



## Sicherheit bei Bau und Trassierung von Hochdruckleitungen

Ein zunehmendes Sicherheitsbedürfnis in der Bevölkerung führt häufiger zu kritischem Verhalten gegenüber Trassenwahl und Bau von Strom- und Gas-hochdruckleitungen. Der Beschluss des OVG Lüneburg, zwischen der Trasse einer Gashochdruckleitung und der Bebauung einen Sicherheitsabstand von 350 m vorzusehen, ist zwar keine allgemein rechtsgültige Vorgabe, hat die Diskussion aber weiter befeuert. In den Niederlanden und der Schweiz ist diese Debatte in andere Bahnen gelenkt worden, weil in beiden Ländern beim Bau und Betrieb von Gas-hochdruckleitungen der probabilistische Nachweis der Leitungssicherheit erbracht werden muss. Konkret wird dort in einer Strukturanalyse (SRA) die Leitungssicherheit und in einer Quantitativen Risikoanalyse (QRA) das individuelle Risiko für betroffene Anwohner ermittelt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden mit festgelegten Grenzwerten abgeglichen und der Bevölkerung offengelegt. Mit diesem Vorgehen hat der überregional agierende Ferngasnetzbetreiber ONTRAS in einem ersten Projekt Erfahrungen gesammelt und dabei die Vorgehensweisen optimiert.

**Wie im Entwurf** des aktuellen Netzentwicklungsplans Gas 2015 abgebildet, werden die Fernleitungsnetzbetreiber bis zum Jahr 2025 mit insgesamt 3,5 Mrd. Euro wieder verstärkt in die Gasinfrastruktur investieren. Dabei ist die Sicherheit bei Bau und Trassierung von Hochdruckleitungen ein wichtiges Thema, denn im Jahr 2011 hatte das Niedersächsische Obergericht in Lüneburg mit Eilentscheidung vom 29. Juni 2011 die Arbeiten an einzelnen Abschnitten der Nordeuropäischen Erdgasleitung (NEL) gestoppt. Was war geschehen?

Aufgrund von Einsprüchen durch Anlieger zum Trassenverlauf hatte sich das Gericht mit dem aktuellen Stand der Technik beim Festlegen der Leitungsführung auseinanderzusetzen. Dabei stützte es sich insbesondere auf den Forschungsbericht 285 („Zu den Risiken des Transports flüssiger und gasförmiger Energieträger in Pipelines“) der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) aus dem Jahr 2009 und verwies auf einen Sicherheitsabstand von mindestens 350 m zwischen Leitungstrasse und Bebauung.

Abgesehen davon, dass ein derartiger Sicherheitsabstand aus den technischen Regeln für Transportleitungen in Deutschland nicht ableitbar ist, wurde dieser Abstandswert ohne Betrachtung des technischen Hintergrundes exemplarisch aus einem Diagramm des Berichtes entnommen. Im Anschluss an das Urteil entwickelte sich eine breite Diskussion hinsichtlich der Prämissen für die Trassenführung von Hochdruckleitungen in der deutschen Gasbranche, die sich auch in der Überarbeitung geltender Vorschriften im DVGW-Regelwerk widerspiegeln wird.

ONTRAS Gastransport GmbH hat dies zum Anlass genommen, für zwei in einem engen Leitungskorridor neu zu verlegende Gashochdruckleitungen – zusätzlich zu den gesetzlich vorgegebenen

einem Betriebsdruck größer 16 bar, wenn die technischen Regeln des DVGW beachtet werden.

Für Planung, Errichtung, Bauausführung, Überwachung und Inbetriebnahme von Gashochdruckleitungen der öffentlichen Versorgung ist das DVGW-Arbeitsblatt G 463 maßgebend und stellt die weiteren nationalen Präzisierungen der Forderungen und technischen Vorgaben der DIN EN 1594 dar.

Die Auslegung einer Gashochdruckleitung erfolgt in G 463 nach rein deterministischem Ansatz. Werkstoffabhängig liegt der Nutzungsgrad einer Leitung zwischen 0,67 und 0,63 bzw. die Sicherheit zwischen 1,5 und 1,6 gegenüber der Streckgrenze des verwendeten Werkstoffes und übertrifft damit den in der DIN EN 1594 geforderten Sicherheitsbeiwert von  $S = 1,39$  deutlich. Daneben gewährleisten eine Reihe weiterer Vorgaben zur Konstruktion, Verlegung, Prüfung und Überwachung den hohen Sicherheitsstandard von Gashochdruckleitungen in Deutschland.

