

Projektierung und Ausschreibung der 2. Röhre des Pfändertunnels

G. Pilser, M. John, O. Alber

Der Pfändertunnel als Umfahrung von Bregenz ist eine wichtige Nord-Süd-Verkehrsverbindung. Aus Sicherheitsgründen und zur Erhöhung der Kapazität wird derzeit eine 2. Röhre erstellt, über die im folgenden Beitrag berichtet wird.

1 Lage und Verkehrssituation

Der Pfändertunnel bildet die Umfahrung des Raumes Bregenz/A und liegt im Zuge der A 14 Rheintal Autobahn, die als wichtigste Nord-Süd-Verbindung im Vorarlberger Rheintal Bestandteil des transeuropäischen Straßennetzes ist (Bild 1).

Die bestehende von ILF geplante und im Dezember 1980 in Betrieb genommene Oströhre ist dem gestiegenen Verkehrsaufkommen nicht mehr gewachsen. Mit einem durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) von rd. 26 000 Kfz/d ist der Pfändertunnel der meist frequentierte einröhriige Straßentunnel in Österreich. Die Verkehrsprognosen sagen bis

2020 einen DTV von rd. 46 000 Kfz/d vorher, welcher die Kapazität der im Gegenverkehr betriebenen Röhre über-



1 Lage des Pfändertunnels

1 Location of the Pfänder Tunnel

G. Pilser, ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, Innsbruck/A
M. John, ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, Innsbruck/A
O. Alber, ASFINAG Bau Management GmbH, Wien/A

Planning and Tendering Stages for the 2nd Tube of the Pfänder Tunnel

G. Pilser, M. John, O. Alber

The Pfänder Tunnel bypassing Bregenz represents an important north-south traffic link. For safety reasons and to increase the capacity a 2nd tube is currently being produced. The following report deals with the project.

1 Location and Traffic Situation

The Pfänder Tunnel forms

the bypass for the Bregenz/A area and is located on the A14 Rhine Valley motorway, which is the most important north-south connection in the Vorarlberg Rhine Valley and a component of the trans-European highway network (Fig. 1).

The existing east tube, planned by ILF and opened in December 1980 is no longer able to cope with the growing volume of traffic. With an average daily frequency (DTV) of some 26,000 vehicles/d the Pfänder Tunnel is the most used single-tube road tunnel in Austria. Traffic prognoses indicate a DTV of around 46,000 vehicles/d by 2020, thus exceeding the capacity of the tunnel that operates with bi-direction-

G. Pilser, ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, Innsbruck/A
M. John, ILF Beratende Ingenieure ZT GmbH, Innsbruck/A
O. Alber, ASFINAG Bau Management GmbH, Vienna/A

steigt. Daher wurde zur Erhöhung der Kapazität wie auch aus Sicherheitsgründen durch den Straßenbetreiber, die Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-AG (ASFI-NAG), beschlossen, die 2. Röhre (Weströhre) zu errichten.

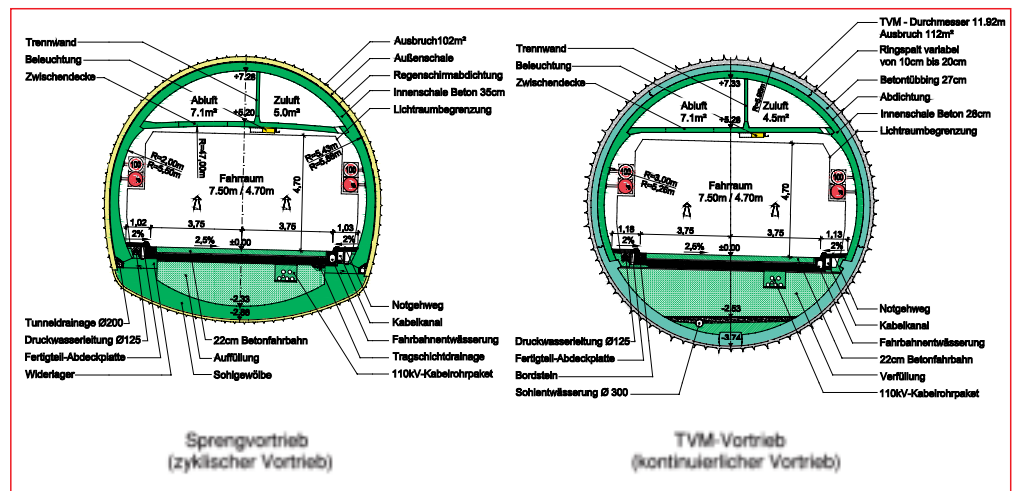
2 Terminliche Abwicklung

Im August 2003 wurden die ILF Beratende Ingenieure mit der Gesamtplanung der 2. Röhre einschließlich der vorgelagerten Galeriebauwerke sowie der Gewässerschutzanlagen beauftragt. Unter Berücksichtigung des vorgegebenen Trassen- und Gradientenverlaufes der 2. Röhre (Weströhre), welcher bereits mit der Planung der Bestandsröhre (Oströhre) festgelegt wurde, sowie der bestehenden Galerie-, Querschlags- und Lüftungsbauwerke wurde auf Basis der aktuellen Richtlinien der Vorentwurf für die 2. Röhre erstellt.

Im Mai 2005 wurde das Projekt zur §4-Verordnung nach Bundesstraßengesetz eingereicht, im Dezember 2005 wurde seitens des zuständigen Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) die entsprechende Verordnung erlassen.

Im September 2005 wurde seitens der ASFINAG entschieden, neben der konventionellen auch die kontinuierliche (maschinelle) Vortriebsmethode zu planen und diese als Alternative auszuschreiben.

Im Januar 2007 wurden die Ausschreibungsunterlagen für die Bauarbeiten der 2. Röhre ausgegeben. Der Vergabevorgang wurde im September 2007 mit der Vergabe an die Bietergemeinschaft Beton- und Monierbau GmbH/Alpine Salzburg abgeschlossen. Die Bauarbeiten wurden im Oktober 2007 begonnen, wobei erstmals bei einem österreichischen



2 Tunnelregelquerschnitte mit links Sprengvortrieb (zyklischer Vortrieb) und rechts TVM-Vortrieb (kontinuierlicher Vortrieb)

2 Tunnel standard cross-sections with drill+blast drive on the left (cyclic drive) and TBM drive (continuous drive) on the right

Sträßentunnel eine Tunnelvortriebsmaschine zum Einsatz kommt.

Mit dem Abschluss der Bauarbeiten und Inbetriebnahme der Weströhre ist Mitte 2012 zu rechnen. Im Anschluss daran wird die Oströhre saniert, so dass der Vollbetrieb beider Röhren ab Mitte 2013 möglich sein wird.

