

Die Rolle der ZfP-Zuverlässigkeitsanalyse für sicheres Produktdesign Multiparameter-POD

U. EWERT*, C. MÜLLER*, M. PAVLOVIC*, M. ROSENTHAL*, U. RONNETEG**

* BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin

** SKB Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Co., Box 925, 57229 Oskarshamn, Schweden

Kurzfassung

Beim Schadens-Toleranz-Konzept wird angenommen, dass in der betrachteten Struktureinheit ein Defekt existiert und dass er mit zunehmender Lebensdauer wächst. Die Struktureinheit wird so konstruiert, dass bis zur sicheren Entdeckung des Defektes und nachfolgender Reparaturmaßnahmen eine ausreichende Reststärke vorgehalten wird. Hierfür muss ein adäquates Prüfsystem verfügbar sein, das den Defekt entdeckt bevor die Funktionalität der Struktureinheit beeinträchtigt wird. Die Eignung des ZfP-Systems, die Defekte rechtzeitig zu finden wird mit der ZfP-Zuverlässigkeitsanalyse ermittelt.

Der Grad der Beeinträchtigung der Struktureinheit durch den Defekt ist im Allgemeinen proportional der Defektgröße. Aus diesem Grund wird die POD-Kurve auch gewöhnlich als Funktion der Defektgröße abgeleitet und dargestellt. Die Eignung des ZfP-Systems wird dann durch Vergleich der Defektgröße, die noch zuverlässig entdeckt werden kann mit der Defektgröße, die zur Gewährleistung der Integrität des Bauteils entdeckt werden muss, bestimmt.

Die Gefährlichkeit eines Defektes ist aber nicht immer nur proportional zur Defektgröße. Zum Beispiel kann die Gefährlichkeit von Defekten gleicher Größe von der Position - wie Oberflächennähe - innerhalb des Bauteils abhängen. Weiterhin ist die Defektgröße auch nicht immer die für die Detektion bedeutsamste Einflussgröße. Zum Beispiel kann im Falle der Ultraschallprüfung von planaren rißartigen Defekten die Orientierung einen größeren Einfluss auf die POD haben als die Größe.

Um zu garantieren, dass das ZfP-System für die vorliegende Prüfaufgabe geeignet ist, muss seine Fähigkeit Defekte aufzufinden als Funktion der Parameter ausgedrückt werden, die für die Integrität des Bauteils ausschlaggebend sind. Wird dies versäumt läuft man Gefahr, dass wirklich gefährliche Defekte übersehen werden, trotzdem das ZfP-System als adäquat angesehen wurde oder, dass das gesunde Bauteil als defektes verschrottet wird. Im Rahmen der Multi-Parameter-POD-Analyse wird die POD als Funktion dieser relevanten Parameter ausgedrückt. Das vorgestellte prinzipielle Vorgehen wird an Hand des Beispiels der SEL (Sende-Empfangs-Longitudinal) UT-Prüfung eines Eisenkochers zur Endlagerung radioaktiver Abfälle mit semi-elliptischen Defekten demonstriert.

Die Rolle der ZfP-Zuverlässigkeitsanalyse für sicheres Produktdesign Multiparameter-POD

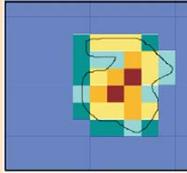
U. Ewert, C. Müller, M. Pavlovic, M. Rosenthal BAM, Berlin; U. Ronneteg, SKB, Oskarshamn, Schweden

- Schadens-Toleranz-Konzept: in der betrachteten Struktureinheit existiert ein Defekt existiert und wächst mit zunehmender Lebensdauer. Struktureinheit wird so konstruiert, dass bis zur sicheren Entdeckung des Defektes und nachfolgender Reparaturmaßnahmen eine ausreichende Reststärke vorgehalten wird. Nötig: adäquates Prüfsystem, das den Defekt entdeckt bevor die Funktionalität der Struktureinheit beeinträchtigt wird. Die Eignung des ZfP-Systems, die Defekte rechtzeitig zu finden wird mit der ZfP-Zuverlässigkeitsanalyse ermittelt.
- Der Grad der Beeinträchtigung der Struktureinheit durch den Defekt ist i.A. proportional der Defektgröße. Deshalb wird POD-Kurve auch gewöhnlich als Funktion der Defektgröße abgeleitet und dargestellt. Die Eignung des ZfP-Systems wird dann durch Vergleich der Defektgröße, die noch zuverlässig entdeckt werden kann mit der Defektgröße, die zur Gewährleistung der Integrität des Bauteils entdeckt werden muss, bestimmt.
- Die Gefährlichkeit eines Defektes ist aber nicht immer nur proportional zur Defektgröße. Zum Beispiel kann die Gefährlichkeit von Defekten gleicher Größe von der Position – wie Oberflächennähe - innerhalb des Bauteils abhängen. Weiterhin ist die Defektgröße auch nicht immer die für die Detektion bedeutsamste Einflussgröße. Zum Beispiel kann im Falle der Ultraschallprüfung von planaren rissartigen Defekten die Orientierung einen größeren Einfluss auf die POD haben als die Größe.
- POD muss als Funktion der Parameter ausgedrückt werden, die für die Integrität des Bauteils ausschlaggebend sind. Sonst Gefahr dass wirklich gefährliche Defekte übersehen werden, trotzdem das ZfP-System als adäquat angesehen wurde oder, dass das gesunde Bauteil als defektes verschrottet wird.
- Im Rahmen der Multi-Parameter-POD-Analyse wird die POD als Funktion dieser relevanten Parameter ausgedrückt. Das vorgestellte prinzipielle Vorgehen wird an Hand des Beispiels der SEL (Sende-Empfangs-Longitudinal) UT-Prüfung eines Eisenkochers zur Endlagerung radioaktiver Abfälle mit semi-elliptischen Defekten demonstriert.