### Regelungen im Bereich von Bebauung

Neben dem hohen technischen Standard ist der Schutz der Leitung vor der Einwirkung Dritter (Fremdbeschädigung) ein weiterer wesentlicher Sicherheitsaspekt, besonders in der Nähe von Bebauungen. Grundsätzlich kann diesem Aspekt in gefährdeten Bereichen durch entsprechende Auswahl des Materials (z. B. dickere Wandstärke, Isolierung mit glasfaserverstärktem Kunststoff) und Tieferlegen der Leitung begegnet werden. Im konkreten Fall obliegt die weitere Vorgabe von Schutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der zerstörungsfreien Prüfung der Schweißnähte und dem Druckprüfungsverfahren dem Betreiber in Abstimmung mit Sachverständigen, ohne dass eine quantifizierte Bewertung des technischen Risikos erfolgen muss.

## In den Niederlanden und der Schweiz ist der probabilistische Nachweis der Leitungssicherheit schon seit geraumer Zeit ein wichtiger Bestandteil bei Bau und Trassierung von Hochdruckleitungen.

nen Abläufen und Genehmigungsverfahren mit einer deterministischen Auslegung – auch eine risikobasierte Analyse mit einem probabilistischen Nachweis der Leitungssicherheit zu erstellen. Dabei stützte sich der Fernleitungsnetzbetreiber auf eigene Erfahrungen bei Technischen Zustandsanalysen (TZA) an in Betrieb befindlichen Leitungen und auf die technischen Vorgaben in den Niederlanden und der Schweiz für die Erarbeitung Quantitativer Risikoanalysen (QRA).

### Vorschriften bei der Planung und Errichtung von Gashochdruckleitungen

Gashochdruckleitungen zur Versorgung der Allgemeinheit mit Gas unterliegen in Deutschland dem Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) und sind nach § 49 Abs. 1 so zu errichten und zu betreiben, dass die technische Sicherheit gewährleistet ist. Dazu sind die allgemein anerkannten Regeln der Technik zu beachten. Die Einhaltung dieser Regeln wird nach § 49 Abs. 2 EnWG dann vermutet, wenn die technischen Regeln des DVGW eingehalten werden. Dem entspricht auch § 3 Abs. 4 der Gashochdruckleitungsverordnung (GasHDrLtgV). Auch hier findet sich eine Vermutungsregel zur Einhaltung des Standes der Technik für die der öffentlichen Versorgung dienenden Gashochdruckleitungen mit

Vorgaben für Sicherheitsabstände zur Bebauung enthält die aktuelle Ausgabe der G 463 wie auch die DIN EN 1594 nicht. Lediglich aus dem sog. Schutzstreifen, der für den späteren Betrieb bzw. die Instandhaltung der Leitung erforderlich ist, lassen sich Abstände für Gebäude ableiten. Grundsätzlich sind bei der Trassenfindung die Erfordernisse zum Schutz von Mensch und Umwelt zu beachten.

Der in Kürze erscheinende Entwurf der G 463 definiert nunmehr Gebiete mit besonderem Schutzbedürfnis, wie z. B. bebauten Gebiete, Bereiche von Kreuzungen mit Verkehrswegen oder Gebiete, in denen mit zusätzlichen Einwirkungen auf die Gashochdruckleitung zu rechnen ist. ONTRAS hat hier erstmalig eine risikobasierte Sicherheitsbetrachtung für die Festlegung von zusätzlichen Schutzmaßnahmen vorgesehen, die in Abhängigkeit von der Art des Gebietes und des möglichen Gefährdungspotenzials gegeneinander abzuwägen sind.

### Vorgehen im angrenzenden Ausland

Wie in Deutschland ist die EN 1594 sowohl in der Schweiz als auch in den Niederlanden die entscheidende Vorschrift für die Planung und Bemessung von Gashochdruckleitungen mit mehr als 16 bar Innendruck.

In der Schweiz bilden die ERI-Richtlinien (Eidgenössisches Rohrleitungsinspektorat), die auf der EN 1594 basieren, die Grundlage der Bemessung. Das Rohrleitungsgesetz sowie die Rohrleitungsverordnung und die Verordnung über Sicherheitsvorschriften für Rohrleitungsanlagen sind die rechtlichen Grundlagen. In der Rohrleitungsverordnung sind Mindestabstände zu Menschenansammlungen aufgeführt. Ähnlich wie in Deutschland gibt es geringfügige Anpassungen, bezogen auf die grundsätzlichen Forderungen der EN 1594.

