Erfolgreicher Einsatz der Habegger-Tunnelfräsmaschine im Hartgestein

Autor(en): **Lauber, E. / Brodbeck, H.W.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **86 (1968)**

Heft 51

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-70214

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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

verhalte und Anregungen für den praktischen Gebrauch dar. Sein besonderer Wert ist die menschliche Haltung, die in ihm vertreten wird. In allen Erörterungen ist sie spürbar. Sie kommt namentlich in den beiden Hauptzielen zum Ausdruck, auf die sich ein Unternehmen ausrichten muss, soll es wirklich und auf weite Sicht erfolgreich sein. Das erste ist die Bewährung im Daseinskampf, den der Unternehmer, seine Angestellten und seine Arbeiter *gemeinsam* zu führen haben. Wesentlich ist dabei das Bewusstsein aller Betriebsangehörigen, Glieder eines lebendigen Organismus zu sein, die durch ein gemeinsames Schicksal aufs engste miteinander verbunden sind. Das zweite Ziel ist die innere und äussere Zufriedenheit, die sich einstellt, wenn die zu leistende Arbeit in ihrer dreifachen Bedeutung verstanden und auch dementsprechend geleistet wird.

Literaturverzeichnis

[1] *Jacob Burckhardt.* Weltgeschichtliche Betrachtungen, 57. Aufl. 1949, Stuttgart, Alfred Kröner Verlag.

[2] *Carl Gustav Jung.* Gegenwart und Zukunft, 1957, Zürich und Stuttgart, Rascher-Verlag.

[3] *Friedrich Klemm.* Technik, eine Geschichte ihrer Probleme, 1954, Freiburg/München, Verlag Karl Alber.

[4] *Josef Piper.* Über die Klugheit, 3. Aufl. 1947, Olten, Summa-Verlag.

[5] *Josef Piper.* Über die Hoffnung, 4. Aufl. 1948, Olten, Summa-Verlag.

[6] *Karl Schmid.* Hochmut und Angst, Betrachtung zur seelischen Lage des heutigen Europa, 1958, Zürich und Stuttgart, Artemis Verlag.

[7] *Karl Schmid.* Europa zwischen Ideologie und Verwirklichung, Psychologische Aspekte der europäischen Integration, 1966, Zürich und Stuttgart, Artemis Verlag.

[8] *Karl Schmid.* Zeitspuren, Aufsätze und Reden II. Band, 1967, Zürich und Stuttgart, Artemis Verlag.

[9] *Walter Schmidt.* Das erfolgreiche Führen in Technik und Wirtschaft, 4. Aufl. 1967, Düsseldorf, VDI-Verlag.

[10] *Adolf Ostertag.* Über die Verantwortung der Naturwissenschafter und der Ingenieure, «Schweiz. Bauzeitung» *84* (1966), H. 21, S. 379—385.

Erfolgreicher Einsatz der Habegger-Tunnelfräsmaschine im Hartgestein

DK 624.191.6

Von **E. Lauber** und **H. W. Brodbeck**, Thun

Innerhalb der letzten zehn Jahre haben sich die Anstrengungen der Maschinenbauer vervielfacht, brauchbare Geräte für den mechanischen Vortrieb von Strecken im Vollausbruchverfahren zu entwikkeln. Mehr und mehr verlagerte sich in Europa der Anwendungsbereich vom eigentlichen Bergbau hinüber zu Stollen- und Tunnelbauvorhaben anderer Zweckbestimmung. Damit änderten sich auch die an die Streckenvortriebsmaschinen gestellten Anforderungen. Gute Richtungshaltung und die Fähigkeit, härteres Gestein zu durchfahren, traten in den Vordergrund gegenüber der Wendigkeit und der hohen Schnittgeschwindigkeit schon bekannter Abbaumaschinen.

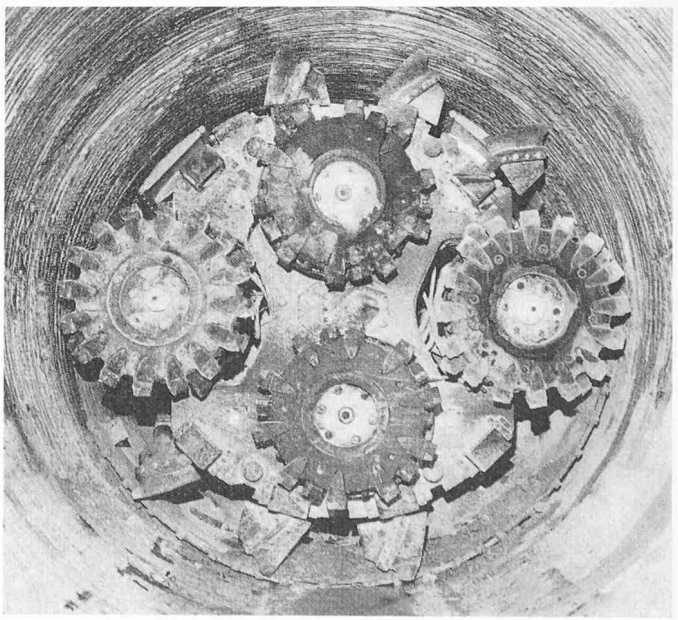
Aus der Praxis der Schrämmaschinen ist bekannt, dass bisher keine harten oder abrasiven Gesteine aufgefahren werden konnten – anderseits haben Kegelrollenmeissel schon härteste und sehr abrasive Schichten der Erdkruste durchbohrt. Gestützt auf diese Tatsachen, und auch rein gefühlsmässig, besteht heute in weiten Kreisen der interessierten Ingenieure die Auffassung, dass nur rollende Werkzeuge geeignet sein könnten, einen mechanischen Streckenvortrieb in hartem und abrasivem Gestein erfolgreich aufzufahren. Indessen bringt der Abbau einer Stollenbrust von mehreren Quadratmetern andere Probleme als das Bohren oder Aufbohren kleinerer Löcher, und ein Stollen mit kreisrundem Querschnitt bietet andere Möglichkeiten, eine nach dem Schrämprinzip arbeitende Maschine stabil zu führen, als dies etwa bei Flöz-Abbaumschinen der Fall ist. Rollende Werkzeuge nutzen die Eigenschaft des Gesteins, unter hoher Linien- oder Punktlast zu zersplittern. Dementsprechend müssen die Werkzeuge und vor allem ihre Lager grossen, oft schlagartig auftretenden Belastungen gewachsen sein. Das heisst mit andern Worten, Schneidrollen, Disken, Rollmeissel, Warzenrollen haben notwendigerweise beträchtliche Abmessungen, und infolge ihres Eindringens ins Gestein entstehen an ihrem Umfang recht lange Berührungszonen. Die Überlagerung des Abrollens, Eindringens und des Kreisens um die Maschinenachse ergibt Relativbewegungen, die das Werkzeug unter hoher Last gegenüber dem Gestein ausführt. Erwärmung und Verschleiss der Schneidkanten oder Warzen sind die Folgen.

Die Bestrebungen gehen eindeutig in der Richtung, das Gestein gegen eine freie Fläche hin ausbrechen zu lassen, damit der Wirkungsbereich der von jedem Werkzeug ausgeübten örtlichen Druckkraft grösser wird. Ausserdem soll das Gebirge in Form von Haufwerk optimaler Korngrösse abgebaut werden. Diese beiden Forderungen sind an lenkbaren Streckenvortriebsmaschinen mit rollenden Werkzeugen nicht leicht zu erfüllen. Angesichts der aufgezeigten Problematik scheint es sinnvoll, einen Blick auf den gegenwärtigen Entwicklungsstand der nach dem Wohlmeyer-Prinzip arbeitenden Tunnelfräsmaschinen zu werfen. Zwei Wege wurden hier beschritten: In Anlehnung an das Wohlmeyersche Grundkonzept wurde in Deutschland eine relativ wendige Maschine für mildes Gestein geschaffen. Demgegenüber hat die Maschinenfabrik Habegger AG, Thun, im Sinne des Erfinders eine Hartgesteinsfräsmaschine weiterentwickelt, wobei eine beträchtliche Anzahl neuer Ideen zur Anwendung gelangten.

Zum allgemeinen Verständnis seien die wichtigsten Merkmale des Fräsverfahrens kurz in Erinnerung gerufen: Die auf Bild 1 sichtbaren Frässcheiben (kurz Fräser genannt) mit ihren hartmetallbestückten Zähnen (Messern) werden von Elektromotoren angetrieben. Ihre Achsen stehen schräg zur Tunnelaxe, so dass also die Fräser selbst gegen die Tunnelbrust geneigt sind. Wird nun der ganze Bohrkopf (Trommel) um die Tunnelaxe gedreht und gleichzeitig in Vortriebsrichtung vorgeschoben, ergibt sich ein korkzieherartiges Eindringen der Fräser in das Gebirge. Dabei schält jeder Fräser in schraubenförmig fortschreitender Bewegung durch Hinterschneiden eine 12 bis 16 cm dicke Gesteinsschicht von der Tunnelbrust ab, indem alle Bewegungen (Eigenrotation der Fräser, Drehung der Trommel, Längsvorschub) geometrisch exakt ausgeführt werden, so dass die Fräsown an der Tunnelwand nahezu unabhängig von der Gesteinsfestigkeit ein immer gleich aussehendes Gewinde darstellen (Bilder 5 und 12). Die entscheidenden Vorteile dieses Verfahrens liegen in der Verwendung kleiner, preisgünstiger Werkzeuge, welche nicht sehr grosse Kräfte für das Eindringen ins Gebirge benötigen, ferner in der Möglichkeit, über 70 Prozent des Gesteinvolumens grobstückig ausbrechen zu lassen, ohne dass die Hartmetallschneiden damit in Berührung kommen.

