

## Abteufen des Lüftungsschachtes für den Tauerntunnel\*

Von

A. Ries

Mit 13 Abbildungen

(Eingegangen am 12. Dezember 1973)

### Zusammenfassung — Summary — Résumé

*Abteufen des Lüftungsschachtes für den Tauerntunnel.* Mit dem Bau der 7 km langen Zufahrt zu dem in etwa 2000 m über NN gelegenen Schachtansatzpunkt wurde im April 1971 begonnen. Rechtzeitig vor dem Wintereinbruch konnten die Montagearbeiten abgeschlossen werden und der normale Teufbetrieb anlaufen.

Für das Bohren der Sprenglöcher fand ein den Ausbruchsdurchmessern von 10,6 bis 11,5 m entsprechendes sechsarmiges Gerät Verwendung. Die Schachtsohle war mit 3 Dritteln zu 7 bis 8 Bergleuten belegt. Das Beladen der 3-m<sup>3</sup>-Kübel übernahmen zwei 500-l-Polyppgreifer, deren Winden auf einer verfahrbaren Bühne angeordnet waren. Das mit einer 1000-kW-Doppelbobine zu Tage geförderte Haufwerk fuhr ein Radlader zur benachbarten Deponie.

Zum Bohren von bis zu 8 m langen Ankerlöchern (vorläufiger Ausbau: SN-Anker, Baustahlmatten, Spritzbeton) verwendete man eine vertikal verfahrbare Ringbühne, auf der mit vier Geräteeinheiten gearbeitet werden konnte.

Die Baustelle hat inzwischen zwei Winter überstanden. Schnee, Lawinen, Frost, Stürme und die Abgeschlossenheit von der Umwelt schafften viele Probleme. Trotz Verschiebung des Schachtansatzpunktes, Vergrößerung der Teufe um 50 m und Anordnung vieler zusätzlicher Baumaßnahmen konnten bislang die vom Auftraggeber gesetzten Fristen vorzeitig erfüllt werden. Es ist geplant, die Folienisolierung, den Innenbeton und die Trennwand gleichzeitig unter Benutzung der verfahrbaren Bühne und einer Gleitschalung einzubringen. Ob dies der kommende Winter gestattet, bleibt eine weitere Sorge dieser Höhenbaustelle.

*Sinking of a Ventilation Shaft for Tauern Tunnel.* In April 1971 construction of the 7 km approach road to the shaft point situated 2000 m above sea level was begun. Right before setting of winter the mounting works were finished and the normal sinking operations could start.

For the drilling of blast holes a six-boom drilling rig was used which suited the excavation diameters of 10.6 to 11.2 m. Three thirds of 7 to 8 miners each were employed on the bottom of the shaft. Loading of the 3 m<sup>3</sup>-buckets was carried through by two multiarmed grabs of 500 l each the winches of which were grouped on a transportable platform. The muck was hoisted by a double pit haulage of 1000 kW and transported by a wheel-loader to the neighbouring dump.

---

\* Vortrag zum XXII. Geomechanik-Kolloquium am 11. und 12. 10. 1973 in Salzburg.

For drilling of anchor holes up to 8 m (provisional lining: SN-anchors, structural steel mats, concrete spray) a vertically transportable ring platform was employed on which four machine units could be operated.

In the meantime operations have overcome two winter seasons. Many problems arose in connection with snow, avalanches, frost, storms and isolation from the world around. In spite of an alteration of the shaft point, extension of depth by 50 m and order of many additional building measures the time limits prescribed by the employer could be met prematurely up to now. It is intended to install simultaneously the insulation by foil, the inner concrete and the separating wall using the transportable platform and a sliding concrete. If the next winter will allow to realise this plan remains a further problem of this high level site.

*Fonçage d'un puits d'aération pour le tunnel de Tauern.* La construction de l'accès de 7 km à l'emplacement du puits situé env. 2000 m au dessus du niveau de la mer avait été commencée en avril de 1971. A l'hiver tombant les travaux de montage étaient achevés et on commençait à foncer le puits.

Pour le forage des trous de mine on employait une sondeuse à six bras correspondant aux diamètres de l'excavation de 10,6—11,5 m. Le fonds de puits était occupé par 3 postes à 7—8 mineurs. Deux grappins poulpe à 500 l chargeaient les baquets, contenu de 3 m<sup>3</sup>, les treuils desquels étaient groupés sur un plancher transportable. Une pelle-chargeuse sur pneus transportait les débris extraits par une bobine de 1000 kW, au terril voisin.

Pour forer des trous d'ancrage jusqu'à 8 m (revêtement préliminaire: des boulons d'ancrage SN, des nattes pour construction mécanique, de béton projeté) on employait un plancher annulaire verticalement transportable sur lequel on pouvait travailler avec quatre unités d'appareillage.

En attendant les opérations ont enduré deux hivers. Beaucoup de problèmes résultaient de neige, d'avalanches, de gelée, de tempêtes et de l'isolation du monde. Malgré un changement de l'emplacement du puits, un élargissement de la profondeur de 50 m et la disposition de beaucoup de mesures de construction supplémentaires, les délais mis du commettant pouvaient être réalisés prématurément jusqu'à présent. On a l'intention d'installer simultanément l'isolement par feuilles, le béton intérieur et le mur de séparation, employant le plancher transportable et un coffrage mobile. Si l'hiver prochain permet à réaliser ce projet reste un souci ultérieur de ce haut chantier.

Für den längsten der gegenwärtig im Zuge des Autobahnbaues von Salzburg nach Villach in der Auffahrung begriffenen Tunnel — den 6,4 km langen Tauerntunnel — ist im Gegensatz zu den anderen ein Schacht zur Be- und Entlüftung des mittleren Abschnittes beider Röhren erforderlich (Abb. 1). Bei der Wahl des Schachtdurchmessers ging man davon aus, daß zur Bewetterung bzw. zur Belüftung beider Verkehrsströme 150 m<sup>3</sup>/sec und km an Frischluft und für eine höhere Emission — z. B. infolge eines Verkehrsstaues — ausreichend Reserve zur Verfügung stehen.

### Baustelleneinrichtung

Der Schachtansatzpunkt liegt knapp 2000 m über NN, also im Hochgebirge. Die Schneelage in dieser Höhe wurde von Einheimischen für den Winter, der im Oktober oder früher beginnen und im Mai oder später enden kann, mit 6 bis 7 m angegeben.

