

Universitätsklinikum Ulm  
Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie  
Leiter Prof. Dr. Dr. S. Haase

**Qualitätssicherung von digitalen Zahnfilmen**  
**Umsetzung von Rechtfertigung und Dosiseinsparung in der**  
**Dento-maxillo-facialen Radiologie**

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades  
der Zahnmedizin  
der Medizinischen Fakultät  
der Universität Ulm

Flurina Hellstern  
Ilanz/Schweiz

2011

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Thomas Wirth

1. Berichterstatter: PD Dr. M.-A. Geibel

2. Berichterstatter: PD Dr. M. Scheithauer

Tag der Promotion: 17.11.2011

**Meiner lieben Familie**

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>III</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Fragestellung .....	4
<b>2 Material und Methoden .....</b>	<b>6</b>
2.1 Materialauswahl .....	6
2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	7
2.1.2 Datenerhebung und Statistik.....	7
2.2 Evaluation.....	9
2.2.1 Untersuchung der Dokumentation .....	9
2.2.2 Untersuchung der Bildqualität.....	13
2.2.3 Konstanzprüfung.....	20
2.3 Verwendete Geräte.....	22
2.3.1 Intraorale digitale Röntgensysteme.....	22
2.3.2 Intraorale Sensoren .....	25
2.3.3 Befundungsmonitor .....	26
2.3.4 Software.....	27
<b>3 Ergebnisse.....</b>	<b>28</b>
3.1 Bilderkollektiv .....	28
3.2 Untersuchung der Dokumentation .....	31
3.2.1 Dokumentation der Rechtfertigenden Indikation .....	32
3.2.2 Dokumentation des erhobenen Befundes.....	35
3.2.3 Dokumentation sonstiger Informationen .....	38
3.3 Untersuchungen der Bildqualität.....	41
3.3.1 Darstellung anatomischer Strukturen.....	41
3.3.2 Gesamteindruck der Bildqualität .....	44
3.3.3 Bildqualität in Abhängigkeit von Einstellungen.....	50
3.4 Konstanzprüfung .....	60

---

<b>4</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>61</b>
<b>4.1</b>	<b>Diskussion der Methodik.....</b>	<b>61</b>
4.1.1	Untersuchung der Dokumentation .....	61
4.1.2	Untersuchung der Bildqualität.....	62
4.1.3	Konstanzprüfung.....	67
<b>4.2</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse .....</b>	<b>68</b>
4.2.1	Untersuchung der Dokumentation .....	68
4.2.2	Untersuchung der Bildqualität.....	73
4.2.3	Konstanzprüfung.....	81
<b>4.3</b>	<b>Fazit.....</b>	<b>83</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>85</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>87</b>
<b>7</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>98</b>
<b>8</b>	<b>Lebenslauf .....</b>	<b>99</b>

## Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung
Abs.	Absatz
ALARA	As Low As Reasonably Achievable
bzw.	Beziehungsweise
CCD	Charge-coupled Device
cd/m <sup>2</sup>	Leuchtdichte
cm	Zentimeter
CRT	Cathode Ray Tube
d.h.	Das heißt
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DIN	Deutsches Institut für Normung
e.V.	Eingetragener Verein
EN	Europäische Norm
ERPET	European Radiation Protection Education and Et cetera
etc.	
EU	Europäische Union
EURATOM	European Atomic Energy Community Europäische Atomgemeinschaft
Gr.	Größe
ICRP	International Commission on Radiological Protection
IEC	International Electrotechnical Commission
ISO	International Organisation for Standardisation
Kap.	Kapitel
KV	Kilovolt (Spannung)
LCD	Liquid Crystal Display
lp/mm	Linienpaare pro Millimeter
mA	Milliampere (Strom-Zeit-Produkt)
MKG	Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie
mm	Millimeter

MTRA	Medizinisch Technische(r) Radiologieassistent(in)
n	Fallzahl
N°	Nummer
OK	Oberkiefer
ppm	Parts per million
PSA	Panoramaschichtaufnahme
PSI	Parodontaler Screening Index
QM	Qualitätsmanagement
RI	Rechtfertigende Indikation
RöV	Röntgenverordnung
s	Sekunde
SOP	Standard operation procedure
StrSchV	Strahlenschutzverordnung
Tab.	Tabelle
UK	Unterkiefer
VDE	Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
μSv	Mykrosievert
"	Inch (Zoll)

# 1 Einleitung

Das System des Strahlenschutzes baut laut der Internationalen Strahlenschutzkommission (ICRP) auf den Grundsätzen Rechtfertigung, Dosisbegrenzung und Minimierung auf.

Das Prinzip der Rechtfertigung beinhaltet, dass der Nutzen bei der Anwendung ionisierender Strahlen gegenüber dem Schaden überwiegt. Zur Minimierung der Dosis wird eine Anwendung des ALARA- Prinzips „As Low As Reasonably Achievable“ proklamiert. Hierbei ist das Ziel den Patienten einer Dosis auszusetzen, die so gering wie möglich und nur so hoch wie nötig ist (Bundesamt für Strahlenschutz 2004, Van der Stelt 2005).

Auch die Röntgenverordnung (RöV) schreibt in §2b und c vor, dass die Dosis so klein wie möglich gehalten werden muss und der Verantwortliche dazu verpflichtet ist, jede unnötige Strahlenexposition zu verhindern (Bundesministerium 2003).

In der novellierten Röntgenverordnung werden die Richtlinien 96/29/Euratom (Grundnorm) und 97/43/Euratom (Patientenschutzrichtlinie) aus den Jahren 1996 und 1997 umgesetzt. Mit ihrem Inkrafttreten im Jahr 2002 und den dazugehörigen Richtlinien zur Qualitätssicherung wurde insbesondere der Strahlenschutz des Patienten wesentlich verbessert (Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 a, Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 c). Das Ziel ist, die Dosis pro Untersuchung zu reduzieren und die Qualität der Untersuchungen zu verbessern (Bundesamt für Strahlenschutz 2004, Bundesamt für Strahlenschutz 2005).

Die Dosis zahnmedizinischer Röntgendiagnostik macht 0,2% der kollektiven effektiven Dosis aller Röntgenuntersuchungen aus. Der Anteil ist zwar verhältnismäßig gering aber etwa ein Drittel der Gesamtzahl an Röntgenuntersuchungen wird in der Zahnheilkunde gemacht (Bundesamt für Strahlenschutz 2004).

Dieser hohe Anteil fordert Maßnahmen zur Qualitätssicherung (Gallagher et al 2008).

Die Bundeszahnärztekammer definiert die Qualität der zahnärztlichen röntgenologischen Diagnostik durch

- die kritische, individuelle Stellung der zahnärztlichen Indikation mit gezielter Fragestellung
- die optimierte Durchführung der röntgenologischen Untersuchung
- die Darstellung der diagnostisch wichtigen Bildinformation mit der für das jeweilige Verfahren geringst möglichen Strahlenexposition
- die fachkundige Auswertung der Untersuchung mit Dokumentation der Ergebnisse im Befundbericht  
(Bundeszahnärztekammer 2007).

Nach den Erfahrungen des Röntgenausschusses gibt es Probleme in der sachlichen und zeitlichen Zuordnung der Begriffe rechtfertigende Indikation und erhobener Befund (Lutz 2008). Die Kölner Studie, die Strukturqualität (technische Untersuchungs- und Bildqualität), Prozessqualität (Angemessenheit der Indikationen und eingesetzten Verfahren) und Ergebnisqualität (Richtigkeit der Befundungen) untersuchte, fand heraus, dass bildgebende Diagnostik nur zu 79% gerechtfertigt ist und die Befunddokumentation unvollständig ist. Diese Studie hält jede zweite Diagnose, die anhand eines Röntgenbildes gestellt wurde für falsch. Die klinische Fragestellung wird zu 63% in dem Befundbericht beantwortet (Krug et al 2003). Der Arbeitsbericht von 2008 der Zahnärztlichen Stellen der Landes Zahnärztekammer Baden Württemberg berichtet im Jahr 2008 über 354 Mangelrügen von 4044 erfassten Aufnahmen (Zahnärztliche Röntgenstelle Baden-Württemberg 2008).

Auch im Rahmen des ERPET- Kurses wurde festgestellt, dass viele Radiologen zu wenig über grundlegende Maßnahmen zur Qualitätssicherung und Dosisersparung Bescheid wissen (die Europäische Union verwendet den Begriff „Radiologen“ für alle Ärzte, die zur Durchführung von Röntgenuntersuchungen berechtigt sind) (Deutsche Röntgengesellschaft e.V. 2008).

Digitale Röntgensysteme werden mit einer Dosisreduktion von 30 bis 90% gegenüber analogen Film-Folien-Systemen angeworben (Padgett und Kotre 2004). Aber Vano und Fernandez sehen die Gefahr, dass dieses Potential aufgrund falscher Handhabung nicht ausgenutzt wird, sogar eine Erhöhung mit

sich bringen kann. Um das Ziel einer niedrigen Strahlenexposition zu erreichen, bestünde die Notwendigkeit der Durchführung von Programmen, welche die Qualität sichern. Diese beinhalte mehr als eine gute Bildqualität (Vano und Fernandez 2007).

### **Qualität**

„Der Fachbegriff Qualität ist international vereinheitlicht und in allen bisherigen terminologischen Festlegungen der ISO zum Qualitätsmanagement definiert, zuletzt in DIN ISO 9000:2005-12, 3.1.1“ (Deutsches Institut für Normung 2009 a, S. 10): „Grad, in den ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen entspricht“ (Deutsches Institut für Normung 2009 b, S. 126). Vereinfacht könnte man sagen: „Qualität ist die an der geforderten Beschaffenheit gemessene realisierte Beschaffenheit“ (Deutsches Institut für Normung 2009 a, S. 10).

Davon abgeleitet wird der Begriff Bildqualität in der Radiologie: Die durch ein Bild dem Betrachter vermittelte optimale Information in Bezug auf eine bestimmte Fragestellung. Die ärztlichen Qualitätsanforderungen umfassen dabei charakteristische Bildmerkmale, wichtige Bilddetails und kritische Strukturen (Bundesärztekammer 2007).

Die EURATOM Richtlinien zielen darauf ab hoch qualitative Radiologie zu sichern. Die Qualitätssicherung beinhaltet unter anderem Rechtfertigung und Optimierung von Röntgenaufnahmen, Qualitätskontrollen der Röntgengeräte, die Ermittlung von Patientendosen und Bewertung der Bildqualität (Rat der Europäischen Union 2009).

### **Rechtfertigung**

In der RöV §23 ist der Begriff „Rechtfertigende Indikation“ deutlich definiert: „Röntgenstrahlung darf unmittelbar am Menschen in Ausübung der Heilkunde oder Zahnheilkunde nur angewendet werden, wenn eine Person nach §24 Abs. 1 Nr. 1 oder 2 hierfür die rechtfertigende Indikation gestellt hat. Die rechtfertigende Indikation erfordert die Feststellung, dass der gesundheitliche Nutzen der Anwendung am Menschen gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt“ (Bundesministerium 2003, S.618).

## **Dosisbegrenzung**

Die effektive Dosis ist ein Maß für die Strahlenbelastung. Zusätzlich zur Organdosis und zur Äquivalentdosis, welche bereits die unterschiedliche Wirksamkeit der verschiedenen Strahlungsarten mit einbeziehen, berücksichtigt die effektive Dosis auch die unterschiedliche Empfindlichkeit der Organe gegenüber Strahlung. Die Höhe der Strahlenexposition ist abhängig von Spannung (kV), Strom-Zeit-Produkt (mA), Gesamtfilterung der Röhre, Fokus-Objekt-Abstand, Film-Folien-Kombination, Raster, Filmentwicklung und Korpulenz des Patienten (Lassere und Blohm 2003).

Die Forschung zur Strahlenwirkung auf den Menschen hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Nach Krempler und Loblrich muss angenommen werden, dass auch niedrige Dosen ionisierender Strahlen eine genetische Instabilität bewirken können (Rothkamm et al 2008). Deterministischer Strahlenschaden spielt bei Zahnfilmen eine untergeordnete Rolle, aufgrund der niedrigen Dosen kommt es aber zu stochastischen Strahlenschäden. Dies bedeutet, dass mit steigender Dosis die Wahrscheinlichkeit für das Eintreten eines Strahlenschadens höher wird. Es besteht aber kein Schwellenwert. Das lebenslange Krebsrisiko für eine intraorale Aufnahme mit einer Dosis von 1,8-3  $\mu\text{Sv}$  liegt bei 0,02-0,6 ppm (Beneyto et al 2007, European Commission 2007).

## **1.1 Fragestellung**

Ziel dieser Arbeit ist die Umsetzung von Aspekten zur Qualitätssicherung von digitalen Zahnfilmen im Klinikalltag in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm in Form einer Bestandsaufnahme zu untersuchen. In einer umfassenden Literaturrecherche werden dazu aktuelle Diskussionen, Stellungnahmen, juristische Aspekte und vergleichbare Untersuchungen betrachtet.

Untersucht werden die Dokumentation, die Ausbildung des Personals und die Bildqualität.

Die Dento-maxillo-faciale Radiologie des Universitätsklinikums Ulm bietet sich für die Studie an, weil sie seit 2003 nach DIN ISO 9001:2008 zertifiziert ist und den Ansprüchen der EU Normen entspricht (Geibel 2006, Geibel 2010).

Kriterien für die Bewertung basieren auf der Definition für Qualität der zahnärztlichen röntgenologischen Diagnostik von der Bundeszahnärztekammer, die 2007 veröffentlicht wurde (Bundeszahnärztekammer 2007).

1. Wie sieht es mit der Stellung der rechtfertigenden Indikation und deren Dokumentation aus?
2. Werden die Diagnosen zu den Zahnfilmen im Befundbericht dokumentiert?
3. Wie vollständig sind Dokumentationen anderer Informationen zum Zahnfilm, die vom Gesetzgeber vorgegeben sind?
4. Die Software zum digitalen intraoralen Röntgengerät bietet neue Möglichkeiten der Dokumentation. Werden diese sinnvoll genutzt?
5. Sind die diagnostisch wichtigen Bildinformationen auf dem Zahnfilm so dargestellt, dass sie befundet werden können?
6. Von welchen Parametern ist eine gute Bildqualität abhängig?
7. Was empfindet der Zahnarzt als gute Bildqualität?
8. Wie gut ist das Personal ausgebildet?
9. Ist die Durchführung der röntgenologischen Untersuchung und das Ergebnis optimal?
10. Ist durch die Digitalisierung die durch den Hersteller proklamierte Dosisersparung gesichert?

## 2 Material und Methoden

Die vorliegende retrospektive Studie besteht aus drei Teilen, welche die Bestandteile der Qualitätssicherung von digitalen Zahnfilmen untersuchen. Im ersten Teil (Kap. 2.2.1: Untersuchung der Dokumentation) wird untersucht, wie die Dokumentation bei der Anfertigung eines Zahnfilmes durch die dafür verantwortlichen Personen gehandhabt wird.

Im zweiten Teil (Kap.: 2.2.2: Untersuchung der Bildqualität) wird die Bildqualität von Zahnfilmen nach den zahnärztlichen Radiologie-Leitlinien der Bundeszahnärztekammer bewertet (Bundeszahnärztekammer 2007).

Als dritter Teil (Kap. 2.2.3: Konstanzprüfung) wird die Konstanzprüfung kontrolliert.

Die Studie erfüllt den internationalen Standard ethischer Prinzipien für die Forschung am Menschen und wurde von der Ethikkommission der Universität Ulm genehmigt-Antrag-Nr.: 149/09. Ein Ethikantrag wurde gestellt, weil in Krankenakten von Patienten eingesehen wird und Zahnfilme von Patienten bewertet werden.

### 2.1 Materialauswahl

Seit 13. Mai 2008 steht der Dento-maxillo-facialen Radiologie in der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Ulm das digitale intraorale Röntgensystem zur Verfügung. Diese Abteilung fertigt Zahnfilme im Auftrag der eigenen Abteilung als auch anderer Abteilungen innerhalb der Zahnklinik an. Die Dento-maxillo-faciale Radiologie ist als einzige Abteilung in der Zahnklinik Ulm nach DIN ISO 9001:2008 zertifiziert ist und entspricht somit den Ansprüchen der EU Normen (Geibel 2010). Die untersuchten Zahnfilme wurden an zwei digitalen intraoralen Röntgengeräten von Sirona und KaVo angefertigt. Die unterschiedlichen Geräteeigenschaften sind in Kapitel 0 aufgeführt. Im Zeitraum von 13. Mai 2008 bis 19. Mai 2009 wurden an den zwei Geräten insgesamt 2072 digitale Zahnfilme erstellt. In unserer Studie werden bereits vorhandene Zahnfilme randomisiert in Gruppe A und B von je 100 Stück. Bilder

der Gruppe A wurden an dem Gerät Sirona Heliodont DS angefertigt, Bilder der Gruppe B am KaVo Gendex 765DC.

Die Zahnfilme werden randomisiert aus allen Zahnregionen ausgewählt:

Frontzähne, Prämolaren, Molaren, sowie Ober- und Unterkiefer.

Alle Aufnahmen wurden in der Abteilung von zwei Medizinisch-Technischen Radiologischen Assistentinnen (MTRA) angefertigt. Die technische Durchführung wurde somit von Personen mit einer Erlaubnis nach §1 Nr. 2 des Gesetzes für MTRA vom 2. August 1993 durchgeführt (Bundesministerium der Justiz in Zusammenarbeit mit der Juris GmbH 1993).

### **2.1.1 Ein- und Ausschlusskriterien**

Ausgeschlossen werden Zahnfilme von Kindern, die nach 1993 geboren sind, da diese unter Umständen durch Bewegung schlechtere Qualitäten aufweisen. Diese können nicht gleichwertig mit Zahnfilmen von Erwachsenen beurteilt werden.

Weiter werden nur Zahnfilme bewertet, auf denen Zähne abgebildet sind. Bilder mit ausschließlich Kieferkammabschnitten werden aussortiert.

Auf eine manuelle Nachbearbeitung mit der Software, wie sie im klinischen Alltag stattfindet, wird bewusst verzichtet, um die Vergleichbarkeit der Bilder gewährleisten zu können. Weiter werden die Bilder in Originalgröße bewertet, da eine Vergrößerung die Qualität verändern würde.

### **2.1.2 Datenerhebung und Statistik**

Die Daten werden retrospektiv mit Hilfe eines Erfassungsdokumentes mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft Office Excel 2007 erfasst und ausgewertet. Retrospektiv, weil bereits vorhandene Zahnfilme und Dokumentationen untersucht werden. Es werden keine Aufnahmen selbst angefertigt.

Fallzahlen:

Im ersten Teil dieser Arbeit (Kap. 2.2.1: Untersuchung der Dokumentation) ergibt sich eine Fallzahl von 200. Gruppe A und B können hier zusammen betrachtet

werden, weil die Dokumentation zu den Zahnfilmen unabhängig von den Geräteeigenschaften ist.

Im zweiten Teil dieser Arbeit (Kap. 2.2.2: Untersuchung der Bildqualität) ergeben sich unterschiedliche Fallzahlen:

Bei der Untersuchung zu den „anatomischen Strukturen“ (Kap. 2.2.2.1) und dem „Gesamteindruck der Bildqualität“ (Kap.:2.2.2.2) ergibt sich eine jeweilige Fallzahl von 100. Hier besteht das Ziel darin, die Bildqualität in Abhängigkeit von den Geräteeigenschaften, wie z.B. der kV-Zahl, miteinander zu vergleichen. Dazu werden Gruppe A und B miteinander verglichen.

Bei den Untersuchungen zu den Einstellungen (Kap. 2.2.2.3), die durch die MTRA geschehen, ist die Qualität vom Können der MTRA abhängig. Die richtige Positionierung des Patienten, Haltersystems, Sensors und Tubus ist ausschlaggebend. Die Qualität ist hier nicht von den Geräteeigenschaften abhängig. Da bei beiden Geräten dieselben Sensoren und Haltersysteme verwendet werden, besteht kein unterschiedlicher Schwierigkeitsgrad bei der Einstellung. Gruppe A und B können hier zusammen betrachtet werden, daraus ergibt sich für diesen Teil der Untersuchung eine Fallzahl von 200.

Im dritten Teil dieser Arbeit (Kap. 2.2.3: Konstanzprüfung) soll unabhängig vom Gerät untersucht werden, wie oft die zu prüfenden Werte vom Ideal abweichen. Das Vorgehen bei der Konstanzprüfung ist unabhängig vom Gerät bei digitalen intraoralen Geräten immer dasselbe.

Daraus ergibt sich für den dritten Teil eine Fallzahl von 200.

Die Fallzahlen im Überblick:

Fallzahl 100: Kap. 2.2.2.1 bis Kap. 2.2.2.2

Fallzahl 200: Kap. 2.2.1 und Kap. 2.2.3

## 2.2 Evaluation

### 2.2.1 Untersuchung der Dokumentation

Untersucht wird die jeweilige Dokumentation zu den randomisiert ausgewählten digitalen Zahnfilmen in der Patientenakte und im Computer.

#### 2.2.1.1 Dokumentation der rechtfertigenden Indikation

Es wird untersucht, auf welche Weise und mit welcher Vollständigkeit die rechtfertigende Indikation (RI) für den Zahnfilm in der Patientenakte und im Computer dokumentiert ist.

In der Zahnklinik der Universität Ulm bestehen folgende Möglichkeiten die RI in der Patientenakte zu dokumentieren:

- Akteneintrag:  
Jede durchgeführte Behandlungsmaßnahme wird hier vom Behandler dokumentiert. Es wird untersucht, inwieweit hier die RI für das Röntgenbild dokumentiert ist.
- Röntgen-Stempel:  
Es wird geprüft, ob der Röntgen-Stempel in der linken Spalte der Akte vorhanden ist. Bei Vorhandensein wird untersucht, ob die RI und der Zahn, für den eine RI gestellt wurde, innerhalb des Stempels dokumentiert sind. Die linke Spalte und der Röntgen-Stempel ist allein für Abrechnungen vorgesehen. Weil hier aber oft Dokumentationen zur RI gemacht werden, wird die Dokumentation im Abrechnungs-Stempel mit in die Untersuchung aufgenommen.

In der Software zum Röntgensystem steht ein Feld zur Verfügung, in dem unter anderem die RI dokumentiert werden kann. Hier wird die Häufigkeit der Dokumentation geprüft.

Als weiterer Punkt wird untersucht, wie oft folgende Indikationen zur Anfertigung auftauchen, und ob ein Zusammenhang mit der Dokumentation besteht.

- **Kariesdiagnostik:**  
Indikation zum Erkennen von Karies bei unklaren Schmerzen, approximale Karies oder Karies unter einer bestehenden Füllung oder Zahnersatz.  
Entscheidend ist Karies in einem frühen klinischen Stadium zu erkennen (European Commission 2004).
- **Endodontie:**  
Ausgangsbild zur Längenbestimmung,  
Messaufnahme/Masterpointaufnahme, Kontrollbild nach Abfüllen des Wurzelkanals, bei Verdacht auf misslungene Wurzelkanalbehandlung (Perforation oder Instrumentenfraktur), chirurgische Wurzelkanalbehandlung, interne/externe Resorptionen, Kontrolle endodontischer oder parapulpärer Stifte
- **Parodontaldiagnose:**  
Als Erweiterung des klinischen Bildes oder auch der Panoramaschichtaufnahme in Hinblick auf Therapieplanung, Prognose und Therapiekontrolle, bei Verdacht auf Veränderungen in der apikalen Region
- **Prothetik:**  
Planung von Zahnersatz wie Kronen, Brücken, partiellen oder totalen Prothesen, Kontrolle des Kronensitzes bei Verdacht auf Randschlussmängel
- **Implantat:**  
Prä-, Peri- und Postoperative Kontrollaufnahmen
- **Chirurgie:**  
Im Rahmen einer Zahnextraktion, bei Verdacht auf Fremdkörper, Verdacht auf Zahnfraktur, Kontrolle vor und nach Augmentation, Verdacht auf odontogenes Geschehen und andere Erkrankungen, etc.
- **Kieferorthopädie:**  
Retinierte, persistierende oder verlagerte Zähne
- **Schmerzen:**  
Röntgenbild zur Klärung der Ursache, weil klinisch keine eindeutige Diagnose gestellt werden kann
- **Andere Indikationen**  
Hierzu zählen Indikationen, die keinem der oben genannten Punkte zugeordnet werden können

### 2.2.1.2 Dokumentation des erhobenen Befundes

Untersucht wird, ob die Befunde für die Zahnfilme in der Patientenakte und/oder im Computer dokumentiert wurden.

Nach jeder Patientenbehandlung macht der behandelnde Arzt einen Eintrag in die Patientenakte über alle Behandlungsmaßnahmen. Hier soll geprüft werden, ob und wie die Befundung des Zahnfilmes dokumentiert ist.

In der Software zum Röntgensystem steht ein Feld zur Verfügung, in dem unter anderem der Befund dokumentiert werden kann. Hier wird die Häufigkeit der Dokumentation geprüft.

### 2.2.1.3 Dokumentation sonstiger Informationen

Neben der Dokumentation der gestellten rechtfertigenden Indikation und des erhobenen Befundes müssen im Rahmen der Durchführung von röntgenologischen Untersuchungen am Patienten noch weitere Informationen dokumentiert werden.

Die Untersuchung, welche Informationen auf welche Weise und wie häufig dokumentiert sind, ist ein weiterer Teil dieser Arbeit.

#### 2.2.1.3.1 Verantwortliche Personen

Berechtigte Personen zu Anwendung von Röntgenstrahlen am Menschen, bzw. zur technischen Durchführung sind nach §24 approbierte Ärzte und Zahnärzte und MTRA. Um im Nachhinein nachvollziehen zu können wer die verantwortliche Person für das jeweilige Röntgenbild ist, ist eine Dokumentation vorgeschrieben. Zusätzlich zur Dokumentation der rechtfertigenden Indikation und des erhobenen Befundes wird die Vollständigkeit der Dokumentation folgender Punkte untersucht.

