

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
Klinik der Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. Reinhard Hickel

**Systematischer Literaturüberblick und aktueller Gebrauch  
der röntgenologischen Kariesdiagnostik**

Dissertation  
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Tanja Geraldine Kohler  
Aus Leutkirch  
2012

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: PD OA Dr. med. dent. Jan Kühnisch

Mitberichterstatter: Herr Prof. Dr. Daniel Edelhoff  
Herr Priv. Doz. Dr. Markus Körner  
Herr Priv. Doz. Dr. Florian Beuer

Dekan: Prof. Dr. med. Dr.h.c. Maximilian Reiser,  
FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 31.10.2012

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1	Kariesepidemiologischer Hintergrund.....	1
1.2	Übersicht verfügbarer Verfahren zur Kariesdiagnostik.....	3
1.3	Anforderungen und Ziele eines Kariesdiagnostikverfahrens.....	4
1.4	Kariesdiagnostik mit der Bissflügel-Röntgenaufnahme.....	6
1.4.1	Technische Durchführung der Bissflügel-Röntgendiagnostik.....	6
1.4.2	Die Bissflügel-Röntgenaufnahme zur Approximalkariesdiagnostik.....	8
1.4.3	Die Bissflügel-Röntgenaufnahme zur Okklusalkariesdiagnostik.....	10
1.4.4	Die Bissflügel-Röntgenaufnahme zum Kariesmonitoring.....	11
1.5	Die Röntgendiagnostik in der zahnärztlichen Praxis in Deutschland.....	12
<b>2</b>	<b>Zielstellung.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>Material und Methoden.....</b>	<b>15</b>
3.1.	Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte und zum klinischem Nutzen der röntgenologischen Kariesdiagnostik.....	15
3.2	Fragebogen.....	19
3.2.1	Konzipierung des Fragebogens.....	19
3.2.2	Strukturierung des Fragebogens.....	19
3.2.3	Versand und Rücklaufquote.....	20
3.2.4	Dateneingabe.....	20
3.2.5	Datenauswertung und Statistik.....	21
<b>4</b>	<b>Ergebnisse.....</b>	<b>24</b>
4.1	Ergebnisse des systematischen Literaturüberblicks.....	24
4.1.1	Diagnostische Güte der röntgenologischen Approximalkariesdiagnose.....	24
4.1.2	Diagnostische Güte der röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik.....	35
4.1.3	Klinischer Nutzen der röntgenologischen Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik.....	41
4.2	Auswertung des Fragebogens.....	44
4.2.1	Demographische Daten und allgemeine Angaben.....	44
4.2.2	Angaben zur Bissflügel-Röntgenaufnahme.....	50
4.2.3	Angaben zum Orthopantomogramm und Zahnfilm.....	55

<b>5</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>62</b>
5.1	Diskussion zum systematischen Literaturüberblick.....	62
5.1.1	Wertung der diagnostischen Güte der röntgenologischen Approximal- kariesdiagnostik.....	63
5.1.2	Wertung der diagnostischen Güte der röntgenologischen Okklusal- kariesdiagnostik.....	65
5.1.3	Nutzen der kombiniert klinisch-röntgenologischen Kariesdiagnostik.....	65
5.2	Diskussion der Umfrageergebnisse.....	67
5.2.1	Aktueller Stand der Röntgenausstattung und –technik.....	68
5.2.2	Aktueller Stand zum Gebrauch der Bissflügel-Röntgenaufnahme bei Kindern und Jugendlichen.....	69
5.3	Weiterführende Überlegungen.....	75
5.4	Aktueller Stand zum Gebrauch des Orthopantomogramms und des Zahnfilms.....	79
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>80</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>83</b>
<b>8</b>	<b>Abkürzungen.....</b>	<b>104</b>
<b>9</b>	<b>Danksagung.....</b>	<b>105</b>
<b>10</b>	<b>Lebenslauf.....</b>	<b>106</b>

# **1 Einleitung**

## **1.1 Kariesepidemiologischer Hintergrund**

Seit Mitte der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts wird in den westlichen Industrienationen über einen Kariesrückgang bei Kindern und Jugendlichen berichtet [Glass 1982, Marthaler 2004], welcher auch für die Bundesrepublik Deutschland in repräsentativen epidemiologischen Untersuchungen nachgewiesen wurde [Micheelis und Bauch 1990, Micheelis und Bauch 1992, Pieper 1996, Pieper 1998, Micheelis und Reich 1999, Pieper 2001, Pieper 2005, Micheelis et al. 2007]. Entsprechend den Angaben aus der jüngsten deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS IV) beträgt der durchschnittliche Kariesbefall bei 12-Jährigen 0,7 DMFT. Etwa 70% der 12-Jährigen hatten ein kariesfreies, bleibendes Gebiss [Micheelis et al 2007]. Trotz dieser erfreulichen Entwicklung bei den 12-Jährigen wurde allerdings ein kontinuierlicher Anstieg des Kariesbefalls mit weiter zunehmendem Alter beobachtet. In der Altersgruppe der 15-Jährigen hatten nur noch 46% der Jugendlichen ein Gebiss ohne Karieserfahrung [Mejare et al. 1998, Mejare et al. 2004, Micheelis et al 2007, Trinn et al. 2008].

Als eine weitere kariesepidemiologische Entwicklung ist die Polarisierung des Kariesbefalls auf Risikogruppen zu nennen. Wird auf die aktuellen Daten aus der DMS IV [Micheelis et al 2007] verwiesen, so konzentrierten sich 61% des gesamten Kariesbefalls auf lediglich 10% der untersuchten 12-Jährigen. Bei den 15-Jährigen vereinigten 27% der Jugendlichen 79% aller kariös betroffenen Zähne auf sich. Als Ursachen für die Ungleichverteilung des Kariesbefalls sind vordergründig zahnunfreundliche Ernährungsweisen, eine mangelhafte Mundhygiene, ein niedriger sozioökonomischer Status neben einem ungenügenden Inanspruchnahmeverhalten zahnärztlicher Betreuungsleistungen zu diskutieren.

Parallel zu dem beobachteten Kariesrückgang und der Polarisierung des Kariesbefalls auf Risikogruppen wurden weitere Veränderungen im Kariesbefallsmuster offensichtlich. Bis etwa zum 13./14. Lebensjahr konzentriert sich der Kariesbefall mit 60 bis über 90% auf die Fissuren und Grübchen der bleibenden Molaren [Mejare et al 1998, Poorterman et al. 2003, Mejare et al. 2004, Hopecraft und Morgan 2006]. Damit wird deutlich, dass die bleibenden Molaren und deren Fissuren bzw. Grübchen die Zähne bzw. Zahnflächen mit der höchsten Kariesgefährdung im Kindes- und Jugendalter sind. Erst nach dem 13./14. Lebensjahr kommt es zu einem Anstieg des Approximalkariesbefalls [Mejare et al 1998, Mejare et al. 2004, Kühnisch et al 2008], welcher sich

bis in das 3./4. Lebensjahrzehnt hinein fortsetzt [Reis et al 1998, Poorterman 2000]. In der Gesamtheit bleibt festzustellen, dass die Kariesprävalenz in der Altersgruppe der 35- bis 44-Jährigen dann nahezu 100% erreicht.

Neben dem Problem des stetig zunehmenden Kariesbefalls mit steigendem Alter konnte für die primäre Dentition bislang kein Kariesrückgang festgestellt werden [Pieper 2005]. Sowohl die Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ) als auch die Landesarbeitsgemeinschaft Zahngesundheit e.V. (LAGZ) verweisen auf den ungenügenden Sanierungsgrad im Milchgebiss [Krämer 2005]. Demnach ist in Deutschland ungefähr die Hälfte aller kariös betroffenen Milchzähne unversorgt [Pieper 2005]. Zudem hat etwa jedes zweite Kind mindestens einen kariösen, gefüllten und/oder bereits extrahierten Milchzahn vorzuweisen. Bis zum 6. Lebensjahr stellt die „early childhood caries“ (ECC) ein Problem bei Kindern dar [Wyne 1999]. Ab dem 4./5. Lebensjahr nimmt der Kariesbefall an Approximallflächen im Milchgebiss zu [Skeie 2004, Anderson et al. 2005] und mit dem Durchbruch der ersten bleibenden Molaren beginnt die Gefährdung derer Fissuren und Grübchen. Vor dem Hintergrund, dass Kinder mit kariösen Milchzähnen auch einen höheren Kariesbefall im bleibenden Gebiss aufweisen [Raadal und Espelid 1992, Peretz et al. 2003, Skeie et al. 2006, Alm et al. 2007, Milsom et al. 2008], stellt die sorgfältige Kariesdetektion und -diagnostik auch im Milchgebiss eine Grundvoraussetzung für die zahnärztliche Tätigkeit dar.

Mit dem Wandel des klinischen Erscheinungsbildes der Karies wurde ebenfalls deutlich, dass sich die Detektion und Diagnostik primär kariöser Läsionen erschwert hat [Heinrich Weltzien et al. 2001, Bloemendal et al. 2004, Goddon et al. 2008, Kühnisch et al. 2008]. Kennzeichen dieser Beobachtung ist, dass sich die Progression von nicht-kavitierten kariösen Läsionen (Synonyme: Initialkaries, beginnende Karies, Kariesvorstufen) lange unbemerkt unter einer klinisch intakten Zahnoberfläche vollzieht und Kavitationen erst in einem fortgeschrittenen Stadium von Zahnärztinnen/ärzten klinisch zu diagnostizieren sind. Aufgrund der erschwerten klinischen Diagnostik hat sich für dieserart kariöse Läsionen der Begriff ‚hidden caries‘ etabliert [Ricketts et al. 1997]. Während dieser Terminus ursprünglich für „versteckte“ Okklusalläsionen eingeführt wurde und Läsionen beschreibt, welche nicht klinisch sondern ausschließlich röntgenologisch detektiert werden, wird dieser Begriff mittlerweile auch auf versteckte Approximalläsionen übertragen. Als Ursache für die Zunahme versteckter kariöser Läsionen bzw. sogenannter nicht-kavittierter kariöser Läsionen werden eine

verlangsamte Kariesprogression, ein verbessertes Mundhygienebewusstsein, eine regelmäßige Fluoridverfügbarkeit sowie die regelmäßige Inanspruchnahme von gruppen- und individualprophylaktischen Maßnahmen diskutiert [Sawle und Andlaw 1988, Weerheijm et al. 1997]. Vor dem Hintergrund, dass die Verschiebung von kavitierten zu nicht-kavitierten kariösen Läsionen für Zahnärztinnen/ärzte eine erschwerte Detektion und Diagnostik kariöser Läsionen bei der klinischen Untersuchung bedeutet, gewinnen ergänzende Verfahren zur Primärkariesdiagnostik sowohl in der bleibenden Dentition als auch im Milchgebiss an Bedeutung [Pitts 1996].

## **1.2 Übersicht verfügbarer Verfahren zur Kariesdiagnostik**

Als grundlegende zahnärztliche Untersuchungstechnik zur Primärkariesdiagnostik ist die differenzierte visuelle Inspektion anzusehen, da diese einfach, schnell und ohne zusätzlichen Geräteaufwand durchführbar ist und keine gesundheitlichen Risiken mit sich bringt. Die klinische Befunderhebung sollte immer an der gereinigten und getrockneten Zahnoberfläche vorgenommen werden, um valide und reproduzierbare Befunde zu erhalten. Als wesentlicher Nachteil der klinischen Untersuchung ist auf die ungenügende Akkuratheit zu verweisen, versteckte bzw. nicht-kavitierte kariöse Läsionen sowohl an Okklusal- wie auch Approximalflächen zu detektieren. Um diesen Nachteil auszugleichen haben Bissflügel-Röntgenaufnahmen (BF) einen festen Platz bei der Kariesdiagnostik eingenommen [Braga et al. 2010]. Während BF aufgrund ihrer diagnostischen Güte einen hohen Stellenwert erlangt haben, ist die Verwendung ionisierender Strahlen als nachteilig zu bewerten, da damit gesundheitliche Risiken als auch eine eingeschränkte Nutzung im Rahmen des Kariesmonitorings verbunden sind. Vor diesem Hintergrund wurden in den vergangenen Jahrzehnten verschiedene ergänzende Diagnostikverfahren zur okklusalen und approximalen Läsionsfindung entwickelt, vorgestellt und klinisch erprobt [Pretty 2006]:

- Laserfluoreszenzmessung
- Faseroptische Transillumination
- Elektrische Widerstandsmessung
- Quantitative lichtinduzierte Fluoreszenz

Neue Systeme zur Kariesdetektion und –diagnostik sind vielversprechen und lassen das Röntgenbild in den Hintergrund treten. Aus heutiger Sicht muss jedoch konstatiert werden, dass der Nutzen aller ergänzenden Kariesdiagnostikverfahren aufgrund der nicht vollends befriedigenden diagnostischen Güte, den teilweise hohen Anschaffungskosten und einer vergleichsweise langen Untersuchungsdauer mit Zurückhaltung bewertet wird [Kühnisch 2007]. Daher erscheint der routinemäßige Einsatz dieser ergänzenden Diagnostikverfahren in der täglichen Praxis limitiert [Hall und Girkin 2004]. Vor diesem Hintergrund und unter Verweis auf die Möglichkeiten zur Approximal-, Okklusal- und Sekundär-kariesdiagnostik sowie Kariesverlaufdiagnostik stellt die BF in der zahnärztlichen Praxis bis in die Gegenwart in der Regel die Standardmethode zur ergänzenden Kariesdetektion und -diagnostik dar [Verdonschot et al. 1994, Pitts 1996, Callaghan und Crocker 2007, Neuhaus et al. 2009, Newman et al. 2009].

### **1.3 Anforderungen und Ziele eines Kariesdiagnostikverfahrens**

Für den zielführenden Einsatz eines Kariesdiagnostikverfahrens ist es entscheidend, dass die kariöse Läsionen frühzeitig und zuverlässig erkannt (Detektion) und deren Progressionsgrad und Aktivität beurteilt (Diagnose) werden kann. Diese Informationen dienen dazu, geeignete Therapiemaßnahmen ableiten zu können [Angmar-Mansson et al. 1998]. Um den Einsatz eines Diagnostikverfahrens empfehlen zu können muss zuvor der diagnostische Nutzen überprüft werden. Als grundsätzliche Anforderungen gelten dabei eine exzellente diagnostische Güte, ein möglichst nicht-invasives Vorgehen, eine schnelle und einfache Durchführbarkeit sowie niedrige Anschaffungs- und Anwendungskosten.

Die diagnostische Güte einer Untersuchungsmethode wird durch die Kriterien Validität und Reproduzierbarkeit beschrieben. Die *Validität* wird mit den Kenngrößen Sensitivität (SE), Spezifität (SP) und dem Az-Wert wiedergegeben. Anhand der SE und SP kann beurteilt werden, wie gut ein erkrankter bzw. gesunder Zahn mit Hilfe des Diagnoseverfahrens identifiziert wird. Eine optimale diagnostische Methode weist SE- und SP-Werte von jeweils 100% auf. In diesem Fall sind alle Vorhersagen richtig (Tab. 1). Der klinische Einsatz eines Verfahrens zur Kariesdiagnostik kann dann befürwortet werden, wenn SE und SP mindestens 160% in der Summation betragen. Hierbei sollte jedoch betont werden, dass eine höhere SP oftmals mit einer niedrigeren SE und umgekehrt einhergeht [Hausen 1997, Schwarzer et al. 2002].

Tab. 1: Vierfeldertafel zur Berechnung der Güteparameter SE und SP.

		Referenzstandard		
		Karies – Nein	Karies – Ja	
Diagnostischer Test	Karies – Nein	TN	FN	NPV = TN/ (TN+FN)
	Karies - Ja	FP	TP	PPV = TP/ (TP+FP)
		SP = TN/ (FP+TN)	SE = TP/(TP+FN)	

*Erklärungen:*

Richtig positiv, true positive (TP) – Der Test ist positiv und es liegt eine Erkrankung/Karies vor  
 Richtig negativ, true negative (TN) – Der Test ist negativ und es liegt keine Erkrankung/Karies vor  
 Falsch positiv, false positive (FP) – Der Test ist positiv, aber es liegt keine Erkrankung/Karies vor  
 Falsch negativ, false negative (FN) – Der Test ist negativ, aber es liegt eine Erkrankung/Karies vor

Für die Validierung einer Kariesdiagnostikmethode muss der jeweilige kariesdiagnostische (röntgenologische) Befund für eine Zahnfläche registriert und anschließend mit dem histologischen Nachweis der Läsionsausdehnung korreliert werden. Zur röntgenologischen bzw. histologischen Läsionsbeurteilung finden dabei die Kriterien nach Marthaler [1966] oder Ekstrand et al. [1997] Verwendung (Tab. 2).

Tab. 2: Kriterien zur röntgenologischen bzw. histologischen Validierung eines Kariesdiagnostikverfahrens.

Grad	Histologische Kriterien zur Kariesausdehnung	
	Marthaler (1966)	Ekstrand et al. (1997)
D0	Keine Demineralisation im Schmelz und/oder Dentin	
D1	Demineralisation in der äußeren Schmelzhälfte	
D2	Demineralisation in der inneren Schmelzhälfte	Läsion in der inneren Schmelzhälfte bzw. im äußeren Dentindrittel
D3	Demineralisation bis in die äußere Dentinhälfte	Läsionen im mittleren Dentindrittel
D4	Demineralisation bis in die innere Dentinhälfte	Läsionen im inneren Dentindrittel

Durch die Kombination von Sensitivität und Spezifität erhält man die ROC (Receiver Operating Curve). Die Wertepaare von SE und SP eines diagnostischen Tests werden dazu für alle Messpunkte (Cut-Off-Punkte) in ein Diagramm aufgetragen und

verbunden. Die Fläche unter der entstandenen Kurve wird durch den dazugehörigen Az-Wert wiedergegeben. Der Az-Wert ist ein Maß für die Güte des Tests und stellt die Abhängigkeit der Effizienz von der Fehlerrate dar [Hilgers et al.2007]. Dieser sollte möglichst nahe 1 liegen, wobei ein Az-Wert  $\geq 0.75$  ein akzeptables Testergebnis darstellt und die untersuchte Diagnostikmethode daher als praxistauglich bewertet werden kann [Bühl und Zöfel 2000].

Zur Bestimmung der *Intra- bzw. Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit*, der Übereinstimmung von diagnostischen Entscheidungen eines Untersuchers zwischen zwei unterschiedlichen Zeitpunkten bzw. zwischen zwei verschiedenen Untersuchern, wird als statistisches Maß Cohens Kappa (K) herangezogen [Cohen 1960]. Es stellt den Anteil an Übereinstimmung nach Ausschluss der Zufallsübereinstimmung dar. K-Werte von 0.41-0.75 stehen für eine moderate bis gute Übereinstimmung. Bei Werten über 0.75 kann die Güte der Übereinstimmung als sehr gut eingeschätzt werden [Fleiss 1981, Greve & Wentura 1997]. Eine hohe Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit einer Untersuchungsmethode ist beim Kariesmonitoring (Kariesverlaufskontrolle) als bedeutend anzusehen. Bevor eine Diagnostikmethode für den klinischen Einsatz eines empfohlen werden kann, sollte die Validität und Reproduzierbarkeit sowohl unter In-vitro- als auch unter In-vivo-Bedingungen beurteilt werden.

Unter Berücksichtigung der Bedeutung der röntgenologischen Kariesdiagnostik wurden in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl an Studien zum diagnostischen Nutzen von unterschiedlichen röntgenologischen Verfahren veröffentlicht. Vor diesem Hintergrund erscheint es notwendig, eine systematische Analyse der vorhandenen Studien vorzunehmen. Wesentliche diagnostische Güteparameter zur Validität und Reproduzierbarkeit der röntgenologischen Kariesdiagnostik sowie methodische Untersuchungsdetails sollten anhand definierter Kriterien gesammelt, dokumentiert und anschließend bewertet werden.

## **1.4 Kariesdiagnostik mit der Bissflügel-Röntgenaufnahme**

### **1.4.1 Technische Durchführung der Bissflügel-Röntgendiagnostik**

Als universelle Methode zur röntgenologischen Darstellung des kariösen Prozesses hat sich die von Raper [1925] eingeführte BF zur Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik, Sekundärkariesdiagnostik und Einschätzung der Füllungsqualität in der zahnärztlichen Praxis durchgesetzt (Abb. 1). Die röntgenologische Approximalkaries-

diagnostik ist auf dem diagnostischen Niveau jedweder Kariesprogression (D1-4) möglich. Aufgrund von Überlagerungen im okklusalen Schmelzbereich können Okklusalflächen dagegen ausschließlich auf dem Detektionsniveau einer Dentinkaries (D3-4) erfasst werden [Bottin et al. 1991, Pitts 1996, Wenzel 1998, Neuhaus et al. 2009, Popoola 2010].

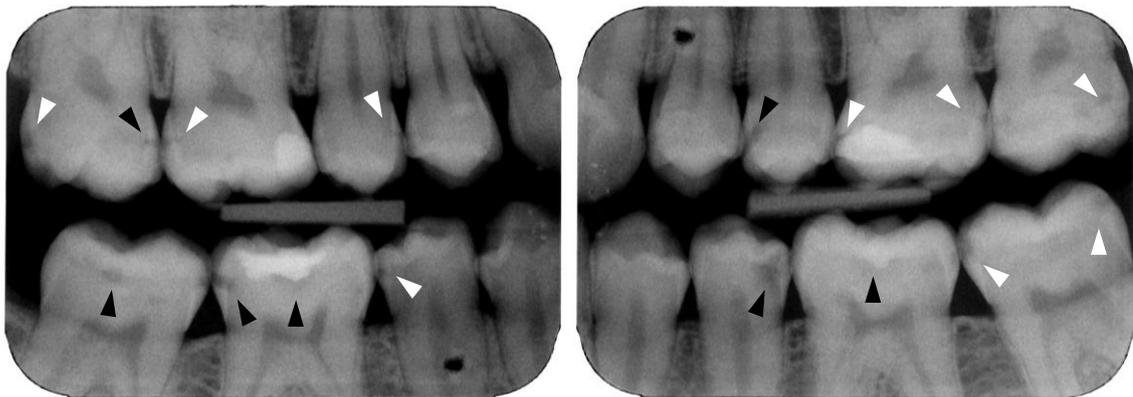


Abb. 1: Beidseitige BF eines 16-jährigen Patienten. Die Aufnahmen zeigen mehrere proximale und okklusale Schmelz- (weiße Pfeile) und Dentinläsionen (schwarze Pfeile).

Bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen ist die Gefährdung durch Röntgenstrahlen kritisch zu diskutieren, da diese ein erhöhtes Wachstum und somit eine gesteigerte Zellteilungsrate aufweisen. Hier ist die Indikation für Röntgenaufnahmen streng zu stellen [Espelid et al. 2003]. Um eine Reduktion der Strahlenbelastung zu erreichen hat innerhalb der vergangenen zwei Jahrzehnten eine stetige Fortentwicklung der Empfindlichkeit analoger Röntgenfilme stattgefunden. So stehen heute Filme in der Empfindlichkeitsklasse F zur Verfügung, welche in Bezug auf die Strahlenempfindlichkeit im Vergleich zu digitalen Röntgensystemen als ebenbürtig einzuschätzen sind [Fuhrmann et al. 2001]. Daher sollten aus heutiger Sicht entweder Filme der Klasse F oder digitale Systeme zum Einsatz kommen. Letztere sind als Sensor- (CCD) bzw. Speicherfoliensysteme (PSP) verfügbar. Als Vorteile der digitalen Technologie gegenüber der konventionellen filmbasierten Röntgentechnik sind neben dem höheren Patientenschutz durch eine noch geringere Strahlendosis die Zeit- und Materialersparnis bei der Filmentwicklung sowie die digitale Bildbearbeitung und -aufbewahrung zu nennen [Christensen 2004, Williamson 2005, Hellen-Halme 2007, van der Stelt 2008, Wenzel und Moystad 2010, Sakurai et al. 2010]. Als Nachteile der starren und dicken Sensoren sind v.a. die ungenügende Akzeptanz sowie häufige Positionierungsfehler bei

Kindern- und Jugendlichen zu nennen. Speicherfoliensysteme weisen hingegen eine bessere Akzeptanz vor [Wenzel et al. 1999, Wenzel 2000, Russo et al. 2006, Wenzel und Moystad 2010].

Zur Standardisierung der Aufnahmen sollten Filmhalter eingesetzt werden, um qualitativ hochwertige Aufnahmen zu erhalten und um Wiederholungsaufnahmen zu vermeiden [Pitts et al. 1991, Chadwick und Dummer 1998, Fuhrmann 2006]. Die Verwendung standardisierter Filmhalter ermöglicht zudem eine höhere Reproduzierbarkeit und Vergleichbarkeit der BF [Lussi und Hotz 1995, Potter et al. 1995]. Dem letztgenannten Aspekt kommt im Zuge eines Kariesmonitorings (Verlaufskontrolle) eine hohe Bedeutung zu, um vergleichbare Aufnahmen zu erhalten und um Wiederholungsaufnahmen zu vermeiden. Es wird empfohlen, die Untersuchung mit BF bei Erwachsenen mittels zwei intraoralen Röntgenfilmen (je Kieferhälfte ein Röntgenfilm) in Standardgröße (Größe 2, 31mm x 41mm) durchzuführen [Hintze und Wenzel 1999]. Bei Kindern können kleinere Filme (Größe 0, 22mm x 35mm) verwendet werden. Der Röntgenfilm sollten so appliziert werden, dass möglichst die distale Fläche des Eckzahnes bzw. zumindest die mesiale Fläche des ersten Prämolars bis zur distalen Fläche der Molaren erfasst wird (Abb. 1) [Sapong 1994, Sewerin 2001].

#### **1.4.2 Die Bissflügel-Röntgenaufnahme zur Approximalkariesdiagnostik**

BF sind sowohl im bleibenden Gebiss [Lussi und Hotz 1995, Haak et al. 2007] als auch im Milchgebiss [de Araujo et al. 1996, Moberg Sköld et al. 1997, Anderson et al. 2005, Newman et al. 2009] bis in die Gegenwart die Methode der Wahl für die Detektion und Diagnose von kariösen Schmelz- und Dentinläsionen an klinisch nicht einsehbaren oder nicht eindeutig beurteilbaren Approximalräumen. Vergleichende klinisch-röntgenologische Untersuchungen dokumentierten in diesem Zusammenhang eine erhebliche Unterschätzung des Kariesbefalls, wenn auf eine röntgenologische Untersuchung verzichtet wurde [Llena-Puy und Forner 2005, Mestriner et al. 2006, Popoola et al. 2010]. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen proximale ‚hidden caries‘ an einem Molaren und Prämolaren im klinisch-röntgenologischen Vergleich. Der Anteil ausschließlich röntgenologisch detektierter Läsionen wird mit bis zu 90% angegeben [Moberg Sköld et al. 1997, Reis et al. 1998, Poorterman et al. 2000, Clark und Curzon 2004, Hopcraft und Morgan 2005].

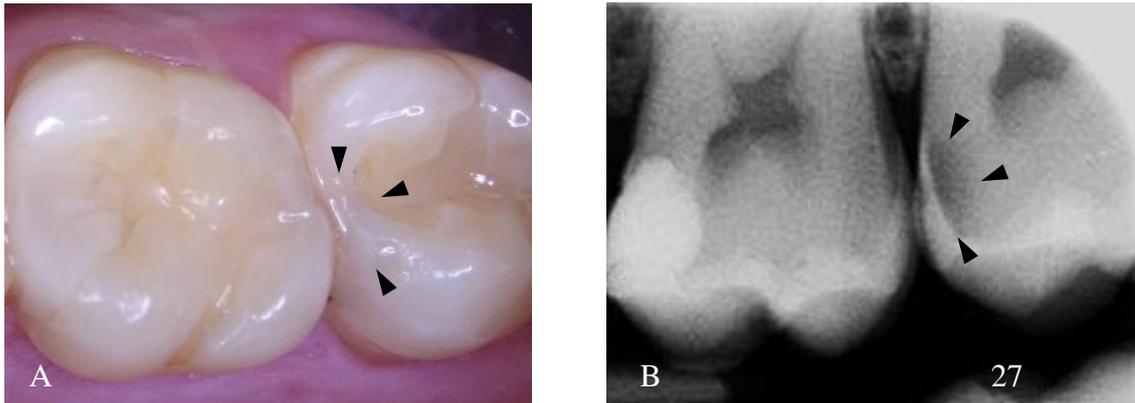


Abb. 2: Klinisch-röntgenologisches Beispiel einer approximalen ‚hidden caries‘ an einem Molar. Während die klinische Situation des Zahnes 27 (A) bei dem 30-jährigen Patienten nahezu unauffällig erscheint, zeigt die BF (B) eine D2/3-Karies.

