

# Rohbildkorrekturen für die Artefaktreduktion in der Computertomographie

Stefan REISINGER\*, Virginia VOLAND\*, Susanne BURTZLAFF\*,  
Dr. Norman UHLMANN\*

\* Fraunhofer Entwicklungszentrum Röntgentechnik, Dr.-Mack Str. 81, 90762 Fürth,  
[virginia.voland@iis.fraunhofer.de](mailto:virginia.voland@iis.fraunhofer.de), Tel: 0911 - 58061 – 7563

**Kurzfassung.** Unzulänglichkeiten im Computertomographie-System können eine verminderte Bildqualität zur Folge haben. Insbesondere in Abbildungen mit Voxelgrößen im Sub-Mikrometerbereich erzeugt diese reduzierte Bildqualität eine immense Vergrößerung der Messunsicherheit. Die Folge sind ungenaue Analyseergebnisse, eine hohe Pseudofehlerrate in der Prüfung und große Unsicherheiten in der Bestimmung von metrologischen Messgrößen.

Am Fraunhofer EZRT wurden Verfahren entwickelt, die eine Korrektur systembedingter Artefakte erlauben. Es werden eine Reihe von Maßnahmen für eine Optimierung der Bildqualität ermöglicht:

- Detektorversatz: Manipulationseinheiten besitzen nur eine begrenzte Anfahrngenauigkeit, die oft nicht ausreicht, um den Detektor ausreichend präzise mittig zu platzieren. Die Folge sind Doppelkonturen in der Rekonstruktion. Eine Bestimmung des Versatzes aus den Projektionen heraus erlaubt eine algorithmische Nachjustage des Systems und die Korrektur der Projektionsdaten.
- Brennflecklage: Je nach Röntgenquelle kann der Brennfleck in seiner Lage zeitlich instabil werden. Gerade bei hochvergrößernden Abbildungen jedoch haben bereits kleinste räumliche Veränderungen des Brennflecks eine starke Verschiebung des projizierten Objekts zur Folge.
- Kreisringkorrektur und blinkende Pixel: Kreisringartefakte sind durch Detektorinhomogenitäten bedingte Bildstörungen, die in der Rekonstruktion als ringförmige Strukturen auftreten. Die Erfahrung zeigt, dass gängige Maßnahmen eine Reduktion, aber keine vollständige Beseitigung der Kreisringartefakte bewirken. Eine zusätzliche algorithmische Artefaktkorrektur verbessert die Ergebnisse. Zudem können spontan blinkende Pixel bereits in der Projektion erkannt und korrigiert werden.
- Ausleseartefakte: Ausleseartefakte haben ihren Ursprung in der Ausleseelektronik von TFT-Detektoren. Sie äußern sich bereits in der Projektion durch fehlerhafte Grauwertverläufe. Eine strukturerhaltende Korrektur wurde entwickelt.

Die genannten Korrekturverfahren, deren Umsetzung in Software und deren Ergebnisse werden präsentiert.

# Rohbildkorrekturen für die Artefaktreduktion in der Computertomographie

S. Reisinger, V. Volland, S. Burtzloff, M. Schmitt, N. Uhlmann

Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik EZRT, eine gemeinsame Abteilung der Fraunhofer-Institute für Integrierte Schaltungen IIS und Zerstörungsfreie Prüfung IZFP

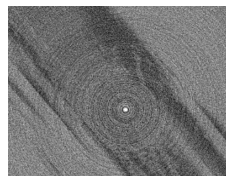
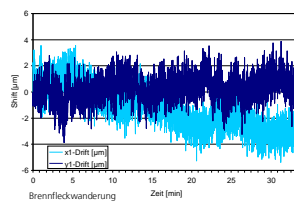
## Rohbildkorrekturen in der Computertomographie

Unzulänglichkeiten im Computertomographie-System können eine verminderte Bildqualität zur Folge haben. Insbesondere in Abbildungen mit Voxelgrößen im Sub-Mikrometerbereich erzeugt diese reduzierte Bildqualität eine immense Vergrößerung der Messunsicherheit. Die Folge sind ungenaue Analyseergebnisse, eine hohe Pseudofehlerrate in der Prüfung und große Unsicherheiten in der Bestimmung von metrologischen Messgrößen.

