

Prüfen und Optimieren mittels „Stresstest“



Rohrfernleitungen ■ *Der Stresstest von TÜV SÜD ist eine integrale Festigkeitsprüfung zum Ausscheiden kritischer Fehlstellen. Das Verfahren verbessert den Leitungsbetrieb und steigert die Lebensdauer, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit.*

James Watt hat zu Beginn der Industrialisierung seine Dampfkessel einer formenden Druckprüfung unterzogen und damit die Lebensdauer der Bauteile erheblich verlängert. Er war der Einzige, der die Dampfkessel mit dem dreifachen Betriebsdruck abdrückte. Dabei hatte er das zusätzliche Wasservolumen gemessen, das zur plastischen Verformung der Kesselwandung während des Aufdrückens nötig war. Keiner der Dampfkessel explodierte wegen Konstruktionsfehlern oder Fertigungsmängeln.

Das Prinzip der Wasserdruckprüfung mittels erhöhter Prüfdrücke wird in veränderter Form noch immer angewandt und zwar als integrale Festig-

keitsprüfung mit qualitätserhöhender Eigenschaft. In Deutschland ist das Verfahren unter dem Namen „Stresstest“ bekannt und wird teilweise in ganz Europa eingesetzt. Die Amerikaner und Kanadier nutzen mit dem so genannten „Yield-Test“ eine abgewandelte Variante. Die Anwendungsgebiete des Stresstests reichen von Rohrleitungen über konventionelle Anlagen, Druckbehälter-Massenfabrikation bis hin zu Systemen in Kernkraftwerken.

Aus den Richtlinien für Fernleitungen mit erhöhten Sicherheitsanforderungen ist der Stresstest mittlerweile nicht mehr wegzudenken. Seit mehr als 40 Jahren werden neue und in Betrieb befindliche Rohrfernleitungen mit dem

Verfahren geprüft und optimiert. Über 1.500 Tests von DN 50 bis DN 1600 dokumentieren: Bisher ist an keiner gestressten Leitung während der nachfolgenden Betriebszeit ein Bruch oder eine Leckage aufgetreten. Ausgenommen hiervon sind äußere Einwirkungen wie die Beschädigung durch Baggerzähne, Korrosionen oder dergleichen.

Prävention und Rehabilitation

Bei bestehenden Rohrleitungen können Routineprüfungen Informationen zum Sanierungsbedarf liefern. Besser jedoch ist es, eine spätere Schadensursache schon vor Inbetriebnahme der entsprechenden Leitung zu erkennen und auszuschließen. Dabei sind inte-

grale Prüfverfahren, wie der Stresstest, Einzelprüfungen vorzuziehen, da nur die integrale Prüfung alle festigkeitsmindernden Fehler erfasst. So hat die TÜV SÜD Industrie Service damit begonnen, gemeinsam mit der Gasprom-Tochtergesellschaft DOAO Ogenergogas Moskau, die Nordeuropäische Gaspipeline einem Stresstest zu unterziehen. In diesem Jahr stehen rund 150 Kilometer an; die Gesamtlänge beträgt rund 900 Kilometer. In Russland hat TÜV SÜD den Stresstest bisher bei zwei Exportpipelines der Gasprom eingesetzt: der Jamal-Europa-Gaspipeline (von Polen über Weißrussland nach Russland) und der Blue-stream-Gaspipeline (von Russland unter dem Schwarzen Meer hindurch in die Türkei).

Bisher wurden rund 20.000 Kilometer mit dem Stresstest geprüft und optimiert. Hierunter fallen auch ältere Leitungen, bei denen sich der Stresstest als erfolgreiche Rehabilitationsprüfung bewährt hat. In einigen Fällen sind Pipelines mit zahlreichen Fehlstellen schon von Ingenieuren aufgegeben worden, zeigten aber nach dem Stresstest wieder ein einwandfreies Betriebsverhalten. So lässt sich für eine bestehende Leitung teilweise bereits im Vorfeld nachweisen, ob ihr Betrieb über einen längeren Zeitraum zuverlässig gesichert werden kann. Dies kann unter Umständen den Neubau einer Leitung ersparen.

Was leistet der Stresstest?

