

tunnel

Offizielles Organ der STUVA · Official Journal of the STUVA

2007

Nord-Süd Stadtbahn Köln





Kölner Verkehrs-Betriebe AG

Scheidtweilerstraße 38
50933 Köln

Vorstand:

Werner Böllinger, Sprecher
Walter Reinarz
Edith Wurbs
Kuno Weber

Vorsitzender des Aufsichtsrates:

Wilfried Kuckelkorn

Amtsgericht Köln
HRB 2130

Nord-Süd Stadtbahn Köln, Teil I – Das Projekt

R. Thon, Dr. I. Spohr

Mit dem Bau der ca. 4 km langen Nord-Süd Stadtbahn Köln wird in Kürze eines der derzeit größten europäischen Bauprojekte in Angriff genommen werden – eine innerstädtische Tunnelbaumaßnahme, die von äußerst schwierigen baulichen und örtlichen Randbedingungen beeinflusst und auch geprägt sein wird. Die Zeitschrift tunnel wird dabei einführend mit dem folgenden Beitrag, der im Wesentlichen die Entstehungsgeschichte und die Planung des Projektes aufzeigt, auch in fortlaufenden Artikeln über die circa achtjährige Realisierung dieses Vorhabens berichten.

1 Entstehung und Begründung des Projektgedankens

In Köln wird seit 1963 ein Stadtbahnnetz gebaut. Die ersten Strecken folgten in der Regel ehemals vorhandenen und wiederherzustellenden Netzstrukturen der Vorkriegszeit. Neue Verbindungen orientierten sich an der Nachkriegsentwicklung der stark zerstörten Stadt. Dabei entstand in den 1960er- und frühen 1970er-Jahren auf Empfehlung des damaligen Gutachters Prof. Wehner unter anderem eine Nord-Süd-Ach-

Dipl.-Ing. Reinhard Thon, ehem. Amtsleiter, Amt für Brücken und Stadtbahnbau, Köln/D
Dr.-Ing. Ingo Spohr, Zerna, Köpper & Partner, Niederlassung Köln/D

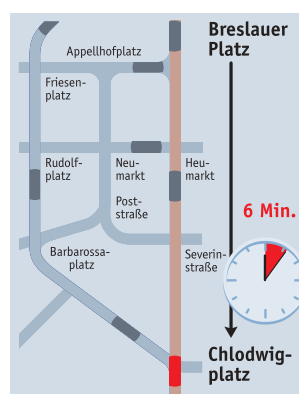
se, welche die nördlichen Stadtteile über den Bereich Dom/Hauptbahnhof und den Neumarkt mit der südlichen Innenstadt verbindet. Sukzessive wurde in den Folgejahren dieses Netz links- und rechtsrheinisch weiter ausgebaut und umfasst heute etwa 76 km Strecke, von denen rund 30 km in Tunneln geführt sind (Bild 1).

Bis heute fehlt allerdings eine direkte und leistungsfähige Schienenerschließung der so genannten Südstadt. Stattdessen sind hier lediglich Busverbindungen vorhanden, die in teilweise historisch bedingten engen und winkligen Straßenführungen ein völlig unzulängliches ÖPNV-Angebot darstellen. Mit der Stadtbahn erreicht man die dicht besiedelten Gebiete der Südstadt nur über Zeit raubende und

Cologne's North-South Urban Light Railway, Part I – The Project

R. Thon, Dr. I. Spohr

One of Europe's largest building projects will get underway when work on the approx. 4 km long North-South Urban Light Railway starts shortly in Cologne – an inner urban tunnelling measure, which is influenced by extremely tricky constructional and local marginal conditions. In this introductory article, tunnel now presents the background and the planning for the project. From time to time it will be followed up by other contributions dealing with its completion, which will take some eight years.



1 How the Project was born

An urban railway network has been under construction in Cologne since 1963. The first routes generally ran over formerly existing network structures from pre-war days that had to be restored. New lines were geared to post-war developments in the badly destroyed city. In this connection, a north-

south axis was one of the lines constructed during the 1960s and 70s on the recommendation of the then responsible expert Prof. Wehner. It links the northern parts of the city via the Dom/Hauptbahnhof and the Neumarkt with the southern part of downtown Cologne. In the years that followed, the network was gradually expanded on both sides of the Rhine. Today it is roughly 76 km long – with some 30 km running in tunnels (Fig. 1).

However, the southern part of central Cologne – the so-called Südstadt – has not yet

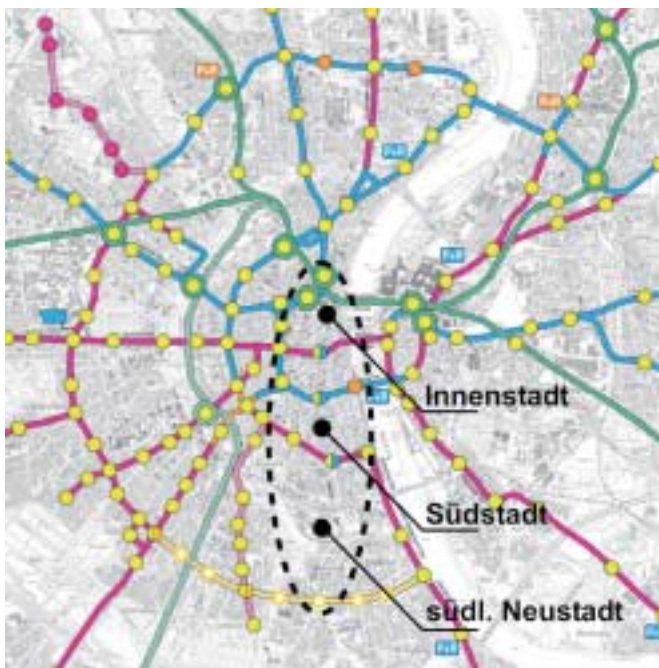
Dipl.-Ing. Reinhard Thon, former Head of the Office for Bridges and Urban Railway Construction, Cologne/D
Dr.-Ing. Ingo Spohr, Zerna, Köpper & Partner, Branch Cologne/D

unattraktive Umwege entlang der Ringe. Die insoweit verkehrlich schlecht erschlossenen Teile der südlichen Innen- und Neustadt leiden infolgedessen an Defiziten mit unliebsamen Stadtentwicklungstendenzen.

Bereits in den 1960er-Jahren kam ein Gutachten bezüglich der ÖPNV-Netzstruktur Kölns zu dem Ergebnis, dass eine zweite Nord-Süd-Achse auf Dauer sinnvoll und notwendig werden würde. Vorausblickend wurden daher auch bereits im Hinblick auf diese Parallelverbindung in den ersten Jahren des Stadtbahnbaus entsprechende bauliche Vorleistungen in Form ansetzender Abzweigungen erbracht. Über Jahrzehnte hinweg wurden diese Vorkehrungen jedoch nicht aktiviert, da eher die Erweiterung des Netzes nach außen verfolgt wurde, um damit anderen wichtigen Zielen der Stadtentwicklung gerecht zu werden.

Andererseits sind durch die seit zwölf Jahren permanent steigenden jährlichen Fahrgastzahlen – seit 1989 um 63 Mio., allein im ersten Halbjahr 2003 erneut 4,39 % Zunahme – auf der vorhandenen Nord-Süd-Achse inzwischen erhebliche Kapazitätsengpässe entstanden. Hier kommt es häufig zu Stauungen und Störungen, die sich auf den gesamten Fahrplan extrem ungünstig auswirken.

In Köln existiert ein Betriebssystem, bei dem mehrere Linien durch denselben Tunnel geführt werden. Es ist leicht vorstellbar, wie sich Störungen auf einer Linie in überlasteten Abschnitten auf das Gesamtnetz auswirken: Verspätungen pflanzen sich fort und multiplizieren sich, es dauert oft Stunden, bis sie sich wieder abarbeiten und erneut normaler Verkehrsablauf eintritt.



1 Ausschnitt aus dem Streckennetz der Kölner Verkehrs-Betriebe AG

1 Excerpt from the route network of the Kölner Verkehrs-Betriebe AG

Hauptsächlich aus den genannten Gründen hat sich Köln daher entschlossen, eine weitere Nord-Süd Stadtbahnstrecke zu bauen, die diese Missstände beseitigen helfen wird. Die wichtigsten Merkmale dieses Projekts sind:

- Bessere, direkte und schnelle Schienenanbindung der heute unterversorgten Südstadt und der südlichen Neustadt,
- Entlastung der bestehenden überlasteten Nord-Süd-Tunnelstrecke durch Parallelführung von Stadtbahnlinien, besonders vor dem Hintergrund nach wie vor steigender Fahrgastzahlen, und
- Schaffung neuer Anreize für die südlichen Stadtteile und Einwirkung auf negative Entwicklungstendenzen.

2 Entwicklung des Stadtbahnprojektes und aktueller Verfahrensstand

Die genannten Überlegungen der 1960er- wurden zu Beginn der 1990er-Jahre wie-

been effectively linked to the urban railway network in the form of a direct connection. Instead there are only bus routes, which represent a completely inadequate public transportation service as in some cases they have to pass through narrow winding streets in the historic city centre. The urban railway only reaches the densely populated areas of the Südstadt via time-consuming and unattractive detours along the ring roads. In other words, the parts of the southern downtown and new town area that lack direct transportation links as a consequence suffer deficits that hamper urban development.

As far back as the 1970s an expertise on Cologne's public transportation network structure came to the conclusion that a second north-south axis was both advisable and necessary. Towards this end, during the initial years of constructing the urban railway, preparations for branch lines were made with an eye to this future parallel link.

However, these provisions were not activated for decades on end as if anything, the system was extended outwards so that other important urban development targets could be pursued.

On the other hand, it must be said that as a result of permanently increasing passenger figures for all of twelve years – by 63 million since 1989, – with a further 4.39 % increase in the first half of 2003 – substantial capacity bottlenecks have arisen on the existing north-south axis. Jams and interruptions occur frequently, which have an extremely unfavourable effect on the timetable in general.

The Cologne network operates in such a way that several lines have to run through the same tunnel. It can easily be imagined how disturbances on one line in busy sections can affect the entire network: delays continue and accumulate so that it often takes hours until they dissipate and normal services can be resumed.

As a result, Cologne thus decided to construct a further north-south urban light railway route that will help remedy this state of affairs. The most important aspects of this project are:

- an improved, direct and fast rail link for the Südstadt and the southern new town, which currently lack proper services;
- relieving the existing north-south tunnel axis by running urban railway lines over a parallel route, especially against the background of ever increasing passenger figures, and
- making the southern parts of the city more attractive and countering negative development tendencies.

2 Development of the Urban Railway Project and current Status

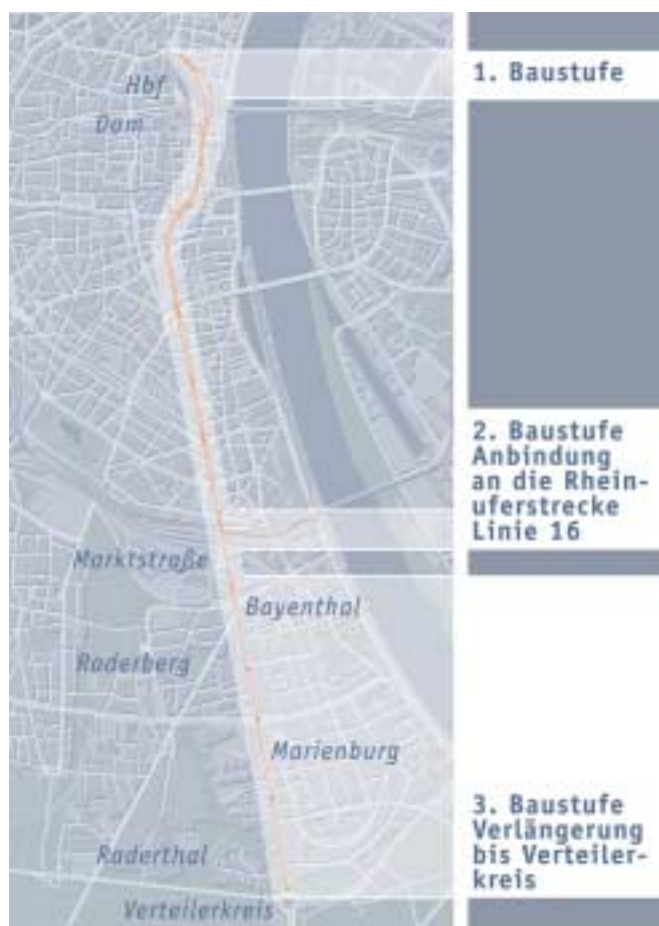
The considerations dating back to the 1960s that were

der aufgenommen und vertieft, da sie inzwischen erheblich an Dringlichkeit gewonnen hatten. So sind in der Folgezeit unter der Mitarbeit von namhaften Fachberatern sowohl aus den bautechnischen als auch aus den boden- und grundwasserspezifischen Bereichen umfangreiche Varianten- und Machbarkeitsuntersuchungen als Grundlage für das Einholen der notwendigen politischen Beschlüsse erarbeitet worden. Die politischen Diskussionen führten schließlich zu einer Lösung in drei Baustufen (Bild 2), die inzwischen durch eine breite Ratsmehrheit getragen wird.

Die erste ca. 4 km lange Baustufe der neuen Nord-Süd Stadtbahn wird überwiegend unterirdisch geführt und sieben unterirdische sowie eine oberirdische Haltestelle erhalten. Die geplante Tunnelstrecke durchquert dabei große Teile der alten Römerstadt und tangiert den ehemaligen römischen Hafen. Hier wird mit bedeutenden bodenarchäologischen Funden zu rechnen sein, welche ausgegraben und ausgewertet werden müssen. Diese Grabungen sind in den Bauablauf zu integrieren, worauf noch genauer eingegangen wird. Die Trasse folgt sodann der ehemaligen römischen Nord-Süd-Achse und verläuft weiter entlang der römischen Verbindungsstraße zwischen Köln und Bonn durch den mittelalterlichen Teil der Stadt.

Die zweite Baustufe wird den beschriebenen Tunnel mit dem Rheinufer verbinden, indem ein stillgelegtes Hafengleis als Trasse genutzt werden kann. Dort werden die Gleise der Strecke von und nach Bonn angeschlossen.

Die dritte Baustufe folgt weiter oberirdisch der Bonner Straße in Mittellage und wird am Verteilerkreis Köln enden. Alle drei Baustufen werden



2 Baustufen der Nord-Süd Stadtbahn Köln

2 Construction stages for Cologne's north-south urban railway

zeitgleich fertig gestellt und in Betrieb genommen werden.

Der Antrag auf Planfeststellung nach Personenbeförderungsgesetz wurde im März 2000 gestellt. Er führte im Juni 2002 zur Baugenehmigung und Planfeststellung. Im September 2002 erteilte der Zuwendungsgeber – Bund und Land Nordrhein-Westfalen – übernehmen 90 % der zuwendungsfähigen Kosten – den Bewilligungsbescheid auf der Basis des gestellten Finanzierungsantrags.

Die Ausschreibung fand – wie bei Bauprojekten dieser Größenordnung üblich – europaweit statt. Vor dem Einholen bepreister Angebote wurde ein Qualifizierungsverfahren durchgeführt. Den hieraus hervor-

mentioned were appraised again at the start of the 1990s – and elaborated on as they had become all the more urgent in the meantime. As a consequence, during the period that followed, far-ranging variant and feasibility studies were carried out with the aid of leading experts both with respect to engineering as well as soil and groundwater related implications as the basis for obtaining the required political decisions. Ultimately political discussions led to a three-stage solution (Fig. 2), which in the interim has the approval of a wide majority in the city council.

The first 4 km long construction stage of the new north-south urban railway mainly runs underground – with seven sub-

terranean stations and one on the surface. Towards this end, the projected tunnel route passes through major sections of the old Roman town – touching the former Roman port. It is reckoned that important archaeological finds will be discovered in the soil that will have to be recovered and evaluated. Such digs have to be integrated in the construction cycle in a manner, which will be looked at more precisely later. The route thus follows the former Roman north-south axis and then runs along the Roman road connecting Cologne and Bonn through the medieval part of the city.

The second construction stage will link the described tunnel with the Rhine embankment – with an abandoned track in the port being used for the route. The tracks for the line from and to Bonn will connect up there.

The third construction stage runs on the surface along the centre of the Bonner Straße until the round-about leading on to the motorway is reached. All three construction stages are to be completed and put into service at the same time.

The application for planning proceedings in accordance with the legislation governing public commuter transportation was tabled in March 2000. This led to approval for construction and planning in June 2002. In September 2002, the Federal Government and the State of North Rhine Westphalia, which will finance the bulk of the project, agreed to provide 90 % of the applicable costs and gave the green light on the basis of the application for funding put forward.

As is usual for construction projects of this size, invitations for tenders were issued throughout Europe. A qualification system was introduced prior to requesting offers for providing estimates. In August 2002, the

gehenden geeigneten Bietern wurden im August 2002 die Verdingungsunterlagen gestellt. Im Dezember 2002 fand die Submission der Angebote statt. Anfang November 2003 erging der Auftrag für das Baulos Nord an die Bietergemeinschaft Hochtief Construction AG, Bauer Spezialtiefbau GmbH, Brückner Grundbau GmbH und Keller Grundbau GmbH. Den Zuschlag für das Baulos Süd erhielt die Bietergemeinschaft Bilfinger Berger AG, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG und Ed. Züblin AG.

Einschließlich Innenausbau der Haltestellen und der bahntechnischen Streckenausrüstung ist eine Bauzeit von insgesamt acht Jahren bis zur Inbetriebnahme vorgesehen. Die geschätzten und dem Finanzierungsantrag zu Grunde liegenden Gesamtkosten für die erste Baustufe sind mit rund 650 Mio. € veranschlagt.

3 Bauverfahrenstechnische Grundzüge des Verwaltungsentwurfs

Bei der Entwicklung und Planung von innerstädtischen Tunnelanlagen sind eine Vielzahl von unterschiedlichen Randbedingungen zu berücksichtigen, die neben den technischen Anforderungen zur Realisierung des Vorhabens auch viele andere Fachaufgaben einschließen. Die intensive Nutzung der innerstädtischen Flächen und die oft gegensätzlichen Interessen von Verkehrsteilnehmern und Anwohnern führen zudem dazu, dass große Baumaßnahmen im öffentlichen Raum nur unter erheblichen Schwierigkeiten umgesetzt werden können. Diese baubeeinflussenden Faktoren müssen bereits in der Vorentwurfsphase den grundlegenden statisch-konstruktiven,

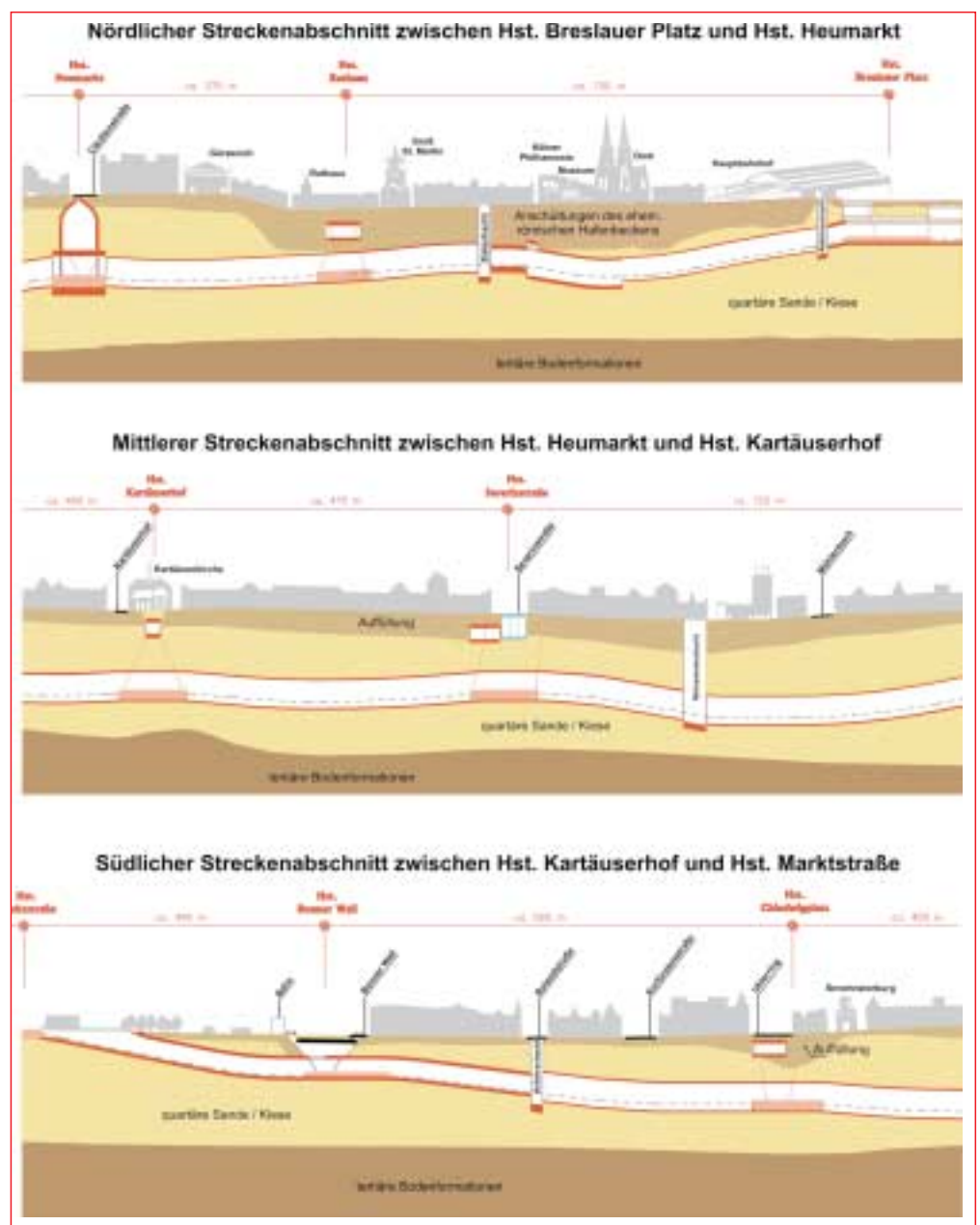
bauverfahrenstechnischen, hydrologischen und bodenmechanischen Randbedingungen gegenübergestellt werden und fordern – als Konsequenz eines technisch-wirtschaftlichen Variantenvergleichs – häufig innovative Lösungen zur Realisierung des Bauvorhabens.

Aus den durchgeführten umfangreichen Varianten- und Machbarkeitsuntersuchungen

tendering documents were sent to the suitable parties. Offers were submitted in December 2002. At the beginning of November 2003, the joint venture comprising Hochtief Construction AG, Bauer Spezialtiefbau GmbH, Brückner Grundbau GmbH and Keller Grundbau GmbH was awarded the contract for the northern section. The southern

section will be built by the joint venture made up of Bilfinger Berger AG, Wayss & Freytag Ingenieurbau AG and Ed. Züblin AG.

A construction period of altogether eight years is foreseen. This includes the furnishing of the stations and equipping the tracks with technical installations before the new route opens. The estimated overall



3 Geologischer Längsschnitt zur Nord-Süd Stadtbahn Köln (1. Baustufe)

3 Geological longitudinal section for Cologne's north-south urban railway (1st construction stage)

zur ersten Baustufe der Nord-Süd Stadtbahn ging schließlich ein auf zwei Baulose verteilter Verwaltungsentwurf hervor, dessen bauverfahrenstechnische Grundzüge sich wie folgt darstellen.

3.1 Herstellung der größtenteils unterirdisch geführten Stadtbahnstrecken

Die ca. 4 km lange Trasse der geplanten Nord-Süd Stadtbahn wird im Hinblick auf die zuvor genannten innerstädtischen Einflussfaktoren weitgehend unterirdisch geführt. Die Tunnelstrecken liegen dabei überwiegend in Wasser führenden quartären Rheinablagerungen aus Sanden, Kiessanden und Kiesen, durchdringen aber auch über einen kürzeren Abschnitt die tief reichenden Anschüttungen des verfüllten römischen Hafenbeckens (Bild 3).

Die vorgenommene Unterteilung der Gesamtbaumaßnahme in zwei Baulose mit stark unterschiedlichen Längen (Bild 4) resultiert im Wesentlichen aus der Anpassung der Vortriebskonzepte an derzeit bereits vorhandene bauliche Vorleistungen im Bereich des Hauptbahnhofes und des Museums Ludwig. So werden sich die Tunnelbaumaßnahmen im Baulos Nord einerseits aus zwei maschinellen Sacklochvortrieben (Innendurchmesser je 5,72 m) zusammensetzen, die von den Anfahrtschächten am Breslauer Platz und unter den baulichen Anlagen der DB AG bis in einen vorlaufend zu erstellenden Düsenstrahlkörper nördlich des Museumskomplexes geführt werden, andererseits aus Druckluftvortrieben zwischen bestehenden Schlitzwänden unterhalb der Sohle des Museumsbaukörpers sowie zum Anschluss dieser bergmännisch erstellten Tunnelabschnitte an den Tüb-

bingausbau der beiden Sacklochvortriebe.

Die vorgesehenen Tunnelstrecken des wesentlich längeren Bauloses Süd werden dagegen kontinuierlich vom Startschacht Rolandstraße bis zum Zielschacht am Kurt-Hackenberg-Platz mit zwei eingleisigen Großquerschnitten (Innendurchmesser 7,30 m) maschinell aufgeföhren. Die Vorgabe des vergrößerten Tunneldurchmessers orientiert sich dabei an den Vorgaben des gewählten Konzepts zur

costs for the first construction stage based on the application for funding amount to around € 650 million.

3 Technical Principles for Construction Methods contained in the official Design

A large number of different marginal conditions have to be taken into account during the development and designing of inner urban tunnel facilities, which include many other spe-

cial tasks in addition to the technical requirements for realizing the project. Intensive exploitation of inner urban areas and clashes among road-users and residents with respect to their various interests also signify that major construction measures of this nature can often only be undertaken under considerable difficulties. These factors influencing construction have to be set alongside the basic static-constructional, technical, hydrological and soil mechanical marginal conditions at the pre-planning stage and often require innovative solutions to accomplish the project – resulting from a technical-economic comparison of the various possible approaches.

An official design that was divided up into two contract sections finally emerged from the far-ranging variant and feasibility studies that were undertaken for the first construction stage of the north-south urban railway. Its technical aspects pertaining to the methods of construction are presented in the following.

3.1 Building the Urban Railway Routes mainly running underground

The roughly 4 km long route for the projected north-south urban railway will mainly run underground on account of the various inner urban factors of influence that were previously mentioned. The tunnel sections are for the most part located in water-bearing quaternary Rhine deposits consisting of sands, gravel sands and gravels. However, over a relatively short section they also pass through the deep-lying fills of the Roman port basin (Fig. 3).

The splitting up of the overall project into two contract sections with pronouncedly different lengths (Fig. 4) was largely undertaken to accommodate the tunnelling concept with ad-



4 Streckenverlauf und Sonderbauwerke der Nord-Süd Stadtbahn

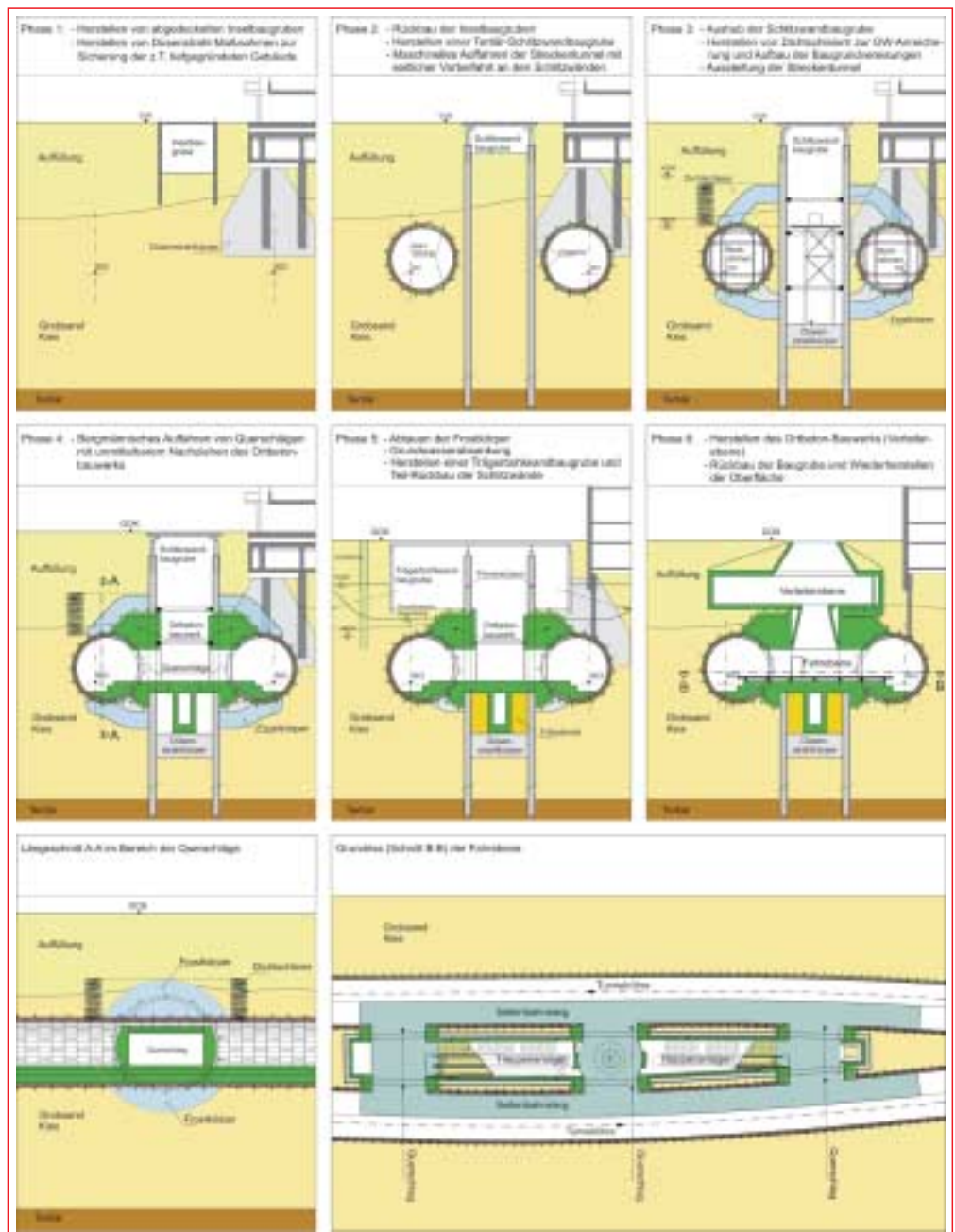
4 Route alignment and special structures on Cologne's north-south urban railway

Ausbildung von Seitenbahnsteigen in den zum Teil geschlossenen Tunnelröhren der Haltestellenbereiche. Die Vortriebsrichtung für das Auffahren der Streckentunnel wurde hier von Süd nach Nord festgelegt, um die Andienung der Baustelle über die Südstadt abwickeln zu können.

