

Tunnels to Bad Cannstatt – Undercrossing a Long-Distance Heat Pipeline at Difficult Conditions

Tunnel nach Bad Cannstatt – Unterfahren einer Fernwärmeleitung unter schwierigen Bedingungen

During construction of the Stuttgart 21 railway tunnels leading to Bad Cannstatt a shaft and a 2-m-diameter jacking pipe of the long distance heat supply were unexpectedly encountered. At first, the tunnel heading was continued underneath the structures of the energy supply company EnBW. Then, it had to be investigated how the railway tunnels could be relocated into their final position according to design, without interrupting the heat supply. A first option was to relocate the heat supply pipe towards north, between the two railway tunnel tubes. Due to conflicts of aims, this solution had to be discarded shortly before completing its detailed design. Finally, a solution was realized, in which the heat pipeline was secured by additional measures and then undercrossed by the railway tunnels with a flattened roof.

Beim Auffahren des Fernbahntunnels Richtung Bad Cannstatt im Rahmen des Großprojekts Stuttgart 21 wurden unerwartet ein Schacht und ein Pressrohr DN 2000 der Fernwärmeversorgung angetroffen. Der Vortrieb wurde daraufhin zunächst unter den Bauteilen der EnBW hindurchgeführt. Danach war zu untersuchen, wie der Tunnel in planmäßige Endlage verlegt werden kann ohne den Betrieb der Fernwärmeversorgung zu unterbrechen. Zunächst sollte die Leitung nach Norden zwischen die beiden Tunnelröhren verlegt werden. Diese Lösung musste jedoch kurz vor der Ausführungsreife wegen bestehender Zielkonflikte verworfen werden. Umgesetzt wurde schließlich eine Planung, bei der der Bestand der Fernwärmeversorgung durch zusätzliche Maßnahmen gesichert und anschließend durch den Tunnel mit einer abgeflachten Firste unterfahren würde.

Dipl.-Ing. DIETER SCHMITT, Dipl.-Ing. HANS-JOACHIM KÜPPER, WBI, Prof. Dr.-Ing. W. Wittke Beratende Ingenieure für Grundbau und Felsbau GmbH, Worldwide Engineering, Weinheim, Deutschland/Germany
Dipl.-Ing. CHRISTOPH LIENHART, Dipl.-Ing. SEBASTIAN HEER, Deutsche Bahn Projekt Stuttgart-Ulm GmbH, Deutschland/Germany

1 Project and Problem

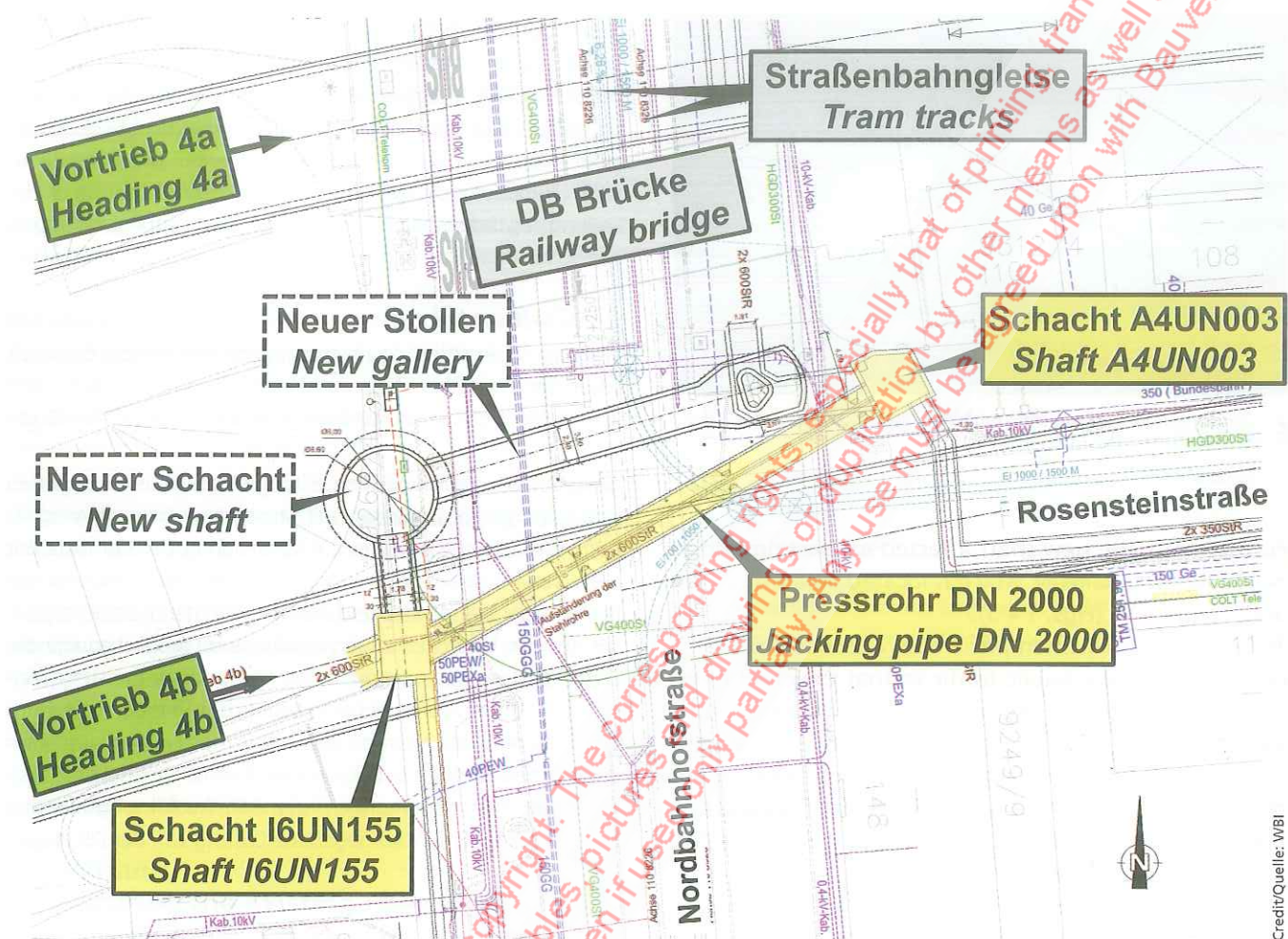
In connection with the large-scale railway project Stuttgart 21, the two tubes of the long-distance railway tunnel leading from the main station to Bad Cannstatt were built. During construction of these tunnel tubes, when drilling the pipe umbrella, a shaft and a 2-m-diameter jacking pipe of the long-distance heat supply of the city of Stuttgart were unexpectedly encountered in the roof area of the tunnel cross-section (**Fig. 1**). Within the jacking pipe, two main pipelines with 60 cm inner diameter are running from shaft I6UN155 to shaft A4UN003 and undercrossing as a culvert the street „Nordbahnhof“ as well as numerous supply lines and the city’s tramway (**Fig. 2**). Since it was not possible to interrupt the operation of the heat supply pipes, the railway tunnels were at first constructed underneath them. Towards this end, the railway tunnels were temporarily lowered on an approx. 50 m long section. The tunnel construction in this section was carried out with forepoling as in the regular tunnel sections (**Figs. 3 + 4**).