Am 23. Oktober 1970, demnach im Winter, wurde der Auftrag erteilt. Im April 1971 begann die Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus den beiden Partnern *Universale Hoch- und Tiefbau AG, Wien*, und *Gebhardt & Koenig — Deutsche Schachtbau GmbH, Essen*, mit dem Bau der etwa 7 km langen

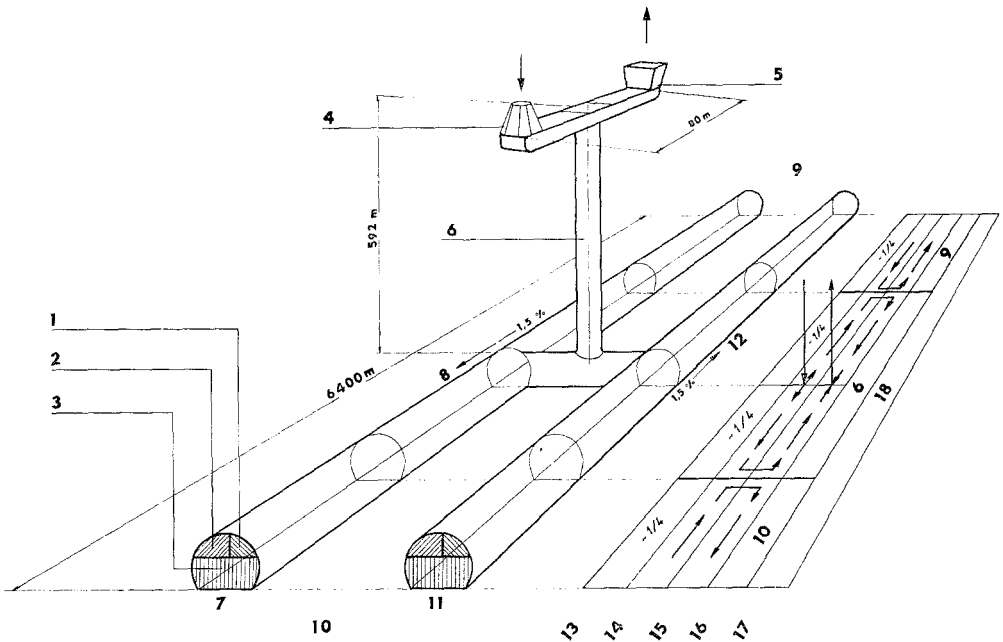


Abb. 1. Belüftungsschema

1 Abluft; 2 Frischluft; 3 Fahrraum 4 Frischluftbauwerk; 5 Abluftbauwerk; 6 Lüftungsschacht; 7 Talröhre; 8 fällt 1,5%; 9 Südportal; 10 Nordportal; 11 Bergröhre; 12 steigt 1,5%; 13 Abschnitt; 14 Frischluft; 15 Abluft; 16 vom/zum; 17 gilt für; 18 Berg- und Talröhre

Ventilation schedule

1 Exhaust air; 2 Intake air; 3 Useful cross section; 4 Intake air construction; 5 Exhaust air construction; 6 Ventilation shaft; 7 Descending subway; 8 Descends by 1,5%; 9 South-portal; 10 North-portal; 11 Ascending subway; 12 Ascends by 1,5%; 13 Section; 14 Intake air; 15 Exhaust air; 16 From/to; 17 Refers to; 18 Ascending and descending subway

Schéma de ventilation

1 air sortant; 2 air frais; 3 section transversale d'utilisation; 4 construction à entrée d'air frais; 5 construction à sortie d'air sortant; 6 puits d'aération; 7 passage souterrain descendant; 8 descend de 1,5%; 9 portail du sud; 10 portail du nord; 11 passage souterrain montant; 12 monte de 1,5%; 13 section; 14 air frais; 15 air sortant; 16 de/à; 17 concerne; 18 passage souterrain montant et descendant

Straße, deren Anfang am Südportal des Tauerntunnels etwa 1300 m über NN liegt. In einer Rekordzeit von 4 Wochen befand sich die Straße in einem Zustand, der den Transport von Einrichtungen und Geräten per LKW und den Beginn der Montage erlaubten. Als erstes waren das Wohnlager mit einer Küche für die Mannschaften zu errichten und die Energieversorgung sicherzustellen. Die Straße und die elektrische Leitung mußten so geführt werden, daß sie später möglichst wenig lawinengefährdet bleiben. Alle anderen Ein-

richtungen, wie Fördermaschine, Winden, Kompressorenstation, Mischanlage, Werkstätten, Büro, wurden anschließend montiert bzw. geschaffen (Abb. 2).

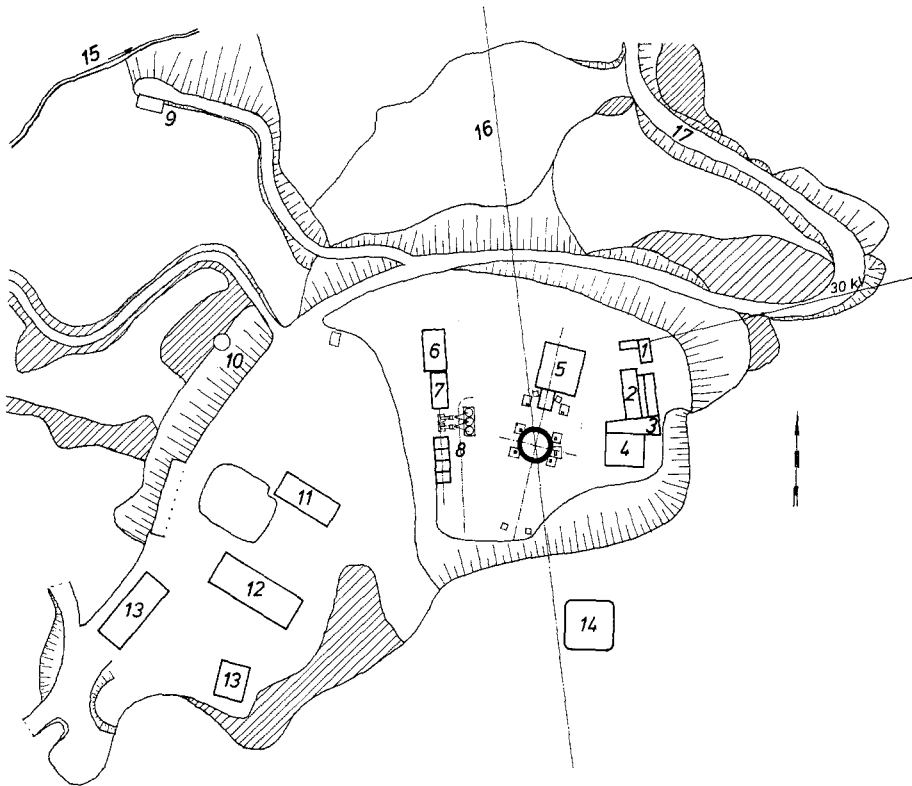


Abb. 2. Anordnung der Baustelleneinrichtungen

1 Trafo; 2 Kompressoren; 3 Schachtbohrgerät; 4 Windenhaus; 5 Fördermaschine; 6 Magazin; 7 Werkstatt; 8 Mischanlage; 9 Sprengstofflager; 10 Kläranlage; 11 Küche; 12 Mannschaftsräume; 13 Büro; 14 Hubschrauber-Landeplatz; 15 Bach; 16 Deponie; 17 Zufahrtsstraße

Grouping of site equipment

1 Transformer; 2 Compressors; 3 Drilling rig for shaft sinking; 4 Barrack for winches; 5 Hoist; 6 Depot; 7 Workshop; 8 Mixing plant; 9 Explosive depot; 10 Clarification plant; 11 Kitchen; 12 Crew's quarters; 13 Office; 14 Landing field for helicopter; 15 Brook; 16 Dump; 17 Approach road

Arrangement de l'équipement du chantier

1 transformateur; 2 des compresseurs; 3 sondeuse pour le fonçage d'un puits; 4 baraque pour des treuils; 5 machine d'extraction; 6 dépôt; 7 atelier; 8 mélangeur; 9 dépôt d'explosifs; 10 installation de clarification; 11 cuisine; 12 logement du personnel; 13 bureau; 14 champ d'atterrissage pour l'hélicoptère; 15 ruisseau; 16 décharge; 17 route d'accès

Vor Einbruch des Winters sollte das 25 m hohe Abteufgerüst verkleidet stehen, die Fördereinrichtung funktionsfähig und der Schacht mittels Klappen abgedeckt sein. Um dieses Ziel zu erreichen, mußte auch der Schacht selbst bereits eine Teufe von etwa 40 m besitzen (Abb. 3).

