

Schlüsselbauer Technology GmbH & Co KG, 4673 Gaspolthofen, Österreich

# Start der Fertigung von PCCPs (Prestressed Concrete Cylinder Pipes) für die langfristige Wasserversorgung am Golf von Oman

Zukunftsorientiertes Wassermanagement zählt im Golfstaat Oman zu den strategisch bedeutendsten volkswirtschaftlichen Themen. Dazu zählt einerseits die Schaffung von Infrastruktur zur Bewältigung von wenigen konzentrierten Starkregenereignissen. Die wachsenden Anforderungen an die tägliche Mobilität von Menschen und Gütern lassen es nicht zu, dass durch heftige Regenfälle das öffentliche Leben mehrfach im Jahr stillgelegt wird. Andererseits stellt in einem klimatisch äußerst exponierten Land mit wachsenden Ballungsräumen wie dem Oman die zuverlässige Trinkwasserversorgung eine wirtschaftlich, technisch und zuletzt auch politisch anspruchsvolle Aufgabe dar. Die Wirtschaftlichkeit von Betondruckrohren für den Trinkwassertransport im Vergleich etwa mit Stahl- oder Gussrohren war neben einem legislativen Akt entscheidend für die Inangriffnahme einer mustergültig vorbereiteten Investition in eine komplett neue Betondruckrohrfertigung. Neben konventionellen Betonrohren für die Oberflächenwasserbewirtschaftung sollten in einem neuen Werk nun auch Betondruckrohre mit einem Betriebsdruck von bis zu 25 bar für künftige Trinkwasserprojekte gefertigt werden.

■ Christian Weinberger,  
Schlüsselbauer Technology GmbH & Co KG,  
Österreich ■

Als Teil dieser langfristig orientierten, strategischen Planung entschied man in dem im Sultanat Oman ansässigen Unternehmen Amiantit nach dem Verbot von Asbestfaserzementrohren, neben den bereits etablierten Produkten für den Rohrleitungsbau eine Fertigung für Betonrohre einzurichten. Neben konventionellen Betonfertigteilen wie Stahlbetonrohren und Rahmenbauteilen sollten vor allem Betondruckrohre hergestellt werden. Betondruckrohre zeichnen sich im Vergleich etwa zu Stahlrohren für Druckwasserleitungen durch reduzierte Materialkosten bei gleichzeitig höherer Korrosionsbeständigkeit aus. Zudem sind mit Betondruckrohren dichte Fügungen einfacher realisierbar. Mit der Analyse und Festlegung des Produkt-Konzeptes und der

Präzisierung der dafür benötigten Fertigungstechnik wurde ein internationaler Beraterstab unter der Leitung von Mr. John Munro, Eigentümer von Munro Ltd. mit Sitz in Ontario, Kanada, beauftragt. Weltweit wurden etablierte Produkte und verfügbare Verfahren geprüft, um letztlich eine sichere Vergabeentscheidung treffen zu können. Nach der Empfehlung für eine Auswahl von ausstattenden Unternehmen, die die wirtschaftlichste Fertigung entsprechend den konkreten Anforderungen ermöglichen sollte, begleiten die Experten von Munro den Hersteller weiter bei der Inbetriebnahme der umfangreichen Fertigungstechnik und bei der Aufnahme der Produktion.

Das Segment der Betonfertigteilerstellung ist neu für den Hersteller. Bis dato verfügte man über langjährige Erfahrung mit den Werkstoffen PVC, PE und GFK und den mittlerweile nicht mehr zugelassenen Asbest-



Neben Betondruckrohren werden auch Stahlbetonrohre der Nennweiten DN300 bis DN1800 sowie Beton-Vortriebsrohre hergestellt.



Die 1974 gegründete Amiantit Oman zählt zu den größten produzierenden Unternehmen des Golf-Staates.



Zur Herstellung der für die Dichtigkeit des Betondruckrohres eingesetzten Stahlblechseele wird automatisch ein Zylinder geschweißt und entsprechend der Rohrbaulänge abgelängt und geprüft.