Subsequently, it was necessary to develop a solution how to relocate the railway tunnel tubes into the final position according to design. It was a mandatory condition not to interrupt the operation of the long-distance heat supply.

1 Projekt und Aufgabenstellung

Im Rahmen des Eisenbahn-Großprojekts Stuttgart 21 werden die zwei Röhren des Fernbahntunnels vom Hauptbahnhof in Richtung Bad Cannstatt gebaut. Bei der Herstellung des Rohrschirms im Zuge des Vortriebs wurden unerwartet ein Schacht und ein Pressrohr DN 2000 der Fernwärmeversorgung der Stadt Stuttgart im Firstbereich des Tunnelquerschnitts angetroffen (**Bild 1**). Im dem Pressrohr verlaufen zwei Hauptleitungen DN 600, die zwischen den Schächten I6UN155 und A4UN003 die Nordbahnhofstraße mit zahlreichen Versorgungsleitungen und die Stuttgarter Straßenbahn in Dükerlage unterqueren (**Bild 2**). Da eine Außerbetriebnahme der Leitungen nicht möglich war, wurde der Vortrieb zunächst unter den Bauteilen der Fernwärmeversorgung hindurchgeführt. Der Tunnel wurde dafür auf einer Länge von ca. 50 m temporär abgesenkt. Der Vortrieb erfolgte analog zum Regelvortrieb im Schutze von Rohrschirmen (**Bild 3 + 4**).

In der Folge war eine bautechnische Lösung zu erarbeiten, wie der Tunnel in planmäßige Endlage verlegt werden kann. Dabei war die Sicherstellung des laufenden Betriebs der Fernwärmeversorgung als zwingende planerische Randbedingung zu berücksichtigen.



1 Plan view, area of 'Nordbahnhof' street
Lageplan, Bereich Nordbahnhofstraße

2 Re-Location of Pipeline with Construction of New Shaft

2.1 Conditions in the Center of the City

First, a preferential solution was elaborated according to the specifications of the owner of the distance heat supply, EnBW (Energie Baden-Württemberg AG). In this solution, the heating pipeline was to be relocated to the north between the two tubes of the new long-distance railway tunnel. For this purpose, a new shaft was to be constructed, from which a gallery was to be driven towards east and connected to the existing structure (Fig. 1).

For the planning, numerous consultations had to be conducted with EnBW and other parties involved in the project and affected by the solution. These are different entities operating the gas, water and electricity utilities, as well as the Stuttgart municipal drainage system and numerous telecommunication providers. In addition, a section of the Stuttgart tramway "SSB" running in 'Nordbahnhof' street had to be undercrossed and would have been directly affected by the planned measures.

2 Leitungsverlegung mit Schachtneubau

2.1 Innerstädtische Randbedingungen

Zunächst wurde nach Vorgabe des Eigentümers EnBW (Energie Baden-Württemberg AG) eine Vorzugslösung erarbeitet, bei der die Fernwärmeleitung nach Norden zwischen die beiden Röhren des Fernbahntunnels verlegt werden sollte. Dazu sollte ein neuer Schacht abgeteuft werden, von dem ein Stollen in Richtung Osten aufgeföhren und an den Bestand angeschlossen werden sollte (Bild 1).

Für die Planung waren zahlreiche Abstimmungen mit der EnBW und weiteren Projektbeteiligten zu führen, die von der Lösung betroffen waren. Dies sind die Spartenröhren für Gas, Wasser und Strom, die Stadtentwässerung Stuttgart sowie zahlreiche Telekommunikationsanbieter. Zudem war eine in der Nordbahnhofstraße verlaufende Strecke der Stuttgarter Straßenbahn AG (SSB) zu unterqueren, auf die die Maßnahme unmittelbaren Einfluss hatte. Weiterhin war durch den neuen Schacht eine bestehende Brücke der DB Netz, welche sich angrenzend befindet, betroffen (Bild 1 + 5).



Credit/Quelle: DB PSU

2 2-m-diameter jacking pipe with two 60-cm-diameter long-distance heat supply pipelines
Pressrohr DN 2000 mit zwei DN 600 Fernwärmeleitungen

Furthermore, the new shaft affected an existing bridge of the German Railway, which is located adjacent to the area in question (Figs. 1 + 5).

The required excavation pits would also have had a direct impact on the public traffic so that they had to be coordinated with the city of Stuttgart. The traffic routing, which is special at this location anyway, also includes a main cycle route. Under these difficult intra-urban conditions, the re-location of the pipeline with the construction of a new shaft had to be planned as specified by the owner of the line in December 2016.

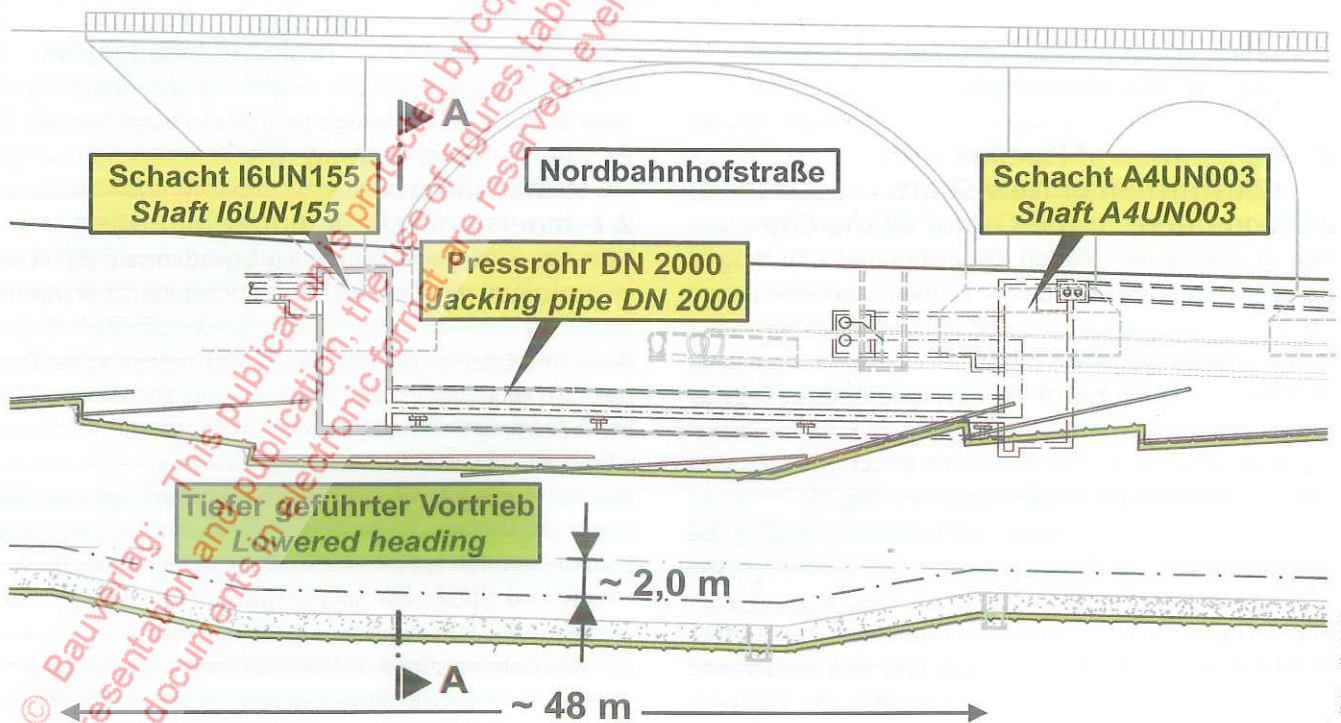
Die Baugruben hätten zudem Eingriffe in den öffentlichen Verkehrsraum erfordert und mussten daher auch mit der Landeshauptstadt Stuttgart abgestimmt werden. Die ohnehin an dieser Stelle besondere Verkehrsführung umfasste zudem eine Hauptradroute. Unter diesen schwierigen innerstädtischen Randbedingungen war die durch den Eigentümer der Leitung im Dezember 2016 vorgegebene Leitungsverlegung mit Schachtneubau zu planen.

