

Das maschinelle Auffahren von Stollen mit kleinen Querschnitten

Autor(en): **Brodbeck, H.W.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **90 (1972)**

Heft 36: **Internationales Symposium für Untertagebau in Luzern, 11. bis 14. September 1972**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-85302>

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.

Von H. W. Brodbeck, Thun

Der Bedarf an Tunnel kleiner Querschnitte ist im städtischen Tiefbau in raschem Anwachsen begriffen. Früher konnten solche Untertagebauten im Hartgestein ausschliesslich mittels der Bohr- und Sprengmethode mit ihren bekannten Nachteilen ausgeführt werden. Die in den letzten Jahren auf dem Markt erschienenen kreisrunden Vortriebsmaschinen brachten wesentliche Vorteile, doch ist der Einsatz dieser Geräte normalerweise nur bei Tunnellängen von mindestens 800 bis 1200 m wirtschaftlich.

Die Firma Atlas Copco hat ein neues Vortriebssystem entwickelt, das unter Anwendung der patentierten Hinterschneidmethode ein Auffahren von Tunneln kleinster Querschnitte (3,0 bis 3,5 m²) mit einem Hufeisenprofil gestattet. Dabei ist erstmals auch die Einrichtung zur Haufwerksabförderung als integrierter Bestandteil zur Vortriebsma-

schine mitentwickelt worden. Durch die besondere Konstruktion der Mini-Fullfacer-Maschinen ist eine rasche Montage- und Demontagezeit gewährleistet, was den Einsatz in Stollen sehr kurzer Länge wirtschaftlich macht.

Die Hinterschneidmethode bringt kleine Verschleisskosten in einem weiten Festigkeitsbereich, und der Vortrieb wird von nur zwei Mann leicht bewältigt.

Mit einer ersten Maschine wurden eine Reihe von geraden und gekrümmten Zuleitungstollen zu einem zentralen Abwasserkanal ausgeführt. Die dabei gemachten Erfahrungen wurden zum Bau weiterer Maschinen ausgewertet; das Maschinenkonzept hat sich in grossen Zügen bewährt.

Dieses neue Vortriebssystem bietet dem Ingenieur und Unternehmer neue Möglichkeiten zum vollmechanischen Auffahren kurzer Tunneln kleiner Querschnitte an.

Der Bedarf an Tunnel und Stollen im städtischen Tiefbau

Der projektierende Ingenieur, der sich mit Aufgaben der Abwasserbeseitigung, der Energie- und Wärmeübertragung und der Wasserversorgung im städtischen Tiefbau befasst, wird in Zukunft vermehrt nach Lösungen suchen, die eine verkehrsgerechte und umweltfreundliche Bauweise zulassen. Er ist gezwungen, Rohre, Leitungen und Kabel unter die Erdoberfläche zu verlegen, möglichst ohne diese mehrmals aufzureissen. Dabei kommt ihm die bergmännische oder Untertagebauweise zu Hilfe, die in vielen Fällen, zum Beispiel bei grosser Überdeckung, die einzig mögliche Lösung darstellt.

In neuerer Zeit werden auch Tunnel und Stollen mit äusserst kleiner Überdeckung im bergmännischen Verfahren hergestellt, da die dabei zur Anwendung kommenden Verfahren einerseits bedeutend weiter entwickelt und andererseits von völlig neuen Methoden abgelöst wurden. Im Locker- oder Weichgestein ist es besonders der hydraulische Pressrohrvortrieb, der heute rationelle und technisch einwandfreie Lösungen bietet und daher auch auf kurzen Teilstücken von einigen Dutzend Meter Länge zur Anwendung kommt. Dabei ist das Vorpresse sowohl kreisrunder wie auch rechteckiger oder anderer Profile möglich.

Festgestein (Fels) ist in vielen dichtbesiedelten Gebieten, das heisst, wo der grösste zukünftige Bedarf an Untertagebauten aller Art besteht, direkt unter der Erdoberfläche anstehend

oder nur von einer dünnen Schicht von Lockermaterial überdeckt. Bis vor kurzer Zeit kam für den bergmännischen Vortrieb im Fels Bohren und Sprengen als einziges Verfahren in Betracht.

Seit einigen Jahren sind Vortriebsmaschinen auf dem Markt, die ein wirtschaftliches Auffahren in fast allen Gesteinsarten ermöglichen. Bild 1 zeigt eine nach dem Hinterschneidverfahren arbeitende Maschine, für einen Tunneldurchmesser von rund 3,40 m bemessen. Es wird hier verzichtet, auf die vielen Vorteile der maschinellen Vortriebsmethode gegenüber dem Sprengvortrieb näher einzutreten. Es sei nur kurz darauf hingewiesen, dass die Nachteile des Sprengvortriebes so gross sind, dass dieser in dichtbesiedelten Gebieten, zum Beispiel in der Stadt Zürich, für den Vortrieb von Tunneln und Stollen praktisch nicht mehr ernsthaft in Erwägung gezogen wird.