Für die Herstellung der Innenauskleidung aus erdfeuchtem Beton wird der Stahlblechzylinder automatisch auf einer Muffe platziert und nach dem Rüsten der Form ausbetoniert.

faserzementrohren. In der neu gegründeten Firma Amiantit Oman Concrete Products LLC werden nun in einer ersten Stufe Betonrohre für Freispiegelkanäle in den Nennweiten von DN 300 bis DN 1800 sowie Rahmenbauteile von 2.000 x 1.500 mm bis 2.500 x 2.500 mm produziert. Die Rahmenbauteile und die Großrohre von DN 1200 bis DN 1800 werden auf einer Rüttelpressanlage des Typs Exact XL gefertigt, die kleineren Rohrdimensionen werden auf einer Radialpresse hergestellt. Diese Gliederung in zwei Fertigungsverfahren ist mit darin begründet, dass für die Produktion

von Betondruckrohren – der in Folge beschriebenen zweiten Stufe im Aufbau der Betonrohrfertigung – die Wahl auf diesen Maschinentyp für die Innenauskleidung von Stahlzylindern fiel. Zur Entwicklung eines Konzeptes zur Herstellung von Betondruckrohren wurden in

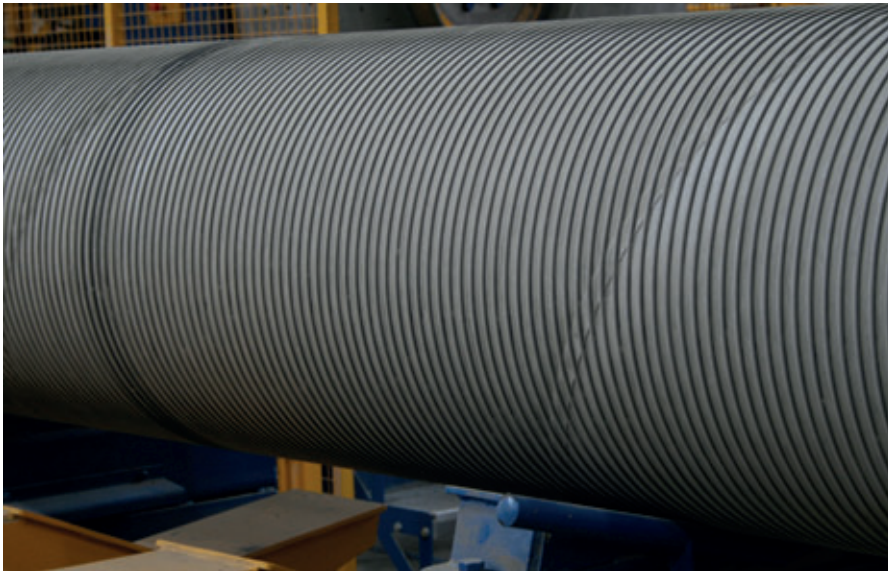
der Vergangenheit angewandte Herstellverfahren analysiert. Die Vielzahl an Methoden, wie etwa ein-, zwei- oder dreischichtige Fertigungsverfahren, Ring- und/oder Längsvorspannung, Stahlrohrverbindungen mit Roll- oder Gleitgummiverbindungen und die daraus resultierenden unter-



Der für die Vorspannung benötigte Stahldraht wird ebenfalls in Coils an die Anlage gebracht.



Die von Schlüsselbauer entwickelte Vorspannmaschine arbeitet mit einer Wickelgeschwindigkeit von bis zu 6 m/s.



Dem erforderlichen Betriebsdruck der Betondruckrohre entsprechend werden Drahtstärke, Vorspannung und Steigung der Wicklung festgelegt.