2.2 Zielkonflikte

Im Zuge der Ausführungsplanung stellte sich heraus, dass zwischen den Projektbeteiligten zahlreiche Zielkonflikte vorhanden waren, die nicht ohne weiteres aufzulösen waren. So führte etwa die für das geplante Schachtbauwerk erforderliche Verlegung der Telekommunikationsleitungen zu weiteren Eingriffen in die Sparten Gas, Wasser und Strom. Eine örtliche Verschiebung des Schachtbauwerks zur Vermeidung der Konflikte mit den Spartenägern hatte wiederum einen Zielkonflikt mit der bestehenden Bahntrasse und den Anlagen der SSB zur Folge.

Die aus den Untersuchungen resultierende mögliche Lage des Schachtbauwerkes und die damit verbundene Baustelleneinrichtung hätten die Umleitung sämtlicher Verkehrsbeziehungen erfordert und wurden daher von der Landeshauptstadt Stuttgart abgelehnt.

Trotz dieser Randbedingungen konnte die Ausführungsplanung für die von der EnBW vorgegebene Lösung von der DB Projekt



3 Longitudinal section with tunnels constructed at lower level
Längsschnitt mit tiefergeführtem Tunnel

Credit/Quelle: WBI

2.2 Conflicts of Aims

In the course of the detailed design, it became apparent that there were numerous conflicts of aims between the various involved project participants, which could not be resolved easily. For example, the re-location of the telecommunication lines required for the planned shaft construction led to further interventions in the gas, water and electricity sectors. On the other hand, a relocation of the shaft structure to avoid the numerous conflicts with the utility owners resulted in a conflict of objectives with the existing railway line and the SSB facilities.

The possible location of the new shaft structure resulting from the investigations and the associated site installations would have required the diversion of all traffic routes and was therefore rejected by the city of Stuttgart. Despite these constraints, the detailed design for the solution specified by EnBW was largely prepared by the German Railway entity DB PSU together with WBI. However, as new difficulties repeatedly arose during the planning process, the solution did no longer seem to be completely feasible after a certain time. After numerous rounds of coordination with, among others, the utility entities and the transport authority of the city of Stuttgart, the DB PSU therefore decided in September 2018 to resume talks with EnBW about an alternative solution.

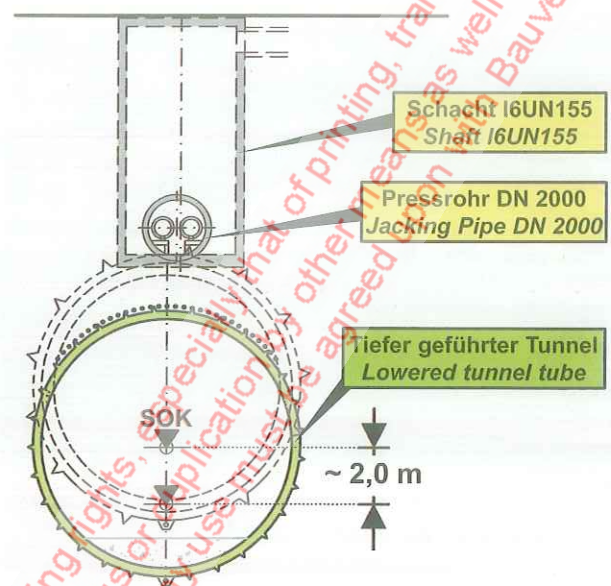
3 Variant:

Securing the Existing Heat Pipeline

3.1 Coordination with EnBW

In an early design phase, a variant was considered in which the existing heating supply pipes were to be secured in their current location. However, this variant had been rejected by the EnBW company due to the associated intervention in their facilities. Against the background of the difficulties in relocating the pipeline, the discussion about the variant of securing the existing pipeline had to be re-opened. The group of participants could be limited to EnBW, DB PSU and WBI. Due to the meanwhile time-critical project schedule, the meetings had to be held in close succession.

Since the bottom of the shaft I6UN155 and of the adjacent 2-m-diameter jacking pipe interfere with the clearance and excavation profile of the tunnel, it was unavoidable to take measures at these structural components (Fig. 4). For this reason, this variant was rejected by the EnBW company in several meetings. Finally, WBI succeeded in optimising the solution in such a way that the remaining restrictions in the area of the culvert were acceptable for EnBW. With regard to the constructability, the DB PSU involved the joint venture of construction companies as advisory capacity in this phase. After intensive efforts of all parties, EnBW finally gave its approval



4 Cross-section in the area of the shaft I6UN155
Querschnitt im Bereich des Schachtes I6UN155

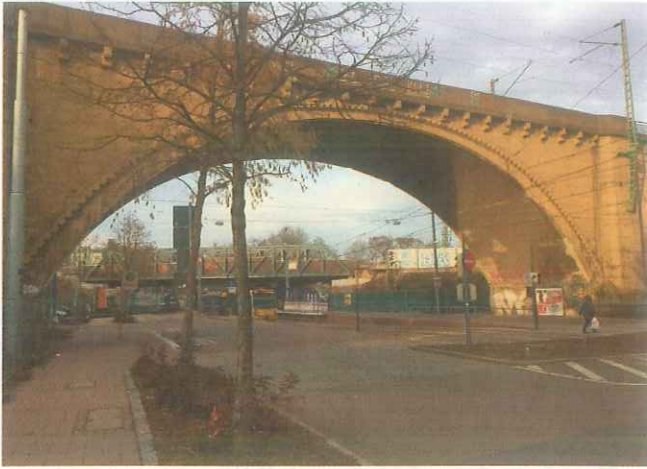
Stuttgart-Ulm GmbH (DB PSU) gemeinsam mit WBI weitestgehend erstellt werden. Da sich jedoch im Planungsprozess immer wieder neue Schwierigkeiten zeigten, schien die vollständige Umsetzbarkeit der Lösung nach einem gewissen Zeitraum schlicht nicht mehr gegeben. Nach zahlreichen Abstimmungsrunden u. a. mit den Spartenrägern und der Verkehrsbehörde der Landeshauptstadt Stuttgart entschied sich die DB PSU im September 2018 daher dazu, wieder Gespräche mit der EnBW über eine alternative Lösung aufzunehmen.

