

Zeitschrift:	Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber:	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band:	83 (1965)
Heft:	39
Artikel:	Ein neuer Schritt in der Mechanisierung des Stollen- und Tunnelbaues
Autor:	Frey-Baer, Otto
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-68257

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 22.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Soll die Anwendung des Modellversuches von ihrer bisherigen Schwerfälligkeit befreit werden, ist es nun offensichtlich die Aufgabe der Modellmesstechnik, die drei aufgeführten technischen Grundaufgaben möglichst zu automatisieren und zu «entmaterialisieren».

Die Automation von Punkt 3 ist im wesentlichen eingangs beschrieben worden.

Der «Entmaterialisierung» von Punkt 1 sind selbstverständlich natürliche Grenzen gesetzt, da wir den Bau individueller Modelle nicht umgehen können, solange wir die Modellstatik als notwendiges Hilfsmittel für die Untersuchung von komplexen Tragwerken halten. Die Technik des Modellbaus selbst kann jedoch so weitgehend rationalisiert werden, dass der Zeitaufwand für die Herstellung der Modelle nicht mehr entscheidend ins Gewicht fällt. Insbesondere können die Auflagerkonstruktionen zu immer wieder verwendbaren, leicht aufzubauenden Elementen entwickelt werden.

Die bisher verwendeten Belastungseinrichtungen haben einen grossen Zeitaufwand für die Herstellung der jeweiligen Gewichte und deren Verschiebung während des Messdurchlaufes erfordert. Für die Lösung von Problemen an mehr oder weniger ebenen Tragwerken (Platten, Trägerroste, Rahmen und insbesondere Brücken aller Art) ist in meinem Labor erstmals eine programmgesteuerte Belastungseinrichtung in Betrieb genommen worden, die, gekoppelt mit der eingangs beschriebenen Datenverarbeitungsanlage, im Stande ist, ganze Modelle vollautomatisch zu prüfen und die gewünschten Schlussergebnisse, ohne jegliche Schreibarbeit, auszudrucken. Die Anlage ist immer dort einzusetzen, wo elastische Probleme erster Ordnung vorliegen, d. h. in Fällen, wo das Superpositionsge setzt Gültigkeit hat. Das Arbeitsprinzip der Maschine ist folgendes: Eine für jedes Modell nach messtechnischen Gesichtspunkten optimal angewählte Last kann auf einem Koordinatenwagen an jede beliebige Stelle des Modells gefahren und aufgebracht werden. Die Koordinaten der gewünschten Laststellungen auf dem Modell werden mittels einer Positioniereinrichtung in einem Lochstreifen festgehalten. Durch Abspielen des einmal programmierten Lochstreifens in einer zentralen Steuereinheit werden nun ohne weiteres Zutun nacheinander alle Laststellungen mit einer Genauigkeit von weniger als $\pm 0,1$ mm angefahren, die Last abgesenkt und jeweils die entsprechenden Messwerte abgefragt und (im allgemeinen in Form von Lochkarten) registriert.

Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Anlage sei erwähnt, dass zur Erfassung des Tragverhaltens z. B. einer mittleren Brücke grössenordnungsmässig an 100 Messstellen die Werte für je 100 Laststellungen, also rd. 10 000 Messwerte, erfasst und ausgewertet werden müssen. Diese Arbeit, die bisher Wochen und Monate in Anspruch nahm, wird nun in einigen Stunden geleistet; dies mit dem zusätzlichen Vorteil, dass die unvermeidlichen Ablesefehler ausgeschaltet sind. Man sieht auch, dass eine oft erwünschte, aber wegen der Mehrarbeit umgangene Steigerung der Lastpunkte keinen wesentlichen Mehraufwand bedeutet. Zudem ist die Maschine in der Lage, höhere Lasten aufzubringen, was eine wesentliche Reduktion der relativen Messfehler zur Folge hat.

Die in Form von Lochkarten vorliegenden, vom Kleinrechner schon bereinigten Messdaten stellen nun im allgemeinen Einflussflächen für die Dehnung an gewünschten Stellen des Modells dar. Sie können zur weiteren Verarbeitung direkt in einen programmgesteuerten Computer gefüttert werden. Der Modellversuch als solcher ist hiermit ein für allemal abgeschlossen, denn die allgemeine Lösung des speziellen elastischen Problems ist durch die Erfassung der Einflussflächen eindeutig festgehalten, und das Ergebnis für jede beliebige Belastungsverteilung kann von nun an vom Computer durch reine Superposition mit Leichtigkeit errechnet werden. Die weitere Verarbeitung der Daten bis zur endgültigen Berechnung und Dimensionierung des Tragwerkes stellt also von hier an ein einfaches Frag- und-Antwort-Spiel zwischen Ingenieur und Computer dar. Diese Arbeit kann jeder Ingenieur an einer öffentlich zugänglichen Rechenanlage selbst ausführen oder ausführen lassen. Die Datenfernverarbeitung (Remote Computing) eröffnet in naher Zukunft die Möglichkeit, auch diesen Prozess noch bequemer und rascher durchzuführen. So ist z. B. die Einrichtung eines Datenfernverarbeitungssystems IBM 1050 geplant, die es ermöglicht, die in Lochkarten festgehaltenen Messwerte direkt über die Telefonleitung in einen IBM-Computer einzulesen. Zusammen mit immer wieder verwendbaren Auswertungsprogrammen führt der Computer sämtliche Auswertungsarbeiten innert weniger Minuten durch und schreibt die endgültigen Ergebnisse auf einer im Labor aufgestellten Schreibmaschine ebenfalls via Telefon heraus.

Einige der zur endgültigen vollautomatischen Auswertung der Messergebnisse notwendigen Computer-Programme, wie Ordnung der Messdurchläufe, Superposition, Berechnung von Hauptspannungen und -momenten, sind heute schon einsatzbereit entwickelt. Weitere wichtige Programme wie z. B. für die rein analytisch simulierte Einführung von beliebigen Vorspannkräften unter Berücksichtigung der Reibungsverluste usw. in das Modell sind noch in Arbeit. Über die Einzelheiten dieser äusserst leistungsfähigen Methoden sowie über Fehlerbetrachtungen der automatisierten Messdatenerfassung wird in naher Zukunft berichtet werden.

Literaturverzeichnis

R. K. Müller: Ein Beitrag zur Dehnungsmessung an Kunstharzmodellen, Habilitationsschrift, Technische Hochschule Stuttgart. 1964.

K. F. Reinschmidt: DATALINK, an on-line Computer System for Structural Laboratory Research. Research Report R 65-6, M.I.T. Cambridge 39, Massachusetts; 1965.