Bei den maschinellen Vortriebsarbeiten in beiden Bauweisen werden jeweils Vortriebsmaschinen mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust zum Einsatz gelangen, die mit Geräten zur seismischen Vorerkundung des Baugrunds und zur Ortung von möglichen nicht bekannten Hindernissen im Boden zu bestücken sind.

3.2 Bauliche Realisierung der Haltestellen und Sonderbauwerke

Die Herstellung der unterirdischen Haltestellen und Sonderbauwerke wird teils in offener und teils in geschlossener Bauweise erfolgen. Das allgemein zu Grunde gelegte Konzept zur Realisierung der unterirdischen Bahnhofsbauwerke sieht dabei vor, die Bahnsteige der Haltestellen in den seitlichen Bereichen der Tunnelröhren zu integrieren und die Seitenbahnsteige in der Fahrbahn über bergmännisch aufzufahrende Querschläge zu verbinden. Die großzügige Querschnittsgestaltung dieser Verbindungsbauwerke mit lichten Abmessungen von ca. 9,0 m x 3,5 m impliziert dabei hohe Anforderungen sowohl an die Ausbildung der vorgesehenen abdichtenden und vortriebsstabilisierenden Baugrundvereisungen als auch an die Stabilität der einschalig auszuführenden Rahmenkonstruktionen in den Tübbingauskleidungen. Die Zugangsanlagen der Haltestellen werden in Schlitzwandbaugruben ausgebildet, die vorlaufend zu den maschinellen Vortrieben



5 Geplanter Ablauf zur teilbergmännischen Herstellung der Haltestellen mit Seitenbahnsteigen und Querschlägen zwischen den Streckentunneln (schematisch dargestellt)

5 Planned construction cycle for the production of the stations – partly created by mining means – with side platforms and cross-passages between the route tunnels (schematic presentation)

zwischen den Tunnelröhren angeordnet werden. Dieses kombinierte Bauverfahren, dessen Bauablauf in Bild 5 schematisch wiedergegeben ist, wird gemäß Verwaltungsentwurf bei den Haltestellen Rathaus und Kartäuserhof zum Einsatz gelangen.

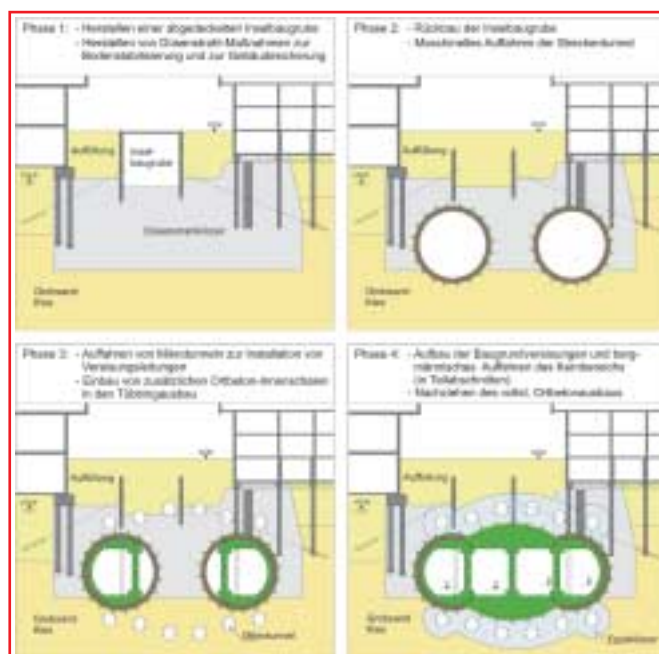
vance construction measures previously executed at the Hauptbahnhof and the Museum Ludwig. In the northern section, tunnelling will be carried out on the one hand, by two mechanized sack hole drives (internal diameter in each case 5.72 m), which will be driven from the

starting shafts at Breslauer Platz and beneath the Deutsche Bahn AG facilities to a jet grouted block set up to the north of the museum complex – and on the other, by compressed air drives between existing diaphragm walls below the floor of the museum building as well as

Die Grundprinzipien der dargestellten Bahnhofsbauweise werden zudem bei der Herstellung der Haltestellen Severinstraße und Chlodwigplatz angewandt. Diesen beiden Bahnhöfen kommt aufgrund ihrer Verknüpfung mit oberirdischen Stadtbahnlinien eine besondere Bedeutung zu. Mit Rücksicht auf das zu erwartende höhere Fahrgastaufkommen ist hier eine Fahrebene mit einer auf ganzer Bahnsteiglänge durchgehenden Verbindung zwischen den Tunnelröhren zu schaffen. Die bauverfahrenstechnische Herstellung dieses Verbindungsbauwerks soll dabei gemäß Amtsentwurf über pilgerschrittartige bergmännische Querschlagsausbildungen zwischen den mittig angeordneten Schlitzwandbaugruben und den seitlich daran vorbeigeführten Tunnelröhren realisiert werden. Die Streckentunnel sind dabei infolge der großen Länge der zu öffnenden Tübbingauskleidungen vorlaufend im Bahnhofsbereich mit einer zusätzlichen Ortbeton-schale auszusteiern.

Die bauliche Realisierung der unterirdischen Gleis-Verflechtungsstrecke Bechergasse sieht ebenfalls einen zweischaligen Ausbau des Tunnelbauwerks vor. Der Kernbereich zwischen den maschinell erstellten Streckentunneln soll dazu bergmännisch im Längsvortrieb sowie im Schutz von umgebenden Baugrundvereisungen (zum Teil in Kombination mit Düsenstrahlkörpern) aufgefahren werden. Den prinzipiellen Bauablauf zur Erstellung dieses Sonderbauwerks gibt Bild 6 wieder.

Für die Erweiterung der bestehenden Haltestelle Breslauer Platz, den Anschluss an den vorhandenen Tunnelabzweig Dom-Ost, den Neubau des unterirdischen Umsteigebahnhofs Heumarkt, die Herstellung der



6 Geplanter Bauablauf zur Herstellung der Gleis-Verflechtungsstrecke Bechergasse (schematisch dargestellt)

6 Planned construction cycle for the production of the Bechergasse track merging section (schematic presentation)

gering überdeckten Haltestelle Bonner Wall und die Ausbildung der Gleiswechselanlage Waidmarkt sind konventionelle offene Bauweisen in abgedeckten Schlitzwandbaugruben vorgesehen, deren Verbauwände in der Regel bis in die annähernd wasserundurchlässigen tertiären Bodenformationen zu führen sind.

4 Einbindung der vorhandenen örtlichen und baulichen Randbedingungen

Die oben dargestellten Bauverfahren zur Realisierung der Tunnelbauwerke gestalten sich umso schwieriger, je mehr örtliche und zum Teil einzigartige Randbedingungen in die Bauabläufe zu integrieren sind.

Die nachfolgend genannten projektspezifischen Einflussfaktoren geben hier nur einen Auszug der zu berücksichtigen örtlichen Einflüsse wieder, ver-

to link these sections of tunnels completed by mining means with the segmental lining of the two sack hole drives.

On the other hand, the tunnels foreseen for the substantially longer southern contract section will be driven continuously from the starting shaft at Rolandstraße to the target shaft at Kurt-Hackenberg-Platz with two single-track major cross-sections (internal diameter 7.30 m) by mechanical means. Here the parameter for the enlarged tunnel diameter is geared to the parameters for the selected concept for creating side platforms in the partly closed tunnel tubes in the station areas. The direction of driving for excavating the route tunnels was laid down here to be from south to north so that the construction site can be supplied via the Südstadt.

Tunnelling machines with slurry supported face will be used for the mechanized driving of both contract sections.

They will be fitted with appliances to carry out seismic advance investigation of the subsoil and to locate any unidentified obstacles in the soil.

3.2 Producing the Stations and special Structures

The underground stations and special structures will partly be constructed by cut-and-cover and partly by trenchless methods. The basic concept for producing the underground station buildings involves the integration of the platforms in the side areas of the tunnel tubes and connecting the side platforms at running level by means of cross-passages created by mining means. The generous cross-sectional design of these connecting structures with clear dimensions of approx. 9.0 x 3.5 m thus calls for high demands both on the formation of the subsurface freezing that will fulfil a sealing function and stabilize driving as well as on the stability of the single frame constructions in the segmental linings. The access structures for the stations will be produced in diaphragm excavation pits, which will continuously be set up between the tunnel tubes with the mechanized drives. This combined construction method, which is shown in Fig. 5 in schematic form, will be applied in keeping with the official design at the Rathaus and Kartäuserhof stations.

The basic principles of the presented method of construction for the stations are also applied to produce the Severinstraße and Chlodwigplatz stations. These two stations are extremely important hubs as they are linked with urban railway lines on the surface. As higher passenger volumes are expected, a continuous connection between the tunnel tubes has to be created along the entire length of the platform. The official design for this

deutlichen aber die große Komplexität dieses Stadtbahnprojekts.

4.1 Tunnelbau in historischem Grund

Wenn man im fast 2000-jährigen Köln im Innenstadtbereich eine Baugrube aushebt, kann man ziemlich sicher sein, auf Bodendenkmäler aus römischer oder mittelalterlicher Zeit zu stoßen. Aber auch entlang den historischen Ausfallwegen werden häufig bauliche Relikte aus antiken oder mediävalen Epochen gefunden (Bild 7). Die Römer pflegten entlang diesen Straßen Begräbnisstätten anzulegen – man denke an die berühmte Via Appia Antiqua in Rom – oder wegen der Feuergefahr hier außerhalb der Stadtbefestigungen Handwerksbetriebe wie Töpfereien, Schmieden oder Glashütten zu betreiben.

Gesetzliche Vorgaben verpflichten jeden Bauherrn, auf archäologischen „Verdachtsflächen“ Grabungen durchführen zu lassen. Es sei nur beispielhaft erwähnt, dass zumindest an sämtlichen Stellen, wo offene Bauweisen unvermeidbar sind, archäologische Funde erwartet werden. So liegt der Bereich Kurt-Hackenberg-Platz bis hin zum Alten Markt (Rathaus), wo begrenzte Eingriffe von oben unvermeidbar sind, der ehemalige römische Hafen, dessen Sohle etwa 13 m unter dem heutigen Gelände liegt. Er war gegen den Rheinstrom durch eine ehemals vorgelagerte Insel geschützt und wurde bereits im zweiten nachchristlichen Jahrhundert aufgegeben. Die Rinne wurde nach und nach aufgefüllt und diente als Deponie für allerlei Wohlstandsmüll. So erwarten hier nicht nur die Bauingenieure wegen des ehemaligen Hafenbeckens anspruchsvolle bautechnische

Aufgaben, sondern die Archäologen sind ihrerseits in freudiger Erwartung kostbarer Fundstücke.

Auch in den übrigen Bereichen der Trasse wird es eine große Anzahl von Berührungspunkten mit Kölns Geschichte geben, verläuft doch der Tunnel entlang des ehemaligen Cardo Maximus, also der römischen Nord-Süd-Achse, an welcher natürlich repräsentative Bauten privater und öffentlicher Nutzung gestanden haben. Nicht nur dass hier die heutige Bausubstanz zu sichern sein wird, auch die Belange der Bodendenkmalpflege werden einen breiten Raum in den Bauabläufen einnehmen.

Da das historische Erbe einer alten Stadt wie Köln hohen Stellenwert hat, muss eine Ebene gefunden werden, wo Bauingenieure und Archäologen partnerschaftlich miteinander wirken. Durch frühzeitige und enge Zusammenarbeit mit der Bodendenkmalpflege – in Köln das Römisch-Germanische Museum (RGM) – wurde dem Rechnung getragen. Dies war umso mehr unentbehrlich, als Erkundungen und Grabungen archäologischer Art natürlich empfindlich in Bauabläufe eingreifen können und entsprechende Kosten verursachen. Auch die terminlichen Vorgaben sind so einzuordnen, dass gegenseitige Störungen so weit wie möglich minimiert werden. Da der Streckenvortrieb bergmännisch erfolgt, liegt hier der spätere Tunnel meist unterhalb der Kulturschichten, womit die Mineure dort relativ frei vorgehen können. Anders sieht es in Bereichen von Haltestellen und Schächten oder offener Bauweisen aus: Hier wurden in den Verdingungsunterlagen abgestimmte Zeitfenster für archäologische Erkundungen definiert, sodass man bezüg-

connecting structure has come up with an approach involving step-by-step cross-passage connections produced by mining means between the diaphragm excavations set up centrally and the tunnel tubes running at the sides. On account of the great length of the tunnel linings to be created within the station area these are to be provided with an additional in situ concrete lining.

A two-lining approach for the tunnel will also be adopted to produce the underground Bechergasse track merging section. The core zone between the running tunnels produced is also to be driven by machine using a longitudinal drive protected by freezing of the surrounding subsurface (partially in combination with jet grouted blocks). Fig. 6 shows the basic construction cycle applied to build this special structure.

Conventional cut-and-cover methods in covered diaphragm wall excavations are to be used to extend the existing Breslauer Platz station, linking up with the current Dom-Ost tunnel branch-off, constructing the new underground Heumarkt hub, producing the Bonner Wall stop with shallow overburden and setting up the Waidmarkt turn-off, whose walls will for the most part extend down into the practically impermeable tertiary soil formations.

4 Inclusion of the existing local and constructional marginal Conditions

The construction methods described above used to produce the tunnels are all the more difficult depending on how local and in some cases, unique marginal conditions have to be integrated in the construction phases. The following project-related factors

of influence represent only some of the local influences that must be taken into consideration but serve to explain just how complex this urban railway project actually is.

4.1 Tunnelling in historic Soil

When one digs a construction pit in the centre of almost 2,000 year old Cologne, one can be fairly sure of coming across finds from Roman or medieval times. However, relicts of buildings from antique or medieval epochs are also discovered along historic main roads (Fig. 7). The Romans were in the habit of setting up cemeteries along such roads – along the famous Via Appia Antiqua in Rome for example – or operated small businesses such as potteries, smithies or glassworks here outside the city fortifications on account of the danger of fire.

Legally every client is obliged to undertake digs in zones where archaeological treasures are thought to be present. It should just be mentioned for instance, that archaeological finds are expected to be uncovered at least at all those points where cut-and-cover construction methods are inevitable. This affects the Kurt-Hackenberg-Platz to Alter Markt (Rathaus) area, where restricted excavations from the surface are unavoidable, the former Roman port, whose floor is located some 13 m below the present surface. It was protected against the Rhine current by a small island and abandoned in only the second century AD. The channel was gradually filled up – serving as a dump for all kinds of household refuse. As a result, the construction engineers involved are looking forward to applying various sophisticated technical methods for the former port basin while the archaeologists are rubbing their hands at the

lich des Bauablaufs vor kritischen Überraschungen weitgehend geschützt ist. Das RGM erarbeitete spezielle Leistungsverzeichnisse für die durchzuführenden Grabungen, die Bestandteil der Ausschreibung wurden und damit einer preislichen und terminlichen Kontrolle unterliegen.

4.2 Sicherung der bestehenden und teilweise denkmalgeschützten Bausubstanz

Die Herstellung von Tunnelanlagen in dicht besiedelten innerstädtischen Bereichen geht in der Regel einher mit bauverfahrensbedingten Beeinflussungen der unmittelbar tangierten Bauwerke. So führt die Entnahme des Bodens bei offenen oder geschlossenen Tunnelbauweisen zu Veränderungen des Spannungszustandes in den angrenzenden Bodenformationen und damit zu Baugrundverformungen, die sich bis an die Geländeoberfläche bzw. in den Gründungsbereich der beeinflussten Bauwerke fortpflanzen können. In Abhängigkeit von der Größe der entstehenden Senkungseinflüsse, dem Abstand zwischen Tunnelquerschnitt und Bauwerksgründung sowie der strukturellen Beschaffenheit der Tragkonstruktion dieser Bauwerke können Schäden an den Gebäuden entstehen, die es zu verhindern gilt.

Im Zuge der Realisierung der Nord-Süd Stadtbahn werden ca. 1500 Bauwerke in den Einflussbereich der vorzunehmenden Baumaßnahmen gelangen – eine Vielzahl dieser Bauwerke wird dabei von den Vortriebsmaßnahmen direkt unterfahren werden. Insbesondere im Bereich der Kölner Altstadt befinden sich darunter Gebäude, die zum Teil denkmalgeschützt sind und deren Bausubstanz nicht exakt

bekannt ist, da die Häuser nach der Zerstörung im Zweiten Weltkrieg häufig auf alten Fundamenten wieder aufgebaut wurden. Zudem sind einige dieser Gebäude tief gegründet, wobei die Brunnen- oder Pfahlgründungen zum Teil bis in die geplanten Tunnelquerschnitte hineinragen. Es ist leicht vorstellbar, was passieren wird, wenn diese tief reichenden Gründungskörper ohne zusätzliche Sicherungsmaßnahmen im Zuge der unterirdischen Tunnelvortriebsmaßnahmen abgebrochen werden.

Ein wesentlicher Bestandteil der durchgeführten planerischen Arbeit bestand deshalb darin, die tangierte Bausubstanz – zum Teil unterstützt durch zusätzliche Schürfe und Grabungen – aufzunehmen, die Senkungseinflüsse auf diese Bauwerke und deren Verträglichkeit gegenüber den zu erwartenden vortriebsbedingten Einflüssen abzuschätzen sowie – bei Erfordernis – vorlaufende und/oder baubegleitende Maßnahmen zur Sicherung der tangierten Bauwerke zu planen und auszusprechen. So werden im Zuge der Ausführung eine Vielzahl unterschiedlicher und technisch äußerst anspruchsvoller Senkungsausgleichs- und Abschirmmaßnahmen zum Einsatz gelangen, deren Herstellkosten allein 15 bis 20 % der Gesamt-Rohbausumme ausmachen werden.

4.3 Architektonische Gestaltung

So fesselnd, herausfordernd und anspruchsvoll die Ingenieuraufgabe auch sein mag, im 21. Jahrhundert eine U-Bahn als Durchmesserinie durch den Kern einer 2000-jährigen ehrwürdigen Stadt zu bauen – vieles von der schwierigen Arbeit der Ingenieure bleibt dem späteren Fahrgast

thought of unearthing invaluable finds.

There will also be many points of contact with Cologne's past along the other sections of the route, for the tunnel runs along the former *Cardo Maximus*, the Roman north-south axis, which was once fringed by representative buildings for private and public use. It goes without saying that the buildings that stand there today will be protected. Furthermore land conservation will also be accorded priority during the various construction phases.

As the historical treasures of an old city like Cologne have a high value, it is essential that a level is found at which construction engineers and archaeologists can cooperate. This has been facilitated by closely working together from an early stage with the Roman-Germanic Museum (RGM) – which is responsible for soil conservation in Cologne. This was all the more essential as explorations and digs of an archaeological nature can seriously disrupt the various construction phases resulting in corresponding costs. Scheduling has also to be set up in such a way that mutual disturbances are restricted as far as possible. As the route is being driven by mining means, the subsequent tunnel is mostly located underneath the layers containing cultural treasures so that the tunnellers largely have a free hand there. However, it is a different story at stations and shafts or where cut-and-cover methods are applied. Time frames were agreed on in the contractual documents for archaeological explorations so that the construction cycle is mainly protected from surprises of a critical nature. The RGM came up with special contract specifications for the digs to be carried out, which were included at the tendering stage so that they are subjected to controls

with regard to prices and deadlines.

4.2 Securing existing and conserved Buildings

The production of tunnels in densely populated inner urban areas is generally accompanied by influences resulting from the selected construction methods affecting the structures directly concerned. Thus removal of the soil in the case of open or closed tunnelling methods can lead to changes in the stress state in the surrounding soil formations and in turn, to subsurface deformations, which can continue to the surface of the ground or to the foundation zone of the affected buildings. Damage can be caused to the buildings depending on the size of the settlements that result, the distance between the tunnel cross-section and the foundations of the buildings concerned as well as the structural nature of the bearing construction of these buildings. This has to be prevented.

During the creation of the north-south urban railway around 1,500 buildings will be affected by the sphere of influence of the construction measures that are to be undertaken – with a large number of these buildings directly affected by tunnelling. Particularly in the old part of the city these include in some cases protected buildings, whose actual state is not exactly known as these houses were often rebuilt on old foundations following World War Two. In addition, some of them have deep-seated foundations so that the well or pile foundations in some cases project into the planned tunnel cross-sections. It is easy to imagine what will happen should these deep-seated foundations be broken off without additional safety measures in the course of the underground tunnelling measures.

verborgen. Die Haltestellen hingegen prägen für ihn das Erscheinungsbild eines Nahverkehrssystems entscheidend und bewirken Akzeptanz und Aufenthaltsqualität. Der Bauingenieur verfolgt naturgemäß andere, eher technische Belange eines Haltestellenentwurfs. Er ist daher gut beraten, einen Fachmann, also Architekten, hinzuzuziehen, der ihn bei der Gestaltung der öffentlich zugänglichen Räume berät und unterstützt.

Ingenieur und Architekt sollten sich hier als Partner, nicht als Konkurrenten verstehen: Weder darf die Gestalt der Haltestellen allein bau- und ingenieurtechnischen Maximen unterworfen werden, noch können gestalterische Höhenflüge des Architekten im Vordergrund stehen. Vielmehr sollten beide im Interesse der Bauaufgabe ein eher symbiotisches Verhältnis zueinander entwickeln. Das notwendige Gefühl für die Kostenstruktur des Entwurfs braucht dabei durchaus nicht im Hintergrund zu stehen, sondern muss einem organischen Abwägen folgen.

Daher wurde auch bei Entwurf und Ausschreibung für die Kölner Nord-Süd Stadtbahn besonderes Augenmerk auf die architektonische Gestaltung der Haltestellen und anderer an der Oberfläche in das Stadtbild organisch einzufügender Bauteile wie Treppenausgänge und Rampen gelegt. Für jede der acht Haltestellen wurde ein anderer Architekt ausgewählt, um die seit den ersten Tagen des Kölner U-Bahn-Baus angestrebte Gestaltungsvielfalt auch für dieses Projekt weiterzuführen. Der Rat der Stadt beschloss endgültig die Beauftragung der ausgewählten Architekten, welche seitdem fest in den Entwurfsablauf eingebunden sind.



7 Archäologische Grabungen im Zuge der Erstellung von Baugruben

7 Archaeological digs in conjunction with the production of excavation pits

Für die nachfolgende Phase des Ausbautentwurfs wird – auch dies hat in Köln gewissermaßen inzwischen Tradition – die Mitarbeit von Künstlern erfolgen, um gemeinsam mit den Architekten ein Konzept zu entwickeln, welches den als öffentlich anzusehenden Haltestellenräumen ihr endgültiges Aussehen verleihen wird. Auch hierbei ist wiederum darauf zu achten, dass Bauingenieur, Architekt und Künstler nicht konkurrieren, sondern teamartig miteinander arbeiten, um ein harmonisches Ganzes zu schaffen.

4.4 Berücksichtigung erhöhter Schallschutzanforderungen

Dem Schutz der Anlieger vor nicht vertretbaren bauzeitlichen und betrieblichen Lärmbelastungen kommt bei der Realisierung von innerstädtischen Tunnelbaumaßnahmen ebenfalls eine wesentliche Bedeutung zu. Entsprechende Ausführungsbestimmungen wie zum Beispiel die Verwendung von Baugeräten möglichst ge-

A substantial part of the planning work that was thus carried out to register the affected buildings – in some cases supported by additional explorations and digs, to estimate the influences of settlements on these buildings and to determine their compatibility vis-à-vis the anticipated influences resulting from driving as well as – if need be – to come up with and invite tenders for advance and/or accompanying measures to secure the affected buildings.

As a consequence, a large number of different and technically extremely sophisticated settlement compensation and shielding measures will be applied, whose production costs account for no less than 15 to 20 % of the entire sum earmarked for the roughwork.

4.3 Architectural Design

No matter how exciting, challenging and sophisticated the task of the engineers may be to construct an Underground route through the heart of a venerable 2,000 year old city – a

great deal of the difficult work carried out by the engineers is left concealed to the future passenger. However, the stations exert a decisive influence on the appearance of a public commuter system through their appeal and quality. Inevitably the construction engineer pursues other, more technical considerations when designing a station. Thus it is advisable to call on the services of experts, in other words, architects so that he receives advice and support in designing areas that are accessible to the public.

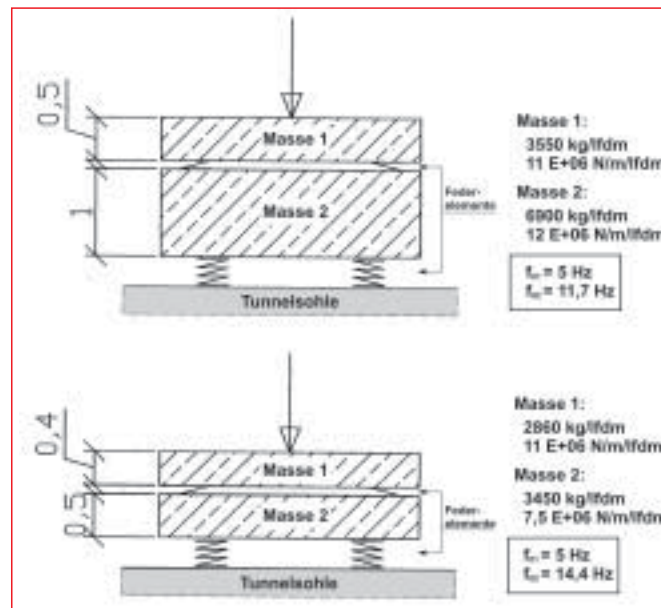
The engineer and architect should see themselves as partners here not as rivals: The way the stations are designed should neither be solely influenced by constructional and engineering technical principles nor should flights of fancy by the architect be allowed to prevail. Instead both should if anything develop a symbiotic relationship to one another to the advantage of the task in hand. The necessary feeling for the cost structure of the design need not be neglected here. Instead it has to represent the outcome of balanced considerations.

As a result during the design and tendering stage for the Cologne north-south urban railway particular attention was also paid to the architectural design of the stations and other features such as stairways and ramps that have to be organically integrated into the city panorama on the surface. A different architect was chosen for each of the eight stations so that the variety that has been aimed at since the inception of the Cologne Underground can continue for this project as well. The city council then gave the green light to commissioning the selected architects, who have ever since been involved in the design procedure.

For the next phase of designing the stations – and this also

ringer Lärmentwicklung, der Verzicht auf nächtliche Bauaktivitäten oder die Ausbildung von Masse-Feder-Systemen zur Reduzierung der betrieblichen Schallemissionen in den Stadtbahntunneln lassen sich in der Regel verhältnismäßig einfach umsetzen – wesentlich komplexer wird die Ingenieur-aufgabe dagegen, wenn die schallschutztechnischen Anforderungen weit über das normal übliche Maß hinausgehen.

So wird bei der bergmännischen Herstellung der Streckentunnel zwischen den bestehenden Schlitzwänden unter dem Museumsbaukörper teilweise die Bodenplatte der Kölner Philharmonie freigelegt werden. Dabei ist bemerkenswert, dass hier im Bereich der durchzuführenden Vortriebsarbeiten nicht nur der Konzertsaal betroffen sein wird, sondern dass dieser Saal auch als Probenraum für Orchester und Solisten und vor allem als Aufnahmestudio fast ganzjährig genutzt wird. Im Hinblick auf diese akustisch hoch sensiblen Bereiche und unter Berücksichtigung der direkten Körperschallübertragung zwischen dem vorhanden Museumsbaukörper und dem geplanten Tunnelbauwerk war deshalb mit Unterstützung von eingeschalteten Gutachtern ein Konzept zu entwickeln, das den hohen schallschutztechnischen Anforderungen sowohl bei der Herstellung als auch beim Betrieb der Tunnelanlagen gerecht wird. Als Ergebnis dieser Studien sei



8 „Doppeltes“ Masse-Feder-System zur maßgebenden Reduzierung der betrieblichen Schallemissionen in Stadtbahntunneln (Studie)

8 “Double” mass-spring system to substantially reduce the operational noise emissions in urban railway tunnels (study)

hier beispielhaft nur die planerische Entwicklung eines bisher noch nicht eingesetzten „doppelten“ Masse-Feder-Systems zur maßgebenden Reduzierung der betrieblichen Körper- und Luftschallemissionen genannt (Bild 8).

Mit der kurzen Darstellung der archäologischen, baulichen, architektonischen und schallschutztechnischen Randbedingungen seien an dieser Stelle nur einige Projektbesonderheiten der Kölner Nord-Süd Stadtbahn erwähnt. Über diese und andere Projektmerkmale soll in weiteren Beiträgen detailliert berichtet werden. 


has become a tradition in Cologne – artists will be invited to develop a concept, which will govern the final appearance of these underground public facilities. Here too, it is imperative that the construction engineer, architect and artist do not compete with each other but work together as a team so that a harmonic entity evolves.

4.4 Consideration of increased Noise Protection Demands

It is also highly important to ensure that local residents are protected against unacceptable noise stemming from ongoing construction and operations. Corresponding regulations relating to the use of construction equipment that creates as little noise as possible, banning night work or the application of mass-spring systems to reduce operational noise emissions in urban railway

tunnels can usually be put into practice relatively easily. However, the job of the engineers becomes considerably more complex if the technical demands for noise protection far exceed normal requirements.

During the creation of the route tunnel between the existing diaphragm walls beneath the museum building, it will for example be necessary to partly expose the floor slab for the Cologne Philharmonic Hall. In this connection, it must be pointed out that this will not simply affect the concert hall as such but that this hall is used practically throughout the whole year for orchestras and soloists to rehearse quite apart from its role as a recording studio. With regard to these highly sensitive areas and taking the direct structure-borne noise between the existing museum building and the planned tunnel a concept was thus developed after calling on the assistance of experts that ensures the high technical demands regarding noise protection are observed both during the production as well as the operation of the tunnels. The outcome of these studies for instance, resulted in the development of a novel “double” mass-spring system designed to substantially reduce structure-borne and airborne noise emissions during operation (Fig. 8).

