

Präzise Rohrleitungsprüfung durch Messmolchung auf Ultraschallbasis

Pipelinesicherheit ■ Rohrleitungen und Fernleitungen verfügen über eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer – bei entsprechender Wartung und Überprüfung. Daher sind in regelmäßigen Abständen Festigkeits- und Lebensdauerbewertungen durchzuführen. Insbesondere bei den vermehrt eingesetzten dünnwandigen Rohren aus hochfestem Stahl muss die Rohrwandung regelmäßig untersucht werden, um Fehlstellen zu erkennen, bevor Probleme auftreten. Hierbei haben sich Messmolche auf Ultraschall- oder Magnetstreufusstechnik bewährt. Für die Durchführung und Auswertung der Prüfmolchläufe sowie die abschließende Bewertung der einzelnen Aufzeichnungen wird allerdings übergreifendes Know-how nötig. Das zeigt das Beispiel einer Mineralölferrleitung, die TÜV SÜD im Auftrag eines Energieversorgers untersucht hat.

Für die Energiewirtschaft ist eine hohe Verfügbarkeit von Rohrfernleitungen eminent wichtig. Durch den Nachweis der Integrität und Festigkeit der unterirdisch verlegten Pipelines soll vermieden werden, dass unzulässige Fehler an drucktragenden Teilen auftreten, die bei fortlaufenden betriebsbedingten Einwirkungen zu Leckagen oder Brüchen führen können und somit zu teuren außerplanmäßigen Betriebsunterbrechungen.

Beurteilen von Fehlstellen

Fehlstellen, wie z. B. Wanddickenminderungen, die unmittelbar Einfluss auf die Sicherheit und Integrität von Leitungen haben, bezeichnet man als „direkte“ Fehler. Dagegen stellt eine schadhafte Rohrisolierung einer erdverlegten Leitung keine direkte Gefahr dar und gilt als indirekte Fehlstelle. Solche indirekten Fehlstellen können sich allerdings im Lauf der Zeit zu

direkten Fehlern entwickeln, wenn z. B. Korrosion zur Reduzierung der Wanddicke führt.

Wanddickenminderungen in der Rohrwandung führen zu Spannungserhöhungen im Grundwerkstoff, die eine Reduzierung der Lebensdauer der Rohrleitung zur Folge haben können. Als Wanddickenminderungen gelten Wanddickenunterschreitungen an der Rohrinnen- oder -außenseite, die bereits bei der Rohrherstellung oder auch erst im Betrieb der Rohrleitung entstanden sein können. Beispielsweise können Leckagen an der Leitung durch Korrosion (Abb. 1) oder auch durch Risse in Folge einer Materialermüdung oder Überbeanspruchung entstehen. Viele der Wanddickenreduzierungen sind auf die Herstellung des Rohres im Zuge des Walzprozess zurückzuführen (Abb. 2). Bei der spannungstechnischen Bewertung wird davon ausgegangen, dass

die tatsächliche Tragfähigkeit und Ermüdungsfestigkeit von Fehlstellen mittels Festigkeitsbetrachtung ermittelt werden kann. Zudem können bei diesen erkannten Fehlstellen Rückschlüsse auf die Lebensdauer in Folge dynamischer Betriebsvorgänge wie An- und Abfahren der Leitung getroffen werden.

Wanddickenprüfung mit Ultraschallmessmolchen

Zur Ermittlung der tatsächlichen Wanddicken der verwendeten Rohre werden Molche eingesetzt, die entweder nach dem Ultraschall- oder nach dem magnetischen Streufusverfahren arbeiten (Abb. 3). Ultraschallmessmolche arbeiten nach dem Puls-Echo-Verfahren (Abb. 4). Hierbei läuft ein von einem Sensor ausgelöster Ultraschallimpuls durch die Vorlaufstrecke (z. B. Öl) und wird zum Teil an der Rohrinnenwand reflektiert, dringt in die Wandung ein, wird an der äußeren Rohrwandung voll-

