

Great Man-Made River Projekt



Detailansicht zum Einbau der Steigrohre vor Ort

Transport von Wasser aus der Sahara in die Küstenregionen

Ausreichend Wasser - ein Begriff, der in ariden Zonen undenkbar erscheint. Mit dem Great Man-Made River Project (GMMR) nimmt der Staat Libyen Vorhaben der Wasserversorgung in Angriff, die ähnliche Objekte klein erscheinen lassen. Das Projekt umfasst insgesamt vier Phasen: Phase I begann im Januar 1984 und endete im Dezember 1992; Phase II begann im Juni 1990 und soll Mitte 2000 abgeschlossen sein. Die Phasen III und IV sind in Planung. In dem nachfolgenden Beitrag wird versucht, anhand einer Bauphase die Komplexität darzustellen, beginnend bei den Tiefbrunnen bis zur Abgabe des Wassers an den Endstellen.





Einbau der Steigrohre vor Ort

1. Einleitung

In den sechziger Jahren wurde in Libyen Erdöl gefunden, die Ausbeutung der Vorkommen begann. Damit verbunden war die intensive Suche neuer Lagerstätten. Die Erkundung wurde bis tief in die Sahara ausgedehnt.

Sozusagen als Nebenresultat dieser Explorationstätigkeit stießen die Bohrtrupps damals auf reiche Süßwasservorkommen, deren Umfang für aride Zonen, wie sie der größte Teil Libyens darstellt, die Ausbeutung geradezu unabdingbar erscheinen lassen. Mit diesen Wasserreserven nahmen Pläne Gestalt an, dass Libyen eines Tages die Versorgung seiner Bevölkerung mit landwirtschaftlichen Produkten aus eigenem Aufkommen sichern kann und darüber hinaus diese Erzeugnisse exportiert.

Ursprüngliche Vorstellungen zur Errichtung riesiger Farmen in der Wüste nahe der Brunnen ließen sich nicht verwirklichen. Die Alternative war die Fortleitung des Wassers aus den Brunnenfeldern in die Küstenregionen, um die dort vorhandene Landwirtschaft zu vervielfachen.

Die zu transportierenden Wassermengen bewegen sich nach Abschluss der Arbeiten in Größenordnungen von Über 2 Mio. Kubikmeter/Tag; die Bezeichnung des Leitungssystems als größten von Menschenhand geschaffenen Fluss erscheint gerechtfertigt.

Das Projekt ist in mehrere Phasen gegliedert. Die **Phase I** begann im Januar 1984 und endete im Dezember 1992 mit einem Wertvolumen von 3,6 Mrd. US-\$.

Die **Phase II** startete im Juni 1990 und soll Mitte des Jahres 2000 abgeschlossen sein, das Wertvolumen wird bei 5,7 Mrd. US-\$ liegen.

In der Planung sind die **Phasen III und IV**. Das GMMR-Projekt ist Teil der libyschen "Grünen Revolution". Einige Daten mögen den Umfang dieses Projektes verdeutlichen:

Phase I (östlicher Teil Libyens):

- Errichtung von 2 Produktionsstätten für Betonleitungsrohre mit einer Kapazität von 220 Rohren/Tag
- Erschließung von 2 Brunnenfeldern in Sarir mit 126 Brunnen und in Tazerbo mit 108 Brunnen
- Verlegung von insgesamt 1.895 km Betondruckrohrleitungen mit Nennweiten von 1.600 bis 4.000 mm. Erforderliche Erdbewegungsarbeiten: 130 Mio. Kubikmeter
- Verlegung von 284 km Gußrohrleitung DN 300-600
- Bau von 1.514 km Transportwegen
- Bau eines Lagertanks in Ajdabiya mit einem Volumen von 4 Mio. Kubikmeter.