In der Schweiz müssen die Rohrleitungen außerhalb des Stationsbereiches einen Nutzungsgrad kleiner 0,6 oder eine Sicherheit von mehr als 1,66 aufweisen. Darüber hinaus muss im Sinne der Störfallvorsorge der sogenannte Rahmenbericht 2010 zur standardisierten Ausmaßeinschätzung und Risikoermittlung für Erdgashochdruckanlagen angewendet werden. Hiernach ist das Risiko, bedingt durch das Ausmaß der möglichen Schädigung der Bevölkerung und der Umwelt infolge von Störfällen und der Wahrscheinlichkeit mit der diese eintreten, zu begrenzen. Als Störfall gilt ein außerordentliches Ereignis in einem Betrieb, bei dem erhebliche Einwirkungen außerhalb des Betriebs auftreten. Gemäß Schweizer Rahmenbericht basiert die QRA auf einer modifizierten Anwendung der Schadensstatistik der European Gas pipeline Incident data Group (EGIG). Die Bewertung der QRA erfolgt über das Wahrscheinlichkeits-Ausmaßdiagramm (W-A-Diagramm). Im ersten Schritt der Auswertung müssen das Gefahrenpotenzial ermittelt und eine Ausmaßeinschätzung durchgeführt werden. Ergibt diese, dass keine schwere Schädigung zu erwarten ist, so sind keine weiteren Nachweise erforderlich. Ist hingegen eine schwere Schädigung zu erwarten, ist eine detaillierte QRA gemäß den Vorgaben des Rahmenberichtes anzufertigen. Eine schwere Schädigung liegt dann vor, wenn mehr als zehn Todesopfer erwartet werden, mehr als  $10^6$  m<sup>3</sup> Gewässer bzw. eine Wasseroberfläche von mehr als einem km<sup>2</sup> verseucht werden oder wenn der Ausfall von Grundwasserfassungen von mehr als 10.000 Personenmonaten zu erwarten ist. Für Auswertungen, bei denen eine schwere Schädigung erwartet wird, gibt der Schweizer Rahmenbericht bei mehr als zehn Todesopfern akzeptable Bereiche, Übergangsbereiche und nicht akzeptable Bereiche vor. Hiernach können nach der Risikoermittlung auch schwere Schädigungen akzeptabel sein.

In den Niederlanden gilt ebenfalls, dass die Rohrleitungen ausschließlich deterministisch auf Grundlage der EN 1594 geplant und bemessen werden. Basierend auf Betreibervorgaben muss nach den Maßgaben des sogenannten „Purple Book“, genauso wie in der Schweiz, eine QRA angefertigt werden. In den Niederlanden ist gefordert, dass für die Rohrleitungen sowohl ein individuelles als auch ein gesellschaftliches Risiko nachgewiesen werden muss. Das „Purple Book“ gibt hierzu Grenzwerte vor, die eingehalten werden müssen. Das Vorgehen in der Schweiz und den Niederlanden ähnelt sich sehr stark. In der Schweiz muss derzeit noch kein Individualrisiko nachgewiesen werden, obgleich die Einführung eines entsprechenden Nachweises aktuell diskutiert wird.



**Abb. 1 – Fernleitungsnetz der ONTRAS Gas-transport GmbH**

In Deutschland fehlen bisher einschlägige Regelwerke für die Anwendung von qualitativen Risikoanalysen. Allerdings besteht mit der DIN EN ISO 16708 ein deutsches Regelwerk, in dem die Erstellung einer Zuverlässigkeitsanalyse für Druckleitungen beschrieben ist. Diese enthält auch einzuhaltende Grenzwerte für eine solche Analyse. Auf welcher Basis jedoch die zukünftig nach der G 463 in Gebieten mit besonderem Schutzbedürfnis geforderten zusätzlichen Schutzmaßnahmen, die nach risikobasierten Sicherheitsbetrachtungen zu planen sind, durchgeführt werden sollen, ist noch offen.

