

Empirische Ermittlung der Leckdetektionsfähigkeit schaubildender Lösungen nach EN 14291

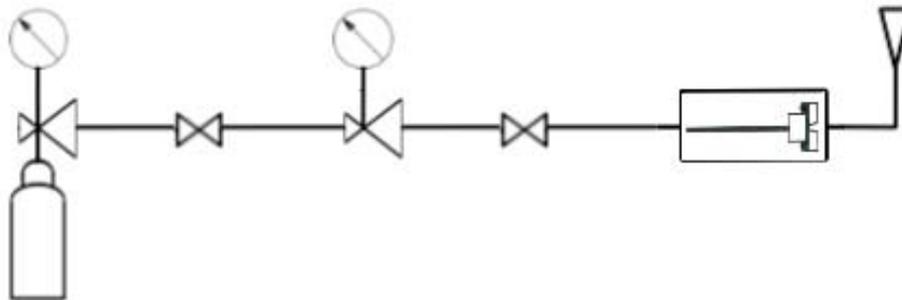
Abderrahim ELMOUAKIBI*, Simon GRAFF**,
Manfred SCHMITT-BORMANN*, Raymond SCHOTT*

*Güpo GmbH – D-Kehl

** Institut Universitaire de Technologie – Université de Strasbourg – F-Schiltigheim

Um mehr Kenntnisse über die Leistungsfähigkeit schaubildender Mittel zur Lecksuche an Gasinstallationen gem. EN 14291 zu erhalten, hat die Güpo GmbH (Kehl) zusammen mit dem Industriegase- und Anlagen-Hersteller Basi (Rastatt) sowie Inficon (Köln) eine Apparatur entwickelt, die die tatsächlichen Leckageraten von Lecksuchmitteln ermitteln soll.

1. Funktionsweise



Schema 1 : Schaltbild des Leckageraten-Testgeräts

Die Anlage basiert auf einem System von Gasleitungen. Diese werden mittels Druckluftflasche versorgt. Über einen Druckminderer wird das Gas auf ein Sicherheitsventil geleitet. Es folgt die Druckregulierung mit Manometer. Dahinter teilt sich das Netz in vier Zweige, die jeweils auf ein zweites Sicherheitsventil treffen. Um nun eines der vier kalibrierten Test-Lecks zu beaufschlagen, öffnet man mit dem Drehknopf das entsprechende Ventil. Nach jedem Ventil ist eine feine Glaskapillare in die Leitung integriert, die einen Druckverlust verursacht und somit ein kleines Leck simuliert. Der Ausgang des jeweiligen Testlecks wird auf eine tischähnliche Metallplatte (Prüftisch) geleitet, auf der die Leckageraten des Test-Lecks visualisiert werden. Jedes Test-Leck ist mit Helium geeicht, sodass man bei einem Eingangsdruck von 2,5 bar vier standardisierte Leckageraten von $2 \cdot 10^{-2}$ mbar*l/s, $2 \cdot 10^{-3}$ mbar*l/s, $2 \cdot 10^{-4}$ mbar*l/s und $2 \cdot 10^{-5}$ mbar*l/s erhält. Der Eingangsdruck darf 2,5 bar nicht übersteigen, um die empfindlichen Glaskapillare nicht zu

