

Analytische Modellierung für die Radiologie mit

aRTist – analytical RT inspection simulation tool

Gerd-Rüdiger JAENISCH und Carsten BELLON, BAM Berlin

Im Rahmen des europäischen Projektes „FilmFree“ [1] zur Entwicklung digitaler radiographischer Techniken wird die Simulationssoftware „aRTist“ entwickelt und deren Anwendbarkeit innerhalb des Projektkonsortiums getestet. Zielstellung ist die Bereitstellung einer Simulationssoftware, die den praktischen Erfordernissen der Industrie entspricht. Es können Aufgabenstellungen in Schweißnaht- und Gussteilprüfung sowie Korrosionsüberwachung behandelt werden. Einsatzgebiete für die entwickelte Simulationssoftware sind beispielsweise Prüfplanung und Ausbildung von ZfP-Personal.

Der Durchstrahlungsprozess wird mittels analytischer Modellansätze [2] zur Beschreibung der Strahlenquelle, der Schwächung von Strahlung beim Durchgang durch Prüfobjekte und der Strahlungsdetektion mittels Röntgenfilm oder digitaler Detektorsysteme (Speicherfolie, Flachdetektor) im Programm abgebildet.

Der Durchstrahlungsaufbau einer realen Prüfsituation wird im Rahmen der Computersimulation in einem virtuellen Raum nachgestellt. Die geometrisch wirksamen Komponenten einer Durchstrahlungseinrichtung sind der optische Brennfleck der Strahlenquelle sowie die Bildfläche des Detektorsystems. Diese werden jeweils durch eine ebene Pixelfläche beschrieben. Als weiteres geometrisches Element können ein oder mehrere Prüfobjektrepräsentationen frei im Raum positioniert werden (siehe Abbildung).

Die Prüfobjekte werden durch dreidimensional geschlossene Oberflächen repräsentiert, die homogene Materialbereiche abgrenzen. Die Oberflächenbeschreibung erfolgt mittels ebener Polygone, die eine einfache mathematische Behandlung der einzelnen Facetten ermöglichen. Gekrümmte Oberflächen werden durch eine der geforderten Genauigkeit entsprechende Anzahl ebener Facetten approximiert. Für die facettierten Modellgeometrien wird mit dem STL-Format ein Standard-Austauschformat aus dem CAD-Bereich genutzt. Neben CAD-Konstruktionen sind unter anderem Computertomografien und optische Oberflächenscans Quellen für die Bereitstellung entsprechender Bauteilrepräsentationen. Modelloberflächen für einige Grundkörper (dreiaxige Ellipsoide, Quader, Zylinder) können direkt im Programm parametrisch erstellt werden.

Die Ermittlung der zur Berechnung der Strahlungsschwächung erforderlichen Längen homogener Materialabschnitte zwischen den Quell- und Detektorpunkten erfolgt unter Ausnutzung der geradlinigen Ausbreitung der Primärstrahlung durch einen Facetten-Projektionsalgorithmus [3], der die effiziente Behandlung realistischer Prüfszenen gewährleistet.

