

DGZfP Jahrestagung 2010, Erfurt

**Erfahrungen bei der
Radiographieausbildung mittels
virtueller Durchstrahlungstechnik**

U. Zscherpel, C. Bellon, U. Ewert, G.-R. Jaenisch, O. Alekseychuk
BAM Berlin
A. Pittlik DAT GmbH, Berlin

1



Ausbildung mit virtueller Durchstrahlungstechnik



Inhalt

Virtuelle RT mit Simulation auf dem Laptop zur Ausbildung

- Motivation für Ausbildung in digitaler Radiographie
- Überblick über das Programm aRTist
- Bisher durchgeführte Kurse
- Gegenwärtiger Status und Erfahrungen
- Demonstration

2



Ausbildung mit virtueller Durchstrahlungstechnik



Motivation für neuen Trainingskurs D-RT

Signifikante Unterschiede zwischen D-RT und F-RT:

- Kenntnisse in digitaler Bildverarbeitung sind für D-RT erforderlich
- Rauschquellen müssen bei der D-RT verstanden werden
- Kontrast-Rausch- (CNR) und Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) bestimmen die Bildqualität anstatt der optischen Dichte (oder Grauwerten) und dem Detailkontrast. *Das ist ein gravierender Unterschied zur F-RT.*
- Die optimalen Röhrenspannungen bzw. Gammastrahlerauswahl unterscheiden sich erheblich.
- Die meisten digitalen Detektoren bilden unschärfer ab als Filme. Das kann und muss durch höheres CNR kompensiert werden.
- D-RT gestattet eine genauere Vermessung von Bilddetails und Anzeigen als F-RT. *Das muss trainiert werden.*
- Viele D-RT-Techniken erfordern die Vergrößerungstechnik, die bei der Filmtechnik (F-RT) eine untergeordnete Rolle spielt.

3

Module für die RT-Modellierung

a aRTist



4

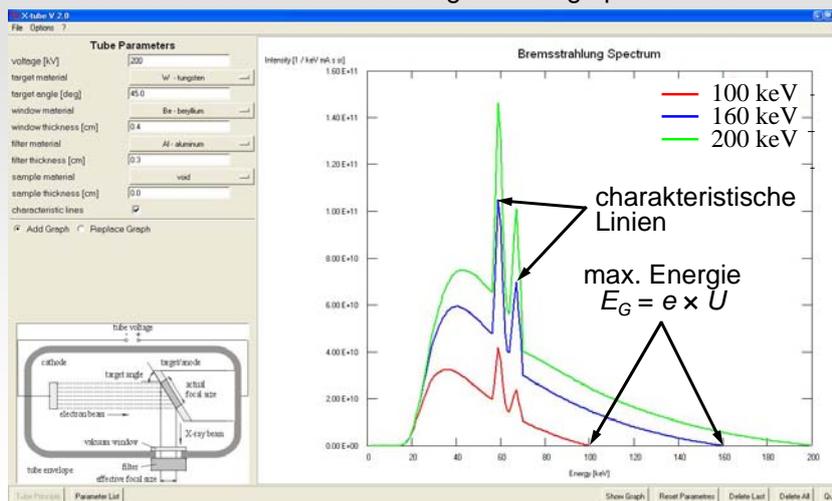
Module für die RT-Modellierung

- ▶ **Strahlenquelle**
 - **Röntgenröhre**
 - Bremsstrahlungsspektrum + Charakteristische Linien
 - Brennfleckgröße und Intensitätsverteilung
 - **γ-Quelle**
 - diskretes Linienspektrum
 - Quellengröße mit homogener Verteilung
 - ▶ **Wechselwirkung von Strahlung und Materie**
 - **Schwächungsgesetz**
 - Primärstrahlung
 - **Streustrahlmodelle:**
 - Streustrahlung durch Aufbaufaktor (oder analytische Funktion)
 - ▶ **Detektor (Film oder digital)**
 - Optische Filmdichte als Grauwert ($10\,000 \cdot D$)
 - Dosiskennlinie / Rauschen / innere Unschärfe / Streuunschärfe
- Ergebnis: realistisches radiographisches Bild

5

Module für die RT-Modellierung

- ▶ **Strahlenquelle: Röntgenröhre**
 - Modell basiert auf Bremsstrahlungs-Wirkungsquerschnitten



