



Doctoral Thesis

## Compact X-ray grating interferometry for phase and dark-field computed tomography in the diagnostic energy range

**Author(s):**

Thüring, Thomas

**Publication Date:**

2013

**Permanent Link:**

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-010008147> →

**Rights / License:**

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).



Eidgenössische Technische Hochschule Zürich  
Swiss Federal Institute of Technology Zurich

Diss. ETH No. 21321

# Compact X-ray grating interferometry for phase and dark-field computed tomography in the diagnostic energy range

A dissertation submitted to  
ETH Zurich

for the degree of  
Doctor of Science

presented by

**Thomas Thüring**

MSc., ETH Zurich

born 22<sup>th</sup> February 1983

citizen of Lucerne, Switzerland

Examiner: Prof. Dr. Marco Stampanoni

Co-examiner: Dr. Christian David

Co-examiner: Prof. Dr. Paola Coan

Co-examiner: Prof. Dr. Hans Hertz

2013

---

## Abstract

Grating interferometry is an emerging X-ray imaging technique and has in recent years become increasingly popular, as it provides two additional and complementary images, a phase-contrast and a dark-field-contrast image, in addition to the conventional attenuation-based image. It has been demonstrated that phase-contrast images can provide considerably improved contrast over absorption images, for instance in soft tissue of biological samples. The technique is well established on X-ray sources which provide high beam coherence, like synchrotrons, but has also been applied on laboratory arrangements with conventional X-ray tubes. In the latter case, imaging systems have mainly been limited by two aspects. Firstly, they have been incompatible with short source-to-detector distances ( $< 0.5$  m). Secondly, the achievable design energy has been limited to approximately 50 keV, since technical limitations of grating manufacturing methods have prevented the use of higher energies.

In this work, the application of grating interferometry on compact imaging systems is presented. This has considerable impact on the range of applications. Compact grating interferometry enables phase-contrast and dark-field-contrast imaging on commercial micro CT systems, which provide high resolution 3D imaging of specimen with a relatively large field of view. Based on a commercial product, a prototype micro CT scanner was built with a source-to-detector distance of only 340 mm.

Based on a new grating-design approach, it is further demonstrated how grating interferometry can be applied at arbitrary design energies in the diagnostic energy range. Imaging in the high diagnostic energy range enables examinations of materials of higher density or thickness, like metals or electronic chips.

As intermediate steps, several other aspects were addressed, including the optimization of system performance, the development of image processing methods, the optimization of the source and detector system and the development of experimental arrangements.

---

## Zusammenfassung

Gitterinterferometrie ist eine neue, bildgebende Technik mit Röntgenstrahlen und hat in vergangener Zeit an Popularität dazugewonnen, da sie zusätzlich zum konventionellen Röntgenbild zwei weitere Bilder, ein Phasen- und ein Dunkelfeldbild, liefert. Es wurde gezeigt, dass das Phasensignal in gewissen Fällen höheren Bildkontrast liefert im Vergleich zum Absorptionssignal, zum Beispiel bei Weichteilen von biologischen Proben. Mit Synchrotronstrahlung ist Gitterinterferometrie aufgrund der hohen Strahlkoherenz inzwischen sehr etabliert. Andererseits wurde auch gezeigt, dass die Technik auf konventionellen Röntgenröhren anwendbar ist. Im zweiten Falle gibt es jedoch einige Einschränkungen. Erstens wurde die Methode bisher nie auf kompakten Systemen angewandt, da dies zu Schwierigkeiten führt. Zweitens war man bisher beschränkt auf Röntgenenergien bis maximal 60 keV, da höhere Energien zu technischen Schwierigkeiten in der Gitterherstellung geführt haben.

In dieser Arbeit wird gezeigt wie Gitterinterferometrie auf kompakte Systeme übertragen werden kann. Dies hat erhebliche Auswirkungen auf die Anwendungsmöglichkeiten der Technik. Gitterinterferometrie auf kompakten Systemen ermöglicht Phasen- und Dunkelfeldbildung mit kommerziellen Mikro-CT Geräten und dadurch hochaufgelöste 3D Bildgebung mit grossem Sichtfeld. Basierend auf einem kommerziellen System wurde ein Prototyp entwickelt, bei dem die Gesamtlänge von Quelle zu Detektor nur 340 mm beträgt.

Anhand eines neuartigen Ansatzes zur Gitterherstellung wird ausserdem gezeigt, wie die Technik auf beliebige Energien im diagnostischen Energiebereich anwendbar ist. Bildgebung mittels höheren Energien ermöglicht die Untersuchung von Materialien mit höherer Dichte oder Dicke wie zum Beispiel Metalle oder elektronische Chips.

Als Zwischenschritte wurden weitere Aspekte untersucht, die sich auf die Optimierung der Systemleistung, die Entwicklung von Bildverarbeitungsmethoden, die Optimierung von Röntgenquelle und Detektor und die Entwicklung von experimentellen Aufbauten beziehen.