

Automatisierte Mehrkanal Ultraschallprüfung von Druckgasbehältern

Léon Kaelin, Swiss TS Technical Services,
Wallisellen (CH)

Vom Messprinzip zur industriellen Anwendung

Es wird die automatisierte Ultraschallprüfung im Bereich der wiederkehrenden Prüfung von Druckgasbehältern, als Alternative zur herkömmlichen, klassischen Wasserdruckprüfung, vorgestellt. Von der Validierung über die praktische Erprobung bis hin zur kundenspezifisch entwickelten Prüfapplikation. Es werden die Anforderungen aus nationalen und internationalen Vorschriften und Normen sowie die damit zusammenhängenden Umsetzungsprobleme behandelt.

1 Prüfung von Druckgasbehältern

Die Prüfung von Gasflaschen im Bereich der wiederkehrenden Prüfung war früher in der Schweiz Aufgabe der Eidg. Material- und Prüfungsanstalt EMPA in Dübendorf. Die Prüfung erfolgte auf der Grundlage der im Bereich des Transportes gültigen Vorschriften ADR/RID (Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Strasse/Schiene). Die Behälter wurden in Abhängigkeit ihrer Verwendung einer wiederkehrenden Prüfung unterzogen, welche eine innere und äussere Sichtprüfung sowie eine Wasserdruckprüfung umfasste. Trotz dieser Prüfungen kam es zu tödlichen Unfällen, weil viele kritische Fehler offensichtlich durch eine Wasserdruckprüfung nicht erkannt wurden.



Geborstene Flasche durch Materialfehler der bei der Wasserdruckprüfung unentdeckt blieb und zu einem Todesfall führte (1969).

2 Entwicklung alternativer Prüfmethoden

Es galt, unter Nutzung der bereits bekannten zerstörungsfreien Prüfverfahren, nach neuen Möglichkeiten zu suchen, die einerseits den Bedürfnissen der industriell eingesetzten Gasflaschen entsprechen und andererseits die gesetzlich geforderte Sicherheit erfüllen. Dazu bedurfte es einer umfassenden Validierung, wobei hier nur der Teilprozess "Entwicklung der Prüfmethode" näher betrachtet wird.

Validierungsverfahren:

- Erstellen des Pflichtenheftes
- Suche nach neuen Möglichkeiten
- Auswahl nach Machbarkeit
- Entwickeln der Prüfmethode
- Praktische Erprobung
- Validierungsdokumentation

Das Ziel der Validierung von Prüfverfahren sollte im Nachweis stehen, dass das Verfahren für den vorgesehenen Zweck geeignet ist und dass das Verfahren eine annehmbare Unsicherheit hat.

2.1 Validierung

Bei der Validierung der verschiedenen in Frage kommenden Prüfverfahren standen die praktische Umsetzung und die Wirtschaftlichkeit im Vordergrund. Es zeigte sich deutlich, dass die Ultraschallprüfung für die Prüfung von Gasflaschen am besten geeignet ist.

- Wirbelstromprüfung: Innenprüfung problematisch
- Röntgenprüfung: Zu aufwändig für Produkt Flasche
- Schallemissionsprüfung: Für Serienprodukt Gasflasche zu aufwändig

2.2 Erste Ultraschall Druckgasbehälter Prüfanlage

Die erste Ultraschall-Prüfanlage zur Prüfung von Gasflaschen wurde im Jahre 1974 in Betrieb genommen. In den folgenden Jahren prüfte man vorwiegend ältere und im Speziellen kritische Behälterserien. Der grosse Durchbruch für die Prüfung der in der Schweiz verwendeten Industriegasflaschen blieb vorerst aus,



da der Transportaufwand der zu prüfenden Flaschen vom Gashersteller zur Prüfstation und zurück zu gross war. Um der Ultraschallprüfung im Bereich der Industriegasflaschen eine reelle Chance bieten zu können, waren neue Lösungen gesucht.

Erste Ultraschallprüfanlage im Einsatz (1974)

2.3 Mobile Prüfeinsätze

Mit der neu entwickelten mobilen Ultraschallprüfanlage konnten die Behälter direkt vor Ort beim Gashersteller/Kunden geprüft werden. Durch die Mobilität wurde es möglich, auch in abgelegenen Orten oder nur an einzelnen Tagen vor Ort zu prüfen. Damit begann die Ära der industriellen Prüfung an Druckgasflaschen und damit –vorerst nur in der Schweiz– die Ablösung der klassischen Wasserdruckprüfung durch die Ultraschallprüfung. Gesamthaft gesehen, hat sich die Anlage über all die Einsatzjahre bestens bewährt und sie erfreut sich auch heute noch grosser Beliebtheit.



