

310 Meter Betonpumpen-Weltrekord am Fernmeldeturm Frankfurt/Main

Hochförderung ist der entscheidende Leistungsbeweis für Betonpumpen. Am Frankfurter Fernmeldeturm hat eine Putzmeister-Elefant-Betonpumpe alle bisherigen Rekorde weit übertroffen. Alle die, die Leistungsfähigkeit des PM-Rüsselsystems und seiner Ölhydraulik bisher angezweifelt haben, wurden eines Besseren überzeugt:

Sämtliche Erwartungen, die PM selbst in seine Betonpumpen gesetzt hat, sind bestätigt oder übertroffen worden.

Allem voran geht der Dank an die Verantwortlichen des Bauwerkes, die einer Putzmeister-Betonpumpe diese Chance gaben. Weltweit erfahrene deutsche Bauunternehmungen gehörten diesem Konsortium an: DYCKERHOFF & WIDMANN AG; HOLZMANN AG, WAYSS & FREYTAG AG, KUNZ & CO.

Als Bauherren des Fernmeldeturms Frankfurt zeichnen die Deutsche Bundespost und die Firma Hermann Kroepels KG.

Nach seiner Fertigstellung ist er mit 331 m Höhe der vierthöchste Fernmeldeturm der Welt (betoniert bis 295 m).

Die Betonierung begann mit dem üblichen Kegelfundament, gegossen aus Transportbeton mit Auto-Betonpumpen.

Warum Pumpenförderung?

Der Höhentransport von Beton an solchen Turmbauten wurde bisher mit Winden oder Kranen bewältigt. Bei FMT gab man dem Pumpverfahren eine Chance. Der Versuch wurde gemacht, um Betonierzeit während jedem 2,5-m-Tagesschritt der Kletterschalung weitestgehend zu reduzieren. Teure Nacharbeit sollte eingeschränkt werden.

Bei jedem Turmschuß wurde der Beton anfangs stark, dann immer weniger verzögert mit dem Ziel, dass die Gesamt-Betonmenge gleichzeitig erstarrte. Auch dies war nur bei schneller Pumpeinbringung möglich.

Die PM-Betonpumpe schaffte die 60 bis 100 m³ pro Turmschuß regelmäßig in 3-4 Stunden unter Einrechnung der vielen Pausen – selbst bei Höhen über 200 m.

Die Baustelle war eingerichtet, jederzeit auf Kranbetrieb umzustellen. Für diesen Zweck wurden leistungsfähige Winden im Kletterkran installiert.

Nirgendwo wurde ein vergleichbares Hochdruck-Pumpprojekt bisher bewältigt. Dies war für PM



Turmschaft bei 310m Pumphöhe



PM-Elefant BRS 2104 E mit 132 kW-Elektomotor

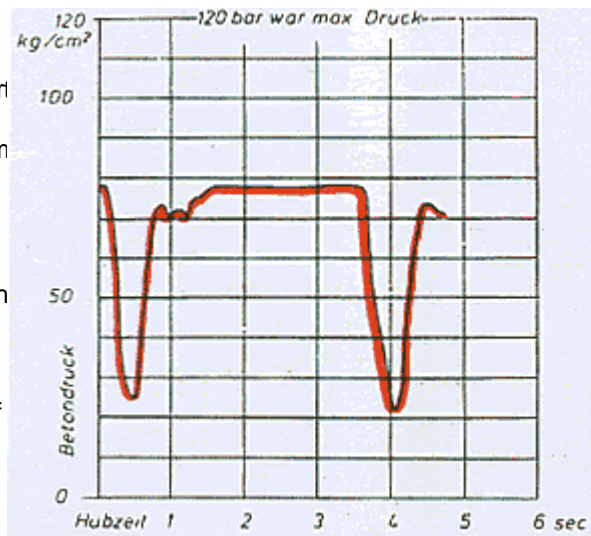
eine Herausforderung als Schrittmacher im Betonpumpenbau, die Grenze der Betonpump-Technik real zu erweitern.