R. E. Rowe: Model analysis and testing, Proceedings of a one-day meeting. Cement and Concrete Association, London 1964.

W. Zerna: Zur Festigkeitsuntersuchung des Schalentragwerkes der Städtischen Bühnen Dortmund. «Beton- und Stahlbetonbau», Berlin, Sept. 1964.

H. Hossdorf: Modellversuchstechnik des entwerfenden Bauingenieurs. SBZ 1963, H. 17, S. 277.

Adresse des Verfassers: Heinz Hossdorf, Ingenieur S.I.A., Tellplatz 12, 4000 Basel.

Ein neuer Schritt in der Mechanisierung des Stollen- und Tunnelbaues

DK 624.191.2

Von Otto Frey-Baer, dipl. Ing., Brugg

1. Gegenwärtiger Stand der Stollenbautechnik

Durch den Ausbau unserer Wasserkräfte in den Alpen erlebte der Stollenbau in den letzten 20 Jahren einen noch nie dagewesenen Beschäftigungsgrad. Die Unternehmer standen dabei in einem harten Konkurrenzkampf und waren gezwungen, die Arbeitsvorgänge so weit als möglich zu mechanisieren. Ältere bewährte Maschinen wie Bohrhämmer und Lademaschinen wurden wesentlich verbessert, und neue Geräte und Hilfsmittel gelangten zum Einsatz. Die grossen Anstrengungen der Unternehmer führten zu einer beachtlichen Steigerung der Vortriebsleistungen und zu Kostensenkungen.

Nachdem sich der Ausbau der Wasserkräfte seinem Ende nähert, haben die Unternehmer immer seltener Gelegenheit, ihr Stollenbau-inventar einzusetzen. Heute stehen wir vor neuen Aufgaben, nämlich der Gewässersanierung und dem Ausbau unserer Strassen- und Bahnverbindungen durch die Alpen und den Jura. Die Lösung der ersten Aufgabe wird Stollenbauten erfordern, sei es zur Zuleitung von Trinkwasser oder zur Ableitung von Schmutzwasser. Für das Nationalstrassennetz sind Tunnel mit grossen Querschnitten von 80 bis 100 m² notwendig. Zum Teil liegen nun schon die Erfahrungen einiger in letzter Zeit ausgeführter Strassentunnelbauten vor, wie z. B. Grosser

St. Bernhard, Mont Blanc und San Bernardino. Bei diesen grossen Bauvorhaben wurden praktisch die Baumethoden, welche im Stollenbau in den letzten Jahren entwickelt worden sind, mit wenigen Anpassungen übernommen. Die dabei gemachten Erfahrungen geben zu einigem Nachdenken Anlass. Es stellt sich vor allem die Frage, ob es richtig ist, eine dem Stollenbau angepasste Methode für den Tunnelbau zu übernehmen. Diese Frage scheint umso berechtigter, als sich schon seit einiger Zeit eine umwälzende Neuerung im Stollen- und Tunnelbau, nämlich der sprenglose, maschinelle Vortrieb, ankündigte.

2. Entwicklungs-Tendenzen

Trotz der weitgehenden Mechanisierung haften der heute praktizierten Stollenbautechnik eine grössere Zahl von Unsicherheitsfaktoren an. Die Vorausberechnung des Bauzeitbedarfes sowie der Material- und Arbeitsaufwendungen sind sehr stark abhängig von Gesteinshärte, Sprengbarkeit, Überprofil, Wasserandrang und Standfestigkeit des zu durchfahrenden Gebirges. Die Arbeitsaufwendungen und damit die spezifischen Kosten verändern sich sehr stark mit einem Wechsel der aufgezählten Eigenschaften des Gebirges. Im Zeitpunkt der Berechnung der Unternehmerangebote liegen meistens nur ungenügende Angaben über diese wichtigen Grundlagen vor. Die

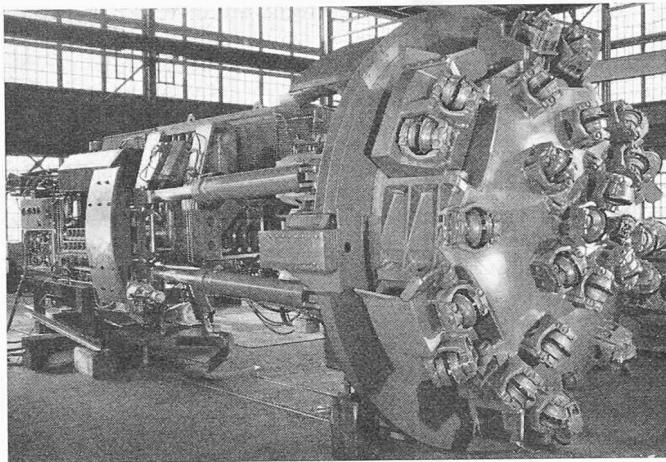


Bild 1. Werkmontage der Tunnelbohrmaschine System Robbins für Baden. Der Bohrkopf ist mit Scheibenmeisseln besetzt. Die Eimer für das Wegbaggern des Ausbruchmaterials sind gut erkennbar

unter dem Konkurrenzdruck stehenden Unternehmer sind deshalb aus verständlichen Gründen geneigt, durch die Annahme relativ günstiger Voraussetzungen ein grosses finanzielles Risiko einzugehen. Unter diesen Umständen ist es begreiflich, dass das Schlussresultat oft unbefriedigend ausfällt.

Bei der Beibehaltung der bisherigen Konkurrenz- und Vergleichspraxis wird es wohl nie möglich sein, die der konventionellen Stollenbaumethode anhaftenden Unsicherheiten im voraus genau abzugrenzen. Es wird deshalb schon seit längerer Zeit versucht, die gegenwärtige Situation zu verbessern. Langsam setzt sich die Erkenntnis durch, dass zur Ausschaltung der Unsicherheitsfaktoren wirklich neue Wege zu beschreiten sind. Die Tendenz dieser Bestrebungen kann deutlich an den folgenden Beispielen erkannt werden.