Der Begriff des minimalen Querschnittes

Beim Tunnelbau denkt man meist an Konstruktionen von beträchtlicher Länge, meist über 1000 m. Es gibt in nächster Zeit aber auch eine grosse Anzahl teils sehr kurzer Stollen aufzufahren, und zwar vorwiegend in städtischen Agglomerationen. Oft sind diese Stollen für einen minimalen Querschnitt ausgelegt, zum Beispiel, wenn sie als Zuleitungen zu Hauptkanälen dienen oder als Werkleitungstunnel ausgebildet sind.

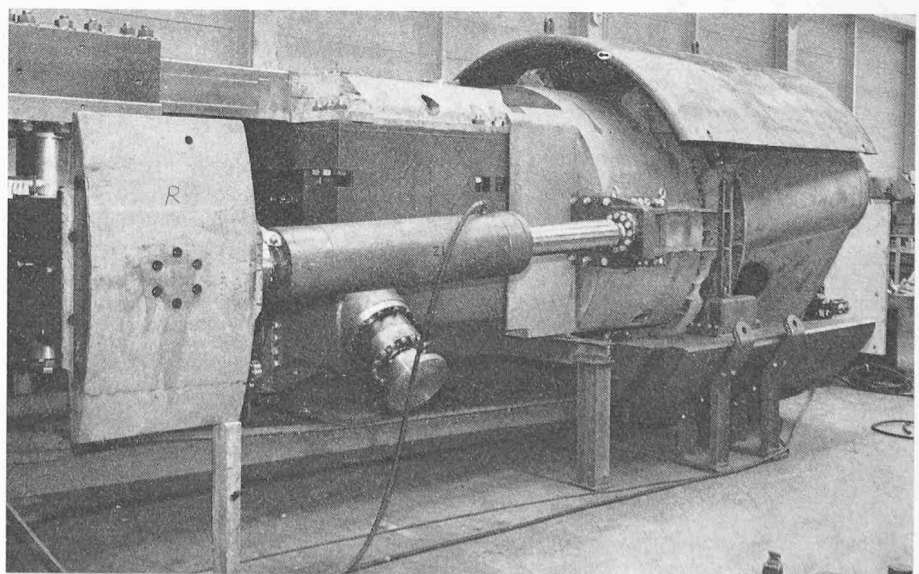


Bild 1. Kreisrunde Vortriebsmaschine Fullfacer FF 340, Ausbruchdurchmesser 3,4 m, während der Werkmontage. Sichtbar sind: Maschinenrumpf, Trommel, Vorschubaggregat, Hilfsabstützung, Schutzdach und Abförderungssystem

Auch dort, wo der Sprengvortrieb noch vertretbar ist, muss aber der Ingenieur den Stollenquerschnitt oft bedeutend grösser wählen, als es vom fertigen Bauwerk her gesehen nötig wäre. Um die kleinsten verfügbaren druckluftgetriebenen Stollenbagger (Überkopflader) einzusetzen, ist mindestens ein Querschnitt von 4,2 bis 4,5 m² erforderlich.

Bei den auf dem Markt erhältlichen kreisrunden Vortriebsmaschinen liegt der Minimaldurchmesser bei 2,15 m, entsprechend 3,65 m² Querschnittsfläche, doch hat sich in der Praxis gezeigt, dass ein Durchmesser von 2,30 m die unterste Grenze darstellt, da sonst nicht mehr wirtschaftlich abgefördert werden kann. Vor allem fehlt es bei diesen kreisrunden Stollen an der nötigen Höhe, während die vorhandene Breite meist nicht sinnvoll genutzt werden kann.

Überdies besteht ein Nachteil dieser Maschinen darin, dass sie wegen ihrer Grösse und Komplexität wirtschaftlich nur in längeren Strecken (über 800 bis 1200 m) eingesetzt werden können. Die Vorbereitungsarbeiten am Tunnelportal sind aufwendig, und die Montage der Maschine dauert je nach Verhältnissen 8 bis 15 Arbeitstage.

Es scheint daher, dass ein Bedarf nach einem Vortriebsystem für Hartgestein besteht, das folgende Hauptforderungen zu erfüllen vermag:

- Auffahren eines in der Querschnittsform günstigen Minimalprofils
- Kompakte Bauweise und geringes Gewicht
- Kurze Montage- und Demontagezeit
- Niedrige Verschleisskosten in abrasivem Hartgestein
- Auf das Vortriebsystem abgestimmte Abfördereinrichtung.

Ein solches Gerät könnte auch in sehr kurzen Stollenabschnitten von zum Beispiel 150 bis 400 m Länge wirtschaftlich eingesetzt werden.