Unwillkürlich stehen wir vor der Frage: Was ist in diesem Zusammenhange unter Hartgestein zu verstehen? Sicher darf die Gesteins-Druckfestigkeit in vielen Fällen als Massstab herangezogen werden, und man könnte ihre untere Grenze für Hartgestein etwa bei 1200 kp/cm² ansetzen. Es wird jedoch immer wieder vorkom-

Bild 1. Frontansicht der Maschine im Stollen Ø 3,40 m



men, dass die Druckfestigkeit eines Gesteins infolge seiner natürlichen Klüftung nicht nach herkömmlicher Methode (Zerdrücken eines Würfels oder Zylinders) gemessen werden kann, und dass auch keine Möglichkeit besteht, Rückprallversuche durchzuführen.

Die Wahl von Form und Grösse der Prüfkörper ergibt recht unterschiedliche Zahlenwerte für die Druckfestigkeit eines Gesteins. In Publikationen über Streckenvortriebsmaschinen ist meist nur ein einziger Spitzenwert ohne Angabe der Prüfbedingungen zu finden. Ernsthafte Interessenten sind deshalb gezwungen, das in Frage stehende Gestein mit eigenen Augen zu besichtigen und vergleichende Versuche selber durchzuführen. (Vielleicht wird eine Zeit kommen, in der es Normen über die Durchmesser maschinell aufzufahrender Tunnel und auch über die zugehörigen Gesteinsprüfverfahren geben wird.)

Im Hinblick auf das Fräsen und den Abbau mit rollenden Werkzeugen kommen für eine sinnvolle Beurteilung eines Gesteins voraussichtlich folgende Daten in Betracht:

a) Zylinder- oder Würfeldruckfestigkeit, gemessen an relativ homogenen, unzerklüfteten Partien. Form und Grösse eines Standard-Prüfkörpers sowie der Prüfvorgang selbst (Einspannung, Feuchtigkeit, Last-Zeitkurve, Anzahl Messungen) sollten nach internationaler Regelung überall gleich sein.

b) Mohssche Härte oder eine andere Härtevergleichszahl der vorhandenen Mineralien unter etwa 0,5 mm Korngrösse.

c) Mohssche Härte und Spaltzugfestigkeit resp. Scherfestigkeit der Bestandteile von 0,5 mm bis 2 cm Korngrösse.

d) Analog der Druckfestigkeit kann eventuell die Art der Bindung der Körner einen Anhaltspunkt geben.

e) Schichtung und Klüftung im Bereich von 1 bis 5 sowie 5 bis 50 cm.

Die trotz Kühlmittelzufuhr auftretende Erwärmung und die damit in direktem Zusammenhang stehende Standzeit einer Hartmetallschneide gibt für jedes Gestein eine obere Grenze der Fräser-Schnittgeschwindigkeit. Die Zähigkeit oder Druckfestigkeit des Gesteins bestimmt sodann die maximal zulässige Spantiefe für jede Schneide, jene Belastung also, welche noch nicht zum Bruch des Hartmetalls führt. Die Zähigkeit – oder im Gegensatz dazu die Schichtung oder Klüftung im Zentimeter- bis Dezimeterbereich – ergibt schliesslich für jedes Gestein eine optimale Brechbreite hinter den Messern. Aus diesen drei Komponenten (Schnittgeschwindigkeit, Spantiefe, Brechbreite) ergibt sich erst im praktischen Fräsbetrieb die wirtschaftlich einhaltbare Vortriebsgeschwindigkeit. Es ist aber trotzdem möglich, auf Grund von Gesteinsmustern und einer nach den erwähnten Gesichtspunkten a) bis e) durchgeführten Gesteinsuntersuchung eine recht zuverlässige Vorausberechnung der Vortriebsgeschwindigkeit und des Messerverschleisses vorzunehmen, was im Hinblick auf den Einsatz der Fräsmaschine entscheidend wichtig ist.

Selbstverständlich kann die Entwicklung einer Maschine nicht davon abhängen, ob die nötigen Mess- oder Vergleichsverfahren den Erfolg ihres Einsatzes vorausberechnen lassen. Es muss ein Entwicklungsweg eingeschlagen werden, dessen Ziel es ist, die Wichtigkeit der bisher bekannten negativen Faktoren herabzumindern. Einige solide Grundlagen für das Fräsverfahren waren seit Jahren bekannt:

a) Das für die Schneiden verwendete Hartmetall ist härter als Quarz, also härter als das härteste, häufig vorkommende Mineral (Korund ist zwar härter, aber auf der Erdoberfläche wenig verbreitet).

b) Normal und betriebssicher dimensionierte Maschinenteile vermögen an den kleinen Abbauwerkzeugen hohe spezifische Belastungen hervorzurufen, welche eine volle Ausnützung der Hartmetalleigenschaften gestatten.

c) Das Fräsverfahren erlaubt im wesentlichen einen grobstückigen Abbau der Tunnelbrust.

d) Das Fräsverfahren erlaubt eine Lenkung mit sehr geringen Abweichungen von der Sollinie selbst dann, wenn an der Tunnelbrust extrem unterschiedliche Härtezonen erscheinen.

Ungelöst blieb längere Zeit die Frage des Messerverschleisses in abrasivem Gestein. Erschwerend für die Entwicklungsarbeit war der Umstand, dass aufschlussreiche Versuche nur an einer «richtigen» Vortriebsmaschine möglich sind. Ergebnisse von Laboratoriumsversuchen in reduziertem Massstab können bestenfalls grundlegende Anhaltspunkte, kaum aber übertragbare Resultate liefern, weil die an der Maschine auftretenden Kräfte, Geschwindigkeiten, Stösse, Vibrationen und besonders Dauerleistungen im Versuch bei weitem nicht nachgeahmt werden können. Es galt also, die Verschleiss- und Brucherscheinungen der Schneiden im Grossversuch zu analysieren und aus den Beobachtungen die weiteren Massnahmen abzuleiten. In zahlreichen Etappen wurde eine kraftschlüssige, einfache Halterung für die Hartmetallschneiden und nachher eine wirksame Kühlmethode dazu entwickelt.

Ergebnisse aus dem Einsatz einer Habegger-Hartgesteinsfräsmaschine

Für das Juliawerk Tiefencastel II des Elektrizitätswerkes der Stadt Zürich wird im Gebiet des Julierpasses (Oberhalbstein) ein Druckwasserstollen von 3,4 m Durchmesser mit einem Gefälle von rund 5 Promille erstellt. Bild 2 zeigt die Linienführung und die Lage der verschiedenen Etappen. Als Etappe 1 wurde ein Fensterstollen von rund 180 m Länge und 3,5 m Durchmesser mit einer amerikanischen Maschine aufgefahren.

Nach Erstellen der Kaverne A kam Ende April 1967 die Hartgesteinsfräsmaschine Habegger in der Etappe 2 zum Einsatz. Zuvor hatte diese Maschine in Malmkalk von 1300 bis 1900 kp/cm² Druckfestigkeit eine Testbohrung von 45 m Länge mit Erfolg absolviert. Nach 22 m Strecke in einer Zone hoher Gesteinsfestigkeit der Etappe 2 musste der Betrieb vorübergehend eingestellt werden, weil bei einer Vortriebsgeschwindigkeit von nur 0,6 m/h der Messerverschleiss die wirtschaftlichen Grenzen überstieg. Durch provisorischen Einbau einer Kühlwasserzufuhr in die Nähe der Schneiden und Herabsetzung der Schnittgeschwindigkeit lagen die Kosten für Messerverschleiss immer noch wesentlich über jenen für den konventionellen Vortrieb. Zur Abklärung des übrigen Betriebsverhaltens, insbesondere hinsichtlich der Schuttabförderung und der Vorschubeinrichtung, wurden insgesamt rund 300 m in Etappe 2 aufgefahren. Auf Grund der hierbei gemachten Erfahrungen wurde danach im Einverständnis mit dem Käufer die Maschine teilweise umgebaut, zwecks Ausmerzung von Konstruktionsmängeln und mit dem Ziele grösserer Maschinenlaufzeit pro Schicht.

