



Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg
Medizinische Fakultät Mannheim
Dissertations-Kurzfassung

**Automatic interventional Imaging for the Parametrisation of
Vascular Structures**

Autor: Christian Tönnies
Institut / Klinik: Computer Assisted Clinical Medicine
Doktorvater: Prof. Dr. F. G. Zöllner

Robotic computer tomography systems offer a wide range possibilities for non-circular and patient specific trajectories. These could reduce metal artifacts, improve the image quality or increase the available space for the practitioners. But every trajectory needs to be calibrated to reconstruct the CT image. There are two main approaches, an offline calibration uses a special phantom that has to be imaged before the patient and the online calibration where the trajectory is calibrated with the images acquired from using a prior CT image.

In chapter 5, a method for calibrating arbitrary CBCT trajectories (FORCASTER) is developed. It detects and matches feature points in simulated projections and acquired projections. These paired feature points are then used to correct the projection parameters by directly calculating the correction factor or with a minimization algorithm, which is also presented in this part. To simulate projections a prior image of the object is needed, but it is also shown that this calibration functions if the prior image has some differences compared to the object that is currently imaged. The FORCASTER algorithm achieves similar calibration results when compared to state-of-the-art algorithms.

The following chapter 6 introduces FORCAST-EST, an extension for the FORCASTER algorithm, which estimates the starting parameters for the calibration. This allows the calibration of trajectories that come without positional and rotational data for the individual projections. It simulates projections in a grid and then compares every acquired projection to the grid, first in a coarse search and then in the surrounding of the best matches. The estimates are sufficient to calibrate the trajectory with a similar accuracy as FORCASTER using the regular starting parameters recorded by the CBCT system.

In chapter 3 of this thesis, an algorithm for detecting arteries in dynamic contrast enhanced MRI images is presented. Through thresholding, flood fill and morphological operations, a mask for the artery at the time point where the initial wave of contrast agent arrives is created. The process is deterministic and independent of the user experience. Since the annotation of the artery has a strong impact on the calculated perfusion values, helps this algorithm with reproducibility and comparability of perfusion imaging.

The chapter 4 presents a web-based MRI image generator for teaching students. It allows the students to choose different sequences and set the relevant parameters, and they can then see how it changes the resulting MRI image. The software runs completely inside the browser and is open source (<https://github.com/ChristianToennes/VirtMRI>).

The presented work show algorithms that help in the imaging process by improving reproducibility and comparability or in reconstructing CBCT volumes.

Robotische Computertomographen bieten eine Vielzahl von Möglichkeiten für nicht-zirkuläre und patientenspezifische Trajektorien. Diese können Metallartefakte reduzieren, die Bildqualität verbessern oder den im Interventionsraum zur Verfügung stehenden Platz vergrößern. Aber jede Trajektorie muss kalibriert werden bevor das CT-Bild rekonstruiert werden kann. Es gibt zwei Hauptansätze: die Offline-Kalibrierung, bei der ein spezielles Phantom verwendet wird, und die Online-Kalibrierung, in der die Trajektorie mit einem vorherigen CT Bild des Patienten kalibriert wird.

Im Kapitel 5 wird eine Kalibrierung für beliebige CBCT-Trajektorien entwickelt. Er erkennt und gleicht Merkmalspunkte in simulierten Projektionen und erworbenen Projektionen ab, um die Differenz zu minimieren, die dann die korrekten Parameter für die Projektion ergibt. Dies erfordert ein vorheriges Bild des Objekts, aber es wird auch gezeigt, dass die Kalibrierung auch dann funktioniert, wenn das vorherige Bild mehrere Unterschiede im Vergleich zum Objekt aufweist, wenn es mit der zu kalibrierenden Trajektorie abgebildet wurde.

Im darauffolgenden Kapitel 6 wird eine Erweiterung des FORCASTER-Algorithmus vorgestellt, die die Startparameter für die Kalibrierung schätzt. Dies ermöglicht die Kalibrierung von Trajektorien, die ohne Positions- und Rotationsdaten für die einzelnen Projektionen vorliegen. Der Algorithmus simuliert Projektionen in einem Gitter und vergleicht dann jede aufgenommene Projektion mittels markanter Punkten mit diesem Gitter, erst einer groben Schrittweite, dann in den Umgebung zu den besten Funden. Diese Schätzungen reichen aus, um die Trajektorie mit einer ähnlichen Genauigkeit zu kalibrieren wie FORCASTER mit den regulären Startparametern, die vom CBCT-System aufgezeichnet werden.

Kapitel 3 dieser Arbeit stellt ein Algorithmus zur Erkennung von Arterien in dynamischen kontrastverstärkten MRT-Bildern vor. Durch Schwellenwertbildung, Flutung und morphologische Operationen wird eine Maske für die Arterie erstellt. Der Prozess ist deterministisch und unabhängig von der Erfahrung des Anwenders. Da die Annotierung der Arterie einen starken Einfluss auf die berechneten Perfusionswerte hat, hilft dieser Algorithmus der Reproduktion und der Vergleichbarkeit von Perfusionsbildgebung.

In Kapitel 4 wird ein webbasiertes MRT für die Ausbildung von Studenten vorgestellt. Die Student*innen können verschiedene Sequenzen auswählen und die entsprechenden Parameter einstellen, um dann festzustellen wie sich das MRT-Bild verändert. Die Software läuft vollständig innerhalb des Browsers und ist quelloffen (<https://github.com/ChristianToennes/VirtMRI>).

Die vorgestellte Arbeit zeigt Algorithmen, die bei der Bildgebung helfen, indem sie die Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit oder die Rekonstruktion von CBCT-Bildern verbessern.