

# CT Rekonstruktion mit Objektspezifischen Erweiterten Trajektorien

Andreas FISCHER<sup>1</sup>, Tobias LASSER<sup>2</sup>, Michael SCHRAPP<sup>1</sup>, Jürgen STEPHAN<sup>1</sup>,  
Karsten SCHÖRNER<sup>1</sup>, Peter NOËL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Siemens AG, München

<sup>2</sup> Technische Universität München, Garching

<sup>3</sup> Klinikum rechts der Isar der TU München, München

## Kurzfassung

In der zerstörungsfreien Materialprüfung ist die Computertomographie (CT) eine weitverbreitete Methode zur Untersuchung von Objekten mit verdeckten Strukturen. Aktuell werden meist Standardtrajektorien wie z.B. Kreis- oder Helixtrajektorien verwendet in Verbindung mit Rekonstruktionsmethoden basierend auf gefilterter Rückprojektion. Die bessere Verfügbarkeit von Hochleistungshardware, z.B. Grafikprozessoren, ermöglicht die Wiedereinführung von iterativen Rekonstruktionsalgorithmen, die standardmäßig beliebige Trajektorien unterstützen.

Aus einer Reihe von Veröffentlichungen ist bekannt, dass nicht alle Projektionen denselben

Wert für das zu rekonstruierende Bild haben. Es ist daher sinnvoll, die neue Flexibilität verbesserter iterativer Algorithmen zu nutzen und anstelle von Standardtrajektorien solche zu verwenden, welche nur die wertvollen Projektionen enthalten, um mit möglichst wenigen Projektionen gute Rekonstruktionsergebnisse zu erzielen. Bei industriellen Anwendungen ist die Beschreibung von wertvollen Projektionen und optimierten Trajektorien besonders wichtig, da die Kenngrößen einer CT und die Objektmaterialien stärker variieren.

In dem Beitrag wird ein Algorithmus vorgestellt, der die Bildqualität im Rekonstruktionsvolumen verbessert, indem die Aufnahmetrajektorie optimiert wird. Bei industriellen Anwendungen ist häufig Vorwissen über das Objekt vorhanden, z.B. in Form von CAD-Daten. Dieses Vorwissen wird verwendet, um wertvolle Projektionen und daraus folgend eine optimale Trajektorie zu bestimmen. Es wird anhand von Simulationen und Messungen gezeigt, dass der vorgestellte Algorithmus das Ergebnis quantitativ und qualitativ verbessert.

A. Fischer, T. Lasser, M. Schrapp, J. Stephan, K. Schömer, P. Noël

# CT Rekonstruktion mit Objektspezifischen Erweiterten Trajektorien

DACH-Jahrestagung, Salzburg 2015

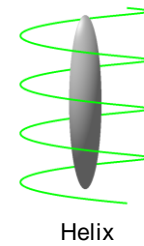
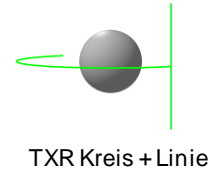
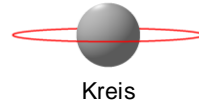
Unrestricted© Siemens AG 2015. All rights reserved

## Überblick

- Motivation für Objektspezifischen Trajektorien
- Optimierungsalgorithmus
- Ergebnisse
- Zusammenfassung

## Typische Aufnahmegeometrien

- **Standard Trajektorie:**
  - Äquidistantes Sampling
  - Kreistrajektorie
  - Unvollständige Abtastung
- **Spezielle Trajektorien:**
  - Theoretisch Exakte Rekonstruktion (TXR)
  - Helix
  - Bessere Bildqualität, jedoch ähnliche Aufnahmezeiten wie Kreis



