction costs amount to a total of some 748 million euros including planning costs and land acquisition. Through combining technologies, architectural and artistic concepts,

The Metro route undercuts downtown Düsseldorf – an extremely critical area for residents, business people and the traffic set-up. Undertunnelling a city centre over several kilometres as well as the construction of 6 new underground stations are projects, which do not go unnoticed by the citizens who are affected. Well before the individual planning phases began right up until the first clod of earth was turned the Office for Transport Management responsible for the entire project had recognised the necessity



Blick in die fertig gestellte Tunnelröhre  
View of the completed tunnel bore

fenen Bürgern nicht kommentarlos vorbegehen dürfen. Schon lange vor Beginn der einzelnen Planungsphasen bis hin zum ersten Spatenstich hatte das für das Gesamtprojekt verantwortliche Amt für Verkehrsmanagement die Zeichen der Zeit erkannt und unter dem Motto Agieren statt Reagieren den „proaktiven Dialog“ mit allen von den Baumaßnahmen Betroffenen gesucht und weitestgehend umfeld- und umweltverträgliche Lösungen für die Realisierung der Baumaßnahmen gefunden. Oberstes Ziel war, die betroffenen Bürger vor allzu schwerwiegenden Einschränkungen zu schützen und die gesamten Verkehrsbeziehungen des Individual- und öffentlichen Personennahverkehrs während der gesamten Bauzeit aufrecht zu erhalten. Deshalb galt es, sich auf Bau-

verfahren zu konzentrieren, die weitestgehend unter der Erde stattfinden und sich bei in Düsseldorf vorangegangenen U-Bahnstrecken bereits bewährt haben: der Schildvortrieb auf der Strecke und die „Düsseldorfer Deckelbauweise“ im Bereich der 6 neuen Bahnhöfe.

### **Diffizile Kanalverlegung vor dem U-Bahnbau**

Vor Beginn der eigentlichen Tunnelbauarbeiten hatten Planer, Kanal- und Leitungsbauer eine anspruchsvolle unterirdische Infrastrukturmaßnahme zu bewältigen: die Verlegung bzw. Erneuerung des im Innenstadtbereich dichten und sensiblen Leitungsnetzes ohne größere Verkehrsstörungen vor allem in den Fußgängerbereichen zu verursachen. An einigen Stellen mussten komplette Kanalabschnitte dem

and established a “pro-active dialogue” under the motto “acting rather than reacting” with all those affected by the construction scheme. Towards this end solutions compatible with the environment were sought in order to accomplish the construction measures. The priority was to protect those affected from excessive restrictions and to maintain the entire traffic set-up for private and public transportation as far as possible throughout the construction process. As a consequence it was essential to concentrate on construction methods, which were mainly carried out underground and which had already proved their worth during the building of previous Metro lines in Düsseldorf: shield driving for the route and the “Düsseldorfer dig-and-cast method” for the 6 new stations.

### **Difficult Laying of Utilities prior to Constructing the Metro**

Before the actual tunnelling began planners and utility line contractors had to accomplish a sophisticated underground infrastructure measure: the laying and upgrading of the dense and sensitive line network in the downtown area without causing major hindrances to traffic above all in the pedestrian zones. At some spots complete sections of sewers had to make way for the Metro or be relocated from their original position in the middle of the road to along house fronts. Towards this end extensive underpinning work was necessary at the adjoining buildings mainly using the jet grouting method. Some 4 km of water and sewer lines were produced. A whole range of pipes varying between 300 and 2,200 mm in diameter

U-Bahnbau weichen bzw. von ihrer ursprünglichen Lage in der Straßenmitte entlang der Hausfronten verlegt werden. Dafür waren auch umfangreiche Unterfangungsarbeiten an den angrenzenden Gebäuden im Wesentlichen im Düsenstrahlverfahren notwendig. Rund 4 km Wasser- und Abwasserkanäle entstehen neu. Dafür war eine ganze Palette von Rohren mit Durchmessern von 300 bis 2.200 mm notwendig. Auf eine Gesamtlänge von 100 km addieren sich die Leitungen für Strom, Wasser, Gas, Fernwärme usw., die es zu verlegen galt. Beim Bau der U-Bahntrasse machte dies einen großen Anteil der Gesamtleistung aus.

### Umweltverträgliche Bauverfahren besonders beim Tunnelbau gefragt

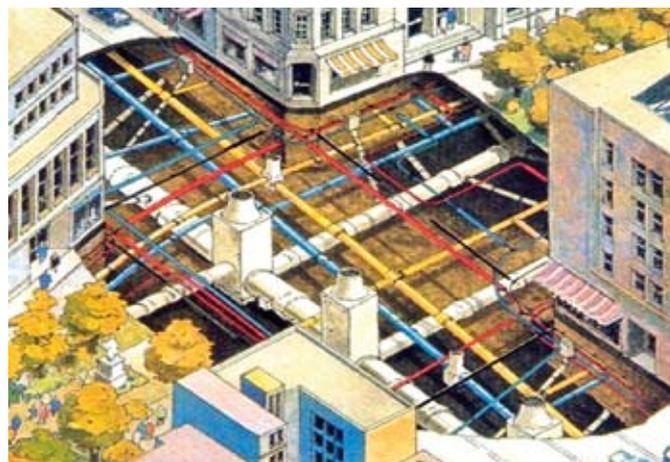
In Düsseldorf begann das Tunnelbau-Zeitalter bereits im Jahre 1958/59, als es galt, die Abwasserkanäle der rechtsrheinischen Stadtgebiete mit der linksrheinischen Kläranlage unter dem Rhein zu verbinden. Eine Pioniertat: Die Stadtväter hatten sich entschlossen, den dafür notwendigen Tunnel im Druckluft-Schildvortrieb aufzufahren, einem umweltschonenden Verfahren, das zuvor in Deutschland noch nicht angewandt worden war. Den U-Bahn-Ausbau betreibt man in der Landeshauptstadt seit mehr als 4 Jahrzehnten. Es existieren bereits Tunnel von insgesamt rd. 7 km Länge.