Die Grundlagen für die Entwicklung der Vortriebsmaschinen «Mini Fullfacer»

Die oben genannten Forderungen bedeuteten für die Firma Atlas Copco im Jahre 1970 die Ausgangslage zur Entwicklung von Vortriebsmaschinen des Typs *Mini Fullfacer*. Dazu diente die vorher erarbeitete Kenntnis, dass mit den beim *Hinterschneidverfahren* verwendeten Fräsköpfen auch Maschinen nicht kreisrunder Bauart konstruiert werden können.

Bilder 2 und 3 zeigen den von einer Mini-Fullfacer-Vortriebsmaschine aufgefahrenen Stollenquerschnitt. Diese

Tabelle 1. Minimalquerschnitte von Stollen bei verschiedenen Vortriebsarten

Vortriebsmethode	Minimalquerschnitt	Querschnitt Verhältniszahl	Bemerkungen
Herkömmlicher Sprengvortrieb. Laden mit Stollenbagger	4,2 m ²	1,40	mit unvermeidlichem Überprofil meist noch grösser
Kreisrunde Vortriebsmaschine Durchmesser 2,14 m	3,6 m ²	1,20	ungünstig, weil zu kleine Höhe
Kreisrunde Vortriebsmaschine Durchmesser 2,30 m	4,2 m ²	1,40	
Mini Fullfacer Typ FF 1423	3,0 m ²	1,00	B = 1,40 m H = 2,34 m
Mini Fullfacer Typ FF 1524	3,3 m ²	1,10	B = 1,50 m H = 2,42 m

Form ist günstig in bezug auf eine gleislose Abföderung des Haufwerkes während des Vortriebes sowie für die spätere Installation von Werkleitungen, Kabeln, Rohren usw. Der Stollen bleibt auch bei einer Verkleidung zum Beispiel mit Spritzbeton noch gut begehbar und für Unterhaltsarbeiten zugänglich.

Tabelle 1 vergleicht die Minimalquerschnitte von Tunneln, die mit den vorher beschriebenen Methoden aufgefahren werden, mit denjenigen, die mit dem Mini Fullfacer ausgeführt werden können.

Aufbau und Arbeitsweise der Mini Fullfacer

Aufbau der Maschine

Die Maschine besteht aus den beiden Hauptteilen *Fräsmaschine* und *Anhänger*. Diese beiden Einheiten sind so konstruiert, dass sie normalerweise ohne weitergehend demontriert zu werden transportiert werden können und dass bei der Montage vor dem Stollen nur wenig Zeit beansprucht wird (Bild 4).

Der Rumpf der Fräsmaschine besteht aus einem geschweissten Rahmen, der sich vorne in einem Kugelgelenk auf den Gleitschuh abstützt. Am vorderen Ende ist ein Schwenkgehäuse um eine horizontale Achse drehbar angeordnet. Dieses trägt den Fräskopf, der über ein Planetengetriebe von einem Elektromotor angetrieben wird. Am Umfang des Fräskopfes sind, je nach dessen Durchmesser, 12 bis 14 hartmetallbestückte Schneidwerkzeuge sowie 4 Putzmesser befestigt.

Der Rumpf ist an seinem hinteren Ende mittels eines vertikalen Zylinders mit dem Schuh verbunden. Da er vorne gelenkig gelagert ist, wird dadurch die Höhensteuerung der Maschine möglich.

Je ein Paar Anpresszylinder mit Haftschuhen sind vorne und hinten am Rumpf seitlich angebracht, wobei das hintere Paar in einem in Richtung Tunnelachse verstellbaren Vorschubschlitten gelagert ist. Alle vier Anpresszylinder dienen neben dem Verspannen der Fräsmaschine auch der Seitenlenkung, die durch unterschiedliche Beaufschlagung erfolgt.

Zwei Schwenkzylinder bewegen das Gehäuse mit dem Fräskopf um die vorher erwähnte Schwenkachse, und ein Vorschubzylinder schiebt die gesamte Maschinenkonstruktion nach jedem Fräshub oder Arbeitszyklus um einen Schritt von 0,12 bis 0,20 m (je nach Gesteinsbeschaffenheit) vorwärts.

Die Maschine ist mit einem ausfahrbaren Schutzdach über die gesamte Länge versehen.

