

Schnelle und automatisierte Inspektion von Turbinenschaufeln mittels Fan Beam CT und eines neuen Zeilendetektorkonzepts

Eberhard NEUSER* (eberhard.neuser@ge.com),

Oliver BRUNKE* (oliver.brunke@ge.com),

Shana TELESZ** (shana.telesz@ge.com)

* GE Sensing & Inspection Technologies GmbH, Niels-Bohr-Str. 7, 31515 Wunstorf

** GE Inspection Technologies, Lewistown, PA, USA

Kurzfassung

Sicherheits- und Qualitätsanforderungen in der Luftfahrtindustrie erfordern eine 100% Prüfung der kritischen Komponenten wie z.B. Turbinenschaufeln. Die von GE entwickelte Lösung zur schnellen und automatisierten Prüfung von Turbinenschaufeln beinhaltet als Kernkomponenten eine Roboterbasierte Fan Beam CT und ein GE Zeilendetektorkonzept optimiert für hohe Energien und Ortsauflösung.

Das im Rahmen der the US Metals Affordability Initiative (MAI) optimierte System ist in der Lage, 30 Schaufeln pro Stunde zu untersuchen. Hierbei werden vollautomatisch 10 Schichten tomografisch aufgenommen, und anschließend werden die CT Daten mittels ADR und Wandstärkenanalyse weiterverarbeitet. Zur Durchdringung von hochdichten Turbinenschaufeln wird eine 450kV HP Röhre eingesetzt.



Schnelle und automatisierte Inspektion von Turbinenschaufeln mittels Fan Beam CT und eines neuen Zeilendetektorkonzepts

DGZfP-Jahrestagung Dresden 2013

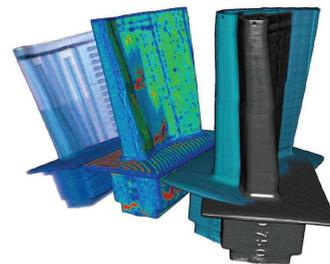
Dr. Eberhard Neuser

Dr. Oliver Brunke

Shana Telesz

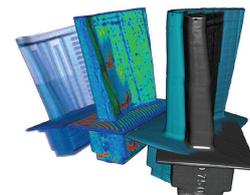
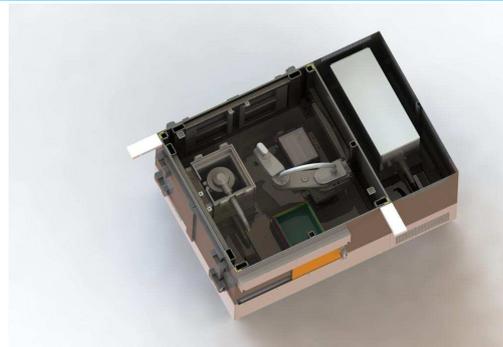


GE imagination at work



Agenda

- Motivation / MAI
- Detektorkonzept
- Systemüberblick
- Applikation
- Zusammenfassung



GE imagination at work

Copyright © 2013 General Electric Company

Motivation / MAI (Metals Affordability Initiative)

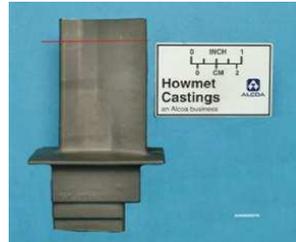
MAI Affordable CT Program

„Aktuelle Sicherheits- und Qualitätsanforderungen in der Luftfahrt erfordern eine 100% Prüfung von kritischen Komponenten wie z.B. Turbinenschaufeln“

Genauere & reproduzierbare Ergebnisse
konform mit MAI Vorgaben:
Messgenauigkeiten bis zu 25µm

Effizienz
bis zu 30 Teile pro Stunde
(bis zu 10 CT Schichten pro Teil)

Datenformat und -Sicherheit
DICONDE und Anbindung an Langzeit-
Archiv-Lösungen für 2D Bilder und CT
Schichten