Bei der Planung der neuen U-Bahn-Trasse war man bestrebt, die Auswirkungen der Bauarbeiten inmitten einer stark frequentierten Innenstadt auf ein Mindestmaß zu



Trassenverlauf der bestehenden U-Bahn-Strecken sowie der neuen Wehrhahn-Linie (rote Markierung)

Route alignment of the existing Metro lines as well as the new Wehrhahn Line (red marking)



Die Grafik verdeutlicht das engmaschige Leitungs- und Kanalnetz im Zuge der neuen U-Bahn-Strecke und gleichzeitig, wie groß der Aufwand ist, wenn in eine solche Kreuzung ein U-Bahnstation platziert wird

The diagram displays the tightly-knit pipe and sewer network in conjunction with the new Metro line and at the same time just how complex it is to set up a Metro station at such an intersection

beschränken. Der unterirdische Schildvortrieb, der bereits bei früheren Streckenabschnitten erfolgreich angewandt wurde, erwies sich als die einzig sinnvolle und auch wirtschaftlich

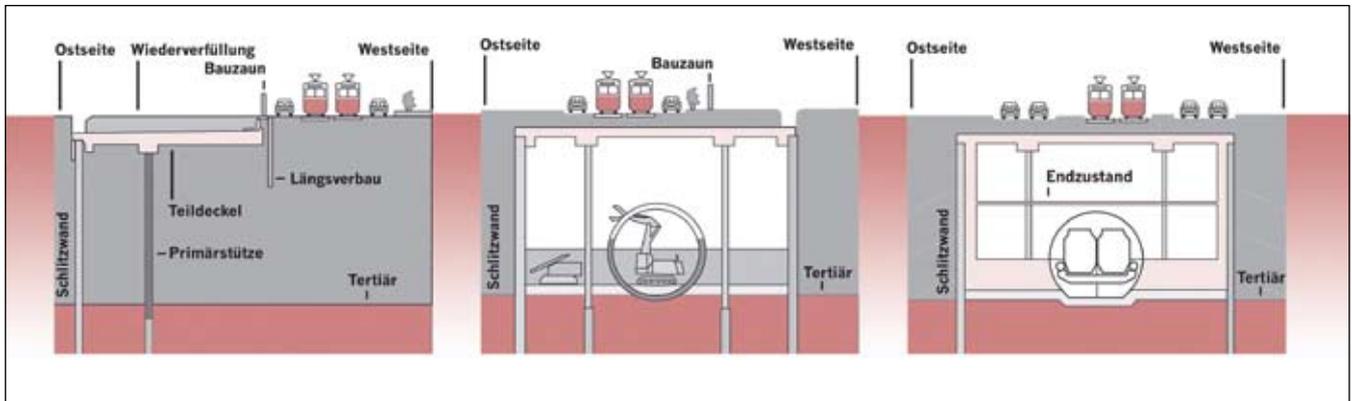
### Environmentally-friendly Construction Methods particularly sought for Tunnelling

The age of tunnelling in Düsseldorf began as far back as 1958/59 when the sewers of the parts of the city on the right bank of the Rhine had to be linked with the clarification plant on the left bank beneath the river. A trail-blazing enterprise: the city fathers decided to have the necessary tunnel produced using a compressed air shield drive, an environmentally-friendly method, which had never before been applied in Germany. Metro construction has forged ahead in the regional capital for more than 4 decades. Tunnels totalling in excess of 7 km have been built.

To construct the new Metro route an effort was made at the planning stage to restrict the effects of the construction work in the middle of an extremely busy downtown area to a minimum. The underground shield drive, which was applied successfully for former route sections, emerged as the sole sensible and also economically viable alternative and was made use of along the entire route in modified form. A part-section that was built in advance more than 30 years ago led to the tunnel being created in 2 sections.

Temporary construction pits were required only at the 6 new stations, 5 of which were produced by dig-and-cast. The graphic diagram shows the procedure: firstly diaphragm walls are set up in a longitudinal direction, then the top section of the future station is built, under which the further construction activities take place. Traffic is then conducted past the site so that it can continue to flow. In this way restrictions are confined to a minimum. Subsequently the

was applied. With the lines for electricity, water, gas, district heating etc. that had to be laid, the grand total amounted to 100 km. This accounted for a major portion of the overall performance.



„Umfeld-freundliches“ Bauprinzip für die neuen unterirdischen Bahnhöfe mit modifiziertem Schildvortrieb und bewährter Deckelbauweise

“Environmentally-friendly” construction principle for the new underground stations with modified shield drive and tried-and-tested dig-and-cast method

vertretbare Alternative und wurde auf der gesamten Strecke in modifizierter Bauweise realisiert. Ein vor über 30 Jahren bereits vorgezogen erstellter Teilabschnitt führte zur Erstellung der Tunnelröhre in 2 Abschnitten.

Lediglich in den Bereichen der 6 neuen Bahnhöfe, von denen 5 in Deckelbauweise errichtet wurden, waren temporäre Baugruben erforderlich. Die grafische Darstellung vermittelt den Bauablauf: Zunächst werden in Längsrichtung Schlitz-

stations are developed entirely underground. Project-specific demands had to be fulfilled and progressive construction techniques applied efficiently for driving and supporting the tunnel. As a result tunnellers and construction material technolo-

gists were called on to develop new know-how and innovative concrete cast parts.