Der *Baregg-Tunnel* für die Nationalstrasse N 1 bei Baden weist einen Ausbruchquerschnitt von rd. 85 m² auf und ist im Molassesfels zu erstellen. Nach der konventionellen Arbeitsweise müsste der Vortrieb in Teilausbrüchen vorgenommen werden. Die Bauunternehmung Schafir & Mugglin AG schlug vor, im Schutze eines Schildmantels als wandernde Ausbruchsicherung den vollen Querschnitt vorzutreiben und eine äussere Tunnelauskleidung in Form von Beton-Fertigteilen einzubauen. Der unkonventionelle Vorschlag, nämlich einen Schild nicht nur im Lockermaterial, sondern auch beim Vortrieb im Fels zu verwenden, brachte eine Anzahl von beachtlichen Vorteilen, weshalb die Arbeit dieser Firma übertragen wurde. Die Ausführung zeigt, dass die Vortriebsleistung weitgehend unabhängig ist von den Gebirgsqualitäten. Die Schwierigkeiten bei der Einschätzung der entsprechenden Faktoren konnten grösstenteils eliminiert werden. Da aber der Ausbruch noch durch Sprengen erfolgt, verblieben die in diesem Zusammenhang noch vorhandenen Unsicherheiten.

Für die Erstellung des *Abwasserstollens der Region Baden* hat die Firma Theiler & Kalbermatter AG eine Ausbruchmaschine System

Bild 3. Montage der Ausbruchmaschine auf der Baustelle. Ansicht von hinten mit Transformer und Transportband

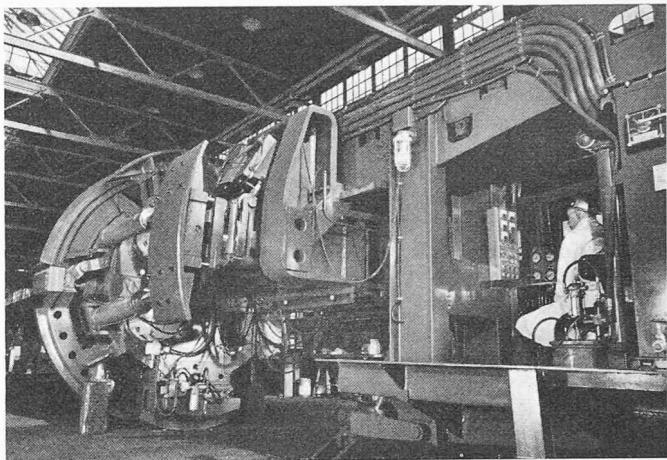
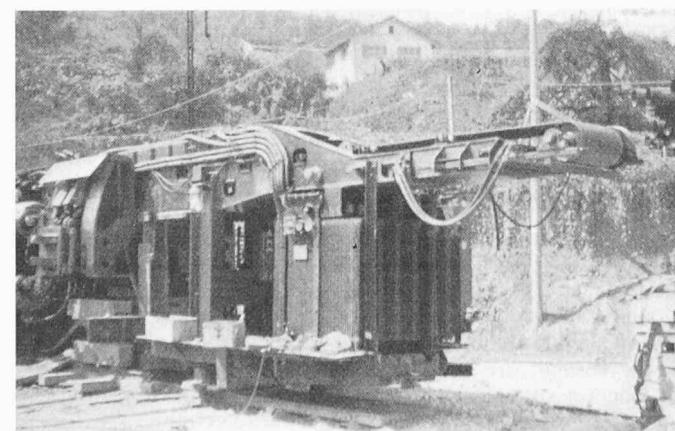


Bild 2. Gleiche Maschine wie Bild 1 mit Führerstand und seitlichen Pressenschuhen für die Fixierung der Maschine im Stollen

Robbins (USA) eingesetzt (Bilder 1 bis 4). Hier wurde erstmals in der Schweiz für einen Stollenbau der sprengfreie Vortrieb gewählt. Schon im ersten Probelauf konnte bei einem Durchmesser von 3,6 m eine Vortriebsleistung von 9 cm pro Minute und 4 m pro Stunde erreicht werden. Seither wurden Tagesleistungen bis zu 20 m pro Arbeitsschicht erzielt. Der Tagesfortschritt wird dabei nicht durch die Leistungsfähigkeit der Ausbruchmaschine, sondern des Abtransportsystems für das Ausbruchmaterial oder durch andere Bedingungen bestimmt. Der Unternehmer ist somit in der Lage, die Vortriebsleistung zuverlässig zu planen. Im Stollen von Baden wird die Sicherung des Ausbruches noch nach der konventionellen Methode ausgeführt. Die diesbezüglichen Probleme fielen jedoch aus zwei Gründen nicht so sehr ins Gewicht. Einmal wird durch den sprengfreien Vortrieb die Zerrüttungszone um den Ausbruchquerschnitt vermieden. Sodann weist der Querschnitt eine statisch günstige kreisrunde Form auf, ohne Überprofil und Unregelmässigkeiten.

In diesen Tagen dürfte nun auch die zweite Ausbruchmaschine System Robbins in der Schweiz in Betrieb genommen worden sein. Die Arbeitsgemeinschaft Prader AG und Losinger & Co. AG wird die *Stollen für die Zuleitung des Schmutzwassers zur Kläranlage der Stadt Fribourg* mit einem Ausbruchdurchmesser von 2,5 m sprengfrei vortreiben. Da hier wie in Baden Molasse aufzufahren ist, sind ebenso gute Tagesleistungen zu erwarten.

Die Beispiele lassen erkennen, dass es möglich ist, gewisse Unsicherheitsfaktoren im Stollen- und Tunnelbau auszuschalten. Damit das gesteckte Ziel, nämlich eine *zuverlässige Vorausberechnung des Bauzeitbedarfes und der Aufwendungen*, erreicht wird, müssen sowohl der Vortrieb als auch die Ausbruchsicherung voll mechanisiert werden. Am zweckmäßigsten dürfte sich dabei die Kombination der Ausbruchmaschine mit einem Schildmantel erweisen, wie das nachfolgend beschriebene Beispiel zeigt.

