

Tunnelbauwerke der Bundesbahn- Neubaustrecke Mannheim-Stuttgart

Autor(en): **Bienstock, Rudolf**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **IABSE reports = Rapports AIPC = IVBH Berichte**

Band (Jahr): **55 (1987)**

PDF erstellt am: **02.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-42728>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Tunnelbauwerke der Bundesbahn-Neubaustrecke Mannheim – Stuttgart

Tunnel Structures of the New Railway Line Mannheim – Stuttgart

Construction des tunnels pour la nouvelle ligne ferroviaire Mannheim – Stuttgart

Rudolf BIENSTOCK
Dipl. - Ingenieur
Deutsche Bundesbahn
Karlsruhe, BRD



Rudolf Bienstock, geboren 1942, legte die Diplomprüfung als Bauingenieur an der TU München ab. Er leitete von 1974 bis 1976 die Bauüberwachung der Tunnelbauarbeiten beim Bau der S-Bahn in Stuttgart; war 1976 Dezernent im Oberbau in Nürnberg und dann Dezernent für Brücken- und Tunnelbau der Neubaustrecke von Mannheim nach Stuttgart.

ZUSAMMENFASSUNG

Im Zuge der 100 km langen Neubaustrecke von Mannheim nach Stuttgart der Deutschen Bundesbahn sind 15 Tunnel mit über 30 km Gesamtlänge zu bauen. Etwa die Hälfte der Tunnelbauwerke werden in offener, die anderen in bergmännischer Bauweise erstellt. Hinweise auf die Betontechnologie und Bauausführung erläutern die Qualitätsanforderungen der Deutschen Bundesbahn für die Herstellung von Tunneln aus wasserundurchlässigem Beton und von Tunneln mit Folienabdichtung.

SUMMARY

For the new 100 km long railway line Mannheim – Stuttgart of the Deutsche Bundesbahn, 15 tunnels with a total length of more than 30 km are to be built. Nearly half of the tunnels are constructed by the cut and cover method, the rest by the mining technique. Reference is made to the demands of quality requested by the DB in respect of concrete technology and execution of works for the construction of tunnels in watertight concrete as well as such protected by exterior sealing foils.

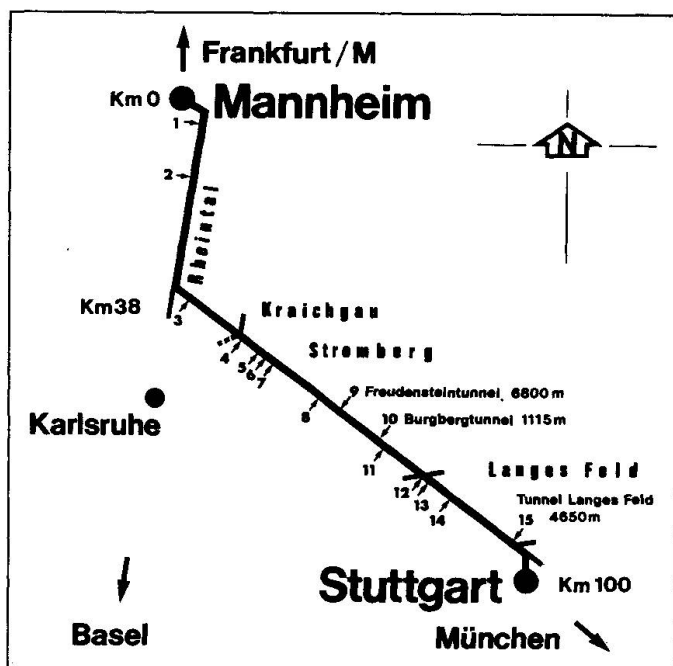
RÉSUMÉ

Au cours des travaux pour la nouvelle ligne de la Deutsche Bundesbahn de 100 km reliant Mannheim à Stuttgart, 15 tunnels doivent être construits avec une longueur totale de plus de 30 km. Environ la moitié des tunnels sera exécutée en fouille ouverte, les autres par méthode minière. Des références à la technologie du béton et à la construction font ressortir les exigences de la Deutsche Bundesbahn relatives à la qualité de l'exécution de tunnels construits en béton imperméable et de tunnels avec des couches d'étanchéité.