Der Stresstest soll als echte Festigkeitsprüfung und Belastungsprobe alle Rohre einer Fernleitung bis in die Nähe der tatsächlichen Streckgrenze belasten. In einem quantifizierten (unterbrochenen) Stresstest mit Hochtrainiereffekt wird sichergestellt, dass keine unzulässigen bleibenden Verformungen an den Rohren auftreten. Dies geschieht mit Hilfe von statistischen Auswertungen der tatsächlichen Festigkeitswerte und Wanddicken, der Messung des zugepumpten Wasservolumens sowie durch einen Trainiereffekt.

Wissenschaftliche Untersuchungen und praktische Erfahrungen im Feld zeigen: Die Wasserdruckprüfung ist

mit ausreichend hohem Druck als integrales Prüfverfahren geeignet, die Rohrwandung – einschließlich der Schweißnähte – auf unzulässige Fehlstellen hin zu kontrollieren. Der Stresstest scheidet dabei Fehler an druckbeaufschlagten Bauteilen aus und korrigiert örtliche Formabweichungen sowie andere die Festigkeit mindernde Fehlstellen.

Belastungsgrenzen ermitteln

Beim Stresstest soll ein möglichst hoher Prüfdruck erzielt werden, ohne unzulässige Verformung der schwächsten Rohre. Dabei soll das Rohr mit dem höchsten Wert aus „tatsächliche Streckgrenze x tatsächliche Wanddicke“ in Umfangsrichtung noch mindestens zu 85 Prozent seiner Streckgrenze beansprucht werden, um wenigstens noch geringfügig über die Proportionalitätsgrenze zu kommen. Die Rohre mit den niedrigsten Festigkeitskennwerten sollen aber nicht wesentlich über ihre tatsächliche mehrachsige Streckgrenze belastet werden.

Zur Ermittlung dieser Parameter werden die tatsächlichen Festigkeitskennwerte der Rohre, die im Zuge der Ablieferungsprüfung ermittelt werden, statistisch ausgewertet. Wenn diese nicht vorliegen, sind entsprechende Werkstoffuntersuchungen, z. B. an ausgebauten Rohren in ausreichender Zahl durchzuführen. Als höchster Wert des Produktes „tatsächliche Streckgrenze x tatsächliche Wanddicke“ wird der 97,5-prozentige Wert der zugehörigen

Gauß'schen Verteilung eingesetzt. Dieses Rohr wird am Hochpunkt des jeweiligen Leitungsabschnittes angenommen.

Das „schwächste Rohr“, entsprechend dem 2,5-prozentigen Wert nach der Gauß'schen Verteilung, wird am Tiefpunkt angenommen und soll nicht über seine tatsächliche Streckgrenze im mehrachsigen Spannungszustand beansprucht werden. Da sich der Stresstest an den tatsächlichen Werten orientiert, erhöhen sich die Prüfdrücke bei Rohrleitungen, die weit oberhalb der garantierten Mindeststreckgrenzen sowie der garantierten Mindestwandstärken liegen.

Wasserdruck aufbauen

Die Wasserdruckprüfung nach dem Stresstestverfahren wird abschnittsweise an der erdverlegten und möglichst vollständig mit Wasser gefüllten Rohrleitung vorgenommen. Dafür laufen Molche (pigs) bei der Befüllung gegen einen Vordruck. Dieser Wasser- oder Luftvordruck muss so groß sein, dass die Wassersäule zwischen Molch und Füllstelle während des gesamten Füllvorganges kompakt bleibt und an den örtlichen Hochpunkten nicht abreißt. Anschließend wird der Druck mit stoßfrei arbeitenden Hochdruckpumpen erhöht. Die zugepumpte Wassermenge wird auf der Saugseite der Pumpen mit Ultraschallzählern oder sonstigen Messeinrichtungen gemessen. Gleichzeitig mit der Volumensmessung wird eine stufenweise ►

Nord Bau

Neumünster - Messegelände Holstenhallen

7. – 12. Sept. 2006

Donnerstag – Dienstag 9.00 – 18.00 Uhr

Ergänzende Sonderthemen:

- „Bauen zum Wohlfühlen“
– Heizung Fliesen Bad & mehr –
- Straßen – Wege – Plätze
- „alternative Kraftstoffe
+ Baumaschinen-Motorentechnik“

Info-Tel. 04321-910 190
oder im Internet unter www.nordbau.de



**NORD
BAU₀₆**

Baumaschinen • Geräte • Planung • Neubau • Ausbau

Druckmessung mittels Druckwaage vorgenommen. Bei Erreichen der einzelnen Druckstufen wird das insgesamt zugepumpte Wasservolumen und das zwischen den Druckstufen zugepumpte Wasservolumen bestimmt.