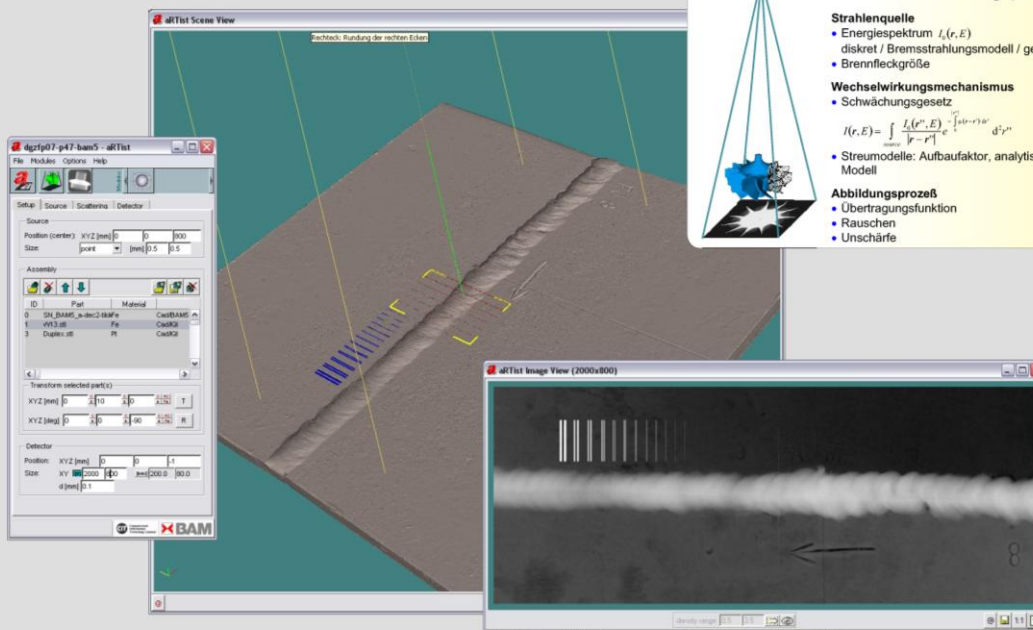
Referenzen

- [1] <http://www.filmfree.eu.com>
- [2] Gerd-Rüdiger Tillack, Christina Nockemann und Carsten Bellon. X-ray modelling for industrial applications. NDT & E International, 33:481-488, 2000
- [3] Bellon, C: Computersimulation radiographischer Prüfverfahren, Logos, Berlin, 2001

Analytische Modellierung für die Radiologie

aRTist - analytical RT inspection simulation tool

G.-R. Jaenisch, C. Bellon
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin



Modell der Durchstrahlungsprüfung

Strahlenquelle

- Energiespektrum $I_s(r, E)$
- diskret / Bremsstrahlungsmodell / gemessen
- Brennfleckgröße

Wechselwirkungsmechanismus

- Schwächungsgesetz

$$I(r, E) = \int_{\text{source}} \frac{I_s(r', E)}{|r-r'|^2} e^{-\int_{r' \rightarrow r} \mu(E) dr''} d^3r'$$

- Streuemodelle: Aufbaufaktor, analytisches Modell

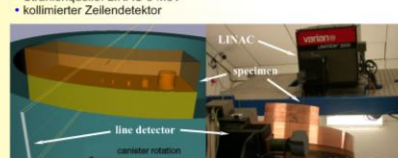
Abbildungsprozess

- Übertragungsfunktion
- Rauschen
- Unschärfe

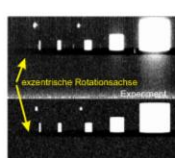
Modellverifikation

Untersuchung eines anwendungsspezifischen Testkörpers

- Wanddicke: 50 mm Kupfer
- Flachbodenbohrungen: Durchmesser/Tiefe: 2 ... 32 mm
- Strahlenquelle: LINAC 8 MeV
- kollimierter Zieldetektor

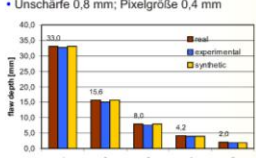



Experimentelles und simuliertes Durchstrahlungsbild



Vergleich von Fehlertiefen, die aus den Grauwerten der experimentellen bzw. simulierten Durchstrahlungsbilder ermittelt wurden

- Unschärfe 0,8 mm; Pixelgröße 0,4 mm

Eine Kontrastminderung durch die Abbildungsunschärfe führt zur Unterschätzung der Fehlertiefen.


Durchstrahlungssimulation in der Ausbildung

- Grundlagen der Radiographie**
 - physikalisch korrekte Simulation der Radiographie
 - bildhafte Darstellung zugrundeliegender komplexer physikalischer Prozesse
 - Separation von Einflußgrößen möglich
 - Einfluß der Parameter sofort sichtbar
 - Optimierung der Durchstrahlungsparameter vor der praktischen Filmbelichtung
- Nutzen bei der Ergänzung praktischer Übungen durch Simulation**
 - anschauliche Stoffvermittlung
 - schnelleres Erreichen von Lernzielen
 - Einsparung von Materialkosten (Film, Chemie)
 - reduzierte Bindung von Prüftechnik

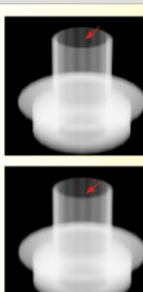
Die Einführung der Simulation in Aus- und Fortbildung kann die praktische Ausbildung ergänzen aber nicht ersetzen!

Untersuchung einzelner Einflußgrößen

Geometrische Unschärfe: Änderung der Unschärfe im Durchstrahlungsbild bei verschiedenen Film-Fokus-Abständen



Bildgüteprüfkörper DIN FE-10



Gußteil mit Porosität

Information/Contact:

Dr. Gerd-Rüdiger Jaenisch
Phone: +49 (0)30 9104 3659
Fax: +49 (0)30 9104 1837
E-mail: Gerd-Ruediger.Jaenisch@bam.de




Abbildung. Posterpräsentation