

HINTERGRUNDINFORMATION

Februar 2014

Interne Inspektion der Nord Stream-Pipeline

Inspektionen garantieren den sicheren Betrieb der Pipeline

Die Nord Stream AG stellt als Betreiber der Nord Stream-Pipeline Kapazitäten für den Transport von russischem Erdgas in das europäische Gasnetz zur Verfügung. Die zwei jeweils 1.224 Kilometer langen Leitungsstränge der Pipeline führen von Wyborg in Russland durch die Ostsee bis nach Lubmin in der Nähe von Greifswald. Der erste Leitungsstrang liefert seit November 2011 Gas nach Europa. Der zweite Leitungsstrang wurde im Oktober 2012 als Teil des vollständig automatisierten Pipelinesystems in Betrieb genommen.

Jeder Leitungsstrang ist aus rund 100.000 betonummantelten Rohren zusammengesetzt. Jedes Rohr ist durchschnittlich etwa 12,2 Meter lang und hat einen Innendurchmesser von 1.153 Millimetern. Die Rohre sind aus zugfestem, bis zu 41mm dickem Stahl gefertigt, der von innen mit einer Epoxidbeschichtung versehen ist, die die Durchflussleistung erhöht. Von außen sind die Rohre durch eine Antikorrosionsbeschichtung aus Polyethylen geschützt.

Die Nord Stream-Pipeline wird in den kommenden Jahrzehnten einen wertvollen Beitrag für die europäische Gasversorgungssicherheit leisten. Damit der sichere Betrieb jederzeit gewährleistet ist, wurde eine Reihe von Instandhaltungsmaßnahmen konzipiert. Diese umfassen die Kontrolleinrichtungen, die Anlandestationen sowie die 1.224 Kilometer langen Offshore-Abschnitte des Pipelinesystems.

Die Instandhaltungsmaßnahmen umfassen beispielsweise die äußere visuelle und mit Messinstrumenten gestützte Inspektion der Pipeline, die von Versorgungsschiffen aus mittels ferngesteuerter Unterwasserfahrzeuge (ROV) durchgeführt wird. Die äußere Inspektion stellt sicher, dass sich die Position der Pipeline nicht verändert hat, zum Beispiel aufgrund von Veränderungen im Meeresboden. Bei der äußeren Inspektion werden außerdem Fremdkörper wie beispielsweise Fischernetze oder Geröll identifiziert, die sich nahe der Pipeline ansammeln könnten. Darüber hinaus werden die Daten der Inspektion dazu genutzt, die Integrität der Steinschüttungen zu bestätigen, die die Pipeline auf dem Meeresboden stabilisieren. Für Strang 1 der Nord Stream-Pipeline wurde die erste äußere Inspektion im Jahr 2012 nach Abschluss des Baus und der ersten Betriebsphase durchgeführt. Dabei wurde bestätigt, dass sich die Pipeline im Lastbetrieb nicht verlagert. Im letzten Jahr wurden die Baseline-Werte für den zweiten Strang ermittelt und für den ersten Strang die jährliche Inspektion durchgeführt.

Durch die interne Inspektion beider Pipeline-Stränge wird sichergestellt, dass die Pipeline nicht beschädigt ist. Zu diesem Zweck fahren Messgeräte durch die Pipeline, sogenannte Molche (engl.: Pipeline Inspection Gauge, PIG). Sie werden vom Gasfluss angetrieben. Die eingesetzten hochauflösenden Messverfahren können

selbst kleinste Veränderungen an der Pipeline entdecken und so sicherstellen, dass weder Korrosion noch mechanische Defekte vorliegen. Auch die genaue geographische Lage der Pipeline wird überprüft um sicherzustellen, dass die Lagestabilität der Pipeline seit der Verlegung unverändert ist.

Die Inspektion mit Molchen

Die Molch-Inspektion der Nord Stream-Pipeline wurde im Sommer 2013 zum ersten Mal durchgeführt. Dabei wurden Ausgangswerte (Baseline-Messung) ermittelt, die die Grundlage für den Vergleich mit späteren Inspektionsergebnissen bilden. So können Veränderungen oder Bewegungen festgestellt werden. Im Verlauf der Inspektion fahren mehrere Messgeräte, die sogenannten Molche, nacheinander mit dem Gasstrom durch die Pipelines.