Abb. 1 Korrosion im Nahtbereich



Abb. 2 Herstellungsfehler, gefunden mit Wanddickenmolch

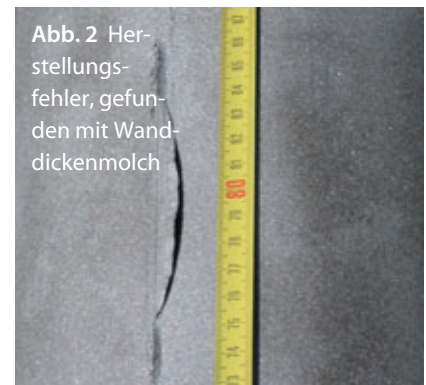




Abb. 3 Einschleusen eines Molches

ständig reflektiert und gelangt als Eintritts- bzw. Rückwandecho zum Sensor zurück. Die Signallaufzeiten und die Differenzen zwischen Eintrittsecho und Rückwandecho werden gespeichert (Abb. 5). Aus den Laufzeiten, der Schallgeschwindigkeit in der Vorlaufstrecke und in der Rohrwandung können exakte

Angaben über die Wanddicke gewonnen werden. Mit diesem Verfahren kann die Wanddicke mit einer Genauigkeit von etwa 0,2 mm gemessen werden. Durch die Anzahl der Prüfsensoren, der Prüffrequenz und der Molchgeschwindigkeit findet eine flächendeckende Wanddickenmessung statt (Abb. 6). Dabei

Pipeline-Prüfungen mit Messmolchen

Fehlstellen in den Rohrleitungen lassen sich mit spezifischen Messmolchen auffinden, die ohne Eigenantrieb im Förderstrom mitschwimmen. Dabei wird unterschieden zwischen

- Geometrieprüfmolchen, um Abweichungen von der idealen Kreisform der Rohrleitung (Beulen, Unrundheit, Falten, Durchmesserabweichung, Aufdachung) zu ermitteln,
- Wanddickenprüfmolchen zur Überprüfung der Wanddicke (Wanddickenübergänge, Abweichung durch Herstellung, Innen und Außenkorrosion, Schalen, Laminationen),
- Rissprüfmolchen zur Untersuchung der Rohrwandung auf Risse, Riefen, Kerben, Nuten oder Schweißnahtfehler in Längsrichtung sowie
- Leckmolchen zum Nachweis der Dichtheit der Leitung.

werden Fehler ab einem Durchmesser von 10 mm sicher erkannt. Eine genaue Tiefenbestimmung des Fehlertyps ist allerdings erst ab 20 mm möglich. Da der Ultraschall zur Überbrückung des Abstandes zwischen Sensor und Rohrwandung ein Koppelmittel benötigt, können Ultraschallmessmolche nur in Flüssigkeitsleitungen eingesetzt werden. In Gasleitungen ist der Einsatz in einem sogenannten Flüssigkeitsbatch notwendig, d. h. der Molch schwimmt in einem Flüssigkeitsabschnitt, der durch zwei Molche vom transportierenden Gas getrennt ist, durch die Leitung. Der Ultraschallprüfmolch ist in mehrere Einheiten eingeteilt (Batterie-, Speicher-, Ultraschalleinheit und Sensorträger), die untereinander flexibel verbunden sind. Durchfahren werden können Rohrbögen bis $1,5 \times D$. Derzeit sind Molche für Rohrleitungen ab 6“ bis 56“ verfügbar, die je nach Ausstattung Pipelines bis 500 Kilometer Länge inspizieren können. Die Einsatzdrücke liegen bei maximal 100 bar.