Trägt man grafisch den Druck über das zum Aufpumpen des Abschnittes verpumpte Wasservolumen auf, so erhält man im elastischen Bereich eine Gerade. Die ersten Abweichungen von dieser Geraden zeigen das Erreichen der Proportionalitätsgrenze einzelner Rohre an. Größere Abweichungen von dieser Geraden geben zu erkennen, dass einzelne Rohre oder Rohrgruppen Beanspruchungen erleiden, die bis in den Bereich der tatsächlichen Streckgrenze gehen.

Wasservolumen messen

Das maximal zulässige Wasserzupumpvolumen ergibt sich aus einem elastischen Anteil der Rohrleitung (elastische Aufweitung der Rohre und Kompression des Wassers in den Rohren) und einer integralen bleibenden Umfangsdehnung der Rohrleitung. Die zulässigen Grenzwerte hierfür sind werkstoffabhängig festgelegt und durch umfangreiche Werkstoffuntersuchungen untermauert. Die Drucksteigerungsrate liegt zwischen 1,5 bis 4 bar/Minute. Die Messwerte (Druck und zugepumptes Volumen) werden mit elektronischen Messwerterfassungsgeräten angezeigt und sofort in einem Diagramm aufgetragen.

Stresstest mit Trainiereffekt

Ein quantifizierter (unterbrochener) Stresstest mit Trainiereffekt (**Abb. 1**) wird angewendet, wenn aus Gründen der Fehlerausscheidung besonders hohe Drücke bei minimierten bleibenden Umfangsdehnungen erreicht werden sollen. Weitere Anwendungsbereiche sind Rohrleitungen aus Werkstoffen mit besonderem Dehnverhalten oder Prüfabschnitte mit größeren Höhenunterschieden. **Abbildung 1** zeigt, dass durch diese Verfahrensweise mit geringeren bleibenden Dehnungen höhere Drücke erreicht werden können.

Die an Proben von Rohrherstellern gemessenen Streckgrenzen wurden bei Druckprüfungen interessanterweise an manchen weichen Stellen zum Teil nur zu 75 Prozent und weniger erreicht. Diese reale Unterschreitung spiegelt zu hohe Streckgrenzenwerte vor, die auf zu hohe Geschwindigkeiten in Zugversuchen an den Proben oder der Probenlage zurückzuführen sind. Bei normalen Druckprüfungen ohne Volumenmessung wären diese Rohre unzulässig plastisch verformt, überdrückt und an der Isolierung beschädigt worden.

Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Ablauf der Druckprüfungen an den Rohrleitungen. Zum besseren Ausscheiden von so genannten instabilen Fehlstellen sind zwei Haltezeiten von je 30 bis 90 Minuten erforderlich. Langsame

Drucksteigerungsraten im oberen Druckbereich geben den Fehlstellen und ihrer Umgebung genügend Zeit zum Fließen bzw. zum Kriechen. Die Zeit für die Zwischenentlastung soll mindestens 30 Minuten betragen. Der Druck soll dabei so tief wie möglich sein, sodass der Druck am Hochpunkt der Leitung nur wenig über 0 bar liegt.

Damit werden sich in der Nähe von Rissspitzen und sonstigen Fehlstellen plastische Rückverformungen (Stauchungen) bilden. Stauchungen werden an Stellen mit hohen Zugspannungen und Dehnungen auftreten, während der Zwischenentlastung durch Umlagerung und durch den so genannten Bauschinger-Effekt. Diese brauchen ebenfalls Zeit, bis sie ausgebildet sind. Bei der zweiten Druckbelastung und während der Standzeit sind häufig noch Undichtheiten und Brüche aufgetreten. Ab 70 Prozent des vorgesehenen maximalen Prüfdruckes sind dabei Lecks mit einer gewissen Häufigkeit aufgetreten. Brüche traten meist erst kurz vor Erreichen des maximalen Prüfdruckes oder während der zweiten Standzeit auf.