### Tunnel Segments with utmost Precision

The DW-Werk Nievenheim of the Berding Beton GmbH pos-

**Bochumer Eisenhütte  
Heintzmann**



**Bergbau, Tunnelbau – Mining, Tunnelling**

**TH-, GI-, HEB- und Sternprofile**

TH-, GI-, HEB- and Star-Profile

**2-, 3- und 4-Gurt-Gitterträger**

2-, 3- and 4-bar Lattice Girder

**Sonderkonstruktionen für Großräume**

Special Construction for big excavation areas

**Verstellbarer, nachgiebiger Tübbingausbau**

Yieldable, adjustable Tubbing Support

**Ankersysteme – Bolting System**

**Jackpots und Donuts – Jackpots and Donuts**

**Stachelemente – Stress Controller**

**Wärmebehandlung – Heat Treatment**



**HEINTZMANN** | Group

Klosterstraße 46 . 44787 Bochum, GERMANY . Tel.: + 49 (0) 234 - 9118 - 0

Fax: + 49 (0) 234 - 9118 - 228 www.be-heico.de . email: info@be-heico.de



Direkt neben der neuen U-Bahn-Trasse musste ein 4 km langes, weitläufiges Kanalnetz aus Hochleistungs-Stahlbetonrohren verlegt werden, oft unmittelbar entlang der Häuserfronten

A 4 km long, extensive sewer network consisting of high-grade reinforced concrete pipes had to be laid directly alongside the new Metro route, often along the house fronts

wände angelegt, dann der Deckel des künftigen Bahnhofs gebaut, unter dem sich auch die weiteren Bauaktivitäten abspielen. An der Oberfläche wird der Verkehr an der Baustelle vorbeigeführt und kann so weiter fließen. Beeinträchtigungen hielten sich so in Grenzen. Der gesamte Ausbau der Bahnhöfe erfolgte anschließend durchweg unterirdisch. Für Vortrieb und Tunnelausbau galt es, projektspezifische Anforderungen zu erfüllen und fortschrittliche Techniken effizient umzusetzen. Dafür waren Tunnelbauer und Baustofftechnologien gleichermaßen gefordert, neues Know-how sowie innovative Betonfertigteile zu entwickeln.

### Tunnel-Tübbinge mit höchster Präzision

Ein reicher Erfahrungsschatz in der Produktion hochwertiger Stahlbeton-Fertigteile sowie die Leistungsfähigkeit einer neuen, modernen Produktionslinie für Stahlbeton-Tübbinge waren für Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH als Generalunternehmer ausschlaggebend, das DW-Werk Nievenheim der Berding Beton GmbH mit der Produktion der Stahlbeton-Tübbinge für den Ausbau der Tunnelröhren zu beauftragen. Sie haben einen Außendurchmesser von 9,20 m. Jeder Tunnelring besteht aus 7+1 Tübbingen mit einem Gewicht von je 6,6 t. Der gesamte Ring wiegt 46,2 t. Insgesamt

sesses long-standing experience in producing high-quality reinforced concrete cast parts quite apart from a highly-efficient modern production line for reinforced concrete segments. This is why it was commissioned by the Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH as general contractor to produce the reinforced concrete segments for lining the tunnel bores. They possess an external diameter of 9.20 m. Each tunnel ring consists of 7+1 segments, each weighing 6.6 t. An entire ring weighs 46.2 t. Altogether 12,144 individual elements were produced – resulting in a total of 1,518 rings for the 2 construction sections. The concrete rings were produced with a conic form.

### Innovative Steel Fibre Technology successfully applied

The segments in the station areas comprise a steel fibre concrete, which facilitated precision down to tenths of a millimetre in conjunction with a special shuttering method. Towards this end, a special multi-tested concrete recipe as well as the utmost accuracy during the production process was essential. A report provided by the Bilfinger Berger Ingenieurbau (by Dipl.-Ing. Lars Bayer and Dipl.-Ing. Markus Brack) supplied invaluable findings, which can by and large be summed up as follows:

- The manifold possibilities for applying concrete can be considerably extended by using



wurden 12.144 Einzelemente produziert, die für beide Bauabschnitte insgesamt 1.518 Ringe ergaben. Die Betonringe wurden konisch hergestellt.

### Innovative Stahlfaser-Technologie erfolgreich umgesetzt

Die Tübbinge in den Bahnhöfsbereichen bestehen aus einem Stahlfaserbeton, der in Verbindung mit einem speziellen Schalungsverfahren eine erwartete Maßgenauigkeit im Zehntel-Millimeter-Bereich ermöglichte. Dafür waren eine besondere, mehrfach geprüfte Betonrezeptur sowie äußerste Präzision im Produktionsablauf unabdingbare Voraussetzung. In einem Bericht der Bilfinger

fibres especially steel fibres in the mix. This now also applies for segments, thus opening up an interesting market sector.