### Das Abteufen des Schachtes

Anfang Oktober 1971 lief der normale Teufbetrieb rechtzeitig vor dem endgültigen Wintereinbruch an. Die Gefahr, die Arbeiten für ein halbes Jahr einstellen zu müssen, war gebannt.

Der Schacht mit seinen Ausbruchsdurchmessern von 10,6 bis 11,5 m und Querschnitten von 90 bis 100 m<sup>2</sup> gehört zu den größten Bauwerken



Abb. 3. Vorschacht  
Fore-shaft  
Avant-puits

dieser Art. Seine Endteufe liegt bei 592 m; sie stellt für den Schachtbauer, der ein Vielfaches gewöhnt ist, keine Besonderheit dar.

### Bohr- und Schießarbeit

Für das Bohren der 130 bis 140 Sprenglöcher je Abschlag — das sind immerhin im Maximum 460 Bohrmeter — war ein neu konstruiertes sechs-armiges Bohrgerät eingesetzt (Abb. 4, 5). Bis etwa 400 m Teufe blieb dieses Bohrgerät mit 6 Drehschlag-Hämmern der *Turmag* vom Typ P II/4 bestückt, härter werdendes Gestein hat dann zum Umrüsten auf schlagende *SIG*-Hämmer PLB 40 veranlaßt. Vergleicht man diese beiden Ausrüstungen, so ist im milderen Gestein dem bewährten *Turmag*-Hammer seiner Leistungsfähigkeit wegen der Vorzug zu geben. Im harten Gestein, wie z. B. im Quarzit, bleibt der *SIG*-Hammer der leistungsstärkere.

Die Abschlagslänge betrug bis zur Teufe 547 m etwa 3,00 m. — Darunter wurden durch den Auftraggeber kürzere Abschlüge angeordnet. — Der Sprengstoffverbrauch schwankte zwischen 0,9 und 1 kg/fm<sup>3</sup> Donarit. Die Sohlenbelegschaft zählte 7 bis 8 Bergleute/Drittel.

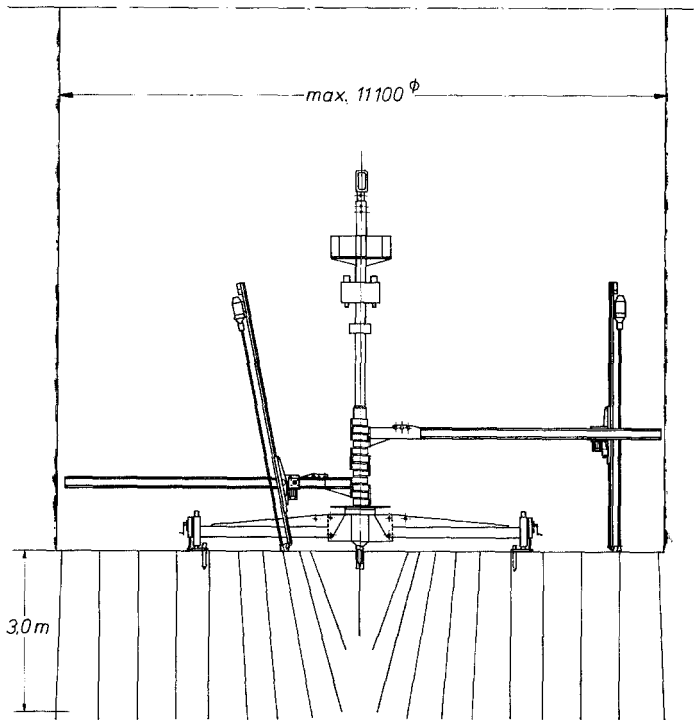


Abb. 4. Sechsamiges Schachtbohrgerät  
Six-arm drilling rig for shaft sinking  
Sondeuse à six bras pour fonçage d'un puits

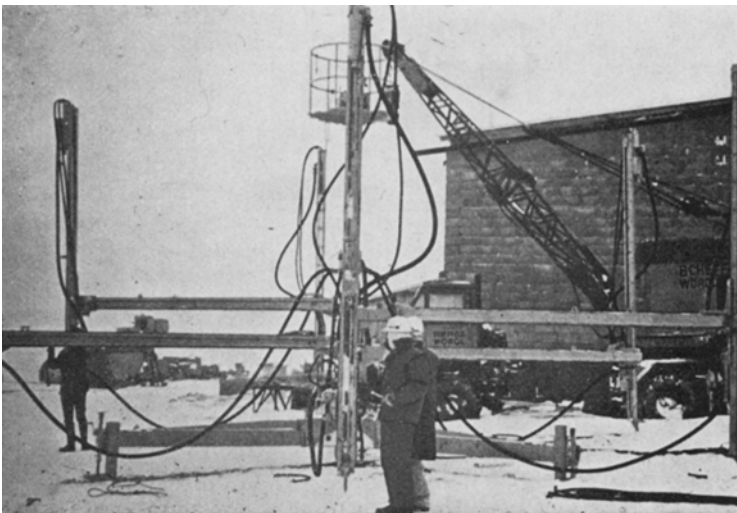


Abb. 5. Schachtbohrgerät  
Drilling rig for shaft sinking  
Sondeuse pour fonçage d'un puits

## Laden und Fördern des Haufwerkes

Für das Laden benutzte man zwei Polypgreifer mit je 500 l Fassungsvermögen der *Deilmann-Haniel GmbH, Dortmund-Kurl*. Die Greiferwinden waren auf dem unteren Plateau der sechsetagigen, 43 t schweren Bühne angeordnet (Abb. 6). Die Greifer füllten 4 gleichzeitig im Einsatz befindliche 3-m<sup>3</sup>-Kübel. Das mit einer 1000-kW-Fördermaschine zu Tage gebrachte