- Name, bzw. Unterschrift des behandelnden Arztes
- Name, bzw. Unterschrift der zuständigen MTRA, die den Zahnfilm angefertigt hat

### 2.2.1.3.2 Wiederholungsaufnahmen

Weiter wird untersucht, ob aufgrund einer Fehlaufnahme mehrere Aufnahmen gemacht wurden und im System gespeichert sind. Als Wiederholungsaufnahmen gilt, wenn mehrere Zahnfilme für eine RI innerhalb weniger Minuten gemacht wird. Dies ist nachvollziehbar, weil zu jedem Röntgenbild Datum und Uhrzeit gespeichert sind. Für alle Untersuchungen und Bewertungen in dieser Arbeit wird immer das neueste Bild gewählt.

### 2.2.1.3.3 Weitere Orte der Dokumentation

Neben der Patientenakte werden folgende mögliche Orte auf Dokumentation sonstiger Informationen neben Befund und RI untersucht.

Röntgensoftware:

Das Feld „Anmerkungen“ der Röntgensoftware VixVinPro wird zusätzlich zur Dokumentation von Befund und RI auf weitere Dokumentationen überprüft.

Die blaue Karte:

Die vorgeschriebenen Dokumentationen auf der blauen Karte sind im SOP Handbuch hinterlegt. Es handelt sich hierbei um ein blaues Blatt in DIN A4, das in die Patientenakte eingelegt wird.

Der behandelnde Zahnarzt füllt die blaue Karte aus, bevor ein Röntgenbild angefertigt wird. Mit einer Unterschrift auf der Karte bestätigt der Zahnarzt verantwortlich dass er die nach §§2a(2), 23 und 28(1) der Röntgenverordnung (RöV) vom 18.06.03 erforderliche RI aufgezeichnet und eine Röntgen-Anamnese erhoben hat. Er bestätigt damit auch, dass er das Vorhandensein eines Röntgenpasses und Aufnahmen früherer röntgendiagnostischer Untersuchungen im Zahn-, Mund- und Kieferbereich überprüft hat. Frauen im gebärfähigen Alter werden nach einer möglichen Schwangerschaft gefragt und müssen dies durch eine Unterschrift auf der blauen Karte dokumentieren. Auf der Rückseite der blauen Karte wird von den MTRA Datum, Art der Aufnahme, Unterschrift des

Arztes, Abteilung, Name der MTRA, laufende Nummer des Zahnfilmes, Röhrenspannung und Belichtungszeit vermerkt.

Röntgenbuch:

Auch die Eintragungen in das Röntgenbuch sind im SOP Handbuch hinterlegt (Geibel 2006).

Die MTRA tragen ins Röntgenbuch Datum, Patientename, Abteilung, Röhrenspannung, Röhrenstrom, Belichtungszeit, Art der Aufnahme, Filmgröße, Name der zuständigen MTRA ein.

### **2.2.2 Untersuchung der Bildqualität**

Die Zahnfilme in der vorliegenden Studie werden nach dem 4-Augen-Prinzip von einer Zahnärztin mit mehr als 15 Jahren Berufserfahrung und der Doktorandin nach Training im Konsensus bewertet. Zunächst wird eine Einarbeitungsphase durchgeführt, in der 25 von der Studie unabhängige digitale Zahnfilme nach den gleichen Kriterien und unter gleichen Bedingungen bewertet werden. Zur Untersuchung der Bildqualität wurden keine statistischen Test gerechnet, weil das Ziel dieser Arbeit darin besteht, zu beurteilen, ob der Zahnarzt die Qualität als gut oder schlecht einstuft. Es soll festgestellt werden, ob er anhand des Röntgenbildes eine eindeutige Diagnose stellen kann oder nicht. Das subjektive Empfinden des Zahnarztes für ein gutes oder schlechtes Bild steht hier im Vordergrund. Dieser ist für die Diagnosestellung verantwortlich. Außerdem trägt die subjektive Bildqualität nur einen kleinen Teil zur Gesamtheit der Qualitätssicherung von Röntgenbildern bei.

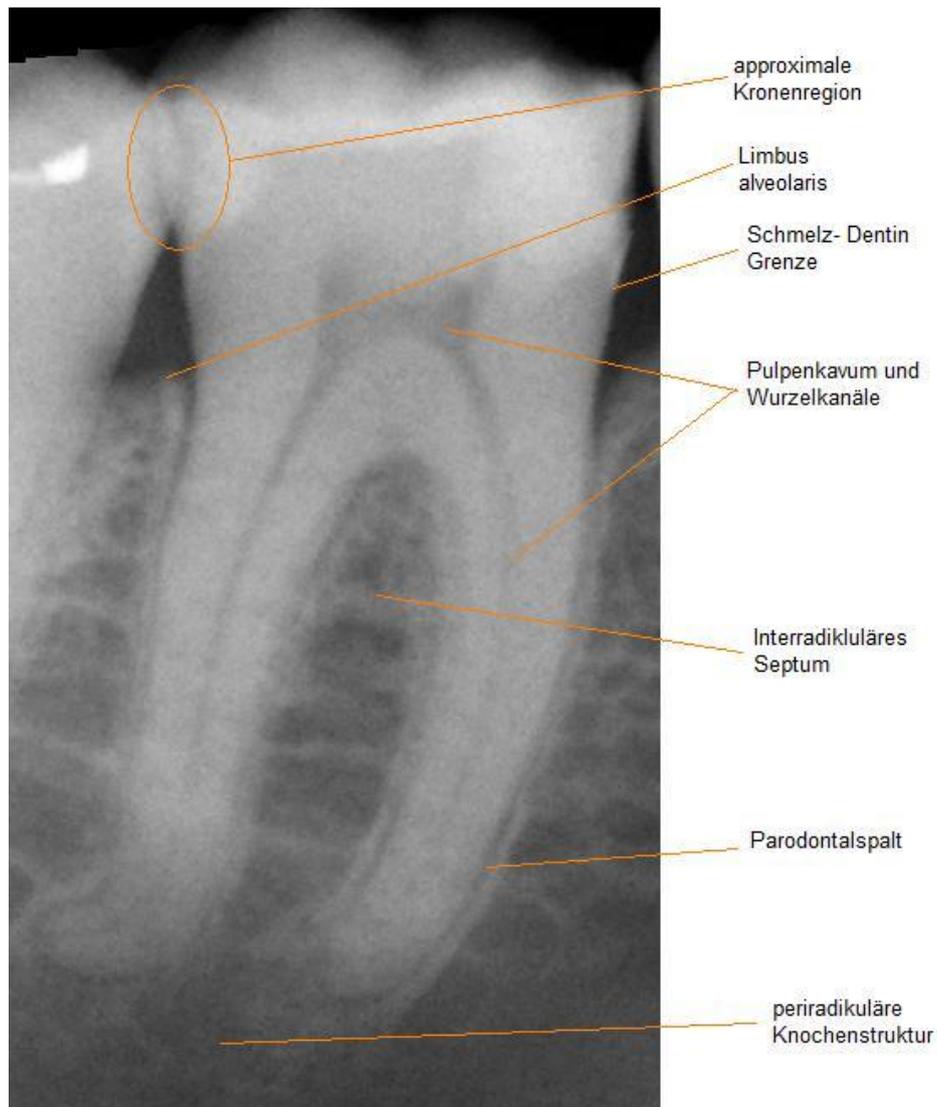
Um die Ergebnisse möglichst unter gleichen Bedingungen zu bewerten, findet die gesamte Bildbewertung innerhalb von zwei Tagen statt und unter gleichen, abgedunkelten Umgebungsbedingungen statt. Das Einhalten eines möglichst konstanten Umgebungslichtes ist nach der Qualitätssicherungsrichtlinie vorgeschrieben (Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 c). Untersucht werden Parameter, von denen eine gute Bildqualität abhängig ist. Diese sind im Folgenden erläutert.

### 2.2.2.1 Darstellung anatomischer Strukturen

Die Bewertungskriterien zur Beurteilung der Bildqualität anhand der Diagnostizierbarkeit anatomischer Strukturen werden der „Durchführungsempfehlung zur Qualitätssicherung in der zahnärztlichen Röntgenologie“ entnommen (Bundeszahnärztekammer 2007).

Im Folgenden sind die von der Bundeszahnärztekammer empfohlenen anatomischen Strukturen erläutert, die ein Zahnfilm eindeutig darstellen sollte.

Die Bewertung findet unter dem Gesichtspunkt „diagnostizierbar“, bzw. „nicht diagnostizierbar“ statt. Bei der Bewertung der im Folgenden dargestellten anatomischen Strukturen, werden auf dem Zahnfilm nur der Zahn, bzw. die Zähne betrachtet, für welche die RI vorliegt.



**Abb. 1:** Beschriftung eines Zahnfilms aus dem Bestand der 200 digitalen untersuchten Zahnfilme mit den anatomischen Strukturen, die in der Untersuchung auf die Diagnostizierbarkeit untersucht wurden. (Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universität Ulm 2009)

#### 2.2.2.1.1 Darstellung des Parodontalspalt

Der Parodontalspalt stellt den Spalt zwischen knöcherner Alveole und Zahnwurzel dar. Dieser ist bei pathologischen Veränderungen eventuell verbreitert. Bei Röntgenbildern mit der RI „Implantat“ kann dieser Punkt nicht gewertet werden, weil bei Implantaten kein Parodontalspalt besteht. Dadurch verringert sich die Fallzahl für dieses Bewertungskriterium.

#### 2.2.2.1.2 Darstellung der periradikulären Knochenstruktur

Hier geht es um die Darstellung der Knochenstruktur, welche die Spitze der Zahnwurzel umgibt. Die Trabekelstruktur mit Kompakta und Spongiosa ist beim gesunden Knochen zu erkennen. Bei schlechter Bildqualität können schnell Fehldiagnosen entstehen. Verändert kann diese Region bei Entzündungen sein, wie es zum Beispiel bei einer apikalen Parodontitis der Fall ist.

#### 2.2.2.1.3 Darstellung des Limbus alveolaris

Die Begrenzung der knöchernen Alveole ist wichtig für die Beurteilung des Parodontalstatus. Bei Erkrankung des Periodontiums kommt es zu Knochenrückgang.

#### 2.2.2.1.4 Darstellung des Pulpenkavums und der Wurzelkanäle

Vor allem in der Endodontie spielt die Erkennbarkeit dieser Strukturen, unter anderem für Vermessungen, eine wichtige Rolle. Aber auch wenn es um das Erkennen pathologischer Prozesse innerhalb des Zahnes geht. Bei Röntgenbildern mit der RI „Implantat“ kann dieser Punkt nicht gewertet werden. Dadurch verringert sich die Fallzahl für dieses Bewertungskriterium.

#### 2.2.2.1.5 Darstellung der approximalen Kronenregion

Diese Region sollte möglichst überlagerungsfrei dargestellt sein, um zum Beispiel Approximalkaries diagnostizieren zu können.

#### 2.2.2.1.6 Darstellung der Schmelz- Dentin Grenze bzw. Kronenrand

Der Übergang vom Zahnbein zum Zahnschmelz ist eine wichtige anatomische Struktur. Die Grenze sollte eindeutig dargestellt sein. Eine wichtige Rolle spielt sie

z.B. bei der Unterscheidung von Schmelz- zu Dentinkaries, bzw. der Stadieneinteilung von Karies.

Ist der Zahn überkront, gibt es keine Schmelz-Dentin Grenze. Der Kronenrand ist die Schwachstelle eines überkronten Zahnes in Bezug auf Anfälligkeit für Karies und sollte somit einwandfrei dargestellt sein.

#### 2.2.2.1.7 Darstellung des interradiikuläres Septums

Das interradiikuläre Septum ist die Knochenstruktur zwischen den Zahnwurzeln und kann somit nur bei Bildern von mehrwurzligen Zähnen bewertet werden, bei denen der Röntgenstrahl so einfällt, dass die Struktur interradiikulär dargestellt ist. Dadurch verringert sich die Fallzahl für dieses Bewertungskriterium.

#### 2.2.2.2 Gesamteindruck der Bildqualität

Hier wird die Bildqualität subjektiv als Gesamteindruck bewertet. Dabei spielen Kontrast, Zeichenschärfe, Rauschen, Helligkeit und Detailerkennbarkeit eine große Rolle.

#### 2.2.2.3 Bildqualität in Abhängigkeit von Einstellungen

Bei den zwei intraoralen digitalen Röntgengeräten, an denen die untersuchten Zahnfilme angefertigt wurden, sind außer der Belichtungszeit alle anderen Parameter vom Anwender nicht veränderbar. Die Belichtungszeiten sind für jede Zahnregion vom Gerät vorgegeben und werden vor der Aufnahme durch die MTRA am Gerät durch ein Drehrad bzw. ein Touchpad mit Abbildung der jeweiligen Zahnregion eingestellt. Wenn die vorgegeben Belichtungszeiten eingehalten werden, wovon hier ausgegangen wird, können sich Einstellfehler nur auf falsche Film- und Patientenpositionierung und Ausrichtung des Röntgentubus beziehen.

#### 2.2.2.3.1 Vollständige Abbildung der einzelnen Zähne mit Krone und apikaler Region

Dieses Bildqualitätsmerkmal ist ebenfalls den Durchführungsempfehlungen der Bundeszahnärztekammer entnommen (Bundeszahnärztekammer 2007)

Um einen Zahn richtig diagnostizieren zu können, sollte er vollständig mit Zahnkrone, Wurzel und periapikaler Knochenregion abgebildet sein. Aufgrund falscher Positionierung oder nachträglichem Verrutschen im Mund des Patienten können wichtige anatomische Strukturen vom Bildrand abgeschnitten werden.

#### 2.2.2.3.2 Übereinstimmung des Sichtbarkeitsbereiches mit der Rechtfertigenden Indikation

Der Zahnarzt stellt eine Indikation, welche die Anwendung von ionisierenden Strahlen rechtfertigt, mit dem Ziel, dass das Röntgenbild die Fragestellung beantwortet.

Im Rahmen der Doktorarbeit wird untersucht, ob der Zahnfilm den Bereich der Fragestellung enthält.

#### 2.2.2.3.3 Einstellfehler durch den Neigungswinkel des Tubus

Ein wichtiges Qualitätsmerkmal von Zahnfilmen ist, dass die Verhältnisse von Zahnwurzel und Zahnkrone originalgetreu dargestellt sind. Es darf keine Verkürzung oder Verlängerung des Zahnes durch falsche Einstellungen geschehen. Um dies zu erreichen, muss der Zentralstrahl senkrecht auf die Zahnachse und den Bildempfänger fallen (Düker 2006 b).

Ausschlaggebend ist die Ausrichtung des Tubus zur Zahnachse und Bildempfänger, der unter Umständen nach kranial oder kaudal abweichen kann. Im Folgenden ist beschrieben, wie sich die Einstellfehler im Bild manifestieren.

##### a. Abweichung des Tubus nach kranial:

Wird der Einstellwinkel zu steil gewählt, ergibt sich nach den Gesetzen der Projektionslehre eine hypometrische Abbildung, d.h. der Zahn ist verkürzt.

b. Abweichung des Tubus nach kaudal:

Wird der Einstellwinkel zu flach gewählt, ergibt sich eine hypermetrische Abbildung, d.h. der Zahn ist verlängert.

Um eine möglichst ideale Einstellung zu erreichen, gibt es drei verschiedene Aufnahmetechniken, die in der Praxis ihre Anwendung finden:

- Halbwinkeltechnik:

Die Isometrieregeln nach Cieszynski besagt, dass ein Zahn dann isometrisch abgebildet ist, wenn der Zentralstrahl senkrecht auf die Winkelhalbierende zwischen Zahnachse und Bildträgerebene fällt. Je nach Indikation wird der Zentralstrahl auf den Apex oder mittig der Zahnlänge ausgerichtet.

Vorteile: Keine Hilfsmittel, Gesamtlänge stimmt

Nachteile: Proportionen stimmen nicht, Verschiebung der Objektdetails, Verzeichnungen, anspruchsvoll zu erlernen, der Röntgensensor ist vom Patienten selbst zu halten.

- Rechtwinkeltechnik:

Der Bildempfänger ist mit einem Haltesystem am Gerät befestigt. Der Zentralstrahl trifft senkrecht und mittig auf die Bildempfängerebene

Vorteile: Beziehung Zentralstrahl-Bildebene ist gesichert

Nachteile: Wurzelspitzen eventuell abgeschnitten, umständliche Handhabung.

- Paralleltechnik:

Der Zentralstrahl trifft senkrecht sowohl auf die Zahnlängsachse mittig im Bereich Limbus alveolaris, wie auch auf die Bildempfängerebene auf. Hier findet das Haltesystem seine Anwendung

Vorteile: Gleichmäßige Vergrößerung

Nachteile: Kann in manchen Situationen nicht angewendet werden, z.B. bei engen anatomischen Verhältnisse, bei starkem Würgereiz (Düker 2006 b, Pasler 2008).

Durch die verschiedenen Neigungswinkel der Zähne bedingt, sind zur idealen Darstellung folgende Neigungswinkel des Aufnahmetubus zur Okklusionsebene empfohlen:

- Oberkiefer
  - Molaren: 35°
  - Prämolaren und Eckzähne: 45°
  - Frontzähne: 55°
  
- Unterkiefer:
  - Frontzähne: -20°
  - Prämolaren und Eckzähne: -10°
  - Molaren: -5°

(Sirona 2005 a)

### **2.2.3 Konstanzprüfung**

Die Konstanzprüfung gehört neben der Abnahmeprüfung, Sachverständigenprüfung und der Tätigkeit der zahnärztlichen Stellen zu den Maßnahmen zur Erzielung der geforderten Qualität in der Zahnheilkunde. Nach §16 Abs. 3 der Röntgenverordnung muss in regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch monatlich, eine Konstanzprüfung durchgeführt werden. Durch diese ist ohne mechanische oder elektrische Eingriffe festzustellen, ob die Bildqualität und die Höhe der Strahlenexposition den Angaben in der letzten Aufzeichnung einer Abnahmeprüfung noch entsprechen.

Die Ergebnisse der Konstanzprüfung werden in ein Formblatt eingetragen. Die Abnahmeprüfung, die nach §16 vor der Inbetriebnahme und Änderung der Einrichtung durch den Hersteller oder Lieferanten durchgeführt wird, liefert die Bezugswerte. Ist die erforderliche Bildqualität nicht mehr gegeben, ist unverzüglich die Ursache zu ermitteln und zu beseitigen (Bundesministerium 2003 a).

Eine regelmäßige Überprüfung erfolgt durch die zahnärztlichen Stellen (Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 a).

Die Konstanzprüfung wird auf Grundlage der technischen Normen DIN 6868-2ff durchgeführt. In der Zahnmedizin ist die DIN 6868-5: „Konstanzprüfung in der

zahnärztlichen Röntgenaufnahmetechnik“ relevant (Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 c).

Mit einem Prüfkörper wird ein Testbild angefertigt, in dem je nach System unterschiedliche Prüfpositionen bearbeitet werden. Die Prüfpositionen bei einem digitalen intraoralem System sind folgende:

- a) Hochkontrastauflösung
- b) Niedrigkontrastauflösung
- c) Dosis

Diese Prüfungen werden monatlich, mindestens Quartalweise durchgeführt. Dies wird von den zahnärztlichen Stellen individuell festgelegt.

An den Befundungsmonitor in Kombination mit der Graphikkarte sind besondere Anforderungen gestellt:

- d) Die Grauwertwiedergabe wird arbeitstäglich überprüft. Auf dem Testbild schaut man, ob die grauen Rechtecke innerhalb der weißen und schwarzen Rechtecke zu erkennen sind.
- e) Technische Wiedergabeparameter werden monatlich überprüft
  - Bildgeometrie: Die horizontalen und vertikalen Linien müssen verzerrungsfrei dargestellt sein
  - Kontrastauflösung: Auf dem Testbild sind unterschiedliche Streifenmuster abgebildet. Diese müssen deutlich zu unterscheiden sein.
  - Farbartefakte: Der Hintergrund des Testbildes muss grau sein, es darf kein Farbstich erkennbar sein.

(Rother 2006 a, Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 c)

## 2.3 Verwendete Geräte

### 2.3.1 Intraorale digitale Röntgensysteme

Gruppe A:

Die Zahnfilme der Gruppe A werden aus einem bestehenden Bildbestand von dem digitalen intraoralen Röntgensystem Sirona Heliodent DS randomisiert.

Technische Daten:

- Röhrenspannung: 60 kV konstant
- Röhrenstrom: 7 mA konstant
- Strahlzeiten: 0,01-3,2 s
- Brennfleckgröße: 0,7 mm
- Fokus-Haut-Abstand: 8“ (203 mm)

(Sirona 2005 a)

Für Zahnfilme wird auf den Tubus vorne ein Strahlenfeldbegrenzer aufgesteckt, der die Streustrahlung vermindert.

Die Belichtungszeit in Sekunden wird abhängig von den festen Einstellungsparametern des Gerätes, Empfindlichkeit des Filmes und des digitalen Sensors und den anatomischen Strukturen gewählt. Beim intraoralen System ist jeder Region eine bestimmte Belichtungszeit zugeordnet, die am Gerät vor jeder Aufnahme entsprechend eingestellt wird.

Folgende Aufnahmezeiten sind vom Hersteller empfohlen, an denen sich die MTRA orientieren. Dies kann an einem Drehrad oder Touchpad mit Symbolen individuell für Kind und Erwachsene eingestellt werden.

## Erwachsene:

- Untere Prämolaren und Molaren: 0,08 s
- Obere Prämolaren und Molaren: 0,10 s
- Frontzähne OK: 0,06 s
- Frontzähne UK: 0,04 s
- Eckzähne OK: 0,08 s
- Eckzähne UK: 0,05 s

## Kinder:

- Untere Prämolaren und Molaren: 0,05 s
- Obere Prämolaren und Molaren: 0,06 s
- Frontzähne OK: 0,04 s
- Frontzähne UK: 0,02 s
- Eckzähne OK: 0,05 s
- Eckzähne UK: 0,03 s

(Sirona 2005 a)



**Abb. 2:** Das intraorale digitale Röntgengerät Sirona Heliodent DS wandmontiert. Vergrößert dargestellt ist das Bedienelement für individuelle Einstellungen mit einem Kombidrehknopf. (Sirona 2005 b)

**Gruppe B:**

Die Bilder der Gruppe B werden aus einem bestehenden Bildbestand von dem digitalen intraoralen Röntgensystem KaVo Gendex 765DC randomisiert.

**Technische Daten:**

- Röhrenspannung: 65 kV konstant
- Röhrenstrom: 7 mA konstant
- Strahlzeiten: 0,02- 2,0 s
- Brennfleckgröße: 0,4 mm
- Fokus-Haut-Abstand: 12" (30 cm)

(KaVo 2000 a)

Hier sind folgende Belichtungszeiten empfohlen:

**Erwachsene:**

- Untere Prämolaren und Molaren: 0,16 s
- Obere Prämolaren und Molaren: 0,2 s
- Frontzähne OK/UK: 0,1 s
- Eckzähne OK/UK: 0,125 s

**Kinder:**

- Untere Prämolaren und Molaren: 0,08 s
- Obere Prämolaren und Molaren: 0,1 s
- Frontzähne OK/UK: 0,05 s
- Eckzähne OK/UK: 0,063 s

(KaVo 2000 a)



**Abb. 3:** Das intraorale digitale Röntgengerät KaVo Gendex 765 DC wandmontiert. Vergrößert dargestellt ist das Bedienelement für individuelle Einstellungen mit einer Folientastatur. (KaVo 2000 b)

Die Geräte wurden von dem VDE Prüf- und Zertifizierungsinstitut nach EN 60601-2-28 und EN 60601-1-3 geprüft. Es erfüllt die darin festgelegten Anforderungen. Zur Qualitätssicherung ist es erforderlich in regelmäßigen Abständen Inspektionen und Wartungsarbeiten durchzuführen (IEC 601-1 / DIN EN 60601-1 etc.) Der Betreiber hat die Durchführung zu gewährleisten (Sirona 2005 a).

### 2.3.2 Intraorale Sensoren

Bei beiden Systemen werden die Sensoren Gendex Visualix eHD verwendet. Es bestehen zwei Größen: Gr.1 mit 37,5x25,5 mm und Gr.2 mit 40,5x33,5 mm. Die Sensortechnologie basiert auf CCD. Der Cäsium-Jodid-Szintillator ist dabei vertikal auf einer Kohlenstoffschicht aufgelagert. Durch die vertikale Anordnung mit einer kolumnaren Mikrostruktur wird das Licht unmittelbar auf die CCD Oberfläche geleitet, um so Verluste deutlich zu reduzieren. Zusammen mit einer 19,5 µm verringerten Pixelgröße ermöglicht dies eine theoretische Auflösung von 26 lp/mm (KaVo 2004 b).



**Abb. 4:** Die digitalen Sensoren Gendex Visualix eHD in den zwei verschiedenen Größen (KaVo 2004 a)

Um die Rechtwinkel- und Paralleltechnik umzusetzen, werden Röntgenhalter für die Sensoren vom Hersteller DensplyRinn verwendet. Die Haltersysteme mit Visierringen und Führungsstangen können entsprechend umgesteckt werden, um so für jeden Quadranten verwendet zu werden. Die Halter für die Sensoren können mittels einer Farbkodierung leicht zugeordnet werden: Blau für Frontzähne, Gelb für Molaren, Rot für Bissflügel, Grün für die Endodontie.

### 2.3.3 Befundungsmonitor

In der Medizin werden spezielle Befundmonitore eingesetzt.