Nachweis der Integrität einer Mineralölferrleitung in Süddeutschland

Im Zuge der Neubewertung einer ca. 100 km langen Mineralölferrleitung musste ein Energieversorger in Süddeutschland belegen, dass seine Fernleitung dem heutigen Stand der Technik entspricht, da sie bereits seit mehreren Jahrzehnten im Betrieb war. Der Betreiber musste daher gegenüber der Genehmigungsbehörde nachweisen, dass die Integrität der molchbaren und nicht molchbaren Teile der Rohrleitung gegeben war. Diesen Nachweis hat TÜV SÜD Industrie Service durch die ausführliche Auswertung verschiedener Prüfmolchläufe sowie eine abschließende übergreifende Bewertung der einzelnen Aufzeichnungen erbracht. Teil der umfassenden Untersuchung war die Wanddickenüberprüfung der Rohrferrleitung mit einem Ultraschallmessmolch.

Ultraschallsensoren sorgen für flächendeckende Abtastung

Für die Wanddickenmessung wurden im vorliegenden Fall 112 senkrecht einstrahlende Ultraschallsensoren verwendet. Mit dem eingesetzten Molchsystem konnten für jeden Prüfkopf die

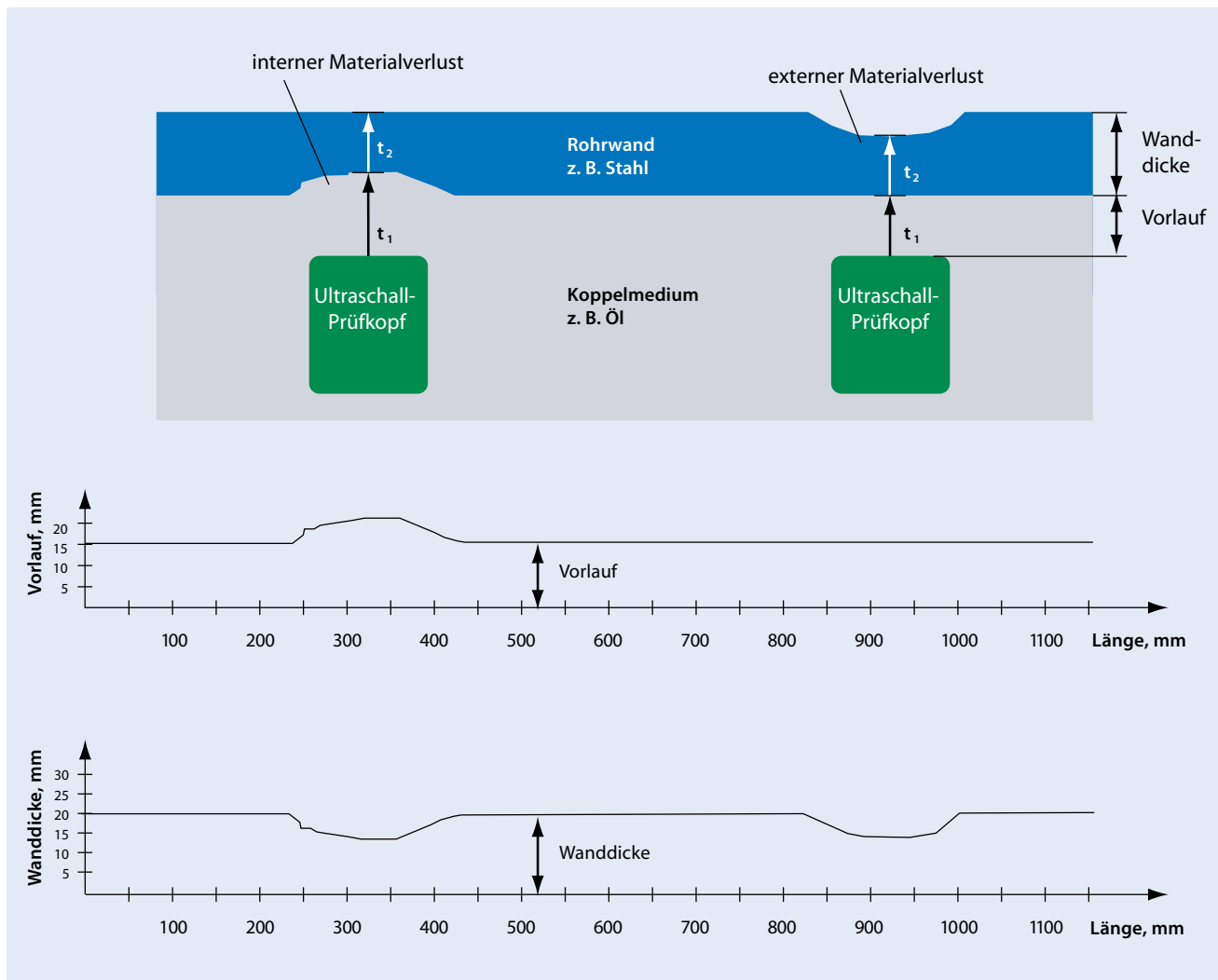


Abb. 4 Messmolchung, Funktionsweise

Ultraschall-Echoamplituden über die gesamte Laufzeit dargestellt werden. Dies ermöglichte eine Aussage darüber, ob das empfangene Maximum des Echosignales aus der direkten Reflexion des Signals oder aus einem Mehrfachecho stammt. Zudem ließen sich so relativ genaue Aussagen über die Tiefenbestimmung von nahe unter der inneren Rohroberfläche liegenden Fehlstellen (Einschlüsse, Laminationen) treffen. Der Sensorabstand in Umfangsrichtung betrug ca. 8 mm, der Schussabstand in Längsrichtung etwa 3 mm bei einer Molchgeschwindigkeit von $\leq 2,4$ m/s. Der Durchmesser der Puls-Echo-Prüfköpfe betrug 10 mm. Somit wurde auf den Umfang eine flächendeckende Abtastung und in Längsrichtung eine überlappende Abtastung der Rohrwand gewährleistet. Von allen Sensoren wurden Inspektionsdaten aufgezeichnet, sodass der gesamte Umfang und die gesamte Länge der Leitung abgedeckt waren.