Um das vorgegebene Bauprogramm einhalten zu können, wurde die Auffahrung der Etappe 2 nach konventioneller Methode weitergeführt. Während des Umbaues der Maschine wurde die Kaverne B erstellt. Ausgehend von Kaverne B war seit 30. Mai 1968 die umgebaute Hartgesteinsfräsmaschine wieder im Einsatz. Als Vorbereitung für den Start hatte die Unternehmung 11 m Tunnelröhre gesprengt und kreisrund ausbetoniert. Die geologischen Verhältnisse sind ähnlich wie in Etappe 2. Tabelle 1 mit petrographischer Beschreibung ist dem Untersuchungsbericht der Eidg. Materialprüfungsanstalt entnommen. Sie gibt Aufschluss über einige wichtige Eigenschaften der durchfahrenen Gesteine. Man beachte den hohen Quarzgehalt des Bündner Schiefers (Flysch) im Zusammenhang mit der beachtlich hohen Druckfestigkeit der einzelnen Schichten.

Auf der Maschine wurde während des ganzen Einsatzes Buch geführt über alle Vorkommnisse und Einzelheiten des Betriebes, wie reine Fräszeit, Zeitaufwand für Umlad des Haufwerkes vom Bunkerwagen auf den Pendelzug, Nachziehen der Schubvorrichtung und Richtungskontrolle, ferner Abweichungen von der Sollinie, Richtungskorrekturen, Anpassung der Trommeldrehzahl an die Gesteinsfestigkeit, Messerwechsel, Ölstandskontrollen, Betriebsunterbrüche an der Maschine oder in den nachgeschalteten Diensten bis hinaus zur Kippe, Ausbau von nicht standfesten Zonen. Darüber hinaus wurden stichprobenweise alle Ampèremeter und Manometer abgelesen. So lieferte dieser Einsatz eine Fülle von Informationen, die einerseits für

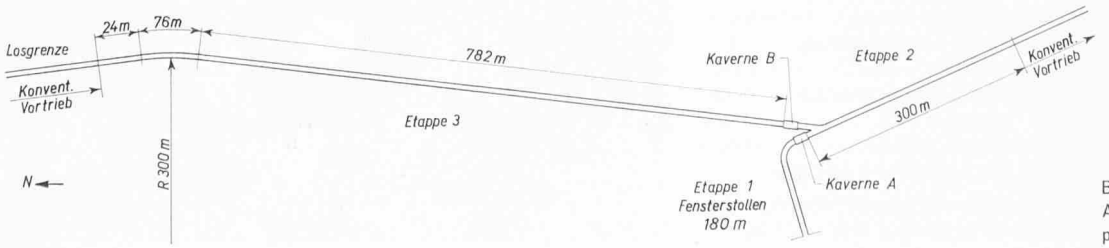


Bild 2. Juliawerk Tiefencastel: Ausschnitt aus dem Schemaplan des Druckwasserstollens

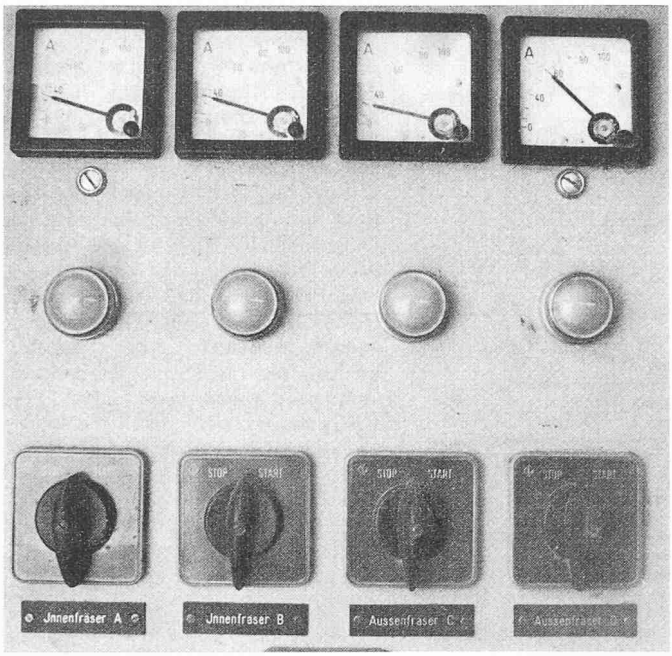


Bild 4. Momentaufnahme der Ampèremeter der vier Fräsermotoren. Zulässige Dauerbelastung der Innenfräser 40 A, der Aussenfräser 52 A

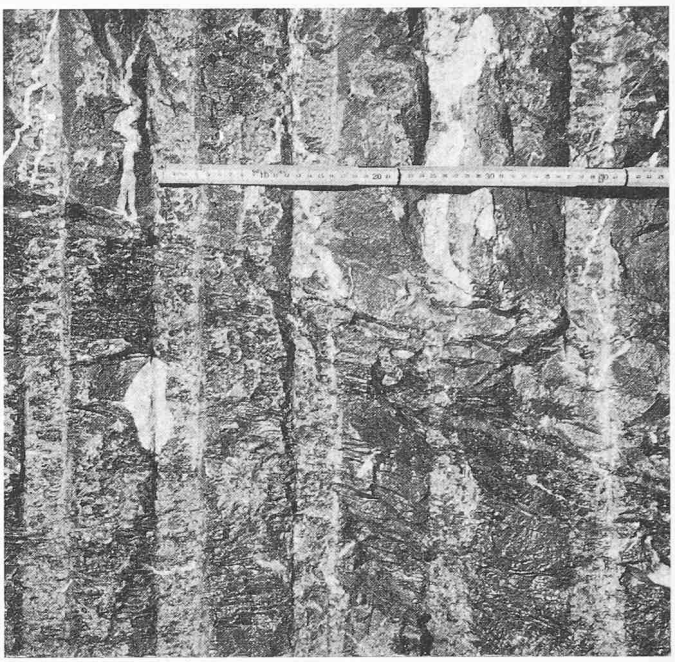


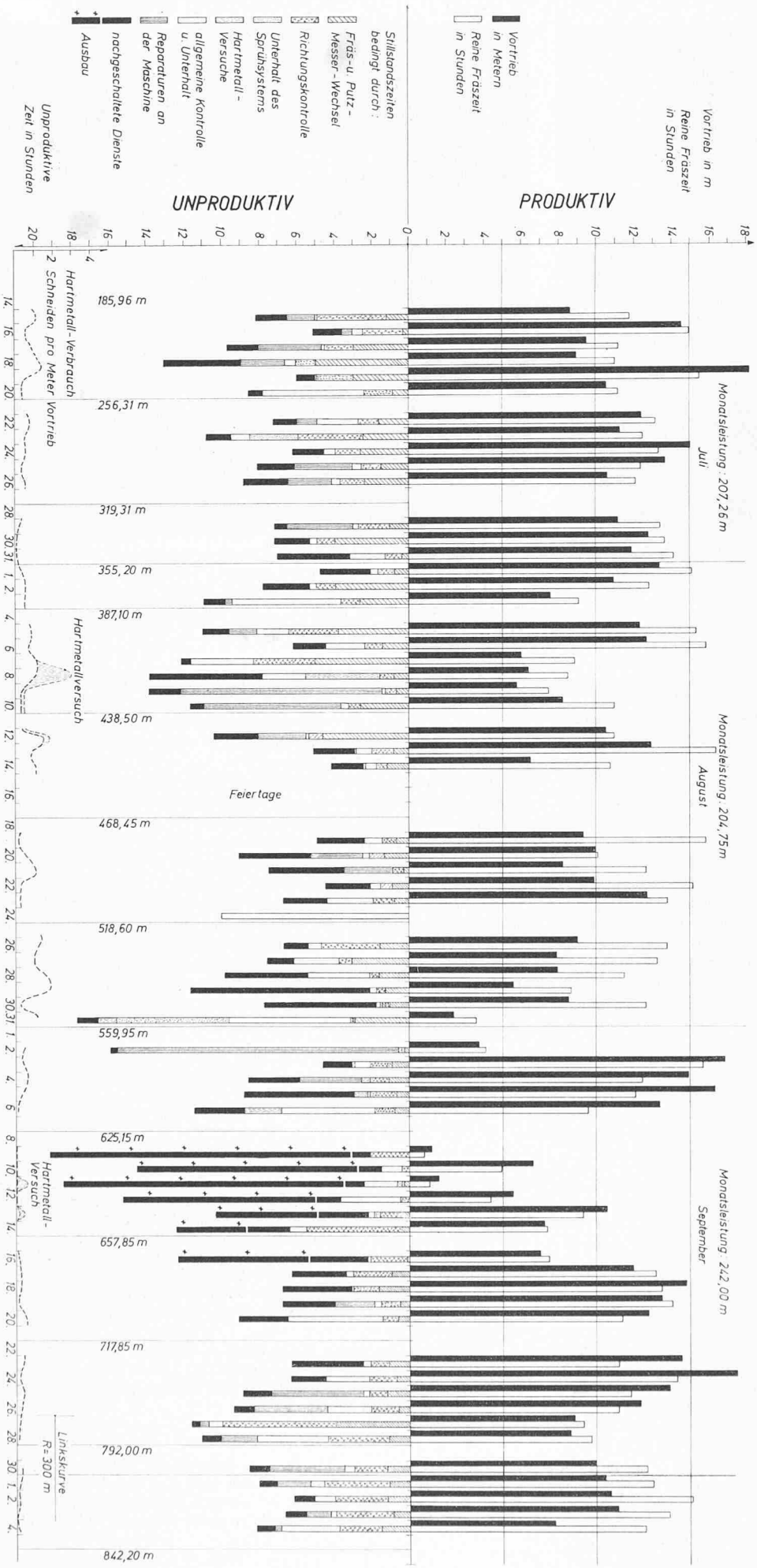
Bild 5. Schneid- und Brechspuren im Quarzsandstein (oben) und im Schiefer. Mittlerer Vorschub 25 cm pro Trommelumdrehung. Man beachte die typischen Komponenten des durchfahrenen Bündner Schiefers: weiss = Quarz-Kalkspat-Gemisch, hellgrau = Quarzsandstein, schwarz = Phyllit-Schiefer