- Steel fibres included and evenly distributed in the concrete mix improve the properties by counteracting crack formation as 3-dimensional evenly distributed reinforcement and resist the tendency for cracks to expand. The crack edges are connected by the steel fibres. In this way residual bearing capacity is assured even in cracked state.
- Furthermore steel fibre concrete represents an economic alternative, which is not only technically on par with



Tübbing-Produktion am laufenden Band in einem modernen Fertigteilwerk  
Continuous production of segments in a modern pre-cast part factory

## IMPROVE YOUR JOBSITE PRODUCTIVITY

A NEW RANGE OF FOAMING AGENTS:

**CLB F5™**



**Low consumption**

**Full harmony with our planet\***

**For any geological condition**

**CONDAT**  
LUBRIFIANTS

\* Less requirement of polymers / Biodegradability keeping pace with OECD regulations

104 Avenue Frédéric Mistral - 38 870 Chasse-sur-Rhône - FRANCE  
Tél. +33 (0)4 78 07 38 45 - Fax +33 (0)4 78 07 37 87  
tmei@condat.fr - www.condat-lubricants.com



Gleichmäßig verteilte Stahlfasern für die temporären Tübbinge in den Bahnhofsbereichen

Uniformly distributed steel fibres for the temporary segments at the stations

Berger Ingenieurbau (von Dipl.-Ing. Lars Bayer und Dipl.-Ing. Markus Brack) gelangte man zu wertvollen Erkenntnissen, die im Wesentlichen wie folgt zusammengefasst werden können:

- Die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von Beton lassen sich durch den Einsatz von eingemischten Fasern, insbesondere von Stahlfasern deutlich erweitern. Das gilt nun auch für Tübbinge, für die sich ein interessantes Marktsegment erschließt.
- In die Betonmischung eingebrachte und gleichmäßig verteilte Stahlfasern verbessern die Eigenschaften, indem sie als dreidimensional gleichmäßig verteilte Bewehrung der Rissbildung entgegen wirken und einer zunehmenden Rissaufweitung Widerstand leisten. Die Rissufer sind durch die Stahlfasern miteinander vernetzt. Dadurch bleibt selbst im gerissenen Zustand eine Resttragfähigkeit erhalten.
- Stahlfaserbeton bietet ferner eine wirtschaftliche Alternative, die technisch nicht nur gleichwertig, sondern in

vielen Belangen sogar besser als herkömmlicher Beton ist. Durch die gleichmäßige Verteilung der Fasern kann der Stahlfaserbeton als homogener und isotroper Baustoff Biegezug- und Spaltzugkräfte in jeder beliebigen Richtung aufnehmen. Ein weiterer wesentlicher Vorteil ist der vereinfachte Produktionsablauf. Die aufwändigen Arbeitsschritte Bewehrungskorb-Herstellung, -Transport und -Einbau können entfallen.

- In allen 4 Bahnhöfen, die von der TBM durchfahren wurden, hatte man Stahlfaserbeton-Tübbinge temporär eingesetzt und für eine Nutzungsdauer von 3 Jahren nach der neuen Deutschen Richtlinie Stahlfaserbeton bemessen. Basierend auf der berechneten Leistungsklasse wurde von Bekaert eine Dramix-Stahlfaser RC-80/60-BN vorgeschlagen und durch Vorprüfungen im werkseitigen Labor bestätigt. Weitere Prüfungen erfolgten bei Bilfinger Berger und im DW-Werk Nievenheim. Nach positiven Ergebnissen dieser Prüfungen folgten weitere von



Vermessung der Tübbing-Segmente zur Überprüfung der Einhaltung extrem enger Toleranzvorgaben von zum Teil max. 0,3 mm

Measuring the ring segments to check whether the extremely strict tolerance parameters of in some cases max. 0.3 mm are adhered to

conventional concrete but is in many respects superior. Thanks to the uniform distribution of the fibres, steel fibre concrete is capable of sustaining bending and tensile forces in any desired direction as a homogeneous and isotropic construction material. A further substantial advantage is the straightforward means of production. There is no need for complicated working steps involving producing, transporting and installing reinforcing cages.

- Steel fibre concrete segments were temporarily applied for all 4 stations crossed by TBM and dimensioned for a period of use lasting 3 years in accordance with the new German Guideline on Steel Fibre Concrete. Based on the estimated performance class, a Dramix Steel Fibre RC-80/60-BN was proposed by Bekaert and confirmed through tests in the company's own lab. Further tests took place at Bilfinger Berger and in the DW-Werk Nievenheim. After these tests revealed positive results, further trials were carried out at the TU Brunswick and the Institute for Construction Ma-

terials, Massive Construction and Fire Protection. These tests formed the basis for approval in each individual case and were included in a quality assurance plan especially developed for this construction scheme. The extremely good results obtained during the lab tests were confirmed by hardened concrete tests on the structure.

- Following the introduction of the new Guideline on Steel Fibre Concrete in practice, innovative applications of steel fibre concrete – in general use worldwide now for years – should also be applied increasingly in Germany. However a lot of clarification and catching up is still essential in this respect. Details relating to verifying the stability of steel fibre reinforced concrete were dealt with at length by Dipl.-Ing. Max Kemmler (Bilfinger Berger Ingenieurbau) in the jubilee publication "Past meets Future – 50 Years of STUVA". This led among other things to the conclusion "that verification of the ductile structural behaviour according to DIN 1045-1 as well as verification of any shortfall of the system

der TU Braunschweig sowie dem Institut für Baustoffe, Massivbau und Brandschutz. Diese Prüfungen waren die Grundlage für eine Zustimmung im Einzelfall und flossen in einen speziell für dieses Bauvorhaben entwickelten Qualitätssicherungsplan ein. Die sehr guten Ergebnisse der Laborversuche konnten durch Festbetonprüfungen am Bauwerk durchweg bestätigt werden.