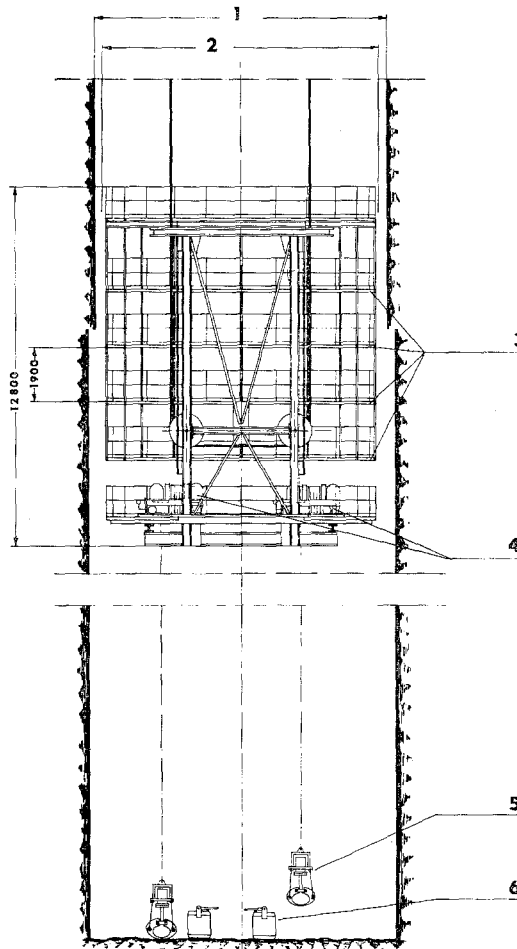


Abb. 6. Verfahrbare Arbeitsbühne

1 Min. Ausbruch- $\varnothing$  10600 mm; 2 lichter  $\varnothing$  9900 mm; 3 Ringetagen für die Isolierarbeiten; 4 Greiferwinden; 5 Greifer 0,5 m<sup>3</sup> Inhalt; 6 Bergekübel 3,0 m<sup>3</sup> Inhalt

## Transportable working platform

1 Minimal excavation diameter 10600 mm; 2 Inside diameter 9900 mm; 3 Annular levels for insulation work; 4 Winches for the grab; 5 Grab contents 0,5 m<sup>3</sup>; 6 Bucket contents 3,0 m<sup>3</sup>

## Plancher de travail transportable

1 minimum du diamètre d'excavation 10600 mm; 2 diamètre intérieur 9900 mm; 3 des étages annulaires pour l'exécution de travaux d'isolement; 4 des treuils à crochet; 5 crochet 0,5 m<sup>3</sup> de capacité; 6 baquet 3,0 m<sup>3</sup> de capacité

Haufwerk wurde mit einem Radlader — Schaufelinhalt ebenfalls  $3\text{ m}^3$  — zur benachbarten Halde gefahren. (Ein Abschlag =  $550\text{ m}^3$  Haufwerk oder etwa 200 Kübel.)

Die doppelte Greifereinrichtung, die in einem Schacht mit mehr als 10 m Durchmesser ohne Schwierigkeiten anzubringen ist, hat sich nach dem Einarbeiten der Sohlenbelegschaft hervorragend bewährt. Dennoch blieb die Ladearbeit auf der Sohle ein Engpaß. Da das Einfallen der Schichten  $25^\circ$

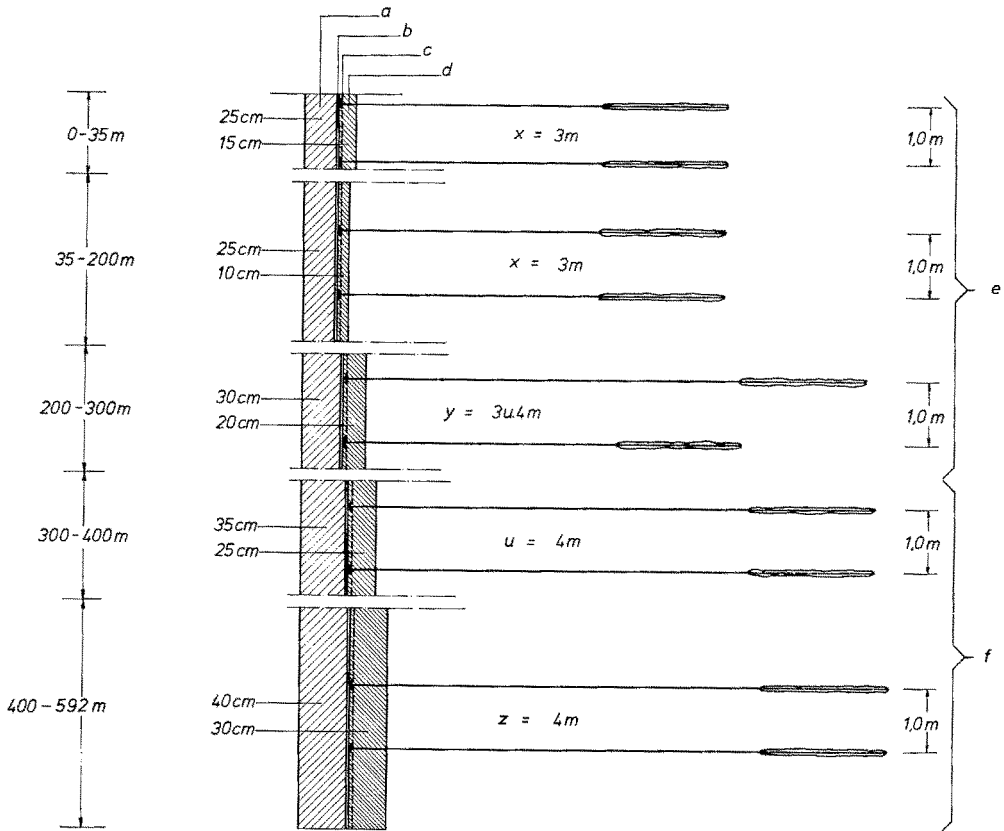


Abb. 7. Vorläufiger und endgültiger Ausbau, Isolation

*a* Innenbeton; *b* Isolierung; *c* Bewehrungsmatte; *d* Außenbeton; *x* Ankerlänge 3 m; *y* Ankerlänge 3 und 4 m, wechselnd je Horizont; *u* Ankerlänge 4 m; *z* Ankerlänge 4 m oder länger; *e* 11 Anker je Horizont; *f* 18—28 Anker je Horizont

Provisional and definite lining, insulation

*a* Inner concrete; *b* Insulation; *c* Reinforcement mat; *d* Outer concrete; *x* Length of anchors 3 m; *y* Length of anchors 3 and 4 m, changing according to depth; *u* Length of anchors 4 m; *z* Length of anchors 4 m or more; *e* 11 anchors per horizon; *f* 18—28 anchors per horizon

Revêtement préliminaire et définitif, isolement

*a* béton intérieur; *b* isolement; *c* natte de renforcement; *d* béton extérieur; *x* longueur des boulons d'ancrage 3 m; *y* longueur des boulons d'ancrage 3 et 4 m, changeant selon profondeur; *u* longueur des boulons d'ancrage 4 m; *z* longueur des boulons d'ancrage 4 m ou mieux; *e* 11 boulons d'ancrage par horizon; *f* 18—28 boulons d'ancrage par horizon



bis 40° betrug und oft noch häufig wechselnde Gesteinsarten auftraten, resultierte daraus ein erheblicher Zeitaufwand für das Festmachen bzw. Säubern der Sohle vor dem Bohren des nächsten Abschlages.

