

Datenfusion zwischen Röntgen- und Neutronen CT - Mit Ergänzungen zur Laminographie

Michael SCHRAPP *, Matthias GOLDAMMER **

* Siemens AG Corporate Technology München, München

** Siemens AG Corporate Technology, München

Kurzfassung

In der industriellen Röntgen-Computertomographie tritt es häufig auf, dass die Absorption der Röntgenstrahlung im Material in bestimmten Richtungen zu hoch ist und somit Artefakte durch fehlende Durchstrahlung entstehen. Analytische Rekonstruktionsverfahren (gefilterte Rückprojektion, FDK) ergeben bei solchen Situationen mit fehlenden Informationen häufig verwischte Kanten. Iterative Rekonstruktionsmethoden können mit fehlerhaften Informationen zwar besser umgehen, jedoch können Sie die Artefakte nicht vollständig beseitigen. In solchen Fällen muss auf zusätzliche Aufnahmemöglichkeiten zurückgegriffen werden. In diesem Beitrag zeigen wir, wie Neutronen-Bildgebung als zusätzliche und komplementäre Methode zur Röntgen-CT eingesetzt werden kann. Aufgrund unterschiedlicher physikalischer Wechselwirkungen zwischen Röntgen und Neutronen, sind Materialien einmal besser mit Röntgen, z. B. bei Kohlefasern und Kunststoffen, und manchmal besser mit Neutronen, z. B. bei Blei und Stahl, zu durchstrahlen. Unsere vorgeschlagene Fusionsprozedur integriert die Neutronentomographie in den Rekonstruktionsprozess einer typischen Röntgen-CT. Durch Kombination beider Verfahren können somit alle relevanten Objektinformationen dargestellt werden. Unser Algorithmus ist jedoch nicht nur auf die Röntgen-Neutronen Fusion beschränkt sondern kann auch auf andere Aufnahmemodalitäten angewandt werden. Dies ist insbesondere dann sinnvoll, wenn keine Neutronendaten zur Verfügung stehen. Wir zeigen in diesem Beitrag wie mit CAD Daten abgeschnittene CT Projektionen in einer Off-Axis CT (Tomosynthese) ergänzt werden können.



Michael Schrapp, Matthias Goldammer, Jürgen Stephan

Datenfusion zwischen Röntgen- und Neutronen CT

Mit Ergänzungen zur Laminographie

DGZfP, Mai 2014

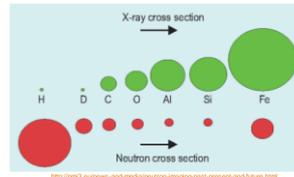
Unrestricted © Siemens AG 2014. All rights reserved

Überblick

1. Fusion zwischen Röntgen- und Neutronen CT
2. Laminographie
- Artefaktreduktion mittels CAD Daten Simulation
3. Zusammenfassung

Warum Neutronen CT?

Neutronen versus Röntgen Absorption
 → Komplementäre Modalitäten



Bsp. Modellflugzeugmotor

Photo



Burkard Schillinger, FRM II

Page 3

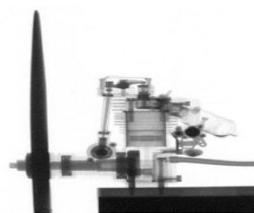
2014

Röntgen



Michael Schrapp, Corporate Technology

Neutronen



Unrestricted © Siemens AG 2013. All rights reserved

Neutronenanlage – Forschungsreaktor München



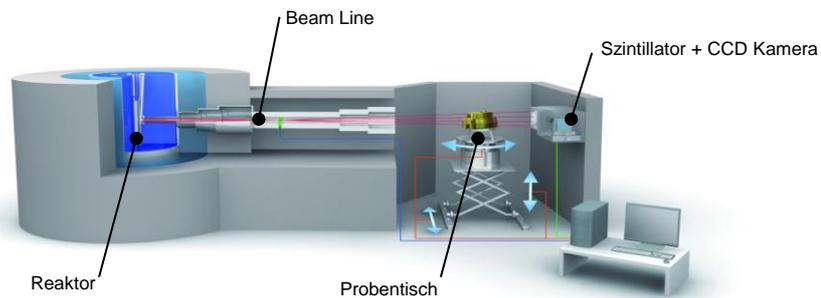
Forschungsreaktor München (Leistung 20 MW)

