

# Kombinierte Wanddickenmessung und Rissprüfung einer Gaspipeline mit einem Ultraschallmolch

O. A. BARBIAN, M. BELLER, R. VOGEL, Herbert WILLEMS, NDT Systems & Services, Stutensee

R. DICK, G. LALONDE, Transcanada Pipelines, Calgary, Canada

R. YATES, L. POLLARD, Tuboscope Pipeline Services, Houston, USA

**Kurzfassung:** Im folgenden Beitrag wird die Inspektion einer Gaspipeline mit Hilfe eines intelligenten Molches beschrieben. Der kanadische Pipelinebetreiber Transcanada Pipelines hat eine 168 km lange 36"-Leitung mit einem Ultraschallmolch prüfen lassen, der die kombinierte quantitative Wanddickenmessung und Rissprüfung ermöglicht. Durch diese kombinierte Prüfung konnten operative Kosten reduziert werden und Messdaten von hoher Qualität aufgenommen werden. Diese Daten ermöglichten eine zuverlässige Bewertung der Leitung und erlaubten die Korrelation mit früheren Inspektionen.

## Einführung

Transcanada Pipelines ist einer der größten Pipelinebetreiber Kanadas. Das überwiegend aus Gasleitungen bestehende Netz zieht sich vom Westen bis zum Osten des Landes, mit Anschlussleitungen, die auch in die USA führen.

Um die Sicherheit seines Leitungsnetzes zu gewährleisten, führt Transcanada regelmäßig Inspektionen mit intelligenten Molchen durch. Im folgenden Beitrag wird eine derartige Inspektion vorgestellt, bei der ein Abschnitt des sogenannten WASE Pipeline-netzes untersucht wurde, das sich in Alberta, Kanada, befindet.

Es handelt sich dabei um eine Hochdruckrohrfernleitung mit einem Durchmesser von 36" (DN 900) und einer Länge von 168 km. Die Leitung wurde bereits 1999 inspiziert. Diesmal war jedoch die Besonderheit, dass zum ersten Mal ein intelligenter Molch zum Einsatz kam, der in einem Lauf sowohl eine quantitative Wanddickenmessung als auch eine Rissprüfung durchführen konnte. Es handelt sich dabei um einen Ultraschallmolch aus der LineExplorer®-Flotte der NDT Systems & Services AG. Da dieser Molchtyp ein Koppelmedium benötigt, musste der Molchzug in einem geeigneten Flüssigkeitsbatch (-propfen) gefahren werden.

Aufgabenstellung des Projektes war die flächendeckende Inspektion des genannten Leitungsabschnittes, die Durchführung des Molchlaufes in einem geeigneten Medium, die Auswertung der aufgenommenen Messdaten sowie der Vergleich mit den Inspektionsdaten einer früheren Prüfung.

## 1. Ziele der Inspektion

Es handelt sich bei der zu prüfenden Leitung um eine 168 km lange Gaspipeline mit einem Durchmesser von 36". Die Leitung war zuvor im Jahre 1999 geprüft worden und versagte im Dezember 2003 durch einen Gewaltbruch. Das Versagen erfolgte aufgrund einer Spannungsrisskorrosion, die ursprünglich auf externe Korrosion zurückzuführen ist. Der Betriebsdruck der Leitung musste nach dem Schadensereignis und erfolgter Reparatur auf 5100 kPa verringert werden, mit entsprechendem Rückgang an Fördermenge.

Die hier beschriebene Inspektion wurde durchgeführt, um lokale Gebiete von Spannungsrisskorrosion und Korrosion in der Leitung zu finden, zu vermessen und zu bewerten. Letztendlich sollen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um wieder den ursprünglichen Betriebsdruck von 6205 kPa fahren zu können und die Fördermenge zu erhöhen.

### *Leitungsvorbereitung*

Um eine Pipeline mit Hilfe eines intelligenten Molches inspizieren zu können, müssen bestimmte Hilfsmittel vorhanden sein und die Pipeline muss für die Inspektion vorbereitet werden. Um die Prüfgeräte in die Leitung einzubringen, sind Schleusen installiert, die eine auf den Molch angepasste Länge haben müssen. Da in diesem Fall der intelligente Molch in einem Flüssigkeitspropfen gefahren werden musste, war es notwendig, die Schleusen entsprechend vorzubereiten, um die benötigten Dichtmolche und das Koppelmedium einbringen zu können. Die verwendete Einschleusvorrichtung mit einer Länge von 31 m wurde aus zwei Rohrstücken zusammengeschraubt und anschließend im Paket an die Molchschleuse angeflanscht (siehe Abbildung 1).