Fehlstellen ausscheiden

Die Belastung des Druckes auf die Rohrleitung soll vorhandene Fehlstellen in der Rohrwandung ausscheiden. Das geschieht, wenn es an ihren Rändern – bzw. über den Restquerschnitt – zu einer Beanspruchung kommt, die in der Nähe der Trennfestigkeit ent-

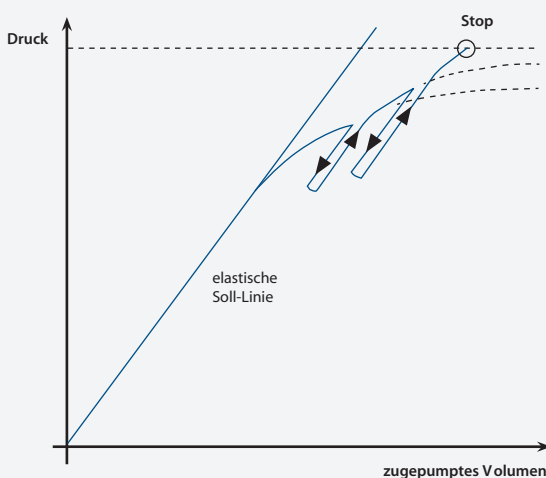


Abb. 1 Diagramm eines quantifizierten (unterbrochenen) Stresstests mit Trainiereffekt

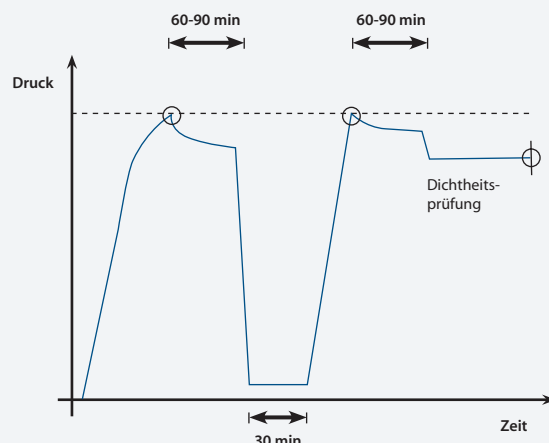


Abb. 2 Zeitlicher Ablauf der Druckprüfungen

sprechend der Zugfestigkeit des Werkstoffes liegt. Örtlich begrenzte Fehlstellen, die durch die Beanspruchung der Druckprüfung Lecks hervorrufen, vergrößern sich nur unwesentlich in Walzrichtung des Bleches. Längere Fehler führen beim Aufreißen zu Brüchen.

Abbildung 3 zeigt die Grenzfehlergröße bei verschiedenen Druckprüfungen an einer 28“-Leitung. Diese wurde im Versuch ermittelt und durch bruchmechanische Berechnungen bestätigt. Vergrößern sich die Fehler durch Betriebslastwechsel bis zur Fehlergröße der Betriebsdrucklinie, so kommt es zur Leckage oder zum Bruch im Laufe des Betriebes. Höhere Prüfdrücke erzeugen größere Umfangsspannungen in der Rohrleitung. Sie sondern bei gleicher Fehlerlänge Fehler mit geringerer Tiefe aus.

Oberflächenverletzungen, versprode Risse oder martensitische Einlagerungen können ebenso Brüche auslösen, auch wenn die Fehlstelle selbst nur wenige Hundertstel Millimeter tief ist. In Wärmeeinflusszonen sind beim Vorhandensein von hohen Eigenspannungen ebenso Brüche möglich. Grund hierfür ist, dass diese Zonen durch Überreckung im warmen Zustand vorgeschädigt worden sind (Reparaturstellen, Bandverbindungen).