Phase II (westlicher Teil Libyens):

- Erschließung eines Brunnenfeldes mit rund 500 Brunnen
- Verlegung von insgesamt 1.448 km Betondruckrohrleitungen mit Nennweiten von 1.000 bis 4.000 mm. Erforderliche Erdbewegungsarbeiten: 58 Mio Kubikmeter
- Verlegung von 202 km Gußrohrleitungen DN 300-600
- Bau 1.813 km Transportwegen
- Bau von 2 Pumpstationen einschließlich Sammel tanks mit einer Kapazität von 2 Mio Kubikmeter/Tag
- Komplette Ausrüstung des Brunnenfeldes mit Datenfernübertragungssystem.

Für die Phase II erhielt die pumpenboese KG Aufträge zur Lieferung von Brunnenausbaumaterialien. Dies betraf hauptsächlich pumpenboese stahl Nordhausen für die Fertigung sowie pumpenboese Burgwedel für die Koordinierung (Schaffung eines eigenständigen Bereiches Projektmanagement), aber auch den Betrieb pumpenboese kunststoffe Luckau. Die aus diesen Aufträgen resultierenden, überdurchschnittlich hohen Anforderungen bezüglich Qualitätsmanagement wurden zum Maßstab der täglichen Arbeit. Die hauptsächlich Bauabschnitte der Phase II sollen im Weiteren näher erläutert werden.



2. Brunnenfeld

Das erschlossene Brunnenfeld liegt etwa 700 km südlich von Tripolis in Westlibyen mit einer Ausdehnung von ca. 200 x 200 km. Nach Endausbau wird aus rund 500 Brunnen die tägliche Fördermenge von max. 2 Mio. Kubikmeter/Tag entnommen. Das gesamte Vorhaben ist für eine Lebensdauer von 50 Jahren ausgelegt. Das Wasser ist fossilen Ursprungs; die Lagerstätten bildeten sich vor ca. 12.000 bis 15.000 Jahren, als in der damals grünen Sahara niedergehende Regenfälle sich in Becken sammelten und in den in 300 bis 500 m Tiefe anzutreffenden nubischen Sandstein eindringen. Dieser Sandstein bildet den Aquifer mit einer die notwendigen Entnahmemengen garantierenden Permeabilität. Die Brunnen sind in der Regel bis 300 m Tiefe ausgebaut.

2.1 Filterrohrtour

Die nicht standfesten Brunnen werden verfiltert; zum Einsatz kommen Wickeldrahtfilter aus austenitischem Edelstahl, die bei pumpenboese stahl Nordhausen hergestellt werden (Bild 1). Gemäß den Vorgaben des libyschen Auftraggebers berechnete und konstruierte pumpenboese die Filter für einen Kollapsdruck von rd. 57 bar und eine zulässige Längslast von 15.500 kg. Für den Nachweis der Kollapsfestigkeit und Längslast hat das Unternehmen entsprechende Prüfeinrichtungen: eine Druckkammer für Filter bis DN 300 für max. 100 bar sowie einen Zugprüfstand bis 75 t. In mehreren Tests in der Druckkammer wurde am 6 m-Filter die Kollapsfestigkeit nachgewiesen und so die eigene Berechnungsmethodik bestätigt. Für einen solchen Kollapstest wird der Filter, wie für den tatsächlichen Einsatz (also beiderseits mit Verbindern Buttress Gewinde), produziert. Ein aufgeklebter Gummimantel blockiert die Filter. Der Prüfling wird senkrecht in die 6 m-Kammer eingebracht und an den Verbindern zur Druckkammer hin abgedichtet. Der Ringraum zwischen Kammerwand und "dichtem" Filter wird mit Druck beaufschlagt. Die gewählte Kammerkonstruktion lässt die Kontrolle des Filterinnenraums während des Druckversuchs zu. Eine im Filter hängende Lampe gestattet eine visuelle Kontrolle; ein speziell konzipiertes Messgerät, welches während der Tests im Filter auf und ab bewegt wird, zeigt Verformungen in Abhängigkeit vom Außendruck. Wie bereits angemerkt, konnte bei diesen Tests überzeugend nachgewiesen werden, dass die in Anlehnung an TIMOSHENKO gewählte Formel zur Berechnung der Kollapsfestigkeit richtig ist und die darauf basierende Auslegung des Filters den Praxisanforderungen gerecht wird. Zugtests mit den Filtern bis zum Bruch zeigten, daß das relativ einfache Berechnungsverfahren zur Auslegung von Durchmessern und Anzahl der Längsdrähte den Praxisbedingungen entspricht. Erwartungsgemäß trat der Bruch im Bereich der Schweißnaht zwischen Längsdrähten und Anschlußring auf. Für den Einbau dieses Filter/Vollrohrstranges entwickelte pumpenboese stahl Nordhausen in enger Abstimmung mit dem Kunden die erforderlichen Werkzeuge, u.a. auch einen lösbaren Packer.



