

Wasserstoff kriecht durch engste Ritzen

„Es leckt!“ Dieser Ausruf hat schon so manchen Monteur bis zur Weißglut getrieben, weil Lecks häufig zu spät erkannt werden und dann nur noch schwerlich zu reparieren sind. Die Beseitigung von Leckagen wird somit häufig zu einem endlosen Unterfangen. Eine frühzeitige Leckerkennung, am besten gleich nach der Fertigung bei der Qualitätssicherung, kann dazu beitragen, den nachträglichen Reparaturaufwand niedrig zu halten und größere Schäden zu verhindern. Wasserstoff ist in diesem Zusammenhang ein besonders gut geeignetes Hilfsmittel, das zur Lecksuche beispielsweise bei der Serienfertigung von komplexen Bauteilen oder auch bei unterirdisch verlegten Kabeln verwendet werden kann.

Wasserstoff ist nicht einfach nur irgendein Element, das zufälligerweise an der ersten Stelle im Periodensystem steht. Es verfügt vielmehr über einige besondere Eigenschaften, so dass es speziell für das Aufspüren von Undichtigkeiten geradezu prädestiniert ist.

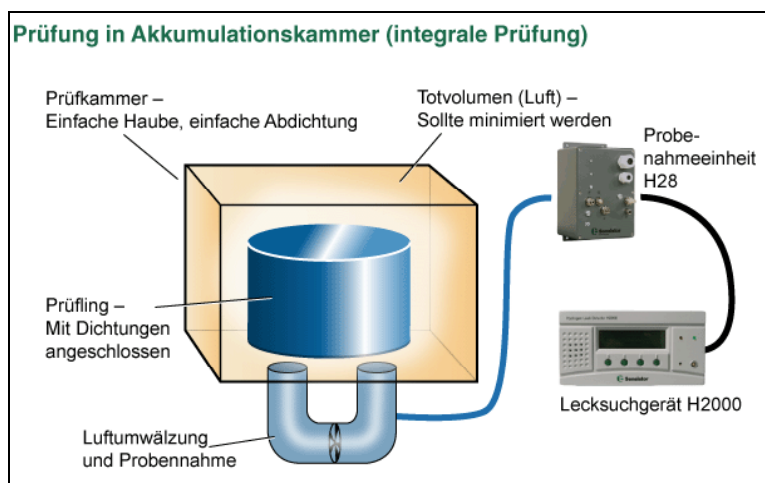
Wasserstoff besteht lediglich aus einem Proton und einem Elektron. Damit hat es die kleinsten Abmaße und verfügt über das geringste Gewicht von allen chemischen Elementen. Hinzu kommt, dass es von allen Gasen die größte Diffusionsgeschwindigkeit aufweist. Diese Eigenschaften ermöglichen es Wasserstoff, relativ rasch durch engste Spalten, kleinste Löcher und sogar zahlreiche feste Materialien hindurch zu diffundieren.

Für die Lecksuche ist diese Fähigkeit von großer Bedeutung, weil Wasserstoff dadurch hervorragend als Leck-Indikator eingesetzt werden kann. Dafür werden bei Dichtheitsüberprüfungen spezielle Gasgemische mit einem geringen Anteil Wasserstoff durch gesamte Leitungssysteme oder in einzelne, umschlossene Bauteile geleitet, so dass die winzigen H_2 -Moleküle an undichten Stellen heraus gelangen können. Indem dann von außen mit sensiblen Sensoren nach ausgetretenen Wasserstoff-Molekülen gesucht wird, kann zunächst eine vorhandene Leckage festgestellt und anschließend auch lokalisiert werden. Dieses Verfahren wird als Prüfgas- oder auch Wasserstoff-Methode bezeichnet.

Dichtheitsprüfung mit Prüfgasen

Neben Wasserstoff ist bisher vornehmlich Helium als Prüfgas zur Lecksuche eingesetzt worden. Helium ist ein Edelgas und ein natürlicher Bestandteil der Erdatmosphäre. Die Konzentration in der Umgebungsluft liegt mit 5ppm etwa zehnmal höher als die von Wasserstoff.