Die Mindestanforderungen an Betrachtungsgeräte sind in der Norm „Sicherung der Bildqualität in röntgendiagnostischen Betrieben“ in DIN 6868 Teil 57 „Abnahmeprüfung an Bildwiedergabegeräten“ festgelegt. Die Qualität der dargestellten medizinischen Bilder wird entscheidend durch Leuchtdichte, Maximalkontrast, Matrix und Bildschirmdiagonale des Bildwiedergabegerätes bestimmt. In der Zahnheilkunde sind folgende Mindestanforderungen vorgegeben. Die maximale Leuchtdichte muss mindestens  $120 \text{ cd/m}^2$  betragen. Der Maximalkontrast muss größer als 40 sein. Es ist zu beachten, dass dieser keine ausschließliche Eigenschaft des Bildwiedergabegerätes ist, sondern vor allem von der Umgebungsbeleuchtungsstärke abhängt. Deshalb muss zur Befundung die Umgebungsbeleuchtungsstärke möglichst konstant gehalten werden. Für die

Matrix des Bildschirmes sind Richtwerte (Pixel) angegeben, die als gerundete Angaben auf Grund der medizinischen Fragestellung bei Erhaltung der diagnostischen Aussage auf- oder abgerundet werden können. In der Zahnheilkunde gilt der Richtwert  $\geq 1000 \times \geq 768$  Pixel. Die Diagonale des sichtbaren Bereiches muss somit mindestens 38 cm, bzw. bei einem LCD (Flachbildschirm) Bildschirm mindestens 15 Zoll und bei einem CRT (Röhrenbildschirm) mindestens 17 Zoll betragen (Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 c).

Die Bilder werden an einem Samsung 940T mit folgenden Daten befundet:

- Leuchtdichte LCD: 250 cd/m<sup>2</sup>
- Kontrast: 1500:1
- Matrix: 1280x1024 Pixel
- Bildschirmdiagonale: 19 Zoll (48,2 cm)

(Samsung 2006)

#### **2.3.4 Software**

Die verwendete Software VixWinPro von KaVo bietet eine große Anzahl an diagnostisch relevanten Filtern und Bearbeitungsinstrumenten zur Optimierung der Qualität der erfassten Bilder. Es stehen verschiedene Werkzeuge zur Verfügung, wie z.B. Schärfen, Rauschfilter, Gammawert, Graustufen und Relieffilter.

Messfunktionen erlauben die Bestimmung von Längen und Winkeln, dabei kann jedes Bild auf unterschiedliche Vergrößerungsfaktoren kalibriert werden. Der Strukturfilter eröffnet neue diagnostische Möglichkeiten bei der Beurteilung von Röntgenbildern. Durch die Erhöhung des Kontrastes an Kanten werden morphologische Strukturen einfacher erkennbar. VixWinPro speichert die Bilder in einer Datenbank, sie können dabei einem Zahn oder Bissflügel zugeordnet werden.

(KaVo 2005).

Digitale Bilder werden automatisch von der Software idealisiert. Auf eine Veränderung des Bildes mit den Bearbeitungsinstrumenten wird hier verzichtet, um eine Vergleichbarkeit der Bilder zu gewährleisten.

### 3 Ergebnisse

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung vorgestellt.

#### 3.1 Bilderkollektiv

Die 200 Zahnfilme wurden randomisiert aus einer Anzahl von 2072 digitalen Zahnfilmen des Departments für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikum Ulm zur Bewertung herausgesucht.

In der folgenden Tabelle ist die jeweilige Häufigkeit der einzelnen Zähne, für die die behandelnden Zahnärzte eine rechtfertigende Indikation (RI) gestellt haben, aufgelistet. Die Summe der abgebildeten Zähne entspricht nicht der Summe der 200 Röntgenbilder, weil einige Zahnfilme eine Indikation für zwei oder mehr Zähne aufweisen.

**Tab. 1:** Übersicht über die jeweiligen Anzahlen der einzelnen Zähne auf den zur Dokumentation und Qualität untersuchten digitalen Zahnfilmen, für die von Zahnärzten eine rechtfertigende Indikation zur Anfertigung gestellt wurde. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Zahnfilme der Gruppe A wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodont DS angefertigt, Zahnfilme der Gruppe B an dem KaVo Gendex 765DC. Gruppe A und B haben jeweils eine Fallzahl von 100 Zahnfilmen, wobei einige Zahnfilme Indikationen für mehrere Zähne enthalten. n=Anzahl der Zähne, für die eine rechtfertigende Indikation zur Anfertigung gestellt wurde. Die Kennzeichnung der Zähne mit zweistelligen Ziffern entspricht der Notation der Föderation Dentaire Internationale.

Zahn	Anzahl [n] Gruppe A	Anzahl [n] Gruppe B	Anzahl [n] Gesamt
11	3	2	5
12	3	5	8
13	7	6	13
14	12	3	15

15	6	5	11
16	7	10	17
17	6	3	9
18	0	1	1
21	7	4	11
22	6	1	7
23	7	4	11
24	3	2	5
25	9	3	12
26	4	6	10
27	4	7	11
28	1	2	3
31	2	3	5
32	2	1	3
33	3	1	4
34	3	6	9
35	2	4	6
36	4	3	7
37	6	5	11
38	2	0	2
41	2	3	5
42	2	2	4
43	0	2	2
44	0	2	2
45	4	7	11
46	3	5	8
47	6	5	11
48	1	2	3
<b>Summe [n]</b>	<b>127</b>	<b>115</b>	<b>242</b>

Um eine bessere Übersicht zu bekommen, werden die Zähne, für die eine RI gestellt wurde, Sextanten zugeordnet. Die Aufteilung der beiden Kiefer in Sextanten ist in der Zahnmedizin zur Erhebung des PSI (Parodontaler Screening Index) üblich.

1. Sextant: Zahn 18 bis 14
2. Sextant: Zahn 13 bis 23
3. Sextant: Zahn 24 bis 28
4. Sextant: Zahn 38 bis 34
5. Sextant: Zahn 33 bis 43
6. Sextant: Zahn 44 bis 48

In der folgenden Tabelle ist die jeweilige Häufigkeit der einzelnen Sextanten, für die die behandelnden Zahnärzte eine RI gestellt haben, aufgelistet. Dargestellt ist jeweils die Anzahl aus Gruppe A und B und die gesamte Anzahl aus den 200 untersuchten Bildern.

**Tab. 2:** Übersicht über die jeweiligen Anzahlen der einzelnen Zähne auf den zur Dokumentation und Qualität untersuchten digitalen Zahnfilmen, für die von Zahnärzten eine rechtfertigende Indikation zur Anfertigung gestellt wurde - den Sextanten zugeordnet. 1/2 bedeutet, dass die Indikation für Zähne aus dem 1. und 2. Sextanten besteht, entsprechend bedeutet 2/3, 2/5, 4/5. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Zahnfilme der Gruppe A wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Gerät Sirona Heliodont DS angefertigt, Zahnfilme der Gruppe B an dem KaVo Gendex 765DC. Gruppe A und B haben jeweils eine Fallzahl von 100 Zahnfilmen.

Sextanten	Anzahl [n] Gruppe A	Anzahl [n] Gruppe B	Anzahl [n] Gesamt
1	22	21	43
2	24	22	46
3	16	16	32
4	12	15	27
5	7	7	14
6	14	17	31
1/2	2	0	2
2/3	2	0	2
4/5	1	1	2
2/5	0	1	1

### 3.2 Untersuchung der Dokumentation

Bei den Untersuchungen zur Dokumentation wird die gesamte Fallzahl von 200 aus Gruppe A und B betrachtet, weil zwischen Geräteeigenschaften und Dokumentation kein Zusammenhang besteht.

Die Handhabung und Reihenfolge der Dokumentation der RI und des erhobenen Befundes für einen Zahnfilm im Department für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde des Universitätsklinikums Ulm ist im Folgenden aufgeführt.

Der behandelnde Zahnarzt füllt zuerst die blaue Karte aus, bevor ein Röntgenbild angefertigt wird. Mit seiner Unterschrift auf der Karte bestätigt der Zahnarzt verantwortlich dass er die nach §§2a(2), 23 und 28(1) der Röntgenverordnung (RöV) vom 18.06.03 erforderliche RI aufgezeichnet und eine Röntgen-Anamnese erhoben hat. Er bestätigt damit auch, dass er das Vorhandensein eines Röntgenpasses und Aufnahmen früherer röntgendiagnostischer Untersuchungen im Zahn-, Mund- und Kieferbereich überprüft hat. Bei Frauen im gebärfähigen Alter muss grundsätzlich nach einer Schwangerschaft gefragt werden. Auf der Rückseite der blauen Karte wird von den MTRA Datum, Art der Aufnahme, Unterschrift des Arztes, Abteilung, Name der MTRA, laufende Nummer des Zahnfilmes, Röhrenspannung und Belichtungszeit vermerkt (Geibel 2010). Die MTRA tragen Datum, Patientename, Abteilung, Röhrenspannung, Röhrenstrom, Belichtungszeit, Art der Aufnahme, Filmgröße, Name der zuständigen MTRA in das Röntgenbuch ein. Zusätzlich versehen die MTRA die linke Spalte in der Patientenakte mit einem Röntgen-Stempel. Dieser wird in der Regel handschriftlich mit dem geröntgten Zahn ergänzt, manchmal auch mit der rechtfertigenden Indikation. Die linke Spalte dient zur Dokumentation von Abrechnungspositionen. Bei Aufträgen für Zahnfilme, die von der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie kommen, wird ein Stempel verwendet, in den der behandelnde Zahnarzt die RI einträgt. In der Röntgensoftware steht ein Feld zur Dokumentation von RI und Befund zur Verfügung. Die RI und der Befund sollte außerdem in der Patientenakte dokumentiert werden.

### **3.2.1 Dokumentation der Rechtfertigenden Indikation**

RI für Zahnfilme, die Sitzmann/DGZMK auflistet, um Diagnose und Therapie zu sichern und andere RI, die im untersuchten Material auftauchen, wurden auf Vollständigkeit ihrer Dokumentation und jeweilige Häufigkeit untersucht (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1992).

Die Indikation „Kieferorthopädie“ taucht im Untersuchungsmaterial nicht auf und wird deshalb bei den Ergebnissen nicht aufgeführt.

Die RI ist für 70,5% der 200 Bilder dokumentiert.

In der folgenden Tabelle sind die jeweiligen Häufigkeiten der verschiedenen rechtfertigenden Indikationen, die in der Patientenakte und im Computer für Gruppe A und B im Gesamten vermerkt sind, aufgelistet. „Andere Indikationen“ beinhaltet Indikationen, die zweimal oder weniger vorkommen. Dazu zählen folgende Indikationen: Patient wünscht zu einem Fall eine zweite Meinung, die erste Aufnahme ist unscharf, Bleaching, Keimschädigung nach Unfall bei Milchzahn, Detailaufnahme, Patient wünscht Kontrolle. Es muss beachtet werden, dass für einige Zahnfilme mehr als eine Indikation besteht.

**Tab. 3:** Jeweilige Anzahlen der verschiedenen rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung, die von Zahnärzten in der Patientenakte und im Computer vermerkt sind für 200 auf Dokumentation und Qualität untersuchte Zahnfilme. Wobei einige Zahnfilme mehrere Indikationen, manche keine dokumentierte Indikation enthalten. „Andere Indikationen“ beinhaltet Indikationen, die zweimal oder weniger vorkommen. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

Rechtfertigende Indikation	Kariesdiagnostik	Endodontie	Parodontologie	Prothetik	Implantologie	Chirurgie	Schmerzen	Andere Indikationen
Anzahl [n]	8	10	26	20	6	10	60	15

Für 20 von 200 Zahnfilme sind zwei verschiedene Indikationen gestellt und vermerkt. Davon sind 18 RI nur einmal in der Akte oder im Computer vermerkt und zwei RI doppelt dokumentiert, einmal in der Akte und einmal im Computer. Für 59 Zahnfilme ist die RI nicht vermerkt. Für einige Zahnfilme ist die gestellte RI an zwei oder mehr der aufgeführten möglichen Dokumentationsstellen in der Akte und im Computer dokumentiert.

In der folgenden Tabelle ist eine Übersicht über die Häufigkeit der Dokumentation der RI dargestellt. Sie kann in der Patientenakte und im Computer einfach, doppelt oder dreifach dokumentiert sein.

**Tab. 4:** Übersicht über die Anzahlen der Dokumentation der rechtfertigenden Indikation durch Zahnärzte für 200 digitale Zahnfilme. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodont DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

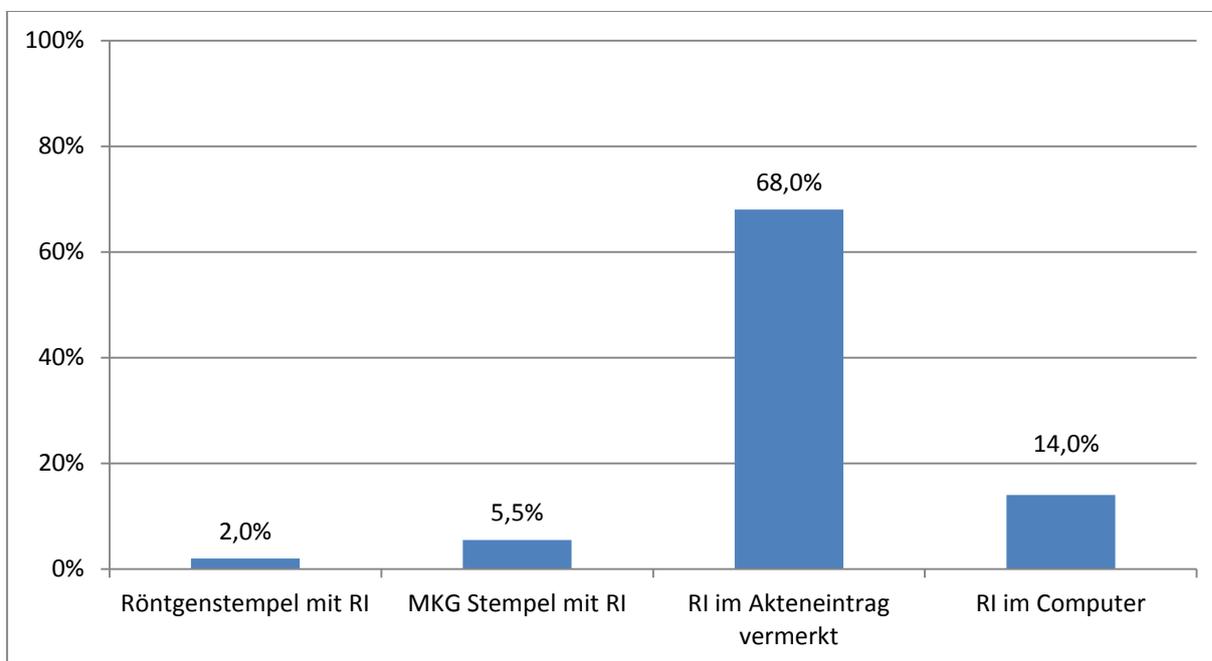
Dokumentation der rechtfertigenden Indikation	Nicht vermerkt	1-fach	2-fach	3-fach
Anzahl [n]	59	106	32	3

Der Röntgen-Stempel ist in 99% der untersuchten Akten vorhanden. Innerhalb des Röntgen-Stempels ist zu 94% der Zahn, bzw. die Zähne handschriftlich dokumentiert, für die eine RI besteht. Die RI ist innerhalb des Stempels zu 2% dokumentiert.

In der Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ist es üblich den sogenannten MKG-Stempel für die Dokumentation von RI und Befund zu verwenden. 5,5% der untersuchten Zahnfilme stammen von Patienten, die in der MKG behandelt wurden. Davon ist in 100% der MKG-Stempel vorhanden und die RI im MKG-Stempel vermerkt.

In der folgenden Abbildung ist grafisch dargestellt, wo der behandelnde Zahnarzt die RI dokumentiert hat. Möglich ist im Röntgen-Stempel, im MKG-Stempel, im Akteneintrag oder der Röntgensoftware. Das Ergebnis zeigt, dass hauptsächlich in der Patientenakte dokumentiert wird. Dort sind auch andere durchgeführte Behandlungsmaßnahmen aufgeschrieben. Es muss beachtet werden, dass für einige Zahnfilme mehr als eine Indikation besteht. Im Akteneintrag und MKG-

Stempel wird nur von dem behandelnden Zahnarzt dokumentiert. In der Röntgensoftware wird sowohl von MTRA als auch von Zahnärzten dokumentiert. Im Röntgen-Stempel wird nur von den MTRA dokumentiert.

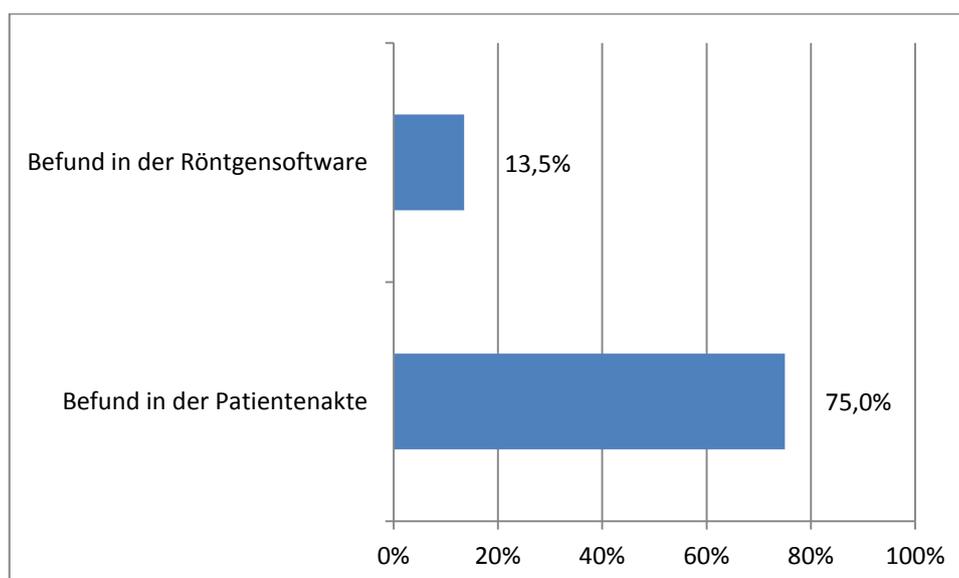


**Abb. 5:** Verteilung der Häufigkeit der Dokumentation der rechtfertigenden Indikation zu 200 digitalen Zahnfilmen an den vier möglichen Orten in der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm. Im Stempel der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, im Akteneintrag und im Computer wurde von den behandelnden Zahnärzten, im Röntgenstempel von den Medizinisch Technischen Radiologieassistenten dokumentiert. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodont DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

### 3.2.2 Dokumentation des erhobenen Befundes

Der erhobene Befund für die Zahnfilme kann vom behandelnden Zahnarzt in der Patientenakte oder/und in der Röntgensoftware dokumentiert werden. Dies ist bei 76,5% der untersuchten Bilder der Fall.

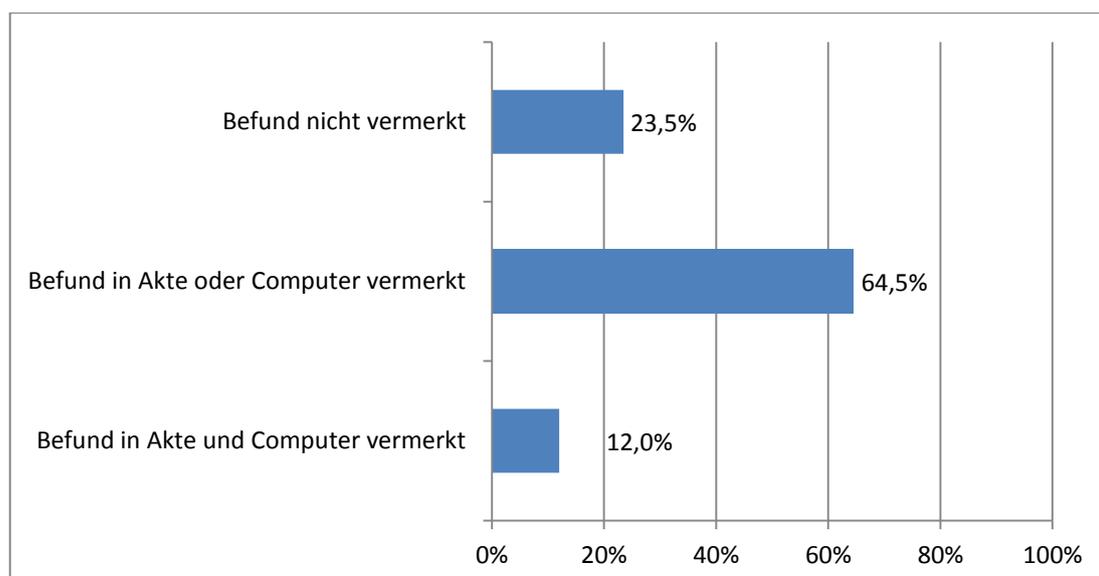
In der folgenden Abbildung ist die Verteilung auf die zwei möglichen Orte dargestellt. Der Befund wird hauptsächlich in der der Patientenakte dokumentiert.



**Abb. 6:** Verteilung der Häufigkeit der Befunddokumentation in der Röntgensoftware des Computer oder der Patientenakte durch den behandelnden Zahnarzt in der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm für 200 digitale Zahnfilme. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodont DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

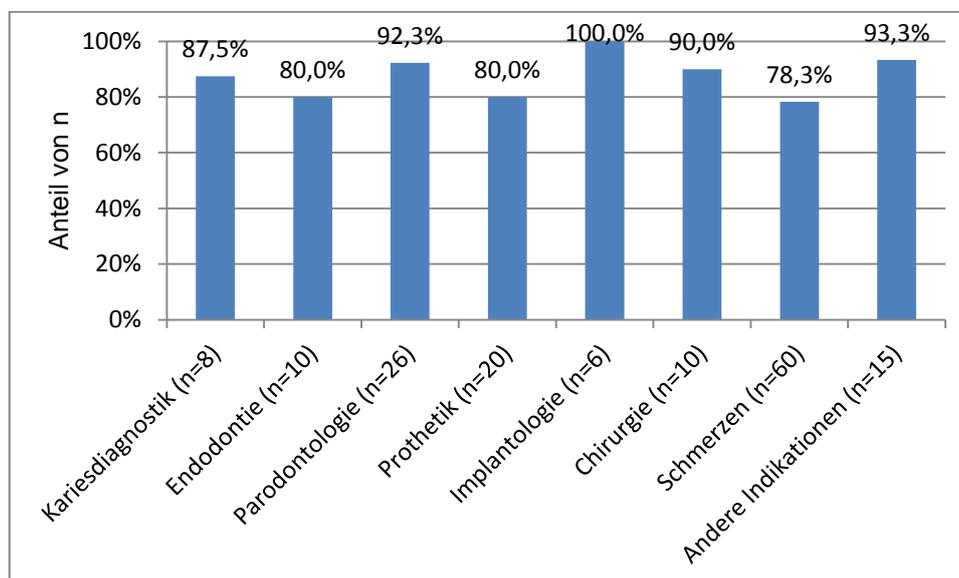
Der MKG Stempel ist zu 100% mit dem Befund ausgefüllt.

Es liegen Mehrfachdokumentationen in der Akte und im Computer, Einfachdokumentationen in der Akte oder im Computer und fehlende Dokumentationen vor. Die folgende Tabelle zeigt die jeweiligen Anteile.



**Abb. 7:** Darstellung der Häufigkeit von einfacher, doppelter und fehlender Dokumentation des Befundes von 200 digitalen Zahnfilmen. Die Befunddokumentation fand durch Zahnärzte der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm statt. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

Eine mögliche Abhängigkeit der Befunddokumentation von der jeweiligen rechtfertigenden Indikation ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



**Abb. 8:** Häufigkeit der Befunddokumentationen durch Zahnärzte der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm für 200 digitale Zahnfilme, in Abhängigkeit von den einzelnen rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n= gesamte Anzahl der Zahnfilme mit der jeweiligen rechtfertigenden Indikation. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

### 3.2.3 Dokumentation sonstiger Informationen

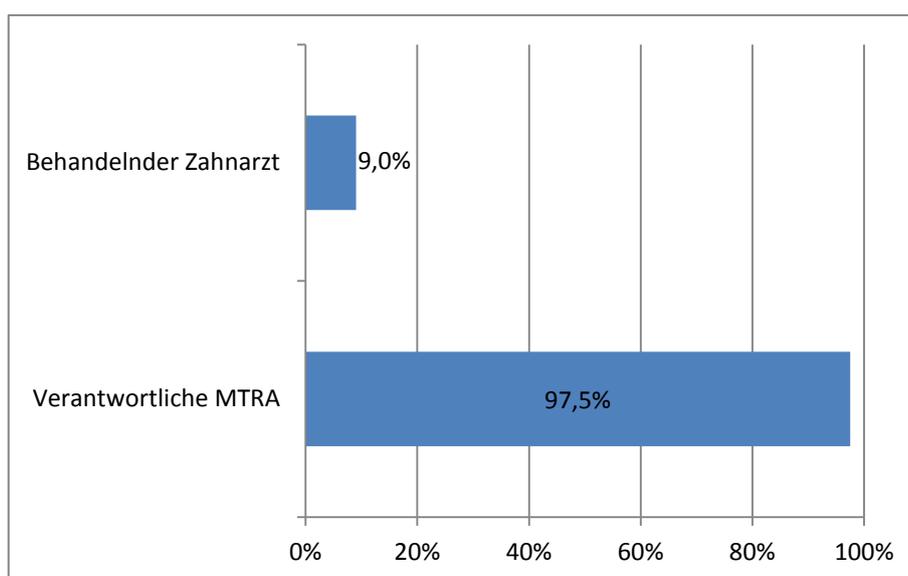
Neben der Dokumentation der gestellten rechtfertigenden Indikation und des erhobenen Befundes sind noch weitere Informationen im Computer und der Patientenakte dokumentiert.

Welche Informationen auf welche Weise und wie häufig dokumentiert sind, ist im Folgenden aufgeführt.

### 3.2.3.1 Verantwortliche Personen

Zur Durchführung von radiologischen Untersuchungen sind die behandelnden Zahnärzte und MTRA verantwortlich. Diese dokumentieren ihren Namen oder ihr Kürzel in der Software des Computers teilweise.