This short presentation of the marginal conditions pertaining to archaeology, construction, architecture and technical noise protection merely mentions a few of the special features concerning Cologne's north-south urban railway. Further articles will examine these and other characteristics of the project in detail at a later stage. 

Nord-Süd Stadtbahn Köln, Teil II – Die Archäologie

Dr. M. Trier, Dipl.-Ing. L. Tempel

Als am 3. November 2003 die Aufträge zum Bau der Nord-Süd Stadtbahn Köln erteilt wurden, war dies nicht nur der Startschuss für das größte Kölner U-Bahn-Projekt, sondern auch für die bislang umfangreichsten archäologischen Untersuchungen im Stadtgebiet Köln. Im Vorfeld hatte es dazu intensive Abstimmungen gegeben zwischen dem Römisch-Germanischen Museum als zuständigem Fachamt für archäologische Bodendenkmalpflege und dem Amt für Brücken und Stadtbahnbau der Stadt Köln, das die Ausschreibung erstellt hatte.

Bereits in Tunnel 8/2003 wurde über die Nord-Süd Stadtbahn Köln berichtet. Dieser Artikel beschreibt nochmals in Grundzügen das Projekt, das nunmehr durch die Kölner Verkehrs-Betriebe AG als Bauherrin umgesetzt wird, darunter die archäologische Projektvorbereitung, Erwartungen an die Ausgrabungen sowie erste Ergebnisse der Geländeuntersuchungen.

Dr. Marcus Trier, Wissenschaftlicher Referent, Römisch-Germanisches Museum/Archäologische Bodendenkmalpflege der Stadt Köln
Dipl.-Ing. Lutz Tempel, Stellv. Projektleiter Nord-Süd Stadtbahn Köln, Kölner Verkehrs-Betriebe AG

1 Entwicklung des Projektes

In der Stadt Köln als viertgrößter Stadt der Bundesrepublik Deutschland mit rund 1 Mio. Einwohnern und einer Stadtstruktur, deren Wurzeln bis in die römische Zeit zurückreichen, wurden bereits sehr früh Weichen für den öffentlichen Nahverkehr gestellt, die zu einem komfortablen Nahverkehrssystem geführt haben.

Die Notwendigkeit einer zusätzlichen, leistungsstarken Nord-Süd-Verbindung wurde bereits 1911 erkannt und in den 1960er-Jahren sowie im Generalverkehrsplan 1972 nochmals bekräftigt und untermauert. 1983 beschloss der Rat das „Schienenverkehrskonzept Innenstadt“, in dem auf Erschließungsdefizite

Cologne's North-South Urban Light Railway, Part II – The Archaeology

Dr. M. Trier, Dipl.-Ing. L. Tempel

The contracts to build the North-South Urban Light Railway were awarded on November 1st, 2003, thus marking the starting shot for Cologne's biggest Underground project. It also heralded in extensive archaeological investigations within the Cologne city area. Previously, intensive consultations had taken place between the Roman Germanic Museum as the responsible institute for archaeological preservation, and the Office for Bridges and Urban Railway Construction of the City of Cologne, which was responsible for the tender.

Tunnel 8/2003 carried a report on the North-South Urban Light Railway in Cologne. This follow-up article once again describes the basic features of the project, which is now being executed by the Kölner Verkehrs-Betriebe as client, including preparations for the archaeological project, expectations pertaining to the excavations as well as initial findings from the investigations.

1 Development of the Project

Cologne is the fourth largest city in the Federal Republic of Germany. It has around a million inhabitants and its urban structure dates back to Roman times. The course for its public transport system was set relatively early thus leading to a comfortable transit system.

The need for an additional, efficient North-South Link was recognised as far back as 1911 and again substantiated during the 1960s and in the 1972 General Transport Plan. In 1983, the City Council passed the "Inner Urban Rail Transport Concept", which pointed out deficits in developing the southern parts of the city.

In 1992, the Cologne City Council passed the decisive res-

Dr. Marcus Trier, Scientific Consultant, Roman Germanic Museum/Office for Archaeological Preservation of Cultural Heritage of the City of Cologne
Dipl.-Ing. Lutz Tempel, Deputy Project Manager North-South Urban Light Railway Cologne, Kölner Verkehrs-Betriebe AG

der südlichen Stadtteile hingewiesen wurde.

Im Jahre 1992 fasste der Rat der Stadt Köln dann den entscheidenden Beschluss für die Nord-Süd Stadtbahn Köln. Einerster Antrag zur Aufnahme in das Förderprogramm nach Gemeindeverkehrsfinanzierungsgesetz (GVFG) wurde gestellt. In der Folge wurden verschiedene Trassen und Varianten untersucht. Am 27. 6. 1996 fasste der Rat der Stadt Köln schließlich den endgültigen Beschluss zur Trassenführung und zu den anzuwendenden Bauweisen.

Aufgrund der 2000-jährigen Geschichte der Stadt Köln wurde den Belangen der archäologischen Bodendenkmalpflege frühzeitig große Bedeutung beigemessen. Das Römisch-Germanische Museum – unter Leitung von Prof. Dr. Hellenkemper – wurde im Zuge der Projektplanung mit einbezogen; die dort vorliegenden Erkenntnisse zu Bodendenkmälern aus römischer, mittelalterlicher und preußischer Zeit fanden Eingang in die Planfeststellungsunterlagen. Dabei waren folgende Grundansätze zu gewärtigen:

- die Schildtunnel liegen in einer Tiefe, die keine großflächigen Konflikte mit Bodendenkmälern erwarten lässt
- in Bereichen der offenen Bauweisen waren umfassende archäologische Untersuchungen vor Beginn der eigentlichen Bauarbeiten erforderlich
- die umfangreichen Verlegungen von Ent- und Versorgungsleitungen werden im Rahmen baubegleitender archäologischer Maßnahmen dokumentiert.

In intensiven Gesprächen wurden Bauabläufe untersucht, um ein optimales Zusammenwirken von Bauausführung und archäologischen Ausgrabungen realisieren zu



1 Baugrube Kurt-Hackenberg-Platz und Domumgebung im Luftbild. Die rote Linie markiert den Verlauf der römischen Stadtmauer, der rechteckige Ausbau markiert die Position des vermuteten Hafentores

1 The Kurt-Hackenberg-Platz excavation and the area around the Cathedral shown from the air. The red line denotes the course of the Roman city wall; the rectangular shape marks the probable position of the port gate

können. Zeitfenster für die archäologischen Untersuchungen wurden definiert, um den anbietenden Fachfirmen die Kalkulation zu ermöglichen; archäologische Pflichtenhefte wurden seitens des Römisch-Germanischen Museums entwickelt, in denen die archäologischen Erwartungen (Prognosen) für jede Untersuchungsfläche detailliert vorgestellt wurden.

Nach Einreichung der Unterlagen zum Genehmigungsverfahren fand am 16. 11. 2000 der Erörterungstermin statt. Insgesamt gingen nur ca. 20 Einwendungen gegen die Maßnahme ein, ob-

olution für building the North-South Urban Light Railway. An initial application to receive funding within the scope of legislation designed to finance public transportation (GVFG) was made. Subsequently, various routes and variants were examined – and on June 27th, 1996, Cologne City Council drew up the final resolution pertaining to the route alignment and the construction methods to be applied.

The needs of archaeological preservation were accorded great importance from an early stage on account of the City of Cologne's 2000 years of history. The Roman Germanic Museum

– under Prof. Hellenkemper – was included in the project planning. Any available recognitions on archaeological finds dating from Roman, medieval and Prussian times were incorporated in the plan approval documents. In this connection, the following basic considerations had to be observed:

- the shield tunnels are located at a depth that does not give rise to expectations of any major conflicts with archaeological sites
- in zones where cut-and-cover methods are employed, comprehensive archaeological investigations were necessary prior to the commencement of the actual construction work
- the extensive relocating of supply and disposal lines is documented within the scope of archaeological measures accompanying construction.

Intensive discussions were held to establish construction sequences in order to facilitate optimal coordination between the execution of construction and archaeological excavations. A time frame was defined for the archaeological investigations so that the specialist companies involved could calculate properly; the Roman Germanic Museum developed functional specifications containing the archaeological expectations (prognoses) for each area to be examined in detail.

Once the documents were handed over for the approval proceedings, Nov. 16th, 2000 was set as the date for these to be discussed. As it was, only some 20 objections against the project were received although the circumstances were widely publicised in the local media. On June 4th, 2002, the then district president Roters handed over the approval proceedings resolution to Lord Mayor Schramma in the North-South Urban Light Railway information office that had been set up.

wohl die Offenlage in den örtlichen Medien bekannt gegeben worden war. Am 4. Juni 2002 übergab Regierungspräsident Roters dem Kölner Oberbürgermeister Schramma im inzwischen eingerichteten Informationsbüro Nord-Süd Stadtbahn Köln den Planfeststellungsbeschluss.

2 Stand der Bauausführung

Bereits vor Beauftragung der beiden Hauptbaulose an die Arbeitsgemeinschaften Los Nord (Hochtief, Bauer, Brückner, Keller) und Los Süd (Bilfinger Berger, Wayss + Freytag, Züblin) wurden einige Bauaufträge vergeben. Dabei sind insbesondere vorbereitende Arbeiten für die Archäologie im südlichen Bereich der Strecke auf der Bonner Straße sowie der Neubau einer Eisenbahnüberführung über die Bonner Straße zu nennen. Die Maßnahmen wurden vorab durchgeführt, um Baufreiheit für das Baulos Süd zu erzielen.

Die Errichtung der neuen Eisenbahnüberführung über die Bonner Straße wurde notwendig, da die vorhandene Bausubstanz aus dem Jahre 1908 nicht ausreichte, um die erforderlichen Maßnahmen für die Nord-Süd Stadtbahn Köln herzustellen. Der Neubau war wirtschaftlicher und wurde bereits im Jahre 2003 abgeschlossen.

Nach Beauftragung der beiden Lose Nord und Süd Anfang November 2003 begannen die planerischen Vorarbeiten für die eigentliche Baudurchführung. Die erforderlichen Baumfällarbeiten wurden um den Jahreswechsel 2003/2004 durchgeführt. Die Bauarbeiten in den meisten Bereichen begannen Anfang des Jahres 2004.

Bis zum Herbst 2005 konnten in den meisten Bereichen



2 Die Eichenpfähle der römischen Kaianlage des späten 1. Jh. n. Chr., Ausgrabungen Baugrube Museum Ludwig (1978/79)

2 Oak piling from the late 1st century AD Roman wharf, found in the excavation for the Museum Ludwig (1978/79)

2 Stage reached by Construction

A number of contracts were actually awarded prior to the commissioning of the 2 major contract sections to the JVs – Section North (Hochtief, Bauer, Brückner, Keller) and Section South (Bilfinger Berger, Wayss + Freytag, Züblin). These include preparatory work for archaeology in the southern part of the route on the Bonner Straße as well as the building of a railway overpass for the Bonner Straße. These measures were undertaken in advance in order to ensure that construction activities for the Section South were not hampered.

The setting up of the new railway overpass across the Bonner Straße was essential as the existing structure dating back to 1908 was not sufficient to enable the required measures for the North-South Urban Railway Cologne to be accom-



3 Römische Transportamphoren im Römisch-Germanischen Museum der Stadt Köln

3 Roman transport amphoras in the City of Cologne's Roman Germanic Museum

Baufreiheit erzielt werden. Die Kanal- und Leitungsverlegearbeiten sind größtenteils abgeschlossen.

Im Bereich der meisten Haltestellen sind die Schlitzwandarbeiten bereits begonnen, an einigen Stellen sogar schon ganz oder zu großen Teilen abgeschlossen worden. In zahlreichen Bereichen wurde damit begonnen, Häuser zu unterfangen oder auf andere Art für die bevorstehende Schildfahrt zu sichern. Die Haupt-Baustelleneinrichtungsfläche im Bereich des Güterbahnhofs Bonntor befindet sich in der Vorbereitung, mit den Schildvortrieben wird nach heutiger Einschätzung Mitte des Jahres 2006 begonnen.

3 Die archäologischen Ausgrabungen anlässlich des Baus der Nord-Süd Stadtbahn Köln

Die archäologischen Ausgrabungen, die zwischen 2004 und voraussichtlich 2009 im historischen Kölner Stadtzentrum anlässlich des Baus der Nord-Süd Stadtbahn unternommen werden, sind zeitweilig eines der größten archäologischen Unternehmen in einer europäischen Metropole, vergleichbar der U-Bahn-Archäologie in Athen, London oder Neapel.

Die 4 km lange Trasse der Nord-Süd Stadtbahn zieht sich wie ein roter Faden durch die Kölner Innenstadt und deren historische Stadtentwicklungsphasen, von der römischen Zeit bis in das 21. Jahrhundert. Dank der überwiegend unterirdischen Bauweise im Tunnelvortrieb beziehen sich die Eingriffe in die im Laufe von über 2000 Jahren gewachsenen Bodenschichten der Stadt vor allem auf die zukünftigen Haltestellen, die Anfah-

schächte für den unterirdischen Tunnelvortrieb, die Versorgungsschächte und zahlreiche Leitungsverlegungen. Die Erdarbeiten summieren sich zu einer Gesamtfläche von rund 30 000 m², was etwa der Fläche von drei Fußballfeldern entspricht. Da die archäologischen Schichten stellenweise eine Mächtigkeit von mehr als 13 m erreichen, ergibt sich ein archäologisches Gesamtvolumen von über 100 000 m³. Der Bau der Nord-Süd Stadtbahn Köln wird der bislang umfangreichste Eingriff in die unterirdische Geschichte der Stadt. Die Mitarbeiter des Römisch-Germanischen Museums der Stadt Köln sehen das gewaltige Bauvorhaben mit einem lachenden und einem weinenden Auge: Auf der einen Seite steht ein großer Verlust archäologischer Bodenerkundungen, auf der anderen Seite ist ein gewaltiger Wissenszuwachs zu vielen Abschnitten der Kölner Stadtgeschichte zu erwarten.

Für das Gebiet der Stadt Köln nimmt das Römisch-Germanische Museum/Amt für Archäologische Bodendenkmalpflege die Belange als Untere Denkmalbehörde und als Fachamt gemäß dem Denkmalschutzgesetz Nordrhein-Westfalen hoheitlich wahr. Der gesamte betroffene unterirdische Raum ist gemäß dem Denkmalschutzgesetz Nordrhein-Westfalens in die Liste der Bodendenkmäler der Stadt Köln eingetragen.

Das Römisch-Germanische Museum hat die archäologischen Herausforderungen im Zusammenhang mit dem Bau der Nord-Süd Stadtbahn Köln frühzeitig erkannt. In fast 3-jähriger Arbeit wurden umfassende Berichte (Pflichtentwürfe) erarbeitet, die das bisherige archäologische, historische und topografische Wissen zu jeder einzelnen Unter-

pflanzung. The new scheme was more economic and was in fact, concluded in 2003.

After commissioning the North and South contract sections at the beginning of November 2003, work started on planning the construction. The trees that had to be removed were felled at the turn of the year 2003/2004. Construction work started in most areas in the middle of 2004.

Up until autumn 2005, operational freedom had largely been attained in most areas. The laying of ducts and lines has for the most part been completed.

Work on the diaphragm walls has started at most stations and indeed completely or largely finished at a number of locations. Operations have also begun on underpinning houses or securing them in another way for the scheduled shield passage in many places. The main construction site installation yard at the Bonntor Goods Station is being set up. It is currently predicted that the shield drives will commence in the second half of 2006.

3 The archaeological Excavations in Conjunction with the Construction of the North-South Urban Light Railway in Cologne

The archaeological excavations that are to be undertaken between 2004 and presumably 2009 in Cologne's historic city centre in conjunction with the construction of the North-South Urban Railway are one of the biggest operations of their kind ever to be carried out in a European metropolis – comparable with the archaeology accomplished in the metros of Athens, London or Naples.

The 4 km long North-South Urban Railway route threads its

way through downtown Cologne and its urban development phases – from Roman times right up to the 21st century. Thanks to the fact that the tunnels will be driven largely by trenchless means, any intervention in the city's soil layers that have accrued in the course of over 2000 years will mainly affect the future stations, the access shafts for underground tunnel driving, the supply shafts and numerous line laying schemes. Altogether the earthworks total a massive 30,000 m² – roughly corresponding to the area of 3 football pitches. As the soil layers in some cases are in excess of 13 m thick the overall archaeological volume amounts to more than 100,000 m³. The construction of the North-South Urban Railway represents the most extensive intervention so far in the city's underground history. The members of staff of the Roman Germanic Museum of the City of Cologne regard this immense construction project in two ways: on the one hand, there is bound to be a great loss in terms of archaeological testimonies, on the other an enormous inflow of knowledge relating to many sectors of Cologne's urban history can be anticipated.

The Roman Germanic Museum/Office for Archaeological Preservation of Cultural Heritage represents the authorities commensurate with the legislation governing the preservation of cultural relics within North Rhine Westphalia as far as the City of Cologne is concerned. The entire affected underground area is included in the City of Cologne's list of cultural heritage according to North Rhine Westphalia's legislation governing the preservation of cultural relics.

The Roman Germanic Museum recognised the archaeological challenges related to the building of Cologne's

suchungsfläche zusammentragen und in wesentlichen Teilen mögliche Ergebnisse der Ausgrabungen prognostizieren. Unerschöpfliche Informationen zu den archäologischen Denkmälern des Stadtgebietes bietet vor allem das Ortsarchiv im Römisch-Germanischen Museum, das – allein für den historischen Stadtkern – fast 3000 Fundmeldungen archiviert.

Auf der Grundlage der archäologischen Pflichtenbücher wurden vom Römisch-Germanischen Museum verbindliche Zeitfenster zwischen 4 und 18 Monaten für die archäologischen Ausgrabungen auf den einzelnen Untersuchungsflächen festgelegt. Diese Zeitfenster für die archäologischen Ausgrabungen dürfen auch bei unerwarteten Ausgrabungsbefunden nicht überschritten werden. Die Rettungsgrabungen werden von anerkannten archäologischen Fachfirmen im Rahmen der „Kontraktarchäologie“ unter der Fachaufsicht des Römisch-Germanischen Museums unternommen. Bis zu 100 Archäologen, Grabungstechniker, Zeichner, Grabungshelfer und Naturwissenschaftler (unter anderem Archäobotaniker, Dendrochronologen, Archäozoologen) werden auf den 9 Untersuchungsflächen im Einsatz sein. Nach Abschluss der Geländearbeiten werden von den örtlichen Projektleitern publikationsfähige wissenschaftliche und technische Abschlussberichte angefertigt, in denen die Ergebnisse der Ausgrabungen ausführlich beschrieben und erörtert werden.

Anhand zweier Untersuchungsflächen – dem Kurt-Hackenberg-Platz im Norden und dem Chlodwigplatz im Süden der Stadtbahntrasse – lassen sich die Projektstudien und die laufenden archäologischen Untersuchungen bei-



4 Das Fundament des erzbischöflichen Palastes (12. Jahrhundert) ruht auf der rheinseitigen römischen Stadtmauer (spätes 1. Jahrhundert n. Chr.), Ausgrabungsbefund 2004

4 The foundations of the archbishop's palace (12th century) are set up on the Rhine-side Roman city wall (latest 1st century AD). Excavation find 2004

spielhaft beleuchten und erste Ergebnisse skizzieren.

Auf dem Kurt-Hackenberg-Platz entsteht eine fast 3000 m² große und 30 m tiefe Baugrube. Der Platz – ein Ergebnis des Wiederaufbaus nach dem Zweiten Weltkrieg – liegt, wie die topografisch-archäologischen Untersuchungen ergaben, über einer alten Nebenrinne des Rheins, die im 1. und 2. Jahrhundert n. Chr. den Hafen der römischen Stadt, der Colonia Claudia Ara Agrippinensium (CCAA), beherbergt hat. Nach Westen steigt das Gelände aus der Rheinaue zum hochwasser-sicheren Geländeschild an.

Am Fuß dieses Geländeschildes verläuft die rheinseitige römische Stadtmauer, die den Westen der Baugrube auf 25 m Länge etwa in Nord-Süd-Richtung durchquert, mit dem nordöstlichen Hafentor. Die

North-South Urban Railway at an early stage. Over a period of almost 3 years extensive reports (specifications) were compiled, which bring together the available archaeological, historic and topographical knowledge pertaining to each individual investigation area and come up with possible results of the excavations to a considerable degree. The Local Archive in the Roman Germanic Museum is the main source for inexhaustible details on the city's archaeological relics, which classifies almost 3,000 finds for the historic city centre alone.

Binding time frames of between 4 and 18 months were drawn up by the Roman Germanic Museum based on the archaeological specifications for the excavations in the individual exploration areas. These time frames are not merited to be exceeded even if re-

markable finds are discovered. The salvage excavations are being carried out by recognised specialist companies within the scope of "contract archaeology" under the supervision of the Roman Germanic Museum. Up to 100 archaeologists, site technicians, draftsmen, site assistants and natural scientists (including archaeobotanists, dendrochronologists and archaeozoologists) are involved on the 9 exploration areas. After the fieldwork is completed, the local project leaders will compile scientific and technical reports ready for publication, which will contain descriptions and explanations of the results of the excavations.

The project studies and the ongoing archaeological investigations can be shown exemplarily and the initial results described on the basis of two areas being explored – the Kurt-



5 Archäologische Ausgrabungen „unter Deckel“: Dokumentation mittelalterlicher Mauern in der Bechergasse, südlich des Kurt-Hackenberg-Platzes

5 Archaeological excavations „under cover“: documentation of medieval walls in the Bechergasse, to the south of Kurt-Hackenberg-Platz

römische Stadtmauer in der Rheinaue wurde im Verlauf der zweiten Hälfte des 1. Jahrhunderts n. Chr. errichtet (Bild 1). Für den Bau hat man in den am Hangfuß abgelagerten römischen Morastschichten (Hafenschlick) eine 3,50 m breite Baugrube bis zu den Kieslagen der niederrheinischen Ebene ausgehoben und die Grube mit einem Verbau aus Nadelhölzern gesichert. Die Stadtmauer, die im Kern aus römischem Beton (opus caementitium) mit Grauwackeschalmauern besteht, gründet fast 10 m tief unter dem heutigen Kurt-Hackenberg-Platz. Ihr Sockel ist fast 3 m breit, das aufgehende Mauerwerk erreicht 2,40 m Stärke. Stellenweise reicht die römische Stadtmauer, die der dortigen mittelalterlichen Bebauung teilweise als Gründung diente, bis weniger als 0,5 m unter die moderne Platzfläche.

Östlich der Stadtmauer lag im 1. und 2. Jahrhundert n. Chr. der Hafen der römischen Stadt. Die Hafenrinne war rund 60 m breit und schätzungs-

weise 2 m tief. Unmittelbar vor der Stadtmauer verlief ein rund 3,50 m breiter, aus Eichenhölzern gebauter Kai, dessen Reste 1979 bei Ausgrabungen unmittelbar nördlich des Kurt-Hackenberg-Platzes in der Baugrube des Museums Ludwig auf einer Länge von 55 m freigelegt wurden (Bild 2). Anhand dendrochronologischer Untersuchungen (Ausählung der Jahrringe von Hölzern) konnten die Bauarbeiten für die Kaianlage in das Jahr 94 n. Chr. \pm 5 Jahre datiert werden. Spuren römischer Hafennutzung sind gesunkene oder aufgegebene Flachbodenschiffe, die sich durch eine hohe Tragkraft sowie einen geringen Tiefgang auszeichnen und für den Flussverkehr besonders geeignet waren. Reste solcher Frachtschiffe wurden bei Ausgrabungen freigelegt. Der intensive Warenumsatz der römischen Stadt spiegelt sich in den Funden aus dem Hafenbecken wider, darunter außergewöhnlich viele, teils vollständig erhaltene, „über Bord gegangene“ Transport-

Hackenberg-Platz in the north and the Chlodwigplatz, another square in the south of the urban railway route.

An almost 3,000 m² large and 30 m deep excavation is being produced on the Kurt-Hackenberg-Platz. The square – a result of the reconstruction process following World War Two – is located, as the topographical-archaeological investigations showed, on top of an old secondary arm of the Rhine, which housed the port belonging to the Roman settlement, Colonia Claudia Ara Agrippinensium (CCAA). Towards the west the area rises from the Rhine bank to a higher area protected against high water.

The Rhine-side Roman city wall runs along the foot of this protected area, which passes through the western section of the excavation in roughly a north-south direction over a distance of 25 m, with the north-eastern gate of the port. The Roman city wall on the Rhine bank was set up during the course of the second half of the 1st century AD (Fig. 1). To

build it, a 3.50 m wide trench was excavated in the Roman morass layers (port mud) at the foot of the slope down to the gravel layers of the Lower Rhine plain and the trench reinforced with lagging made of coniferous timber. The city wall, whose core consists of Roman concrete (opus caementitium), covered with greywacke, reaches a depth of almost 10 m below the present-day Kurt-Hackenberg-Platz. Its base is almost 3 m wide; the ascending masonry is some 2.40 m thick. In some places, the Roman city wall, which also served the medieval buildings there as foundations, is located less than half a metre below the modern square surface.

The Roman settlement's port was located to the east of the city wall in the 1st and 2nd centuries AD. The port's channel was some 60 m wide and probably 2 m deep. Directly in front of the city wall there was a roughly 3.50 m wide wharf, built of oak, the remainder of which was uncovered in 1979 during a dig directly to the north of the Kurt-Hackenberg-Platz in the excavation for the Museum Ludwig over a distance of 55 m (Fig. 2). Thanks to dendrochronological examinations (counting the number of annual rings of trees) it was possible to date the construction work for the wharf facility back to the year 94 AD \pm 5 years. Traces of the Romans using the port are provided by sunken or abandoned flat bottom boats, which were characterised by high carrying capacity and shallow draught so that they were especially suitable for river traffic. The remains of such cargo ships were exposed during digs.

The intensive trans-shipment of goods in the Roman city is reflected in the finds from the port basin including extraordinarily many, in some cas-



6 Archäologische Dokumentation und Bergung römischer Gräber im Spritzbetonstollen unter dem Chlodwigplatz, Ausgrabungsbefund 2004

6 Archaeological documentation and recovered Roman graves in shotcrete tunnel beneath the Chlodwigplatz. Excavation find 2004

amphoren für Wein, Würzsauce und Olivenöl (Bild 3) sowie mehrere Großgewichte von Ladekränen.

Um die Mitte des 2. Jahrhunderts n. Chr. wurde der Hafen an dieser Stelle aufgegeben. Die Verlegung an den offenen Strom war Folge mehrerer außergewöhnlich niederschlagsarmer Jahre. Der Hafen war offenbar nicht mehr ganzjährig mit Schiffen zu befahren. Etwa gleichzeitig wurden auch die römischen Flusshäfen von Xanten und London aufgegeben. Die alte Nebenrinne des Rheins füllte man in den folgenden Jahrzehnten mit Erde, Bauschutt und Müll aus dem Stadtgebiet auf. Spätestens im 3. Jahrhundert n. Chr. wurden über dem aufgelassenen Hafengelände erste Gebäude errichtet. Die östlich des Hafens liegende ehemalige Insel, auf der in römischer Zeit vor allem wirtschaftlich genutzte Gebäude (Lagerhallen) standen, wurde durch die Auffüllung der alten Hafenrinne landfest. Die römische Stadt wurde bis zum Ostufer der „Insel“ erweitert und im 4. Jahrhundert n. Chr. durch Schenkeltauern im Norden und Süden der Inseln befestigt.

Die Anfänge mittelalterlicher Bebauung im Bereich

der ehemaligen Rheinrinne sind noch unbekannt. In der Baugrube des Museums Ludwig wurden Abfallgruben, Latrinen sowie Brunnen des 9. bis 11. Jahrhunderts freigelegt. Im Verlauf des 9. Jahrhunderts wurde wohl die erzbischöfliche Pfalz südlich des Domes errichtet, die 965 anlässlich eines Besuchs von Kaiser Otto I. in Köln erstmals in den Quellen belegt ist. Auch aus der Baugrube auf dem Kurt-Hackenbergs-Platz liegen erste

es completely preserved amphoras for carrying wine, spicy sauce and olive oil (Fig. 3), which had “slipped overboard”, as well as a number of heavy weights for loading cranes.

The port at this location was abandoned about the middle of the 2nd century AD. It was moved to the open river on account of a series of extremely rain-free years. Evidently the port could not be used all year long by ships. The Roman river ports at Xanten and London were abandoned about the same time. In the years that followed the old secondary arm of the Rhine was filled up with earth, building debris and rubbish from the city area. The first buildings were erected on the former port area in the 3rd century AD at the latest. The former island located to the east of the port, on which buildings required for commercial purposes (storehouses) stood in Roman times, became connected to the mainland after the old port channel was filled in. The Roman settlement was extended to the eastern bank of the “island” and shored up by walls in the north

and south of the island in the 4th century AD.

Just how much building took place in medieval times in the former Rhine channel area is still unknown. Ditches for waste, lavatories as well as wells dating back to the 9th till 11th century were exposed by the excavation for the Museum Ludwig. During the course of the 9th century, the archbishop's palace was set up to the south of the cathedral, which is first mentioned in chronicles in 965 on the occasion of a visit paid by Emperor Otto I to Cologne. The first archaeological testimonies to settlement during the Carolingian period have been obtained from the excavation on the Kurt-Hackenbergs-Platz.

The old archbishop's palace was replaced by a grand representative hall on the southern side of the cathedral square (nowadays Roncalliplatz) when Cologne was under the jurisdiction of Archbishop Rainald von Dassel (1153–1167). The palace, which was numbered amongst the most significant secular buildings north of the Alps, appears for the first time in written sources in 1164. The archbishop's residence, houses belonging to tradesmen as well as commercially used premises such as stables, bakery, kitchen, granary and customs office were located around the cathedral's east choir and towards the Rhine. They were all uncovered during the archaeological digs in the Kurt-Hackenbergs-Platz excavation (Fig. 4). Archbishopric immunity remained in its closed character with narrow medieval lanes up until the early 19th century. The panorama of the cathedral district did not really change until the cathedral was completed in 1840, the resultant clearance of the area around it, which entailed the surrounding streets being expanded.