3 Planung der Weströhre

3.1 Technische Daten

Die 2. Röhre ist 6586 m lang. Der Achsabstand zur Bestandsröhre wurde bereits im Zuge der Planung der ersten Röhre mit rd. 70 m festgelegt. Die Längsneigung beträgt analog der Bestandsröhre im Nordabschnitt 0,4 %, im Südabschnitt 0,5 % und der Neigungswechsel befindet sich in Tunnelmitte.

Bei den Portalen schließen Einfahrtsgalerien mit Ausfahrten für die Betriebsumkehr an.

3.2 Tunnelregelquerschnitte

Der Querschnitt wird durch das Lichtraumprofil mit 7,50 m Breite und 4,70 m Höhe, die Luftkanäle, den Gehraum und

al traffic. As a consequence the operator, the Autobahnen- und Schnellstraßen-Finanzierungs-AG (ASFINAG), decided to set up the 2nd tube.

2 Scheduling

In August 2003 the ILF Beratende Ingenieure were commissioned with the overall planning of the 2nd tube including the accessing gallery structures and the water protection facilities. The preliminary draft for the 2nd tube was produced taking the prescribed route and gradient alignment for the 2nd tube (west tube), which was determined when the existing tube (east tube) was planned along with the existing gallery, cross-passage and ventilation structures on the basis of current guidelines.

In May 2005 was tabled for approval in accordance with ordinance §4 of the federal highways legislation; in December 2005 the corresponding ordinance was given the green light by the responsible Federal Ministry for Transport, Innovation and Technology (BMVIT).

In September 2006 the

ASFINAG decided to plan the continuous (mechanised) driving method in addition to the conventional one and to ask for tenders to be accordingly submitted as an alternative.

In January 2007 the tendering documents for the construction work for the 2nd tube were published. The award process was concluded in September 2007 with the contract going to the Beton- und Monierbau GmbH/Alpine Salzburg JV. Construction work commenced in October 2007 with a tunnelling machine being used for building an Austrian road tunnel for the first time.

The construction work and the opening of the west tube are scheduled for mid-2012. Subsequently the east tube is to be redeveloped so that both tubes will be fully operational again as from mid-2013.

3 Planning the West Tube

3.1 Technical Data

The 2nd tube is 6,586 m long. The centre distance to the existing tube was established at roughly 70 m when the first tube was being planned. The

die Unterbringung der Versorgungsleitungen bestimmt (Bild 2).

Für den zyklischen Vortrieb unter Anwendung der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NATM) wurden die Erfahrungen aus dem Bau der ersten Röhre umgesetzt. In Bereichen, in denen hohes Quellpotenzial erwartet wird, wurde ein steifer Ausbau mit tiefem Sohlgewölbe (Bild 2, links) gewählt. Zudem wurde vorgesehen, die Strosse und Sohle bei eingestelltem Kalottenvortrieb von Abstelnische zu Abstelnische nachzuziehen, um die Einflüsse des Baubetriebes hinsichtlich Quellen zu minimieren. Das Betonieren des Innengewölbes sollte gleichfalls in diesen Abschnitten nachfolgen. Bei geringerem Quellpotenzial war ein flaches Sohlgewölbe und in Strecken ohne Quellen eine ebene Sohle vorgesehen.

Für den kontinuierlichen Vortrieb mit einer Schild-TBM wurde ein zweischaliger Ausbau gewählt, der den Einsatz von kostengünstigen, nicht abgedichteten Tübbingn mit einer Dicke von 27 cm erlaubt, die mit Perlkies hinterfüllt werden (Bild 2, rechts). Die hinter der Regenschirmabdichtung in den Fugen anfallenden Bergwässer werden unterhalb der erhöhten Seitenstreifen gefasst und in die Sohlentwässerung abgeleitet. Die einschaligen Sohl-tübbinge werden in einem tixotropen Mörtel versetzt, um die Fugen abzudichten. Für die Verkiesung des First- und Ulmenbereiches sowie für die Vermörtelung der Sohl-tübbinge wurden strikte Vorgaben in den Vertrag aufgenommen.

3.3 Lüftungssystem

Für die Weströhre musste wie bereits für die Oströhre eine Vollquerlüftung gewählt werden, da gefordert wurde, dass bei einer Betriebssperre der Oströhre die Weströhre im Gegenverkehr ohne Einschränkungen betrieben werden kann.

Unter Berücksichtigung dass die Schadstoffemissionen seit der Planung der 1. Röhre im Jahre 1976 sich gravierend verringerten, konnten die ursprünglich nur für die 1. Röhre geplanten Lüftungsschächte auch für die 2. Röhre genutzt werden.

Damit wurde erreicht, dass sich gegenüber dem genehmigten Projekt keine zusätzliche Umweltbeeinträchtigung ergibt. Die Größe der Luftkanäle im Tunnelbereich resultiert aus dem geringen Frischluftbedarf und den hohen Anforderungen an die Abluftabsaugung im Brandfall mit 120 m³/s.

Die beiden Lüftungszentralen bestehen aus Aufweitungen in Tunnellängsrichtung, von denen jeweils 2 rd. 35 m lange Kavernen quer zur Tunnelachse abzweigen, die in einem Achsabstand von 50 m angeordnet sind. Dieses bereits beim Bau der 1. Röhre gewählte Konzept hat den Vorteil, dass die Kavernen unabhängig vom Tunnelvortrieb hergestellt werden können. In jeder dieser Kavernen sind ein Zuluft- und ein Abluftventilator oberhalb der Zwischendecke angeordnet, welche die 4 Lüftungsabschnitte

longitudinal gradient in keeping with the existing tube amounts to 0.4 % in the northern section, 0.5 % in the southern one and the change in gradient occurs in the middle of the tunnel.

Access galleries with facilities for reversing the traffic flow are to be found at the portals.

3.2 Tunnel Standard Cross-Sections

The cross-section is governed by the clearance profile – 7.50 m wide and 4.70 m high, the air ducts, the pathway and accommodating the supply lines (Fig. 2).