Tomographieanlage ANTARES

Advanced Neutron Tomography And Radiography Experimental System

Parallelstrahlgeometrie mit kalten Neutronen

(Fluss: $10^8 / cm^2 s$)



Page 4

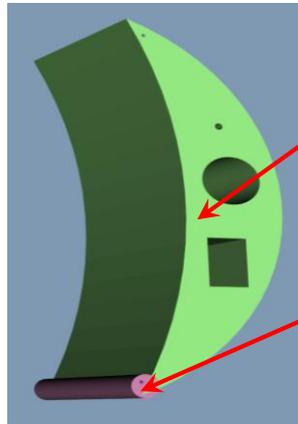
2014

Michael Schrapp, Corporate Technology

Unrestricted © Siemens AG 2013. All rights reserved

Simulation - Prüfkörper

Aluminium Profil mit kohlefaserverstärkten Kunststoffplatten



Stahl
→ Hohe Absorption für Röntgenstrahlung

Kunststoff
→ Hohe Absorption für Neutronen
(hoher Anteil an Wasserstoff)

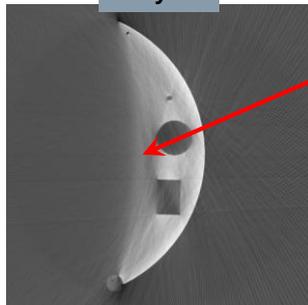
Simulationsprogramm ARTIST (BAM)

Simulationen

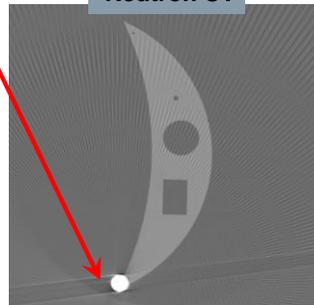
Simulationsdaten:

Detektor: 2048 x 2048 Pixel, Pixelgröße 127 µm
Parallelstrahlgeometrie mit 600 Projektionen
CT Aufnahme bei 100 kV, Kegelstrahlgeometrie

X-ray CT



Neutron CT

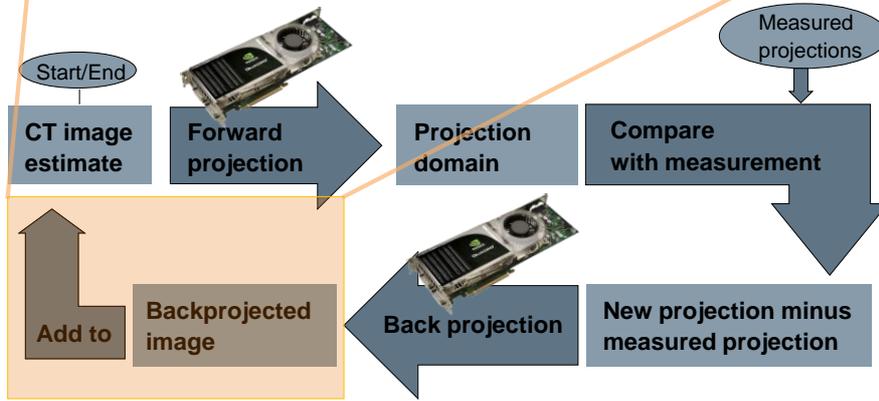


Artefakte

Iterative Rekonstruktion (SART)

Visuelle Darstellung zur Lösung von $\arg \min_f \| Af - p \|$

Regularisierung zur Minimierung von $\| f^{neutron} - f^{x-ray} \|$



Fusionsalgorithmus

Motivation: High Dynamic Range Fusion

Fusioniertes Bild:

- Hoher Kontrast
- Hoher Belichtungsgrad

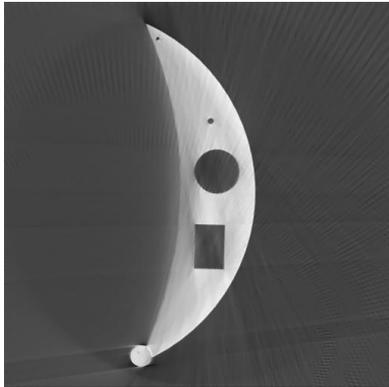
$$f_j^{Fusion} = w \cdot f_j^{Bild1} + (1-w) \cdot f_j^{Bild2}$$