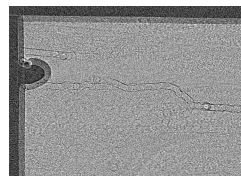
Am Fraunhofer EZRT wurden Verfahren entwickelt, die eine Korrektur systembedingter Artefakte erlauben. Es werden eine Reihe von Maßnahmen für eine Optimierung der Bildqualität ermöglicht:

### Einflüsse auf die Bildqualität

- **Detektorversatz:** Manipulationseinheiten besitzen nur eine begrenzte Anfahrngenauigkeit, die oft nicht ausreicht, um den Detektor ausreichend präzise mittig zu platzieren. Die Folge sind Doppelkonturen in der Rekonstruktion.
- **Brennflecklage:** Je nach Röntgenquelle kann der Brennfleck in seiner Lage zeitlich instabil werden. Ein ausgiebiges Warmfahren der Röntgenröhre begünstigt eine hohe Stabilität der Brennflecklage. Gerade bei hochvergrößernden Abbildungen bewirkt bereits eine kleine räumliche Veränderung des Brennflecks eine starke Verschiebung des projizierten Objekts, wodurch hochfrequente Anteile in der Rekonstruktion verloren gehen können.
- **Kreisringartefakte:** Kreisringartefakte sind durch Detektorinhomogenitäten bedingte Bildstörungen, die in der Rekonstruktion als ringförmige Strukturen auftreten. Die Erfahrung zeigt, dass gängige Maßnahmen eine Reduktion, aber keine vollständige Beseitigung der Kreisringartefakte bewirken.
- **Blinkende Pixel:** Je nach Messparamettersatz und Detektortyp können spontan blinkende Pixel auftreten. Diese führen zu Kreisringartefakten und können bereits in der Projektion korrigiert werden.
- **Ausleseartefakte:** Ausleseartefakte haben ihren Ursprung in der Ausleseelektronik von TFT-Detektoren. Sie äußern sich bereits in der Projektion durch fehlerhafte Grauwertverläufe. Besonders stark können diese Effekte bei hohen Kontrasten zum Tragen.



Kreisringartefakte



Doppelkonturen

### Korrekturen

- **Detektorversatz:** Eine Bestimmung des Versatzes aus den Projektionen heraus erlaubt eine algorithmische Nachjustage des Systems und die Korrektur der Projektionsdaten.
- **Brennflecklage:** Eine auf Sinogrammdaten basierende Korrektur wurde umgesetzt.
- **Kreisringartefakte:** Eine algorithmische Artefaktkorrektur verbessert die Ergebnisse.
- **Blinkende Pixel:** Ergänzend zu der Kreisringartefaktkorrektur werden die Direktreffer in den Projektionen korrigiert und erhöhen somit bereits die Qualität des Projektionsdatensatzes.
- **Ausleseartefakte:** Eine strukturerhaltende Korrektur wurde entwickelt.

### Umsetzung

Neben der Möglichkeit, Korrekturen durch den Einsatz von Hardware zu realisieren, wird hier ein reiner Softwareansatz vorgestellt.

So ist zur Korrektur eines fehlerhaften Drehmittelpunktes keine Objekt- oder Detektor-Links-Rechts-Achse von Nöten. Ebenso benötigen gängige Verfahren zur Korrektur der instabilen Brennflecklage Referenzobjekte innerhalb der Projektionen, um die Brennfleckwanderung zu bestimmen.