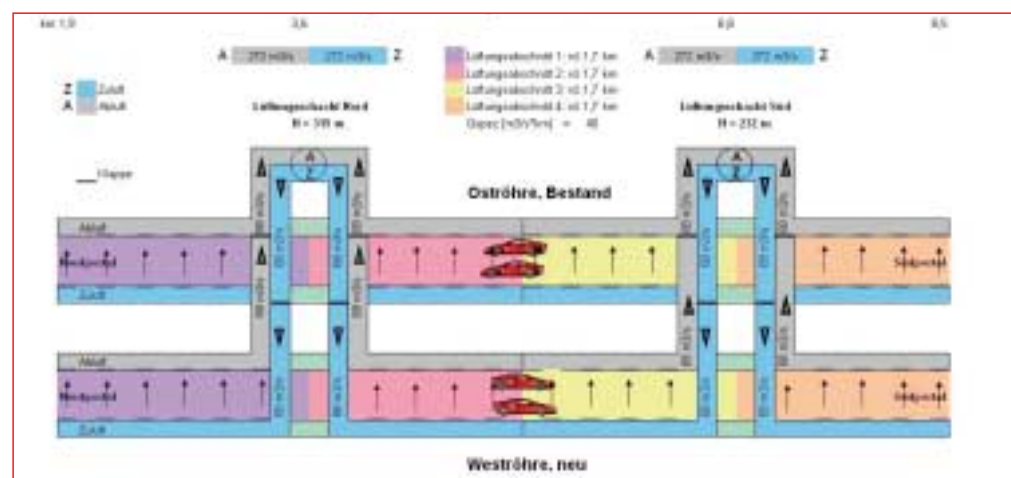
For the cyclical operation applying the New Austrian Tunneling Method (NATM) the findings obtained from building the first tube were applied. A rigid support with deep base invert (Fig. 2, left) was chosen for areas, where a high swelling potential was expected. In addition provisions were made to ensure that the bench and floor were excavated from storage niche to storage niche with the crown drive at a standstill in order to minimise the effects of construction operations relating to swelling. The concreting of the inner vault was also

scheduled to be carried out in this way in these sections. A flat base invert was foreseen in the case of a slight swelling potential and an even floor in sections unaffected by swelling.

A 2-shell lining was selected for the continuous excavation using a shield TBM, which permits the application of low-cost, unsealed segments 27 cm thick, backfilled with pearl gravel (Fig. 2, right). The underground water accumulating in the joints behind the umbrella seal is collected below the raised side shoulders and diverted into the floor drainage. The monocoque base segments are placed in a thixotropic mortar in order to seal the joints. Strict specifications were laid down in the contract for installing gravel in the roof and side wall areas as well as for mortaring the base segments.

3.3 Ventilation System

A full cross ventilation system had to be selected for the west tube just as had previously been the case for the east tube, as it was necessary to ensure that the west tube should be capable of operating with 2-way traffic without any restriction if the east tube had to be closed.



3 Lüftungsschema: Vollquerlüftung mit 2 unterirdischen Lüftungsstationen mit Verbindungen zu den Bestandsschächten

3 Ventilation scheme: full cross-ventilation with 2 underground ventilation stations with connections to the existing shafts

versorgen. Die Zu- und Abluftkanäle werden ab den Kavernenenden in Schrägstollen zu den bestehenden Lüftungsschächten der 1. Röhre geführt und an diese angeschlossen (Bild 3, 4).

Die bestehenden Lüftungsschächte weisen eine Höhe von rd. 300 m (Schacht Nord) und rd. 230 m (Schacht Süd) auf. Die Anschlüsse an die Bestandschächte sollen während Tunnelperren, die ausschließlich nachts und nur wochentags erfolgen, abgewickelt werden, um die Beeinträchtigungen für den Verkehr durch die Bestandsröhre möglichst zu reduzieren.

3.4 Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen

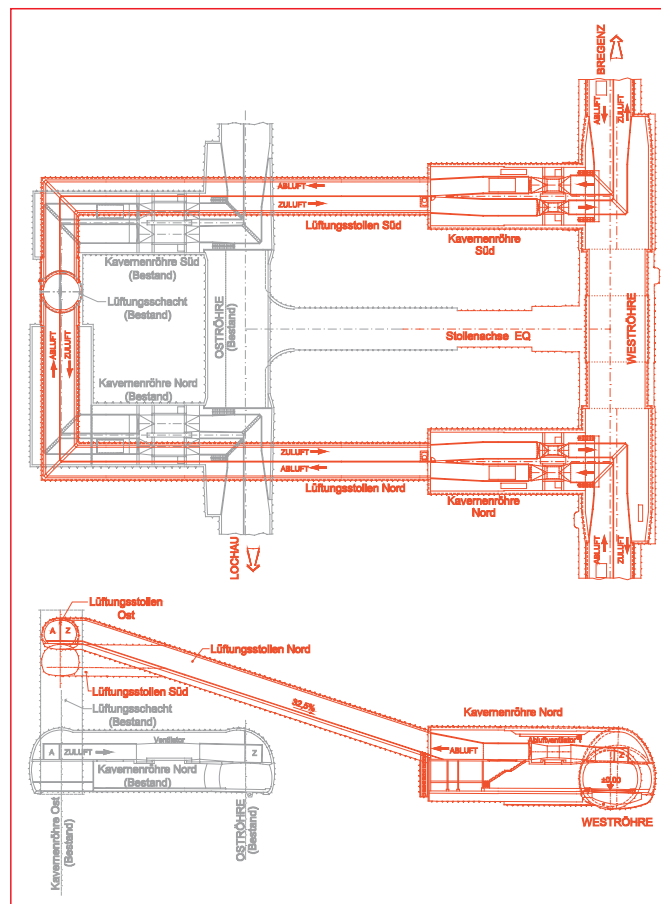
Die Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen berücksichtigen die Vorgaben der Richtlinie der EU über die Mindestanforderungen an die Sicherheit von Tunneln im Transeuropäischen Straßennetz, die im Jahr 2004 nach einer Serie von schweren Tunnelbränden (Mont Blanc Tunnel, Tauern Tunnel, Gotthard Tunnel) in Kraft gesetzt wurde.

In der z.Zt. der Planung gültigen österreichischen Richtlinie war ein Maximalabstand von 250 m für die Querschläge vorgesehen. Bei der Austeilung der Einrichtungen wurde auf die bestehenden baulichen Anlagen der 1. Röhre Bedacht genommen, daher wurden die jeweils vorgegebenen Maximalabstände unterschritten (Bild 5).

Während der Bauausführung wurde in den sicherheitstechnischen Vorgaben der Maximalabstand der begehbaren Querschläge (GQ) auf 500 m erhöht, so dass nunmehr 2/3 der begehbaren Querschläge entfallen können und nur mehr 8 Stück ausgeführt werden.

3.5 Portalgalerien

Die Einfahrtsgalerien an den Portalen orientieren sich in Art und Aussehen an den benachbarten Bestandsgalerien



4 Lüftungsstation Nord: grau = Bestand, rot = Neubau

4 Ventilation station north: grey = existing, red = new

(Bild 6). Schiebetore zwischen den benachbarten Bauwerken und an den Außenseiten der Galeriebauwerke gewährleisten einerseits den erforderlichen Lärmschutz für die Anrainer und können bei Bedarf durch den Betrieb der ASFINAG per Steuerung im Ereignisfall geöffnet werden.

4 Geologie

Der Pfänder gehört der „aufgerichteten Molasse“ der Mittelländischen Molassezone an. Die Molassegesteine am Pfänder bilden eine Schichtfolge des Neogen (Jungtertiär) und liegen heute als Konglomerate, Sandsteine, Mergelsandsteine, Mergel und Tonmergel vor.