die Weiterentwicklung wichtig sind, anderseits die Ursache von Zeitverlusten während des Fräsbetriebes aufdeckten. Bild 3 zeigt die graphische Auswertung der Arbeitsprotokolle von 12 Betriebswochen. Für die Auffahrung waren auf jeder 10-Stunden-Schicht folgende Arbeitskräfte eingesetzt: 1 Maschinist, 1 Hilfsmaschinist und 1 Gehilfe auf der Maschine selbst, ferner 2 Schienenleger, 1 Bedienungsmann am Bunkerwagen, 1 Traktorführer und 1 Gehilfe im Bereich hinter der Maschine. Dazu kommt 1 Schichtführer, der sich nicht dauernd im Tunnel aufhielt. Zwei Mann besorgten in der Tagschicht Magazin- und Werkstattarbeiten und vom technischen Entwicklungsbüro wurde ein Beobachter delegiert, der das Betriebsverhalten aller wichtigen Maschinenteile besonders kritisch verfolgte. Bild 4 ist eine Momentaufnahme der vier den Fräsmotoren zugeordneten Ampèremeter. Deutlich ist erkennbar, dass die beiden Innenfräser (die zwei Instrumente links) in mittelhartem Gestein arbeiten, während ein Aussenfräser in einer ausgesprochen weichen Zone, der zweite Aussenfräser in einer harten Schicht arbeiten. Im Verlaufe einer Trommelumdrehung verlagern sich die kurzzeitigen Überschreitungen des Nennstromes von einem Instrument zum andern. Beginnt sich infolge allgemeiner Zunahme der Gesteinsfestigkeit eine Überlastung aller Motoren abzuzeichnen, dann muss die Trommeldrehzahl und proportional dazu auch der Längsvorschub (an dieser Maschine durch Handverstellung) herabgesetzt werden, bis die Motorenbelastung wieder normal ist. Die proportionale Verstellung bezweckt das Einhalten konstanter Brechbreite in jeder Gesteinsart, mit dem Ziele günstiger Beanspruchung und wirtschaftlicher Ausnutzung der Schneiden. Bild 5 veranschaulicht die Schneid- und Brechspuren in den verschiedenen Gesteinstypen innerhalb des Bündner Schiefers.

Der heutige Entwicklungsstand der Messerkühlung erlaubt es, die Reibungswärme von den Schneiden so gut abzuführen, dass nur eine mikroskopisch dünne Oberflächenschicht des Hartmetalls die Erweichungstemperatur erreicht. Abnützung des Hartmetalls bedeutet Herausbröckeln der harten Wolframkarbidkörner aus dem Sintergefüge, bei dem Kobalt als Bindemittel dient. Mechanische Ermüdung

Tabelle 1. Mess- und Untersuchungsresultate der Eidg. Materialprüfungsanstalt Dübendorf

Gesteinsprobe (Die einzelnen Blöcke hatten ein Gewicht von 20 bis 50 kg)	*Druckfestigkeit* am Würfel von 7 cm Kantenlänge kp/cm²	am Würfel von 5 cm Kantenlänge kp/cm²	*Spaltzugfestigkeit* am Prisma 4 x 4 x 16 cm kp/cm²	*Petrographische Beschreibung*
Probe Nr. 1 Vier typische Blöcke des eng gefalteten, mit feinschuppigen Glimmerschichten durchsetzten Bündner Schiefers. Hauptanteil im Gebirge.	475 515 699 658 mittel: 587	700 832 476 1080 mittel: 772	nicht messbar	Quarzsandsteine von hoher Festigkeit mit 60 bis 70 % Quarzgehalt, übergehend in Sandkalke mit etwa 40 bis 60 % Quarz- und Hornsteinkörnern, deren Härte nach Mohs über 5 liegt. Zwischen den 1 bis 20 mm dicken, meist eng gefalteten Schichten obiger Zusammensetzung finden sich weiche Phyllitschiefer in dünnen Lagen, vor allem feinschuppiger Glimmer, der die Gesamtfestigkeit freiliegender Gesteinsbrocken im Dezimeterbereich beträchtlich herabsetzt.
Probe Nr. 2 Vier typische Blöcke aus mächtigen, kompakten Schichten der Zonen grössten Widerstandes gegen das Fräsen. Anteil im Gebirge örtlich bis 80 %.	1567 1723 1725 1754 mittel: 1692	2389 1910 1796 2136 mittel: 2058	11 Messungen Mittel 213 Streuung ± 17 %	Die Blöcke der Probe Nr. 2 bestehen praktisch nur aus Quarzsandstein wie oben. Sie enthalten 72 % Quarz- und Hornsteinkörner sowie vereinzelte Silikate. Das Gestein bietet sehr hohen Widerstand gegen Schlag.
Probe Nr. 3 Vier Blöcke von reinweissen Einschlüssen. Anteil im Gebirge örtlich bis 30 %.	1417 1398 1532 1252 mittel: 1400	1641 1571 1249 1523 mittel: 1496	nicht messbar	Die aus Adern oder Einschlüssen stammenden Blöcke der Probe Nr. 3 bestehen aus Quarz, welcher zum Teil mit Kalkspat verwachsen ist. Das Gestein ist ziemlich schlagempfindlich. Der Quarzgehalt schwankt von Stelle zu Stelle von etwa 60 bis 100 %.



des Sinterverbandes, Oxydation der Wolframkarbidkörner bei erhöhter Arbeitstemperatur, vor allem aber die Temperatursteigerung bis in die Nähe des Kobaltschmelzpunktes (1492 °C) beschleunigt die Beschädigung der Abbauwerkzeuge. Da die Wärmeleitfähigkeit des Hartmetalls relativ gering ist, staut sich die Reibungswärme in der Umgebung der Schneidkante, worauf deren Temperatur so hoch ansteigt, dass Erweichung und Abtragung des Hartmetalls stattfinden. Es muss somit danach getrachtet werden, die Reibungswärme rasch von der Schneidkante nach aussen wegzuführen. Diese Überlegungen sind durch zahlreiche Beobachtungen, unter anderem auch durch das Versagen der ersten Wohlmeyer-Maschine in einer Sandsteinbank («Glückauf», Heft 3, 1967) und durch die über Erwarten guten Erfolge des Fräsens mit gekühlten Schneiden reichlich bestätigt.

Die Bilder 6 a, b, c und 7 zeigen die heute typischen Verschleissspuren an der radial wirkenden Hauptschneidkante sowie an der bergseitigen und an der tunnelseitigen Nebenschneidkante. Da das Gestein sehr unregelmässige «Härte» (Druckfestigkeit, Quarzgehalt, Klüftung im Zentimeterbereich) aufweist, fielen die Werkzeuge nach unterschiedlichen Standzeiten sporadisch aus. Das heisst, die Fräser waren stets mit neuen und älteren Schneiden in unregelmässiger Verteilung bestückt, und es bestand nicht die Gefahr eines gleichzeitigen Versagens aller Werkzeuge. Unterschiede im gefrästen Tunneldurchmesser blieben deshalb kleiner als 1 cm. In der achtzehnwöchigen Berichtsperiode betrug die Standzeit der Hartmetallschneiden im Mittel 93 Stunden, was rund 84 m Auffahrung entspricht. Mit andern Worten, im Verlaufe von 840 m Auffahrung wurde die gesamte Hartmetallbestückung der Fräser neunmal erneuert. Beginnend 11 m nach dem Start, vollzog sich diese Erneuerung in der Weise, dass jeweils am Ende einer Schicht-Hälfte ein bis drei beschädigte Messer durch neue ersetzt werden mussten. So ergab sich das schon erwähnte Bild «ungleichaltriger» Bestückung. Der Zeitaufwand für Messerwechsel, einschliesslich 0,8 m Rückfahren und Wiedererstellen der Fräsbereitschaft, lag im Mittel bei dreiviertel Stunden pro 10-Stunden-Schicht. Bild 8 zeigt, wie im normalen Hartgesteinsfräsbetrieb die zunehmende Abnützung der Schneidkante schliesslich zum Bruch des Hartmetallplättchens und zu teilweiser Beschädigung des tragenden Messerschaftes führt. In der eigenen Werkstatt der Baustelle wurden die auf diese Weise beschädigten Messerschäfte durch Auftragschweissen und Präzisions-Schleifen wieder instandgestellt und mit neuen Hartmetallschneiden bestückt. Dieses Regenerieren kann

