Korrosionsüberwachung durch zerstörungsfreie Prüfungen während des laufenden Chemieanlagenbetriebs

Dirk TREPPMANN [1], Nils LÜCKING [1]
[1] Evonik Industries AG, Marl

Kurzfassung

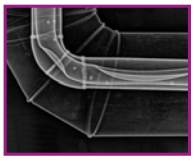
Die Verwendung integraler Prüfkonzepte und die Berücksichtigung der verfahrenstechnischen Rahmenbedingungen erlauben im Idealfall gezielte Schwachstellenprogramme zur Korrosionsüberwachung im Chemieanlagenbetrieb. Von zunehmender Bedeutung ist dabei, dass nicht nur während der Revisionszeiten, sondern auch im laufenden Betrieb (in situ) Prüfergebnisse gesammelt werden können. Hierdurch besteht die Möglichkeit, Vorkenntnisse über Schwachstellen für geplante Stillstände zu sammeln. Zudem können Erkenntnisse aus In-Situ-Prüfungen auch dazu genutzt werden, um in Abstimmung mit den Behörden und der Überwachungsstelle Prüffristen zu verlängern und Anlagenstillstandszeiten zu reduzieren.

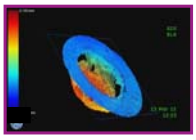
Chemische Prozesse erfordern zur Optimierung der Reaktionsparameter häufig erhöhte Betriebstemperaturen. Daher sind Anwendungstemperaturen von deutlich mehr als 100 °C keine Seltenheit. Kommt es zu Korrosions- oder Erosionsbeanspruchungen, sind lokal begrenzte Wanddickenverschwächungen in der Praxis typisch. Daher ist eine Darstellung der Wanddickenverteilung (Corrosion Mapping) auch für die Bewertung der drucktragenden Wände von besonderer Bedeutung. Die Kenntnis der verschwächten und unverschwächten Flächenanteile kann im Rahmen von Sicherheitsbetrachtungen auch für einen temporären Weiterbetrieb bis zu einem geplanten Apparateaustausch genutzt werden.

Die Prüfung von heißgehenden, wärmeisolierten Rohrleitungen durch Einsatz der digitalen Radiografie im laufenden Anlagenbetrieb stellt den Stand der Technik dar. Die Nutzung ist in der Praxis aber auf mittlere Rohrabmessungen beschränkt. Große Chemieapparate, wie Reaktoren, können hingegen nur schwierig während des laufenden Betriebs bei erhöhten Temperaturen geprüft werden. In Zusammenarbeit mit der TFH Georg Agricola zu Bochum und unter Einbeziehung des Fraunhofer IZFP Saarbrücken wurden Lösungsansätze verfolgt, die eine möglichst flächenhafte Bewertung der drucktragenden Apparatewandung zulassen. Neben Phased-Array-Scannern wurden u. a. auch koppelmittelfreie EMUS-Systeme betrachtet. Ziel der Arbeit war es, die Möglichkeiten und Grenzen der ZfP-Verfahren darzustellen und aufzeigen, ob die Prüfung von Chemieanlagen bei erhöhten Temperaturen im laufenden Betrieb sicherheitstechnisch und wirtschaftlich sinnvoll sein kann.

Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de/

Korrosionsüberwachung durch zerstörungsfreie Prüfungen während des laufenden Chemieanlagenbetriebs





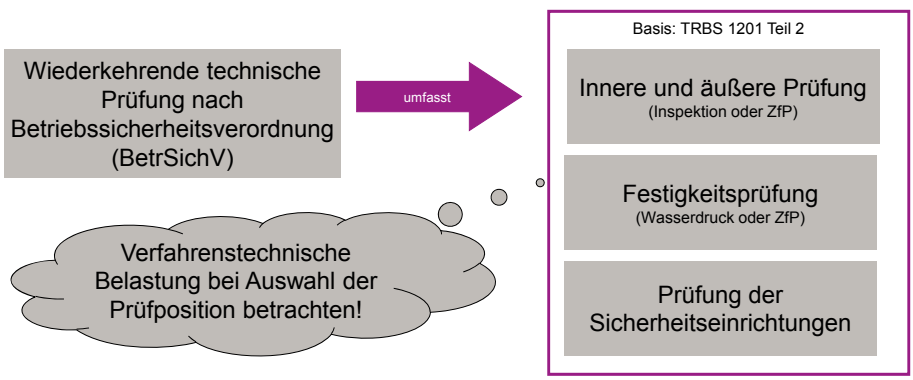
Dr. Dirk Treppmann, Nils Lücking
Evonik Industries AG

dirk.treppmann@evonik.com
Phone: +49-2365-49-4121
Paul-Baumann-Straße 1, 45772 Marl