Die Schichtfolgen zeigen generell flaches NNW Einfallen.

wise to the tunnel axis, which are set up at a centre distance of 50 m. This concept that was chosen when the first tube was built possesses the advantage that the chambers can be produced independent of the tunnel drive. A fresh air and an exhaust air fan are installed above the intermediate ceiling in each of these chambers, which cater for the 4 ventilation sections. The fresh air and exhaust air ducts are connected to the existing ventilation shafts of the first tube via inclined shafts at the ends of the chambers (Figs. 3 and 4).

The existing ventilation shafts are some 400 m high (north shaft) and around 230 m (south shaft). The connections to the existing shafts are to be executed when the tunnel is closed, something that will only take place at night during the week in order to reduce any inconvenience to traffic passing through the existing tunnel.

3.4 Operating and Safety Installations

The operating and safety installations take into consideration the specifications contained in the EU guideline relating to minimum demands for tunnels on the trans-European roadway network, which came into force in 2004 following a series of serious tunnel fires (Mont Blanc Tunnel, Tauern Tunnel, Gotthard Tunnel).

In the Austrian guideline prevailing when the planning was being carried out, a maximum gap of 250 m was foreseen for the cross-passages. Consideration was accorded the existing constructional set-up for the first tube when the installations were planned so that as a result the prescribed maximum distances were not adhered to (Fig. 5).

During the construction process the maximum gap for accessible cross-passages (GQ)

Taking into account that the toxic substance emissions had dropped considerably since the first tube was planned in 1976, the ventilation shafts originally planned only for the first tube could also be utilised for the second one.

In this way it was ensured that no additional negative effects on the environment occurred as far as the approved project was concerned. The size of the air ducts for the tunnel result from the low amount of fresh air required and the high demands on the exhaust air removal system amounting to 120 m³/s.

The 2 ventilation centres are housed in enlargements in the longitudinal direction of the tunnel, with 2 roughly 35 m long chambers forking off cross-



5 Austeilung der Betriebs- und Sicherheitseinrichtungen laut Projekt

5 Distribution of the operating and safety installations according to the project

Die Tunnelachse verläuft größtenteils senkrecht bis stumpfwinkelig, im Süden spitzwinkelig zum Schichtstreichen. Im südlichen Bereich überwiegen grobklastische, im nördlichen Bereich feinklastische Gesteine (Tonmergel und Mergel) mit hohem Quellpotenzial (Bild 7). Das Quellpotenzial geht von den quellfähigen Montmorilloniten aus, deren Anteil an der Gesamtprobe bis zu 7 % betragen kann. Quellversuche im Labor im Zuge des Baus der 1. Röhre ergaben maximale unbehinderte Quelldrücke von 3,5 MPa und ein maximales freies Heben von 17,8 %.

Die geologische Prognose für die 2. Röhre wurde durch schichtparallele Extrapolation von der 1. Röhre abgeleitet. Erkundungsbohrungen wurden lediglich zur Entnahme von Gesteinsproben zur Ermittlung TVM-spezifischer Kennwerte (CAI, Druck- und Zugfestigkeit) ausgeführt. Die maximale Überlagerung beträgt rd. 350 m.

Im Zuge der Vortriebsarbeiten für die Bestandsröhre (Oströhre) wurden lediglich untergeordnete Wasserzutritte dokumentiert. Aufgrund der bekannten Grund- und Bergwasserhältnisse wird auch für die 2. Röhre eine geringe Wasserführung erwartet.

5 Entwurfskonzept der 1. Röhre

Beim Bau der 1. Röhre wurden anfänglich die Quellerscheinungen unterschätzt, da sich diese erst nach Monaten durch Hebungen bis 30 cm bemerkbar machten. Für das Auffahren des kritischen Nordabschnittes wurde folgendes Entwurfskonzept umgesetzt: Es wurde ein bewehrtes Sohlgewölbe in einem Arbeitsgang ohne Längsteilung hergestellt. Dabei wurde besonders darauf geachtet, kein Betriebswasser auf der Felssohle zuzulassen und diese durch Spritzbeton umgehend zu versiegeln. Das bewehrte Sohlge-

was increased to 500 m so that as a result two-thirds of them could be disregarded so that only 8 were actually produced.

3.5 Portal Galleries

The access galleries at the portals are based on the neighbouring existing galleries as far as their nature and appearance are concerned (Fig. 6). Sliding gates between the neighbouring structures and at the outer sides of the galleries on the one hand ensure the noise protection required for local residents and on the other can be opened if need be by the ASFINAG should an incident occur.

4 Geology

The Pfänder belongs to the "upright molasse" of the Mittel-land Molasse Zone. The molasse rocks at the Pfänder form a Neogene layer (young tertiary) and are now to be found in the form of conglomerates, sand-

stones, marl sandstones, marl and clay marl.

The layers generally tend to dip gently towards NNW. The tunnel axis largely runs in a perpendicular to obtuse direction. In the south it follows an acute angle to the direction of the strata. In the southern part coarse clastic rocks predominate while fine clastic ones (clay marl and marl) are mainly to be found in the north with a high swelling potential (Fig. 7). The swelling potential is derived from the Montmorillonites that account for as much as 7 % of the overall sample. Swelling tests in the lab during the course of construction of the 1st tube indicate maximum unhampered swelling pressures of 3.5 MPa and maximum unrestricted heaving of 17.8 %.

The geological prognosis for the 2nd tube was derived from a concordant extrapolation of the 1st tube. Investigatory drilling was undertaken merely to determine specific characteristic values (CAI, compressive and tensile strength) for the tunnelling machine. The maximum overburden amounts to some 350 m.

In the course of the driving operations for the existing tube (east tube) relatively insignificant amounts of ingressing water were registered. Only slight presence of water is expected for the 2nd tube as well on account of the known groundwater and underground water conditions.

5 Design Concept for the 1st Tube

During the construction of the 1st tube initially the swelling phenomena were underestimated, as these first made their presence felt after months through heaving of up to 30 cm. The following design concept was applied for driving the critical north section: a reinforced



