

# Grabenlose Verlegung von Fernwärmeleitungen im Stahlmantelrohrverfahren

Von Marius Thomsen, Hannover, Gerhard Eisenhauer, Leimen und Günther Hinrichs, Hamburg \*)

Erstmalig in der Bundesrepublik wurden im innerstädtischen Bereich Fernwärmeleitungen im Stahlmantelrohrverfahren mit dem Horizontalspülbohrverfahren eingezogen. Die Einziellänge für den Vor- und Rücklauf betrug jeweils 260 m. Die Verfasser des folgenden Aufsatzes berichten über die Planung, die notwendigen Voruntersuchungen und die Baudurchführung dieser Baumaßnahme, die für die Stadtwerke Hannover AG durchgeführt wurde.

## Summary of the report

### Trench-free laying of steel jacket district heat pipelines

For the first time in Germany steel jacket district heat pipelines with an external diameter of 400 mm were inserted in a city district using the horizontal flush drilling method. The insertion length for the flow and return line was 260 m in each case.

#### Planning

For the service pipeline of the Hanover Zoo to the district heating network of the Hanover Stadtwerke only the route via Theodor-Heuss-Platz (figure 1) came into question for economic reasons. This city square, however, was subject to a strict excavation ban. Consequently the technical feasibility and economy of trench-free laying was investigated. Due to the cost benefits and the lower disruption for traffic and residents, laying using the horizontal flush drilling method was evaluated.

Although relatively rigid compared to the plastic jacket pipeline, a steel jacket pipe was used because it seemed more suitable due to its robustness. Because of the high normal tensions of 219 N/mm<sup>2</sup> in the 406 x 7.1 jacket pipe, St 52 and a borehole width of 600 mm was employed.

#### Construction preparation

The geological conditions were assessed on the basis of existing geological maps and the evaluation of drill probes. A georadar survey was also carried out as preparation for construction. Along a width of ca. 2 m, the route zone was examined for other supply lines, changing ground material and other obstacles. To pinpoint crossing supply lines, dense areas and other ground conditions, the longitudinal profile was measured along the planned route (figure 2).

The exactness of the ground survey undertaken was checked by pilot drilling in the planned route using 100 kN standard equipment.

#### Construction and drilling work

Preparation of the pipeline itself was able to be carried out on a free area without impeding the traffic flow. Subsequent insulation of the jacket pipe was effected by Canusa horizontal drill sleeves (TBK), a sleeve specially adapted to the stress of supplementary insulation during the insertion procedure.

To achieve the very flat angle of entry of only 5 degrees needed in drilling, - necessary for the problem-free linking of the pipes in the shafts - the drill equipment had to be installed in a very flat position (figure 3). A drill was used with 400 kN withdrawal power. The route to be drilled formed a spatial curve where the minimum bend grade was stipulated and was not to be fallen short of. To take into account this required precision, special attention had to be paid to exact plotting and undeviating drilling. For plotting the initial drilling an electro-magnetic plotting procedure according to the Tru-Trac system was employed. Measuring accuracy here amounted to ca. 2 % in relation to the depth of the drill head.

For the second pilot drilling the differential measuring system Vector Magnetics was used. To this purpose an overwash pipe had to be inserted in the first drilling, necessary for using the measuring system. To achieve this second pilot drilling a transmitter was installed in this overwash pipe by cable winch at the height of the drill head. With the aid of the transmitter and receiver in the relevant borehole the desired variable distance between the pilot drillings was guaranteed.

Following the successful execution of the two pilot drillings the individual boreholes were extended in two stages to the necessary diameter of almost 600 mm (figure 4) and the steel jacket pipes were inserted in the boreholes.

On insertion of the pipes a maximum withdrawal force of 80 kN was measured. This tractive force corresponded to a frictional coefficient of 0.25 in the drilling emulsion. The insertion of the pipes took ca. 4 h each and took place without complications. The advantages of this method of laying district heating pipelines are as follows in this case:

- no disruption of individual or public transport,
- negligible surface break-up and re-instatement,
- protection of existing green areas,
- uninterrupted visitor frequency to the Stadthalle and zoo,
- short construction time and cost benefits over alternative route.

