



## Technische Sicherheit von Gashochdruckleitungen: Vorgaben – Anwendung – Vergleiche

Rohrfernleitungen sind die Lebensadern der Wirtschaft. Ihre Sicherheit wird in Deutschland durch Gesetze und Vorgaben, wie z. B. das DVGW-Regelwerk, gewährleistet. Vergleiche des deutschen Regelwerks mit dem anderer europäischer Länder zeigen erhebliche Unterschiede in der Planung, Errichtung und Betrieb einer Leitung.

Zwei Drittel der in Deutschland benötigten Energie wird durch Pipelines in flüssigem oder gasförmigem Zustand transportiert, ohne dass die Bevölkerung durch diesen Transport beeinträchtigt wird. Der Transport über Pipelines stellt die sicherste Transportform dar, dies wird durch die verschiedenen Schadensstatistiken untermauert. So zeigt die europäische Statistik für Schäden mit unbeabsichtigtem Gasverlust für Gashochdruckleitungen (EGIG), aufgestellt von zwölf führenden Gasversorgungsunternehmen in Europa, dass die Schadens-

häufigkeit immer mehr abnimmt. Die durchschnittliche Schadenshöhe der letzten fünf Jahre betrug 0,17 Schäden pro Jahr auf 1.000 Kilometer. Dieser Trend wird auch von den Rohrleitungen der Mineralölwirtschaft bestätigt, deren Schadensstatistik (CONCAWE) sich ähnlich verhält.

Für Fernleitungen in der Bundesrepublik Deutschland werden in Gesetzen und Verordnungen Vorgaben und Ziele zur Einhaltung der Sicherheit in allgemeiner Form vorgeschrieben. Von den zuständigen Behörden

wurden technische Fachausschüsse eingesetzt, um dem Stand der Technik entsprechend die besonderen technischen Regeln für diese Anlagenart zu ermitteln. Diese bieten eine Orientierung und die Grundlage für technische Entscheidungen des Bauherrn, der Planer, Hersteller und Betreiber sowie eine Prüfgrundlage für Sachverständige. Die Regeln geben den Stand der Technik wieder.

### Sicherheitsphilosophie

Für die Errichtung und den Betrieb von Fernleitungen in Deutschland gelten tech-



Quelle: WINGAS

nische Regeln, die auf einem deterministischen Sicherheitskonzept aufbauen. Dabei findet der im langjährigen Umgang mit der Technik gewachsene Erfahrungsschatz Berücksichtigung. Die kausalen Zusammenhänge, die zu einem ungewollten Ereignis (z. B. einer Stofffreisetzung) führen können, werden analysiert und daraus wirksame Vorsorgemaßnahmen entwickelt. Diese finden als technische oder organisatorische Anforderungen Eingang in das technische Regelwerk. Diese Methode geht von fest vorgegebenen Größen aus und berücksichtigt alle wesentlichen Belastungen und mögliche Einwirkungen auf die Gas- oder Mineralölleitung, um Schäden mit hoher Zuverlässigkeit auszuschließen. Entscheidungen über die einzusetzende Technik werden damit nicht aufgrund einer subjektiven Risikoeinschätzung getroffen, sondern es werden die Maßgaben des Regelwerks umgesetzt und in Einzelbetrachtungen die Maßnahmen durchgeführt, die eine Sicherheit gegenüber negativen Einwirkungen oder Zusatzbelastungen bieten. Mit dieser Methode wird erreicht, dass die Leitung durchgehend technisch sicher und unabhängig von äußeren, nicht immer beeinflussbaren Bedingungen ist.

Nach der deterministischen Betrachtungsweise wird eine Hochdruckleitung heute in unbebautem Gebiet nach den gleichen hohen Anforderungen dimensioniert wie in bebautem Gebiet. Dies ermöglicht, dass spätere Bebauungen bis an den Schutzstreifen heranrücken können, ohne dass zusätzliche sicherheitstechnische Anforderungen gestellt werden müssen. Dieses Vorgehensweise hat sich in vielen europäischen Ländern mit hoher Bevölkerungsdichte bewährt, denn in den Gebieten, wo vor 30 Jahren eine Pipeline über unbebautes Ackerland errichtet wurde, befindet sich heute ein Gewerbe- oder Wohngebiet.