Die verschiedenen Inspektionsgeräte werden mit Hilfe der Molch-Start-Schleusen an der russischen Anlandestation in die Pipeline eingesetzt. Anschließend wird Gas in die Schleusen geleitet und sobald der Druck hinter dem Inspektionsgerät den davorliegenden Druck übersteigt, bewegt sich der Molch durch die Pipeline. Die Inspektion, auch „Molchen“ genannt, wird für jeden Strang separat durchgeführt. Der erste Molch, ein Kalibriermolch, benötigt vier bis fünf Tage um in Deutschland anzukommen. Sobald er aus der Pipeline entnommen ist und die Abnutzung der Kalibrierscheiben analysiert ist, wird ein Reinigungsmolch durch die Pipeline geschickt. Je nach Menge an Ablagerungen und Staub, die gesammelt werden, kann danach noch ein zweiter Reinigungsmolch auf den Weg nach Lubmin gebracht werden. Anschließend wird der Inspektionsmolch, der auch als intelligenter Molch bezeichnet wird, durch die Pipeline geschickt. Dieser benötigt in etwa neun Tage für die Strecke von Russland bis nach Deutschland. Dort angekommen werden die Geräte gereinigt und gewartet, die aufgezeichneten Daten gehen in die Nachbereitung und durchlaufen dabei eine dreistufige Analyse.

Alle Geräte, die zur Molch-Inspektion der Pipeline verwendet werden, kommen von der [ROSEN Group](#). Der intelligente Molch, der durch jede Pipeline geschickt wird, wurde speziell von ROSEN für die Nord Stream-Pipeline entwickelt. Die Geräte wurden umfassenden Tests unterzogen, wie beispielsweise einem Durchzugstest in einem Teststrang mit künstlichen Unregelmäßigkeiten in der Rohrwand. Des Weiteren wurden ein Durchzugstest in einem Strang mit besonderen Merkmalen in der Betonummantelung und ein pneumatischer Pumpstest durchgeführt, um die ordnungsgemäße Funktionsweise der Molche zu bestätigen. Der intelligente Molch wurde darüber hinaus an einer ähnlichen, aber kürzeren 48-Zoll-Pipeline in Malaysia getestet, bevor er für Nord Stream zum Einsatz kam.



Drei Geräte für die Molch-Inspektion

Während der Inspektion kommen drei Arten von Geräten zum Einsatz: Ein Kalibriermolch, ein Reinigungsmolch und der intelligente Molch, welcher potentielle Korrosion und Materialverluste sowie die genauen Krümmungsradien der Pipeline aufzeichnet.

Der Kalibriermolch

Dieser Molch wird dazu genutzt, um größere Abweichungen des Innendurchmessers der Pipeline festzustellen, die möglicherweise den intelligenten Molch während seines Durchlaufs behindern könnten. Jedes hervorstehende Objekt hinterlässt auf der Messplatte Spuren und dies wird anschließend analysiert, um die Größe des potentiellen Hindernisses zu ermitteln. Dieser Vorgang wurde bereits im Rahmen der Vorbetriebsphase der Pipeline durchgeführt, als jeder einzelne Abschnitt der Stränge geflutet, gereinigt und vermessen wurde. Um das Wasser anschließend zu entfernen, wurden Entwässerungsmolche mit Druckluft durch die Pipeline geleitet.

Der Kalibriermolch wird mit Hilfe der Molch-Start-Schleuse in Portowaja in die Pipeline eingesetzt und benötigt etwa vier bis fünf Tage um mit dem Gasfluss bis nach Deutschland zu gelangen. Das Gerät wiegt ungefähr 1,5 Tonnen und ist 2,2 Meter lang.