Im Gleitschuh vorne ist die horizontale Umlenkung des Einketten-Kratzförderers, der unter Maschine und Anhänger durchläuft und hinter diesem das Haufwerk an ein nachgeschaltetes Fördermittel übergibt. Diese Anordnung ist für

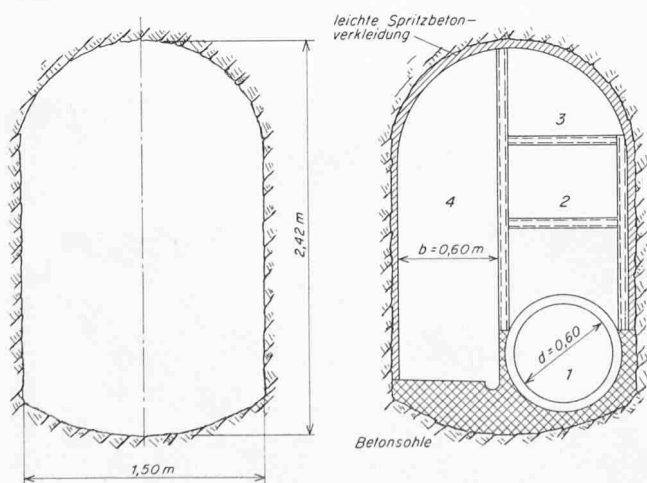


Bild 2 (links). Ausbruchquerschnitt mit Vortriebsmaschine Mini Fullfacer FF 1524; Ausbruchfläche 3,3 m²

Bild 3 (rechts). Mögliche Anordnung von Werkleitungen in einem Stollen.
1 Kanalisationsrohr, 2 Wasser- oder Gasleitungen, 3 Telephonkabel, 4 Bedienungsgang

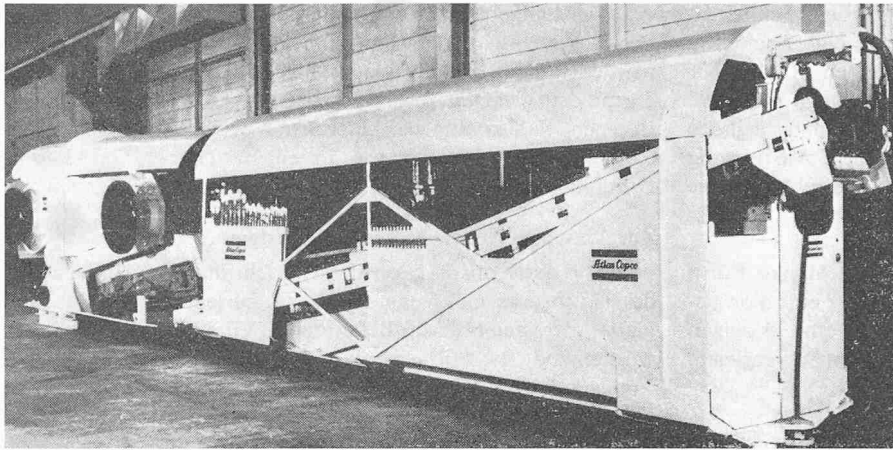


Bild 4. Mini-Fullfacer-Vortriebsmaschinen bestehen aus zwei Teilen, der Maschine (links) und dem Anhänger (rechts). Die beiden Teile werden je als Einheit transportiert und am Einsatzort zusammengebaut

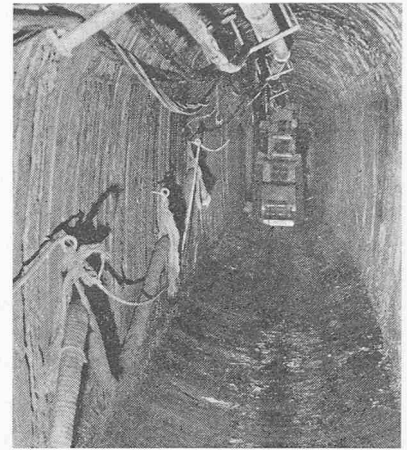


Bild 5. Die glatt und regelmässig gefräste Sohle ermöglicht die Verwendung von gleislosen Abfördereinrichtungen

weitere Maschinen gültig, während der Prototyp noch mit einem kurzen Kettenförderer und einem Förderband ausgerüstet wurde.

Der Anhänger selbst ist eine Rahmenkonstruktion und enthält die gesamte Hydraulikgruppe mit elektrischem Antriebsmotor, Schiebern, Ventilen, Öltank, Wärmeaustauscher und Filter, sowie den elektrischen Schaltschrank und ein Steuerpult, von wo aus der Maschinist die Funktion der Maschine überwacht.

Hinter dem Anhänger, der ebenfalls überdacht ist, befindet sich noch die Antriebsstation des Kratzförderers.

Die Arbeitsweise der Maschine

Ein Arbeitszyklus beginnt mit der Verspannung der Maschine durch beide Anpressschuh-Paare. Der Fräskopf befindet sich in der unteren Position (Bild 6). Durch die Beaufschlagung der Schwenkzylinder beschreibt der Fräskopf eine Kreisbahn um die Schwenkachse. Rotation des Fräskopfes und Schwenkbewegung bewirken ein schichtweises Abtragen der Ortsbrust, wobei über den grössten Teil der Brust das Gestein beträchtlich *hinterschnitten* wird. Es entsteht somit ein Stollen, dessen Breite gleich dem Durchmesser der Frässcheibe ist.