1. EINLEITUNG

Die Deutsche Bundesbahn (DB) ist mit der Verwirklichung ihres zukünftigen Hochgeschwindigkeitsnetzes wieder ein Stück weiter gekommen. Zum Sommerfahrplan 1987 gingen die ersten 38 Kilometer der rund 100 km langen Neubaustrecke von Mannheim nach Stuttgart (NBS M/S) in Betrieb. Eine spürbare Entlastung dieses bisher stark überlasteten Teilstückes ist das langersehnte Ergebnis.



Mit Hochdruck wird im übrigen Bereich gearbeitet, so daß 1991 auf der gesamten Strecke die Signale auf grün gestellt werden können (Fig. 1). Ihre 15 Tunnel von insgesamt 30 km Länge sowie 90 Brücken stellen eine herausragende bautechnische Herausforderung dar. Diese Bauwerke verschlingen den größten Teil der Investitionen und sollen deshalb möglichst lange genutzt werden. Langlebig bauen heißt jedoch qualitativ hochwertig bauen. Von diesem Standpunkt aus wird über Erfahrungen beim Tunnelbau berichtet.

Fig. 1 Neubaustrecke Mannheim-Stuttgart

2. ZUM BAU DER TUNNEL

Von den 15 Tunneln der NBS M/S werden etwa die Hälfte in offener, die anderen in bergmännischer Bauweise erstellt. In offener Bauweise werden vor allem die vielen Verkehrswege in den Ballungszentren Mannheim und Stuttgart unterfahren. Bergmännisch treiben die Tunnelbauer die Strecke durch die Hügel des Kraichgaus und Strombergs.

Besonders kompliziert ist der Bau des Tunnels Langes Feld kurz vor Stuttgart unter dem Rangierbahnhof Kornwestheim hindurch. Er wird in offener, bergmännischer und in der Deckel-Bauweise erstellt, einer Bauweise, die zwischen der offenen und bergmännischen Bauweise liegt. Die Vielfältigkeit in bautechnischer Hinsicht rührt daher, daß dieser Tunnel nahezu 3000 m zweigleisig verläuft, sich dann aufweitet, in zwei eingleisige Tunnelröhren übergeht, sich anschließend nochmals verzweigt und in das bestehende Netz einfädelt. Betriebstechnisch von Besonderheit ist das Bauen unter Betrieb. Während sich unten die Tunnelbauer Meter für Meter vorwärtsgraben, -baggern oder -meiseln, rollen oben die Wagen im Rangierbetrieb auf Hilfsbrücken über offene Baugruben.

Die DB stellt hohe Anforderungen an die Qualität ihrer Bauwerke: Sie sollen erstens funktionieren, zweitens etwa 100 Jahre den Umweltbedingungen ohne zusätzliche Schutzmaßnahmen widerstehen und drittens unterhaltungsfreundlich konstruiert und ausgeführt werden. Für die DB stellen damit die Tunnel tatsächlich Betonbauwerke für die Zukunft dar.

Wie wird das erreicht?

Eine wesentliche Voraussetzung ist der dauerhafte Schutz der Tunnel und ihrer technischen Einrichtungen vor Wasser und chemischen Angriffen. Betriebsgefährdende Eiszapfenbildungen müssen im Winter wegen der Gefahr elektrischer Kurzschlüsse der Vergangenheit angehören. Die Zukunft gehört dem "weitgehend trockenen" Tunnel im Bereich der Frosteindringung und dem höchstens "kapillar durchfeuchteten" Tunnel an allen anderen Stellen.

Bei der NBS M/S wird grundsätzlich dem Tunnel aus wasserundurchlässigem Beton (wu-Beton) gegenüber dem mit Folien abgedichteten Tunnel der Vorzug gegeben, da Leckstellen leichter zu orten und zu sanieren sind. Ausnahmen bilden der Freudensteintunnel mit anstehendem aggressiven Wasser und ein Teil des Tunnels Langes Feld mit aggressivem Wasser und verunreinigtem Boden. Beide Abdichtungsarten sind jedoch grundsätzlich technisch ebenbürtig und auch in wirtschaftlicher Hinsicht gibt es keine bedeutsamen Kostenunterschiede.