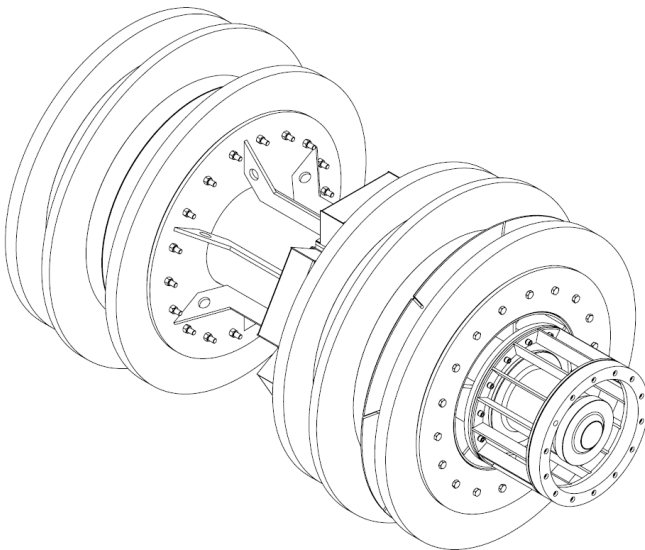


Abbildung 1. 48-Zoll Molch mit Messplatten (Kalibriermolch)

Der Reinigungsmolch

Der Reinigungsmolch wird durch die Pipeline geschickt um sie von kleinen Staub- und Schmutzpartikeln, die sich während der Betriebsphase in der Pipeline ansammeln könnten, zu säubern. Darüber hinaus entfernt er feine Teilchen (μm Grösse), die sich mit der Zeit aus der Innenbeschichtung der Pipeline ablösen können. Der Reinigungsmolch ist dazu mit Bürsten und mit Dichtringen ausgestattet, die breiter sind als der Innendurchmesser der Pipeline, und Staub vor dem Gerät herschieben. Ein Bypass im Molch lässt einen Teil des Gases, das den Molch

antreibt, vorbei und begrenzt so die Geschwindigkeit. Das durchfließende Gas hilft auch zusätzlich dabei, Partikel zu transportieren.

Der Reinigungsmolch ist 2,6 Meter lang und wiegt 1,8 Tonnen. Nach etwa vier bis fünf Tagen kommt das Gerät in Deutschland an, wo es gesäubert und das Material, das es in der Pipeline gesammelt hat, analysiert wird.

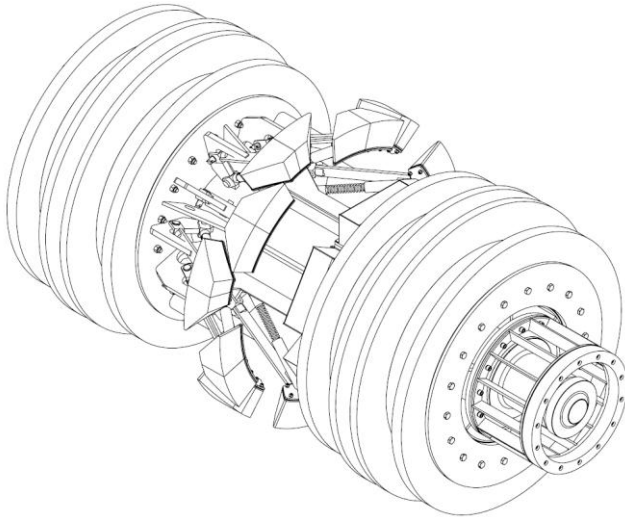


Abbildung 2. 48-Zoll Molch ausgestattet mit Bürsten (Reinigungsmolch)

Der intelligente Molch

Der intelligente Inspektionsmolch führt die wichtigsten Inspektionsschritte durch. In diesem Messgerät sind mehrere Sensoren kombiniert, die die Integrität der Pipeline überprüfen. Räder, die permanent an den inneren Rohrwänden entlang fahren, messen die zurückgelegte Strecke. So kann auf Karten nachvollzogen werden, wo genau die jeweiligen Daten aufgezeichnet worden sind. Das Gerät funktioniert am besten bei einer Geschwindigkeit von 1,5 Metern pro Sekunde. Ein Geschwindigkeitsregler misst das Tempo und drosselt bei Bedarf den Molch über ein Bypassventil auf die optimale Geschwindigkeit.