Ist der Fräser in der oberen Position angelangt, wird durch Endschalter automatisch die Rückschwenkbewegung eingeleitet. Während des Rückschwenkens wird nicht gefräst, sondern das Haufwerk wird auf den Kratzförderer geschoben, soweit dieses nicht schon wegtransportiert wurde.

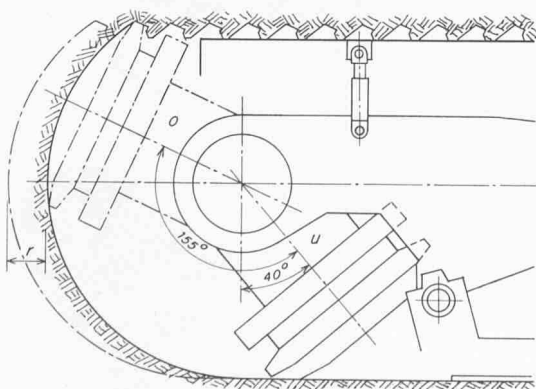


Bild 6. Schwenkbewegung des Fräskopfes, u untere Stellung, o obere Stellung, r grösste Hinterschneidtiefe

Wieder in der unteren Stellung angelangt, werden die hinteren Anpressschuhe gelöst und der Vorschubschlitten um das eingestellte Mass vorgezogen. Dann werden die vorderen Schuhe gelockert und die Maschine vorgeschoben, bis der Schlitten am hinteren Anschlag wieder anstellt. Anschliessend kann mit einem neuen Arbeitszyklus begonnen werden. Dieser Arbeitsablauf wird normalerweise automatisch gesteuert, jede einzelne Funktion kann aber auch von Hand geschaltet werden.

Bild 7 zeigt ein Diagramm des Druckverlaufes in den beiden Schwenkzylindern A und B über den gesamten Schwenkwinkel von rund 155°. Beim hier gezeigten Druckverlauf arbeitete die Maschine in Sandstein von rund 1200 kp/cm² Druckfestigkeit und benötigte etwa 6 min für eine Schwenkbewegung. Der Vorschubschritt betrug 0,14 m.

Die Vortriebsleistung hängt demnach weitgehend von der möglichen Schwenkgeschwindigkeit ab, die ihrerseits eine Funktion der Gesteinsbeschaffenheit ist. Wird zu rasch geschwenkt, das heisst, ist die Spantiefe pro Schneide zu gross im Verhältnis zur Festigkeit des Gesteins, seiner Struktur und Kornbindung, so wird das Drehmoment am Fräskopf zu gross und der Antriebsmotor überlastet. Wie bei kreisrunden Maschinen, die nach dem Hinterschneidverfahren arbeiten, kann daher die optimale Schwenkgeschwindigkeit nach der Stromaufnahme des Fräsmotors bestimmt werden.

Neue Schneidwerkzeuge

Die auf dieser und anderen neuen Vortriebsmaschinen von Atlas Copco verwendeten Schneidwerkzeuge haben eine beträchtliche Entwicklung erfahren. In enger Zusammenarbeit

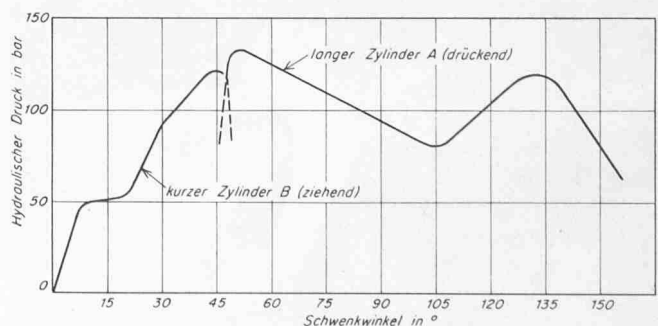


Bild 7. Druckverlauf in den Schwenkzylindern A und B

mit der schwedischen Firma Sandvik wurden Schneiden konstruiert, bei denen die Hartmetallplatten, eine Legierung aus Wolframkarbid und Kobalt, direkt in einen Stahlkörper eingelötet sind. Der Stahlkörper selbst ist an seinem Fussende mittels eines T-Ankers auf der Frässscheibe ohne jegliche mechanischen Verbindungsmittel gehalten. Diese Ausführung hat sich in zahlreichen Versuchen im Labor und in der Praxis bewährt und bringt eine wesentliche Vereinfachung des Auswechsels von abgenutzten Schneiden.

Zudem ermöglicht die heute verwendete schlanke Form der Schneiden erst die grossen *Spantiefen*, welche eine Voraussetzung für rascheren Vortrieb sind. Bilder 8 und 9 zeigen Schneidwerkzeuge alter und neuerer Konstruktion im Vergleich.