### Gesetzliche Vorgaben

Die Verordnung über Gashochdruckleitungen fordert im §2 „allgemeine Anforderungen“, dass die gesetzlichen Vorgaben im Zuge der Errichtung und des Betriebes eingehalten werden und im Übrigen der Stand der Technik beachtet wird. Der Stand der Technik wird erfüllt, wenn die technischen Regeln des DVGW eingehalten und beachtet werden.

Die Auslegung und Dimensionierung von Rohrleitungen erfolgt für Gashochdruckleitungen nach dem DVGW-Arbeitsblatt G 463 in Verbindung mit DIN EN 1594. Durch die im Regelwerk hinterlegte Berechnungsformel wird die erforderliche Mindestwanddicke in Abhängigkeit von maximalem Betriebsdruck, Werkstoff, Rohrdurchmesser und dem erforderlichen Ausnutzungsfaktor der ertragbaren Spannungen ermittelt.

Die Planung und Konstruktion von Gashochdruckleitungen erfolgt auf Basis des bereits erwähnten deterministischen Sicherheitskonzepts, wobei bei deren Trassierung die Sicherheit und der Schutz von Mensch und Umwelt die wichtigsten Einflussgrößen darstellen. Dieser Grundsatz führt natürlich zu der Frage, wie dies bereits bei der Planung der Pipeline berücksichtigt werden kann.

Bei der Trassenwahl sind nur begrenzte Möglichkeiten, denn die benötigte Energie muss zu den jeweiligen Verbrauchern gebracht werden, somit führt die Gashochdruckleitung auch durch bebautes Gebiet. Die Verlegung der Gasleitung in einem ausgewiesenen und gesicherten Schutzstreifen soll verhindern, dass die Integrität der Leitung durch äußere Einflüsse beeinflusst wird. Jedoch stellen diese äußeren Angriffe die größte Gefahr für Rohrleitungen dar. Andere Maßnahmen schwächen somit diese Gefährdung ab, um einen sicheren Betrieb zu gewährleisten. Dadurch steigt auch die Akzeptanz in der Bevölkerung, die inzwischen sehr sensibel auf

Neuplanungen von großen Gastransportleitungen reagiert.

Als zusätzliche Maßnahmen, über das Regelwerk hinausgehend, haben sich in Gebieten mit erhöhtem Schutzbedürfnis nachfolgende Maßnahmen bewährt. Diese Maßnahmen unterscheiden sich zum einen in der Beschaffenheit der Rohre und Bauteile und zum anderen in Anforderungen an Planung, Bau und Betrieb der Leitung. In erster Linie kommen hier die besonders verformungsfähigen Werkstoffe nach DIN EN 10208-2 zur Anwendung, denn die Sicherheit durch den Werkstoff wird von drei Kriterien getragen:

- Ein niedriges Streckgrenzenverhältnis gibt zusätzliche Sicherheit beim Überschreiten der für den Werkstoff zulässigen Spannungen, da der Abstand zwischen Streckgrenze und Zugspannung in der Regel 15 Prozent beträgt und somit eine zusätzliche Sicherheit zur bereits vorhandenen ( $S_{\text{erf.}} = 1,6 + S_{\text{Werkstoff}} = 1,15$ ) Gesamtsicherheit gegen Versagen darstellt. Gesamtsicherheit  $S = 1,6 \times 1,15 = 1,84$
- Eine ausreichend hohe Bruchdehnung führt dazu, dass sich der Werkstoff, z. B. bei einer Beschädigung der Rohrleitung durch einen scharfkantigen Gegenstand (Baggerschaufel), zuerst bleibend verformt, bis es zum Riss oder Bruch kommt.
- Eine hohe Kerbschlagzähigkeit sichert, dass keine Gefährdung durch langlaufende Risse im Material besteht und somit das Sicherheitskriterium Leck vor Bruch gewahrt ist. D. h., durch partielle Überbeanspruchung des Grundwerkstoffes entstandenes Risswachstum wird durch die Werkstoffeigenschaften an einer signifikanten Vergrößerung der Fehlstelle gestoppt.

