

# **Spritzbetonmanipulatoren in Kompaktbauweise im praktischen Einsatz**

## Automated Construction Methods The Use Of Shotcrete Manipulators In Tunnelling

Dipl.-Ing. (FH) Hans Dieter Müller, Putzmeister-Werk, Aichtal

Der Streckenneubau der Deutschen Bundesbahn Hannover - Würzburg und Mannheim - Stuttgart ist durch den Einsatz von Großmaschinen gekennzeichnet.

Hiezu gehören auch die Einsätze von großen Spritzmanipulatoren, die ein wirtschaftliches Auftragen des Spritzbetons in großen Mengen erst ermöglichen. Ziel dieser neuen Handhabungssysteme ist es, die erschwerten Arbeitsbedingungen des Spritzbetonführers zu erleichtern und den Arbeitsplatz des Spritzbetonführers sicher zu machen. Mit diesen Methoden war es auch möglich, erstmalig Betonmengen von 20 m<sup>3</sup>/h und mehr zu spritzen und damit die Abschlagszeiten entscheidend zu verringern.

Die ersten Spritzmanipulatoren wurden in den nordischen Ländern Schweden und Norwegen entwickelt und zum Einsatz gebracht. Bedingt durch die großen Tunnelarbeiten auf der Neubaustrecke wurden diese Manipulatoren auch in Mitteleuropa eingesetzt und weiterentwickelt. So ist es möglich, Tunnelquerschnitte von 10 - 150 m<sup>2</sup> mit den heute vorhandenen Manipulatoren abzudecken.

Der Weiterverbreitung des Naßspritzbetons kam die Entwicklung der Spritzmanipulatoren entgegen, da hier die hohe Leistung des Naßspritzverfahrens voll zum Tragen kommt.

Der Einsatz der neu auf den Markt drängenden Erstarrungsbeschleuniger wird ebenfalls zu dieser Entwicklung beitragen!

---

The construction sites of the German Federal Railway's Hannover-Würzburg and Mannheim - Stuttgart Express Railway Lines are characterized by the use of large machinery.

This includes the use of large shotcrete manipulators permitting to apply large quantities of shotcrete in an economical way. It is the purpose of these new systems to improve the difficult working conditions for the shotcreting crew and to increase the safety. These methods allowed for the first time to apply more than 20 m<sup>3</sup> of shotcrete per hour, which resulted in a considerable saving of time.

Shotcrete manipulators were first developed and employed in Northern European countries (Sweden and Norway). In view of the largescale tunneling work for the German Federal Railway's new express lines, these shotcrete manipulators were also used in Central Europe. At the same time development was carried on, so that it is possible to cover tunnel cross-sections of 10 to 150 m<sup>2</sup> by means of the now available shotcrete manipulators.

The propagation of the wet shotcreting method favoured the development of the shotcrete manipulators, because they help to prove the efficiency of this method.

The use of the new accelerating agents will also contribute to this development.

---

Der moderne Tunnel- und Stollenbau ist heute ohne die Anwendung von Spritzbeton nicht mehr denkbar. Die nahe Zukunft wird zeigen, daß der Naßspritzbeton einen Großteil dieses Marktes erobern wird.

Naßspritzen mit fertig gemischtem Beton und modernen Betonzusätzen in Kombination mit Beton-Spritzmaschinen eröffnen eine neue Ära bei den Sicherungssystemen im Tief- und Untertagebau. Nicht nur zwei- bis dreifach höhere Leistung, sondern auch bessere Betonqualität, staubfreies, sicheres Arbeiten und höhere Profil-Genauigkeit und vor allem größere Spritzleistung pro Stunde.

spritzverfahren ermöglicht eine wesentliche Erhöhung der Vortriebsgeschwindigkeit mit allen Vorteilen einer schnelleren Bauabwicklung.

Es ist weiter nicht verwunderlich, daß vor allem aus den nordischen Staaten, wo das Naßspritzen seit langem favorisiert wird, die ersten Spritzarme bereits im Jahre 1960 (Tunnel Hölges) entwickelt wurden.