Bild 3. Graphische Auswertung der Arbeitsprotokolle von zwölf Betriebswochen

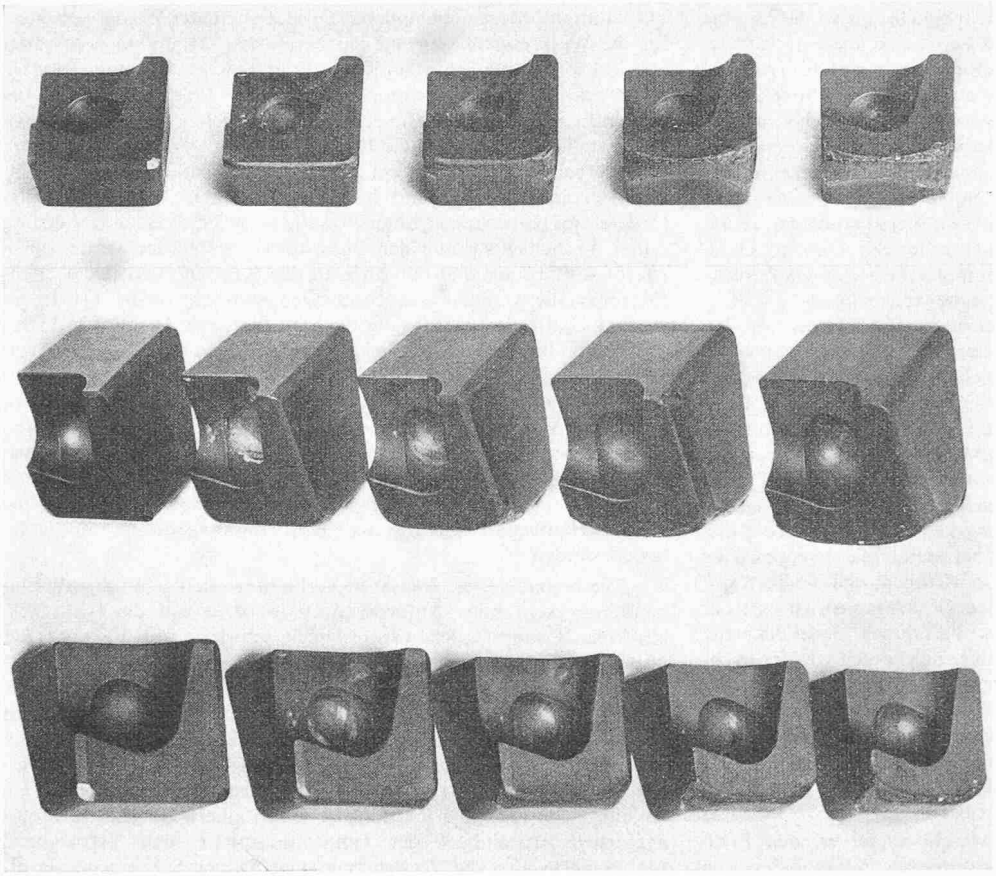


Bild 6a. Zunehmender Verschleiss an der radial arbeitenden Hauptschneidkante von 0 bis 40 m Strecke

Bild 6b. Wie 6a, jedoch an der bergseitigen Nebenschneidkante

Bild 6c. Wie 6a, jedoch an der tunnelseitigen, kurzen Nebenschneidkante

zehn- bis fünfzehnmal vorgenommen werden, bis ein Messerschaft wegen allgemeiner oder gröberer Beschädigung ganz ausfällt. Die gesamten Verschleisskosten der Abbauwerkzeuge liegen im vorliegenden Falle nicht ganz doppelt so hoch wie der reine Hartmetallpreis.

Gefühlsmässig würde man befürchten, die Abstumpfung der Schneiden könnte unzulässig hohe Beanspruchungen in der Maschine oder ein krasses Absinken der Vortriebsleistung zur Folge haben. Möglicherweise könnten in homogenem Gestein gewisse Unterschiede solcher Art festgestellt werden. Im durchfahrenen Bündner Schiefer mit seiner ständig wechselnden Festigkeit ist jedoch weder an der Leistungsaufnahme der Fräsmotoren noch am Trommeldrehmoment noch an der Längs-Schubkraft der Maschine klar erkennbar, ob die Fräser mit neuen oder mit stumpfen Schneiden arbeiten. Aus dem Abnützungsbild der Messer und auch aus der Tendenz der Maschine, sich um ihre Längsachse zu verdrehen, lassen sich einige Rückschlüsse auf die Vorgänge an den arbeitenden Schneiden ziehen. Sehr aufschlussreich ist dabei die Tatsache, dass in härteren Zonen die Trommel angetrieben, in weicherem Schiefer jedoch gebremst werden muss. Theoretisch kann folgende Erklärung gelten: Die vier Fräser sollen in planetenartig kreisender Bewegung in den Fels eindringen. Zu diesem Zweck muss die Trommel in Drehung versetzt werden, was ein Drehmoment erfordert. Dieses Trommeldrehmoment ist gleich der Summe aller Reaktionen von den gleichzeitig arbeitenden Schneiden. Entsprechend ihrer momentanen Bewegungsrichtung und ihrem Abstand zur Trommelachse, aber auch entsprechend dem Angriffswinkel der vom Gestein ausgeübten Reaktionskraft, erzeugt jede Schneide unter Einwirkung des Antriebsdrehmomentes des ihr zugeordneten Fräsmotors in jedem Augenblick ein ganz bestimmtes Moment in bezug auf die Trommelachse. Einige dieser Teil-Momente wirken bremsend, andere antreibend auf die Trommel. Bei der Projektierung der Maschine wird die Stellung und gegenseitige Überlappung der Fräser so gewählt, dass in einem homogenen Gestein mittlerer Härte

Bild 7. Nahaufnahme einer Hartmetallschneide nach rund 40 m Auffahrung. Die Verschleissspuren lassen die Bewegungsrichtung und den Erweichungsprozess an der Oberfläche erkennen

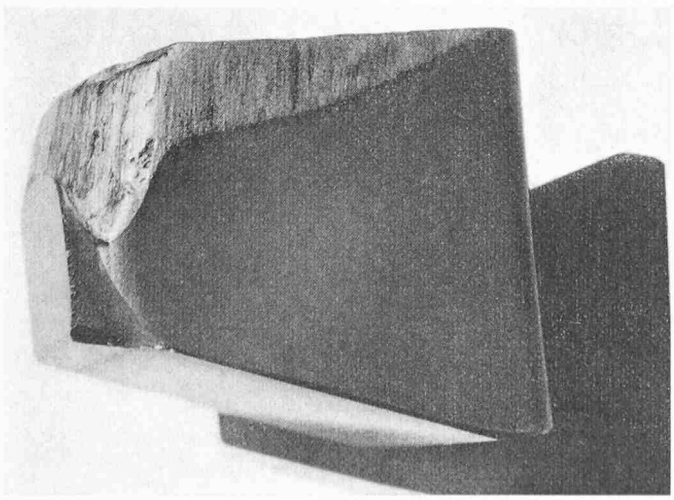
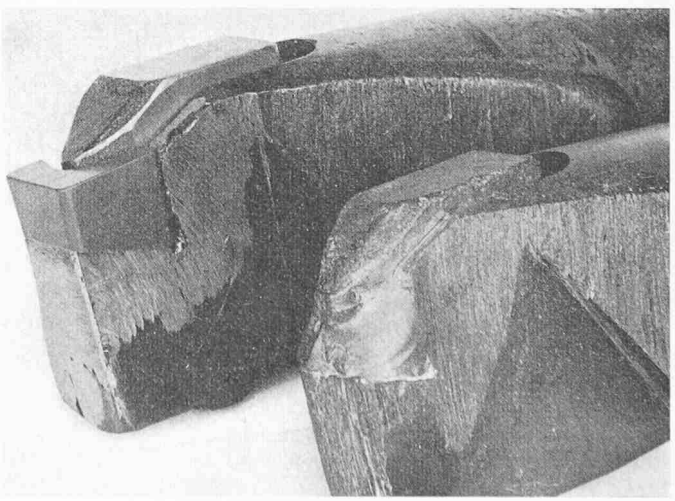


Bild 8. Im Vordergrund ein Fräsmesser, dessen Hartmetallschneide nach übermässiger Abnützung gebrochen ist. Dahinter ein nach Auftragschweissung, Schleifen und Neubestückung wieder zum Einsatz bereites Fräsmesser



die Summe der bremsenden Teilmomente möglichst gleich der Summe der antreibenden Teilmomente wird, das heisst also, dass an der Maschine nahezu kein zusätzliches Antriebsdrehmoment auf die Trommel auszuüben ist. Die praktische Folge war auf rund 700 m Strecke eine wechselnde Verdrehung der Maschine um ihre Längsachse bis zu ±5°. Zweimal 150 m Auffahrung in gleichbleibend hartem Gestein erforderte zwei Rückrehmanöver im Uhrzeigersinn; 180 m Strecke in mürbem Schiefer machten ein Rückdrehen im Gegenuhrzeigersinn erforderlich. Etwas feinfühligere oder automatische Regulierung der Trommeldrehzahl hätte auch diese Manöver erübrigen können. Dank der Dreipunktlagerung des Maschinenrumpfes liess sich das Zurückdrehen um etwa 5° jeweils in 1½ Stunden bewerkstelligen.