Einbau der Steigrohre vor Ort

2.2 Pumpen/Steigrohre

Es werden Pumpen mit einer Fördermenge von ca. 50 l/sec eingesetzt, der Leistungsbedarf liegt bei rund 250 kW. Selbstverständlich ist die Verwendung eines Temperaturfühlers im Motor sowie Trockenlaufschutz mittels Drucksensoren. Die Flanschensteigrohre konstruierte pumpenboese stahl Nordhausen auf der Basis einer vorliegenden technischen Spezifikation des Auftraggebers. Die Steigrohre haben die Abmessung 8" (219 mm), sind 6 m lang und bestehen aus Duplex-Edelstahl. Duplexstahl ist ein für die chemische und Offshoreindustrie entwickelter Edelstahl, der durch seine annähernd gleichgroßen Austenit- und Ferritanteile in der Mikrostruktur (Duplexgefüge) folgende charakteristische Eigenschaften aufweist:

- hohe Festigkeit
- geringe Wärmeausdehnung und höhere Wärmeleitfähigkeit als austenitische Stähle
- hohe Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion, Korrosionsermüdung und Erosion
- hohe Beständigkeit gegen allgemeine Korrosion
- hohe Beständigkeit gegen Lochfraß und Spaltkorrosion
- gute Beständigkeit gegen Spannungsrißkorrosion in H₂O-haltigen Medien.





Steigrohre vor Ort

Duplex Stahl 1.4462 ist mit den meisten der für rostbeständige Stähle üblichen Schweißverfahren gut schweißbar. Der Steigrohrflansch ist ein Vorschweißflansch, basierend auf der DIN 2635 PN 40, der gemäß den Forderungen nach Kabelausparungen und unter Beachtung des Innendurchmessers der Futterrohrtour modifiziert wurde. Gemäß den vorgegebenen Maximalwerten zum Innendruck, zur Gesamtlast einschließlich der Wassersäule sowie zum Anlaufmoment der Pumpe wurde der Flansch zunächst standardmäßig nach DIN 2505 berechnet. Diese Standardberechnung berücksichtigt die Kabelausparungen und die dadurch vorhandenen Verschwächungen nicht; eine weitere differenzierte Berechnung musste erfolgen. Ökonomisch betrachtet ist es heutzutage unabdingbar, einen Flansch so zu optimieren, dass einerseits die technischen Vorgaben erreicht und andererseits die Kosten minimiert werden. Mit einem dreidimensionalen Finite-Elemente-Modell Typ COSAR konnte die spezielle Geometrie des Flansches (4 Kabelausparungen, verändertes Lochbild) rechnerisch erfasst werden. Bild 2 zeigt ein 45° (1/8)-Segment des Flansches in der 3-D-Berechnung. Im Bereich der Kabelausparung liegen die Materialspannungen im mittleren Bereich; kritisch ist der Übergang vom konischen zum zylindrischen Bereich. Hier wurde der Flansch in seiner Auslegung optimiert. Für die Brunnen fertigte das Unternehmen nahezu 18.000 Stück Steigrohre auf einem speziell dafür angeschafften Schweißautomaten. Längs- und Rundnähte wurden einer 100%igen Röntgenprüfung unterzogen. Die erforderlichen Brunnenköpfe und Verbindungselemente bestehen ebenfalls aus Duplexstahl. Der Einbau der ersten Steigrohrtour begleitete pumpenboese stahl Nordhausen mit seinen Fachleuten vor Ort.