Die Überwindung tunnelbautechnischer Probleme

Obwohl grundsätzlich für Hartgestein gebaut, ist die Mini-Fullfacer-Vortriebsmaschine auch zur Durchquerung von Störungszonen eingerichtet. Das Schutzdach der Maschine kann hydraulisch an die Kalotte angepresst werden. Als Zusatzeinrichtung sind vergrösserte seitliche Anpressplatten, die einen kleinen spezifischen Druck auf das Gestein ausüben, möglich. Zwischen Maschine und Anhänger, also rund 5,5 m hinter der Ortsbrust, besteht ein Zwischenraum mit einer Plattform, von wo aus Sicherungsarbeiten wie das Versetzen von Felsankern, Aufbringen von Verzugsblechen, Spritzbeton oder dergleichen erfolgen kann. Dabei kann in *aufrechter Stellung* gearbeitet werden.

Das Schutzdach des Anhängers ist starr montiert und lässt einen Zwischenraum von 0,15 bis 0,40 m zur Kalotte frei, damit Einbauten unterfahren werden können. Es kann als sicher angenommen werden, dass mit diesen Einrichtungen in den meisten Fällen erfolgreich Störungszonen passiert werden können, da ein schonend gefräster Stollen mit fast kreisrunder Kalotte und einer Breite von 1,40 m bis 1,60 m an sich schon ein tragfähiges Gewölbe bildet und wenig Einbauprobleme aufwirft.

Bei sehr schlechten Gesteinsverhältnissen können Sicherungsarbeiten auch unmittelbar hinter dem Fräskopf vorgenommen werden, doch ist dann kein gleichzeitiger Vortrieb mehr möglich. Der freie Durchgang über dem Maschinenrumpf ist im Vergleich zu den Tunnelabmessungen erstaunlich gross und in jedem Falle besser als bei einer kreisrunden Maschine von 2,30 m Durchmesser.

Der eingebaute Kratzförderer kann auch bei starkem Bergwassereintritt das Haufwerk gut abtransportieren. Das wurde schon bei Einsätzen mit kreisrunden Vortriebsmaschinen, die mit dem gleichen Abfördersystem ausgerüstet sind, bewiesen. In einem Fall konnte bei fallendem Vortrieb selbst bei bis zu 0,60 m hohem Wasserstand in einem Tunnel von 3,40 m Durchmesser noch zufriedenstellend gearbeitet werden.

Zur Maschine passendes Transportsystem

Für die Konstruktion der Einrichtung zur Abförderung des Haufwerks ging man von der Überlegung aus, dass die glatte, gefräste Sohle ein Befahren mit Gummirädern gestatten würde und dass in engen und meist kurzen Stollen das Verlegen und die Demontage von Gleisen im Verhältnis zur Gesamtbauzeit zu viel Arbeit verursachen würde. Bild 5 zeigt einen Abwasserstollen, der mit einer Mini-Fullfacer-Maschine erstellt wurde.

Dies führte zur Entwicklung und zum Bau von zwei ähnlich aussehenden Wagen, wovon der eine als Bunker- und der andere als Pendelwagen ausgeführt ist. Die Wagen laufen auf je zwei Achsen mit Kunstgummirädern. Der Fahrmotor des Pendelwagens wird durch einen Batteriesatz angetrieben, der unter dem Wagenkasten liegt und rasch ausgewechselt werden kann.

Beide Wagen sind mit Kettenförderern am Boden ausgestattet, und der Wagenkasten ist so geneigt, dass vom Bunkerwagen in den Pendelwagen überladen werden kann.

Der Bunkerwagen ist beim Vortrieb an die Maschine gekoppelt und wird von dieser mitgezogen. Das anfallende Haufwerk kann im rund 3,5 m³ fassenden Wagen gespeichert werden, bis der Pendelwagen von seiner Fahrt zum Stollenportal zurückgekehrt ist.