Die Betonpumpe

Verwendet wurde eine serienmäßige BRS 2104 E. Dies ist die Elektroversion der Auto-Betonpumpe BRF 2100, welche seit 4 ? Jahren von PM produziert wird. Die Maschine ist lediglich mit 150 mm Förderzylindern anstelle der serienmäßigen 200 mm - Zylinder ausgestattet. Die eingebaute Hydro-Doppelpumpe mit der patentierten SN-Druckdämpfung arbeitet außerordentlich weich. Sie vermeidet Druckspitzen, welche über den eigentlichen Förderdruck hinausgehen. Dies hat sich bei den großen Förderhöhen und den enormen Beschleunigungskräften hervorragend bewährt. Nach jedem Hubwechsel bringt die SN-Steuerung eine momentane Verzögerung der Förderkolben auf nahezu Kolbengeschwindigkeit „Null“: die 10-13 T schwere Betonfüllung der Förderleitung wird nach jedem Hubwechsel sanft beschleunigt.

Die Pumpe hat beim Förderzylinder 150 mm - ein hydraulisches Druckübersetzungsverhältnis von $i = 2,8$. Effektive Übersetzung $i = 3,2$. Bei 350 bar Hydraulikdruck wurden effektiv 125 bar Betondruck gemessen – z.B. im Falle von Verstopfungen im Verteilermast.

Um den Druck weiter zu erhöhen, wurde bei 250 m Förderhöhe die Pumpe auf Förderzylinder mit 130 mm - umgebaut. Dies ergibt ein Druckübersetzungsverhältnis von $i = 2,1$. Effektive Spitzendrücke von 190 bar wurden im Beton gemessen.



Betonleitung

Die Höchstdruck-Betonleitung und deren Sperr- und Abzweigschieber (Bild 4) wurden von PM speziell für höchste Drücke konstruiert. alle Teile wurden mit 300 bar geprüft. Die Steigleitung besteht aus axial starren Hochdruck-Kupplungen (Bild 7) und starkwandigen Stahlrohren mit 125 mm innerem Durchmesser. Sie war starr verankert. Beim Betonieren von Zwischendecken wurden einzelne Rohre herausgenommen und Abzwegleitungen montiert.

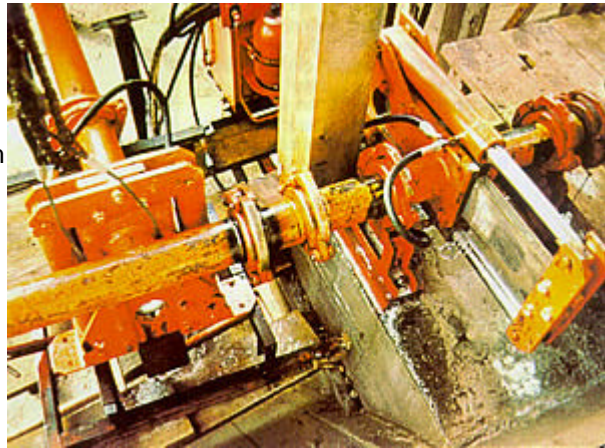


Bild 4

Betonierung des Flachbaus

Neben der Hochförderung wurde dieselbe Betonpumpe auch zur Betonierung des zum Turm gehörenden Basisgebäudes eingesetzt. Hier wurde eine Leitung NG 100 mm verwendet. Sie wurde bei Bedarf an der Pumpe angeschlossen.

