

# Industriearmaturen auf dem Prüfstand – Kryogene Dichtheitsprüfung und flüchtige Emissionen

COLIN ZEGERS

Die gestiegene Nachfrage nach Liquefied Natural Gas (LNG) führte in den letzten Jahren auch zu einer außerordentlich hohen Nachfrage nach Ventilprüfungen bei tiefen Temperaturen für Projekte auf der ganzen Welt. Trotz strenger Standards für Design, Konstruktion, Fertigung und Prüfung versagt eine Vielzahl von den für einen Einsatz bei tiefen Temperaturen vorgesehenen Produkten beim Praxistest. Die Lösung für dieses Problem ist die rechtzeitige kryogene Prüfung bei Temperaturen von bis zu  $-269\text{ °C}$ . Im folgenden Bericht stellt der Autor die Möglichkeiten des Industrial Testing & Inspection Services B.V. (ITIS), Armaturentestcenter in Goes (NL), vor.

LNG ist ein relativ neues Produkt und für die meisten Installationskomponenten - z. B. Ventile – gelten beim Verwenden dieses Mediums Konstruktions-, Herstellungs- und Prüfnormen. Für eine Reihe von Komponenten sind jedoch gar keine Normen für den Einsatz unter Tieftemperaturbedingungen verfügbar oder miteinbezogen. Der Einbau von Komponenten ohne das erforderliche Wissen zu ihrer Funktionsweise kann zum Versagen der Anlage führen, was aufgrund der Risiken von LNG zu extrem kritischen Situationen führen kann. Dass eine zuverlässige Funktion der Installationen, Installationskomponenten und weiteren Zubehörs dabei von größter Bedeutung ist, versteht sich von selbst. Spezialisten können die Anlagen aber mit genauesten und ausführlichen kryogenen Testverfahren auf Zuverlässigkeit, Belastbarkeit, Funktion sowie Sicherheit prüfen.

## KRYOGENE DICHTHEITSPRÜFUNG

Die Erfahrung zeigt, dass kryogene Testverfahren eine absolute Notwendigkeit sind. Bei der Prüfung und Validierung von Ventilen werden in vielen Fällen eine große Anzahl von Gussfehlern, Dichtungsfehlern, gebrochenen Teilen, Lecks usw. nachgewiesen. Mehr als 60 Prozent der Ventile bestehen den Test nicht, obwohl in den Ventildatenblättern behauptet wird, dass alle Teile die PT-Anforderungen (Druck/Temperatur) erfüllen. Das ist eine schockierende Feststellung. Sie verdeutlicht, wie

wichtig eine fachmännische Prüfung ist. Umfangreiche kryogene Prüfverfahren wurden speziell entwickelt, um das Qualitätsniveau von Ventilherstellern zu bewerten und nachzuweisen sowie die Funktionsfähigkeit neu entwickelter Produkte und Komponenten aufzuzeigen. Bei Ventilen werden kryogene Tests eingesetzt, um die Sitzdichtung, die flüchtigen Emissionen und das Betriebsdrehmoment der Ventile zu bestätigen. Sowohl während, als auch nach den Testverfahren durchlaufen die Ventile eine Reihe von mechanischen und thermischen Zyklen. Dazu gehören Tests bei RT (Raumtemperatur), oberer Auslegungstemperatur, unterer Auslegungstemperatur, gefolgt von einem weiteren RT-Test und schließlich einem Strip-Down, bei dem die Ventile auf mögliche Schäden und Verschleiß untersucht werden.

## LNG, Wasserstoff und Co.

Kann Wasserstoff, das kleinste aller Moleküle und ein farb- und geruchloses Gas, dessen Dämpfe leichter sind als Luft, ein wichtiger Bestandteil eines zukünftigen sauberen Energiesystems werden? Viele Wissenschaftler und Industriezweige sind davon überzeugt. Wasserstoff lässt sich leicht entzünden und brennt mit einer fast unsichtbaren Flamme. Es verbrennt emissionsfrei und erzeugt kein  $\text{CO}_2$ . In einer Brennstoffzelle erzeugt Wasserstoff kombiniert mit Sauerstoff Wärme und Elektrizität, wobei als Nebenprodukt lediglich Wasserdampf entsteht. Diese Eigenschaften



Bild 1: Kryotest von Industriearmauren



Bild 2: Undichtigkeit: Schaum tritt an der Flanschverbindung aus

machen Wasserstoff zu einem zukunftssträchtigen Brennstoff. Dennoch gibt es Bedenken hinsichtlich möglicher technischer Herausforderungen in Bezug auf die Zuverlässigkeit und Emissionen industrieller Komponenten und deren Anwendungen. Auch in diesem Bereich fällt kryogenen Testmethoden eine wichtige Rolle zu (Bild 1). So wird ITIS regelmäßig gebeten, Produkte zu testen, die für flüssigen Wasserstoff (-253 °C) geeignet sind.