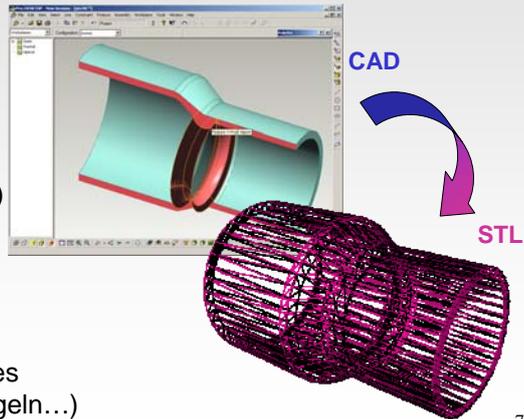
6

Geometrische Objektbeschreibung

- ▶ **Modellierung der Grenzflächen**
 - Schnittstelle zu CAD-Systemen
 - Trennung von homogenen Objektbereichen

▶ **Geometrie-Modell**

- Oberflächenbeschreibung mit ebenen Polygonen
- Einfache mathematische Behandlung von einzelnen Facetten (Strahlverfolgung)
- Näherung für gekrümmte Flächen
- STL als Standard-Austauschformat
- Quellen: CAD / CT / internes aRTist-Modul (Quader, Kugeln...)

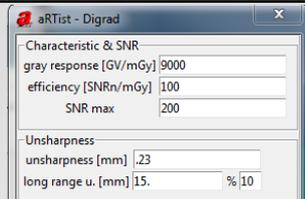


Module für die RT-Modellierung

▶ **Detektor-Modell**

- ▶ **Übertragungsfunktion** ⇒ Detektorkennlinie und Effizienz inklusive Folien (z.B. linear oder LUT für CR)
- ▶ **Unschärfeverhalten** ⇒ innere Unschärfe, Streu-Unschärfe (long range u.)
- ▶ **Rauschen** ⇒ Systemrauschen σ^2 :
 - (a) Offset: konstant
 - (b) Quantenrauschen: linear
 - (c) Strukturrauschen: quadrat. (max. SNR)

$$\sigma_{tot}^2 = \sigma_{offset}^2 + \sigma_{quantum\ noise}^2 + \sigma_{structural\ noise}^2$$



Bildqualitätsparameter

BPK-Empfindlichkeit (Drahtsteg, Stufe-Loch)

für gegebene BPK-Maße

$$\frac{CNR}{\Delta w} = SNR_{I_{Total}} \cdot \mu_{eff}$$

Material, keV
Streustrahlung
Folien und Filter

Belichtungszeit
Röhrenstrom
Detektor-Effizienz

9

Virtuelles Training mit aRTist

EN 462-5

Bildauswertung mit ISee!

10

Modellierung einer gescannten Schweißnaht

- ▶ **Oberflächenscan mit Streifenprojektion :**

Wurzel

3D CAD Modell in STL

Decklage

ATOS 3D

RT Simulation

Zerstörungsfreie Prüfung und Charakterisierung, metrologische Verfahren

Ausbildung mit virtueller Durchstrahlungstechnik

BAM

Realistische Simulation einer Schweißnaht

- ▶ **Einfluss der Belichtungszeit auf BPK-Erkennbarkeit**

Hochpassgefiltert

Belichtung 1

5-fache Belichtungszeit

Belichtung 2

10 mm Fe
150 kV
CR (130µm)

Zerstörungsfreie Prüfung und Charakterisierung, metrologische Verfahren

Ausbildung mit virtueller Durchstrahlungstechnik

BAM

Workshops mit virtueller Durchstrahlungstechnik

Entwicklung von Tools und Planung zur Verwendung in der Ausbildung (Workshop im EU-Projekt „FilmFree“ 2006) sowie erste Anwendungen der Simulation für Ausbildungszwecke (BAM Workshop DIR 2008)

Jeweils ca. 20 Teilnehmer aus der EU

FilmFree 2006



BAM Workshop DIR 2008

Berlin, November 17-20, 2008

Theory and Demonstration on Digital Industrial Radiology and Computer Simulation

The workshop and tutorial

- is designed for individuals who are engaged in conventional industrial radiographic techniques and modern technologies on computer based X-ray inspection, simulation, digital radiography, image processing and film replacement,
- comprises four modules that deal with Digital Industrial Radiology: Digital Image Processing, Computed Radiography and Detector Arrays, Quantitative Radiography as well as the creation of synthetic radiographs of Computer Aided Design parts with the "aRTist" software simulator;
- introduces new digital RT standards;
- will be conducted interactively on personal notebooks to obtain hands on experience and for practice purposes;
- will be held in English at the BAM Division VIII.3 "Radiological Methods".