EVONIK INDUSTRIES

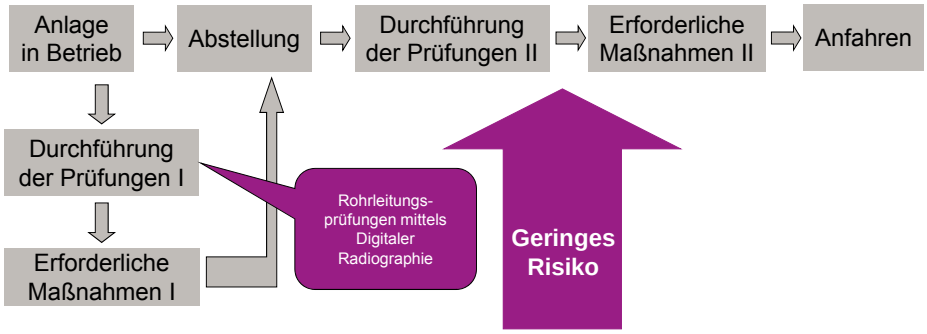
- Gesetzliche Rahmenbedingungen
- Vorgehensweisen und Anforderungen
- Möglichkeiten und Grenzen von In-Situ-Prüfungen an
  - Rohrleitungen
  - Apparaten

Gesetzgeber fordert nicht nur Prüfungen bei der Herstellung



Prüfaufkommen für wiederkehrende Prüfungen ist in der Chemie erheblich höher als das Prüfaufkommen bei der Herstellungsprüfung. Prüftechnik und Ausbildung tragen dem jedoch bisher nur eingeschränkt Rechnung.

Bisher: Nutzung des integralen Prüfkonzepts für die wiederkehrende Prüfung



- Vorkenntnisse zum Anlagenzustand vor der Abstellung
- Prüffristverlängerungen in Abstimmung mit Zugelassener Überwachungsstelle (ZÜS) und Behörde möglich

Juni 2015: BetrSichV erlaubt Prüfung ohne Abstellung auf Basis von Prüfkonzepten

Prüfkonzept
BetrSichV 2015,
Anhang 2, Abschnitt 4, Kapitel 5, Absatz 5.7

berücksichtigt

Betriebsparameter:
T, p, c, v, f, F usw.
Analyse über gesamte Betriebszeit
Infos bei Prozessgrößenveränderungen

Vorhersehbare Schädigungsarten:
Innere und äußere Korrosion
Erosion
Kavitation
Zeitstandsschädigung
Schwingungsschädigung
Versprödung etc.
(Basis: TRBS 2141 Teil 2)

Kenntnisse u. Erfahrungen:
Ergebnisse aus bisherigen Prüfungen
Betriebserfahrungen
Betriebsbegleitende Überwachungen

Bewertung und Bestätigung durch ZÜS erforderlich!

Vorteile:
Produktionsausfälle ↓
Revisionskosten ↓
Geringerer Aufwand für:
Organisation, Gerüstbau, Isolierung, Reinigung, Montage, Freistellung

Auswahl der richtigen Prüfpositionen und Prüfmethoden

Außen:

- Beschädigte oder fehlende Isolierbleche
- Defekte Silikonabdichtungen

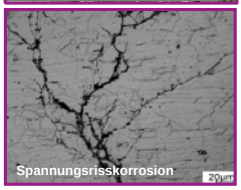
Innen:

- Schweißnahtbereiche, Ablagerungsbereiche
- Sumpfbereiche (Zonen erhöhter Temperaturen)
- Grenzflächen (gas → flüssig, flüssig$_1$ → flüssig$_2$)
- Strömungsbeeinflusste Zonen (Bögen)

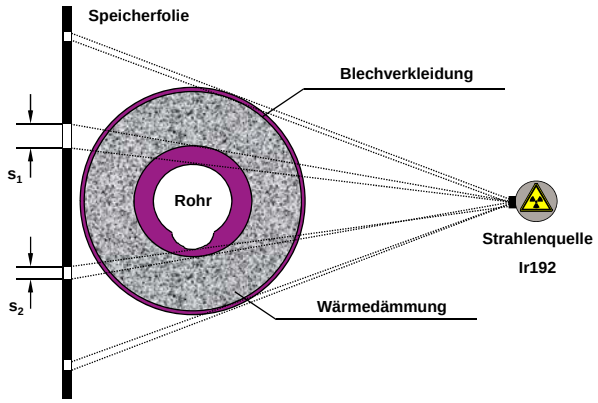
Prüfmethode und Prüfposition sollten die Schädigungsarten berücksichtigen. Flächenkorrosion ist keinesfalls die einzig denkbare Schädigungsform.