### Vorläufiger Ausbau des Schachtes

Dem Ladevorgang bzw. dem Greifen folgte das Einbringen des vorläufigen Ausbaus. Bis 200 m Teufe wurden bei einem Vertikalabstand von 1 m auf den Umfang gesetzt: 11 Store Norfolk-Anker à 3 m Einzellänge,

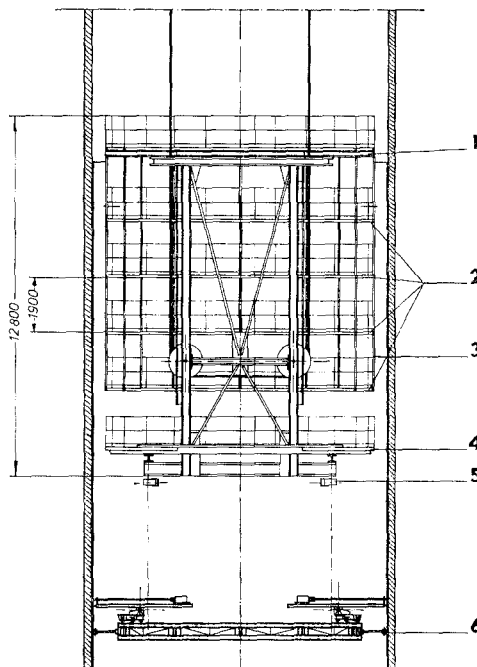


Abb. 8. Ankerbohrgeräte, unter der Arbeitsbühne verfahrbar angeordnet

1 Obere Etage; 2 Ringetagen für die Isolierarbeiten; 3 Isolierbühne; 4 Untere Etage; 5 IDN-Druckluft-Zug M 63; 6 Ankerbohrgerät

Anchor-drilling rigs, transportably arranged under working platform

1 Upper platform; 2 Annular platforms for insulation work; 3 Platform for insulation work; 4 Lower platform; 5 Pneumatic winding unit; 6 Anchor-drilling rig

Sondeuses pour l'ancrage, installés transportablement sous le plancher de travail

1 étage supérieur; 2 étages annulaires pour l'exécution des travaux d'isolement; 3 plancher pour l'exécution des travaux d'isolement; 4 étage inférieur; 5 appareil de levage pneumatique; 6 sondeuse pour l'ancrage

von 200 bis 300 m 18 Anker à 3 bzw. 4 m Einzellänge, von 300 bis 400 m 20 Anker à 4 m Einzellänge, von 400 bis 500 m 20 Anker à 4 bzw. 5 m Einzellänge und ab 500 m 28 Anker je Horizont mit 6 bzw. 8 m Länge. Das sind insgesamt etwa 45 km Ankerbohrlöcher für den Schacht (Abb. 7). Diese hohe Ankerdichte und der dadurch bedingte große zeitliche Arbeitsaufwand

hatte zu einer weiteren Mechanisierung veranlaßt. Unterhalb der Arbeitsbühne wurde ein vertikal verfahrbarer Ring angebracht. Auf diesen waren abermals verfahrbar — horizontal verfahrbar — 4 Unterwagen angeordnet, auf den Unterwagen wiederum leistungsfähige Bohrhämmer mit Lafetten (Abb. 8, 9). Nur mit dieser Einrichtung war es möglich, den Zeitaufwand für das Setzen der Anker in einer vertretbaren Größenordnung zu halten.

Abweichend von der Abb. 7, die die in der Ausschreibung vorgesehenen Spritzbetonwanddicken wiedergibt, betragen die effektiven bis 300 m Teufe 20 cm, bis 500 m 25 cm und darunter 30 cm bis 40 cm — geforderte Festigkeit 280 kp/cm<sup>2</sup>. Baustahlmatten wurden eingespritzt. Zu der Spritzbetonwanddicke ist zu bemerken, daß man sie grundsätzlich nicht zu schwach bemessen sollte, obwohl die österreichische Tunnelbauweise mit Recht im allgemeinen eine dünne Schale anstrebt. Die Gefahr in einem Schacht, daß Menschen und Einrichtungen durch herabfallende Gegenstände, wie geplatze Schalen oder gar Felsbrocken, zu Schaden kommen, ist um ein Vielfaches größer als in einem Tunnel. Außerdem kann oberhalb der Bühne bzw. des

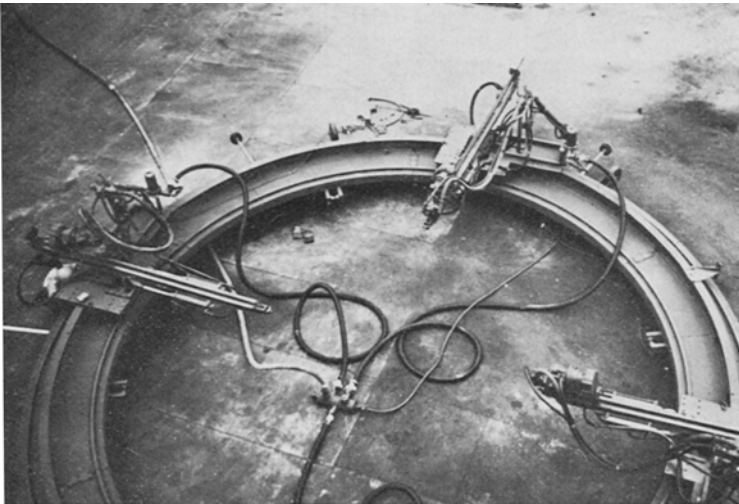


Abb. 9. Ankerbohrgeräte, unter der Arbeitsbühne verfahrbar angeordnet

Anchor drilling rigs, transportably arranged under working platform

Sondeuses pour l'ancrage, installés transportablement sous le plancher de travail

Spannlagers der vorläufige Ausbau nur mit erheblichem Aufwand erneuert bzw. ausgebessert werden, d. h. ein möglicher Bruch würde längere Zeit nicht unter Kontrolle sein, was eine erhöhte Gefährdung des Projektes bedeutet.

### Geologische Situation

Die Tatsache, daß der ganze Schacht während seiner gesamten Bauzeit nur vorläufig ausgebaut bleibt — für den Bergmann vielleicht nicht ohne weiteres vorstellbar —, gibt Veranlassung, an dieser Stelle kurz auf die Geologie einzugehen. Der geologische Längsschnitt zeigt links in der Abb. 10

eine Überschiebung und rechts die Gesteine der Schieferhülle, die dem tiefsten alpidischen Stockwerk, dem sogenannten Penninikum, zuzurechnen ist.

Im großen und ganzen stellt sich der geologische Bau um den Schacht einfach dar (Abb. 11). Der Hangschutt reicht bis 9 m Teufe. Ihm folgt eine rege Wechsellagerung von dunkelgrauen bis schwarzen, karbonatischen Phylliten, Karbonatquarziten und auch hellen Phylliten. Ab 80 m Teufe werden

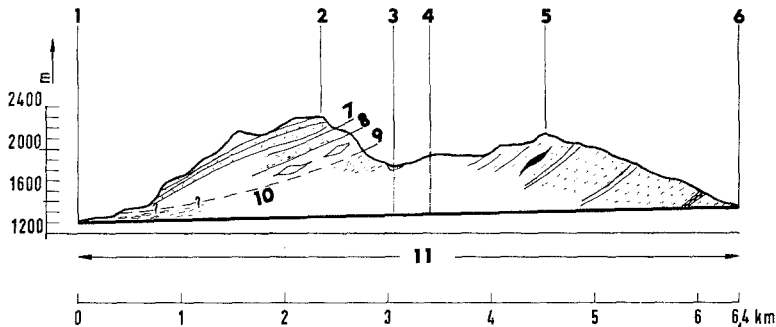


Abb. 10. Geologischer Längsschnitt durch den Tauerntunnel

1 N-Portal; 2 Frauenkogel; 3 Bohrung; 4 Schacht; 5 Wurmfeld; 6 S-Portal; 7 Pleißling-Decke; 8 Lantschfeld-Decke; 9 Schollenzzone; 10 Überschiebung; 11 Gesteine der Schieferhülle

