Vergleichbarkeit von industriellen Computertomographiesystemen unterschiedlicher Größenordnungen

Frank HEROLD [1], Peter KRAMM [1]
[1] YXLON International GmbH, Essener Bogen 15, D-22419 Hamburg

Kurzfassung

Computertomographie (CT) bietet einen dreidimensionalen Einblick in ein Prüfobjekt. Dies ermöglicht beispielsweise eine genaue Poren- und Wandstärkenanalyse, die Bestimmung von Form- und Lagetoleranzen, Soll-Ist-Vergleiche oder die Extraktion der Oberfläche des Prüfobjekts.

Moderne CT-Systeme für industrielle Anwendungen gibt es in verschiedenen Größenordnungen. Damit ist es möglich Details vom Submikrometer- bis hin zum Meterbereich dreidimensional aufzulösen. In zunehmenden Maße werden CT-Systeme auch für klassische Metrologieanwendungen eingesetzt.

In dieser Arbeit soll untersucht werden, welche Kennzahlen für die Vergleichbarkeit von industriellen CT-Systemen unterschiedlicher Größenordnungen relevant sind und welcher Meßaufwand daraus resultiert. Hierzu werden insbesondere bestehende deutsche und internationale Normen angewendet. Die bekanntesten Normen sind die VDI/VDE 2630 zur Bestimmung von Meßkenngrößen und die ASTM E1695 zur Bestimmung der geometrischen Auflösung und des Kontrasts, sowie die ASTM E1935 zur Bestimmung der Dichteauflösung für Prüfobjekte mit Multimaterial.

Das dreidimensionale Volumen wird aus Projektionen unterschiedlicher Betrachtungswinkel des Prüfteils berechnet, d.h. die Qualität der sognannten CT-Rekonstruktion hängt unmittelbar von der Qualität der zweidimensionalen Röntgenbilder ab. Daher sind auch Röntgendetektor und Röntgenröhren spezifische Parameter, so wie der verwendete CT-Rekonstruktionsalgorithmus relevante Kenngrößen jedes CT-Systems. Detektoren können beispielsweise nach ASTM E2597 klassifiziert werden, während für Röntgenröhren im Mikrofokusbereich der Test mit der JIMA-Maske bzw. für den Minifokusbereich die ISO 12543-5 bzw. die ASTM E1165 gültig sind.

Die Arbeit diskutiert die Kennzahlen für CT-System unterschiedlicher Größenordnungen und stellt einen praktikablen Ansatz zur Vergleichbarkeit und Einordnung der Leistungsfähigkeit dieser CT-Systeme vor.

Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de/

DACH Jahrestagung 2015, 11.-13. Mai in Salzburg, Österreich

Vergleichbarkeit von industriellen Computertomographiesystemen unterschiedlicher Größenordnungen

Frank HEROLD, Peter KRAMM

Motivation

Computertomographie (CT) bietet einen dreidimensionalen Einblick in ein Prüfobjekt. Moderne CT-Systeme für industrielle Anwendungen gibt es in verschiedenen Größenordnungen (Abbildung 1). Damit ist es möglich, Details vom Submikrometer- bis hin zum Meterbereich dreidimensional aufzulösen. In zunehmenden Maße werden CT-Systeme auch für klassische Metrologieanwendungen eingesetzt. Daher werden relevante Kennzahlen zur Vergleichbarkeit solcher CT-Systeme benötigt.

Abbildung 1: CT-Systeme in verschiedenen Größen.

Jedes CT-System besteht aus einer Röntgenröhre, einem Manipulator (z.B. Drehtisch) und einem Röntgendetektor (Abbildung 2). Die CT-Systeme können einerseits durch die Eigenschaften der eingesetzten Komponenten und andererseits durch CT bzw. Metrologie typische Kennzahlen untereinander verglichen werden.

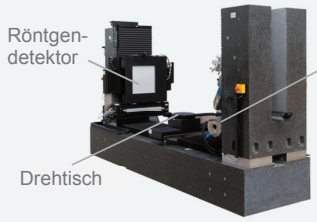


Abbildung 2: Aufbau eines CT-Systems.

Das dreidimensionale Volumen (Abbildung 3) wird aus Projektionen unterschiedlicher Betrachtungswinkel des Prüfteils berechnet, d.h. die Qualität der sognannten CT-Rekonstruktion hängt unmittelbar von der Qualität der zweidimensionalen Röntgenbilder ab. Daher sind auch Röntgendetektor und Röntgenröhren spezifische Parameter, so wie der verwendete CT-Rekonstruktionsalgorithmus wichtige charakteristische Größen für jedes CT-System.

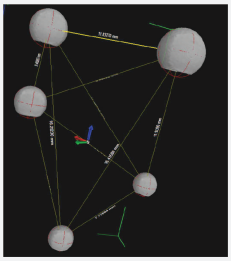


Abbildung 3: 3D Volumen.