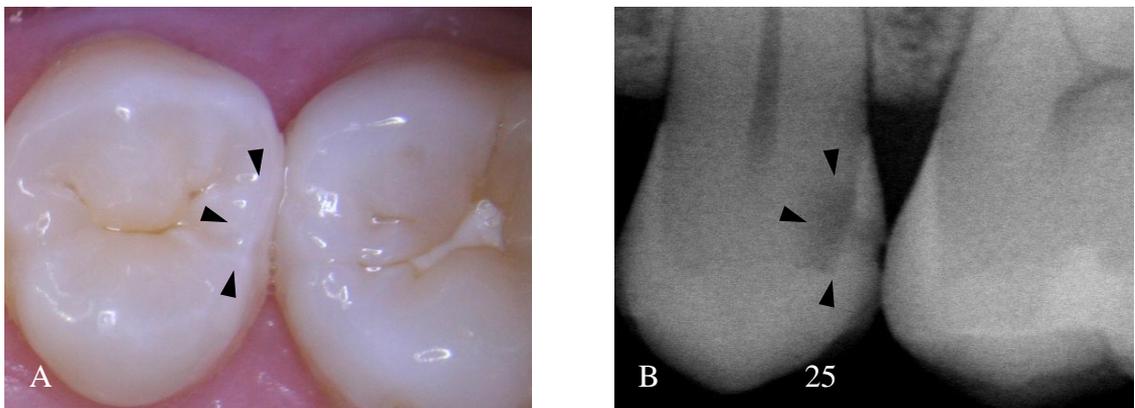


Abb. 3: Klinisch röntgenologisches Beispiel einer approximalen ‚hidden caries‘ an einem Prämolare (25) einer 16-jährigen Patientin. Obwohl die klinische Situation (A) keinen Verdacht auf eine Karies zulässt, offenbart die BF (B) eine weit ins Dentin fortgeschrittene Radioluzenz.

Der internationalen Literatur ist eine Vielzahl an Untersuchungen zur röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik zu entnehmen. Um eine umfassende Vergleichbarkeit sicherzustellen und danach den Nutzen von BF objektiv einschätzen und beschreiben zu können, erscheint eine systematisch angelegte Recherche der internationalen Literatur angezeigt.

### 1.4.3 Die Bissflügel-Röntgenaufnahme zur Okklusalkariesdiagnostik

Unter Verweis auf das Problem der schwierigen Detektion und Diagnostik nicht-kavitierter kariöser Läsionen an Okklusalflächen sollten BF auch zur Kariesdiagnostik an diesen Zahnflächen genutzt werden, um okklusale ‚hidden caries‘ (Abb. 4, 5) zu diagnostizieren [Creanor et al. 1990, Verdonschot et al. 1992, Weerheijm et al. 1992, Kidd et al. 1993, Lussi 1993, Lussi 1996, Poorterman et al. 2000, Heinrich-Weltzien et al. 2001, Costa et al. 2002, Zadik und Bechor 2008].

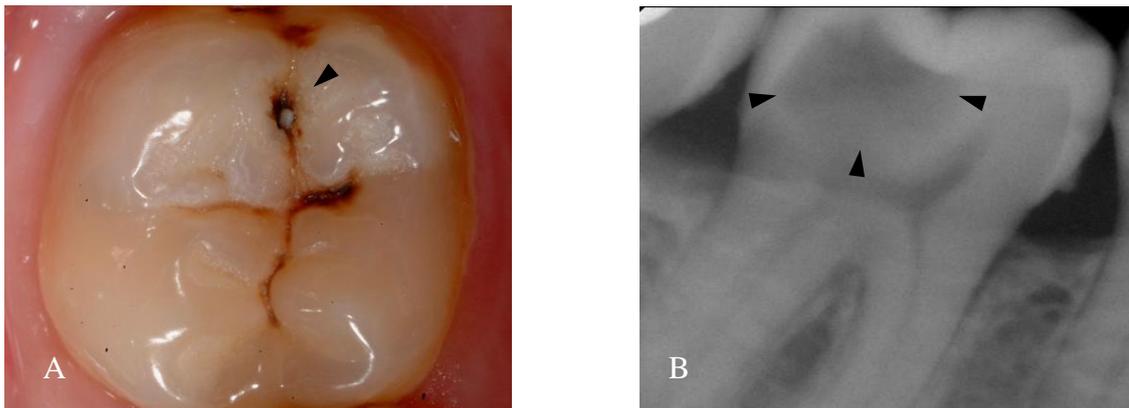


Abb. 4 Klinisch-röntgenologisches Beispiel einer okklusalen ‚hidden caries‘ an einem Molar. Während die klinische Aufnahme des Zahnes 47 (A) bei dem 33-jährigen Patienten allenfalls Anhalt auf eine Mikrokavität im distalen Bereich der Fissur gibt, offenbart die Röntgenaufnahme (B) eine bis in die Pulpa fortgeschrittene Dentinläsion.

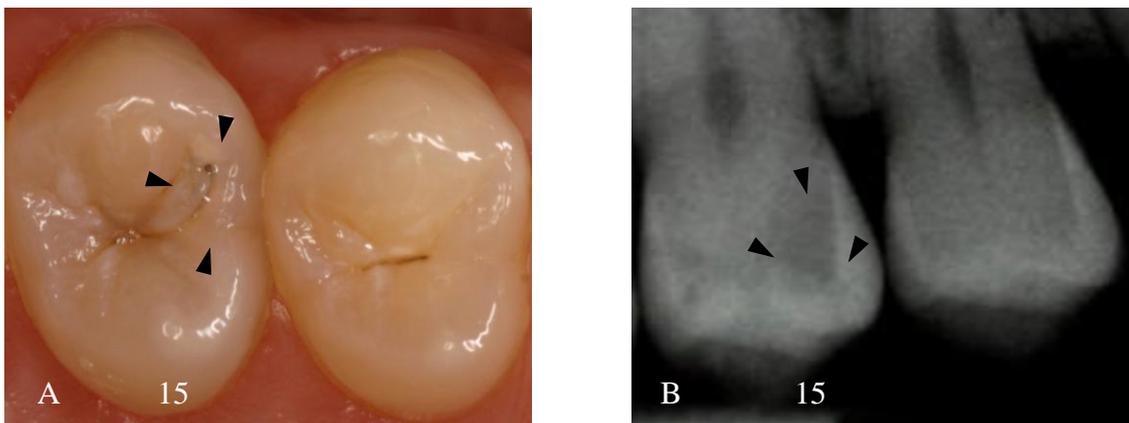


Abb. 5: Klinisch-röntgenologisches Beispiel einer okklusalen ‚hidden caries‘ an einem Prämolaren (15) einer 17-jährigen Patientin. Der klinische Befund des Zahnes 15 zeigt lediglich eine Mikrokavität im mesialen Bereich der Fissur. Die BF gibt dagegen eine weit ins Dentin fortgeschrittene Läsion zu erkennen.

Der diagnostische Nutzen von BF wurde in einer Vielzahl von Untersuchungen klar herausgearbeitet. Allerdings erscheint es auch hier wünschenswert, eine Systematisierung der vorhandenen Studien vorzunehmen, mit dem Ziel das diagnostische Potential von BF zur Okklusalkariesdiagnostik zusammenzufassen.

#### 1.4.4 Die Bissflügel-Röntgenaufnahme zum Kariesmonitoring

Neben der Detektion und Diagnostik klinisch nicht erkennbarer approximaler und/oder okklusaler Läsionen besteht der diagnostische Zugewinn der BF-Aufnahmen in der Erfassung der Läsionsausdehnung (Diagnostik) und deren Verlaufskontrolle durch die zeitlich versetzte Anfertigung von BF vor allem an den Approximalflächen (Abb. 6) [Barber und Wilkins 2002, Pitts 2004, Pitts 2009].

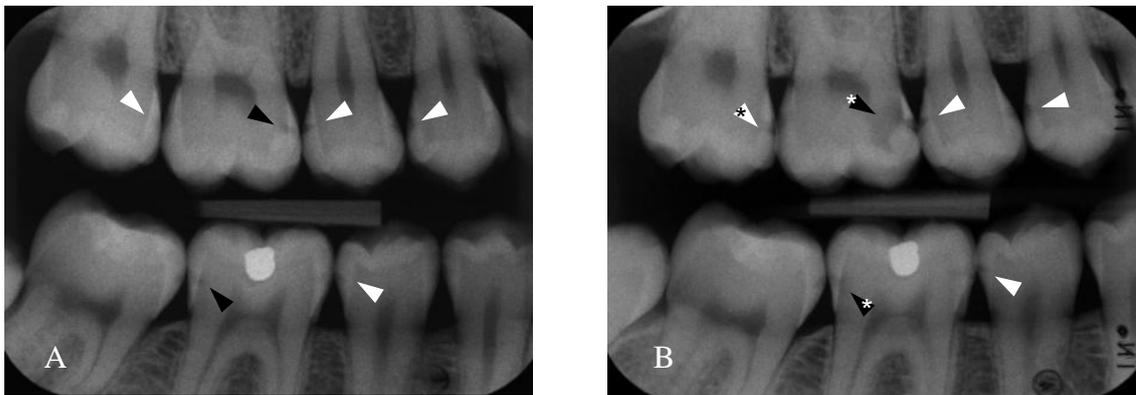


Abb. 6: Kariesmonitoring bei einer jugendlichen Patientin. Die BF im Alter von 15 Jahren (A) zeigt einige proximale kariöse Schmelz- (weiße Pfeile) und Dentinläsionen (schwarze Pfeile). Die standardisierte Kontrollaufnahme dreieinhalb Jahre später offenbart einige stagnierte und progredierte (\*) Läsionen.

Da sich die Zahnzwischenräume der Hygienisierbarkeit mit der Zahnbürste entziehen und die Zahnzwischenraumpflege von einer Vielzahl von Patienten gar nicht oder allenfalls selten durchgeführt wird, sind die Approximalräume als besonders risikobehaftet einzuschätzen. Dies begründet die bevorzugte Initiation und Progression kariöser Läsionen an Approximalflächen. Aufgrund einer nicht vorhersehbaren Stagnation oder Progression von Schmelzläsionen als auch der Möglichkeit bestehende Schmelzläsionen zu arretieren, bedarf es an diesen Läsionen der präventiven Intervention und der regelmäßigen Verlaufskontrolle [Mejare et al. 1999, Zero 1999]. Mit dem Kariesmonitoring soll eine Stagnation oder Progression des kariösen Prozesses

beobachtet werden. Für letztere besteht bei Penetration der Schmelz-Dentin-Grenze die Indikation zur restaurativen Therapie [Wicht et al. 2008]. Die Anfertigung von BF dient dem Zahnarzt somit als Grundlage und Orientierungshilfe für eine Therapieentscheidung [Haak et al. 2007]. Unter Verweis auf den diagnostischen Nutzen von BF zur Verlaufskontrolle insbesondere an den Approximalräumen, steht das Potential dieses Vorgehens heute außer Frage [Pitts 1996, Heinrich-Weltzien und Kühnisch 2007].

### **1.5 Die Röntgendiagnostik in der zahnärztlichen Praxis in Deutschland**

Im Hinblick auf den in den vorangegangenen Kapiteln herausgearbeiteten Nutzen von BF bedarf dieser auch einer Würdigung in entsprechenden Empfehlungen für die tägliche zahnärztliche Praxis. Während im internationalen Maßstab verschiedene Fachgesellschaften bereits Empfehlungen erarbeitet haben [Espelid et al. 2003, European Commission 2004, American Dental Association 2004], liegt für die Bundesrepublik Deutschland lediglich die Stellungnahme „Wann sind zur Sicherung von Diagnose und Therapie Röntgenaufnahmen nötig?“ aus dem Jahr 1993 vor [Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde 1993]. Die röntgenologische Kariesdiagnostik wird in dieser Stellungnahme ausschließlich bei Verdacht auf eine klinisch nicht eindeutig zu diagnostizierende Approximalkaries empfohlen. Mit der kontinuierlichen Fortentwicklung des Fachgebiets der Kariologie als auch einer kontinuierlichen Publikationstätigkeit wissenschaftlicher Arbeitsgruppen erscheint es jedoch notwendig, eine Neuformulierung der Stellungnahme aus heutiger Sicht einzufordern. Hierzu sollte neben der Erarbeitung des gegenwärtigen wissenschaftlichen Standes der röntgenologischen Kariesdiagnostik auch die Erfragung des aktuellen Gebrauchs der BF bei Kindern und Jugendlichen in der täglichen zahnärztlichen Praxis richtungsweisende Informationen liefern. Im internationalen Kontext wurden bereits Befragungen von Zahnärztinnen/ärzten bezüglich der Akzeptanz und Verwendung der BF durchgeführt und deren Bedeutung unterstrichen [Pitts und Fyffe 1991, Bohay et al. 1995, Rushton et al 1996, Taylor und Macpherson 2004]. Es wurden ebenso Informationen zur Röntgenausstattung und den verwendeten Röntgentechniken [Hinze 1993, Bohay et al. 1994, Tugnait et al. 2003] sowie zur BF-Indikationsstellung im Kindes- und Erwachsenenalter [Rogers und Hector 1997] gesammelt. Des Weiteren konnten Zusammenhänge bzw. Abhängigkeiten zwischen

Praxistyp, Berufserfahrung, Spezialisierung bzw. Ausbildung und der Anfertigung und Verwendung der röntgenologischen Kariesdiagnostik in verschiedenen Untersuchungen nachgewiesen werden [Stanek et al. 1986, Hintze 1993, Svenson et al. 1998, Tugnait et al. 2003]. Aus der Bundesrepublik Deutschland konnten lediglich zwei Studien identifiziert werden, die unter anderem die Verwendung der BF untersucht hatten [Heyne et al. 1986, Schneller et al. 2001]. Unter Verweis auf die mangelnde Datenlage und im Hinblick auf die Notwendigkeit der Aktualisierung der Stellungnahme zur Verwendung der röntgenologischen Kariesdiagnostik erscheint daher eine Befragung von Zahnärztinnen/ärzten in Deutschland zu dieser Thematik sinnvoll.

Unter Verweis darauf, dass in kindlichen und jugendlichen Populationen neben der BF auch anderen röntgendiagnostischen Aufnahmetechniken wie das Orthopantomogramm (OPG) und der intraorale Zahnfilm (ZF) von Bedeutung sind, sollte die vorliegende Umfrage diese Aspekte ebenso miteinschließen.

## 2 Zielstellung

Die vorliegende Arbeit zielte zunächst auf eine systematische Literaturanalyse zur diagnostischen Güte der röntgenologischen Kariesdiagnostik an Approximal- und Okklusalflächen ab. Im Detail sollten folgende Güteparameter aus der Literatur identifiziert und anschließend getrennt für approximale und okklusale Zahnflächen dokumentiert werden:

1. Validität und Reproduzierbarkeit der röntgenologischen Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik
2. Klinischer Nutzen der röntgenologischen Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik

Um Rückschlüsse zum aktuellen Gebrauch der röntgenologischen Kariesdiagnostik in der zahnärztlichen Praxis ziehen zu können, war es das zweite Hauptziel der vorliegenden Arbeit mit Hilfe eines Fragebogens eine Einschätzung vorzunehmen. Die Umfrage sollte folgende Fragen beantworten:

1. Welche Röntgenausstattungen sind in den Praxen vorzufinden und welche Röntgentechniken werden gegenwärtig verwendet?
2. Bei welchen Indikationsstellungen werden BF am häufigsten angewendet?
3. Werden BF zum Kariesmonitoring verwendet?
4. Welche Faktoren und Kariesprädiktoren werden bei der Entscheidung zur Anfertigung der BF als wichtig erachtet?
5. Ab welchem Alter und in welchen Altersgruppen werden BF am häufigsten angefertigt?
6. Bei welchen Indikationsstellungen werden das OPG und der ZF angefertigt?
7. Bestehen bei all den Antworten Zusammenhänge zwischen der Arbeitsstelle, Zusatzausbildung oder Berufserfahrung und/oder dem Gebrauch von Röntgenaufnahmen im Kindes- und Jugendalter?

### 3 Material und Methoden

Um die in der Zielstellung der vorliegenden Arbeit aufgeworfenen Fragen zu beantworten, wurde einerseits ein systematischer Literaturüberblick erstellt und andererseits die gegenwärtige Verwendung der röntgenologischen Kariesdiagnostik mit Hilfe eines Fragebogens analysiert.

#### 3.1. Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte und zum klinischem Nutzen der röntgenologischen Kariesdiagnostik

Für die diagnostische Güte und den klinischen Nutzen der röntgenologischen Kariesdiagnostik wurde im Rahmen des zu erstellenden Literaturüberblicks eine Sichtung der medizinischen Datenbank Pubmed/Medline für den Zeitraum vom 01.01.1980 bis zum 01.01.2011 vorgenommen. Die ausgewählten Suchbegriffe wurden konkordant in die medizinische Literaturdatenbank der US National Library of Medicine (Pubmed, [www.ncbi.nlm.nih.gov](http://www.ncbi.nlm.nih.gov)) eingegeben und recherchiert. Bei der Literatursuche wurden deutsch- und englischsprachige Studien berücksichtigt. Die Suchbegriffe können der Tab. 3 entnommen werden.

Tab. 3: Suchstrategie bei der systematischen Literaturrecherche (01.01.1980 - 01.01.2011)

Suchbegriffe	Anzahl der aufgefundenen Publikationen
Bitewing	1125
Radiographic caries diagnosis	766

Ergänzend zur elektronischen Recherche wurde eine Handrecherche der deutschsprachigen Literatur durchgeführt. Ebenso wurden nicht aufgefundene, aber als Referenz zitierte Literaturstellen bei der Erstellung der Literaturübersicht mit einbezogen. Nach Sichtung aller Abstracts der identifizierten Publikationen wurden alle den Einschlusskriterien entsprechenden Studien als Volltext recherchiert. Dies erfolgte über die örtlichen Fach-Bibliotheken, Onlinedienste bzw. über den direkten Kontakt zu den Autoren. Bei den Bibliotheksdiensten bzw. den Autoren angeforderte Publikationen, die bis zum 28.02.2011 nicht als Volltext vorlagen, blieben in der vorliegenden Arbeit unberücksichtigt. Weiterhin wurden nur Originalarbeiten und keine Abstracts oder Posterpräsentationen ausgewertet. Die Beurteilung der einbezogenen

Publikationen erfolgte standardisiert nach definierten Einschluss- bzw. Ausschlusskriterien, um eine Vergleichbarkeit der Studien sicherzustellen.

Die in den systematischen Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der röntgenologischen Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik einbezogenen Studien mussten folgende *Einschlusskriterien* erfüllen:

- Alle diagnostischen Untersuchungen wurden an humanen Zähnen mit natürlich, entstandenen und primären kariösen Läsionen vorgenommen.
- Die Untersuchungen erfolgten an bleibenden Prämolaren und/oder Molaren.
- Es mussten Angaben zur Validität und/oder Reproduzierbarkeit vorliegen.
- Im Rahmen der histologischen Validierung wurden SE-, SP- und/oder Az-Werte berechnet und publiziert.
- Grundsätzlich wurden In-vivo- und In-vitro-Studien berücksichtigt, jedoch erfolgte eine getrennte Analyse und Auswertung.
- Grundsätzlich wurden Studien zur Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik berücksichtigt, jedoch erfolgte eine getrennte Analyse.
- Während unter In-vivo-Bedingungen die Validierung durch eine operative Kavitätenpräparation erfolgte, setzte die In-vitro-Validierung die histologische Aufbereitung der untersuchten Zähne voraus.
- Die Güteparameter SE und SP wurden für das Detektionsniveau einer kariösen Läsion unabhängig des Progressionsstadiums (D0 versus D1-4) und/oder das Dentinkariesniveau (D0-2 versus D3-4) bestimmt (Tab. 2) [Marthaler 1966, Ekstrand et al. 1997].

Als *Ausschlusskriterien* wurden die folgenden Kriterien definiert:

- Untersuchungen unter Einschluss von Milchzähnen.
- Untersuchungen von In-vitro induzierten kariösen Läsionen.
- Studien mit unvollständigen Angaben zur Validität und Reproduzierbarkeit.
- In-vitro-Untersuchungen ohne histologische Validierung.
- Studien, in welchen die Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik nicht getrennt voneinander untersucht wurde.
- Studien, die aus mehreren Verfahren eine zusammengesetzte Diagnose erstellten.
- Studien, die digitalisierte Röntgenfilme als Untersuchungsmaterial verwendeten.
- Studien, in denen digitale Röntgenbilder in ausgedruckter Form beurteilt wurden.

Wurde eine Diagnostikstudie gemäß den Ein- und Ausschlusskriterien berücksichtigt, so erfolgte die detaillierte Durchsicht und Auswertung. Folgende Parameter wurden erfasst und anschließend getrennt für die okklusale und proximale Kariesdiagnostik in Tabellen strukturiert dokumentiert:

- Angaben zum verwendeten Röntgensystem (konventionell oder digital).
- Verwendete Empfindlichkeitsstufe des Filmtyps bzw. das digitale Röntgensystem.
- Angaben zum Studiendesign (In-vivo oder In-vitro).
- Einbezogene Patientenzahl (bei In-vivo-Studien).
- Anzahl der in die Untersuchung einbezogenen Zähne und Zahnflächen.
- Anzahl der Zähne differenziert nach Molaren und Prämolaren.
- Intra- und Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit (Kappa-Wert).
- Die Güteparameter Sensitivität (SE) und Spezifität (SP) wurden jeweils getrennt für das Detektionsniveau einer Karies (D0 versus D1-4) (Erfassung jedweder Kariesstadien, unabhängig der Progression) und das Dentinkariesniveau (D0-2 versus D3-4) erfasst.
- Az-Wert aus den ROC-Kurven.

In der vorliegenden Arbeit wurde die D-Klassifikation nach Marthaler [1966] als Standard der histologischen Beurteilung der Läsionsausdehnung gewählt. Weitere relevante Studiendetails wurden ggf. separat als ergänzende Erläuterungen dokumentiert. So wurden Studien gekennzeichnet, welche die histologische Kariesausdehnung anhand der Kriterien nach Ekstrand registrierten [Ekstrand et al. 1997]. Lagen aus einer Studie zwei einzelne Werte für einen Parameter vor, wurden diese durch einen Querstrich getrennt erfasst; bei mehreren Werten erfolgte die Angabe mit einem Bindestrich im Sinne eines Von-bis-Wertes.

Der *systematische Literaturüberblick zum klinischen Nutzen der BF* berücksichtigte In-vivo-Diagnostikstudien im Milch-, Wechsel- und bleibenden Gebiss. Folgende Parameter wurden bei der Auswertung der einbezogenen Studien recherchiert und anschließend getrennt für die proximale, okklusale und approximal-okklusale Kariesdiagnostik in Tabellen strukturiert dokumentiert:

1. Einbezogene Probandenzahl
2. Patientenalter
3. Ausschließlich klinisch diagnostizierte Läsionen (k) in % (Abb. 7)
4. Klinisch-röntgenologisch diagnostizierte Läsionen (kr) in % (Abb. 7)
5. Ausschließlich röntgenologisch diagnostizierte Läsionen (r) in % (Abb. 7)
6. Zusätzlicher Nutzen der BF-Aufnahme  $(r/(kr+k)) \times 100$ , der den Anteil der ausschließlich röntgenologisch diagnostizierten Kariesläsionen an den klinisch diagnostizierten Gesamtläsionen beschreibt
7. Angaben zum Kariesbefall (ds/DS, dmfs/DMFS) jeweils nach klinischer und klinisch-röntgenologischer Diagnostik

Aufgeführte Werte, die durch eigene Berechnung entstanden, erhielten eine separate Kennzeichnung. Lagen aus einer Studie zwei einzelne Werte für einen Parameter vor, wurden diese durch einen Querstrich getrennt erfasst; bei mehreren Werten erfolgte die Angabe mit einem Bindestrich im Sinne eines Von-bis-Wertes.

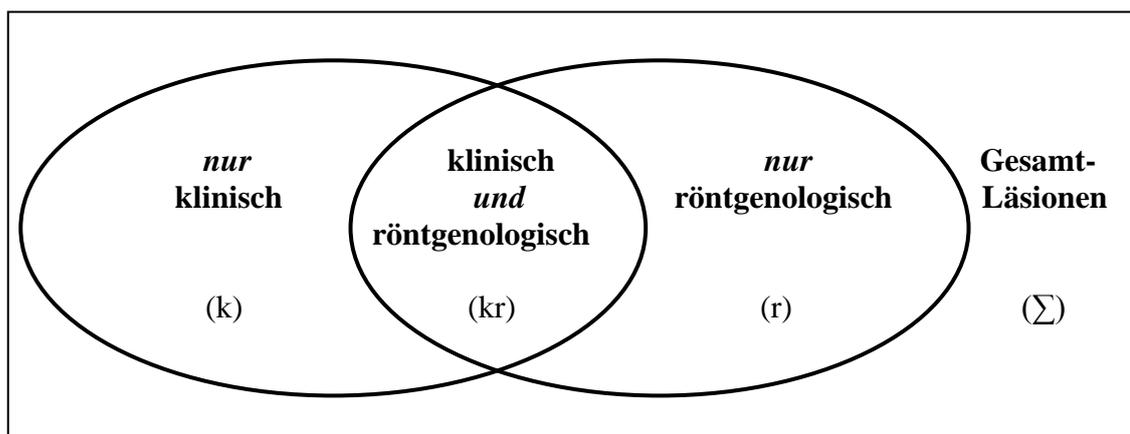


Abb. 7: Verteilung der klinischen (k) und röntgenologischen (r) Kariesdiagnosen [modifiziert nach Kidd und Pitts 1990]. (kr) stellt dabei den Anteil an kariösen Läsionen dar, der durch die kombiniert klinisch-röntgenologische Untersuchung erkannt wurde.

## **3.2 Fragebogen**

### **3.2.1 Konzipierung des Fragebogens**

In einer Kooperation zwischen der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig-Maximilians-Universität München und der Poliklinik für Präventive Zahnheilkunde und Kinderzahnheilkunde der Friedrich-Schiller-Universität Jena wurde ein Fragenkatalog zur Röntgendiagnostik bei Kindern und Jugendlichen in der zahnärztlichen Praxis erstellt. Die Untersuchung erfolgte im Design einer standardisierten schriftlichen papiergebundenen Befragung, um eine anonyme Erhebungssituation zu gewährleisten und objektive Ergebnisse zu erhalten. Auf der Grundlage des Untersuchungsansatzes wurde ein Fragenkatalog mit 28 verschiedenen Punkten entwickelt, der eine Operationalisierung im Bezug auf die Zielsetzung darstellt. Um eine möglichst hohe Rücklaufquote zu erzielen, wurde, trotz der dadurch resultierenden Einschränkungen bei der Fragestellung, der Umfang des Fragebogens auf eine DIN-A4-Doppelseite begrenzt. Der Fragebogen bestand aus zwei Teilen, einem allgemeinen und einem speziellen Teil. Er setzte sich aus geschlossenen Fragen in Frageform und Eingruppierungsfragen zusammen. Zur Datenerhebung wurden das Multiple-Choice-Verfahren angewendet. Bei 8 Fragestellungen waren Mehrfachnennungen möglich. Eine Frage beinhaltete die Nennung einer Prozentualverteilung. Eine weitere Frage erbat von den Zahnärztinnen/ärzten die Einschätzung verschiedene Faktoren nach ihrer Wichtigkeit auf einer Skala von 1=sehr unwichtig bis 4=sehr wichtig.

### **3.2.2 Strukturierung des Fragebogens**

Um einerseits die Notwendigkeit von Röntgenaufnahmen in der täglichen (kinder)zahnärztlichen Praxis zu beschreiben und andererseits auch Rückschlüsse für die Formulierung detaillierter Empfehlungen ziehen zu können, umfasste die Befragung folgende thematischen Aspekte: Die ersten elf Fragen verlangten den Befragten allgemeine Angaben über sich und ihre zahnärztliche Praxis ab. Der Arbeitsplatz, eine gegebenenfalls abgeschlossene Zusatzqualifikation in der Kinder- und Jugendzahnheilkunde und die praktische Berufserfahrung (in Jahren) wurden im Anfangsteil des Fragenkatalogs erfragt. Zusätzlich wurde nach der durchschnittlichen täglichen Patientenzahl und deren Altersstruktur, dem verwendeten Röntgensystem, der Verantwortlichkeit bei der Verwendung von Röntgenstrahlen, der Nutzung von

Filmhaltern und dem Alter, ab dem sich Röntgenbilder nach Meinung der befragten Zahnärztinnen/ärzte mehrheitlich zufrieden stellend anfertigen lassen, gefragt. Zur Verwendung und Einschätzung der BF folgten sieben Fragen, zum OPG vier und zur Indikation des ZF eine Frage. Im Anschluss verlangte der Fragebogen Auskünfte bezüglich einer möglichen Konfrontation mit Diskussionen zur Strahlenbelastung oder Regress-Situationen zur Röntgendiagnostik und erfragte bekannte Stellungnahmen zur Röntgendiagnostik der kinderzahnärztlichen Fachgesellschaften. Am Ende des Fragenkatalogs erhielten die Befragten die Option persönliche Ergänzungen schriftlich hinzuzufügen. Der exakte Wortlaut der Fragen als auch der Fragebogen selbst kann der Abb. 7a und 7b entnommen werden.