Die Ausscheidung von Rundnahtfehlern ist abhängig von der Querkontraktionszahl. Diese steigt erst bei Er-

reichen der Proportionalitätsgrenze von 0,3 auf 0,5 und erreicht so die Zugfestigkeit im Bereich des Rundnahtfehlers. Bei einer natürlichen, normalen Fehlerverteilung nimmt die Anzahl der ausgeschiedenen Fehler mit der Höhe der Umfangsspannung überproportional zu. Mit höherer Festigkeit – und einem damit höheren Zugfestigkeitsverhältnis – kommen beim Stresstest zunehmend kleinere Fehler zum Durchbruch. Die Geschwindigkeit der Druckanhebung hat einen großen Einfluss auf die Fehlerausscheidung. Die Kurven gelten für Drucksteigerungs-raten zwischen ein und drei Prozent des Streckgrenzendruckes pro Minute. Dies entspricht im Allgemeinen einer Drucksteigerungsrate von 0,5 bis 3 bar pro Minute. Bei höheren Drucksteigerungs-raten werden Fehler gleicher Größe auch erst bei größeren Drücken ausgeschieden. Dies zeigt, dass Druckprüfungen beim Rohrersteller mit einer Zeitdauer von fünf bis zehn Sekunden zu keiner nennenswerten Fehlerausscheidung führen können.

Produktionsbedingte Formabweichungen

Wie wir aus Erfahrung wissen, gibt es kein ideal rundes Rohr. Durch die Herstellung treten bestimmte, der Norm noch entsprechende, Formabweichungen teilweise gleichzeitig auf. Auch die Erdlast sowie der Verdichtungsgrad der verlegten Leitung führen zu entsprechenden Formabweichungen. Besonders bei Ovalitäten, Kantenversatz und

Aufdachungen sind die zulässigen Grenzen in den Normen und Richtlinien als großzügig zu bezeichnen. Sollen die Spannungserhöhungsfaktoren bei Ovalitäten und vergleichbaren Formabweichungen auf Werte in der Größenordnung von 2 beschränkt werden, sind Prüfumfangsspannungen von rund 85 Prozent der tatsächlichen Streckgrenze erforderlich. Durch eine Beanspruchung in dieser Höhe werden z. B. ellipsenähnliche Ovalitäten auf Werte unter zwei Prozent reduziert. Das bringt für die Lebensdauer der Rohre entscheidende Vorteile.

Für eine Rohreränderung zur Idealform gilt: Je kleiner die örtliche Ausdehnung der Formabweichung, desto näher muss die Nennspannung an der tatsächlichen Streckgrenze liegen und umso höher muss die plastische Verformung in diesem Bereich sein. Bei bereits eingedeten Rohren muss zusätzlich noch der Erddruck durch die Verdichtung überwunden werden.

Wirkungen von Vorbelastungen

Durch den Stresstest werden Verle-gespannungen und Eigenspannungen im Rohr in Umfangsrichtung abgebaut. Sie addieren sich zu den aufgebrachtten Spannungen durch den Prüfdruck. Bei den ungleichförmig verteilten Eigenspannungen führt die über die Proportionalitätsgrenze hinausgehende Lasterhöhung nur zu verhältnismäßig geringer plastischer Verformung. Durch die Umfangsspannung beim