Der intelligente Molch wiegt über 7,3 Tonnen und ist 6,6 Meter lang. Batterien versorgen die Sensoren während der Inspektion mit Strom, ein Hochleistungsspeichermedium sammelt die Daten zur Analyse.

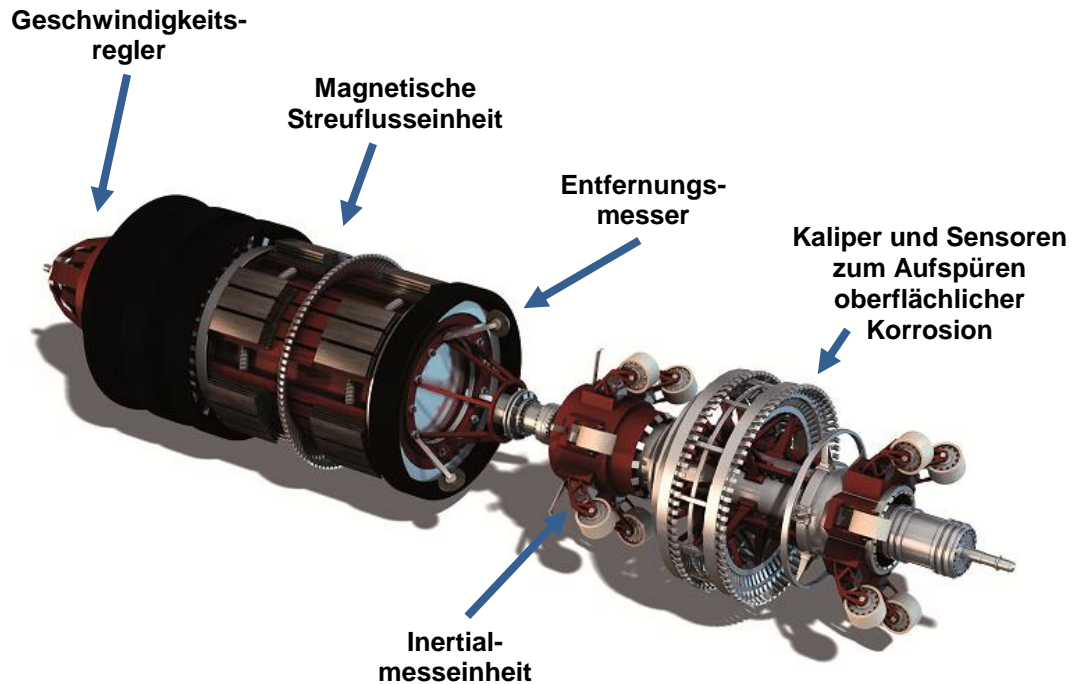


Abbildung 3. 48-Zoll intelligenter Molch

Kaliper, mechanische Messgeräte, die die innere Geometrie der Pipeline vermessen, spüren kleinste Abweichungen vom ursprünglichen Innendurchmesser der Pipeline auf. Selbst Beulen und Unebenheiten die kleiner sind als 1 Millimeter werden erkannt, lokalisiert und identifiziert. Das Gerät ist zudem in der Lage, hervorstehende Schweißnähte zu erkennen und ihre Position aufzuzeichnen. Die federgelagerten Arme der Kaliper, die die Sensoren entlang der Pipelinewand führen, biegen sich wenn sie über die kleinste Beule oder Unebenheit fahren. Die Sensoren messen dann die Abweichung.