**Technische Zustandsanalyse bei ONTRAS**

Der Fernleitungsnetzbetreiber ONTRAS betreibt Deutschlands zweitlängstes Ferngasnetz mit rund 7.000 km Leitungslänge, Nenndurchmessern von 100 bis 1.100 mm und Nenndrücken zwischen 25 und 100 bar sowie rund 450 Netzkopplungspunkten (Abb. 1). Aufgrund der unterschiedlichen Baujahre und der damit verbundenen Errichtungsstandards (Regelwerke) ist die technische Ausstattung der Leitungen sehr heterogen. Dies resultiert insbesondere aus der Art des passiven Korrosionsschutzes, den Anforderungen an die verwendeten Werkstoffe, dem Umfang der Prüfungen bei Errichtung sowie der Ausführung des kathodischen Schutzes und der Molchbarkeit. Mitte der 1990er-Jahre wurde begonnen, ein Bewertungssystem zur Priorisierung und Steuerung notwendiger Sanierungen und Ersatzinvestitionen im Leitungsnetz aufzubauen, auf dessen Grundlage der Nachweis der Leitungsintegrität geführt wird. Neben Ergebnissen der Inneninspektion mittels sog. intelligenter Molche fließen Informationen aus der Errichtung, dem Betrieb und der Überwachung einer Leitung in die technische Zustandsanalyse ein. Diese Analyse fungiert als Basis für ein Rohrleitungsintegritätsmanagementsystem (PIMS) von ONTRAS nach DIN EN 16348 und ist in dem modular aufgebauten Softwarepaket trascue.PIMS integriert (Abb. 2). Es ermöglicht im Rahmen einer Strukturellen Zuverlässigkeitsanalyse

# Die probabilistische Bewertung eines Tragwerkes geht davon aus, dass bei einer technischen Einrichtung die Schadensrate „Null“ niemals erreicht werden kann. ‹‹

(SRA – Structural Reliability Analysis) die Berechnung einer Versagenswahrscheinlichkeit einer Rohrleitung in Abhängigkeit vom Zustand und äußeren Einflussgrößen für jeden Leitungsmeter. Der Vergleich der ermittelten Versagenswahrscheinlichkeit und einer akzeptierten Versagenswahrscheinlichkeit nach DIN EN ISO 16708 ist ein wichtiges Kriterium für die Festlegung von Maßnahmen. In der gutachterlichen Stellungnahme des TÜV Süd von 2015 wurde diese Herangehensweise als geeignete Methode zur sicherheitstechnischen Beurteilung des Zustandes von Gashochdruckleitungen bewertet und das dem Programm trascue.PIMS zugrunde liegende Regelwerk als dem Stand der Technik entsprechend eingeschätzt.

ONTRAS hat bis zum jetzigen Zeitpunkt ca. 3.200 km Leitungen dieser probabilistischen Bewertung (SRA) unterzogen. Dies entspricht dem nicht molchbaren Leitungsumfang des Netzes. Darüber hinaus wurden im molchbaren Netzanteil 3.000 km einer Molchinspektion unterzogen.

Die langjährigen Erfahrungen von ONTRAS mit der Erarbeitung technischer Zustandsanalysen für in Betrieb befindliche Leitungen und die oben genannten Diskussionen über den Beschluss des OVG Lüneburg waren eine Motivation, erstmals für neu zu errichtende Leitungen eine Risikoanalyse zur Unterstützung des Planungs- und Genehmigungsprozesses zu erarbeiten. Dabei war die im trascue.PIMS implementierte SRA zur Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit ein wesentlicher Baustein dieser Analyse.

## Beispiel: Neubau von zwei parallel geführten Hochdruckleitungen

ONTRAS plant den Neubau zweier parallel verlaufender Ferngasleitungen DN 800. Der Neubau der einen Leitung wird in der Druckstufe 25 bar und der anderen in der Druckstufe 84 bar ausgeführt. Beide Leitungen haben jeweils eine Länge von ca. 35 km. Die Trassenfindung war aufgrund der örtlichen Gegebenheiten äußerst kompliziert; zudem waren Belange des Umweltschutzes, vorhandene Verkehrsstrassen und Bebauungen zu beachten und Näherungen zur Bebauung und sonstigen Gebieten mit besonderem Schutzbedürfnis zwangsläufig nicht auszuschließen.

Die Auslegung der beiden Leitungen erfolgte deterministisch nach DVGW-Arbeitsblatt G 463 „Gasleitungen aus Stahlrohren für einen Betriebsdruck > 16 bar – Errichtung“ und DIN EN 1594 „Rohrleitungen für einen maximal zulässigen Betriebsdruck über 16 bar – Funktionale Anforderungen“.

Die technischen Lieferbedingungen der Leitungsrohre sind in der DIN EN ISO 3183 „Stahlrohre für Rohrleitungs-

transportsysteme“ festgelegt. Für die DP 84-Leitung sind Rohre mit einer Wanddicke von 12,5 mm aus dem Werkstoff L485 ME vorgesehen. In Sonderbereichen, wie z. B. Querungen und Näherungen, werden größere Wanddicken (14,2 mm, L485 MB) verbaut. Für die DP 25-Leitung wurden hingegen Rohre mit 8,8 mm Wanddicke aus dem Werkstoff L 245 NE und für Sonderbereiche 14,2 mm aus L485 MB eingeplant.