3 Variante Leitungssicherung

3.1 Abstimmungen mit der EnBW

In einer frühen Planungsphase wurde eine Variante betrachtet, bei der die Leitungen der Fernwärmeversorgung im Bestand gesichert werden sollten. Diese Variante war jedoch von der EnBW aufgrund der damit verbundenen Eingriffe in ihre Anlagen abgelehnt worden. Vor dem Hintergrund der Schwierigkeiten bei der Umsetzung der Leitungsverlegung musste die Variante Leitungssicherung jetzt jedoch erneut diskutiert werden. Der Teilnehmerkreis konnte auf EnBW, DB PSU und WBI beschränkt werden. Aufgrund des bereits zeitkritischen Projektablaufs mussten die Besprechungen in enger Folge durchgeführt werden.

Insbesondere an der Sohle des Schachtes I6UN155 und der Sohle des anschließenden Pressrohres DN 2000 waren Eingriffe unumgänglich, da die Bauteile mit dem Lichtraum- bzw. dem Ausbruchprofil des Tunnels kollidierten (Bild 4). Die Variante wurde daher durch den Betrieb der EnBW zunächst in mehreren Gesprächsrunden abgelehnt. Schließlich gelang es WBI die Lösung derart zu optimieren, dass die verbleibenden Einschränkungen im Bereich des Dükers auch für EnBW



Credit/Quelle: DB PSU

5 Existing structures in the area of the planned shaft structure
Bestand im Bereich des geplanten Schachtbauwerks

for the optimised version of the heat pipeline protection in April 2019.

3.2 Measures in Existing Structures

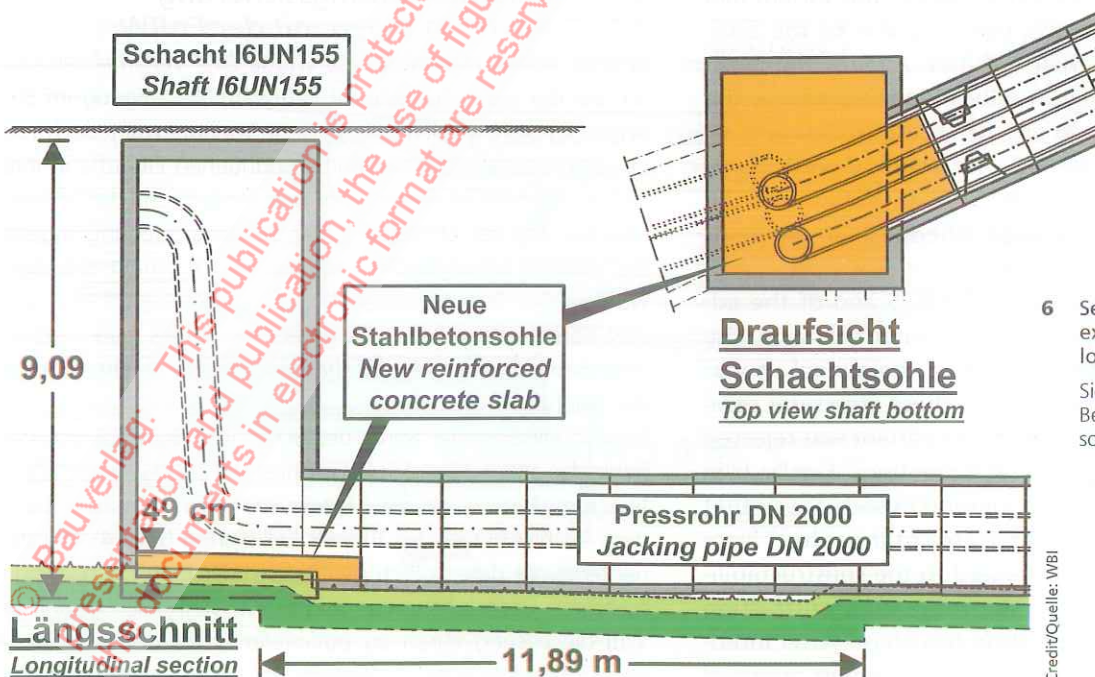
The detailed design was immediately completed by WBI. The designed measures included a stepwise demolition of the existing shaft bottom. The shaft walls were underpinned and a new reinforced concrete floor was installed in a higher position in the shaft – but still below the existing 60-cm-diameter steel pipes – and in the first section of the jacking pipe (Fig. 6). Further permanent interventions in the jacking pipe were not permitted. Therefore, it was necessary for geometric reasons to flatten the roof of the long-distance railway tunnel tubes in

akzeptabel waren. Im Hinblick auf die bautechnische Umsetzung, wurde die ausführende ARGE von der DB PSU in dieser Phase beratend eingebunden. Nach intensiven Bemühungen der Parteien erteilte die EnBW im April 2019 schließlich ihre Zustimmung zur optimierten Variante der Leitungssicherung.

3.2 Maßnahmen im Bestand

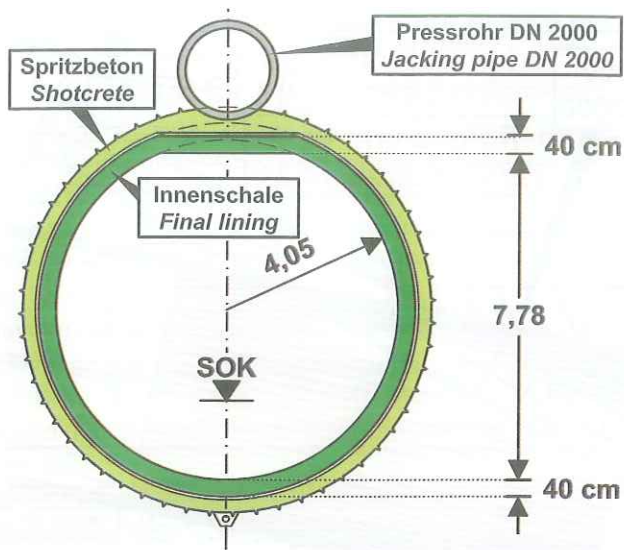
Die Ausführungsplanung wurde durch WBI umgehend fertiggestellt. Die Maßnahme umfasste den abschnittswise Abbruch der bestehenden Schachtsohle. Die Schachtwände wurden dabei unterfangen und eine neue Stahlbetonsohle wurde in höherer Lage jedoch unterhalb der Stahlrohre DN 600 in den Schacht und den ersten Rohrschuss des Pressrohres eingebaut (Bild 6). Da weitere dauerhafte Eingriffe in das Pressrohr nicht zulässig waren, war es aus geometrischen Gründen erforderlich, die Firse des Fernbahntunnels im kritischen Bereich abzuflachen (Bild 6 + 7). Die Fugen zwischen den Rohrschüssen des Pressrohres wurden als vorlaufende Maßnahme für die Überfirstung des Tunnels temporär gesichert.