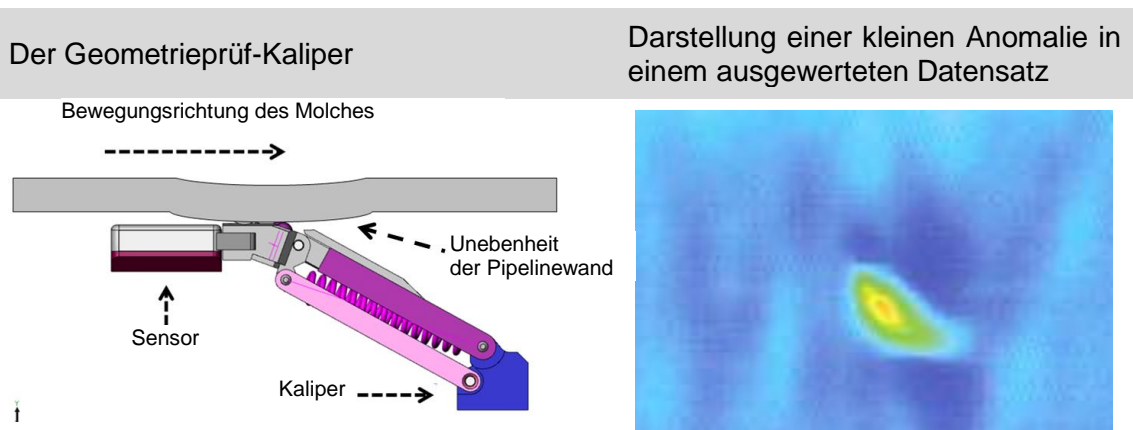


Abbildung 4. Kaliper zur Geometrieinspektion

Es wird nicht erwartet, dass während der Betriebsphase der Nord Stream-Pipeline Korrosion auftritt. In Gaspipelines kann Korrosion durch Feuchtigkeit im Gas verursacht werden. Beim Einleiten in die Pipeline wird das Gas ständig kontrolliert, um sicherzustellen, dass kein Wasser darin enthalten ist. Darüber hinaus sind die Innenseiten der Rohre mit einer Beschichtung versehen, die den Stahl ebenfalls vor äußeren Einflüssen bewahrt.

Der Korrosionssensor ist am Kaliper-Arm befestigt. Er erkennt Metallverlust und Mängel an der Pipeline-Innenwand. Geringe Schadstellen an der Oberfläche der Rohrinne wand führen dazu, dass sich der Abstand des Sensors zur Innenwand verändert und gemessen wird.