At present, a more than 1,700 m² large underground



7 Freigelegtes römisches Brandgrab des frühen 2. Jahrhunderts n. Chr.: Der Kalksteinbehälter enthält eine große Glasurne mit Leichenbrand, Ausgrabungsbefund 2004 (Fotos 1–8: Römisch-Germanisches Museum/ Archäologische Bodendenkmalpflege der Stadt Köln)

7 Exposed Roman fire grave from the early 2nd century AD: The limestone container houses a large glass urn with charred bones. Excavation find 2004

archäologische Belege karolingerzeitlicher Besiedlung vor.

Der alte erzbischöfliche Palast wird unter der Stadtherrschaft des Kölner Erzbischofs Rainald von Dassel (1153–1167) durch einen großen repräsentativen Saalbau auf der Südseite des Domhofs (heute Roncalliplatz) ersetzt. Der Palast, der nördlich der Alpen zu den bedeutendsten Profanbauten seiner Zeit gerechnet wird, erscheint 1164 erstmals in den Schriftquellen. Zum Ostchor des Domes und zum Rhein hin lagen das Wohnhaus des Erzbischofs, Handwerkerhäuser sowie wirtschaftlich genutzte Bauten, etwa Marstall, Backhaus, Küche, Kornkammer und Zollstelle. Grundmauern und Keller dieser Immobilien sind im Zuge der archäologischen Ausgrabungen in der Baugrube Kurt-Hackenberg-Platz freigelegt worden (Bild 4). Die erzbischöfliche Immunität blieb in ihrem geschlossenen Charakter mit engen mittelalterlichen Gassen bis in das frühe 19. Jahrhundert erhalten. Erst die Vollendung des Domes nach 1840, die anschließende Freistellung der Kathedrale und die Aufweitung der umliegenden Straßen veränderten das städtebauliche Bild des Domviertels grundlegend.

Auf dem Chlodwigplatz im Kölner Süden entsteht zurzeit eine mehr als 1700 m² große unterirdische Haltestelle. Die Baugrube liegt südlich der alten Severinstorburg, durch welche die alte Fernstraße in Richtung Süden führt. Die Ursprünge dieser Straße reichen zumindest bis in römische Zeit zurück. Unmittelbar nach der römischen Machtergreifung am Niederrhein wurde die Straße zu einer Fernverbindung entlang dem westlichen Rheinufer ausgebaut. Zunächst wurde die Fahrbahn nur in den anstehenden Lehm



8 Die feldseitige Front des Bollwerks (15. Jahrhundert) während der Ausgrabungen im Juli 2005, im Hintergrund die Severinstorburg (um 1200)

8 The "Bollwerk" front facing south (15th century) during the digs in July 2005 with the Severinstorburg (ca. 1200) in the background

planziert und seitlich durch parallel verlaufende Spitzgräben entwässert. Im Laufe ihrer Nutzung wurde die bedeutendste Fernstraße der Region mit Kies geschottert und sorgfältig in Stand gehalten. Auch im Mittelalter und in der Frühen Neuzeit verlor die Straße nicht an Bedeutung.

Zu beiden Seiten der Fernstraße in Richtung Süden lagen Gräber der Stadtbevölkerung des römischen Köln. Bis rund 3 km südlich des rö-

station is being produced at the Chlodwigplatz in the south of Cologne. The excavation is located to the south of the ancient Severinstorburg, through which the old highway leads towards the south. The origins of this road go back at least until Roman times. The road was developed into a highway along the western Rhine bank directly after the Romans occupied the Lower Rhine. Initially it was levelled using the clay that was available and drained at the

sides by means of ditches that ran parallel to it. As it continued to be used, it became the region's most important artery and was filled with gravel and carefully maintained. The highway lost none of its importance during the Middle Ages and in Early Modern times.

Graves belonging to the city population of Roman Cologne lay at both sides of this highway leading to the south. Roman graveyards were established up to roughly 3 km to the south of the Roman South Gate at the "Hohe Pforte". In keeping with Roman law they had to be located outside the city. Although the terrain in and around the Chlodwigplatz was considerably modified during the fortification work undertaken during the 12th to the 19th century, Roman cemeteries have in the meantime been discovered between medieval graveyards. When conduits were being renewed, around 50 Roman graves dating back to the 1st till 3rd century AD were found in the underground "Kölner Stollen" tunnel (Fig. 6). They included several which included rich gifts for the aspired life on the other side (Fig. 7).

The Roman graves are to be found only a stone's throw away from one of the most significant Roman gravesites north of the Alps: during the 1960s, numerous architectural parts and building stones were retrieved in the north of the Chlodwigplatz. These belong to the more than 15 m high obelisk of Lucius Publicius. The monumental tomb was set up for the veteran Lucius Publicius and his family.

The mighty foundation walls belonging to a medieval/Early Modern times bastion structure of the Severinstorburg, erected about 1215 during the course of work on the new city fortifications, which began in 1180, are to be found under the surface of



9 Das Bollwerk auf dem Chlodwigplatz nach einer Bauaufnahme (um 1880), von Osten gesehen (Zeichnung: H. Wiethase, Kölner Thorburgen und Befestigungen 1180–1882, hrsg. vom Architekten- und Ingenieursverein für den Niederrhein und Westfalen [Lindenhöhe 1884; unveränderter Nachdruck Köln 2002], Blatt 9 – Ausschnitt)

9 The "Bollwerk" on the Chlodwigplatz according to a structural inspection (ca. 1880) seen from the east

mischen Südtores auf Höhe der Hohen Pforte reichen die römischen Grablagen, die gemäß römischem Recht außerhalb der Stadt angelegt wurden. Obwohl das Gelände auf dem Chlodwigplatz durch die Festungsarbeiten des 12. bis 19. Jahrhunderts erheblich umgestaltet wurde, sind zwischen den mittelalterlichen Grabenanlagen römische Grablagen erhalten. Bei Leitungserneuerungen wurden im unterirdischen Kölner Stollen rund 50 römische Bestattungen des 1. bis 4. Jahrhunderts n. Chr. freigelegt (Bild 6), darunter mehrere mit überdurchschnittlichen Grabbeigaben für das erhoffte Leben im Jenseits (Bild 7).

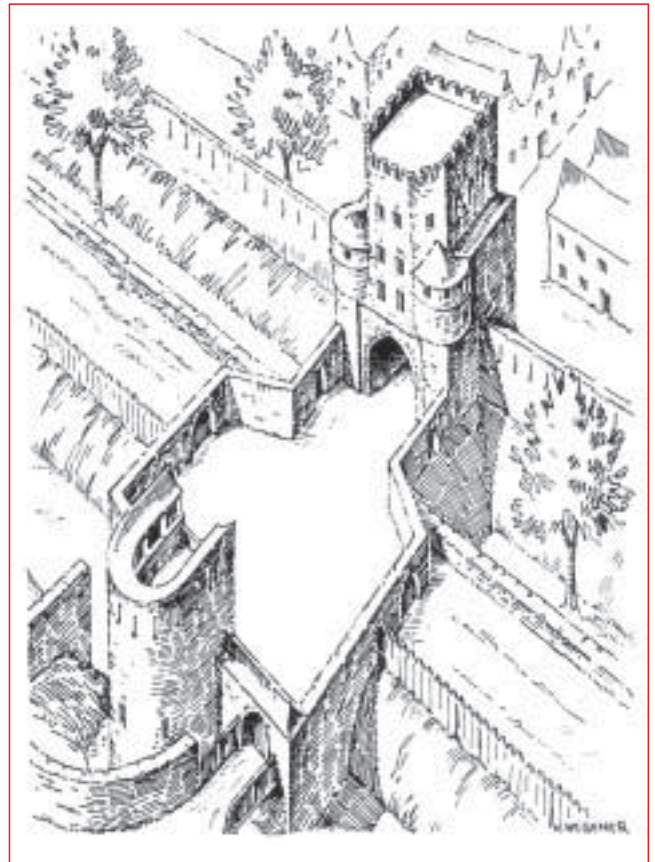
Die römischen Gräber liegen nur einen Steinwurf entfernt von einem der bedeutendsten römischen Grabdenkmale nördlich der Alpen: Im Norden des Chlodwigplatzes wurden in den 1960er-Jahren zahlreiche Architekturteile und Werksteine geborgen, die zu dem mehr als 15 m hohen Pfeilergrabmal des Lucius Poblicius gehören. Das monumentale Grabmal ließ der Veteran Lucius Poblicius um 40 n. Chr. für sich und seine Familie errichten.

Unter der Platzoberfläche des Chlodwigplatzes sind die mächtigen Grundmauern eines mittelalterlichen/frühneuzeitlichen Bastionswerkes der Severinstorburg erhalten. Im Zuge der 1180 begonnenen Bauarbeiten an der neuen Stadtbefestigung wurde bis ca. 1215 die Severinstorburg errichtet. Zur Feldseite war der Torburg ein bis zu 35 m breiter und 9 m tiefer Sohlgraben vorgelegt. Die schwere Bewaffnung bestand in staufischer Zeitaus Belagerungsmaschinen wie Steinschleudern und Rammböcken. Als Fernwaffen wurden Armbrüste und Bogen eingesetzt. Im Nahkampf ka-

men Blank- und Stangenwaffen zum Einsatz. Gegen dieses Arsenal bot die staufische Mauer mit feldseitigem Graben ausreichenden Schutz.

Seit der ersten Hälfte des 14. Jahrhunderts wurden die Vorfeldbefestigungen schrittweise ausgebaut, um den Neuerungen der Waffentechnik Rechnung zu tragen. 1336 entstand in einer Entfernung von rund 13 m vor dem älteren Stadtgraben ein zweiter Graben, dessen Aushub zwischen beiden Eingrabungen zu einem Wall aufgeschüttet wurde. Mit Blick auf die Veränderungen in der Waffentechnik, insbesondere den erhöhten Einsatz von Feuerwaffen im 15. Jahrhundert, wurde die Stadtbefestigung um 1450 erneut ausgebaut. In den schriftlichen Quellen ist 1469 ein mächtiges Festungsbauwerk zu belegen (Bilder 8 und 9), das der Severinstorburg feldseitig vorgelagert war. Die 3-geschossige Anlage wird in den Quellen Bollwerk genannt. Als großflächige Plattform bot sie mehreren Geschützen Platz, um Angreifer frühzeitig unter Beschuss nehmen zu können.

Das Bollwerk, das durch zwei Schenkelmauern (Zwinger) mit der Severinstorburg verbunden war (Bild 10), ist aufgrund einer Bauaufnahme des späten 19. Jahrhunderts – entstanden unmittelbar vor dem Abriss der Anlage seit 1881 – bekannt. Es handelte sich um einen 20 m langen, 16 m breiten und 21 m hohen Bau aus geschichteten Säulenbasalten mit 4,50 m mächtigen, sich nach oben verjüngenden Mauern, umgeben von einem 7 m breiten und mehr als 8 m tiefen Sohlgraben. Die laufenden Ausgrabungen auf dem Chlodwigplatz belegen, dass die Grundmauern des Bauwerks noch bis zu 1 m hoch unter die moderne Platzfläche erhalten sind.



10 Rekonstruktion der Severinstorburg und des feldseitig vorgelagerten Bollwerks nach H. Vogt (um 1930)

(Zeichnung: H. Vogts, *Die profanen Denkmäler = Kunstdenkmäler der Stadt Köln 2,4*, hrsg. von P. Clemen [Düsseldorf 1930])


10 Reconstruction of the Severinstorburg and the advance bulwark facing south after H. Vogt (approx. 1930)

(Drawing: H. Vogts, *Die profanen Denkmäler = Kunstdenkmäler der Stadt Köln 2,4*, hrsg. von P. Clemen [Düsseldorf 1930])

the Chlodwigplatz towards the south, the Torburg was protected by a U-shaped ditch, which was up to 35 m wide and 9 m deep. During the times of the Staufen, the heavy weaponry consisted of siege machines such as stone catapults and ramming machines. Crossbows and arrows were used to retaliate at long range. At close quarters, swords and polearms were used. The Staufen wall with its ditch towards the open field provided sufficient protection against this arsenal.

Since the first half of the 14th century the advance fortifications were gradually upgraded

in order to enable them to cope with weaponry. In 1336, a second ditch was installed some 13 m in front of the older city moat and the earth piled up between the two ditches to form a wall. The city fortifications were again upgraded around 1450 in view of the changes made in arms technology, particularly the increased use of firearms in the 15th century. Chronicles reveal that a mighty fortress had been set up by 1469 (Figs. 8 + 9), which was located to the south of the Severinstorburg. The 3-storey facility was originally known as the "Bollwerk". Its large platform provided room for a

Ende des 16. Jahrhunderts wardieKölnerStadtbefestigung veraltet. 1620 begannen die Bauarbeiten für eine „neue Fortification“, die im Vorfeld der Severinstorburg aus einer spitzwinkligen Bastion mit einem 16 m breiten Graben gesichert war. Die neuen Befestigungen reichten nun rund 180 m weit südlich der Severinstorburg. Das Artilleriebollwerk des 15. Jahrhunderts wurde in die neue Anlage integriert. Es überragte den Bastionskörper um mehrere Meter und blieb als Geschützplattform (Kavalier) in Nutzung. 

Literatur

Carl Dietmar/Marcus Tier. Mit der U-Bahn in die Römerzeit. Ein Handbuch zu den archäologischen Ausgrabungsstätten rund um den Bau der Nord-Süd Stadtbahn (Köln 2005).

number of marksmen so that attackers could be warded off at an early stage.

The “Bollwerk”, which was linked with the Severinstorburg by means of two walls (Fig. 10), has been known since 1881 thanks to a structural inspection drawn up during the late 19th century – created directly before the facility was demolished. The building was 20 m long, 16 m wide and 21 m high made of layered columnar basalt with walls tapering upwards surrounded by a 7 m wide and more than 8 m deep moat. The ongoing digs at the Chlodwigplatz prove that the foundation walls of the building are still standing up to 1 m below the modern square’s surface (Fig. 10).

The Cologne city fortifications had become obsolete by the end of the 16th century. In 1620, work began on “new fortifications”, which were in the form of an acute-angled bastion safeguarded by a 16 m wide ditch set up in front of the Severinstorburg. The new fortifications now stretched for all of 180 m far to the south of the Severinstorburg. The 15th century artillery bulwark was integrated in the new structure. It was several metres higher than the bastion and continued to be used as a platform for marksmen. 

Literature

see German original

Nord-Süd Stadtbahn Köln/D, Teil III – Schildfahrt

K. Bückner, S. Assenmacher, S. Köster, B. Otten

Mit dem Start der ersten Tunnelbohrmaschine (TBM) am 6. Juni 2006 begann eine neue und spannende Phase im Projekt der Nord-Süd Stadtbahn Köln, dem derzeit größten deutschen kommunalen Verkehrsbauvorhaben. Über die Grundlagen des Bauprojektes und die damit einhergehenden, umfangreichen archäologischen Ausgrabungen wurde bereits in tunnel 8/2003 und tunnel 7/2005 berichtet. Der folgende Beitrag befasst sich mit der Schildfahrt und den besonderen Herausforderungen, die diese in Köln mit sich bringt.

1 Aktueller Projektstatus

Der Bau der Nord-Süd Stadtbahn Köln in einem dicht besiedelten innerstädtischen Bereich stellt höchste Ansprüche an die maschinentechnischen Voraussetzungen und die Erfahrungen im Tun-

Dipl.-Ing. Karl Bückner,
Projektleiter der Nord-Süd
Stadtbahn Köln, Kölner Verkehrs-
Betriebe AG, Köln/D
Dipl.-Ing. Stephan Assenmacher,
Bauleiter Tunnel/Innendienst,
ARGE Nord-Süd Stadtbahn Köln
Los Nord, Köln/D
Dipl.-Ing. Sven Köster, Bauleitung
Kompensationsinjektion, ARGE
Nord-Süd Stadtbahn Köln
Los Süd, Köln/D
Dipl.-Ing. Bernd Otten,
Projektleiter Schildvortrieb, ARGE
Nord-Süd Stadtbahn Köln
Los Süd, Köln/D

nelbau. Mit den vorbereitenden Baumaßnahmen zum Bau der Nord-Süd Stadtbahn Köln wurde im Januar 2004 begonnen. Nach dem Verlegen der Kanal- und Versorgungsleitungen in den Haltestellenbereichen wurde bis zum Sommer/Herbst 2005 Baufreiheit erzielt und mit der Herstellung der Schlitzwände begonnen. Diese Arbeiten sind inzwischen abgeschlossen. Parallel wurde nach eingehender Untersuchung der Bausubstanz der zu unterfahrenden Gebäude damit begonnen, die als gefährdet eingestuft Häuser sowie die Fundamente von Brückenbauwerken zu unterfangen oder auf andere Weise für die bevorstehende Schildfahrt zu sichern (Hochdruckinjektionen, Feststoffeinpressungen, Kompensationsinjektionen). Allein die Kosten für diese

Cologne's North-South Urban Light Railway, Part III – Shield Excavation

K. Bückner, S. Assenmacher, S. Köster, B. Otten

The start of the first tunnel boring machine (TBM) on June 6th, 2006, heralded in a new and exciting phase of Cologne's North-South Urban Light Railway project, which is currently Germany's largest communal transport construction scheme. The principles of the construction project and the related substantial archaeological digs were dealt with in tunnel 8/2003 and tunnel 7/2005. The following article confines itself to the shield excavation and the special challenges, which this implies in Cologne.

1 Current Project Status

The building of the Cologne's North-South Urban Light Railway in a densely built-up inner urban area places the highest demands on the mechanical engineering prerequisites and tunnelling experience. The preparatory construction measures for building Cologne's North-South Urban Light Railway commenced in January 2004. Following the laying of the sewage and supply lines in the station zones, freedom to build was attained by summer/autumn 2005 and work started in producing the diaphragm walls. These jobs have now been completed. Parallel to this, after prior investigation of the buildings that have to be tunnelled under, work began on underpinning those that were classified as endangered – along with

bridge foundations – or securing them by some other means for the forthcoming shield ex-

Dipl.-Ing. Karl Bückner, Project
Manager of Cologne's North-
South Urban Light Railway,
Kölner Verkehrs-Betriebe AG,
Cologne/D
Dipl.-Ing. Stephan Assenmacher,
Tunnel/Interior Design
Construction Manager,
Cologne's North-South Urban
Light Railway – Contract Section
North, Cologne/D
Dipl.-Ing. Sven Köster,
Compensation Grouting
Construction Manager,
Cologne's North-South Urban
Light Railway – Contract Section
South, Cologne/D
Dipl.-Ing. Bernd Otten, Shield
Excavation Project Manager,
Cologne's North-South Urban
Light Railway – Contract Section
South, Cologne/D

Maßnahmen betragen rd. 100 Mio. € und machen ca. 15–20 % der gesamten Rohbausumme aus (Bild 1).

Insgesamt kommen beim Bau der Nord-Süd Stadtbahn 3 Hydro-Mixschilde mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrüst und Geräten zur seismischen Vorerkundung des Baugrundes zum Einsatz: eine kleinere mit einem Außendurchmesser von 6,80 m im Baulos Nord (Bild 2 und 3) für die beiden Sacklochvortriebe zwischen Breslauer Platz und Museumskomplex sowie 2 baugleiche Maschinen mit einem Außendurchmesser von 8,40 m im Baulos Süd zwischen dem Startschacht Bonner Wall und dem Zielschacht am Kurt-Hackenberg-Platz (Bild 4).

Bereits im November 2005 wurde mit der Fertigung der Stahlbetontübbinge in 2 Zulieferwerken begonnen. Immerhin werden für die beiden parallel geführten Tunnelröhren in beiden Baulosen (ca. 3 km) insgesamt etwa 30 000 Tübbinge benötigt.

Zeitgleich wurde die Hauptbaustelleneinrichtung (BE) für das Los Süd auf dem Gelände des Güterbahnhofs Bonntor samt Separieranlage, Werkstätten etc. eingerichtet. Hier werden auch die Massengüter (Tübbinge und Erdaushub) über eine Schienenanbindung an die Gleise der DB umgeschlagen und mit Lorenbahnen in den Tunnel transportiert. Die Förderung des Aushubs erfolgt über Rohrleitungssysteme zur Separieranlage. Das Bentonit wird gereinigt wiederverwendet, der Abraum per Bahn abtransportiert. Im Baulos Nord wird der wesentlich kleinere Vortriebsumfang über eine BE versorgt, auf der alle notwendigen Materialien per Lkw an- und abtransportiert werden müssen.

Am 15. Mai 2006 und am 22. Juni 2006 wurden



1 Streckenverlauf der Nord-Süd Stadtbahn Köln

1 Route alignment for Cologne's North-South Urban Light Railway

die Tunneltaufen in den beiden Baulosen vorgenommen und die Schildmaschinen bekamen Namen. Benannt wurden sie nach einem Kölner Karnevalshit der Höhner, nämlich „Dicke Mädchen haben schöne Namen, heißen

cavation (high pressure grouting, injecting solid substances, compensation grouting). The costs for these measures alone amount to around € 100 mill. accounting for roughly 15–20 % of the total sum required for the roughwork (Fig. 1).

Altogether 3 hydro mix-shields with fluid-supported face and devices for seismic advance exploration of the subsoil are being used for constructing the North-South Urban Light Railway: a small machine with 6.80 m external diameter in contract section North (Figs. 2+3) for the 2 blind hole drives between Breslauer Platz and the Museum complex as well as 2 identical machines with 8.40 m external diameter in contract section South between the Bonner Wall starting shaft and the target shaft at Kurt-Hackenberg-Platz (Fig. 4)

Production of the reinforced concrete segments began in 2 factories in November 2005 for altogether the 2 parallel running tunnel tubes in the 2 contract sections (approx. 3 km) will require some 30,000 segments.

At the same, the main site yard (BE) for the contract section South was set up at the Bonntor Goods Station including separation plant, workshops etc. This is also where bulk goods (segments and excavated material) are transported via a rail spur linked with the DB – German Railways – and carried into the tunnel via a narrow gauge railway. The muck is conveyed to the separation plant via a pipeline system. The slurry is cleaned and recycled, the excavated material removed per rail. In contract section North, the substantially smaller excavation is supplied via a site yard, to which all necessary materials have to be transported and carried away via lorry.

On May 15th, 2006 and on June 22nd, 2006, the christening ceremonies were held in the 2 contract sections and the shield machines were given names. Their names in fact are derived from a Cologne Carnival hit by the local group “die Höhner” which suggests that “fat girls have lovely names such as Tosca, Rosa or Carmen”

Tosca, Rosa oder Carmen" (Bild 5). Tosca startete als Erste erfolgreich am 6. Juni 2006, um die Oströhre der Arbeitsgemeinschaft Los Süd (Bilfinger Berger, Wayss & Freitag, Züblin) herzustellen. Knapp 2 Monate später, am 27. Juli 2006, folgte Rosa, die die Weströhre aufführt. Dazwischen, am 24. Juni 2006, startete Carmen, die Maschine der Arbeitsgemeinschaft Los Nord (Hochtief, Bauer, Brückner, Keller), den ersten Sacklochvortrieb der östlichen Röhre. Nach 260 Tunnelmetern hatte sie bereits am 9. September 2006 ihr erstes Ziel erreicht. Derzeit wird sie zurückgebaut und in einem zweiten Startschacht für die westliche Röhre mit neuem Schildmantel und neuem Schneidrad vormontiert. Der erneute Start dieser TBM ist für Dezember 2006 vorgesehen. Im Südlos erfolgten die beiden zeitlich versetzt gestarteten Vortriebe aus einem gemeinsamen Startschacht heraus. Der aktuelle Vortriebsstand von Tosca und Rosa ist im Internet unter www.nord-sued-stadtbahn.de zu erfahren. Bei einer durchschnittlichen Vortriebsleistung von 10 bis 12 m am Tag wird der Durchbruch der östlichen Tunnelröhre im Juli 2007 und der der westlichen Röhre rd. 6 Wochen später erfolgen. Im Frühjahr 2008 wird mit dem Bau der 2. Baustufe begonnen, die zeitgleich mit der 1. Baustufe voraussichtlich Ende 2010 in Betrieb gehen wird.

2 Besondere Herausforderungen im Los Süd

Im Los Süd sind 2 Tunnelröhren mit einer Länge von je 2700 m aufzufahren. Der Ausbau erfolgt mit Stahlbetontübbing, die eine



2 Antransport der Schildmaschine am Los Nord mit Blick auf den Kölner Dom

2 Delivery of the shield machine to contract section North with a view of Cologne Cathedral

Wanddicke von 40 cm haben. Am Schildstart beträgt die sehr geringe Überdeckung nur 4,80 m bis zur Geländeoberfläche (GOK). Im Tunnelverlauf wird eine maximale Tiefenlage von 19 m Überdeckung mit Wasserdrücken an der Ortsbrust von bis zu 21 m erreicht.

Um die Setzungen an den Gebäuden möglichst gering zu halten, werden in einigen Baubereichen Sicherungsmaßnahmen im Vorfeld der Schildfahrt ausgeführt. Im Startbereich erfolgte eine

(Fig. 5). Tosca successfully started up first on June 6th, 2006 in order to produce the eastern tube for the Contract Section South JV (Bilfinger Berger, Wayss & Freitag, and Züblin). Almost 2 months later – on July 27th, 2006 – Rosa began excavating the western tube. In between – on June 24th, 2006, Carmen, the machine belonging to the Contract Section North JV (Hochtief, Bauer, Brückner, Keller) began tackling the first blind hole drive for the eastern tube. On September 9th, 2006, it reached its initial target after



3 Einheben des 6,80 m großen Schneidrades von Los Nord

3 Hoisting the 6.80 m large cutting wheel in contract section North

260 tunnel metres. At present it is being moved back to a second starting shaft where it will be provided with a new shield skin and cutting wheel in order to tackle the western tube. This TBM is scheduled to start tunnelling again in December 2006. In contract section South, the 2 excavations commenced work from the same starting shaft at different times. You can learn how Tosca and Rosa have performed by accessing www.nord-sued-stadtbahn.de on the internet. Given an average rate of advance of 10 to 12 m per day the eastern tube breakthrough will take place in July 2007 and the western one will follow some 6 weeks later. Work on the second construction stage will begin in spring 2008; the project is scheduled to become operational at the end of 2010 together with the first construction stage.

2 Special Challenges in Contract Section South

Two tunnel tubes each 2,700 m in length have to be driven in contract section South. They are to be lined with reinforced concrete segments – with a wall thickness of 40 cm. Where the shield starts up there is extremely shallow overburden amounting to only 4.80 m to the ground surface (GOK). During the course of the tunnel a maximum depth with 19 m overburden and water pressures of up to 21 m at the face will be attained.

In order to confine settlements as far as possible, advance securing measures are being undertaken beneath certain buildings prior to the shield passage. In the start-up zone, foundations were secured by underpinning the street façades by means of jet grouting. As the 2 drives are only 1.50 m apart over the first 200 m, consolida-

Fundamentsicherung durch Unterfangung der Straßenfassaden mittels Düsenstrahlverfahren. Da die beiden Vortriebe auf den ersten 200 m nur einen Abstand von 1,50 m zueinander aufweisen, wurde zur Stabilisierung des verbleibenden Stegbereichs eine Verfestigungsinjektion als Niederdruckinjektion ausgeführt. Weiter nördlich in der Bonner Straße (südlich vom Chlodwigplatz) wurden Gebäudesicherungsmaßnahmen mittels einer Kompensation vorgenommen. Der Erfolg dieser Maßnahmen zeigte sich darin, dass die gemessenen Gebäudesetzungen aus beiden Schildfahrten im Straßenland über der Tunnelfirste mit 6 mm im Durchschnitt weit unter den prognostizierten Werten von 25 bis 30 mm lagen (Bild 6).

Maßnahmen zur Gebäudesicherung

Im Los Süd werden insgesamt 48 Gebäude mittels Kompensationsinjektion gesichert, die Gesamtfläche aller Schirme beträgt ca. 6780 m². Hierfür sind rd. 14,5 km Injektionsbohrungen erforderlich und es wird mit einer Verpressgutaufnahme von ca. 3200 m³ gerechnet. Der Schwerpunkt der zu sichernden Gebäude liegt im Bereich der ehemaligen Römerstadt zwischen der Haltestelle Heumarkt und der Grenze zum Los Nord in der Bechergasse am Kurt-Hackenberg-Platz.

Alle Gebäude entlang der geplanten Trasse wurden im Auftrag des Bauherren statisch voruntersucht. Dabei wurden Gebäude identifiziert, die während der Vortriebsarbeiten Differenzsetzungen in schädlichem Ausmaß erfahren. Der Großteil dieser Gebäude wird auf geotechnischem Wege gesichert.

Im Bereich der Kompensationsschirme liegt im Wesentlichen ein zweizoniger Bodenaufbau vor. Kiese und Sande des Quartärs werden von historischen Auffüllungen ehemaliger Hafen- und Wehranlagen des Altertums überlagert. Bei näherer Betrachtung stellt sich der Bodenaufbau jedoch deutlich ungleichförmiger dar. So befinden sich die KI-Schirme auf der BE „Haus Kutz“ nahe dem Alten Markt im Bereich eines seinerzeit in einem Altrheinarm gelegenen römischen Hafens. Ab dem 1. Jh. n. Chr. wurden diese Flächen mit Schutt und Siedlungsabfall verfüllt und seitdem mehrschichtig überbaut. Im Bereich der Auffüllung ist ein dunkler, stark bindiger, humoser Boden halbfester bis fester Konsistenz anzutreffen, der mit Hinterlassenschaften aller Epochen durchsetzt ist. Es finden sich Mauerwerk, Brunnen, Latrinen, Artefakte, Gräber und tierische Abfälle. Die darunter liegenden Kiese und Sande weisen ebenfalls eine sehr heterogene Struktur auf.

Weitere wichtige Rahmenbedingungen sind Bausubstanz und Zugänglichkeit. Die Kölner Innenstadt wurde im Zweiten Weltkrieg weitgehend zerstört. Der Wiederaufbau erfolgte relativ schnell im Rah-

tion grouting in the form of low pressure injections was undertaken to stabilise the remaining tension zone. Further to the north in the Bonner Straße (to the south of Chlodwigplatz) compensation grouting was carried out in order to shore up buildings. The successful outcome of these measures was reflected by the fact that the settlements measured from the 2 shield drives in the roadway above the tunnel roof averaged 6 mm – far below the forecast values of 25 to 30 mm (Fig. 6).