2.3 Brunnenstube

Den oberen Anschluss des Brunnens bildete der Brunnenkopf, der für eine Last von 25 t auszulegen war. Die weiterführenden obertätigen Leitungen bestehen aus duktilem Guss mit Zementauskleidung. Das System enthält die üblichen Armaturen für Durchflußmengenmessung, Probeentnahme, Druckentlastung/Ausblaseleitung sowie einen Sandfang und ist dann eingebunden in das erdverlegte Einspeisenetz. Jeder Brunnen hat seine eigene Trafostation. Nach Abschluss aller Arbeiten wird von jedem Brunnen eine Reihe von Daten drahtlos an die Zentrale übermittelt.

3. Leitungssystem

Das erdverlegte Leitungssystem ist ausgelegt in den Nennweiten DN 300 bis DN 600 in duktilem Guss mit Zementauskleidung und PE-Außenschutz, oberhalb DN 1000 bis DN 4000 in Beton. Die Betonrohre wurden bzw. werden in zwei speziellen Fertigungsbetrieben in Brega und Sarir hergestellt. Es ist bekannt, dass folgende Rohrmengen und -abmessungen verbaut werden:

- 46.000 St. Rohre DN 1000-2800
- 42.300 St. Rohre DN 3600
- 77.700 St. Rohre DN 4000

Das Fertigungsverfahren für diese Betondruckrohre soll an einem Rohr DN 4000 kurz dargestellt werden:

1. Schritt:

Herstellung eines Zylinders aus Stahlblech mit 12 mm Wanddicke, Innendurchmesser ca. 4.100 mm, Länge 7.500 mm. Komplettierung mit Zapfenteil aus dickerem Stahlblech, enthaltend 2 Nuten für Dichtringe sowie Muffenteil.

2. Schritt:

In einer Form wird der Stahlzylinder von außen mit Beton beschichtet, Dicke ca. 160 mm.

3. Schritt:

Der Stahl-Beton-Zylinder wird mit ein bzw. zwei Lagen aus vorgespanntem hochfestem Stahl umwickelt.

4. Schritt:

In einer weiteren Form wird eine zweite äußere Betonschicht aufgebracht, Dicke ca. 120 mm.

5. Schritt:

Innenauskleidung des Rohrzyinders mit Beton (analog Gussrohren).

Ein solches Rohr ist 7.500 mm lang, hat einen Außendurchmesser von ca. 4.500 mm und wiegt 75 t. Die Verbindung geschieht mittels Muffe/Spitzende. Das Spitzende besitzt 2 Rundringe, nach der Rohrverlegung wird der Raum zwischen Rundringen aus dem Rohrrinnen heraus einer Druckprobe unterzogen.

Nach dem beschriebenen Verfahren wurden alle benötigten Betonrohr-Fittings, Rohre mit Mannlöchern zur Begehung sowie Rohre mit Schleusen für Molcharbeiten gefertigt. Für die Fertigung aller Betonrohre wurden 7,3 Mio. t Sand und Kies verarbeitet.

Für den Transport der Rohre mit 80 t-Sattelauflegern wurden mehr als 2.000 km Straße durch die Wüste gebaut. Dies sind Pisten aus verfestigtem Mineralgemisch mit einer Breite ausreichend für 2 LKWs.

Das gesamte Betonrohrsystem ist erdverlegt, für die Großrohre war eine durchschnittliche Grabtiefe von 7 m erforderlich. Teile der Trasse führen durch Bereiche, wo Fels bereits wenige Dezimeter unter der Oberfläche ansteht.