### **3.2.3 Versand und Rücklaufquote**

Vor dem Versand wurde der Fragebogen getestet (Pre-Test) und die von den Testpersonen als unklar deklarierten Fragestellungen umformuliert. Im Februar 2007 wurde der Fragenkatalog von der Geschäftsstelle der Deutschen Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGK) in Ergänzung zum Mitgliederrundschreiben an alle Mitglieder (Stand Ende 2006: ca. 1200 Mitglieder) auf dem Postweg zugesendet. Rückmeldungen erfolgten auf dem Briefweg und per Fax. 320 Mitglieder der DGK beantworteten den Fragebogen vollständig. Dies entspricht einer Rücklaufquote von etwa 27%. Nach dem 01. Januar 2008 zugesandte Bögen wurden von der Untersuchung ausgeschlossen.

### **3.2.4 Dateneingabe**

Um den Teilnehmern und Teilnehmerinnen Anonymität zu gewähren wurden den Fragebögen vor der Auswertung Identitätsnummern zugeteilt. Die erfassten Rohdaten erhielten numerische Codierungen. Zwei Fragebögen wurden unzureichend ausgefüllt und zu Vermeidung einer möglichen Ergebnisverfälschung nicht in die Auswertung miteinbezogen. Die Datenerfassung erfolgte mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Excel (MS Office 2000 Premium, Microsoft, USA). Im Anschluss an die vollständige Eingabe der Codes erfolgte eine Überprüfung auf Fehleingaben und deren Bereinigung. Alle prozentualen Angaben und Ergebnisse wurden bei der Auswertung zu ganzen Zahlen auf- bzw. abgerundet.

### **3.2.5 Datenauswertung und Statistik**

Eine deskriptive Betrachtung der erhobenen Daten erfolgte in Form tabellarischer Auflistungen und graphischer Darstellungen. Das weitere Vorgehen bestand aus einer explorativen Datenanalyse mit dem Ziel der Mustererkennung (Data-Mining). Mit dem Pearson's Chi-Quadrat-Unabhängigkeitstest wurden bivariate Analysen der kategoriellen Variablen durchgeführt. Bei Signifikanz lag Abhängigkeit vor. Hierbei wurde untersucht, ob ein Zusammenhang zwischen den drei Zielvariablen „Arbeitsstelle“, „Zusatzqualifikation“, „Berufserfahrung“ und den unabhängigen Variablen des Fragebogens existiert. Als Signifikanzniveau wurde für die statistische Überprüfung ein p-Wert von  $\leq 0,05$  und  $\leq 0,01$  gewählt. Die Wahrscheinlichkeit, dass Signifikanz durch Zufall entstand war somit kleiner/gleich 5%. Werte mit einem Signifikanzniveau von 5% können als statistisch „signifikant“ und von 1% als statistisch „hoch signifikant“ bezeichnet werden. Signifikante Zusammenhänge wurden anschließend weiter analysiert. Aus Gründen der geringen Anzahl an beantworteten Fragebögen durch Oral- bzw. Kieferchirurgen (n=2) wurde diese Gruppe nicht in die explorative Analyse miteinbezogen.

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

im Zuge der Erstellung von Empfehlungen zur Verwendung von Röntgenaufnahmen im Kindes- und Jugendalter möchten wir Sie auf diesem Wege bitten, folgenden Fragebogen auszufüllen und an uns zurückzusenden. Sie helfen uns damit, einerseits die Notwendigkeit von Röntgenaufnahmen in der täglichen (Kinder)zahnärztlichen Praxis zu beschreiben und andererseits auch Rückschlüsse für die Formulierung detaillierter Empfehlungen ziehen zu können. Für Ihre Unterstützung dürfen wir uns an dieser Stelle schon jetzt herzlichst bedanken.

## Fragebogen Röntgendiagnostik

**Wo arbeiten Sie als Zahnärztin  oder als Zahnarzt  ?**

Universität     Kinderzahnärztliche Praxis     Allgemein-zahnärztliche Praxis     Oral-/Kieferchirurgie

**Verfügen Sie über eine abgeschlossene Zusatzqualifikation „Kinder- und Jugend-ZHK“?  Ja     Nein**

**Über wie viele Jahre an praktischer Berufserfahrung verfügen Sie?  <5     6-10     11-20     >21**

**Von wie vielen Patienten werden Sie selbst im Durchschnitt täglich konsultiert?  <10     11-20     >21**

**Schätzen Sie den prozentualen Anteil der jeweiligen Altersgruppen an Ihrem Patientenstamm?**

.....% 0 bis 5 Jahre                      .....% 6 bis 18 Jahre                      .....% >18 Jahre                      = 100%!

**Welches Röntgensystem verwenden Sie?  Analog     Digital, Sensor     Digital, Speicherfolie**

**Verfügen Sie über ein Panorama-Röntgengerät (OPG)?  Ja     Nein     Nein, aber extern möglich**

**Verwenden Sie Filmhalter?  Immer     Gelegentlich     Nein**

**Wer fertigt Röntgenaufnahmen in Ihrer Praxis an?  Zahnärztin/Zahnarzt     Helferinnen     Azubi**

**Ab welchem Alter lassen sich Röntgenaufnahmen bei Ihren Patienten mehrheitlich zufrieden stellend**

**anfertigen? – Ohne Berücksichtigung von ITN-Situationen. Bitte nur ein Kreuz!  3     4     5     6     7     8**

**Zu welchen Zwecken bzw. in welchen Situationen fertigen Sie typischer Weise Bissflügel aufnahmen an? –**

Mehrfachnennungen möglich!

Zur Approximalkariesdiagnostik	Zur regelmäßigen Routinekontrolle	Zur Überwachung Gebissentwicklg.
Zur Okklusalkariesdiagnostik	Bei Erstvorstellung eines Patienten	Zur Erfassung von Zufallsbefunden
Zum Kariesmonitoring	Bei klinisch sichtbarer Karies	Im kariesfreien Gebiss
Zur Parodontitisdiagnostik	Bei vielen Füllungen	Bei wenigen Füllungen
Auf Wunsch des Patienten	Bei unregelmäßigem Recall	Vor/ während ITN-Sanierung

**Wie wichtig sind folgende Punkte zur Anfertigung von Bissflügel aufnahmen. – Bitte nur ein Kreuz pro Zeile!**

	Sehr wichtig	Wichtig	Unwichtig	Sehr unwichtig
Gute Kooperation des Kindes				
Bisheriger Kariesbefall des Kindes				
Kariesbefall bei Geschwisterkindern				
Mundhygiene				
Strahlenbelastung				
Kostenerstattung				
Vorhandene Initialläsionen				
Kariesrisikobehaftete Ernährungsweise				

**In welchen Altersgruppen fertigen Sie regelmäßig Bissflügel aufnahmen an? – Mehrfachnennungen möglich!**

0-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-29	30-39	40-49

**Bei etwa wie vielen Ihrer Patienten (<18 Jahre) nutzen Sie Bissflügel aufnahmen zur Kariesdiagnostik?**

Bitte nur ein Kreuz!  Jedem     Fast jedem     Etwa jedem Zweiten     Etwa jedem Dritten     Gelegentlich     Keinem

**Fertigen Sie Bissflügel aufnahmen im Sinne eines Kariesmonitoring an?  Regelmäßig     Selten     Nein**

**Fertigen Sie Bissflügel aufnahmen mit Halter an?  Ja     Nein**

**Fertigen Sie OPG s zur Kariesdiagnostik an?  Regelmäßig     Selten     Nie**

Wenn Bissflügel-Aufnahmen nicht möglich sind

**Ist es möglich, im Alter von ~6 Jahren Bissflügel aufnahmen korrekt anzufertigen?  Immer     Meistens     Nie**

Abb. 8a: Vorderseite des Fragebogens.

**Zu welchen Zwecken bzw. in welchen Situationen fertigen Sie typischerweise ein OPG an? –**

Mehrfachnennungen möglich!

Zur Approximalkariesdiagnostik	Zur regelmäßigen Routinekontrolle	Zur Überwachung Gebissentwicklg.
Zur Okklusalkariesdiagnostik	Bei Erstvorstellung eines Patienten	Zur Erfassung von Zufallsbefunden
Zum Kariesmonitoring	Bei klinisch sichtbarer Karies	Im kariesfreien Gebiss
Zur Parodontitisdiagnostik	Bei vielen Füllungen	Bei wenigen Füllungen
Auf Wunsch des Patienten	Bei unregelmäßigem Recall	Vor/ während ITN-Sanierung
Nach Trauma (Frakturausschluss)	Vor Kfo-Überweisung	Zur Weisheitszahndiagnostik
Zur Kontrolle der Zahnanlagen	Bei frühkindlicher Karies	

**In welchen Altersgruppen fertigen Sie bevorzugt ein OPG an? –** Mehrfachnennungen möglich!

0-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-19	20-29	30-39	40-49

**Bei etwa wie vielen Ihrer Patienten (<18 Jahre) fertigen Sie ein OPG an?** Bitte nur ein Kreuz!

- Jedem     Fast jedem     Etwa jedem Zweiten     Etwa jedem Dritten     Gelegentlich     Keinem

**In welchen klinischen Situationen fertigen Sie regelmäßig Zahnfilme im Milch- u. Wechselgebiss an? –**

Mehrfachnennungen möglich!

Bei Parodontitis apicalis + Fistel	Vor Pulpotomie	Bei klinisch diagnostizierbarer Karies
Bei frühkindlicher Karies	Nach Trauma an bleibenden Zähnen	Vor Extraktionen
Bei Caries-profunda-Situationen	Im kariesfreien bleibenden Gebiss	Bei avitaler Milchzähnen
Im Kariesfreien Milch- und Wechselgebiss	Nach Pulpotomie	Vor Wurzelkanalfüllung am Milchzahn
Bei V.a. Karies	Bei V.a. Nichtanlage eines Zahnes	Bei dentogenen Abszessen
Nach Milchzahntrauma	Bei unklaren Beschwerden	Nach Wurzelkanalfüllung am Milchzahn

**Sind Sie mit Diskussionen zur Strahlenbelastung seitens der Eltern konfrontiert?**  Ja     Nein

**Welche Röntgenbilder fertigen Sie regelmäßig vor ITN-Zahnsanierungen aufgrund frühkindlicher Karies an?**

- OPG     Bissflügelaufnahmen     Zahnfilme von kariösen Zähnen

**Waren/sind Sie mit Regress-Situationen zur Röntgendiagnostik konfrontiert?**  Ja     Nein

- Wenn Ja, zu welchen Aufnahmen     OPG     Bissflügelaufnahmen     Zahnfilmen

**Welche Stellungnahmen zur Röntgendiagnostik der kinderzahnärztlichen Fachgesellschaften kennen Sie?**

- DGK/DGZMK     EAPD     AAPD     keine

**Herzlichen Dank für Ihre Mitarbeit!**

**Dr. Jan Kühnisch, LMU München  
Prof. Dr. Roswitha Heinrich-Weltzien, FSU Jena**

Nutzen Sie dieses Feld für persönliche Ergänzungen:

Bitte falten Sie das Blatt und schicken es per Post zurück. Oder senden bitte beide Seiten per FAX an:

**089 – 5160 9349** oder  
**089 – 5160 9302**

An  
Klinikum der Universität München  
Poliklinik für Zahnerhaltung u. Parodontologie  
z. Hd. Dr. Jan Kühnisch  
Goethestraße 70  
D-80336 München

Abb. 8b: Rückseite des Fragebogens.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Ergebnisse des systematischen Literaturüberblicks

Bei der im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten systematischen Literaturrecherche wurden insgesamt 99 Publikationen zur röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik und 68 zur röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik identifiziert, welche die gewählten Ein- und Ausschlusskriterien erfüllten. In einigen dieser Untersuchungen wurden Ergebnisse zu mehreren unterschiedlichen Filmsystemen veröffentlicht. Die Tabelle 4 zeigt eine detaillierte Aufschlüsselung der recherchierten Ergebnisse.

Tab. 4: Ergebnisse der systematischen Literaturrecherche (01.01.1980 - 01.01.2011)

	<b>Approximalkariesdiagnostik</b>		<b>Okklusalkariesdiagnostik</b>	
	<i>In-vitro</i>	<i>In-vivo</i>	<i>In-vitro</i>	<i>In-vivo</i>
D-Speed	21	4	15	9
E-Speed	28	10	26	8
F-Speed	17	0	3	1
Digital	42	3	14	0
Klinischer Nutzen	-	18	-	9

#### 4.1.1 Diagnostische Güte der röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik

Die Ergebnisse des systematischen Literaturüberblicks zur diagnostischen Güte der röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik wurden in den Tabellen 5 bis 8 dokumentiert. Die einzelnen Tabellen halten Güteparameter zu den verschiedenen Filmempfindlichkeitsstufen D, E, F und digitalen Röntgensystemen bereit.

##### ***Ergebnisse zur Filmempfindlichkeitsstufe D (Tab. 5):***

###### *Validität:*

Auf dem Niveau der Kariesdetektion an Approximalflächen (D1-4) wurden für die SE niedrige Werte im etwaigen Rahmen von 20-40% aufgefunden. Im Vergleich dazu waren für die SP einheitlich hohe Werte von etwa 90% zu finden. Für das Dentinkariesniveau (D3-4) wurden ebenfalls niedrige SE-Werte von maximal 60% im Vergleich zu den wiederum hohen und homogenen SP-Werten im Bereich von 90-100% registriert. Die aufgefundenen Az-Werte variierten relativ homogen im Bereich von

0.75. Es konnten keine Az-Werte aus In-vivo-Studien zu diesem Filmsystem aufgefunden werden.

Bei Betrachtung der wenigen (n=4) aufgefundenen In-vivo-Studien zur konventionellen Röntgendiagnostik mit Filmen der Klasse D fällt auf, dass weder Werte für SE oder SP auf dem Niveau der Kariesdetektion unter Einschluss von Schmelzläsionen (D1-4) identifiziert werden konnten. Auf dem Niveau der Dentinkaries wurden lediglich zwei SP-Werte aus In-vivo-Untersuchungen aufgefunden. Diese lagen im Vergleich zu den identifizierten SP-Werten aus In-vitro-Studien (90-100%) in einem niedrigeren Bereich von etwa 85%.

*Reproduzierbarkeit:*

Für die Intra-Untersucher-Reproduzierbarkeit wurden hohe und homogene Werte von etwa 0.8 im Vergleich zu den niedrigeren und heterogenen Werten für die Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit im Bereich von 0.5-0.7 registriert.

***Ergebnisse zur Filmempfindlichkeitsstufe E (Tab. 6):***

*Validität:*

Auf dem Niveau der Kariesdetektion an Approximalflächen (D1-4) wurden für die SE sehr heterogene Werte in der Größenordnung von 20-90% aufgefunden. Aus älteren Untersuchungen liegen hier generell niedrigere Werte im Vergleich zu den neueren Studien vor. Für die SP waren einheitlich hohe Werte von etwa 90% auffindbar. Für das Dentinkariesniveau (D3-4) wurden ebenfalls niedrigere SE-Werte im Vergleich zu den SP-Werten von über 90% registriert. Die Az-Werte bewegen sich homogen im Bereich von 0.75.

Bei Betrachtung der In-vivo-Studien fällt die geringe Anzahl (n=3) von publizierten Parametern zur Validität dieser Filmgeneration auf.

*Reproduzierbarkeit:*

Für die Intra-Untersucher-Reproduzierbarkeit der Filmklasse E wurden homogene Werte von etwa 0.8 im Vergleich zu den niedrigeren und heterogenen Werten für die Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit im Bereich von 0.4-0.7 veröffentlicht. Als bemerkenswert gilt die geringe Anzahl (n=2) von Untersuchungen zur in-vitro Reproduzierbarkeit der konventionellen Röntgendiagnostik mit Filmen der Klasse E.

### ***Ergebnisse zur Filmempfindlichkeitsstufe F (Tab. 7):***

#### *Validität:*

Auf dem Niveau der Kariesdetektion an Approximalflächen (D1-4) wurden für die SE heterogene Werte im Bereich von 20-70% aufgefunden. Im Vergleich dazu waren für die SP einheitlich hohe Werte in einer Größenordnung von 80-90% zu finden. Für das Dentinkariesniveau (D3-4) wurden lediglich zwei deutlich differierende SE-Werte registriert. Im Vergleich dazu wurden hier zwei SP-Werte veröffentlicht, die beide etwa 90% betragen. Die aufgefundenen Az-Werte bewegen sich homogen im Bereich von 0.8.

Es ist auffällig, dass keine Ergebnisse von In-vivo-Untersuchungen zu diesem Filmtyp aufgefunden wurden.

#### *Reproduzierbarkeit:*

Für die Reproduzierbarkeit der Filmgeneration der Klasse F liegen keine Untersuchungsergebnisse vor.

### ***Ergebnisse zu digitalen Röntgensystemen (Tab. 8):***

#### *Validität:*

Zur digitalen röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik wurden 35 Studien aufgefunden, die Sensorsysteme untersucht haben. Im Vergleich dazu wurden lediglich in 17 Untersuchungen Speicherfoliensysteme verwendet. Auf dem Niveau der Kariesdetektion an Approximalflächen (D1-4) wurden für die SE weitgehend niedrige Werte um 20% aufgefunden. Im Vergleich dazu waren für die SP einheitlich hohe Werte von etwa 90% zu finden. Für das Dentinkariesniveau (D3-4) wurden heterogene SE-Werte im etwaigen Rahmen von 20-80% registriert. Die SP-Werte lagen dagegen wiederum einheitlich um 90%. Die aufgefundenen Az-Werte variierten im Bereich von etwa 0.75. Untersuchungen nach 2003 zeigen mehrheitlich bessere Az-Werte von über 0.75.

Als bemerkenswert gilt die geringe Anzahl von In-vivo-Untersuchungsergebnissen zur digitalen Röntgendiagnostik (n=3) im Vergleich zur hohen Anzahl von Studien, die in-vitro durchgeführt wurden (n=32). Es wurden zudem keine Studien zur digitalen Röntgendiagnostik unter In-vivo-Bedingungen aufgefunden, die Speicherfoliensysteme verwendet hatten. Bei genauer Betrachtung des Literatur-überblicks fällt weiter auf, dass neuere Studien die digitalen Röntgensysteme vorwiegend auf die approximale

Kariesdetektion unter Einschluss von Schmelzläsionen (D1-4) untersucht hatten und weitaus weniger Ergebnisse zur digitalen Diagnostik der approximalen Dentinkaries vorlagen.

*Reproduzierbarkeit:*

Für die Intra- bzw. Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit wurden nur drei Untersuchungsergebnisse registriert, die weitgehend im Bereich von 0.4-0.7 verteilt sind.

Tab. 5: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der konventionellen, filmbasierten röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik (D-Speed)

Konventionelles Röntgen  <i>D-Speed</i>	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität					
	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	D1-4-Niveau		D3-4-Niveau		Az (ROC)	
						SE (%)	SP (%)	SE (%)	SP (%)	D1-4	D3-4
<b>In-vitro</b>											
Espelid & Tveit (1986 a,b)	-	151/k.A.	46/105	0.72-0.92	0.75-0.95	-	-	59 <sup>4</sup>	93 <sup>4</sup>	0.84-0.93	
Mileman & van der Weele (1990) <sup>3</sup>	-	k.A./105	k.A.	-	0.53	-	-	54	97	-	
Verdonschot et al. (1991) <sup>3</sup>	-	40/k.A.	-/40	-	-	-	-	50	94	-	
Dove et al. (1992)	-	80/k.A.	40/40	-	-	-	-	-	-	0.75	-
Verdonschot et al. (1993)	-	35/70	k.A.	0.20-0.85	-	-	-	-	-	-	
Peers et al. (1993)	-	240/322	k.A.	0.79	-	-	-	59	96	-	
Russell & Pitts (1993)	-	120/k.A.	60/60	-	-	26	90	29	92	-	
Firestone et al. (1994)	-	13/26	5/8	-	0.32/0.58	-	-	-	-	-	
Heaven et al.(1994)	-	13/26	5/8	-	0.58/0.65	-	-	-	-	-	
Hintze et al. (1994) <sup>1</sup>	-	66/122	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.61	
Ludlow et al. (1997) <sup>2</sup>	-	64/128	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.67	
Ricketts et al. (1997)	-	96/180	48/48	-	-	20-29	96-99	8-18	98-100	-	
Firestone et al. (1998) <sup>3</sup>	-	51/102	2/49	-	0.52	61	86	-	-	-	
Jessee et al. (1999)	-	26/30	12/14	-	-	88	47	-	-	-	
Espelid & Tveit (2001)	-	24/20	2/22	-	-	-	-	-	-	-	0.82
Ludlow et al. (2001) <sup>2</sup>	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.88	-
Abreu et al. (2001) <sup>2</sup>	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.88	-
Mileman & van den Hout (2002) <sup>3</sup>	-	k.A./105	k.A.	-	-	-	-	54/67	97/92	-	0.82
Erten et al. (2005)	-	40/80	k.A.	-	-	39	91	-	-	-	-
Forner-Navarro et al. (2008)	-	192/384	k.A.	0.98	-	14/18	98/91	5/3	100/96	-	-
<b>In-vivo</b>											
Bille & Thylstrup (1982)	k.A.	k.A./158	k.A.	-	-	-	-	57 <sup>4</sup>	88 <sup>4</sup>	-	
Mileman et al. (1985)	k.A.	k.A./288	k.A.	-	0.39-0.70	-	-	-	-	-	
Thylstrup et al. (1986)	897	827/827	510/317	-	-	-	-	75 <sup>4</sup>	84 <sup>4</sup>	-	
Townsend (2000)	53	530	k.A.	0.85/0.86	0.79	-	-	-	-	-	

<sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand/ <sup>3</sup> Mikroradiografie als Validierungsmethode/ <sup>4</sup> Eigene Berechnung

Tab. 6: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der konventionellen, filmbasierten röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik (E-Speed)

Konventionelles Röntgen  <i>E-Speed</i>	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität					
	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	D1-4-Niveau		D3-4-Niveau		Az (ROC)	
						SE (%)	SP (%)	SE (%)	SP (%)	D1-4	D3-4
<b>In-vitro</b>											
Russel & Pitts (1993)	-	120/k.A.	60/60	-	-	25	90	30	96	-	-
Hintze et al. (1994) <sup>1</sup>	-	66/122	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.61	-
Moystad et al. (1996)	-	50/95	25/25	-	-	-	-	-	-	0.69	0.79
Svanaes et al. (1996)	-	50/95	25/25	-	-	-	-	-	-	0.73	0.75
Hintze & Wenzel (1996)	-	130/158	123/7	-	-	-	-	-	-	0.74	-
Schneiderman et al. (1997)	-	26/k.A.	14/12	-	0.41	21/31	91/88	-	-	-	-
Ludlow et al. (1997) <sup>2</sup>	-	64/128	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.63/0.69	-
Ricketts et al. (1997)	-	96/180	48/48	-	-	17-27	95-99	8-15	100	-	-
Jessee et al. (1999)	-	26/30	12/14	-	-	92	43	-	-	-	-
Ludlow & Abreu (1999) <sup>2</sup>	-	64/117	32/32	-	-	-	-	-	-	0.79	0.75
Abreu et al. (1999 a) <sup>2</sup>	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.78	-
Svanaes et al. (2000)	-	120/223	61/59	-	-	-	-	48	94	0.77	-
Caliskan Yanikoglu et al. (2000) <sup>1,3</sup>	-	20/k.A.	20/-	-	-	89/100	52/59	-	-	-	-
Ludlow et al. (2001) <sup>2</sup>	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.85	-
Abreu et al. (2001) <sup>2</sup>	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.85	-
Nair & Nair (2001) <sup>2</sup>	-	46/92	k.A.	-	-	71	86	80	89	0.76	-
Hintze et al. (2002)	-	190/365	159/31	-	-	-	-	-	-	0.69	-
Hintze & Wenzel (2002), Hintze et al. (2003)	-	177/338	146/31	-	-	-	-	-	-	0.70	-
Hintze & Wenzel (2003)	-	k.A./220	k.A.	0.76	-	-	-	-	-	-	-
Matalon et al. (2003)	-	36/k.A.	k.A.	-	-	90	92	-	-	0.93	-
Khan et al. (2005) <sup>2</sup>	-	42/84	21/21	-	-	-	-	-	-	0.85	-
de Araujo (2005)	-	52/104	-/52	-	-	-	-	-	-	0.87	-
Erten et al. (2005)	-	40/80	k.A.	-	-	48	88	-	-	-	-
Castro et al. (2007)	-	174/150	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.77	0.89
Alkurt et al. (2007)	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	0.84/0.81	-
Peker et al. (2007)	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	0.84/0.81	-
Da Silva Neto et al. (2008) <sup>1,2</sup>	-	44/88	22/22	-	0.64	30	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand/ <sup>3</sup> Kein Einschluss 3.Molaren

Fortsetzung Tab. 6

<b>Konventionelles Röntgen</b>	<b>Studienmaterial</b>			<b>Reproduzierbarkeit</b>		<b>Validität</b>						
	<i>E-Speed</i>	<i>Probanden</i>	<i>Zähne/ Flächen</i>	<i>M/PM</i>	<i>Intra (K)</i>	<i>Inter (K)</i>	<i>D1-4-Niveau</i>		<i>D3-4-Niveau</i>		<i>Az (ROC)</i>	
							<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>D1-4</i>	<i>D3-4</i>
<b>In-vivo</b>												
Hintze & Wenzel (1996)	k.A.	130/k.A	123/7	-	-	-	-	-	-	-	0.70	-
Hintze et al. (1998)	53	k.A./390	k.A.	-	0.48-0.65	-	-	-	-	-	-	-
Naitoh et al. (1998)	28	k.A./93	k.A.	-	0.42	-	-	-	-	-	-	-
Machiulskiene et al. (1999)	872	k.A./1286	k.A.	0.82	-	-	-	-	-	-	-	-
Poorterman et al. (1999)	621	k.A./12233	k.A.	-	0.66	-	-	-	-	-	-	-
Townsend (2000)	53	530	k.A.	0.85/0.86	0.79	-	-	-	-	-	-	-
Poorterman et al. (2002)	120	k.A./k.A.	k.A.	-	0.63	-	-	-	-	-	-	-
Mialhe et al. (2003)	70	k.A./1680	k.A.	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-
Otis & Sherman (2005)	k.A.	k.A./201	k.A.	-	0.41-0.82	-	-	-	-	-	-	-
Matalon et al. (2007)	47	k.A./197	123/7	-	-	-	-	-	49	49	-	-

Tab. 7: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der konventionellen, filmbasierten röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik (F-Speed)

Konventionelles Röntgen <i>F-Speed</i>	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität					
	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	D1-4-Niveau		D3-4-Niveau		Az (ROC)	
						SE (%)	SP (%)	SE (%)	SP (%)	D1-4	D3-4
<b>In-vitro</b>											
Ludlow et al. (2001) <sup>2</sup>	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.84	-
Abreu et al. (2001) <sup>2</sup>	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.84	-
Nair & Nair (2001) <sup>2</sup>	-	46/92	k.A.	-	-	74	88	85	92	0.78	
Hintze & Wenzel (2002), Hintze et al. (2003)	-	177/338	146/31	-	-	-	-	-	-	0.67	
Khan et al. (2004) <sup>2</sup>	-	45/90	17/28	-	-	-	-	-	-	0.73	
De Araujo (2005)	-	52/104	-/52	-	-	-	-	-	-	0.86	
Erten et al. (2005)	-	40/80	k.A.	-	-	45	84				
Lussi et al. (2006)	-	75/150	75/-	-	-	68	67	45	89		
Alkurt et al. (2007)	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	0.80/0.80	
Peker et al. (2007)	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	0.80/0.80	
Wenzel et al. (2007) <sup>1,4</sup>	-	80/160	40/40	-	-	20 <sup>4</sup>	89 <sup>4</sup>	-	-		
Forner-Navarro et al. (2008)	-	192/384	k.A.	0.98	-	16	95	4	98		
Haiter-Neto et al. (2008 a) <sup>1</sup>	-	80/160	40/40	-	-	18	92	-	-		
Peker et al. (2009)	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	0.80/0.77	
Pontual et al. (2010) <sup>1</sup>	-	80/152	40/40	-	-	16	92	-	-		
Mitropoulos et al. (2010) <sup>1</sup>	-	20/40	8/12	-	0.67	46/50	100/93	61/61	100/90	0.68/0.68	0.83/0.78
<b>In-vivo</b>	Keine Studien identifiziert										

<sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Estrand/ <sup>4</sup> Eigene Berechnung

Tab. 8: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der digitalen röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik

Digitales Röntgen	Studienmaterial				Reproduzierbarkeit		Validität						
	Studien	Produkt-name	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	D1-4-Niveau		D3-4-Niveau		Az (ROC)	
								SE (%)	SP (%)	SE (%)	SP (%)	D1-4	D3-4
<b>In-vitro</b>													
Russel & Pitts (1993)	RVG	-	120/k.A.	60/60	-	-	15	92	16	96	-	-	
Hintze et al. (1994) <sup>1</sup>	RVG	-	66/122	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.59	-	
	Visualix	-	66/122	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.54	-	
Wenzel et al. (1995)	Digora*	-	116/230	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.61	-	
	RVG	-	116/230	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.57	-	
	SensARay	-	116/230	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.59	-	
	Visualix	-	116/230	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.60	-	
Moystad et al. (1996)	Digora*	-	50/95	25/25	-	-	-	-	-	-	0.82/0.78	0.85/0.79	
Svanaes et al. (1996)	Digora*	-	50/95	25/25	-	-	-	-	-	-	0.72	0.68	
Huysmans et al. (1997)	Digora*	-	220/410	k.A.	-	0.53-0.69	26-33	93-95	-	-	0.61-0.69	-	
Abreu et al. (1999 a,b) <sup>2</sup>	CDR	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.74/0.77	-	
Wenzel & Hintze (1999)	Digora*	-	116/230	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.66	-	
Svanaes et al. (2000)	Digora*	-	120/223	61/59	-	-	-	-	61	86	0.8	-	
Abreu et al. (2001) <sup>2</sup>	RVG	-	40/80	20/20	-	-	-	-	-	-	0.82/0.84	-	
Nair & Nair (2001) <sup>2</sup>	CMOS	-	46/92	k.A.	-	-	69	85	82	88	0.73	-	
Li et al. (2002)	Dixi	-	40/80	-/40	-	-	-	-	-	-	0.58/0.66	-	
Wenzel et al. (2002)	RVG	-	190/363	146/31	-	-	-	-	19-58	85-99	-	-	
Hintze et al. (2002)	Digora*	-	190/365	159/31	-	-	-	-	-	-	0.69	-	
	DenOptix*	-	190/365	159/31	-	-	-	-	-	-	0.68	-	
	CD-Dent*	-	190/365	159/31	-	-	-	-	-	-	0.65	-	
Hintze & Wenzel (2002) Hintze et al. (2003)	Dixi	-	177/338	146/31	-	-	-	-	-	-	0.71	-	
	RVG	-	177/338	146/31	-	-	-	-	-	-	0.64/0.67	-	
	Sidexis	-	177/338	146/31	-	-	-	-	-	-	0.66	-	
	MPDx	-	177/338	146/31	-	-	-	-	-	-	0.65	-	
	Visualix	-	177/338	146/31	-	-	-	-	-	-	0.66	-	
Moystad et al. (2003)	Digora*	-	120/233	61/59	-	-	-	-	-	-	0.83/0.84	-	
Haak et al. (2003)	Sidexis	-	160/320	k.A.	-	-	42	94	38	95	0.69	0.74	

\* Speicherfoliensystem/ <sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand

Fortsetzung Tab. 8

Digitales Röntgen	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität							
	Studien	Produktname	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	D1-4-Niveau		D3-4-Niveau		Az (ROC)	
								SE (%)	SP (%)	SE (%)	SP (%)	D1-4	D3-4
<b>In-vitro</b>													
Pabla et al. (2003) <sup>2</sup>	DenOptix*	-	41/82	22/19	-	-	-	-	-	-	-	0.86	-
Koob et al. (2003)	Sidexis	-	50/100	k.A.	0.58-0.64	-	-	-	-	-	-	-	-
Khan et al. (2005) <sup>2</sup>	Sidexis	-	42/84	21/21	-	-	-	-	-	-	-	0.80	-
Haak & Wicht (2005)	Sidexis	-	k.A./320	k.A.	-	-	-	-	-	-	-	0.69	0.74
De Araujo et al. (2005)	Sidexis	-	52/104	-/52	-	-	-	-	-	-	-	0.82/0.78	-
Erten et al. (2005)	RVG	-	40/80	k.A.	-	-	49	90	-	-	-	-	-
Alkurt et al. (2007)	RVG	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	-	0.79	-
Peker et al. (2007)	RVG	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	-	0.79	-
Wenzel et al.(2007) <sup>1,4</sup>	Digora*	-	80/160	40/40	-	-	15/20 <sup>4</sup>	91/84 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-
	VistaScan*	-	80/160	40/40	-	-	18 <sup>4</sup>	89 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-
	Dixi2	-	80/160	40/40	-	-	19 <sup>4</sup>	93 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-
	CDR	-	80/160	40/40	-	-	20/23 <sup>4</sup>	90/90 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-
	Sidexis	-	80/160	40/40	-	-	16 <sup>4</sup>	92 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-
	Dr. Suni Plus	-	80/160	40/40	-	-	19 <sup>4</sup>	90 <sup>4</sup>	-	-	-	-	-
Castro et al. (2007)	CMOS	-	174/150	k.A.	-	-	-	-	-	-	-	0.73/0.71	0.85
Haïter-Neto et al. (2007) <sup>1</sup>	Digora*	-	40/160	40/40	-	-	15/22	91/85	-	-	-	-	-
	CDR	-	40/160	40/40	-	-	19/23	90/90	-	-	-	-	-
Li et al. (2007)	VistaScan*	-	90/72	-/90	-	-	-	-	-	-	-	0.74	0.78
Haïter-Neto et al. (2008 b) <sup>1</sup>	Digora*	-	80/160	40/40	-	-	17	91	-	-	-	-	-
	CDR	-	80/160	40/40	-	-	19	90	-	-	-	-	-
	Visualix*	-	80/160	40/40	-	-	15	93	-	-	-	-	-
	VistaRay*	-	80/160	40/40	-	-	12	97	-	-	-	-	-
	Dixi2	-	80/160	40/40	-	-	19	93	-	-	-	-	-
	Sidexis	-	80/160	40/40	-	-	16	92	-	-	-	-	-
	Suni	-	80/160	40/40	-	-	19	90	-	-	-	-	-
	Sidexis	-	30/60	-/30	-	-	46-53	96-100	-	-	-	-	-
Schulte et al. (2008)	VistaScan*	-	30/60	-/30	0.48-0.74	-	27-53	96-100	-	-	-	-	-
	Digora*	-	30/60	-/30	-	-	41-53	93/100	-	-	-	-	-
Forner-Navarro et al. (2008)	RVG	-	192/384	k.A.	0.98	-	19	83	6	93	-	-	-

\* Speicherfoliensystem/ <sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand/ <sup>4</sup> Eigene Berechnung

Fortsetzung Tab. 8

Digitales Röntgen	Studienmaterial				Reproduzierbarkeit		Validität						
	Studien	Produktname	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	D1-4-Niveau		D3-4-Niveau		Az (ROC)	
								SE (%)	SP (%)	SE (%)	SP (%)	D1-4	D3-4
<b>In-vitro</b>													
Shi & Gang (2008)	Dixi	-	130/k.A.	-/130	-	-	-	-	-	-	-	0.55	0.82
	Digora*	-	130/k.A.	-/130	-	-	-	-	-	-	-	0.43	0.83
Schulze et al. (2008) <sup>1</sup>	Sirona	-	100/k.A.	44/13	0.52	-	15	91	19/57	91/91	-	0.60	-
Haiter-Neto et al. (2009) <sup>1</sup>	Vistascan*	-	80/160	40/40	-	-	29	86	-	-	-	-	-
Young et al. (2009) <sup>3</sup>	E2V	-	k.A./100	k.A.	-	-	18	96	33	96	-	-	-
Peker et al. (2009)	RVG	-	48/96	24/24	-	-	-	-	-	-	-	0.79/0.76	-
Pontual et al. (2010) <sup>1</sup>	Digora	-	80/152	40/40	-	-	15	93	-	-	-	-	-
	Den Optix*	-	80/152	40/40	-	-	16	89	-	-	-	-	-
Schulze et al. (2010) <sup>1</sup>	Sirona	-	100/50	k.A.	-	0.31	-	-	-	-	-	0.64	-
Mitropoulos et al. (2010) <sup>1</sup>	RVG	-	20/40	8/12	-	0.72	46/50	100/94	52/50	87/81	0.68/0.68	0.73/0.68	-
<b>In-vivo</b>													
Naitoh et al. (1998)	DIXEL	28	k.A./93	k.A.	-	0.44	-	-	-	-	-	-	-
Wenzel (2001)	RVG	130	k.A./54	27/27	-	0.39-0.61	-	-	-	-	-	-	-
Gakenheimer (2002)	RVG	k.A.	175/k.A.	k.A.	-	-	-	-	70	88	-	-	0.76

\* Speicherfoliensystem/ <sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>3</sup> Kein Einschluss 3.Molaren

#### **4.1.2 Diagnostische Güte der röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik**

Die Ergebnisse des systematischen Literaturüberblicks zur diagnostischen Güte der röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik wurden in den Tabellen 9 bis 12 dokumentiert. Die einzelnen Tabellen halten Güteparameter zu den verschiedenen Filmempfindlichkeitsstufen D, E, F und digitalen Röntgensystemen bereit.

##### ***Ergebnisse zur Filmempfindlichkeitsstufe D (Tab. 9):***

###### *Validität:*

Auf dem Niveau der Kariesdetektion an Okklusalflächen (D1-4) wurden für die SE heterogene Werte im Bereich von 0-70% aufgefunden. Im Vergleich dazu waren für die SP einheitlich hohe Werte über 80% zu finden. Für das Dentinkariesniveau (D3-4) wurden gleichfalls heterogene SE-Werte im Bereich von 0-100% im Vergleich zu den wiederum hohen und relativ homogenen SP-Werten im Bereich von 70-100% registriert. Die aufgefundenen Az-Werte waren im Bereich über 0.75 verteilt.

Als bemerkenswert galt die hohe Anzahl (n=7) von Studien zur röntgenologischen Diagnostik unter Einschluss okklusaler Schmelzläsionen (D1-4).

###### *Reproduzierbarkeit:*

Für die Intra- und Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit wurden uneinheitliche Werte im Bereich von etwa 0.20-0.9 registriert.

##### ***Ergebnisse zur Filmempfindlichkeitsstufe E (Tab. 10):***

###### *Validität:*

Auf dem Niveau der Kariesdetektion an Okklusalflächen (D1-4) wurden für die SE mehrheitlich Werte um 20% aufgefunden. Im Vergleich dazu waren für die SP einheitlich hohe Werte von etwa 90% auffindbar. Für das Dentinkariesniveau (D3-4) wurden ebenfalls niedrige SE-Werte (25-80%) im Vergleich zu den SP-Werten im Bereich von 80-100% registriert. Die Az-Werte waren homogen im Bereich von und über 0.75 verteilt.

Auch bei dieser Filmgeneration war auffällig, dass fünf Studien mit Ergebnissen zur röntgenologischen Diagnostik okklusaler Schmelzläsionen (D1-4) registriert werden konnten.

*Reproduzierbarkeit:*

Für die Intra-Untersucher-Reproduzierbarkeit der Filmklasse E wurden relativ hohe Werte von etwa 0.8 im Vergleich zu den weitgehend niedrigeren Werten für die Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit veröffentlicht.

***Ergebnisse zur Filmempfindlichkeitsstufe F (Tab. 11):***

*Validität:*

Zu dieser Filmgeneration wurde bei der Literaturdurchsicht jeweils nur eine In-vitro- bzw. In-vivo-Studie registriert. Sowohl auf dem Niveau der Kariesdetektion an Okklusalflächen (D1-4) als auch auf dem Niveau der okklusalen Dentinkaries (D3-4) konnten weder SE- noch SP-Werte aufgefunden werden.

Die wenigen Az-Werte (n=3) variierten im Bereich von 0.5-0.8.

*Reproduzierbarkeit:*

Für die Reproduzierbarkeit der Filmgeneration der Klasse F liegt lediglich ein Ergebnis zur Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit mit 0.6 vor.

***Ergebnisse zu digitalen Röntgensystemen (Tab. 12):***

*Validität:*

Zur digitalen röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik wurden 11 Studien aufgefunden, die Sensorsysteme untersucht haben. Im Vergleich dazu wurden lediglich in 6 Untersuchungen Speicherfoliensysteme verwendet. Auf dem Niveau der Kariesdetektion an Okklusalflächen (D1-4) wurden für die SE Werte um 20% aufgefunden. Im Vergleich dazu waren für die SP höhere Werte (n=3) im Bereich von 60-90% zu finden. Für das Dentinkariesniveau (D3-4) wurden stark heterogene SE-Werte im etwaigen Rahmen von 20-70% registriert. Die SP-Werte lagen dagegen wiederum einheitlich um 90%. Die aufgefundenen Az-Werte waren weitgehend homogen im Bereich von 0.75 und darüber verteilt.

Als bemerkenswert gilt, dass keine In-vivo- Untersuchungsergebnisse zur digitalen Röntgendiagnostik der Okklusalkaries registriert wurden.

*Reproduzierbarkeit:*

Für die Intra- bzw. Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit wurden jeweils lediglich zwei Untersuchungsergebnisse registriert, die weitgehend bei 0.5 bzw. 0.7 liegen.

Tab. 9: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der konventionellen, filmbasierten röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik (D-Speed)

Konventionelles Röntgen  <i>D-Speed</i>	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität					
	<i>Probanden</i>	<i>Zähne/ Flächen</i>	<i>M/PM</i>	<i>Intra (K)</i>	<i>Inter (K)</i>	<i>D1-4-Niveau</i>		<i>D3-4-Niveau</i>		<i>Az (ROC)</i>	
						<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>D1-4</i>	<i>D3-4</i>
<b>In-vitro</b>											
Wenzel et al. (1990) <sup>3</sup>	-	45/45	k.A.	-	0.17-0.48	73	80	63	94	-	-
Ketley & Holt (1993)	-	100/100	100/-	-	-	-	-	67	92	-	-
Russel & Pitts (1993)	-	120/120	60/60	-	-	12	95	18	98	-	-
Lussi (1993) <sup>1</sup>	-	63/63	52/11	0.55	0.45	-	-	45	83	-	-
Espelid et al. (1994)	-	82/82	45/37	-	-	-	-	90	76	-	0.90
Hintze et al.(1994)	-	65/65	k.A.	-	-	-	-	-	-	-	0.77
Ricketts et al. (1994)	-	48/48	48/-	-	-	-	-	62	76	-	-
Ricketts et al. (1995)	-	48/48	48/-	-	-	-	-	62	76	-	-
Lazarchik et al. (1995)	-	100/100	k.A.	-	0.24-0.53	-	-	58-69	57-79	-	-
Hintze et al. (1995)	-	18/18	18/-	-	0.73	-	-	-	-	-	-
Lussi (1996)	-	37/37	37/-	0.67	0.84	-	-	79	-	-	-
Ricketts et al. (1997)	-	96/96	48/48	-	-	18-28	80-100	3-100	79-100	-	-
Espelid & Tveit (2001)	-	24/20	2/22	-	-	-	-	-	-	-	0.87
Grossmann et al. (2002)	-	214/997	k.A.	-	-	-	-	38	93	-	-
Costa et al. (2002)	-	50/50	25/25	-	-	0	100	43	74	-	-
<b>In-vivo</b>											
Rock & Kidd (1988) <sup>4</sup>	k.A.	50/50	-2/48	-	-	0 <sup>4</sup>	100 <sup>4</sup>	0 <sup>4</sup>	100 <sup>4</sup>	-	-
Kidd et al. (1992)	k.A.	k.A.	k.A.	-	0.87/0.83/0.86	-	-	-	-	-	-
Verdonschot et al. (1992)	13	23/23	19/4	-	0.38	-	-	58	66	-	-
Lussi et al. (1995)	22	26/41	26/-	-	-	-	-	62	77	-	-
Ricketts et al. (1995) <sup>1</sup>	20	40/100	39/1	-	-	6	100	13	100	-	-
Townsend (2000)	53	k.A./530	-/-	0.93/0.96	0.83	-	-	-	-	-	-
Thomas et al. (2001)	49	299/299	299/-	0.31/0.44	-	-	-	-	-	-	-
Akarsu & Köprülü (2006) <sup>3</sup>	161	165/187	187/-	-	-	65	55-61	72-91	76-91	-	-
Ölmez et al.(2006) <sup>2</sup>	28	88/88	77/15	-	0.80	-	-	36	100	-	-

<sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand/ <sup>3</sup> Kein Einschluss 3.Molaren/ <sup>4</sup> Eigene Berechnung

Tab. 10: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der konventionellen, filmbasierten röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik (E-Speed)

Konventionelles Röntgen <i>E-Speed</i>	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität					
	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	<i>D1-4-Niveau</i>		<i>D3-4-Niveau</i>		<i>Az (ROC)</i>	
<i>In-vitro</i>						<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>D1-4</i>	<i>D3-4</i>
Wenzel et al. (1991 a) <sup>1</sup>	-	166/166	145/21	-	0.43-0.81	-	-	28-46	-	-	-
Wenzel et al. (1991 b) <sup>1</sup>	-	81/81	81/-	-	-	-	-	48-74	-	-	-
van Amerongen et al. (1992) <sup>3</sup>	-	59/59	59/-	-	-	-	-	84 <sup>4</sup>	82 <sup>4</sup>	-	-
Nytun et al. (1992)	-	30/30	30/-	-	-	-	-	66	50	-	-
Wenzel & Fejerskov (1992) <sup>1</sup>	-	78/78	78/-	-	-	-	-	48	81	-	-
Wenzel et al. (1992) <sup>1</sup>	-	81/81	81/-	-	-	-	-	61	79	-	0.72
Verdonschot et al. (1993) <sup>1</sup>	-	81/81	81/-	-	-	-	-	61	79	-	0.72
Russel & Pitts (1993)	-	120/120	60/60	-	-	12	96	21	99	-	-
Hintze et al. (1994)	-	66/65	k.A.	-	-	-	-	-	-	-	0.77
Hintze & Wenzel (1996)	-	130/130	123/7	-	-	-	-	-	-	-	0.83
Ekstrand et al. (1997) <sup>2</sup>	-	100/100	80/20	0.72-0.83	0.52-0.62	-	-	-	-	-	-
Schneiderman et al. (1997)	-	26/26	14/12	-	0.55	18/20	98/100	-	-	-	-
Huysmans et al. (1998)	-	107/107	k.A.	-	0.57	-	-	58	87	-	0.73
Ashley et al. (1998) <sup>1</sup>	-	103/103	35/68	0.45	-	19	80	24	89	-	-
Abreu et al. (1999 a) <sup>3</sup>	-	40/40	20/20	-	-	-	-	-	-	-	0.77
Cortes et al. (2000) <sup>2</sup>	-	59/59	59/-	-	-	-	-	-	-	-	0.87
Shi et al. (2001) <sup>3</sup>	-	76/76	48/28	-	-	-	-	-	-	0.64	0.80
Hintze & Wenzel (2002)	-	177/145	146/31	-	-	-	-	-	-	-	0.82
Hintze et al. (2002)	-	190/159	159/31	-	-	-	-	-	-	-	0.81
Hintze & Wenzel (2003)	-	95/95	k.A.	0.83	-	-	-	-	-	-	-
Lussi & Francescut (2003) <sup>1</sup>	-	95/95	k.A.	-	-	-	-	71	88	-	-
Reis et al. (2004) <sup>1,2</sup>	-	45/74	k.A.	0.36-0.58	0.11-0.24	-	-	33-60	74-93	-	-
Burin et al. (2005) <sup>1,2</sup>	-	54/105	k.A.	0.75-0.95	0.41-0.74	-	-	-	-	-	0.75-0.76
Souza-Zaroni et al. (2006)	-	47/121	47/-	0.83-0.98	0.28-0.46	26-56	74-99	-	-	-	-
Pourhashemi et al. (2009) <sup>1</sup>	-	80/80	-/80	-	0.34	-	-	-	-	-	-
Kühnisch et al. (2009) <sup>1,2</sup>	-	54/54	54/-	-	-	-	-	76/(77)	79/(74)	-	0.69/(0.69)

<sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand/ <sup>3</sup> Mikroradiografie als Validierungsmethode

Fortsetzung Tab. 10

Konventionelles Röntgen <i>E-Speed</i>	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität					
	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	<i>D1-4-Niveau</i>		<i>D3-4-Niveau</i>		<i>Az (ROC)</i>	
						<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>D1-4</i>	<i>D3-4</i>
<b>In-vivo</b>											
Hintze & Wenzel (1996)	k.A.	130/99	123/7	-	-	-	-	-	-	-	0.77
Machiulskiene et al. (1999)	872	k.A./661	k.A./k.A.	0.82	-	-	-	-	-	-	-
Lussi (2000) <sup>1</sup>	91	k.A./150	k.A./k.A.	-	-	-	-	57	95	-	-
Poorterman et al. (2000a)	k.A.	77/77	77/-	-	0.87	-	-	-	-	-	-
Lussi et al. (2001) <sup>1</sup>	240	332/332	k.A./k.A.	-	-	-	-	63	99	-	-
Heinrich-Weltzien et al. (2002) <sup>1,3</sup>	97	248/248	248/-	0.80/0.94	0.86	-	-	70	96	-	-
Poorterman et al. (2003)	522	k.A./705	k.A./-	-	0.77	-	-	-	-	-	-
Wolwacz et al. (2004) <sup>2</sup>	23	147/147	k.A./k.A.	0.95	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand/ <sup>3</sup> Kein Einschluss 3.Molaren

Tab. 11: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der konventionellen, filmbasierten röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik (F-Speed)

Konventionelles Röntgen <i>F-Speed</i>	Studienmaterial			Reproduzierbarkeit		Validität					
	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra (K)	Inter (K)	<i>D1-4-Niveau</i>		<i>D3-4-Niveau</i>		<i>Az (ROC)</i>	
						<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>SE (%)</i>	<i>SP (%)</i>	<i>D1-4</i>	<i>D3-4</i>
<b>In-vitro</b>											
Hintze & Wenzel (2002)	-	177/145	146/31	-	-	-	-	-	-	-	0.81
Rodrigues et al. (2008)	-	119/119	119/-	-	-	-	-	34	97	-	0.72
Kühnisch et al. (2009) <sup>1,2</sup>	-	54/54	54/-	-	-	-	-	64/(68)	68/(68)	-	0.62/(0.64)
<b>In-vivo</b>											
Angnes et al. (2005) <sup>1,2</sup>	38	57/101	57/-	-	0.63	-	-	-	-	-	0.51/0.61

<sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand

Tab. 12: Systematischer Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der digitalen röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik

Digitales Röntgen	Studienmaterial				Reproduzierbarkeit		Validität						
	Studien	Produkt-name	Probanden	Zähne/ Flächen	M/PM	Intra(K)	Inter(K)	D1-4-Niveau		D3-4-Niveau		Az (ROC)	
								SE (%)	SP (%)	SE (%)	SP (%)	D1-4	D3-4
<b>In-vitro</b>													
Wenzel et al. (1991 b) <sup>1</sup>	RVG	-	81/81	81/-	-	-	-	-	59-72	-	-	-	
Russel & Pitts (1993)	RVG	-	120/120	k.A.	-	-	15	97	21	97	-	-	
Hintze et al. (1994)	Visualix	-	66/65	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.65	-	
Wenzel et al. (1995) <sup>1</sup>	Digora*	-	106/106	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.79	-	
	RVG	-	106/106	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.82	-	
	SensARay	-	106/106	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.75	-	
	Visualix	-	106/106	k.A.	-	-	-	-	-	-	0.76	-	
Huysmans et al. (1997)	Digora*	-	220/189	k.A.	-	0.67-0.73	-	-	52-60	91-95	0.79-0.87	-	
Ashley et al. (1998) <sup>1</sup>	Digora*	-	103/103	35/68	0.44	-	24	80	19	89	-	-	
Abreu et al. (1999 a,b) <sup>2</sup>	CDR	-	40/40	20/20	-	-	-	-	-	-	0.72/0.74	-	
	MPDx	-	177/145	146/31	-	-	-	-	-	-	0.76	-	
Hintze & Wenzel (2002)	DIXI	-	177/145	146/31	-	-	-	-	-	-	0.81	-	
	Sidexis	-	177/145	146/31	-	-	-	-	-	-	0.80	-	
	DenOptix*	-	159/159	159/31	-	-	-	-	-	-	-	0.78	
Hintze et al. (2002)	Cd-Dent*	-	159/159	159/31	-	-	-	-	-	-	-	0.78	
	Digora*	-	159/159	159/31	-	-	-	-	-	-	-	0.77-0.81	
Costa et al. (2002)	k.A.	-	50/50	25 / 25	-	-	14	64	29	64	-	-	
Kositbownchai et al. (2004)	RVG	-	100/100	100/-	0.58	0.70	-	-	-	-	0.66-0.76	-	
Young et al. (2009) <sup>3</sup>	E2V	-	k.A./92	k.A./k.A.	-	-	18	88	64	90	-	-	
Kühnisch et al. (2009) <sup>1,2</sup>	Digora*	-	54/54	54/-	-	-	-	-	60/(59)	86/(81)	-	0.65/(0.67)	
<b>In-vivo</b>	Keine Studien identifiziert												

\* Speicherfoliensystem/ <sup>1</sup> Studie unter Ausschluss kavierter Läsionen/ <sup>2</sup> Histologische Bewertung nach Ekstrand/ <sup>3</sup> Mikroradiografie als Validierungsmethode

#### **4.1.3 Klinischer Nutzen der röntgenologischen Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik**

Die Ergebnisse des systematischen Literaturüberblicks zum klinischen Nutzen der röntgenologischen Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik wurden in den Tabellen 13 bis 15 dokumentiert.

Mit der *röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik (Tab. 13)* wurden im Vergleich zur klinischen Untersuchung deutlich mehr Schmelz- (D1-2) und Dentinläsionen (D3-4) diagnostiziert (Mittelwert: D1-2: 54% / D3-4: 58%). Bis zu 93% aller approximalen Läsionen sind ausschließlich durch die röntgenologische Untersuchung (BF) diagnostiziert worden. Für den zusätzlichen Nutzen der BF zur Approximalkariesdiagnostik wurden heterogene Werte im Bereich von 19-1297% veröffentlicht (Mittelwert: D1-2: 257% / D3-4: 272%). Die publizierten dmf/DMF-Werte zeigten ergänzend, dass mit der Röntgendiagnostik mehr kariöse Approximalläsionen detektiert werden.

Mit der *röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik (Tab. 14)* wurden im Vergleich zur klinischen Untersuchung weitaus weniger okklusale Läsionen auf Schmelzniveau (D1-2) erkannt. Im Durchschnitt wurden klinisch etwa 42% und röntgenologisch etwa 2% aller Läsionen detektiert. Der größte Anteil okklusaler Initial- und Dentinläsionen wurde jedoch bei der kombiniert klinisch-röntgenologischen Diagnostik erkannt (D1-2: 56% / D3-4: 41%). Die Angaben zur klinischen als auch röntgenologischen Erfassung okklusaler Dentinläsionen variieren im Bereich von 0-67%. Für den zusätzlichen Nutzen der BF zur Okklusalkariesdiagnostik wurden ebenfalls sehr heterogene Werte im Bereich von 2-384% veröffentlicht (Mittelwert: D1-2: 2% / D3-4: 129%). Die publizierten dmfs/DMFS-Werte zeigen ergänzend, dass mit der Röntgendiagnostik mehr kariöse Okklusalläsionen detektiert werden. Als bemerkenswert gilt die geringe Anzahl von Untersuchungen zum klinischen Nutzen der BF-Aufnahmen zur Okklusalkariesdiagnostik (n=8) im Vergleich zur hohen Anzahl von klinischen Studien zur Approximalkariesdiagnostik (n=18).

Die wenigen aufgefundenen Untersuchungsergebnisse zur kombinierten *röntgenologischen Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik (n=4) (Tab. 15)* weisen auf einen hohen Nutzen der BF bei der Kariesdiagnostik hin. Allerdings wird die Aussage vordergründig durch eine ältere Untersuchung beeinflusst.