Measures to secure Buildings

A total of 48 buildings were supported by compensation grouting in contract section South – with the overall area of all umbrellas amounting to approx. 6,780 m². Towards this end, roughly 14.5 km of injection drilling is required and it is estimated that some 3,200 m³ of grout will be needed. Most of the buildings that have to be supported are located in the former Roman town area between Neumarkt Station and the boundary with contract section North in the Bechergasse at Karl-Hackenberg-Platz.

All the buildings along the planned route were structurally analysed in advance on behalf of the client. In this connection,

buildings were identified, which could potentially be exposed to differential settlements to a harmful extent during the excavation. The bulk of these buildings were secured by geo-technical means.

In the zone where there are compensation umbrellas, by and large, a bizonal ground formation is to be found. Quaternary gravels and sands are located beneath historic fills from former port and fortification facilities from ancient times. However, following closer appraisal, it emerged that this formation is considerably more inhomogeneous than was first believed. The umbrellas on the “Haus Kutz” site yard near the Alter Markt for instance, are located in an area that was formerly a Roman port on the arm of the Old Rhine. As from the 1st century AD, this area was filled with debris and waste and built over several times. The fill constitutes dark, highly cohesive, humous soil with semi-firm to firm consistency, riddled with relics from various epochs such as masonry, wells, latrines, artefacts, graves and animal waste. The gravels and sands lying underneath also reveal a very heterogeneous structure.

The substance of the buildings and accessibility represent further important general conditions. The centre of Cologne was largely destroyed during World War Two. It was rebuilt relatively quickly at a time when approval regulations governing construction were anything but strict. This led to the existing substance of the buildings being dealt with very differently. Before the war many houses in the Old Town possessed double basements with flat foundations. Another form of foundation that is frequently encountered consists of bricked wells, which were sunk to the quaternary gravels given a low groundwater level and filled



4 Schildmaschinen mit 8,40 m Durchmesser im Baufeld Süd

4 Shield machines with 8.40 m diameter in contract section South

men einer gelockerten Bauelemente-Regelung. Dies führte zu einem sehr unterschiedlichen Umgang mit der vorhandenen Bausubstanz. Viele Altstadt Häuser waren vor dem Krieg zweifach unterkellert und flach gegründet. Eine andere häufig anzutreffende Gründungsform besteht aus gemauerten Brunnen, die bei niedrigem Grundwasserstand bis zu den quartären Kiesen abgeteufelt und mit Steinen und Mörtelarten verfüllt wurden. In den Nachkriegsjahren wurden die Tiefkeller teils mit Kriegsschutt verfüllt, teils innerhalb der alten Kellerwände auf den vorhandenen Fundamenten neu aufgebaut. Die Ursubstanz geht partiell bis zur Römerzeit zurück.

Zudem weist die Kölner Altstadt historisch bedingt eine sehr feine Parzellierung

auf. Dies führt zu engen, verwinkelten Kellergrundrissen, die nicht oder nur unter sehr hohem Aufwand für geotechnische Maßnahmen zugänglich gemacht werden können. Ein weiteres Problem ist die in der Regel sehr intensive Nutzung der Räumlichkeiten. Hier kommen die Vorteile der Kompensationsinjektion besonders zum Tragen, da sie meist ohne größere Eingriffe in die Gebäudesubstanz vorgenommen werden kann. Es muss lediglich ein Messsystem in den Kellerräumen installiert werden.

Kompensationsinjektionen

Während der Vortriebsarbeiten kommt es zur Ausbildung einer Setzungsmulde, die durch Hebungsinjektionen teilweise ausgeglichen wird. Die un-



5 Die namensgebenden Kölner Schönheiten „Tosca, Rosa und Carmen“

5 The Cologne lovelies that gave the machines their names: "Tosca, Rosa and Carmen"

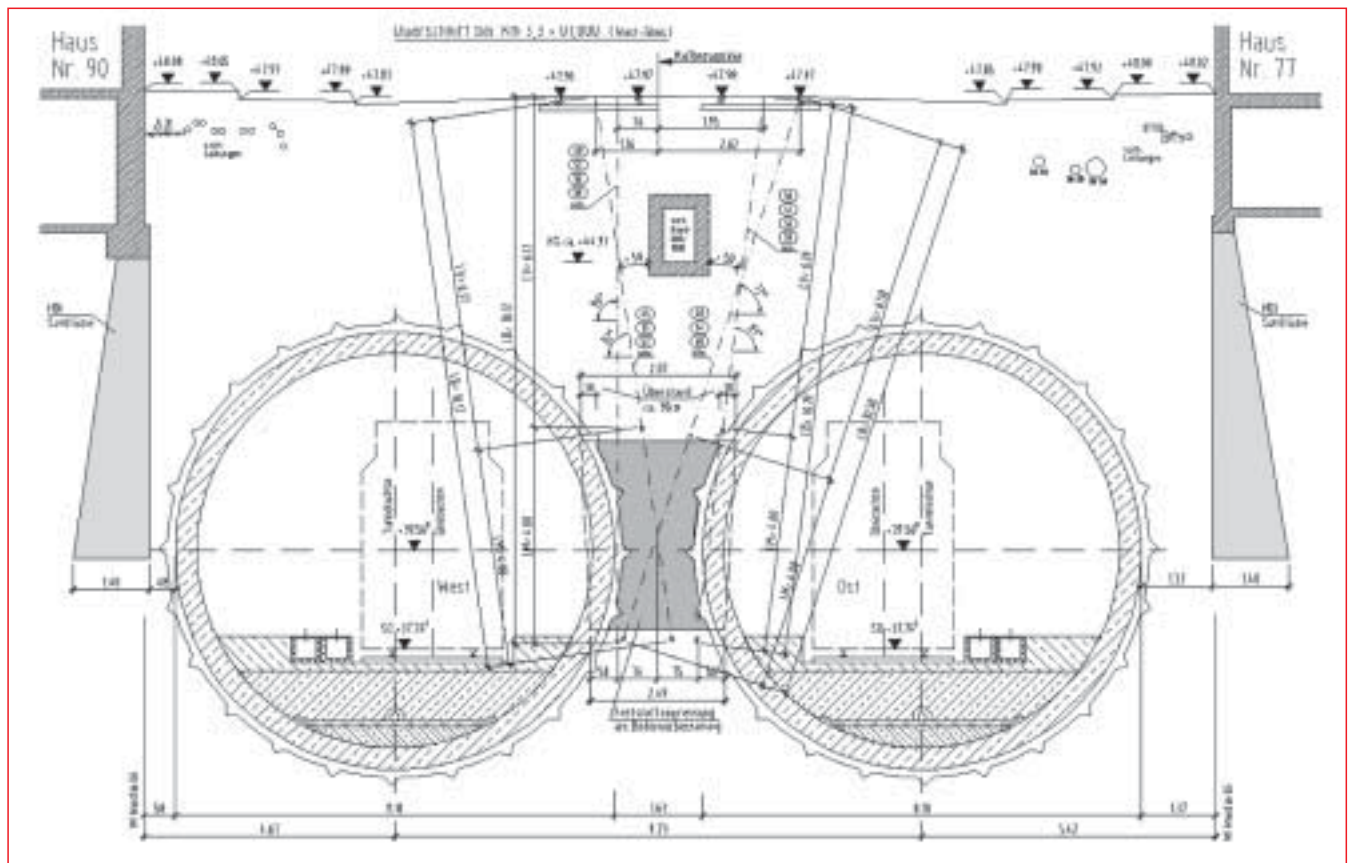
with stones and types of mortar. In the post-war years, these deep cellars were partially filled with rubble and partially rebuilt on the existing fundaments within the old cellar walls. The original substance in some cases dates back to Roman times.

In addition, the old part of Cologne is divided up in a highly complex manner for historical reasons. This has led to narrow,

twisting cellar floor plans, which can only be made accessible for geotechnical measures if at all – given a great deal of effort. A further problem relates to the intensive utilisation of the facilities. This is where the advantages of compensation grouting become especially evident as it can usually be applied without any major interference to the substance of the buildings. All that is necessary is to install a measurement system in the cellar premises.

Compensation Grouting

During the excavation work a settlement trough forms, which is largely compensated for by means of grouting. The lower settlement trough in Fig. 7 would occur during an excavation without supporting. However, differential or shear



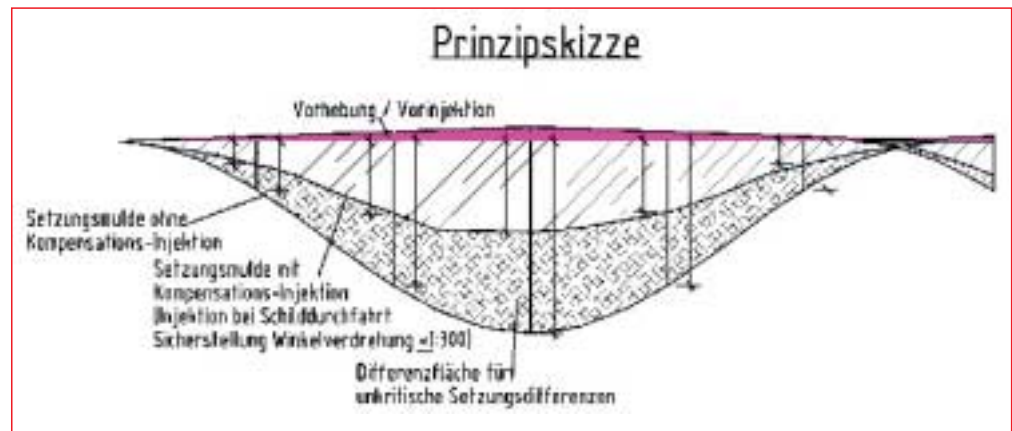
6 Lage der Tunnelröhren im Los Süd hinter dem Anfahrtschacht in der Bonner Straße

6 Location of the tunnel tubes in contract section South behind the start-up shaft in the Bonner Straße

tere Setzungsmulde in Bild 7 würde sich bei einem Vortrieb ohne Sicherung einstellen. Größere Auswirkungen als die Absolutsetzungen haben allerdings die Differenz- oder Schersezungen. Die zulässigen Schiefstellungen oder Winkelverdrehungen wurden daher auf max. 1:300 beschränkt. Die zweite Linie von unten begrenzt eine Setzungsmulde, bei der dieses Kriterium gerade eingehalten ist. Ziel der Kompensationsinjektion ist es, die Gebäude während der Schildfahrt im schraffierten Bereich darüber zu stabilisieren. Die gefüllte Fläche oben ist eine Vorhebung, die mittels einer Vorinjektion vor Durchfahrt der Schildvortriebe eingebracht wird.

Kompensations-schirme

Um unterhalb der zu sichernden Gebäude Hebungen erzeugen zu können, werden aus seitwärts der Gebäude gelegenen Schächten oder Baugruben heraus horizontale Bohrungen unter die Gebäude vorgetrieben und mit so genannten „Manschettenrohren“ bestückt. Diese weisen in regelmäßigen Abständen radiale Bohrungen auf, die mit Gummimanschetten bedeckt sind und als Rückschlagventile wirken. Durch die Ventile kann der Boden unter den Gebäuden zielgenau injiziert werden. Das Manschettenrohr bleibt frei von Injektionsgut und erlaubt mehrfache Injektionen. Dabei wird der vorher erzeugte Injektionskörper aufgebrochen. Die Schirme bestehen aus 2 Lagen Manschettenrohr, die zwischen Gründungsunterkante und Schildvortrieb eingebracht werden. Die Bohrlänge variiert zwischen 20,5 m und 52,5 m (Bild 8).



7 Prinzipskizze Kompensationsinjektion

7 Schematic drawing for compensation grouting

Messsystem

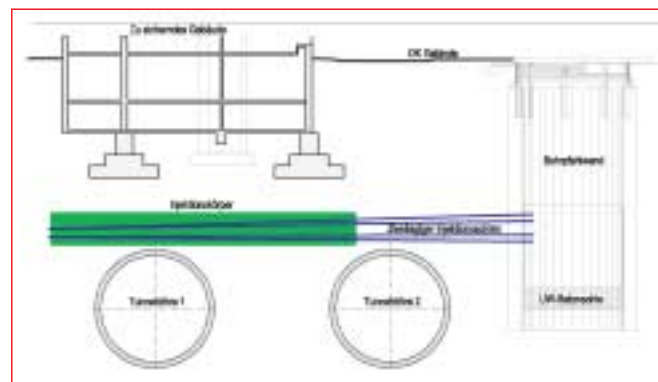
Absolut notwendig für die Durchführung der Kompensationsinjektion ist ein geeignetes Messsystem zur Erfassung der Gebäudebewegungen. Um ein realistisches Bild der Verformungen zu erhalten, ist eine Überwachung der Bewegungen aller Grundrisspunkte erforderlich, an denen sich Lasten konzentrieren. Hierzu wird ein Druckschlauchwaagensystem verwandt, das – im Gegensatz zur handelsüblichen Maurer- oder Freispiegelschlauchwaage – die Höhen nicht nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren misst, sondern die hydrostatischen Drücke an den jeweiligen Messpunkten.

settlements have greater effects than absolute settlements. As a result, the maximum vertical misalignments or angles of torsion were thus confined to a maximum of 1:300. The second line from below relates to a settlement trough in the case of which this criterion is barely adhered to. The aim of compensation grouting is to stabilise the buildings above during the shield passage through the shaded area. The filled in area above represents an advance uplift, which can be introduced by means of advance grouting prior to the shield excavation.

Compensation Umbrellas

In order to be able to generate uplifts below the building

that has to be supported, horizontal drilling is undertaken below the building from shafts or pits located at its side and provided with so-called "sleeve pipes". These possess radial bores at regular intervals, which are covered with rubber sleeves and act as check valves. Thanks to these valves the soil beneath the buildings can be grouted with great precision. The sleeve pipe remains free of grout so that multiple grouting is possible. In the process, the previously produced grouted zone is broken up. The umbrellas consist of 2 layers of sleeve pipe, which are installed between the lower edge of the foundation and the shield excavation. The drilling length varies from 20.5 to 52.5 m (Fig. 8).



8 Aufbau KI-Schirm

8 Setup of KI umbrella

Measurement System

A suitable measurement system for determining building movements is essential for carrying out compensation grouting. In order to obtain a realistic picture of the deformations, it is necessary to monitor the movement of all ground plan points at which loads are concentrated. Towards this end, a pressure hose weighing system is applied, which – in contrast to the conventional spirit level – meas-

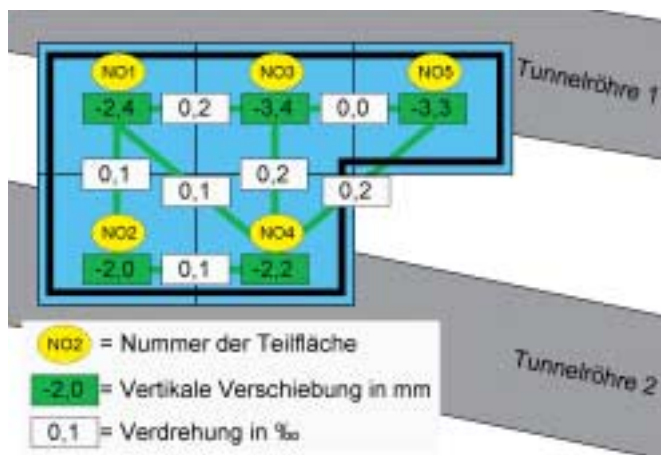
Elektronische Überwachung

Zur Steuerung der Injektionen wurde eine Software entwickelt, die die Rohdaten aus Setzungsmessungen und Injektionen zusammenführt und diese an der Gebäudestruktur bzw. Hebefläche darstellt. Nach Bewertung der Daten können die erforderlichen Nachinjektionen abgeleitet und die Soll-daten dem Injektionscontainer zur Verfügung gestellt werden. Zudem archiviert SOFIA (Software für Injektionsarbeiten) die Mess- und Injektionsdaten und ermöglicht somit ein zeitnahes und prüffähiges Berichtswesen im Sinne von Qualitätssicherung und -kontrolle.

Der Überwachungsmonitor zeigt den Gebäudegrundriss und die symbolisierten Schlauchwaagen mit den aktuellen Messwerten an (Bild 9). Entsprechend der Schlauchwaagenverteilung wird der Gebäudegrundriss in Teilflächen unterteilt, wobei jede Teilfläche den Einflussbereich einer Schlauchwaage repräsentiert. Die Messwerte werden automatisch in die interne Datenbank eingelesen und am Monitor sichtbar, sodass kritische Situationen frühzeitig erkannt werden (Bild 10). Überschreiten die Messwerte einen vorher definierten Warn- oder Grenzwert, werden die entsprechenden Schlauchwaagensymbole blau oder rot eingefärbt. Über Abstand und Setzungsdifferenz benachbarter Schlauchwaagen können die Schiefstellungen errechnet und überwacht werden.

Kompensations-schacht

Zuerst wird ein runder Kompensationsschacht aus einer überschrittenen, unbewehrten Bohrpfehlwand mit



9 Prinzipische Skizze Gebäudegrundriss mit Teilflächen

9 Schematic drawing of the building layout with part-sections

Steckträgerverbau hergestellt. Je nach Platzverhältnissen beträgt der Innendurchmesser 6 m bzw. 8,5 m. Die Tiefe ist abhängig von der Tiefenlage des auszuführenden Schirms und liegt zwischen 11 m und 17 m unter GOK.

Eigens für die Nord-Süd Stadtbahn Köln wurde ein Schachtbohrgerät entwickelt (Bild 11). Als Unterbau dient eine Plattform, die auf 3 Ständern ruht und mithilfe eines hydraulischen Klettersystems in der Höhe verstellbar ist. Horizontale, ebenfalls hydraulisch betätigte Abstützungen

ures hydrostatische pressures at the given measurement points rather than heights according to the communicating pipes principle. All that is necessary is to install a measurement system in the cellar premises.

Electronic Monitoring

Software was developed to control the grouting operations, which brings together the raw data from the settlement measurements and the grouting process and presents them on the building structure or up-

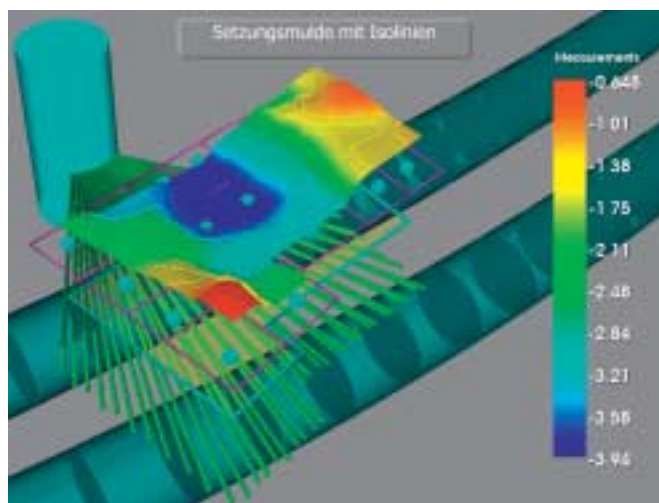
lift area. After evaluating the data, it is then possible to determine the required follow-up injections and make the target data available to the grouting container. Additionally, SOFIA (software for grouting operations) stores the measurement and grouting data and this facilitates a realtime and verifiable reporting system in terms of quality assurance and control.

The control monitor displays the layout of the building and the symbolised spirit level with the current measurement values (Fig. 9). The layout of the building is split up into part-sections in keeping with the distribution of the spirit levels, with every part-section representing a spirit level's zone of influence. The measurement values are automatically fed into the internal databank and made visible on screen so that critical situations can be identified at an early stage (Fig. 10). If the measurement values exceed a previously determined warning or limit value, the corresponding spirit level symbols turn blue or red. Vertical misalignments can be established and monitored via the spacing and settlement difference of neighbouring spirit levels.

Compensation Shaft

First of all, a round compensation shaft is produced from an overlapping, unreinforced bored pile wall with bolted casing. The internal diameter amounts to 6 to 8.5 m depending on the amount of space available. The depth depends on the location of the umbrella that is required and varies between 11 and 17 m below ground surface level.

A shaft drilling device was especially developed for Cologne's North-South Light Urban Railway (Fig. 11). A plat-



10 Visualisierung der Messdaten durch das Programm SOFIA

10 Visualisation of the measurement data using the SOFIA programme

erlauben die waagerechte Feinjustierung und Arretierung der Plattform. Aufgebaut ist eine Lafette, die mit einem Drehantrieb für das äußere Bohrröhr und einem hydraulischen Drehbohrhammer bestückt ist. Da die Bohraufgabe anspruchsvoll ist (bis zu ca. 53 m horizontal, zielgenau im heterogenen, hindernisreichen Boden), muss die Lafette sehr stark sein. Sie ist um 360° drehbar und wird vor jeder Bohrung, mit einem im Schacht installierten Tachymetersystem, exakt eingerichtet. Trotz zahlreicher Hindernisse aus Mauerwerk, Basalt, Findlingen oder Holz lagen die Abweichungen der Bohrungen im Mittel deutlich unter 1 % der Bohrlänge.

Vorinjektion mit Hohlraumverfüllung und Vorhebung

Die Vorinjektion erfolgt mit ferngesteuerten, hydraulisch expandierbaren Doppelpackern, mit denen die Manschetten, die als Rückschlagventile wirken, direkt angefahren werden. Das ermöglicht, den Boden zielgenau und mehrfach zu injizieren.

Kernstück des Injektionsystems ist ein rechnergesteuerter 8-Pumpen-Container mit eingebautem Automatismischer. Die Vorinjektion gliedert sich in 2 Teilschritte. Im ersten Schritt wird die gesamte Schirmfläche der oberen Manschettenrohrlage gleichmäßig injiziert. Ziel ist die Verfüllung der bestehenden Porenräume und Wegigkeiten zur Erhöhung des Wirkungsgrades während der eigentlichen Hebungsinjektion. Je nach den örtlichen Gegebenheiten des Baugrundes und der Auflast geht die Grundinjektion bereits in die Vorhebungsinjektion über.



11 Schachtbohrgerät Klemm, SGB1

11 Klemm SGB1 shaft drilling unit

Planmäßig wird die Vorhebung durch Injektion der unteren Lage durchgeführt.

Ergebnis der Kompensation

Die Injektionsarbeiten am KI-Schirm Bonner Straße Ost wurden vor Kurzem abgeschlossen. Der betroffene flach gegründete Gebäudekomplex mit einer Schirmfläche von 618 m² wurde bereits von der Schildmaschine unterquert. Die dabei entstandenen Setzungen konnten planmäßig kompensiert werden. Vorab definierte Warn- und Grenzwerte für die zu erwartenden Setzungen, Hebungen und Schiefstellungen wurden erwartungsgemäß zu keinem Zeitpunkt erreicht bzw. überschritten (Bild 12).

obstacles consisting of masonry, basalt, boulders or timber the drilling deviations on average were considerably below 1 % of the drilling length.

Advance Grouting with Cavity Filling and Advance Uplift

Advance grouting is accomplished by means of remote-controlled, hydraulically expandable double packers, by means of which the sleeves, which act as check valves, are directly activated. This enables the soil to be grouted several times with great accuracy.

The main element of the grouting system is a computer-controlled 8-pump container with incorporated automatic mixer. Advance grouting consists of 2 stages. During the first stage, the total umbrella area of the upper sleeve pipe layer is uniformly injected. The aim is to fill the existing porous areas and circulation paths in order to enhance the degree of efficacy during the actual uplift grouting. Depending on the local circumstances of the subsoil and the load, the basic injection merges with the advance one. The uplift is executed by grouting the lower layer according to schedule.

Outcome of Compensation

The grouting operations on the KI umbrella Bonner Straße East were completed recently. The tunnelling machine had already passed below the affected evenly founded building complex with a 618 m² umbrella area. The settlements that ensued could be compensated for as planned. Warning and limit values for the expected settlements, uplifts and misalignments were at no time attained and certainly not exceeded (Fig. 12).

Besondere Herausforderungen im Los Nord

Der Vortrieb im Los Nord umfasst 2 eingleisige Tunnelröhren mit je etwa 260 m Länge. Eingesetzt wird eine Schildmaschine mit einem speziell ausgerüsteten Schneidrad, auf dem sich neben den Schälmessern auch vollflächig Diskenrollen für im Boden eingelagerte Blöcke und Findlinge sowie die Durchfahrung der zahlreichen Kunstbodenbereiche befinden. Zur Minimierung von Setzungen ist das Schneidrad in die Schildschneide zurückziehbar.

Aufgrund der bestehenden Infrastruktur am Kölner Hauptbahnhof und dichter Bebauung im Umfeld steht nur wenig Platz für die Baustelleneinrichtung am Breslauer Platz zur Verfügung. Die Vortriebsarbeiten für die beiden Tunnelröhren werden wegen des bereits vorhandenen Stadtbahntunnels zwischen den Haltestellen Breslauer Platz und Dom/Hbf. aus 2 getrennten Startbaugruben durchgeführt.

Der Vortrieb im Los Nord verläuft bis auf eine kurze Strecke, bei der im Firstbereich die Auffüllungsbereiche des alten Hafenbeckens angefahren werden, ausschließlich in den quartären Sanden und Kiesen. Der östliche Vortrieb mit einem maximalen Gefälle von 4 % und einem minimalen Kurvenradius von 240 m unterquert bereits nach wenigen Metern die Johannisstraße als Hauptzufahrtstraße zum Hauptbahnhof. Im Anschluss daran unterfährt Carmen nach 37 m Vortrieb ein Hotel mit einer zweigeschossigen Tiefgarage auf einer Länge von ca. 90 m. Der Abstand zwischen Vortriebsmaschine und Gründungssohle der Tief-



12 Höhenverlauf eines Messpunktes von der Injektionsbohrung bis zur Schilddurchfahrt

12 Height level of a measurement point from the injecting drilling to the shield passage

garage beträgt dabei zu Beginn nur etwa 1 m (Bild 13). Unmittelbar dahinter geht es unter einem Mischwasser-sammler mit 3,10 m Durchmesser hindurch. Der Abstand zur Kanalsohle beträgt etwa 3 m. Nach Unterfahrung der BE zwischen Kostgasse und Trankgasse beginnt die Unterquerung der DB-Anlagen. Zunächst werden die Stützen der S-Bahn-Erweiterung aus den 1970er-Jahren unterfahren.

Special Challenges in Contract Section North

The contract section North drive embraces 2 single-track tunnel tubes each roughly 260 m long. A shield machine with a specially fitted cutting wheel on which in addition to scraper teeth there are roller bits for the blocks and boulders incorporated in the soil as well as to penetrate the numerous areas of artificial ground is be-



13 Unterquerung Hotel und Tiefgarage Vortrieb Ost

13 Undercutting the hotel and underground garage in the eastern drive

ing used. The cutting wheel can be retracted into the shield support in order to minimise settlements.

On account of the existing infrastructure at Cologne Main Station and surrounding high-density areas there is only a limited amount of space available at Breslauer Platz for setting up the site installation yard there. The excavation work for the 2 tunnel tubes is undertaken from 2 separate starting pits on account of the existing urban light railway tunnel between the Breslauer Platz and Dom/Hbf. stations.

The drive in contract section North runs exclusively through the quaternary sands and gravels with the exception of a short section, where the fill areas for the old port basin are encountered in the roof. The eastern drive with a maximum gradient of 4 % and a minimum curved radius of 240 m crosses under the Johannis Straße – the main access route to the Main Station – after only a few metres. Then Carmen passes beneath a hotel with a 2-storey basement garage after progressing 37 m over a length of roughly 90 m. The gap between the TBM and the foundation base of the garage amounts to no more than about 1 m (Fig. 13). Directly afterwards it passes beneath a storm water collector with a diameter of 3.10 m. The gap to the collector floor amounts to some 3 m. After undercutting the site installation yard between the Kostgasse and Trankgasse, the machine passes below the supports for the S-Bahn extension carried out in the 1970s. These supports are set up on a pile abutment, which extends deep into the subsoil. There is roughly 40 cm space at each side of the foundation piles for the TBM to pass (Fig. 14). Over the final 55 m, it crosses beneath the railway embankment with the southern embankment abut-

Die Stützen liegen auf einem Pfahljoch, das tief gegründet bis in den gewachsenen Untergrund reicht. Der seitliche Abstand der Gründungspfähle zur Schildmaschine beträgt beidseitig ca. 40 cm (Bild 14). Auf den letzten 55 m wird der Bahndamm mit dem südlichen Bahndammwiderlager an der Trankgasse unterfahren, bevor die TBM zum Vortriebsende in einen vorab hergestellten Düsenstrahlkörper einfährt und demontiert wird.

Im Schacht West unmittelbar vor der B-Passage des Hauptbahnhofes erfolgt die Wiedermontage der Maschine im neuen Schildmantel. In schleifendem Schnitt werden auf der gesamten Vortriebsstrecke die Anlagen der DB AG unterquert und ca. 65 m weiter die Vordächer der A-Passage, deren 3 Vorhallenstützen auf einer Rüttelverdichtung gegründet sind. Zwischen Vortriebsmeter 85 und 90 wird eine Pfahlgruppe des Traver-



14 Durchfahrung Pfahljoch S-Bahn-Stützen Vortrieb Ost

14 Penetrating the pile abutment for the S-Bahn supports in the eastern drive

ment at the Trankgasse, before it concludes the drive in a previously created jet grouting zone – where it is dismantled.