Geological longitudinal section through Tauerntunnel

1 North-portal; 2 Frauenkogel; 3 Boring; 4 Shaft; 5 Wurmfeld; 6 South-portal; 7 Pleißling cover; 8 Lantschfeld cover; 9 block-folded area; 10 Overthrust; 11 Rocks of slate cover

Coupe longitudinale géologique à travers du tunnel Tauern

1 portail du nord; 2 Frauenkogel; 3 forage; 4 puits; 5 Wurmfeld; 6 portail du sud; 7 couche Pleißling; 8 couche Lantschfeld; 9 region désintégrée en blocs; 10 faille inverse; 11 rocher de la couche de schiste

die Gesteine einheitlicher und es herrschen dunkelgraue bis schwarze karbonatische Phyllite vor. In dem Teufbereich von 396 m bis 433 m findet sich eine dunkelgraue massige und feinkörnige Quarzitlinse. In den dunkelgrauen bis schwarzen Phylliten wurden immer wieder Quarzit- und Kalzitlinsen angetroffen. Die Schieferungsmächtigkeit wechselt häufig.

Ab 500 m Teufe traf man auf Serpentin, Talk, Gips, Anhydrit, Chlorit-schiefer und vor allem auf einen massigen, stark zerklüfteten Dolomit.

Die Schichten fallen mit 25° bis 40° generell nach Norden ein. Obwohl größere Störungen und Bewegungen im Schacht nicht beobachtet wurden, kann man das Gebirge in seiner Gesamtheit nicht als standfest, sondern nur als gebräch bezeichnen. Umso bemerkenswerter bleibt, daß die Messungen, die von der INTERFELS — Internationale Versuchsanstalt für Fels GmbH — in Salzburg regelmäßig durchgeführt wurden, einen einwandfreien Zustand des vorläufig ausgebauten Schachtes belegen.

### Entwässerung des Gebirges

Als Innenauskleidung oder endgültiger Ausbau ist ein Beton — B 300 — in Wanddicken von 25 bis 40 cm wachsend mit zunehmender Teufe vorgesehen.

Vorläufiger und endgültiger Ausbau sind nur auf Gebirgsdruck, nicht aber auf Wasserdruck berechnet. Dies erklärt die relativ geringen Wand-

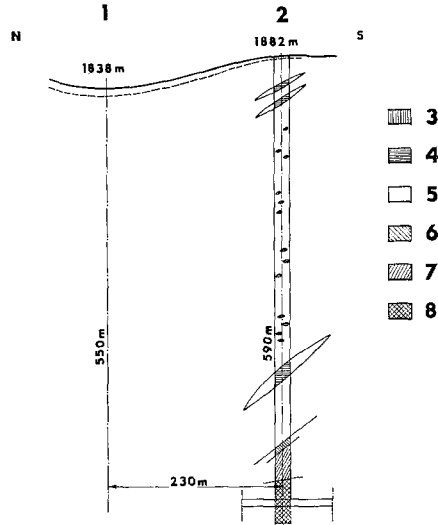


Abb. 11. Gesteinsfolge, vereinfachte Darstellung

1 Bohrung 1838 m; 2 Schacht 1882 m; 3 Hangschutt; 4 Quarzit; 5 karbonatischer Schwarzphyllit; 6 Serpentin, Talk, Gips, Anhydrit, Chloritschiefer, Dolomit; 7 karbonatischer Phyllit, Anhydrit; 8 Dolomit, Bänderkalk

Strata of rocks, simplified representation

1 Boring 1838 m; 2 Shaft 1882 m; 3 Zone of weathered rocks; 4 Quartzite; 5 Carbonatic black mica slate; 6 Serpentine, talc, gypsum, anhydrite, chlorit slate, dolomite; 7 Carbonatic mica slate, anhydrite; 8 Dolomite, varved lime

Succession lithologique, représentation simplifiée

1 forage 1838 m; 2 puits 1882 m; 3 zone de rocher désagrégé; 4 quartzite; 5 phyllite noire carbonatée; 6 serpentine, talc, gypse, anhydrite, schiste chloriteux, dolomite; 7 phyllite carbonatée, anhydrite; 8 dolomite, calcaire, rubané

dicken. Das Wasser soll hinter der Auskleidung durch Kunststoffleitungen in die Tunnelröhren abfließen.

Die Aufgabe, einen Wassereintritt in den Schacht und damit im Winter eine Eisbildung zu verhindern, werden Kunststoffolien übernehmen, die in drei Lagen zwischen dem vorläufigen und endgültigen Ausbau einzubetonieren sind (Abb. 12).

### Schwierigkeiten der Hochgebirgsbauteile im Winter

Der Schacht hat am 6. 9. 1973 seine Endteufe erreicht. Der Weg bis dahin war steinig. Die extreme Lage des Ansatzpunktes bei knapp 2000 m über NN brachte mancherlei Probleme, die im folgenden nur kurz aufgezeigt werden.