Tab. 13: Systematischer Literaturüberblick zum klinischen Nutzen der Bissflügelaufnahme zur Approximalkariesdiagnostik

In-vivo-Studien	Probanden	Alter	Klinisches Niveau	röntgenologisches Niveau	Approximalekariesdiagnostik				Kariesbefall		
					nur klinisch (k)	klinisch-röntgenologisch (kr)	nur röntgenologisch (r)	zusätzlicher BF-Nutzen r/(k+kr)x100	Klinik	Klinik+ Röntgen	
Hansen (1980)	100	35	Kavitation	D1-4	13%*	11%*	76%*	317%*	-	-	
Stephens et al. (1981)	54	13-30	Kavitation	D1-4	-	-	51%*	-	-	-	
Stecksen-Blicks & Wahlin (1983)	20	4	Initial	D1-4	-	-	28%	40%*	-	-	
	52	5	Initial	D1-4	-	-	47%	87%*	-	-	
	70	6	Initial	D1-4	-	-	64%	167%*	-	-	
Pietila (1985)	160	Schul-	Initial	D1-2	1%*	6%*	93%*	1297%*	-	-	
	160	Kinder	Kavitation	D3-4	3%*	11%*	86%*	613%*	-	-	
Ruiken et al. (1986)	511	10-12	Kavitation	D3-4	6%*	78%*	16%*	19%*	-	-	
Mann et al. (1989)	109/82	14-18	Kavitation	D3-4	-	-	28%-41%	-	DS:4.4/5.2	DS:9.3/10.8	
De Vries et al. (1990)	317	14	Kavitation	D3-4	6%	22%	72%	258%*	DMFS:0.7	DMFS:1.1	
Rimmer & Pitts (1990)	211	5-15	Kavitation	D3-4	8%*	46%*	47%*	88%/233%	-	-	
Poppe et al. (1990)	719	10-17	Kavitation	D3-4	-	-	9%/14%	-	defs:5.6/9.3	defs:7.0/11.2	
Richardson & McIntyre (1996)	634	18.9	Kavitation	D3-4	2%*	32%*	66%*	192%	-	-	
Moberg Sköld et al. (1997)	180	5	-	D1-2	-	-	80%	-	-	-	
	180	5	-	D3-4	-	-	58%	-	-	-	
Machulskiene et al. (1999)	872	11.7	Initial	D1-2	45%	30%	25%	33%*	-	-	
	872	11.7	Kavitation	D3-4	13%	43%	44%	79%*	-	-	
Poorterman et al. (1999)	621	17/23	Kavitation	D3-4	4%	7%	89%	827%	-	-	
Poorterman et al. (2000 b)	115	14	Kavitation	D3-4	16%	22%	62%	163%	DS:1.8	DS:2.1	
	120	17	Kavitation	D3-4	8%	5%	88%	700%	DS:1.0	DS:1.9	
	117	20	Kavitation	D3-4	14%	16%	70%	232%	DS:1.1	DS:1.9	
	119	23	Kavitation	D3-4	10%	15%	75%	306%	DS:1.3	DS:2.2	
	192	25-54	Kavitation	D3-4	8%/12%	12%/21%	80%/67%	391%/206%	DS:1.3/1.2	DS:2.2/1.5	
Kühnisch et al. (2001)	78	14-15	Initial	D1-2	24%	-	76%	313%*	DS:10.2	DS:12.7	
	78	14-15	Kavitation	D3-4	17%	-	83%	350%*	DMFS:5.6	DMFS:7.5	
Machulskiene et al. (2004)	535	12/15	Initial	D1-2	47%/46%	27%/30%	26%/24%	35%/32%*	-	-	
	535	12/15	Kavitation	D3-4	15%/16%	45%/46%	41%/38%	68%/53%*	-	-	
Anderson et al. (2005)	267	5	Kavitation	D1-4	-	-	-	-	dmfs:0.4	dmfs:1.2	
Hopacraft & Morgan (2005)	879	17-30	Kavitation	D3-4	3-7%	16-30%	67-77%	204-336%	-	-	
*Eigene Berechnung					<b>Mittelwert:</b>		~33% (D1-2)	~23% (D1-2)	~54% (D1-2)	~257% (D1-2)	
					~10% (D3-4)	~27% (D3-4)	~58% (D3-4)	~272% (D3-4)			

Tab. 14: Systematischer Literaturüberblick zum klinischen Nutzen der Bissflügelaufnahme zur Okklusalkariesdiagnostik

In-vivo-Studien	Probanden	Alter	klinisches Niveau	röntgenologisches Niveau	Okklusalkariesdiagnostik				Kariesbefall	
					nur klinisch (k)	klinisch-röntgenologisch (kr)	nur röntgenologisch (r)	zusätzlicher BF-Nutzen r/(k+kr)x100	Klinik	Klinik+ Röntgen
King & Shaw (1979)	1172	11-13	Kavitation	D3-4	67%	30%	4%	4%*	-	-
Richardson & McIntyre (1996)	634	18.9	Kavitation	D3-4	0%*	33%*	67%*	201%	-	-
Moberg Sköld et al. (1997)	180	5	-	D1-2	-	-	0%	-	-	-
	180	5	-	D3-4	-	-	33%	-	-	-
Machulskiene et al. (1999)	872	11.7	Initial	D1-2	38%	60%	2%	2%*	DFS:2.2	DFS:2.2
	872	11.7	Kavitation	D3-4	11%	78%	11%	12%*	DFS:1.6	DFS:1.9
Poorterman et al. (2000 a)	478	17/20	Kavitation	D3-4	10%*	47%*	43%*	384%	-	-
Heinrich-Weltzien et al. (2001)	78	14-15	Kavitation	D3-4	23/16%	7/10%	70/74%	233/285%*	DMFS:5.6	DMFS:7.5
Machulskiene et al. (2004)	535	12/15	Initial	D1-2	43%/44%	55%/54%	2%/2%	2%/2%*	-	-
	535	12/15	Kavitation	D3-4	17%/16%	73%/76%	10%/8%	11%/9%*	-	-
Hopacraft & Morgan (2005)	879	17/30	Kavitation	D3-4	57-67%	16-21%	17-24%	21-32%	-	-
Mialhe et al. (2009)	70	13-15		D1-4	-	-	-	110%	-	-
<i>*Eigene Berechnung</i>					<b>Mittelwert:</b>					
					~42% (D1-2)	~56% (D1-2)	~ 2% (D1-2)	~ 2% (D1-2)		
					~25% (D3-4)	~41% (D3-4)	~34% (D3-4)	~129% (D3-4)		

Tab. 15: Systematischer Literaturüberblick zum klinischen Nutzen der Bissflügelaufnahme zur Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik

In-vivo-Studien	Probanden	Alter	klinisches Niveau	röntgenologisches Niveau	Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik				Kariesbefall	
					nur klinisch (k)	klinisch-röntgenologisch (kr)	nur röntgenologisch (r)	zusätzlicher BF-Nutzen r/(k+kr)x100	Klinik	Klinik+ Röntgen
Hintze & Wenzel (1994)	168	14	Kavitation	D3-4	5%*/8%*/4%*	7%*/2%*/3%*	88%*/90%*/93%*	700%*/852%*/1233%*	-	-
Richardson & McIntyre (1996)	634	Ø18.9	Kavitation	D3-4	1%*	33%*	66%*	196%	-	-
Moberg Sköld et al. (1997)	180	5	-	D1-4	-	-	47%*	-	ds:2	ds:3.8
Becker et al. (2007)	376	18-20	Kavitation	D3-4	-	-	59%*	-	DMFT:4.9	DMFT:6.4
									DT:1.2	DT:3.0
<i>*Eigene Berechnung</i>					<b>Mittelwert:</b>					
					~5% (D3-4)	~11% (D3-4)	~79% (D3-4)	~745% (D3-4)		

## 4.2 Auswertung des Fragebogens

### 4.2.1 Allgemeine Angaben

Von den insgesamt etwa 1200 Mitgliedern der Deutschen Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (Stand Ende 2006) beantworteten 320 Zahnärztinnen/ärzte den Fragebogen. Dies entspricht einer Rücklaufquote von 27%. Insgesamt waren etwa zwei Drittel der Antwortenden weiblich (48%/ n=154) und ein Drittel männlich (23%/ n=73). In 29% (n=93) der Fälle machten die Befragten keine Angaben zu ihrem Geschlecht. Etwa 70% (n=224) der Befragten, die den Fragebogen beantworteten, arbeiteten in einer allgemein-zahnärztlichen und 23% (n=73) in einer kinderzahnärztlichen Praxis. Nur 6% (n=19) waren an einer Universität und weniger als 1% (n=2) in einer Praxis mit oral- oder kieferchirurgischem Schwerpunkt tätig. Die Frage nach einer abgeschlossenen Zusatzqualifikation im Fachbereich der Kinder- und Jugendzahnheilkunde bejahte ein Drittel (34%/ n=109) und verneinten zwei Drittel (62%/ n=198). Insgesamt 4% (n=13) machten dazu keine Angaben. Über eine Zusatzqualifikation im Fachbereich der Kinder- und Jugendzahnheilkunde verfügten ca. 25% (n=53) der Zahnärztinnen/ärzten aus allgemein-zahnärztlichen Praxen, 68% (n=48) aus kinderzahnärztlichen Praxen und 28% (n=5) aus Universitäten. Etwa drei Viertel (n=261) der antwortenden Zahnärztinnen/ärzten verfügten über mehr als 5 Jahre Berufserfahrung. Die Verteilung der praktischen Berufserfahrung kann der Abbildung 8 entnommen werden.

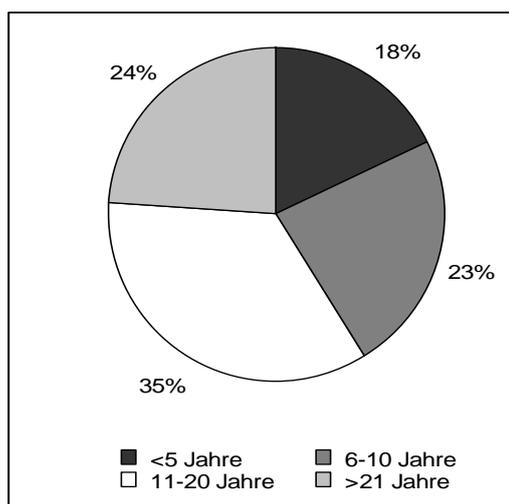


Abb. 8: Berufserfahrung der Befragten

Zur Beschreibung der etwaigen Altersstruktur des Patientenstamms wurde eine Schätzung des prozentualen Anteils der Altersgruppen 0 bis 5 Jahre, 6 bis 18 Jahre und der über 18-Jährigen am Patientenstamm abverlangt. Etwa 58% der Zahnärzte aus kinderzahnärztlichen Praxen und 37% aus den Universitäten betreuten demnach vorwiegend (>50%) Kinder unter 5 Jahren. Ungefähr 80% der Befragten aus allgemein-zahnärztlichen Praxen und etwa 47% der Universitätszahnärztinnen/-ärzte behandelten dagegen überwiegend (>50%) über 18-Jährige. Kolleginnen/Kollegen aus allgemein-zahnärztlichen Praxen hatten jedoch kaum (<1%) Kinder unter 5 Jahren in Behandlung. Je länger die Berufserfahrung, desto höher war der Anteil der über 18-Jährigen am Patientenstamm der Befragten. Dagegen hatten etwa die Hälfte der befragten Zahnärztinnen/ärzte mit  $\leq 10$  Jahren Berufserfahrung vorwiegend (>50%) Patienten unter 5 Jahren in zahnärztlicher Betreuung.

Insgesamt gaben 12% aller Befragten eine durchschnittliche Patientenzahl/Tag von  $\leq 10$ , 53% von 11 bis 20 und 35% von >21 Patienten an. Die statistische Auswertung zeigte, dass die tägliche Patientenzahl signifikant abhängig von der Arbeitsstelle ( $p \leq 0.01$ ) und Zusatzqualifikation war ( $p \leq 0.01$ ). Zahnärztinnen/ärzte aus einer kinderzahnärztlichen Praxis mit Zusatzqualifikation hatten die meisten Patientenkontakte pro Tag. An den Universitäten wurden die Kolleginnen/en von vergleichsweise wenigen Patienten pro Tag konsultiert (Abb. 9). Eine Aufschlüsselung der täglichen Patientenzahl in Abhängigkeit der Berufserfahrung ergab keine signifikanten Unterschiede.

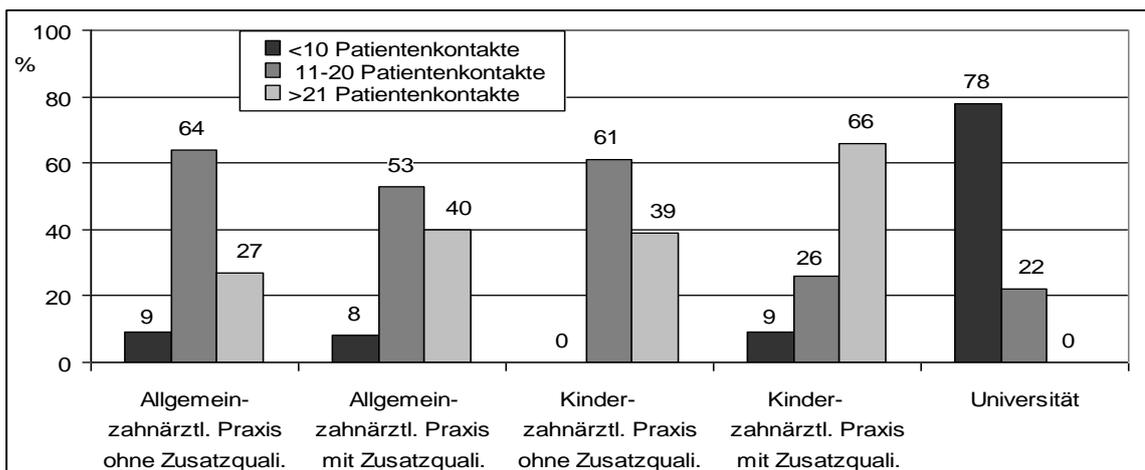


Abb. 9: Anzahl der Patientenkontakte in Abhängigkeit der Arbeitsstelle bzw. einer vorhandenen Zusatzqualifikation „Kinder- und Jugend-ZHK“

Neben diesen allgemeinen Angaben verlangte der Fragebogen des Weiteren Auskünfte bezüglich der vorhandenen Röntgenausstattungen. Hierfür sollten die Befragten Angaben zum verwendeten Röntgensystem, zur Verfügbarkeit eines OPG's, zu den Verantwortlichkeiten bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen, zur Verwendung von Filmhaltern und zu eventuellen Konfrontationen mit Diskussionen bzw. Regress-Situationen von Seiten der Eltern der Kinder- und Jugendlichen machen.

Demnach verwendeten 59% (n=187) aller befragten Zahnärztinnen/ärzte nach wie vor ein analoges Röntgensystem, 27% ein digitales Röntgensystem mit CCD-Sensor und 14% ein digitales Speicherfoliensystem. Die statistischen Analysen ergaben, dass ein signifikanter Zusammenhang des verwendeten Röntgensystems und den verschiedenen Arbeitsstellen ( $p \leq 0.01$ ) bzw. der Berufserfahrung ( $p \leq 0.05$ ) bestand. So war eine mehrheitliche Verwendung analoger Röntgensysteme in den allgemein-zahnärztlichen Praxen von Zahnärzten mit und ohne Zusatzqualifikation zu verzeichnen (67% und 68%). In kinderzahnärztlichen Praxen und an Universitäten waren dagegen digitale Röntgensysteme häufiger vorhanden (Abb.10). Zahnärztinnen/ärzte aus kinderzahnärztlichen Praxen und mit einer Zusatzqualifikation im Bereich Kinder- und Jugend-Zahnheilkunde verwendeten vorwiegend (44%) digitale Sensorsysteme. Digitale Sensorsysteme wurden dem Speicherfoliensystem generell vorgezogen (Abb. 10). Je länger die Berufserfahrung der Befragten war, desto eher wurde weiterhin analog geröntgt. Zahnärztinnen/ärzten mit einer Berufserfahrung von 6-10 Jahren verwendeten mit 57% häufiger digitale Röntgensysteme im Vergleich zu konventionellen Systemen.

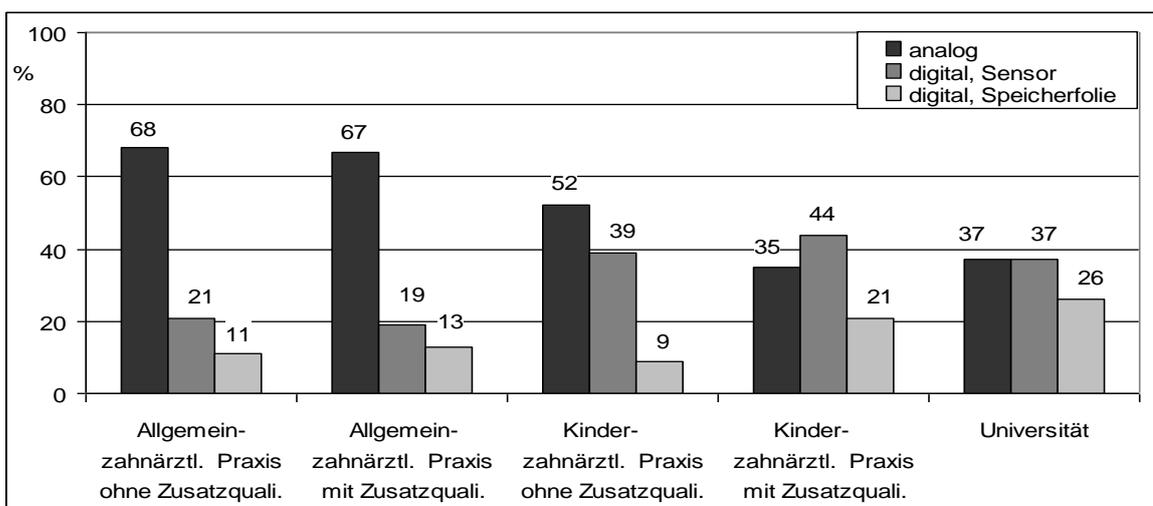


Abb. 10: Verwendete Röntgensysteme in Abhängigkeit der Arbeitsstelle bzw. der Zusatzqualifikation

Ein Orthopanthomogramm befand sich zum Befragungszeitpunkt in 86% (n=276) aller Praxen der Befragten, 8% hatten die Möglichkeit extern ein OPG herstellen zu lassen und 6% gaben an, keinen Zugang zu einem OPG zu haben. Die statistische Überprüfung der Hauptvariablen Arbeitsstelle, Qualifikation und Berufserfahrung ergab bei dieser Frage keine signifikanten Zusammenhänge.

Die Verantwortlichkeiten bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen läge in 93% (n=296) der Fälle bei den Helferinnen. Etwa die Hälfte (53% / n=170) der antwortenden Zahnärztinnen/ärzte fertigten Röntgenaufnahmen auch selbst an und in 4% (n=14) der Fälle führten auch Auszubildende die Anfertigung von Röntgenaufnahmen durch (Mehrfachantworten waren möglich). Eine Aufschlüsselung nach Arbeitsstelle, Qualifikation und Berufserfahrung ergab hier keine signifikanten Zusammenhänge.

Insgesamt gaben etwa zwei Drittel aller Befragten (65% / n=205) an, immer einen Filmhalter bei der Anfertigung von intraoralen Röntgenaufnahmen zu verwenden. Demgegenüber nutzten 28% der durchführenden Personen gelegentlich bzw. 7% nie einen Filmhalter. Behandler aus kinderzahnärztlicher Praxis ohne Zusatzqualifikation röntgten im Vergleich zu Kollegen mit einer Zusatzqualifikation häufiger ohne Filmhalter (Abb. 11).

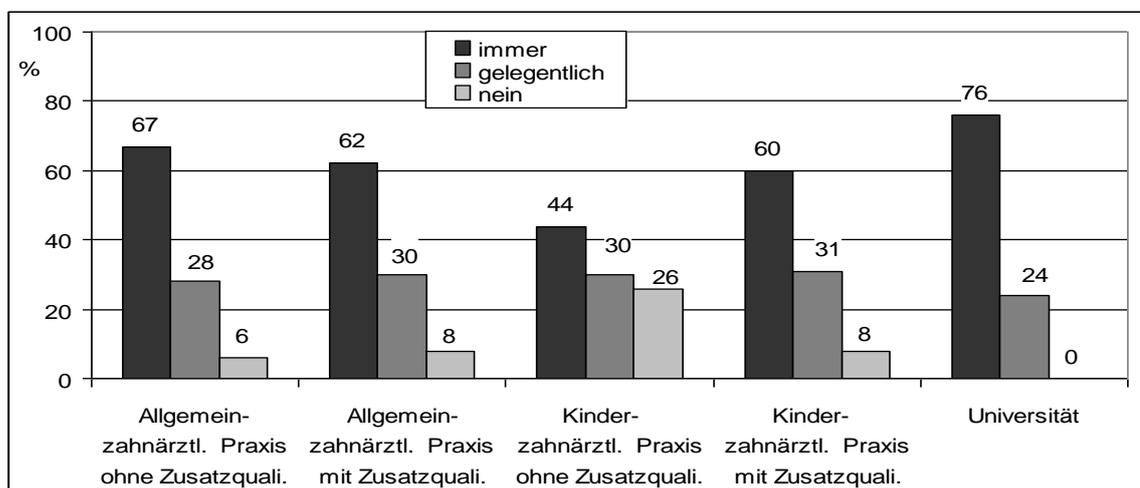


Abb. 11: Verwendung von Filmhaltern in Abhängigkeit der Arbeitsstelle bzw. einer Zusatzqualifikation „Kinder- und Jugendzahnheilkunde“

Je länger die Berufserfahrung war, desto unregelmäßiger wurden bei der Anfertigung von Röntgenbildern Filmhalter verwendet ( $p \leq 0.05$ ) (Abb 12) . Bei der Frage, ob auch BF mit Filmhalter angefertigt werden, antworteten 89% (n=279) der Zahnärztinnen/ärzte mit „ja“, davon 100% aus den Universitäten, 91% aus allgemein- und nur 79% aus kinderzahnärztlichen Praxen.

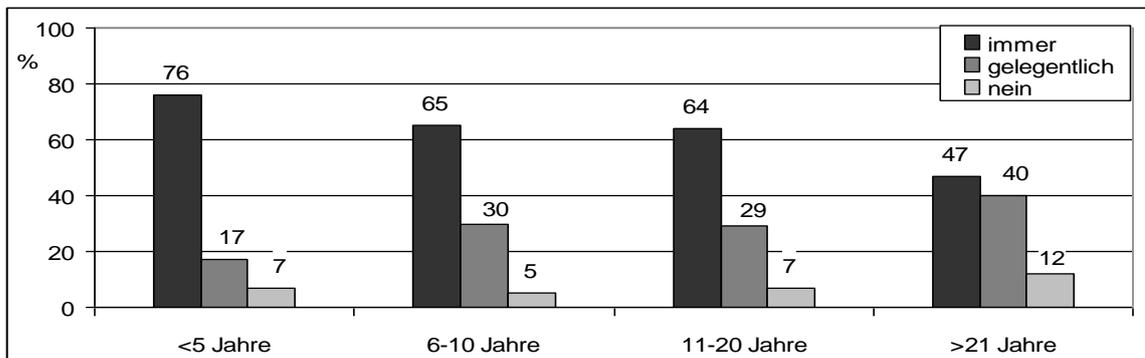


Abb. 12: Verwendung von Filmhaltern in Abhängigkeit der Berufserfahrung

Auf die Frage „Ab welchem Alter lassen sich Röntgenaufnahmen bei ihren Patienten mehrheitlich zufrieden stellend anfertigen?“ entschieden sich insgesamt zwei Drittel (67%) aller Zahnärztinnen/ärzte für das Alter von 5 bis 6 Jahren (Medianwert: 5,3 Jahre). Die statistische Auswertung zeigte bei dieser Frage für das Alter signifikant unterschiedliche Medianwerte in Abhängigkeit der Arbeitsstelle ( $p \leq 0.01$ ), einer Zusatzausbildung ( $p \leq 0.01$ ) und der Berufserfahrung ( $p \leq 0.05$ ). So hielten Befragte aus allgemein-zahnärztlichen Praxen Röntgenaufnahmen bei Kindern ab einem Alter von 5,6 Jahren für durchführbar. Im Vergleich dazu erachteten Kolleginnen/en aus kinderzahnärztlichen Praxen bzw. aus Universitäten Röntgenbilder bereits ab einem Alter von 4,6 bzw. 4,3 Jahren für realisierbar (Abb. 13).

Befragte mit einer Zusatzqualifikation „Kinder- und Jugend-Zahnheilkunde“ hielten die Anfertigung von Röntgenaufnahmen durchschnittlich ab einem Alter von 5,0 Jahren für möglich, demgegenüber diejenigen ohne Zusatzausbildung erst ab 5,5 Jahren (Abb. 13).

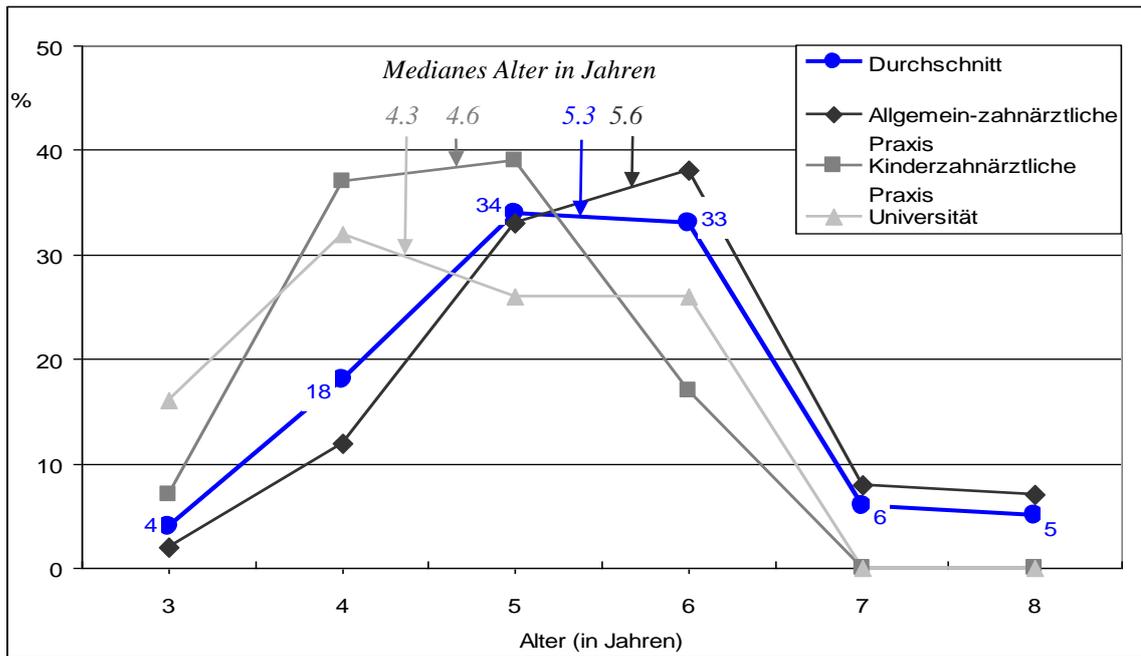


Abb. 13: Alter, ab dem sich Röntgenaufnahmen mehrheitlich zufriedenstellend anfertigen lassen (in Abhängigkeit der Arbeitsstelle)

Die Betrachtung der Berufserfahrung ergab folgende signifikanten Zusammenhänge: Zahnärztinnen/ärzte mit weniger als 5 Jahren bzw. 6 bis 10 Jahren Berufserfahrung waren der Meinung, dass Kinder ab einem jüngeren Alter (ab 5,1 bzw. 4,9 Jahre) zufriedenstellend geröntgt werden können. Im Vergleich dazu gaben Kolleginnen/en mit einer Berufserfahrung von 11 bis 20 Jahren bzw. über 20 Jahren 5,4 bzw. 5,7 Jahre an.

Bei der Frage nach eventuellen Diskussionen zur Strahlenbelastung mit den Eltern der Kinder- und Jugendlichen antworteten über die Hälfte (57% / n=173) der Zahnärztinnen/ärzte, dass sie damit im Praxisalltag konfrontiert werden, unabhängig der Arbeitsstelle, Qualifikation oder Berufserfahrung.

Die Frage nach bisherigen Regress-Situationen zur Röntgendiagnostik beantworteten lediglich 15% (n=45) der Befragten mit „Ja“.

#### 4.2.2 Angaben zur Bissflügel-Röntgenaufnahme

Auf die Frage „Ist es möglich im Alter von etwa 6 Jahren BF korrekt anzufertigen?“ antwortete die Mehrzahl der befragten Zahnärzte/innen (84% / n=251) mit „meistens“, 10% mit „nie“ und nur 6% mit „immer“. Die statistische Überprüfung ergab, dass eine signifikante Abhängigkeit der Antworten von der Qualifikation der Befragten vorlag ( $p \leq 0.01$ ). Zahnärztinnen/ärzte mit einer Zusatzqualifikation hielten eine korrekte Anfertigung von BF im Alter von 6 Jahren häufiger für möglich (Abb. 14). Eine Aufschlüsselung der Antworten nach Arbeitsstelle und Berufserfahrung zeigte keine signifikanten Unterschiede.