3. TUNNEL AUS WASSERUNDURCHLÄSSIGEM BETON

3.1. Offene Bauweise - Los Langes Feld (Tunnel Langes Feld)

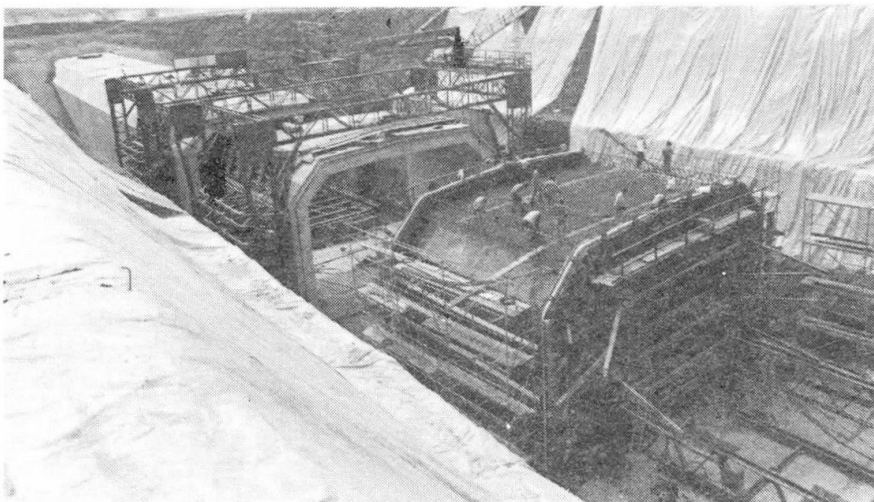


Fig. 2 Monolithische Herstellung der Tunnelblöcke in freigebohrter Baugrube beim Los Langes Feld

Wegen verhältnismäßig geringer Tieflage wird der Tunnel in offener Bauweise hergestellt (Fig. 2). Da das Grundwasser und der Boden keine aggressiven Bestandteile aufweisen, erhält der Tunnel keine Folienabdichtung. Die Wasserundurchlässigkeit beruht vielmehr auf einer hohen Betonqualität und einer Bewehrungsanordnung, die nur unbedenklich feine Risse zuläßt. Die für die Wasserundurchlässigkeit erforderliche Erhöhung der Tunnelbewehrung beträgt 10%.

Nicht nur der Beton selbst, sondern auch der ganze Tunnel als Bauwerk soll wasserundurchlässig sein. Als besonders vorteilhaft für eine zwangungsfreie und somit weitgehend rißfreie Konstruktion erweist sich das monolithische Betonieren der Blöcke, d.h. Sohle, Wände und Decke eines Tunnelblocks werden ohne Arbeitsfugen in einem Guß hergestellt.

BETONREZEPTUR B35/WU im Winter

Zement HOZ 45L 280kg/m³ (260)
 Zusatzstoff EFA-Füller 60kg/m³ (80)
 Zusatzmittel BV 0,6% des Zementgehaltes
 (Klammerwerte gelten im Sommer)

BETONIERPLAN Arbeitsschritte 1-20

AUSRÜSTUNGSSCHICHT

- Kabelkanal
- Längsentwässerung
- 20cm Aufbeton
- 2-lagige Trennfolie
- 15cm Dränschicht

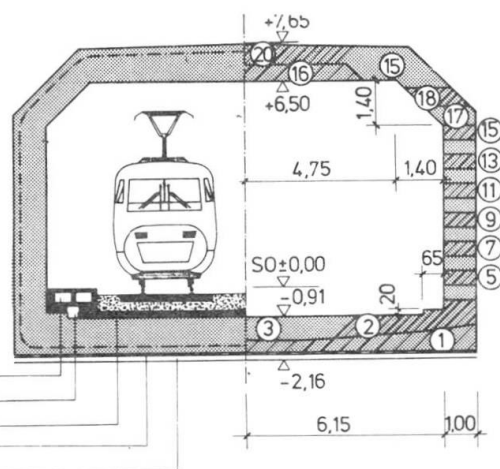


Fig. 3 Ausrüstungsschicht, Betonrezeptur und Betonierplan



Ebenso werden Schwachstellen in der Konstruktion infolge von Einbauteilen aller Art vermieden, indem konsequent die Ausrüstung vom eigentlichen Tragwerk getrennt wird. Alle Leitungen und Kabelrohre werden nachträglich in einer Ausrüstungsschicht verlegt (Fig. 3). Die ernst zu nehmenden Kerbspannungen und die daraus resultierenden Anrisse an den Aussparungsecken entfallen somit.