Erste mobile Ultraschallbehälterprüfanlage

2.4 Weiterentwicklung Prüfsensorik

Im Laufe der Jahre wurde die dezentrale Schwingeranordnung zwecks Einsparung von Umrüstzeiten bei Behältertypen-Wechsel auf zentrale Anordnung (Punkteinschallung) umgestellt und die Prüfelektronik dem neusten Stand der Technik angepasst. Die neu entwickelte Prüfkopfhalterung ist standardmässig mit je 2 Schwinger für die Längs- und Querfehlerprüfung sowie einem Schwinger für die Wandstärkenmessung ausgerüstet. Die Anlagen wurden auch erstmals an Partnerorganisationen wie dem TÜV abgegeben. Sie sind noch heute, nach 20 Jahren, im Einsatz.



Prüfkopf mit zentraler Schwinger-Anordnung

2.5 Industrieller Einsatz



EDV-basierte Prüfelektronik

Im Trend der Harmonisierung und der Deregulierungsbestrebungen wuchs der Druck der Industrie selbständig Prüfungen durchzuführen zu können. Neue Forderungen wie z.B. die Rückverfolgbarkeit der Mess- und Beurteilungsergebnisse kamen dazu. Zur Erfüllung der Rückverfolgung waren die alten Analog-Geräte nicht mehr geeignet und der Einsatz von EDV-basierenden Prüfgeräten zwangsläufig nötig.

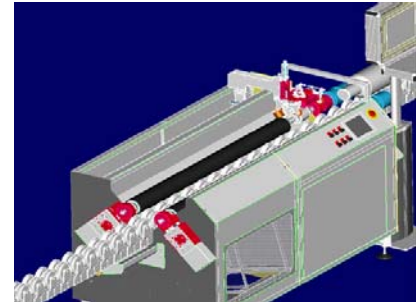
2.6 Prüfkapazitätserweiterungen

Mit der internationalen Anerkennung der Ultraschallprüfung im Bereich der wiederkehrenden Prüfung kam schnell der Wunsch nach höherer Prüfleistung. Eine entscheidende Steigerung der Prüfkapazität brachte der Wechsel von normal auf Linienfokussierte Schwinger und der Wechsel auf die neuste Gerätegeneration,

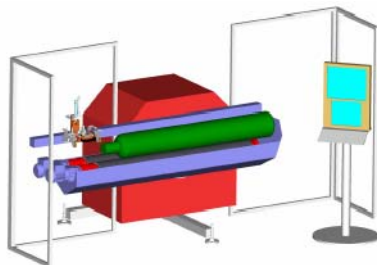
die mit einer "fullparallel" arbeitenden Prüfelektronik ausgerüstet ist. Mit dieser Konstellation wurde die Prüfgeschwindigkeit fast verdoppelt.

3 Fullparallel- Multiplexsystem

Die auf die Bedürfnisse der Industrie nach hohem Automatisierungsgrad und gesteigerter Prüfkapazität optimierte Prüfanlage deckt heute die Prüfkapazität von Gross-Prüfwerken ab. Da eine höhere Prüfgeschwindigkeit in der Regel mit höheren Kosten verbunden ist, kommt bei der Auslegung der Anlage dem wirtschaftlichen Aspekt eine wichtige Aufgabe zu.



Automatisierte Prüfanlage



Für Prüfwerke mit kleinerem Prüfvolumen bietet sich an, die Prüfelektronik im Multiplexsystem, mit limitierter Anzahl Prüfkanälen, auszurüsten. Eine weitere Möglichkeit bietet sich auch im Sinne „back to the roots“ mit der Neuauflage der alt bewährten mobilen Prüfanlage an.

Neuentwicklung Autosonic™ Light

Die Validierung resp. der Beschrieb des hier aufgeführten praktischen Beispiels der Validierung soll aufzeigen, dass die Entwicklung nicht immer gradlinig verläuft und es verschiedenste Anforderungen zu erfüllen gilt.

4 Harmonisierte Normen

Bei der Validierung von Prüfverfahren ist den relevanten Normen gebührend Beachtung zu schenken. Dass die Umsetzung der Normen in die Prüfpraxis nicht immer unproblematisch verläuft, wird hier am Beispiel der Ultraschallprüfung von Druckgasbehältern gezeigt. Die Auswahl der zutreffenden Norm kann auch, wenn man sich auf die EN und ISO Norm beschränkt, nicht immer eindeutig ausfallen. Der Stand der verschiedenen Normen ist zu unterschiedlich.