6 Visualisierung der Portale: neues Nordportal (links) und Südportal (rechts)

6 Visualisation of the portals: new north portal (left) and south portal (right)

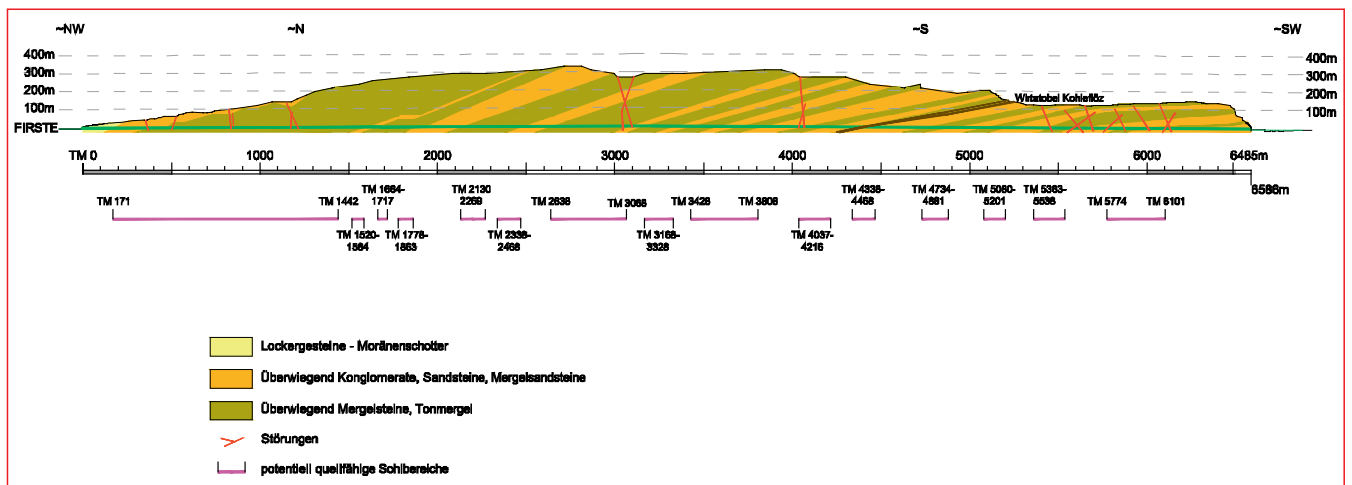
wölbe mit mindestens 0,40 m Dicke wurde durch permanente Sohlanker in Abhängigkeit der auftretenden Hebungstendenzen verstärkt. Diese Beobachtungsmethode wurde deshalb gewählt, weil die im Labor festgestellten Quellparameter nicht auf die Verhältnisse vor Ort übertragen werden können und sich auch zeigte, dass das Quellpotenzial in den in Zentimeterbereichen sich ändernden Gesteinsschichten stark variiert. Es wurde ein Ankerraster entwickelt, welches in 3 Stufen verstärkt werden konnte (Bild 8).

Um das lokale Quellpotenzial abschätzen zu können, wurden in der Sohle Extensometer eingebaut, laufend Gesteinsproben entnommen und Wasserlagerungsversuche durchgeführt. Die Disintegration über 24 Stunden ergab Hinweise, ob mit hohem Quellpotenzial zu rechnen ist. Als Kriterium für den Einbau der Zusatzanker wurde festgelegt: Bei Hebungen von weniger als 5 mm im ersten Monat werden keine Anker veretzt; bei Hebungen von 5 bis 10 mm wird der Ankertyp SN I, bei Hebungen von 10–20 mm der Ankertyp SN II und bei

base invert was produced in one working phase without longitudinal division. In the process particular care was taken to ensure that no industrial water was permitted to accumulate on the rock floor, which was directly sealed by means of shotcrete. The reinforced base invert with a minimum thickness of 0.40 m was reinforced by means of permanent floor anchors depending on the heaving tendencies that occurred. This approach was chosen because the swelling parameters recorded in the lab could not be transferred to the conditions prevailing at the

face and it was also revealed that the swelling potential greatly varied in the rock layers, which changed every few cm. An anchor grid was devised, which was capable of being strengthened in 3 stages (Fig. 8).

In order to be in a position to estimate the local swelling potential, extensometers were installed in the floor, rock samples taken continuously and water formation tests carried out. Disintegration over 24 h indicated whether or not a high swelling potential was to be reckoned with. The following



7 Geologischer Längenschnitt

7 Geological longitudinal section

Hebungen über 20 mm der Ankertyp SN III eingesetzt.

Sollten die Hebungen nicht abklingen, war vorgesehen, die nächst höhere Ankerklasse einzubauen. Eine ausreichende Beruhigung wurde damit definiert, dass bei einer Extrapolation im semilogarithmischen Maßstab über 20 Jahre nicht mehr als 20 mm Hebungen zu erwarten sind.

Es hat sich gezeigt, dass die Ankerklasse SN I mit einem Ausbauwiderstand von 0,13 MPa ausreichte und diese nur über 52 % des Nordabschnittes eingesetzt werden musste. Die Ergebnisse der Gleitmikromettermessungen ergaben, dass die Hebungen bis 4 m unter der Sohle überwiegen und sukzessive abklingen (Bild 9).

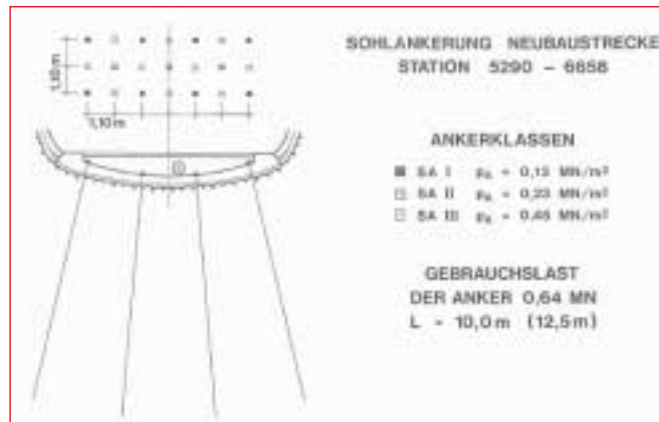
6 Entwurfskonzept der 2. Röhre

6.1 Ermittlung der Quelldrücke

Für die 2. Röhre wurden keine weiteren Untersuchungen des Quellpotenzials vorgenommen, sondern beschlossen, die Dimensionierung auf der Basis von Rückrechnungen des Deformationsverhaltens der 1. Röhre vorzunehmen. Dazu wurden volumetrische Dehnungen im Quellbereich angesetzt. Folgende Randbedingungen wurden gewählt:

- das Quellen reicht bis $\frac{1}{2}$ Tunneldurchmesser unter die Sohle
- die maximalen Dehnungen treten in Tunnelmitte auf und nehmen zum Widerlager hin ab, d. h. dass anisotrope Volumendehnungen vorausgesetzt wurden
- die Spannungsinvariante bestimmt das Quellverhalten
- 50 % der Quelldehnungen treten vor Einbau der Anker, 50 % nach Einbau der Anker auf (dies ist ein Ergebnis einer Parametervariation von 25 %, 50 %, 75 %).