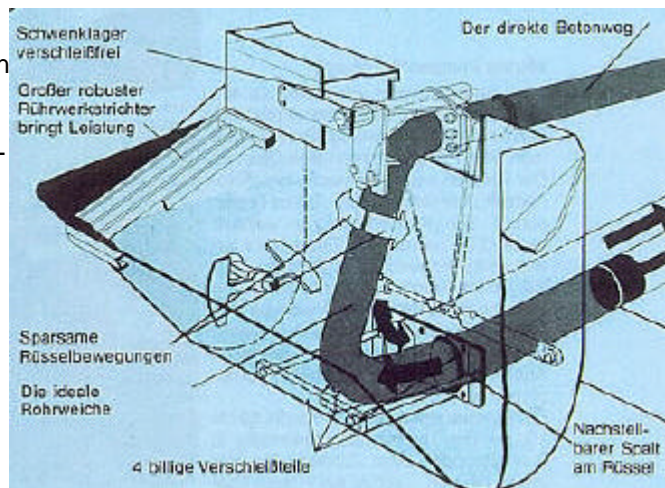
Betonverteilung

Vom Firmenkonsortium wurde eine spezielle Kletterschalung entwickelt. Sie stützte sich in jeder Phase allein auf den Betonwerk ab. Mehrere Etagen nahmen die verschiedenen Arbeitsbereiche auf. Während der Kran in 10-m-Schritten in der Regel einmal wöchentlich klettert, wurde die Schalung für den Turmschaft in Schritten von 1,5 m Höhe hochgezogen.

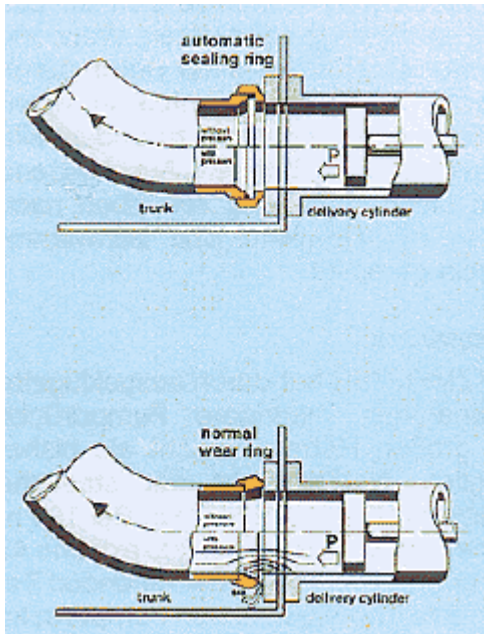
Der Außenbereich unter 200 m Höhe hat 30-50 cm Wandstärke, der Innenkern dagegen nur Zellenwände von 15 cm Dicke für die verschiedenen Fahrstuhl- und Versorgungsschächte.

Über dem Baugerüst war neben dem Turm-Drehkran ein Putzmeister-Verteilmast MD 12-125 montiert. Sein Endschlauch mündete

nicht direkt in die Schalung, sondern wurde während der Betonierung schrittweise verschwenkt in einzelne Löcher, die im oberen kreisförmigen Rundgang eingebaut waren. Von diesen Löchern aus führen ca. 10 m lange Plastikfallschläuche nach unten in die stark armierte Schalung. Diese Fallschläuche – ca. 20 Stück rundum gleichmäßig verteilt – konnten unten in einem Schwenkbereich von 2-4 m leicht hin- und herbewegt werden. Beton-Entmischungen gab es dabei nicht, weil der Beton wie in einem Darm hinunterrutschte – also nicht im freien Fall stürzte. Der Betonfluß in diesen Fallschläuchen war eine Art „Schluckvorgang“.



Häufige Pump-Pausen für die Betonpumpe waren natürlich die Folge dieser Einbauweise. Die Schalung mußte im ganzen Rund gleichmäßig gefüllt werden. Dies bedeutet, dass nach jeweils 0,3-0,5 m³ Betonförderung die Pumpe gestoppt werden mußte (Bild 8). Verteilermast schwenkt zu den einzelnen Füllöchern der Beton-Fallschläuche im oberen Rundgang. Ca. 15 m darunter liegt die Betonschalung. Beim Betonieren des Innenkerns mit seinen nur 15 cm dünnen verwinkelten Wänden mußte die Pumpe langsam arbeiten und oft nach jeweils nur 3-5 Kolbenhüben anhalten – eine besonders schwierige Betriebsbedingung bei derartigen Förderhöhen.