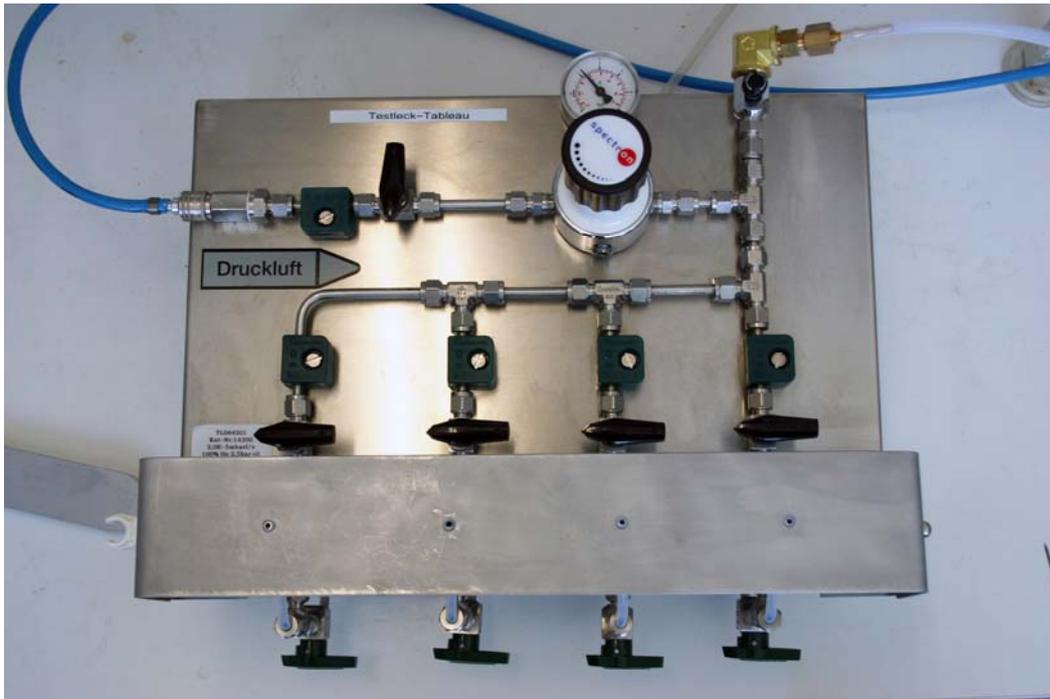


Bild 1: Ansicht von oben

beschädigen. Um nun die detektierbare Leckagerate eines Lecksuchmittels zu prüfen, sprüht man das Mittel auf ein Test-Leck auf, sodass das Leck vollständig abgedeckt oder benetzt ist. Eine Leckagerate gilt als detektierbar, wenn man die Bildung einer Blase über der ausgewählten Test-Öffnung erkennen kann. Da die Leckagerate des jeweiligen Test-Lecks bekannt ist, ist es somit möglich, die Funktionalität des Lecksuchmittels für diese Leckgröße zu testen.

Zusätzliche, abgesicherte Auslassöffnungen zwischen Druckregler und den Ventilen vor den Test-Lecks sowie zwischen den Test-Lecks und den Öffnungen in der Metallplatte dienen zur kontrollierten Entlüftung bzw. Reinigung des Systems.

2. Lecksuchmittel-Vergleich

2.1. Einführung einer Prüfanweisung

Da das vorgestellte Gerät ein Unikat war, galt es zunächst eine Prüfanweisung zu erstellen und einzuführen. Dazu gehörte auch, entsprechende Prüfkriterien zu definieren. Ziel war es, dass die Prüfanweisung den Anwender so führt, dass er die niedrigste Detektionsrate (Leckagerate) ermitteln kann, die ein Prüfmittel erreichen kann:

1. Schritt: das passende Testleck auswählen
2. Schritt: das Prüfmittel korrekt aufbringen
3. Schritt: das Ergebnis der Prüfung feststellen und dokumentieren.

Durch mehrfache Wiederholung und entsprechende Veränderung des Drucks wurde eine Annäherung an das kleinste feststellbare Leck für das jeweilige Lecksuchmittel erreicht. Als weiterer Faktor wurde die Zeitspanne bis zur Entstehung einer erkennbaren Blase ermittelt. Um das Produkt sinnvoll und effizient einsetzen zu können, sollte die Zeitspanne bis zum Erkennen einer Blase unter zehn Sekunden liegen. Dies ist allerdings kein absoluter Wert, sondern wurde als Bedingung festgelegt. Es gibt keine offizielle definierte Zeiten für derartige Untersuchungen. Entsprechend der ermittelten Werte war eine

Einteilung der verschiedenen Lecksuchmittel in unterschiedliche Einsatzbereiche möglich. Diese Einteilung erleichtert die Auswahl für den Nutzer und könnte Grundlage für Produzenten sein, die Zusammensetzung der Mittel zu optimieren oder sehr spezifische Lecksuchmittel zu entwickeln.