Die Berechnungen wurden mittels FE-Programm getrennt



8 Sohlausbau der 1. Röhre für hohe Quelldrücke

8 Floor support for the 1st tube for high swelling pressures

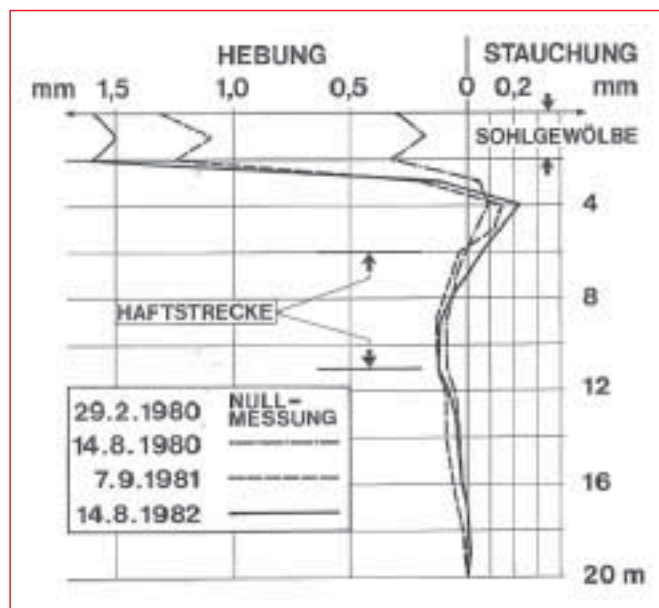
für zyklischen und kontinuierlichen Vortrieb durchgeführt.

6.2 Sohlausbau für zyklischen Vortrieb

Im Gegensatz zur 1. Röhre wurde für die 2. Röhre ein steifer Ausbau der Sohle gewählt, obwohl sich das Entwurfskonzept der 1. Röhre über nahezu 30 Jahre bewährt hat. Der Grund liegt darin, dass die Anker in der Sohle auf Dauer

approach was selected as the criterion for installing additional anchors: in the case of heaves of less than 5 mm no anchors are placed during the first month; given heaves of 5–10 mm anchor type SN I, 10–20 mm SN II and in excess of 20 mm SN III are installed.

Should heaving not dissipate the intention was to install the next higher class of anchor. The situation was said to be sufficiently resolved if heaving of



9 Ergebnisse der Gleitmikromettermessungen unter dem Sohlgewölbe der 1. Röhre

9 Results of the slide micrometer measurements under the base invert for the 1st tube

no more than 20 mm is to be expected given an extrapolation in a semilogarithmic scale over 20 years.

It was shown that anchor class SN I with a support resistance of 0.13 MPa sufficed and only had to be applied over 52 % of the north section. The results of the slide micrometer measurements revealed that heaves up to 4 m beneath the floor for the most part successively diminished (Fig. 9).

6 Design Concept for the 2nd Tube

6.1 Determining the Swelling Pressure

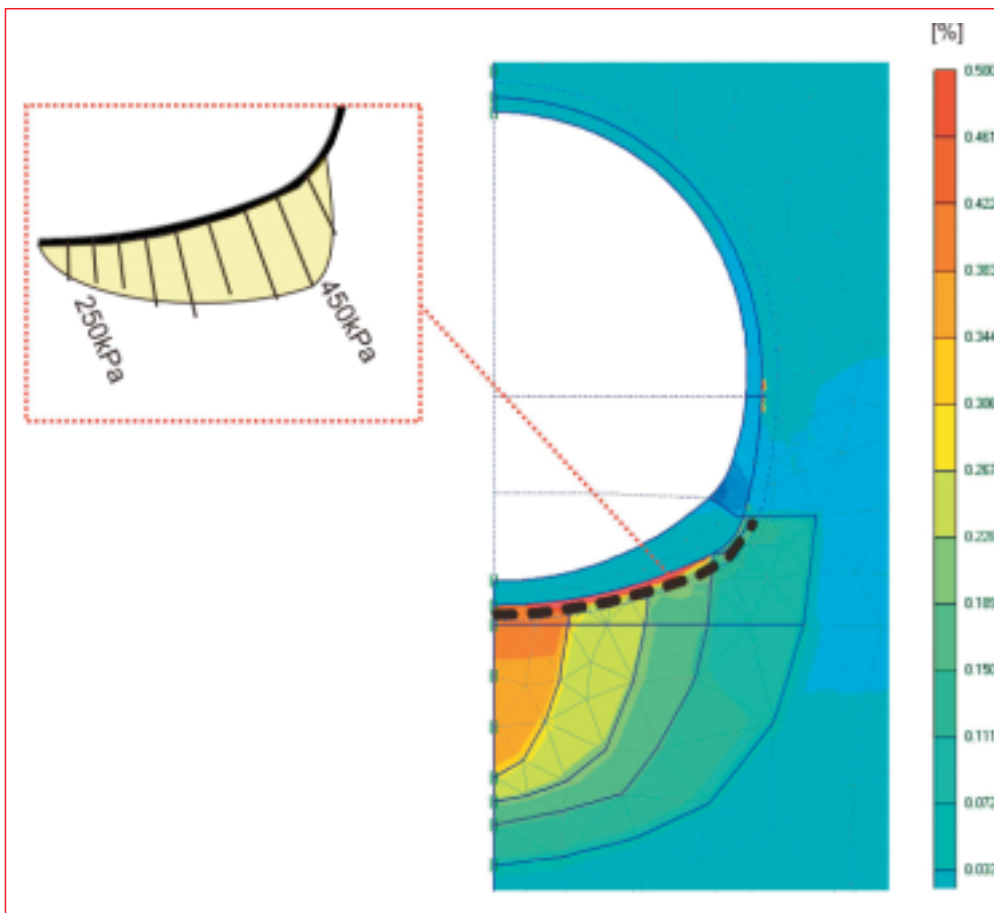
No further investigations were undertaken for the 2nd tube to determine the swelling potential instead it was decided to carry out dimensioning on the basis of recalculating the deformation ratio for the 1st tube. Towards this end volumetric expansions were applied in the swelling area. The following marginal conditions were selected:

- swelling extends up to $\frac{1}{2}$ a tunnel diameter beneath the floor
- the maximum expansions occur at the centre of the tunnel and decrease towards the abutment, i.e. that anisotropic volumetric expansions were forecast
- the tension variant governs the swelling behaviour
- 50 % of the swelling expansions occur prior to the anchors being installed, 50 % after installation of the anchors (this is the outcome of a parameter variation of 25 %, 50 %, 75 %).

The calculations were carried out separately for cyclic and continuous drives by means of a FE programme.

6.2 Supporting the Base for cyclic Excavation

In contrast to the 1st tube a rigid support for the base was



10 Quelldruckverteilung für zyklischen Vortrieb der 2. Röhre

10 Swelling pressure distribution for cyclic drive for the 2nd tube

nur mit hohem Aufwand kontrolliert werden können. Die Form des Sohlgewölbes wurde hinsichtlich des Kraftflusses optimiert, wobei sich die Trennung des Spritzbetongewölbes vom Ortbetongewölbe mittels Trennschicht als vorteilhaft erwiesen hat.