Korrosion unter Isolierungen

Loch- und Muldenkorrosion

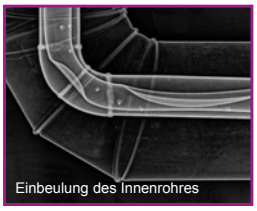

Spannungsrisskorrosion

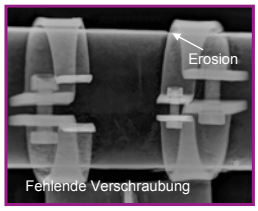
Rohrleitungen: Schattenaufnahmen (Tangentiale Durchstrahlungsprüfung)

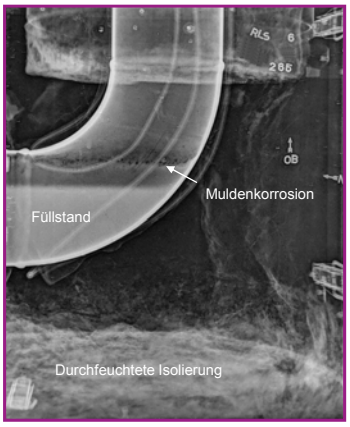


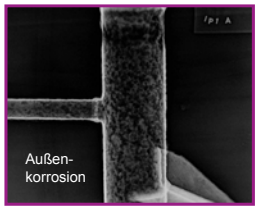
- Prüfung erfolgt in der Regel im laufenden Anlagenbetrieb durch die Isolierung
- Vergleich zu UT: Kein Ex-Schutz u. kein Strom erforderlich, Gefahr durch heiße Oberflächen ↓ , Oberflächenzustand und Anstrichqualität nicht relevant

Digitale Radiographie: Anwendungsbeispiele Rohrleitungsprüfung









- Problem: Bei Ir192 nur Rohrleitungen bis ca. DN 250 prüfbar (EN 16407-1)
- Problem: Querbeeinflussung von radiometrischen Füllstandmesseinrichtungen

Anforderungen an In-Situ-Prüfungen von Apparaten im laufenden Betrieb

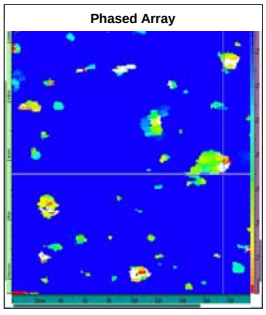
Reale optimale Oberfläche

Reale optimale Oberfläche

Reale nicht optimale Oberfläche

- Portable Prüfung von heißen Oberflächen (ca. 70 °C bis ca. 350 °C)
- Eignung für austenitische, ferritische Stähle und metallische Sonderwerkstoffe
- Wanddickenverteilung und lokale Schädigungen (Auflösung im mm-Bereich)
- Erfassung von Schweißnahtzonen (lokale Erosion und Korrosion)
- Geringes Nahfeld (möglichst genaue Aussage zur Restwanddicke)
- Idealer Weise ohne Koppelmittel (Umweltaspekt, durchfeuchtete Isolierung)
- Prüfaussage unabhängig von der Anstrich- oder Oberflächenqualität

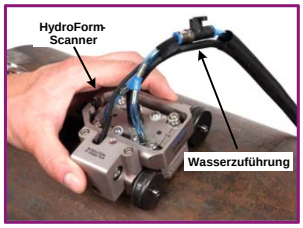
Prüfung von Apparaten mittels Phased Array Corrosion Mapping



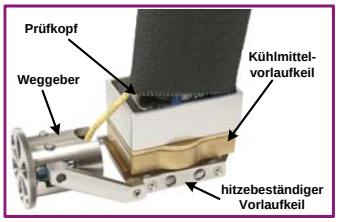
- Einsatz eines Linear-Arrays in Senkrechtdurchschallung
- Kontinuierliche Wanddickenmessung über große Flächenabschnitte
- Ortsgenaue Darstellung der Wanddickenverteilung in Draufsicht (C-Bild)
- Bessere Erfassung von Lokalkorrosion als bei punktueller Wanddickenmessung
- In der dargestellten Form nicht für erhöhte Temperaturen geeignet

In-Situ-Prüfung von Apparaten mittels Phased Array Corrosion Mapping

Quelle: Olympus Corporation



Quelle: Eclipse Scientific

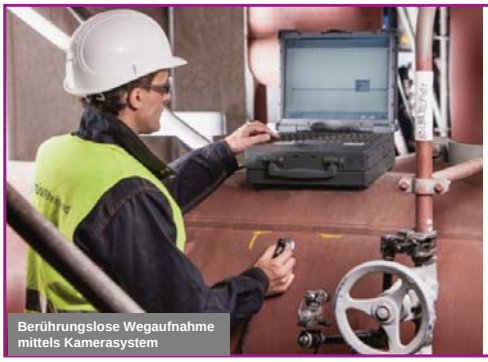


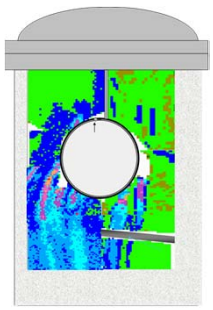
Quelle: Olympus Corporation

- Standardprüfköpfe T ≤ 50 °C
- HydroForm-Scanner (T << 100 °C)
- ESTempMaster Black (T ≤ 350 °C)