Die Arbeiten mussten im laufenden Betrieb der Fernwärme ausgeführt werden. Ein Rückbau der Installationen der EnBW war daher nicht möglich. Die gesamte Andienung, inklusive der Lieferung von Stahl und Beton, musste durch die Öffnung des Schachtes I6UN155 erfolgen. Diese wurde daher auf eine Rechtecköffnung von 1,5 x 1,5 m erweitert. Durch die Lage im Verkehrsraum war die zur Verfügung stehende BE-Fläche sehr gering. Die Arbeitsstätte war zudem nur über eine Leiter erreichbar. Erschwerend betrogen die Temperaturen dauerhaft mehr als 30 °C infolge des Betriebs der Fernwärmeversorgung. Für die Arbeiten im Bestand musste daher ein entsprechendes SiGe-Konzept erstellt werden.

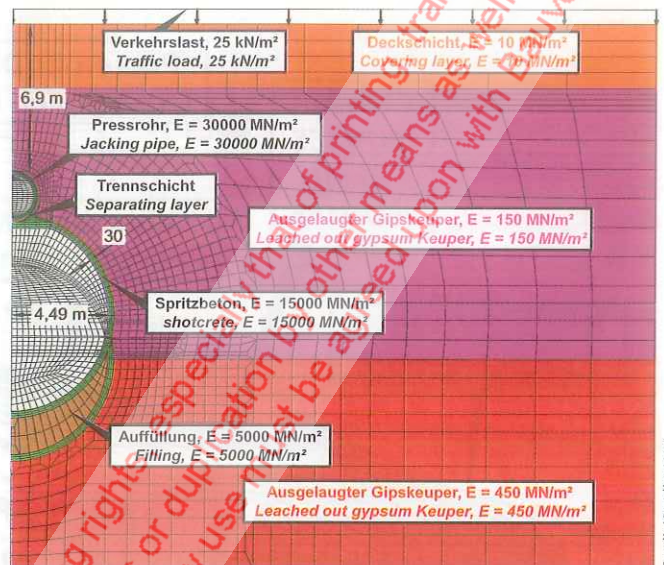


6 Securing measures at the existing structures of the long-distance heat supply
Sicherungsmaßnahmen im Bestand der Fernwärmeversorgung

Credit/Quelle: WBI



7 Cross-section of the long-distance railway tunnel with flattened roof
Querschnitt des Fernbahntunnels mit abgeflachter Firste



8 Detail of the finite element mesh and assumed Young's moduli
Ausschnitt des FE-Netzes und angenommene E-Moduli

the critical area (Figs. 6 + 7). The joints between the pipe sections of the jacking pipe were temporarily secured as a preliminary measure for the construction of the final roof area of the tunnel.

The works had to be carried out while the heat supply system was in operation. It was therefore not possible to dismantle the EnBW installations. The entire delivery, including the supply of steel and concrete, had to be carried out through the opening of the shaft I6UN155. This opening was therefore extended to a rectangular opening of 1.5 x 1.5 m. Due to the location in a traffic area, the available room for site installation was very small. Furthermore, the working area was only accessible via a ladder. An additional aggravating factor was the temperature of permanently more than 30 °C due to the operation of the heat supply. Therefore, a corresponding safety and health concept had to be elaborated for the works at the existing structures.

It was important to start works in the middle of summer 2019, as sections of the 60-cm-diameter steel pipes of the heat supply had to be replaced in advance. This work could only be carried out during summer outside the heating period. Therefore, delayed design would have resulted in a construction delay of about 9 months. The coordination of the execution was carried out in close partnership with EnBW. The design of the line protection proved to be well realisable. This was also ensured by the flexibility of the JV Tunnel Cannstatt, responsible for the construction work. The pipeline protection measures in the shaft and jacking pipe were started in August and could be completed in November 2019.

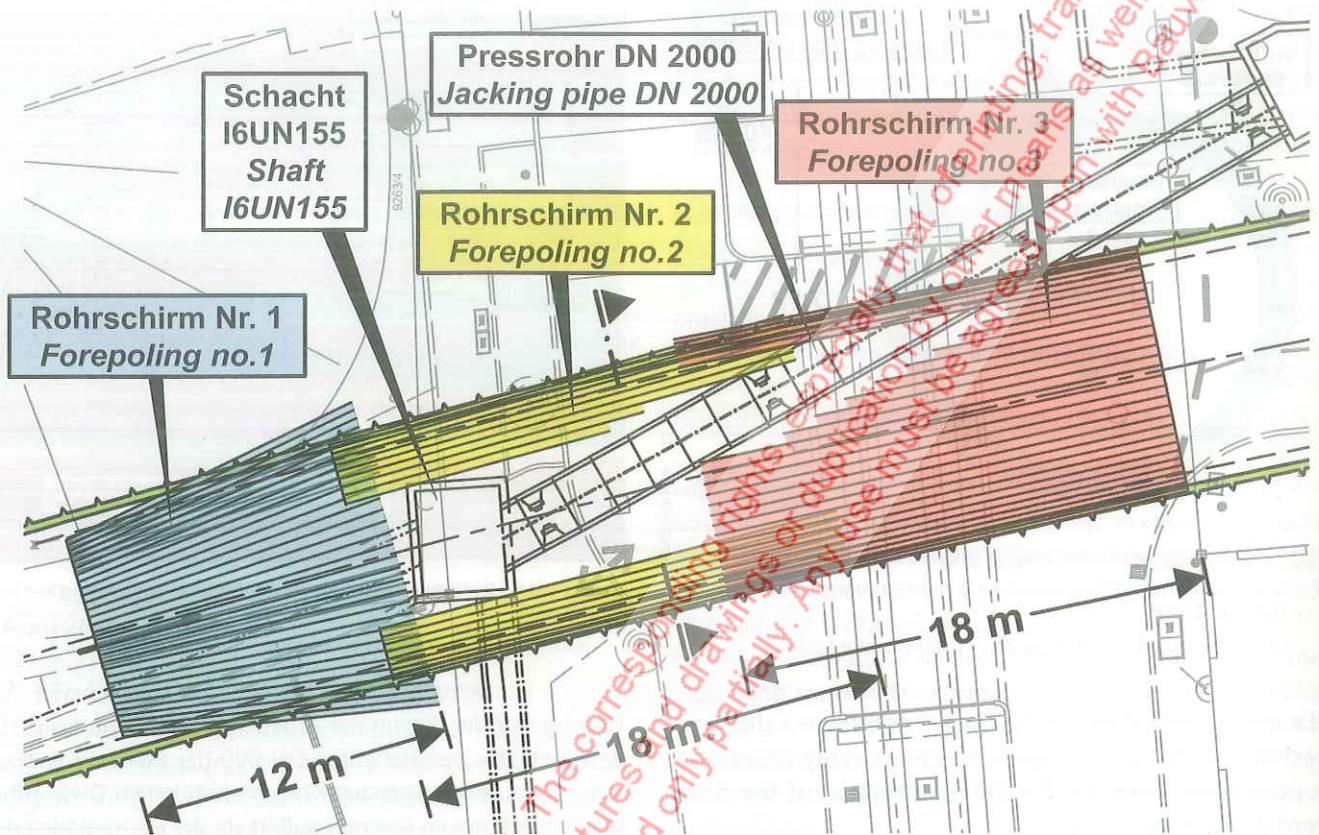
Wichtig war der Beginn der Arbeiten im Hochsommer 2019, da Abschnitte der Stahlrohre DN 600 der Fernwärmeversorgung vorlaufend ausgetauscht werden mussten. Diese Arbeiten konnten nur im Sommer außerhalb der Heizperiode erfolgen. Eine verspätete Planfreigabe hätte somit einen Verzug der Arbeiten von etwa neun Monaten zur Folge gehabt. Die Abstimmung der Ausführung erfolgte mit der EnBW partnerschaftlich auf kurzem Weg. Die Planung der Leitungssicherung stellte sich als gut umsetzbar dar. Dies wurde auch durch die Flexibilität der bauausführenden ARGE Tunnel Cannstatt sichergestellt. Bereits im August 2019 wurde mit der Leitungssicherung begonnen. Die Maßnahmen in Schacht und Pressrohr konnten im November 2019 abgeschlossen werden.