Im abschließenden Fertigungsschritt wird am Rohr mit Schleuderbeton eine äußere Schutzschicht angebracht.

schiedlichen Produktcharakteristika veranlassten die Entscheidungsträger, einen Beraterstab unter der Koordination eines erfolgreich tätigen Herstellers von Betondruckrohren einzurichten. Nach Klärung der Anforderungen im Rohrleitungsbau im Sultanat Oman und Abgleich mit verfügbaren Herstellmethoden fiel die Wahl auf ein zweischichtig betoniertes Rohr mit Stahlblechseele und Ringvorspannbewehrung, die mit einer aus Schleuderbeton erstellten äußeren Schutzschicht zu versehen ist. Die Druckrohre würden in den Nennweiten DN 600, 800, 1000, 1200 und 1400 entsprechend den Standards AWWA C301 und C303 herzustellen sein. Dementsprechend flexibel mussten die Vorrichtungen zur Herstellung des Stahlzylinders, der Stahlendringe und der Drahtvorspannung geplant werden. Und dementsprechend flexibel

musste auch das gesamte Handling konzipiert werden, um alle kritischen Manipulationsaufgaben vollautomatisch und mit geringstem Aufwand für Umrüstarbeiten ausführen zu können.

Betondruckrohre haben sich seit Jahrzehnten im Einsatz in Trinkwasserleitungen bewährt. So zeigte die Prüfung einer Druckrohr-Versuchsstrecke mit insgesamt vier unterschiedlichen Typen von Betondruckrohren DN 600 für einen Druck von 10 bar in Baden-Württemberg, Deutschland, dass nach Dauerbetrieb über mehrere Jahrzehnte die Rohrleitungen in einwandfreiem Zustand waren. Diese Versuchsstrecke wurde in Jahren 1954 bis 1956 in einem geodätisch hochbelasteten Leitungsabschnitt errichtet, um Erkenntnisse für den späteren Bau einer Fernwasserleitung zu gewinnen. Mehr als ein halbes Jahrhundert

später sollte nun diese Leitung aufgrund ihres Gefälles für die Energiegewinnung nutzbar gemacht werden und der Druck auf bis zu 13 bar erhöht werden. Eingebaut wurden ursprünglich vier damals verfügbare Typen von Druckrohren. Geprüft wurden die drei von der beabsichtigten veränderten Nutzung Betroffenen mit einem Prüfdruck von 14 bar. Nach der ersten positiven Erkenntnis, dass die Rohre nach wie vor in einem sehr guten, einsatzbereiten Zustand waren, folgte die zweite positive Erkenntnis. Die geprüften Rohre hielten auch dem erhöhten Druck problemlos stand. Aufgrund dieser Erkenntnisse lässt sich bezogen auf das Prinzip Betondruckrohr auch im 21. Jahrhundert beruhigt die Aussage treffen, damit Bauwerke mit einer Lebensdauer von mehr als 100 Jahren zu schaffen.



Betondruckrohre können mit unterschiedlichen Fügungen hergestellt werden. Im konkreten Projekt werden Muffen und Spitzenden mit Stahlendringen ausgeformt.



Der hohe Automatisierungsgrad der gesamten Anlage trägt wesentlich zum Schutz von Arbeitern und Produkten bei. So können sowohl Taktzeiten optimiert als auch die Ausschussrate minimiert werden.



Mit Beton ausgekleidete Stahlzylinder härten in Kilns in der Regel einen Tag. Anschließend folgt die Fertigstellung mit Anbringung der Drahtvorspannung und des außenliegenden Coatings.

