

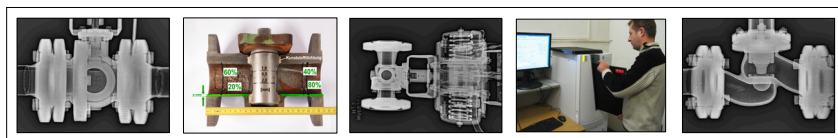
Anwendung der digitalen Radiographie bei der Zustandsüberwachung von Sicherheitsarmaturen in Chemieanlagen



Dr. Dirk Treppmann
dirk.treppmann@evonik.com
Phone: +49-2365-49-4121
Fax: +49-2365-49-804121
Infracor GmbH – Evonik Industries, Marl



Dr. Niels Kiupel
niels.kiupel@evonik.com
Phone: +49 2325-68-3570
Fax: +49 2325-68-3696
Evonik Industries, Herne

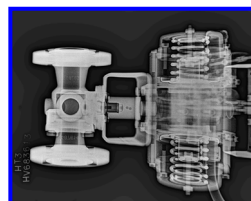
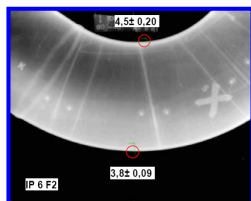


Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 1

Ausgangsfragestellungen



Bisher wurden die Methoden der digitalen Radiographie (DR) in der Chemie primär für die wiederkehrende Rohrleitungsprüfung angewendet.



- Lassen sich die Methoden der digitalen Radiographie auf geometrisch komplexe Sicherheitsarmaturen anwenden?
- Können Prüfungen auch im laufenden Betrieb erfolgen?
- Kann durch die digitale Radiographie (teilweise) auf ein Ausbau der Sicherheitsarmaturen verzichtet werden?
- Ergeben sich auch wirtschaftliche Vorteile?

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 2

Bisherige Prüfung von Sicherheitsarmaturen (am Standort Herne)



Jährliche Prüfung der Schaltfunktion durch die Fachabteilung

- Auf-Zu-Prüfung auf Basis des Steuersignals
(geprüft wird die elektrische oder pneumatische Reaktion)
- Schalten des Ventilkörpers kann z. T. nicht direkt überprüft werden

Einzelne Armaturen werden im demontierten Zustand geprüft

- Demontage alle 5 Jahre
- Visuelle Prüfung der Innenoberfläche
- Bei Auffälligkeiten: Zerlegung der Armaturen
- Überholung der Armatur wird mit Ausbau verbunden

Prüfung der Festigkeitseigenschaften

- Bisher i. d. R. durch Analogieschluss anhand der Ergebnisse aus der Rohrleitungsprüfung (Wasserdruckprüfung oder Schattenaufnahmen)

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 3

Erprobungsschritte für digitale Radiographie



Probeaufnahmen zur Optimierung der Aufnahmeparameter

- Verwendung von Iridium als Isotop
- Erprobung analoger Filme und Speicherfolien
- Optimierung unterschiedlicher Arbeitsabstände

Optimierung des Einstrahlwinkels bei isolierten Armaturen

- Zum Teil sinnvoll: Teilentfernung der Isolierung zur Positionierung

Erprobung einer Bildverbesserungssoftware

Untersuchung von Referenzfehlern im Rahmen einer Diplomarbeit

Praktische Erprobung (gemeinsame Bewertung mit dem Betrieb)

- Prüfung von 30 Armaturen im eingebauten Zustand
(geöffnet u. geschlossen) u. 27 Armaturen im demontierten Zustand

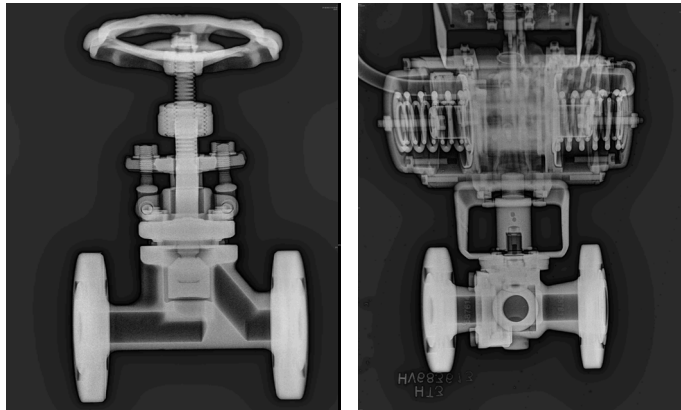
Abstimmung der Vorgehensweise mit den Überwachungsorganisationen

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 4

Verbesserte Auswertesoftware

Anschaffung einer Bildverbesserungssoftware (Flash Filter):