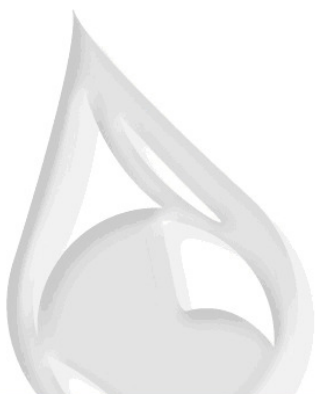
Im Verlauf der DN 4000-Rohrleitung wurden 2 Pumpenstationen errichtet, jede mit 10 Pumpen à 2.000 kW Leistungsaufnahme. Zu jeder Pumpenstation gehört ein Druckbehältersystem aus Stahl mit 10 x 250 Kubikmeter Fassungsvermögen zum Abfangen von Druckstößen.

Betontanks - mit Fassungsvermögen zwischen 80.000 Kubikmeter und 175.000 Kubikmeter entlang der Rohrleitung - dienen der Stabilisierung eines kontinuierlichen Wassertransports im Freigefälle sowie der Wasserentnahme für im Landesinneren vorhandene Siedlungen.

Ca. 600 km von Tripolis entfernt entsteht ein Betonspeicher von 164.000 Kubikmeter Fassungsvermögen sowie ein großer Betriebs- und Instandhaltungsstützpunkt.

Der existierende Ort sowie ein neu zu errichtender Ortsteil für das Servicepersonal erhalten ein zeitgemäßes Wasser-/Abwassernetz. Dabei konnte pumpenboese kunststoffe Luckau seine Leistungsfähigkeit als Produzent und Lieferant von PE-HD-Rohren und -Formteilen, Druckerhöhungsanlagen sowie ingenieurtechnischer Leistungen unter Beweis stellen. An bestimmten Punkten der Hauptleistung befinden sich Probenahmepunkte, die gleichzeitig so ausgelegt sind, dass in die Leitung Chlor injiziert werden kann. Diese Punkte sind aus Korrosionsgründen komplett in Titan und Super-Duplex ausgelegt. Da das Brunnenwasser bestimmte Mengen an CO₂ enthält, wird direkt in den Brunnenfeldern ein System von Entkarbonisierungsanlagen errichtet.

Für Betrieb und Instandhaltung sowohl der Brunnenfelder als auch des Leitungsnetzes werden riesige Komplexe erstellt, zu denen neben Verwaltungs-, Werkstatt- und Lagerbauten auch die Siedlungen mit kompletter Infrastruktur für das Personal gehören.





4. Wasser für alle

Das Grundanliegen der GMMR-Projekte -Wasserversorgung für jedermann - möge an einem folgenden Detail verdeutlicht werden:

Zu Beginn des Jahres 1998 erhielt pumpenboese den Auftrag zur Konstruktion und Lieferung von Camel Watering Points (Kameltränken). An einem solchen Punkt kann aus der erdverlegten Hauptleitung inmitten der Wüste kontrolliert Wasser entnommen werden, hauptsächlich gedacht für die Wasserversorgung von Nomaden und deren Tieren.

Jeder Entnahmepunkt ist mit einer erdverlegten Betonkammer mit Regelarmatur und Wasserzähler ausgestattet. Der obertägige Teil besteht aus einem 75 Kubikmeter-Hochbehälter. Der Behälterauslauf gestattet sowohl die Befüllung von Wasserwagen als auch manuelle Wasserentnahme für Mensch und Tier.

Projekte derartiger Größenordnung erfordern für den Betrieb und die Instandhaltung einen enormen Aufwand. Die libyschen Behörden sind sich dessen durchaus bewusst; sie absolvieren bereits heute Trainingsprogramme in vielen technischen Richtungen. Damit soll sichergestellt werden, dass mit weitgehend eigenem Personal ein störungsfreier Betrieb über die projektierte Lebensdauer möglich ist.

bbr Sonderausgabe Mai 1999