Wesentlich verändert hat sich am Prinzip Betondruckrohr seit dem zuvor beschriebenen Projekt vor allem die Fertigungstechnik. Einzelne Arbeitsschritte wurden modernisiert, der gesamte Produktionsprozess hochgradig automatisiert und auch einzelne Rohrbestandteile können nunmehr schneller und präziser gefertigt und verarbeitet werden. Insbesondere der Einbau der Vorspannung stellte in der Vergangenheit häufig einen Engpass-Prozess in einer Serienfertigung dar. Mit einer Verarbeitungsgeschwindigkeit von 6 m/s wird nun mit neuester Technik der Vorspanndraht derart rasch eingebaut, dass vor- und nachgelagerte Prozesse dadurch nicht mehr verzögert werden. Das Grundkonzept einer Druckrohrfertigung ist bei alledem jedoch annähernd das gleiche geblieben und umfasst drei wesentliche Bereiche: Stahlzylinderfertigung, Drahtvorspannung und Betonierung. Dazu kommen in einer modernen Betondruckrohrfertigung die Manipulation bzw. das Handling einzelner Komponenten, Halbfertigteile und letztlich des Endprodukts.

In der Stahlzylinderfertigung sind einerseits massive Stahldringer, die später die Muffen der fertigen Rohre ausbilden, herzustellen. Dafür wird entsprechend belastbarer Stahl zu Ringen gebogen, verschweißt und gedehnt. Die innenliegende Seele des Rohres wird aus Stahlblech in je nach Verwendung unterschiedlicher Wandstärke und Breite geschweißt. Bei Amiantit Oman Concrete Products LLC kann Stahlblech der Wandstärken von 1,5 bis 6,5 mm zu rund 6 m langen Zylindern verarbeitet



Eine Reihe von vollautomatischen Manipulatoren bewegen die halbfertigen Betondruckrohre durch die Produktionsanlage. Im Bild ein Einblick auf die Betonauskleidung des Betondruckrohres.

werden. Das Maximalgewicht der zu verarbeitenden Stahl-Coils beträgt 20 t. Nach dem Ablängen der Stahlzylinder werden diese mit den Stahldringer verschweißt. Die Dichtheit aller Stahlzylinder wird lückenlos geprüft. Eine mit einem Prüfdruck von 4 bar über einen Zeitraum von mehreren Minuten laufende Wasserdruckprüfung erkennt geringste Leckagen, die im Fall des Falles bedienerfreundlich direkt auf der Prüfeinrichtung nachgebessert werden können. Im Gegensatz zu alten Maschinen ist es dafür nicht mehr erforderlich, den Stahlzylinder aus der Prüfstation auszufahren. Nach erfolgreich absolvierter Qualitätsprüfung wird der Zylinder auf eine Untermuffe platziert und ist bereit für die Innenauskleidung mit Beton.

Ebenso vielfältig wie die Arten von Betondruckrohren kann das Betonieren von Druckrohren konzipiert sein. Für die einfache Betonauskleidung von Lined Cylinder Pipes (LCP) kann entweder erdfeuchter Beton oder Gießbeton verwendet werden. Für eine mehrfache Betonbeschichtung innen und außen – wie bei Embedded Cylinder Pipes (ECP) erforderlich – können beide Betonierverfahren kombiniert werden oder es wird das gesamte Rohr mit Gießbeton gefertigt. Eine außenliegende Schutzschicht, Coating genannt, wird typischerweise mit Schleuderbeton aufgebracht. Im konkreten Fall wurde aufgrund der benötigten Rohrnennweiten und der gewünschten höheren Produktivität entschieden, zunächst nur Lined Cylinder Pipes herzustellen und für die Innenauskleidung der Stahlzylinder erdfeuchten Beton einzu-

setzen. Nach dem Aushärten der Innenauskleidung in Trockenkammern stehen die Beton-Stahl-Zylinder zur Anbringung des vorgespannten Wickeldrahtes bereit.