Abb. 1: Integrale Prüfung

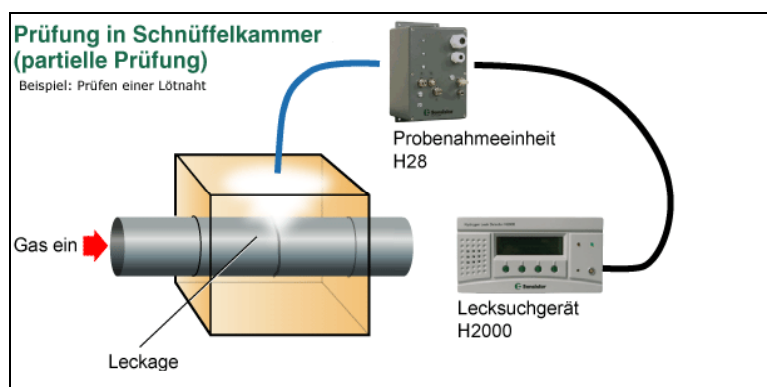


Dies bedeutet, dass bei der Verwendung von Wasserstoff als Prüfgas wesentlich geringere Konzentrationen wahrgenommen werden können (bis zu 1ppm), während dies mit Helium wegen des höheren natürlichen

Anteils in Luft nicht möglich ist. Außerdem ist Helium deutlich teurer als Wasserstoff (s. Kasten).

Das generelle Funktionsprinzip des Prüfgas-Verfahrens ist relativ einfach und kann für unterschiedliche Einsatzgebiete angewandt werden, unabhängig davon, ob Wasserstoff oder Helium als Prüfgas eingesetzt wird. Es bietet sich an, die Dichtheitsprüfung direkt nach der Serienfertigung zur Qualitätssicherung durchzuführen. Dazu werden die Bauteile mit dem Gas-Gemisch befüllt und in einer abgeschlossenen Kammer platziert (s. Abb. 1). Je nach Entwicklungsstand der Lecksuchgeräte kann es notwendig sein, zunächst ein Vakuum zu erzeugen, um störende Atmosphärenbestandteile zu beseitigen. Bei neuen Geräten kann darauf verzichtet werden, da diese über eine hohe, selektive Empfindlichkeit nur für H_2 -Moleküle verfügen (geringe „Querempfindlichkeit“). Falls der Prüfling eine Undichtigkeit aufweist, kann Prüfgas

Abb. 2: partielle Prüfung



Quelle: Sensistor Technologies

vom Behälter-Inneren nach außen gelangen. Dieses wird dann in der Kammer aufgefangen. Indem ein definiertes Test-Volumen entnommen und diese Probe auf Wasserstoff überprüft wird, kann die Leckgerate festgestellt werden.

Ein ähnliches Prinzip ist zur Überprüfung von Dichtungen und Verbindungsstellen möglich (s. Abb. 2).

Portables Prüfsystem

Etwas mehr Flexibilität bieten tragbare Suchgeräte, die ohne eine spezielle Prüfkammer auskommen (s. Abb. 3). Derartige Module besaßen bisher einen sogenannten „Schnüffler“, der eine Gasprobe ansaugte und anschließend untersuchte, so dass stets ein gewisser Zeitverzug auftrat. Neuere Systeme verfügen über einen Sensor auf Halbleiterbasis, der vorne in der Messkopfspitze sitzt und direkt die Messung vornimmt. Die Detektion erfolgt dadurch mit deutlich geringerem Zeitverzug und die Anwesenheit von Wasserstoff wird relativ rasch mit einem akustischen Signal und einer Balkenanzeige gemeldet. Austretender Wasserstoff kann auf diese Weise auch bei komplexen, fest installierten Systemen aufgespürt werden. Von wesentlichem Vorteil bei diesem mobilen System ist die Möglichkeit der Leckortung. Eine zunehmende H_2 -Konzentration zeigt die unmittelbare Nähe der Undichtigkeit an, so dass präzise nach einem Leck geforscht werden kann.

Besonders geeignet sind diese portablen Geräte bei Wasserstoff-Systemen, wie sie zur Zeit zumindest in Laboren und Testanlagen immer häufiger zum Einsatz kommen (z. B. für Brennstoffzellen, H_2 -Motoren). Zur Überprüfung dieser Aggregate muss noch nicht einmal ein Prüfgas verwendet werden. Sie können während des Betriebs auf Undichtigkeiten überprüft werden. Bisherige Gas-Warnsysteme signalisierten in der Regel

Abb. 3: portables Lecksuchgerät



Quelle: Sensistor Technologies

Warnsysteme signalisierten in der Regel lediglich das Vorhandensein eines unerwünschten Gases innerhalb des Labors. Eine präzise Leckortung war daher meist schwierig und konnte dementsprechend lange dauern.