### Objektspezifische Trajektorien:

## Warum objektspezifische Trajektorien?

### Ziel:

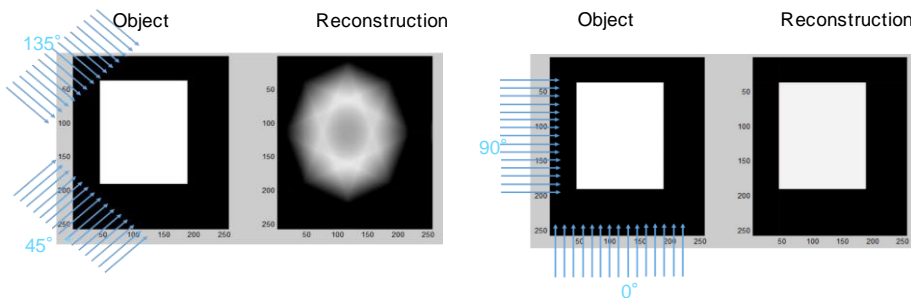
- Schnelle (Inline) CT
- Hohe Bildqualität

### Umsetzung:

- Wenig Projektionen (+ Hochleistungsrohre)
- Wähle sinnvolle Projektionen

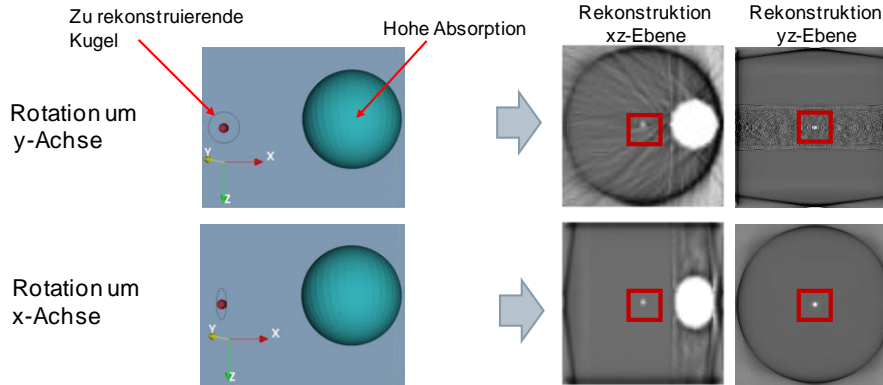
Einfaches Beispiel: Rekonstruktion eines Rechtecks

- Exakte Rekonstruktion mit nur 2 Projektionen möglich (Parallelstrahl)
- Projektionsrichtung muss entlang der Kanten orientiert sein



Auswahl der "richtigen" Projektionen relevant

## Warum objektspezifische Trajektorien?



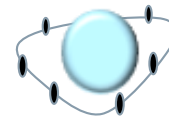
In Bereichen mit hoher Abschwächung dominiert Streuung und Rauschen  
 ➤ Vermeide Ansichten mit hoher Absorption

Auswahl der "richtigen" Projektionen relevant

## Algorithmus

**Ziel: Finde optimale Aufnahmegeometrie ausgehend von CAD Datensatz**

➔ CT Rekonstruktion mit Objektspezifischen Erweiterten Trajektorien



### Workflow:



## Rekonstruktion in der CT

### Gefilterte Rückprojektion (FBP)

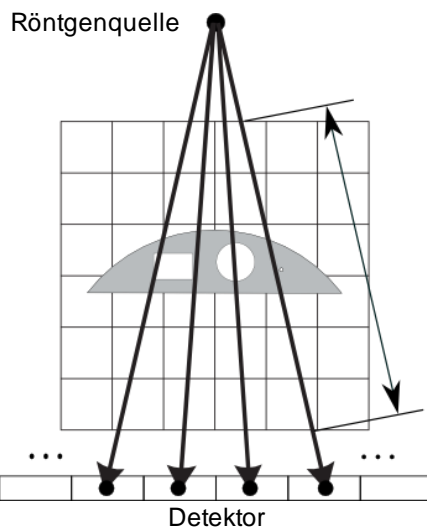
- Standardverfahren
- Schnell
- Exaktes, analytisches Verfahren bei vollständigem Datensatz
- Ineffektiv bei unvollständigen Daten

### Iterative Algorithmen



- Beschreibung der Rekonstruktion als lineares Gleichungssystem
- Langsamer, aber häufig bessere Bildqualität
- Flexibel im Einbau zusätzlicher Bedingungen (Vorwissen)
- Große Bandbreite an verschiedenen Methoden, z. B. statistisch (**ML**) oder algebraisch (**S**imultaneous **A**lgebraic **R**econstruction **T**echnique, **SART**)
- keine Einschränkung für Rekonstruktionsparameter (Trajektorie)