4.1 Normen kritisch hinterfragt



Im Grundsatz haben wir mit den harmonisierten Normen alle die gleichen Voraussetzungen/Anforderungen zu erfüllen. Da die Zuordnung nicht klar gegeben ist und in der Praxis mit z. Teil unterschiedlichen Normen geprüft wird, ist die vergleichbare Güte nicht in jedem Fall gegeben.

Zu gross sind die Abweichungen, die durch Lobbying, unklare Anforderungen, unterschiedliche Interpretationen die Prüfergebnisbeurteilung beeinflussen.

4.2 Normanforderungen und deren Interpretation

Normen durch Fachleute nach den neusten technischen Erkenntnissen erstellt, werden oft von Interessevertretern so stark beeinflusst, dass es passieren kann, dass die Norm einseitig ausgelegt wird oder sich nur schwer in der Praxis umsetzen lässt.

Beispiel:

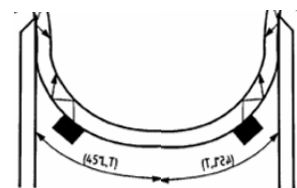
Bei der erstmaligen Prüfung wird vorwiegend automatisiert im zylindrischen Teil des Behälters geprüft. Kritische Fehler im Übergang Zylinder zum Boden müssen so nicht zwingend gefunden werden. Bei der wiederkehrenden Prüfung gilt es Gebrauchsschäden (z.B. Korrosion, Beulen, Kerben, etc.) zu finden - nicht aber Herstellungsfehler. Dies hat zur Folge, dass kritische Fehler nach der Erstprüfung/wiederkehrenden Prüfung noch immer vorhanden sein können!



Es kann und darf nicht sein, dass Prüfvorschläge welche sich in der Praxis nicht realisieren lassen, als beispielhafter Prüfvorschlag ohne genauere Spezifikation in die Norm aufgenommen wird.

Beispiel:

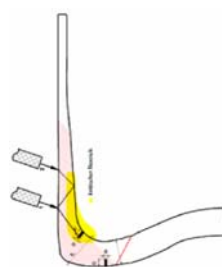
Die Prüfung des Bodens ist in der Norm beispielhaft dargestellt, die Anforderungen sind jedoch nicht festgelegt. Das Ergebnis ist, dass der Boden in der Praxis gar nicht geprüft wird. Swiss TS hat sich dieser Problematik angenommen und eine Bodenprüfung mit Überprüfung der Wandstärke im Bereich des Bodenzentrum realisiert (Validierungsbericht vom August 2003).



Im Sinne einer umfassenden Validierung ist der Prüfnachweis inwieweit Fehlstellen auch wirklich sicher detektiert werden können unerlässlich.

Beispiel:

Es ist keine Justiernut im kritischen Übergangsbereich gefordert, d.h. der Nachweis ob Fehlstellen im kritischen Bereich gefunden werden oder nicht ist nicht erbracht. Zudem ist nicht klar, welcher Bereich von der UT-Prüfung wirklich abgedeckt werden kann.



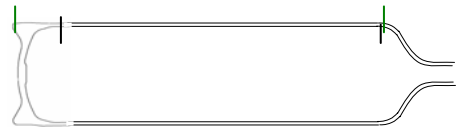
4.3 Normen und deren praktische Umsetzung

Eine Prüfvorgabe, bei welcher die Nachweisgrenze im Sinne einer Validierung nicht umfassend genug ermittelt wurde, wird in der Praxis zwangsläufig zu Diskussionen führen.

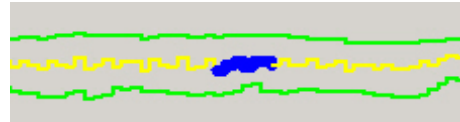
Wenn die Prüfung in der Norm nicht genügend klar geregelt wird, wird es in der Praxis zwangsläufig zu verschiedenen Interpretationen führen.

Beispiele von verschiedenen Auslegungsmöglichkeiten:

Die Norm sagt, dass 100 % des zylindrischen Teils geprüft werden muss. Wo genau der zylindrische Teil verläuft ist jedoch nicht festgelegt (innen/aussen).



Die Norm legt nicht fest, wie gross der Ankopplungsausfall sein darf. Messwertaufzeichnung der minimalen, maximalen und der durchschnittlichen (gelb) Wandstärke sowie der Messwertausfälle (blau).