Beispiele für weitere kryogene Flüssigkeiten, die das in den Niederlanden ansässige Armaturentestcenter einsetzt, sind LNG (Temperatur ca. -162 °C), flüssiger Sauerstoff (-183 °C) und flüssiges Argon (-186 °C). Zur Kühlung von Objekten setzt ITIS meistens flüssigen Stickstoff ein. Diese Kühlflüssigkeit ist jedoch nicht für Temperaturen von unter -196 °C geeignet. Für solche Fälle wird flüssiges Helium verwendet, da es bis zu einer Temperatur von -269 °C einsetzbar ist.

Es empfiehlt sich, kryogene Tests möglichst frühzeitig durchzuführen, d. h. im Werk, wo die einzelnen Komponenten hergestellt werden. Normalerweise werden einzelne Komponenten, die für den industriellen Einsatz bestimmt sind, vor der Auslieferung an den Kunden einer Druckprüfung unterzogen. Die angewandten Prüfarten und -methoden basieren auf einer Vielzahl unterschiedlicher Normen, was häufig zu Unklarheiten führt. Das führt dazu, dass sowohl der Zweck, als auch die erhofften Ergebnisse dieser Tests oft missverstanden und falsch angewandt werden, was zu unnötigen Verzögerungen, unvorhergesehenen Kosten und nicht zuletzt zu gefährlichen Situationen führt, die hätten vermieden werden

können, wenn die einzelnen Komponenten frühzeitig einer umfassenden kryogenen Prüfung unterzogen worden wären.

### DIE PRÜFUNG FLÜCHTIGER EMISSIONEN

Flüchtige Emissionen sind Emissionen von Gasen oder Dämpfen aus Druckgeräten als Folge von Undichtigkeiten und anderen unbeabsichtigten oder unregelmäßigen Freisetzungen von Gasen, meist bei industriellen Aktivitäten. Neben den wirtschaftlichen Kosten durch Rohstoffverlust verursachen flüchtige Emissionen Luftverschmutzung und bestimmte Dämpfe stellen eine potenzielle Gefahr für die menschliche Gesundheit und Sicherheit dar. Daher müssen industrielle Komponenten eine Reihe von internationalen Normen und Richtlinien für die Emission gefährlicher Stoffe erfüllen, wie z. B. ISO 15481 (internationaler Standard), TA Luft (in Deutschland) und API (in den USA). Möglichst frühzeitige Dichtheitsprüfungen gewährleisten die Erfüllung dieser Normen. Dichtheitsprüfungen können bereits vor der Inbetriebnahme neuer Anlagen, nach einer Überholung oder während einer Stilllegung durchgeführt werden. Zum Beispiel in Form einer Prüfung flüchtiger Emissionen (Fugitive Emissions Test FET). Die FET-Prüfung ist ein hochpräzises Mittel zur Lecksuche und wird in einer Vielzahl von Branchen und Anwendungen zur Lokalisierung und Quantifizierung von Undichtheiten eingesetzt. Sie konzentriert sich auf Ventile, Behälter, Wärmetauscher, Dichtungen, Schweißnähte, Flanschverbindungen, Rohre, Kondensatoren und viele andere Komponenten (Bild 2).

## Expertentipps zur Vermeidung von Ausfällen unter kryogenen Bedingungen



- Kontrollieren Sie, ob alle Informationen über die Materialien, die Sie für Ihre Produkte verwenden wollen, verfügbar sind. In manchen Fällen werden Sitze und Dichtungen auf der Grundlage einer vom Hersteller zur Verfügung gestellten PT-Grafik (Pressure/Temperature) ausgewählt. Die Eigenschaften der Produkte könnten jedoch anders ausfallen, wenn sie bei niedrigeren Temperaturen oder Druckraten eingesetzt werden.
- Stellen Sie sicher, dass die Produkte frei von Staub und/oder Öl und vollständig trocken sind, bevor Sie sie installieren oder testen. In vielen Fällen werden bei der hydrostatischen Prüfung Flüssigkeiten wie Wasser mit einem Korrosionsinhibitor verwendet. Bei niedrigeren Temperaturen kann dies zu Ausfällen führen.
- Verwenden Sie Versiegelungen und Dichtungen, die für die betreffenden Flüssigkeiten und die spezifischen Temperaturbedingungen, unter denen die Dichtungen zum Einsatz kommen, geeignet sind.
- Nachforschungen ergaben, dass Produkte nur selten oder gar nicht unter den im Produktdatenblatt genannten Bedingungen (minimale/maximale Temperatur) getestet oder diesen ausgesetzt wurden.
- Beschaffen Sie sich die notwendigen Daten über die Zuverlässigkeit der Produkte, die Sie verwenden wollen, sowie über deren Anwendung(en). Testen Sie die Produkte zumindest unter praxisnahen Bedingungen (Temperatur, Druck, Betriebszyklen usw.).
- Einige Materialien werden vorzugsweise auf eine bestimmte Mindesttemperatur/-dauer heruntergekühlt, um Ausfälle zu vermeiden. Extreme Temperaturänderungen könnten die Materialien schrumpfen oder rissig werden lassen.