Diese Untersuchung gewährleistete, dass sämtliche wanddickenreduzierende Fehlstellen in der Leitung erkannt wurden. Dabei war eine messtechnische Genauigkeit von 0,2 mm in Wanddickenrichtung und 10 mm in Längsrichtung gegeben. Die Rohre wurden durch diese Prüfung somit um ein vielfaches genauer geprüft als unmittelbar nach deren Herstellung.

Auswertung der Ergebnisse

Der Inspektionsbericht für die 100 km lange Fernleitung über die Wanddickenmessungen führte insgesamt 1.554 Materialverluste, 241 Laminationen oder Einschlüsse, 114 Beulen, 16 Stellen mit variierender Wanddicke (herstellungsbedingte Fehler) und 308 Inhomogenitäten (Oberflächen- oder Schweißnahtfehler) sowie 381 Installationen auf. Diese Menge von Anzeigen zeigt die Empfindlichkeit des Molchsystems auf, da die Abmessungen der Anzeigen in

Längs- und Umfangsrichtung von ca. 10 mm bis mehrere Meter und in Tiefenrichtung ab 0,8 mm reichte. Somit wurden selbst kleinste Abweichungen von der Bestellwanddicke erkannt. Die Experten von TÜV SÜD Industrie Service sortierten diese große Menge an Wanddickenänderungen nach Tiefe sowie nach Länge/Breite und unterzogen sie anschließend einer rechnerischen Festigkeitsuntersuchung. Dabei wurden für jede Fehlstelle die tatsächlichen Spannungen in der verbleibenden Wanddicke mittels Rechenprogramm ermittelt und mit den zulässigen werkstoffabhängigen Spannungen verglichen. Alle Fehlstellen mit zu hohen Spannungen wurden von den Experten nochmals betrachtet, bewertet und erneut festigkeitsmäßig beurteilt. Zur Verifikation der Messergebnisse sowie zur genauen Ermittlung der Ursache der Wanddickenminderung wurde empfohlen, Fehlstellen freizulegen und vor Ort zu