Einsatz bei Rohr- und Kabelbrüchen

Einen relativ hohen Verbreitungsgrad hat die Prüfgas-Methode bereits bei Telefongesellschaften gefunden, für die die Vorzüge dieses Verfahrens bares Geld wert sind. Da mit Hilfe dieser Technik Rohr- und Kabelbrüche von unterirdisch verlegten Leitungen lokalisiert werden können, sparen sich die Betreiber häufig umfangreiche und kostspielige Baumaßnahmen, die ansonsten beim Aufriss ganzer Straßenzüge notwendig würden (s. Abb. 4).

Abb. 4: Rohrbruch-Suche



Quelle: Sensistor Technologies

Viele der unterirdisch verlegten Kabel sind durch eine Druck-Beaufschlagung mit trockener Luft gegen das Eindringen von Feuchtigkeit geschützt. Im Falle einer Beschädigung tritt die Luft durch das Leck aus und verhindert, dass Wasser oder Verunreinigungen in das Kabel eindringen können. Sobald dieser Druckverlust registriert worden ist, kann die Suche nach der Leckage beginnen. Dafür wird dem Drucksystem das Prüfgas

Methoden zur Lecksuche & Dichtheitsprüfung:

Undichtigkeiten von Bauteilen können auf unterschiedlichem Wege festgestellt werden. Bereits bei der Fertigung können sie speziellen Prüfverfahren unterzogen werden. Dazu werden bei allen gängigen Vorgehensweisen die Prüflinge entweder unter Druck gesetzt oder vakuumisiert.

Wasserbad: Der Prüfling wird in ein Wasserbad gelegt. Aufsteigende Luftbläschen zeigen den ungefähren Ort des Lecks an.

Lecksuchspray: Verbindungsstellen des Prüflings werden mit einem speziellen Spray eingesprüht. Anschließende Bläschenbildung lässt eine Undichtigkeit erkennen.

Druckmessung: Nimmt der ursprüngliche Anfangsüberdruck mit der Zeit ab, signalisiert dies das Vorhandensein eines Lecks, nicht jedoch seinen Ort.

Gegenüber der Prüfgas-Methode sind diese Verfahren relativ einfach und kostengünstig. Sie sind jedoch nicht für alle Einsatzgebiete geeignet und können nur „relativ große“ Leckageraten anzeigen (s. Abb. 5).

Abb. 5: Vergleich der Lecksuch-Methoden

	integral	lokal	im Betrieb	Leckrate
Wasserbad	👎	👍	👎	bis 10 ⁻³ mbar/s
Lecksuchspray	👎	👍	👍	bis 10 ⁻³ mbar/s
Druckmessung	👍	👎	👎	bis 10 ⁻³ mbar/s
Prüfgas	👍	👍	👍 (H ₂)	bis 10 ⁻⁷ mbar/s

*: Die Einheit der Leckagerate (mbar x l)/s bezeichnet die Menge des pro Zeiteinheit ausgetretenen Gases.

zugesetzt, so dass es mitsamt der Luft beim Leck austritt. Der Wasserstoff steigt dann von dort nach oben auf und diffundiert durch Asphalt, Beton und sogar Fliesen hindurch. Mit Hilfe von speziellen selektiven Detektoren können somit überirdisch geringste Menge Wasserstoff aufgespürt werden.

Auf diese Weise können auch Lecks in Wasser- und Kraftstoff-Leitungen geortet werden. Dafür wird die Flüssigkeit mit dem Prüfgas versetzt, so dass das Gemisch mitsamt des darin gebundenen Wasserstoffes am Leck heraustritt, der Wasserstoff entweicht und damit die Ortung ermöglicht.

Zur Lecksuche in doppelwandigen Rohren gibt es rund 100m lange Glasfibrstangen, an deren Spitze ein Messelement angebracht ist. Diese Stangen lassen sich weit in die zu prüfenden Rohre hineinschieben, um Leckagen am Innenrohr feststellen zu können. In diesem Fall wird das Prüfgas in den Raum zwischen Innen- und Außenrohr geleitet, so dass die Stelle mit der höchsten Wasserstoff-Konzentration die Lage des Lecks anzeigt.