Als Förderpumpen wurden zu dieser Zeit, und teilweise heute noch, vielfach Schneckenpumpen verwendet, da sie einen absolut gleichmäßigen Förderstrom erzeugen, andererseits bei den großen Mengen, die pro Stunde verarbeitet

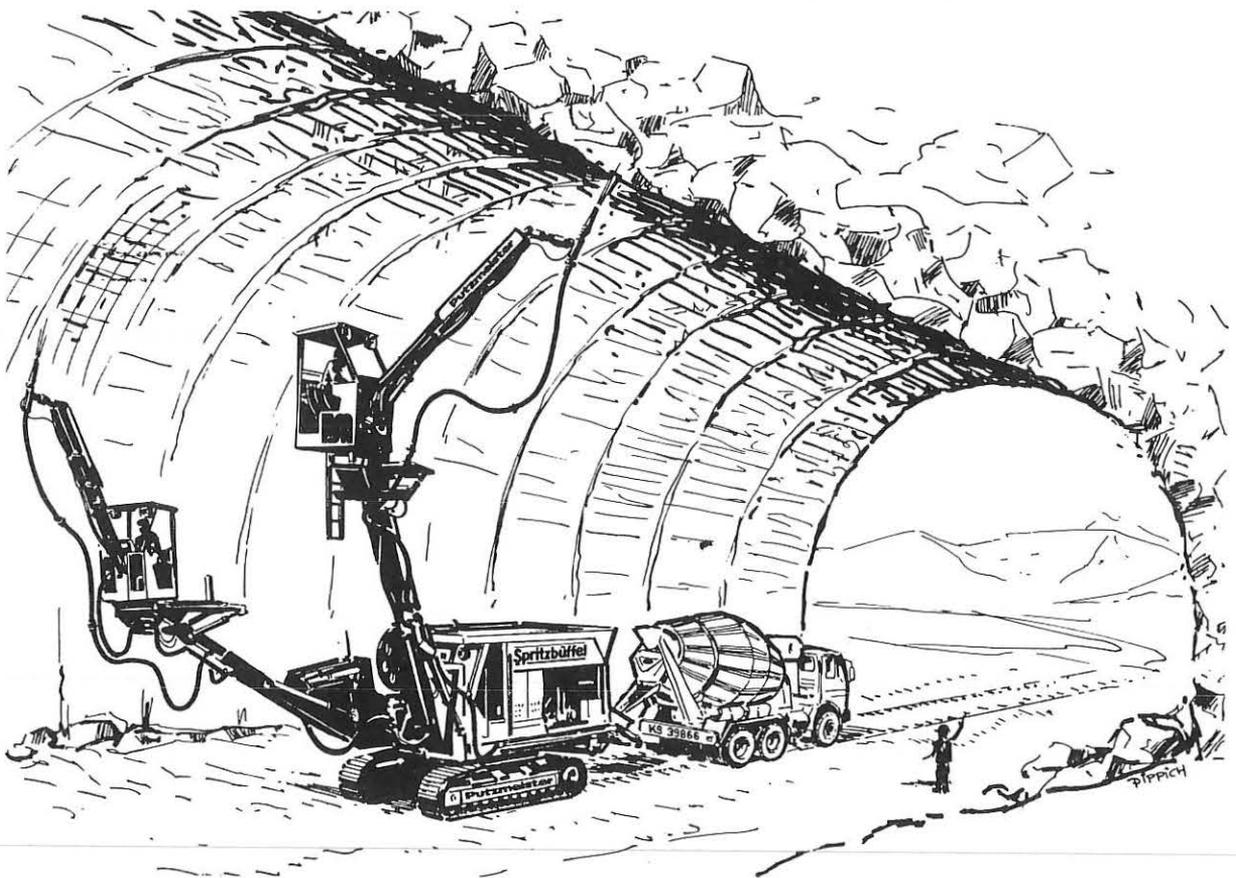


Abb. 1

Diese größeren Spritzleistungen pro Stunde, die mit den Naßspritz-Betonpumpen verwirklicht werden konnten, waren von Hand nur noch bedingt zu verwirklichen, sodaß sich zwangsläufig eine Mechanisierung dieser Arbeiten in den Vordergrund drängte, die gleichzeitig die Gefährdung des Düsenführers auf ein Minimum reduzierte.