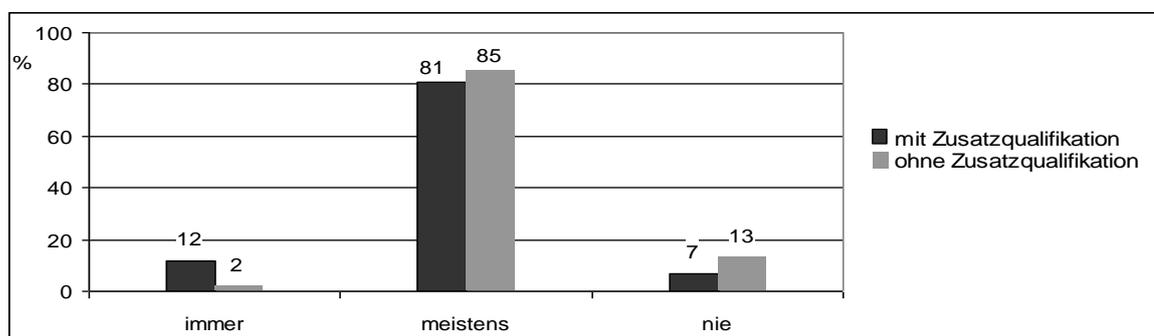


Abb. 14: Anfertigung korrekter BF im Alter von 6 Jahren

Bei der Frage „In welchen Altersgruppen fertigen Sie regelmäßig BF-Aufnahmen an?“ entschied sich die Mehrzahl aller Antwortenden (59%) für das 14 bis 15. Lebensjahr und 31% für das Alter von 6 bis 7 Jahren. Die Abbildung 15 zeigt in diesen beiden Altersgruppen zwei deutliche Peaks. Die statistische Analyse ergab, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Altersgruppen, in denen regelmäßig BF angefertigt würden und den unterschiedlichen Arbeitsstellen ( $p \leq 0.01$ ) bzw. einer kinderzahnärztlichen Zusatzausbildung ( $p \leq 0.01$ ) der Zahnärztinnen/ärzte bestand. Befragte aus kinderzahnärztlichen Praxen bzw. mit Zusatzausbildung sahen BF mit 60% bzw. 47% am häufigsten im Alter von 6 bis 7 Jahren an. Universitätszahnärztinnen/ärzte gaben hier mit 84% vorwiegend die Altersgruppe der 14 bis 15 Jährigen an (Abb. 15).

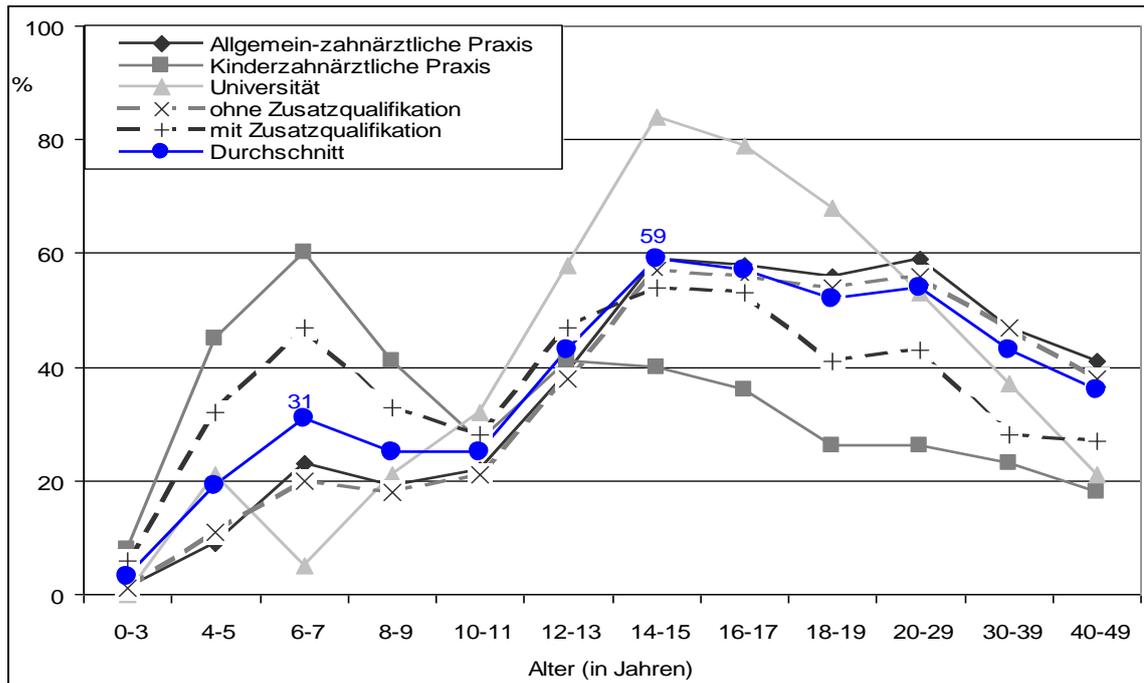


Abb. 15: Altersgruppen, in denen regelmäßig BF angefertigt werden (in Abhängigkeit der Arbeitsstelle bzw. einer Zusatzqualifikation, Mehrfachnennungen waren möglich)

Die Aufschlüsselung der Ergebnisse nach der Berufserfahrung zeigte, dass Zahnärztinnen/ärzte mit  $\leq 10$  Jahren Berufserfahrung signifikant häufiger BF im Milch- und Wechselgebiss anfertigten im Vergleich zu Kolleninnen/en die bereits  $>10$  Jahre zahnärztlich tätig waren ( $p \leq 0.05$ ). Letztere stellten die Indikation der BF dagegen vorwiegend im bleibenden Gebiss (Abb. 16).

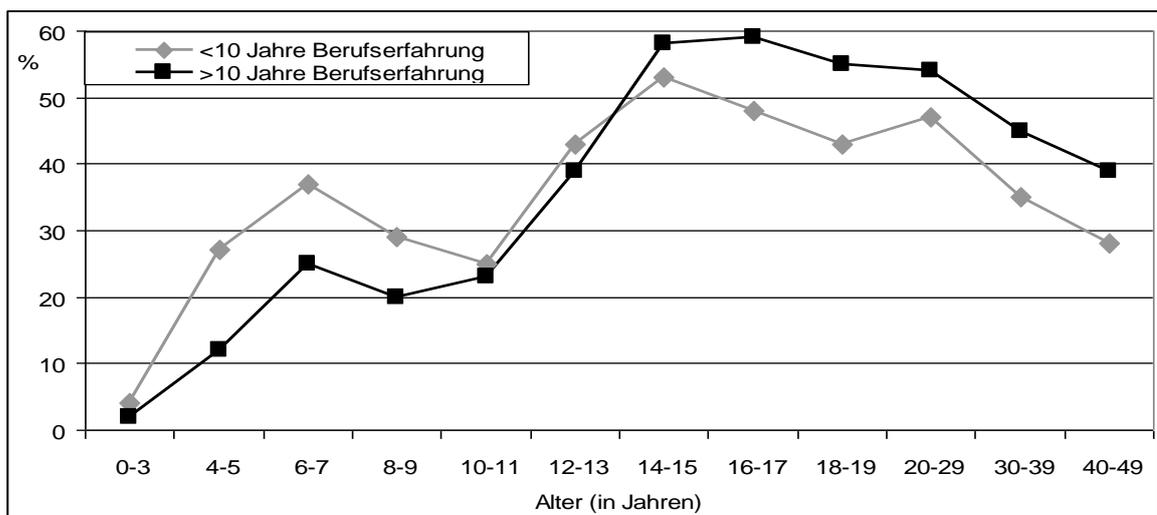


Abb. 16: Anfertigung von BF in den jeweiligen Altersgruppen in Abhängigkeit der Berufserfahrung

Als die vier häufigsten Indikationsstellungen zur Anfertigung von BF wurden die Approximalkariesdiagnostik, das Kariesmonitoring, viele vorhandene Füllungen und die Erstvorstellung eines Patienten genannt. Lediglich 16% der Befragten erwarteten auch einen Nutzen der BF bei der Okklusalkariesdiagnostik. Die vollständige Übersicht möglicher Indikationsstellungen kann der Abb. 17 entnommen werden.

Die Hälfte aller Befragten (50%) gab an, die BF zum Kariesmonitoring zu verwenden. Insgesamt 91% davon fertigten BF mit Filmhaltern an, 8% verwendeten dabei jedoch keine Filmhalter. 1% der Zahnärztinnen/ärzte, die die Verwendung der BF zum Kariesmonitoring angaben, machten keine Angaben zum Gebrauch von Filmhaltern bei BF. In Ergänzung dazu fertigten 46% der Zahnärztinnen/ärzte regelmäßig, 41% selten und 13% nie BF im Sinne eines Kariesmonitoring an.

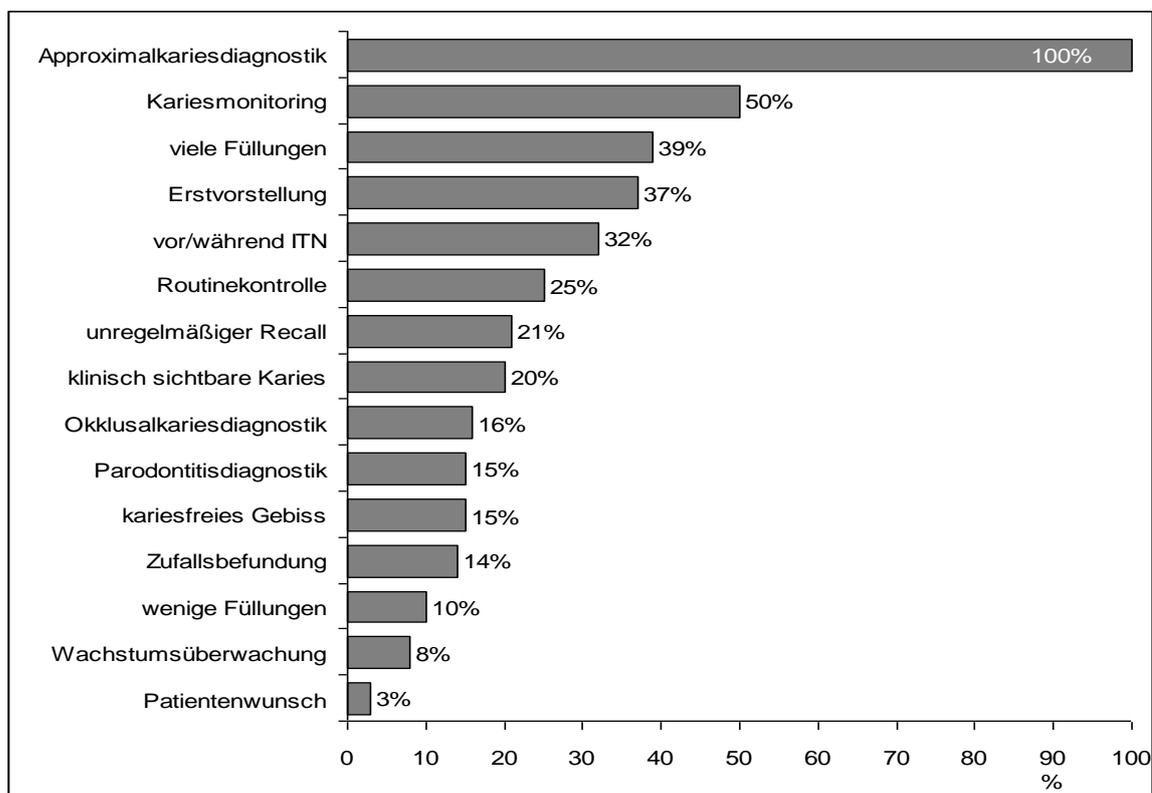


Abb. 17: Indikationsstellungen der BF (Mehrfachnennungen waren möglich)

Etwa ein Drittel der Zahnärzte und Zahnärztinnen nutzten die BF zur Kariesdiagnostik bei Patienten unter 18 Jahren „gelegentlich“ oder bei „etwa jedem Dritten“ (Abb. 18). Eine signifikante Abhängigkeit von der Arbeitsstelle, der Qualifikation oder Berufserfahrung konnte hier nicht nachgewiesen werden.

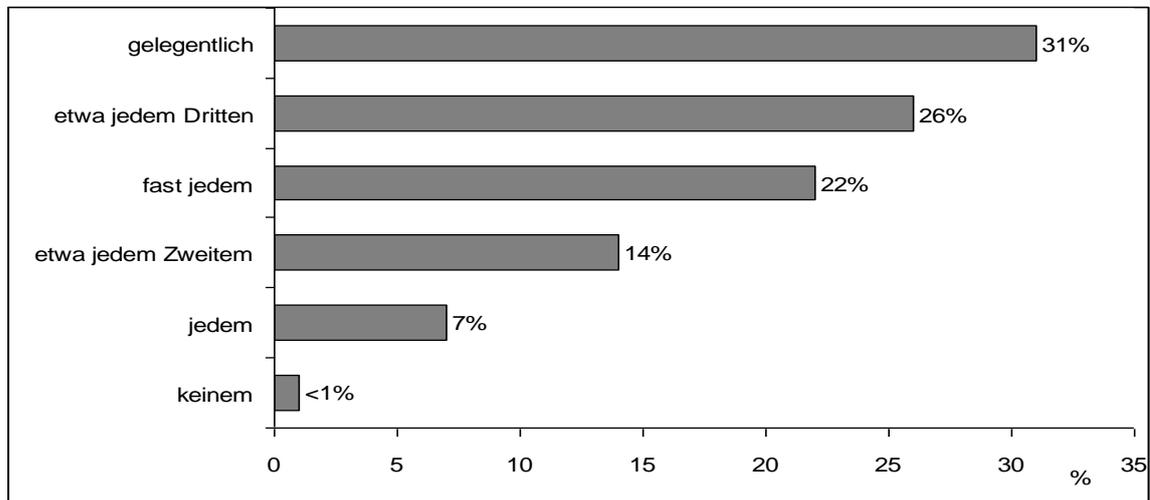


Abb. 18: Nutzung der BF zur Kariesdiagnostik unter 18 Jahren

Die statistische Überprüfung von Abhängigkeiten zwischen den Indikationsstellungen der BF und den Hauptvariablen ergab folgende signifikante Zusammenhänge ( $p \leq 0.05$ ): Bei klinisch sichtbarer Karies röntgten vorwiegend Zahnärztinnen/ärzte aus den Universitäten und kinderzahnärztlichen Praxen (Abb. 19) und mit weniger als 10 Jahren Berufserfahrung (Abb. 20). Zudem verwendeten Kolleginnen/Kollegen mit einer Zusatzqualifikation die BF hier häufiger (29%) als ohne (13%). Zur Parodontitisdiagnostik nutzten die BF überwiegend Befragte aus allgemein-zahnärztlichen Praxen (Abb. 19) und mit über 20 Jahren Berufserfahrung (Abb. 20). Bei der Wahl der Anfertigung von BF vor/während einer Zahnsanierung in Allgemeinanästhesie (ITN) wurde ein signifikanter Einfluss aller drei Hauptvariablen festgestellt ( $p \leq 0.01$ ). Die Ergebnisse der Fragen zur Zahnsanierung in ITN werden im Kapitel 4.2.5 dieser Arbeit aufgeführt. Bei den übrigen Indikationsstellungen wurden keine signifikanten Abhängigkeiten von den Hauptvariablen festgestellt.

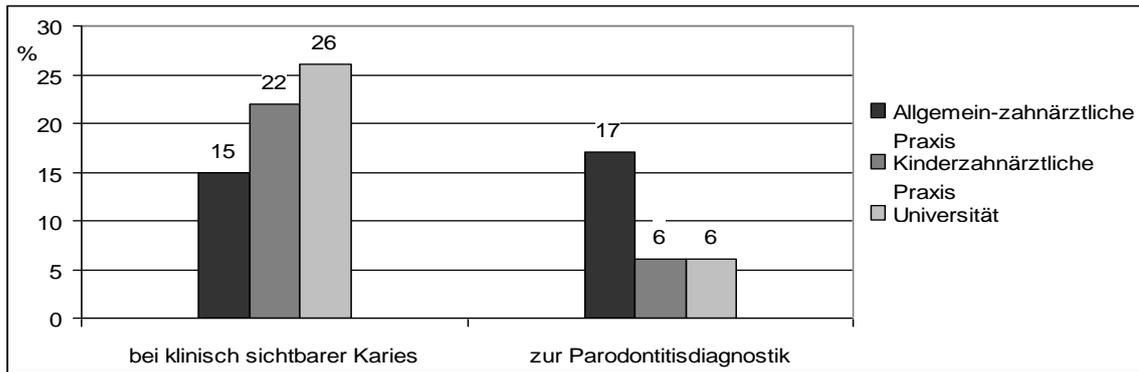


Abb. 19: BF-Indikationsstellungen in Abhängigkeit der Arbeitsstelle

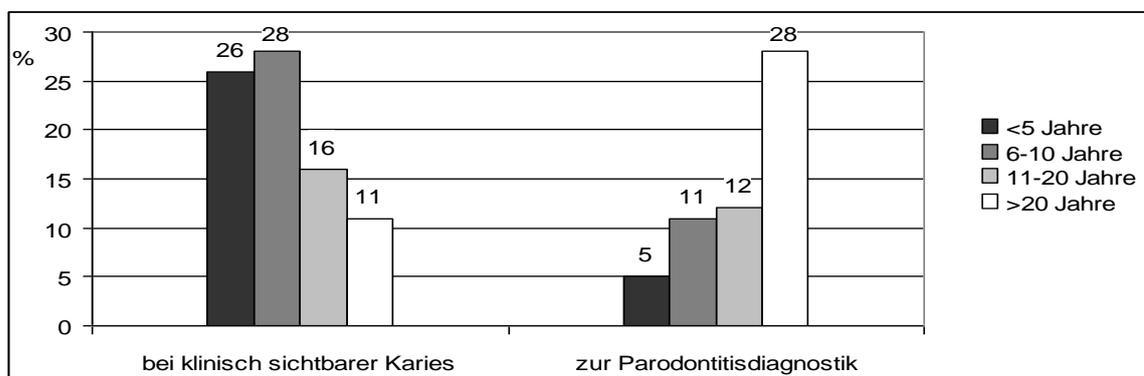


Abb. 20: BF-Indikationsstellungen in Abhängigkeit der Berufserfahrung

Bei der Frage nach der Einschätzung unterschiedlicher Faktoren und Prädiktoren, die bei der Anfertigung von BF beachtet werden, bezeichnete die Mehrheit der befragten Zahnärztinnen/ärzte den „bisheriger Kariesbefall“ als „sehr wichtig“. Als „wichtig“ wurden die Mundhygiene, eine gute Kooperation, eine kariesrisikobehaftete Ernährungsweise, vorhandene Initiailläsionen, der Kariesbefall der Geschwister und zuletzt die Strahlenbelastung eingestuft. Als unwichtigster Punkt wurde die Kostenerstattung angegeben. Die detaillierte Verteilung der Antworten kann der Tab. 16 entnommen werden. Eine Aufschlüsselung der Ergebnisse nach Arbeitsstelle, Qualifikation oder Berufserfahrung ergab keine signifikante Unterschiede.

Tab. 16: Wichtigkeit verschiedener Aspekte bei der Anfertigung von BF  
(Der Wert der meist genannten Antwort wurde hervorgehoben)

	<b>Sehr wichtig</b> % / n	<b>Wichtig</b> % / n	<b>Unwichtig</b> % / n	<b>Sehr unwichtig</b> % / n
<b>Gute Kooperation des Kindes</b>	40 / 122	<b>55 / 168</b>	5 / 15	>1 / 1
<b>Bisheriger Kariesbefall</b>	<b>49 / 147</b>	44 / 133	6 / 19	1 / 3
<b>Kariesbefall bei Geschwistern</b>	8 / 24	<b>50 / 147</b>	35 / 102	7 / 20
<b>Mundhygiene</b>	28 / 81	<b>62 / 181</b>	9 / 27	1 / 4
<b>Strahlenbelastung</b>	22 / 63	<b>44 / 127</b>	29 / 86	5 / 16
<b>Kostenerstattung</b>	2 / 7	17 / 50	<b>54 / 153</b>	27 / 76
<b>Vorhandene Initialläsionen</b>	39 / 116	<b>52 / 158</b>	9 / 26	>1 / 1
<b>Kariesrisikobehaftete Ernährung</b>	31 / 94	<b>55 / 164</b>	13 / 39	1 / 3

#### 4.2.3 Angaben zum Orthopantomogramm (OPG) und Zahnfilm (ZF)

Als allgemeine Indikationsstellung zur Anfertigung eines OPG wurden vorwiegend der Frakturausschluss nach Trauma und die Parodontitisdiagnostik bezeichnet. Als Indikationsstellungen zur Anfertigung eines OPG in der ersten und frühen zweiten Dentition wurden mehrheitlich die Kontrolle der Zahnanlagen und die Weißheitszahndiagnostik genannt (Abb. 21).

Die statistische Auswertung zeigte signifikante Unterschiede in Abhängigkeit der Arbeitsstelle bei einigen der genannten Indikationsstellungen ( $p \leq 0.01$ ) (Abb. 22). 39% bzw. 32% der Befragten gaben an, ein OPG bei der Erstvorstellung eines Patienten bzw. zur Zufallsbefundung anzufertigen, davon mehrheitlich Zahnärztinnen/ärzte aus Universitäten und allgemein-zahnärztlichen Praxen (Abb. 22). Die Befragten, die angaben ein OPG zur Approximalkariesdiagnostik und/oder zum Kariesmonitoring zu verwenden, arbeiteten ausschließlich in allgemein-zahnmedizinischen Praxen (Abb. 22). Eine Aufschlüsselung der Ergebnisse nach Qualifikation oder Berufserfahrung ergab keine signifikanten Unterschiede. In Ergänzung dazu fertigten 13% aller befragten Zahnärztinnen/ärzte „regelmäßig“, 26% „selten“, 39% „wenn BF-Aufnahmen nicht möglich sind“ und 22% „nie“ ein OPG zur Kariesdiagnostik an.

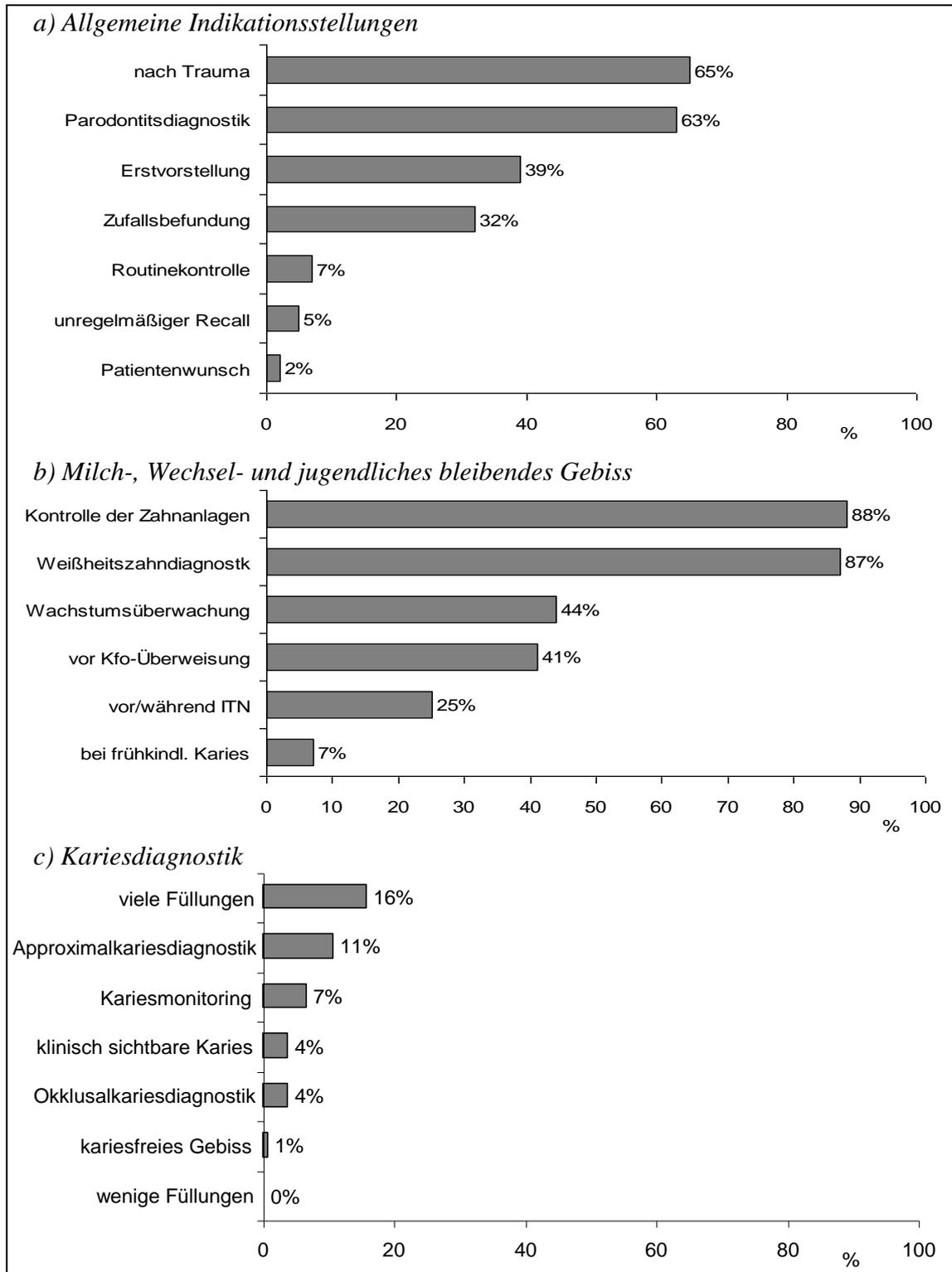


Abb. 21: Mögliche Indikationsstellungen zur Anfertigung eines OPG (Mehrfachnennungen waren möglich)

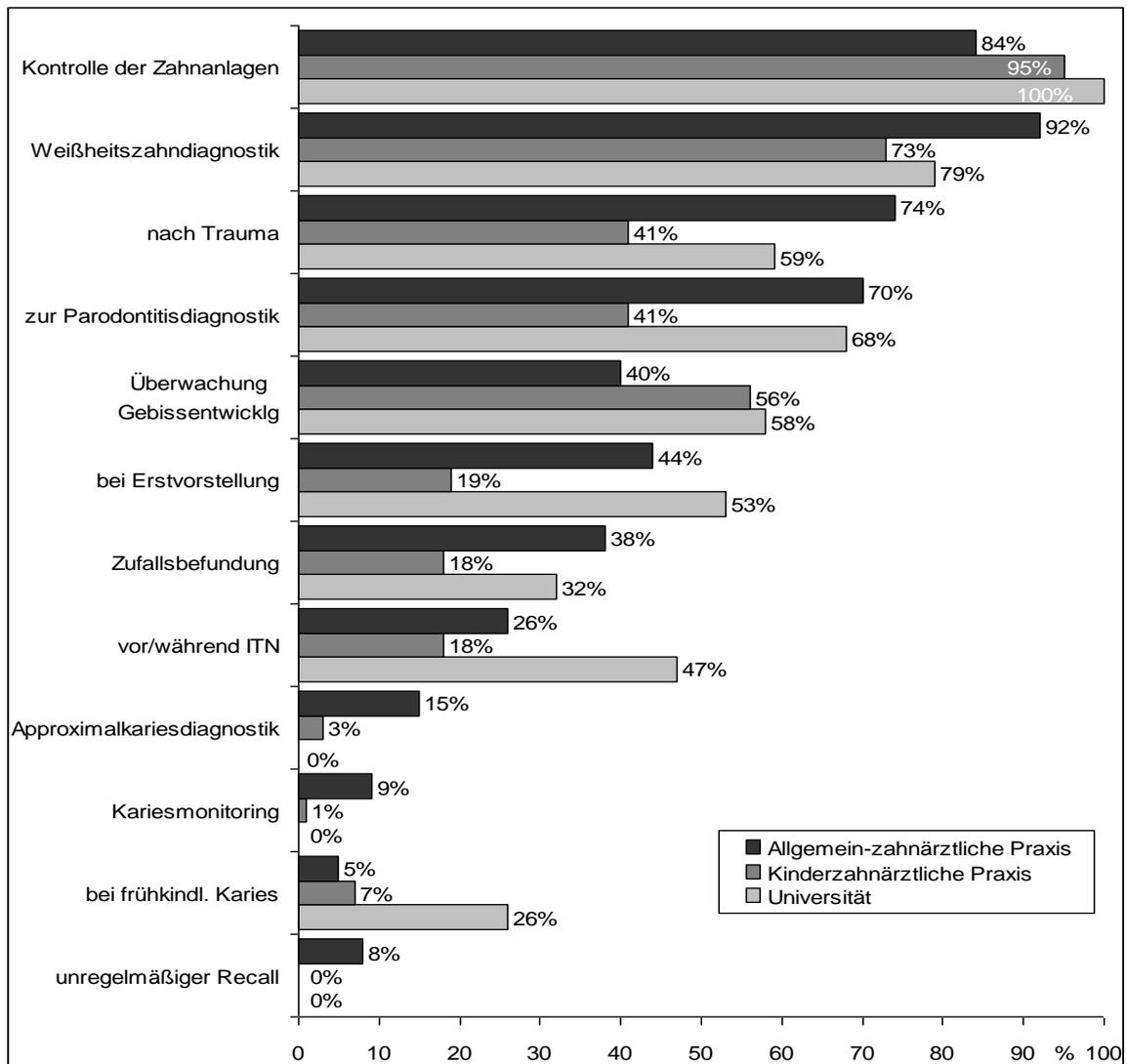


Abb. 22: Indikationsstellungen des OPG in Abhängigkeit der Arbeitsstelle (Mehrfachnennungen waren möglich)

Bei der Frage „In welchen Altersgruppen fertigen Sie regelmäßig ein OPG an?“ entschieden sich insgesamt etwa 40% aller antwortenden Zahnärztinnen/ärzte für das Alter von 10-11 Jahren und 16-17 Jahren. Demgegenüber zeigte die statistische Überprüfung, dass die Anfertigung eines OPG in den verschiedenen Altersgruppen signifikant abhängig von der Arbeitsstelle bzw. einer Zusatzqualifikation ist ( $p \leq 0.01$ ). Universitätszahnärztinnen/ärzte plädierten vermehrt im Alter von 6-7 Jahren für ein OPG. Zahnärztinnen/ärzte aus kinderzahnärztlichen Praxen bzw. mit Zusatzausbildung im Fachgebiet der Kinder- und Jugendzahnheilkunde sahen ein OPG vorwiegend im Alter von 8-11 Jahren indiziert. Ab dem 15. Lebensjahr war mit steigendem Alter ein kontinuierlicher Zuwachs angefertigter OPG zu verzeichnen (Abb. 23). Ein Einfluss der Berufserfahrung wurde bei dieser Frage nicht festgestellt.