## Risikobewertung

Für den Neubau der beiden Leitungen hat ONTRAS auf Grundlage der deterministischen Planungen eine SRA und eine QRA durchgeführt. Zielstellung dieser zusätzlichen Risikobewertung war der Nachweis der Sicherheit dieser Leitungen nach probabilistischen Bewertungsansätzen, da Besonderheiten im Trassenverlauf, wie z. B. vorhandene unterirdische Hohlräume, sich einem direkten deterministischen Nachweis entziehen.

Die probabilistische Bewertung eines Tragwerkes (hier: einer Hochdruckleitung) geht davon aus, dass bei einer technischen Einrichtung die Schadensrate „Null“ niemals erreicht werden kann, sondern dass stets eine Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Schaden besteht.

In diesem Zusammenhang ist wichtig, dass nicht die Eintrittswahrscheinlichkeit allein der Maßstab sein kann, sondern das Risiko, das sich zusammensetzt aus

### Formel 1:

$$\text{Risiko} = \text{Eintrittswahrscheinlichkeit} \times \text{Auswirkung}$$

Die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses lässt sich entweder aus Statistiken entnehmen und/oder analytisch herleiten, wenn z. B. die Verteilungsfunktionen der Eingangsparameter bekannt sind. Für diese Werte sind Grenzwerte für

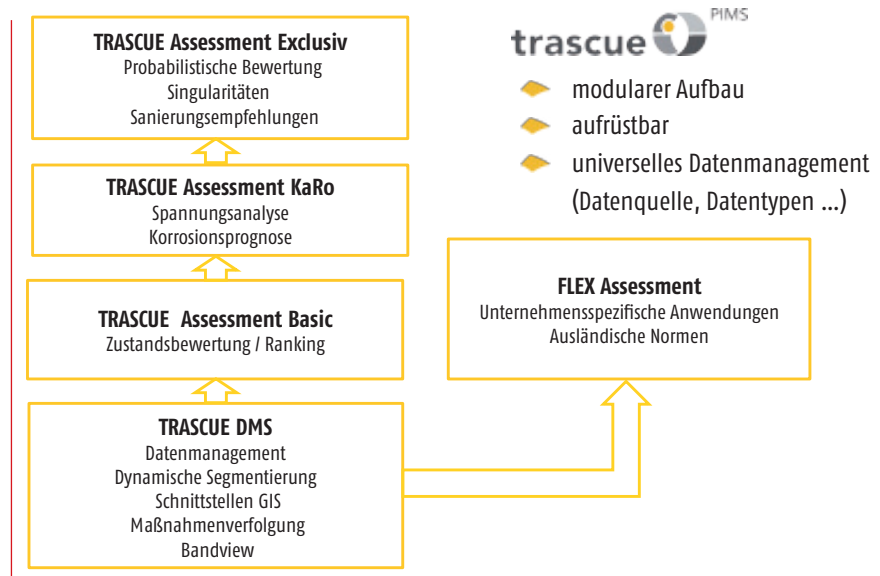


Abb. 2 – Elemente des Softwarepaketes trascue.PIMS

Rohrleitungen in der DIN EN ISO 16708 mit der folgenden Kategorisierung aufgezeigt:

**Safety Class „Normal“:** Versagen mit einem geringen Risiko menschlicher Verletzung, geringem Einfluss auf die Umwelt oder großen wirtschaftlichen oder politischen Folgen.

**Safety Class „High“:** Versagen mit einem Risiko menschlicher Verletzung, erheblichen Auswirkungen auf die Umwelt oder sehr großen wirtschaftlichen oder politischen Folgen.

**Safety Class „Very High“:** Versagen mit einem hohen Risiko menschlicher Verletzung.

Nach dem Formelwerk der DIN EN ISO 16708 ergeben sich Grenzwerte für die FGL DP25 zwischen  $3,72 \cdot 10^{-5}$  (Safety Class Normal) bis  $3,72 \cdot 10^{-7}$  (Safety Class Very High) und für die FGL DP84 zwischen  $1,11 \cdot 10^{-5}$  bis  $1,11 \cdot 10^{-7}$ .