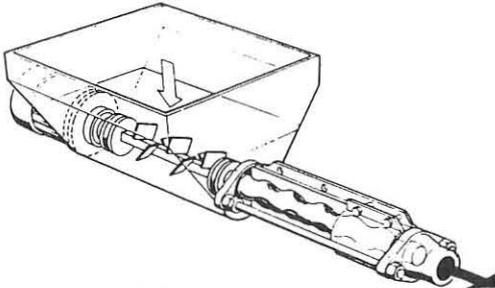
Die Verkürzung der Betonierzeit zum Einbringen einer vorläufigen Sicherung im Naßspritzverfahren von 30 - 50 % gegenüber dem Trocken-

werden, jedoch einen sehr hohen Verschleiß haben.

Diese besonders einfache und leicht zu reinigende Maschine (Abb. 2) eignet sich für gut pumpbare Mischungen bis Körnung 16 mm und Drücke von 15 - 20 bar. Durch 50er Schläuche kann ca. 50 - 80 m weit gepumpt werden. Die Rührflügel der Antriebswelle homogenisieren das Material im Trichter. Auf günstigen Kornaufbau, etwa Sieblinie B 8 nach DIN 1045, vorschriftsmäßige Mehlkornmengen (ca. 500 kg/m<sup>3</sup> und weiche Betonmischungen 10 - 15 cm

Slump sind zu achten, um wirtschaftlich mit der S 8 zu arbeiten.

### Exzenter Schneckenpumpe



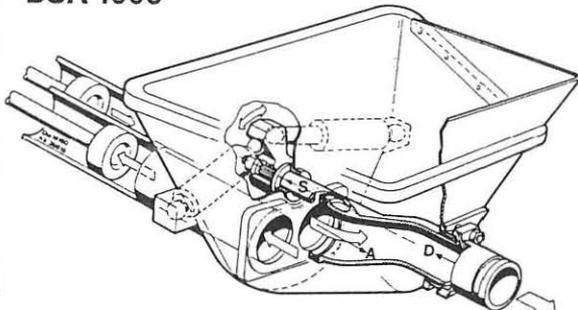
Die Exzenter-Schneckenpumpe ist äußerst einfach und leicht zu reinigen. Für niederen Druck.

Abb. 2: Schneckenpumpe

Die Baumaschinenindustrie war daher gefordert, hier neue Geräte zu entwickeln, was mit der Doppelkolbenpumpe, die speziell für den Spritzbetoneinsatz entwickelt wurde, möglich wurde.

Vor allem die Weiterentwicklung der S-Rohr- und Delta-Weichen mit sehr schnellen Umschaltzeiten hatte hier den entscheidenden Vorteil gebracht. So konnte man die Umschaltzeiten auf ca. 0,2 sec. reduzieren, was entscheidend die Unterbrechungen an der Spritzdüse positiv beeinflusst hat.

### Kolbenpumpe BSA 1000

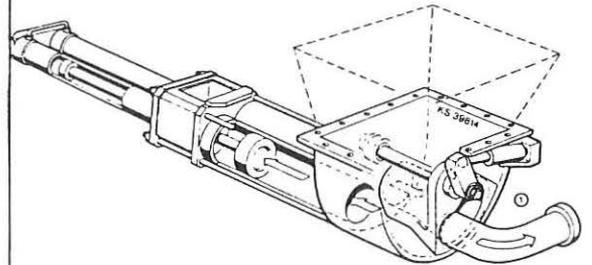


PM-S-Rohr für Grob beton, extrem verschleißfest, stoßarm.