The requirements for this type of construction are good and careful planning under the inclusion of institutions of public interests and residents as well as far-reaching technical pre-surveys. ■

#### Allgemeines

Erstmalig in der Bundesrepublik wurden im innerstädtischen Bereich Fernwärmeleitungen im Stahlmantelrohrverfahren mit einem Außendurchmesser von 400 mm mit dem Horizontalspülbohrverfahren eingezogen. Die Einziellänge für den Vor- und Rücklauf betrug jeweils 260 m. Vor der Baudurchführung wurde ein Systemvergleich verschiedener grabenloser Verlegeverfahren sowie eine umfangreiche geologische Voruntersuchung durchgeführt, um den hohen Anforderungen an die Genauigkeit der Bohrung gerecht zu werden. Dabei konnten Erfahrungen aus Horizontalspülbohrungen mit flexiblen Fernwärmeleitungen herangezogen werden. Die Baumaßnahme konnte ohne Probleme für das Fernwärmesystem ausgeführt werden.

\*) Dipl.-Ing. M. Thomsen, Stadtwerke Hannover AG, Dipl.-Ing. G. Eisenhauer ist Geschäftsführer der GEF Ingenieurgesellschaft für Energietechnik und Fernwärme mbH, Leimen, Dipl.-Ing. G. Hinrichs ist Geschäftsführer der FlowTex Service GmbH, Hamburg.

## Planung

Der Zoo Hannover wurde bisher mit Wärme aus einem auf dem Zoogelände befindlichem Heizwerk versorgt. Dieses Heizwerk konnte aus Altersgründen in naher Zukunft die Eigenversorgung nicht mehr gewährleisten. Man entschied sich aus wirtschaftlichen Gründen für einen Fernwärmeanschluß an das Netz der Stadtwerke Hannover AG.

Nach der Vorplanung kam nur eine Versorgung aus einer an der Stadthalle befindlichen Fernwärmetransportleitung in Frage. Als Trasse für die Anschlußleitung stand zunächst der Weg über die Mars-la-Tour-Straße mit einer Länge von 490 m zur Verfügung. Damit konnte eine weiträumige Umgehung des Theodor-Heuss-Platzes (Bild 1) in offener Bauweise in Aussicht gestellt werden.

Für diesen Platz, der vollständig neu gestaltet worden war, bestand eine von seiten der Stadt ausgesprochene Aufbruchssperre. Weil die Stadtwerke Hannover AG sich bei der Wärmeversorgung in Konkurrenz zu einer von anderer Seite angebotenen BHKW-Lösung befanden, bestand die Aufgabe eine wirtschaftlichere Lösung zu finden.

Weitere Überlegungen führten die Planungsabteilung der Stadtwerke Hannover AG dazu, die technische Machbarkeit und die Wirtschaftlichkeit einer grabenlosen Verlegung zu untersuchen. Mit dem Ingenieurbüro GEF-Ingenieurgesellschaft für Energietechnik und Fernwärme mbH, Leimen, und erfahrenen Fachunternehmen sowie Systemherstellern wurde die Baumaßnahme diskutiert.

Die GEF führte System- und Kostenvergleiche durch. Mit dem Tiefbauamt der Stadt und den Verwaltungen des Zoos und der Stadtwerke wurden mehrere Varianten der Leitungsauslegung für die Vormontage diskutiert.

Letztlich konnte die Vormontagestrecke entlang der Grundstücksgrenze des Zoos in der Adenauer-Allee als weitere Voraussetzung für das Verlegeverfahren vereinbart werden.

Die Voruntersuchung ergaben eindeutige Vorteile hinsichtlich der Kosten und der geringeren Belästigung für Verkehr und Anlieger bei der Anwendung des Horizontal-Spülbohrverfahren. Deshalb entschied sich der Bauherr für dieses Verfahren.

## Auswahl des Rohres

Da es sich um eine Baumaßnahme handelte, mit der Fernwärmeleitungen dieser Dimension noch nicht verlegt wurden, war auch bei der Wahl des

Rohrsystems besondere Sorgfalt erforderlich. Nach intensiver Überlegung entschied sich die Stadtwerke Hannover AG für das Stahlmantelrohrverfahren. Hierbei handelt es sich zwar um ein gegenüber dem Kunststoffmantelrohr relativ starres Rohr, aber wegen der Randbedingungen entschied man sich für das etwas robustere Stahlmantelrohrsystem. Somit stand der Außendurchmesser des Mantelrohres mit DN 400 bei einer Mediumrohrweite von DN 200 fest. Die statischen Betrachtungen für das in einer Raumkurve zu verlegende System sowie für die Montagezustände beim Einzug in den Bohrtunnel über eine Einzugsrampe wurden vom Ingenieurbüro Prof. Dr.-Ing. Walter Lippoth, Hannover, durchgeführt. Wegen der hohen Normalspannungen von  $219 \text{ N/mm}^2$  im Mantelrohr  $406 \times 7,1$ , ist St 52 und die Bohrtunnelweite von 600 mm vorgeschlagen und ausgeführt worden.