4 Überfirsten des Tunnels

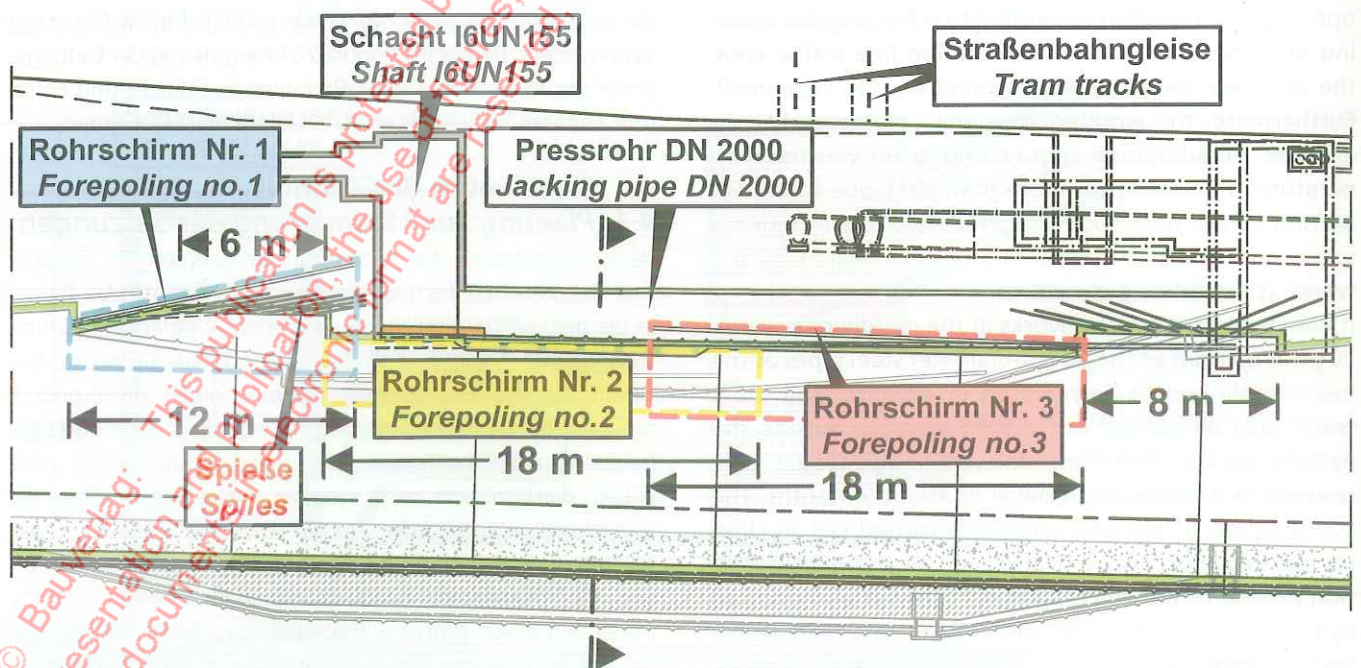
4.1 Planung zur Minimierung der Setzungen

Nach Ausführung der Sicherungsmaßnahmen im Schacht und Pressrohr der Fernwärmeversorgung konnte der Tunnel in die planmäßige Endlage zurückverlegt werden. Auf Grund vorhandener Anlagen in der Nordbahnhofstraße musste das Überfirsten des Tunnels setzungsarm erfolgen. Insbesondere die Bauteile der Fernwärmeversorgung, die Gleise der Straßenbahn und Gasleitungen, die in der Straße verlegt sind, waren diesbezüglich sehr sensibel. Weiterhin durften die Spannungumlagerungen und die daraus resultierenden Verschiebungen im Baugrund keine unzulässigen Beanspruchungen des Pressrohrs DN 2000 zur Folge haben.

Daher wurde von WBI eine Lösung für das Überfirsten erarbeitet, bei der zunächst eine Sohlauffüllung und ein Spritzbetonsohlgewölbe in den tiefer geführten Tunnelabschnitt eingebaut wurde. Das Überfirsten des Tunnels wurde anschließend



9 Plan view with forepoling layout
Lageplan mit Anordnung der Rohrschirme



10 Longitudinal section of tunnel with supporting elements
Längsschnitt durch den Tunnel mit Sicherungselementen

4 Construction of the Final Roof Area of the Railway Tunnel

4.1 Design for Minimizing Settlements

After carrying-out the securing measures in the shaft and jacking pipe of the heat supply, the railway tunnel tubes could be relocated into their final design position. Due to the existing facilities in the 'Nordbahnhof' street, the construction of the final roof area of the tunnel had to be carried out with minimum settlement. In particular the components of the heat supply, the tracks of the tram and the gas pipes located along the road were very sensitive in this respect. Furthermore, it had to be ensured that the stress redistributions and the resulting displacements in the subsoil would not cause inadmissible stresses on the 2-m-diameter jacking pipe.

Therefore, WBI elaborated a solution for constructing the final roof area, in which as a first step a bottom filling and a shotcrete invert were installed in the lowered tunnel section. The construction of the roof area was then carried out with short cut-off lengths. In every cut-off, the shotcrete support in the vault area was

mit kurzen Abschlaglängen ausgeführt. Dabei wurde jeweils die Sicherung des Gewölbes an die Spritzbetonschale in der Sohle angeschlossen. Auf diese Weise wurde immer ein frühzeitiger Ringschluss erreicht, der für die Minimierung der Setzungen maßgebend ist. Die Nachweise wurden auf der Grundlage von Berechnungen nach der FE-Methode geführt (Bild 8).