Simulation eines PITv2 blades mit simulierter
Multiwand-Struktur



Copyright © 2013 General Electric Company

3

Motivation / MAI

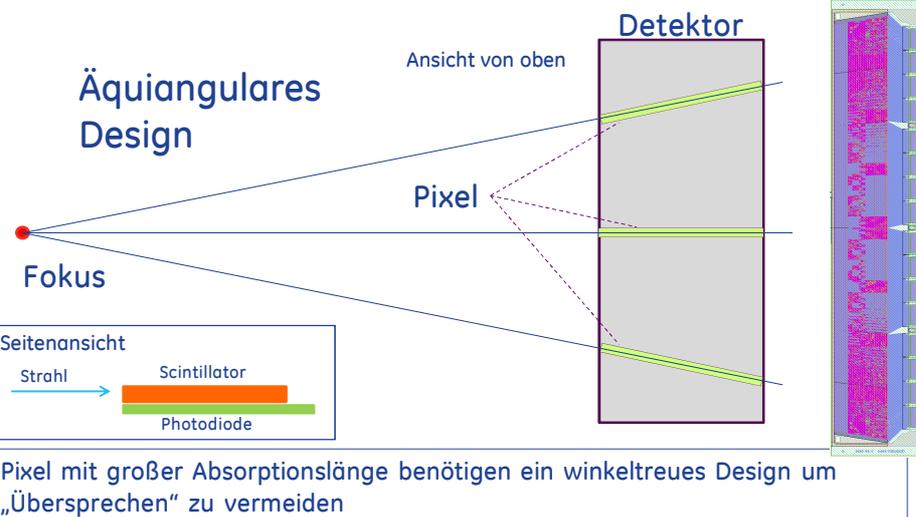
- Schnelle und qualitativ hochwertige CT Scans von Turbinenschaufeln (Hot section blades aus hochabsorbierenden Materialien wie INCONEL)
- Vermessung von Wanddicken
- Hohe CT Qualität:
Einsatz eines **Fan Beam CT** Verfahrens zur Streustrahlunterdrückung mittels einer **hochauflösenden Zeilendetektors**
- Hohe Scangeschwindigkeit:
Optimierte Photonen-Sammeleffizienz des Detektors bei gleichzeitig hoher Ortsauflösung



Copyright © 2013 General Electric Company

4

Detektorkonzept – Jupiter Detektor



GE imagination at work

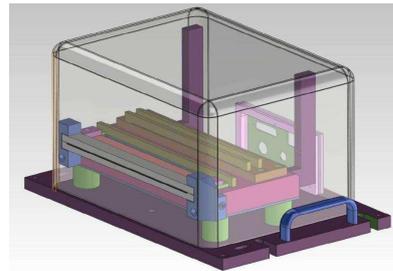
Copyright © 2013 General Electric Company

5

Detektorkonzept – Jupiter Detektor

Jupiter Detektor

- 2048 Pixel (100µm pitch)
- Scintillator CsI
- Absorptionslänge ca. 24mm
- Design: äquiangular (winkeltreu) optimiert für 600mm FDD
- Geschwindigkeit bis zu 1000fps
- Optimiert für Hoch-kV Applikation bis 450kV
- Variabler Kollimator
- Aktive Kühlung



GE imagination at work

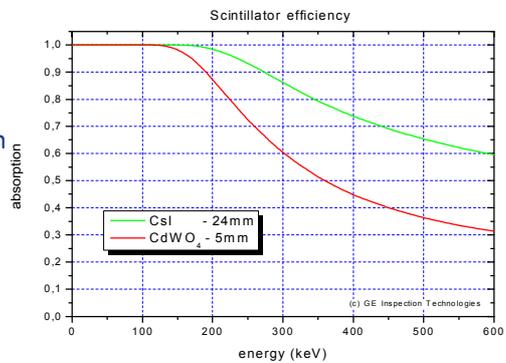
Copyright © 2013 General Electric Company

6

Detektorkonzept – Jupiter Detektor

Vorteile

- Hohe Sammeleffizienz aufgrund der hohen Absorptionslänge
→ schnelle Fan Beam CT
- Hohe Ortsauflösung durch 100µm pitch und winkeltreuem Design
→ hochauflösende 2D Bilder und CT Schichtaufnahmen
- Schnelle Elektronik geeignet für hohe Framerraten
→ schnelle Fan Beam CT und 2D Scans
- Exzellente Streustrahlunterdrückung
→ sehr gute Qualität der CT Schichtaufnahmen



Copyright © 2013 General Electric Company

7

Systemüberblick – blade|line HD

Röntgenprüfsystem: GE blade|line HD

Röntgenröhre:

ISOVOLT Titan 450kV HP Röhre

Detektor:

GE Jupiter Zeilendetektor

Manipulator:

SCARA Roboter
(*Selective Compliance Assembly Robot Arm*)
"horizontaler Gelenkarmroboter"

Software:

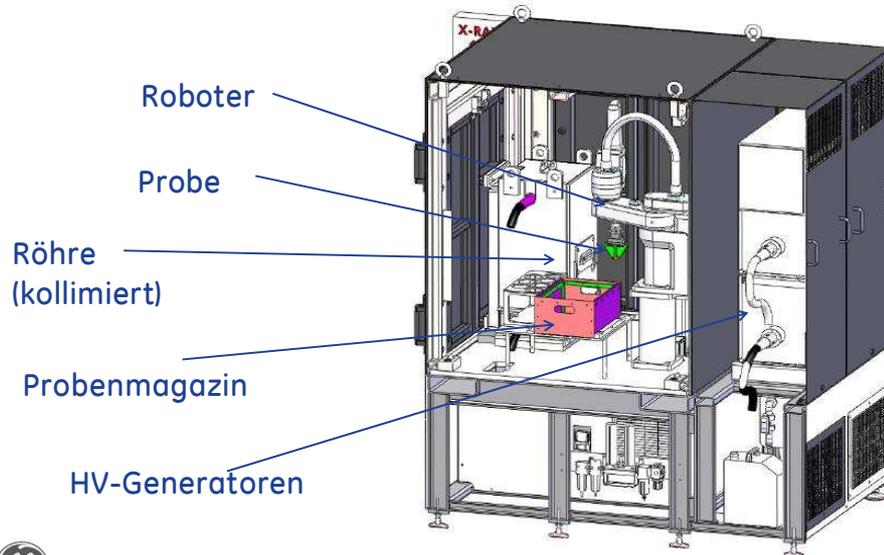
Workflow-optimierte GE Software für Datenaufnahme, Rekonstruktion und Analyse