Elastomerfugenbänder dichten die Fugen zwischen den Tunnelblöcken ab. Eine Schaumstoffummantelung des schlauchartigen Mittelteils erhöht die Sicherheit bei unvorhersehbaren Setzungsunterschieden zwischen benachbarten Tunnelblöcken.

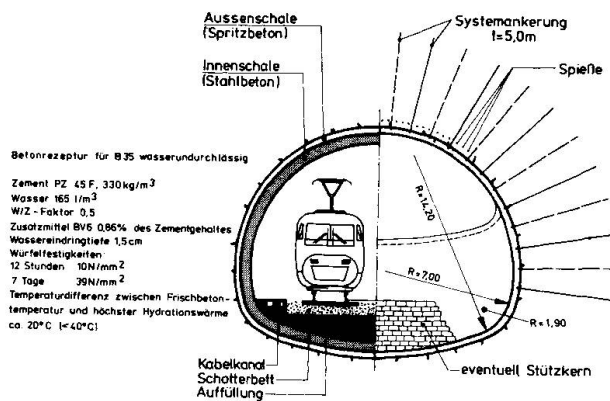
Durch eine begehbare Anordnung der Bewehrung in den Wänden wird eine einwandfreie Verdichtung des Betons gewährleistet.

Besondere Aufmerksamkeit verlangt auch die Nachbehandlung des Betons. So wird z.B. der frisch ausgeschaltete Beton durch eine Folie auf dem Nachbehandlungswagen vor der Zugluft in der fertigen Tunnelröhre abgeschottet.

Erhebliche Aufwendungen sind von den ausführenden Firmen in die betontechnologischen Untersuchungen zu investieren. Über 30 verschiedene Betonrezepturen wurden ausprobiert, wobei Anteil und Hersteller des Zements, des Füllers und des Betonverflüssigers variiert wurden. Die Auswertung all dieser Testreihen führte zu der angegebenen Sommer- und Winterrezeptur.

3.2. Bergmännische Bauweise - Burgbergtunnel

Tunnel aus wu-Beton in bergmännischer Bauweise unterscheiden sich von solchen, die in offener Bauweise hergestellt werden grundsätzlich nur dadurch, daß bei ihrer Herstellung gegen die äußere Spritzbetonschale und nicht wie bei der offenen Bauweise gegen eine äußere Schalwagenhaut betoniert wird. Es entfällt also das zeitaufwendige Lösen und Verfahren der äußeren Schalung, sowie das Wiederdurchverbinden mit der inneren Schalung.



Beim Burgbergtunnel konnte nach kurzer Einarbeitungszeit alle drei Tage ein 8,80 m langer, 50 cm dicker Tunnelblock betoniert werden. Alle Blöcke werden monolithisch betoniert, um Zwangsspannungen zwischen erhärtetem und frisch abgebundenem Beton zu vermeiden (Fig. 4).

Von wesentlicher Bedeutung ist bei der bergmännischen Bauweise der Zementanteil. Einerseits ist er möglichst niedrig zu wählen, um einen schwindarmen Beton herstellen zu können, andererseits muß der Zementgehalt jedoch hoch gewählt werden, damit

