

Durchstrahlungssimulation mit aRTist – Kombination von analytischen und Monte-Carlo-Methoden

Carsten BELLON¹, Andreas DERESCH¹, Gerd-Rüdiger JAENISCH¹

¹ BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Carsten.Bellon@bam.de

Kurzfassung

Vorgestellt wird aRTist, ein von der BAM entwickeltes Softwarewerkzeug zur Simulation von Durchstrahlungsaufnahmen. Ziel ist die Bereitstellung einer Simulationssoftware, die den praktischen Erfordernissen der Industrie entspricht. Wesentliches Merkmal der aktuellen Programmversion ist die Geschwindigkeit, mit der Radiographien simuliert werden.

Während der interaktiven Manipulation erleichtert ein Live-Vorschaubild die Einrichtung der virtuellen Durchstrahlungsszene. Das Geometriemodell basiert auf einer CAD-orientierten Objektbeschreibung. Das radiographische Modell gliedert sich in die Beschreibung der Strahlenquelle, der Schwächung von Strahlung beim Durchgang durch ein Prüfobjekt und die Strahlungsdetektion mittels Röntgenfilm oder digitaler Detektorsysteme. Der Simulator aRTist kombiniert analytische und Monte-Carlo-Methoden um den Strahlungstransport effizient zu beschreiben. Die Simulation ermöglicht eine separate Untersuchung der verschiedenen radiographischen Parameter und ihrer Einflüsse auf das Ergebnisbild.

Näher dargestellt werden die Möglichkeiten zur Monte-Carlo-Simulation in aRTist. Einerseits ist die Monte-Carlo-Berechnung zur Berücksichtigung der Streustrahlungsverteilung bei der Durchstrahlungssimulation integriert. Andererseits wird eine manuelle Einstellung der Parameter für die Monte-Carlo-Rechnung bei der Simulation von Rückstreutechniken gezeigt.



Durchstrahlungssimulation mit aRTist – Kombination von analytischen und Monte-Carlo-Methoden

C. Bellon, A. Deresch, G.-R. Jaenisch

BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

Durchstrahlungssimulation mit aRTist

aRTist ist ein praktisches Simulationswerkzeug zur Erzeugung realistischer Radiographien von virtuellen Durchstrahlungsaufbauten. Die geometrische Beschreibung der Prüfobjekte erfolgt durch triangulierte geschlossene Oberflächen, die homogene Materialbereiche abgrenzen. Die physikalischen Modelle von der Erzeugung bis zur Detektion der Strahlung ermöglichen quantitative Simulationsergebnisse. Mit einer analytischen Berechnung der Strahlungsschwächung unter Verwendung eines optimierten Raytracers zur Ermittlung der durchstrahlten Längen werden nahezu Echtzeitbildraten erreicht sowie eine Livebild-Vorschau gewährleistet.

Durchstrahlungsverfahren

Die Berücksichtigung der Streustrahlung bei der Durchstrahlungssimulation mit aRTist erfordert keine weiteren Einstellungen als die Auswahl „McRay“ als Streumodell. Die Durchstrahlungssimulation inklusive Monte-Carlo-Streumodell wird in folgenden Schritten durchgeführt:

- Analytisches Primärbild
- Separates Primär- und Streubild mittels McRay
- Glättung des Streubildes
- Skalierung des Streubildes anhand der Pixelwerte der Primärbilder von McRay und analytischer Rechnung
- Summation von analytischem Primärbild und McRay-Streubild zur Gesamtintensitätsverteilung
- Detektormodell.

Ein einmalig berechnetes Streubild kann bei Bedarf für weitere Simulationen verwendet werden, wenn mögliche Parameteränderungen den Streustrahlungsanteil wenig beeinflussen. Ein spezielles Modul dient bei Bedarf der manuellen Parametrisierung einer McRay-Rechnung.

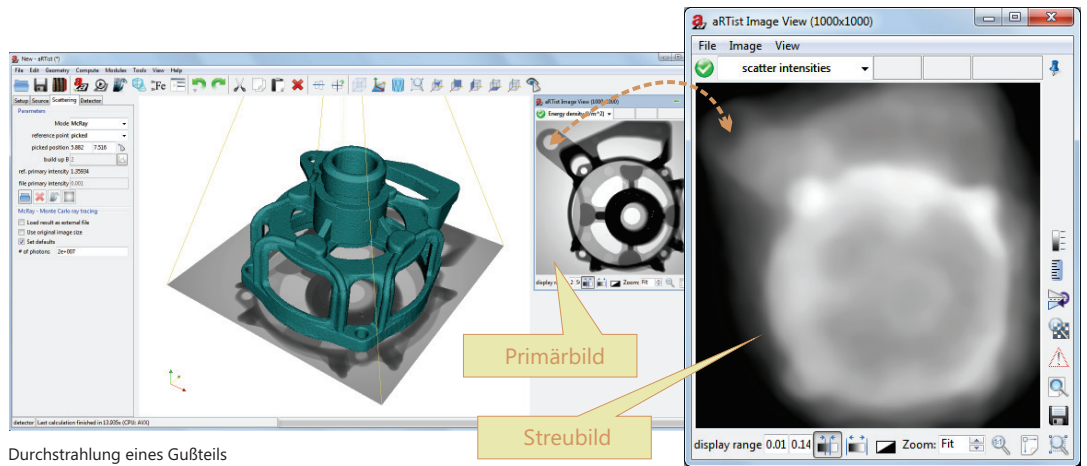
Eine virtuelle Computer-Tomographie ist in aRTist mit dem Modul CTScan einfach durchzuführen. Mit McRay sind ebenfalls nichtrotierende, zur CT-Anlage gehörende Teile und deren Streuanteil simulierbar. Zur Minimierung der zusätzlichen Rechenzeit für die McRay-Berechnungen kann im CTScan-Modul die Verwendung eines Streubildes für mehrere Projektionen eingestellt werden.