Der Name der behandelnden Zahnärzte ist zu 9% dokumentiert, der Name der verantwortlichen MTRA zu 97,5%.



**Abb. 9:** Häufigkeit der Dokumentation des Namens oder Kürzels der behandelnden Zahnärzte und den verantwortlichen Medizinisch Technischen Radiologieassistenten in der Röntgensoftware für 200 digitale Zahnfilme in der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten (MTRA) an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodont DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

Außerhalb des Computers wird das Kürzel der verantwortlichen MTRA, die den Zahnfilm am Patienten anfertigt zu jedem Bild im Röntgenbuch, in der Patientenakte innerhalb des Röntgen- Stempels und auf der blauen Karte dokumentiert. Hier ist die Dokumentation zu 100% vollständig.

Die behandelnden Zahnärzte, die die Anfertigung eines Zahnfilmes anordnen, unterschreiben für jeden Zahnfilm auf der blauen Karte und im Akteneintrag. Die Unterschrift ist an beiden Stellen zu 100% vollständig.

### 3.2.3.2 Wiederholungsaufnahmen

Bei 5,5% der Bilder sind mehrere Aufnahmen für eine einzige RI gespeichert. Das heißt aufgrund von Fehlaufnahmen wurde das Bild innerhalb weniger Minuten mehrmals angefertigt.

Die Röntgensoftware bietet die Möglichkeit Aufnahmen zu löschen. Es kann hier aufgrund dessen nicht die tatsächliche Anzahl von Wiederholungs-, bzw. Fehlaufnahmen angegeben werden.

### 3.2.3.3 Weitere Orte der Dokumentation

Software:

In dem Feld „Anmerkungen“ der Röntgensoftware werden zusätzlich zu den schon genannten Dokumentationen weitere Informationen notiert:

Belichtungszeit, „Patient würgt“, Name und Geburtsdatum des Patienten, „ohne Halter“.

**Tab. 5:** Häufigkeit der jeweiligen zusätzlich dokumentierten Informationen zu 200 digitalen Zahnfilmen in der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm. Diese Informationen wurden in der Röntgensoftware von den behandelnden Zahnärzten und den verantwortlichen Medizinisch Technischen Radiologieassistenten dokumentiert. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an den digitalen intraoralen Röntgengeräten Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

Zusätzliche Informationen in der Röntgensoftware unter „Anmerkungen“	Belichtungszeit	„Patient würgt“	„Ohne Halter“	Name und Geburtsdatum
Häufigkeit [n]	126	3	1	1

Blaue Karte:

Mit einer Unterschrift bestätigt der Zahnarzt, dass die erforderliche RI aufgezeichnet, eine Anamnese erhoben wurde, das Vorhandensein eines Röntgenpasses und Aufnahmen früherer röntgendiagnostischer Untersuchungen überprüft wurden und Frauen nach einer möglichen Schwangerschaft gefragt wurden. Auf der Rückseite der blauen Karte wird von den MTRA Datum, Art der Aufnahme, Unterschrift des Arztes, Abteilung, Name der MTRA, laufende Nummer des Zahnfilmes, Röhrenspannung und Belichtungszeit vermerkt.

Die Dokumentationen auf der blauen Karte sind zu 100% vollständig

Röntgenbuch:

Die MTRA tragen ins Röntgenbuch Datum, Patientename, Abteilung, Röhrenspannung, Röhrenstrom, Belichtungszeit, Art der Aufnahme, Filmgröße, Name der zuständigen MTRA ein.

Die Dokumentationen im Röntgenbuch sind zu 100% vollständig

### **3.3 Untersuchungen der Bildqualität**

Bei der Untersuchung zur Bildqualität werden die Zahnfilme von Gruppe A und B mit einer jeweiligen Fallzahl von 100 miteinander verglichen. Die Fallzahl 100 ergibt sich, weil die Bildqualität vom jeweiligen Aufnahmegerät abhängig ist.

#### **3.3.1 Darstellung anatomischer Strukturen**

Für die Untersuchungen auf Diagnostizierbarkeit der anatomischen Strukturen Parodontalspalt, Pulpenkavum, Wurzelkanäle und interradiikuläres Septum ergibt sich eine verringerte Fallzahl. Die Fallzahlen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

Das interradikuläre Septum beschreibt die Knochenstruktur zwischen den Zahnwurzeln und kann somit nur bei Bildern mit mehrwurzligen Zähnen bewertet werden, bei denen der Röntgenstrahl so einfällt, dass die Struktur interradiikulär dargestellt ist.

Bei Röntgenbildern mit der rechtfertigenden Indikation Implantat besteht aufgrund Osseointegration kein Parodontalspalt, wie beim natürlichen Zahn. Bei Röntgenbildern mit der rechtfertigenden Indikation Implantat kann zusätzlich keine Bewertung der Diagnostizierbarkeit von Pulpenkavum und Wurzelkanälen erfolgen. Eine Übersicht über die sich daraus ergebenden verringerten Fallzahlen sind im Folgenden dargestellt.

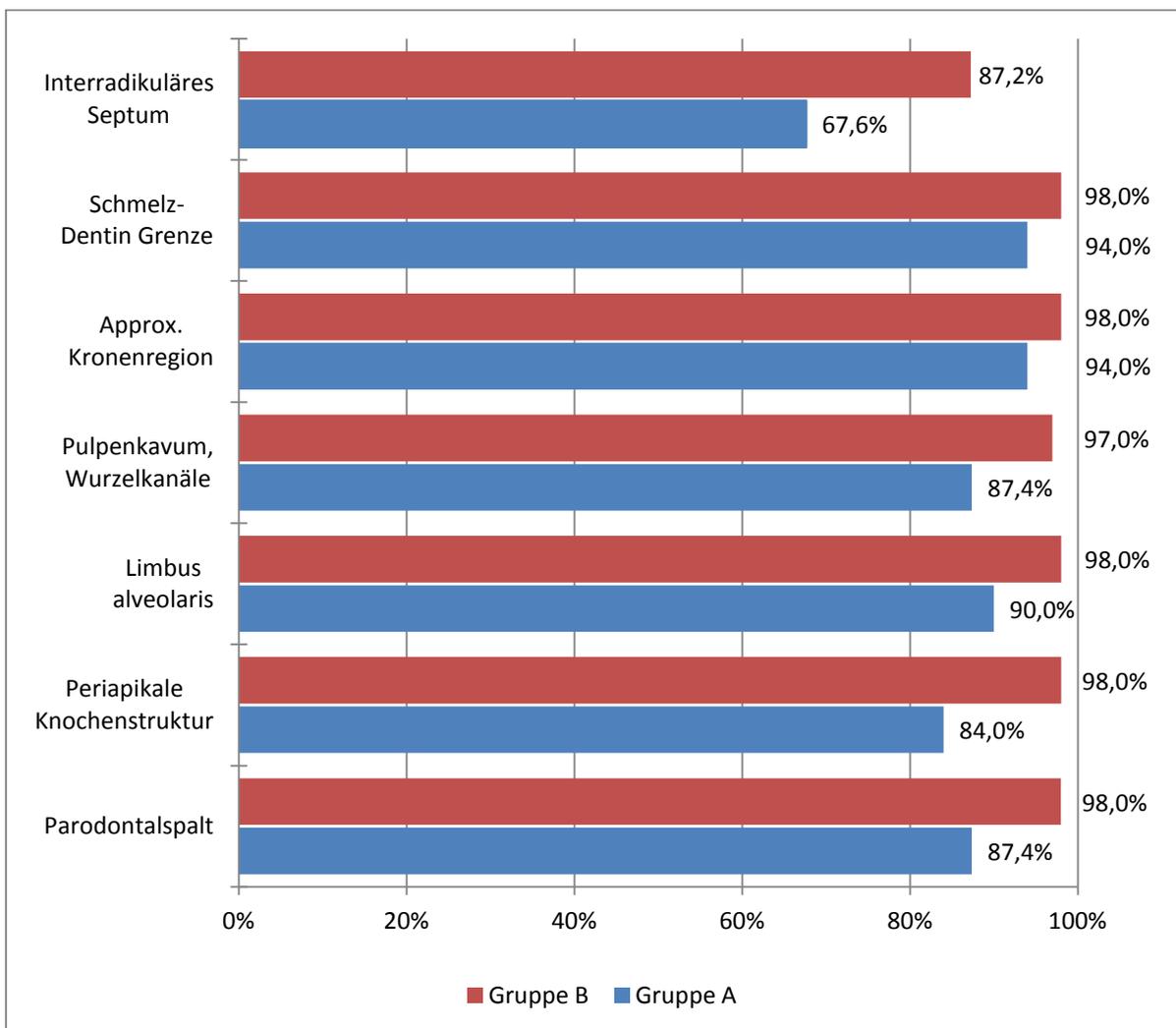
**Tab. 6:** Fallzahlen zu den einzelnen anatomischen Strukturen, die im 4-Augen-Prinzip auf „diagnostizierbar“ bzw. „nicht diagnostizierbar“ an 200 Zahnfilmen untersucht wurden. Die teilweise verringerten Fallzahlen ausgehend von 100 Zahnfilmen pro Gruppe ergeben sich daraus, dass die jeweiligen Strukturen nicht auf allen Zahnfilmen vorhanden sind. Beispiel: Bei einem Implantat ist kein Parodontalspalt, kein Pulpenkavum und kein interradiikuläres Septum vorhanden. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Zahnfilme der Gruppe A wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS angefertigt, Zahnfilme der Gruppe B an dem KaVo Gendex 765DC.

Anatomische Strukturen	Parodontalspalt	Periapikale Knochenstruktur	Limbus alveolaris	Pulpenkavum, Wurzelkanäle	Approximale Kronenregion	Schmelz- Dentin Grenze	Interradiikuläres Septum
Fallzahl [n] Gruppe A	95	100	100	95	100	100	34
Fallzahl [n] Gruppe B	99	100	100	99	100	100	47
Fallzahl [n] Gruppe A+B	194	200	200	194	200	200	81

Die Ergebnisse zur subjektiven Bewertung mittels 4-Augen-Prinzip der anatomischen Strukturen als „diagnostizierbar“ sind in folgender Abbildung dargestellt.

Die stärkste Differenz zwischen Gruppe A und B liegt bei den Strukturen interradiikuläres Septum (19,6%), Pulpenkavum und Wurzelkanäle (9,6%), periapikale Knochenstruktur (14%) und Parodontalspalt (10,6%).

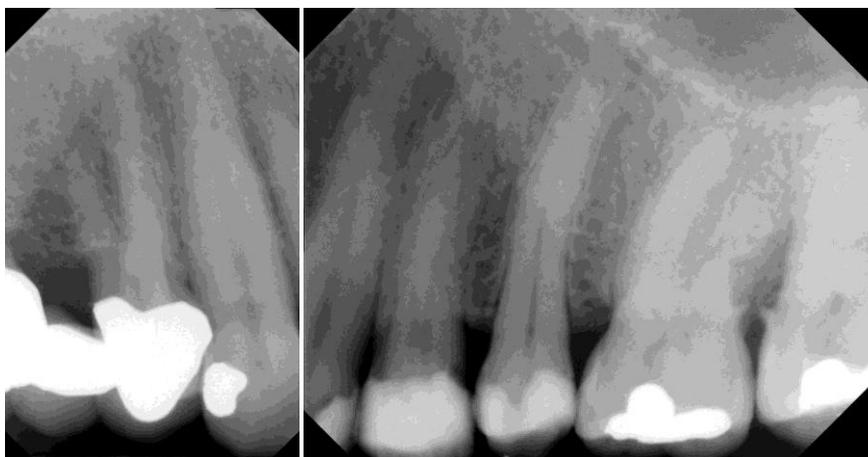
Bei den anderen aufgeführten Strukturen liegt der Unterschied zwischen 10 und 4%. Die Strukturen Schmelz-Dentin Grenze und approximale Kronenregion sind in Gruppe A und B ähnlich gut diagnostizierbar.



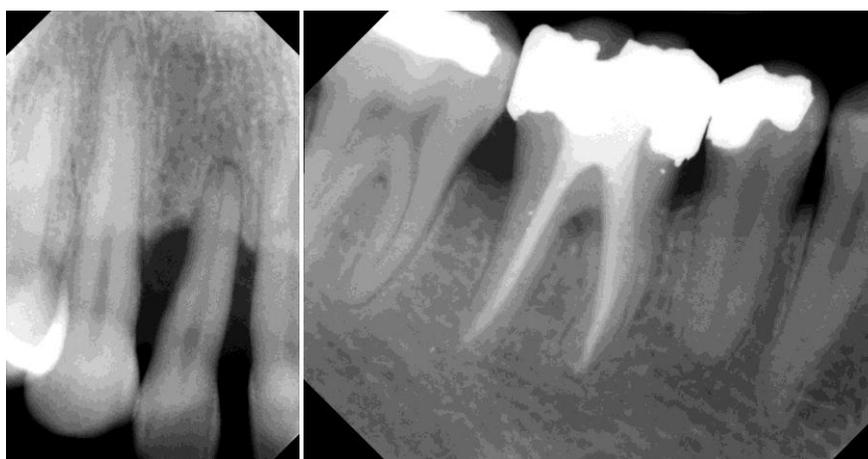
**Abb. 10:** Ergebnisse der subjektiven Bewertung der anatomischen Strukturen auf digitalen Zahnfilmen der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm als „diagnostizierbar“ mittels 4-Augen-Prinzip. Gruppe A und B mit einer jeweiligen Fallzahl von 100 Bildern sind im Vergleich dargestellt. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Zahnfilme der Gruppe A wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS angefertigt, Zahnfilme der Gruppe B an dem KaVo Gendex 765DC.

### 3.3.2 Gesamteindruck der Bildqualität

Im Folgenden sind Beispielbilder aus Gruppe A und B zu sehen.

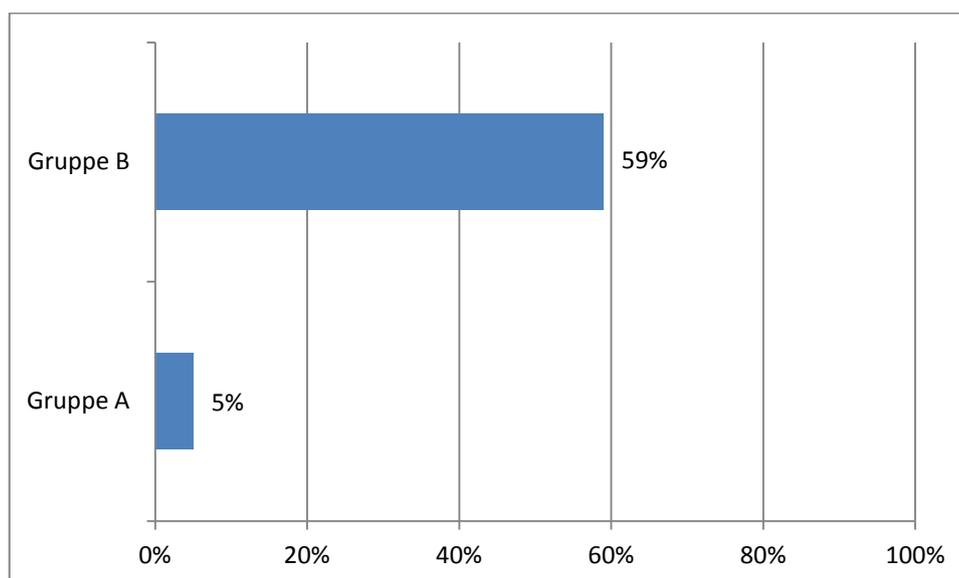


**Abb. 11:** Ausgewählte digitale Zahnfilme, aus den zur Dokumentation und Bildqualität untersuchten Bildern aus Gruppe A. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Gerät Sirona Heliodont DS in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten angefertigt. (Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universität Ulm 2009)



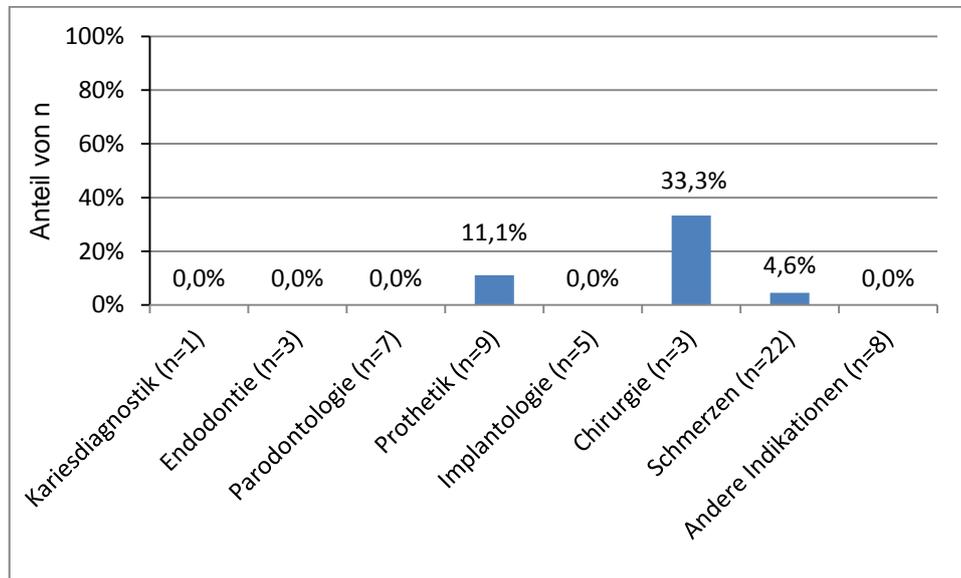
**Abb. 12:** Ausgewählte digitale Zahnfilme, aus den zur Dokumentation und Bildqualität untersuchten Bildern aus Gruppe B. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Gerät KaVo Gendex 765DC in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten angefertigt. (Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universität Ulm 2009)

In der folgenden Abbildung ist die Häufigkeit der Zahnfilme aus Gruppe A und B, die mittels 4-Augen-Prinzip als „gute Bildqualität“ eingestuft werden, dargestellt. Die Bilder sind subjektiv als Gesamteindruck bewertet in Betracht von Kontrast, Zeichenschärfe, Rauschen, Helligkeit und Detailerkennbarkeit. Gruppe B wird mit 59% eindeutig besser bewertet als Gruppe A mit 5%.

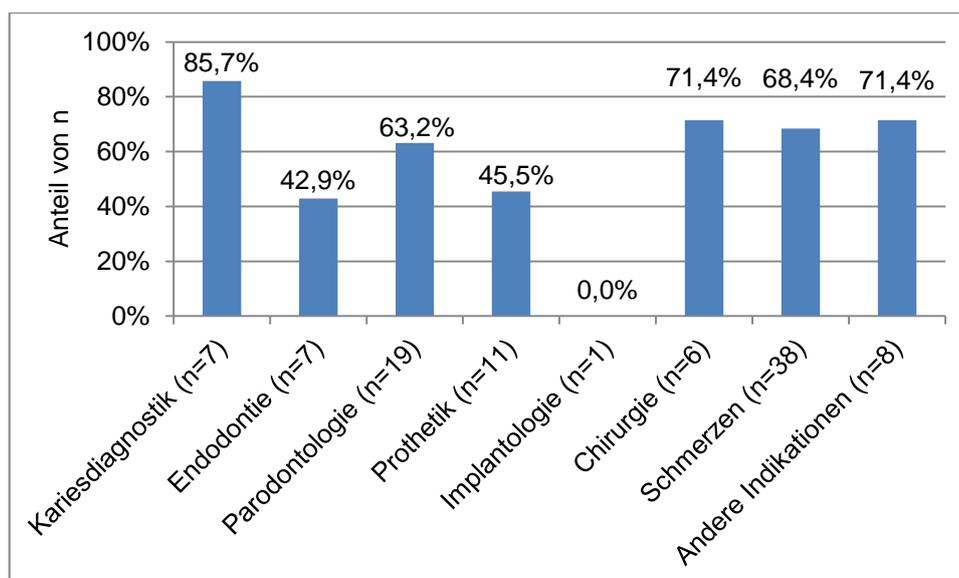


**Abb. 13:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme aus Gruppe A und B mit einer jeweiligen Fallzahl von 100 Zahnfilmen, welche mittels 4-Augen-Prinzip als „gute Bildqualität“ eingestuft wurden. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Zahnfilme der Gruppe A wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS angefertigt, Zahnfilme der Gruppe B an dem KaVo Gendex 765DC.

In den folgenden zwei Abbildungen ist eine mögliche Abhängigkeit der Bildqualität von der gestellten rechtfertigenden Indikation in Gruppe A und B dargestellt.

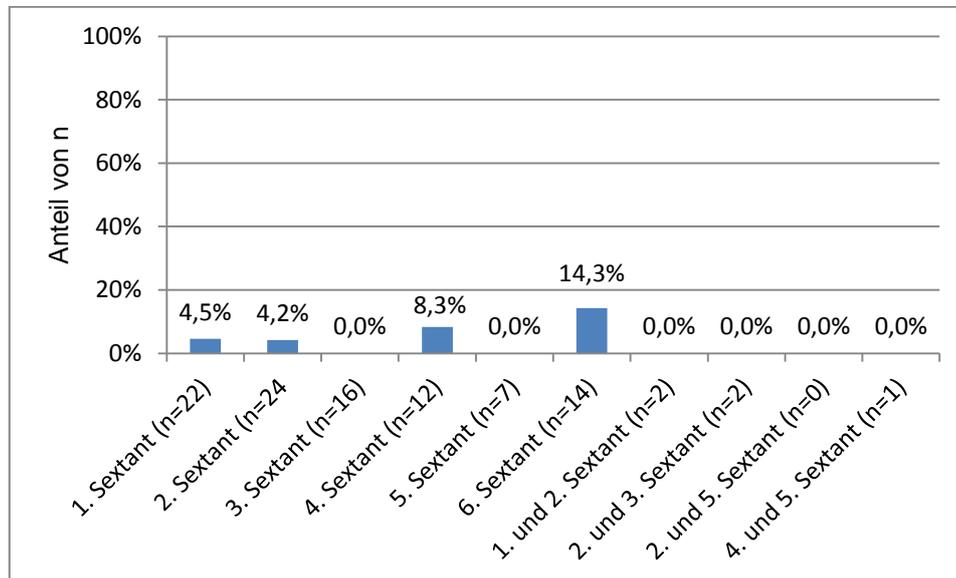


**Abb. 14:** Anteil der digitalen Zahnfilme aus Gruppe A, die mittels 4-Augen-Prinzip als „gute Bildqualität“ eingestuft wurden, den gestellten rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung zugeordnet. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Fallzahl der jeweiligen rechtfertigenden Indikation, die die behandelnden Zahnärzte in Gruppe A gestellt haben. Die 100 Zahnfilme der Gruppe A wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS angefertigt.

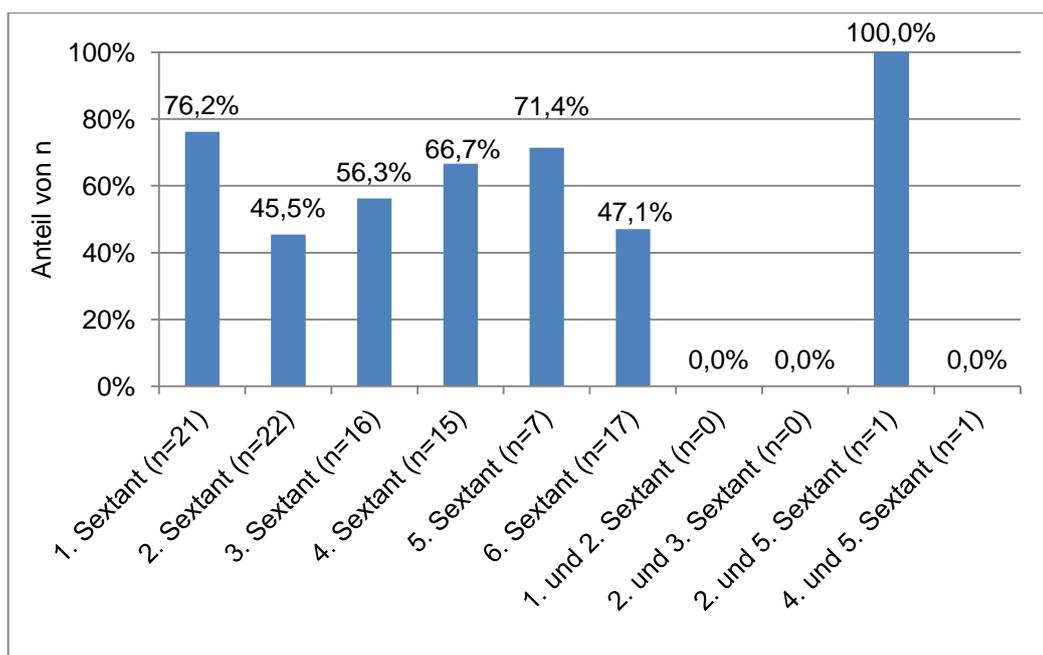


**Abb. 15:** Anteil der digitalen Zahnfilme aus Gruppe B, die mittels 4-Augen-Prinzip als „gute Bildqualität“ eingestuft wurden, den gestellten rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung zugeordnet. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n =Anzahl der jeweiligen rechtfertigenden Indikation, die die behandelnden Zahnärzte in Gruppe A gestellt haben. Die 100 Zahnfilme der Gruppe B wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät KaVo Gendex 765DC angefertigt.

In den folgenden zwei Abbildungen ist eine mögliche Abhängigkeit der Bildqualität von der aufgenommenen Region als Sextant dargestellt.