## Bauvorbereitung

Damit während der Bohrarbeiten keine unüberwindlichen Schwierigkeiten auftreten konnten, wurde eine Baugrunduntersuchung in der Planungsphase in Auftrag gegeben. Das Gutachten wurde durch die Georadar GmbH, Weimar, erstellt. Es wurden die geologischen Verhältnisse auf Grundlage von vorhandenen geologischen Karten und der Auswertung von Rammkernsondierungen vorgenommen. Diese Auswertung ergab einen für das Spül-

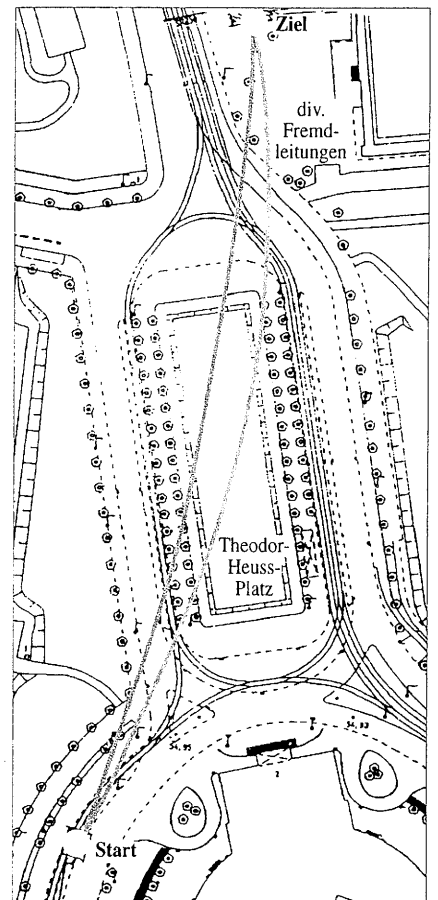


Figure 1. Plot plan of the piping and traffic routes on Theodor-Heuss-Platz

Bild 1. Lageplan über die Leitungs- und Verkehrsführung auf dem Theodor-Heuss-Platz

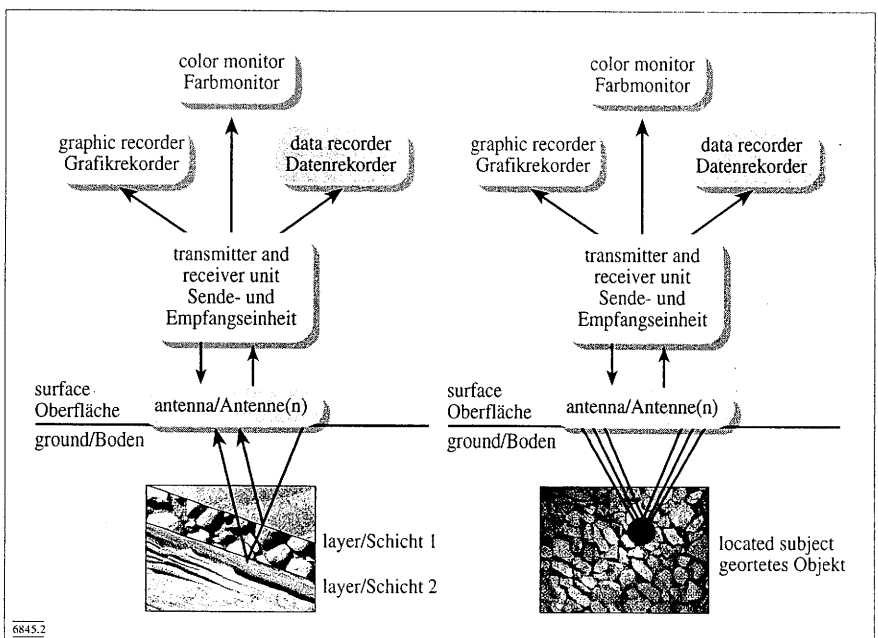


Figure 2. Principle description of the geo-radar measurement

Bild 2. Prinzipskizze der Georadarmessung

bohrverfahren geeigneten hindernisfreien Boden mit relativ geringer Lagerungsdichte. Auf der Grundlage der durchgeführten Siebkornanalyse wurden bereits erste Aussagen zur Bohrsuspension gemacht.