In-Situ-Prüfung von Apparaten mittels Phased Array Corrosion Mapping

Quelle: SeeScan ,TÜV Rheinland Sonovation





Berührungslose Aufnahme der Prüfkopfposition kann grundsätzlich auch Prüfungen bei erhöhter Temperatur erleichtern.

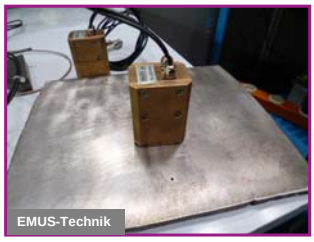
Lösungsansätze:
In-Situ-Prüfung mittels EMUS und PEC

EVONIK INDUSTRIES

EMUS-Technik (Elektromagnetischer Ultraschall)

- Berührungslose Prüfung denkbar
- Kein Koppelmittel erforderlich
- Vergleichsweise große Prüfköpfe (Auflösung ↓)
- Nahfeld erschwert Angabe der Restwanddicke

Quelle: Fraunhofer IZfP Saarbrücken



EMUS-Technik

PEC-Technik (Pulsed Eddy Current)

- Kein Koppelmittel erforderlich
- Dauerhafte Anbringung
- Vergleichendes Verfahren (keine mm-Angabe)
- Auflösung von Lokalkorrosion schwierig

Quelle: TÜV Rheinland Sonovation

PEC-Technik

In-Situ-Prüfung von Apparaten bei Hochtemperatur sehr anspruchsvoll

EVONIK INDUSTRIES

Quelle: TÜV Rheinland Sonovation

Schutzkleidung bei Hochtemperaturprüfung

Quelle: TÜV Rheinland Sonovation

Kalibriervorbereitungen bei Hochtemperaturprüfung

- Temperaturgrenzen von Standardprüfequipment bisher oft viel zu niedrig
- Prüfungsvorbereitung insbesondere bei großen Flächen sehr aufwendig
- Oberflächeneinfluss der Prüfobjekte oft nicht trivial
- Trotz eines großen wirtschaftlichen Potentials ist die In-Situ-Prüfung von Apparaten noch weit von einer Standardprüfung entfernt!

Quellverweise

N. Lücking, Möglichkeiten und Grenzen des "Corrosion Mappings" bei der wiederkehrenden Prüfung von Chemieanlagen während des laufenden Betriebs, Bachelor-Arbeit, TFH Georg Agricola und Evonik Industries (2014)

I. Sander, Prüfung gemäß gesonderter Prüfkonzeption an der laufenden Anlage in: Neue Betriebssicherheitsverordnung und Tools zur Sicherheitskonzeption, Kundenveranstaltung TÜV Nord Infrachem, Marl, 2015

D. Treppmann, Korrosionsüberwachung durch zerstörungsfreie Prüfungen in der Chemischen Industrie, in: Untersucht, geprüft und dann … Lässt sich Korrosion vorhersagen, Frankfurt, DECHEMA-GFKORR, 2013, 32-47

D. Treppmann, Möglichkeiten und Grenzen der digitalen Radiographie bei der wiederkehrenden Prüfung von Chemieanlagen, Technische Sicherheit 3, 28-32 (2013)

EN 16407-1: Zerstörungsfreie Prüfung – Durchstrahlungsprüfung auf Korrosion und Ablagerungen in Rohren mit Röntgen- und Gammastrahlen – Teil 1: Tangentiale Durchstrahlungsprüfung

Sensor Dual Linear Array und HydroFORM/RexoFORM Scanner, Olympus Corporation, 2015

SeeScan® Corrosion Mapping - An Improved Scanning System for Sophisticated Maintenance Strategies, TÜV Rheinland Sonovation B.V., Oosterhout NL, 2015

E. Roger, Advantages of Applying NDT at Elevated Temperature, TÜV Rheinland Sonovation B.V., Oosterhout NL, 2015

A. McLay, J. Verkooijen, The Use of Ultrasonic Inspections at Elevated Temperature, 18th World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa

P. Jäckel, F. Niese, Neue Ansätze in der quantitativen Korrosionsdetektion unter gezielter Ausnutzung des dispersiven Verhaltens geführter Ultraschallwellenmoden, NDT.net e-Journal (2013)