Gewählt wurde ein tiefes bewehrtes Sohlgewölbe mit Mindestdicke 50 cm in Sohlmitte, das sich gegen den Spritzbeton und eine 35 cm dicke Innenschale im Gewölbe abstützt. Die Rückrechnung ergab einen gesamten Quelldruck von 250 bis 450 kPa, der sichelförmig verteilt ist, und im Widerlagerbereich höher ist, da der Ausbau in diesem Bereich steifer reagiert (Bild 10).

6.3 Sohlausbau für kontinuierlichen Vortrieb

Der Sohlausbau für kontinuierlichen Vortrieb ist durch die Kreisform der TBM vorgegeben; die Sohlübblinge sind einschalig und weisen eine Dicke von mindestens 55 cm auf, die sich aus dem zweischaligen Ausbau des Gewölbes ableitet. Da beim Bau der 1. Röhre eine zeitliche Entwicklung der Quellerscheinungen beobachtet wurde, wurde angenommen, dass auf den Sohlübbling nur ein Teil des vollen Quelldruckes wirkt, bevor das Innengewölbe eingebaut ist. Auf Grund der Kreisform ist der Quelldruck gleichmäßig verteilt, im ersten Stadium beträgt der Quelldruck in der Sohlmitte 300 kPa, im Endzustand 500 kPa (Bild 11).

selected for the 2nd tube although the design concept for the 1st tube had been able to prove itself for practically 30 years. The reason for this is that the floor anchors can only be controlled with great difficulty in the long term. The form of the base invert was optimised with regard to the flow of forces, whereby the separation of the shotcrete vault from the in situ concrete one by means of a dividing layer turned out to be advantageous.

A deep reinforced base invert was chosen with a minimum thickness of 50 cm at the centre of the floor, which is supported against the shotcrete and a 35 cm thick inner shell in the vault. The recalculation came up with a total swelling

pressure of 250 to 450 kPa, which is distributed in the shape of a crescent and is higher in the abutment area as the support reacts more rigidly in this zone (Fig. 10).

6.3 Supporting the Base for continuous Excavation

The base support for continuous driving is prescribed by the TBM's circular form, the floor segments are monocoque and possess a thickness of at least 55 cm, which evolves from the double-shell lining of the vault. As a chronological development of the swelling phenomena was observed during the building of the 1st tube, it was assumed that only a part of the total swelling pressure acts on the base segment before the inner vault is installed. Owing to the circular form the swelling pressure is evenly distributed; during the initial phase the swelling pressure amounts to 300 kPa at the centre of the base and 500 kPa in its ultimate state (Fig. 11).

7 Tendering and Award Procedures

7.1 Special Features

For building the 1st tube a pilot heading was successfully driven using 2 open TBMs. Consequently for the 1st tube a cyclic drive in keeping with the New Austrian Tunnelling Method as well as a TBM drive was contained in the tender. The outcome was that at the time the drill + blast drive was more economical. For the 2nd tube owing to market developments a TBM excavation with shield was regarded as competitive so that it was taken into account at the tendering stage.

For the continuous drive with TBM-S a review draft (Leit-LV) including a list of services was generated, which formed

7 Ausschreibung und Vergabe

7.1 Besonderheiten

Beim Bau der 1. Röhre wurde vorab ein Richtstollen mit 2 offenen TBM erfolgreich vortrieben. Deshalb wurde bereits bei der 1. Röhre sowohl ein zyklischer Vortrieb nach der Neuen Österreichischen Baumethode wie auch ein TBM-Vortrieb ausgeschrieben. Das Angebotsergebnis ergab, dass damals der Sprengvortrieb wirtschaftlicher war. Für die 2. Röhre wurde auf Grund der Marktentwicklung ein Vortrieb mit einer TBM mit Schild als konkurrenzfähig angesehen und daher in der Ausschreibung berücksichtigt.

Für den kontinuierlichen Vortrieb mit TBM-S wurde ein Leitentwurf einschließlich Leistungsverzeichnis (Leit-LV) erstellt, der die Basis für ein Alternativangebot bildete und der Gleichwertigkeitsbeurteilung der Angebote diente. Von der ASFINAG wurde in den Ausschreibungsgrundlagen festgelegt, dass bei Abgabe eines Alternativangebotes für Tunnelbau mit kontinuierlichem Vortrieb im Sinne der Ausschreibung kein ausschreibungsgemäßes Angebot zum Auftraggeber-Entwurf für Tunnelbau mit zyklischem Vortrieb abgegeben werden musste.

Weiters wurden in den Ausschreibungsgrundlagen für das Alternativangebot Tunnelbau mit kontinuierlichem Vortrieb Sonderbestimmungen hinsichtlich der Nachweise, der Haftung und Risikotragung, der Kostentragung sowie Kalkulation und Erstellung der Preise aufgenommen.

7.2 Sonderbestimmungen für kontinuierlichen Vortrieb

In den Ausschreibungsgrundlagen wurde definiert, dass mit einem TVM-Alternativangebot

- ein Technischer Bericht mit Daten für die TVM,
- ein statischer Nachweis des Tübbingringes sowie
- ein Leistungsverzeichnis mit Massenermittlung bei Änderungen gegenüber dem TVM-Leit-LV abzugeben sind. Für die Ausarbeitung des Alternativangebotes wurde eine Vergütung gewährt.

Die Ausführungsplanung für die Baudurchführung mit einer Tunnelvortriebsmaschine wird der Sphäre der ausführenden Baufirmen zugerechnet und ist durch diese beizustellen.

Hinsichtlich Risikotragung für eine alternative Baudurchführung wurden dem Ausführenden jedenfalls eine Mengen-

the basis for an alternative offer and for assessing the offers on a fair basis. In the tendering documents the ASFINAG determined that when handing over an alternative offer for tunnelling with a continuous drive in keeping with the tender no commensurate offer relating to the client's draft for tunnelling using a cyclic excavation had to be provided.

In addition special conditions governing verification, responsibility and carrying of risks, bearing of costs as well as calculating and compiling the prices were included in the tendering documents for the alternative offer "tunnelling with continuous drive".