- Durch die baurechtliche Einführung der neuen Stahlbeton-Richtlinie sollten innovative Anwendungen von Stahlfaserbeton – weltweit bereits seit Jahren Stand der Technik – auch in Deutschland vermehrt genutzt wer-

den. Hier besteht dafür jedoch noch ein erheblicher Aufklärungs- und Nachholbedarf. Einzelheiten über den Stabilitätsnachweis der stahlfaserbewehrten Tübbinge wurden im Jubiläumsband „Vergangenheit trifft Zukunft – 50 Jahre STUVA“ von Dipl.-Ing. Max Kemmler (Bilfinger Berger Ingenieurbau) ausführlich behandelt und u.a. festgestellt, „dass der Nachweis des duktilen Bauteilverhaltens nach DIN 1045-1 bzw. der Nachweis einer Unterschreitung der Systemtraglast mit nur geringfügigen Änderungen im statischen System und ohne großen Aufwand erbracht werden kann“.

bearing load can be provided with only slight alterations to the static system and without major time and effort“.

### “Tuborine” produced Metro Lot in Record Time

The hydro-shield method was applied in Düsseldorf to excavate the soil and support the face. The approx. 2.3 km long drive was split into the individual contract sections south and east. The 1,298 m long south section mainly runs beneath the public road area, the 995 m long east drive partially underneath existing buildings and beneath public roadways. The shield passed through the station areas. At this time point the diaphragm wall

construction pit enclosures and the station top covers were already completed although the pit still had to be excavated and the groundwater lowered. Then the temporary tunnel segments were removed within the station sections and the roughwork for the stations could be tackled.

The Herrenknecht Mixshield S-491 TBM, christened “Tuborine” by a Düsseldorf lady resident, was devised especially for the Metro Wehrhahn Line: a giant among tunnelling machine weighing 1,302 t and 65 m long with 9.50 m cutting wheel diameter. The 115 t heavy cutting wheel that loosened the soil was located at the front of the cutterhead. The cutterhead penetrated the soil with the cutting wheel. Once



**fermacell**<sup>®</sup>  
AESTUVER

## Safety first!

### Baulicher Brandschutz mit maßgeschneiderten Lösungen und überzeugendem Service.

AESTUVER T – eine speziell für den Hochtemperaturbereich entwickelte Brandschutzplatte aus Glasfaserleichtbeton

- schützt Beton zuverlässig vor Brandbelastungen bis 1.350 °C.
- ist frost- und wasserbeständig.
- bietet vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten mit Farben und Beschichtungen.

### Fire safety engineering with tailored solutions and convincing customer support.

AESTUVER T – glass-fibre reinforced light-weight concrete boards specifically developed for high-temperature environments.

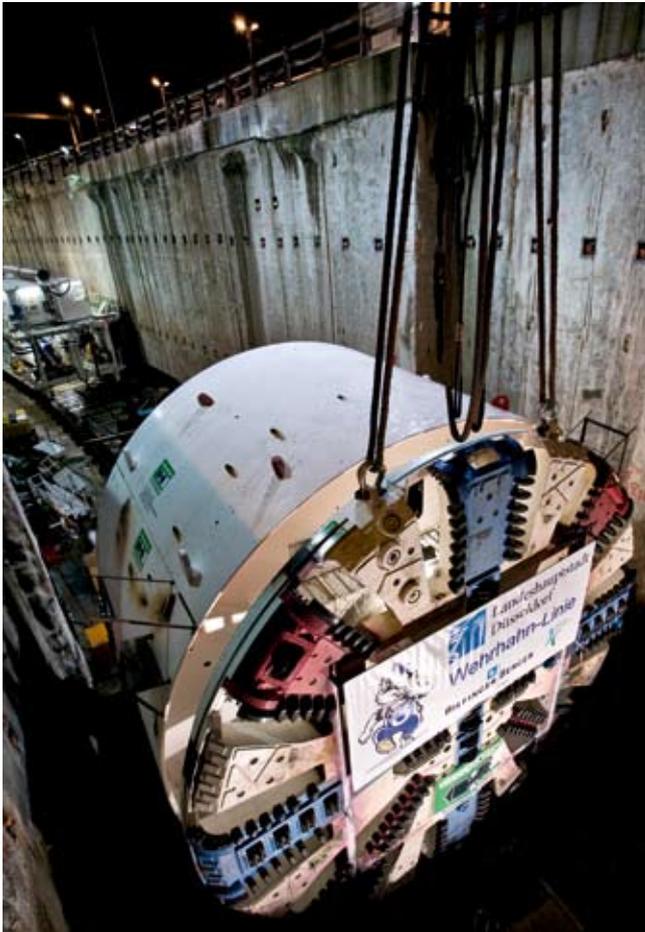
- Reliable protection for concrete against effects of fire loads of up to 1,350 °C.
- Frost and water resistant.
- Painting and coating options for customized finishes.



### Fermacell GmbH

FERMACELL Aestuver  
Düsseldorfer Landstr. 395 · 47259 Duisburg  
Telefon: +49 (0) 203 60880-8141  
Telefax: +49 (0) 203 60880-8140  
E-Mail: info@aestuver.de

[www.aestuver.de](http://www.aestuver.de)



Montage des 115 t schweren Schneidrades der „Tuborine“ mit einem Durchmesser von 9,5 m

Assembly of the 115 t heavy cutting wheel of the „Tuborine“ with 9.5 m diameter

### „Tuborine“ schaffte U-Bahn-Los in Rekordzeit

In Düsseldorf kam das Hydro-schildverfahren zum Bodenabbau und Stützen der Ortsbrust zum Einsatz. Die reine Vortriebslänge von ca. 2,3 km teilt sich auf in die Einzelvortriebe Süd und Ost. Beide wurden nacheinander mit derselben Tunnelvortriebsmaschine mit Bentonit-gestützter Ortsbrust hergestellt. Der Südabschnitt mit einer Vortriebslänge von 1.298 m verläuft weitgehend unter dem öffentlichen Straßenraum, der Vortrieb Ost mit einer Vortriebslänge von 995 m teils unter vorhandener Bebauung, teils unter Straßenraum. Die Bahnhofsbereiche wurden

mit dem Schild durchfahren. Zu diesem Zeitpunkt waren die Schlitzwand-Baugrubenumschließungen sowie die Deckel der Bahnhöfe bereits fertig gestellt, die Baugrube jedoch noch nicht ausgehoben und das Grundwasser nicht abgesenkt. Anschließend erfolgte innerhalb der Bahnhofabschnitte der Rückbau der temporären Tunnel-Tübbinge, und es begann der Rohbau der Bahnhöfe.