Bild 4. Montage der Transporteinrichtung für das Einfahren der Maschine auf dem Stollengeleise. Vorspringende Teile wie Baggereimer und seitliche Pressenschuhe noch nicht montiert, da die Maschine durch die schon verkleidete Lockermaterial-Zone eingefahren werden muss



3. Beispiel eines vollmechanisierten Tunnelbaues

Gegenwärtig sind Tunnelbauarbeiten in Paris für die Erweiterung der Untergrundbahn im Gange (siehe «Le Génie Civil» vom 15. April 1965). In einem Baulos hat sich der ausführende Unternehmer entschlossen, den Vortrieb und den Ausbau des Tunnels voll zu mechanisieren. Zur Wahl dieser Lösung dürfte der Umstand beigetragen haben, dass hier ganz besondere geologische Verhältnisse vorliegen. Vorerst ist trockener Kalkfels zu durchfahren. Im schwach geneigten Abwärtsvortrieb gerät der Tunnel in gebräches, durchnässten Sand unter dem Grundwasserspiegel. Für den Vortrieb in der Sandstrecke kam nur die Verwendung eines Druckschildes in Frage. Der Unternehmer wagte den Schritt, den Schild mit einer Ausbruchmaschine von Robbins zu kombinieren (Bilder 5 und 6). Der Angriff des Tunnels erfolgte vom Fusse eines 25 m tiefen Schachtes von rd. 13 m Durchmesser. Der Schild mit der Ausbruchfräse im Gewicht von zusammen 550 Tonnen wurde im Schachtfusse montiert. Zu Beginn dieses Jahres waren die ersten 100 m des Tunnels aufgefahren. Nachdem die definitive Transporteinrichtung für die Abfuhr des Ausbruchmaterials, nämlich Transportbänder, installiert waren, steigerte der Unternehmer die Leistung bis auf 9 m fertig verkleideten Tunnel im Tage. Die vorgesehene Minimalleistung von 5 m pro Tag wurde damit erheblich überschritten. Als an der Sohle der Grundwasserspiegel erreicht war, musste der Schild unter Druck gesetzt werden. Es schien angezeigt, unter den veränderten Verhältnissen die Leistung zu reduzieren, nachdem nicht mit Sicherheit damit gerechnet werden konnte, dass die grosse Frontfläche im gebrächen Kalkstein standfest blieb. Mit dem Eintauchen des Tunnels in das Grundwasser sank der Tagesfortschritt auf 5 m.

Die Baustelle befindet sich nur rd. 50 m vom Arc de Triomphe entfernt (Bild 7). Der Besucher erreicht die Vortriebsstelle durch den Schacht und den fertig ausgekleideten Tunnel von fast 9 m lichter Weite. Beim Marsch zum Vortrieb kann das Transportsystem bequem studiert werden. An der linksseitigen Tunnelwand ist ein Transportband fest montiert, auf welchem das Ausbruchmaterial (Sand und handgrosse Steine) vom Vorort zum Schacht gelangt. Auf der Tunnelsohle liegen zwei Geleise. Das dem Transportband näher liegende Geleise ist für ein an der Vortriebsmaschine angehängtes fahrbares Transportband reserviert. Dieses etwa 100 m lange Schleppband steigt an seinem Ende hoch und gibt über ein kurzes Querband das Gestein auf das fest montierte Band ab (Bild 8). An der rechtsseitigen Tunnelwand sind die Rohrleitungen für die Ventilation und die Druckluft sowie die Kabel montiert. Auf dem Gang zum Vorort begegnen dem Besucher die Transportwagen, welche die Beton-Fertigteile (Bild 9) für die Auskleidung einfahren. Der rotierende Fräskopf der Vortriebsmaschine ist vor der Schildkonstruktion montiert und kann deshalb während des Betriebes nicht beobachtet werden. In der Felsstrecke ist er mit Scheibenmeisseln besetzt. Später werden diese Bohrwerkzeuge durch gewöhnliche Schneiden ersetzt für den Abbau von gepress-

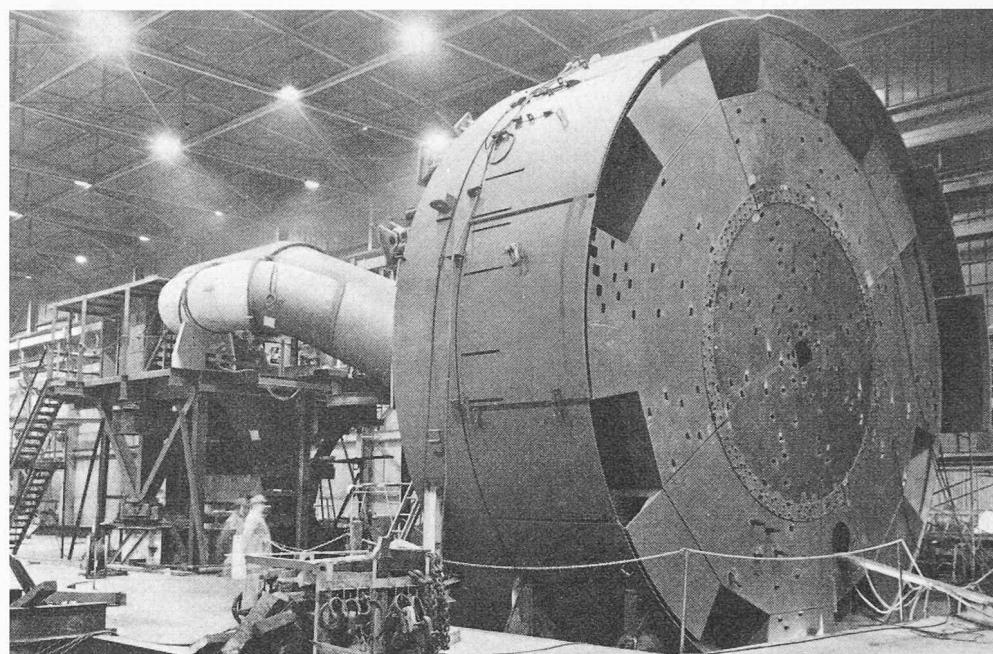


Bild 5. Maschine System Robbins für den sprengfreien Ausbruch eines Metro-Tunnels in Paris, in einen Druckschild von 10,3 m Durchmesser eingebaut (Werkmontage). Die Abbauwerkzeuge sind noch nicht montiert