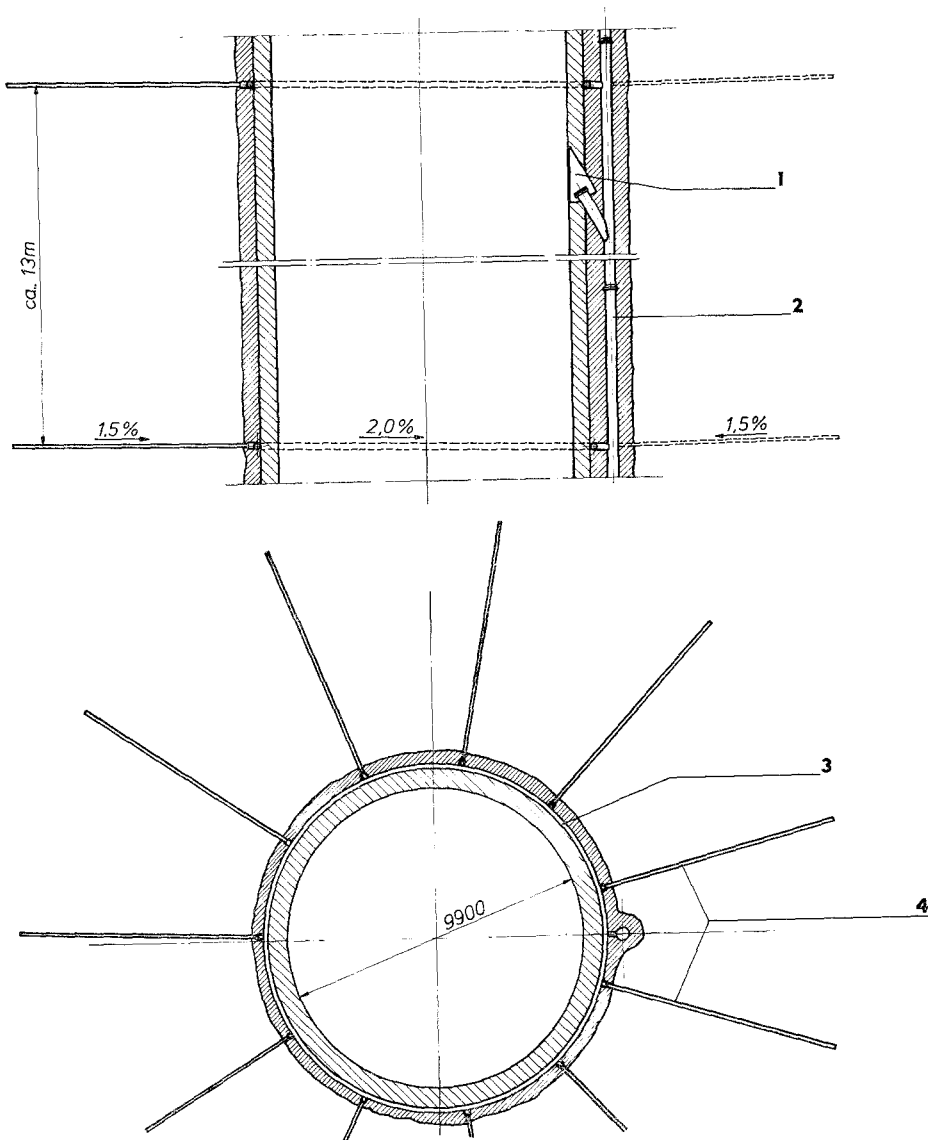


Abb. 12. Entwässerungsschema

1 Putzöffnung; 2 Fallrohr 200 mm  $\varnothing$ ; 3 Sammelring Plastikrohr 50 mm  $\varnothing$ ; 4 Entwässerungsrohr, perfor. Plastikrohr, 30 mm  $\varnothing$

Drainage schedule

1 Pipe opening for cleaning; 2 Down pipe, 200 mm  $\varnothing$ ; 3 Collecting ring, plastic pipe, 50 mm  $\varnothing$ ; 4 Drainage pipe perforated plastic pipe, 30 mm  $\varnothing$

Schéma de drainage

1 ouverture pour nettoyer le tuyau; 2 tuyau de descente, 200 mm  $\varnothing$ ; 3 conduite collectrice annulaire, tuyau en matière plastique, 50 mm  $\varnothing$ ; 4 tuyau de drainage perforé en matière plastique, 30 mm  $\varnothing$

Da war einmal der Schnee — genauer die Schneehöhe, Schneestürme und vor allem das Wehen. Die beiden letzten Winter haben die Prognose der Einheimischen — nämlich 6 bis 7 m Schneehöhe — nicht eintreffen lassen, aber 4 bis 5 m Schnee reichten auch.

Die 7 km lange Baustraße wurde mittels eines Radladers ständig geräumt, so auch der Schachtplatz. Schließlich mußten die Zuschlagstoffe, der Zement, Sprengstoff, sonstiges Material und Lebensmittel herangeschafft werden, auch wenn Vorräte für drei Wochen auf der Baustelle vorhanden waren. Unterbrochen wurde der Betrieb während der gesamten Bauzeit für nur 3 Tage, und zwar im Februar dieses Jahres. Die Straße war damals völlig zugeschnitten und auch der Rettungshubschrauber hatte wegen der todbenden Schneestürme keine Landemöglichkeit.

Dann ist die Lawinengefahr zu nennen, die auf 9 Teilabschnitten der Baustraße besteht. Eine Lawinen-Expertin gab die jeweilige Einstufung der Gefahr bekannt und sperrte mitunter auch die Straße — solange Landemöglichkeit für den Hubschrauber bestand, durfte der Betrieb weiterarbeiten. Mehrfach mußten Lawinen durch Schießen gezielt ausgelöst werden.

Als nächstes Winterproblem sind die Temperaturen zu nennen. Sie lagen häufiger niedriger als  $-30^{\circ}\text{C}$ . Die Zuschlagstoffe für den Spritzbeton kamen als riesige gefrorene Klumpen zur Baustelle. Die Kapazität der Heizanlage für die gesamte Mischeinrichtung wurde oft voll ausgenutzt.

Über mehr als 7 km Länge zieht sich eine 30-kV-Freileitung — die Energieversorgung — vom Tal bis zum Schacht. Acht von neun Lawinenstrichen ist man beim Bau der Leitung ausgewichen, indem sie auf den Gegenhang geführt wurde. Die große Sorge gilt im Winter dem Lawinenstrich Nr. 2. Hier sind die Straße und die Leitung von beiden gegenüberliegenden Hängen aus bedroht. Die Leitung wurde deshalb an einem Hang weit hochgezogen und man hofft — bislang zu Recht —, daß die Lawinen unter dem Energieträger durchrutschen.

Die Wasserversorgung sollten drei im Frühjahr gefaßte Quellen sicherstellen. Niemand konnte voraussagen, welche Mengen diese Quellen im Winter liefern würden. Ihre Ergiebigkeit ging auf 25% zurück, so daß zu allem Überfluß auch noch Wassermangel auftrat.

Als letztes Problem sei ein solches der Belegschaft angesprochen. So herrlich weiß der Schnee in 2000 m Höhe, so klar die Winterluft, so gut die meist trockene Kälte dort zu ertragen ist, ein Teil der Belegschaft hielt diese winterliche Einöde, den Anblick immer derselben Berge und immer des gleichen Stücks Himmel einfach nicht aus — dies galt vor allem für das deutsche Personal aus dem Ruhrgebiet.

Die Baustelle Lüftungsschacht hat inzwischen zwei Winter überstanden. Schnee, Frost, Stürme und die Abgeschiedenheit von der Umwelt schafften viele Probleme. Trotz einer Verschiebung des Schachtansatzpunktes, Vergrößerung der Teufe um 50 m und Anordnung vieler zusätzlicher Maßnahmen konnten bislang die vom Bauherrn gesetzten Fristen vorzeitig erfüllt werden. Ob der kommende Winter es gestattet, die Isolierung, den Innenbeton und die Trennwand noch in diesem Jahr fertig einzubringen, bleibt eine weitere Sorge dieser Höhenbaustelle.