**Abb. 16:** Anteil der digitalen Zahnfilme aus Gruppe A, die mittels 4-Augen-Prinzip als „gute Bildqualität“ eingestuft wurden, den Sextanten zugeordnet. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n = Anzahl der Zahnfilme im jeweiligen Sextanten, für die die behandelnden Zahnärzte die Anfertigung eines Zahnfilms angefordert haben. Die 100 Zahnfilme der Gruppe A wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS angefertigt



**Abb. 17:** Anteil der Zahnfilme aus Gruppe B, die mittels 4-Augen-Prinzip als „gute Bildqualität“ eingestuft wurden, den Sextanten zugeordnet. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n = Anzahl der Zahnfilme im jeweiligen Sextanten, für die die behandelnden Zahnärzte die Anfertigung eines Zahnfilms angefordert haben. Die 100 Zahnfilme der Gruppe B wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Zahnfilme der Gruppe B wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät KaVo Gendex 765DC angefertigt

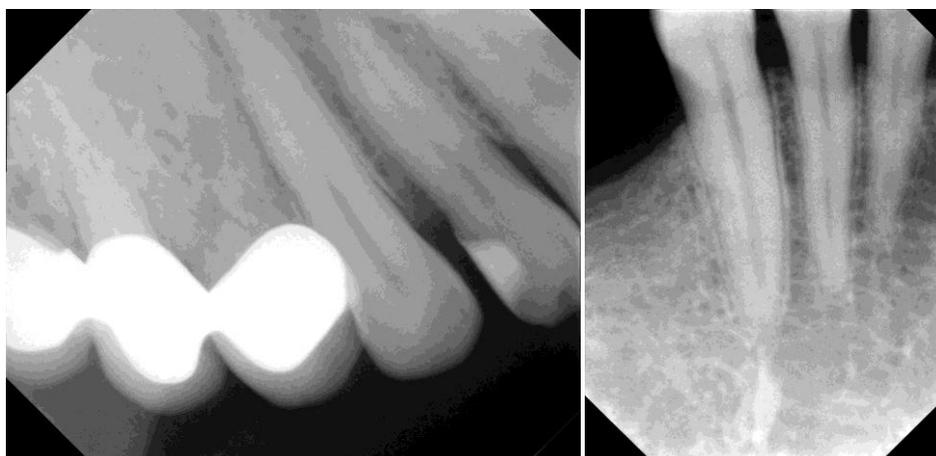
### 3.3.3 Bildqualität in Abhängigkeit von Einstellungen

Im Folgenden sind die Ergebnisse zur Bildqualität aufgeführt, die von Einstellungen durch die MTRA abhängig sind. Die Einstellungen beziehen sich auf Film- und Patientenpositionierung und Ausrichtung des Röntgentubus.

#### 3.3.3.1 Vollständige Abbildung der einzelnen Zähne mit Krone und apikaler Region

Bei diesem Bewertungskriterium wird von einer Fallzahl von 200 ausgegangen, weil die Voraussetzungen zur Einstellung durch die MTRA bei beiden Geräten die Gleichen sind. Somit werden Gruppe A und B zusammen betrachtet.

In den folgenden zwei Zahnfilmen ist das Qualitätskriterium „vollständige Abbildung des Zahnes mit Krone und apikaler Region“ nicht erfüllt.

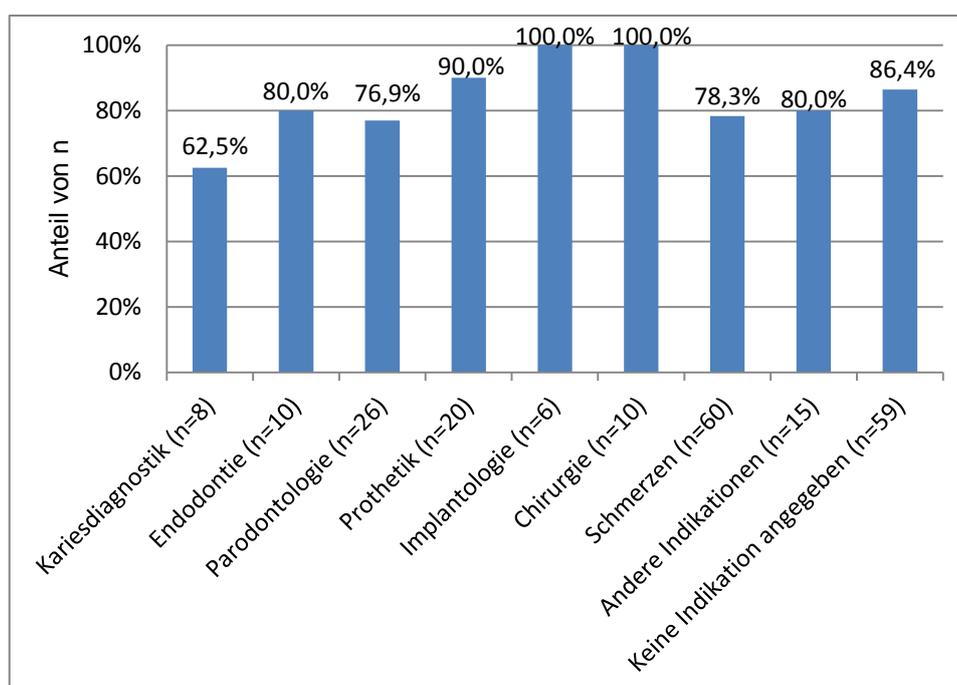


**Abb. 18:** Ausgewählte digitale Zahnfilme aus den 200 zur Dokumentation und Bildqualität untersuchten digitalen Zahnfilmen mit nicht vollständiger Abbildung des Zahnes mit Krone und apikaler Region. Im ersten Bild sind die Kronen teilweise abgeschnitten, im zweiten Bild die apikale Region. Die Zahnfilme wurden von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm an dem digitalen intraoralen Röntgengerät KaVo Gendex 765DC angefertigt. (Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universität Ulm 2009)

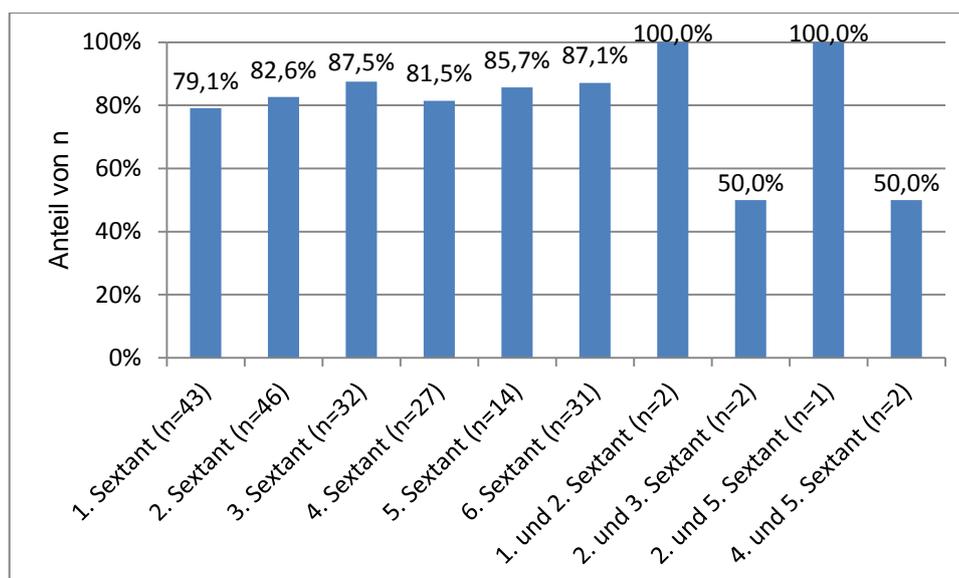
83% der Zahnfilme weisen eine vollständige Abbildung des Zahnes, bzw. der Zähne, für die eine RI gestellt wurde, auf.

34 Bilder weisen keine vollständige Abbildung auf. Davon stimmt bei 3,6% der Bilder, auf denen der Zahn, bzw. die Zähne nicht vollständig abgebildet sind, der Sichtbarkeitsbereich trotzdem mit der rechtfertigenden Indikation überein. In diesen Fällen ist der Bereich des Zahnes, auf den sich die Fragestellung bezieht abgebildet, obwohl andere Bereiche abgeschnitten sind.

In den folgenden zwei Abbildungen ist eine mögliche Abhängigkeit der vollständigen Abbildung von der RI und der Region dargestellt. In der Abbildung zur Abhängigkeit von der RI konnten nur Zahnfilme bewertet werden, für die eine RI gestellt wurde.



**Abb. 19:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung zugeordnet, welche eine vollständige Abbildung des Zahnes, bzw. der Zähne aufweisen, Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Gesamtzahl der jeweiligen rechtfertigenden Indikation, die die behandelnden Zahnärzte bei den 200 Zahnfilmen gestellt haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.



**Abb. 20:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen Sextanten zugeordnet, welche eine vollständige Abbildung des Zahnes, bzw. der Zähne aufweisen. Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Anzahl der Zahnfilme im jeweiligen Sextanten, für die die behandelnden Zahnärzte die Anfertigung eines Zahnfilms angefordert haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

### 3.3.3.2 Übereinstimmung des Sichtbarkeitsbereiches mit der rechtfertigenden Indikation

Eine Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit dem Sichtbarkeitsbereich bedeutet, dass der Bereich des Zahnes, für den die behandelnden Zahnärzte eine RI gestellt haben, auf dem Zahnfilm abgebildet ist. Der folgende Zahnfilm gibt ein Beispiel, auf welchem dies nicht der Fall ist.



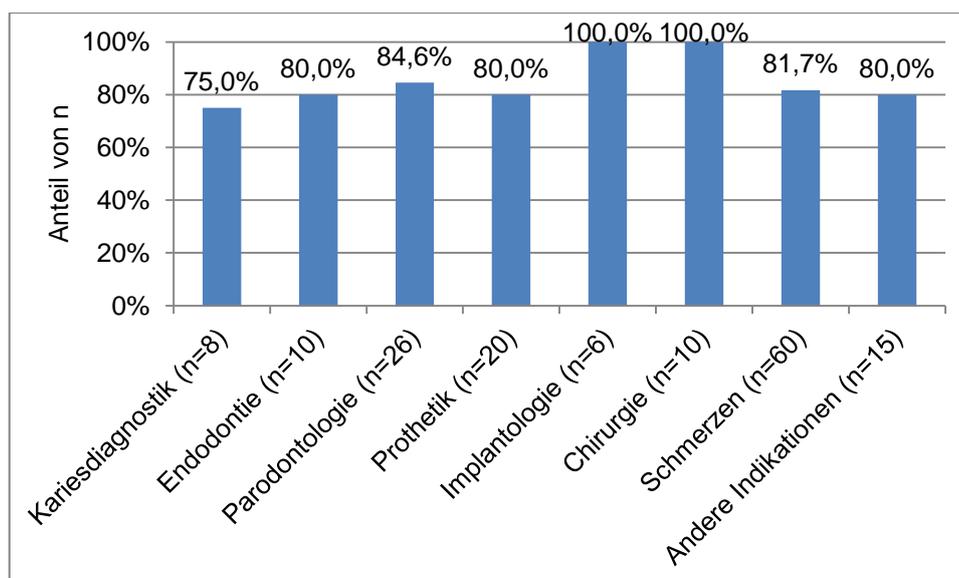
**Abb. 21:** Ausgewählter digitaler Zahnfilm, für den eine rechtfertigende Indikation für die Zähne 14 und 15 zum Bereich Parodontologie gestellt wurde. Das Bild ist eine Fehlaufnahme, weil nicht das gesamte Parodontium der zwei Zähne sichtbar ist. Der Zahnfilm wurde in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an einem Patienten an dem digitalen intraoralen Röntgengerät KaVo Gendex 765DC angefertigt. (Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Universität Ulm 2009)

Zahnfilme, auf denen Zähne, für die eine RI gestellt wurde, nicht vollständig abgebildet sind und für die gleichzeitig keine RI vermerkt ist, konnten für diesen Punkt nicht bewertet werden.

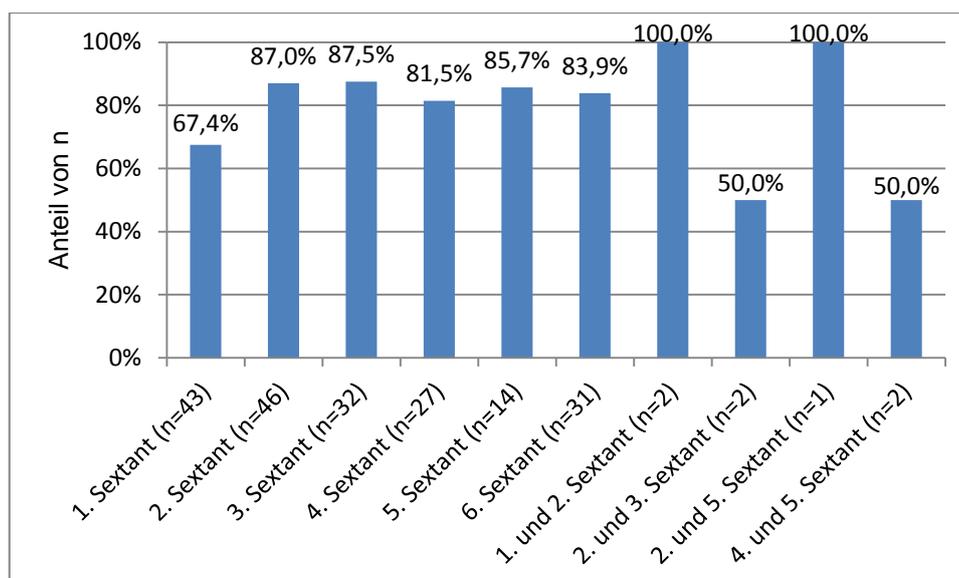
Zur Häufigkeit der „Vollständigen Abbildung der einzelnen Zähne mit Krone und apikaler Region“ siehe Kapitel 2.2.2.3.1. Zur Häufigkeit der Zahnfilme, für die keine RI gestellt bzw. dokumentiert wurde, siehe Kapitel 2.2.1.1.

In Gruppe A konnten 98 Bilder bewertet werden, in Gruppe B die volle Anzahl 100. Unter dem Gesichtspunkt Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit dem Sichtbarkeitsbereich konnten somit insgesamt 198 Bilder bewertet werden.

Insgesamt ergibt sich bei 85,7% der Bilder eine Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit dem Sichtbarkeitsbereich. In den folgenden zwei Abbildungen ist die Häufigkeit der Zahnfilme, die eine Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit dem Sichtbarkeitsbereich aufweisen, in Abhängigkeit von der RI und der Region dargestellt.



**Abb. 22:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung zugeordnet, welche eine Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit dem Sichtbarkeitsbereich aufweisen. Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Gesamtzahl der jeweiligen rechtfertigenden Indikation, die die behandelnden Zahnärzte bei den 200 Zahnfilmen gestellt haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.



**Abb. 23:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen Sextanten zugeordnet, welche eine Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit dem Sichtbarkeitsbereich aufweisen. Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Anzahl der Zahnfilme im jeweiligen Sextanten, für die die behandelnden Zahnärzte die Anfertigung eines Zahnfilms angefordert haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

### 3.3.3.3 Einstellfehler durch den Neigungswinkel des Tubus

Die folgenden Zahnfilme zeigen Einstellfehler bedingt durch den Neigungswinkel des Tubus.

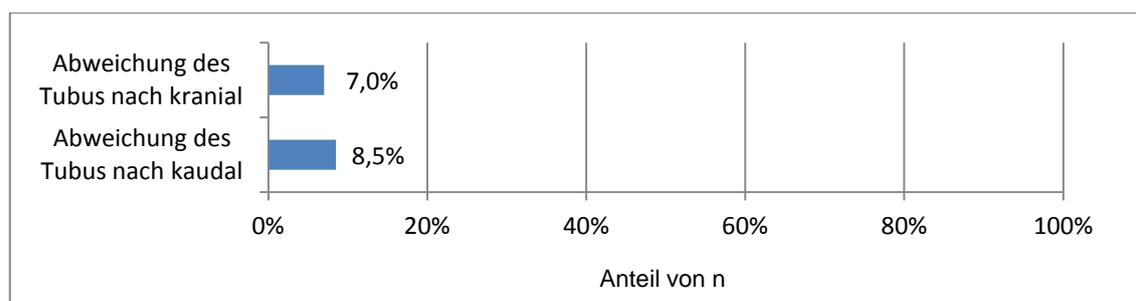


**Abb. 24:** Ausgewählte digitale Zahnfilme, bei deren Anfertigung eine Abweichung des Tubus nach kranial vorlag. Dadurch kommt es zu einer hypometrischen Abbildung. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Gerät Sirona Heliodont DS und KaVo Gendex 765DC in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten angefertigt. (Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer-, und Gesichtschirurgie, Universität Ulm 2009)



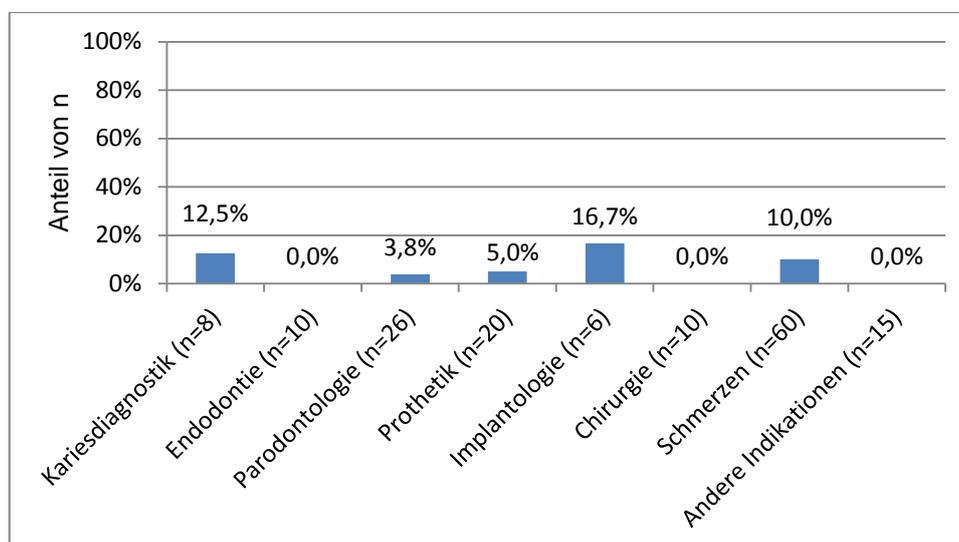
**Abb. 25:** Ausgewählte digitale Zahnfilme, bei deren Anfertigung eine Abweichung des Tubus nach kaudal vorlag. Dadurch kommt es zu einer hypermetrischen Abbildung. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Gerät Sirona Heliodont DS und KaVo Gendex 765DC in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten angefertigt. (Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Universität Ulm 2009)

In der folgenden Abbildung ist der Anteil der Abweichung des Tubus nach kranial oder kaudal von den 200 digitalen Zahnfilmen dargestellt.

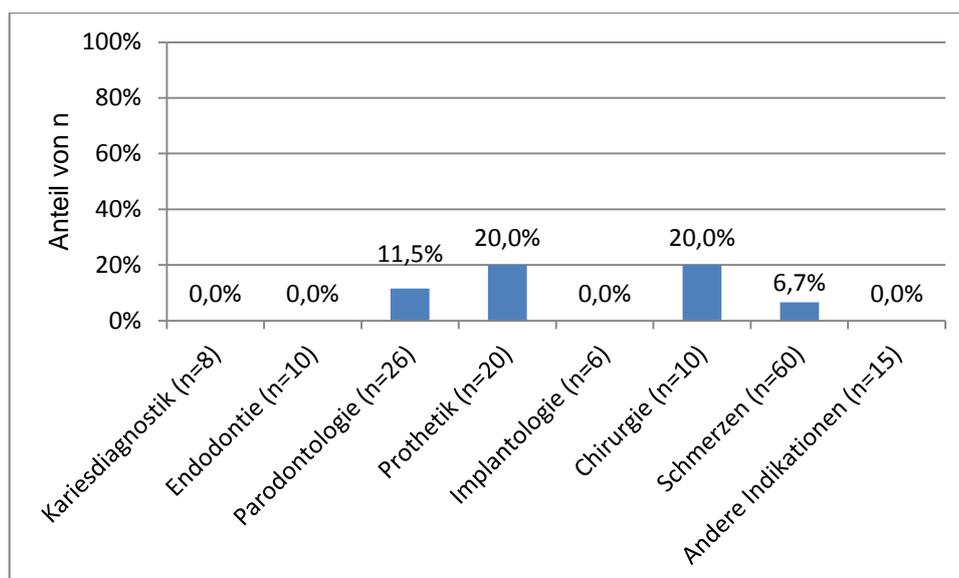


**Abb. 26:** Anteil an Zahnfilmen, bei denen eine Fehleinstellung des Röntgentubus vorliegt. Die Medizinisch Technischen Radiologieassistenten haben in diesen Fällen den Tubus im falschen Winkel zum Zahn ausgerichtet. Eine Abweichung des Tubus nach kranial führt zu einer hypometrischen Abbildung. Eine Abweichung des Tubus nach kaudal zu einer hypermetrischen Abbildung. Untersucht wurde eine Anzahl von n=200 Zahnfilmen. Sie wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Gerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

Eine mögliche Abhängigkeit der Abweichung des Tubus nach kranial oder kaudal von der RI ist in den folgenden Diagrammen dargestellt.

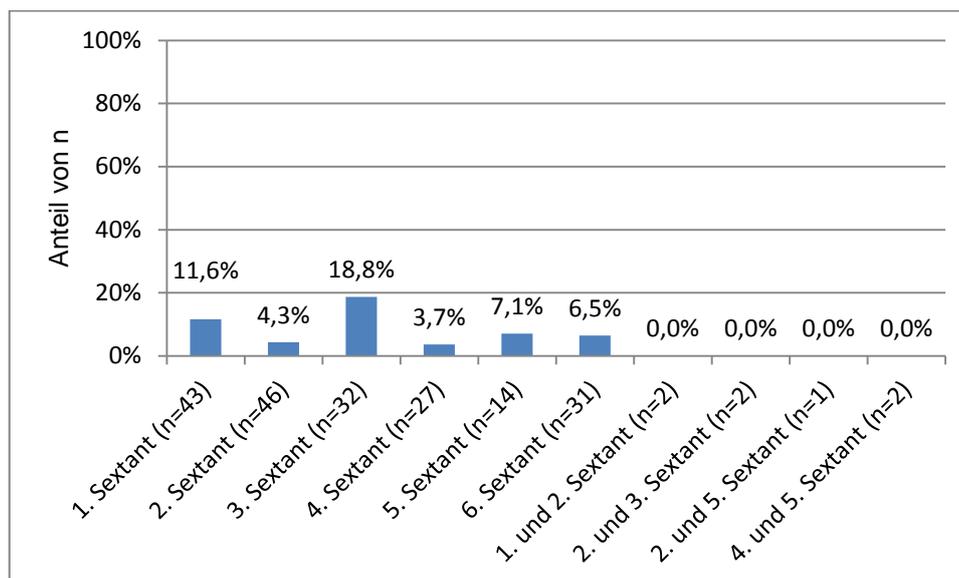


**Abb. 27:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung zugeordnet, bei denen eine Abweichung des Tubus nach kranial vorliegt und es zu einer hypometrischen Abbildung kommt. Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Gesamtzahl der jeweiligen rechtfertigenden Indikation, die die behandelnden Zahnärzte bei 200 Zahnfilmen gestellt haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

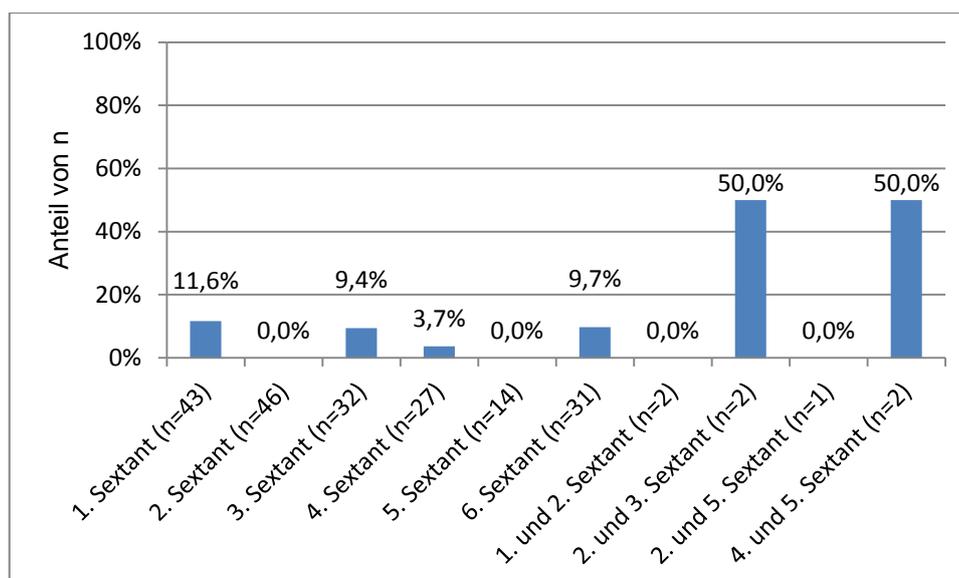


**Abb. 28:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen rechtfertigenden Indikationen zur Anfertigung zugeordnet, bei denen eine Abweichung des Tubus nach kaudal vorliegt und es zu einer hypermetrischen Abbildung kommt. Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Gesamtzahl der jeweiligen rechtfertigenden Indikation, die die behandelnden Zahnärzte bei den 200 Zahnfilmen gestellt haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

Eine mögliche Abhängigkeit der Abweichung des Tubus nach kranial oder kaudal von der Region als Sextant ist in den folgenden Diagrammen dargestellt.



**Abb.29:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen Sextanten zugeordnet, die aufgrund einer Abweichung des Tubus nach kaudal eine hypermetrische Abbildung aufweisen. Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Anzahl der Zahnfilme im jeweiligen Sextanten, für die die behandelnden Zahnärzte die Anfertigung eines Zahnfilms angefordert haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodont DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.