#### High-Speed-Vorspanmaschine als Kernelement einer effizienten Betondruckrohrfertigung

Eine von Schlüsselbauer, dem Technologie-Partner von Amiantit Oman Concrete Products LLC, entwickelte Draht-Vorspanmaschine versieht nun den Beton-Stahlzylinder außen mit einer Draht-Radialvorspannung, nachdem eine Grundierung auf Zement-Wasser-Basis auf den Zylinder aufgebracht wurde. Die für diesen Maschinentyp mögliche Vorspannkraft liegt bei mehr als dem doppelten der aktuell in diesem Werk benötigten Vorspannkraft von 20 kN. Für den Hersteller bedeutet dies Flexibilität, falls in der Zukunft Projekte mit erhöhten Anforderungen bedient werden sollen. Weiters können erhöhte Anforderungen auch durch eine Mehrfachwicklung mit Spanndraht erfüllt werden. Vor allem aber zeichnet sich diese Vorspanmaschine durch die Verarbeitungsgeschwindigkeit aus. Bis zu 6 m Vorspanndraht werden pro Sekunde in einer definierten Steigung auf den Beton-Stahl-Zylinder gewickelt.

Neben diesen drei Kernelementen einer Betondruckrohrfertigung zeichnet dieses neue Werk vor allem der hohe Automatisierungsgrad aus. Nun herrscht derzeit zwar kein akuter Arbeitskräftemangel vor Ort. Der Einsatz manueller Tätigkeiten muss in einer effizienten Fertigung insbesondere

von Betondruckrohren auf jene Bereiche reduziert werden, in denen einerseits keine Gefährdung von Personen gegeben ist und in denen andererseits auch die hochwertigen Produkte nicht durch menschliches Fehlverhalten beeinträchtigt werden. Ein Gefährdungsfaktor für Arbeiter im Vergleich zu konventionellen Fertigungsbetrieben ergibt sich aus den Maßen und Massen, die hier bewegt werden. Bereits die Halbfertigteile wie Stahlzylinder bzw. Beton-Stahl-Zylinder weisen erhebliche Massen und in diesem Fall eine Baulänge von rund 6 m auf, die nur maschinell sicher zu manövrieren sind. Intelligente Automatisierung muss hier dazu beitragen, dass durch teil- oder vollautomatisches Handling die Arbeitssicherheit in keiner Phase in Frage gestellt wird und Beschädigungen am Produkt vermieden werden.

Der Hauptgefährdungsfaktor für das Material ist der Mensch. Mit jedem Arbeitsschritt erhöht sich der Wert des Rohrlings bis hin zum einbaufertigen Bauteil. Schlüsselbauer hat mit einer intelligenten Anordnung einzelner Prozesse und einer Reihe von automatischen Handling-Einrichtungen den Anforderungen des Herstellers diesbezüglich voll Rechnung getragen. Für das Handling der Rohmaterialien und der Stahlzylinder wird der Hallenkran eingesetzt. Hier greift noch der Arbeiter mit hoher Eigenverantwortung ein. Das Rüsten der Form zum Auskleiden der Stahlzylinder mit Beton, das Entnehmen der gefüllten Form sowie das Ein- und Auslagern in die Trockenkammern erfolgen ebenfalls mit Hallenkran. Das Aufsetzen der Stahlzylinder auf die Untermuffe vorab geschieht bereits vollautomatisch. Um die nachfolgenden Arbeitsschritte ebenfalls vollautomatisch durchlaufen und menschliches Fehlverhalten nahezu gänzlich ausschließen zu können, wurden mehrfach vollautomatische Manipulatoren installiert. Diese bringen den ausgekleideten Stahlzylinder in Position zur Umwicklung mit Spanndraht, fahren das Halbfertigteil weiter zur Außenbeschichtung – dem Coating – und anschließend zur Übergabe an den Automatik-Kran Transexact. Dieser transportiert das fertiggestellte Betondruckrohr in die Aushärtekammer und anschließend zum Übergabeband für den Abtransport ins Außenlager. Weiters schließt und öffnet der Automatikkrane die Abdeckungen der Aushärtekammern.