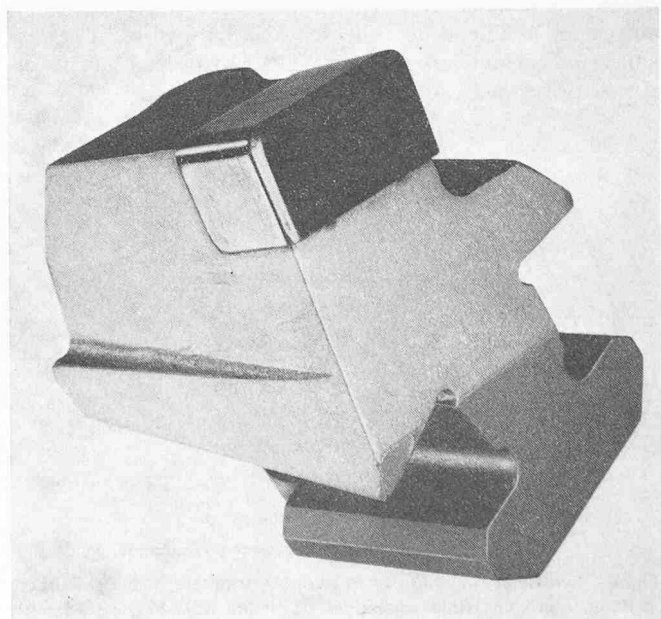
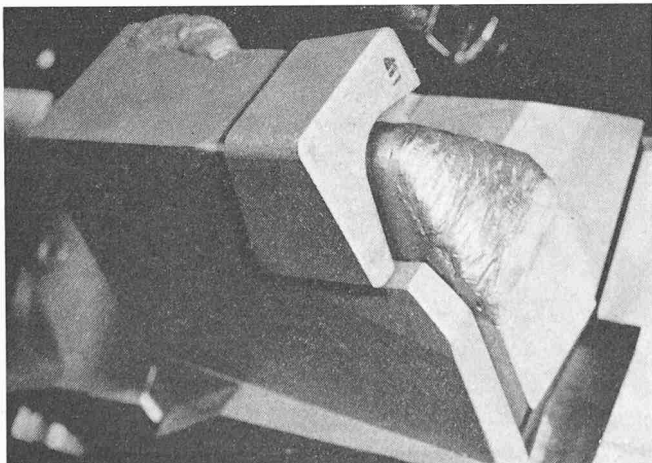
Während der Fahrt des Pendelwagens, die von einem kleinen Führerstand am rückwärtigen Ende aus kontrolliert wird, wird dieser durch seitliche Pufferrollen der glatten Wand entlang geführt. Beladen und Entladen erfolgen durch direkte Speisung des Kettenantriebsmotors, so dass der Batterieantrieb nur für die Fahrt benötigt wird.

Erfahrungen beim Ersteinsatz

Mit diesem Vortriebssystem wurden bisher in vier verschiedenen Stollen rund 350 m aufgeföhren, alle zum Kanalnetz des Abwasserverbandes Altenrhein in Rorschach gehö-

Bild 8. Mit Bride und Schraube aufgeklebte Hartmetallschneide (alte Ausführung)

Bild 9 (rechts). Neue Ausführung der Schneidwerkzeuge, bei der die Hartmetallschneide auf einen Stahlblock aufgelötet ist.



rend. In drei Fällen musste der Stollen als Abzweigung vom Hauptstollen Rorschach-Fuchsloch aus angefahren werden, wobei die gesprengten Nischen mit Rücksicht auf die bewohnte Zone nur klein gehalten werden konnten und die Montage daher unter erschwerten Umständen vor sich ging.

Der erste dieser Seitenstollen, der ohne Laserrichtgerät aufgeföhren wurde, zeigte eine beträchtliche Abweichung in Seite und Höhe. Nach Einbau eines Trimmzylinders und Verwendung eines Lasergerätes als Soll-Richtungsgeber konnten die Abweichungen in den nächsten zwei Stollen innerhalb enger Toleranzen von 5 bis 8 cm gehalten werden.

Die besten Vortriebsleistungen pro Tag betragen 6 bis 8 m bei einer Belegschaft von 2 Mann pro Schicht einschliesslich Abförderung des Materials bis zum Hauptstollen. Die Maschine konnte dabei nicht voll ausgenützt werden, da das im Prototyp eingebaute Abförderungssystem nicht befriedigte; sie wird bei weiteren Maschinen durch einen durchgehenden Einketten-Kratzförderer ersetzt. Bei sehr kurzen Stollen ist eine hohe Vortriebsleistung selten ausschlaggebend, da die Nebenbetriebe (Abförderung, Nachziehen der Leitungen usw.) sonst unverhältnismässig leistungsfähig sein müssten.

Auf Grund der Erfahrungen mit dem Prototyp werden weitere Maschinen für Vortriebsleistungen von 1,60 bis 1,80 m/h in weicheren Gesteinen bemessen.

Die bisher aufgeföhrenen Stollen liegen im Sandstein, der Festigkeiten von 600 bis 1600 kp/cm² und einen Quarzgehalt bis 60% aufweist. Ein kurzes Stollenstück wurde im Muschelkalk (Seelaffe) aufgeföhren.

Von den ursprünglich 16 Schneidwerkzeugen wurde die Hälfte entfernt und die Stollen mit 8 Schneiden ausgebrochen. Versuche haben inzwischen gezeigt, dass mit 12 Werkzeugen am wirtschaftlichsten geföhren werden kann. Die Standzeit in den oben beschriebenen Gesteinen betrug für 8 Werkzeuge rund 80 m Stollenvortrieb.

Der Schneidvorgang selbst hat keine grundsätzlichen Probleme ergeben und hat die berechneten Werte bestätigt. Es ist damit bewiesen, dass nach dem *Hinterschneidverfahren* arbeitende Maschinen für andere als kreisrunde Querschnittformen gebaut und erfolgreich im Hartgestein eingesetzt werden können.

