

**„Rohrleitungssysteme aus PE 100 für die Wasserversorgung  
einer Flüssiggasaufbereitungsanlage und Öl Export Terminal“**

Ing. Albert Lueghamer und Thomas Narbeshuber  
AGRU Kunststofftechnik GmbH / 2004

## Rohrleitungssystem für die Trinkwasserversorgung

Zur Sicherstellung der Versorgung mit Trinkwasser für eine neue Flüssiggasanlage auf der Insel Sachalin (Russland), ist ein Rohrleitungssystem in schwierigem Gelände zu verlegen. Zur dauerhaften Bereitstellung des Trinkwassers war es erforderlich 2 Rohrleitungen parallel in einem Rohrgraben über eine Gesamtlänge von 7 km zu installieren (Bild 1).

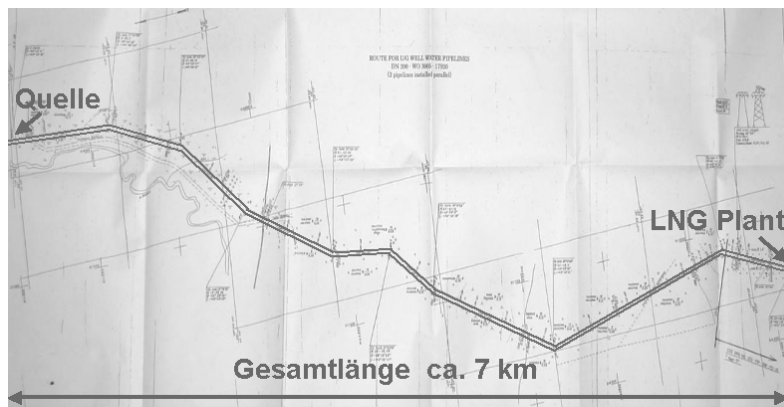


Bild 1 - Verlegeplan

Die lokalen Bedingungen sowohl bei der Verlegung als auch beim Betrieb stellten dabei hohe Anforderungen an das gewählte Rohrleitungsmaterial als auch an die Verlegetechnik. Im Zuge der Ausschreibung waren folgende Rahmenbedingungen für das zu verlegende Rohrsystem festgelegt worden:

- Einsatztemperaturbereich von  $-35^{\circ}\text{C}$  bis  $+35^{\circ}\text{C}$  aufgrund der lokalen Umweltbedingungen
- Verlegetiefe mind. 2500 mm um das Rohrsystem unter der Frostgrenze zu verlegen
- Betriebsdruck bis max. 14 bar bei  $T_{\text{max}} = +35^{\circ}\text{C}$  und einer Mindestlebensdauer von 50 Jahren
- Gewählter Rohrwerkstoff muss für den Transport und die Lagerung von Trinkwasser tauglich sein
- Die Rohrleitung sollte ein geringes Eigengewicht für einen einfachen Transport Vor Ort aufweisen
- Aufgrund der seismologisch sehr aktiven Zone musste das Rohrleitungsmaterial sehr flexibel sein und auch im Bereich der Verbindungen eine hohe Beständigkeit gegen auftretende Kräfte durch Setzungen und Erdbewegungen garantieren
- Die einzusetzenden Rohrleitungskomponenten sowie die verwendeten Schweißgeräte mussten diverse nationale Zulassungen erfüllen
  - DIN GHOST Zulassung
  - Sanitary Zulassung

Die gestellten Anforderungen an das Rohrleitungssystem und die Verlegetechnik haben letztendlich zu der Entscheidung geführt, ein durchgehendes System in PE 100 einzusetzen.

Es ergaben sich nach technischer Auslegung unter Berücksichtigung von hydraulischen Anforderungen und Betriebsbedingungen folgende Rohrleitungskomponenten:

- Rohre extrudiert und Formteile gespritzt aus PE 100 schwarz
  - Dimensionsbereich von d 90 mm bis d 450 mm
  - Bauteilnennwanddicke SDR 9 gemäß ISO 4065 / DIN 8074
- Sonderformteile waren erforderlich, um Entleerungs- und Ventilationsabgänge im Rohrstrang zu errichten, wobei natürlich auch diese Komponenten für die gegebenen Betriebsbedingungen ausgelegt sein mussten.
- Die gewählten Verbindungstechniken sollten einfach und unter den gegebenen Bedingungen vor Ort sicher ausführbar sein. Auch musste sichergestellt sein, dass die Verbindungsstellen für die gegebenen Betriebsbedingungen ausreichend Festigkeit gewährleisten.  
Daraus ergab sich als logische Wahl, die
  - Heizelement Stumpfschweißung
  - Heizwendelschweißung

zur Anwendung zu bringen, um

a) den gesamten Dimensionsbereich mit der gleichen Schweißtechnik abzudecken und

b) an schwer zugänglichen Stellen für die angewendeten Stumpfschweißmaschinen eine alternative Schweißmethode mit ähnlicher Schweißnahtfestigkeit wie die Stumpfschweißung im gesamten Dimensionsbereich zu haben.