Zur vorausseilenden Sicherung waren insgesamt drei Rohrschirme vorgesehen. Der Rohrschirm 1 wurde im Westen aus einer bestehenden Nische mit einer Neigung gegen die Tunnelachse von 13° bis an den Schacht IGUN155 heran hergestellt. Anschließend wurden zwei 6 bzw. 8 m lange Nischen im Schutze von Spießen aufgeföhren. Aus diesen heraus wurden die Rohrschirme 2 und 3 von Westen bzw. Osten mit einer Neigung von 1° eingebaut (Bild 9 + 10). Die Bohrrohre des Rohrschirms 2 mussten im Bereich des Schachtes im Firstsektor ausgespart werden. Um eine Beschädigung der Bauteile der Fernwärmerversorgung zu vermeiden, mussten die Längen der Bohrrohre zudem teilweise angepasst werden. In den betreffenden Abschnitten wurde der vorausseilende Kopfschutz durch den Einbau von Spießen ergänzt (Bild 9-11).

WE'RE NOW SERVING EUROPE

MINING EQUIPMENT ACQUIRES MÜHLHÄUSER

With the acquisition, Mining Equipment aims to build solid relationships in the European market by providing durable, high-quality machinery and support to contractors. The new office in Breuberg, Germany will allow the company to provide equipment to the European market.

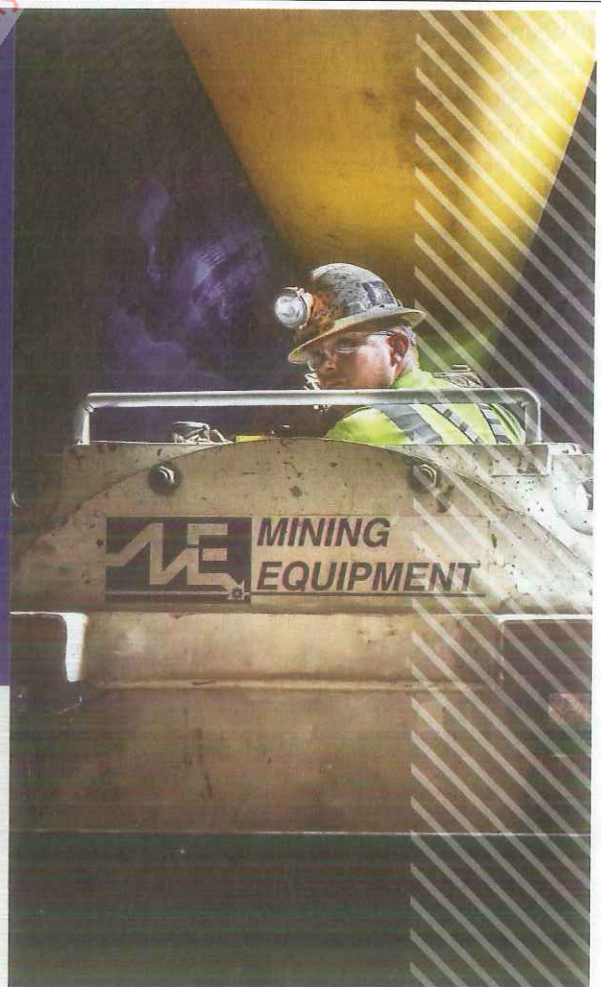


+



+1 970 259 0412 | +49 (6165) 42683.70

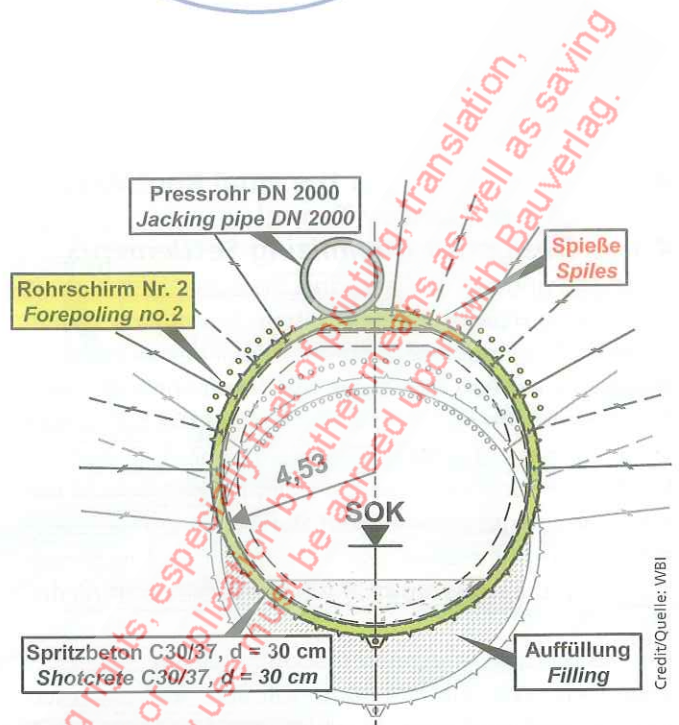
© MININGEQUIPMENTLTD.COM



connected to the shotcrete membrane in the invert. In this way, an early ring closure was always achieved, which is decisive for minimising settlements. The statical verifications were carried out on the basis of numerical calculations using the finite element (FE) method (Fig. 8). A total of three pipe umbrellas (forepoling) were foreseen as advancing support. Pipe umbrella 1 was constructed in the west from an existing niche with an inclination of 13° against the tunnel axis up to shaft I6UN155. Then, two 6 and 8 m long niches were excavated under the protection of spiles. Starting from these niches, the pipe umbrellas 2 and 3 were installed from the west and east respectively with an inclination of 1° (Figs. 9 + 10). The forepoling pipes of pipe umbrella 2 had to be omitted in the area of the shaft in the roof sector. Moreover, in order to avoid damaging the components of the heat supply, the lengths of the forepoling pipes had to be partially adjusted. In the corresponding sections, the advancing roof support was provided by the installation of spiles (Figs. 9–11).