Abb. 3: Kolbenpumpe mit S-Rohrweiche

Mit 100er Rohrweichen-Druckauslaß kann diese Maschine Körnungen bis 32 mm verarbeiten. Vorzugsweise 0 - 16 oder auch 0 - 8 mm. Ebenso wie die Delta-Pumpe kann die BSA auch Zementpaste und Injektionsmörtel gegen hohe Drücke fördern. Kolbenhub 1000 mm, 120 mm Zylinder- $\varnothing$ , bis 15 m<sup>3</sup>, stufenlos verstellbar. Spezielle Hydrosteuerung für gleichmäßige Förderung und unterbrechungsfreien Spritzstrahl (Abb. 3).

### Kolbenpumpe BD 700



Kolben-Delta-Pumpe BD 700. Hochdruck-Kompaktversion 100 bar, 65 mm Druckstutzen.

Abb. 4: Kolbenpumpe mit Delta-Rohrweiche

Die superkompakte Hochdruckmaschine (Abb. 4) für schwierige Betone bis 16 mm, verstellbar von 0 - 12 m<sup>3</sup>/h, Drücke bis 100 bar effektiv, Druckauslaß direkt für Förderleitungen DN 65. Vollhydraulisch gesteuert, kurze Umschaltzeiten für stoßarme Förderung. Die Spritzbetonpumpe der Zukunft.

Der Naßspritzbeton in der Korngröße 0 - 8 mm wird vom Werk fertiggemischt und mit einem Wasser/Zement-Faktor unter 0,5 angeliefert.

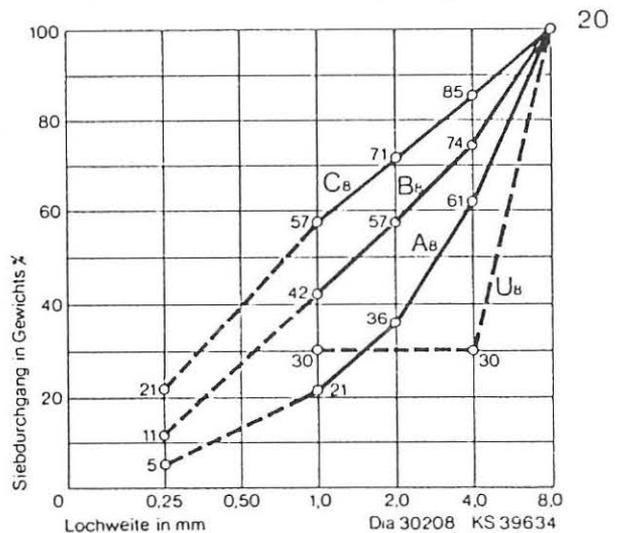


Abb. 5: Sieblinie B 8 nach DIN 1045

Hier sei noch auf den Vortrag von Herrn Göhre beim Spritzbetonseminar 1984 hingewiesen.

Die Konsistenz wird auf der Baustelle mittels Verflüssiger auf ein Ausbreitmaß von 47 - 50 cm gebracht.