Um die Wiederholbarkeit der Versuche zu gewährleisten, musste die optimale Art und Weise der Aufbringung der Lecksuchmittel ermittelt werden. Bei wenig-schäumenden Mitteln bestand die Gefahr, dass die Flüssigkeit durch kapillare Kräfte in die Testöffnung gesogen wird und einen Pfropfen verursacht. Stärker schäumende Mittel sollten lediglich in einer geringen Schichtdicke aufgetragen werden, damit eine Blase möglichst schnell erkannt werden kann. Als beste Aufbringungsart für wenig-schäumende Mittel hat sich das Sprühen an den Rand der Testöffnung herausgestellt, wobei die Sprühdose in einem Winkel von ca. 45° zum Prüftisch gehalten wird. Die Flüssigkeit umfließt die Öffnung und bildet dann einen feinen Film über der Öffnung.

Beim Prüfschaum wird eine kleine Menge über den Schlauch am Sprühkopf direkt neben der Öffnung aufgetragen. Hier sollte das Aufbringen möglichst waagrecht geschehen. Die aufschäumende Wirkung bildet dann eine dünne Schicht über der Testöffnung.

2.2. Durchführung der Messungen

Für die Testreihen wurde die Zeitspanne bis zur Entstehung einer Blase auf 60 Sekunden erhöht, um eine größere Anzahl an Ergebnisse zu erhalten. Da ein Resultat im Anwendungsfall nicht immer innerhalb von zehn Sekunden vorliegen muss, ist der Einsatzbereich der verschiedenen Mittel eventuell größer. Für jedes Mittel wurden drei bis fünf Messungen bei unterschiedlichen Leckageraten durchgeführt und fotografisch dokumentiert. Die Zeitspanne vom Auftragen des Mittels bis zur Entstehung der Blase wurde erfasst und anhand eines Maßstabs waren Größen der Blasen zu erkennen (siehe Bild 2).