Abb. 5 Ultraschallmolch: Speicher und Wegmessung

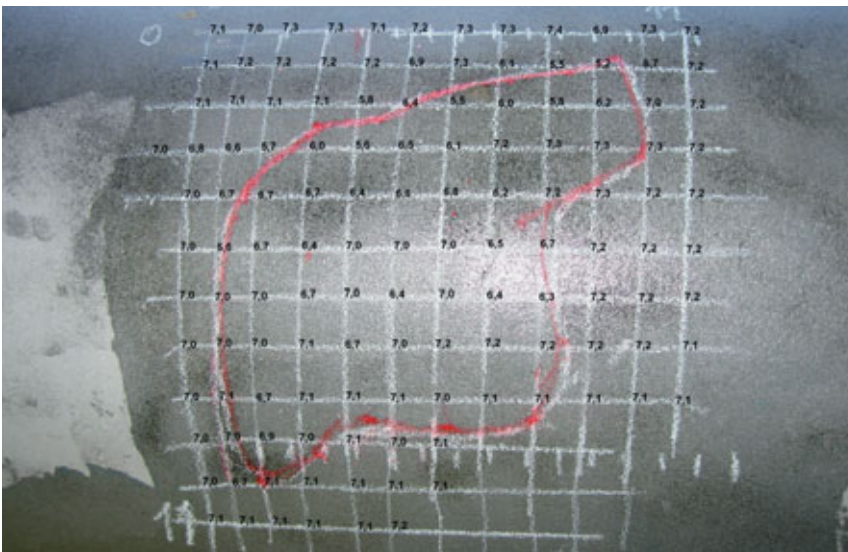


Abb. 6 Innenfehler, von außen mittels Ultraschall-Handmessung bestätigt

begutachten. Hierbei sollte insbesondere darauf geachtet werden, ob diese Fehlstellen bereits seit der Herstellung der Rohrleitung in der Leitung waren, also schon während der erstmaligen Wasserdruckprüfung im Zuge der Leitungserrichtung vorhanden waren oder erst im Laufe des Betriebes entstanden sind.

Wertvolle Hinweise

Sofern es aus der Molchbewertung notwendig erschien, wurden weitergehende Untersuchungen in Form von Freilegung der Fehlstelle und wiederholter exakter Vermessung veranlasst. Hierbei konnten die an dieser Stelle tatsächlich vorhandenen Wanddicken und Fehler-

abmessungen die festigkeitsmäßige Betrachtung einfließen. Sämtliche festigkeitsmäßigen Einschränkungen wurden in einen Übersichtsplan aufgenommen, der die hydraulische Situation der Leitung widerspiegelt. Bei einem Überschreiten der zulässigen Spannungen beim maximal möglichen Betriebsüberdruck mussten die Rohre mit diesen Fehlstellen saniert oder ausgetauscht werden. Dieser Austausch wurde im Zuge des nächsten Stillstandes der Leitung durchgeführt. Hierzu wurde das vorhandene Öl durch Stickstoff verdrängt, sodass die gesamte Leitung gefahrlos getrennt werden konnte, um diese Fehlstellen auszubauen und durch neue, geprüfte Rohre zu ersetzen.

Bei der Bewertung der Fehlstellenliste (Feature-List) wurden zusätzlich alle Fehler aussortiert, die im Nachisolierbereich der Rundnähte lagen. Diese Bereiche gelten als besonders korrosionsgefährdet, da hier die Werksisolierung der Rohre (Bitumen oder PE) durch auf der Baustelle hergestellte Nachisolierungen ersetzt wurde. Nach der Betrachtung am Bildschirm und der Untersuchung auf mögliche Korrosion wurden diese Fehler gesondert aufgelistet und mit Kommentaren versehen wie etwa „Korrosionsverdacht“, „Beobachten“ sowie „Beschleifung“ oder „keine Korrosion“. Bei Korrosionsverdacht wurden weitergehende Maßnahmen wie Erneuerung der Isolierung unternommen. Der Kommentar „Beobachten“ gab den Hinweis, dass diese Fehlstelle im nächsten Wiederholungsmolchlauf erneut kontrolliert werden muss, um gefährliches Korrosionswachstum rechtzeitig zu erkennen. ►