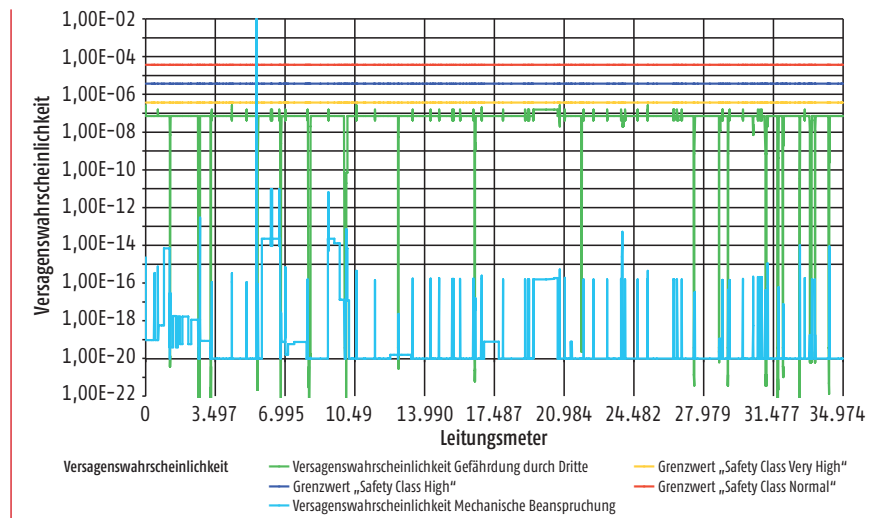
Die Auswirkungen richten sich nach der Größe des angenommenen Schadens, dem transportierten Fluid, den Wetterbedingungen, der Bevölkerungsdichte und weiteren Parametern, aus denen sich mit festgelegtem Formelwerk die Anzahl der Fatalitäten pro Ereignis ermitteln lässt. Für diese Ergebnisse können wiederum Grenzwerte festgelegt werden, bei denen sich jedoch die Eintrittswahrscheinlichkeit an der Anzahl der Fatalitäten orientiert.

Im Rahmen der SRA erfolgte eine Berechnung der Wahrscheinlichkeit für das Versagen der Leitungen. Dabei wurde einerseits das Versagen infolge mechanischer Beanspruchung und andererseits die Versagenswahrscheinlichkeit infolge der Gefährdung durch Dritte ermittelt. Im ersten Fall wird als Versagen das Erreichen der Materialstreckgrenze definiert. Dabei bleibt unberücksichtigt, dass der Werkstoff auch über die Streckgrenze hinaus unter Inkaufnahme plastischer Verformungen beansprucht werden kann, ohne dass es zu einer Beschädigung oder einem Gasaustritt kommt; die Bewertung ist konservativ. Bei der Ermittlung der Versagenswahrscheinlichkeit infolge der Gefährdung durch Dritte ist das Versagen gleichgesetzt mit dem Auftreten einer Undichtigkeit. Hierbei ist es unerheblich, ob es sich dabei um ein kleines Loch, aus dem geringe Gasmengen austreten, oder um einen Totalabriss der Leitung handelt. Die ermittelten Ergebnisse sind auch hier konservativ, da sie immer den Totalabriss abdecken, auch wenn es lediglich zu punktuellen Gasaustritten kommt.

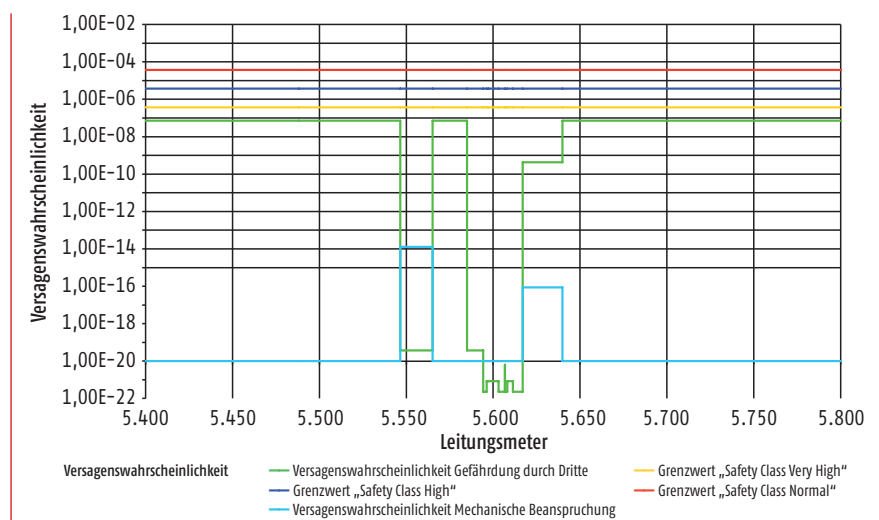
Beispielhaft werden an dieser Stelle die Ergebnisse der SRA für die FGL DP25 vorgestellt (Abb. 3). Die Diagramme zeigen neben den bereits benannten Grenzwerten für die unterschiedlichen Gefährdungsklassen zwei weitere Linien für die berechneten Versagenswahrscheinlichkeiten;