Die von einer Düsseldorfer Bürgerin auf den Namen „Tuborine“ getaufte TBM Herrenknecht-Mixschild S-491, speziell für die U-Bahn Wehrhahn-Linie konzipiert, war mit 1.302 t ein Schwergewicht und



Im Startschacht werden die 6,6 t schweren Tübbinge auf den Tunnelzug geladen, der diese just in time direkt zur Einbaustelle transportiert

In the starting shaft the 6.6 t heavy segments are loaded on to the tunnel train, which then carries them straight to the point of installation

the tunnel boring machine had started operating, an extensive data system provided an insight at any time via display of the individual data, the steering, rpm, torque and the potency of the cutting wheel. The TBM, which removed the in situ soil along the route between the stations, also possessed the power to cut open circularly the 80 to 120 cm thick concrete diaphragm and sealing walls, which had previously surrounded the stations. In order to go easy on the wheel, glass fibre reinforcements were used in these walls. A slurry suspension supported the soil in front of the cutting wheel; it then mixed with the soil and was pumped out of the tunnel via the

discharge line. A separation plant was located at the starting pit, in which the slurry suspension was separated from the excavated material and pumped back to the cutterhead.

Protected by the shield machine the tunnel was produced ring-by-ring with a monocoque segmental lining. The shield machine supported itself on the last completed ring for the drive and advanced by the length of a ring (1.50 m in the case of the Wehrhahn Line) with the soil being removed simultaneously. The annular gap between the outer edge of the segment and the surrounding soil was grouted with mortar. Tracks were laid right up the machine for trans-

mit 65 m Länge sowie einem Schneidrad-Durchmesser von 9,50 m ein Gigant unter den Vortriebsmaschinen. An der Spitze der Maschine befand sich auf dem Bohrkopf das 115 t schwere Schneidrad, das das Erdreich löste. Mit dem Schneidrad drückte sich der Bohrkopf gegen die Erde. Nachdem die Tunnelbohrmaschine ihren Betrieb aufgenommen hatte, ermöglichte eine umfangreiche Datenanlage jederzeit über Bildschirmanzeigen einen Einblick in die Einzeldaten, die Steuerung, die Drehzahl, das Drehmoment und die Kraft des Schneidrades. Die TBM entfernte nicht nur den gewachsenen Boden auf der Strecke zwischen den Bahnhöfen, sie hatte sogar die Kraft, die

vorab errichteten 80 bis 120 cm dicken Beton-Schlitz- und Dichtwände, die die Bahnhöfe umgaben, kreisförmig aufzuschneiden. Um das Rad zu schonen, wurden in diesen Wänden Glasfaserbewehrungen verwendet. Eine Bentonit-Suspension stützte den Boden vor dem Schneidrad, vermischte sich mit diesem und wurde über die Förderleitung aus dem Tunnel gepumpt. An der Startbaugrube befand sich eine Separieranlage, in der die Bentonit-Suspension wieder vom Aushub getrennt und zum Bohrkopf zurückgepumpt wurde.

Im Schutz der Schildmaschine wurde der Tunnel als einschaliger Tübbingausbau ringweise erstellt. Für den Vortrieb

porting the segments in the tunnel. Two trains were available for carrying material and crew. The silos with dry material used for mixing the mortar that was pressed into the soil around the rings were located at the end of the starting shaft.

The site installation and logistics were also geared to urban requirements. In order to cut down on noise, dirt and transporting soil within the city centre around the second starting shaft directly sited on the prestigious "Kö" shopping street as well as for reasons of space, the separation plant also remained on the southern central site installation for the second drive, which incidentally has a good link to the motorway for transporting excavated material and segments.

The Tuborine's rate of advance was impressive: it amounted to between 9 and (mainly) 14 m/day depending on the degree of difficulty. In less than 7 months a well coordinated team was able to successfully accomplish the first driving stage after tunnelling 1,298 m. The scheduled period for the second section of driving – 985 m – was more or less adhered to in spite of a number of previously unknown obstacles affecting the tunnel – an outcome which pleased both the client as well as first and foremost those responsible at Bilfinger Berger Ingenieurbau, who were able to praise their 60-strong team for an outstanding performance. A lack of accidents was an amazing achievement quite apart from the fact that no

the place to be  
for railway technologies.

Berlin. Hier werden die Weichen  
für die Zukunft gestellt.

 Berlin  
Partner

### Einsteigen, wo die Zukunft abfährt.

Berlin, Ost-West-Drehscheibe, Europas größter Nahverkehrsmarkt, führender Standort für Wissenschaft und Forschung. Große Verkehrsunternehmen wie die Deutsche Bahn, aber auch Branchenriesen wie Bombardier Transportation oder Siemens sind hier angesiedelt – insgesamt sind es 115 Unternehmen, darunter kleine, spezialisierte Firmen. In der Branche arbeiten schon heute 20.000 Menschen, und die Tendenz ist weiter steigend. Viele gut ausgebildete gewerbliche Arbeitnehmer, Hochschulen, die für Talente sorgen, optimale Förderbedingungen – stellen Sie hier die Weichen für Ihren Erfolg.

