

# Ganzheitliche Betrachtung der Zuverlässigkeit von industriellen ZfP-Systemen – können wir wirklich die Zuverlässigkeit vor Ort voraussagen?

Christina MÜLLER<sup>1</sup>, Daniel KANZLER<sup>1</sup>, Marija BERTOVIĆ<sup>2</sup>, Mato PAVLOVIĆ<sup>1</sup>,  
Ralf HOLSTEIN<sup>2</sup>, Martina ROSENTHAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup> BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

<sup>2</sup> DGZfP Ausbildung und Training GmbH, Berlin

## Kurzfassung

Das modulare Zuverlässigkeitsmodell untersucht zunächst getrennt voneinander: den reinen physikalisch-technischen Prozess der Signaldetektion von einem Materialdefekt bei Anwesenheit eines Rauschniveaus durch das Material und die Geräte. Diese „innewohnende Fähigkeit“ stellt zugleich eine Obergrenze der Möglichen Zuverlässigkeit dar. Misst man die Zuverlässigkeit der „Innewohnenden Fähigkeit“ für dickwandige Industriekomponenten mit POD-Kurven muss man bereits gegenüber der ursprünglichen 1-parametrischen POD eine Vielzahl an physikalischen Parametern wie Korngröße und Dämpfung, Defekttiefe und Winkel oder auch die Oberflächenrauigkeit mit einbeziehen. Es muss sichergestellt werden, dass die Signalresponse der realen Fehler beurteilt wird. Durch verschiedene industrielle Anwendungsfaktoren, wie zum Beispiel Ankoppelbedingungen, Hitze, Umgebungsvibration wird diese vermindert. Diese Verminderung kann quantitativ erfasst werden, wenn die zugrunde liegenden Bedingungen kontrolliert sind. Sind sie nicht kontrolliert, muss von vorn herein mit einer Fluktuation vor Ort gerechnet werden. Eine weitere wichtige Einflussgröße sind die „Human Factors“, die nicht nur die menschliche Leistungsfähigkeit des individuellen Prüfers beinhalten, sondern auch wie der Arbeitsplatz gestaltet ist, wie die Führungs- und Teamarbeit läuft und wie weiterhin die organisatorische Einbettung in der Firma und zwischen verschiedenen Firmen die in der Prüfkette involviert sind, beschaffen ist und ob dies im Gewährsein der betroffenen ist. Bei den letzteren Aspekten ist interessant inwieweit die existierenden Regeln und Standards einen zuverlässigen Prüfablauf unterstützen und wo eine Lücke ist, wenn wir den Idealzustand mit der Wirklichkeit vergleichen.

# Ganzheitliche Betrachtung der Zuverlässigkeit von industriellen ZfP-Systemen

## Können wir wirklich die Zuverlässigkeit vor Ort voraussagen?

### – von der Labor-POD zu den aktuellen Bedingungen vor Ort –

C. Müller, D. Kanzler, M. Rosenthal BAM, Berlin  
 M. Pavlovic, M. Bertovic, R. Holstein DGZfP Ausbildung und Training, Berlin

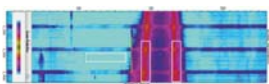
#### Organisationaler Kontext

- Sind die gültigen Normen und Regelwerke aktuell relevant für die tatsächlich ablaufenden Prozesse?
  - Gewährleisten die Regelungen zwischen Auftraggebern und Dienstleistern eine zuverlässige Prüfung?
  - Wie ist der Arbeitsplatz gestaltet?
- Einfluss nationaler und internationaler Kultur vs. Regelung. (Holstein [1])

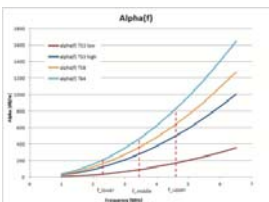
#### Anwendungsparameter

- z. B.:
- Zugänglichkeit
  - Ankopplung
  - Umwelteinflüsse
  - Zeit und Hitze

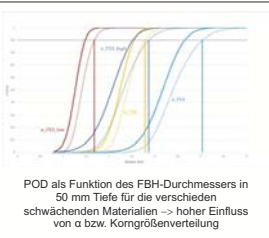
Kann man sie kontrollieren - oder muss man unbestimmte Fluktuationen einplanen?



PAUT-Scan des Rückwanddechos (Posiva) eines Kupferkanister-abschnittes (SKB). Rote Bereiche zeigen hohe Schwächung und blaue niedrige.