Wachsende Wasserstoffwirtschaft

Die Anzahl der potentiellen Einsatzgebiete dieser Technik ist groß und nimmt stetig weiter zu. Bereits heute zeichnet sich deutlich ab, dass der Energieträger Wasserstoff in den nächsten Jahre eine zunehmend wichtigere Rolle spielen wird. Diesen Trend hat das schwedische Unternehmen Sensistor AB frühzeitig aufgenommen und sich gemeinsam mit der deutschen Tochterfirma Sensistor Technologies auf diese Lecksuch-Technik spezialisiert. Der schwedische Geschäftsführer Dr. Claes Nylander bezeichnet die selbst entwickelte Prüfgas-Methode mit Wasserstoff als einzigartig und schwärmt diesbezüglich: „Unsere Methode und unsere Lecksuchgeräte werden für alles benutzt, von der Lecksuche und Dichtheitsprüfung bei konventionellen Automobilkomponenten bis hin zur Prüfung von Brennstoffzellen. Zu unseren Kunden gehören einige der bedeutendsten Automobilunternehmen, wie etwa BMW, DaimlerChrysler, General Motors, Toyota und Volkswagen.“

Auf diese Weise versucht Sensistor mit seinen Produkten dazu beizutragen, dass eine zukünftige Wasserstoffwirtschaft noch sicherer wird. Ob diese Technik auch mithelfen kann, etwaigen Lecks in Zukunft einen Teil ihres Schreckens zu nehmen, wird die Zukunft zeigen.

(weitere Infos unter www.sensistor.com)

Bedenkenträger Wasserstoff

Mögliche Bedenken, dass der Umgang mit Wasserstoff gefährlich wäre, können ausgeräumt werden, weil für diese Anwendung nur geringe prozentuale Anteile notwendig sind. Das Gasgemisch, das für die Lecksuche eingesetzt wird, enthält größtenteils Stickstoff (95Vol.-%) und nur 5% Wasserstoff. Damit gilt es gemäß internationalen Standards (ISO 10156) als nicht brennbar.

Stickstoff, der Hauptbestandteil von Luft (79Vol.-%), ist ein chemisch unwirksames Gas (inert). In der Schweißtechnik werden Stickstoff/Wasserstoff-Gemische sogar als Schutzgase eingesetzt, da sie den Luftsauerstoff verdrängen und somit eine Materialoxidation verhindern.

Eine Entzündung von Wasserstoff-Gemischen kann zudem nur dann auftreten, wenn drei Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind:

1. Es muss Sauerstoff für die Oxidation (Verbrennung) von Wasserstoff vorhanden sein.
2. Das Mischungsverhältnis muss innerhalb der Zündgrenzen liegen (in Luft 4 – 75 Vol.-%).
3. Es muss ausreichend Zündenergie zugeführt werden ($> 0,017\text{mJ}$).

Wegen der großen Flüchtigkeit von Wasserstoff, vermischt sich reines H_2 -Gas im Falle einer Freisetzung relativ schnell mit der Umgebungsluft. Das Dichteverhältnis zwischen Luft und Wasserstoff liegt bei 15:1, während die Viskosität (Zähflüssigkeit) im Vergleich zu Luft oder Helium nur halb so groß ist. Diese beiden Umstände bewirken, dass die untere Zündgrenze sehr schnell unterschritten wird und dadurch bereits kurz nach der Freisetzung kein zündfähiges Gemisch mehr vorliegt.

11.080 Zeichen (inkl. Leerzeichen)

Der Autor Dipl.-Ing. Sven Geitmann ist Beratender Ingenieur und Fachjournalist für Wasserstoff und Brennstoffzellen. Im Frühjahr 2002 veröffentlichte er zwei Bücher zu diesen Themen:

„Wasserstoff & Brennstoffzellen – Die Technik von morgen!“ ISBN 3-8311-3273-9
„Wasserstoff- & Brennstoffzellen-Projekte“ ISBN 3-8311-3280-1

Kontakt:

Sven Geitmann

Tel/Fax: 033055-21322/20

info@hydrogeit.de

<http://www.hydrogeit.de>