Shara Kalthoff
Dr. sc. hum.

Exakte Berechnung der Flächengewichte für die algebraische Rekonstruktion (ART)

Fach/Einrichtung: Medizinische Biometrie u. Informatik
Doktormutter: Prof. Dr. Diana Schmidt

In dieser Arbeit habe ich untersucht, ob die exakten Gewichtskoeffizienten für die algebraische Rekonstruktion (ART) mit angemessenem Aufwand berechnet, gespeichert und wiederaufgefunden, d.h. verwendet, werden können. Dazu habe ich zusätzlich die Hypothesen formuliert, dass die algebraische Rekonstruktion mit den exakten Gewichtskoeffizienten weniger Iterationen oder weniger Projektionen benötigt um ein gegebenes Qualitätsmaß zu erreichen und die Rekonstruktionsergebnisse deutlich besser sind als wenn die annähernd berechneten Gewichtskoeffizienten verwendet werden.

Des Weiteren habe ich untersucht, ob die algebraische Rekonstruktion mit den exakten Gewichtskoeffizienten gleichwertige oder bessere Rekonstruktionsergebnisse liefert als die gefilterte Rückprojektion.

Um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen, habe ich die Verfahren zur Berechnung der Gewichtskoeffizienten, d.h. binäre Gewichtung, Liniengewichtung und exakte Gewichtung, sowie die algebraische Rekonstruktion implementiert. Alle implementierten Module wurden mit Hilfe von Modultests gegen ihre spezifizierte Funktion getestet und die Laufzeiten gemessen.

Die Laufzeitanalyse zeigte, dass die Laufzeiten aller drei Gewichtungsverfahren in derselben Komplexitätsklasse liegen. Während der Tests benötigte allerdings die Berechnung der exakten Gewichtskoeffizienten etwas länger als die Berechnung der binären Gewichtskoeffizienten oder der Liniengewichtskoeffizienten. Mit zunehmender Bildgröße und Projektionenzahl nahm auch der Unterschied zwischen den Laufzeiten zu, weil für die exakte Gewichtung mehr Gewichtskoeffizienten berechnet werden. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass sämtliche Gewichtskoeffizienten nur einmal berechnet werden und daher diese Laufzeitunterschiede im Vergleich zur Gesamtlaufzeit der algebraischen Rekonstruktion unbedeutend sind.

Der Speicherbedarf für die exakten Gewichtskoeffizienten ist etwas größer als bei den annähernd berechneten Koeffizienten, da wesentlich mehr Pixel ein Gewicht bekommen.

Die Tests konnten die aufgestellten Hypothesen nur teilweise bestätigen. Für mehr als 90 Projektionen liefert die algebraische Rekonstruktion mit den exakten Gewichtskoeffizienten immer bessere Rekonstruktionsergebnisse als wenn die Gewichtskoeffizienten der binären Gewichtung oder Liniengewichtung verwendet werden. Allerdings sind teilweise die Unterschiede zwischen den Rekonstruktionsergebnissen der jeweiligen Gewichtungsverfahren nicht sehr groß. Für weniger als 90 Projektionen kann nicht mehr allgemein gesagt werden, mit welchem Gewichtungsverfahren die algebraische Rekonstruktion bessere Rekonstruktionsergebnisse erzielt. Dies ist abhängig von der Projektionenzahl, von der Anzahl an Iterationen, dem Rauschen und dem zugrunde liegenden Objekt.

Beim Vergleich zwischen der algebraischen Rekonstruktion und der gefilterten Rückprojektion konnte festgestellt werden, dass bei idealen, unverrauschten Daten die algebraische Rekonstruktion mit deutlichen weniger Projektionen bessere Rekonstruktionsergebnisse erzielt als die gefilterte Rückprojektion. Bei realen Daten sind die Rekonstruktionsergebnisse der gefilterten Rückprojektion scheinbar besser. Jedoch konnte gezeigt werden, dass mit Hilfe einer Verschiebung des Grauwertbereiches, die Rekonstruktionsqualität der algebraischen Rekonstruktion deutlich verbessert wurde, so dass die Rekonstruktionsergebnisse (mindestens) genauso gut sind wie die der gefilterten Rückprojektion.

Die Laufzeitanalyse zeigte, dass die Laufzeiten der algebraische Rekonstruktion und der gefilterten Rückprojektion in derselben Komplexitätsklasse liegen. In der realen Implementierung ist die algebraische Rekonstruktion jedoch deutlich langsamer als die gefilterte Rückprojektion. Durch geeignete Implementierung und Optimierungen (Portierung auf einen Grafikprozessor (GPU), Parallelisierung, ...) kann jedoch die Laufzeit der algebraischen Rekonstruktion reduziert werden.

Insgesamt beweist diese Arbeit, dass es möglich ist, die exakten Gewichtskoeffizienten für die algebraische Rekonstruktion mit angemessenem Aufwand zu berechnen, zu speichern und zu verwenden. Die Rekonstruktionsergebnisse der algebraischen Rekonstruktion sind ebenbürtig mit denen der gefilterten Rückprojektion, wenn die algebraische Rekonstruktion richtig angewendet wird. Hierbei beeinflusst nicht nur die Berechnung der exakten Gewichtskoeffizienten das Rekonstruktionsergebnis, sondern auch die richtige Wahl des Relaxationsparameters und die Verschiebung des Grauwertbereiches.