

Raus aus dem Vakuum

Kraftstoffdämpfe entweichen aufgrund ihrer geringen Dichte auch durch kleinste Risse und Löcher – die Dichtheitsanforderungen an Tanks sind entsprechend hoch. Solche Undichtigkeiten zu prüfen, war bisher sehr aufwendig. Eine neue Methode soll das ändern.

Vergleichbare Dichtheitsanforderungen wie bei Kraftstofftanks gelten heute für eine Vielzahl anderer Flüssigkeitsbehälter in Automobilen und Motorrädern: für Schmierstoffe, Kühl- und Wischwasser, Bremsflüssigkeit oder das Kältemittel der Klimaanlage. Lange Zeit wurden die meisten dieser Behältnisse entweder im Wasserbad oder mit der Druckabfallmethode auf ihre Dichtheit geprüft. Beide Methoden zeichnen sich zwar durch vergleichsweise niedrige Investitions-

kosten aus, sind aber nur bis zu einer Nachweisgrenze von 10^{-2} bis 10^{-3} mbar l/s einsetzbar. Mit der Blasenprüfung in Wasser lassen sich kleinere Lecks nicht messen: Aufgrund der hohen Oberflächenspannung von Wasser erfolgt keine Blasenbildung. Bei Klimaanlage-Komponenten oder Kraftstofftanks liegt die Grenzleckrate mittlerweile allerdings bei einem Wert von 10^{-5} mbar l/s. Bei Einspritzventilen sind es immerhin 10^{-4} mbar l/s. Die klassischen Dichtheitsprüfmethoden reichen in der Automobilindustrie folglich nicht mehr aus.

Bei der Druckabfallmethode (oder Differenzdruck-Prüfung) wird der Prüfling mit einem bestimmten Luftdruck beaufschlagt. Bei einem Leck fällt der Druck ab – und diese Differenz ist messbar. Der Druck ändert sich aber je nach Temperatur erheblich. Etliche Kunststoffbehälter und -komponenten im Fahrzeugbau kommen direkt aus der Fertigung – sind also noch warm. Bei der Beaufschlagung von Kunststoff-Prüfteilen kommt hinzu, dass sich über den Prüfzeitraum der Prüfling plastisch verformt: Das Volumen steigt, und der Druck im Prüfteil sinkt. Eine zuverlässige Messung kleiner Leckraten ist so kaum möglich.

Am anderen Ende der Skala stehen Prüfverfahren, die Leckagen mit Helium als Prüfgas und mit einem Massenspektrometer nachweisen. Zwar lassen sich damit geringste Mengen Helium und kleinste Leckraten nachweisen (10^{-11} mbar l/s). Die Detektion des ausströmenden Heliumgases mit einem Massenspektrometer erfordert allerdings zwingend ein Hochvakuum. An dieser Stelle wird es kostspielig: Hochdichte Vakuumkammern und leistungsfähige Pumpen, die dieses Vakuum erzeugen können, sind aufwendig herzustellen und zu betreiben. Das Verfahren ist dann sinnvoll, wenn sehr schnell kleinste Leckraten nachgewiesen werden sollen. Die Prüfung dauert nur wenige Sekunden, und die Anlagen sind so hoch entwickelt, dass sie auch bei stetig steigender Heliumkonzentration über mehrere Prüfzyklen hinweg noch optimale Nachweise liefern. Für die obige Aufgabe sind sie allerdings nicht geeignet, da der Nachweis um den Faktor Tausend zu empfindlich ist und die Anschaffungs- und Betriebskosten in keinem Verhältnis zum Nutzen stehen. Die Evakuierung der Kammer auf Hochvakuum bedeutet für den Prüfling außerdem immer einen Differenzdruck von über einem Bar – zu viel für einige Kunststoffteile. Sie sind für solche Drücke nicht ausgelegt und würden explodieren, platzen oder reißen.

In der Automobilindustrie ist die Prüfung mit Luft also in vieler Hinsicht ausgereizt, eine Prüfung im Vakuum zu teuer.