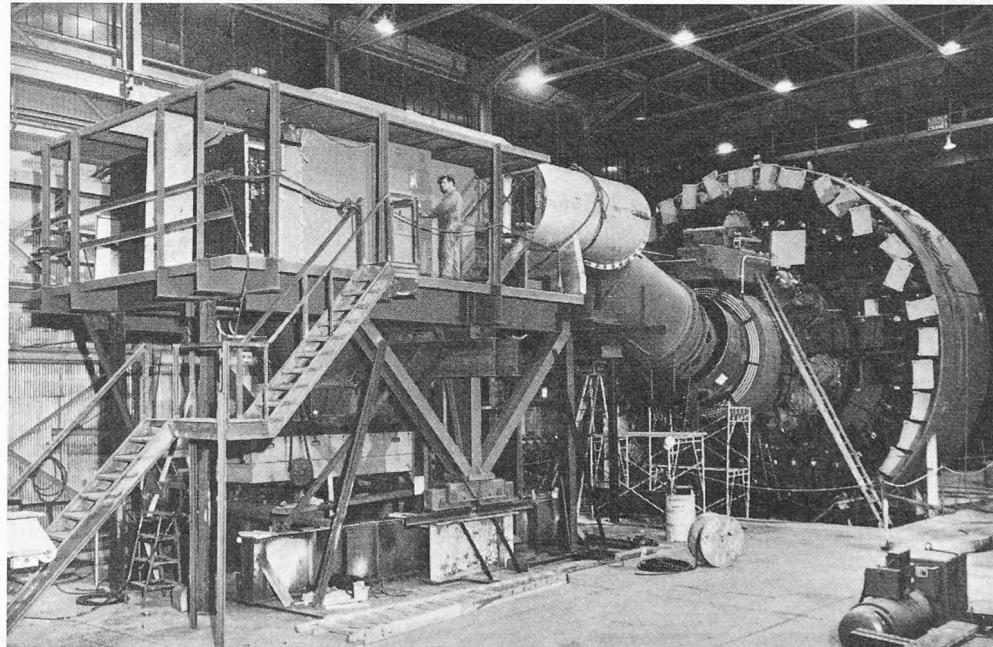


Bild 6. Gleich Maschine wie Bild 5. Im Vordergrund der Steuerwagen, Ansicht des Schildes von hinten

tem Sand. Das an der Tunnelbrust gelöste Material fällt nach unten und wird von den am Umfang des Fräskopfes angeordneten Eimern aufgenommen, hochgebracht und auf ein in einem Rohr montiertes Transportband geworfen. Letzteres steigt nach hinten in die Höhe und bringt das Gestein in zwei auf dem Steuerwagen angeordnete Silos. Das Ausbruchmaterial muss nun abwechselungsweise aus den Silos ausgeschleust werden, da das Transportsystem vom Fräskopf bis einschließlich Silo mit dem Schild zusammen unter Druck steht (Bild 10). Direkt hinter dem Schild sind auf der Axe der Ausbruchmaschine zwei Montagekrane angeordnet. Mit diesen radial-, tiefen- und längsbeweglichen Kränen werden die Beton-Fertigteile der Tunnelauskleidung an der Sohle aufgenommen und an die Baustelle transportiert, wo sie gegeneinander mit Schrauben fixiert werden (Bild 11). Die Kontaktflächen der Fertigteile sind mit einem 2 mm starken Anstrich aus Spezialbitumen versehen, wodurch das Austreten des unmittelbar hinter dem Schildschwanz eingepressten Injektionsgutes aus den Fugen verhindert wird. Der Arbeitsablauf unterscheidet sich beim vollmechanisierten Vortrieb ganz wesentlich von dem bisher gewohnten emsigen Betrieb am Vorort. Der Ausbruch selbst wird von

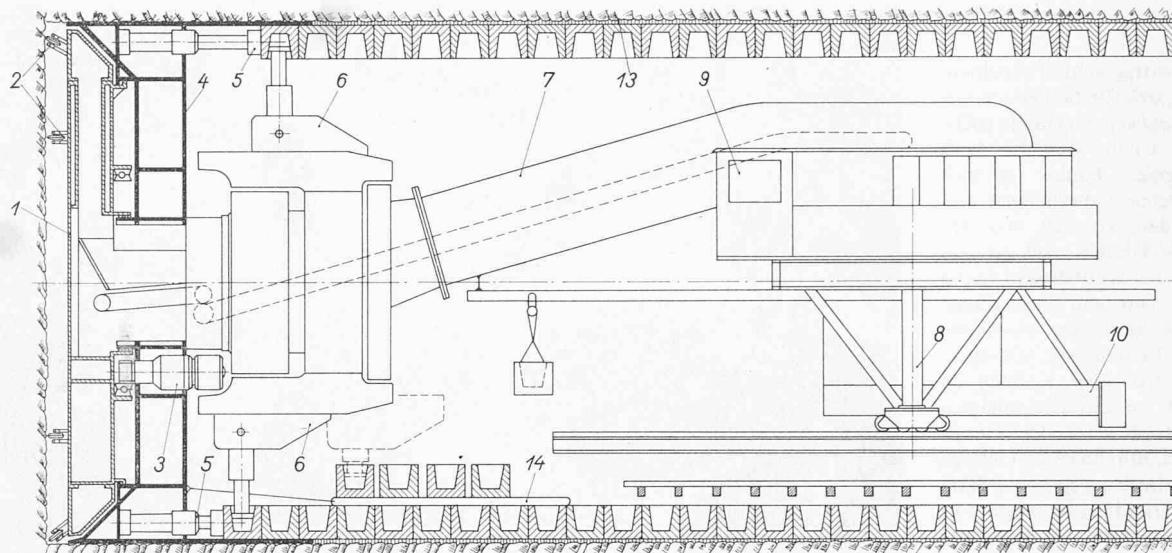


Bild 10. Schema der Robbins-Vortriebsmaschine für den Metrotunnel in Paris. Längsschnitt 1:150

- | | | | | |
|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 1 Rotierender Bohrkopf | 4 Druckschild-Konstruktion | 7 Rohr für Transportband | 10 Transportband unter dem Silo | 13 Füll-Injektionen |
| 2 Scheibenmeissel | 5 Schild-Pressen | 8 Steuerwagen | 11 Schleppband | 14 Ketten-Transportband |
| 3 Antrieb des Bohrkopfes | 6 Montagekrane | 9 Steuerkabine | 12 Silo für Ausbruchmaterial | |

einem einzigen Mann besorgt, welcher am Bedienungspult in der Steuerkabine der Maschine sitzt (Bild 12). Er bestimmt die Vortriebsgeschwindigkeit durch die Regulierung der Pressenleistung. Für die Einhaltung der Vortriebsrichtung dient ein Kreiselkompass. Die Abweichung von der Sollrichtung konnte hier in den Grenzen von $\pm 1 \text{ cm}$ gehalten werden. Neben diesem wichtigsten Manne sind zwei Gruppen von je vier Mann mit dem Versetzen der vorfabrizierten Auskleidung beschäftigt. Sie bedienen die beiden Montagekrane und befestigen die montierten Stücke an den Nachbarstücken. Über ein leichtes fahrbare Gerüst können diese «Monteure» die Einbaustellen gut erreichen. Für den Transport der Fertigteile vom Rollwagen unter die Montagekrane steht ein Einschienenkran sowie ein am Schild angehängtes Kettentransportband zur Verfügung. Endlich sind noch die Schieber der Silos (Schleusen) zu bedienen und die Injektionsschläuche von Zeit zu Zeit neu anzuschliessen. Im vorliegenden Falle ist hinter dem Steuerwagen ein weiterer Wagen angehängt, auf welchem das Injektionsgut aufbereitet wird.