Zuverlässigkeit der ZfP

Erweiterung der Basis-POD aus den Luftfahrt - Ansätze im Bereich:

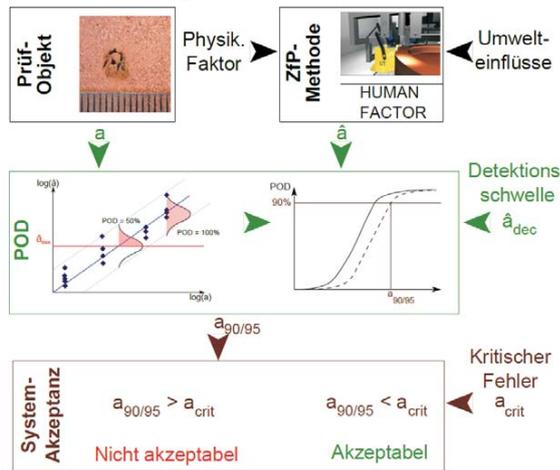
- Multiparameter POD
- Transferfunktion POD
- Datenfeld- POD mit Hilfe des C-Scans
- Volumen-POD



Ganzheitliche Betrachtung mit dem Modularen Model

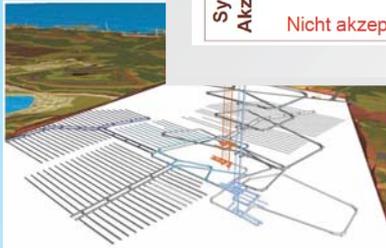


Probability of Detection (POD)



Einsatz und Anwendung in der Industrie

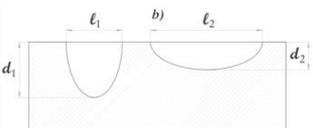
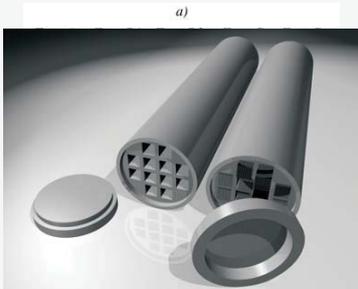
POD - Einsatz im Bereich ZfP bei der Endlagerung von hoch-radioaktivem Abfall



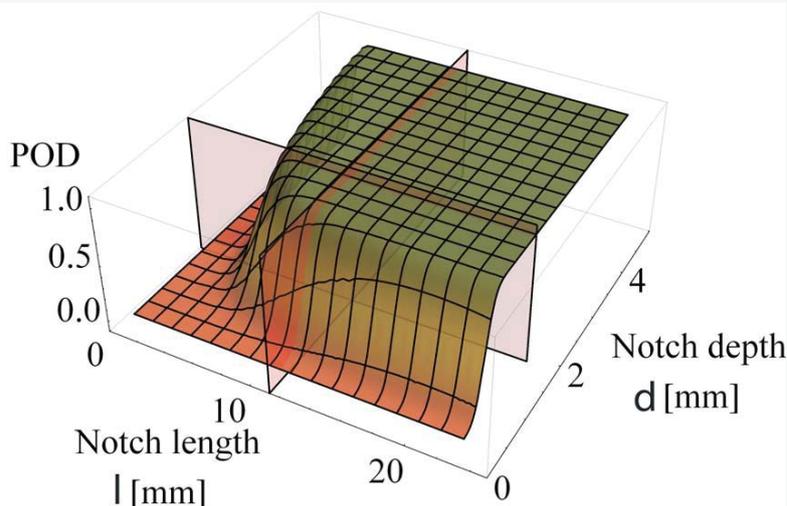
„Human-Factors“-Analyse



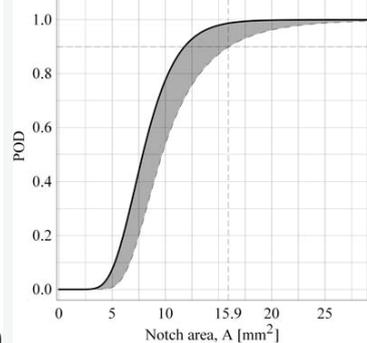
Untersuchung des Einflusses des Menschen auf die Ergebnisse



- a) Kupferkanister zur Endlagerung mit Eisenkocher
- b) Testfehler im Eisenkocher mit verschiedenen Seitenverhältnissen



Multiparameter POD als Funktion der Fehlerbreite l und Fehlertiefe d



Herkömmliche 1D POD