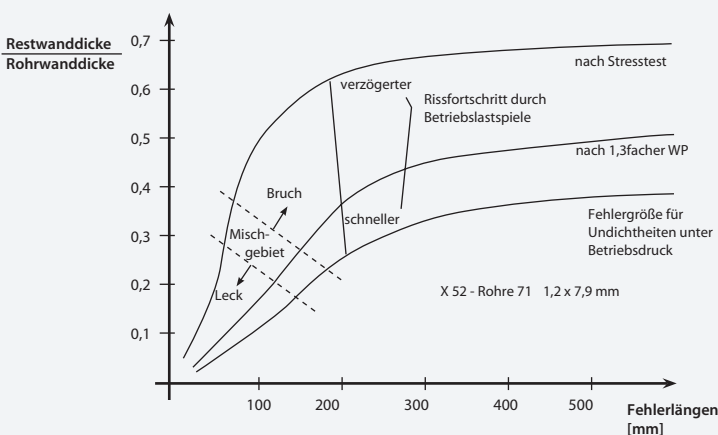


Abb. 3 Grenzfehlergröße bei verschiedenen Druckprüfungen an einer 28“-Leitung

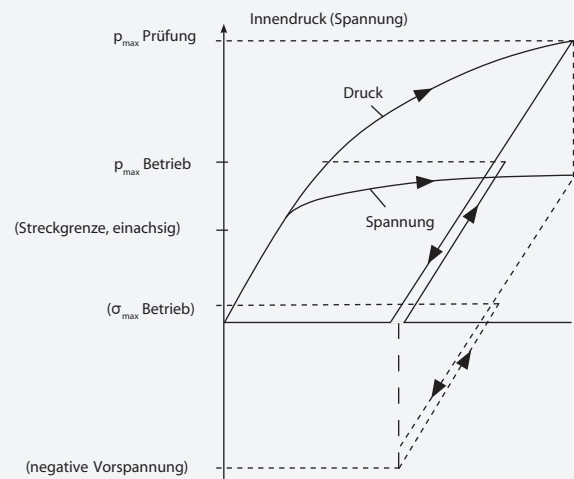


Abb. 4 In der Nähe der verbleibenden Fehlstelle, insbesondere an den Risspitzen, erzeugt der Stresstest Spannungsumlagerungen.

Stresstest werden die Eigenspannungen in dieser Richtung auf den gleichen Restbetrag von 15 bis 20 Prozent der Streckgrenze abgebaut – ähnlich wie beim Spannungsarmglühen.

In der Nähe der verbleibenden Fehlstelle, insbesondere an den Rissspitzen, bringt der Stresstest Spannungsumlagerungen (**Abb. 4**). Dort führen sie im unbelasteten Zustand des Rohres zum Aufbau von hohen Druckvorspannungen. Für fehlerbehaftete Rohre aus Werkstoff X 52 mit gleichem Durchmesser und verschiedenen Wanddicken wurden die an Grenzfehlern zu erwartenden Volllastspiele bestimmt (**Tab. 1**). Diese Grenzfehler sind so angenommen worden, dass sie bei den Prüfbelastungen gerade nicht mehr ausgeschieden worden sind. Dies lässt erkennen, dass in der überdimensionierten Leitung mit einem Sicherheitsbeiwert von 3,5 oder Abnutzungsfaktor¹⁾ von 0,285 normalerweise weder die 1,3-fache noch die 1,5-fache Druckprüfung eine ausreichende Auslesemöglichkeit für Fehlstellen sein kann. Daraus wird ersichtlich, dass dickere Rohre ein schlechteres Verhalten haben, wenn sie Fehlstellen aufweisen. Die angegebenen Lastspielzahlen müssen nach einer 1,5-fachen Druckprüfung noch durch eine Lastspielsicherheit (SL = 5) dividiert werden.

In dünneren Leitungen bringt die 1,5-fache Druckprüfung eine bessere Fehlerausscheidung und damit höhere Lastspielzahlen. In diesem Fall wird eine Umfangspannung von 90 Prozent der spezifizierten Mindeststreckgrenze erreicht. Die tabellarischen Werte (**Tab. 1**) zeigen eine prinzipielle Übereinstimmung mit den Forschungsarbeiten auf dem Gebiet von überlasteten Proben und Bauteilen: Nach einem

quantifizierten Stresstest mit Trainiereffekt ergibt sich normalerweise eine Lebensdauer > 8.000 Volllastspielen²⁾, wenn sie die gleiche Wanddicke im gesamten Abschnitt aufweisen. Eine deutliche Zunahme der Lebensdauer ergibt sich für Rohre durch die Verringerung des Sicherheitsfaktors gegen diese 8.000 Volllastspiele (auf SL = 2,0 oder tiefer). Sobald die angegebene Lebensdauer erschöpft ist, wäre eine Wiederholungsdruckprüfung, eine Druckherabsetzung oder eine entsprechende Maßnahme fällig. Weiterhin ist zu erkennen, dass ein Prüfdruck sinnvollerweise vorwiegend in Abhängigkeit von der tatsächlichen Streckgrenze und nicht vom Betriebsdruck festgelegt werden sollte.