In the shaft West directly before the Main Station's B-Passage the machine is reassembled in its new shield skin. The DB AG's facilities are undercut along the entire excavation route at a very narrow angle before after some 65 m the canopies of the A-Passage, whose 3 vestibule supports are set up on a vibro-compaction fundament are passed under. Between tunnel metres 85 and 90 the machine crosses below a group of piles for the traverse system of the S-Bahn extension with a lateral gap of some 60 cm. After driving some 100 m, the existing urban light railway tunnel is undercut at a distance of roughly 1 m to the tunnel floor. Thereafter a further group of piles, individual foundations, a railway embankment arch, abutment structures and the railway embankment are undercut prior to the exca-

Tabelle 1: TBM-Daten Los Süd und Nord

Table 1: TBM-Data Contract Section South and North


		Los Süd/ Contract Section South	Los Nord/ Contract Section North
Länge der Vortriebsmaschine/Length of tunnelling machine	[m]	76	47
Gesamtgewicht inkl. Nachläufer/Total weight incl. back-ups	[t]	1020	574
Länge Schild/Length of shield	[m]	9.65	9.15
Gewicht Schildkomponenten/Weight of shield components	[t]	630	360
Durchmesser Schild außen/External diameter of shield	[m]	8.40	6.80
Dicke Schildmantel/Thickness of shield skin	[mm]	60	60
Anzahl der Vortriebspresen/No. of driving jacks	[Stück/Piece]	28	24
Installierte Vortriebskraft/Installed driving force	[kN]	60 300	44 575
Antriebsleistung/Rated capacity	[kW] (HP)	1100 (1500)	440 (600)
Drehmoment/Torque	[kNm]	6650	2708
Stromverbrauch pro Stunde/Power consumption per h	[kWh]	2100	1200
Schneidradbestückung/Cutting wheel fitted with			
	[Schälmesser/scrapper teeth]	174	38
	[Rollenmeißel/roller bits]	19	19
Anzahl Mitarbeiter im Vortrieb/No. of excavation workers	[Schichten] [jede mit/each with]	4 35 Mann/Men	3 13 Mann/Men
	[Tage pro Woche/days per week]	7	7
Täglich gebohrte Strecke fertig gestellter Tunnel/ Rate of progress per day completed tunnel	[m]	10 bis/to 12	10 bis/to 12
Tunneldurchmesser innen/Internal diameter of tunnel	[m]	7.30	5.70

senssystems der S-Bahn-Erweiterung mit ca. 60 cm seitlichem Abstand unterquert. Nach etwa 100 m Vortrieb wird der bestehende Stadtbahntunnel mit einem Abstand zur Tunnelsohle von etwa 1 m unterfahren. Im folgenden Vortriebsverlauf werden eine weitere Pfahlgruppe, Einzelfundamente, Bahndammgewölbe, Widerlagerstrukturen und der Bahndamm unterfahren, bevor der Vortrieb West ebenfalls in einem Düsenstrahlkörper endet.

Sicherungsmaßnahmen vor Beginn der Schildfahrt

Die vorab beschriebene Streckenführung mit der Unterfahrung der verschiedenartigen, teils vorgeschädigten und setzungsgefährdeten Strukturen erfordert vielfältige Sicherungsmaßnahmen vor und ein umfangreiches Monitoring (geotechnisches Messprogramm, Erfassung, Auswertung und Interpretation relevanter Vortriebsdaten) während der Schildfahrt. Nach Auswertung der vorhandenen


Bestandsunterlagen sowie der Durchführung einer Störfall- und Gefährdungsanalyse wurden zur Sicherstellung eines setzungsarmen Vortriebs vor Vortriebsbeginn folgende Maßnahmen durchgeführt:

- Abfangung der Gründungssohle der Tiefgarage und des Hotels über Düsenstrahlkörper, die als Querschotte für den Schildvortrieb ausgebildet sind.
- Abfangung des Bahndammwiderlagers an der Trankgasse mittels Düsenstrahlkörper.
- Sicherung des Widerlagers Johannisstraße über eine Setzungsbremse aus Düsenstrahlsäulen.
- Verkittung aufgelockerter Bodenbereiche mittels Feststoffeinpressung (linksrheinischer Hochsammler, Stadtbahntunnel, Bahndammgewölbe).
- Abfangung des Stadtbahntunnels mittels Düsenstrahlsäulen sowie Einbau einer Stahlabfangkonstruktion in den Stadtbahntunnel.
- Einbau und Vorhaltung von Hebekonstruktionen für die Bahnhofsvordächer und S-Bahn-Stützen. 

vation West ending up in a jet grouting zone.

Safety Measures prior to the Shield Excavation

The above-mentioned route alignment which involves undercutting various structures, some of which had suffered prior damage and were endangered by settlement calls for all kinds of safety measures as well as extensive monitoring (geotechnical measurement programme, processing, evaluation and interpretation of relevant excavation data) during the shield drive. After evaluating the existing documents as well as carrying out a fault and danger analysis, the following measures were introduced to secure a drive as devoid of settlements as possible prior to starting the excavation:

- Underpinning the foundations of the underground garage and the hotel by means of jet grouting zones, which are designed as lateral bulkheads for the shield excavation.
- Underpinning the railway embankment at the Trankgasse by means of jet grouting zones.
- Securing the Johannis Straße abutment by means of a settlement reducer consisting of jet grouting columns.
- Cementing loose soil areas by grouting them with solid materials (collector on the left bank of the Rhine, urban light railway tunnel, railway embankment arch).
- Underpinning the urban light railway tunnel by means of jet grouting columns as well as by installing a steel supporting structure in the tunnel.
- Installation and provision of hoisting structures for the station canopies and S-Bahn supports. 

Fliegende Schildanfahrt: Innovatives Anfahrverfahren für Tunnel im Schildvortriebsverfahren

S. Assenmacher

Ein neues, von Hochtief entwickeltes Verfahren für Schildanfahrten, welches gegenüber der konventionellen Anfahrt der TBM mit starrer Rücksteifkonstruktion und einer aus mehreren Tübbingringen bestehenden Blindröhre große Vorteile aufweist, ist erstmalig beim Bau der neuen Nord-Süd Stadtbahn in Köln/D eingesetzt worden. Im folgenden Beitrag wird über die Erfahrungen berichtet.

1 Einleitung

Bei Tunnelbauprojekten im Schildvortriebsverfahren liegen die Vortriebsarbeiten bei der Betrachtung der Gesamtbauzeit häufig auf dem kritischen Weg. Bei der Terminplanung auf der Baustelle sind daher neben der Herstellung der Anfahr- und Zielschächte und den reinen Vortriebsarbeiten auch zunehmend die Schildanfahrt und die Schildausfahrt zu berücksichtigen.

Durch eine Optimierung von Bauabläufen lassen sich bereits in der Anfahrphase des Schildvortriebs Bauzeit und damit verbunden auch Kosten

einsparen. Hierfür wurde von der Hochtief Construction AG, Niederlassung CET Essen/D, ein innovatives Verfahren für den Anfahrvorgang einer Schildvortriebsmaschine entwickelt und beim Europäischen Patentamt zum Patent angemeldet: die Fliegende Schildanfahrt. Dieses neue Verfahren kam erstmals im Juli 2006 beim Bau der Nord-Süd Stadtbahn Köln der Kölner Verkehrs-Betriebe AG zum Einsatz.

2 Konventionelle Schildanfahrkonstruktion bei TBM-Vortrieben

Zu Beginn des Vortriebs fährt die Vortriebsmaschine aus einer Startbaugrube in den Baugrund ein. Hierzu ist eine Hilfskonstruktion notwendig, an der sich die

“Flying Shield Start-Up”: innovative Start-Up Method for Shield-driven Tunnels

S. Assenmacher

A new method for starting up shields devised by Hochtief was used for the first time for building the new North-South Urban Light Railway in Cologne/D. It possesses major advantages compared with the conventional TBM start-up with a fixed rigid structure and a blind pipe consisting of several segmental rings. The following report contains the findings obtained by applying this method.

1 Introduction

As far as tunnelling projects employing the shield driving method are concerned, the excavation work frequently finds itself on a critical path seen in conjunction with the total construction time. As a consequence, when it comes to scheduling deadlines on site, the shield start-up and the shield arrival phases have increasingly to be taken into consideration in addition to the production of the start-up and target shafts and the pure tunnelling operations as such.

Thanks to optimising construction phases, time and in turn, costs can be saved even during the start-up phase for a shield excavation. Towards this end, an innovative method was developed by the Hochtief Construction AG, CET Branch Essen/D for the start-up phase

of a tunnelling machine and registered with the European Patent Office: the “flying shield start-up” patent. This new method was introduced in July 2006 for producing the Cologne Transportation Services’ North-South Urban Light Railway in Cologne.

2 Conventional Shield Start-Up Design for TBM Drives

At the beginning of the excavation the TBM moves from its starting pit into the subsurface. This requires an auxiliary structure, on which the TBM supports itself in order to advance. In the case of the conventional shield start-up, a

Dipl.-Ing. Stephan Assenmacher, Hochtief Construction AG, NL CET Essen/D

Dipl.-Ing. Stephan Assenmacher, Hochtief Construction AG, CET Branch Essen/D

Vortriebsmaschine abstützen und vorschieben kann. Bei der konventionellen Schildanfahrt dient eine starre Stahlrücksteifkonstruktion als Widerlager für die in den Berg einfahrende Vortriebsmaschine. Die Anfahrkräfte der Vortriebspresen werden durch mehrere sukzessiv einzubauende Blindringe und einen Druckring in die Rücksteifkonstruktion eingeleitet. Es entsteht eine Blindtübblingröhre, die den engen Raum einer Startbaugrube weiter einengt und so die Vortriebsarbeiten und die Andienung des Vortriebs behindert (Bild 1).

Je nach Durchmesser der Tunnelvortriebsmaschine und den zu erwartenden Vortriebskräften bei der Schildanfahrt sind massive Stahlkonstruktionen für Rücksteifkonstruktion, Druckring, Blindringabstützung und Schildwiege notwendig, die vor Vortriebsbeginn montiert und nach Funktionslosigkeit der Anfahrkonstruktion wieder demontiert werden müssen. Hinzu kommt die Montage bzw. Demontage der Blindtübblinge mit je nach Durchmesser ebenfalls sehr hohen Lasten.

3 Entwicklung der Fliegenden Schildanfahrt

Aus den gesammelten Erfahrungen mit den Arbeitsabläufen von diversen Schildanfahrten, wie vorab beschrieben, entstand die Idee eines optimierten Bauablaufs, bei dem das Widerlager für die Vortriebspresen der Tunnelvortriebsmaschine während der Schildanfahrt automatisch in Richtung der Stirnwand der Baugrube mitwandert.

Für den Vorschub der so genannten Fliegenden Schildanfahrt musste eine Hydrauliksteuerung entwickelt werden, die einerseits sämtliche



1 Herkömmliche Rücksteifkonstruktion und Blindringabstützung Herrentunnel Lübeck

1 Conventional rigid structure and blind ring support for the Lübeck Herren Tunnel

möglichen Betriebszustände bei der Schildanfahrt abdeckt und andererseits so flexibel ist, dass sie ohne großen Aufwand für andere Projekte mit geänderter Anzahl von Hohlkolbenpressen bzw. anderer Pressengruppenaufteilung einsetzbar ist. Hierzu wurde im Vorfeld sowohl für das Projekt Nord-Süd Stadtbahn Köln als auch für das Projekt U-Bahn München–Moosach, bei der die Fliegende Schild-

fixed rigid structure serves as the abutment for the advancing tunnelling machine. The start-up forces of the advancing jacks are transferred into the rigid structure by a number of consecutively installed blind rings and a pressure ring. A blind segmental tube is created, which further constricts the narrow space available for the start-up pit thus hampering the excavating work and accomplishing the drive (Fig. 1).

Depending on the diameter of the TBM and the anticipated driving forces when starting-up the excavation, massive steel structures are needed for the rigid installation, pressure ring, blind ring support and shield cradle, which have to be assembled prior to the excavating stage and disassembled once the start-up structure is no longer required. In addition, the blind segments possibly also with very high loads depending on the diameter must be assembled and disassembled.

3 Developing the “Flying Shield Start-Up”

Based on the collected findings with the operating sequences of various shield start-ups, as previously described, the idea of an optimised construction phase, during which the abutment for the TBM's driving jacks automatically advanced towards the excavation pit's front wall during the shield start-up was conjured up.

A hydraulic steering system had to be devised for advancing the so-called “flying shield start-up”, which on the one hand, covers all possible operating modes when the shield is started-up and on the other is so flexible that it can be used for other projects after altering the number of hollow piston jacks or alternatively with a different jacking arrangement. Towards this end, specifications were developed for the machine manufacturer both for the North-South Urban Light Railway in Cologne as well as for the Munich Moosach Metro project, which also makes use of the “flying shield start-up”. Jacking forces and jacking force distributions were assessed from relevant driving data obtained from previously completed projects. As a result, the minimal and maximal forces ex-



2 Detail Stützbockkonstruktion Druckring mit Hohlkolbenpressen und Ankermuttern

2 Support chock structure – pressure ring with hollow piston jacks and anchor nuts

anfahrt ebenfalls eingesetzt wird, ein Pflichtenheft für den Anlagenhersteller entwickelt. Aus relevanten Vortriebsdaten von bereits abgewickelten Projekten wurden Pressenkräfte und Pressenkraftverteilungen ausgewertet. Dadurch konnten die minimal und maximal zu erwartenden Kräfte auf den Positionen der Hohlkolbenzylinder abgeschätzt und vorgegeben werden. Weiterhin wurde für eine zulässige Schiefstellung des Druckrings während des Vorschubs ein Grenzwert von 0,25 % vorgegeben. Für das Projekt in Köln mit einem horizontalen Abstand der beiden vertikalen Kraftachsen von rd. 8 m bedeutet das, dass bei Überschreitung eines Differenzwertes zweier Pressengruppen von mehr als 20 mm eine automatische Korrektur eingeleitet wird und die nachlaufende Pressengruppe nachgefahren wird.

Mittels einer Störfallanalyse wurden Situationen und Zustände bei der Fliegenden Schildanfahrt bewertet, die mit der zu entwickelnden Hydrauliksteuerung sicher zu bewältigen sein mussten. Hierzu zählen beispielsweise der Bruch einer Hydraulikleitung, das Versagen einer Zugstange oder ein Stromausfall. In allen Fällen muss die Hydrauliksteuerung in der Lage sein, das System unmittelbar in den sicheren Zustand (Halten) zu überführen, um ein ungewolltes Zurücklaufen von TBM und Druckring über den anstehenden Stützdruck zu vermeiden.

4 Konstruktionsmerkmale der Fliegenden Schildanfahrt

Die Fliegende Schildanfahrt besteht im Wesentlichen aus einer Stahlbaukonstruktion und

einer Hydraulikanlage mit Hohlkolbenpressen. Der Stahlbau besteht aus einem Druckring, an dessen Außenumfang rückwärtig Stützbocke im Durchgreifungsbereich der Zugstangen angeordnet sind. Hinter den Stützbocken werden die Hohlkolbenpressen der Hydraulikanlage montiert. In der Stützbockkonstruktion und hinter dem Hohlkolbenzylinder wird die Zugstange, die für eine Kraftweiterleitung in Richtung der Anfahrwand sorgt, durch eine Ankerplatte und eine Ankermutter gesichert (Bild 2).

Die weitere Ableitung der Kräfte kann je nach Projekt unterschiedlich erfolgen, beispielsweise über Vertikalträger in eine Baugrubenaussteifung und den Sohlversprung des Startschachtes, wie beim Projekt der Nord-Süd Stadtbahn in Köln.

Der Druckring wird hinter der TBM auf einer Betonschildwiege abgesetzt. Aufgrund der geometrischen Abhängigkeiten zwischen Schildmantel und Vortriebspresen werden 1 bis 2 Tübbingringe als Distanzausgleich zwischen den Vortriebspresen und dem Druckring in den Schildschwanz eingebaut. Diese werden während des anschließenden Anfahrvorgangs der Fliegenden Schildanfahrt zusammen mit Vortriebsmaschine und Druckring über die Hohlkolbenzylinder vorgeschoben. Die Vortriebspresen der Tunnelvortriebsmaschine haben während der Fliegenden Schildanfahrt nur eine halten-de Funktion.

Die Hohlkolbenzylinder sind zur Reaktion auf ungewollte translatorische Lageänderungen in mehrere Pressengruppen aufgeteilt. Jede Pressengruppe wird über einen eigenen Hydraulikkreislauf angesteuert. Am Steuerstand der Fliegenden Schildanfahrt wer-

pected to act on the hollow piston cylinders could be estimated and prescribed. A 0.25 % limit value was also established for a permissible inclination of the pressure ring when advancing. For the Cologne project with a horizontal distance of the 2 vertical force axes of roughly 8 m this signifies that should a differential value of 2 groups of jacks be exceeded by more than 20 mm, this is automatically corrected and the next group of jacks follows up.

By employing a fault analysis, situations and states for the "flying shield start-up" were assessed, which had to be safety mastered by means of the hydraulic steering system that had to be developed. These include for instance, a hydraulic line breaking, failure of a tension rod or a power cut. In all these cases, the hydraulic line had to be capable of immediately restoring the system to safe state (hold) in order to avoid the TBM and pressure ring from running back involuntarily as a result of the prevailing supporting pressure.

4 Structural Features of the "Flying Shield Start-Up"

The "flying shield start-up" largely comprises a steel structure and a hydraulic unit with hollow piston jacks. The steel structure consists of a pressure ring, on the outer circumference of which support chocks are set up towards the rear in the intervention area of the tension rods. Behind the support chocks, the hollow piston jacks for the hydraulic unit are mounted. In the support chock structure and behind the hollow piston cylinders the tension rod, which caters for further transferring the forces towards the driving wall, is secured by an anchor plate and a nut (Fig. 2).

Any further transfer of forces can be carried out in accordance with the project in question, for example, via vertical girders into construction pit bracing and the start-up shaft's floor projection as is the case with the North-South Urban Light Railway project in Cologne.

The pressure ring is set down on a concrete shield cradle behind the TBM. Owing to the geometrical relationships between the shield skin and the advancing jacks 1 to 2 segmental rings are selected to compensate the distance between the advancing jacks and the pressure ring in the shield tail. During the subsequent start-up procedure, these are advanced together with the TBM and the pressure ring via the hollow piston cylinders. The TBM's driving jacks only exert a holding function during the "flying shield start-up".

The hollow piston cylinders are divided up into a number of groups in order to react to any undesired translational changes in position. Each group of jacks is controlled by means of its own hydraulic circuit. The thrust parameters are entered at the control stand for the "flying shield start-up". In addition to the permissible driving force further parameters such as force distribution above/below and left/right, maximum thrust speed or maximum inclination can be fed in (Fig. 3).

The start-up procedure then takes place as follows: the thrust from TBM, distance segments and pressure ring is effected by initiating the hollow piston jacks behind the pressure ring. Mechanical path measurement systems are installed in the form of cable control sensors between the start-up rim and the pressure ring to facilitate position control at any time. If the pressure ring's predetermined inclination is exceeded the advance group of jacks is auto-

den die Vorschubparameter vorgegeben. Neben der maximal zulässigen Vortriebskraft können in einer ersten Parametrierungsebene weitere Parameter wie Kraftverteilung oben/unten und links/rechts, maximale Vorschubgeschwindigkeit oder maximale Schiefstellung eingegeben werden (Bild 3).

Der Anfahrvorgang läuft anschließend folgendermaßen ab: Der Vorschub von TBM, Distanzübungen und Druckring erfolgt über das Beaufschlagen der Hohlkolbenpressen hinter dem Druckring. Zur jederzeitigen Lagekontrolle des Druckrings sind zwischen Startbrille und Druckring mechanische Wegmesssysteme in Form von Seilzugsensoren installiert worden. Bei Überschreitung der vorgegebenen Schiefstellung des Druckrings erfolgen automatisch ein Abregeln der vorlaufenden und ein Hochregeln der nachlaufenden Pressengruppe. Die Vorschubgeschwindigkeit kann je nach Situation erhöht oder gesenkt werden. Die aktuellen Vorschubdaten der Fliegenden Schildanfahrt werden während des Vorschubs an der Bildschirmvisualisierung abgelesen (Bild 4).

Um Schäden an der TBM zu vermeiden, ist die SPS der Vortriebsmaschine mit der SPS der Fliegenden Schildanfahrt gekoppelt. Erst wenn von der TBM die Betriebsbereitschaft in Form eines elektronischen Signals gesendet wird, kann die Fliegende Schildanfahrt den Vortrieb beginnen. Bei Über-/Unterschreitung vorab festgelegter Grenzwerte der Vortriebsmaschine (wie z. B. minimale Schneidraddrehzahl) erlischt die Betriebsbereitschaft, und der Vorschub der Fliegenden Schildanfahrt wird automatisch gestoppt. Nachdem die Hohlkolbenpressen



3 Parametrierungsbildschirm Bedieneinheit Fliegende Schildanfahrt

3 Parametrification display – operating unit for the “flying shield start-up”

komplett ausgefahren sind, werden zunächst die Ankermuttern in den Stützböcken des Druckringes nachgespindelt. Hierdurch wird sichergestellt, dass das Gesamtsystem kraftschlüssig bleibt, wenn die Hohlkolbenpressen eingefahren und die Ankermuttern hinter den Pressen nachgespindelt werden. Anschließend erfolgt ein neuer Vorschubzyklus, der so oft wiederholt wird, bis sich der Druckring in der vorab berechneten Endstellung (zumeist abhängig von der

automatisch throttled und die follow-up group intensiviert. The thrusting speed can be increased or decreased according to need. The current thrust data for the “flying shield start-up” are read from the display visualisation during the advance.

In order to avoid damage occurring to the TBM, the SPS of the tunnelling machine is coupled with the SPS of the “flying shield start-up”. The “flying shield start-up” can first initiate the excavation once the TBM transmits an electronic signal to

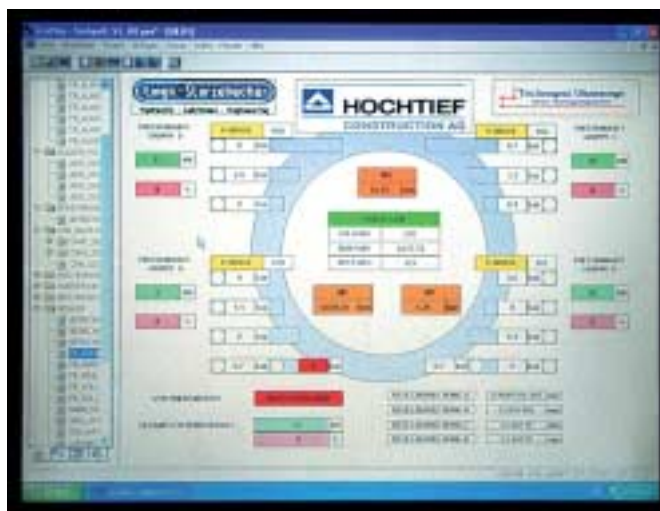
indicate it is ready to operate. If predetermined limit values for the TBM (as e.g. minimum cutter wheel speed) is exceeded or underrun the operational mode is cancelled and advancing of the “flying shield start-up” is automatically stopped. Once the hollow piston jacks have been completely extended, the anchor nuts are first of all inserted in the support chocks of the pressure ring. In this way it is ensured that the total system remains gravity-activated when the hollow piston jacks are retracted and the anchor nuts inserted behind the jacks. A new thrusting cycle follows, which is repeated until the pressure ring is located in the previously calculated final position (usually depending on the prescribed position of the first segmental ring retained in the subsequent structure).

From the final position of the pressure ring the excavation continues via the TBM thrusting jacks until the start-up rim is treated with mortar. Once this is accomplished and the driving operations are resumed the entire start-up structure can be disassembled as soon as it is not longer required.

The shield start-up with the “flying shield start-up” affords the following major advantages:

Saving Construction Time

The start-up phase can be undertaken right up to the grouting position without interruption. On the other hand, the assembly of the blind segments in the case of the conventional approach requires a substantial amount of time as usually an ovalisation of the blind segment pipe results from the intrinsic weight of the segments, which can have the effect that the shield tail seal no longer lies flush against the segment in the grouting position in the roof zone.



4 Visualisierung Vorschubdaten Fliegende Schildanfahrt

4 Visualisation of thrusting data for the “flying shield start-up”

vorgegebenen Lage des ersten bleibenden Tübbingrings im späteren Bauwerk) befindet.

Aus der Endstellung des Druckrings erfolgt der weitere Vortrieb über die Vortriebspresen der TBM bis in die Position zur Vermörtelung der Anfahrbrille. Nach Vermörtelung der Anfahrbrille und der Wiederaufnahme der Vortriebsarbeiten kann die gesamte Anfahrkonstruktion zurückgebaut werden, sobald diese funktionslos ist.

Die Schildanfahrt mit der Fliegenden Anfahrkonstruktion bietet folgende wesentliche Vorteile:

Bauzeiteinsparung

Die Anfahrphase kann bis zur Verpressstellung ohne Unterbrechung durchgeführt werden. Hingegen erfordert die Montage der Blindtübblingröhre bei der konventionellen Anfahr einen hohen zeitlichen Aufwand, da sich durch das Eigengewicht der Tübbingsteine zumeist eine Ovalisierung der Blindtübblingröhre einstellt, die dazu führen kann, dass die Schildschwanzdichtung in der Verpressstellung im Firstbereich nicht mehr am Tübbing anliegt.

Herstellkosten

Bei der Fliegenden Schildanfahrt ist gegenüber der konventionellen Schildanfahrt deutlich weniger Stahlbau erforderlich. Der Druckring bei der Fliegenden Schildanfahrt ist zwar massiver ausgebildet als bei der konventionellen Schildanfahrt, jedoch entfallen dafür Blindringabstützung und Rücksteifkonstruktion. Auch die Schildwiege kann wegen der entfallenden Blindringabstützung deutlich einfacher (z. B. als Beton-



5 Fliegende Schildanfahrkonstruktion mit TBM in Startposition

5 "Flying shield start-up" structure with TBM in starting position

schildwiege mit Stahlgleitkufen) hergestellt werden. Neben dem geringeren Stahlbauaufwand ist auch die Anzahl der Blindringe mit 1 bis 2 Ringen deutlich geringer als bei der konventionellen Schildanfahrt, bei der je nach Situation 7 bis 9 Blindringe benötigt werden. Zudem reduzieren sich aus den vorab beschriebenen Punkten die Kosten für die Montage und Demontage der Anfahrkonstruktion.

Arbeitssicherheit

Gerade Montage- und Demontagevorgänge stellen unter dem Gesichtspunkt der Arbeitssicherheit ein hohes Gefährdungspotenzial dar. Das Handling schwerer und teilweise vorgespannter Stahlteile unter beengten Platzverhältnissen und ohne direkten Sichtkontakt zwischen Kranführer und dem Anschläger sowie der Rückbau der Blindringkonstruktion, bei der das Personal teilweise Arbeiten auf der (möglicherweise mit Schildschwanzfett verunreinigten) Tübbingaußenseite durchführen muss, sind nur 2 typische Beispiele. Durch den Einsatz der Fliegenden Schildanfahrt können diese Gefährdungen deutlich reduziert werden.

Production Costs

Considerably less steel is required for the "flying shield start-up" compared with the conventional approach. The pressure ring in the case of the "flying shield start-up" admittedly possesses a more massive form than in the case of the conventional shield start-up, however, the blind ring support and the rigid structure are not required. The shield cradle can also be produced in a much simpler manner (e.g. as concrete shield cradle with steel slide guides) as there is no need for the blind ring to be supported. Apart from the reduced need for structural steel the number of blind rings – 1 to 2 – is considerably less than number required for the conventional approach – where depending on the circumstances as many as 7 to 9 blind rings are needed. In addition, these aspects also result in the costs for assembly and dismantling of the start-up structure being reduced.

Industrial Safety

Assembly and disassembly jobs in particular represent a high potential danger in terms of industrial safety. Handling heavy and in some cases, pretensioned steel parts under constricted space conditions and without any direct visual

contact between the crane operator and the rigger as well as the removal of the blind ring structure, which sometimes entails the work force having to undertake jobs on the outer side of the segments (possibly contaminated by shield tail grease) are only 2 typical examples. Through the application of the "flying shield start-up" these potential risks can be substantially reduced.

6 Initial Application for the North-South Cologne Urban Light Railway, Contract Section North

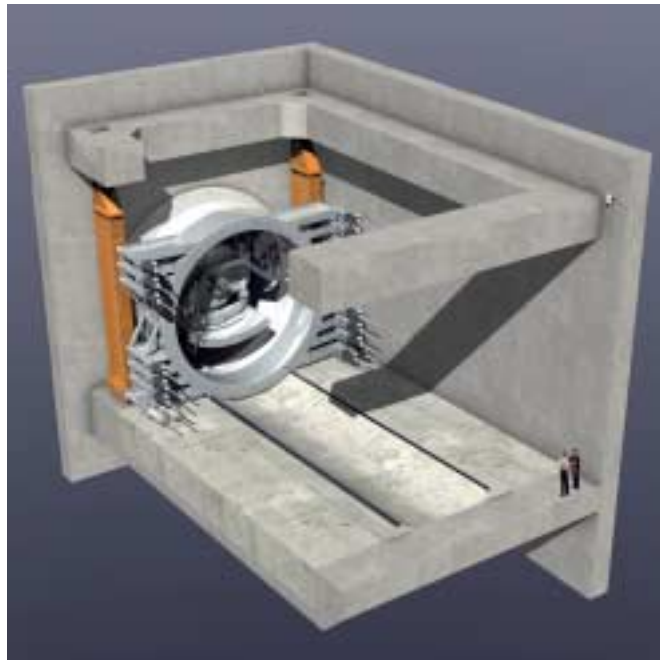
The assembly of the tunneling machine with 6.80 m diameter as well as the components for the "flying shield start-up" began in the northern contract section of the Cologne North-South Urban Light Railway in May 2006 (Fig. 7). On account of the problems relating to an inner urban construction site with extremely constricted space there was only a very short distance of in each case 33 m available for setting up the tunneling machine in the 2 starting shafts that were separated from one another. Furthermore a part of the excavation pit at the eastern shaft is partially covered by an ancillary bridge, something which leads to further space restrictions during assembly and disassembly quite apart from supply logistics. At the western shaft assembly and disassembly operations and supplying the drive were restricted and hampered by the roof accessing Cologne's Main Station, which partly protruded over it.

After concluding the assembly preparations for the TBM and pressure ring with a hydraulic unit, the eastern shield passage drive with the "flying shield start-up" commenced on July 8th, 2006 (Fig. 8). First of all,

6 Ersteinsatz beim Projekt Nord-Süd Stadtbahn Köln, Los Nord

Im Mai 2006 begannen im Los Nord der Kölner Nord-Süd Stadtbahn die Montage der Vortriebsmaschine mit einem Durchmesser von 6,80 m sowie die Montage der Komponenten für die Fliegende Schildanfahrt (Bild 7). Aufgrund der Problematik einer innerstädtischen Baustelle mit sehr geringen Baustelleneinrichtungsflächen ergab sich bei der Schildanfahrt in den beiden voneinander getrennten Startschächten eine sehr geringe Aufstelllänge von jeweils etwa 33 m für die Vortriebsmaschine. Im Bereich des Schachtes Ost ist zudem ein Teil der Baugrube durch eine Hilfsbrücke abgedeckt, was zu einer weiteren Platz einschränkung bei Montagen und Demontagen sowie für die Versorgungslogistik führte. Im Bereich des Schachtes West wurden Montagen, Demontagen und die Vortriebsversorgung durch das teilweise über den Schacht ragende Vordach des Zugangs zum Kölner Hauptbahnhof eingeschränkt und erschwert.