Neben der Hochachtung und der Freude über den erreichten Fortschritt, wie er auf dieser Baustelle recht eindrücklich demonstriert

wird, schleicht sich beim Beobachter ganz schüchtern ein wehmütiges Gefühl ein. Es wird ihm klar, dass die alte Stollenbauromantik der neuen Zeit zu weichen hat. Hier steht er gewissermassen in einer Fabrikhalle unter Tag und verfolgt die maschinelle Fabrikation eines Metro-Tunnels. Die beschäftigte Mannschaft bedient Maschinen, und die schwerste körperliche Arbeit dürfte das Einsticken und Anziehen von Schrauben oder das Anschließen von Injektionsschläuchen sein. Wer aber wollte eine solche Entwicklung aufhalten?

4. Maschinen für den sprengfreien Vortrieb

Vor etwa 10 Jahren wurde erstmals in den USA eine Vortriebsmaschine für den sprengfreien Ausbruch von Stollen eingesetzt, welche die gestellten Anforderungen weitgehend erfüllte. Es war eine Konstruktion des Minen-Ingenieurs James Robbins in Seattle. Auf Grund dieser ersten erfolgreichen Anwendung in der Praxis erfuhr die Maschine eine Reihe von Verbesserungen. Bis heute konnten 21 Robbinsmaschinen für den Stollen- und Tunnelvortrieb eingesetzt und dabei wertvolle Erfahrung gewonnen werden. Die im Abwasserstollen von Baden eingesetzte Maschine stellt die jüngste Generation

Bild 7. Installationen der Baustelle in Paris. Rechts unten Angriffsschacht mit Doppelauflaufzug für Personen und Betonfertigteile der Auskleidung. In Bildmitte Transportbänder für die Förderung des Ausbruchmaterials in den Silo (nicht sichtbar)



Bild 8. Uebergabe des Ausbruchmaterials vom fahrbaren Transportband auf das fest montierte Band mit Hilfe eines kurzen Querbandes

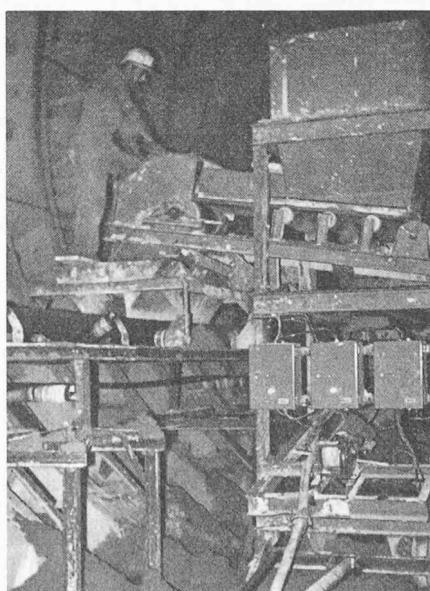
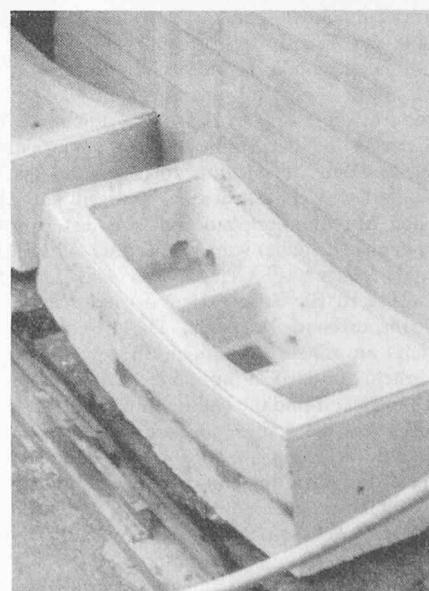


Bild 9. Vorfabriizierte Teile für die Tunnelauskleidung



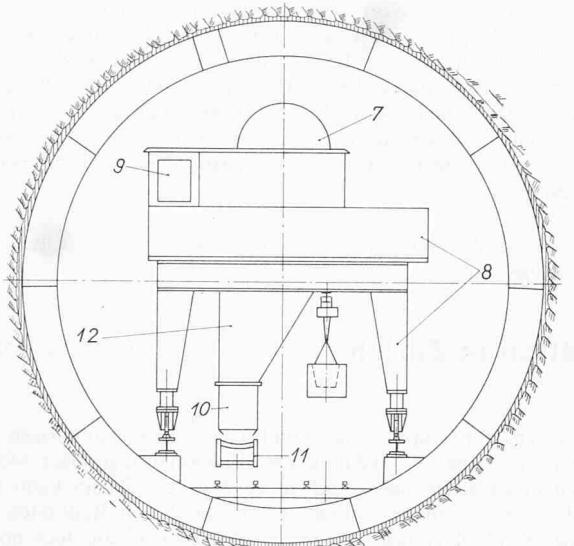


Bild 10a. Querschnitt zu Bild 10, 1:150

der Entwicklungsreihe dar. Die im Gang befindliche Weiterentwicklung betrifft hauptsächlich die Vervollkommenung der Werkzeuge, mit welchen sehr hartes Gestein gelöst werden kann. Mit den heute von Robbins verwendeten Scheibenmeisseln ist man in der Lage, Gesteine mit einer Festigkeit bis zu 1500 kg/cm^2 abzubauen. Mit dieser Festigkeitsgrenze können wir uns noch nicht zufrieden geben, da in gewissen Fällen noch härteres Gestein zu durchröhren ist. Zweifellos werden aber Stahllegierungen gefunden werden, die allen Anforderungen genügen.

Über das Prinzip der von Robbins gewählten Methode für die Bearbeitung und das Lösen des Gesteins wurde in der SBZ vom 13. Juni 1963 (Heft 24, Seite 439) berichtet. Es handelt sich um das Abspalten von Gesteinsstücken zwischen den durch die Scheibenmeissel verursachten Kerben. Beim Abbauvorgang könnten aber dann Schwierigkeiten eintreten, wenn sich das Gestein plastisch verhält oder wenn es zwar sehr hart, aber zähe ist. Bei den weiteren Studien sollten auch diese Extremfälle im Auge behalten werden. Es soll damit kurz angedeutet sein, dass noch nicht alle Probleme des sprengfreien Vortriebes gelöst sind.