In Bild 9 ist ein angenäherter Grössenvergleich der an den Schneiden wirkenden Reaktionskräfte dargestellt. Die Richtung der Resultierenden entfernt sich mehr und mehr von der Tangente, je härter das Gestein wird. Mit andern Worten, in hartem Gestein überwiegt der Widerstand gegen das radiale Eindringen der Schneide, während der Widerstand gegen das Wegscheren des «Spanes» vor der Schneide (in Umfangsrichtung) nicht im selben Masse ansteigt. Da der Spanwinkel schon an einer neuen Schneide über 20° negativ ist, ist auch verständlich, dass die Abstumpfung keine entscheidende Rolle spielen kann. Der «Schneidvorgang» ist bei weitem nicht vergleichbar mit der spanabhebenden Bearbeitung von Metallen, und die Zertrümmerung der den Schneiden benachbarten Gesteinszonen ist eine der Voraussetzungen für das Gelingen des Verfahrens. Jede Schneide hinterlässt in ihrer Spur eine Trümmerzone, welche sich von der nachfolgenden Schneide verhältnismässig leicht aus der gefrästen Nute herausscheren lässt. Diese Erkenntnis steht im Widerspruch zu der im «Glückauf» (Heft 3, 1967, Seite 139) vertretenen Auffassung, wonach nur scharfe Schneiden wirtschaftlich arbeiten würden. In der Praxis werden in abrasivem Gestein dauernd scharfe Schneiden kaum jemals möglich sein, sie werden aber auch nicht benötigt.

Beim besprochenen Einsatz der Maschine galt es, den Fräsvorgang dem harten abrasiven Gestein anzupassen. Anfänglich wurde die Vortriebsleistung ausserdem durch Zeitverluste beeinträchtigt, deren Hauptgrund in der Art der Verspannung des Vorschubsystems lag. In der Etappe 2 wurde mit vertikaler Verspannung der Vorschub-Haftschuhe gearbeitet. Viele Niederbrüche des im wesentlichen horizontal geschichteten Gesteins waren die Folge. Die ungünstige Anordnung der beiden Ketten-Kratzförderer erforderte zusätzliche manuelle Arbeit zur Reinhaltung der Tunnelsohle. Für die Etappe 3 wurde die Maschine mit seitlich anpressenden Haftschuhen ausgerüstet, was infolge der Baukasten-Bauweise ohne Komplikationen möglich war. Die Kratzförderer wurden umgestaltet, so dass die Tunnelsohle bis auf ganz geringfügige Feinkiesreste selbsttätig gereinigt wird (Bild 10). Beide Umbaumassnahmen zusammen haben die täglichen Stillstandzeiten um mehrere Stunden reduziert.

Ein neues Problem beim Einsatz in Etappe 3 liess sich voraussehen: Diese war mit 0,5 Prozent Gefälle zu fräsen, wobei das Wasser die Schuttabförderung behinderte. Es ist deshalb der Wasserverbrauch für die Werkzeugkühlung auf das vertretbare Minimum beschränkt worden, so dass der Schutt im Kratzförderer nicht schlammig, sondern nur feucht anfiel. Um eventuell auftretenden Wassereinbrüchen begegnen zu können, wurden an den geeigneten Stellen mitfahrende Pumpen installiert. Die Maschine hat jedoch mehr als einmal bewiesen, dass sie bei einem Wasserstand von 0,7 m ab Tunnelsohle noch einwandfrei arbeitet. Während über zwei Monaten liefen die Kratzförderer auf halber Länge unter Wasser, wobei eine rasche Abnützung durch die Schleifwirkung der Quarzkörner befürchtet wurde. Nach 882 m Auffahrung sind nun aber an den Kratzerketten und Kettenführungen die Abnützungserscheinungen noch sehr gering. Das in der zweiten Hälfte der Auffahrung dauernd fliessende Bergwasser erforderte eine hohe Geschwindigkeit des ansteigenden Wellenkanten-Förderbandes, welches das Haufwerk von den Kratzförderern zum ersten, an die Maschinenkomposition gekuppelten, Bunkerwagen brachte. Dieser war mit hydraulischer Hebevorrichtung ausgerüstet, zwecks Übergabe des Schuttes auf den Pendelzug (schwedische Häggluns-Wagen). Wenn man von den Schuttresten absieht, welche beim Überladen (infolge des Wassers) auf die Tunnelsohle fielen, darf die Art des Haufwerktransportes als «den Erfordernissen gut angepasst» taxiert werden.

Die besonderen geologischen Verhältnisse stellten an die Maschinenführer recht hohe Anforderungen in bezug auf die Richtungskontrolle. Grundsätzlich wäre es nicht schwierig, die Lenkung der Maschine zu automatisieren, da diese durch einfache Schaltkontakte «auf – ab – links – rechts» gesteuert wird. Der Lenkvorgang selbst erfordert nur geringe zusätzliche Kräfte, weil er während des Fräsens ausgeführt wird. Es besteht keine Verklemmungsgefahr zwischen dem an der Lenkung beteiligten Maschinenrumpf und den im Tunnel verspannten Vorschub-Haftschuhen. Bereits in Etappe 2 wurde ein Helium-Neon-Laser als Richtungsgeber installiert, der jedoch infolge aggressiver Bestandteile der Tunnelatmosphäre nicht befriedigend funktionierte. Erst die Verwendung eines dichten Schutzgehäuses ermöglichte in Etappe 3 die dauernde, erfolgreiche Verwendung des Lasers. Als Grundlage der Richtungshaltung gilt die Überlegung, dass «jede Trommelumdrehung so zu fräsen ist, dass Trommelachse und Tunnelachse in der Ebene der Tunnelbrust zusammenfallen.» Mit andern Worten, es darf nicht zugewartet werden, bis äussere Einflüsse (wie etwa nicht tragfähige Zonen im Bereich der vorderen oder hinteren Gleitschuhe) die Maschine weit von der Sollinie abgedrängt haben. Die Tendenz zur Abweichung muss frühzeitig erkannt werden, weil Fehler bis etwa 3 cm unmittelbar durch die Lenkbewegung auf Null zurückgeführt werden können. Durch Befolgen dieses Prinzips ist es gelungen, auf den in Etappe 3 aufgefahrenen geraden Strecken von rund 800 m die Abweichungen von der Sollinie sowohl vertikal als auch horizontal in den Grenzen von ±4 cm zu halten. Angesichts des streckenweise nassen Tonschiefers und der ständig in extremen Grenzen wechselnden Gesteinshärte darf dieses Resultat als sehr guter

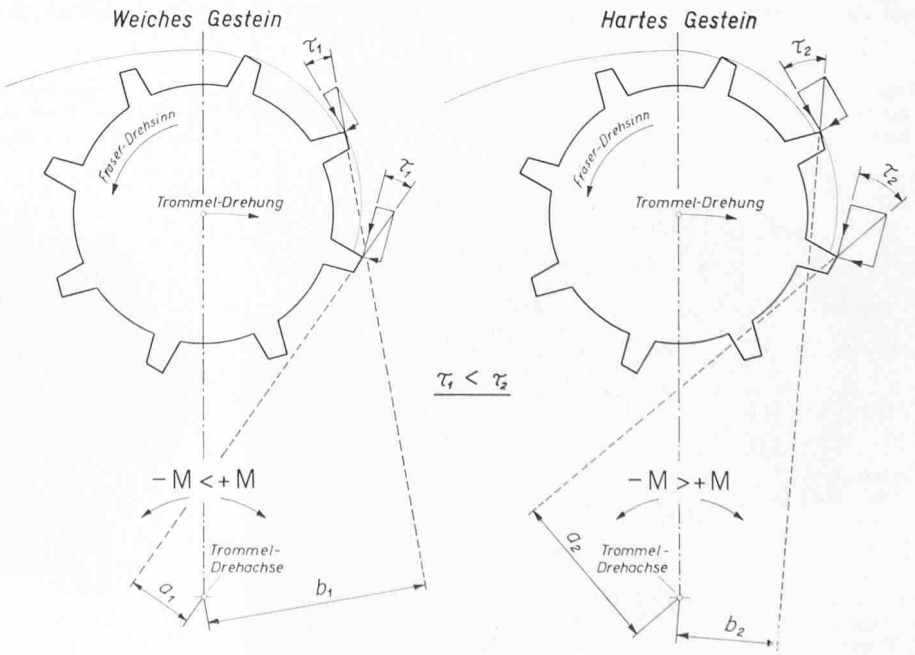


Bild 9. Gegenüberstellung der von einem Fräser auf die Trommel rückwirkenden Kräfte in weichem und hartem Gestein

Erfolg gewertet werden. Ursprünglich war nicht festgelegt, nach welcher Methode die Anschlusskurve zum nördlichen Baulos zu erstellen sei. Die gute Leistung der Maschine ermutigte die Bauleitung, die Kurve maschinell auffahren zu lassen. Hierbei entstanden einige geringfügige Zeitverluste durch das Nachsetzen des Lasergerätes, welches erlaubte, die Abweichungen von der Sollinie sowohl im Radius 300 m als auch im Gefälle 0,5 Prozent in gleich engen Grenzen zu halten wie auf den geraden Strecken.