Nach dem Stresstest

Die nach den Beanspruchungen beim Stresstest verbleibenden Fehlstellen und Formabweichungen werden in ihrem Lastspielverhalten deutlich verbessert. Insbesondere an den Rissspitzen und an den Stellen mit hohen Spannungskonzentrationen wird durch die hohe Innendruckbelastung ein Fließen im Werkstoff einsetzen. Dies führt zu Formverbesserung in Richtung geringerer Spannungserhöhungsfaktoren und zu negativen Druckvorspannungen bei Druckentlastung. Die Druckvorspannungen können bei entsprechender Höhe des Prüfdruckes sogar noch bei nachfolgenden Betriebsbelastungen im negativen Spannungsbereich liegen. Damit ist auch zu erklären, dass bei Lastspielversuchen an Proben mit Rissen unter gleich bleibenden dynamischen Belastungen das vorher festgestellte Risswachstum nach hoher Einzelbelastung zum Stillstand kam. Ein ähnliches Verhalten wurde auch bei Versuchen an durch Spannungsrisskorrosion geschädigten

Großrohren festgestellt. Die Versuche zeigten außerdem: Das Risswachstum wird umso mehr verlangsamt bzw. gestoppt, je höher die Einzelvorlast und je größer der Abstand der Einzelvorlast zu den anschließenden dynamischen Betriebsbelastungen war.

Es hat sich gezeigt, dass die Probleme bei Rohrleitungen, in denen mit Fehlstellen gerechnet werden muss, nicht durch Erhöhung des Sicherheitsfaktors oder Druckherabsetzung zu lösen sind. Bei Rehabilitationen ist eine Ausscheidung der Fehlstellen erforderlich, die im weiteren Betrieb Leck- oder Bruchschäden ergeben könnten.

Voraussetzungen und Grenzen

Da die Druckprüfungen nach dem Stresstestverfahren in Grenzbereiche vorstoßen können, sollten zu ihrer Planung erfahrene Experten hinzugezogen werden. Außerdem sollte vor Ort stets fachkundiges Aufsichtspersonal anwesend sein. Ein Stresstest setzt innerhalb des Prüfabschnittes ein annähernd gleiches Formänderungsverhalten der Bauteile und eine hinreichende Fixierung der Rohrleitung voraus. Falls einzelne Teile stärker bemessen sind oder durch große Höhenunterschiede mit unterschiedlichem (geringem) Innendruck beaufschlagt werden, können diese Teile nicht mehr als gestresst bezeichnet werden.

Eine Voraussetzung für die Wirksamkeit des Stresstests ist unter anderem, dass die Spannungen während der Prüfung und die Spannung im Betrieb in die gleiche Richtung gehen und sich in der Höhe genügend unterscheiden. Für Leitungen mit lochfraßartiger Korrosion reicht der Stresstest als einziges Sanierungsverfahren allerdings nicht aus. Diese Korrosionsstellen sind mit anderen geeigneten Prüfinstrumenten wie „Intelligenten Molchen“ aufzuspüren und bei Überschreiten der kritischen Größe zu entfernen.

Stresstest-Statistik

TÜV-Sachverständige haben in Deutschland über Jahre hinweg eine Statistik über aufgefundene Mängel bei Druckprüfungen nach dem Stresstestverfahren geführt. Prüfungen an Gashochdruckleitungen und Ölpipeli-

Druckprüfung	Volllastspiele bei Sicherheit S gegen Umfangsspannung		
	S = 1,7	S = 3,5	Lastspielsicherheit
1,1 × p _{Betrieb}	≈ 100	≈ 100	10
1,3 × p _{Betrieb}	300	180	6
1,3 × p _{Betrieb}	1200	350	5
Stresstest	> 5000	> 4000	2

Tabelle 1 Für fehlerbehaftete Rohre mit gleichen Durchmesser und verschiedenen Wanddicken wurden die an Grenzfehlern zu erwartenden Volllastspiele bestimmt.

nes ergaben eine Verteilung der unterschiedlichen Fehler von je einem Drittel auf

- den Bereich der Längs- oder Spiral- bzw. Bandverbindungsnahte,
- den Rund- und Stutzennahtbereich,
- Werkstofffehler an Rohren, Formstücken und Armaturen.

Die Statistik macht sichtbar, dass durch die zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnahte nicht alle Fehlstellen erkannt werden. Sie zeigt auch einen unvermutet hohen Anteil von Fehlstellen in der Wandung der Rohre. Diese werden durch die zerstörungsfreie Prüfung bei der Fertigung nicht erfasst.