Die Erhöhung der Erdüberdeckung über der Rohrleitung bewirkt ebenso einen entsprechenden zusätzlichen Schutz. Entsprechend dem Regelwerk muss die Überdeckung den örtlichen Gegebenheiten angepasst sein, jedoch mindestens 80 Zentimeter betragen. Bei Auswertung von Schadensstatistiken, insbesondere der EGIG-Statistik, wird deutlich, dass eine Erhöhung der Überdeckung in einen Bereich zwischen 80 und 100 Zentimeter eine Reduzierung der Schäden gegenüber einer Überdeckung von kleiner 80 Zentimeter um den Faktor 3 bewirkt. Hierdurch wird deutlich, dass Minderdeckungen für Pipelines die Gefahr von äußeren Beschädigungen signifikant erhöhen.

Die Anordnung von Absperrarmaturen zur Begrenzung von Austrittsmengen stellt im



„Dennochfall“ ein effizientes und probates Mittel dar, um das Schadensausmaß zu begrenzen. Entsprechend dem Regelwerk ist hier eine Abstandsregelung von 10 bis 18 Kilometer zwischen den jeweiligen Streckenarmaturen zu wählen. In sensiblen Bereichen und in Abhängigkeit von Druck und Volumen in der Leitung sollten Überlegungen bezüglich einer Motorisierung der Antriebe angestellt werden, um die Reaktionszeit erheblich zu reduzieren. Bei den großen Transportleitungen hat sich dies entsprechend durchgesetzt.

Eine umfangreichere Überwachung der Bau-, Schweiß- und Verlegearbeiten sichert in diesen Gebieten, dass alle sicherheitsrelevanten Bautätigkeiten durch externes unabhängiges Prüfpersonal überwacht werden und somit relevante Baumängel schon vor Inbetriebnahme einer Leitung erkannt und beseitigt werden. Hierdurch wird ein Höchstmaß an Qualität erreicht, das sich unmittelbar auf die Sicherheit und Verfügbarkeit einer Leitung niederschlägt.

Nach der Durchführung einer Wasserdruckprüfung nach dem Stresstest-Verfahren kann aufgrund der hohen artgleichen Belastung davon ausgegangen werden, dass sich keine festigkeitsmindernden Einflüsse in der Rohrleitung befinden, die zu einem Versagen führen können. Durch die hohen Prüfdrücke während der Prüfung werden unzulässige Fehler ausgeschieden oder in ihrem Spannungsverhalten so geändert, dass sie sich im Laufe des Betriebes nicht zu Fehlstellen entwickeln können. Äußere, nicht immer beeinflussbare Ereignisse sind natürlich hiervon ausgeschlossen, ebenso wie Korrosion.

### Anwendung

Im Zuge der Errichtung einer mehr als 300 Kilometer langen Gasleitung, die sehr im Fokus der Öffentlichkeit steht, werden hier die Kriterien dargestellt, die wesentlich zu einem sicheren Betrieb beisteuern. Grundvoraussetzung war die Einhaltung des Regelwerks, jedoch wurden der Öffentlichkeit zusätzliche, positive Maßnahmen, die nicht explizit im Regelwerk gefordert sind, dargestellt, um die Akzeptanz der Rohrleitung in der Bevölkerung zu steigern.

Eingesetzt wird ein besonders verformungsfähiger Rohrwerkstoff mit besonderen Anforderungen an das Streckgrenzenverhältnis ( $< 0,85$ ), an die Bruchdehnung ( $> 20\%$ ) und an die Kerbschlagzähigkeit. Verwendet wurde hier der Werkstoff L 360 MB nach DIN EN 10208-2 mit Zusatzanforderungen. Zusätzlich zu dieser Beschaffenheitsanforderung wurde eine Abstandsregelung in Abhängigkeit zu Gebieten mit erhöhtem

Schutzbedürfnis aufgestellt, die sich im Einzelnen wie folgt darstellt:

Bereich 200 bis 140 Meter

- Erhöhung des Prüfumfanges bei der Druckprüfung (Wasserdruckprüfung nach dem Stresstestverfahren entsprechend DVGW-Arbeitsblatt G 469, Verfahren D2)
- KKS-Intensivmessung ein Jahr nach Inbetriebnahme

Bereich 140 bis 50 Meter

- Erhöhung des Prüfumfanges bei der Druckprüfung (Wasserdruckprüfung nach dem Stresstestverfahren entsprechend DVGW-Arbeitsblatt G 469, Verfahren D2)
- KKS-Intensivmessung ein Jahr nach Inbetriebnahme
- Erhöhung des Prüfaufwandes bei der Bauprüfung durch den Sachverständigen
- 100-prozentige zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnähte

Bereich 50 bis 20 Meter

- Erhöhung des Prüfumfanges bei der Druckprüfung (Wasserdruckprüfung nach dem Stresstestverfahren entsprechend DVGW-Arbeitsblatt G 469, Verfahren D2)
- KKS-Intensivmessung ein Jahr nach Inbetriebnahme
- Erhöhung des Prüfaufwandes bei der Bauprüfung durch den Sachverständigen
- 200-prozentige zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnähte
- Tieferlegung der Leitung mit 1,5 Meter Überdeckung

Bereich 20 bis 3 Meter

- Erhöhung des Prüfumfanges bei der Druckprüfung (Wasserdruckprüfung nach dem Stresstestverfahren entsprechend DVGW-Arbeitsblatt G 469, Verfahren D2)
- KKS-Intensivmessung ein Jahr nach Inbetriebnahme
- Erhöhung des Prüfaufwandes bei der Bauprüfung durch den Sachverständigen
- 200-prozentige zerstörungsfreie Prüfung der Schweißnähte
- Tieferlegung der Leitung mit 1,5 Meter Überdeckung
- Verlegung von Geovlies oder gegebenenfalls Betonplatten über der Leitung
- breites Trassenwarnband

Mit diesem Sicherheitskonzept und den etwas ergänzten Beschaffenheitsanforderungen an die Bauteile konnte ein Großteil der Bevölkerung überzeugt werden, dass Pipelines das sicherste Transportmittel darstellen und von dieser Leitung letztendlich keine Gefährdung ausgeht. Auch die eingeschalteten Gerichte bestätigten, „dass bei summarischer Betrachtung die Sicherheit der Fernleitung nicht in Frage steht“.

### Vergleiche von Regelwerken

Ein Vergleich mit anderen in Europa geltenden Regelwerken bedeutet den Vergleich unterschiedlicher Sicherheitskonzepte, also einen Vergleich zwischen Deterministik und Probabilistik. Die Grundaussage der Deterministik ist eine Sicherheitsanalyse, die auf Erfahrung basiert und sich somit als Ursachenforschung möglicher Schäden darstellt. Als Konsequenz dieser Ursachenforschung werden Gegenmaßnahmen zur Schadensverhinderung geplant und finden Niederschlag in den jeweiligen Regelwerken. Somit werden mit dem Regelwerk Mindestanforderungen in der primären und sekundären Sicherheit gestellt, die eine einheitliche Sicherheit entlang der Leitung bilden, unabhängig von äußeren nicht immer zu beeinflussenden Gegebenheiten. Die Rohrleitung wird mit einem höchstmöglichen Sicherheitsstandard errichtet, unabhängig davon, ob sie in bebautem oder unbebautem Gelände verlegt wird. Änderungen in der Geländenutzung haben keine Folgen für die Dimensionierung der Pipeline. Somit ist ein hohes Sicherheitsniveau nachgewiesen, das nachvollziehbar ist und eine hohe Akzeptanz bei Behörden und Bevölkerung hat.

Dagegen basiert die probabilistische Sicherheitsphilosophie auf einer Risikoanalyse, in der mögliche negative Auswirkungen und deren Eintrittswahrscheinlichkeit beurteilt werden. Dadurch wird die Auslegung der Leitung an die Umgebung angepasst, Siedlungsdichte und Geländenutzung führen zu unterschiedlichen Bemessungen an ein und derselben Leitung. Spätere Änderungen der Siedlungsdichte oder der Geländenutzung können nicht mehr berücksichtigt werden. Ein Risiko, in welcher Höhe auch immer, wird bewusst in Kauf genommen. Die technischen Anforderungen hängen von der Höhe des angesetzten und akzeptierten Risikos ab. Eine regelmäßige Neubewertung der Risiken ist bei Änderungen der äußeren Gegebenheiten notwendig.