Rückstreutechniken

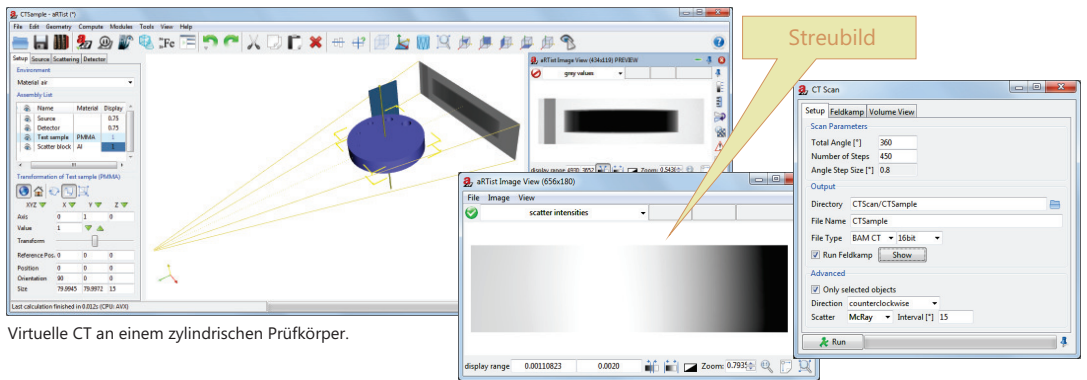
Als Monte-Carlo-Programm, das Wechselwirkungen von Photonen und Elektronen modelliert, bietet sich McRay zur Computersimulation radiologischer Verfahren auch abseits der Durchstrahlungsprüfung an. aRTist kann als graphische Benutzeroberfläche für McRay benutzt werden. Neben der interaktiven Einrichtung des virtuellen Versuchsaufbaus kann in aRTist auch die Betrachtung der Ergebnisse, wie Bilder und Spektren, erfolgen. Bei Verfügbarkeit kann die eigentliche McRay-Rechnung remote auf einem anderen Rechner (z.B. HPC-Cluster) durchgeführt werden. Beispiel: Bildgebendes Streuverfahren mittels Röntgenrückstreukamera [1]. Entsprechende Experimente werden im Vortrag Di.2.C.2 (N. Wrobel et al., Röntgenrückstreu-Radiographie zur Detektion von Gefahrstoffen für die Luftfahrtsicherheit, DACH Tagung, 2015, Salzburg) präsentiert, bzw. sind [2] zu entnehmen.

[1] K. Osterloh et al., Schlitzkollimator für Röntgenrückstreu-Bildgebung, Patent, DE 10 2005 029 674, BAM
 [2] S. Kolkoon et al., Journal of Instrumentation 8 (2013) 1-17

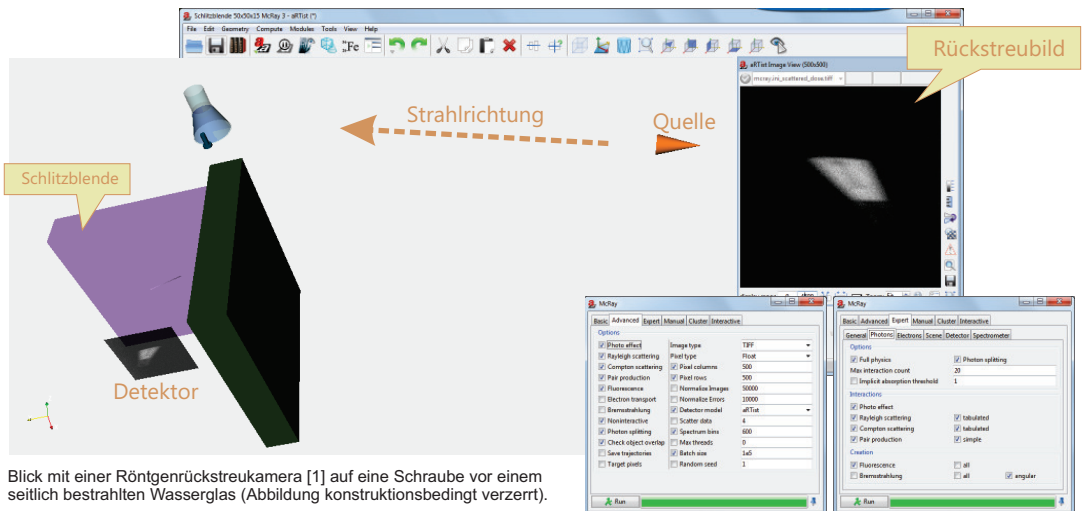
Die Einbindung des Monte-Carlo-Programms McRay komplettiert das Streumodell. Da Monte-Carlo-Rechnungen an komplexen Geometrien im Allgemeinen erhebliche Rechenzeiten erfordern, wurde McRay speziell für die Durchstrahlungssimulation und für die Anbindung an aRTist entwickelt. Mit McRay kann die zum Durchstrahlungsbild beitragende Streustrahlungsverteilung meist in wenigen Sekunden bis Minuten auf Arbeitsplatz-PCs berechnet werden.



Durchstrahlung eines Gußteils



Virtuelle CT an einem zylindrischen Prüfkörper.



Blick mit einer Röntgenrückstreukamera [1] auf eine Schraube vor einem seitlich bestrahlten Wasserglas (Abbildung konstruktionsbedingt verzerrt).