Einige der Rehabilitationsprüfungen mit hohen Prüfdrücken konnten vergleichsweise viele Fehler ausscheiden. Hierbei handelte es sich um Leitungen, die schon seit längerer Zeit in Betrieb waren. An einer 180 Kilometer langen Leitung mit Spannungsrisskorrosion hat die Prüfung 41 Brüche und 31 Lecks ausgeschieden. An einem fünf Kilometer langen Rohrleitungsbündel aus HF-längsnahtgeschweißten Rohren konnten sieben fehlerhafte Schweißnahtbereiche ausgeschieden werden. Eine Schadensuntersuchung zeigte, dass bis zu 30 Prozent der Wanddicke nicht durchgeschweißt war. Beide aufgezeigten Rohrleitungen werden seit rund zehn Jahren wieder ohne Schaden unter vollem Betriebsdruck genutzt. Die durch die hohe Druckprüfung aufgefundene Fehlerhäufigkeit wurde bei anderen Gas- und Ölleitungen bestätigt: Auch hier kam es in der anschließenden Betriebszeit zu keinen Undichtheiten mehr.

Fazit

Eine hohe Druckprüfung kann ohne nachteilige Folgen vorgenommen werden. Belegt wird dies durch Untersuchungen und praktischen Erfahrungen an zahlreichen Pipelines mit bekannten oder vorher unbekanntem Fehlstellen. Der Stresstest bietet als hohe Druckprüfung die Möglichkeit, neu errichtete Pipelines zu optimieren und ältere Pipelines zu rehabilitieren, die z. B. Spannungsrisskorrosion oder auch rinnenförmige Korrosion aufweisen.

Für Gasleitungen lassen Lastspieluntersuchungen mit verbliebenen Fehlstellen eine wieder gewonnene Lebensdauer jenseits von 80 Jahren erwarten. In einigen Fällen werden diese Leitungen sogar mit einem höheren Betriebsdruck als vorher verwendet. Bei Ölleitungen kann sich nach der Druckprüfung, je nach Betriebsweise, eine Restlebensdauer von bis zu 30 Jahren ergeben – soweit keine innere und äußere Korrosion sowie gewaltsame Beschädigungen hinzukommen.

Der Stresstest ist zurzeit das einzige Prüfverfahren, das gefährliche Fehlstellen selbst ausscheidet. Man bezeichnet es daher auch als ein intelligentes Prüfverfahren. Hierbei hat die integrale Festigkeitsprüfung jedes einzelnen Bauteils eine vorbeugende Wirkung, weil die Rohrgeometrie durch das Beseitigen von Spannungsspitzen verbessert wird. Der Stresstest dient daher, im Gegensatz zu den meisten anderen Prüfverfahren, sowohl zur Überprüfung als auch zur Optimierung einer Rohrleitung. Das erhöht die betriebliche Sicherheit der geprüften Fernleitungen und gleichzeitig ihre Wirtschaftlichkeit.


¹⁾ Der Abnutzungsfaktor ist der Kehrwert des Sicherheitsbeiwertes, d. h. zu wieviel Prozent kann ich ein Material belasten, z. B. $S = 3$ d. h. Ausnutzungsfaktor $1/3 = 0,33 = 33\%$ Ich kann mein Material, d. h. meine gewährleistetete Streckgrenze zu 33 % belasten.

²⁾ Vollastspiel ist ein Begriff in der Lebensdauerbewertung von Teilen und bedeutet bei Rohren: ein Vollastspiel = ein Lastzyklus von drucklos bis zum max. ertragbaren Druck.

Alle Abbildungen: TÜV SÜD Industrie Service GmbH

Autor:

Hans-Joachim de la Camp
Leiter der Abteilung Fernleitungen
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/industrielleistungen 

Gute Karten: Gütesicherung Kanalbau!



»Abwasserkanäle sind dann langlebig und betriebssicher, wenn sich Auftraggeber und Auftragnehmer zur Gütesicherung bekennen.«

Da machen wir mit!

+ + + Gute Karten + + + Gute Karten + + +

Telefon 0 22 24/93 84-0
info@kanalbau.com
www.kanalbau.com

Weitere Informationen per Fax
0 22 24/93 84-84

Firma _____

Ansprechpartner _____

Straße _____

PLZ/Ort _____

Telefon _____

Fax _____

E-Mail _____