Immer und überall: www.fachzeitschriften-wvgw.de

- bbr - Fachmagazin für Brunnen- und Leitungsbau
- Einkaufsführer
- Kleinanzeigenbörse
- Fachbeitragsdatenbank
- DVGW energie | wasser-praxis
- Nachrichten
- Veranstaltungskalender
- Buchrecherchedatenbank



Abb. 7 Sanierung einer DN 1000 Leitung mit Hot Sleeves

Bei der Auswertung nicht erfasst wurden Fehlstellen mit Tiefen $< 0,8$ mm, da diese von der Messtechnik nicht erkannt werden. Diese Fehlstellen sind in der Regel nicht festigkeitsmindernd und werden bei Wiederholungsmessläufen rechtzeitig aufgespürt, bevor sie eine gefährliche Größe erreichen. Die Experten von TÜV SÜD Industrie Service konnten zusätzlich versichern, dass aufgrund der Rohrinsolierung, dem wirksamen kathodischen Korrosionsschutz (KKS), den überprüften eingeeordneten KKS-Messproben zur Erkennung von Korrosionsgeschwindigkeiten sowie der ausreichenden Schutzstromspeisung keine aktiven Korrosionsstellen mit Tiefen von mehr als 0,8 mm zu befürchten waren. Der nächste Molchlauf soll-

te der Bestätigung dienen, dass alle Maßnahmen wirksam sind und sich die Korrosionsfehlstellen nicht vergrößert haben. Zudem wurde zu regelmäßigen Intensivmessungen des kathodischen Korrosionsschutzes geraten, um auch in Zukunft ein ausreichendes Schutzpotenzial zur Verhinderung von Korrosion nachweisen zu können.

Aufgrund der Ergebnisse des Molchlaufes wurden auf einer Strecke von ca. 100 Kilometern vier Fehlstellen freigelegt und die Fehlerabmessungen und Restwanddicken mit den Molchaufzeichnungen verglichen. Die Übereinstimmung bestätigte die Aufzeichnungsgenauigkeit des Ultraschallmessmolchsystems.

Sanierung von Wanddickenminderungen

Um bei der Sanierung von festigkeitsreduzierenden Wanddickenminderungen einen Rohrtausch mit all seinen aufwendigen Vorarbeiten zu vermeiden, haben sich thermisch vorgespannte Manschetten (Hot Sleeves) bewährt. Diese werden im Bereich der Fehlstelle auf die Rohrleitung aufgeschrumpft und können so zusätzlich Spannungen aus Innendruck aufnehmen, die sonst wegen der Werkstoffminderung nicht aufgenommen werden können. Die Wirksamkeit der Spannungsaufnahme lässt sich bei diesen Manschetten mit einfachen Mitteln nachprüfen. Kostenintensive Betriebsunterbrechungen zur Sanierung können so vermieden werden (Abb. 7).

Fazit

Die Betriebsfestigkeit einer Pipeline kann durch die Inspektion mit Prüfmolchen in Verbindung mit einer qualifizierten Bewertung der Aufzeichnungen sichergestellt werden. Im vorliegenden Fall hat TÜV SÜD eine gutachterliche Stellungnahme verfasst, mit der die vom Gesetzgeber geforderte Integrität der Mineralölfernleitung nachgewiesen werden konnte. Der Energieversorger bekam eine Verlängerung der Betriebsgenehmigung und erhielt zusätzlich umfassende Hinweise über den Zustand seiner Rohrleitungen. Damit konnte er zielgerichtete Maßnahmen für einen weiteren störungsfreien Betrieb der Leitung ergreifen.

Abbildungen: TÜV SÜD

Autor:

Dipl.-Ing. Hans-Joachim de la Camp
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Westendstr. 199
80686 München
Tel.: 089 5791-1858
Fax: 089 5791-1861

E-Mail:

Hans-Joachim.delaCamp@tuev-sued.de
Internet: www.tuev-sued.de