### Haubenmessmethode

Zur Messung der Mengen freigesetzter Gase oder Dämpfe werden verschiedene Methoden eingesetzt, wobei unterschiedliche Mittel als Prüfgas verwendet werden können. Bei der Prüfgasmethode wird die Konzentrationsänderung oder die tatsächliche Leckrate eines Prüfgases auf der unteren Druckseite eines Prüfteils bestimmt. In manchen Fällen kann auch die Prozessflüssigkeit selbst als Prüfgas verwendet werden. In der Regel werden alle Anlagenteile unabhängig voneinander auf Dichtheit geprüft. Teile, die für Leckagen anfällig sind - Ventilschaftdichtungen, Flansche, Dichtungen, Anschlüsse usw. - werden abgeklebt, um Staukammern zu bilden (**Bild 3**). Dieses Verfahren wird auch als Haubenmessmethode bezeichnet. Nach der Druckbeaufschlagung des Systems mit dem Prüfgas (Gemisch) und der Einhaltung einer bestimmten Haltezeit werden alle Kammern der betreffenden Teile mit einem Massenspektrometer auf eine steigende Prüfgaskonzentration überprüft. Die Dauer der Haltezeit hängt von der Prüfgaskonzentration, dem Volumen der Staukammern und der maximal zulässigen Leckrate ab.

### Gründe für Leckagen

Leckagen können auf eine Vielzahl von Gründen zurückgeführt werden. Vielleicht wurde der falsche Dichtungstyp verwendet oder die Dichtung wurde falsch eingebaut. Manchmal wurden Schrauben und Muttern nicht stark genug angezogen. In einigen Fällen stellt sich heraus, dass Dichtungen und Bolzen gänzlich fehlen. Das klingt unglaublich, kommt aber immer wieder vor. In den meisten Fällen müssen nur die Teile auf Dichtheit geprüft werden, die während der Überholung oder Stilllegung demontiert und wieder eingebaut werden. Bei einigen Prüfungen ist es jedoch notwendig, die Verursacher „hoher Leckraten“ in einer Anlage zu finden, die hohe Rückstände von Prüfgas in den betroffenen Anlagen verursachen. Leckraten von mehr als 10 cm<sup>3</sup>/Sekunde pro Stangendichtung sind dabei keine Ausnahme. Dies ist ein weiteres Beispiel für Probleme, die leicht verhindert werden können. Durch routinemäßige Inspektionen der Prozessausrüstung mit Gasdetektoren können Leckagen identifiziert und die Leckrate abgeschätzt werden, damit geeignete Abhilfemaßnahmen ergriffen werden können. Auch hier gilt also: Frühzeitiges Handeln ist entscheidend und verhindert Probleme (**Bild 4**).

### FAZIT: RECHTZEITIGE PRÄVENTION LOHNT SICH

Das kryogene Testverfahren von ITIS deckt einen relativ hohen Fehleranteil auf. Häufig stellt sich bei einer



Auflösung 210

Bild 3: Aufbau mit der Haubenmessmethode



Bild 4: Moderne Prüfstände stellen präzise Ergebnisse sicher

eingehenden Analyse heraus, dass die verwendeten Grundmaterialien, Einzelkomponenten und/oder Produkte nie den erforderlichen Tests oder gar den tatsächlichen Praxisbedingungen ausgesetzt waren. In einer von ITIS durchgeführten Prüfung wurde z. B. ein bestimmter Ventiltyp in einer kryogenen Anlage eingesetzt. Bei Raumtemperatur war die Leistung dieser Ventile perfekt. Sobald sie jedoch unter Druck bei

niedrigen Temperaturen getestet wurden, versagten diese. Aufgrund erhöhter Sprödigkeit und inakzeptabler Toleranzänderungen waren sie in Kombination mit den ursprünglichen Aktoren nicht mehr zu betreiben. Derartiges Versagen könnte schwerwiegende Folgen haben. Das Problem wurde behoben, indem die Ventile mit anderen Sitzen sowie größeren Aktoren versehen wurden, die eine sichere Funktionsfähigkeit