Die ersten Ausführungen des maschinellen Vortriebes waren so vielversprechend, dass es nicht verwunderlich ist, wenn auch andere Maschinen für den sprenglosen Vortrieb gebaut und auspro-

Bild 11. Versetzen eines Fertigteiles der Auskleidung mit Hilfe des Montagekrans

- 1 Kranführer
- 2 Montagekran
- 3 Beton-Fertigteil vor dem Einfahren
- 4 Versetzte Fertigteile

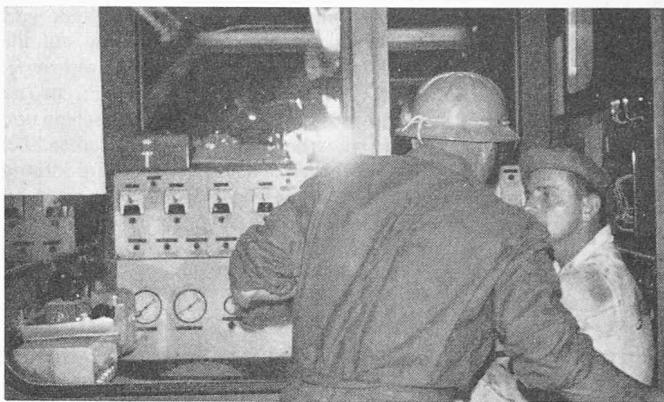
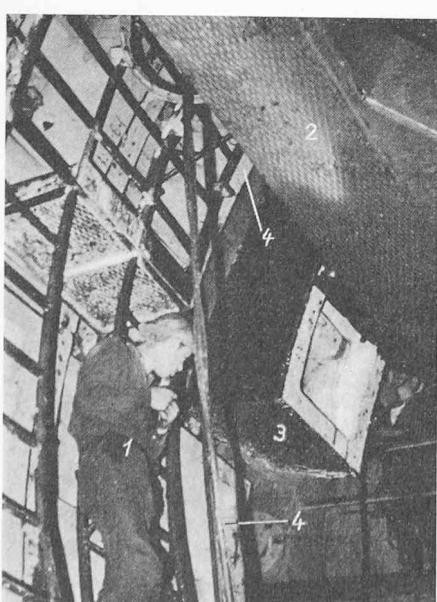


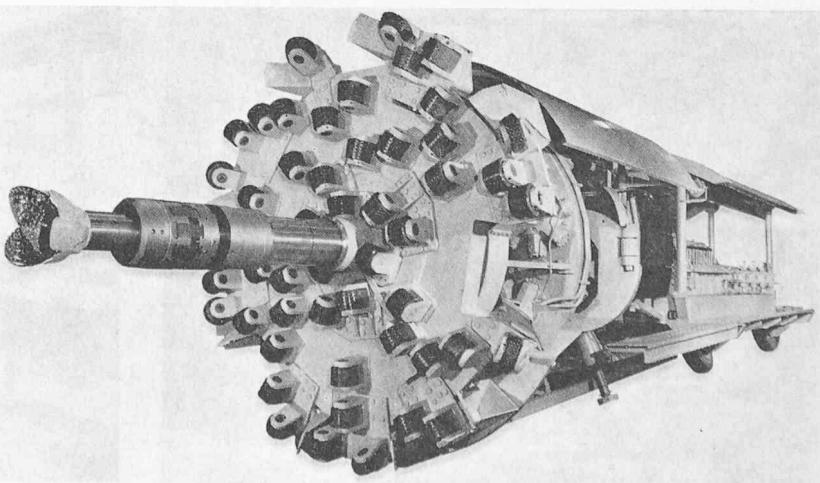
Bild 12. Steuerkabine der Robbins-Maschine

bietet. In erster Linie darf hier auf die Konstruktion der Firma *Habegger* (Thun) hingewiesen werden. Es handelt sich um die auf Grund der ersten Erfahrungen verbesserte Wohlmeyer-Maschine, also um die zweite Generation dieses Typs. Die schweizerische Version steht nun im Probeinsatz. Für das Lösen des Gesteins wird das Prinzip der Zerspanung mit anschliessendem Brechen angewendet. Zweifellos kann man mittelharte Felsarten mit Spezialwerkzeugen durch Zerspanen abbauen. Durch die außerordentliche Erhitzung der Werkzeuge werden diesem Abbau-Prinzip gewisse Grenzen gesetzt. Die Resultate der gegenwärtigen Versuche liegen noch nicht vor. Es ist aber zu hoffen, dass dieser Konstruktion wenigstens in weicheren Gebirgsarten ein guter Erfolg beschieden sei. – Sodann wurde von der amerikanischen Firma *Lawrence Inc.* in Seattle eine Vortriebsmaschine gebaut und in einem Stollen erprobt (Bild 13). Diese Maschine arbeitet nach einem ähnlichen Prinzip wie das von Robbins verwendete. Der Unterschied besteht hauptsächlich in der Fixierung der Maschine zur Ausübung der grossen Andruckkräfte der Bohrmeissel. Robbins verankert seine Maschine durch das Anpressen von seitlichen Stahlschuhen an die Stollenwandung. Lawrence schlägt demgegenüber vor, in der Axe der Maschine ein voreilendes Pilotloch zu bohren und darin einen Anker mittels Expansionsbacken zu befestigen. Durch das Spannen dieses Ankers wird der Druck auf die Meissel ausgeübt. Als Abbauwerkzeuge verwendet Lawrencenoppenbesetzte Zylinderwalzen. Über den ersten Versuch liegen noch keine technischen Berichte vor. Der Vollständigkeit halber sei auf andere Pläne für den Bau von Vortriebsmaschinen hingewiesen. Es ist zu erwarten, dass sich schon in wenigen Jahren eine Konkurrenzierung einstellt, welche sich auf die Weiterentwicklung ohne Zweifel günstig auswirken wird. Vorläufig besitzt nur die Firma Robbins die Erfahrung aus dem Einsatz einer grösseren Anzahl ihrer Maschinen. Die Entwicklung auf diesem Gebiet darf aber als sehr erfreulich bezeichnet werden.

5. Schlussbemerkung

Es besteht kein Zweifel, dass wir im Stollen- und Tunnelbau in einen Zeitabschnitt eingetreten sind, in welchem grosse Umstellungen in der Methode des Vortriebes und des Tunnelausbaues notwendig und

Bild 13. Vortriebsmaschine System Lawrence. Bohrkopf mit noppenbesetzten Walzenmeisseln bestückt, zentrales Bohrgestänge für das Pilotloch



auch möglich sind. Wie auf allen andern Gebieten der Technik wird sich auch hier eine Rationalisierung durch den Übergang auf die Maschinenarbeit nicht zurückhalten lassen. Die bisher praktizierte, harte und grosse Ausdauer erfordernde Vortriebsarbeit mit ihrem Tag für Tag wiederkehrenden Rhythmus von Bohren, Laden, Abschlag und Schutterung wird noch kleineren Arbeiten vorbehalten bleiben. Bei grösseren Aufgaben wird die gefährliche Arbeit der Mineure künftig der Maschine übertragen. Es ist auch eine bedeutende Einsparung an Bauzeit zu erwarten. Der vollmechanisierte Vortrieb bietet die Möglichkeit, alle Arbeitsvorgänge gut zu erfassen und zu planen und nach den Prinzipien einer gut eingebütteten Fabrikation durchzuführen.