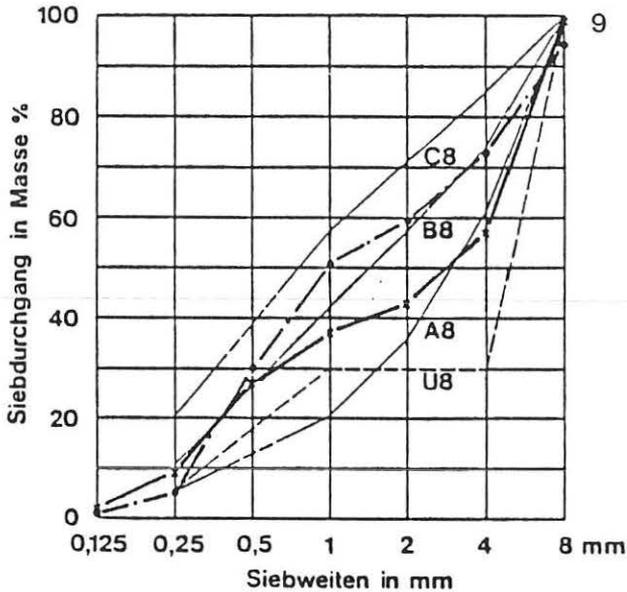


Abb. 6: Sieblinie der Zuschläge  
 - - - - - Dietershan  
 - x - x - Rauheberg

Es sei einmal ganz klar herausgestellt, daß dies nicht notwendig ist, um das Material pumpbar zu machen, sondern lediglich dazu dient, die Zylinderfüllung der Betonpumpen zu optimieren, denn nur dadurch, daß man eine Zylinderfüllung von über 90 % erreichen will und kann, kann man entscheidend die Unterbrechungen im Förderstrom an der Düse beeinflussen und auf praktisch Null reduzieren.

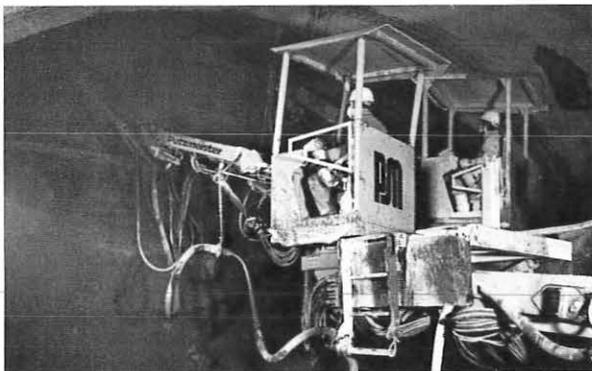


Abb. 7: Arbeitsplatz des Düsenführers beim Einsatz des Spritzroboters

Ein weiterer Punkt für die Entwicklung der Spritzroboter war die Sicherheit des Düsenführers, da bisher der Düsenführer an den gefährdetsten Stellen des Vortriebes stehen mußte und hier besonders durch herabfallendes Gebirge gefährdet war; andererseits stand er vor allem beim Trockenspritzen mitten im größten Dreck, sprich: Rückprall und Zementstaub, und war somit auch gesundheitlich stark gefährdet.

Vor allem die Neubaustrecken der Deutschen Bundesbahn, aber auch zuvor die Neubaustrecken in Italien zwischen Udine und Villach auf der österreichischen Seite haben den Naßspritzbeton gefördert, so wurde z. B. sowohl beim Eisenbahnbau als auch beim Autobahnbau auf dieser Strecke ausschließlich Naßspritzbeton eingebaut, u. a. unter Verwendung von Autobetonpumpen mit Tunnel-Verteilmasten und angebauten Naßspritzeinrichtungen. In Frankreich wurde der erste Spritzroboter im Jahre 1978 ausgeliefert.

Es handelte sich hierbei um einen Spritzarm aus norwegischer Produktion, aufgebaut auf ein gebrauchtes Catapillar-Fahrgestell mit angebaute Schneckepumpe mit einer Stundenleistung von 10 m<sup>3</sup>.



Abb. 8: Naßspritzgerät auf Raupenfahrwerk mit einem Spritzmanipulator

Das zweite Gerät wurde bereits mit einer Doppelkolbenpumpe ausgerüstet, allerdings noch mit separat angetriebener Schneckendosierpumpe für den Erstarrungsbeschleuniger.



Abb. 9: Leistungsfähige Naßspritzanlage

Diese Entwicklung wurde durch den Neubau der Bundesbahnstrecken, die außer den übrigen Baumschienen auch die Entwicklung der Spritzroboter enorm gefördert hat, aufgegriffen und bereits im Jahre 1981 konnte der erste Proto-

typ mit 10 m-Spritzarm am Sulzhoftunnel eingesetzt werden. Hier zeigte sich dann, daß die Spritzbetonleistungen noch enorm gesteigert werden konnten und somit die Abschlagszeiten verkürzt, da die Spritzbetonzeit einen entscheidenden Einfluß auf die Gesamtabschlagszeit hat.



Abb. 10: Spritzarm

Zur Zeit im Einsatz befindlich sind speziell 2-Arm-Typen, von denen heute behauptet werden kann, daß sie sich durchgesetzt haben. Dies sind die 3-fach teleskopierbaren Arme mit einer Bedienungsbühne zwischen A- und B-Arm.