### Zum Unternehmen: ITIS B.V.

Industrial Testing & Inspection Services B.V. (ITIS), mit Sitz in der Stadt Goes, im Südwesten der Niederlande, ist eine Konformitätsbewertungsstelle (Conformity Assessment Body CAB). Das Testcenter verfügt über Expertenwissen und Erfahrung in den Bereichen (kryogene) Dichtheitsprüfung, Ventilprüfung und NDT sowie im Bereich Inspektion von Industrieprodukten. Dabei erfüllt ITIS die allgemeinen Anforderungen der ISO/IEC 17025 an die Kompetenz von Prüf- und Kalibrierlaboratorien. Das Testcenter bietet maßgeschneiderte Dienstleistungen für eine Vielzahl von Industrien weltweit an, beispielsweise für Energieerzeugungsunternehmen, die chemische und petrochemische Industrie, die Öl- und Gasindustrie.

Im Labor in Goes führt ITIS Tieftemperaturtests, Tief- und Hochtemperaturtests (Temperaturen von -196 ° bis 800 °C), Bersttests und Feuersicherheitstests durch. Es können aber auch Dichtheitsprüfungen von Anlagen direkt vor Ort durchgeführt.

Auf Wunsch erstellt ITIS kundenspezifische Prüfverfahren, die praktische Bedingungen wie Funktionalität, externe und interne Leckage sowie Betriebskräfte zur Vermeidung von Anlagenausfällen beinhalten. Aus Sicherheitsgründen werden Prüfungen mit Methan sowie Hochdruckgasprüfungen vorzugsweise mit Robotern durchgeführt

Referenzen in Deutschland: ADAMS Armaturen, Air Torque GmbH, AVA, Arca, Argus, ARI Armaturen, Armature Crane, Atec Armaturenbau, AZ Armaturen, Crane, Flowserve, Göttgens GmbH, GRV Flow-Controls GmbH, Hartmann, HORA, Holter Regelarmaturen GmbH & Co. KG, ITAG, Kitz, Krombach Armaturen, Leser, Leusch, Marinex, Miam, Müller Quadax, Neles, NoReVa, Pfeiffer GmbH, Samson, SchuF Armaturen, TÜV Rheinland, TÜV SÜD, Zwick Armaturen



**Bild 5:** Im Testcenter kommen auf vielen Prüfständen auch Roboter zum Einsatz



**Bild 6:** Nicht nur unter kryogenen Bedingungen wird getestet - im Labor können bis zu 800 ° C erzeugt werden

gewährleisten. Eine fachmännische kryogene Prüfung zu einem früheren Zeitpunkt hätte diese Situation gänzlich verhindern können.

Die Bedeutung geeigneter und richtig passender Materialien und Teile darf auf keinen Fall unterschätzt werden. Alles, was der Entwickler bzw. Hersteller dazu benötigt, ist ein klares Bild vom Zweck des Produkts oder der Produkte sowie von den Bedingungen, unter denen das Produkt letztendlich funktionieren soll. Viele Hersteller von Komponenten aus PTFE geben für diese beispielsweise eine Arbeitstemperatur von bis zu -200 °C an, bei der keine oder nur eine geringe erhöhte Sprödigkeit auftritt. Sie betonen auch, dass das Produkt bei Temperaturen von bis zu -268 °C eine hohe Festigkeit, Zähigkeit und Selbstschmierung beibehalte. Tests in der ITIS-Testanlage ergaben jedoch, dass die Festigkeit und Flexibilität des Produkts bei Temperaturen unter -200 °C nicht gewährleistet wer-

den kann. Bei einer Verwendung für die Herstellung von Armaturensitzen beispielsweise, könnte sich das Produkt irgendwann als ungeeignet erweisen, was zu gefährlichen Situationen führen kann. Es ist weiterer Beweis dafür, dass sich Tests und eine frühzeitige kryogene Dichtheitsprüfung auszahlt (**Bild 5**).

## Autor



Auflösung 110

**COLIN ZEGERS**

Geschäftsführer

Industrial Testing & Inspection Services (ITIS B.V.)

462 HB Goes (Niederlande)

Tel. +31-113 568515

info@itis-nl.com