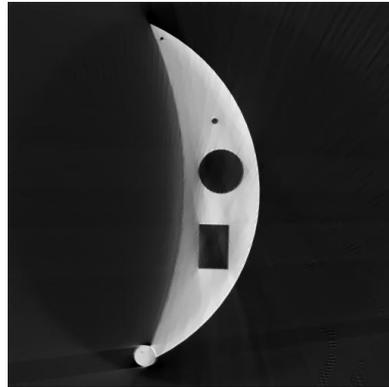
Abwandlung für Röntgen- und Neutronen Fusion:
Hoher Kontrast, gleiche Features wie Originalbilder, geringes Rauschen

Ergebnisse der Fusion

Fusionsergebnis

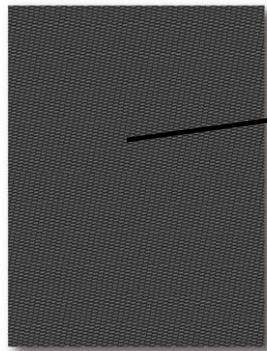


Fusionsergebnis (höher Kontrast)

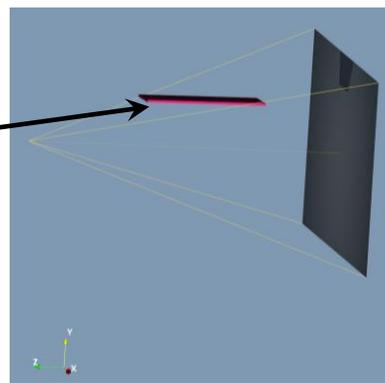


Off Axis CT (Laminographie)

Prüfobjekt
Kohlefaserplatte
120 x 50 x 5 mm



Setup



Simulationsprogramm ARTIST (BAM)

Off Axis CT (Laminographie)

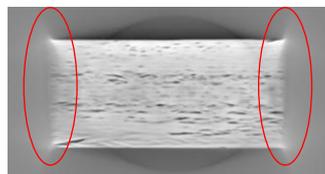
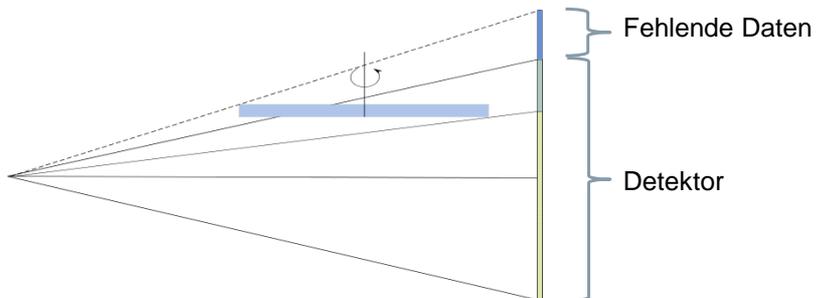
Eingeschränkter Winkelbereich führt zu fehlenden Daten:

- ✓ Problem 1:
Objekt teilweise außerhalb des
Kegelstrahls (truncated projections)

- ✓ Problem 2
Typische „Hütchen“ Artefakte
aufgrund fehlender
Blickrichtungen

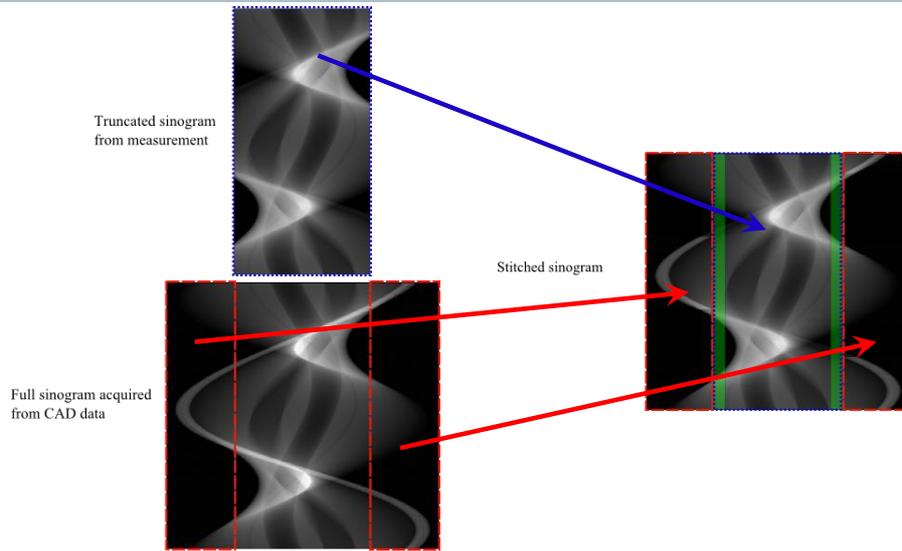
Idee: Ergänze fehlende Informationen durch CAD Daten