eine Linie für die Versagenswahrscheinlichkeit infolge mechanischer Beanspruchung und die zweite Linie für die Versagenswahrscheinlichkeit infolge einer Gefährdung durch Dritte. In den Ergebnisdarstellungen werden alle drei Grenzwerte („Normal“, „High“ und „Very High“) abgebildet. Gemäß den Empfehlungen der DIN EN ISO 16708 unter Berücksichtigung der Standortklasse, welche sich aus den zusätzlichen Anforderungen an die öffentliche Sicherheit bei Leitungen für Fluide und der Bevölkerungsdichte ergibt, ist die Safety Class für jede Leitung festzulegen. Für diese Leitungen kann unter Berücksichtigung der vorgenannten Gesichtspunkte die Safety Class „High“ als zulässiger Grenzwert herangezogen werden.

Die Versagenswahrscheinlichkeit infolge mechanischer Beanspruchung bei der FGL DP 25 liegt mit Ausnahme eines definierten Abschnitts überwiegend zwischen  $10^{-20}$  und  $10^{-14}$  und damit im vernachlässigbaren Bereich. Die erkennbaren Sprünge in der Ergebnislinie sind im Wesentlichen auf Veränderungen in der Tragfähigkeit des anstehenden Bodens sowie der Oberflächennutzung und damit einhergehend, auf variierende Lastannahmen zurückzuführen. Die Versagenswahrscheinlichkeit infolge



**Abb. 3 – Ergebnisdiagramm SRA der FGL DP25**



**Abb. 4 – Ergebnisdiagramm der SRA im Bereich mit unterirdischen Hohlräumen unter Berücksichtigung des Einsatzes des verstärkten Werkstoffes L485MB und einer Wanddicke von 14,2 mm: Alle Werte liegen jetzt im zulässigen Bereich.**

Gefährdung durch Dritte (z. B. Baggerangriff) ist durchgängig im zulässigen Bereich. Die Ergebniswerte variieren geringfügig, abhängig von der Überdeckung und der Änderung von Oberflächennutzungen.

In einem Abschnitt wies die Ergebnislinie der Versagenswahrscheinlichkeit infolge mechanischer Beanspruchung aufgrund möglicher unterirdischer Hohlräume im ersten Planungsansatz eine signifikante Grenzwertverletzung auf. Da sich wegen der örtlichen Lage kein anderer Trassenverlauf realisieren ließ, wurde für den entsprechenden Bereich der Einsatz eines Werkstoffes mit höherer Festigkeit und einer stärkeren Wanddicke vorgesehen. Durch diese Änderung ergaben sich nunmehr durchgängig Werte innerhalb des zulässigen Bereichs (Abb. 4). Entsprechend wurde der verstärkte Werkstoff auch für die weitere Bauplanung mit berücksichtigt.

Wie in Formel 1 beschrieben, wird das Risiko von zwei Komponenten bestimmt. Die bisherigen Ergebnisse beziehen sich auf die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Ereignisses. Die zweite Komponente wiederum ist die Auswirkung eines solchen Ereignisses. Die berechneten Werte der SRA dienen dabei als Eingangsgrößen für die QRA. Der Umfang der Auswirkungen wird abgeschätzt durch die Anwendung verschiedener Modelle zur Berechnung der Ausbreitung und Schädigung durch die Hitzeabstrahlung von Gasflammen bei der Zündung. Da in Deutschland bisher keine einschlägigen Regelwerke für die Anwendung von quantitativen Risikoanalysen bestehen, wurden an dieser Stelle für die QRA die niederländischen Berechnungsvorschriften herangezogen.

Das Risiko für die Bevölkerung wird quantitativ in zwei „Zahlenwerten“ – einer für das individuelle und ein weiterer für das gesellschaftliche Risiko – angegeben. Diese Werte gelten getrennt voneinander und stehen in keiner mathematischen Relation.

Das sogenannte „ortsbezogene Risiko“ oder „Individualrisiko“ ist ein Maßstab für die Qualität des technischen Systems. Es ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine aus dem System heraus auftretende Auswirkung eine Fatalität zur Folge hat. Das Risiko ist „ortsbezogen“, da es mit zunehmendem Abstand geringer wird. Wenn Punkte mit gleichem Risiko verbunden werden, entstehen sogenannte „Risikokonturen“ entlang der Leitungssache. Das ortsbezogene Risiko wird angewendet, um eine gewisse Distanz zwischen industriellen Aktivitäten und „gefährdeten“ Objekten wie Wohngebieten, Schulen, öffentlichen Gebäuden etc. zu bewerten. Bei einem ortsbezogenen Risiko unter  $10^{-6}$ /Jahr sind nach niederländischem Recht keine weiteren Betrachtungen mehr anzustellen, da das geforderte Sicherheitsniveau bereits übertroffen wird.