Da im besprochenen «Julia»-Druckwasserstollen sowohl maschineller als auch konventioneller Vortrieb in der selben Gebirgsformation mit ungefähr gleichem Ausbruchquerschnitt von der gleichen Unternehmung ausgeführt wurde, sind ausnahmsweise direkte Zahlenvergleiche möglich: Eine vorläufige Kalkulation aller laufenden Kosten ergab nach drei Monaten Fräsvortrieb, unter Berücksichtigung des Überprofils im konventionellen Vortrieb, einen nahezu gleichen Preis pro m³ Fels. Angesichts des hohen Quarzgehaltes und der beachtlichen Festigkeitseigenschaften des Gebirges ist es erstaunlich, dass der Kostenanteil der Fräswerkzeuge im Durchschnitt für 18 Wochen etwas unter dem entsprechenden Anteil für Sprengstoff, Zündmittel und Bohrerverschleiss liegt. Ein Vergleich der Sicherungsvorkehren (Felsanker, Ausbau, Füllbeton) spricht zugunsten des gefrästen Tunnels, vor allem wegen dem geringeren Material- und Zeitaufwand pro ausgebaute Streckeneinheit. Ausserdem liess sich die Standfestigkeit an der regelmässig gefrästen Oberfläche leichter beurteilen. Eine mindestens teilweise Besichtigung der Tunnelbrust und des zuletzt gefrästen Meters der Strecke ist jederzeit auch während des Fräsens möglich. Auch kann die Maschine für das Einbringen von Ausbaubögen etwa 40 cm hinter der Brust eingerichtet werden. Im Julia-Einsatz wurden die Commercial Liner Plates erst hinter dem Ende des tragfähigen Schutzdaches, also 16 m hinter der Brust eingebaut. Ein Vergleich der besten Tagesleistungen fällt rund 3:2 zugunsten des maschinellen Vortriebes aus. Im Durchschnitt steht der konventionelle Vortrieb weniger weit zurück, weil Unterhalt und Reparaturen sowie direkte Auswirkung sehr harter Gesteinszonen die mittlere Leistung der Maschine herunterdrücken. Eindeutig lässt sich jedoch über die ganze Einsatzdauer ein Vorsprung der Tunnelfräsmaschine feststellen. Tabelle 2 gibt Aufschluss über einige charakteristische Zahlen des Fräsbetriebes.

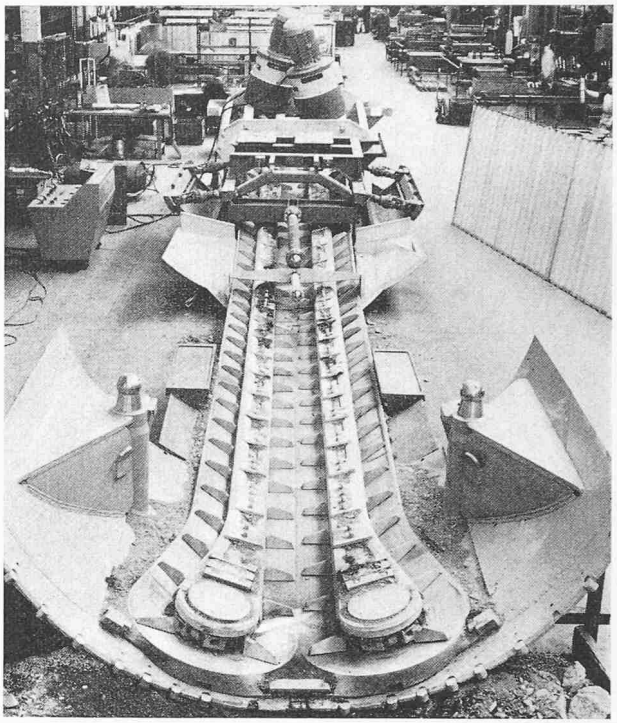


Bild 10. Die Ketten-Kratzförderer in der Werkstatt

Schlussbemerkungen

Die Weiterentwicklung der nach dem Wohlmeyer-Fräsprinzip arbeitenden Habegger-Streckenvortriebsmaschine verfolgt das Ziel, nicht nur mildes, sondern auch abrasives, hartes Gestein wirtschaftlich aufzufahren. Die Probleme des Messerverschleisses wurden auf nahezu

Tabelle 2. Auszug aus dem Betriebsbuch der Habegger–Tunnelfräsmaschine TFM 836, Auffahrung «Julia» 1968

Monat Auffahrung in Metern	Woche Nr.	Arbeitszeit vor Ort total h pro Woche	Maschinen Laufzeit in % von Kol. 3	Stillstandzeit durch Maschine verursacht in % von Kol. 3	Stillstandzeit auf andere Ursachen zurückzuführen in % von Kol. 3	pro Woche	Auffahrung in Metern Durchschnitt pro Arbeitstag	 beste Leistung in 10 h (= 1 Schicht)	Schneidenverbrauch Stück pro Laufmeter Auffahrung	Energieverbrauch kWh pro m³ Fels	Bemerkungen
Juni	1.	99,3	35,0	29,5	35,5	24,4	4,90	4,27	1,19	20,5	* Störungen im Hauf-
total	2.	103,3	57,8	15,0	27,2	52,9	10,60	7,00	1,08		werks-Transport
147,0 m′	3.	89,9	36,1	13,6	*50,3	30,3	7,60	6,00	0,43	17,3	* Panne am nachge-
	4.	107,3	48,5	28,4	23,1	40,4	7,35	5,75	0,69		schalteten Förderband
Juli	5.	100,0	7,0	°59,0	*34,0	5,8	1,16	3,90	0		° Rep. Messerkühlung
total	6.	104,4	33,0	15,5	*51,5	26,2	5,24	5,45	1,0	21,3	* nicht standfeste Zone
207,3′	7.	125,6	60,3	22,0	17,7	70,3	11,70	10,00	0,71		ausbauen
	8.	104,1	61,0	23,1	15,9	63,0	12,60	9,35	0,57	17,3	mürbes Gestein mit
Juli/August	9.	122,5	63,9	20,7	15,4	67,8	11,30	7,30	0,29		harten Einschlüssen
August	10.	135,3	49,4	°35,3	15,3	51,4	8,56	7,00	0,84		° Rep. Vorschubhydr.
total	11.	57,5	66,1	19,0	14,9	30,0	10,00	6,90	1,20	20,9	
204,7 m′	12.	110,3	61,2	21,2	17,6	50,2	10,04	6,60	0,50		sehr hartes Gestein
	13.	124,7	50,8	24,0	25,2	41,3	6,90	5,55	1,21	21,5	80 % wie Probe 2
September	14.	103,4	52,0	°30,4	17,6	65,2	13,05	10,40	0,38		° Reparatur Ölpumpe
total	15.	118,2	23,5	7,7	*68,8	32,7	5,45	5,30	0,28		* Aushub, Füllbeton
242,0 m′	16.	100,8	59,0	12,0	29,0	60,0	12,00	8,50	0,30	16,6	
	17.	123,0	56,8	23,9	19,3	75,6	12,60	8,30	0,27		mittelhart, standfest
Oktober	18.	105,0	64,0	18,3	17,7	50,2	10,04	6,70	0,18		76 m′ Kurve R = 300 m
	19.a)	104,3	57,3	11,8	30,9	39,4	8,30	5,90	0,53	22,0	24 m′ gerade, harte
											Zone
Mittel aus 19 Wochen		107,1b)	49,7	22,6	27,7	46,2b)	8,90c)	4,98d)	0,61	19,05e)	

a) Am 11. Oktober um 23 Uhr wurde die Losgrenze erreicht, Ende der Auffahrung, total 882 m'

b) Feiertage eingerechnet

c) Unterhalt, Reparaturen und Tunnelausbau eingerechnet, Feiertage nicht mitgezählt

d) Gesamtstrecke dividiert durch total Anzahl Schichten, einschliesslich Unterhalt und Reparaturen, jedoch ohne Tunnelausbau

e) Energieverbrauch für Fräsmaschine und Haufwerkförderung bis und mit Umlad vom Bunkerwagen hinter der Maschine auf den Pendelzug, Bergwasserpumpe nicht inbegriffen