Dichte Rohrweiche

Der PM-Stahlrüssel hatte den sogenannten Automatik-Dichtring (Bild 6). Bei jedem Durchschalten des Rüssels wird dieser Verschleißring automatisch durch den Betondruck selbst gegen die Zylinderöffnung gepreßt und dichtet hermetisch ab. So kann der Beton an der einzigen, kreisrunden Trennstelle zwischen Förderzylinder und Rüssel nicht ausgepreßt werden. Verschleiß wird automatisch ausgeglichen. Auch nach mehreren 1000 m³ ist der Verschleißring noch so dicht, dass damit Wasser gegen vollen Druck von 120 bar gepreßt werden kann – eine echte Neuheit bei Betonpumpen. Früher mußten bei solchen Förderhöhen für jede Pump-Unterbrechung jeweils die Sperrschieber der Rohrleitung geschlossen werden, um ein Ausbluten des Betons in der Pumpe zu vermeiden. Bei der dichten PM-Rohrweiche war dies nicht notwendig. Der Rohrsperrschieber wurde allein zur Sicherheit erst geschlossen, wenn bei Höhen über 200 m längere Pausen auftraten (Bild 4).

Das Rohrweichensystem ist in idealer Weise geeignet für Hochdruckförderung, weil der hohe Druck nur in kreisförmigen Rohrgebilden wirkt –

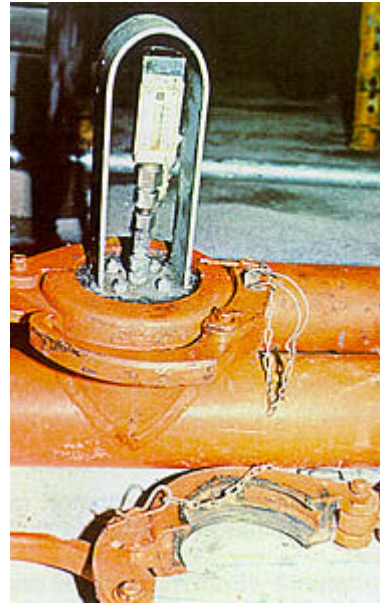


Bild 7



Bild 8

nicht im komplizierten und aufwändigen großflächigen Schiebergehäusen. Der zu beherrschende Dichtspalt ist kreisförmig und hat somit die kleinstmögliche Länge. Die Anpressung der Rohrweiche an die Zylinderöffnung ist bei patentierten PM-System in idealer Weise gelöst – ganz im Unterschied zu vielen anderen Rohrweichenkonstruktionen. Der seit 1976 verfügbare Automatik-Verschleißring (Patente angemeldet) löst das bisher für unmöglich gehaltene Problem, einen dichten Betonschieber herzustellen.

Wenn es dabei ausnahmsweise einmal zu Ausblutungen kommt, dann kann bei dieser Rohrweiche der Betonstopfer im „Schieber“- bzw. „Weichen“-Bereich spielend beseitigt werden durch Knopfdruck; d.h. Umsteuern oder kurzes Rückfördern. Es ist nicht notwendig, Schiebergehäuse, Hosenrohre und ähnliche Einrichtungen zu öffnen, zu reinigen, wieder zusammenzubauen. Betonauspresser im Schieber wären bei derart hohen Drücken ohnehin sehr hart und schwierig zu beseitigen.

Der Beton

Verwendet wurde Hochwertbeton mit 420 kg Pz 450 pro m³, Körnung 0-32 (Bild 9).

Konsistenz 42-45 cm Ausbreitmaß bzw. 4" Slump. Die Betonzusammensetzung und Qualität wurde laufend vom Betoningenieur überwacht.

Der Bn 450 für den Außenschaft wurde wie folgt gemischt:

420 kg Pz 450 F pro m³,
Körnung 0- 2 mm 540 kg
Körnung 2- 8 mm 370 kg
Körnung 8-16 mm 440 kg
Körnung 16-32 mm 440 kg

Beim Innenschaft wurden Körnung 0-16 mit 430 kg Zement pro m³ verwendet.

Der Mehlkorngelalt des Sandes war mit 3-4 Gewichtsprozent sehr gering.