Dieser Weg wurde vom Haus PUTZMEISTER konsequent beschritten, da man der Meinung ist, daß der Bedienungsmann möglichst dicht an der Arbeit sitzen muß, da er nur so das Arbeitsfeld überblicken und somit auch eine hochqualifizierte Arbeit leisten kann.

Durch die konsequente Weiterentwicklung der Spritzroboter zu zweiarmigen Großgeräten konnte die Spritzbetonzeit von ca. 2,5 Std. auf 1 Std. pro Abschlag reduziert werden.

Diese Geräte sind so ausgerüstet, daß sie zwei absolut unabhängig voneinander arbeitende Spritzbetonlinien haben, d. h. von der Betonpumpe bis zur Spritzdüse sind alle Geräte doppelt. Des weiteren ist das Gerät so ausgelegt, daß die Spritzarme unabhängig voneinander arbeiten können auf Grund ihrer 3-fach Teleskopierbarkeit.

Sie können rechtwinkelig vom Grundgerät in den Ulmen mit dem Spritzen beginnen und hin zur Firste den gesamten Querschnitt bestreiten.

Des weiteren ist bei Ausfall eines Gerätes oder einer Linie, die andere Linie in der Lage, den gesamten Tunnelquerschnitt mit einer

Basisbreite von 13 m und einer Höhe von ca. 7 m zu bestreiten.

Vom Hause PUTZMEISTER wurde hier konsequent der Weg begangen, nur Neuteile vom Trägergerät bis zur Spritzdüse zu verwenden. Dieser Weg hat sich als absolut richtig erwiesen, da jedes Gerät so gut ist wie seine schwächste Stelle.

Es wurden verschiedene andere Geräte produziert, die sich jedoch nicht durchsetzen konnten, da einfach die Konsequenz in der Konstruktion fehlte bzw. hat man Geräte der verschiedensten Hersteller miteinander kombinieren wollen, teilweise Neu- mit Altgeräten und die Zusammenwirkung dieser einzelnen Komponenten ließ dann doch zu wünschen übrig, was dazu führte, daß diesen Geräten keine hohe Lebensdauer bzw. Einsatzdauer beschieden war.

Dies ist beim Einsatz des Naßspritzverfahrens kein Problem, da der Bedienungsmann frei von Belästigungen durch Staub- und Spritznebel ist. Die andere Armkonstruktion, wie sie z. B. von Meynadier gebaut wird, ist mit Fernsteuerung ausgerüstet, sie war ursprünglich für den Einsatz im Trockenspritzverfahren gebaut. Aus den bekannten Gründen konnte der Mann hier nicht - ich möchte einmal sagen - vor Ort sitzen, da er dann im größten Dreck, sprich: Spritznebel, gesessen hätte, was aus Gründen der Gesundheitsgefährdung nicht wünschenswert war.

Hier war die Fernsteuerung von Vorteil, da der Mann dadurch außerhalb dieser Belästigungszone war. Die Fa. Meynadier ist heute auch in der Lage, einen Bedienungsstand im oberen Armbereich zu liefern.

Die Zwillingsspritzgeräte auf Raupenfahrgeräten waren naturgemäß nicht besonders schnell beweglich auf Grund des Raupenantriebes, andererseits brauchte man für kleinere Tunnelquerschnitte und vor allem für das Nachprofilieren schnell bewegliche Geräte, die sowohl in der Kalotte als auch in der Strosse eingesetzt werden konnten.

Dies führte zwangsläufig zu Spritzgeräten, montiert auf Radfahrgeräten, wie z. B. Daimler-Benz MB-Trac oder Hubbühnen. Hier verfügt der Markt zur Zeit über Geräte mit Armlängen von 4 - 12 m, sodaß praktisch jeder Tunnelquerschnitt von 10 - 150 m<sup>2</sup> heute mit Spritzbetonrobotern abgedeckt werden kann.