Zur weiteren Bauvorbereitung wurde eine Georadar-Untersuchung durchgeführt. Der Trassenbereich wurde auf einer Breite von rd. 2 m auf Fremdleitungen, wechselnde Bodenmaterialien und sonstige Hindernisse untersucht.

Um den zu querenden Leitungsbestand, Auffüllungsbereiche und sonstige Bodenveränderungen zu orten, wurden entlang der geplanten Trasse Längsprofile gemessen. Mit 500-MHz-, 300-MHz- und 100-MHz-Sensoren wurde beiderseits der abgesteckten Trasse in parallelen Profilen der Boden untersucht (Bild 2).

Die Auswertung dieser Untersuchungen ergab, daß in den Radargrammen Leitungsanomalien und Auffüllungsbereiche zu erkennen waren. Die Zuordnung der Ereignisse zu bestimmten Leitungstypen (Wasser, Post etc.) basierte auf der Korrelation mit den vorhandenen Bestandsplänen sowie auf der Abstimmung mit den auf dem Baufeld vorhandenen Schiebern. Fremdleitungen und Fremdkörper konnten in der vorgesehenen Bohrtrasse nicht festge-

stellt werden. Damit war die Hindernislage geklärt und die Verlegefigur bestätigt.

Um die Exaktheit der durchgeführten Bodenuntersuchung sicherzustellen, wurde noch eine Pilotbohrung in der geplanten Trasse mit einem 100 kN Standard-Gerät durchgeführt. Die Ergebnisse der Voruntersuchung konnten in jeder Hinsicht bestätigt werden.

Nachdem GEF-Leimen die endgültigen Ausführungspläne und Leistungsverzeichnisse erstellt hatte, wurde von der Stadtwerke Hannover AG eine beschränkte Ausschreibung mit den gesamten zur Erstellung des Fernwärmeanschlusses erforderlichen Arbeiten durchgeführt. Nach der Auswertung aller Angebote erhielt die FlowTex Service GmbH, Hamburg, im Unterauftrag der Preussag GmbH, die die Stahlmantelrohr- und Rohrbauarbeiten ausführte, den Auftrag zur Durchführung der Bohrarbeiten.

### Baudurchführung

Die Vorbereitung der Rohrstränge konnte auf einer freien Fläche ohne Behinderung des fließenden Verkehrs und der Straßenbahn parallel zu den Gleisen erfolgen. Die Rohre wurden auf Rollenböcken gelagert und zu einem Strang verschweißt. Die notwendigen Nach-

solierungsarbeiten konnten so unter guten Baustellenbedingungen durchgeführt werden. Um den Einzug der Rohre problemlos zu gestalten, wurde eine Rampe im Erdreich erstellt. Durch diese abgesenkte Rampe konnte die Zufahrt zum Zoo jederzeit aufrecht erhalten und das System aus Eigengewichtsverformung in den Bohrtunnel eingezogen werden.

Die Nachisolierung der Mantelrohre erfolgte mit Canusa-Horizontalbohrmanschetten (TBK), einer speziell auf die Beanspruchung der Nachisolierung während des Einziehvorganges abgestimmten Manschette. Die Schrumpfmanschette ist für diesen Einsatzzweck mit besonders schäl- und scherfesten Heißschmelzklebern ausgestattet. Ihre Überlänge wirkt sich positiv auf den kritischen Bereich aus. Eine kleinere Opfermanschette wird in Einzugrichtung zusätzlich aufgeschrumpft und anschließend mit einem Epoxydharzüberzug versehen.