## Iterative Rekonstruktion



Iterative Rekonstruktion löst bestmöglich:

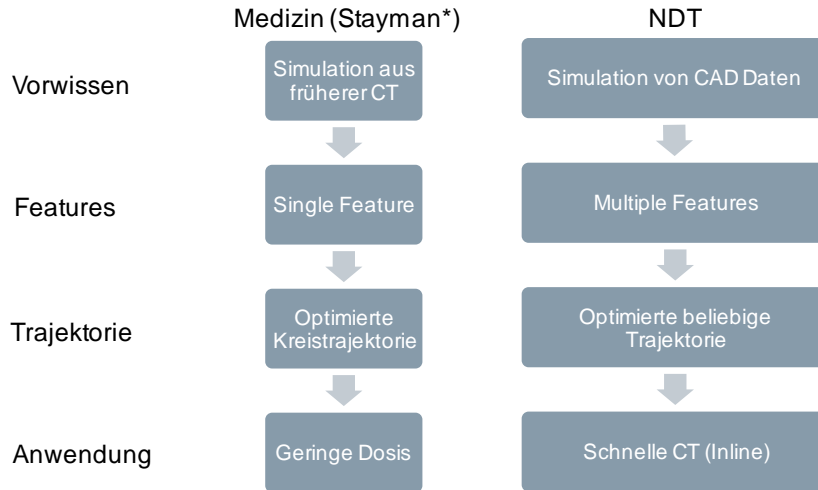
$$Af = p$$

- $A$ : System Matrix (Geometrie)
- $f$ : Rekonstruiertes Objekt
- $p$ : Gemessene Projektionen

Unser Ansatz:  
Anstatt Rekonstruktion zu optimieren,  
optimiere System Matrix.

## Vergleich unseres Algorithmus Medizin – NDT

SIEMENS



\* Gang, G., Stayman, J., Zbijewski, W., Siewerdsen, J. (2013). SU-F-500-03: Modeling Nonstationary Noise and Task-Based Detectability in CT Images Computed by Filtered Backprojection and Model-Based Iterative Reconstruction. *Medical Physics*. 40(6). 363–363.

Page 9

2015

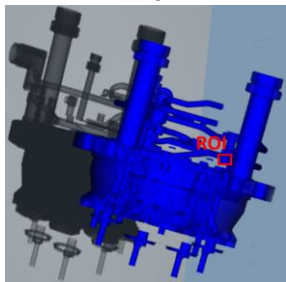
Dr. Michael Schrapp, CT RTC SET INT-DE

Unrestricted© Siemens AG 2014. All rights reserved

## Testobjekte

SIEMENS

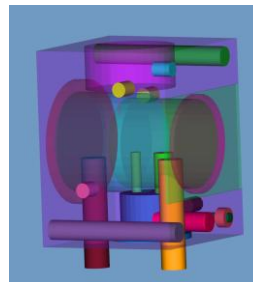
### Stahlobjekt



Single Features

- Aufgabe: Rekonstruiere ROI
- Herausforderung: Begrenzte Durchstrahlbarkeit

### Aluminiumwürfel



Multiple Feature

- Aufgabe: Rekonstruktion aller Würfelseiten
- Herausforderung: Dimensionelles Messen

Page 10

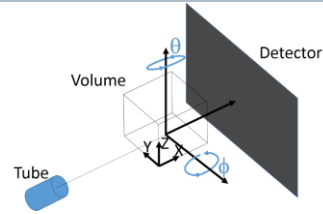
2015

Dr. Michael Schrapp, CT RTC SET INT-DE

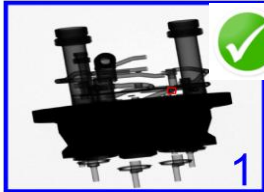
Unrestricted© Siemens AG 2014. All rights reserved

### Stahlobjekt: Bestimmung optimaler Richtungen

Berechnung einer **Detectability Map** für alle Winkelanordnungen ausgehend von CAD Daten.