Neben dem Technologie-Partner Schlüsselbauer, der zusätzlich zum kompletten Handling-Equipment auch für die Ausstattung für die Stahlzylinderfertigung und -prüfung, für die Vorspanndrahtumwicklung und

das Beschichten sowie für die Produktionsanlage für die Herstellung von Großrohren und Rahmenbauteilen verantwortlich zeichnete, wurden eine Reihe weiterer namhafter Anlagen-Hersteller in diesem Projekt eingebunden. So lieferte etwa Putzmeister eine Betonpumpe zur ortsungebundenen Fertigung von Einzel- oder Serienbauteilen wie zum Beispiel von Straßen-Trennelementen. Die Maschinen zur Herstellung der Korbbewehrung für konventionelle Betonrohre wurden bei MBK Maschinenbau beauftragt und die gesamte Betonmisch- und -förderertechnik wurde von Skako geliefert. Neben den Kübelbahnen wurden insgesamt drei Mischanlagen zu je 1,2 m<sup>3</sup> in Betrieb genommen, die die gesamte Betonfertigung versorgen. Zur idealen Nutzung der großzügigen Fertigungshallen wurde von Demag eine Reihe von Hallenkränen von 5 bis 50 t eingebaut.

Zusammenfassung könnte der Eindruck entstehen, der hohe Automatisierungsgrad im Produkthandling basiere ausschließlich auf den dargelegten Sicherheitsaspekten und nicht auf Kostendruck insbesondere von Personalseite. Es ist diesbezüglich zu präzisieren, dass ein Personalmangel vor allem aufgrund einer hohen Anzahl verfügbarer Gastarbeiter im Oman in absehbarer Zeit nicht zu erwarten ist. Unter Kostendruck geriete eine derartige Fertigung trotzdem, wenn durch manuellen Eingriff laufend Beschädigungen an Halbfertigteilen oder Endprodukten entstünden. Ein zu Ausschuss gemachtes Rohr würde eine unwiederbringliche Erlösquelle vernichten und überdies noch Kosten für eine fachgerechte Wiederaufbereitung verursachen. Auch diesem Aspekt wurde bei diesem Automatisierungskonzept ausreichend Aufmerksamkeit geschenkt. Das Ergebnis ist eine weltweit in der umgesetzten Form und in ihrer Effizienz einzigartige Produktionsanlage für ausgekleidete Betondruckrohre.

Amiantit Oman wurde im Jahr 1974 gegründet und zählt heute zu den größten produzierenden Unternehmen des Landes mit einer breiten Produktpalette. Rund 900 Mitarbeiter sind bei Amiantit Oman beschäftigt, rund 80 davon bei Amiantit Oman Concrete Products LLC. Das Unternehmen geht zurück auf ein Joint Venture der größten Industrie-Gruppen im Sultanat Oman, die Omzest Gruppe, die Suhail Bahwan Group und die Saud Bahwan Group. In der Omzest Group sind aktuell mehr als 75 Unternehmen im Voll- oder Teilbesitz integriert, rund zwei Drittel des Umsatzes werden in produzierenden Unternehmen erwirtschaftet. Die Suhail Bahwan Group umfasst mehr als 40 Firmen und in



Der Automatikkrane Transexact von Schlüsselbauer bringt die Fertigprodukte in die Aushärtekammern und anschließend auf das Austrageförderband. Weiters bedient er die Abdeckungen der Kammern.

der Saud Bahwan Group werden unter anderem Produkte zahlreicher bekannter Automobil-Hersteller wie Ford, Toyota oder MAN vermarktet. Neben der Produktpalette von Amiantit Oman, die vor allem auf den Bausektor ausgerichtet ist, sind im gesamten Firmenverbund unterschiedlichste Leistungen vorzufinden, sodass nahezu die gesamte Bevölkerung des Landes in den Wertschöpfungsprozess integriert ist. ■

#### WEITERE INFORMATIONEN

**SCHLUSSELBAUER** 

SCHLUSSELBAUER TECHNOLOGY GmbH & Co KG  
Hörbach 4  
4673 Gaspoltshofen, Österreich  
T +43 7735 7144 0  
F +43 7735 7144 56  
sbm@sbm.at  
[www.sbm.at](http://www.sbm.at)  
[www.perfectsystem.eu](http://www.perfectsystem.eu)