Für die Berechnung der Prüfspirale wird auf den „Schwingerdurchmesser“ verwiesen, wobei für eine 100%-ige Überdeckung der aktive Schallbündel massgebend wäre.

Als letztes Glied in der Kette ist noch die Interpretation bei der Normauslegung zu erwähnen, die teilweise sehr grossen Spielraum zulässt. Nach dem Minimumfaktor gesehen, kann das geprüfte Objekt nur so gut sein wie es die Normen vorgeben und wie der Prüfer in der Praxis prüft und beurteilt. Der Norm kommt in diesem Zusammenhang eine nicht zu unterschätzende Aufgabe/Verantwortung zu.

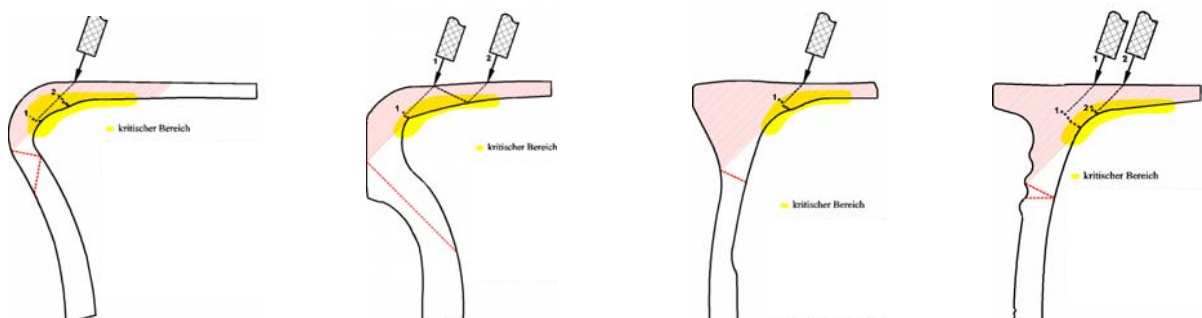
Beispiel:

Je nach Anwender wird die Unterschreitung der gemessenen Wandstärke unterschiedlich interpretiert:

- Wird als Fehler bewertet, d.h. 5% Wandstärkenunterschreitung ist zulässig
- Beurteilung erfolgt nach den Kriterien der visuellen Kontrolle, d.h. 10% Wandstärkenunterschreitung ist zulässig
- Bei Flächenkorrosion werden Behälter mit unbekannter Wandstärke ausgeschieden

5 Risikoanalyse

Aus wirtschaftlichen und prüftechnischen Gründen sollte die Übergangszone Schulter/Boden sowie der kritische Bodenübergangsbereich, wenn immer möglich automatisiert geprüft werden. Im kritischen Bereich der Bodenkrempe ist aufgrund der unterschiedlich ausgeprägten geometrischen Verhältnisse besondere Aufmerksamkeit gefordert. Für eine akkurate Prüfung sind umfassende Kenntnisse über die genaue Bodenform Voraussetzung. Für die Prüfung im Bodenzentrum bietet sich eine örtliche, dem Behälterboden angepasste, Wandstärkenmessung an.



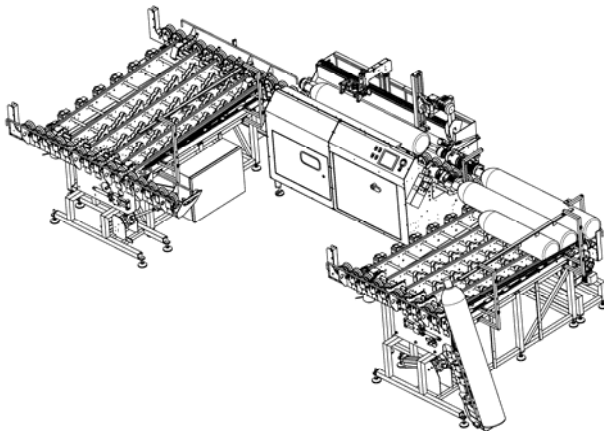
6 Optimierungsvorschlag

Mit der Validierung konnte einerseits die erforderliche Nachweisgüte erbracht werden, andererseits zeigte die tiefgründige Hinterfragung der Prüfmethode Ultraschall ein Verbesserungspotential auf, welches sich als Optimierungsvorschlag direkt in der Praxis umsetzen lässt und somit zur Verbesserung der Ultraschallprüfgüte insgesamt beiträgt.