Fig. 4 Bergmännische Bauweise mit wu-Beton beim Burgbergtunnel

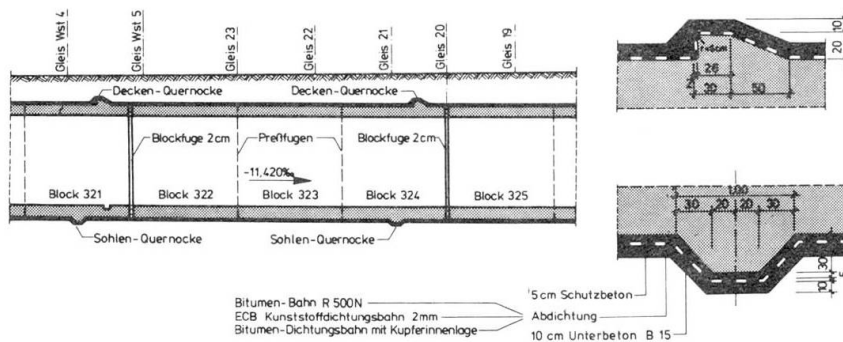
die Wasserdichtigkeit gewährleistet ist und nach 12 Stunden eine Betondruckfestigkeit von 6 N/mm² erreicht wird und ausgeschalt werden kann.

Der junge Beton wird auf der Innenseite des Tunnels durch ein aufgespritztes Sperrmittel vor zu schneller Abkühlung geschützt. Gegen Zugluft im Bauwerk hilft eine Plane am betonierten Ende der Tunnelröhre.

4. MIT FOLIEN ABGEDICHTETE TUNNEL

4.1. Offene Bauweise - Los Rangierbahnhof (Tunnel Langes Feld)

Aus Voruntersuchungen für das Tunnellos Rangierbahnhof, das 49 Gleise des Rangierbahnhofs Kornwestheim unterquert, war bekannt, daß mit Sickerwasser und sehr hoch anstehendem Grundwasser (bis 10,30 m über Tunnelsohle) zu rechnen ist. Wegen des über einhundertjährigen Eisenbahnbetriebs und der zum Teil ebenso langen industriellen Nutzung des Geländes an den Bahnanlagen, vermutete man außerdem Verunreinigungen vorzufinden. Chemische Untersuchungen des Grundwassers sowie von Bodenproben ergaben Maximalwerte der im Grundwasser vorhandenen Kohlenwasserstoffe (KW) von 3200 mg/l und der chlorierten Kohlenwasserstoffe (CKW) von 120 µg/l. Deshalb wurde ein neuartiger dreilagiger Abdichtungsaufbau für diesen Tunnel entwickelt (Fig. 5).



Das außen angeordnete Kupferriffelband verfügt über die erforderliche Widerstandsfähigkeit gegen die Permeation von KW und CKW. Die in Mittel-lage angeordnete Kunststoffdichtungsbahn ertüchtigt den Abdichtungsaufbau in mechanischer Hinsicht erheblich.

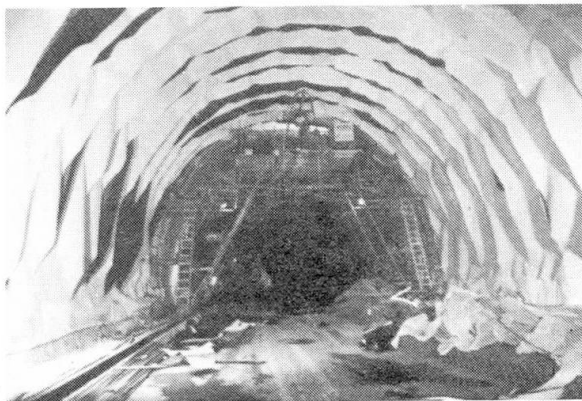
Fig. 5 Abdichtung Los Rangierbahnhof

Außerdem kann durch sie die Anzahl auf drei Dichtungslagen reduziert werden, wodurch sich das Gewicht entscheidend verringern läßt und ein Abrutschen der Abdichtung unwahrscheinlicher macht.

Längskräfte, die durch das Längsgefälle des Tunnels und durch Bremskräfte der Züge entstehen, werden durch Decken- und Sohlenquernocken aufgenommen. Damit wird verhindert, daß die Bitumenbahnen unzulässig beansprucht werden und reißen.