**Abb. 30:** Häufigkeit der digitalen Zahnfilme, den einzelnen Sextanten zugeordnet, die aufgrund einer Abweichung des Tubus nach kranial eine hypometrische Abbildung aufweisen. Untersucht wurden 200 digitale Zahnfilme. Das Diagramm stellt den jeweiligen Anteil von n dar. n=Anzahl der Zahnfilme im jeweiligen Sextanten, für die die behandelnden Zahnärzte die Anfertigung eines Zahnfilms angefordert haben. Die Zahnfilme wurden randomisiert herausgesucht aus 2072 Zahnfilmen, die im Zeitraum Mai 2008 bis Mai 2009 von Medizinisch Technischen Radiologieassistenten an Patienten in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm angefertigt wurden. Die Zahnfilme wurden an dem digitalen intraoralen Röntgengerät Sirona Heliodent DS und KaVo Gendex 765DC angefertigt.

### 3.4 Konstanzprüfung

In dem Zeitraum der Untersuchung der Doktorarbeit weist die Konstanzprüfung keine Mängel auf.

## 4 Diskussion

### 4.1 Diskussion der Methodik

#### 4.1.1 Untersuchung der Dokumentation

Das Gesetz gibt eindeutig vor, was bei radiologischen Aufnahmen dokumentiert werden muss.

Nach § 28 Abs. 1 der Röntgenverordnung (RöV) müssen Angaben zur Befragung des Patienten, zum Zeitpunkt und Art der Anwendung, zur untersuchten Körperregion, zur rechtfertigenden Indikation (RI), zum Befund und der Strahlenexposition des Patienten gemacht werden.

Die Angaben zur rechtfertigenden Indikation nach §23 Abs. 1 Satz 1 der RöV umfassen mindestens den Namen des fachkundigen Arztes, der die rechtfertigende Indikation (RI) stellt und die Begründung zur Durchführung der Röntgenuntersuchung.

Eine Überprüfung der Indikationsstellung erfolgt stichprobenartig durch die ärztlichen und zahnärztlichen Stellen nach §83 StrSchV und §17a (Landesärztekammer Brandenburg 2004).

Bei der Erarbeitung der Methodik für diesen Teil der Arbeit wird zunächst untersucht, auf welche Weise, wo und in welcher Reihenfolge die Dokumentation, der vom Staat vorgeschrieben Informationen, in der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm stattfindet.

Weiter soll festgestellt werden, ob hierzu eindeutige Vorgaben innerhalb des Klinikums bestehen, ob den Vorgaben Folge geleistet wird, und ob dadurch die Gesetzgebung erfüllt ist.

Die Dento-maxillo-faciale Radiologie ist seit 2003 nach DIN ISO 9001:2008 zertifiziert. Damit sind alle Abläufe und die Weiterbildung der Mitarbeiter als Qualitätsziel in einem Handbuch hinterlegt. Für die Einführung neuer Methoden und Verfahren findet ein strukturiertes Einarbeitungsprogramm statt. Das

Qualitätshandbuch richtet sich nach der DIN ISO 9001:2008 und wird entsprechend individuell von der Abteilung festgelegt und hinterlegt. In diesem Handbuch sind Verfahrensanweisungen (SOP) zur Dokumentation und Arbeitsanweisung für die MTRA zur Anfertigung eines Zahnfilmes verfasst. Bei den Ergebnissen zur Dokumentation muss beachtet werden, dass ausschließlich die Abteilung für MKG nach DIN ISO 9001:2008 zertifiziert ist. Die Dento-maxillo-faciale Radiologie bekommt die Aufträge zur Anfertigung von Zahnfilmen hauptsächlich von Zahnärzten aus anderen Abteilungen, die bei der Dokumentation nicht nach der SOP vorgehen. Die meisten Dokumentationen, die in dieser Arbeit untersucht wurden, richten sich also nicht nach der SOP. Zur Dokumentation in der Röntgensoftware ist bisher nichts hinterlegt.

Die Rechtfertigenden Indikationen, die zu den untersuchten Zahnfilmen dokumentiert sind, werden dem Schema von Sitzmann/DGZMK (1993) zugeteilt. Nach einer wissenschaftlichen Stellungnahme von Sitzmann ergibt sich die Notwendigkeit eine Röntgenaufnahme anzufertigen, um Diagnose und Therapie zu sichern, in der Kariesdiagnostik, Endodontie, Parodontaldiagnose, Prothetik, Implantologie, Chirurgie, Kieferorthopädie und Schmerzdiagnostik (Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1992) RI, die keiner dieser Kategorien zugeordnet werden können, werden separat als „andere Indikationen“ aufgeführt.

Die Feststellung von Wiederholungsaufnahmen ist kritisch zu betrachten, da Bilder aus dem System gelöscht werden und im Nachhinein nicht mehr nachgewiesen werden können.

#### **4.1.2 Untersuchung der Bildqualität**

Die Bewertung der Bildqualität von Röntgenbildern nach subjektiver Einschätzung wurde auch schon in anderen Studien durchgeführt. In der Dissertation von Klein fand eine subjektive Beurteilung von Zeichenschärfe und Detailgenauigkeit, eine subjektive Beurteilung der Einstellung und eine subjektive Beurteilung der Belichtung der Aufnahmen unter Berücksichtigung der Diagnosefähigkeit des Einzelbildes statt (Klein 1995). Auch in einer Dissertation von Madjid Hadjizadeh-

Ziabari wurde die Bildqualität digitaler Röntgenbilder gemäß ihrer subjektiven Einschätzung bewertet. Die Bildqualität sollte dabei anhand der Kriterien Zeichnungsschärfe, Detailauflösung, Schwarzweiß-Kontrast und Artefakte beurteilt werden (Hadjizadeh-Ziabari 2002).

Die Bewertung in dieser Arbeit fand stets unter gleichen, abgedunkelten Umgebungsbedingungen am Befundungsmonitor statt. Das Einhalten eines möglichst konstanten Umgebungslichtes ist nach der Qualitätssicherungsrichtlinie vorgeschrieben (Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 c). Der Einfluss des Umgebungslichtes auf die Befundung wurde von Becker untersucht. Dabei fanden sich Nachteile beim Nachweis von kleinen Bilddetails bei vollem im Vergleich zu reduziertem Umgebungslicht (Becker 2007).

Als weiterer Aspekt werden die Zahnfilme auf Artefakte hin untersucht. Der Prozess der Filmentwicklung, wie bei analogen Systemen, fällt weg. Dadurch reduziert sich die Häufigkeit von Artefakten. In dieser Arbeit wurden die digitalen Röntgenbilder auf „Blooming“ und „Aliasing“ hin untersucht (Düker 2006 a, Pasler und Visser 2003). Artefakte dieser Art konnten bei den 200 Röntgenbildern aber nicht festgestellt werden und sind deswegen nicht separat aufgeführt und definiert. Als weitere mögliche Artefakte gelten unter anderen aber auch Befunde auf dem Röntgenbild, die klinisch nicht vorhanden sind.

#### 4.1.2.1 Darstellung anatomischer Strukturen

Die Bildqualität wird anhand der „Durchführungsempfehlung zur Qualitätssicherung in der zahnärztlichen Röntgenologie“ von der Bundeszahnärztekammer beurteilt. Eine intraorale Aufnahme muss bestimmte Abbildungsmerkmale aufweisen und kritische Strukturen, an denen pathologische Prozesse ablaufen können, einwandfrei darstellen. Diese Empfehlung der Bundeszahnärztekammer fasst neben den zahnärztlichen Qualitätsforderungen an die Bildqualität die Empfehlungen für die Aufnahmetechnik und die physikalischen und technischen Parameter der Bilderzeugungssysteme zusammen. Ziel dabei ist, eine hochwertige Bildqualität bei einer möglichst niedrigen Strahlenexposition, die eine einwandfreie Diagnostik ermöglicht, zu erreichen. Diese

Durchführungsempfehlungen beschreiben den derzeitigen zahnmedizinischen Standard bei röntgenologischen Basisuntersuchungen (Bundeszahnärztekammer 2007).

Die Darstellung charakteristischer organtypischer Bildmerkmale, wichtiger Bilddetails und kritischer Strukturen ist die ärztliche Forderung an den Informationsgehalt einer Röntgenaufnahme (Groeneveld 1992).

Die Bewertung der Schmelz-Zement-Grenze und Pulpakontur sind unter anderem auch in dem Vier-Punkte-Bewertungsschema enthalten, das Pittayapat et al in seiner Untersuchung verwendet hat (Pittayapat et al 2010). Die Darstellung von Schmelz, Dentin, Wurzelkanal, regio apicalis und interdentes Knochenseptum wird auch in der Dissertation von Madjid Hadjizadeh-Ziabari als Untersuchungskriterium genannt (Becker 2007).

Kashima et al definierte zur Evaluation intraoraler Systeme eine 8-Punkte-Skala. Die 8 Punkte zur Bestimmung der subjektiven Bildqualität standen für folgende Kriterien: 1. Generelle anatomische Strukturen, 2. Parodontalspalt im apikalen Bereich, 3. Lamina dura, 4. Muster der Knochentrabeckel, 5. Dentin-Schmelz-Grenze, 6. Level des interdentalen Knochens, 7. Wurzelkanal im apikalen Bereich, 8. Furkationsbereich (Groeneveld 1992).

Ein mehrstufiges Bewertungsschema, wie es in den Arbeiten von Becker, Klein und Pittayapat angewendet wird, erweist sich hier als nicht sinnvoll (Becker 2007, Klein 1995, Pittayapat et al 2010). Die Anforderung an ein Röntgenbild besteht darin, Strukturen eindeutig darzustellen. Bewusst werden die Zahnfilme auf die anatomischen Strukturen mit „diagnostizierbar“ oder „nicht diagnostizierbar“ bewertet. Das Ziel besteht in der Feststellung, ob die Bildqualität es zulässt die entsprechende anatomische Struktur eindeutig zu diagnostizieren.

Die anatomischen Strukturen werden nur an dem Zahn bewertet, für den die RI vorliegt, weil dieser im Bereich des Zentralstrahls liegen sollte. Der Bereich, in dem der Zentralstrahl auftrifft, wird am schärfsten abgebildet. Der Zahn, für den eine RI besteht, sollte deswegen mittig auf den Film projiziert werden. Die restlichen Strahlen divergieren mit zunehmendem Abstand verstärkt und führen zu verzerrten Abbildungen (Düker 2006 b).

#### 4.1.2.2 Gesamteindruck der Bildqualität

Die Bewertung von Röntgenbildern als Gesamtbild wurde auch von Becker in einer Untersuchung zur Dosisreduktion, von Klein und von Pittayapat et al durchgeführt (Becker 2007, Klein 1995, Pittayapat et al 2010). Bei diesen Untersuchungen wurde die Qualität jedoch in vier Qualitätsstufen von „sehr gut“ bis „schlecht“ eingestuft.

In unserer Untersuchung erweist sich eine Abstufung für den Gesamteindruck der Bildqualität genauso wenig sinnvoll, wie für die Bewertung der anatomischen Strukturen. Die subjektive Bildqualität trägt nur einen kleinen Teil zur Gesamtheit der Qualitätssicherung von Röntgenbildern bei. Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, zu beurteilen, ob der Zahnarzt die Qualität als gut oder schlecht einstuft und ob er anhand des Röntgenbildes eine eindeutige Diagnose stellen kann, oder nicht. Hier sollen nicht zwei Röntgengeräte miteinander verglichen werden, sondern grundlegende Geräteeigenschaften herausgestellt werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Bildqualität beitragen. Aus diesen Gründen werden die Bilder nach dem 4-Augen-Prinzip von einer Zahnärztin mit mehr als 15 Jahren Berufserfahrung und der Doktorandin nach Training im Konsensus mit „guter Bildqualität“ oder „schlechter Bildqualität“ bewertet. Das subjektive Empfinden des Zahnarztes für ein gutes oder schlechtes Bild steht hier im Vordergrund. Dieser ist für die Diagnosestellung verantwortlich.

Nach Pittayapat et al gilt als gute Bildqualität ein klares Bild ohne Rauschen mit exzellenter Helligkeit, Kontrast, Zeichenschärfe und klarer Darstellung der Strukturen in ihrer Charakteristik. Als schlechte Bildqualität wird ein Bild eingestuft, bei dem ein deutliches Rauschen besteht, sodass die Diagnosestellung erschwert ist (Pittayapat et al 2010).

#### 4.1.2.3 Bildqualität in Abhängigkeit von Einstellungen

Mit der Untersuchung der Bildqualität in Abhängigkeit von den Einstellungen kann die Qualität der Ausbildung der MTRA bewertet werden.

Bei der Untersuchung auf „vollständige Abbildung der einzelnen Zähne“ muss beachtet werden, dass bei einigen Fragestellungen die Bildqualität durch teilweise

abgeschnittene Bereiche nicht verschlechtert wird. Als Beispiel sei die Indikation Parodontitis genannt. Die Fragestellung gilt als beantwortet, wenn die gesamte Zahnwurzel mit periapikaler Knochenregion dargestellt ist. Eine abgeschnittene Zahnkrone verschlechtert in diesem Fall die Qualität nicht (Lutz 2010).

Aus diesem Grund wird mit einem weiteren Punkt die „Übereinstimmung des Sichtbarkeitsbereiches mit der rechtfertigenden Indikation“ untersucht, ob der Bereich des Zahnes, auf den sich die Fragestellung bezieht, auf dem Bild enthalten ist.

In den europäischen Richtlinien für intraorales Röntgen wird empfohlen die Haltertechnik immer wenn möglich anzuwenden, weil mit dieser die Paralleltechnik am einfachsten umzusetzen ist (European Commission 2004). Angestrebt wird hier ein senkrechttes Auftreffen des Zentralstrahles auf die Zahnlängsachse und den Bildempfänger, weil es hier zur idealen Darstellung des Zahnes kommt (Düker 2006 b). Mit dem Haltersystem ist bei richtiger Handhabung zwar gesichert, dass der Röntgenstrahl senkrecht auf den Bildempfänger auftrifft, aber zusätzlich die richtige Ausrichtung zur Zahnlängsachse hängt unter anderem vom Können der MTRA ab. Neben der Kompetenz der MTRA ist die Bildqualität auch von der Mitarbeit des Patienten und dessen anatomischen Gegebenheiten abhängig. Die Anwendung des Haltersystems ist in der Verfahrensanweisung (SOP) als das Vorgehen erster Wahl hinterlegt. In unserer Arbeit wird davon ausgegangen, dass für die untersuchten Zahnfilme das Haltersystem immer wenn möglich angewendet wurde. Bei schwierigen anatomischen Gegebenheiten kann die Haltertechnik teilweise nicht angewandt werden, hier muss auf die Halbwinkeltechnik ohne Halter zurückgegriffen werden. Nach der SOP muss das Verzichten auf die Haltertechnik begründet sein (Geibel 2010). Bei der halterlosen Technik werden oft Watterollen zur Hilfe genommen oder der Patient wird um Mithilfe gebeten, indem er den Sensor mit einem Finger stabilisiert. Ein möglicher Schwachpunkt dieser Arbeit besteht darin, dass die Untersuchungen an Patienten gemacht wurden. Dagegen kann damit argumentiert werden, dass Zahnfilme, die an einem Dummy angefertigte sind, die Realität nicht in dem Maße, widerspiegeln wie Patientenbilder dies tun. Die Bildqualität kann allerdings durch schlechte Mitarbeit, Patientenbewegung und schwierige anatomische Verhältnisse beeinflusst sein. Deswegen sollte beim Ergebnis der

Bildqualität unter dem Gesichtspunkt der Einstellung nicht ausschließlich die MTRA für die Qualität verantwortlich gemacht werden. Weiter kann nicht mit Sicherheit bestätigt werden, dass die Bilder orthoradial sind. Orthoradial bedeutet eine senkrechte Ausrichtung des Zentralstrahles in der Horizontalebene an ein der virtuell zum Zahnbogen verlaufenden Tangentialen. Leicht mesial oder distal exzentrische Bilder haben eine Überschneidung von Strukturen zur Folge, sodass diese eventuell verschlechtert sichtbar sind.

#### **4.1.3 Konstanzprüfung**

Wir vergleichen unsere Ergebnisse der Konstanzprüfung der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm mit den Ergebnissen der Zahnärztlichen Stellen der Landes Zahnärztekammer Baden Württemberg (Zahnärztliche Röntgenstelle Baden-Württemberg 2008). Es muss beachtet werden, dass in diesem Bericht sowohl digitale als auch analoge Geräte mit einbezogen sind. Die Konstanzprüfung von digitalen und analogen Geräten unterscheidet sich wesentlich voneinander (Rother 2006 a).

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse

### 4.2.1 Untersuchung der Dokumentation

Die Ergebnisse weisen eine Unvollständigkeit in der Dokumentation auf. Die RI ist für 70,5% der 200 digitalen Zahnfilme in der Patientenakte oder/und im Computer vermerkt. Auch die Dokumentation des erhobenen Befundes ist nicht vollständig. Die behandelnden Zahnärzte haben den Befund für 76,5% dokumentiert.

Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine Kölner Studie, bei der die Befunddokumentation bei Hausärzten zu 74% und bei Radiologen zu 96% vollständig ist (Krug et al 2003). Speziell zum zahnmedizinischen Bereich bestehen keine ähnlichen Untersuchungen zu Dokumentationen.

Obwohl in §28 der Röntgenverordnung (RöV) das Gesetz die Dokumentation von RI und Befund eindeutig vorschreibt, haben wir in unserer Untersuchung für 59 von 200 Zahnfilmen keine dokumentierte RI vorgefunden. Bei diesen Bildern ist eine Überprüfung durch den anwendenden Zahnarzt mit der erforderlichen Fachkunde im Strahlenschutz nach §24 der RöV, dass der gesundheitliche Nutzen einer Anwendung gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt, nicht nachweisbar (Bundesministerium 2003).

In der „Richtlinie zu Arbeitsanweisung und Aufzeichnungspflichten nach §§17, 18, 28 und 36 der RöV“ wird darauf verwiesen, dass die Aufzeichnungen nicht nur dem Schutz des Patienten dienen, sondern dem Arzt auch Rechtssicherheit geben. Außerdem können durch konsequentes Aufzeichnen von RI und Befund Mehrfachexpositionen auch beim Wechsel der ärztlichen Einrichtung vermieden und die Körperdosen ermittelt werden (Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK 2003 b).

Eine Veröffentlichung des Zahnärzteblattes Sachsen und eine Schlussfolgerung des ERPET-Kurses bestätigen die Aussage unserer Ergebnisse, die bei der Stellung und Dokumentation der RI und des Befundes Unsicherheiten und Mangel an Wissen aufzeigen (Deutsche Röntgengesellschaft e.V. 2008, Lutz 2008).

Unsere Untersuchung stellte heraus, dass jeder Zahnarzt den Befund und die RI auf eine andere Art dokumentiert. Das Fehlen eindeutiger Vorgaben und das

Bestehen von Unsicherheiten wird weiter dadurch bestätigt, dass für 32 Zahnfilme die RI doppelt, für drei Zahnfilme dreifach dokumentiert ist.

Eine Ausnahme der unvollständigen Dokumentation zeigen die Zahnfilme, die im Auftrag der Abteilung Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie innerhalb des Universitätsklinikums angefertigt wurden. Die Abteilung ist seit 2003 nach DIN ISO 9001:2008 zertifiziert, damit sind alle Abläufe hinterlegt. Im Handbuch der SOP sind die einzelnen Schritte zur Anfertigung eines Zahnfilmes, sowie genaue Vorgaben zur Dokumentation verfasst. Die Zahnfilme dieser Abteilung weisen eine zu 100% vollständige Dokumentation von Befund und rechtfertigender Indikation auf. Nach den Vorgaben der SOP wird hier ein Stempel in der Patientenakte zur Dokumentation der rechtfertigenden Indikation und des Befundes angewendet. Dieses Ergebnis bestätigt die Notwendigkeit der Durchführung von Qualitätssicherungsprogrammen mit eindeutigen Vorgaben zur Dokumentation (Vano und Fernandez 2007). Neben der Anwendung des Stempels sind in der SOP die blaue Karte und Vorgaben zur Dokumentation im Röntgenbuch hinterlegt. Die Ergebnisse zeigen auch hier eine Vollständigkeit. Die Umsetzung der QM Richtlinie, die 2010 vom Staat in die Zahnarztpraxis eingeführt wurde, scheint sinnvoll zu sein. Zum Zeitpunkt unserer Untersuchung war die QM Richtlinie vom Staat noch nicht eingeführt. Dass zwischen den Abteilungen der Zahnklinik der Universität Ulm kein einheitliches System herrscht, führt zu einer Schnittstellenproblematik.

Weitere Untersuchungen sind notwendig um zu dokumentieren, dass die seit 2010 eingeführte QM Richtlinie in die zahnärztliche Radiologie und die Anforderungen nach Dosisbegrenzung und Umsetzung von Rechtfertigung in Zukunft den nationalen und internationalen Anforderungen gerecht werden kann.

Im Handbuch für Verfahrensanweisungen sind nicht nur Vorgaben speziell zur Dokumentation und zur Anfertigung eines Zahnfilmes hinterlegt, sondern auch die Reihenfolge von der Indikationsstellung bis zur Befundung eines Zahnfilmes. Die Eintragungen in der Patientenakte zu den durchgeführten Maßnahmen und die gestellten Diagnosen werden von den behandelnden Zahnärzten nach der Behandlung durchgeführt. Aber laut Gesetz und der Aussage der blauen Karte muss die RI vor der Anfertigung des Röntgenbildes dokumentiert werden (Geibel

2010). Auf der blauen Karte ist hierfür kein Feld vorgesehen. Ein Problem ist hierbei, dass die MTRA bei der Einstellung und Ausrichtung des Röntgengerätes keinerlei Information über die Fragestellung hat. Dies führt zu unnötigen Wiederholungsaufnahmen, denn nicht jede Fragestellung fordert, dass der Zahn vollständig mit Krone und apikaler Region abgebildet ist. Wichtig ist vor allem, dass der Bereich der Fragestellung auf dem Zahnfilm abgebildet ist (Lutz 2008). Anders geregelt ist dies bei Aufträgen für Zahnfilme, die von der Abteilung für MKG kommen. Hier können die MTRA die RI in der Akte im MKG-Stempel einsehen, weil dieser schon vor der Aufnahme gestempelt und ausgefüllt wird.

Im Jahresbericht 2004 des Bundesamtes für Strahlenschutz wird dazu aufgerufen, dass Bemühungen zur Reduktion der Strahlenexposition der Bevölkerung durch strahlendiagnostische Maßnahmen viel mehr als bisher an der rechtfertigenden Indikation ansetzen müssen. Auf diese Weise könnte etwa auf die Hälfte aller Röntgenuntersuchungen verzichtet werden (Bundesamt für Strahlenschutz 2004). Krug et al fand heraus, dass ohne unnötige Aufnahmen die Strahlenbelastung in der Medizin um 30% gesenkt werden könnte (Krug et al 2003).

Khoch et al bestätigt die Annahme, dass durch eine konsequente Durchführung der Stellung der RI, der Dokumentation der RI und des erhobenen Befundes ein verantwortungsvoller Umgang der Ärzte mit Röntgenstrahlung erreicht werden könnte. Sie ziehen in ihrer Arbeit „Clinical justification of dental radiology in adult patients: A review of the literature“ die Schlussfolgerung, dass es wichtig ist, das Bewusstsein der Zahnärzte zu ändern, wenn es um den Gebrauch von ionisierenden Strahlen geht (Khoch et al 2003).

Der Anwender von Röntgenstrahlen muss sich den neuen Forschungsergebnissen zur Wirkung ionisierender Strahlen bewusst sein. Es wurden einige Wichtungsfaktoren für die Berechnung der effektiven Dosis vor allem im Gesichtsbereich von der ICRP verändert. Zum ersten Mal sind in der Berechnung auch die Speicheldrüsen, Luftwege oberhalb des Thorax und die Mundschleimhaut mit einbezogen. Eine aktuelle Studie von 2008 hat herausgefunden, dass die effektive Dosis bei zahnmedizinischer Röntgendiagnostik durch die Neuberechnung der Wichtungsfaktoren des Jahres 2007 von 32 auf 422% gegenüber den Wichtungsfaktoren von 1990 angestiegen ist (Ludlow et al 2008).

Unsere Ergebnisse zur Dokumentation und die dargestellte Literatur machen deutlich, dass den Ärzten und den zum Röntgen befugten Personen zu wenig bewusst ist, welche Gefahr von ionisierenden Strahlen ausgeht.

Auch das Bundesministerium für Gesundheit und soziale Sicherung Bonn sieht die dringende Notwendigkeit einer konsequenten Qualitätssicherung in der bildgebenden ambulanten Diagnostik, welche auch die Umsetzung des §28 der RöV beinhaltet. Es sei offensichtlich, dass durch eine dem Stand des medizinischen Wissens entsprechende Versorgung in der bildgebenden ambulanten Diagnostik überflüssige Untersuchungen und somit Strahlenbelastungen für den Patienten vermieden werden könnte (Krug et al 2003).

Die EU-Kommission erklärt die Unwissenheit der Ärzte über die Ernsthaftigkeit des Strahlenschutzes damit, dass er als langweilig betrachtet wird und dass in der Praxis die Strahlendosis als belanglos angesehen wird. Die Weitergabe von für den Strahlenschutz relevanter Informationen müsse verbessert werden und es bestünde die Notwendigkeit für eine einheitliche europaweite Ausbildung, Weiterbildung und Fortbildung auf wissenschaftlicher Grundlage für die Anwendung ionisierender Strahlen in der medizinischen Bildgebung (Deutsche Röntgengesellschaft e.V. 2008).

Der behandelnde Zahnarzt trägt die Verantwortung für die Notwendigkeit und Häufigkeit der Anwendung von Strahlung am Patienten.

In der EU Konferenz von 2007 zur neuen Grundsatzempfehlung der ICRP zum Strahlenschutz wird dazu aufgerufen, dass wir einfach nachvollziehbare und übersichtliche Vorschriften, die zugleich den Stand von Wissenschaft und Technik im Strahlenschutz widerspiegeln und ein bestmögliches Schutz- und Vorsorgeniveau garantieren, brauchen. Außerdem brauchen wir aber auch Kontinuität und Verlässlichkeit für das, was sich in der Praxis bewährt hat (Gabriel 2007).