- Bewirkte eine deutlich verbesserte Bildqualität
- Minimierte den Zeitaufwand für die Bildanalyse



Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 5

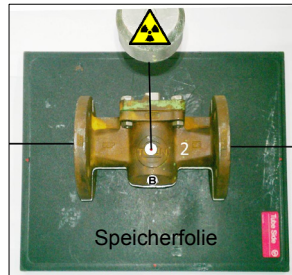
Referenzfehlerprüfungen (Methodik)

- Standardreferenzkörper bei der digitalen Radiographie von Armaturen nicht anwendbar. Daher wurde die Fehlernachweisbarkeit im Rahmen einer Diplomarbeit bewertet [1]
- Geprüft wurden Regelventile, Kugelhähne und Kükenhähne (DN 50 bis DN 100)
- Geprüft wurden prozentuale Wanddickenverschwächungen (20% bis 80%) und „dichtigkeitsrelevante“ Fehler (0,5 mm, 1 mm und 2 mm)
- Stellungen von Absperr- und Regelkörper wurden variiert
- Die Belichtungen konnten unter Kenntnis der Realwanddicken optimiert werden

[1] K. G. Gienau, Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Projektionsradiographie an Armaturen, Diplomarbeit, FH Gelsenkirchen, 2011

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 6

Referenzfehlerprüfungen (Aufbau)

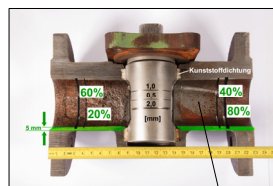


Durchstrahlte minimale Wanddicke im untersuchungsrelevanten Bereich ($s_{\min}$)

Hier: $s_{\min} = 5 \text{ mm}$

Durchstrahlte maximale Gesamtwanddicke im untersuchungsrelevanten Bereich ($s_{\max}$)

Hier: $s_{\max} = 2 \cdot s_{\min} + 2 \cdot \text{Dicke des Abschlusskörpers}$
 $= 2 \cdot 5 \text{ mm} + 2 \cdot 13 \text{ mm}$
 $= 36 \text{ mm}$



Prozentuale Angaben bezogen auf $s_{\min}$

$s_{\min} = 5 \text{ mm}$



Dicke des Abschlusskörpers = 13 mm



Durchstrahlte die zusammengesetzte Gesamtarmatur mit umlaufenden Fehlern

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 7

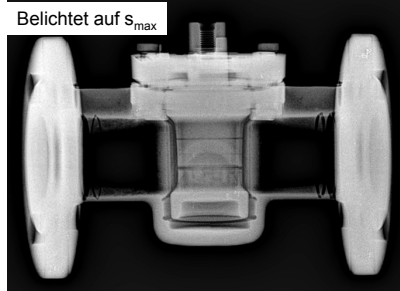
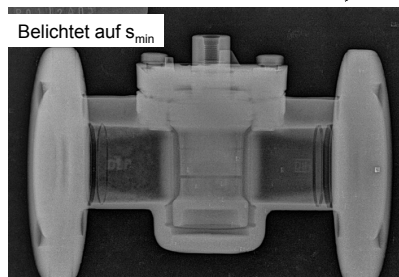
Referenzfehlerprüfungen (Ergebnisse)



Schnittbild. Durchstrahlte wurde die Gesamtarmatur.

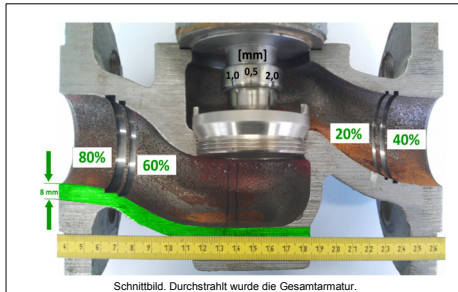
Kegelhahn DN 50 / PN 40
 $s_{\min} = 5 \text{ mm}$, $s_{\max} = 36 \text{ mm}$

- Alle „prozentualen“ Fehlernuten gut nachweisbar
- Fehlernut 0,5 mm auf Absperrkörper bei Überstrahlung der Dünnwandbereiche nachweisbar
- Kunststoffdichtungen nicht sichtbar



Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 8

Referenzfehlerprüfungen (Ergebnisse)

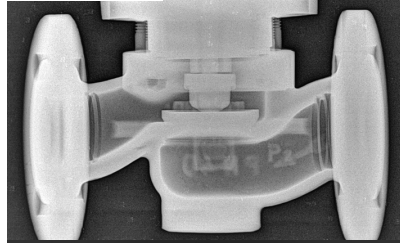


Ventil DN 50 / PN 40

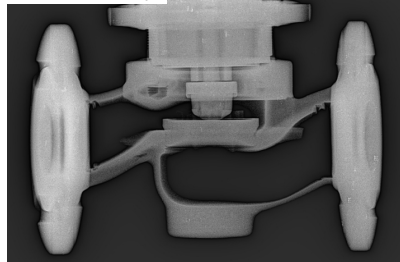
$S_{\min} = 8 \text{ mm}$, $S_{\max} = 53 \text{ mm}$