## Dosierpumpen für Betonzusatzmittel

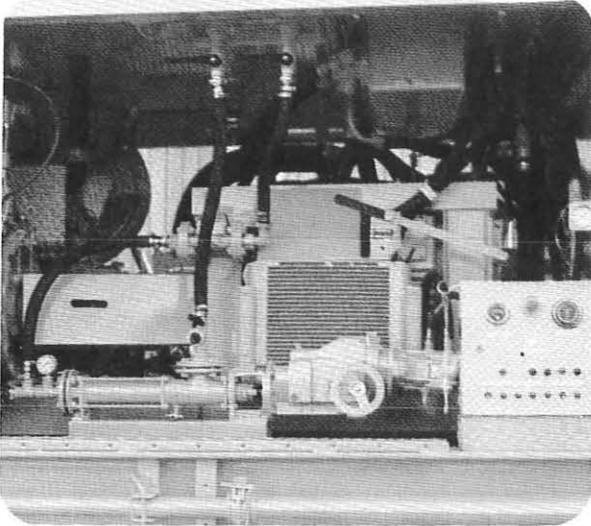


Abb. 11: Dosierpumpen für Erstarrungsbeschleuniger (BE)

Elektrisch getriebene Exzenter-Schneckenpumpe und Kolbendosierpumpe (Abb. 11). Handrad erlaubt stufenlose Fördermengeneinstellung. Die Pumpe wird gleichzeitig mit der Betonpumpe aus- und eingeschaltet.

Hydraulische Synchronisation der Dosierpumpe ist möglich bei hydraulisch angetriebenen Betonpumpen. Hier wird das die Betonpumpe antreibende Hydrauliköl auch durch den Hydromotor der jetzt hydraulisch angetriebenen Dosierpumpe geschickt. Durch diese hydraulische Synchronisation ändert sich (bei konstantem Verhältnis) die Fördermenge der Dosierpumpe in gleichem Maße wie die der Betonpumpe, wenn diese von Hand oder über Fernsteuerung entsprechend geregelt wird.

Exzenter-Schneckenpumpen sind sehr einfach konzipiert, selbst ansaugend und selbst entlüftend. Sie sind jedoch nicht trockenlaufsfähig. Bei Druck über 10 bar tritt zunehmend Schlupf auf, d. h. die Fördermenge ist nicht mehr konstant. Von Zeit zu Zeit muß daher die effektiv an der Düse ausfließende Menge geprüft werden. Höherer Druck kann auftreten bei kaltem, dicksteifem Wasserglas und bei verengten Leitungen oder Verengungen in der Düsenöffnung durch Zementanbacken usw. Empfohlen wird rechtzeitiger Austausch der Verschleißteile. Nachspannbare Gummistaturen sind zunächst nicht vorgesehen.

Kolben-Dosierpumpen sind zwar teurer als Ex-

zenter-Schneckenpumpen, jedoch in ihrer Fördermenge konstant, unabhängig vom Förderdruck. Ebenso sind sie auch fast verschleißfrei. Die Kolbenpackung kann, wenn nötig, nachgestellt werden. Ihre Betriebssicherheit ist erheblich größer. Wenn der Vorratstank des Schnellbinders über der Pumpe angeordnet ist, bestehen keine Probleme mit Ansaugen und Entlüften. Wegen der leicht stoßweise fördernden Pumpe ist eine nachgeschaltete Schlauchleitung von etwa 20 - 30 m von Vorteil (oder ein kleiner Dämpfungskessel), welcher die Pulsation ausgleicht, sodaß aus der Düse ein gleichmäßiger Strom austritt.