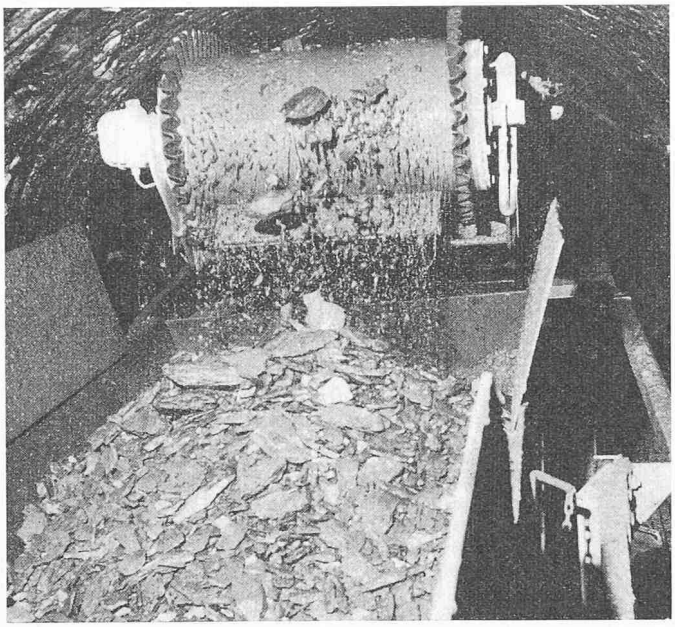
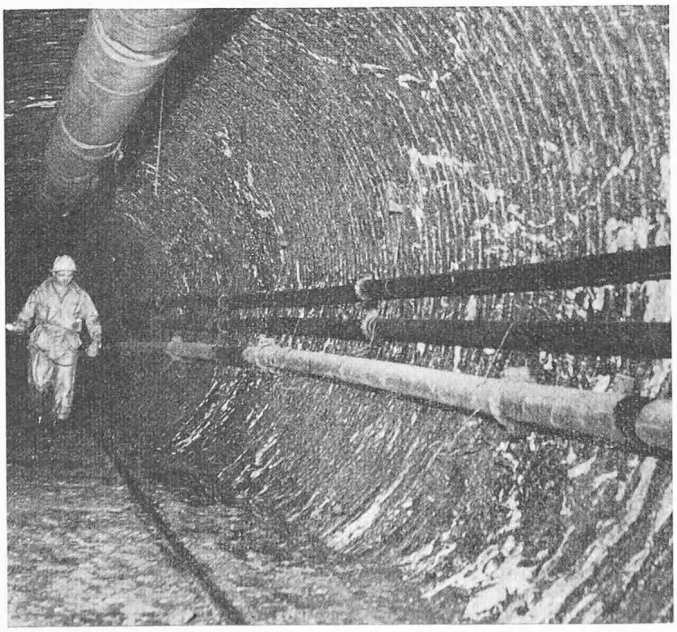


Bild 11. Übergabe des Haufwerkes vom Bandförderer in den Bunkerzug

1200 m Strecke in quarzhaltigem Gestein hoher Festigkeit sowohl in Versuchen als auch in viermonatigem Leistungsbetrieb untersucht. Der eingeschlagene Entwicklungsweg hat Ergebnisse gezeitigt, welche heute schon in bezug auf laufende Kosten und Vortriebsleistung jeden Vergleich mit einem konventionellen Vortrieb im gleichen Gebirge aushalten. Unter Verwendung eines Helium-Neon-Lasers wurden in Gestein mit hohen örtlichen Festigkeitsunterschieden gerade Strecken und eine Kurve mit nur wenigen Zentimetern Abweichung von der Sollinie gefahren. Trotz monatelangem Wasservorkommen im fallenden Teil des gefrästen Tunnels arbeitete das Haufwerks-Transportsystem einwandfrei und hinterliess unmittelbar hinter der Maschine eine saubere Tunnelsohle. Ausserordentliches Entgegenkommen der ausführenden Unternehmung sowie grosszügige Umgestaltung der Maschine auf Grund der im Vorjahr gesammelten Erfahrungen haben zu den guten Ergebnissen beigetragen. Dies hat die schwedische Firma *Atlas Copco* bewogen, die Habegger-Tunnelfräsmaschine in ihr Welt-Verkaufsprogramm aufzunehmen. Für Japan hat bereits ein grosser Industriekonzern den Verkauf und die Fabrikation nach Lizenz aufgenommen; die vierte und fünfte Maschine sind dort in Arbeit.

Adresse der Verfasser: *E. Lauber* und *H. W. Brodbeck*, Maschinenfabrik Habegger AG, 3601 Thun, Industriestrasse.

Bild 12. Blick in den gefrästen Stollen



Umschau

Zum Gedenken an Jaroslav Cerny. Dr. Ing. J. Cerny, nach dem Ersten Weltkrieg Professor an der Tschechischen Technischen Hochschule in Prag, erkannte frühzeitig die Bedeutung der internationalen Zusammenarbeit auf dem Gebiete der Wassergesetzgebung und wasserwirtschaftlichen Verwaltung. Insbesondere setzte er sich für den Gewässerschutz ein, schon an der ersten Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Basel 1926. An der dritten Teiltagung der Weltkraftkonferenz in Barcelona 1929 legte Cerny einen «Entwurf einer internationalen Norm für Gesuche um wasserrechtliche Bewilligung» vor. In seinem Bericht für die Weltkraftkonferenz in Tokio 1929 legt Cerny dar, dass die in Basel 1926 begonnene und in Barcelona 1929 fortgeführte Aktion durch keine staatlichen Grenzen gehemmt wurde, und dass also die betreffenden Fragen auf internationaler Ebene zu erörtern seien. Die diesbezüglichen Arbeiten wurden in der mit grosser Sorgfalt von Cerny herausgegebenen Schrift «Wasserbücher» veröffentlicht. Mit dieser Schrift verfolgte Cerny vom internationalen Standpunkt aus das selbe Ziel wie das Eidg. Departement des Innern in seinem Kreisschreiben vom 15. Mai 1929 an die kantonalen Regierungen vom Standpunkt der Schweiz aus zur Vereinheitlichung der kantonalen Bestimmungen. Im Jahre 1935 wurde der Internationale Exekutivrat der Weltkraftkonferenz eingeladen, seine Jahresversammlung in Prag abzuhalten, was jedoch infolge Cernys plötzlichem Tode nicht stattfinden konnte. Der heutige Zustand der Gewässer zeigt, wie sehr Cernys Vorschläge berechtigt waren. Ing. *E. H. Etienne,* Präsident des schweizerischen Nationalkomitees der Weltkraftkonferenz, hatte die Absicht, eine ehrende Übersicht über Cernys Wirken im Anschluss an die Tagung der Weltkraftkonferenz 1968 auf der Rückreise aus Moskau in Prag, anlässlich der geplanten Begegnung der schweizerischen Delegation an der Weltkraftkonferenz mit den Vertretern des tschechoslowakischen Nationalkomitees, auszusprechen. Da diese Begegnung nicht stattfinden konnte, hat er nun im «Bulletin des SEV» 1968, Nr. 22, auf Seite 1048, der Weitsicht dieses tschechischen Pioniers und der geistigen Elite der CSSR gedacht. DK 92

Atomkraftwerk Kaiseraugst. Die Partner des Studienkonsortiums Kaiseraugst, Electricité de France, Aare-Tessin AG für Elektrizität, Schweizerische Aluminium AG und Motor-Columbus AG für elektrische Unternehmungen, haben am 4. Dezember 1968 in Baden das Ergebnis der grossen internationalen Ausschreibung für die nuklearen und thermischen Lose des Kernkraftwerkes Kaiseraugst erörtert und beschlossen, das Projekt auf Grund der günstigen technischen und wirtschaftlichen Ausgangslage weiterzuverfolgen. Die technischen Organe wurden angewiesen, die Offertsituation mit einer engeren Auswahl von Lieferanten zu bereinigen und Verhandlungen aufzunehmen; ferner soll die letzte Phase der Bewilligungsverfahren so gefördert werden, dass das Vorbereitungsprogramm eingehalten werden kann.

DK 621.039

Persönliches. In Delft wird Prof. Dr. ir. *A. M. Haas* am 25. Dezember seinen 70. Geburtstag feiern können. Dem im Kreise der IVBH wohlbekannten, auch um das CEB, die IASS und die RILEM verdienten Fachmann des Stahlbetonbaues gratulieren wir herzlich. — Unser SIA- und GEP-Kollege Prof. Dr. *Karl Berger,* Ehrendoktor der TH München, ist anlässlich seines 70. Geburtstages am 30. Nov. 1968 für seine Blitzforschungen mit der Louis-Edward-Levy-Medaille des Franklin-Institutes in Philadelphia ausgezeichnet worden. Auch ihm herzliche Gratulation! DK 92

Buchbesprechungen

Abhandlungen der IVBH. 27. Band, 1967. Herausgegeben vom Generalsekretariat der *Internat. Vereinigung für Brückenbau und Hochbau.* 272 Seiten mit 174 Abb. Zürich 1968, Verlag Leemann AG. Preis kart. 54 Fr.

Der vorliegende Band enthält 13 Beiträge, davon einen in deutscher, vier in französischer und acht in englischer Sprache. Wie bisher sind Inhaltsverzeichnis und Zusammenfassungen in allen drei Sprachen abgefasst. Vier der Beiträge sind wahrscheinlich nur für den Stahlbauingenieur interessant, sechs behandeln spezielle Probleme des Brückenbaues. Stabilitätsprobleme und Plastizitätstheorie werden in je drei Artikeln behandelt. Schalentheorie, dyna-