- Alle „prozentualen“ Fehlernuten gut nachweisbar
- Fehlernut 1 mm auf Absperrkörper bei Überstrahlung der Dünnwandbereiche nachweisbar
- Geschlossenes Ventil erschwert Auswertung

Belichtet auf $s_{\min}$

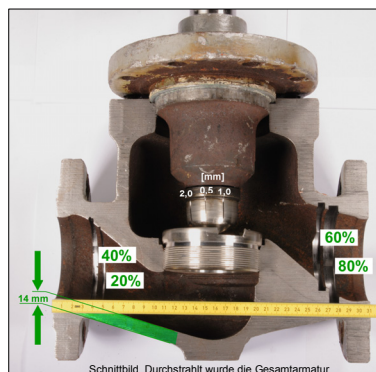


Belichtet auf $s_{\max}$



Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 9

Referenzfehlerprüfungen (Ergebnisse)

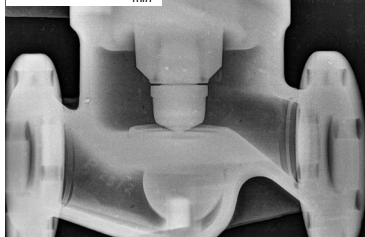


Ventil DN 80 / PN 25

$S_{\min} = 14 \text{ mm}$, $S_{\max} = 84 \text{ mm}$

- Alle „prozentualen“ Fehlernuten nachweisbar
- Fehlernuten auf Absperrkörper sind nicht nachweisbar
- Geschlossenes Ventil erschwert Auswertung

Belichtet auf $s_{\min}$



Belichtet auf $s_{\max}$



Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 10

Referenzfehlerprüfungen (Ergebnisse)



- Kenntnis der relevanten Waddicken erlaubt Optimierung der Abbildungsqualität.
- Erwartungsgemäß ist die geprüfte Gesamtwanddicke besonders relevant für die Fehlernachweisgrenze.
- Fehlernuten mit 20%, 40%, 60% und 80% Waddickenverschwächung sind im geprüften Waddickenbereich i. d. R. problemlos nachweisbar und messbar.
- „Dichtigkeitsrelevante“ Fehler (0,5 mm, 1 mm, 2 mm) sind nur bei kleineren geprüften Gesamtwanddicken (≤ 50 mm) und zusätzlicher Belichtungsoptimierung (Zusatzaufnahmen, filmnahe Position) sicher nachweisbar. In der Praxis können bereits deutlich kleinere Fehler dichtigkeitsrelevant sein. Diese sind praktisch nicht nachweisbar.
- Polymerdichtungen oder Stopfbuchspackungen sind grundsätzlich nicht erkennbar.

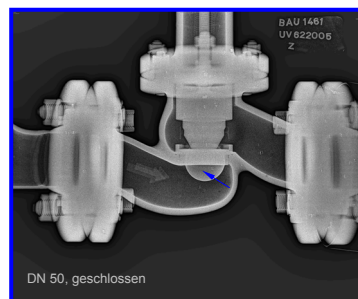
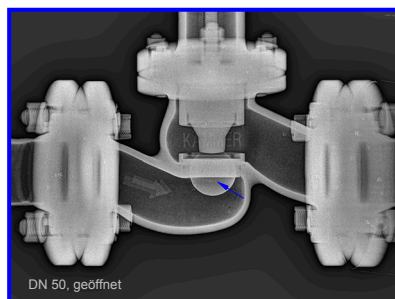
Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 11

Einflussgrößen: Beispiele aus der Praxis



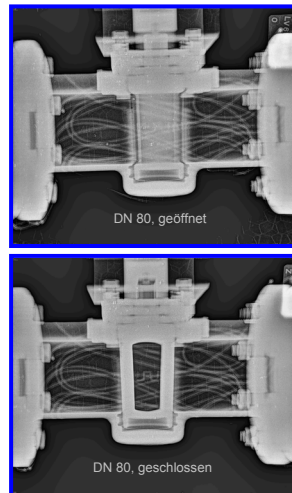
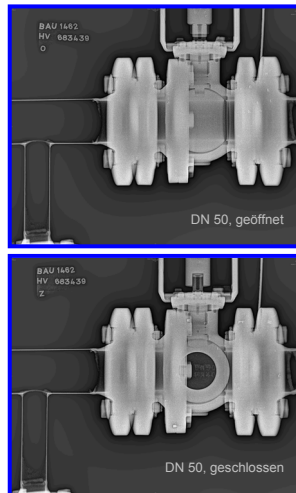
Materialanhäufungen können Nachweisgenauigkeit reduzieren z. B. durch:

- Verstärkungen im Gehäuse für Sitzaufnahme
- Eingeschraubte Ventilsitze
- Dickwandige Ventilkörper
- Dickwandige Reste des Anguss-Systems



Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 12

Einflussgrößen: Beispiele aus der Praxis



Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 13

Einflussgrößen

Reduzierung der Abbildungsqualität möglich bei:

- Medien in der Armatur (Wasser, Gas, Organik schwächen unterschiedlich)
- dickwandigen Armaturengehäusen (Rohrleitungen i. d. R. dünner)
- hohen Nenndrücken und hohen Nennweiten
- filmfernen Fehlerpositionen (Positionen sind in der Praxis unbekannt)

Folge:

- Sitz einer Regel-Armatur nur sehr eingeschränkt auswertbar

Aber:

- Niemand fordert die Beurteilung des Sitzes mittels Radiographie (kein Ersatz für Dichtheitsprüfung angestrebt)
- Eine Armatur mit Auf-Zu-Funktion ist grundsätzlich gut prüfbar

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 14

Bewertungsgrundlagen



Regelwerke für die Bewertung von Ungängen

- existieren für Oberflächenfehler und Gussfehler der Einzelteile
- gelten nicht für zusammengebaute Armaturen
- interessieren bei der wiederkehrenden Prüfung eigentlich nicht

Detailzeichnungen (zum Aufbau und den Soll-Wanddicken)

- liegen in der Regel nicht vor → komplizierte Nutformen sind z. B. schwieriger zu bewerten (gilt aber auch für die bisherige Prüfung)
- würden eine Optimierung der Belichtungsparameter erlauben

Analogieschlüsse

- sind bei mehreren gleichartigen Armaturen möglich

Nullaufnahmen

- erleichtern die Erkennbarkeit von Veränderungen
- sind nur sinnvoll, wenn Aufnahmeanordnung exakt festgehalten wird
- sollten die aufbelichtete Durchflussrichtung erkennen lassen (Hinweis auf strömungsbeeinflusste Schäden möglich)

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 15

Nachweisbarkeit mittels Digitaler Radiographie



Wellenbrüche (durch Position des Stellorgans)	+	Signifikante Wanddickenminderung am Gehäuse	+
Position des Stellorgans	+	Federbrüche (bei gesonderter Positionierung des Strahlers)	+
Riefen auf den Abschlusskörpern (≥ 1 mm)	+/-	Signifikanter Materialverlust im Ventilsitz	+/-
Defekte Dichtungen / Stopfbuchspackungen	-	Defekte Membranen	-
Riefen auf den Spindeln	-	Defekte Spindelführungen	-

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 16

Möglichkeiten und Grenzen



Grundsätzlich gilt:

- DR als Ersatzprüfung nur bei Systemen mit **bekannten** gutmütigen Beanspruchungsmechanismus verwenden (Gefährdungsbeurteilung!!)
- Einsatz nur in enger Abstimmung mit der Überwachungsorganisation
- DR kann und soll keine Dichtheitsprüfung ersetzen
- Funktionsprüfungen durch die Fachabteilung sollen nicht ersetzt werden
- DR ist erwartungsgemäß kein gleichwertiger Ersatz für visuelle Prüfung

Querbeeinflussungen durch Radiographie:

- Messeinrichtungen in der Anlage können negativ beeinflusst werden

Trouble-Shooting:

- DR eröffnet Optionen für ein Trouble-Shooting im laufenden Betrieb

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 17

Möglichkeiten und Grenzen



Kontinuierliche Armaturen (Regelventile):

- Erprobung bis ca. DN 100 in der Praxis
- Auf-Zu-Schaltung ist ohnehin nachweisbar
- Bei guten Aufnahmen kann auch der Stellweg ausgemessen werden (Rechtwinkligkeit der Aufnahme wichtig, ggf. mit Stativen arbeiten)

Auf-Zu-Armaturen

- Erprobung bis ca. DN 150 in der Praxis
- Auf-Zu-Schaltung ist gut nachweisbar

Kosten:

- Vergleich zwischen Armaturen-Ausbau und Digitaler Radiographie ergab pro Prüfzyklus bei zwei Aufnahmen durchschnittliche Kostenvorteile für die DR in Höhe von ca. 600 € pro Armatur

Digitale Radiographie von Sicherheitsarmaturen - Folie 18