Methoden

Bestimmung der Fokusgröße gemäß ISO 12543-2:

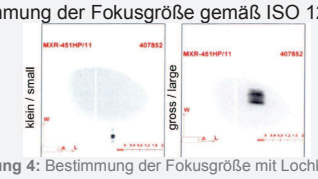


Abbildung 4: Bestimmung der Fokusgröße mit Lochkamera.

Bestimmung der Fokusgröße gemäß ISO 12543-5:

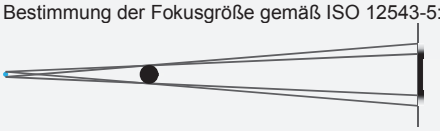


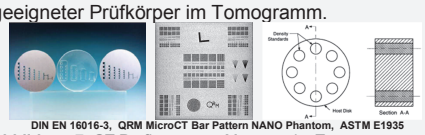
Abbildung 5: Messung der Abbildungsunschärfe des Objekts.

Ablesen der maximalen Auflösung mit JIMA-Maske.

Detektor-Charakterisierung gemäß ASTM E2597 sowie Leistungsfähigkeitsnachweis und Langzeitmessung der Stabilität gemäß ASTM E2737 für Flachdetektoren.

Abbildung 6: JIMA-Maske und Stufenkeil (ASTM E2737)

Ablesen der Detail- und Dichteauflösung mittels geeigneter Prüfkörper im Tomogramm.



DIN EN 16016-3, QRM MicroCT Bar Pattern NANO Phantom, ASTM E1935

Abbildung 7: CT Prüfkörper zur Messung im Tomogramm.

Bestimmung der 3D-Ortsauflösung und des Kontrastes gemäß ASTM E1695.

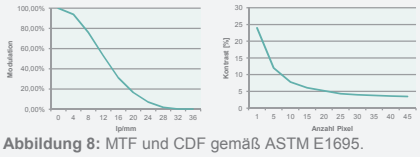


Abbildung 8: MTF und CDF gemäß ASTM E1695.

Bestimmung der Dichteauflösung mit anwendungsbezogenen Einsätzen gemäß ASTM E1935.

Spezifikation der Metrologiefähigkeit gemäß VDI/VDE 2630, beispielsweise mit den Antastabweichungen Form (P_F) und Maß (P_S), der Längenmessabweichung (E) der Material- und Geometrieabhängigkeit (G).

Resultat und Zusammenfassung

Die Vergleichbarkeit von industriellen Computertomographiesystemen unterschiedlicher Größenordnungen kann mittels existierender Normen durchgeführt werden. Hierzu bieten sich Normen bezüglich der einzelnen Systemkomponenten wie beispielsweise zur Bestimmung des Fokusdurchmessers und zur Charakterisierung des Detektors an, wobei das gesamte System durch die relevanten Normen bezüglich CT- und Metrologieanwendungen untersucht werden können (vergleiche Tabelle 2). Der Aufwand für diese Messungen steigt mit der Anzahl der benötigen Röntgenbilder. Während zur Bestimmung der Röhren bzw. Detektor spezifischen Kennzahlen wenige Projektionen aufgenommen werden, sind für Normen bzgl. CT bzw. Metrologie ein bis mehrere Scans nötig. Tabelle 1 zeigt exemplarisch den zeitlichen Aufwand für nur eine Klassifizierung eines Systems gemäß VDI/VDE 2630. Da zur Bestimmung der Messunsicherheit bereits 20 Wiederholungen des jeweiligen Scans erforderlich sind, ist dies der dominierende zeitliche Aufwand.

Kennzahlen	Zeit [h]	CT-Scans	Total [h]
$P_S = D_a - D_r$ $P_F = R_{max} - R_{min}$	3	2	**6**
$E = L_a - L_r$	3	2	**6**
u_p	3	20	**60**
Total	9	24	**72**

Tabelle 1: Aufwandsschätzung für VDI/VDE 2630 pro System.

Anwendung	Norm	Kennzahlen
Fokus	ISO 12543	Durchmesser
	ASTM E1165	Durchmesser
	JIMA-Maske	2D-Auflösung
Detektor	ASTM E2597	Charakteristik
	ASTM E2737	IQIs
CT	ASTM E1695	MTF, CDF
	DIN EN 16016-3	MTF
	ASTM E1935	Dichte
	QRM MicroCT	3D-Auflösung
Metrologie	VDI/VDE 2630	PS, PF, E, SD
	ISO 10360-11	GPS

Tabelle 2: Relevante Normen.

YXLON
Technology with Passion
YXLON International GmbH, a company of the COMET Group
Hauptsitz / Head quarter: Essener Bogen 15, D-22419 Hamburg
T +49 40 52729-0, **F** +49 40 52729-170, yxlon@hbg.yxlon.com, www.yxlon.com

© 05-2015

Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de/

Kontakt: frank.herold@hbg.yxlon.com, peter.kramm@hbg.yxlon.com