

Christina Natalie Denig  
Dr. med. dent.

## **Klinische Prüfung des Tomosynthese-Röntgenverfahrens in der Zahnmedizin**

Geboren am 16.11.1971 in Grünstadt  
Reifeprüfung am 27.6.1992 in Grünstadt  
Studiengang der Fachrichtung Zahnmedizin vom SS 1993 bis SS 1998  
Physikum am 4.10.1995 an der Universität Heidelberg  
Staatsexamen am 4.8.1998 an der Universität Heidelberg

Promotionsfach: Mund-Zahn-Kieferheilkunde  
Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. med. Dr. med. dent. S. Haßfeld

In dieser Dissertation wurde die klinische Erprobung des Verfahrens digitale Tomosynthese mit Hilfe eines im Auftrag der Firma Sirona (Bensheim) vom Centre for Dental Innovations (CDI, Bensheim) entwickelten extraoralen Röntgengerät-Prototypen beschrieben. Diesem Prinzip liegt zugrunde, dass mit einer begrenzten Anzahl an Einzelaufnahmen, die aus verschiedenen Projektionsrichtungen angefertigt werden, beliebig viele Schichtbilder von der entsprechenden Region hergestellt werden können. Dabei werden Objekte der darzustellenden Schicht durch Verschiebung der Einzelprojektionen während der Rekonstruktion zur Deckung gebracht, so dass sie scharf abgebildet werden, während Strukturen außerhalb der Fokalebene aufgrund der Abtastgeometrie nur verschwommen erscheinen (zirkuläre Verwischung). Im Vergleich zur konventionellen Tomographie, bei der nur eine einzelne Schicht scharf abgebildet werden kann, liefert die Tomosynthese neben der Vielschichtung noch den Vorteil der Möglichkeit zur dreidimensionalen Darstellung bei vergleichsweise niedriger Patientendosis. Es wurde eine zirkuläre Abtastgeometrie mit 24 Projektionen bei einem Tomosynthesewinkel von  $22^\circ$  verwendet. Die Aufnahme bei 60 kV und 7 mA dauerte ca. 40 Sekunden (davon 9,6 Sekunden Expositionszeit), während für die anschließende Rekonstruktion ca. 7 Minuten benötigt wurden. Die Auflösung des Systems betrug 5 Lp/mm, und es konnte eine Schichtdicke von 1 mm realisiert werden. Im Rahmen der Studie wurden insgesamt 43 Aufnahmen an 42 Patienten im Zeitraum von November 1998 bis Januar 2000 angefertigt. Die untersuchten Aufnahmelokalisationen erstreckten sich vom Kiefergelenk über den Kieferwinkel bis hin zu den Zähnen des Ober- und Unterkiefers mit entsprechend weit gefächertem, inhomogenem Indikationsfeld, das sowohl pathologische Prozesse im Bereich der Zähne (periapikale Ostitiden, Zysten und Abszesse), als auch Veränderungen im Bereich des Kiefergelenks (Frakturen des Collums, Formveränderungen des Caput mandibulae) abdeckte. Eine Aufnahme lieferte kein und weitere 11 Röntgenbilder durch Artefakte und Fehlpositionierung nur mangelhaft auswertbares Bildmaterial.

Im Anschluss wurden die Schichtbilder mit Hilfe eines Fragebogens von 10 radiologisch erfahrenen Zahnärzten beurteilt. Zum einen wurde eine ROC-Analyse durchgeführt, die eine Sensitivität von 71% bei einer Spezifität von 49% ergab. Die Fläche unter der ROC-Kurve betrug 81,8%. Zum anderen wurden die Einzelaufnahmen bezüglich der jeweils interessierenden anatomischen Strukturen benotet. Die durchschnittliche Bewertung belief sich auf 3,59. Bei Nichtberücksichtigen der durch Fehlpositionierung der Strahler-Sensor-Einheit oder Metallartefakte unbrauchbare Bilder war der Mittelwert 3,14. Dabei erzielten vorwiegend Kiefergelenks- und Kieferwinkel-aufnahmen, sowie laterale Schichtbilder der Unterkieferseitenzähne gute bis zufriedenstellende Ergebnisse. Für Transversalaufnahmen sollte die korrekte Patientenpositionierung weiter evaluiert werden, da die bisherigen Ergebnisse noch nicht zufriedenstellend waren. Mit einer stärkeren Strahlerleistung sollten Lateralaufnahmen

der Oberkiefer-Frontzähne, sowie transversale Schichtbilder der Seitenzähne und des Kiefergelenks zukünftig besseres Bildmaterial liefern.

Ein weiterer Aspekt der Studie war, ob eine digitale Nachbearbeitung im Sinne einer Helligkeits- und Kontrastregulierung Einfluss auf die Bildqualität nehmen konnte. Dabei erzielten die einfache Kontrastzunahme und die kombiniert Helligkeits- und Kontrast-erhöhung die besten Ergebnisse. Letztlich fand ein Vergleich der durch Metallartefakt-reduktion bearbeiteten Schichtbilder mit den entsprechenden Ausgangsaufnahmen statt, welcher signifikant bessere Ergebnisse ( $p < 0,03$ ) für die korrigierten Bilder ergab. Ziel weiterer Untersuchungen sollte es sein, das Verfahren Tomosynthese in Relation zu anderen bildgebenden Systemen zu testen, da die bislang gewonnenen Ergebnisse ohne einen direkten Vergleich kaum objektivierbar sind.

Großes Potential hat das Verfahren aufgrund seines Strahlengangs bei allen von intraoral unzugänglichen Regionen (Kiefergelenk, Kieferwinkel, Darstellung retinierte unterer Weisheitszähne bzw. von Speichelsteinen). Die nach Abschluss der Studie entwickelten alternativen Filteransätze versprechen in Zukunft noch eine verbesserte Röntgenbildqualität, wobei die neue Darstellungsform (Animation der einzelnen Schichtbilder in schneller Abfolge) sehr stark zur räumlichen Orientierung (3D) des Betrachters beiträgt. Die ersten Erfolge auf dem Gebiet der Metallartefakteliminierung zur Reduktion der Metallnah- und -fernartefakte sollten weiter ausgebaut und automatisiert werden. Zudem muss durch softwaretechnische Glättungsverfahren eine Diagnostik im Bereich von Füllungsändern (Sekundärkaries, Randspalt) ermöglicht werden.

Langfristiges Ziel nach Abschluss dieser Studie ist es, ein Gerät zu entwickeln, das Aufnahmen der gesamten Kiefer ermöglicht und somit eine gute Alternative zur Computertomographie darstellen könnte, sofern sich Strahlenbelastung für den Patienten, sowie Anschaffungskosten für den Arzt in einem angemessenen Rahmen bewegen und eine Optimierung bezüglich der Bildqualität erreicht werden kann.