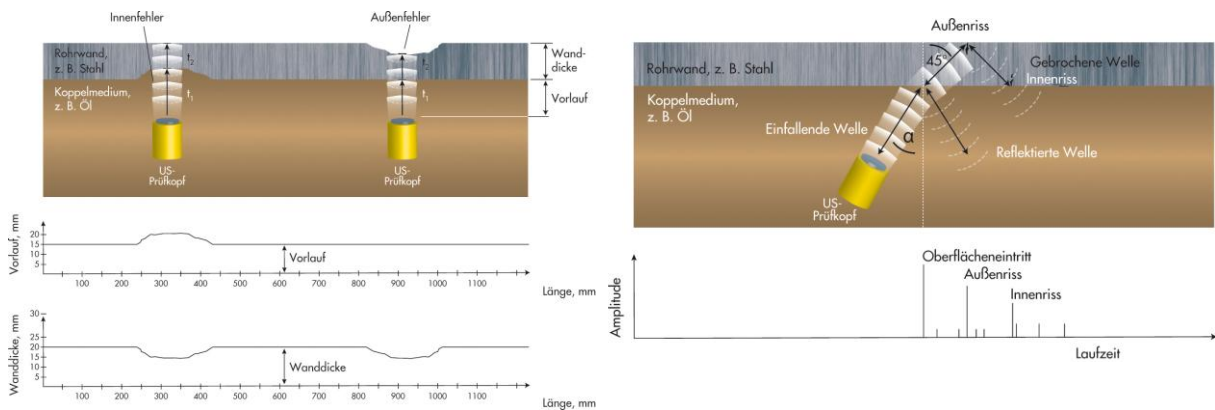
**Abb. 1:** Einschleusvorrichtung für den Flüssigkeitsbatch

## 2. Der verwendete intelligente Molch

Es ist heute üblich, intelligente Molche als Teil eines Instandhaltungsprozesses zur Inspektion von Pipelines einzusetzen. Dabei kommen verschiedene Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung zum Einsatz, etwa magnetischer Streufluss, Wirbelstrom oder Ultraschall. Die intelligenten Molche werden rohrpostartig durch die zu prüfende Leitung gepumpt und benötigen keinen eigenen Antrieb. Die Molche sind autark, das heißt, sie verfügen über eine eigene Energieversorgung. Während des Inspektionslaufes werden in der Regel flächendeckend Daten aufgezeichnet. Nach der Inspektion wird der Molch entnommen, die Daten werden ausgelesen und anschließend mit Hilfe einer speziellen Software ausgewertet. Der Pipelinebetreiber erhält einen Inspektionsbericht in gedruckter und/oder digitaler Form, in dem gefundene Anomalien dokumentiert sind.

## Ultraschallmolche

In einer Pipeline können eine Vielzahl von Anomalien auftreten. Zwei wichtige Fehlerkategorien sind Wanddickenverschwächungen aufgrund von Korrosion oder mechanischer Schädigung, etwa Riefen und Risse. Ultraschallmolche bieten große Vorteile bei der Auffindung, dem Vermessen und dem Einmessen derartiger Fehler. Nur Ultraschallmolche können die Wanddicke einer Leitung quantitativ messen oder Risse in der Leitungswand erkennen. Abbildung 2 zeigt das verwendete Wirkprinzip für die Wanddickenmessung, bei dem das Ultraschallsignal senkrecht in die Wand eingestrahlt wird. Abbildung 3 zeigt das verwendete Wirkprinzip für die Rissprüfung. Weitere Informationen zu den Grundlagen und dem Einsatz von Molchen können in der Literatur gefunden werden [1, 2, 3, 4, 5].