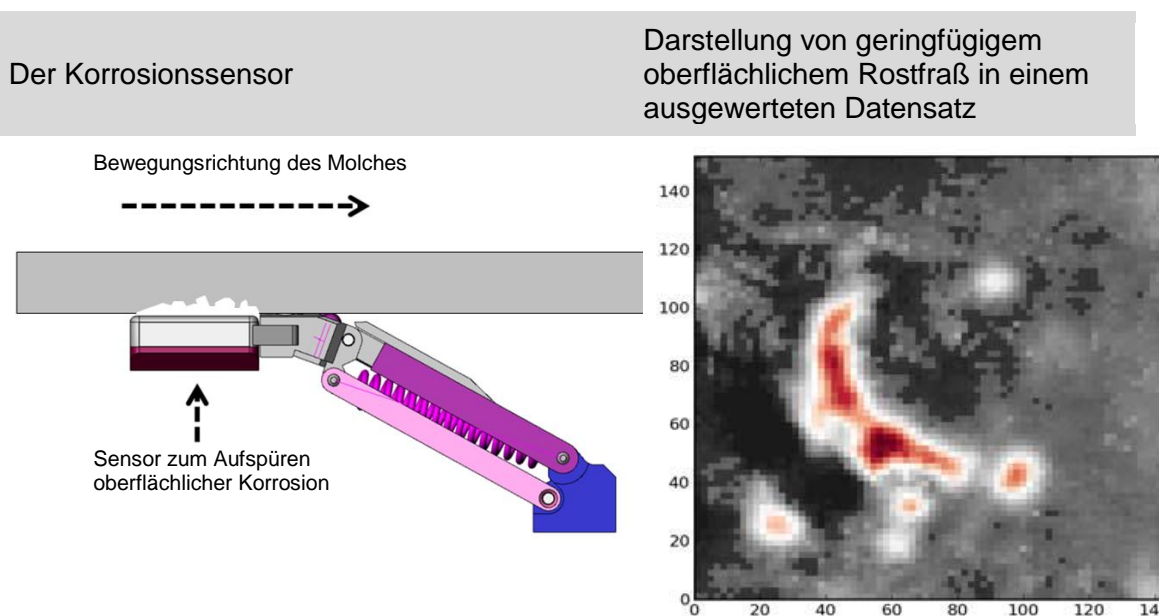


Abbildung 5. Sensor zum Aufspüren oberflächlicher Korrosion

Materialverluste oder Korrosion, die sich innerhalb des Stahls befinden oder zwischen dem Stahl und der äußeren Betonummantelung liegen, werden mittels eines magnetischen Streuflusssensors entdeckt. Ein starkes Magnetfeld magnetisiert die Rohrwand und ein elektromagnetischer Sensor zeichnet jegliche Veränderungen in der magnetischen Rückkopplung des Stahls der Pipeline auf. Abweichungen in der Wandstärke aufgrund von Materialverlust, Korrosion oder sich ablösender Ummantelungen werden so festgestellt.

Der magnetische Streuflussensor

Darstellung einer Korrosion in einem analysierten Datensatz

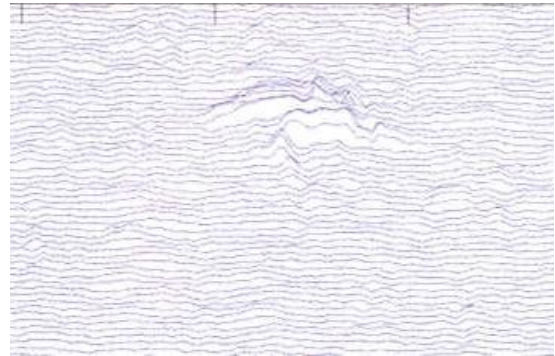
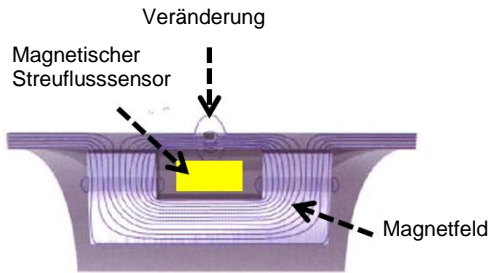


Abbildung 6. Magnetischer Streuflußsensor

Der intelligente Molch verfügt über ein Inertialnavigationssystem, auch XYZ-Einheit genannt, das die Geometrie der Pipeline genau vermisst. Alle Kurven und Biegungen werden dreidimensional aufgezeichnet und diese Ausgangswerte später mit Daten nachfolgender Inspektionen verglichen. Ziel der geometrischen Vermessung ist es, Verschiebungen der Pipeline festzustellen, die zu einer Krümmungsbelastung führen könnten. Das Inertialnavigationssystem verzeichnet die Wirkung der Kräfte auf den (fiberoptischen) Trägheitskreisel, während es eine Kurve in der Pipeline durchquert. Biegungen in der Pipeline, die von den Ausgangswerten abweichen, werden in Vergleichsanalysen bemerkt. Im Fall einer Veränderung können stabilisierende Gegenmaßnahmen in Betracht gezogen werden, um die Pipeline vor einer weiteren Verlagerung zu bewahren – dazu gehören beispielsweise Gesteinsaufschüttungen.

Die Krümmung in einem Testabschnitt der Pipeline...

...und ihre Darstellung in der Analyse:

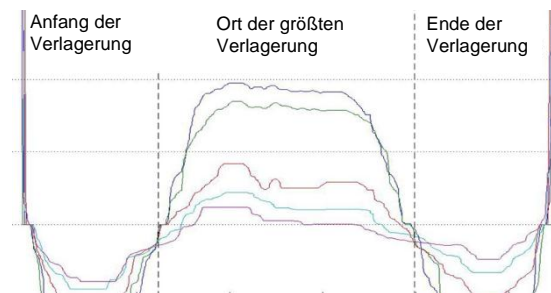
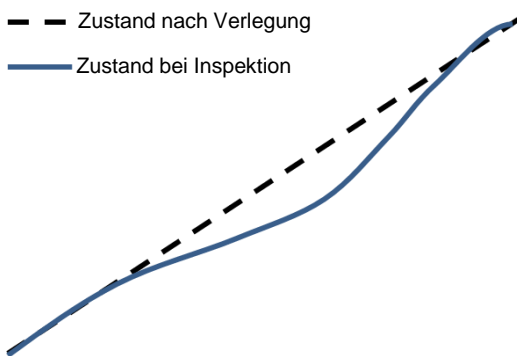