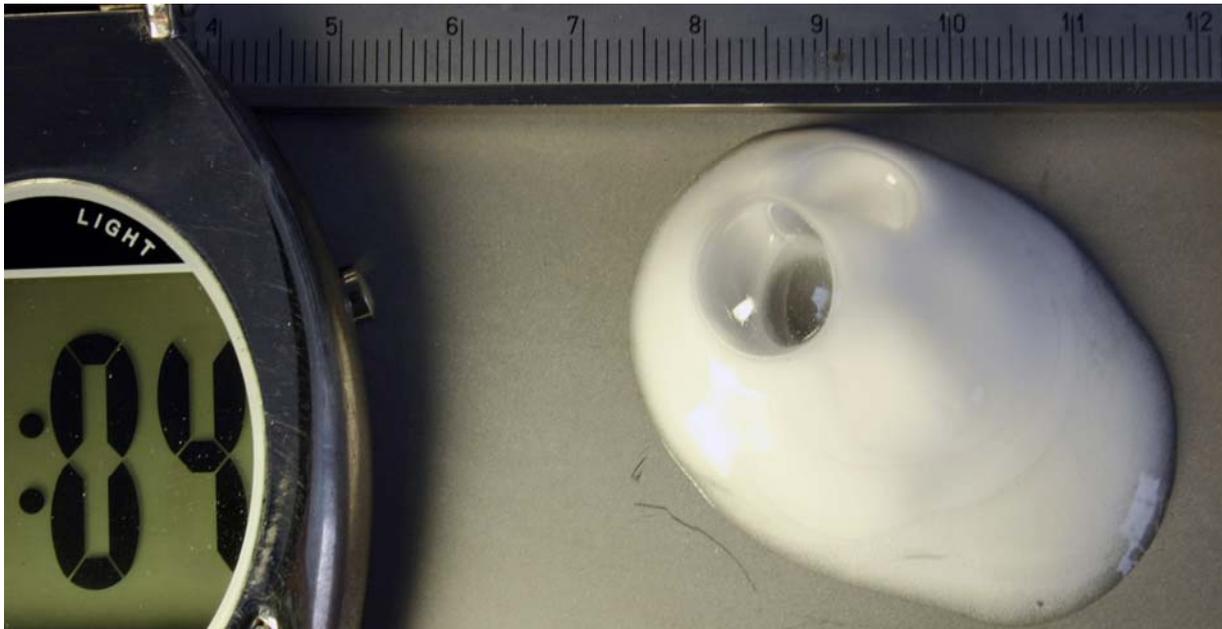
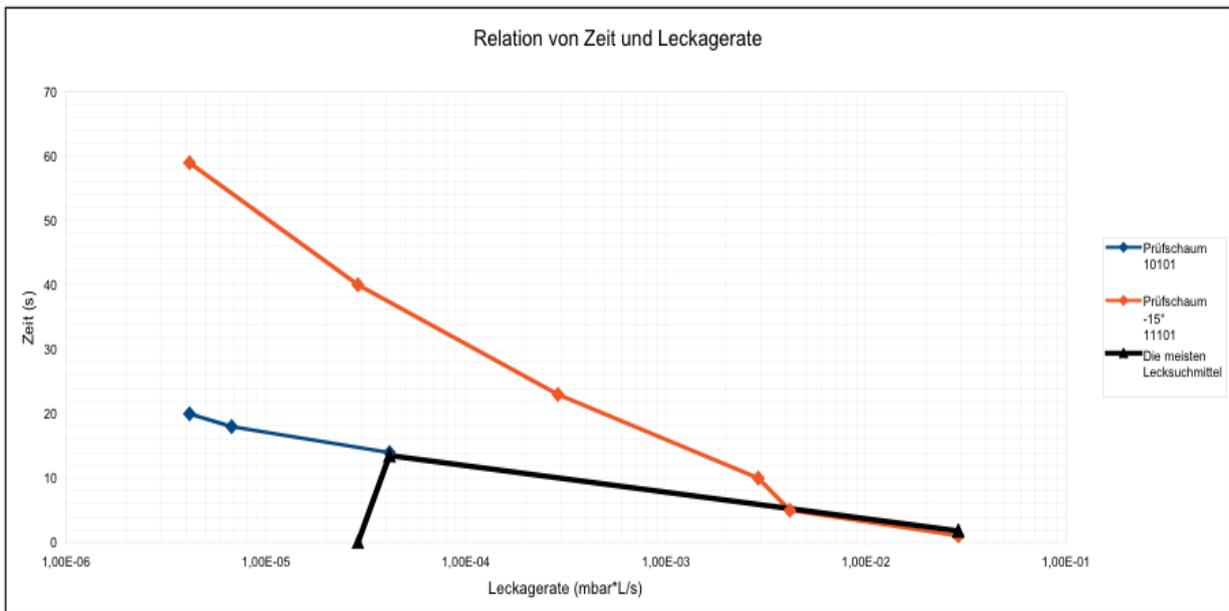