Das sogenannte „gesellschaftliche Risiko“ ist ein Maßstab für Häufigkeit und Ausmaß einer Katastrophe und beschreibt die Wahrscheinlichkeit, wenn es durch einen ungewollten Austritt von Stoffen aus dem System zu zehn oder mehr sofortigen Fatalitäten kommt. Ein solches gesellschaftlich relevantes Risiko liegt aufgrund der geringen Bevölkerungsdichte entlang der hier untersuchten Rohrleitungsabschnitte nicht vor. Damit erfüllen die untersuchten Leitungen die niederländischen Kriterien für die äußere Sicherheit.

### Zusammenfassung

ONTRAS plant den Neubau zweier Ferngasleitungen. Die Planung erfolgte im üblichen Rahmen nach dem deterministischen Bemessungskonzept, wie im DVGW-Arbeitsblatt G 463 und der DIN EN 1594 vorgeschrieben. Damit wurden die grundlegenden Festlegungen für die Auslegung beider Leitungen getroffen.

Die Ergebnisse der zusätzlich durchgeführten SRA und QRA erfüllen die Anforderungen an die Sicherheitskriterien aus DIN EN ISO 16708 und dem niederländischen Nachweisverfahren, beschrieben im „Purple Book“.

Einzelne Aspekte im Trassenverlauf, wie z. B. unterirdische Hohlräume, entziehen sich einem direkten deterministischen Nachweis. In solchen Fällen zeigt sich, dass die Sicherheit der Rohrleitung mit probabilistischen Verfahren nachgewiesen werden kann – ein deutlicher Vorteil gegenüber dem deterministischen Verfahren.

Näherungen zur Bebauung bedürfen einer gesonderten Betrachtung hinsichtlich einer Gefährdung durch Dritte, die zu einer Überschreitung des akzeptierten Risikos führen kann. Das DVGW-Regelwerk trägt dem Rechnung und weist u. a. im Entwurf des Arbeitsblattes G 463 für Gebiete mit besonderem Schutzbedürfnis zusätzliche Schutzmaßnahmen auf der Basis risikobasierter Sicherheitsbetrachtungen aus. Allerdings bleibt es dem Anwender überlassen, die Art dieser Sicherheitsanalysen festzulegen.

Mit den hier verwendeten deterministisch ermittelten Planungsgrundlagen, der Versagenswahrscheinlichkeit, die im Rahmen der SRA ermittelt wurde und den Ergebnissen der QRA hat ONTRAS aufgezeigt, dass die Rohrleitungen nach den anerkannten Regeln der Technik (DVGW G 463 und DIN EN 1594) sicher geplant wurden und die Sicherheit der Rohrleitungen auch nach probabilistischen Bewertungsansätzen gewährleistet ist.

Die in diesem Projekt gesammelten Erfahrungen lassen darüber hinaus den Schluss zu, dass die zitierten Vorgehensweisen Optimierungspotenzial besitzen: So wird die SRA durchgehend für die gesamte Leitung im Zuge des PIMS ermittelt. Zusätzlich wurde für Bereiche in der Nähe von Bebauungen, Kreuzungen von belebten Verkehrswegen usw. eine QRA erstellt.

In Anbetracht der Tatsache, dass der Platz für zukünftige Infrastrukturmaßnahmen immer enger wird, ist das hier beschriebene Vorgehen ein geeignetes Mittel, mögliche Interaktionen von Gashochdruckleitungen mit weiteren Infrastrukturmaßnahmen aufzuzeigen und nachzuweisen, dass die jeweiligen Maßnahmen sicher geplant wurden.

Es sollte daher in den entsprechenden Gremien des DVGW diskutiert werden, ob ein solches Vorgehen nicht grundsätzlich im Regelwerk niedergeschrieben werden sollte und somit im Bedarfsfall als allgemein anerkannte Regel der Technik für die Bewertung zugrunde gelegt werden kann.

### Autoren

Ulrich Hoffmann  
ONTRAS Gastransport GmbH  
Maximilianallee 4  
04129 Leipzig  
Tel.: 0341 27111-0  
Fax: 0341 27111-2004  
ulrich.hoffmann@ontras.com  
www.ontras.com

Jörg Himmerich  
Dr.-Ing. Veenker Ingenieurgesellschaft mbH  
Heiligengeiststr. 19  
30173 Hannover  
Tel.: 0511 28499-0  
Fax: 0511 28499-99  
joerg.himmerich@veenkermbh.de  
www.veenkermbh.de