Optimierungsvorschläge:

- Übergangsbereich mit Nachweisnut versehen
 - *Vorschlag in ISO-Norm Kommission einbringen*
- Kalibrierstücke zur Detektierung von Muldenkorrosion
 - *Justierkörper mit Flachbodenbohrung versehen*
- Der kritische Übergangsbereich bedarf einer separaten Prüfung
 - *separater Prüfkanal anordnen*
- Sämtliche Bodenformen auf deren kritische Zonen überprüfen
 - *Fehlerkatalog aufstellen*
- Die minimal geforderten Wandstärken im Bodenbereich überprüfen
 - *Bodenprüfung in der Praxis realisieren*
- Ausgeschiedene Böden für statistische Auswertungen klassifizieren
 - *Erfahrungsbericht erstellen*

7 Wir prüfen für Ihre Sicherheit

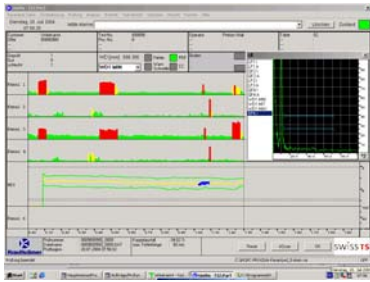


Die hier validierte Ultraschallprüfanlage Autosonic™ die durch den TÜV zugelassen ist, ist bei verschiedenen Prüfstellen in Deutschland als auch in anderen Ländern für die Prüfung von nahtlosen Stahl- und Aluminium Druckgasflaschen mit Inhalt 0,2 – 50 Liter im Einsatz.

Die Anlage erlaubt das einfache Prüfen ohne jeden Prüfkopfwechsel und ohne dass die Behälter vorgängig sortiert werden müssen. Die Behälter werden automatisch über die Belade- Speicherstation zur Prüfstation dem Prüfer zugeführt. Die Anlage erkennt den Flaschendurchmesser und passt sich selbständig der Flasche an (Prüfhöhe, Prüfungsgeschwindigkeit) und stellt die für die Prüfung notwendigen Prüfparameter bei den Prüfgeräten selbst ein.



Ultraschall-Prüfanlage Autosonic™



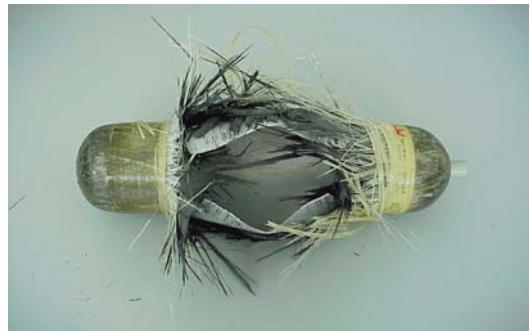
Dank dem Einsatz der neuesten Prüfelektronik werden die Ultraschallsignale zu jedem Kanal ausgewertet und auf einer separaten Abbildungsspur aufgezeichnet und allfällige gefundene Fehler ausgewiesen. Jede Prüfung resp. Justierung wird zusammen mit den Einstellungen aufgezeichnet; die Prüfungen sind somit jederzeit rückverfolgbar. Auf einem A-Scan Bild ist es möglich, die Ultraschallsignale separat auszuwerten.

Aufzeichnung der Abbildungsspuren

8 Neuentwicklungen

Bei den Composite-Behältern handelt es sich um Behälter aus Verbundmaterialien, die aufgrund ihrer Zusammensetzung nicht mit Ultraschall geprüft werden können und deshalb auch heute noch der klassischen Wasserdruckprüfung unterzogen werden müssen.

Mit dem Bersten einer solchen Flasche wird die Forderung nach neuen Prüfmethoden wieder hochaktuell. Das heisst, die Wasserdruckprüfung ist ungenügend, eine neue Prüfmethode muss validiert werden. Als neue Prüfmethode bietet sich die Schallemissionsprüfung an, welche aber vor der Einführung einer umfassenden Validierung bedarf.



Composite-Behälter (Berstversuch)

Swiss TS Technical Services AG
Prüfsysteme
Richtstrasse 15, CH-8304 Wallisellen
L. Kaelin, Leiter Prüfsysteme, UT-Experte Stufe 3
leon.kaelin@swissts.ch
Tel. direkt: +41 (0)1 877 61 80, Fax: +41 (0)1 877 62 15
Internet: <http://www.swissts.ch>

Autosonic™ for your safety
<http://www.autosonic.ch>