**Treffen Sie uns bei der InnoTrans 2012!**

**Berlin, 18.–21. September, Halle 3.2, Stände 204 & 206**

[www.berlin-partner.de](http://www.berlin-partner.de)

[www.businesslocationcenter.de/mobility](http://www.businesslocationcenter.de/mobility)

 be Berlin



Tübbing-Montage im Tunnelfirst: Die 7+1 Elemente ergaben einen 46,2 t schweren Ring  
Segment assembly in the tunnel roof: the 7+1 elements provide a 46.2 t heavy ring

stützte sich die Schildmaschine auf dem zuletzt gebauten Ring ab und presste den Schildkörper bei gleichzeitigem Abbau des Bodens um die Länge eines Ringes (bei der Wehrhahn-Linie 1,50 m) weiter. Der Ringspalt zwischen Tübbing-Außenkante und umliegendem Boden wurde mit Mörtel verpresst. Für den Transport der Tübbinge wurden in der Tunnelröhre Gleise bis an die Maschine verlegt. Zwei Züge standen für den Transport von Material und Besatzung bereit. Am Ende des Startschachtes befanden sich die Silos mit Trockenmaterial, aus dem Mörtel gemischt und in der Erde um die Ringe gepresst wurde.

Auch die Baustellen-Einrichtung und -Logistik war auf eine stadtverträgliche Arbeitsweise eingestellt. Um Beeinträchtigungen durch Lärm, Schmutz und innerstädtische Bodentransporte im Bereich des zweiten Startschachtes unmittelbar

an der prestigeträchtigen Einkaufsmeile „Kö“ zu minimieren sowie aus Platzgründen, verblieb die Separationsanlage auch für den zweiten Vortrieb auf der südlichen zentralen Baustelleneinrichtung, die im übrigen auch über eine gute Autobahnanbindung für die Transporte von Bodenaushub und Tübbingen verfügte.

Die Vortriebsleistung der Tuborine war beachtlich: Sie lag je nach Schwierigkeitsgrad zwischen 9, überwiegend 14 m/Tag. Innerhalb weniger als 7 Monaten konnte ein gut aufeinander eingespieltes Team nach 1.298 m Tunnelänge den Vortrieb der ersten Vortriebs-etappe erfolgreich beenden. Auch die geplante Bauzeit für den zweiten Vortriebsabschnitt von 985 m wurde trotz einiger in der Planung nicht bekannter Hindernisse im Tunnelbereich annähernd eingehalten – ein Ergebnis, das sicher nicht nur

settlements worth mentioning occurred along the entire route when tunnelling.

### Practised Partnership: the Basis for good Results

If a construction scheme is concluded with a thoroughly positive outcome, there is good reason

for it. The client, the Office for Transport Management of the Regional Capital of Düsseldorf, was successful from the start of a lengthy planning phase in gradually integrating those involved either directly or indirectly in the project within the Wehrhahn Line team. Above all, the many people representing the interests



Blick in den Rohbau eines unterirdischen Bahnhofs nach dem Rückbau der temporären Stahlfaserbeton-Tübbinge

View of the roughwork for an underground station after removal of the temporary steel fibre concrete segments

# MAPEI UNDERGROUND TECHNOLOGY TEAM

*Engagement macht den Unterschied*



**Das Mapei Underground Technology Team (UTT) ist Mapei's Antwort auf die Bedürfnisse derer, die in der Welt des Tunnelbaus arbeiten.**

Es ist das Resultat von Mapei's Investitionen in die Forschung und Entwicklung spezifischer Produkte, des Engagements und der Hingabe der Mitarbeiter, welche Professionalität und Erfahrung an den Tag legen.

Wir begleiten Sie von Anfang an bis zum Schluss eines Projektes:

- weltweite Interventionsmöglichkeit
- innerhalb 24 Stunden und während 365 Tagen pro Jahr
- Kostenreduktion



[www.utt-mapei.com](http://www.utt-mapei.com)



den Bauherrn erfreute, sondern vor allem die Verantwortlichen von Bilfinger Berger Ingenieurbau, die ihrer 60-köpfigen Tunnelmannschaft eine hervorragende Leistung attestierten. Neben einer beachtlichen Unfallfreiheit sei es auf der gesamten Strecke beim Durchfahren des Untergrundes zu keinerlei nennenswerten Setzungen gekommen.

### Gelebte Partnerschaft: die Basis für gute Ergebnisse

Wenn eine Baumaßnahme mit einem durchweg positiven Ergebnis abgeschlossen werden kann, dann kommt das nicht von ungefähr. Dem Bauherrn, dem Amt für Verkehrsmanagement der Landeshauptstadt Düsseldorf, ist es bereits mit Beginn einer langjährigen Planungsphase etappenweise gelungen, nicht nur die zahlreichen mittelbar und unmittelbar an dieser Baumaßnahme Beteiligten auf das Projekt einzuschwören, sondern sie mit Sitz und Stimme in das Wehrhahn-Linie-Team zu integrieren. Vor allem die zahlreichen Interessenvertreter aus den Ämtern und Organisationen z.B. der Verkehrs- und Versorgungswirtschaft erkannten sehr schnell die Vorteile ehrlicher, vertrauensvoller sprich partnerschaftlicher Zusammenarbeit und das möglichst mit Begegnungen auf Augenhöhe. Das i-Tüpfelchen: ein transparenter und ehrlicher Informationsaustausch mit den Bürgern der Stadt, die in allen Phasen der Projekt-Entwicklung und –Umsetzung über ihre Wehrhahn-Linie verständlich informiert wurden und damit nicht selten subjektive Vorstellungen und Wünsche im Rahmen von Bürgerforen, aber

auch vor Ort mit kompetenten Bauherren-Vertretern und Planern offen ausdiskutieren und relativieren konnten, ohne direkt ein kostspieliges, für den Bürger und die Stadt wichtiges Projekt wie die Wehrhahn-Linie zu blockieren.