**Abb. 2 und 3:** Wirkprinzip Wanddickenmessung und Rissprüfung

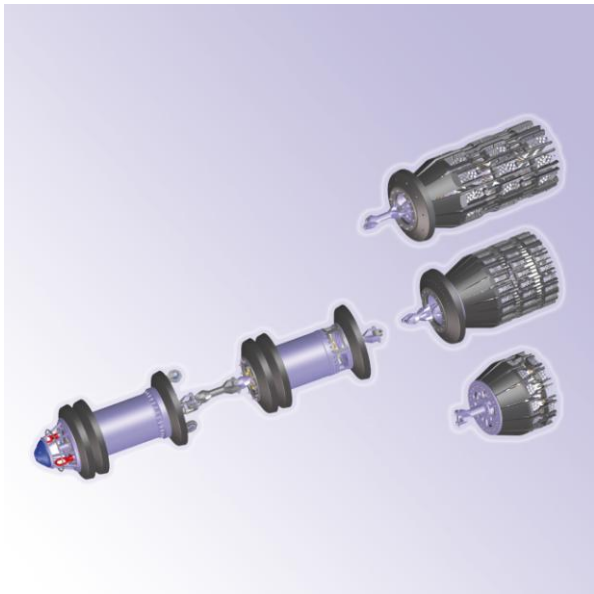
Für die hier beschriebene Inspektion kam ein neuartiger Ultraschallmolch zum Einsatz, der die gleichzeitige Wanddicken- und Rissprüfung ermöglicht. Abbildung 4 zeigt diesen LineExplorer-Molch in der sogenannten Einschleuswanne. Wie in der Abbildung zu sehen ist, bestehen intelligente Molche in der Regel aus mehreren Druckbehältern, die mit Universalgelenken verbunden sind und in denen die Elektronik zur Steuerung der Prüftechnik und zur Datenaufzeichnung sowie die Batterien untergebracht sind. Mit Hilfe von Odometerrädern wird eine Distanzmessung vorgenommen, die in der Praxis mit Angaben aus den Rohrbüchern und den Rundschweißnähten abgeglichen werden. Fehler können dadurch mit einer Genauigkeit von ca.  $\pm 20$  cm eingemessen werden.



**Abb. 4:** Molch in Einschleuswanne

Neuartig am verwendeten Molch ist außerdem das modulare Konzept, das sowohl bei der Elektronik als auch der Mechanik verwendet wird. Dies bedeutet, dass die Elektronik des Molches so ausgelegt ist und über genügend Aufzeichnungskanäle verfügt, dass

der Molch für spezifische Prüfaufgaben optimiert , d. h. optimal konfiguriert werden kann. Derartige unterschiedliche Prüfaufgaben sind etwa das Auffinden von flächiger Korrosion, lokaler Korrosion, Pittings (Lochfraß) oder Furchenkorrosion sowie Rissen, etwa Ermüdungs- oder Schweißnahttrisse oder Spannungsrisskorrosion.



**UC, Rissprüfung**

**UCM, kombinierte Prüfung**

**UM, Wanddickenmessung**

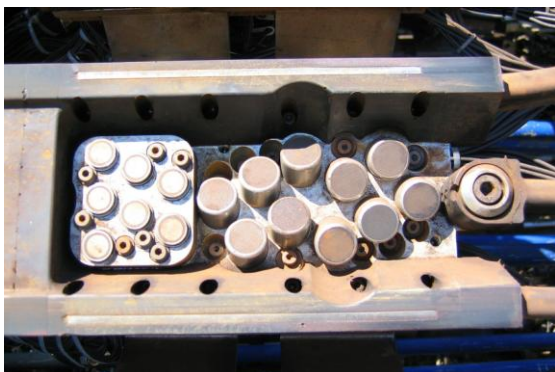
**Abb. 5:** Modularer Aufbau, spezialisierte Sensorträger

Abbildung 5 zeigt den modularen Aufbau, wobei für jede Prüfaufgabe spezialisierte Sensorträger zum Einsatz kommen. Bei der beschriebenen Inspektion kam ein Molch zum Einsatz, der für die kombinierte Inspektion, d. h. Wanddickenmessung und axiale Rissprüfung, optimiert war. Abbildung 6 zeigt eines von insgesamt 54 Sensor-Arrays dieses Molches, das mit jeweils sieben Wanddickenprüfköpfen und zehn Rissprüfköpfen (fünf im Uhrzeigersinn, fünf entgegen dem Uhrzeigersinn) ausgestattet sind.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die verwendete Gerätekonfiguration.

Molchgröße	36"	Geschwindigkeit	bis 3 m/s
Temperaturbereich	-10 bis +50 °C	Max. Druck	120 bar
Länge	ca. 8500 mm		
Gewicht	ca. 3600 kg	Anzahl Körper	5 (inkl. Sensorträger)
Reichweite	ca. 300 km	Rissprüfsensoren	540
Wanddickensensoren	378	Längsauflösung	ca. 3 mm
Umfangsauflösung*	10 mm/8 mm	Batteriekapazität	ca. 100 Stunden

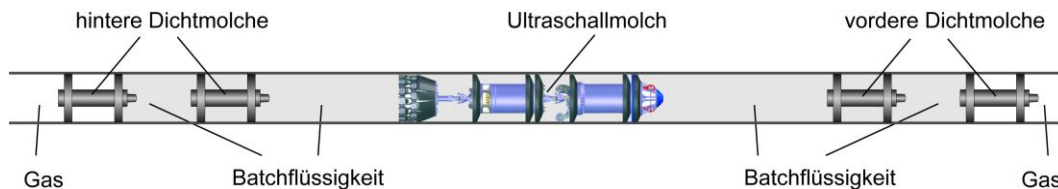
**Tabelle 1:** Molchkonfiguration (\*Rissprüfung/Wanddickenmessung)