In der Literatur wird unter Anderen von Vano und Fernandez und Beneyto et al darauf verwiesen, dass dieses Ziel nur mit der Durchführung eines Qualitätssicherungsprogrammes erreicht werden kann (Vano und Fernandez 2007, Beneyto et al 2007).

Busch merkt zu diesem Punkt an, dass die Diskussion neuer Strategien und Denkansätze eine Herausforderung für die nächsten Jahre darstellt (Busch 2003).

Ein weiteres Problem des nachlässigen Umgangs mit der rechtfertigenden Indikation und der Befundung und die damit verbundenen überflüssigen Aufnahmen sind die zusätzlichen Kosten in Höhe von 400 Millionen Euro jährlich. Dies hängt auch damit zusammen, dass die Ärzte nicht fragen, ob bereits ein Röntgenbild existiert oder sich nur auf eigene Aufnahmen verlassen (Gronbach 2002).

In der Zahnklinik des Universitätsklinikums Ulm wird hauptsächlich in der Patientenakte dokumentiert. In der Röntgensoftware ist die RI nur zu 14%, der Befund zu 13,5% dokumentiert. Eine Dokumentation der Belichtungszeit im Computer findet zu 63% statt. Der Name des behandelnden Arztes ist zu 9% eingetragen, das Kürzel der zuständigen MTRA zu 97,5%. Der geringe Anteil an Dokumentation dieser Informationen im Computer zeigt, dass dieser Standard nicht einheitlich eingeführt wurde und unterschiedliche Dokumentationen gleichzeitig gehandhabt werden. Ein einheitliches QM System würde hier Abhilfe schaffen. Bei einheitlicher vollständiger Dokumentation könnte die Software einen schnellen Zugriff auf die Höhe der Dosisbelastung des einzelnen Patienten und anderen wichtigen Informationen bieten.

Professor Busch betont in einer Stellungnahme, dass die neuen Möglichkeiten der digitalen Projektionsradiographie neue Strategien zur Optimierung und Standardisierung fordern, welche auch den Bereich der Dokumentation beinhalten (Busch 2003).

Betrachtet man die Entwicklung, ist offensichtlich, dass wir uns im Übergang zur vollständigen Digitalisierung von Röntgengeräten, wie auch der kompletten Praxis mit digitalen Patientenakten und Verwaltungssoftware befinden. In den einzelnen Ländern von Europa sind Zahnarztpraxen und Kliniken mittlerweile zwischen 2 und 50% mit digitalen intraoralen Röntgengeräten ausgestattet (Gallagher 2008).

## 4.2.2 Untersuchung der Bildqualität

### 4.2.2.1 Darstellung anatomischer Strukturen und Gesamteindruck der Bildqualität

Eine gute Bildqualität bewahrt den Patienten neben vollständiger Dokumentation vor unnötiger Strahlenbelastung, da eine richtige Diagnose vom behandelnden Zahnarzt nur an einem Zahnfilm mit optimaler Qualität gestellt werden kann. Ist die Qualität nicht zufriedenstellend hat dies eventuell Wiederholungsaufnahmen und somit schlechte Strahlenhygiene zur Folge.

Das Ziel dieser Dissertation ist nicht zwei Röntgengeräte verschiedener Hersteller miteinander zu vergleichen, sondern grundlegende Geräteeigenschaften herauszustellen, die einen wesentlichen Beitrag zur Bildqualität liefern.

Die Ergebnisse zeigen in Gruppe B eindeutig eine bessere Darstellung der anatomischen Strukturen. Die Qualitätsunterschiede werden besonders beim Diagnostizieren von den Strukturen interradikuläres Septum, Pulpenkavum und Wurzelkanäle, periapikale Knochenstruktur und Parodontalspalt deutlich. Am deutlichsten wird dieser Unterschied bei dem interradikulären Septum. Zur Bewertung dieser Struktur ist eine besonders hohe Bildqualität erforderlich. In Gruppe A konnte das interradikuläre Septum um 20% weniger häufig diagnostiziert werden, als in Gruppe B. Bei den anderen aufgeführten Strukturen liegt der Unterschied zwischen 10 und 14%. Die Strukturen Schmelz-Dentin Grenze und proximale Kronenregion sind in Gruppe A und B ähnlich gut diagnostizierbar. Dies zeigt, dass zum Diagnostizieren dieser Strukturen keine so hohe Bildqualität erforderlich ist.

Ein eindeutiger Unterschied zwischen Gruppe A und B zeigt sich auch bei den Ergebnissen zum subjektiven Gesamteindruck der Bildqualität. Beispielbilder aus Gruppe A und B im Vergleich können in Abb. 11 und Abb. 12 betrachtet werden. In Gruppe A wird die Bildqualität nur zu 5% als gut eingestuft, in Gruppe B zu 59%. Subjektiv betrachtet sind die Bilder aus Gruppe A meistens flau und weisen ein sogenanntes Rauschen auf. Madjid Hadjizadeh-Ziabari, der die Bildqualität in Abhängigkeit von der Dosis untersucht hat, begründet die Flauheit von

Röntgenbildern mit einer Unterexposition. Diese führe durch Verminderung, bzw. abnehmende Dichte der Röntgenquanten zu kontrastarmen Aufnahmen mit erhöhtem Bildrauschen. Bei einer Überexposition dagegen sind einheitlich schwarze Flächen festzustellen, wo Abstufungen oder auch ein gewisses Bildrauschen festzustellen sind (Madjid Hadjizadeh-Ziabari 2002).

Das Gerät von Sirona (Gruppe A) und das Gerät von KaVo (Gruppe B) unterscheiden sich in ihren physikalischen Parametern Röhrenspannung, Brennfleckgröße, Fokus-Haut-Abstand und Belichtungszeiten, wobei das Strom-Zeit-Produkt identisch ist. Die individuelle Belichtungszeit für jeden Zahn wird von der MTRA für jeden Zahnfilm nach den Herstellerangaben manuell eingestellt. Alle anderen Parameter sind vom Anwender nicht veränderbar.

Es wurde festgestellt, dass Zahnärzte Bilder mit längerer Belichtungszeit bevorzugen, obwohl die Bilder genauso gut mit einer niedrigeren Dosis, bzw. kürzerer Belichtungszeit diagnostiziert werden könnten. Es gebe „schönere“ Bilder mit weniger Rauschen (Petrikowski 2005, Wenzel und Møystad 2010).

Dies zeigt einen Nachteil des breiten Dynamikbereiches von digitalen Röntgengeräten, in dem über einen großen Bereich eine lineare Beziehung zwischen einfallender Dosis und erzeugtem Signal besteht. Dadurch besteht die Gefahr, dass durch digitale Röntgengeräte keine Dosisersparung gegenüber analogen Systemen erreicht wird. Auch durch die automatische Gradiationsanpassung in den digitalen Systemen lässt sich nicht ohne weiteres erkennen, ob die Bilder mit adäquater Dosis aufgenommen wurden (Hadjizadeh-Ziabari 2002, Lutz 2008).

Vano und Fernandez sehen die Notwendigkeit eines Qualitätssicherungsprogrammes, das eine Kontrolle der Patientendosis und die Auswertung von Qualitätskontrollen beinhaltet. Hauptgrund für den Anstieg der Dosis in der digitalen Radiographie sei der breite Dynamikbereich, welcher eine Überexposition ohne Effekt auf die Bildqualität erlaubt (Vano und Fernandez 2007).

Dem Anwender muss bewusst sein, dass Strahlenexposition durch medizinische Diagnostik in unserem Land zu einem Mortalitätsrisiko aufgrund Krebserkrankungen von 1,5 bis 2% führt. Länder mit vergleichbare hoher Patientenexposition wie Luxemburg und Belgien weisen ein ähnliches Risiko auf,

England, Niederlande und Schweiz dagegen nur 0,6% (Shannoun und Blettner 2008).

Die Geräte aus Gruppe A und B unterscheiden sich um 10kV. Niedrige Spannungen führen zu hohen Dosen auf der Haut, hohe Spannungen aber zu hohen Dosen im tieferen Gewebe. Besonders in den USA wird viel über die ideale Spannungshöhe debattiert. Die Richtlinien zur zahnärztlichen Radiologie empfehlen für intraorales Röntgen eine Spannung zwischen 60 und 70kV (European Commission 2004).

Die Höhe der Strahlenexposition und somit die Strahlenbelastung für den Patienten ist abhängig von der Spannung, vom Strom-Zeit-Produkt, der Gesamtfiltration der Röhre, verwendeten Film, Sensoren oder Speicherfolien, Fokus-Objekt-Abstand, Raster und von der Korpulenz des Patienten (Lasserre und Blohm 2003).

Die Qualität von Röntgenaufnahmen ist nach Laubenberger und Laubenberger von folgenden Parametern abhängig: Von der Größe und des Absorptionsverhaltens des Objektes und der Wahl der Aufnahmeparameter. Zu den Aufnahmeparametern gehören Brennfleck, Strahlenqualität und Dosisleistung der Durchleuchtung. Weiter ist die Qualität von technischen Parametern der Detektionssysteme, wie Graustufen, Auflösung, Bildkontrast und Bildunschärfe abhängig (Gundel 2007).

Die Größe des Brennflecks ist ein wesentlicher Faktor der geometrischen Schärfe, bzw. Unschärfe. Röntgengeräte mit dem kleinsten Brennfleck machen die schärfsten Bilder (Rother 2006 b). Somit ist die bessere Qualität der Röntgenbilder der Gruppe B hauptsächlich mit dem kleineren Brennfleck zu erklären.

Die Technik wird ständig weiterentwickelt und der Einsatz neuer Technologien ist dann geboten, wenn damit die erforderliche Bildqualität bei reduzierter Strahlenexposition erreicht werden kann (Blendl et al 2000).

Ziel verschiedener Forschungsprojekte ist die Optimierung und Standardisierung der Bildqualität bei digitalen Bildaufnahmeverfahren (Busch 2005).

Aber der technische Ansatz allein reicht nicht aus, um den Patienten vor unnötiger Strahlenbelastung zu schützen. In den Leitlinien zum Strahlenschutz des Bundesamtes für Strahlenschutz wird darauf hingewiesen, dass der

Schwerpunkt der strahlenhygienischen Maßnahmen zwar bisher überwiegend den physikalisch-technischen Bereich betraf, zukünftig aber mehr bei der Indikationsstellung liegen wird (Bundesamt für Strahlenschutz 2005).

Beneyto et al sind der Meinung, dass das ALARA Prinzip nur mit der Verwendung des richtigen Equipments zu erreichen ist (Beneyto et al 1007).

In den Richtlinien „European guidelines on radiation protection in dental radiology- The safe use of radiographs in dental practice Issue N° 136“ wird auf ein Equipment verwiesen, mit dem eine möglichst geringe effektive Dosis mit guter Bildqualität erreicht werden kann (European Commission 2004) .

#### 4.2.2.2 Bildqualität in Abhängigkeit von Einstellungen

Die Herausforderung zur Herstellung eines idealen intraoralen Röntgenbildes besteht darin, ein dreidimensionales Bild aus dem günstigsten Blickwinkel abzubilden, dass alle Elemente für sich und in ihrer räumlichen Anordnung zueinander annähernd dem Original getreu zweidimensional abgebildet sind. Abhängig ist dies vom Können der MTRA, von den gegebenen anatomischen Verhältnissen und von der Mitarbeit des Patienten.

In unserer Untersuchung weisen 83% der Zahnfilme eine vollständige Abbildung des Zahnes, bzw. der Zähne auf, für die der behandelnde Zahnarzt die Anfertigung eines Zahnfilmes angefordert hat. Eine ähnliche Fehlerquote zeigen die Ergebnisse von Eliason et al und Gonzalez et al, bei deren Untersuchungen die apikale Region in 12,1-59,9% der Fälle abgeschnitten ist (European Commission 2004).

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Region, aus welcher der Zahnfilm stammt, keinen Einfluss darauf hat, ob der Zahn vollständig abgebildet ist oder nicht. Die Region hat auch keinen Einfluss darauf, ob der Sichtbarkeitsbereich mit der rechtfertigenden Indikation übereinstimmt. Eine eindeutige Abhängigkeit einer vollständigen Abbildung und einer Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit dem Sichtbarkeitsbereich von der rechtfertigenden Indikation ist ebenfalls nicht zu erkennen.

Nur mit dem Haltersystem ist eine korrekte Darstellung des Zahnes gesichert. Die Verwendung des Halters wird von den Richtlinien für intraorales Röntgen

empfohlen (European Commission 2004). Außerdem ist seine Anwendung für die Erstellung von Zahnfilmen nach der QM Richtlinie verpflichtend. Diese Anweisung ist in dem SOP Handbuch hinterlegt. Wenn keine Anwendung des Haltersystems erfolgt ist eine Begründung notwendig (Geibel 2010).

Für die Diagnostik ist eine Übereinstimmung des Sichtbarkeitsbereiches mit der rechtfertigenden Indikation wichtiger, als eine vollständige Abbildung des Zahnes mit Krone und apikaler Region. Wenn der Bereich auf dem Zahnfilm abgebildet ist, auf den sich die Fragestellung bezieht, beanstandet der Röntgenauschuss bei seinen Stichproben nichts (Lutz 2008). Bei 14,3% ergab sich keine Übereinstimmung des Sichtbarkeitsbereiches auf dem Zahnfilm mit der rechtfertigenden Indikation. Folglich konnte die Fragestellung nicht beantwortet werden, was bedeutet, dass der Zahnfilm vom Zahnarzt nicht befundet werden kann. Dies hat eine Wiederholungsaufnahme zur Folge, wodurch der Patient erhöhter Strahlenbelastung ausgesetzt ist.

Den Grund für die häufig notwendigen Zweit- und Wiederholungsaufnahmen sehen Blendl et al in der geringeren effektiven Aufnahme­fläche von digitalen Sensoren. Dadurch sei eine vollständige Abbildung eines Zahnes mit Krone und apikaler Region, wie in den aufnahmetechnischen Leitlinien gefordert, bzw. eine Darstellung des gefragten Bereiches erschwert. Aus diesem Grund könne die Dosisbelastung des Patienten durch die Digitalisierung nur unwesentlich abgesenkt werden (Blendl et al 2000).

Nach Wenzel und Møystad besteht das Problem der notwendigen Wiederholungsaufnahmen nicht nur in einer Erhöhung der Dosis sondern auch der benötigten Zeit (Wenzel und Møystad 2010).

Betrachtet man die Häufigkeiten der hypo- und hypermetrischen Darstellung der Zähne durch fehlerhafte Einstellung ergibt sich eine Tendenz zum Seitenzahnbereich, das heißt im 1., 3., 4. und 6. Sextanten. Einstellfehler bedingt durch eine Abweichung des Tubus nach kranial oder kaudal liegen zwischen 7 und 8,5%. Diese Ergebnisse decken sich weitgehend mit den Ergebnissen von Svenson et al, die eine fehlerhafte Einstellung in der Vertikalen zwischen 5,7 und 43,2% aufweisen. Im gleichen Bereich liegen die Ergebnisse von Rushton et al und Helminen et al mit Positionierungsfehler zwischen 6,1 und 23% (European Commission 2004).

Unsere Ergebnisse zur Untersuchung zu Einstellungen zeigen, dass die MTRA, welche die 200 untersuchten Bilder angefertigt haben, eine hohe Routine in ihrer Arbeit aufweisen. Die Ergebnisse sind vergleichbar gut mit anderen Studien, obwohl das neue digitale System unmittelbar vor dem Untersuchungszeitraum installiert wurde. Der Umbau hatte somit bezüglich den Einstellungen durch die MTRA keinen nachteiligen Effekt auf die Bildqualität.

Im Rahmen der Umstellung von dem analogen auf das digitale Röntgensystem wurden die MTRA im Umgang mit dem neuen System geschult und mussten am Phantomkopf trainieren. Das gute Ergebnis zeigt, dass die MTRA erfolgreich umgeschult wurden und schon zeitnah nach der Umstellung von analog auf digital Routine in der Handhabung mit dem digitalen System aufweisen konnten. Dieses Ergebnis ist gegensätzlich zu der Untersuchung von Vano und Fernandez, die eine fehlende Einweisung in das neue System feststellten (Vano und Fernandez 2007).

In der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm ist die Ausbildung und Weiterbildung der Mitarbeiter unter anderem als Qualitätsziel im Handbuch der SOP hinterlegt (Geibel 2010). Für die Einführung neuer Methoden findet ein strukturiertes Einarbeitungsprogramm statt. Daher war die Digitalisierung bereits seit Februar 2008 möglich. Aber am Patienten wurde damit erst zwei bis drei Monate später geröntgt, da in diesem Zeitraum die Schulung lief. Die erfolgreiche Umschulung nach einem strukturierten Plan belegt, dass die Umsetzung von der seit 2010 für Zahnärzte verpflichtende QM sinnvoll ist, welche solch ein Vorgehen vorschreibt.

Eine professionelle Ausbildung, wie sie nach dem Prinzip der European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology geschieht und wie sie im Handbuch für QM in der Dento-maxillo-facialen Radiologie hinterlegt ist, ist als Bestandteil der Qualitätssicherung in der Radiologie anzusehen. Die European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology ist eine Einrichtung, die auf Radiologie im Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich spezialisiert ist. Sie hat das Ziel in ganz Europa spezielle Trainingsprogramme für Zahnärzte anzubieten und Spezialisten für Radiologie für den Mund-, Kiefer- und Gesichtsbereich auszubilden. Der Lehrplan beinhaltet neben vielen anderen Themen Prinzipien zur Rechtfertigung, Optimierung und Minimierung. Außerdem soll Wissen über Richtlinien und

Empfehlungen der ICRP vermittelt werden (European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology 2006).

Die EURATOM Richtlinien betonen, dass den Einrichtungen vermittelt werden muss, dass Ausbildung, Weiterbildung und Fortbildung zu den Strategien des Qualitätsmanagements gehören (Deutsche Röntgengesellschaft e.V.2008).

Groeneveld bestätigt die Notwendigkeit professioneller Ausbildung und Weiterbildung mit seiner Untersuchung, in der er feststellte, dass bei der Schärfe und Aufnahmeeinstellung eine Korrelation mit der Erfahrung und dem Fachwissen des Praxisteam besteht (Groeneveld 1992).

Die Wichtigkeit der Ausbildung und Weiterbildung wird in der Literatur auch von Blendl et al betont (Blendl et al 2000).

Die regelmäßige Einweisung zum Strahlenschutz, damit die Gefahren von Röntgenstrahlen verstanden werden, sollte Bestandteil der Schulungen sein (European Commission 2004).

In unserer Untersuchung konnte die Bildqualität nicht in Abhängigkeit von der Art der Ausbildung untersucht werden. In der Beurteilung der Bildqualität in Abhängigkeit von der Einstellung wird hier allein die Berufsgruppe der MTRA betrachtet. In Zahnarztpraxen dagegen werden Zahnfilme auch von Zahnärzten und zahnmedizinischen Fachangestellten angefertigt.

Klein verglich die Bildqualität intraoraler Röntgenfilme in Klinik und Praxis. Die Ergebnisse zeigen große Unterschiede bei der subjektiven Beurteilung der Bildqualität in Bezug auf die Einstellungen. Die Ergebnisse in der Klinik waren deutlich besser. Der Grund dafür lag in dieser Studie daran, dass eine Abteilung in der Klinik besser routiniertes Personal hat, das tagtäglich nur Röntgenbilder mit großer Routine im Handling anfertigt. In der Zahnarztpraxis werden die Zahnfilme von Personal angefertigt werden, das im Röntgen nicht so routiniert ist, weil hier ist das Röntgen eine von vielen Aufgaben ist (Klein 1995).

Die Untersuchung von Klein und unsere Ergebnisse zeigen, dass Schulung und Erfahrung für die Qualität von Röntgenbildern ausschlaggebend ist. Werden Zahnfilme von erfahrenem Personal angefertigt, müssen weniger Wiederholungsaufnahmen gemacht werden, was eine geringere Strahlenbelastung für den Patienten bedeutet.

Helminen et al stellte in einer Qualitätskontrolle zur bildgebenden Diagnostik fest, dass zahnärztliche Aufnahmen aufgrund technischer Fehler oft nicht diagnostizierbar sind, wie zum Beispiel Patientenbewegungen oder falschem Arbeitsablauf. Im Gegensatz zu unseren Ergebnissen liegen bei seiner Untersuchung Fehltaufnahmen bei Zahnfilmen zwischen 45,2% und 56,4% vor (Beneyto 2007). Unsere geringe Anzahl von Fehltaufnahmen bestätigt weiter die gute Ausbildung und Umschulung der MTRA auf das neue System und eine sinnvolle Umsetzung der QM Richtlinie innerhalb der Dento-maxillo-faciale Radiologie des Universitätsklinikums Ulm. Nach §2b und c der RöV ist jeder Anwender von ionisierenden Strahlen dazu verpflichtet eine „Vermeidung unnötiger Strahlenexposition und Dosisreduzierung“ umzusetzen. Dies kann aber nur mit einer guten Ausbildung geschehen (Bundesministerium 2003 a). Es wurde festgestellt, dass das Verhindern von Fehltaufnahmen die effektive Dosis der Population um 30% senken würde (Beneyto et al 2007)

Die Zahnklinik hat ein analoges intraorales Röntgensystem belassen, da der flexible Film gegenüber dem als klobig bewerteten Sensor in einigen Situationen Vorteile mit sich bringt. Obwohl intensive Schulung im Umgang mit den digitalen Systemen und der Handhabung durchgeführt wurde, bereitet die richtige Einstellung in manchen Situationen Schwierigkeiten. Weiter wurde herausgefunden, dass bei digitalen intraoralen Zahnfilmen mit Sensorsystem sehr viel mehr Positionsfehler vorkommen, als bei analogen Systemen (Wenzel und Møystad 2010).

Die Anwendung von Speicherfolien könnte dieses Problem verringern. Sie sind wie analoge Filme flexibel und das Bild erscheint nach Einführen in ein Auslesegerät mit geringer Zeitverzögerung gegenüber Sensoren auf dem Bildschirm (Petrikowski 2005).

Die genaue Anzahl von Wiederholungsaufnahmen aufgrund Einstellungsfehler konnte in dieser Arbeit nicht beurteilt werden, weil die Bilder aus dem System gelöscht werden können und nachträglich nicht mehr nachweisbar sind. Für 5,5% sind mehrere Aufnahmen für eine RI gespeichert. Die tatsächliche Anzahl an Wiederholungsaufnahmen aufgrund Fehler liegt aber vermutlich höher. Die Möglichkeit des Löschens birgt den Nachteil, dass die Strahlenbelastung, welcher

der Patient insgesamt ausgesetzt ist, im Nachhinein nicht nachvollzogen werden kann.

Obwohl die Strahlenbelastung bei zahnärztlichen Aufnahmen verhältnismäßig gering ist, sind die Patienten durch Wiederholungsaufnahmen oft einer höheren Belastung ausgesetzt als notwendig (Beneyto et al 2007, Wenzel und Møystad 2010).

Die digitalen intraoralen Systeme wurden mit dem Ziel entwickelt, die erforderliche Bildqualität mit einer möglichst geringen Dosis zu erreichen und werden darin ständig weiterentwickelt (Blendl et al 2000). Aber Forscher fanden heraus, dass durch die Anwendung digitaler Systeme keine Dosisreduktion erreicht wird, was vor allem daran liegt, dass die Anwender mehr Bilder machen. Außerdem stellte sich heraus, dass Anwender von digitalen Systemen zwischen 32 und 49% mehr Röntgenfilme anfertigen als Anwender von analogen Systemen (Petrikowski 2005).

Vor allem bei Zahnfilmen, welche die periapikale Region abbilden, zeigen Studien, dass bei der Verwendung von digitalen Sensoren die Wiederholungsrate um einiges höher ist als für analoge Zahnfilme. Hier liegt die Wiederholungsrate bei 6% während die von digitalen Sensoren bei 28% liegt (Wenzel und Møystad 2010).

Shannoun et al weisen darauf hin, dass das höchste Einsparungspotential in der Vermeidung unnötiger Aufnahmen, insbesondere Wiederholungsaufnahmen, oder unsachgemäß durchgeführten radiologischen Untersuchungen liegt. Bei den behandelnden Ärzten liege hierbei eine hohe Verantwortung (Shannoun und Blettner 2008).

#### **4.2.3 Konstanzprüfung**

Der Arbeitsbericht von 2008 der Zahnärztlichen Stellen der Landes Zahnärztekammer Baden Württemberg, zu dem die Bezirke Stuttgart, Karlsruhe, Freiburg und Tübingen gehören, berichtet im Jahr 2008 über 354 Mangelrügen von 4044 erfassten Aufnahmen (Zahnärztliche Röntgenstelle Baden-Württemberg 2008). Diese Ergebnisse gaben Anlass zur Überprüfung der Konstanzprüfung in dem Department für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie des Universitätsklinikums Ulm. Das positive Ergebnis der Konstanzprüfung in dem

Zeitraum unserer Untersuchung bestätigt die gute Ausbildung der zuständigen MTRA. Doch der Arbeitsbericht der Zahnärztlichen Stellen macht deutlich, dass nicht in jeder Praxis und Klinik so gewissenhaft wie im Universitätsklinikum Ulm mit den Vorschriften umgegangen wird.

Ein Bericht über die Ausstattung zahnärztlicher Röntgensysteme in Europa offenbarte, dass 71% der geprüften Röntgensysteme in mindestens einem Qualitätstest durchgefallen sind und 13% grundlegende Mängel aufwiesen. Gallagher et al sehen die Notwendigkeit nicht nur in einer regelmäßigen Schulung des Personals in der Bedienung, sondern auch in einer regelmäßigen Qualitätskontrolle des Equipments (Gallagher et al 2008).