Betonzusatzmittel

Aus betontechnischen Gründen wurde „Noporeen“ Betonverflüssiger (BV) zugesetzt. Hersteller Allgemeine Bauchemie, D-4937 Lage/Lippe. Zweck und Effekt dieses Zusatzes war allein eine verbesserte und sichere Mischung im Tellerzwangsmischer. Ein Verflüssigungs-Effekt wurde nicht angestrebt und auch nicht erreicht. In der Schalung zeigt der Beton trotz starkem Rütteln keinerlei Blutungserscheinungen.

Aus pumptechnischen Gründen wurden von PM keine Zusätze verlangt oder verwendet.



Leitungsschmierung beim Anpumpen

Bei Beginn werden ca. 0,5-1,0 m³ Mörtel vorausgepumpt und oben mit dem Krankübel abgefangen.

Reinigung

Die Bauleitung entschied sich für Leitungsentleerung nach unten. Wenn die Schalung voll ist, wird der Beton durch den Schieber am Turmfuß in einen Dumper oder Krankübel zu anderweitiger Verwendung entleert. Anschließend wird die Betonleitung von oben nach unten mit Druckluft und Schwammkugeln gereinigt.

Pumpdruck

PUTZMEISTER hat durch ausgeklügelte Maßnahmen niedrigere Pumpdrücke bei großen Höhen erreicht als bisher möglich. Natürlich ist der statische Druck pro 4m Höhe = 1 bar. Bei 100 m Höhe wurden 22 bar, bei 200 m Höhe 42 bar gemessen am Fuß der ruhenden Betonsäule. Die eigentlichen Pumpdrücke lagen 40-70 bar höher. Bei 310m Pumphöhe lag der Druck natürlich weit über 100 bar – ein bisher einmaliger Wert beim Betonpumpen.

Pumpverschleiß

Brille und Rüsselring der Pumpe zeigten bei diesem extremen Druck kaum mehr Verschleiß als bei Alltagspumparbeiten. Dies ist auch aus der Konstruktion des Rüsselsystems leicht erklärlich. Die Kolbenmanschetten wurden bei zunehmender Höhe durch auswechselbare Spezialdichtungen ersetzt. Sie sind noch billiger als Serienmanschetten. An den serienmäßig hartverchromten und gehonten Förderzylindern wurde kein Verschleiß gemessen. Der starkwandige Rüssel hat von seinen 22 mm Wanddicke nur 2 mm verloren nach 9000 m³ Betondurchsatz. Wenn man die hier herrschenden extremen Bedingungen in Betracht zieht, ist der Elefant also ein wahres Wunder an Verschleißfestigkeit. Er widerlegt die alte Regel, dass bei hohem Druck der Verschleiß stark zunimmt – wie es bei Wettbewerbspumpen oft tatsächlich der Fall ist.

Letzte Meldung

Am 26.5.1977 wurde die Endhöhe des Betonschafts 295 m mit einer Pumphöhe von 310 m erreicht. Neben dem Schaft wurden vom Weltrekord-Elefant auch die 5 Kanzelplatten in 240 m Höhe gepumpt; die größte mit 56,6 m Durchmesser. Chargen von 150 m³ Frischbeton verlangten hier eine Pumpdauerleistung über täglich 12 Stunden. Das Fördern in Extremhöhen wurde zur Routine! Die bei 280 m Pumphöhe von einer „Eintagsfliege“ sprachen, mußten sich korrigieren: der komplette Turm wurde unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten innerhalb eines festgelegten Zeitplanes gepumpt. Gegenüber der ursprünglich erwogenen Kanküelförderung erbrachte der problemlose Pumpablauf 40% Zeitersparnis beim Betonieren. Fakten, die für die ARGE entscheidend waren, den Elefanten auch für sieben über der) einzusetzen? Turmkanzel zu betonierenden Parabolspiegel-Plattformen (24 m (Bild 10). Kranförderung in diese Einbauhöhen ist technisch mit s9o vielen Problemen behaftet, dass selbst das Pumpen kleiner Chargen vorteilhafter ist.

Putzmeister setzt Maßstäbe in der Beton-Hochdruckförderung!