Copyright © 2013 General Electric Company



Systemüberblick – blade|line HD



Copyright © 2013 General Electric Company

9

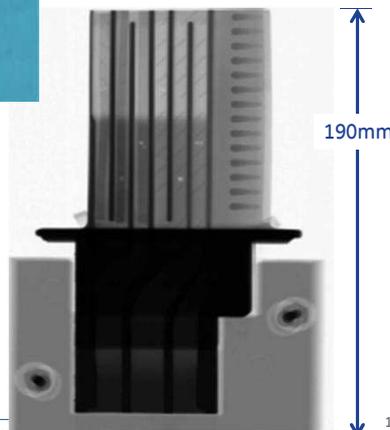
Applikation - Turbinenschaufel



Teile Höhe:
190 mm

Teile Durchmesser:
120 mm

Vergrößerung:
1,2 bis 1,5

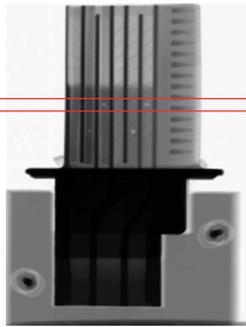


Copyright © 2013 General Electric Company

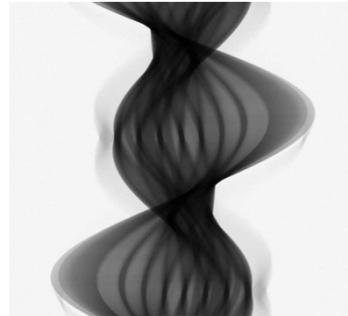
10

Applikation – Turbinenschaufel - Prüfablauf

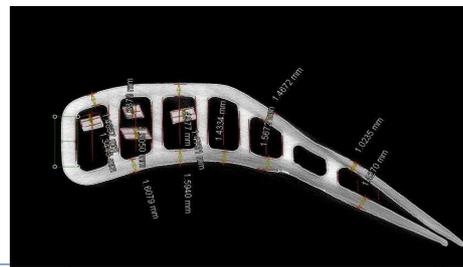
1. 2D Scan – 50Hz
Definition der Position
der CT Schicht



2. 360° Rotation
Sinogramm



3. Rekonstruktion
der Schicht
und
Auswertung



Copyright © 2013 General Electric Company

Applikation – Turbinenschaufel - Prüfablauf

Start

Bestückung des
Probenmagazins mit
max. 25 blades
(außerhalb der Kabine)

Öffnen der Kabinentür

Austausch des
Probenmagazins

Identifikation der blade
IDs per DataMatrix Scan

Schließen der
Kabinentür und Start
des Prüfablaufs

Roboter übernimmt
blade n (1..25) vom
Probenmagazin

X-Ray Inspektion
CT Schichten an vordef.
Positionen

Rückgabe von blade n
ans Probenmagazin

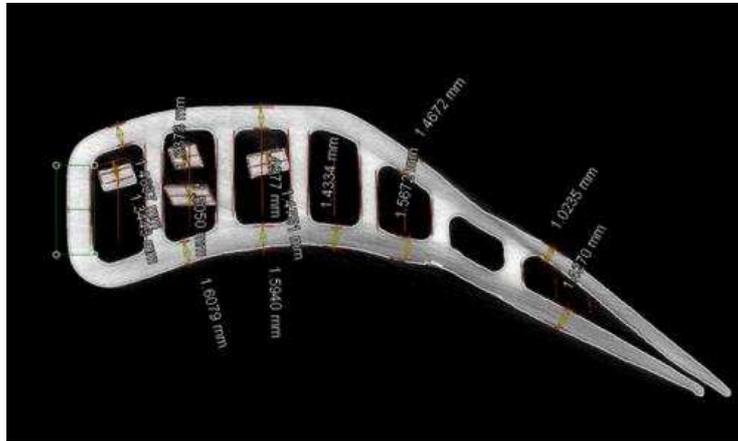
Optional:
Flexibler Prüfablauf
Zusätzlich können individuelle
Schichtscans für kritische
Sektionen eingefügt werden.



Copyright © 2013 General Electric Company

12

Applikation – Turbinenschaufel - Ergebnis



Copyright © 2013 General Electric Company

13

Zusammenfassung

- **Zeilendetektor**
Winkeltreues Pixeldesign mit hoher Ortsauflösung und optimierter Photonen-Sammeleffizienz bei hohen Energien
- **System blade|line HD**
Lösung für die automatisierte CT Untersuchung von kritischen Komponenten aus der Luftfahrtindustrie
- **Flexibles Detektorkonzept**
kann auf weitere Applikationen mit hohen Anforderungen an Auflösung und Geschwindigkeit angepasst werden



Copyright © 2013 General Electric Company

14



GE
Measurement & Control