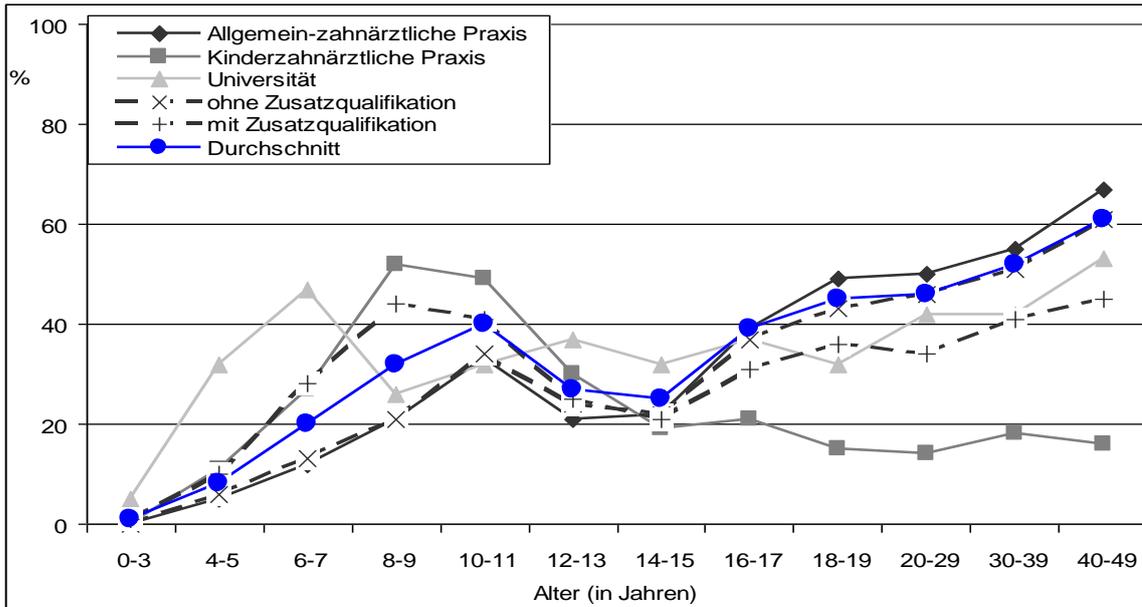


Abb. 23: Altersgruppen, in denen bevorzugt ein OPG angefertigt wird (Mehrfachnennungen waren möglich)

In Ergänzung zu den Altersgruppen, in denen bevorzugt ein OPG angefertigt wurde, gaben insgesamt etwa 60% aller befragten Zahnärztinnen/ärzte an, ein OPG bei Kindern unter 18 Jahren „gelegentlich“ anzufertigen. Eine Aufschlüsselung der Antworten nach den Arbeitsstellen (Abb. 24) zeigte hierbei, dass die Meinung der Universitätszahnärztinnen/ärzte bei dieser Frage von der allgemein- und kinderzahnärztlichen Kolleginnen/Kollegen signifikant abwich ( $p \leq 0.01$ ). Nur 22% der Antwortenden aus den Universitäten forderten „gelegentlich“ ein OPG bei unter 18-Jährigen an, 33% dieser Gruppe jedoch bei „fast jedem“ (Abb. 24).

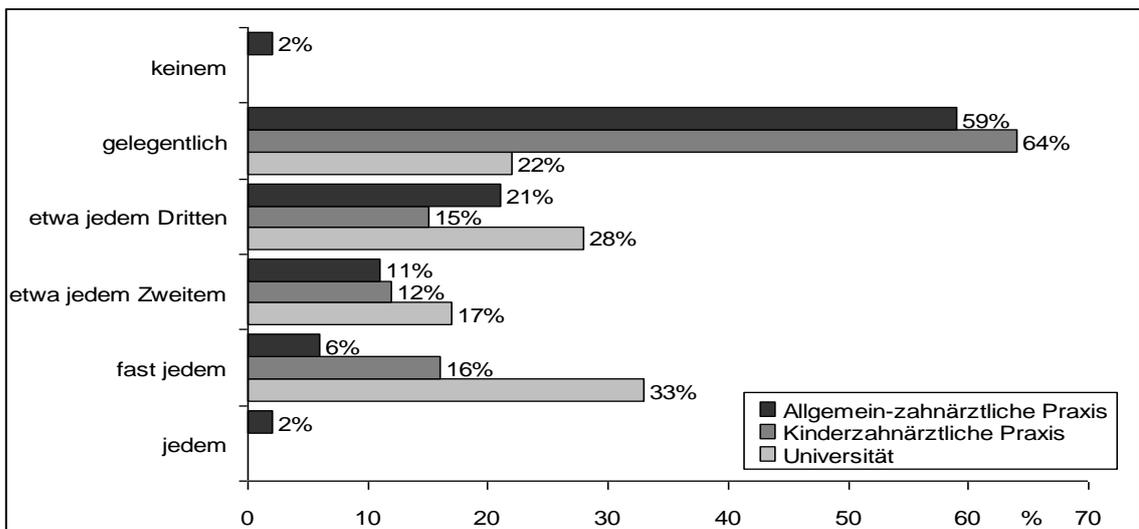


Abb. 24: Anfertigung eines OPG unter 18 Jahren in Abhängigkeit der Arbeitsstelle

Als *typische Indikationsstellungen zur Anfertigung eines ZF* im Milch- und Wechselgebiss wurden mehrheitlich die Diagnostik nach Zahntraumata unabhängig der Dentition, bei apikalen Parodontitiden und Fisteln, vor Extraktionen, bei unklaren Beschwerden, als diagnostische Aufnahme vor einer Wurzelkanalfüllung am Milchzahn, bei dentogenen Abszessen und nach einer Wurzelkanalfüllung am Milchzahn angegeben (Abb. 25). Die statistische Überprüfung der Hauptvariablen Arbeitsstelle und Zusatzqualifikation ergab in folgenden Punkten signifikante Zusammenhänge: Bei avitalem Milchzahn bzw. frühkindlicher Karies verwendeten Befragte mit Zusatzausbildung den ZF mit 40% bzw. 28% häufiger als ihre Kollegen ohne Qualifikation (29% bzw. 18%) ( $p \leq 0.05$ ). Kinderzahnärztinnen/ärzte fertigten bei frühkindlicher Karies bzw. klinisch diagnostizierbarer Karies häufiger einen ZF an (34% bzw. 18%), als die Befragten aus allgemein-zahnmedizinischen Praxen (17% bzw. 6%) ( $p \leq 0.01$ ). Eine Aufschlüsselung der Indikationsstellungen nach der Länge der Berufserfahrung führte zu keinen signifikanten Unterschieden.

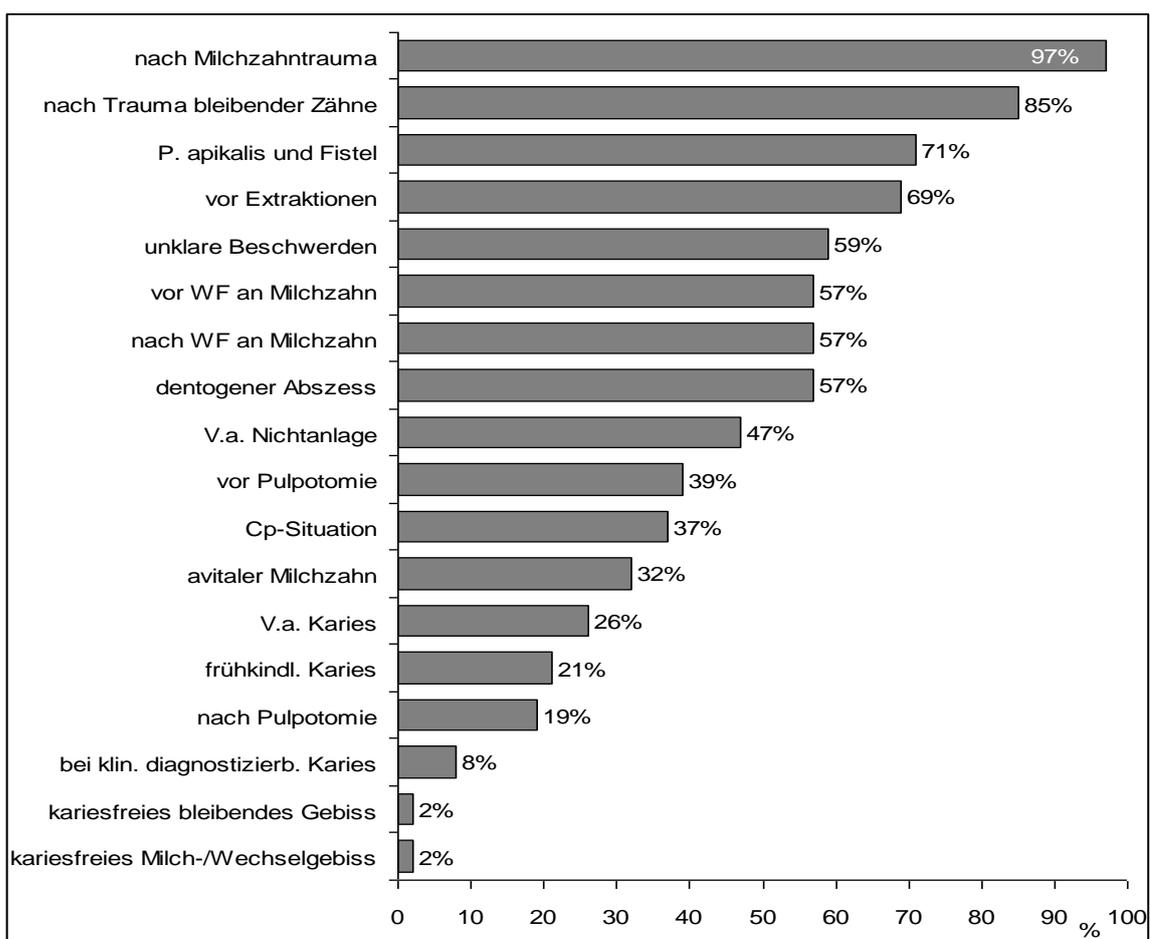


Abb. 25: Indikationsstellungen des ZF (Mehrfachnennungen waren möglich)

Bei der Frage nach den Röntgenbildern, die regelmäßig vor einer Zahnsanierung in Allgemeinanästhesie aufgrund frühkindlicher Karies angefertigt werden, machten 26% (n=83) der befragten Zahnärztinnen/ärzte keine Angaben; dies ist sicherlich auf die Nicht-Verfügbarkeit dieser Behandlungsoption bei den Befragten zurückzuführen. Von denen, die bei dieser Frage antworteten, fertigten 38% (n=121) regelmäßig ein OPG vor einer ITN an, 32% (n=101) BF und 31% (n=98) Zahnfilme. Die Abb. 26 gibt die Angaben der Befragten in aufgeschlüsselter Form wieder. Die statistische Überprüfung der Hauptvariablen Arbeitsstelle, Zusatzqualifikation und Berufserfahrung ergab in folgenden Punkten signifikante Zusammenhänge: Während an den Universitäten und in allgemein-zahnärztlichen Praxen überwiegend ein OPG vor einer ITN angefertigt wurde, verwendeten Zahnärztinnen/ärzte aus kinderzahnärztliche Praxen ohne Zusatzqualifikation mehrheitlich Zahnfilme ( $p \leq 0.01$ ). Kolleginnen/Kollegen aus kinderzahnärztlichen Praxen mit Zusatzqualifikation nutzten meist BF vor derartigen Eingriffen ( $p \leq 0.01$ ). An den Universitäten wurden vor Zahnsanierungen in Allgemeinanästhesie nie BF angefertigt (Abb. 27). Befragte mit mehr als 10 Jahren Berufserfahrung verwendeten hier überwiegend das OPG. Der Zahnfilm und die BF-Aufnahme wurden hier von den Befragten mit weniger als 10 Jahren Berufserfahrung signifikant häufiger benutzt als von den Kollegen mit über 10 Jahren zahnärztlicher Tätigkeit ( $p \leq 0.01$ ).

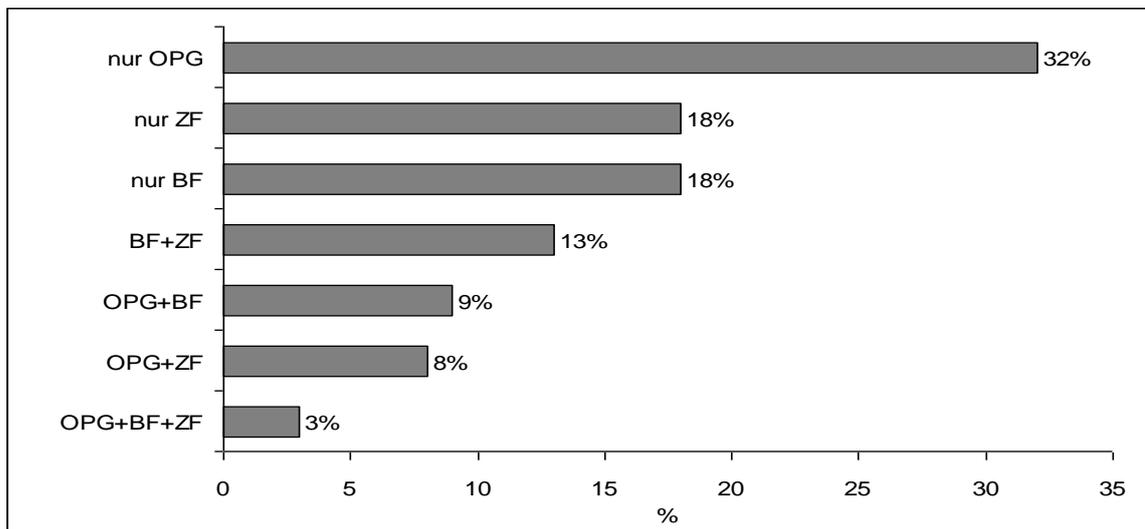


Abb. 26: Röntgenbilder, die von den Befragten regelmäßig vor ITN-Zahnsanierungen aufgrund frühkindlicher Karies angefertigt werden (Mehrfachnennungen waren möglich)

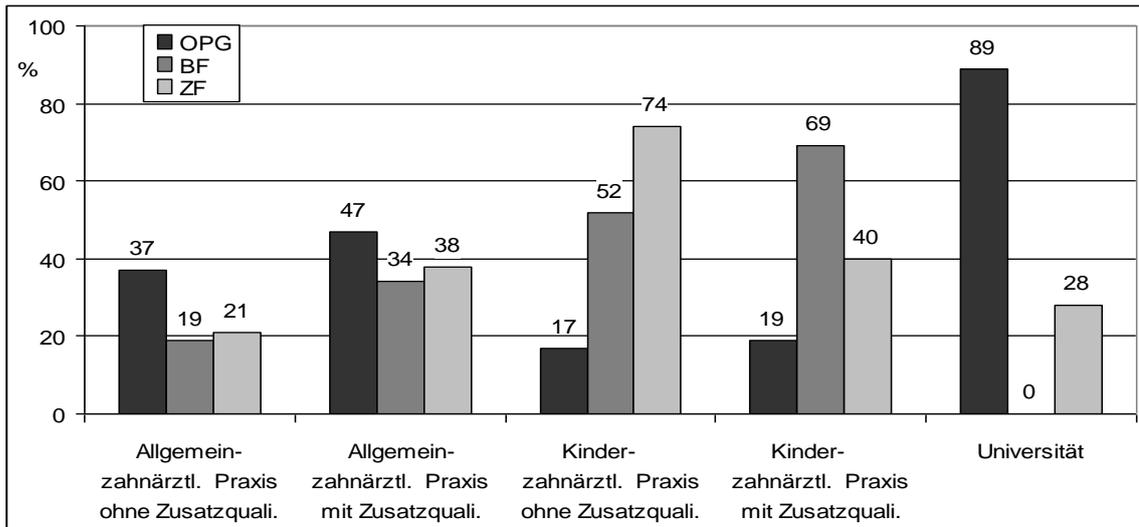


Abb. 27: Röntgenaufnahmen, die regelmäßig vor ITN-Zahnsanierungen angefertigt werden, in Abhängigkeit der Arbeitsstelle bzw. einer Zusatzausbildung (Mehrfachnennungen waren möglich)

## **5 Diskussion**

### **5.1 Diskussion zum systematischen Literaturüberblick**

#### *Methodische Überlegungen*

Anhand des systematischen Literaturüberblicks (Tab. 4-12) konnte herausgearbeitet werden, dass in den vergangenen Jahrzehnten eine Vielzahl an Untersuchungen zur diagnostischen Güte von visuellen und röntgenologischen Kariesdiagnostikverfahren publiziert wurden. Unter Berücksichtigung des jeweiligen Studiendesigns wurde allerdings auch deutlich, dass sich eine Vielzahl an wissenschaftlichen Untersuchungen vor allem methodisch voneinander unterschieden. Dabei lagen weitaus mehr In-vitro- als In-vivo-Studien zur Validität und Reproduzierbarkeit der röntgenologischen Kariesdiagnostik vor (Tab. 4-12). Dies ist dadurch zu erklären, dass mit In-vitro-Untersuchungen eine histologische Aufbereitung von Zahnschnitten bzw. -schliffen und somit eine präzise Einschätzung der quantitativen Kariesprogression möglich ist. Zudem können alle Untersuchungen patientenunabhängig und unter optimalen Bedingungen geplant und durchgeführt werden. Bei der Durchsicht der jeweiligen histologischen Untersuchungstechniken der In-vitro-Studien fiel auf, dass sich die Methoden zur histologischen Zahnaufbereitung (Hemisektion, Schnitte, Schliffe), zur Visualisierung des kariösen Prozesses (Durchlicht-, Auflicht-, Polarisationsmikroskop, Mikroradiographie, Computer-Laserscanning-Mikroskopie) sowie die Methoden zur Quantifizierung der Kariesausdehnung [Marthaler 1966, Ekstrand et al. 1997, Kühnisch et al. 2010] unterschieden (Tab. 5-12). Da die jeweilige Methodik das Validierungsergebnis und damit die diagnostische Güte einer Kariesdiagnostikmethode maßgeblich beeinflusst, muss auch der Referenzstandard selbst einer kritischen Wertung unterzogen werden [Tan Cate et al. 2000, Pitts und Stamm 2004]. Hier erscheint es notwendig, einen einheitlichen Standard für die histologische Probenaufbereitung und -untersuchung zu formulieren.

Bei den aufgefundenen Diagnostikstudien offenbarten sich des Weiteren erhebliche Unterschiede bei der Auswahl und Anzahl des untersuchten Studienmaterials (Tab. 5-12). Nur wenige Arbeitsgruppen machten detaillierte Angaben zur Zahnauswahl (Prämolaren, erste, zweite oder dritte Molaren) [Wenzel et al. 2007]. Die meisten In-vitro-Untersuchungen nutzten dritte Molaren [Haak et al. 2003, Kositbowornchai et al. 2004, Burin et al. 2005]. Da die Fissurenanatomie dritter Molaren durchaus variiert und Zahnärztinnen/ärzte im klinischen Alltag v.a. mit der Problematik der Kariesdiagnostik an ersten und zweiten Molaren konfrontiert werden, sind Ergebnisse aus In-vitro-

Studien an dritten Molaren nicht vollständig mit denen aus klinischen Untersuchungen vergleichbar. Daher haben klinische Untersuchungen ihre klare Berechtigung. Dem steht allerdings die fehlende Möglichkeit einer detaillierten Validierung entgegen [Schulze 2007].

Mit der Erstellung des systematischen Literaturüberblicks zur röntgenologischen Kariesdiagnostik war weiterhin eine uneinheitliche bzw. unvollständige Untersuchungs- und Ergebnisdarstellung in etlichen Studien zu beobachten (Tab. 5-12). Häufig fehlten Angaben zur Zusammensetzung des Zahnmaterials, außerdem waren die Ergebnisse und Angaben zur Validität bzw. Reproduzierbarkeit zum Teil lückenhaft. Da die altersspezifische Kariesverbreitung und das individuelle Kariesrisiko Untersuchungsergebnisse beeinflussen können, lassen sich diese zudem nicht immer verallgemeinern [Hellwig 2008]. Vor diesem Hintergrund erscheint eine Grundcharakterisierung mit einer durchschnittlichen Alters- und Risikoangabe der Probanden bzw. Population in klinischen Diagnostikstudien sinnvoll. Ein anderes Problem, welches die Beurteilung und Vergleichbarkeit der Untersuchungen zur röntgenologischen Kariesdiagnostik erschwert, stellt die kontinuierliche Abnahme von Studien zur Filmklasse F als auch zu den digitalen Röntgensystemen dar (Tab. 5-12). Zu den digitalen Diagnostikstudien fiel weiterhin auf, dass sowohl für die Approximal- als auch Okklusalkariesdiagnostik doppelt so viele Untersuchungen zu Sensor- als zu Speicherfoliensystemen aufgefunden wurden (Tab. 8, 12). Häufig wurden zudem digitale Prototypen untersucht, die sich zum Untersuchungszeitpunkt in Entwicklung befanden. Dabei erscheinen weitere Studien notwendig, um die wissenschaftliche Datenbasis weiter zu verbessern [Wenzel 2006, Kühnisch 2009].

### **5.1.1 Wertung der diagnostischen Güte der röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik**

*Validität:* Sowohl für das Detektionsniveau D1-4 als auch das Dentinkariesniveau (D3-4) fielen niedrige sowie heterogene SE-Werte auf (Tab. 5-8). Die SP-Werte befanden sich generell auf einem hohen Niveau. Dies bedeutet, dass gesunde Approximalflächen im Vergleich zu kariösen Läsionen aus diagnostischer Sicht korrekter erfasst wurden. Demgegenüber wurden kariöse (Dentin-)Läsionen mit einer geringeren Güte erkannt. Daher ist die röntgenologische Approximalkariesdiagnostik insgesamt mehr als eine

spezifische und weniger als eine sensitive Untersuchungsmethode einzuschätzen. Nichtsdestotrotz ist an dieser Stelle zu schlussfolgern, dass die röntgenologische Approximalkariesdiagnostik aufgrund der hohen Az-Werte von  $\geq 0.75$  als praxistauglich zu bewerten ist [Bühl und Zöfel 2000].

Die Verwendung verschiedener Röntgensysteme führt jedoch offensichtlich zu unterschiedlichen Ergebnissen. Die tendenzielle Abnahme der SE von den E-Speed- über F-Speed-Filme bis hin zu den modernen digitalen Systemen (Tab. 5-8) deutet darauf hin, dass mit älteren Filmgenerationen kariöse Läsionen besser erkannt wurden [Kühnisch et al. 2009]. Mit Fortschreiten der Empfindlichkeits-Generationen wurde neben der Abnahme der SE eine Zunahme der SP beobachtet. Da bei einer hohen SP der röntgenologischen Diagnostik ein "Overtreatment" durch die Reduktion falsch positiver Befunde vermieden wird, kann gerade deshalb eine Empfehlung für den Einsatz digitaler Systeme ausgesprochen werden [Wenzel et al. 2007, Kühnisch 2009]. Als Vorteile digitaler Röntgensysteme sind an dieser Stelle die reduzierte Strahlenbelastung, die Zeitersparnis bei der Filmentwicklung, der Wegfall des Ansetzens und Entsorgens von Entwicklerlösungen und die Möglichkeiten zur computerunterstützten Bildarchivierung, -übermittlung und -bearbeitung zu nennen.

*Reproduzierbarkeit:* Die Kappa-Werte für die Intra-Untersucher-Reproduzierbarkeit der röntgenologischen, filmbasierten Approximalkariesdiagnostik sind homogen im Bereich über 0.75 verteilt (Tab. 5-7) und diese somit als gut bis sehr gut einzuschätzen. Die Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit ist demgegenüber als moderat bis gut zu bewerten (Tab. 5-7) [Fleiss 1981, Greve & Wentura 1997]. Die Übereinstimmung des Röntgenbefundes eines Untersuchers zu verschiedenen Zeitpunkten ist für Filmgenerationen somit höher als die Übereinstimmung von Diagnosen unterschiedlicher Untersucher. Um falsch positive/negative Diagnosen zu minimieren, sollte in Studien zur röntgenologischen Kariesdiagnostik vor der eigentlichen Untersuchung ein entsprechendes Kalibrationstraining durchgeführt werden [Poorterman et al. 1997, Mileman et al. 2003, Kühnisch et al. 2005]. Da die Reproduzierbarkeit von Befunden allerdings auch einen Einfluss auf die Beurteilung von BF bei einem Kariesmonitoring hat, muss diesem Aspekt bei der zahnärztlichen Ausbildung eine hohe Bedeutung beigemessen werden. Zur Beurteilung der Reproduzierbarkeit digitaler Systeme sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

### **5.1.2 Wertung der diagnostischen Güte der röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik**

*Validität:* Mit Blick auf die Validitätswerte der röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik zeigt sich für die SE wiederum ein heterogenes Bild mit abnehmenden Werten für strahlungsärmere bzw. empfindlichere Systeme. Ein umgekehrter Trend ist demgegenüber für die SP zu beobachten, welche sich umgekehrt proportional verhalten. Die hohen Az-Werte von  $\geq 0.75$  weisen auf die Praxistauglichkeit dieses Verfahrens hin (Tab. 9-12) [Bühl und Zöfel 2000]. Schlussfolgernd ist die röntgenologische Okklusalkariesdiagnostik ebenfalls mehr als eine spezifische und weniger als eine sensitive Diagnostikmethode anzusehen. Die Ergebnisse einer Vielzahl von Studien belegen, dass die Sensitivität der visuellen Diagnostik durch die Beurteilung von BF hinsichtlich des Vorhandenseins okklusaler Dentinläsionen erhöht wird [Poorterman et al. 2000, Hopecraft und Morgan 2005, Haak et al. 2007]. Daher sollten BF auch als Hilfe bei der Therapieentscheidung an Okklusalflächen angesehen werden.

*Reproduzierbarkeit:* Im Vergleich zur Reproduzierbarkeit der röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik wurden für die Reproduzierbarkeit der Okklusalkariesdiagnostik niedrigere Werte aufgefunden (Tab. 9-12). Durch ein entsprechendes Training in der zahnärztlichen Ausbildung könnte den Schwierigkeiten bei der röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik entgegengewirkt und verbesserte Reproduzierbarkeiten erreicht werden [Poorterman et al. 1997, Mileman et al. 2003, Kühnisch et al. 2005].

### **5.1.3 Nutzen der kombiniert klinisch-röntgenologischen Kariesdiagnostik**

Für die *Approximalkariesdetektion* und -diagnostik von Dentin- als auch Schmelzläsionen ist die röntgenologische der klinischen Diagnostik überlegen und daher unbestritten die Methode der Wahl. Kariöse Läsionen sind klinisch oftmals schwer oder gar nicht zu diagnostizieren und können daher leicht übersehen werden [Kidd und Pitts 1990]. In der Konsequenz bedeutet dies, dass die kariöse Läsion später erkannt wird und die restaurative Therapie mehr Zahnhartsubstanz fordert. Folglich steigt ebenso das Risiko für notwendige endodontische Folgebehandlungen, die weitere Röntgenaufnahmen erforderlich machen, an [Poorterman et al. 2003]. Aufgrund der unsicheren Befunde der alleinigen klinischen Untersuchung und vor dem Hintergrund,

dass die Mehrzahl der kariösen Läsionen ausschließlich röntgenologisch erkannt wird (Tab. 13), ist der BF ein klarer Mehrgewinn bei der approximalen Kariesdiagnostik zuzuschreiben [Poorterman et al. 2000, Poorterman 2002, Hopecraft und Morgan 2005]. Da die röntgenologische Approximalkariesdiagnostik die Beurteilung von Schmelzläsionen zulässt, sollten standardisierte Aufnahmen angefertigt werden, um D1-2-Läsionen, die noch keiner Therapie bedürfen, in Ihrer Entwicklung zu beobachten (Kariesmonitoring).