4.2. Bergmännische Bauweise - Los Gleisdreieck (Tunnel Langes Feld)

Bei der Abdichtung von Tunneln in bergmännischer Bauweise sind im Vergleich zu Abdichtungen von Tunnelbauten in offener Baugrube zusätzliche Probleme zu lösen (Fig. 6):



- Die Dichtungshaut muß von innen her und z.T. über Kopf eingebaut werden.
- Die Abdichtung wird nicht unmittelbar auf den bereits fertiggestellten, abzudichtenden Baukörper, sondern vor dessen Herstellung auf die Ausbruchs-laubung aufgebracht. Das bedingt zwangsläufig einen Wechsel der Stützebene für die Abdichtung.
- Während des Bauzustandes sind Eigenlast der Abdichtung und eventuelle Montagelasten über die Befestigungselemente der Abdichtung in die Tunnelaußenschale bzw. das Gebirge zu leiten [1].

Fig. 6 Der mit Folien abgedichtete Tunnel in bergmännischer Bauweise beim Los Gleisdreieck



5. ZUM TEIL ABGEDICHTETER TUNNEL IN DECKELBAUWEISE

Los Stammstrecke (Tunnel Langes Feld)

Ungünstige Untergrundverhältnisse und die volle Aufrechterhaltung des Eisenbahnverkehrs führten zur Anwendung der Deckelbauweise (Fig. 7 und Fig. 8). Nach dem Bau von Umfahrgleisen werden zunächst Bohrpfähle abgeteuft, welche später als Auflager für die Tunneldecke dienen und die Tunnelwände bilden. Betoniert wird die Tunneldecke auf dem anstehenden Erdreich. Erst danach beginnt der Aushub im Schutze des "Deckels", anschließend der Innenausbau.

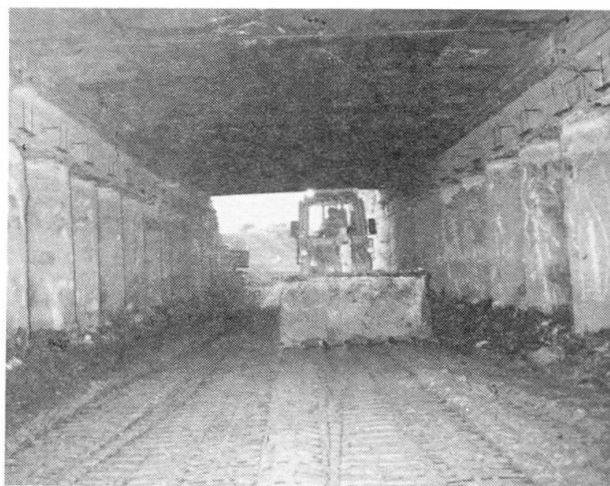


Fig. 7 Los Stammstrecke - Herstellen der Tunneldecke auf dem vorbereiteten Erdplanum und biegesteife Verbindung mit den Großbohrpfählen

Fig. 8 Aushub unter dem fertigen Deckel. Oberhalb können ungestört Züge den Tunnel kreuzen

Der große Vorteil der Deckelbauweise liegt darin, daß parallel dazu, also zeitlich weit vor der Fertigstellung des Tunnels, Gleisbauarbeiten an der Oberfläche durchgeführt werden, die eine frühzeitige Wiederinbetriebnahme der Gleise in alter Lage ermöglichen.

Obwohl nur Sickerwasser anfällt, muß der Tunnel im Deckelbereich abgedichtet werden, da er unmittelbar unter dem Gleisschotter liegt.

6. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Deutsche Bundesbahn braucht qualitativ hochwertige und dauerhafte Bauwerke. Mit dieser Forderung steht sie als Auftraggeber den Interessen des Auftragnehmers nach möglichst geringem Aufwand an Lohn, Material und Gerät konträr gegenüber. Durch die Festlegung von gewünschten Qualitätsniveaus in der Leistungsbeschreibung können "billige" Angebote ausgeschlossen werden. Allen Beteiligten sollte bei Abschluß eines Vertrags klar sein, daß gemeinsam ein Bauwerk für die Zukunft zu erstellen ist, ein Ziel, das nur durch partnerschaftliche Zusammenarbeit erreicht werden kann.

LITERATURVERZEICHNIS

1. Empfehlungen für den Tunnelausbau in Ortbeton bei geschlossener Bauweise im Lockergestein (1986). Bautechnik 63 (1986). H. 10.