Nach Abschluss der Montagevorbereitungen von TBM und Druckring mit Hydraulikanlage begann am 8. Juli 2006 der Vortrieb für die Schildfahrt Ost mit der Fliegenden Schildanfahrt (Bild 8). Zunächst wurde die 80 cm dicke unbewehrte Schlitzwand (B 25) der Anfahrwand durchörtert. Hierbei wurde eine Vorschubgeschwindigkeit von etwa 5 mm/min gefahren. Im anschließenden 3,40 m langen Dichtblock (Dichtwandmasse) konnte bereits eine Vorschubgeschwindigkeit von 10 bis 15 mm/min gefahren werden.



6 Fliegende Schildanfahrkonstruktion in Endstellung

6 "Flying shield start-up" structure in final position

Schon der Ersteinsatz der Fliegenden Schildanfahrt zeigte ein sehr positives und überzeugendes Ergebnis. Der Vorschub des Gesamtsystems aus TBM, Distanztübbing und Druckring verlief ohne Probleme innerhalb der vorgegebenen Grenzwerte bezüg-

the 80 cm thick unreinforced diaphragm wall (B 25) of the start-up wall was penetrated. In the process, progress of roughly 5 mm/min was achieved. In the adjoining 3.40 m long sealing block (cut-off wall) a rate of advance of 10 to 15 mm/min could be attained.



7 Fliegende Schildanfahrkonstruktion und TBM in Startposition Vortrieb Ost

7 "Flying shield start-up" structure and TBM in starting position in eastern drive

The first application of the "flying shield start-up" revealed a highly positive and convincing result. The total system consisting of TBM, distance segments and pressure ring advanced without any problems arising within the foreseen limit values with respect to thrusting forces, rate of advance and permissible inclination of the pressure ring so that no modifications at all were required for the second application. Furthermore, for the "flying shield start-up" for the western drive in December 2006, the peripheral sequences could be further modified so that the rate of advance could be increased without any problem to 25 mm/min after leaving the cut-off wall. The "flying shield start-up" could be driven to its final position in only 36 h (12 of which were required to replace the slurry after vacating the cut-off wall).

7 Outlook

After the successful application for the Cologne North-South Urban Light Railway, contract section North, the "flying shield start-up" will be used for its next project – the New Schlüchtern Tunnel (10.24 m TBM diameter) with a shield drive and subsequently for the Munich-Moosach Underground Line 3 project (7.40 m TBM diameter) with altogether 4 shield drives. By devising the installation for up to 40 hollow piston jacks (= max. 48,000 kN) and increasing the flexibility of the programming, the "flying shield start-up" can also be used for larger shield diameter and higher thrusting forces. The goals of cutting construction time, lowering production costs and increasing industrial safety were translated so successfully into practice on site in Cologne by the "flying shield start-up" procedure developed by Hochtief that further applications are as-

lich Vorschubkräften, Vortriebsgeschwindigkeit und zulässiger Schiefstellung des Druckrings, sodass für den zweiten Einsatz keinerlei Modifikationen mehr durchgeführt werden mussten. Bei der Fliegenden Schildanfahrt für den Vortrieb West im Dezember 2006 konnten zudem die peripheren Abläufe weiter optimiert werden, sodass nach Verlassen des Dichtblockes die Vortriebsgeschwindigkeit problemlos auf 25 mm/min gesteigert werden konnte. In nur 36 Stunden (davon 12 Stunden für einen Bentonit austausch beim Verlassen des Dichtblockes) konnte die Fliegende Schildanfahrt in Endstellung gefahren werden.

7 Ausblick

Nach dem erfolgreichen Einsatz bei dem Projekt Nord-Süd Stadtbahn Köln, Los Nord, ist im Frühjahr 2007 der nächste Einsatz der Fliegenden Schildanfahrt beim Projekt Neuer Schlüchterner Tunnel (TBM-Durchmesser 10,24 m) mit einer Schildanfahrt und im Anschluss daran beim Projekt

U-Bahn Linie 3 München-Moosach (TBM-Durchmesser 7,40 m) mit 4 Schildanfahrten vorgesehen. Durch Auslegung der Anlage für bis zu 40 Hohlkolbenpressen (= max. 48 000 kN) und Flexibilität in der Programmierung ist die Fliegende Schildanfahrt jedoch auch bei größeren Schilddurchmessern und höheren Anfahrkräften sinnvoll einsetzbar. Die Ziele Bauzeitsparung, Senkung der Herstellkosten und Erhöhung der Arbeitssicherheit konnten mit der von Hochtief entwickelten Fliegenden Schildanfahrt auf der Baustelle in Köln so erfolgreich umgesetzt werden, dass weitere Einsätze folgen werden und letztlich eine Standardisierung des Systems Fliegende Schildanfahrt erreicht wird. Ein erster Schritt hierzu ist die Vergabe der Euro-Test-Plakette (ET-Plakette) im Rahmen der Baumusterprüfung auf europäischer Ebene für die Fliegende Schildanfahrt durch die Prüf- und Zertifizierungsstelle der BG-Bau im Dezember 2006.



8 Fliegende Schildanfahrkonstruktion und TBM während des Vorschubes

8 "Flying shield start-up" structure and TBM during advancing



9 Fliegende Schildanfahrkonstruktion in Endstellung

9 "flying shield start-up" structure in final position

sured so that ultimately the "flying shield start-up" system will be standardised. A first step in this direction is the awarding of the Euro test certificate within the framework of conformi-

ty testing at European level for the "flying shield start-up" by the test and certification office of the BG-Bau in December 2006.



Nord-Süd Stadtbahn Köln/D, Teil IV – Bauen in der City

G. Meyer, R. Pabst

Halbzeit für den Kölner Tunnelbau:
Der Schildvortrieb unterhalb der dicht bebauten Alt- und Innenstadt (tunnel 7/2006, S. 10 ff. und tunnel 3/2007, S. 23 ff.) wurde am 4. August 2007 erfolgreich abgeschlossen. Die Bauarbeiten sind damit jedoch nicht beendet, belasten weiterhin Anwohner, Gewerbetreibende und Besucher der quirligen Millionenstadt. Wie die Bauherrin Kölner Verkehrs-Betriebe AG dieser Herausforderung begegnet, beschreibt der folgende Beitrag.

1 Motivation und Zielsetzung

Die Nord-Süd Stadtbahn Köln ist das derzeit größte städtebauliche Projekt im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) in Deutschland. Nach der Fertigstellung wird sie die Anziehungskraft der pulsierenden Rheinmetropole mit ihren zahlreichen kulturellen Veranstaltungen für die Kölner ebenso wie für Gäste und Pendler noch weiter steigern. Die Verbindung schließt eine bisher zwischen nördlicher und südlicher City bestehen-

de Lücke im Stadtbahnnetz (Bild 1). Zugleich entlastet sie den stark frequentierten Innentadtunnel, in dem sehr kurze Taktzeiten eine große Störanfälligkeit darstellen und für Verspätungen sorgen.

Die unmittelbaren Vorteile der neuen Verbindung bestehen in der seit Langem notwendigen, direkten und schnellen Anbindung der südlichen Stadtteile an die Innenstadt und den Hauptbahnhof. Fahrgäste, die die City in Richtung Süden oder Norden durchqueren wollen, können ihre Ziele künftig direkt ansteuern, bisher unvermeidbare Umwegfahrten über die Ringlinien entfallen. Vom Breslauer Platz gelangt man in 6 Minuten zum Chlodwigplatz – 8 Minuten schneller als heute.

Die Anbindung ist besonders wichtig für das „urkölsche“ Severinsviertel, ein Stadtteil, der von einer ca. 1 km langen Shoppingmeile dominiert wird und relativ

Cologne's North-South Urban Light Railway, Part IV – Building in the City

G. Meyer, R. Pabst

It's half-time for tunnelling in Cologne: the shield drive below the densely populated Old Town and city centre (tunnel 7/2006, p. 10ff and tunnel 3/2007, p. 23ff) was successfully concluded on August 4th, 2007. However, construction work is by no means finished and continues to bother residents, tradesmen and visitors to the lively metropolis. The following report reveals how the client – Kölner Verkehrs-Betriebe AG – is tackling this challenge.

1 Motivation and Target

Cologne's North-South urban light Railway is currently the largest urban construction project being undertaken by public commuter transportation in Germany. Once it is completed it will further enhance the attractiveness of the pulsating Rhine metropolis with its manifold cultural events both for the locals as well as for guests and commuters. The link will close the gap in the urban rail network existing between the northern and southern parts of the city (Fig. 1). At the same time it will relieve the busy inner urban tunnel which is subject to hold-ups and delays on account of extremely short frequencies.

The immediate advantage of the new link is that the southern parts of town will be connected more directly and faster with the centre and the Main Station something that has been necessary for a long time.

Passengers, who want to travel from the centre towards the north or south, will be able to reach their destination directly without first having to take a circuitous route via the ring lines. It will be possible to travel from Breslauer Platz to Chlodwigplatz in 6 min – 8 min faster than at present.

The link is of particular importance for the Severinsviertel district – which is "Kölsch" through and through. A district that is dominated by a roughly 1 km long shopping mile offer-

Gudrun Meyer, Mediensprecherin Unternehmenskommunikation, Leiterin Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Nord-Süd Stadtbahn Köln, Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Köln/D
Dipl.-Ing. Rolf Pabst, Projektleiter Nord-Süd Stadtbahn Köln, Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Köln/D

Gudrun Meyer, Media Spokesperson Company Communications, Head of Press and PR for Cologne's North-South light urban Railway, Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Cologne/D
Dipl.-Ing. Rolf Pabst, Project Manager for Cologne's North-South light urban Railway, Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Cologne/D

gute Einkaufs- und Ausgehmöglichkeiten bietet. Bisher ist das Gebiet jedoch lediglich durch 2 Buslinien erschlossen. Die Stagnation der Wirtschaft des vergangenen Jahrzehnts, die sich allerorten in der Entwicklung der Geschäftsviertel durch Leerstände bzw. den Einzug von „Ein-Euro-Billigläden“ bemerkbar machte, hat auch hier ihre Opfer gefordert und die Attraktivität dieses Stadtraumes geschmälert. Abgesehen von weiteren verkehrlichen Vorteilen für die gesamte Stadt und ihr Verkehrsnetz wird die Nord-Süd Stadtbahn Köln das sog. Frings-Veedel in einer Weise an die Innen- und Altstadt anbinden, die geeignet ist, das durchmischte Geschäfts- und Wohnviertel enorm aufzuwerten und seinen in der Vergangenheit erlittenen Bedeutungsverlust wettzumachen – ein Effekt, der den Anwohnern und Gewerbetreibenden neben der gewonnenen größeren Mobilität gleichermaßen zugute kommen wird.

2 Planung und Realisation

Die Nord-Süd-Trasse verläuft mit insgesamt 8 Stationen weitgehend unterhalb der dicht bebauten Kölner Alt- und Innenstadt und verbindet die Region um den Hauptbahnhof mit der Marktstraße als südlichstem Haltepunkt.

Der Bau erfolgt in 3 Stufen: Die **erste Baustufe** erstreckt sich vom Breslauer Platz am Hauptbahnhof quer unter der Alt- und Innenstadt bis zur Marktstraße im Kölner Süden. Der größte Teil dieser rd. 4 km langen Trasse verläuft unterirdisch in 2 eingleisigen, parallelen Tunnelröhren. Nur 270 m werden oberirdisch gebaut: 160 m davon entfallen auf eine Rampe, auf der die Nord-Süd Stadtbahn kurz vor dem süd-



1 Streckenplan

1 Route plan

lichen Endpunkt den Underground verlässt, weitere 110 m auf die daran anschließende oberirdische Haltestelle Marktstraße. Im Verlauf der ersten Baustufe entstehen die 7 unterirdischen Haltestellen Breslauer Platz, Rathaus, Heumarkt, Severinstraße, Kartäuserhof, Chlodwigplatz und Bonner Wall.

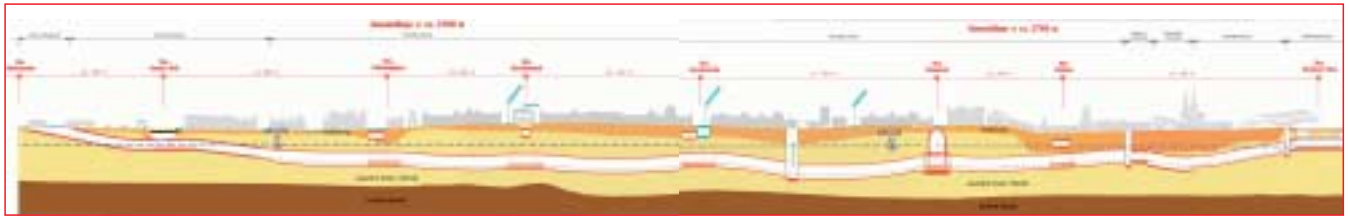
ing relatively good facilities for shopping and going out. Up till now the district has only been accessed by 2 bus lines. The economic stagnation of recent decades, which has been reflected by business quarters everywhere in the form of empty premises and the arrival of

discounters, has also made its mark here and decreased the district's attractiveness. Apart from further advantages for the whole city and its transportation network, Cologne's North-South urban light Railway will link the "Frings-Veedel" (as the Severinsviertel is known locally) to the centre and Old Town in a way designed to substantially enhance the quality of this intermixed business and residential district and compensate for the loss in significance sustained in the past. An effect that will benefit both local residents and businesses quite apart from the greater mobility that will be attained.

2 Planning and Realisation

The North-South Line with altogether 8 stations runs largely beneath the densely built-up Cologne centre and Old Town connecting the area around the Main Station with the Marktstraße as the southernmost stop.

Construction is divided into 3 stages: the **first stage** runs from Breslauer Platz to the Main Station directly under the Old Town and city centre right up to the Marktstraße in the south of Cologne. The major part of this roughly 4 km long route runs underground in 2 single-track, parallel tunnel tubes. Only 270 m is being constructed on the surface: with 160 m accounted for by a ramp via which the North-South urban light Railway rises to the surface shortly before the southern terminal and a further 110 m accounted for by the connecting Marktstraße surface station. The 7 underground stops Breslauer Platz, Rathaus, Heumarkt, Severinstraße, Kartäuserhof, Chlodwigplatz and Bonner Wall are being produced during the first construction phase. In addition there is the Marktstraße



2 Tiefenlage der Nord-Süd-Strecke

2 Depth of the North-South line

serhof, Chlodwigplatz, Bonner Wall. Hinzu kommt am südlichen Ende der Strecke die oberirdische Station Marktstraße. Die erste Baustufe wird voraussichtlich Ende 2010 in Betrieb genommen. Die Kosten betragen nach heutiger Kenntnis rd. 950 Mio. €.

Die **zweite Baustufe** dient der Anbindung der Nord-Süd Stadtbahn Köln an das Rheinufer. Dafür entsteht ein östlicher Abzweig, der von der künftigen Haltestelle Bonner Wall teilweise über die Trasse eines stillgelegten Hafengleises bis zur Schönhauser Straße verläuft. Dort wird die Nord-Süd Stadtbahn Köln mit der Rheinuferstrecke verbunden, auf der die Stadtbahnlinie 16 in Richtung Süden nach Bonn verkehrt. Die zweite Baustufe wird zeitgleich mit der ersten Baustufe in Betrieb gehen und rd. 80 Mio. € kosten.

Im Zuge der **dritten Baustufe** soll im Anschluss an die Haltestelle Marktstraße eine oberirdische Strecke entstehen. Diese verläuft mittig der Bonner Straße mit 4 Haltestellen auf 2 km Länge und führt bis zum Verteilerkreis Köln/Arnoldshöhe. Dort ist eine große Park-and-Ride-Anlage geplant, die den zu erwartenden Individualverkehr aufnehmen kann.

Die Trasse für die beiden Tunnelröhren der Nord-Süd Stadtbahn wurde vorwiegend im Schildvortrieb aufgeföhren und erreicht eine Tiefe von bis zu 30 m unter GOK (Tunnelsohle) (Bild 2).

In Köln kamen 3 Tunnelbohrmaschinen zum Einsatz: Vom südlichen Anfahrtschacht Bonner Wall aus föhren „Tosca“ und „Rosa“ (Bild 3) mit einem Außendurchmesser von 8,40 m Richtung Innenstadt. Sie verfüöhren über 1500 PS starke Maschinen, waren 76 m lang und brachten jeweils 1020 t auf die Waage. „Carmen“ (Bild 4) arbeitete sich, ausgestattet mit 600 PS, in der Gegenrichtung vom Breslauer Platz bis zur Philharmonie durch das Erdreich. Sie hatte einen Schilddurchmesser von 6,80 m, war 47 m lang und 574 t schwer. Im August 2007 wurde der Tunnelvortrieb abgeschlossen.

Die Haltestellen wurden von verschiedenen Architekten konzipiert und sind alle individuell gestaltet. Alle – mit Ausnahme der Station Bonner Wall – werden mit Mittelbahnsteigen ausgestattet. Die dreigleisigen Haltestellen Breslauer

Station on the surface at the southern end of the line. The first construction stage is scheduled to open at the end of 2010. According to current estimates, costs will amount to some € 950 mill.

The **second construction** stage serves to link Cologne's North-South urban light Railway with the Rhine Embankment. Towards this end, an eastern fork is being established from the future Bonner Wall Station partially via an abandoned track for the Rhine harbour to Schönhauser Straße, where it will connect with the Rhine Embankment route, on which Cologne's urban light Railway Line 16 runs towards Bonn in the south. The second construction phase will be opened at the same time as the first one and cost some € 80 mill.

A surface route is scheduled to be built from the Marktstraße Station in the course of the **third construction** phase. This

will run down the centre of the Bonner Straße with 4 stops over a distance of 2 km leading to the Cologne/Arnoldshöhe Roundabout. It is planned to set up a large park-and-ride facility there, to cope with the expected influx of motorists.

The route for the 2 tunnel tubes for the North-South urban light Railway was mainly excavated using shield drive reaching a depth of up to 30 m beneath the tunnel floor (Fig. 2).

Three tunnel boring machines were employed in Cologne: from the southern Bonner Wall starting shaft "Tosca" and "Rosa" (Fig. 3) with 8.40 m external diameter tunnelled towards the city centre. They possessed 1,500 HP strong output, were 76 m long and each weighed 1,020 t. "Carmen" (Fig. 4) with an output of 600 HP worked through the earth in the opposite direction from Breslauer Platz to the Philharmonie. It possessed a 6.80 m shield diameter, was 47 m long and weighed 574 t. The tunnel excavation was completed in August 2007.

The stations were devised by different architects and are all designed individually. All of them – with the exception of the Bonner Wall Station – are provided with central platforms. The 3-track stops Breslauer Platz and Marktstraße are also equipped with side platforms. Two side platforms have been foreseen for the Bonner Wall Station on account of the access situation on the surface.



3 Die beiden TBM „Tosca“ und „Rosa“

3 The 2 TBMs "Tosca" and "Rosa"

Platz und Marktstraße erhalten zusätzlich einen Seitenbahnsteig. Aufgrund der Zugangssituation an der Oberfläche werden in der Station Bonner Wall 2 Seitenbahnsteige gebaut. Die Haltestellen sind über feste Treppen, Rampen, Rolltreppen und Aufzüge erreichbar und werden behindertengerecht ausgestattet. Ein alle Haltestellen verbindendes und bei der Ausschreibung eingefordertes Kriterium ist ein möglichst großer Tageslichteinfall bis auf die Gleisebene, um die soziale Sicherheit und das Wohlbefinden der Fahrgäste zu erhöhen.

3 Baustellenlogistik und Verkehrsabwicklung

Bei einem innerstädtischen Bauprojekt dieser Größenordnung kommt der Baustellenlogistik eine sehr große Bedeutung zu. So mussten laut Planfeststellungsbeschluss zur Reduzierung des Baustellen-Lkw-Verkehrs die Massengüter „Tübbinge“ (Bild 5) und „Abraummaterial“ über einen Gleisanschluss an die Deutsche Bahn AG abgewickelt werden. Auf dem Gütergelände „Bonntor“ im Kölner Süden wurde daher eine Baustelleneinrichtungsfläche (BE) installiert, über die die Beschickung abgewickelt werden konnte. Unter anderem wurde an diesem Standort eine Separieranlage installiert, die das Aushubmaterial und das als Stützflüssigkeit verwendete Bentonit wieder entmischte.

Im gesamten Baubereich wurden auf rd. 4 km Länge weitere größere und kleinere BEs auf meist öffentlichen Flächen errichtet. Für den Abschnitt zwischen Alter Markt und Breslauer Platz waren ursprünglich die großflächigen Infrastrukturbereiche „Park- und Taxiplätze“ und die „Ver-



4 Die TBM „Carmen“

4 The TBM „Carmen“



5 Tübbinglager

5 Segment yard

The stops are accessible via permanent stairways, ramps, escalators and lifts. A factor linking all the stations and one which was called for at the tendering stage ensures that there is as much incidence of daylight extending down to track level in order to further benefit passengers.

3 Construction Site Logistics and Traffic Management

Construction site logistics is of enormous significance for an inner urban project of this magnitude. As a consequence in accordance with the planning procedures bulk goods such as “segments” (Fig. 5) and “excavated material” had to be handled using a track linking up with the Deutsche Bahn AG in order to reduce the number of lorries employed on site. As a result, a construction site installation yard was established at the “Bonntor” goods yard in the south of Cologne in order to cope with these requirements. For instance, a separation plant was set up at this location, which demixed the excavated material and the bentonite used as supporting fluid. Further installation yards of various sizes were set up mainly on public areas over a distance of some 4 km within the entire sector. Originally the extensive infrastructural areas “Parking Places and Taxi Stands” and the “Events Area Alter Markt” were foreseen for the sector between Alter Markt and Breslauer Platz. Following considerable protests the City and the client dropped the idea. However, in order to ensure that sufficient space was available, in some cases, empty buildings in the vicinity of the construction activities (an office building belonging to the DB, Haus Kutz, Rotes Haus, Fig. 6) were demolished to obtain such installation yards. The 2 largest

anstellungsfläche Alter Markt“ für eine solche Nutzung vorgesehen. Nach erheblichen Protesten gegen dieses Vorhaben lenkten Stadt und Bauherrin ein. Um dennoch genügend Platzflächen zu generieren, wurden z. T. leer stehende Gebäude in unmittelbarer Nähe der Bauarbeiten (Ämtergebäude DB, Haus Kutz, Rotes Haus [Bild 6]) abgerissen, um dort BE-Flächen zu errichten. Die 2 größten Platzflächen im Baubereich konnten auf diese Weise zum Nutzen von Anliegern, Geschäftsinhabern und anderen erhalten werden, um dort u. a. regelmäßig größere öffentliche Veranstaltungen durchzuführen. Das ursprüngliche Nutzungskonzept konnte – bis auf wenige Einschränkungen – beibehalten bleiben.

Verkehrsverlagerungen und Umleitungsphasen des Individualverkehrs waren im Verlauf des Baufortschrittes immer wieder kurz- und mittelfristig notwendig. Daraus resultierten z. T. weiträumige Umleitungen. Allerdings musste die Erreichbarkeit der innerstädtischen Veranstaltungs- und Dienstleistungszentren dabei jederzeit gewährleistet bleiben.

Eine weitere (und für Köln sehr typische) Regelung wurde bereits bei der Leistungsbeschreibung festgelegt und von den Baufirmen im Verlauf der Baustellenabwicklung berücksichtigt: Jährlich wiederkehrende Großveranstaltungen wie der Kölner Rosenmontagszug, der „Köln-Marathon“ oder der „Christopher Street Day“ mussten und müssen während der gesamten Bauzeit ungehindert in ihrer ursprünglichen Form durchgeführt werden können. Dafür kann es notwendig sein, einzelne Baugruben abzudeckeln und alle Groß- und Kleingeräte für die Dauer der Veranstaltung zu entfernen. Die hierdurch



6 Kaufhaus-Kutz-Gelände

6 Kutz Store tract

entstehenden Kosten waren in den Angeboten der Firmen berücksichtigt. Für 3 Großveranstaltungen mussten umfangreiche zusätzliche Sicherungsmaßnahmen durchgeführt werden: für den Weltjugendtag 2005, die Fußball-WM 2006 und den Evangelischen Kirchentag 2007. Obwohl sich zu allen diesen Ereignissen riesige Menschenmassen in der Stadt einfanden, entstanden keine Probleme und es kam zu keinem einzigen Unfall.

areas within the construction sector could thus be retained to be used by residents, businesses and others for instance in order to stage major public events there at regular intervals. The original utilisation concept could be adhered to – apart from a few restrictions.

Traffic detours and diversion phases affecting motorists were always necessary in the short and medium term as work progressed. This in some cases meant that circuitous diversions

were required. At the same time, it had to be assured that inner urban centres earmarked for events and services had to be accessible at all times.

A further (and for Cologne typical) regulation was laid down in technical specifications and taken into consideration by the contractors in conjunction with the construction site management. It had to be assured that annually recurring major events such as the Cologne Rose Monday Parade, the Cologne Marathon or the Christopher Street Day would be able to take place in their original form during the entire duration of construction. This means for example that individual excavation pits have to be covered over and all equipment – be it large or small – removed for the duration of the event. The costs involved here were included in the offers put forward by the companies involved. Far-ranging additional safety measures had to be undertaken in particular for 3 major events: the 2005 World Youth Day, the 2006 FIFA World Cup and the Protestant Lay Convention in 2007. Although all these events attracted huge amounts of people to the city, no problems resulted and there was not a single accident.



7 Archäologie Kurt-Hackenberg-Platz

7 Archaeology at the Kurt-Hackenberg-Platz

4 Archaeological Digs

The most extensive archaeological digs ever undertaken in a European metropolis have been carried out simultaneously parallel to construction work. The finds that were discovered allow new and exciting insights into the city's history from Ancient Times right up to the present and provide new fascinating recognitions pertaining to the more than 2000 years of the city's history. The route runs directly through the subsoil of the Old Town centre. At depths

4 Archäologische Ausgrabungen

Zeitgleich und parallel zu den Bauarbeiten werden die umfangreichsten archäologischen Grabungsmaßnahmen in einer europäischen Metropole vorgenommen. Die dabei gemachten Funde erlauben neue und spannende Einblicke in die Geschichte der Stadt von der Antike bis in die Neuzeit und bringen neue faszinierende Erkenntnisse zur über 2000 Jahre alten Geschichte der Stadt. Die Trasse führt mitten durch den Untergrund des alten Stadtkerns. Hier befinden sich in bis zu 13 m Tiefe zahlreiche Überreste aus der frühen Neuzeit, dem Mittelalter und der römischen Antike. Die Tunnelröhren verlaufen zwar unterhalb dieser archäologischen Schichten, Eingriffe in die historisch bedeutsamen Zonen gibt es aber im Bereich der Haltestellen, der Technikräume, der Versorgungs- und Anfahrtschächte sowie im südlichen Streckenabschnitt auf der Bonner Straße, der in offener Bauweise hergestellt wird. Die gesamte Trasse ist samt den dazugehörigen Baustellenflächen zum Bodendenkmal erklärt worden.

Unter Leitung des Römisch-Germanischen Museums arbeiten Teams von teilweise über hundert Archäologen, Bauhistorikern, Grabungstechnikern, Naturwissenschaftlern und Hilfskräften daran, die Zeugnisse der Vergangenheit freizulegen, zu dokumentieren und, wenn möglich, zu konservieren (Bild 7).

Das gesamte Erdvolumen, das im Zuge des Projekts untersucht wird, liegt bei über 150 000 m³. Die Grabungsfläche entspricht mit 30 000 m² der Größe von 4 Fußballfeldern. Vor Baubeginn wurde für jede Grabungsstelle anhand alter Gebäudeverzeich-

nisse, Stadtpläne, Urkunden und bereits früher gemachter Funde eine Prognose der erwarteten Überreste erstellt.

5 Baubedingte Belastungen

Ein Großprojekt dieser Art stellt eine erhebliche Belastung für die Bewohner der Stadt dar – auch dann, wenn sie nicht direkt an der Strecke leben. Die Bauarbeiten für die Nord-Süd Stadtbahn begannen Anfang 2004. Überall in der Alt- und Innenstadt wurden Baustellen eingerichtet, um mit dem Bau der Haltestellen und der 2 Sonderbauwerke zu beginnen. Darüber hinaus wurden zahlreiche Leitungsverlegungen notwendig, die die Einrichtung zusätzlicher Baubereiche durch die Stadtentwässerungsbetriebe, die RheinEnergie oder weitere Dritte notwendig machten (Bild 8).

Als die Umsetzungsphase begann und das Ausmaß der Arbeiten in Gänze erkennbar wurde, dauerte es nur wenige Monate, bis massiver Unmut der Bevölkerung, vor allem aber auch der anliegenden Geschäftsleute, laut wurde. In Köln als größtem und bedeu-

endsten Stadt Deutschlands, von down to 13 m numerous finds from early Modern Times, the Middle Ages and Roman Antiquity are present. Although the tunnel tubes as such pass below these archaeological layers, these historically interesting zones are affected in the vicinity of the stations, the technical centres, the supply and starting shafts as well as in the southern route section on the Bonner Straße, produced by cut-and-cover. The entire route including the corresponding construction site sectors has been declared a ground monument.

Under the direction of the Roman-Germanic Museum teams of in some cases more than 100 archaeologists, building historians, site technicians, natural scientists and assistants are engaged in retrieving testimonies to the past, documenting them and preserving them if possible (Fig. 7).

Altogether, more than 150,000 m³ of earth will be examined in the course of the project. The investigated area – some 30,000 m² – equals the size of 4 football pitches. A forecast relating to the expected finds was drawn up for each dig on the basis of old drawings of buildings, city plans, deeds and

earlier finds prior to the start of construction.

5 Impositions resulting from the Project

A major project of this nature represents a considerable burden for the city's residents – even if they do not actually live directly along the affected route. Work on the North-South urban light Railway started in early 2004. Construction sites were accordingly established throughout the Old Town and city centre in order to commence building the stations and 2 special structures. In addition, a large number of lines had to be relaid, which necessitated the setting up of additional construction sectors by the Municipal Sewage Company, the RheinEnergie Utility or other parties (Fig. 8).