Abbildung 7. Inertialnavigationssystem

Zahlen und Fakten

- Nord Stream stellt mit der Molch-Inspektion einen neuen Rekord bezüglich der Länge (2x 1.224km) und der analysierten Wandstärke der Rohre (bis zu 41mm) auf.
- Nord Stream nutzt einen Molch mit einem der stärksten Magnetfelder, das jemals für diesen Zweck entwickelt wurde.
- Die Daten, die der Molch sammelt, werden der umfassendste Datensatz einer Pipeline-Inspektion sein, der jemals aufgezeichnet wurde.
- Mit über 2.000 Messkanälen und einer Messung alle 2,5 mm über eine Pipeline-Länge von 1.224.000.000 mm kommt das Messgerät in Deutschland mit über 1,000,000,000,000 (10^{12} , einer Billion) Prüfdaten an.

Erste Ergebnisse der Untersuchung 2013

Die inwändige Inspektion der Nord Stream-Pipeline wurde im Herbst 2013 erfolgreich abgeschlossen.

- Die Molche wurden jeweils innerhalb des berechneten Zeitfensters nach dem Start in Lubmin in Empfang genommen.
- Der intelligente Molch, der mit rund 10 Tagen am längsten unterwegs ist, hat minimal weniger Zeit benötigt, als modelliert. Die Sensoren haben 1,506 Meter der Pipeline pro Sekunde vermessen. Die Geschwindigkeit war mit 1,5 Meter pro Sekunde vorausberechnet worden – das entspricht einer Abweichung von lediglich 0,4 Prozent.
- Darüber hinaus war der intelligente Molch in einem exzellenten Zustand und der Abrieb insgesamt sehr gering.
- Die vom Reinigungsmolch transportierte Menge Staub pro Leitung war mit 8 Kilogramm (Leitung 1) und 4 Kilogramm (Leitung 2), verglichen mit der Länge der beiden Stränge der Nord Stream-Pipeline, sehr gering. Die erste Leitung ist ein Jahr länger in Betrieb, weswegen sich eine geringfügig größere Menge Staub angesammelt hatte.
- Erste Ergebnisse der Laboranalyse zeigten, dass die Staubpartikel hauptsächlich von der Konstruktionsphase (Schweißen der Rundnähte) stammen. Es wurden keine Spuren von Salzwasser gefunden. Dies bestätigte, dass Drucktest und anschließende Trocknung der Nord Stream-Pipelines vorbildlich ausgeführt wurden. Die Analyse der Staubproben zeigte darüber hinaus keine Korrosionsaktivität innerhalb der Pipelines, was auf die Dehydrierung des Erdgases vor dem Einspeisen in die Nord Stream-Pipelines zurückzuführen.

- Bei der Auswertung der Daten der hochauflösenden Messfühler wurden keine signifikanten Verformungen detektiert. Beide Nord Stream-Pipelines sind in einem sehr guten geometrischen Zustand und haben keine mechanischen Einwirkungen erfahren.
- Die Untersuchung hat ebenfalls bestätigt, dass sich beide Pipelines seit dem Bau in ihrer ursprüngliche Lage nur marginal bewegt haben, die ermittelten Veränderungen befinden sich weit unterhalb signifikanter Schwellenwerte.

Im Anschluss an die letztjährige Ermittlung der Ausgangswerte wird die inwendige Inspektion der Pipeline regelmäßig im Abstand einiger Jahre stattfinden. So wird sichergestellt, dass geringste Korrosion oder kleinste mechanische Defekte sofort entdeckt werden. Durch den Vergleich der geographischen Daten wird zudem jede Bewegung der Pipeline, die von der Position direkt nach der Verlegung abweicht, erkannt.

Alle verwendeten Bilder stammen von der [ROSEN Group](#).

Weitere Informationen finden Sie unter <http://www.nord-stream.com/de>

Wenden Sie sich für weitere Informationen bitte an:

Medien-Hotline: +41 41 766 91 90

E-Mail: press@nord-stream.com