Vergleicht man das Regelwerk in Deutschland, das auf dem deterministischen Sicherheitskonzept aufbaut, mit dem Regelwerk in der Tschechischen Republik, dessen Grundlage die Probabilistik darstellt, so erkennt man erhebliche Unterschiede in der Planung Errichtung und Betrieb einer Leitung. In Deutschland werden die Leitungen mittig in einem Schutzstreifen verlegt, dessen Breite abhängig vom Leitungsdurchmesser zwischen 2 und 10 Meter beträgt. In diesem Schutzstreifen dürfen keine betriebsfremden Einrichtungen errichtet werden, daher können sich Leitungen z. B. bis 5 Meter an Gebäude annähern. Somit ist gewährleistet, dass die benötigte Energie bis in die bewohnten Gebiete herangeführt werden kann. Durch zu-

sätzliche Maßnahmen muss die Sicherheit dieser Leitungen gewährleistet werden.

In Tschechien schreibt die Technische Regel TPG 70204 für Gasleitungen bis 100 bar vor Einrichtungen mit umweltgefährdendem Charakter oder vor Wohnbebauung einen Sicherheitsabstand von bis zu 160 Metern vor, zusätzlich muss die Wanddicke erhöht werden. Dies hat zur Folge, dass bei einer dichteren Bebauung eine geeignete Trasse nur mit größeren Schwierigkeiten gefunden werden kann.

Bei der Dimensionierung der Rohre ergeben sich somit erhebliche Unterschiede. Entsprechend dem DVGW-Regelwerk wird eine Gashochdruckleitung mit einem einheitlichen Sicherheitsbeiwert, nur abhängig vom verwendeten Werkstoff, ausgelegt. Annäherungen der Leitungsführung an Bebauung, Kreuzungen usw. führen nicht zu einer Erhöhung der Wanddicke, die Leitung wird durchgehend mit einer Wanddicke ausgeführt. Der erforderliche Sicherheitsbeiwert sowie der Nachweis der Integrität sind jedoch höher als in der europäischen Norm gefordert.

Entsprechend den tschechischen Vorschriften ergeben sich unterschiedliche Wanddi-

cken an einer Leitung, sodass z. B. im Bereich einer Straßenkreuzung verstärkte Rohre Verwendung finden. Bei der abschließenden Wasserdruckprüfung eines Abschnittes richtet sich die Höhe des Prüfdruckes nach der dünnsten Wanddicke der verwendeten Rohre. Dies hat zur Folge, dass eingebaute verstärkte Rohre nur mit dem Prüfdruck der Rohre mit der dünnsten eingebauten Wanddicke geprüft werden. Somit wird eigentlich gerade das Gegenteil in puncto Sicherheit bewirkt: Die dickwandigen Rohre in Gefährdungsbereichen werden nur mit einem niedrigen Prüfdruck belastet, sodass hier unzulässige Fehlstellen im Rohr verbleiben können, ohne erkannt zu werden. Im Zuge der Errichtung ergeben sich somit in Leitungsabschnitten mit unterschiedlicher Wanddicke zahlreiche Druckproben, um in allen Rohren eine ausreichende Festigkeitsbelastung zu gewährleisten.

### Fazit

Die im Energiewirtschaftsgesetz geforderte technische Sicherheit der Energieanlagen wird durch die Einhaltung der Verordnung über Gashochdruckleitungen mit dessen nachgeschaltetem DVGW-Regelwerk von unseren Gashochdruckleitungen gewähr-

leistet. Dies wird durch den EGIG-Report (europäische Schadenstatistik der Gashochdruckleitungen) bestätigt.

Aufgrund der sehr hohen Bevölkerungsdichte hat sich in Deutschland das deterministische Sicherheitssystem an Gashochdruckleitungen bewährt und wird durch die Arbeit der DVGW-Gremien immer an den aktuellen Stand der Technik angepasst. Durch die zurzeit in Erprobung befindlichen Systeme der Baggerdetektion lassen sich die äußeren Beschädigungen durch Dritte, die häufigste Schadensart, weiter reduzieren und sorgen damit in Zukunft für eine weitere Reduzierung der Schadenshäufigkeit unserer Gashochdruckleitungen.

### Autor:

Dipl.-Ing. (FH) Hans-Joachim de la Camp  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH  
Leiter der Abt. Fernleitungen  
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



## Professioneller Fahrzeugausbau

Individuelle Fahrzeugkonzepte für den Bereitschafts- und Entstördienst mit SEWERIN Gerätetechnik.