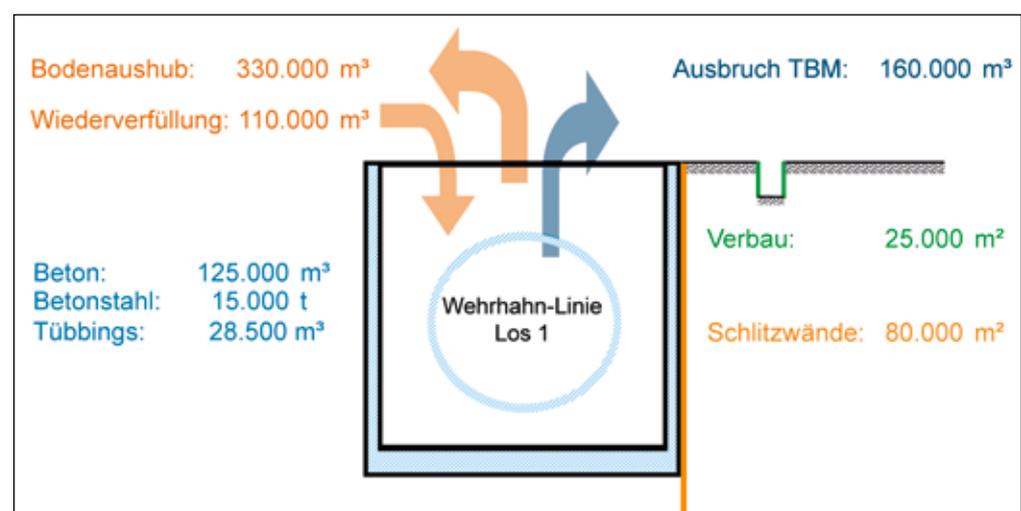
Wie wichtig ein schlüssiger Dialog mit mündigen Bürgern ist, hat man in jüngster Vergangenheit bei vergleichbaren Großprojekten leidvoll erfahren müssen – leidvoll, weil mangelhafte Kommunikation letztlich auch oft zu unliebsamen Termin- und Finanzierungsproblemen geführt hat und es einfach nicht gelang, die Öffentlichkeit in die notwendigen Diskussionen mit einzubeziehen. Wenn heute Bürger und Medien immer öfter nicht von der, sondern von „unserer Wehrhahn-Linie“ sprechen, beweist, dass es auch anders gehen kann, und wie wichtig eine ehrliche, nachhaltige Kommunikationsarbeit ist, die allerdings nicht erst nach Fertigstellung eines Projektes beginnen sollte. 

Bildnachweis:  
Amt für Verkehrsmanagement,  
Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH,  
Berding Beton GmbH

of authorities and organisations from the transport and supply branches rapidly recognised the advantages of honest, trustful collaboration in a spirit of partnership backed up when possible by personal encounters. The icing on the cake: a transparent and honest exchange of views with the residents of Düsseldorf, which were at all times informed in an understandable manner throughout the development and execution of the project. This was frequently accomplished during scheduled sessions with citizens at which objections could be allayed and wishes taken into consideration. Furthermore meetings with client representatives and planners were held on site so that matters could be discussed openly and put into perspective without a costly project such as the Wehrhahn Line of such importance for the city and its inhabitants being blocked directly.

Just how important it is to arrive at a positive dialogue with responsible citizens has unfortunately been experienced of late in the case of comparable major projects – unfortunately because a lack of communication often ultimately led to unpleasant

scheduling and financing problems and it was simply not possible to include the general public in the necessary discussions. Nowadays to an ever increasing extent Düsseldorf residents and the local media refer to “our” rather than the “Wehrhahn Line” underlying that things can work out differently and just how essential honest, sustainable communication work is, work which however should not first begin once a project is completed. 



Die Hauptmassen für das in diesem Beitrag beschriebene Baulos 1 der Wehrhahn-Linie

The main quantities involved in producing contract section 1 of the Wehrhahn Line described in this report

DIE NEUEN tunnel-FOREN:  
DESIGN, KONZEPTE UND TRENDS

STUTT GART 06.11.12 | MÜNCHEN 07.11.12

tunnel  
STUVA

# VERKEHRSSICHERHEIT UND VERKEHRSSFLUSS

JETZT ANMELDEN  
[bauverlag.de/fachforum](http://bauverlag.de/fachforum)



**bauverlag**  
The green building press

Organisation & Durchführung:  
Rainer Homeyer-Wenner | +49 5241 802173  
[rainer.homeyer-wenner@bauverlag.de](mailto:rainer.homeyer-wenner@bauverlag.de)

Weitere Informationen für Sponsoren:  
Christian Reinko | +49 5241 802179  
[christian.reinko@bauverlag.de](mailto:christian.reinko@bauverlag.de)

Unter dem Leitgedanken „Design-Aspekte bei Verkehrstunneln“ setzt tunnel gemeinsam mit der STUVA die exklusive Forenreihe fort. Auch in diesem Jahr diskutieren renommierte Referenten im Rahmen des „Deutschen tunnel-Forums“ über aktuelle Konzepte und Visionen zu den Themen Verkehrssicherheit und Verkehrsfluss. Ein ganzer Tag mit neuesten Erkenntnissen und wertvollen Kontakten wartet auf Sie.

Info und Anmeldung: [bauverlag.de/fachforum](http://bauverlag.de/fachforum)