### Bohrarbeiten

Parallel zu der Vorbereitung des Rohrstranges wurde mit den Bohrarbeiten begonnen. Um den geforderten sehr flachen Eintrittswinkel von nur 5°, der für die problemlose Einbindung der Rohre in den Schächten erforderlichlich

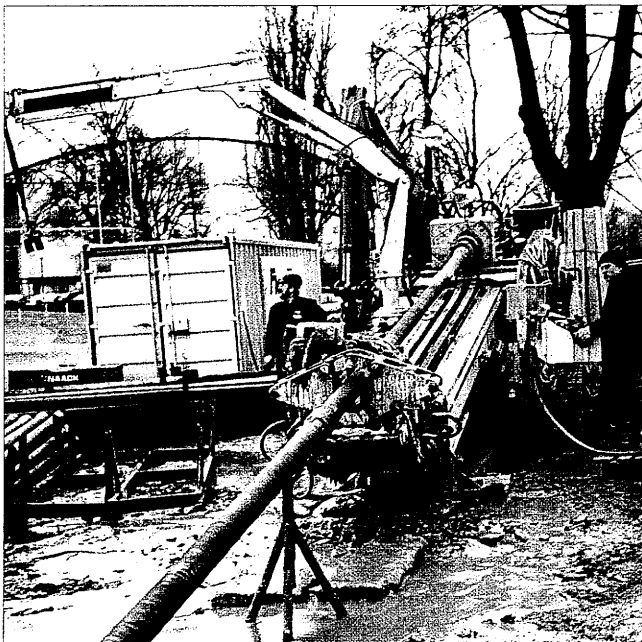


Figure 3. General view of the drilling machine 400 kN  
Bild 3. Gesamtansicht der Bohranlage 400 kN



Figure 4. Enlargement equipment which was adapted to the ground conditions after the extension of the borehole  
Bild 4. Den Bodenverhältnissen angepaßter Aufweitkopf nach dem Aufweitvorgang

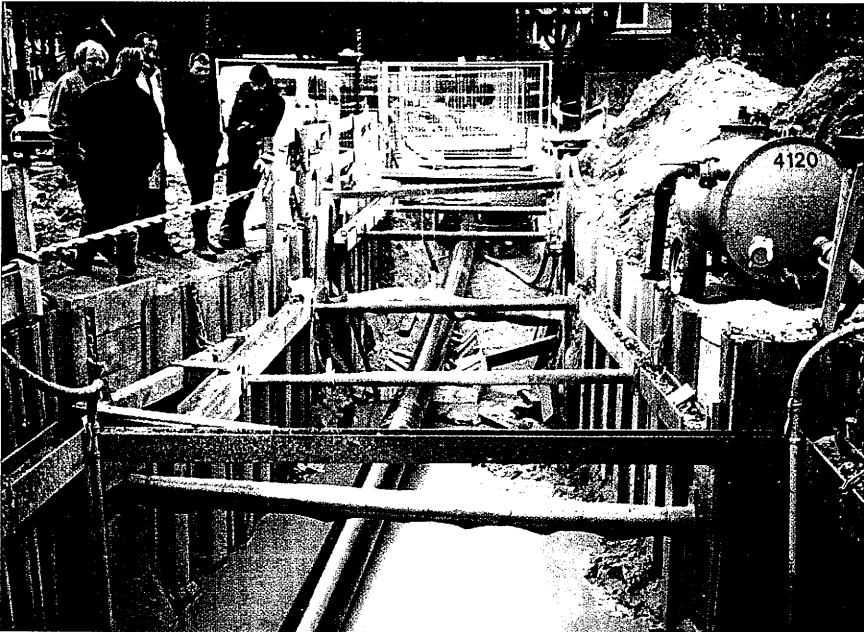


Figure 5. Second pipeline prepared for the insertion in the borehole

Bild 5. Zum Einzug vorbereiteter Rohrstrang im Rampenbereich

war, zu erreichen, mußte das Bohrgerät in einer sehr flachen Lage fixiert werden (Bild 3).

Die beiden Rohrstränge (Vor- und Rücklauf) sollten in den Baugruben, bedingt durch die Armatureschachtgröße, einen Abstand von 1,50 m untereinander haben. Im Bereich des Theodor-Heuss-Platzes wurde der Abstand aus bohrtechnischen Gründen auf 5,00 m vergrößert.

Zum Einsatz kam ein Bohrgerät mit 400 kN Rückzugskraft, das durch seine kompakte Bauweise dem erhöhten Platzbedarf Rechnung trug, so daß für die Aufstellung des Bohrgerätes keine Straßenfläche in Anspruch genommen wurde.

Die zu bohrende Trasse stellte eine räumliche Kurve dar; die Mindestbiegeradien waren vorgegeben und durften nicht unterschritten werden. Um diese geforderten Genauigkeiten einhalten zu können, mußte insbesondere die exakte Ortung und ein geradliniger Bohrverlauf sichergestellt werden.