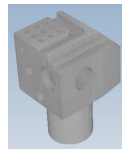
Der hier vorgestellte Ansatz extrahiert diese Informationen aus einem Sinogramm. Anhand einer CT-Aufnahme in Parallelstahlgeometrie über 180° wird ein Sinogramm der zentralen Detektorzeile erstellt. Aus diesem können Informationen über die Aufnahmegeometrie bestimmt werden. Neben einer Bestimmung der Drehmittelpunktes ist die Wanderung des Brennflecks in diesen Daten enthalten. Diese Daten können dem Rekonstruktionsalgorithmus als Eingangswerte vorgegeben werden, um ein exakteres Ergebnis zu generieren.

## Ergebnisse und Beispiele

### Setup

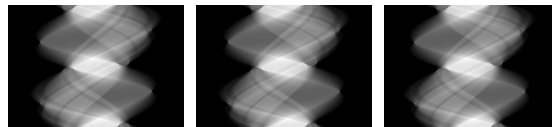
Im Folgenden werden Ergebnisse der Korrekturalgorithmen für einen Versatz des Drehmittelpunktes gezeigt. Hierfür wurde der in der linken Abbildung gezeigte Testkörper verwendet. Dieser enthält Strukturen (innenliegende Bohrungen, scharfe Kanten), welche typischerweise in der industriellen CT zu finden sind.

Die Projektionsdatensätze mit den jeweiligen Versatz des Drehmittelpunktes wurden simulativ (2) erstellt um andere Störeinflüsse auszuschließen.



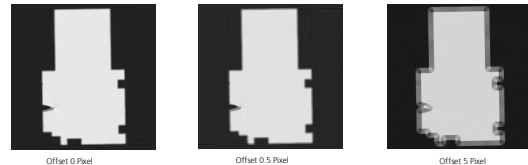
Testkörper mit typischen Strukturen der industriellen CT

### Sinogramm



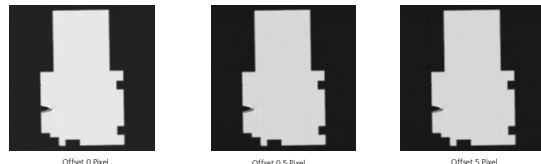
Sinogramm aus Aufnahmegeometrien mit verschiedenen Versatz des Drehmittelpunktes. Durch die Ermittlung des Mittelwerts der Schwingung kann das jeweilige Zentrum der Rotation bestimmt werden.

### Rekonstruktion (unkorrigiert)



Unkorrigierte Rekonstruktion: Mit steigendem Versatz des Drehmittelpunktes erhöht sich die Ausprägung von Doppelkonturen.

### Rekonstruktion (korrigiert)



Korrigierte Rekonstruktion: Die Ausprägung der Doppelkonturen wird verhindert.

## Zusammenfassung

Artefakte im Bereich der CT können eine verminderte Bildqualität zur Folge haben. Insbesondere bei hochvergrößernden Aufnahmen wird eine steigende Messunsicherheit produziert.

Am EZRT wurden hierzu Algorithmen entwickelt, welche diese Unzulänglichkeiten aus den CT-Aufnahmen reduzieren und somit die Bildqualität verbessern.

## Referenzen

- [1] S. Burtzloff, V. Volland, M. Salomon, Th. Hofmann, N. Uhlmann, Evaluation and correction of readout artifacts from flat panel detectors for non-destructive testing purposes, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment, Volume 607, Issue 1, 1 August 2009, Pages 183-186
- [2] <http://www.iis.fraunhofer.de/bf/xt/ctundmess/downloads>

## Kontakt

Stefan Reisinger  
Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik  
Dr.-Mack-Str. 81  
90762 Fürth  
Tel.: 0911 / 58061-7665  
Email: stefan.reisinger@iis.fraunhofer.de

Virginia Volland  
Fraunhofer-Entwicklungszentrum Röntgentechnik  
Dr.-Mack-Str. 81  
90762 Fürth  
Tel.: 0911 / 58061-7563  
Mail: virginia.volland@iis.fraunhofer.de