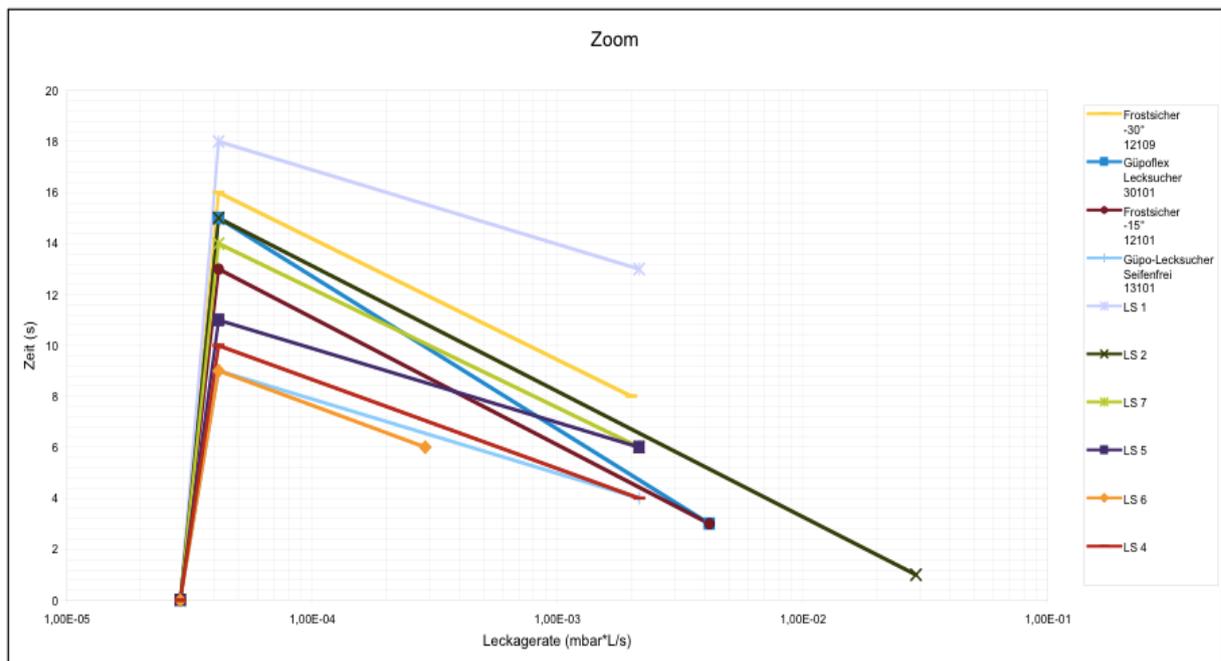
Bild 2

Für jedes getestete Lecksuchmittel wurde die Oberflächenspannung mittels eines Tensiometers und die Stabilität des Schaumes entsprechend der Norm EN 14291 bestimmt, um die unterschiedlichen Messergebnisse interpretieren und erklären zu können.

2.3. Auswertung der Ergebnisse



Grafik 1



Grafik 2

Die Untersuchungen ergaben bei zehn der Lecksuchmittel einen sehr ähnlichen Verlauf, weshalb diese in einer einzigen Kurve zusammengefasst wurden (Grafik 1). In Grafik 2 sind diese zehn Prüflinge einzeln aufgefächert.

Die mit LS (*LeckSucher*) bezeichneten Mittel sind im Handel erworbene Produkte. Die Kurven lesen sich von rechts nach links, wobei die kleinsten detektierten Lecks ($1,00^E-05$) auf der X-Achse links und die größten ($1,00^E-01$) rechts stehen. Konnte ein Lecksuchmittel kein Leck feststellen oder wurde die Zeit von 60 Sekunden bis zur Entstehung einer Blase überschritten, geht die Kurve auf 0. Dieser Punkt stellt die maximale Kapazität der Lecksuche dar. Es ist eine Korrelation zwischen Größe des Lecks und Zeitspanne der Blasenentstehung bei allen geprüften Mitteln zu erkennen.

Bei großen Lecks reagieren alle Lecksuchmittel sofort mit der Bildung von Blasen. Je kleiner die Lecks werden, desto mehr ergeben sich leichte Verschiebungen bei den einzelnen Mitteln, was mit dem Alter, der Oberflächenspannung oder der Schaumbeständigkeit zusammenhängen könnte. Insgesamt sind die Unterschiede jedoch sehr gering (vgl. Grafik 1, schwarzer Graph).