Problem 1 Abgeschnittene Projektionen



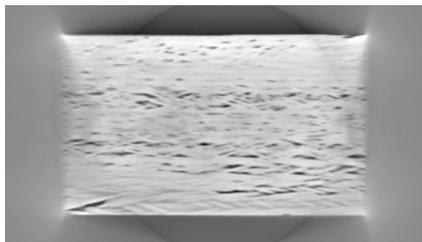
Standard Rekonstruktion

Lösung von Problem 1: Stitching mit CAD Daten

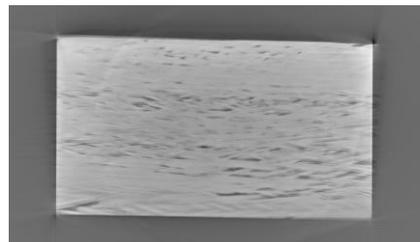


Ergebnisse

Standard Rekonstruktion

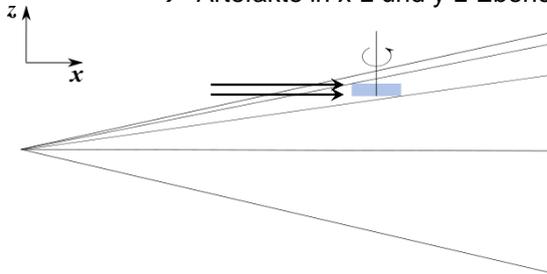


Rekonstruktion mit CAD Daten



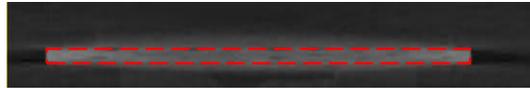
Problem 2: Hütchenartefakte in der Laminographie

Laminographie Setup:
Fehlende Röntgendurchstrahlung in x-Richtung
→ Artefakte in x-z und y-z Ebene

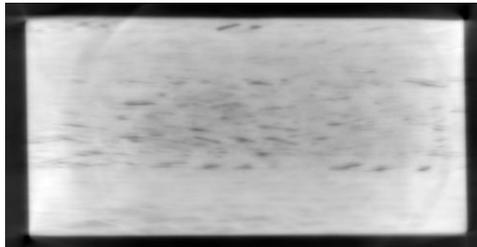


Oberflächenkontur durch Messung/CAD Daten bekannt

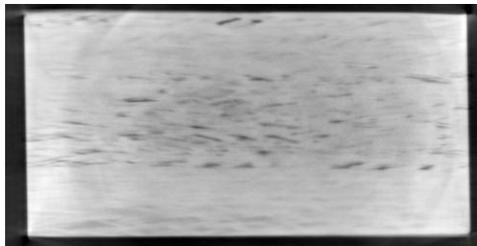
Standard
Rekonstruktion



Ergebnisse, x-y Ebene



Standard Rekonstruktion
ohne Korrekturen



Rekonstruktion unter
Benutzung von CAD
Daten
→ Höherer Bildkontrast

Zusammenfassung

- ✓ Fusion zwischen Neutronen und Röntgen CT
 - komplementäre Verfahren
 - Regularisierte iterative Rekonstruktion
 - Verfahren auf auf andere Modalitäten anwendbar, z.B. dual Energy

- ✓ Artefaktreduktion mittels CAD/Oberflächen Daten (Off Axis CT)
 - 2 Quellen fehlender Daten:
Abgeschnittene Projektionen und Hütchenartefakte
 - Kontrastverbesserung durch begrenztes Rekonstruktionsvolumen

Vielen Dank



Michael Schrapp
Ph.D. Student
Corporate Technology
RTC SET INT-DE

Otto-Hahn-Ring 6
81739 Munich

Tel: +49 89 636-34258

Fax: +49 89 636-46192

E-mail:
michael.schrapp@siemens.com

siemens.com/answers