When the transformation phase began and the extent of the operations became evident in its entirety, it took only a few months until complaints were received thick and fast on the part of the population and first and foremost from local business people. These complaints were communicated directly via the press in Cologne – as Germany's biggest and most significant media location. Newspaper articles, radio and TV reports appeared on an almost daily basis relating how many businesses were on the verge of going bust, how many premises had closed down or just how impossible living and working conditions had become as a result of the noise and dust emissions stemming from construction work. The pressure on the Kölner Verkehrsbetriebe AG as client, which had taken over the project from the City of Cologne only 2 years earlier, and was forced to establish the complete infrastructure for undertaking the project in this



8 „Chaos“ Breslauer Platz

8 "Chaos" at Breslauer Platz

tendstem Medienstandort in Deutschland wurde dieser Unmut direkt über die Presse kommuniziert. Fast täglich gab es Zeitungsartikel, Hörfunk- und TV-Berichte, die darstellten, wie die Umsatzeinbußen die Gewerbetreibenden an die Existenzgrenze brachten, wie viele Mietleerstände es gab oder wie unzumutbar das Leben und Arbeiten bei den durch die Bauarbeiten verursachten Lärm- und Staubemissionen geworden sei. Der Druck auf die Kölner Verkehrsbetriebe AG als Bauherrin, die das Unternehmen erst rd. 2 Jahre zuvor von der Stadt Köln übernommen hatte und in dieser kurzen Zeit die komplette Infrastruktur für die Durchführung des Projektes aufbauen musste, nahm extrem zu. Konzepte und Gelder, mit denen man der Situation aktiv hätte entgegenwirken können, waren zu diesem Zeitpunkt nicht vorhanden.

Als die Kritik bereits hohe Wellen schlug, kippte der Turm der Kirche St. Johann Baptist, unter dem ein Versorgungstunnel von rd. 3 m Durchmesser gegraben worden war, um Baufreiheit für die Nord-Süd Stadtbahn zu erzielen (Bild 9). Die Situation eskalierte, Gegenmaßnahmen mussten unverzüglich ergriffen werden. Dies geschah auf mehreren Wegen: zum einen durch eine intensive Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, zum anderen durch den Aufbau einer Organisationseinheit Liegenschaften.

6 Vertrags-, Anlieger- und Unterstützungsmanagement

Der letztgenannte Bereich besteht aus 3 ineinandergreifenden Teilbereichen (Bild 10): dem Vertragsmanagement (Liegenschaftsvertragsmanagement/LVM), dem Anliegermanagement (LAM) und dem



9 Schiefer Turm

9 The Leaning Tower

Unterstützungsmanagement (LUM). Eine Schnittmenge bilden die unterschiedlichen Abteilungen im so genannten Prioritätenmanagement (PM).

Das Vertragsmanagement (LVM) konzentriert sich auf die mit Hauseigentümern und Eigentümergemeinschaften zu schließenden Verträge, die die Unterfahung der Gebäude erst ermöglichen. Hierzu gehören Gestattungsverträge, Technische Vereinbarungen, Genehmigungen für notwendige Erkundungsmaßnahmen oder die Ausführung von Arbeiten, die die Standsicherheit der Gebäude betreffen. Im Bedarfsfall werden auch Verfah-

short time, built up substantially. At this point in time, there were no concepts or funds by means of which the situation could have been actively mastered, available.

With the criticism reaching its peak, the tower of the St. John the Baptist Church under which a roughly 3 m diameter supply tunnel was excavated to access the North-South light urban Railway, tilted (Fig. 9). The situation escalated and counter-measures had to be introduced at once. Several measures were adopted including an extensive PR campaign as well as the setting up of a new organisational unit for real estate.

6 Contract, Abutter and Support Management

The last mentioned section consists of 3 interrelated parts-sections (Fig. 10): contract management (real estate/contract management/LVM), abutter management (LAM) and support management (LUM). The various departments form elements of the so-called priority management (PM).

The contract management (LVM) concentrates on contracts concluded with property owners and ownership societies, which are required to allow buildings to be undercut. These include approval agreements, technical provisions, consent for necessary exploratory measures or the execution of work, which affect the stability of the building. If necessary proceedings pertaining to premature transfer of ownership or compulsory purchase can be executed.

The real estate support management (LUM) is the part-section that is of most interest to the public. The staff working there deal with cases based on claims placed by commercial people, landlords or other affected parties. This is the first time that support of this nature has been granted in advance in the Federal Republic to ward off impending loss of livelihood. The so-called "Kölner Modell", which was conjured up by the KVB, is based on the premise that commercial enterprises require support to compensate for losses in turnover sustained from the very start of their livelihood being threatened. The procedure was coordinated with the sponsor and backed up by a certified accountant.

Support can take different forms, the payment of compensation for example, a low-interest or interest-free loan, setting up direction signs or further

ren zur vorzeitigen Besitzeinweisung oder Enteignungsverfahren durchgeführt.

Der Bereich Liegenschaften Unterstützungsmanagement (LUM) ist der, der für die Öffentlichkeit von vorrangigem Interesse ist. Die dortigen Mitarbeiter bearbeiten Fälle, in denen Forderungen von Gewerbetreibenden, Vermietern oder sonstigen Betroffenen gestellt werden. Erstmals in der Bundesrepublik können solche Unterstützungen in unterschiedlicher Form im Vorfeld einer Existenzgefährdung gewährt werden. Das so genannte „Kölner Modell“, das hier seitens der KVB ins Leben gerufen wurde, basiert darauf, dass Gewerbetreibende Unterstützungen für Umsatzeinbußen noch während der Beeinträchtigung, also bei Eintritt der Existenzgefährdung, erhalten können. Das Verfahren wurde mit dem Zuwendungsgeber abgestimmt und von einem bei Gericht zugelassenen Wirtschaftsprüfer begleitet.

Die Unterstützungen können unterschiedlicher Art sein, es kann sich um Entschädigungszahlungen, zinsgünstige oder zinsfreie Darlehen, Hinweisbeschilderung oder weitere konkrete Hilfsmaßnahmen handeln. Um Entschädigungen oder Darlehen zu erhalten, muss der Antragsteller zunächst die Bilanzen der vergangenen 3 Jahre vorlegen. Sind nachweislich Umsatzeinbußen zu verzeichnen, die sich in Einklang mit den Beeinträchtigungen durch die Bauarbeiten bringen lassen, können Entschädigungssummen festgelegt werden. Fehlt möglicherweise noch der Jahresabschluss für das laufende Jahr, werden erst einmal Darlehen gewährt, die später in Entschädigungen umgewandelt werden können. Hierdurch wird verhindert,

dass drohende Existenzgefährdungen tatsächlich eintreten.

Die Abteilung Liegenschaften Anliegermanagement (LAM) pflegt den Kontakt zu den einzelnen Anliegern, Interessenverbänden von Gewerbetreibenden, zum Stadtmarketing, zu den Beiräten von Eigentümergemeinschaften, zu besonders einflussreichen Einzelpersonen oder Geschäftsführern besonderer Institutionen, die von den Bauarbeiten tangiert werden. Herzstück dieser Organisationseinheit sind die „Anliegerbeauftragten“, die Anfang 2005 ihre Tätigkeit aufnehmen. Je 1 Anliegerbeauftragter war für 1 km Bau-strecke zuständig, ein fünfter als „Springer“ für Krankheitsfälle und Urlaubszeiten (Bild 11). Heute werden lediglich noch 3 Anliegerbeauftragte eingesetzt, da sich die Situation deutlich entspannt hat. Die Mitarbeiter sind vor allem in ihren Streckenbereichen unterwegs, agieren vor Ort als direkte und nahezu ständig erreichbare Ansprechpartner für alle Belange. Können Sie nicht weiterhelfen, leiten sie Anfragen an die entsprechenden Bereiche weiter oder holen die Antworten selbst ein. Sie stellen eine Schnittstelle zwischen dem Bau (Bauleitung, Bauüberwachung, Projektleitung),

concrete means of assistance. In order to receive compensation or a loan, the applicant must first table the balances of the last 3 years. Should these prove that turnovers have fallen, compensation sums can be agreed on. If the balance for the current year is still outstanding then a loan can first be granted, which can later be transformed into compensation. In this way it is assured that the threat of going broke is warded off.

The department for real estate abutter management (LAM) maintains contact with individual abutters, interest groups representing business people, city marketing, and the advisory boards of ownership societies, especially influential individuals or the managers of particular institutions, which are affected by the construction work in some way or other. At the core of this organisational unit are the “municipal abutter agents”, who started their work at the beginning of 2005. Each abutter agent is responsible for 1 km of the construction route with a fifth kept in reserve as back-up for spells of sickness or holiday periods. Today only 3 abutter agents are active as the situation has substantially cooled down. These members of staff are mainly out and about in their sectors acting on the

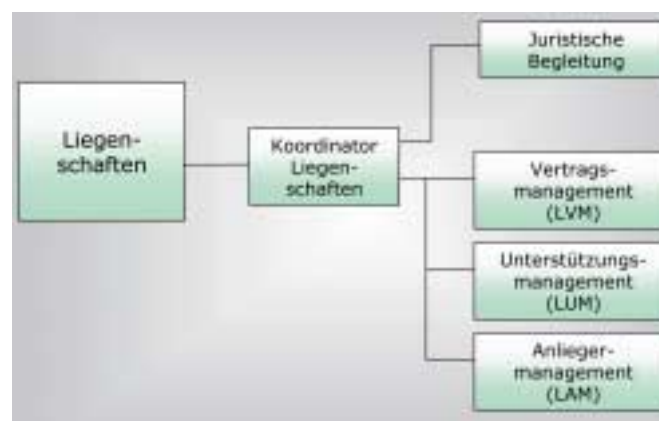
spot as direct contact partners for all sorts of issues and are practically always available. Should they be unable to assist then they pass on queries to the responsible offices or obtain answers of their own accord. They form a link with Construction (construction management, construction monitoring, and project management) but primarily with Public Relations (PR). Cooperation is two-way: information is exchanged and events designed to pass on information in some cases carried out on a joint basis.

Priority Management (PM) comes into the picture should a situation require to be resolved by one of the above-mentioned organisational units: if court cases are pending, the intervention of a lawyer, accountant or tax advisor, in the case of “special” clients, problems relating to probable insurance cases, potential impairment of construction progress or the payment of compensation as well as in the event of necessary compulsory purchase procedures.

9 Intensive Press and Public Relations Work

The press and public relations work is of extreme importance given a project of this size. It is responsible for ensuring that the whole project is shown in a positive light to all partners, institutions, interest groups, federations, decision-makers, organisations and political representatives at supra-regional, national and international level – but first and foremost vis-à-vis the general public on the spot.

Initially the importance of a construction project of this nature in a major city was underestimated in Cologne. The press and public relations work was expanded and greatly intensified when the extent of public resistance to the imposition was established after the start of



10 Grafik Organisation Bereich Liegenschaften

10 Diagram of Real Estate Department Organisation

vor allem aber auch zur Öffentlichkeitsarbeit (ÖA) dar. Die Zusammenarbeit ist wechselseitig; es werden Informationen ausgetauscht und Informationsveranstaltungen zum Teil gemeinsam durchgeführt.

Das Prioritätenmanagement (PM) wird aktiv, wenn es innerhalb der vorgenannten Organisationseinheiten an einer bestimmten Stelle „brennt“: wenn Gerichtsverfahren im Raum stehen, beim Eingreifen eines Anwaltes, Wirtschaftsprüfers oder Steuerberaters, bei „besonderen“ Klienten, bei Problemen wegen vermutlicher Versicherungsfälle, bei Bauablaufgefährdung oder den Auszahlungen von Entschädigungen sowie bei erforderlichen Enteignungsverfahren.

9 Intensive Presse- und Öffentlichkeitsarbeit

Bei einem Projekt dieser Art ist die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit extrem gefordert. Ihr obliegt die positive Positionierung des Gesamtprojektes bei allen Partnern, Institutionen, Interessengruppen, Verbänden, Entscheidern, Organisationen und politischen Vertretern auf überregionaler, nationaler und internationaler Ebene – vor allem aber auch gegenüber der breiten Öffentlichkeit vor Ort.

Wie wichtig sie bei einem solchen Bauprojekt in einer Großstadt ist, wurde in Köln zunächst unterschätzt. Als nach Baubeginn 2004 festgestellt wurde, wie massiv sich die Bevölkerung gegen die Belastungen wehrt, wurde die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit ausgebaut und extrem intensiviert. Nachdem dann auch noch der Schaden am Kirchturm durch die Baumaßnahme verursacht worden war, ließ sich die Situation kaum noch kontrollieren. Da die Bevölkerung jegliches Vertrauen in die



11 Anliegerbeauftragte

11 Municipal abutter agent

Fähigkeiten der Bauausführenden zu verlieren drohte, musste auf schnellstem Weg reagiert werden. Dies geschah durch eine offensive und aufwändige Informationsarbeit.

Am effektivsten und praktikabelsten waren als „Sofortmaßnahme“ Informationsveranstaltungen. Ab Herbst 2004 wurden etliche Angebote dieser Art gemacht. Bevölkerung und Gewerbetreibende aus den unterschiedlichen Baubereichen wurden mit Briefwurfungen in nahe gelegene Räumlichkeiten eingeladen.

construction in 2004. Once the scheme resulted in damage to the church tower, the situation was practically impossible to control. As it seemed likely that the population had lost all confidence in the capabilities of those in charge, it was imperative to react as quickly as possible. This took place in the form of a targeted and complex information campaign.

Information events turned out to be the most effective and practical recourse. Starting from autumn 2004, various kinds of offers were put forward. Local

inhabitants and business people from the different construction sectors were invited to attend events in nearby premises by mail circulars. There they were informed about various topics by teams of experts – often 5 to 7 man strong – about the project, its execution, the associated impositions, traffic detours and possibilities of getting in touch. Up to 2 events were held per week over some 4 months. The initial 5 abutter agents took up their posts and introduced. At the same time explanatory work was provided via the press, which reacted accordingly and reported on the project at length. For roughly one year crisis management had to be resorted to regarding the „Leaning Tower of Cologne“.

A new Internet presentation was set up, a new and larger information office established in a central position on the Alter Markt, in which it has since been possible to stage information events and lectures (Fig. 12).

Positive reports were brought in the media when the leaning tower (roughly one year after it tilted) was straightened again. It was essential to provide the representatives of the press with proper background information in order to ensure they stayed concentrated on the project. This took place in the form of a press trip to Schwannau/D, during which journalists were able to view the impressive machines that were scheduled to tunnel their way through the Cologne subsurface for more than a year, in the manufacturing company's yard. The media representatives were able to devote 2 days to shield excavation and everything associated with it and obtain extensive information. The reports that followed in the press enabled the people of Cologne to comprehend for the first time what a huge, technically sophis-



12 InfoCenter

12 Info Centre

Dort wurden sie von einem oft fünf- bis siebenköpfigen Team von Fachleuten zu den unterschiedlichen Themenbereichen – über das Bauvorhaben, die Ausführung, die damit verbundenen Belastungen, Verkehrs-umleitungen und Möglichkeiten der Kontaktaufnahme – informiert. Über rd. 4 Monate lang fanden bis zu 2 Veranstaltungen pro Woche statt. Die zunächst 5 Anliegerbeauftragten wurden installiert und bekannt gemacht. Zeitgleich wurde Aufklärungsarbeit über die Presse betrieben, die entsprechend reagierte und ausführlich über das Projekt berichtete. Hinsichtlich des „Schiefen Turms von Köln“ musste rd. 1 Jahr lang Krisenkommunikation betrieben werden. Ein neuer Internetauftritt wurde aufgebaut, ein neues und größeres Informationsbüro in einer zentralen Lage am Alten Markt eingerichtet, in dem es seither möglich ist, Informationsveranstaltungen und Vorträge abzuhalten (Bild 12).

Als der schiefe Turm (ca. 1 Jahr nachdem er gekippt war) wieder aufgerichtet wurde, konnte dies positiv über die Medien vermittelt werden. Um die Pressevertreter weiter an das Projekt zu binden, war es notwendig, sie mit genügend Hintergrundinformationen auszustatten. Dies gelang durch eine Pressereise nach Schwann/D, bei der die Journalisten die eindrucksvollen, auf dem Hof der Herstellerfirma aufgebauten Maschinen begutachten konnten, die über 1 Jahr lang unter Köln durchfahren sollten. Unabhängig vom Tagesgeschäft hatten die Medienvertreter innerhalb von 2 Tagen die Gelegenheit, sich umfassend mit dem Schildvortrieb und allem, was damit zusammenhängt, zu beschäftigen und sich ausführlich informieren zu lassen. Mit der anschließenden Berichterstat-

tung wurde den Kölnern erstmals überdeutlich, was für ein riesiges, technisch äußerst anspruchsvolles und spannendes Vorhaben in ihrer Stadt umgesetzt wird.

Als die Tunnelbohrmaschinen per Rheinschiff in Köln angeliefert und zum Bonner Wall transportiert wurden, hatte diese Ankunft nahezu Volksfestcharakter. Über die Medien informiert, standen die Menschen auf dem gesamten innerstädtischen Transportweg hinter den Absperrungen an der Straße, um die nächtlich ankommenden Maschinenteile zu sehen zu bekommen. Auch an den folgenden Tagen beobachteten ganze Menschengruppen das Einlassen der Einzelteile in den Startschacht und waren beeindruckt (Bild 13).

Wenig später wurde ein Wettbewerb durchgeführt, um Namen für die Maschinen zu finden. Durch die Personifizierung sollten die Maschinen den Kölnern noch näher gebracht werden. Die Jury entschied sich für einen echt kölschen Vorschlag, der aus einem Karnevalshit der Kölner Kultband „Höhner“ stammt: „Dicke Mädchen haben schöne Namen, heißen Tosca, Rosa oder Carmen“. Dazu entstanden sympathische Figuren, die heute jeder Kölner kennt, die viele Bürger mögen und die sie mittlerweile als zur Stadt Köln gehörende Figuren akzeptieren (Bild 14).

Parallel zu den vorgenannten Maßnahmen wurde der Internetauftritt www.nord-sued-stadtbahn.de komplett erneuert. Mit Beginn des Tunnelbaus wurde hier täglich der Stand der Tunnelbohrmaschinen veröffentlicht. Wöchentlich aktuell werden zudem die Arbeiten in den einzelnen Baubereichen vorgestellt. Es gibt 5 Webcams, auf denen die Bürger live auf den Baustellen dabei sein und das betrachten

tinuierlich und exciting project was taking place in their city.

When the tunnel boring machines were delivered to Cologne via Rhine barge and transported to the Bonner Wall, their arrival practically assumed the character of a local fair. Informed by the media, people thronged the entire inner urban transport route behind barriers in order to view the machine components, which arrived during the hours of night. Large groups of people also watched as the individual parts were lowered into the starting shaft over the next few days and were appropriately impressed (Fig. 13).

A short time later a competition was held in order to find names for the machines. The idea was to bring the TBMs even closer to the local people. The jury then decided in favour of a thoroughly „Kölsch“ proposal stemming from a Carnival hit by the Cologne cult band „Höhner“: „Fat girls have lovely names, like Tosca, Rosa or Carmen.“ Sympathetic figures ensued, now familiar to every Kölner, which many citizens love and which in the meantime have become accepted as belonging to the City of Cologne (Fig. 14).

The internet presentation www.nord-sued-stadtbahn.de

was completely revamped parallel to the above-mentioned measures. The progress reached by the tunnel boring machines was published daily once tunnelling had started. In addition, the stage reached by work in the various construction sections was presented on a weekly basis. There are 5 web cams by means of which, local citizens can visit the construction sites live and observe what otherwise would be taking place behind fences or below the surface covering thus remaining invisible.

Information signs were set up in the streets, which were updated on a weekly basis charting construction progress. Classical information media such as information leaflets, flyers and brochures created. Information booklets are produced for local residents at irregular intervals pertaining to certain construction phases and distributed to households in the affected construction sector as mail circulars.

A department to handle groups of visitors was established when tunnelling began, which offers experts as well as multipliers from politics and society quite apart from local citizens and interested laymen a



13 Schneidrad am Bonner Wall

13 Cutting wheel at the Bonner Wall

können, was sich ansonsten hinter Bauzäunen oder unter der Straßenabdeckung abspielt und unsichtbar bleibt.


Im Straßenraum werden an so genannten Bauinformationsschildern ebenfalls wöchentlich aktualisierte Nachrichten ausgehängt. Es entstanden klassische Informationsmedien wie Infoblätter, Faltblätter und Broschüren. Anwohnerinformationshefte werden in unregelmäßigen Abständen zu bestimmten Bauphasen produziert und per Postwurfsendung an die Haushalte in dem betreffenden Baubereich verteilt.

Mit Beginn des Tunnelbaus wurde ein Besuchergruppenmanagement ins Leben gerufen, das sowohl Fachgruppen als auch Multiplikatoren aus Politik und Gesellschaft sowie Bürgern der Stadt und interessierten Laien eine Möglichkeit bietet, sich die Bauarbeiten vor Ort anzusehen. Und wer nicht selbst auf der Baustelle oder in den Tunnel möchte, kann entweder das InfoCenter aufsuchen, sich die ausgestellten Materialien ansehen, sich von den dortigen Mitarbeiter/innen informieren lassen oder sich an unterschiedlichen Orten eine Bauzaunausstellung ansehen. Die Präsentation ist als Wanderausstellung konzipiert und wird verliehen an Banken, Einkaufszentren etc. Ihre Premiere feierte die Ausstellung in den Colonaden im Hauptbahnhof Köln, wo sie über gut 10 Tage täglich von tausenden Reisenden und Passanten besichtigt wurde.

10 Vorläufiges Fazit

Die vielen Sonder- und Presseaktionen sowie die kontinuierlich immer weiter ausgebauten Informationsarbeit halfen, nach und nach im Verlauf von gut 2 Jahren die Stimmung der Bevölkerung

gegenüber dem Bauprojekt Nord-Süd Stadtbahn grundlegend zu ändern: Das erste Ziel, nämlich eine Akzeptanz innerhalb der Bevölkerung gegenüber den baulichen Belastungen zu schaffen bzw. diese zu erhöhen, wurde erreicht. Mittlerweile identifiziert sich ein Großteil der Kölner Bürger/innen mit dem Projekt, das – wie man im Laufe der Zeit realisiert hat – auch weit über die Grenzen Kölns und Deutschlands hinaus als spektakulär und wegweisend angesehen, in ihrer Stadt umgesetzt und dort zu einer positiven Entwicklung des Stadtlebens und des Verkehrs beitragen wird. Dies zu erreichen, war unter anderem auch deshalb möglich, weil der notwendige „Unterbau“ in Form der beschriebenen Maßnahmen im Anlieger- und Unterstützungsmanagement geschaffen worden war.

Das so mit viel Kraft und Aufwand zum Teil zurückgewonnene Vertrauen der Bevölkerung und die dem Bauvorhaben gegenüber geschaffene Akzeptanz sind jedoch kein Ruhekit: Immer wieder gerät die KVB als Bauherrin in die öffentliche Kritik – auch dann, wenn die massiven Anstrengungen und das entschlossene Engagement des Unternehmens vor allem von denen honoriert werden, die als Anlieger und Gewerbetreibende am meisten von der Baumaßnahme betroffen sind. Radikale Gegner behalten ihre Position selbstverständlich bei. Dennoch hat sich, insgesamt betrachtet, ein Stimmungswandel quer durch alle Bevölkerungsschichten und Institutionen hindurch vollzogen. Die Sinnhaftigkeit des Projektes wird heute deutlich weniger infrage gestellt als noch zu Baubeginn. Für die KVB ein Erfolg, von dem sie sich wünschte, dass er bis zum Ende der Baumaßnahme und darüber hinaus anhält. 



14 „Dicke Mädchen mit fliegenden Helmen“


14 “Fat girls with flying helmets”

possibility to observe construction activities on the spot. And people who have no desire to visit the site or venture into a tunnel can either call in on the Info Centre to look at the material exhibited there and obtain advice from the staff there or can view a building fence exhibition at various locations. The presentation is devised in the form of a travelling exhibition and is lent out to banks, shopping centres etc. The exhibition celebrated its premiere in the Colonades at Cologne Main Station, where it was seen by thousands of travellers and passers-by on a daily basis over a 10-day period.

10 Preliminary Conclusion

The many special campaigns as well as those featured in the media as well as the information work that was constantly expanded gradually helped, over a good 2 year period to essentially reverse the population's reservations against the North-South urban light Railway project. The initial target, namely to create and also increase acceptance among the public vis-à-vis the impositions posed by construction, was attained. In the meantime, a major portion of the citizens of Cologne identify themselves with the project. It has come to be understood in the course of time – that what is

being undertaken in their city is also regarded as spectacular and trail-blazing far beyond the bounds of Cologne and Germany and will contribute towards a positive development of life in the city and its transportation. It was possible to arrive at this position for various reasons including the fact that the necessary “substructure” in the form of the described measures in abutment and support management had been set up.

The fact that the confidence of local residents was at least partly regained and the construction project accepted with so much outlay is certainly no reason for the KVB resting on its laurels. The KVB constantly finds itself the target of public criticism even although the massive efforts and the company's committed involvement have first and foremost been acknowledged by those most affected by the scheme – the abutters and people running businesses. Radical opponents naturally adhere to their position. Nonetheless, all in all there has been a change in attitude through all sectors of the population and institutions. The purpose of the project is substantially less questioned today than when construction work actually started. A success for the KVB and it is to be hoped that it continues until the end of the construction scheme and beyond. 

Personen

Wechsel der Projektleitung bei der Nord-Süd Stadtbahn Köln/D

Die derzeit größte ÖPNV-Infrastrukturmaßnahme Deutschlands wird künftig von einem neuen Projektleiter gesteuert: Am 1. September 2007 übernahm Dipl.-Ing. Rolf Pabst (41) die Geschäfte von Dipl.-Ing. Karl Bückner (64), der zum Jahresende in den Ruhestand gehen wird. Bückner war 31 Jahre lang u. a. als stellvertretender Betriebsleiter nach BOStrab und Leiter Infrastruktur bei der Kölner Verkehrs-Betriebe AG beschäftigt, die Bauherrin der neuen unterirdischen Nord-Süd-Verbindung ist.

Als der Ingenieur im Oktober 2003 gebeten wurde, das Mammutprojekt zu leiten, zögerte der damals 60-Jährige nicht lange: „So eine spannende Aufgabe wird einem nur einmal im Leben geboten“, ist er auch heute noch überzeugt. Karl Bückner geht „mit einem weinenden und einem lachenden Auge“ und dem Versprechen, das Baugeschehen auch weiterhin intensiv mitzuverfolgen.


Bei Dipl.-Ing. Rolf Pabst weiß er das von ihm aufgebaute Projekt in guten Händen: Bereits seit 2002 betreute dieser das Projekt als Vorstandsassistent und Revisor seitens der Konzern-Holding, der Stadtwerke Köln GmbH. Seit Anfang 2004 war er als stellvertretender Projektleiter vor allem für die Bereiche Planung und Liegenschaften zuständig,



1 Dipl.-Ing. Rolf Pabst, neuer Projektleiter Nord-Süd Stadtbahn Köln

1 Dipl.-Ing. Rolf Pabst, new project manager of Cologne's North-South urban light Railway

baute ein effektives Anliegermanagement auf und aus.

Von Hause aus ist Rolf Pabst Bauingenieur. Bevor er 1998 in den Stadtwerke-Konzern eintrat, war er einige Jahre für Ingenieurbüros in der Planung und dem Bau von größeren Verkehrsprojekten tätig. Er freut sich, das Projekt mit einem erfolgreichen und motivierten Team weiterführen zu können. Die Fertigstellung der Ausbauplanung sowie die Vergabe der Ausbauleistungen stehen nunmehr als wichtigste Meilensteine bevor. 

People

Change at the Top for Cologne's North-South Urban Light Railway, Germany



2 Dipl.-Ing. Karl Bückner, scheidender Projektleiter

2 Dipl.-Ing. Karl Bückner, former project manager

When Bückner was requested at the age of 60 in October 2003 to head the mammoth project, he did not really hesitate: "You only get such an exciting opportunity offered once a lifetime," – something he still believes today. Karl Bückner will step down reluctantly with the promise to follow progress.

He is aware that the project he built up is in good hands in the shape of Dipl.-Ing. Rolf Pabst. He has managed the project as assistant to the board and controller on behalf of the concern holding, Stadtwerke Köln AG since 2002. Since the beginning of 2004, he has been responsible above all, for the sectors planning and real estate as deputy project manager, setting up and expanding an efficient abutter management system.

Rolf Pabst began his career as a construction engineer. Prior to joining the Stadtwerke-Konzern in 1998, he worked for architectural offices in planning and building major transport projects. He is looking forward to being able to continue managing the project with a successful and motivated team. The completion of planning the furnishings and the awarding of the furnishing installations remain to be tackled as important milestones. 

Assenmacher, Dipl.-Ing. Stephan, Bauleiter Tunnel/Innendienst

Arge Nord-Süd Stadtbahn Köln Los Nord, Köln/D

Seite 23 und 34

Bücker, Dipl.-Ing. Karl, Projektleiter (bis September 2007)

Nord-Süd Stadtbahn Köln, Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Köln/D

Seite 23

Köster, Dipl.-Ing. Sven, Bauleitung Kompensationsinjektion

Arge Nord-Süd Stadtbahn Köln, Los Süd, Köln/D

Seite 23

Meyer, Gudrun, Mediensprecherin UnternehmenskommunikationLeiterin Presse- und Öffentlichkeitsarbeit Nord-Süd Stadtbahn Köln,
Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Köln/D

Seite 41

Otten, Dipl.-Ing. Bernd, Projektleiter Schildvortrieb

Arge Nord-Süd Stadtbahn Köln Los Süd, Köln/D

Seite 23

Pabst, Dipl.-Ing. Rolf, Projektleiter (seit September 2007)

Nord-Süd Stadtbahn Köln, Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Köln/D

Seite 41

Spohr, Dr.-Ing. Ingo

Zerna, Köpper & Partner, Niederlassung Köln/D

Seite 2

Tempel, Dipl.-Ing. Lutz, Stellv. Projektleiter

Nord-Süd Stadtbahn Köln, Kölner Verkehrs-Betriebe AG, Köln/D

Seite 13

Thon, Dipl.-Ing. Reinhard, ehem. Amtsleiter

Amt für Brücken und Stadtbahnbau, Köln/D

Seite 2

Trier, Dr. Marcus, Wissenschaftlicher Referent

Römisch-Germanisches Museum/Archäologische Bodendenkmalpflege der Stadt Köln, Köln/D

Seite 13

KÖLN
NORD-SÜD

KVB

KVB

CARMEN

ROSA

TOSCA

KVB Nord-Süd Stadtbahn Köln