Frequenzabhängiger UT-Schwächungskoeffizient  $\alpha$  für verschiedene Kupfermaterialien, die sich in ihrer Korngrößenverteilung unterscheiden.



POD als Funktion des FBH-Durchmessers in 50 mm Tiefe für die verschiedenen schwächenden Materialien -> hoher Einfluss von  $\alpha$  bzw. Korngrößenverteilung

(Müller [4])



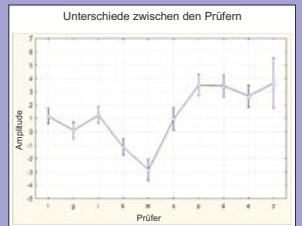
#### Innwohnende Physik der angewandten Prüftechnik

Multiple-Parameter-POD ist nötig um die Prüfung komplexer Bauteile z. B. Cu-Fässer für radioaktiven Abfall mit PAUT-Technik zu bewerten. Die POD hängt vom Defektdurchmesser (links), der Tiefe im Bauteil (Mitte) und dem Winkel (rechts) ab.

**Beispiel:**  
 Inhomogener, frequenzabhängiger UT-Schwächungskoeffizient in Cu-Kanistern für radioaktiven Abfall.

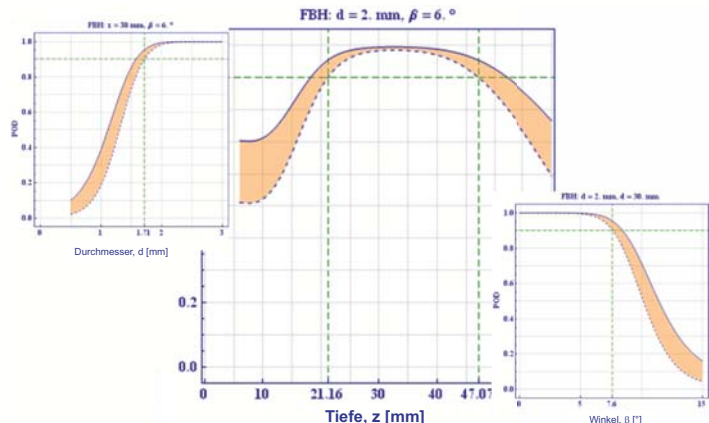
#### Human Factors

- individuelle Fähigkeit
- Vorteile und Gefahren von Team-Work und Automatisierung
- Rolle der Einweisung, Anleitung und Überwachung
- Rolle der Prüfanweisung



(Bertovic [2])

#### Multiparameter-Einflüsse auf die POD



**Beispiel:**  
 Flachbodenbohrungen in Cu  
 Auch die Inhomogenität der Schallschwächung spielt eine Rolle. (Pavlovic [3])

#### Quellen:

- [1] Situation der zerstörungsfreien Prüfung vor Ort - Gültigkeit bestehender Modelle der Zuverlässigkeit in der industriellen Praxis; R. Holstein, DGZfP Ausbildung und Training, Berlin; M. Bertovic, D. Kanzler, C. Müller, BAM, Berlin
- [2] Bertovic, M., Gaal, M., Müller, C. & Fahrbruch, B. (2011). Investigating Human Factors in Manual Ultrasonic Testing: Testing the Human Factor Model. *Insight*, 53(12), 674-676.
- [3] Mato Pavlovic et. al., Th.3.A.2, Multi-Parameter Influence on the Response of the Flaw to the Phased Array Ultrasonic NDT System. The Volume POD; CD of Conference Proceedings of the 4th European-American Workshop on Reliability of NDE, June 24-26, 2009, DGZfP
- [4] C. Müller et. al., Attenuation dependent detectability at Ultrasonic inspection of copper; SKB technical report, version 2, 2015
- [5] D. Kanzler; Bewertung zerstörungsfreier Prüfsysteme auf der Basis realer Materialfehler durch Einsatz der Bayes'schen Statistik; D. Kanzler, U. Ewert, C. Müller, BAM, Berlin; J. Pirkäinen, Posiva, Eurajoki, Finnland; Poster 39 auf der DGZfP Jahrestagung 2013



**Hinweis:**  
 6th EAW (European American Workshop on Reliability of NDE)  
 in Minneapolis, USA, July 26-31, 2015  
[www.nde-reliability.com](http://www.nde-reliability.com)