Für die grossen Bauvorhaben eröffnen sich damit neue Aspekte. Projekte, welche noch vor wenigen Jahrzehnten als utopisch bezeichnet werden konnten, wie zum Beispiel der Bau eines Basis-Bahntunnels von 45 km Länge durch den St. Gotthard oder die Erstellung eines Tunnels unter dem Aermelkanal, rücken nun durchaus in den Bereich einer wirtschaftlichen Realisierung. In nächster Zeit werden sich die Fachleute mit den neuen Fragen eingehender beschäftigen müssen.

Adresse des Verfassers: *Otto Frey-Baer, dipl. Ing., Ringweg 6, 5200 Brugg AG.*

Heilpädagogische Hilfsschule mit Anlernwerkstätten in Zürich

Architekt **E. Rentschler, S. I. A., Zürich**

Zur heilpädagogischen Schulung geistesschwacher Kinder

In der Stadt Zürich besteht eine Reihe von Spezialklassen für schwächer begabte Schüler. Diese können aber nicht alle Minderbegabten aufnehmen, da in den Spezialklassen ein gewisses Niveau eingehalten werden muss. Diejenigen, die unter diesem Niveau stehen, wurden früher aus der Schulpflicht entlassen. Die Schulpflicht schliesst aber nicht nur die Pflicht, sondern auch das Recht zum Besuch der öffentlichen Schulen ein. Wenn ein Kind aus der Schulpflicht entlassen wird, so wird es auch des Rechtes auf Schulung verlustig erklärt. So wie dem normalen Kind neben der Familie noch die Schule helfend, erziehend und unterrichtend beisteht, so braucht aber auch das geistesschwache Kind neben rechten Eltern auch noch die rechte Schule.

In dieser Überzeugung begann Frau Dr. *Maria Egg-Benes* im Jahre 1937 zusammen mit ihrer Schwester, *Luisa Rossier-Benes*, sich jenen Kindern zu widmen, die wegen Geistesschwäche aus der Volkschule ausgeschlossen wurden und trotzdem in ihren Familien verblieben. Aus dieser Arbeit ist im Laufe der Jahre zuerst auf privater Grundlage die Heilpädagogische Hilfsschule entstanden. Im Jahre 1952 wurde sie von der Stadt Zürich übernommen. Sie bezweckt, Kinder zu fördern, die wegen Geistesschwäche von den anderen öffentlichen Schulen ausgeschlossen sind, aber nicht in einer Anstalt, sondern in der Familie leben.

Die Kinder werden den fünf Abteilungen der Schule nicht nach ihrem Alter, sondern nach ihren Fähigkeiten und nach ihrer Eigenart zugeteilt. Übertritte innerhalb der Abteilungen erfolgen ohne jede Formalität, nicht nur am Ende des Schuljahres, sondern auch dann, wenn dies der Entwicklungszustand des Kindes oder die augenblickliche Gruppenzusammenstellung erfordert.

Die einzelnen Abteilungen müssen beweglich sein, weil die Geistesschwachen ungleich begabt sind: ihr Entwicklungszustand kann nicht mit einer Geraden, sondern mit einer Wellenlinie dargestellt werden. Manche Seiten ihres Wesens und ihrer Fähigkeiten entwickeln sich besser, andere wiederum schwieriger. Dies zeigt sich ganz besonders innerhalb der häufigen Musikstunden, in denen sie

in ganz anderer Gruppierung zu finden sind als bei den übrigen Tätigkeiten. Mit Liebe und Geduld gilt es, die jeweiligen geringen Möglichkeiten aufzudecken und dieselben zu erweitern. Dann kann es geschehen, dass man eines Tages vor erstaunlichen Resultaten steht, die das Kind allmählich trotz seiner schwachen Kräfte doch noch erreicht hat. Und das Erfreulichste ist, dass dies auch das geistesschwache Kind selbst merkt. Doch der Weg bis dahin ist lang.

Nötig ist dazu ein wohl ausgebautes System von individuellen Beschäftigungsmitteln, die von den Lehrkräften eigens für sie hergestellt werden: die mannigfachsten Lottos, Lesespiele, Satzmosaike, Silbenwürfel, Arbeitsblätter, Kaufmannsspiele, Rechenspiele, Denkspiele verschiedenster Art, usw. Die zahlreichen Beschäftigungsmittel dienen der Erarbeitung neuer Kenntnisse und Fertigkeiten, aber auch deren Einübung. Das geistesschwache Kind lernt nur das, was sich ständig wiederholt. Diese Wiederholungen geschehen während langer Zeit am besten in einer Arbeitsform, die ebensowohl als Spiel bezeichnet werden kann. Nicht nur die Schaffung von Elementarbegriiffen wird so erreicht, sondern auch die Einübung des für die spätere Handarbeit notwendigen Bewegungsmechanismus. Handarbeit ist in der Heilpädagogischen Hilfsschule ein wichtiges Hauptfach. Hier wurden eigene Unterrichtswege entwickelt, weil die Geistesschwachen sowohl manuell als auch in ihrer schöpferischen Phantasie beschränkt sind. Durch systematisches Vorgehen kann man im Laufe der Jahre auch den Geistesschwachen zahlreiche Techniken beibringen, die sie in der Folge einwandfrei beherrschen und richtig anwenden können.

Die harmonische Entwicklung der schwächer begabten Kinder wird durch reichliches Musizieren unterstützt, wobei Singen und Rhythmisierung nicht voneinander getrennt werden, denn Melodie und Bewegung gehören auf dieser Stufe noch weitgehend zusammen. Nicht nur die Vokalmusik, sondern auch das Instrumentenspiel wird gepflegt.

Der Weg der Kinder beginnt in der untersten Abteilung, einer Art «Kindergarten», obwohl die meisten schon im schulpflichtigen Alter stehen. Hier wird versucht, einem geistig im Kleinkindalter Verbliebenen dazu zu verhelfen, dass es so weit als möglich zum Schulkind wird.

Handarbeitsraum