In diesem Zusammenhang kann erwähnt werden, dass eine andere Maschine für nicht kreisrunde Querschnitte, die

einen Stollen mit den Abmessungen 4,80 m Breite und 2,60 m Höhe aufföhrt, in den USA arbeitet. Nach anfänglichen Schwierigkeiten erbringt dieser Maschinentyp jetzt gute Ergebnisse.

Die Montage- und Demontagezeiten waren bei den Einsätzen in Rorschach im Rahmen der Erwartungen, wenn berücksichtigt wird, dass die Maschine jeweils untertage verschoben und eingerichtet werden musste. Beim letzten Einsatz in Rheineck, wo von einer offenen Baugrube aus gestartet wurde, sind für den Abtransport der Maschine auf die Baustelle, das Absenken, das Zusammenkoppeln und den Probelauf insgesamt vier Schichten aufgewendet worden.

In Rorschach sowie in Rheineck hat sich gezeigt, dass Tunnel mit Überdeckungen von nur 2 bis 3 m ohne Behinderung aufgeföhren werden können und Strassen, Eisenbahndämme und Häuser technisch einwandfrei unterquert werden. In einem Falle konnte sogar beobachtet werden, dass die Felsoberfläche bis auf die Höhe des Stollenfirstes absank, ohne dass die Standfestigkeit beeinträchtigt wurde.

Folgerungen aus dem Ersteinsatz und Weiterentwicklung

Die bisher mit dem Prototyp der Vortriebsmaschine aufgeföhrenen Stollen haben eine Fülle von wertvollen Daten und Ergebnissen gebracht. Das Hinterschneidverfahren hat sich auf dieser Maschine nicht kreisrunder Bauart bewährt und ergibt, zusammen mit der Entwicklung neuer Schneidwerkzeuge, niedrige Verschleisskosten auch in hartem abrasivem Gestein. Die Erfahrungswerte haben als Grundlage für die Konstruktion weiterer Maschinen gedient, wobei nur am Abfördersystem bedeutende Änderungen vorgenommen wurden. Das Gesamtkonzept des Vortriebssystems hat sich bewährt und wird beibehalten. Die gleislose Abförderung des Haufwerkes als integrierter Bestandteil des Vortriebssystems ermöglicht ein rationelles Arbeiten mit einer «Mini»-Belegschaft von zwei Mann.

Dem projektierenden Ingenieur, den geplagten Stadtbauämtern und den ausführenden Bauunternehmern bietet sich hier eine Lösung an, Stollen mit Minimalquerschnitt in Hartgestein technisch und wirtschaftlich erfolgreich aufzuföhren.

Adresse des Verfassers: H. W. Brodbeck, Atlas Copco Maschinen AG, Postfach 20, 3601 Thun.

Resumé

On constate une croissance dans l'utilisation des tunnels dans les zones urbaines. Souvent la section minime suffit pour ces tunnels servants comme collecteurs d'égout, tunnels de câble etc. L'introduction des machines «pleine section» n'est généralement justifié que pour des longueurs de tunnel dépassant 800 à 1200 m.

La compagnie Atlas Copco a conçu un système complet de forage mécanisé pour des tunnels courts. Les machines «Mini Fullfacer» avancent des tunnels avec profil fer à cheval et des sections de 3,0 à 3,5 m² et elles sont caractérisée d'un dessin simple et facilitant leur transport et montage. La méthode «sous-cavage» (undercutting) pour couper et briser la roche utilisée sur les machines circulaires et non-circulaires d'Atlas Copco assure des coûts de taillants faibles pour une large gamme de roches.

Les résultats obtenues pendant le forage d'un nombre de tunnels en Suisse avec un prototype ont supporté les calculations techniques et économiques.

Les ingénieurs et les travaux public disposent avec les machines «Mini Fullfacer» d'un instrument de réaliser les nombreux tunnels de section petite à construire sous nos villes.

Summary

The need for small size utility tunnels in urban areas is rapidly expanding. In the past such tunnels could only be made by the drill and blast method with its inevitable drawbacks. The introduction of fullface boring machines brings advantages but the use of these machines can normally only be justified with a length of tunnel exceeding 3000 to 4000 ft.

Atlas Copco has developed a tunnelling system, consisting of a «Mini Fullfacer» machine and suitable muck removal equipment. The machine bores a mansize tunnel approx. 30 to 40 sqft in size and is characterized by a rapid set-up and relocation time, thus making it economically also for short tunnels. The undercutting method employed guarantees low cutter costs for a wide range of rocks and the complete system can be operated by 2 men.

A number of short branch tunnels of a sewer network in Switzerland have been bored by a prototype machine and the results are such that further machines are now manufactured with only minor design changes.

The planning engineers and public works thus have got here a unique system for the driving of small size tunnels through hard rock.