Additional information

- Participant should have higher education degree, engineer or Level 2 or 3 qualification in radiographic testing.
- An individual notebook equipped with Microsoft Windows XP

Bisher durchgeführt:

- Workshop FilmFree 2006
- Workshop BAM DIR 2008
- Workshop Singapur 2009
- IAEA-Kurs Malaysia 2008
- Ausbildung DR-2 Indien 2009
- IAEA-Kurs Malaysia 2009
- Ausbildung RT-3 Kurs DGZfP 2010

Organising Committee: J. Beckmann and U. Ewert (BAM, Berlin, GE)

13



Ausbildung mit virtueller Durchstrahlungstechnik



DR-2 Kurs mit Prüfung Indien 2009

Training and Certification Course on Digital Industrial Radiography Level-II

24th to 31st August, 2009

Venue
ICSR Building,
Indian Institute of Technology (M) Chennai

Organized by
NATIONAL CERTIFICATION BOARD
INDIAN SOCIETY FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING

Supported by
Centre for RDE, IITM, Chennai
Yelon, GmbH and Blue Star, India
GE Inspection Technologies
Saitohkawa University

In collaboration with
GERMAN SOCIETY FOR NON-DESTRUCTIVE TESTING



Schweißnaht: praktisch mit CR, Gussteil: virtuell mit aRTist

14



Ausbildung mit virtueller Durchstrahlungstechnik



Ergebnisse des ersten DR-2 Kurs in Indien 2009

- 25 Teilnehmer am Kurs
- 16 Prüfungskandidaten, alle mit Stufe II oder III in RT:
 - Allgemeine Kenntnisse (Ankreuztest, 40 Fragen, 1h)
 - Spezielle Kenntnisse (Ankreuztest, 30 Fragen, 1h)
 - Praktische Prüfung (zert. Prüfungsstück mit CR, 20')
 - Bildverarbeitung mit ISee! (20')
 - Bildbewertung mit ISee! (20')
- 15 Kandidaten haben Prüfung erfolgreich bestanden
- Zertifikate ausgestellt, wenn Erfahrungszeit nachgewiesen
- Ausbildungszeit: 44 h
- Prüfungszeit insgesamt 6 h

15

IAEA-Kurse DIR Malaysia 2008 und 2009



- 20 Teilnehmer
- 5 Tage: 16 Vorträge und Übungen
- Demonstrationen zu Filmdigitalisierung, CR und digit. Matrixdetektoren
- Bildverarbeitung und -analyse mit ISee!
- Am letzten Tag aRTist-Simulation von Gussteildurchstrahlung und CT-Demonstration



16

Erstes Training im RT-3 Kurs März 2010, DGZfP Berlin

- Ziele für die Verwendung von aRTist im RT-3 Kurs :
Training der Zusammenhänge Bildqualität (CNR) und Belichtungszeit, Drahterkennbarkeit und Unschärfe, Effekt der SNR-Sättigung
- Bildqualität und Prüfdurchführung unterscheiden sich signifikant bei der digitalen RT (D-RT) in Vergleich zur Film-RT (F-RT)
- Gleichzeitiges Üben der Teilnehmer ohne Einschränkungen durch Strahlenschutz
- Keine Wartezeiten wegen Verfügbarkeit von Prüfräumen
- DGZfP: 6 Laptops mit aRTist und ISee! Lizenzen für Kurse
- Überarbeitung der Unterlagen RT-3 Kurs im neuen UA Ausbildung des FAD, kein separater DR-3, RT-3 Zertifikatsinhaber soll auch Kenntnisse in digitaler RT besitzen
- Keine neuen Zertifikate für RT, aber modernisierte Inhalte
- DGZfP bisher einziger Anbieter von Ausbildung zur digitalen RT (z.B. im RT-3!)

17

Demonstration aRTist

BAM-Lizenzen verfügbar!

- aRTist
- ISee! <http://www.kb.bam.de/ic>

Lizenzmodell pro Computer

18