Zwei Lecksuch-Schäume (Grafik 1: Prüfschaum 10101 in blau und Prüfschaum 11101 in rot) heben sich deutlich von dieser schwarzen Kurve ab. Sie können wohl noch Lecks anzeigen, die kleiner sind, als sie mit der verwendeten Testapparatur simuliert werden können. Während der Prüfschaum 10101 mit der gleichen Schnelligkeit Lecks erkennt wie die anderen Produkte, braucht der Prüfschaum 11101 länger. Dies hängt vermutlich mit dem Zusatz von Frostschutzmitteln zusammen, die dafür einen Einsatz bis zu Temperaturen von -15° zulassen. Die Frostschutzmittel machen den Schaum schwerer und bremsen somit die Bildung der Blasen.

Mit Ausnahme der zwei Prüfschäume wurde bei fast allen Lecksuchmitteln ein gewisser Grenzbereich der Lecksuch-Kapazität festgestellt ($4,17 \cdot 10^{-5}$ bis $2,90 \cdot 10^{-5}$ mbar*l/s).

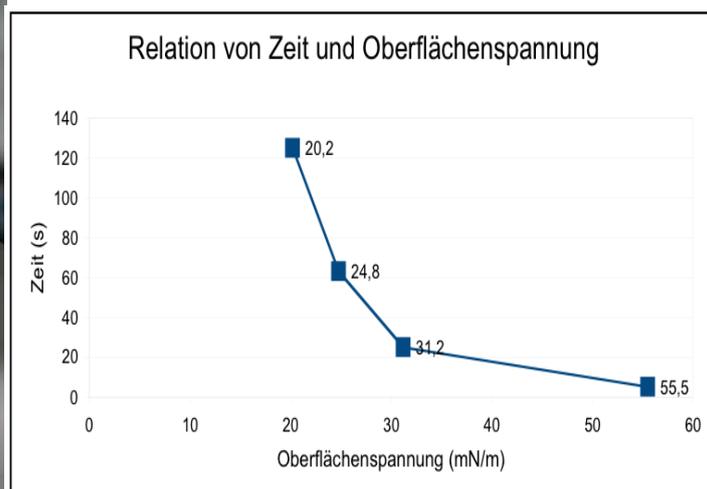
Dieses Phänomen wurde bereits in der Literatur beschrieben [DGZfP Leak Detection / Leak Testing – Basic Course; 1988 Edition], allerdings bei einem Grenzwert von ca. 10^{-3} mbar*l/s. Die unterschiedlichen Grenzwerte können zum einem mit dem Alter der damaligen Untersuchung (1988), eventuell weniger genauer Prüfmethode, als auch mit der Weiterentwicklung der heutigen Lecksuchmittel zusammenhängen.

Da sich unsere Untersuchung im experimentellen Rahmen bewegte und einige Annahmen voraussetzte, können die ermittelten Werte nur bedingt als absolute Zahlen gesehen werden. Auch lässt die Testapparatur lediglich eine Annäherung an einen Grenzbereich zwischen $4,17 \cdot 10^{-5}$ mbar*l/s und $2,90 \cdot 10^{-5}$ mbar*l/s zu.

3. Untersuchung zur Bedeutung der Oberflächenspannung



Bild 3:
Blase während eines Versuchs



Grafik 3: Lebensdauer von Blasen bei unterschiedlichen Oberflächenspannungen

Um den entscheidenden Einfluss der Oberflächenspannung auf die Detektion von Lecks zu belegen, wurden Tests mit verschiedenen Lecksuchmitteln durchgeführt.

Auf der größten Testöffnung wurde per Hand ein feiner Film aufgetragen und dann das Ventil geöffnet. Gemessen wurde die Zeit von der Entstehung der Blase bis zum Platzen. In der Grafik 3 sind die Ergebnisse dargestellt.

Die Größe einer Blase ist proportional zur Lebensdauer. D.h., eine geringe Oberflächenspannung macht die Blase elastischer. Sie hält daher länger. Allgemein übertragen auf Lecksuchmittel führt eine geringe Oberflächenspannung zur Bildung großer Blasen, die schnell erkannt werden können.