4.2 Execution of Construction

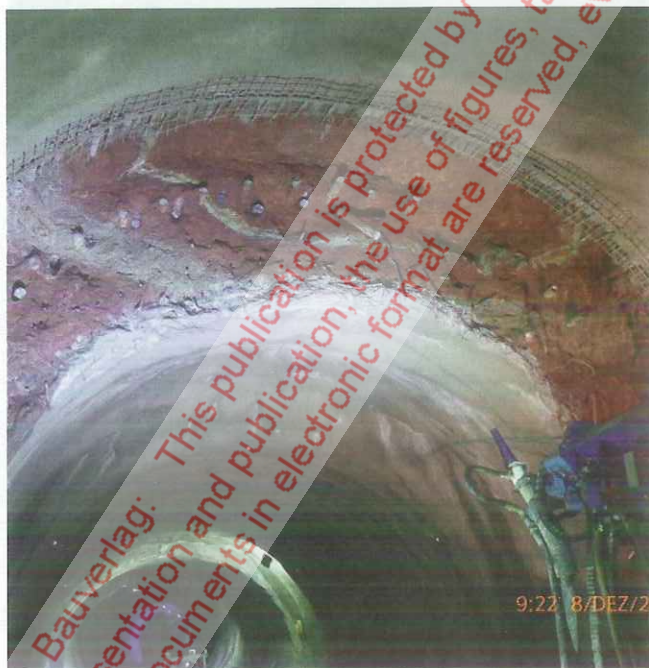
The construction was carried out between November 2019 and January 2020 and involved the demolition and removal of the support elements, which had been installed during the initial tunnel driving at a lower level (Fig. 12). Additional challenges resulted from the short cut-off lengths of 50 cm only and from the combination



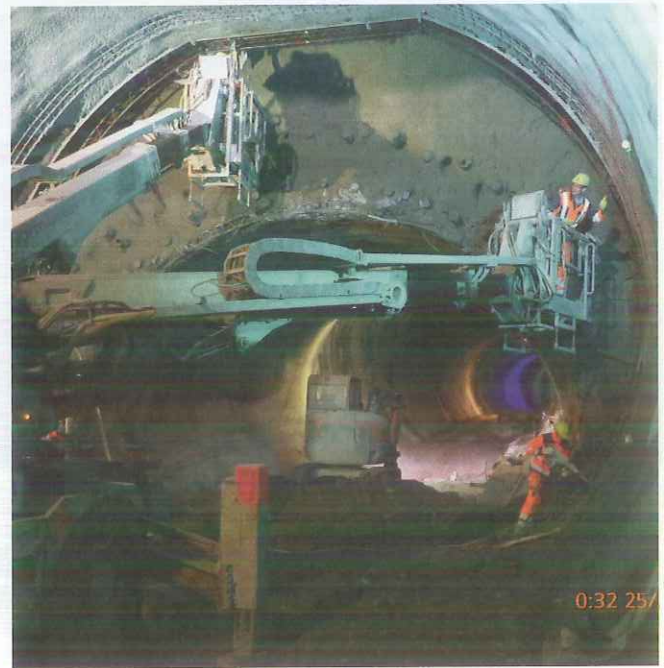
11 Cross-section with support underneath jacking pipe
Querschnitt mit Sicherung unterhalb des Pressrohres

4.2 Ausführung

Die Arbeiten erfolgten von November 2019 bis Januar 2020. Bei der Überfirstung des Tunnels waren die im Baugrund vorhandenen Elemente der Sicherung, die im Zuge des tiefergeführten Vortriebs eingebaut wurden, abzurechen und rückzubauen (Bild 12). Die im Bereich des Schachtes geringen Abschlagstiefen von 50 cm und die Kombination der



12 Construction of the final roof area of the railway tunnels in the zone with circular cross-section
Überfirstung des Tunnels im Bereich des Kreisprofils



13 Installation of support in the cross-section with flattened roof
Einbau der Sicherung im Querschnitt mit abgeflachter Firste

of different excavation support measures with forepoling and with spiles in the area of the shaft (Fig. 13).

The dismantling of the shotcrete membrane proved to be particularly sound transmitting. Therefore, the client DB PSU offered overnight accommodation to the residents affected in the immediate vicinity during the construction works.

Irrespective of the unusually difficult and special boundary conditions, the construction of the definitive roof area of the railway tunnel tubes was successfully executed in accordance with the approved design between November 2019 and January 2020. The admissible limits for the displacements in the tunnel, in the components of the heat supply and on the ground surface were met.

5 Conclusion

The construction of the internal lining blocks with flattened roof and special formwork was completed in June 2020. Thus, including the retrofitting measures in the existing heat supply system, the total construction time was less than one year.

Compared to the originally preferred option of re-locating the pipeline and constructing a new shaft, which was extremely difficult to realize due to the boundary conditions, the executed solution achieved significant economic advantages. The construction time could be reduced by approx. 9 months. For the project participants, the re-design thus turned out to be a success.

vorausseilenden Sicherung aus Rohr- und Spießschirmen stellen ebenfalls besondere Herausforderungen dar (Bild 13).

Der Rückbau der Außenschale erwies sich als in besonderem Maße schallübertragend. Während der Arbeiten wurden den in unmittelbarem Umfeld betroffenen Anwohnern daher Übernachtungsmöglichkeiten seitens der DB PSU angeboten. Unabhängig von den ungewöhnlich schwierigen und besonderen Randbedingungen konnte der Vortrieb zur Überfistung des Tunnels gemäß der freigegebenen Ausführungsplanung im Zeitraum November 2019 bis Januar 2020 erfolgreich ausgeführt werden. Die zulässigen Grenzwerte für die Verschiebungen im Tunnel, in den Bauteilen der Fernwärmeversorgung und an der Geländeoberfläche wurden eingehalten.

5 Fazit

Die Herstellung der Innenschalenblöcke mit abgeflachter Firse und Sonderschalung wurde im Juni 2020 abgeschlossen. Somit ergibt sich einschließlich der Ertüchtigungsmaßnahmen im Bestand der Fernwärmeversorgung eine Gesamtbauteilzeit von unter einem Jahr.

Gegenüber der ursprünglichen Vorzugsvariante einer Leitungsverlegung mit Schachtneubau, deren Umsetzbarkeit aufgrund der schwierigen Randbedingungen sich äußerst schwierig gestaltete, konnten mit der ausgeführten Lösung deutliche wirtschaftliche Vorteile erzielt werden. Die Bauzeit konnte um ca. 9 Monate verkürzt werden. Für die Projektbeteiligten stellte sich die Umplanung somit als Erfolg dar.

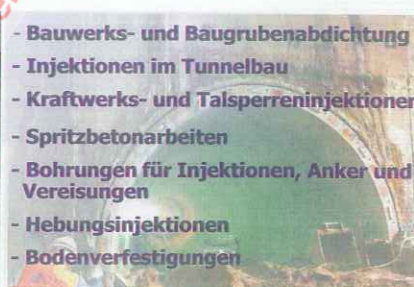
REFERENCES/LITERATUR

- [1] Wittke, W.: Rock Mechanics Based on an Anisotropic Jointed Rock Model (AJRM), Verlag Ernst & Sohn GmbH & Co. KG, Berlin 2014. ISBN-Nr.: 978-3-433-03079-0

Mit innovativen Lösungen
für die Zukunft bauen



Stuttgart 21 Los 1b



Düsseldorf Wehrhahnlinie



Berlin U5



Doha Green Line

- Bauwerks- und Baugrubenabdichtung
- Injektionen im Tunnelbau
- Kraftwerks- und Talsperreninjektionen
- Spritzbetonarbeiten
- Bohrungen für Injektionen, Anker und Vereisungen
- Hebungsinjektionen
- Bodenverfestigungen