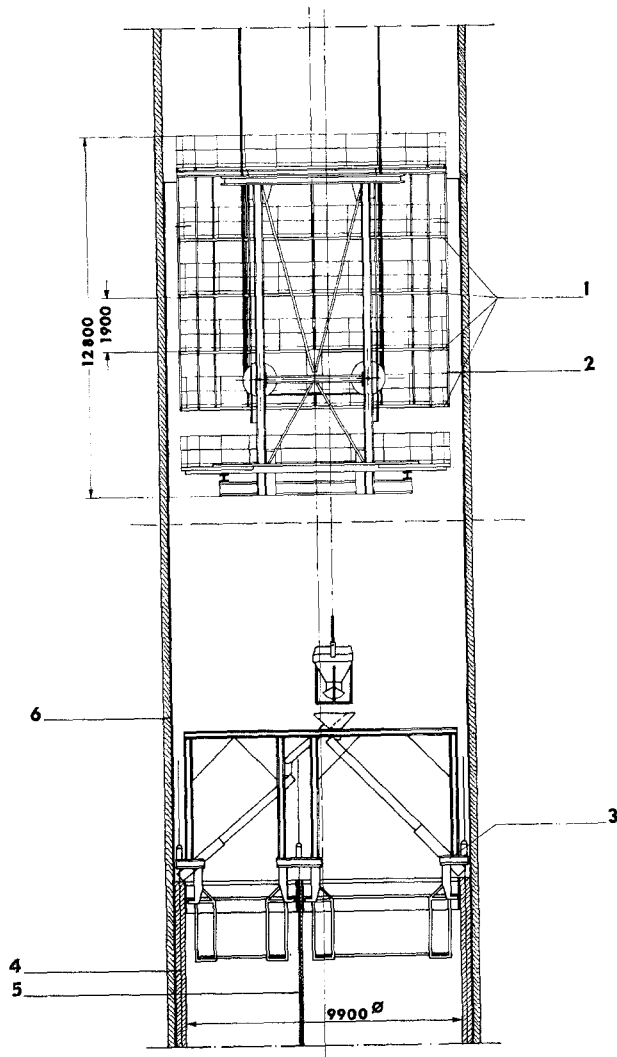


Abb. 13. Einbringen der Isolation, des Innenbetons und der Trennwand, vereinfachte Darstellung

1 Ringetagen für die Isolierarbeiten; 2 Isolierbühne; 3 Gleitschalung mit Verteilerbühne; 4 Innenbeton; 5 Trennwand; 6 Isolation

Installation of insulation, pouring of inner concrete and partition wall, simplified representation

1 annular platforms for insulation work; 2 Platform for insulation work; 3 Sliding concrete with distributor platform; 4 Inner concrete; 5 Partition wall; 6 insulation

Installation de l'isolement, du béton intérieur et du mur de séparation, représentation simplifiée

1 des étages annulaires pour l'exécution des travaux d'isolement; 2 plancher pour l'exécution des travaux d'isolement; 3 coffrage mobile avec l'étage de distribution; 4 béton intérieur; 5 mur de séparation; 6 isolement

### Einbringen des Innenbetons

Vom weiteren Ablauf her ist vorgesehen — er wird in Abb. 13 vereinfacht dargestellt —, den ganzen Schacht in einem Zuge mit Hilfe einer Gleit- schalung zu betonieren und gleichzeitig mit dieser Schalung die Wand hoch- zuziehen, die den Querschnitt in je einen Frisch- und Abluftabschnitt auf- teilen soll. Der Gleit- schalung wird die vorhandene Arbeitsbühne voreilen, von deren 6 Etagen aus zeitlich parallel zum Betonieren die dreilagige Folie auf den vorläufigen Ausbau — den Spritzbeton — aufzubringen ist. Beide Arbeitsvorgänge, Betonieren und Isolieren, müssen demnach im gleichen Rhythmus ablaufen. Den Zeitaufwand wird der Zement bzw. die erforderliche Abbindezeit des Betons diktieren.

Die Fertigstellung der Übergänge vom Schacht zu den übertägigen Frisch- und Abluftbauwerken — sie setzt die Demontage des Abteufgerüsts voraus — ist für 1974 geplant (Abb. 1).

### Mögliche Verkürzung der Bauzeit beim Abteufen künftiger Lüftungsschächte

Vorab wurde der vorläufige Ausbau mit seiner hohen Ankerdichte und den großen Ankerlängen angesprochen. Durch diese zum erheblichen Teil während des Teufens zusätzlich angeordneten Maßnahmen sank die Leistung von 1,35 m auf 0,52 m/Tag. Der finanzielle Anteil für den provisorischen Ausbau wuchs gleichzeitig von 30% auf 55%, d. h. für den oberen Schacht- teil war er niedrig, für den unteren dagegen sehr hoch.

Seit Jahrzehnten ist das Teufen mit zwei Maschinen bekannt. Diese Methode erlaubt das Arbeiten in zwei Ebenen, nämlich das Teufen auf der Sohle und das Einbringen des Ausbaues von einer verfahrbaren Bühne aus — der Fortschritt wird primär von den Vorgängen auf der Sohle bestimmt, die Abteufgeschwindigkeit erhöht sich um etwa 100%.

Die Benutzung zweier Maschinen setzt allerdings einige Bedingungen voraus:

1. Eine Mindestteufe des Schachtes von etwa 600 m, da sonst die Kosten des Mehraufwandes für Fundamente, Montage sowie Demontage der zweiten Maschine, Gebäude, Seile usw. — die rund 400 000,— DM betragen — nicht gerechtfertigt sind.

2. Der Schachtquerschnitt muß ausreichen, um beide Förderungen ein- richten zu können. Die untere Grenze liegt bei einem lichten Schachtdurch- messer von 5 m für zwei *ein*rümige Kübelförderungen; etwa ab 7 m lichtigem Durchmesser kann man je eine *doppel*rümige Förderung für Berge und Material vorsehen.

3. Die zu installierende Leistung der gesamten Baustelle steigt von etwa 1400 auf etwa 2000 kW.

4. Als wichtigster Punkt — die Standfestigkeit des Gebirges muß so hoch sein, daß der Bereich zwischen den beiden Arbeitsebenen — vorgegeben



durch den Maximalabstand der Bühne zur Schachtsohle — nur mittels kurzen Spreizhülsenankern und Maschendraht vorübergehend gesichert werden kann.

Wenn man davon ausgeht, daß wegen einer Gefährdung der Bühne durch das Schießen sowie wegen der für den Greifer benötigten Arbeitshöhe der Mindestabstand 12 m beträgt und daß Anker- bzw. Spritzbetonabschnitte von max. 9 m vorgesehen sind, dann ergeben sich  $12 + 9 + 3$  m (3 m Bühnenhöhe), also insgesamt 24 m Schacht, die vorübergehend zu sichern sind. Zeitlich bedeutet dies, daß der vorläufige Ausbau — SN-Anker und Spritzbeton z. B. — etwa 6 bis 12 Tage nach dem Freilegen des Hohlraumes eingebracht ist.

Ein Setzen der SN-Anker von der verfahrbaren Bühne aus bereitet technisch keine Schwierigkeiten, das Beseitigen des Rückpralls vom Spritzen auf der Bühne und die Abdichtung des Spaltes zwischen Bühne und Schachtwand dürften etwas problematischer sein.

Es wird nochmals betont, daß die Benutzung zweier Fördermaschinen, das Arbeiten in zwei Ebenen, neben den anderen genannten Voraussetzungen primär von der Standfestigkeit des Gebirges bestimmt wird. Auch ist bekannt, daß mit der Anwendung der Österreichischen Tunnelbauweise eine schädliche Auswirkung, eine Auflockerung des Gebirges, verhindert werden soll, was nicht immer sichergestellt bleibt, wenn der vorläufige Ausbau erst nach 6 bis 12 Tagen eingebracht wird. Mit dem Hinweis auf dieses Verfahren sollen lediglich die Fachleute auf dem Gebiet der Österreichischen Tunnelbauweise darauf aufmerksam gemacht werden, das eine technische Möglichkeit für eine erhebliche Steigerung des Teuffortschrittes besteht.

Anschrift des Verfassers: Dr.-Ing. Alfred Ries, Geschäftsführer der Gerhard & Koenig — Deutsche Schachtbau GmbH, Essen, Bundesrepublik Deutschland.