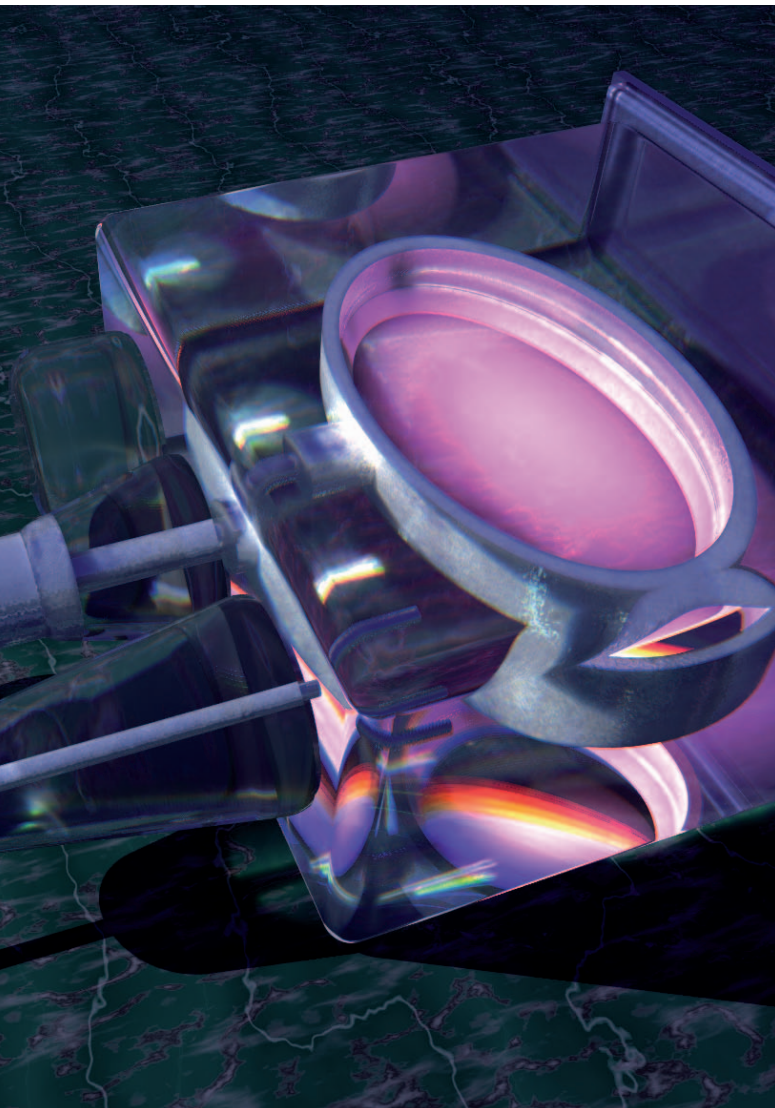


Foto: Inficon

Der hochsensible Sensor kann Konzentrationsanstiege von 25 ppb oder 0,025 ppm sicher auflösen.

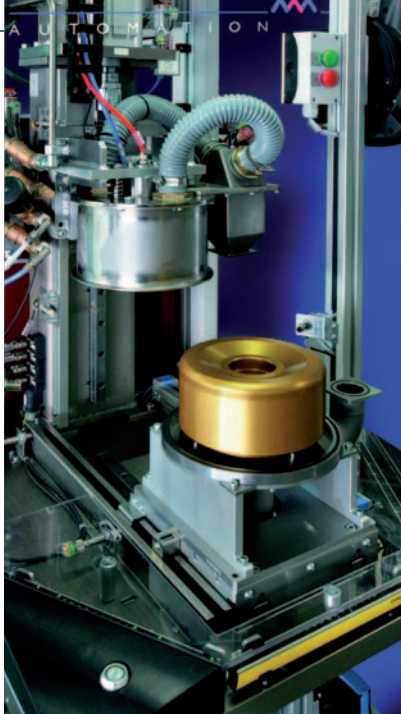


Foto: Inficon

Die Prüfkammer schließt eng um den Prüfling (Drehmomentwandler) ab. Das geringe freie Volumen garantiert äußerst kurze und damit wirtschaftliche Prüfzeiten.