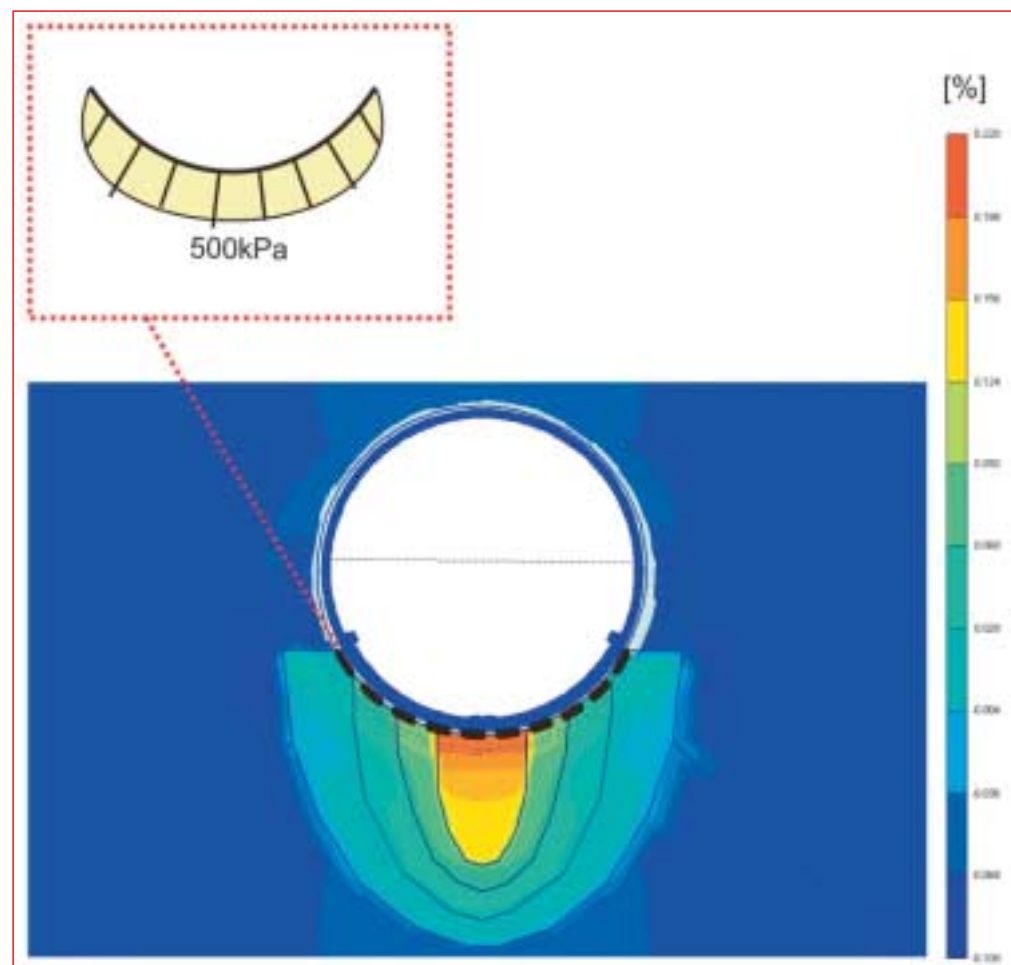
7.2 Special Conditions for continuous Drive

In the tendering documents, it was defined that the TBM alternative offer would also have to include

- a technical report with data on the TBM,
- static proof for the segmental ring as well as
- a list of services with determination of the masses given alterations vis-à-vis the TBM Leit-LV.

A reimbursement was provided for working out the alternative offer.

The execution planning for undertaking construction with a tunnelling machine is the responsibility of the responsible



11 Quelldruckverteilung für kontinuierlichen Vortrieb der 2. Röhre

11 Swelling pressure distribution for continuous drive for the 2nd tube

und Vollständigkeitsgarantie für die von der Alternative bestimmten Bauteile und eine Übernahme der Haftung für den gesamten Planungsumfang jenes Teiles, auf den die Alternative Einfluss hat, überbürdet.

Als Eignungskriterien für TVM-Alternativen wurden zum Nachweis der technischen Leistungsfähigkeit der Baufirmen Referenzprojektprojekte mit einer Tunnelbohrmaschine mit Schild oder Doppelschild, mit einem Mindestbohrdurchmesser über 6 m, einem Tübbingausbau und einer Gesamtlänge von 3000 m definiert. Für das zugehörige Schlüsselpersonal - den Bauleiter Maschinenvortrieb, den Leiter der Tübbingherstellung und einen Vortriebsmaschinenfahrer - wurden Nachweise entsprechender Baustellenerfahrungen gefordert.

7.3 Zuschlagkriterien

Zur Beurteilung der Angebote wurde neben dem Preis die Qualität der Angebote herangezogen. Im Zuge der Angebotsprüfung wurden die Angaben des Bieters wie in Tabelle 1 dargestellt bewertet.

Hervorzuheben ist, dass als Kriterium Umwelt die Länge der Transportwege und die Art der Beförderungsmittel eingeführt wurden mit dem Ziel, die Auswirkungen auf die Umwelt

Tabelle 1: Zuschlagkriterien

Table 1: Award Criteria


Kriterium Criterion	Gewichtung Weighting [%]
Preis Price	94
Qualität Quality	6
Prozentanteil, welcher bei Verlängerung der Gewährleistungsfrist für die Abdichtung angerechnet wird Percentage share, allowed for the seal, given extension of the guarantee period	1
Prozentanteil, welcher für die Qualifikation des Schlüsselpersonals angerechnet wird Percentage share, allowed for the qualifications of key personnel	2
Prozentanteil, welcher für Umweltkriterien im Zuge der Abfuhr des Ausbruchmaterials angerechnet wird Percentage share, allowed for environmental criteria in conjunction with the removal of the excavated material	3

während der Bauzeit zu minimieren.

7.4 Angebotsergebnis

Von 5 Bietergruppen wurden insgesamt 8 Angebote abgegeben, und zwar:

- 3 Angebote für Tunnelbau mit zyklischem Vortrieb
- 4 Alternativangebote für Tunnelbau mit kontinuierlichem Vortrieb und
- 1 Alternativangebot für Tunnelbau mit zyklischem Vortrieb.

Die Kosten für das Baulos Pfändertunnel 2. Röhre einschließlich der vorgelagerten Anschlußstellenbereiche betragen netto 123 Mio. Euro ohne Ausrüstung. 

contractors and must be provided by them.

As far as bearing risks is concerned for an alternative construction method the contractor took over a quantity and completion guarantee for the construction parts required for the alternative method as well as the acceptance of responsibility for the entire extent of planning for each part, which exerts an influence on the alternative method.

As suitability criteria for tunnelling machine alternatives, reference tunnel projects with a tunnel boring machine with shield or double shield, with a minimum boring diameter of 6 m, a segmental lining and a total length of 3,000 m were defined to verify the technical ca-

pabilities of the construction companies. Proof of appropriate on-site experience was also requested for key personnel – the construction manager for the mechanised drive, the man in charge of segment production and a TBM operator.

7.3 Criteria for Awarding the Contract

In order to assess the offers, their quality was taken into consideration in addition to the price. During the evaluation of the offers, the facts supplied by the bidder were assessed as shown in Table 1.

It must be emphasised that the length of the transport routes and the means of conveyance were included in the criterion "environment" with the aim of minimising environmental effects during the construction period.

7.4 Outcome of the Offers

A total of 8 offers were tabled by 5 groups of bidders namely:

- 3 offers for tunnelling using a cyclic drive
- 4 alternative offers for tunnelling with continuous drive and
- 1 alternative offer for tunnelling with a cyclic drive.

The costs for the contract section 2nd tube of the Pfänder Tunnel including the advance connecting areas amount to 123 mill. euros net without equipment. 