

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Material	7
2.1 Notation der Datensätze	7
2.2 Dreidimensionale simulierte Testdatensätze	8
2.3 Zweidimensionale reale Testdatensätze	9
2.4 Dreidimensionale reale Testdatensätze	11
3 Grundlagen der Computertomographie	15
3.1 Röntgenstrahlung	18
3.2 Zweidimensionale Aufnahmen	20
3.2.1 Aufnahmegenerationen	20
3.2.1.1 Erste Generation	21
3.2.1.2 Zweite Generation	22
3.2.1.3 Dritte Generation	22
3.2.1.4 Vierte Generation	23
3.2.2 Radontransformation	24
3.3 Dreidimensionale Aufnahme	26
3.4 Bildrekonstruktion	28
3.4.1 Fourier-Scheiben-Theorem	29
3.4.2 Gefilterte Rückprojektion	30
3.5 Einflüsse auf die Bildqualität	34
3.5.1 Inkonsistente Daten	35
3.5.2 Rauschen	37
3.5.3 Strahlauflösung	37
3.5.4 Streuung	39
3.5.5 Partialvolumeneffekte	40
3.5.6 Bewegung	41
3.5.7 Metalle	41
4 Klassische Bildbewertungen in der Computertomographie	43
4.1 Stand der Forschung	44

4.1.1	Distanzmaße	45
4.1.2	Auswertung interessanter Bildregionen	47
4.1.3	Expertenbefragung	48
4.1.4	Automatische Bewertung ohne Referenz	49
4.2	Referenzbasierte Vergleichsmethoden	50
4.2.1	Summe quadrierter Differenzen	52
4.2.2	Relativer Fehler	53
4.2.3	Normalisierte absolute Distanz	53
4.2.4	Mittlere strukturelle Ähnlichkeit	54
4.3	Referenzlose Vergleichsmethode: Expertenbefragung	55
4.3.1	Betrachtete Testvarianten	56
4.3.1.1	Likert-Skala	56
4.3.1.2	Eins-Aus-Zwei-Test	57
4.3.1.3	Prozentuale Einstufung	58
4.3.2	Richtlinien für Teilnehmer der Befragung	59
5	Automatische Bildbewertungen in der Computertomographie	63
5.1	Referenzlose Evaluation durch Just Noticeable Blur	64
5.1.1	Idee des Just Noticeable Blur	64
5.1.2	Referenzlose Just-Noticeable-Blur-Metrik	66
5.2	Referenzlose Evaluation durch Vorwärtsprojektion	70
5.2.1	Ausnutzung einer Vorwärtsprojektion	72
5.2.2	Referenzlose Metrik durch Vorwärtstransformation	73
5.2.3	Potenzielle Probleme	78
5.2.3.1	Inhärenter Fehler	79
5.2.3.2	Abgeschnittene Projektionen	79
5.2.3.3	Kegelstrahlproblem für dreidimensionale Daten	81
6	Ergebnisse und Diskussion der Bildbewertungen	83
6.1	Ergebnisse der Expertenbefragung	83
6.1.1	Auswertungen der Testdaten	84
6.1.2	Aufgetretene Probleme	90
6.2	Vergleich zwischen Metriken und Experten	93
6.3	Bewertung der potenziellen Probleme	99
6.3.1	Inhärenter Fehler	100
6.3.2	Abgeschnittene Projektionen	101
6.3.3	Kegelstrahlproblem für dreidimensionale Daten	102
7	Klassische Metallartefaktreduktion	105

7.1	Stand der Forschung	106
7.1.1	Eindimensionale Interpolationsverfahren	106
7.1.2	Höherdimensionale Interpolationsverfahren	107
7.1.3	Integration von datenbasiertem Vorwissen	107
7.1.4	Normalisierung der Rohdaten	108
7.1.5	Bildbasierte Verfahren	108
7.1.6	Modifizierte Bildrekonstruktionen	109
7.1.7	Kombination verschiedener Verfahren	110
7.2	Segmentierung metallbeeinflusster Rohdaten	111
7.3	Vergleichsverfahren zur Metallartefaktreduktion	115
7.3.1	Datenbasierte Vorverarbeitung	115
7.3.2	Kombination verschiedener Projektionswerte	117
7.3.3	Eindimensionale Splineinterpolationen	119
8	Fourier-basierte Metallartefaktreduktion	123
8.1	Idee der Fourier-basierten Metallartefaktreduktion	124
8.2	Schnelle, nichtäquidistante inverse Fouriertransformation	126
8.3	Schnelle, nichtäquidistante Fouriertransformation	131
8.4	Höherdimensionale Datenneubestimmung	132
8.5	Randbehandlung	134
8.5.1	Datenbasierte Randbehandlung	138
8.5.2	Verwendung nichtäquidistanter Kosinustransformationen	138
8.5.2.1	Diskrete Kosinustransformation	139
8.5.2.2	Schnelle, nichtäquidistante Kosinustransformation	140
8.6	Integration von Vorwissen	142
8.6.1	Analytische Dämpfung	143
8.6.2	Datenbasierte Dämpfung	143
8.7	Bildrekonstruktion mit Metallartefaktreduktion	147
9	Ergebnisse und Diskussion der Metallartefaktreduktionen	151
9.1	Konvergenz der iterativen Fouriertransformation	151
9.2	Evaluation der Randbehandlungen	153
9.3	Vergleich der Artefaktreduktionen	155
9.3.1	Vergleich im Radonraum	157
9.3.1.1	Eindimensionale Ergebnisse	159
9.3.1.2	Zweidimensionale Ergebnisse	167
9.3.1.3	Dreidimensionale Ergebnisse	174
9.3.1.4	Zusammenfassung für den Radonraum	184
9.3.2	Vergleich im Bildraum	184

9.3.2.1	Eindimensionale Ergebnisse	185
9.3.2.2	Zweidimensionale Ergebnisse	191
9.3.2.3	Dreidimensionale Ergebnisse	199
9.3.2.4	Zusammenfassung für den Bildraum	205
10	Zusammenfassung und Ausblick	209
Literaturverzeichnis		213