**Abb. 6:** Sensorkufe mit Wanddicken- und Rissprüfköpfen

### *Einsatz im Batch*

Um einen Ultraschallmolch in einer Gasleitung einsetzen zu können, wird ein sogenannter Flüssigkeitsbatch benötigt. Abbildung 7 zeigt den Aufbau eines derartigen Batches bzw. Pfropfens. Zunächst werden Dichtmolche eingeführt, danach wird eine als Koppelmedium dienende Flüssigkeit eingebracht, in der auch der intelligente Molch läuft. Hinter dem Molch wird weitere Flüssigkeit eingefüllt und dieser Aufbau wird dann durch weitere Dichtmolche abgeschlossen. Dieser gesamte Molchzug wird im Paket durch die Leitung gepumpt, wobei es seitens des Pipelinebetreibers ein relativ hoher Aufwand ist, die Pipeline mit Hilfe von Schiebern, Gegendruck und weiteren operativen Maßnahmen so zu steuern, dass dieses Paket möglichst gleichmäßig läuft. Zudem muss darauf geachtet werden, dass der Batch nicht auseinander reißt und keine Luft bzw. Gas eindringen kann. Die Batchlänge bei dieser Inspektion war 1,3 km und das verwendete Wasservolumen betrug  $850 \text{ m}^3$ . Es wurden insgesamt sechs Dichtmolche verwendet.



**Abb. 7:** Typische Batchkonfiguration

Das Kontrollzentrum des Pipelinebetreibers in Edson war 24 Stunden am Tag besetzt. Es bestand ständige Kommunikation zwischen dem Kontrollzentrum und den Einsatzmannschaften, die den Molch während des Laufes verfolgten und das "Markern" durchführten. Beim Markern wird dem Molch an vorher bestimmten, fest eingemessenen oder bekannten Stellen ein Referenzsignal übermittelt. Dies dient dazu, die zurückgelegte Wegstrecke mit möglichst hoher Genauigkeit zu bestimmen. Zusätzlich wurden Molchortungen durchgeführt, um die exakte Molchposition und -geschwindigkeit an das Kontrollzentrum zu übermitteln.

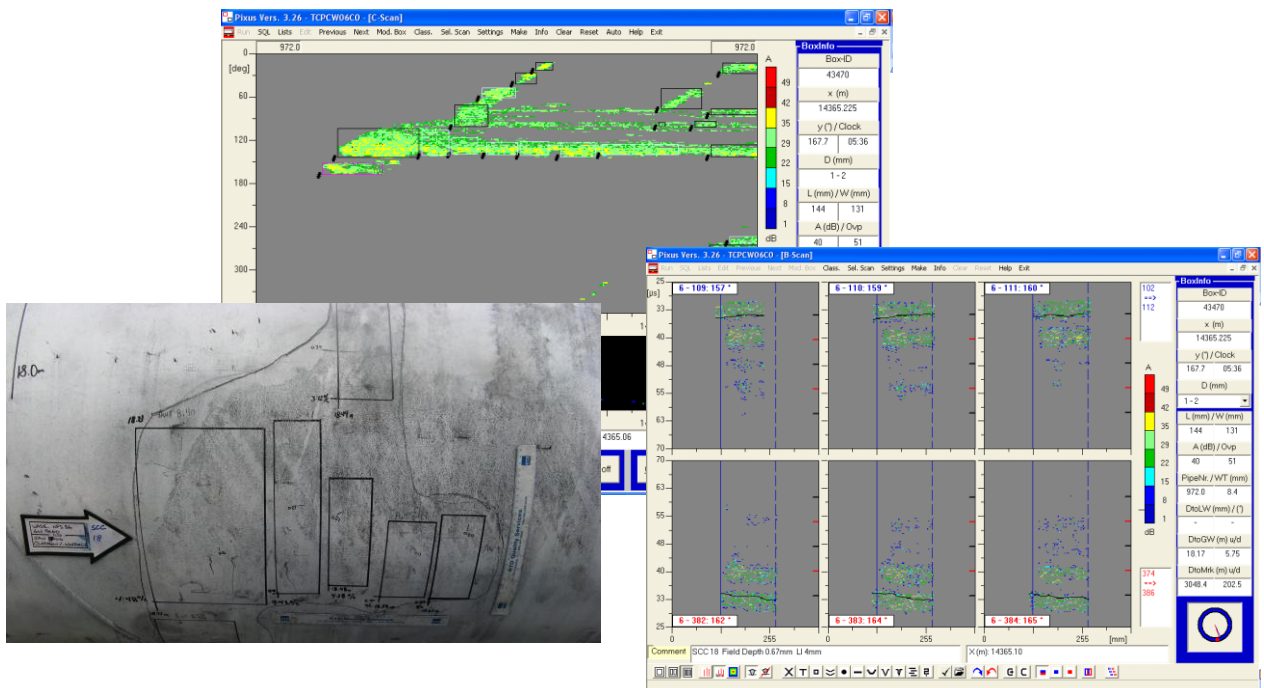
Die Dauer der Inspektion betrug 74 Stunden ohne Ein- und Ausschleusen. Das Höhenprofil der Leitung steigt von 680 m (Einschleusen) auf 1270 m (Ausschleusen), wobei vier Flüsse unterquert werden mussten.