Die Landeszahnärztekammer fordert neben Röntgenbildern auch Aufzeichnungen zu den Röntgenbildern an. Eine zunehmende Anzahl an Mahnungen und vereinzelte Meldungen beim Ministerium machen deutlich, dass beim Umgang mit ionisierenden Strahlen ein hohes Weiterbildungspotential besteht. 2008 bekamen 225 von 294 Zahnärzten, deren Unterlagen angefordert wurden, eine Mahnung. Bei zwei Zahnarztpraxen kam es sogar bis zur Meldung beim Ministerium (Zahnärztliche Röntgenstelle Baden-Württemberg 2008).

Die Weitergabe von für den Strahlenschutz relevanter Informationen an das medizinisch-technische Personal und die behandelnden Ärzte muss verbessert werden, dies ergab sich als Schlussfolgerung aus dem ERPET-Kurs.

Entsprechende Veröffentlichungen und Verbesserungen sollten auf nationalen und internationalen Veranstaltungen vorgestellt werden, oder auch in Fachzeitschriften. Es besteht die Notwendigkeit für eine einheitliche Ausbildung und Weiterbildung auf wissenschaftlicher Grundlage für die Anwendung ionisierender Strahlung in der medizinischen Bildgebung (Deutsche Röntgengesellschaft e.V. 2008).

### 4.3 Fazit

Unsere Ergebnisse und andere Untersuchungen zeigen, dass das Ziel einer hoch qualitativen Radiologie, wie es die EURATOM Richtlinien fordern, im Klinik- und Praxisalltag oft nicht erreicht wird (Rat der Europäischen Union 1997). Die Ausstattung mit modernen digitalen Röntgengeräten allein reicht nicht aus, um eine hohe Qualität mit möglichst geringer Dosis zu garantieren. Unsere Untersuchung zeigt, dass vor allem der Bereich der Dokumentation und der Umgang mit der Rechtfertigung, als auch die Befundung Probleme bereitet. Aber gerade hier liegt ein hohes Potential zur Dosisersparung. In anderen zahnmedizinischen Einrichtungen wird durch die ungenügende Qualifikation des Personals die Bildqualität zusätzlich negativ beeinflusst.

Offensichtlich muss an der radiologischen Ausbildung, Schulung und Fortbildung der Zahnärzte und des Personals, das zum Röntgen berechtigt ist, angesetzt werden. Außerdem muss ein bewussterer Umgang mit ionisierenden Strahlen, in Betracht derer Gefahren, vermittelt werden.

Im Vergleich zu anderen zahnmedizinischen Einrichtungen fällt das professionelle Vorgehen bei der Anfertigung eines Zahnfilmes in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm auf. Dort sind genaue Arbeitsanweisungen von der Stellung der rechtfertigenden Indikation über das Anfertigen des Zahnfilmes bis zur Befundung in einem QM Handbuch verfasst. Diese werden regelmäßig dem Standard angepasst (Geibel 2010). Unsere Ergebnisse bezeugen, dass solche Verfahrensanweisungen (SOP) notwendig sind, um eine hohe Qualität und Dosisersparung zu erreichen.

Mit der gesetzlich vorgeschriebenen Einführung einer internen Qualitätssicherung nach Sozialgesetzbuch V wird davon ausgegangen, dass zukünftig die Standards von Ausbildung und Weiterbildung allgemein besser werden (Gemeinsamer Bundesausschuss 2006). Die zahnärztliche Radiologie ist ein Bereich, der davon profitieren wird. Um einen hohen Qualitätsstandard zu erreichen muss viel Zeit und Geld investiert werden. Dadurch erhöht sich aber die Ergebnisqualität deutlich, wie unsere Untersuchung zeigen.

Die EU-Kommission hat 2004 speziell zur zahnärztlichen Radiologie auf Basis der EURATOM Richtlinien die "European guidelines on radiation protection in dental radiology- The safe use of radiographs in dental practice Issue N° 136"

veröffentlicht. Der Band beinhaltet umfassend alle Themen zum Strahlenschutz in der dentalen Radiographie. Das Projekt hat sich zum Ziel gesetzt deren Inhalte sowohl dem Zahnarzt und Personal, als auch dem Patienten klar und verständlich zu vermitteln. Diese Richtlinien und eine Ausbildung nach den Prinzipien der European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology können als Grundlage zur Qualitätssicherung in der dentalen Radiologie angesehen werden (European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology 2006).

## 5 Zusammenfassung

Inhalt dieser Arbeit ist eine Untersuchung zur Umsetzung von Aspekten der Qualitätssicherung von digitalen Zahnfilmen im Klinikalltag in der Dento-maxillo-facialen Radiologie des Universitätsklinikums Ulm.

Dazu wurden 200 randomisierte bestehende digitale Zahnfilme von Patienten auf Qualitätskriterien untersucht. Zu diesen Kriterien zählen nach der novellierten Röntgenverordnung von 2003 bestimmte Dokumentationen zum Zahnfilm und die Bildqualität. Qualitätssicherung beinhaltet aber vor allem aber auch den Patienten einer so gering wie möglichen Dosis auszusetzen. Diese Faktoren sind von der Ausbildung des Teams und dem Equipment abhängig.

Die Ergebnisse zeigen eine unvollständige Dokumentation der rechtfertigenden Indikation mit 70,5% und des erhobten Befundes mit 76,5%. Hier liegt eine lückenhafte Umsetzung der Röntgenverordnung §28 vor. Eine Ausnahme zeigen Zahnfilme der Abteilung, die seit 2003 nach DIN ISO 9001:2008 zertifiziert ist und wo somit alle Abläufe in Form einer Verfahrensanweisung in einem Handbuch für Qualitätssicherung hinterlegt sind. Die Dokumentation wird trotz Digitalisierung hauptsächlich handschriftlich in der Patientenakte durchgeführt, obwohl die Röntgensoftware dazu Möglichkeiten bietet. In der Röntgensoftware ist die RI zu 14% und der Befund zu 13,5% dokumentiert.

Die Bildqualität wurde an zwei verschiedenen digitalen Röntgengeräten subjektiv bewertet. In Gruppe B werden 59% als gute Bildqualität eingestuft, in Gruppe A nur 5%. Die Ursache des großen Qualitätsunterschiedes ist vor allem mit der Brennfleckgröße zu erklären. Die Qualitätsunterschiede werden besonders bei der Beurteilung der Strukturen interradikuläres Septum, Pulpenkavum und Wurzelkanäle, periapikale Knochenstruktur und Parodontalspalt deutlich.

Unsere Untersuchung zur Bildqualität in Abhängigkeit von der Ausrichtung des Röntgentubus zum Zahn und Bildempfänger, sowie die Konstanzprüfung dokumentieren die gute Ausbildung der Medizinisch Technischen Röntgen-Assistenten (MTRA), welche die Zahnfilme angefertigt haben. Mit der Einführung der digitalen Röntgensysteme fand ein strukturiertes Einarbeiten der MTRA nach der Verfahrensanweisung statt. 83% der untersuchten Zahnfilme weisen eine vollständige Abbildung des gefragten Zahnes auf und 85,7% zeigen eine Übereinstimmung der rechtfertigenden Indikation mit der Fragestellung. Eine

fehlerhafte Darstellung der Zähne durch Abweichen des Tubus nach kranial oder kaudal liegt nur zwischen 7 und 8,5% vor. Die Konstanzprüfung weist keine Mängel auf.

Der Vergleich der Dokumentation zu den Zahnfilmen, bei welchen nach der Verfahrensanweisung vorgegangen wurde, mit den Zahnfilmen, die ohne Verfahrensanweisung angefertigt wurden, zeigt, dass die Umsetzung der Qualitätsmanagement (QM) Richtlinie sinnvoll ist. Unsere Ergebnisse bezeugen, dass der Mehraufwand von Schulungen und Trainingsprogrammen gerechtfertigt ist, um damit einen hohen Qualitätsstandard zu erreichen. Die alleinige Ausstattung mit digitalen Röntgengeräten, die eine geringe Dosis pro Untersuchung versprechen, reicht nicht aus. Die Untersuchung lief zu einem Zeitpunkt, als die QM-Richtlinie der vertragszahnärztlichen Versorgung vom Staat noch nicht eingeführt war. Die Implementierung dieser könnte hier Abhilfe schaffen.

Weitere Untersuchungen sind notwendig um zu dokumentieren, ob das seit 2010 eingeführte QM in die zahnärztliche Radiologie und die Anforderungen nach Dosisbegrenzung und Rechtfertigung in Zukunft den nationalen und internationalen Anforderungen gerecht werden kann.

## 6 Literaturverzeichnis

1. **Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK:**  
Ärztliche und zahnärztliche Stellen - Richtlinie zur Strahlenschutzverordnung und zur Röntgenverordnung (2003 a).  
<http://www.aoe.org/media/user/document/downloads/riliaerztlichestellen.pdf>  
Abrufdatum: 11.03.2009
  
2. **Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK:**  
Richtlinie zu Arbeitsanweisungen und Aufzeichnungspflichten nach den §§ 18, 27, 28 und 36 der Röntgenverordnung und Bekanntmachung zum Röntgenpass - Richtlinie Aufzeichnungen nach RöV (2003 b).  
<http://www.aoe.org/media/user/document/downloads/riliaufzeichnungen.pdf>  
Abrufdatum: 11.03.2009
  
3. **Arbeitsgemeinschaft für Röntgenologie in der DGZMK:**  
Richtlinie zur Durchführung der Qualitätssicherung bei Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung oder Behandlung von Menschen nach den §§ 16 und 17 der Röntgenverordnung - Qualitätssicherungs-Richtlinie vom 20. November 2003 (2003 c).  
<http://www.aoe.org/media/user/document/downloads/riliqs.pdf>  
Abrufdatum: 11.03.2009
  
4. **Becker N:**  
Untersuchung zur Dosisreduktion bei Röntgenuntersuchungen mit digitalen Direktradiographiesystemen. Med Dissertation, Universität Mainz (2007)
  
5. **Beneyto Y M, Baños M A, Lajarin L P, Rusthon V E:**  
Clinical justification of dental radiology in adult patients: A review of the literature. Med Oral Patol Oral Cir Bucal 12: 244-251 (2007)

6. **Blendl C, Stengel C, Zdunczyk S:**  
Vergleichende Untersuchung analoger und digitaler intraoraler Röntgenbild-Empfängersysteme. Fortschr Röntgenstr 172: 534-541 (2000)
  
7. **Bundesärztekammer:**  
Leitlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung in der Röntgendiagnostik-Qualitätskriterien röntgendiagnostischer Untersuchungen (2007)  
<http://www.bundesaerztekammer.de/page.asp?his=1.120.121.1042.5974#Praeambel>  
Abrufdatum: 08.01.2011
  
8. **Bundesamt für Strahlenschutz:**  
Jahresbericht 2004 (2004).  
<http://www.bfs.de/de/bfs/druck/jahresberichte/jb2004.html>  
Abrufdatum: 18.03.2009
  
9. **Bundesamt für Strahlenschutz:**  
Positionsbestimmung des Bundesamtes für Strahlenschutz zu Grundsatzfragen des Strahlenschutzes („Leitlinien Strahlenschutz“) (2005).  
[http://www.der-mast-muss-weg.de/pdf/appell/BfS\\_Leitlinien\\_Strahlenschutz.pdf](http://www.der-mast-muss-weg.de/pdf/appell/BfS_Leitlinien_Strahlenschutz.pdf)  
Abrufdatum: 18.03.2009
  
10. **Bundesamt für Strahlenschutz:**  
Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen (2009).  
<http://www.bfs.de/de/ion/medizin/Medizin.pdf>  
Abrufdatum: 12.03.2009

11. **Bundesministerium:**  
Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen (Röntgenverordnung), Bundesgesetzblatt Jahrgang 2003, Teil I, Nr. 17, ausgegeben zu Bonn am 5. Mai 2003 (2003).  
<http://www.aroe.org/media/user/document/downloads/roev.pdf>  
Abrufdatum: 11.03.2009
  
12. **Bundesministerium der Justiz in Zusammenarbeit mit der Juris GmbH:**  
Gesetz über technische Assistenten in der Medizin (MTA-Gesetz - MTAG) (1993).  
[http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/mtag\\_1993/gesamt.pdf](http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/mtag_1993/gesamt.pdf)  
Abrufdatum: 01.08.2010
  
13. **Bundeszahnärztekammer:**  
Zur Qualitätssicherung in der zahnärztlichen Röntgenologie. Zahnärztliche Mitteilungen 97: 144-150 (2007)
  
14. **Busch H P:**  
Qualitäts- und Dosismanagement in der Digitalen Projektionsradiographie. Fortschr Röntgenstr 175: 17-19 (2003)
  
15. **Busch S D:**  
Bildqualität und Dosis in der digitalen Radiographie. Med Dissertation, Universität Heidelberg (2005)
  
16. **Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde:**  
Wann sind zur Sicherung von Diagnose und Therapie Röntgenaufnahmen nötig? (1992)  
[www.dgzmk.ovm.de/stellungnahmen\\_download.php?id=115](http://www.dgzmk.ovm.de/stellungnahmen_download.php?id=115)  
Abrufdatum: 08.04.2009

17. **Deutsche Röntgengesellschaft e.V.**  
Euratom-97/43/Euratom – Empfehlung zur Umsetzung (2008)  
<http://www.drg.de/fachinformationen/empfehlungen/117-euratom-9743euratom-empfehlungen-zur-umsetzung>  
Abrufdatum: 18.03.2009
18. **Deutsches Institut für Normung:**  
Anhang A-DIN 55350-11, Erläuterungen. In Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): DIN Taschenbuch 223: Qualitätsmanagement und Statistik-Begriffe, 5. Aufl., Beuth Wien, Zürich (2009 a)
19. **Deutsches Institut für Normung:**  
Begriffe. In Deutsches Institut für Normung (Hrsg.): DIN Taschenbuch 223: Qualitätsmanagement und Statistik-Begriffe, 5. Aufl., Beuth Wien, Zürich (2009 b)
20. **Düker J:**  
Digitale Bildentstehung. In Düker (Hrsg.): Praxisleitfaden zahnärztliche Radiologie, 1. Aufl., Elsevier Urban&Fischer München: 67 (2006 a)
21. **Düker J:**  
Intraorale Aufnahmen. In Düker (Hrsg.): Praxisleitfaden zahnärztliche Radiologie, 1. Aufl., Elsevier Urban&Fischer München: 86-98 (2006 b)
22. **European Academy of DentoMaxilloFacial Radiology:**  
Framework for Specialist Training in Dental and Maxillofacial Radiology (2006).  
<http://www.eadmfr.org/Spec%20Comm.pdf>  
Abrufdatum: 01.08.2010

23. **European Commission:**  
European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice Issue N° 136 (2004).  
<http://www.scribd.com/doc/37089336/Full-Notes-Radiography>  
Abrufdatum: 06.04.2009
24. **Flores-Mir C**, Palmer N G, Northcott H C, Khurshed F, Major P W:  
Perceptions and Attitudes of Canadian Dentists toward Digital and Electronic Technologies. J Can Dent Assoc 72: 243 (2006)
25. **Gabriel B M:**  
New Results on Effects of Radiation on man – the new ICRP Recommendations (2007).  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/icrp\\_konf2007\\_rede\\_gabriel.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/icrp_konf2007_rede_gabriel.pdf)  
Abrufdatum: 16.03.2009
26. **Gallagher A**, Dowling A, Devine M, Bosmans H, Kaplanis P, Zdesar U, Vassileva J, Malone J F:  
European survey of dental x-ray equipment. Radiat Prot Dosim 129: 284-287 (2008)
27. **Geibel M A:**  
Qualitätsmanagement Handbuch der Klinik für MKG (2010), Version 54
28. **Geibel M A:**  
Qualitätsmanagement nach DIN ISO 9001:2000 in einer zahnärztlichen chirurgischen Abteilung-Ein Erfahrungsbericht. Gesundheitsökonomie und Qualitätsmanagement 4: 234-237 (2006)

29. **Gemeinsamer Bundesausschuss:**  
Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses über grundsätzliche Anforderungen an ein einrichtungsinternes Qualitätsmanagement in der vertragszahnärztlichen Versorgung (Qualitätsmanagement-Richtlinie vertragszahnärztliche Versorgung) (2006).  
[http://www.kzbv.de/rechtsgrund/RL\\_QM-Zahn-2006-12-31.pdf](http://www.kzbv.de/rechtsgrund/RL_QM-Zahn-2006-12-31.pdf)  
Abrufdatum:14.02.2011
30. **Groeneveld I:**  
Qualitätssicherung von Röntgenaufnahmen in einer kieferorthopädischen Praxis. Med Dissertation, Universität Hamburg (1992)
31. **Gronbach:**  
Ärzte röntgen zu viel und jede zweite Röntgendiagnose ist falsch (2002).  
<http://www.netzeitung.de/genundmensch/214161.html>  
Abrufdatum: 07.04.09
32. **Gundel O:**  
Vergleich der Bildqualität von Zahnröntgenaufnahmen mit digitalen Sensoren, Speicherfolien und konventionellem Zahnfilm. Med Dissertation, Universität Berlin Charité (2007)
33. **Hadjizadeh-Ziabari S M:**  
Subjektive Bildqualität digitaler Panoramaschichtaufnahmen in Relation zur Exposition. Med Dissertation, Universität Berlin (2002)
34. **KaVo:**  
Gendex 765 DC (2000 a)  
<http://www.gendex.com/Default.aspx?navid=552855&oid=201&lid=De>  
Abrufdatum: 03.08.2009

35. **KaVo:**  
Gendex 765 DC (2000 b)  
[http://airforcemedicine.afms.mil/idc/groups/public/documents/afms/ctb\\_109509.pdf](http://airforcemedicine.afms.mil/idc/groups/public/documents/afms/ctb_109509.pdf)  
Abrufdatum: 08.01.2011
36. **KaVo:**  
Visualix eHD (2004 a)  
[http://www.bikudo.com/product\\_search/details/248436/gendex\\_visualix\\_ehd\\_digital\\_sensor\\_3\\_100.html](http://www.bikudo.com/product_search/details/248436/gendex_visualix_ehd_digital_sensor_3_100.html)  
Abrufdatum: 08.01.2011
37. **KaVo:**  
Visualix eHD, Benutzer- und Wartungshandbuch (2004 b)  
<http://www.kdm-online.de/produkte/gendex-visualix-ehd-intraoraler-roentgensensor?destination=produkte/ersatzteile-zubehoer-fuer-altgeraete>  
Abrufdatum: 12.03.2009
38. **KaVo:**  
VixVinPro (2005)  
<http://www.gendex.com/default.aspx/Default.aspx?navid=310502&oid=002&lid=De&vkid=310654&rid=310664>  
Abrufdatum: 08.01.2011
39. **Khocht A, Janal M, Harasty L, Chang K M:**  
Comparison of direct digital and conventional intraoral radiographs in detecting alveolar bone loss. J Am Dent Assoc 134: 1468-1475 (2003)
40. **Klein D:**  
Vergleich der Bildqualität intraoraler Röntgenfilme in Klinik und Praxis. Med Dissertation, Universität Frankfurt am Main (1995)

41. **Krug B**, Boettge M, Reineke T, Coburger S, Zähringer M, Harnischmacher U, Lungen M, Lauterbach K W, Lehmacher W, Lackner K:  
Qualitätskontrolle der ambulanten bildgebenden Diagnostik in Nordrhein-Westfalen, Teil II. Fortschr Röntgenstr 175: 346-360 (2003)
42. **Landesärztekammer Brandenburg:**  
Ärztliche Stelle des Landes Brandenburg für die Qualitätssicherung in der Radiologie (ÄSQR) (2004).  
<http://www.laekb.de/10arzt/50Qualitaetssicherung/60aesqr/05aesr/50tbAESQR/80bericht04.pdf>  
Abrufdatum: 06.04.2009
43. **Lasserre A**, Blohm L:  
Grundlagen des Strahlenschutzes. In Lasserre (Hrsg.): Kurzlehrbuch Radiologie, 3. Aufl, Elsevier Urban& Fischer München Jena: 18 (2003)
44. **Ludlow J B**, Davies-Ludlow L E, White S C:  
Patient risk related to common dental radiographic examinations. J Am Dent Assoc 139: 1237-1243 (2008)
45. **Lutz P:**  
Die RI bei der zahnärztlichen Röntgendiagnostik, Teil 2: Medizinische und organisatorische Aspekte. Zahnärzteblatt Sachsen 11: 24 (2008)
46. **Padgett R**, Kotre C J:  
Assessment of the effects of pixel loss on image quality in direct digital radiography. Phys Med Biol 49: 977-986 (2004)
47. **Pasler F A:**  
Aufnahmetechnik und Röntgenanatomie. In Pasler (Hrsg.): Zahnärztliche Radiologie, 5.Aufl., Thieme Stuttgart New York: 90-97 (2008)

48. **Pasler F A**, Visser H:  
Kieferhöhlenerkrankungen rhinogener und Dentogener Genese. In Pasler (Hrsg.): Taschenatlas der zahnärztlichen Radiologie, 1.Auflage, Thieme Stuttgart: 213 (2003)
49. **Petrikowski C**:  
Introducing digital radiography in the dental office: An Overview. J Can Dent Assoc 71: 651 (2005)
50. **Pittayapat P**, Thevissen P, Fieuws S, Jacobs R, Willems G:  
Forensic oral imaging quality of hand-held dental X-ray devices: Comparison of two image receptors and two devices. Forensic Sci Int 194: 20-27 (2010)
51. **Rat der Europäischen Union**:  
Richtlinie 96/29/EURATOM des Rates vom 13. Mai 1996 (1996).  
[http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eu\\_richtlinie01.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/eu_richtlinie01.pdf)  
Abrufdatum: 20.03.2009
52. **Rat der Europäischen Union**:  
Richtlinie 97/43/EURATOM des Rates vom 30. Juni 1997 über den Gesundheitsschutz von Personen gegen die Gefahren ionisierender Strahlung bei medizinischer Exposition und zur Aufhebung der Richtlinie 84/466/Euratom (1997).  
<http://www.meduniwien.ac.at/zal/downloads/richtlinie9743euratom30071997patientenschutzri.pdf>  
Abrufdatum: 20.03.2009
53. **Rother U J**:  
Strahlenexposition und Strahlenschutz. In Rother (Hrsg.): Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde: Grundlagen, Strahlenschutz, Befunde, 2. Aufl, Elsevier Urban&Fischer München: 57-64 (2006 a)

54. **Rother U J:**  
Technisch- physikalische Grundlagen. In Rother (Hrsg.): Moderne bildgebende Diagnostik in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde: Grundlagen, Strahlenschutz, Befunde, 2. Aufl, Elsevier Urban&Fischer München: 15 (2006 b)
55. **Rothkamm K**, Gunasekara K, Warda S A, Krempler A, Löbrich M:  
Radiation-induced HPRT mutations resulting from misrejoined DNA double-strand breaks. Radiation Research 169: 639-648 (2008)
56. **Samsung:**  
SyncMaster 940T (2006)  
<http://www.samsung.de/de/Privatkunden/Buero/Displays/OfficeDisplays/940t/LS19HATES7EDC/detail.aspx>  
Abrufdatum: 20.03.2010
57. **Shannoun F**, Blettner M, Schmidberger H, Zeeb H:  
Strahlenschutz in der diagnostischen Radiologie. Dtsch Ärztebl 105: 41-46 (2008)
58. **Sirona:**  
Sirona Heliodent DS – Gebrauchsanweisung (2005 a)
59. **Sirona:**  
Sirona Heliodent DS (2005 b)  
<http://www.medwow.com/used-dental-x-ray-generator/sirona/heliodent-ds/853052255.item>,  
[http://www.dentalunion.nl/nieuw/PDF/Sirona\\_sidexis.pdf](http://www.dentalunion.nl/nieuw/PDF/Sirona_sidexis.pdf)  
Abrufdatum: 08.01.2011
60. **Universität Ulm:**  
Digitale Datenbank der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie (2009)

61. **Van der Stelt P F:**  
Filmless imaging: The uses of digital radiography in dental practice. J Am Dent Assoc 136: 1379-1387 (2005)
62. **Vano E, Fernandez S:**  
Patient dose management in digital radiography. Biomed Imaging Interv J 3: 1-6 (2007)
63. **Wenzel A, Møystad A:**  
Work flow with digital intraoral radiography: A systematic review. Acta Odontol Scand 68: 106-114 (2010)
64. **Zahnärztliche Röntgenstelle Baden-Württemberg:**  
Arbeitsbericht zahnärztliche Stellen (2008).  
<http://www.zahnaerzteblatt.de/page.php?modul=HTMLPages&pid=644>  
Abrufdatum: 08.04.2009

## 7 Danksagung

Ich danke allen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

Allen voran möchte ich PD Dr. Margrit-Ann Geibel danken für die hervorragende Betreuung, für alle Anregungen und die wunderbare Unterstützung bei der Entstehung der Arbeit.

Herr Negele danke ich für die Einweisung in die Software zu den digitalen Röntengeräten.

Frau Kiesslich und Frau Talovic danke ich für alle Hilfestellungen und der Bereitstellung des Befundungsmonitors.

Meinem Verlobten Tobias Meißner danke ich für alle Unterstützung und für seine Geduld.

Meiner Familie danke ich für alle Unterstützung und dass sie immer für mich da sind.

## 8 Lebenslauf

### PERSÖNLICHE DATEN

---

Flurina Hellstern  
Egelsbergstr. 25/2  
73235 Weilheim an der Teck

Geburtsdatum: 10.06.1984  
Geburtsort: Ilanz/Schweiz

### SCHULAUUSBILDUNG

---

2004                      Abitur am Kreisgymnasium Riedlingen

### STUDIUM

---

2005-2011              Studium der Zahnmedizin, Universität Ulm  
2006                      Naturwissenschaftliche Vorprüfung  
2007                      Zahnärztliche Vorprüfung  
2010                      Zahnärztlich Prüfung, Universität Ulm

### PROMOTION

---

08/2008-03/2011      Klinik der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Universität Ulm

### PUBLIKATION DER VORLIEGENDEN DISSERTATION

---

Accepted for publication in the „International Journal of Computerized Dentistry“

### BERUFSERFAHRUNG

---

Seit 08/2010              Anstellung als Assistenz Zahnärztin