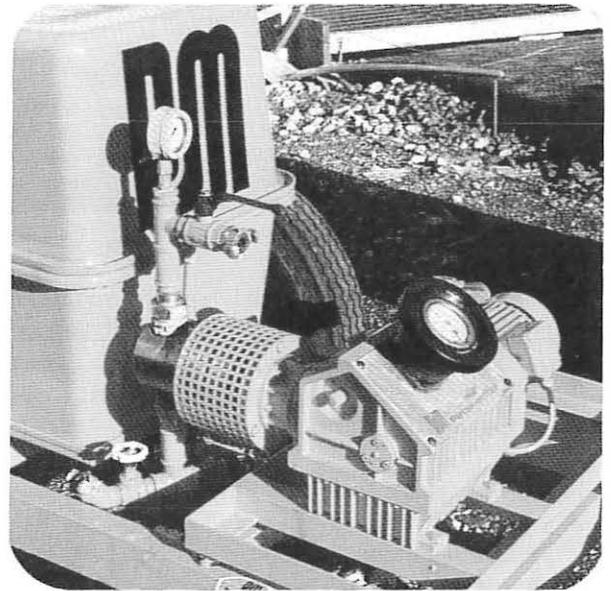


Abb. 12: Kolbendosierpumpe für Erstarrungsbeschleuniger

## Spritzdüse

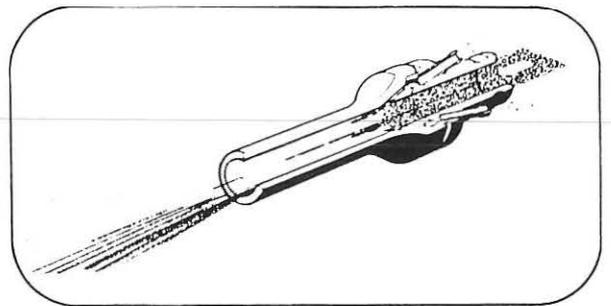


Abb. 13: PM-Betonspritzdüse

Bewährte PUTZMEISTER Vollkunststoff-Düse, Nennweite 50 mm (Abb. 13). Sie hat getrennte Zufuhr von Druckluft und Schnellbinder und eine Ringmischkammer. Die Düse ist über hydraulische Drehantriebe in jede Richtung beweglich. Die zuschaltbare Pendleinrichtung funktioniert über einen alternierenden Ölstrom zum vorderen Drehantrieb.

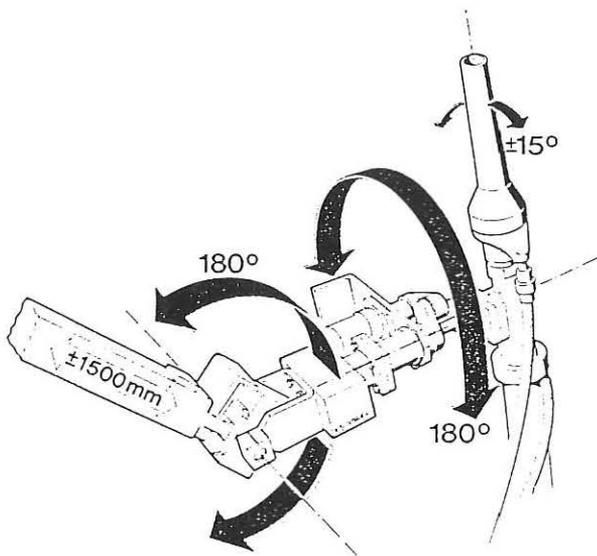


Abb. 14: Düsenbewegungen

Die Baumschienen-Industrie hat mit diesen Pionierleistungen nicht nur einen Schritt in die Zukunft getan, sondern wesentlich dazu beigetragen, Spritzbeton kostengünstig einzubauen, die Sicherheit des Personals entscheidend zu erhöhen und nicht zuletzt die Bauzeit wesentlich zu reduzieren. Jetzt gilt die Forderung an andere Bereiche, diesen Schritt in die Zukunft nachzuvollziehen. So gibt es heute noch keinen vollwertigen Ersatz für das vielgeschmähte Wasserglas. Hier ist die Bau-Chemie aufgefordert, neue Wege zu bestreiten. Abschließend sei gesagt, daß dem Naßspritzverfahren in Großtunneln klar die Zukunft gehört. Die Forderung nach immer kürzeren Bauzeiten und geringeren Herstellungskosten macht moderne Fertigungsverfahren heute unumgänglich. Spritzbüffel sind ein Weg in diese Richtung.