Für die Ortung der äußeren, zuerst durchgeführten Bohrung, wurde ein elektromagnetisches Ortungsverfahren nach dem Tru-Trac-System eingesetzt. Die Meßgenauigkeit beträgt hier rd. 2 % bezogen auf die Tiefe des Bohrkopfes. Durch die erforderliche Meßgenauigkeit reagiert das System empfind-

licher auf äußere Störfelder als andere Meßverfahren, die aber nur eine Unge- nauigkeit von minimal 5 % bezogen auf die Tiefe des Bohrkopfes gewährleisten.

Von den vorhandenen Straßenbahngleisen ging während der Verkehrszeiten eine relativ hohe Störung aus, die die Meßgenauigkeit beeinflusste. Da aber an die Meßgenauigkeit besonders hohe Anforderungen gestellt wurden, konnte die erste Pilotbohrung aus Sicherheitsgründen nur in der Nachtzeit von 1 Uhr bis 4 Uhr durchgeführt werden. Eine zeitweilige Abschaltung der Oberleitung brachte nicht die gewünschte Sicherheit und Genauigkeit für die Ortung des Bohrkopfes. Auf den letzten 40 m, vor Erreichen der Zielgrube, wurden umfangreiche Fremdleitungen (Gas, Wasser und Strom) unterfahren.

Zur Erhöhung der Meßgenauigkeit ist der kathodische Korrosionsschutz benachbarter Leitungen zeitweilig unterbrochen worden.

Für die zweite Pilotbohrung wurde dann das Differenzmeßsystem Vector Magnetics eingesetzt. Hierzu mußte in die erste Bohrung ein Überwachrohr eingezogen werden, das zum Einsatz des Meßsystems erforderlich war. In diesem Überwachrohr wurde zur Er-

stellung der zweiten Pilotbohrung ein Sender durch Seilwinden auf der Höhe des Bohrkopfes geführt. So konnte mit Sender und Empfänger in der jeweiligen Bohrung die Einhaltung des gewünschten variablen Abstandes der Pilotbohrungen untereinander gewährleistet werden. Mit dem Einsatz von Empfänger und Sender unter der Erdoberfläche wurden die Störungen weitestgehend ausgeschaltet, so daß die zweite Pilotbohrung unter vollem Betrieb am Tage durchgeführt werden konnte.

Nach der erfolgreichen Herstellung der beiden Pilotbohrungen wurden die einzelnen Bohrungen in zwei Schritten auf den, für das Einziehen des Rohres erforderlichen Durchmesser von knapp 600 mm aufgeweitet (Bild 4) und die Stahlmantelrohre in die Bohrungen eingezogen. Durch die Rampenausbildung war während des Einziehvorganges keinerlei Kranunterstützung zum Anheben der Rohre auf die Ideallinie erforderlich (Bild 5).

Beim Einzug der Rohre wurde am Bohrgerät maximal 80 kN Rückzugskraft gemessen. Diese Zugkraft entsprach einem Reibungsbeiwert von 0,25 in der Bohremulsion. Der Einzug der Rohre dauerte jeweils rd. 4 h und verlief ohne Komplikationen.

Die für die Durchführung der Pilotbohrungen und Aufweitungen erforderlichen Suspensionsmengen von rd. 500 m<sup>3</sup> wurden einem Spülungskreislauf zugeführt und aufbereitet, so daß nach Abschluß der Baumaßnahme nur der aus der Recyclinganlage gewonnene Sand und eine Restmenge Sandbentonitmisch abgefahren werden mußte.

Die Vorteile dieses Verfahrens zur Verlegung von Fernwärmeleitungen sind in diesem Fall wie folgt zu bewerten:

- keine Beeinträchtigung des Individual- und öffentlichen Verkehrs,
- geringfügiger Oberflächenaufbruch und -wiederherstellung,
- Schonung vorhandener Grünanlagen
- Aufrechterhaltung des Besucherverkehrs für Stadthalle und Zoo,
- kürzere Bauzeit und Kostenvorteile gegenüber der Alternativtrasse über Mars-la-Tour-Straße.

Eine gute und sorgfältige Planungsvorbereitung unter Einbeziehung der Träger öffentlicher Belange und Anlieger sowie umfangreicher technischer Voruntersuchungen sind Voraussetzung für ein solches Bauverfahren.

(6845)