Das verlegte Rohrsystem, welches zum größten Teil erdverlegt wurde, ist mit einem Gesamtsicherheitsfaktor von  $C = 1,4$  bei max.  $+35^{\circ}\text{C}$  berechnet. Die Wahl, PE 100 für dieses Projekt einzusetzen wurde mit folgenden besonderen Produktvorteilen begründet:

- Flexibilität (erdbebensicher in der Anwendung, einfachere Verlegung bei den vorherrschenden Umgebungsbedingungen)
- beste Korrosionsbeständigkeit
- witterungsbeständig
- sehr gute Schweißbarkeit
- sehr gute Abrasionsbeständigkeit
- hohe Lebensdauer (> 50 Jahre) für die vorgesehene Anwendung
- breiter Temperatur Anwendungsbereich von  $-40^{\circ}$  bis  $+60^{\circ}\text{C}$

## Verlegung der Rohrleitung

Die Ware wurde per Container auf die Baustelle angeliefert, wobei die gelieferten Rohrlängen mit 11,8 m auf das maximal mögliche Transportmaß abgestimmt waren. Damit war auch gewährleistet, dass die Schweißnähte Vor Ort auf das mögliche Minimum reduziert werden konnten.

Vor Beginn der Verlegearbeiten wurde das lokale Personal, welches sowohl für die Verlegung als auch die Schweißarbeiten eingesetzt wurde, durch einen Supervisor über mehrere Tage eingewiesen. Auch das mit der Ware mitgelieferte Schweißgerät wurde auf dessen Einsetzbarkeit geprüft und die notwendigen Maßnahmen für die Schweißung vor Ort getroffen (Errichtung von Schweißplätzen und Schweißzelten).

Eine unberührte Natur (südliches Sachalin) mit sehr großen Erdöl- und Ergasvorkommen und damit die fehlende Infrastruktur waren Grundlage, welche auch für die Wahl der Verlegetrasse eine maßgebende Rolle spielte (Bild 2). Wetterbedingungen mit stark schwankenden Temperaturen während der Bauphase sowie hohe Anforderungen der nationalen Behörden an den Umweltschutz ergaben weitere Meilensteine, welche bei der Ausführung des Projektes zu berücksichtigen waren. Des Weiteren war der sehr hohe Grundwasserspiegel, der lehmige Boden (Bild 3) und das Erdbebenrisiko ein Kriterium bei der Projektierung.



Bild 2 - Vorbereitung der Rohrtrasse in unberührter Natur



Bild 3 - Aushub des Rohrgrabens bis zu der vorgegebenen Verlegetiefe des Rohres

Die Rohrgräben mussten alle händisch (Bild 4) nachbearbeitet werden, da mit dem verwendeten Aushubgerät die erforderlichen Grabenbedingungen infolge der Bodenbeschaffenheit nicht erreicht werden konnten. Erst im Anschluss daran konnte mit der Vorbereitung der Sandbettung (Bild 5) im Graben begonnen werden. Die Rohre wurden analog der Vorgaben von ATV 127 gebettet bzw. verlegt. Der statische Nachweis für die Grabenverlegung wurde auf Basis einer Verkehrslast (SLW 30) und einer maximalen Gesamtverformung von 6 % vorgenommen. Die tatsächliche Langzeitverformung wurde mit 0,3 % berechnet.



Bild 4 - manuelle Nachbesserung des Rohrgrabens



Bild 5 - Vorbereitung der Sandbettung vor dem Einbringen des Rohrstranges

### Verbindungstechnik:

Wie bereits erwähnt hat man sich im Vorfeld für die Heizelement Stumpfschweißung und die Heizwendelschweißung entschieden. Damit man die einzelnen Rohre nicht in einen 2,5 m tiefen Rohrgraben transportieren musste sowie die Schweißungen an vorher eingerichteten Schweißplätzen durchgeführt werden konnten, wurden die einzelnen Rohrstränge außerhalb des Rohrgrabens geschweißt (Bild 6).

Die vorbereiteten Rohrstränge mit Längen bis zu 400 m wurden dann von den Schweißplätzen mittels Zugerät zu dem vorgesehenen Installationsbereich geschleppt. Dazu wurden an den Rohrenden spezielle Endkappen angebracht, welche so ausgelegt waren, dass Sollbruchstellen eingebaut waren, um die zu schleppenden Rohre gegen eventuell auftretende zu hohe Zugbeanspruchung abzusichern.



Bild 6 - eingerichteter Schweißplatz mit Schweißzelt



Bild 7 - Transport des Rohrstranges zum Rohrgraben

Für die Schweißung Vor Ort wurde von AGRU ein Supervisor bereitgestellt, der sowohl das gesamte Schweißtraining leitete, als auch die Schweißung und Verlegung vor Ort über mehrere Wochen überwachte. Für die Schweißung wurden ausschließlich CNC gesteuerte Schweißmaschinen mit Protokolliereinrichtung verwendet. Besonderes Augenmerk wurde während der gesamten Bauphase auf die lückenlose Dokumentation und Qualitätsüberwachung gelegt.