### *Datenauswertung*

Nach der erfolgreichen Inspektion wurden die Daten aus dem Molch ausgelesen und durch erfahrene Datenanalysten ausgewertet. Abbildungen 8 zeigt eine typische Darstellung, hier die C-Scan- und B-Scan-Darstellungen eines gefundenen Rissfeldes und das zugehörige Foto von der Ausgrabung.

Insgesamt muss berichtet werden, dass die Qualität und Genauigkeit der aufgezeichneten Daten, die Ergebnisse, die mit Streuflussmolchen und EMUS-Molchen in der gleichen Leitung erzielt wurde, deutlich übertrafen. Ein weiterer signifikanter Vorteil bezüglich des verwendeten Molches war, dass Dopplungen und Risse unterschieden werden konnten und Risse ab einer Rissöffnung von 0,01 mm zuverlässig erkannt wurden.





**Abb. 8:** C-Scan- und B-Scan-Darstellungen eines Rissfeldes und das zugehörige Foto der Ausgrabung.

### 3. Kosten

Die Kosten einer wie hier beschriebenen Inspektion sind recht hoch. Jedoch müssen folgende Faktoren berücksichtigt werden, um einen Vergleich mit anderen Inspektionen zu ermöglichen:

1. Kosten einer einzeln durchgeführten Rissprüfung
2. Kosten einzeln durchgeführter Korrosionsprüfungen
3. Zuverlässigkeit und Qualität der Daten, insbesondere bezüglich der Korrelation zwischen Korrosions- und Rissprüfung
4. Erhöhtes Risiko fehlerhafter Korrelation bei Einzelläufen
5. Menge von Fehlanzeigen (Ausgrabungskosten)
6. Mögliche Verlängerung der Inspektionsintervalle bei besserer Datenqualität

### 4. Beurteilung durch Betreiber

Aus Sicht des Betreibers lassen sich folgende Vorteile zusammenfassen:

Durch den Einsatz eines Ultraschallmolches kann eine höhere Datenqualität und Messgenauigkeit gegenüber einem Streuflussmolch erzielt werden. Durch die Möglichkeit, Wanddickenmessung und Rissprüfung zu kombinieren, haben sich erhebliche operative Vorteile ergeben, insbesondere unter Berücksichtigung des Batches.

Die gelieferten Daten erlaubten eine Bewertung der Wechselbeziehungen zwischen vorliegenden Korrosionsbereichen und Rissen. Durch die hohe Zuverlässigkeit und

Genauigkeit der Daten konnten Folgekosten, etwa bezüglich Ausgrabungen, minimiert werden.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass der Einsatz dieser fortschrittlichen Molchtechnologie für den Betreiber aufgrund des sehr positiven Kosten/Nutzen-Verhältnisses von großem Vorteil war.

## **Referenzen**

- [1] J. N. A. Tiratsoo, "Pipeline Pigging Technology", 2<sup>nd</sup> ed., Scientific Survey Ltd., 1991
- [2] J. Cordell and H. Vanzant, "All About Pigging", On-Stream Systems, Cirencester, 1995
- [3] B. Skerra (Hrsg.), "Handbuch der Molchtechnik", Vulkan Verlag, Essen, 2000
- [4] M. Beller, "Tools, Vendors, Services: A Review of Current In-Line Inspection Technologies", Pipeline Pigging, Integrity Assessment, and Repair Conference, Houston, January 23-24, 2002
- [5] Goedecke, H., Krieg, G., Ultraschall Molchsystem zur Korrosionsprüfung von Pipelines, TÜ, Band 28, Nr. 1, pp. 9-11, 1987