Im Bereich 10^{-2} bis 10^{-5} mbar l/s fehlt darum bisher eine leistungsfähige, automatisierte Prüfmethode. Doch jetzt gibt es eine wirtschaftliche Lösung: die Dichtheitsprüfung mit Helium oder Wasserstoff in der Akkumulationskammer unter Normaldruck, die so genannte Akkumulationsmethode.

Wasserstoff lässt sich genauso einsetzen wie Helium und ist als Prüfgas

in Form von Formiergas (5 Prozent Wasserstoff, 95 Prozent Stickstoff) preislich sogar günstiger – erlaubt jedoch nicht die gleiche Empfindlichkeit. Da unter Normaldruck ein Massenspektrometer aber nicht eingesetzt werden kann, ist für diese Methode mit dem Prüfgas Helium ein hochempfindlicher Sensor Voraussetzung.

Solche Sensoren basieren auf dem patentierten Wise-Technology-Prinzip und werden nur in Systemen von Inficon verwendet. Der Wise-Technology-Sensor kann auch bei Atmosphärendruck eine steigende Heliumkonzentration in einer Prüfkammer messen. In der Kammer wird das Prüfteil durch seinen Prüfgasanschluss mit Helium beaufschlagt, sodass das Prüfgas durch etwaige Lecks in die Akkumulationskammer austreten kann. Ventilatoren verteilen das Helium gleichmäßig in der Kammer: So sind unabhängig von der Position des Lecks präzise Messwerte gewährleistet. Der Sensor ermittelt den Prüfgasgehalt in dieser Atmosphäre. Im Falle des Inficon-Systems T-Guard besteht der Sensor aus einer evakuierten Glasröhre, an deren Oberseite sich eine für Helium permeable Quarz-Membran befindet. Diese Membran ist wie ein Schwamm von kleinen Kapillaren durchzogen, durch die ausschließlich Helium auf molekularer Ebene eindringen kann. Aufgrund der Veränderung der Heliumkonzentration in der Glasröhre fließt ein Strom im angeschlossenen Druckmessgerät. Auf diese Weise ist der Sensor in der Lage, Konzentrationsanstiege von 25ppb oder 0,025ppm sicher aufzulösen. So lassen sich unter Testbedingungen Lecks in einem Bereich von 10^{-6} mbar l/s zuverlässig nachweisen. Im Produktionsbetrieb lassen sich so zum Beispiel bei einem freien Volumen von fünf Litern in der Prüfkammer Leckraten von $1 \cdot 10^{-4}$ mbar l/s innerhalb von etwa 30 Sekunden feststellen. Bei einem Volumen von einem Liter sind dieselben Leckraten sogar in nur elf Sekunden nachweisbar. Freies Volumen bedeutet dabei: das Volumen der Kammer abzüglich des Volumens des

Prüflings. Zusammen mit den Rüstzeiten ergeben sich so etwa 16 Sekunden pro Prüfling, was 225 Prüflingen in der Stunde entspricht. Das Verfahren ist nicht nur schnell, sondern auch für Prüflinge aus Kunststoff geeignet. Zur Überprüfung des Systems misst man gegen ein Prüfleck, das der geforderten Grenzleckrate entspricht. Mittels Positionierung des Lecks an verschiedenen Stellen in der Prüfkammer lässt sich außerdem testen, ob die Heliumkonzentration dort gleichmäßig verteilt ist.

Als Systemkomponente einer Dichtheitsprüfanlage ist bei einem solchen Messsystem aber nicht ausschließlich die Empfindlichkeit entscheidend. Hinzu kommt: Da die Normalatmosphäre nicht evakuiert werden muss, kommt das Verfahren ohne aufwendige Turbomolekularpumpen und hochdichte Vakuumkammern aus. Zudem entfällt das empfindliche Massenspektrometer. Das Messsystem kann damit vergleichsweise einfach aufgebaut sein. Anschaffungs- und Unterhaltskosten für das Gesamtsystem sind überschaubar niedrig. Dennoch sind die Messwerte bei dieser Variante der integralen Helium-Dichtheitsprüfung in hohem Maße reproduzierbar – selbst bei großen, warmen oder feuchten Prüflingen.

Dr. Jochen Puchalla, Applikationsmanager bei Inficon Deutschland GmbH