Erst nach Prüfung und Abnahme der einzelnen Rohrstränge wurden diese im Graben selbst verlegt. Die Umgebungsbedingungen (teilweise starker Wind und Regen) waren widrig und die Verlegearbeiten mussten deshalb trotz getroffener Schutzmaßnahmen mehrmals eingestellt werden.

Nach dem Einziehen in den Rohrgraben wurde die gesamte Rohrleitung (Bild 9) eingesandet, mit dem Aushubmaterial verfüllt und verdichtet.



Bild 8 - Einbringen des Rohrstranges  
in den Rohrgraben



Bild 9 - verlegter und geprüfter  
Rohrstrang im Graben

### **Sonderformstücke:**

Da die gesamte Rohrleitung mit einer Sonderwanddicke produziert wurde, mussten auch die für die Installation der Trinkwasserleitung benötigten Sonderformstücke (Bild 10) speziell angefertigt werden. Die Sonderformstücke umfassten Vorschweißbunde mit speziellen Abstandhaltern aus Stahl, reduzierte T-Stücke für die Entlüftungs- bzw. Entleerungspunkte der Rohrleitung und über spezielle Flansche, die für die Reinigung der einzelnen Rohrleitungsabschnitte zum Einsatz kamen. Die Sonderformstücke wurden speziell für den Seetransport und die Lagerung auf der Baustelle verpackt.



Bild 10 - vorkonfektionierte Sonderformteile für den Einbau in den Rohrleitungsstrang

## **Dokumentation:**

Bevor die einzelnen Komponenten ihre Reise auf die Insel Sachalin antreten konnten, musste eine umfangreiche Dokumentation zusammengestellt werden. Erst nach Freigabe der Unterlagen und der Übersetzung in die russische Sprache wurde die Lieferung durch den Endkunden freigegeben.

Die komplette Dokumentation in Englisch und Russisch bestand aus folgenden Abschnitten.

- Lieferprogramm
- Verlege- und Installationsanleitungen
- Handling, Lagerung & Transport
- Werkzeuge
- Bedienungsanleitung der Schweißmaschinen
- Sonderprogrammierung der Schweißmaschinen
  - SDR 9 – russische Sprache

## **Prüfungen:**

Bevor die Rohrleitung endgültig im Graben verschüttet wurde erfolgte eine Druckprüfung. Die Dichtheitsprüfung wurde mit 1,5 x PN analog der DVS 2210 Teil 1 durchgeführt. Der maximale Betriebsdruck von 21 bar (Bild 11) wurde über eine Dauer von 4 Stunden aufrechterhalten.

Die Druckprüfung wurde partiell durchgeführt, das heißt, es wurden Rohrabschnitte von ca. 500 m geprüft. Im Zuge der Drucktests wurden keine Undichtigkeiten festgestellt und damit die im Vorfeld betriebene Qualitätssicherung bei der Schweißung und Verlegung als erfolgreich und sinnvoll nachgewiesen.

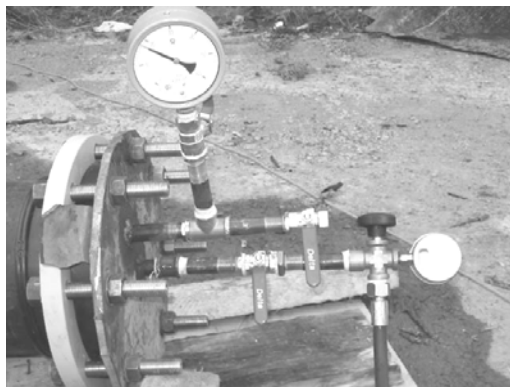


Bild 11 - Anordnung der Druckprüfung

## **Schlussbetrachtung:**

Ausschlaggebend für die Verwendung von PE 100 Rohren und Formteilen war in erster Linie die hohe Flexibilität des Werkstoffes, das leichte Gewicht und die hervorragenden Langzeiteigenschaften.

Die Installation unterhalb der Forstgrenze von 2,5m ermöglicht einen ganzjährigen Betrieb, was für die Aufrechterhaltung der Trinkwasserversorgung sehr wichtig war. Auch die wärmeisolierenden Eigenschaften des Werkstoffes haben bei den gegebenen Bedingungen zu einer erhöhten Betriebssicherheit beigetragen.

AGRU hat mit seinen Partnern die komplette Organisation des Projektes von der technischen Auslegung bis zum Einbau des Rohrsystems übernommen.

Auch die Sonderformteile wie z. B. Spezialflansche, V-Bunde mit Abstandhalter oder die vorgefertigten reduzierten T-Stücke wurde von AGRU ausgelegt und im eigenen Hause gefertigt.

Die Rohrleitung für die Trinkwasserversorgung des Flüssiggaswerkes wurde im Februar 2004 in Betrieb genommen.