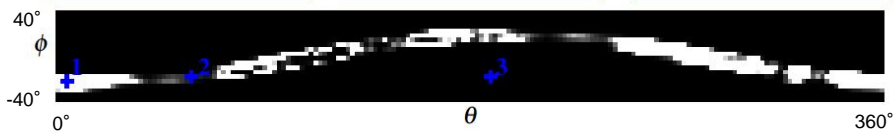
Gute Durchstrahlung



Mittlere Durchstrahlung

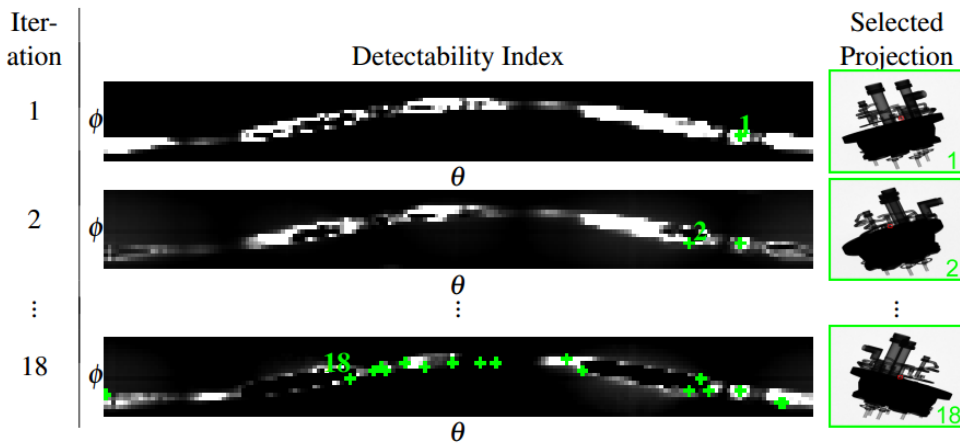


Schlechte Durchstrahlung



### Optimierte Trajektorie

Auswahl von **18** optimalen Projektionen

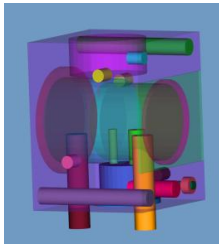


## Ergebnisse Aluminiumwürfel, Simulation

### Multiple Features:

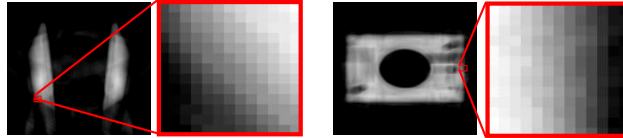


Aluminiumwürfel

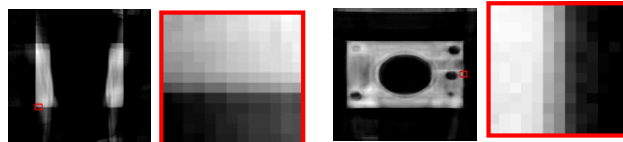


CAD Datensatz

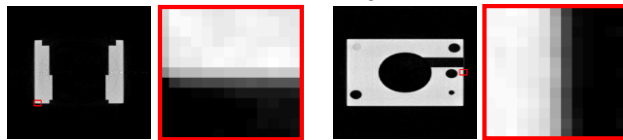
### Kreis, 6 Projektionen



### Optimiert, 6 Projektionen



### Kreis, 1080 Projektionen



## Zusammenfassung

### Ziel:

- Schnellere Projektionsaufnahme und Rekonstruktion
- Verbesserte Bildqualität

### Algorithmus:

- Objektspezifische beliebige Trajektorien
- Vorwissen aus CAD Daten
- Definition von (Multiple) Features
- Anschließend: Iterative Rekonstruktion

### Ergebnis:

- Qualitative und Quantitative Verbesserung der Bildqualität im Vergleich zu Kreistrajektorie bei gleicher Projektionszahl.

### Vorteil:

- Vorwissen (CAD Daten) fließen nicht in der Rekonstruktion ein, d.h. Ergebnis besteht ausschließlich aus Messdaten.