Der zusätzliche Nutzen der BF zur klinischen *Okklusalkariesdetektion* wurde hingegen bis in die 80er Jahre kritisch diskutiert [King und Shaw 1979, Dooland und Smales 1982]. Im Zuge des Kariesrückgangs und der Veränderung des klinischen Erscheinungsbildes der Okklusalkaries wurde die BF auch für die Kariesdetektion an Okklusalflächen bedeutend. Dentinläsionen, deren Progression sich unbemerkt unter einer intakt erscheinenden Schmelzschicht vollziehen und sich der klinischen Untersuchung entziehen (hidden caries), imponieren im Röntgenbild dagegen als umschriebene Radioluzenzen. Um die Begrenzung der klinischen Befundung zu kompensieren, bedürfen vorhandene bzw. angefertigte BF neben der approximalen Auswertung deshalb auch der Beurteilung der Okklusalflächen [Heinrich-Weltzien et al. 2001]. Der Nutzen der BF zur Schmelzkariesdiagnostik an Okklusalflächen ist dagegen im Vergleich zur Diagnostik an Approximalflächen als unzureichend einzuschätzen [Machiulskiene et al. 2004], da okklusale Initialläsionen aufgrund von Schmelzübelagerungen röntgenologisch unerkant bleiben. Das Röntgenbild ist der klinischen Diagnostik auf dem Niveau einer D1-2 Läsion somit unterlegen (Tab. 14) und deshalb für ein Monitoring okklusaler Schmelzläsionen ungeeignet. Nichtsdesotrotz liefert die alleinige klinische Untersuchung der Okklusalflächen häufig unsichere Befunde und der größte Anteil okklusaler kariöser Läsionen wird bei der kombiniert klinisch-röntgenologischen Diagnostik detektiert (Tab. 14). Es kann daher formuliert werden, dass der Wert der röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik unterschätzt wird und der BF auch ein Mehrgewinn bei der Kariesdiagnostik an Okklusalflächen zuzuschreiben ist.

Schlussfolgernd ist festzuhalten, dass eine vom klinischen Befund losgelöste Beurteilung von Röntgenbilder nicht statthaft ist und BF stets im Zusammenhang mit dem klinischen Erscheinungsbild zu bewerten sind. Die röntgenologische Kariesdiagnostik ist als Sicherheitsnetz und somit als zweite Säule bei der

kariesdiagnostischen Untersuchung an Approximal- und Okklusalflächen anzusehen [Wicht et al. 2008].

Es ist jedoch darauf hinzuweisen, dass neben Positionierungsfehlern, welche zu Überlagerungen und Verzerrungen führen, auch röntgenologische Effekte (Burn-Out-Effekt, trianguläre Radioluzenzen an Mesialflächen oberer (Milch)Molaren und der Mach-Band-Effekt [Berry Jr. 1983, Rahmatulla und Wyne 1995, Kühnisch et al 2007, Kühnisch et al. 2008] zu einer erschwerten Beurteilung führen können. In deren Folge sind falsch positive Diagnosen und damit fehlerhafte Therapieentscheidungen möglich [Kühnisch et al. 2007]. Wenn BF nicht möglich, nicht vorhanden oder kontraindiziert sind, kann neben der visuellen und röntgenologischen Kariesdiagnostik die faseroptische Transillumination an Approximalflächen und die Laser-Fluoreszenz an Okklusalflächen als alternative Verfahren angewendet werden [Bader und Shugars 2004, Costa et al. 2007, Kühnisch et al. 2007, Huth et al. 2008].

## **5.2 Diskussion der Umfrageergebnisse**

### ***Methodik der Umfrage***

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden alle Mitglieder der Deutschen Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGK) (Stand Ende 2006: ca. 1200 Mitglieder) in einem Mitgliederrundschreiben gebeten, den entwickelten Fragebogen zur Röntgen-diagnostik im Kindes- und Jugendalter (Abb. 8a und b) auszufüllen. Die erzielte Rücklaufquote von 27% (n=320) ist für eine unpersönliche, postalische und schriftliche Umfrage als gut einzuschätzen. Bezugnehmend auf ähnliche Untersuchungen mit Rücklaufquoten von über 60% muss diese allerdings als vergleichsweise gering bewertet werden [Svenson et al. 1998, Tugnait et al. 2003, Taylor und Macpherson 2004]. Mit Hilfe eines Erinnerungs- bzw. eines zweiten Rundschreibens, welches in diesen Studien verschickt wurde, konnten diese hohen Rücklaufquoten erzielt werden. Dies wurde jedoch im Rahmen der vorliegenden Umfrage nicht vorgenommen.

Die schriftliche, postalisch versendete Befragung, wie sie für die vorliegende Untersuchung gewählt wurde, ist im Vergleich zur direkten Befragung kostengünstiger. Der Interviewer kann des weiteren keinen Einfluss auf den Rezipienten ausüben, wodurch Verzerrungen vermieden werden [Hüttner und Schwarting 2002]. Durch die erhöhte Bedenkzeit lässt sich zudem eine qualitativ bessere Beantwortung erreichen. Es

ist jedoch ebenso nicht auszuschließen, dass durch die Fragenabfolge und Antwortmöglichkeiten eine Beeinflussung der Zahnärztinnen/ärzte und somit der Ergebnisse erfolgte. Eine unpersönliche, papiergebundene Umfrage kann allerdings zusätzlich die Problematik aufweisen, dass die Ergebnisse nur unzureichend repräsentativ sind. Motivierte Kolleginnen/Kollegen senden den Fragebogen zurück, andere wahrscheinlich weniger häufig. Damit verbunden sind Nachteile wie z.B. eine zu geringe Rücklaufquote, Unkontrollierbarkeit der Erhebungssituation, keine Kontrolle des Arbeitsvorgangs und eine relativ lange Erhebungsdauer [Berekoven et al. 2006, Nieschlag et al. 2002, Brosius et al. 2008].

Wohl um den Einfluss der zuvor genannten Aspekte wissend, wird für die vorliegende Erhebung unterstellt, dass die gewonnenen Ergebnisse für die jeweiligen Gruppen der allgemein-, kinderzahnärztlich sowie universitär tätigen Zahnärztinnen/ärzte als weitgehend repräsentativ anzusehen sind. Zu erwähnen ist in diesem Zusammenhang, dass Kolleginnen/Kollegen aus allgemein-zahnärztlichen Praxen die Mehrheit der befragten Zahnärztinnen/ärzten repräsentieren. Dies lässt durchaus Rückschlüsse auf die Gesamtsituation in Deutschland zu.

### **5.2.1 Aktueller Stand der Röntgenausstattung und -technik**

Die vorliegende Untersuchung zeigte, dass die *analoge Röntgentechnik* mit 59% weiterhin Verwendung bei der Mehrheit der Befragten findet. Nichtsdestotrotz haben *digitale Röntgensysteme* in den vergangenen Jahren vermehrt Einzug in die zahnärztlichen Praxen gehalten. Laut den letzten Angaben der Bundeszahnärztekammer liegt der Anteil der mit digitalen Röntgeneinrichtungen ausgestatteten Zahnarztpraxen in Deutschland ungefähr zwischen 10 und 20% [Bundeszahnärztekammer 2006]. Die vorliegenden Ergebnisse belegen diesen Trend: mit insgesamt 41% finden digitale Systeme v.a. in kinderzahnärztlichen Praxen, an Universitäten (Abb.10) und bei jungen Kolleginnen/en eine weite Verbreitung. Dabei sind digitale Sensorsysteme doppelt so häufig vertreten wie Speicherfoliensysteme (Abb. 10). Verschiedene aktuelle internationale Umfragen zur Röntgenausstattung und -technik ergaben, dass etwa 15 bis 36% der befragten Praxen mit digitalen Röntgensystemen arbeiteten [Wenzel und Moystad 2001, Jacobs et al. 2004, Taylor und Macpherson 2004, Hellen-Halme et al. 2005, Russo et al. 2006, Brian und Williamson 2007, Brady 2007].

*Filmhalter* sollten eine breite Verwendung finden, um standardisierte intraorale Röntgenaufnahmen zu erhalten und Positionierungsfehler zu vermeiden [Europäische Kommission 2004, Radiation Protection 136]. Die vorliegende Befragung ergab weiterhin, dass BF in ca. 90% der Praxen mit Halter angefertigt werden. Bei anderen intraoralen Röntgenaufnahmen wurden dagegen seltener Filmhalter verwendet. Eine Umfrage zur Verwendung von BF bei Kindern in Greater Glasgow [Taylor & Macpherson 2004] beschreibt die Anwendung von Filmhaltern bei BF mit lediglich 58% [Taylor & Macpherson 2004]. Zahnärztinnen/ärzte mit einer längeren Berufserfahrung und/oder ohne Zusatzqualifikation nutzten Filmhalter laut der vorliegenden Umfrage signifikant seltener (Abb. 11,12). Selbige Beobachtung stellte auch Tugnait et al. in einer Studie von 2003 an. Eine aktuelle Studie ergab sogar, dass lediglich 19% der litauischen Zahnärzte routinemäßig Filmhalter verwenden [Peciuliene et al. 2009]. Daher ist an dieser Stelle wiederholt auf den Nutzen bzw. die Notwendigkeit von Filmhaltern zu verweisen [Potter et al. 1995].

In der vorliegenden Studie war die *Verfügbarkeit eines OPG* bei 94% der Befragten gegeben. Zwei internationalen Studien zufolge besteht hingegen nur in 61% bzw. 26% der Praxen Zugang zu einem OPG [Tugnait et al. 2003, Taylor und Macpherson 2004]. Diese Ergebnisse unterstreichen die weite Verbreitung des OPG in deutschen Zahnarztpraxen.

### **5.2.2 Aktueller Stand zur Verwendung der Bissflügel-Röntgenaufnahme bei Kindern und Jugendlichen**

#### ***Gesetzliche Rahmenbedingungen***

Grundsätzlich werden die Rahmenbedingungen zur Röntgendiagnostik in Deutschland durch gesetzliche Vorgaben geregelt. Diese wurden erstmals 1987 in Form einer *Röntgenverordnung (RöV)* eingeführt und in den darauf folgenden Jahren kontinuierlich fortgeschrieben. Die aktuelle deutsche RöV vom 04.10.2011 beschreibt die Pflichten von Betreibern einer Röntgeneinrichtung als auch qualitätssichernde Maßnahmen bei der Anwendung von Röntgenstrahlung für medizinische Zwecke. Weiter regelt die Röntgenverordnung wesentliche Bestandteile des Strahlenschutzes. Letztere zielen auf die Vermeidung unnötiger ionisierender Strahlen und auf den Schutz von (zahn)medizinischen Patienten und Personal ab. Demnach ist ein Röntgenbild nur indiziert, wenn die klinische Untersuchung allein für eine Diagnose nicht ausreicht und

zusätzliche Informationen eines Röntgenbildes die Therapieplanung beeinflussen können. In §23 der RöV wird folgendes dargelegt:

*„Röntgenstrahlen dürfen nur dann angewendet werden, wenn zuvor von einem Arzt mit Fachkunde im Strahlenschutz eine rechtfertigende Indikation gestellt wurde.“ (§23 Absatz 1,1).*

*„Die rechtfertigende Indikation erfordert die Feststellung, dass der gesundheitliche Nutzen der Anwendung am Menschen gegenüber dem Strahlenrisiko überwiegt. Andere Verfahren mit vergleichbarem gesundheitlichen Nutzen, die mit keiner oder geringerer Strahlenexposition verbunden sind, müssen bei der Abwägung zu berücksichtigt werden.“ (§ 23 Absatz 1,2 und 1,3).*

*„Die durch eine Röntgenuntersuchung bedingte Strahlenexposition ist so weit einzuschränken, wie dies mit den Erfordernissen der medizinischen Wissenschaft zu vereinbaren ist“ (§25 Absatz 2,1).*

Die Röntgenverordnung fordert zudem ausdrücklich, dass insbesondere die Personen, die Röntgenstrahlung am Menschen zu Untersuchung anwenden oder die Anwendung technisch durchführen, über die erforderliche Fachkunde oder Kenntnisse im Strahlenschutz verfügen müssen. Dies bedeutet im Gegenzug auch, dass zahnmedizinisches Ausbildungspersonal ohne die unmittelbare Anwesenheit und Übernahme der Verantwortung durch einen Zahnarzt röntgenologisch nicht tätig werden dürfen (Richtlinie Fachkunde und Kenntnisse im Strahlenschutz bei dem Betrieb von Röntgeneinrichtungen in der Medizin und Zahnmedizin). Die Ergebnisse der vorliegenden Umfrage zeigen, dass dies in nahezu 100% der Praxen sichergestellt ist. Allerdings bestätigen wenige Ausnahmen die Regel (Kapitel 4.2.1). Vor diesem Hintergrund soll verdeutlicht werden, dass die RöV die allgemeinen Rahmenbedingungen beim Umgang mit Röntgenstrahlung in Deutschland festschreibt und der Gesetzgeber die Beschreibung rechtfertigender Indikationen der Wissenschaft überlässt.

Die *Stellungnahme der DGZMK* „Wann sind zur Sicherung von Diagnose und Therapie Röntgenaufnahmen nötig?“ besagt, dass ein Röntgenbild grundsätzlich nur dann zu fordern sei, wenn die klinische Untersuchung allein für eine fundierte Diagnose nicht ausreicht oder bestimmte Behandlungsschritte geplant, überwacht, gegebenenfalls korrigiert und dokumentiert werden müssen. Die röntgenologische Kariesdiagnostik

wird dort ausschließlich bei Verdacht auf eine klinisch nicht eindeutig zu diagnostizierende Approximalkaries empfohlen. Da diese Stellungnahme ihre letzte Aktualisierung 1993 erfuhr, bleibt an dieser Stelle anzumerken, dass von Seiten der Fachgesellschaften keine aktuelle wissenschaftliche Stellungnahme oder Leitlinie vorliegt, welche rechtfertigende Indikationen zur röntgenologischen Kariesdiagnostik im Kindes- und Jugendalter entsprechend dem aktuellen wissenschaftlichen Kenntnisstand wiedergibt und die Zahnärztinnen/ärzten somit als konkrete Entscheidungshilfen in der täglichen Praxis dienen kann.

### ***Allgemeine Indikationen und Nutzen der BF***

Die BF wird im internationalen Schrifttum neben der klinischen Untersuchung unbestritten als ergänzende Methode zur Kariesdetektion und -diagnostik an Approximalflächen angesehen [Kidd und Pitts 1990, Lussi 1998, Stodt und Attin 2004, Haak et al. 2007]. Die durchgeführte Untersuchung zeigte, dass die BF von allen (100%) befragten Zahnärztinnen/ärzten zur *Approximalkariesdiagnostik* herangezogen wird (Tab. 17). Der zusätzliche Nutzen der BF zur *Okklusalkariesdiagnostik* in Ergänzung zum klinischen Befund wird demgegenüber weiterhin unterschätzt und vernachlässigt [Kidd et al. 1992, Poorterman et al. 2000]. Zahlreiche Untersuchungen belegen den Nutzen der BF zur Diagnostik der okklusalen Karies (Tab. 9-12, 14). Die vorliegende Umfrage ergab, dass lediglich 16% der Befragten die BF auch zur Diagnostik der okklusalen Karies verwendeten (Abb. 17). Ähnliche Resultate erhielten diesbezüglich auch Pitts und Eyffe 1991 (10%) und Taylor und Macpherson 2004 (9% bzw. 25%) bei ihren Untersuchungen.

Die diagnostische Differenzierung zwischen einer Schmelzkaries (D1-2) und Dentinkaries (D3-4) und die Möglichkeit der longitudinalen Kariesverlaufsbeobachtung mit BF erlauben es Zahnärztinnen/ärzten, zwischen einem präventiven und restaurativen Therapieansatz zu wählen [Pitts 1996, Heinrich-Weltzien und Kühnisch 2007]. Entsprechend den vorliegenden Umfrageergebnissen führte die Hälfte der befragten Zahnärzte (50%) (Abb. 17) ein Kariesmonitoring mit BF durch. Laut einer Umfrage aus dem Jahr 1991 wird die Kariesverlaufsbeobachtung sogar von 80% der schottischen Zahnärzte als nützlich angesehen [Pitts und Fyffe 1991].

Insgesamt gaben 37% bzw. 25% der Befragten an, die BF regelmäßig bei Erstvorstellung eines Patienten bzw. zur Routinekontrolle anzufertigen. Dies ist aus klinischer Sicht in etlichen Fällen notwendig, sollte jedoch keinesfalls als Routineuntersuchung aufgefasst werden.

### ***Indikatoren für die röntgenologische Kariesdiagnostik***

In der Literatur werden unterschiedliche Faktoren diskutiert, die bei der individuellen Kariesrisikoeinschätzung und nachfolgenden Entscheidung zur röntgenologischen Kariesdiagnostik berücksichtigt werden sollten [Twetman und Fontana 2009, Riley et al. 2010]. Neben allgemein kariesbegünstigenden Einflussgrößen wie potentiell zahnschädigende Ernährungsweisen [Marshall et al. 2003, Ismail et al. 2009], einer unzureichenden Mundhygiene sowie vorhandenem Zahnstein und sichtbarer Plaque [Etty et al. 1994], einer unzureichenden Fluoridverfügbarkeit [Sköld et al. 2005], einem niedrigen Sozialstatus [Ferrazzano et al. 2006] und ungünstigen Speichелеigenschaften [Douglass et al. 1988, Woltgens et al. 1992, Thenisch et al. 2006, Sanchez-Perez et al. 2009, Warren et al. 2009] stellen der bisherige Kariesbefall, vorhandene Restaurationen und kariöse Dentin- und Initialläsionen [Rushton et al. 1996, Edblad et al. 1998, Gowda et al. 2009, Twetman und Fontana 2009, Ewolsen und Koka 2010] wichtige klinische Indikatoren für ein erhöhtes Kariesrisiko dar. Da insbesondere Kinder und Jugendliche mit einem erhöhten Kariesrisiko von der röntgenologischen Diagnostik profitieren, resultiert hieraus wiederum die Notwendigkeit der ergänzenden röntgenologischen Kariesdiagnostik.

Den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung zufolge wurde der bisherige Kariesbefall als wichtigster Aspekt bei der Entscheidung zur röntgenologischen Kariesdiagnostik mittels BF seitens der befragten Zahnärztinnen/ärzten eingestuft. Des Weiteren wurden die Mundhygiene, eine kariesrisikobehaftete Ernährungsweise und vorhandene Initialläsionen als „wichtige“ Faktoren bei der Entscheidungsfindung zur röntgenologischen Kariesdiagnostik angesehen (Tab. 14). Da das Vorhandensein vieler Füllungen und klinisch sichtbarer Karies für ein hohes Kariesrisiko bzw. eine überproportional hohe Kariesaktivität sprechen [Pitts und Kidd 1992, Ferguson und Festa 1993, Nunn et al. 1997], kann mit einer hohen Wahrscheinlichkeit mit weiteren, klinisch nicht erfassbaren kariösen Läsionen gerechnet werden. Nichtsdestotrotz hielten

lediglich 39% bzw 20% der Befragten die BF bei vielen Füllungen bzw. klinisch sichtbarer Karies indiziert (Abb. 17).

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stimmen im Wesentlichen mit vergleichbaren internationalen Umfragen überein. Faktoren wie klinisch erkennbare kariöse Läsionen, Initialläsionen und viele Füllungen, ein hoher Zuckerkonsum, eine unzureichende Mundhygiene und unregelmäßige Kontrolluntersuchungen beeinflussen hiernach die Indikationsstellung von BF bei jungen Patienten [Espelid et al. 2003, Taylor und Macpherson 2004, Mejare 2005]. Aufgrund der begrenzten Datenlage bezüglich klinischer Indikatoren, welche für die rechtfertigende Indikation von BF sprechen, sollten diesbezüglich weitere Untersuchungen initiiert werden.

### ***Altersspezifische Indikationen der BF***

Bei der Entscheidung zur röntgenologischen Kariesdiagnostik sollte neben den genannten Risikoindikatoren auch die altersspezifische Kariesverbreitung Berücksichtigung finden. Im Alter von 5 Jahren stehen die Approximalflächen der Milchmolaren seit ca. 2-3 Jahren in Kontakt zueinander. Im Milchgebiss ist zudem von einer schnelleren Progredienz der Karies auszugehen [Shwartz et al. 1984, Pierro et al. 2008]. Daher kommt der röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik in dieser Altersgruppe eine Besondere Bedeutung zu.

Bei 8- bis 9-Jährigen stehen die ersten bleibenden Molaren mit deren Mesialflächen seit etwa 2-3 Jahren in Kontakt mit der Distalfläche des zweiten Milchmolaren. Das Risiko der Kariesentstehung an der Mesialfläche des ersten bleibenden Molaren steigt an, wenn die Distalfläche des Milchmolaren kariös oder bereits gefüllt ist [Mejare und Stenlund 2000, Stenlund et al. 2002, David et al. 2006].

Der Nutzen der BF bei 12- bis 13-Jährigen wird kontrovers diskutiert, da zu diesem Zeitpunkt das bleibende Gebiss erst seit kurzer Zeit vollständig ist [de Vries et al. 1990, Machiulskiene et al. 1999]. Nichtsdestotrotz wurde festgestellt, dass das Vorhandensein einer Dentinkaries in dieser Altersgruppe mit dem Karieszuwachs an Approximalflächen bis ins junge Erwachsenenalter hinein korreliert [Poorterman et al. 2001, Poorterman et al. 2002, Stenlund et al. 2002]. Während den ersten 3-4 Jahren nach der Einstellung der Approximalkontakte ist das Risiko der Entstehung neuer Approximalläsionen und die Progression bestehender kariöser Läsionen insbesondere bei kariesaktiven Patienten erhöht. Selbige Beobachtungen wurden auch für die

Okklusalkaries an 12-Jahres-Molaren beschrieben [Mejare et al. 2004]. Vor diesem Hintergrund stellt die BF bei 15- bis 16-Jährigen ein wichtiges ergänzendes Hilfsmittel bei der Kariesdiagnostik dar. Bei Jugendlichen, die in diesem Alter keine Approximalkaries aufweisen, besteht ein vergleichsweise geringes Risiko, neue kariöse Läsionen zu entwickeln [Mejare et al. 2004]. Generell ist die Entstehung neuer approximaler kariöser Läsionen und das Fortschreiten von Initialläsionen ab diesem Alter ein mehrheitlich langsamer Prozess [Hintze 2001]. Im Folgenden werden die diagnostischen Ziele der röntgenologischen Kariesdiagnostik in Relation zum Alter zusammengefasst:

- 5-6 Jahre: Approximalkariesdiagnostik an Milchmolaren
- 8-9 Jahre: Approximalkariesdiagnostik an Milchmolaren  
Approximal-/Okklusalkariesdiagnostik an ersten bleibenden Molaren
- 12-13 Jahre: Approximal-/Okklusalkariesdiagnostik bei hohem Kariesrisiko
- 14-17 Jahre: Approximal-/Okklusalkariesdiagnostik

Die durchgeführte Umfrage zum Gebrauch der BF bei Kindern und Jugendlichen ergab, dass insgesamt lediglich 22% der befragten Zahnärztinnen/ärzte Röntgenaufnahmen bei unter 5-Jährigen für zufriedenstellend durchführbar hielten (Abb. 13). Vor diesem Hintergrund ist es nicht verwunderlich, dass nur etwa 20% der Gesamtheit der Zahnärztinnen/ärzte in dieser Altersgruppe regelmäßig BF anfertigten (Abb. 15). Demgegenüber waren aber zwei Drittel der Zahnärztinnen/ärzte der Meinung, dass Röntgenbilder ab dem Alter von 5 bis 6 Jahren zufriedenstellend anzufertigen sind. Ab dem 6. Lebensjahr waren BF nach Aussage von 84% der Zahnärztinnen/ärzte meistens korrekt anzufertigen. Den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchung zufolge fertigten etwa ein Drittel der Gesamtheit der befragten Kollegen regelmäßig BF im Alter von 6 bis 7 Jahren an. Aus den wenigen vergleichbaren internationalen Untersuchungen liegen vergleichbare Ergebnisse vor. Laut einer aktuellen Umfrage in Schottland würden nur 17% der Zahnärztinnen/ärzte bei Bedarf BF bei unter-5-Jährigen anfertigen. Beinahe zwei Drittel (61%) der schottischen Zahnärzte zogen BF nicht vor dem 6. Lebensjahr in Betracht [Taylor & Macpherson 2004].

In der Altersgruppe der 8- bis 9-Jährigen würden BF dagegen generell seltener angefertigt. Die vorliegende Untersuchung ergab des Weiteren, dass bei den 14- bis 17-Jährigen mit einer mehrheitlichen Übereinstimmung der Befragten wieder regelmäßiger

BF angefertigt werden (Abb. 15). Bei allen Fragen, die sich auf das Alter für Röntgenaufnahmen bezogen, war zudem auffallend, dass Zahnärztinnen/ärzte aus kinderzahnärztlichen Praxen, mit einer Zusatzqualifikation im Bereich der Kinder- und Jugendzahnheilkunde (Abb. 15) und junge Kollegen mit einer Berufserfahrung <10 Jahren und jüngeren Universitätsabschluss BF vergleichsweise häufiger und früher im Milch- und Wechselgebiss indiziert sahen (Abb. 16).

### **5.3 Weiterführende Überlegungen**

Bei der Diskussion rechtfertigender Indikationen der BF müssen die gesetzlichen Vorgaben (§ 23 RöV), das Kariesrisiko und der Altersbezug Berücksichtigung finden. Von Seiten (inter)nationaler Autoren und einzelnen Fachgesellschaften wurden bereits verschiedene Empfehlungen zur Kariesdetektion und –diagnostik unter Berücksichtigung des Kariesrisikos und des Alters veröffentlicht (Tab. 17). Bei Betrachtung lassen sich verschiedene Aspekte zusammenfassen:

BF werden insbesondere im späten Milchgebiss (~5. Lj.), zu Beginn der zweiten Wechselgebissphase (8./9. Lj.) und wenige Jahre nach Einstellung der bleibenden Dentition (14.-17. Lj.) als besonders hilfreich erachtet. Als gemeinsames Merkmal der vorhandenen Empfehlungen sind weitgehend pauschalisierte bzw. starre Intervalle zur wiederholten Anfertigung von BF (Monitoring) zu nennen. Für Nicht-Risikopatienten sind dies mehrheitlich drei Jahre, im Fall von Kariesrisikopatienten ein Jahr. Die Empfehlungen stammen zudem teilweise aus Zeiten bzw. Regionen und Ländern mit einem hohen Kariesbefall, einer raschen Kariesprogression einer hohen Rate an neuen kariösen Läsionen (Tab. 17).

Mit Blick auf §23 RöV ist an dieser Stelle daher die Forderung nach einer individualisierten Entscheidung für jeden einzelnen Patienten zu nennen. Neben der Altersgruppe und dem jeweiligen Kariesrisiko kann das Progressionsstadium (D-Klassifikation) vorhandener kariöser Läsionen als Orientierungshilfe bei der individuellen Entscheidung zur röntgenologischen Verlaufsdagnostik dienen. Folgende Aspekte sind hierbei zu beachten: Die Kariesprogression verläuft bei Kindern und Jugendlichen beträchtlich schneller im Vergleich zu Erwachsenen [Shwartz et al. 1984, Mejare und Stenlund 2000, Mejare et al. 2004]. Bei Nicht- oder Niedrigrisikopatienten ist von einer langsamen Progression auszugehen, wohingegen bei Hochrisikopatienten

eine sehr viel schnelleren Progression möglich ist. Aufgrund der Erkenntnis, dass initiale Läsionen im Schmelz in der Regel sehr langsam bis zur Schmelz-Dentin-Grenze voranschreiten [Brabner et al. 1995, Hintze 1997, Vanderas et al. 2003], kann bei der Diagnose einer äußeren Schmelzläsion (D1) eine präventive Behandlungsstrategie im Sinne eines Kariesmonitorings gewählt und die invasive Intervention vermieden bzw. zeitlich verlagert werden [Mejare et al. 1999]. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Röntgenbild dem klinischen Befund hinterherhängt [Bin-Shuwaish et al. 2008] und Schmelzläsionen, die bis nahe an die Schmelzdentingrenze heranreichen (D2), eines engmaschigen Monitorings bedürfen. Da eine Dentinkaries (D3-4) mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit mit oberflächlichen Kavitationen einhergeht, ist in der Regel auch eine weitere Progression zu erwarten [Foster 1998, Mejare und Stenlund 2000, Kühnisch et al. 2011]. Daher steht die Behandlungsbedürftigkeit dieser Läsionen außer Frage. Es ist in der Regel die Indikation zu einem invasiven und damit restaurativen Vorgehen angezeigt [Wicht et al. 2008]. Als nicht-invasives, präventives Vorgehen wurde jüngst die Kariesinfiltration [Phark et al. 2009, Kugel et al. 2009] eingeführt. Die Indikation ist entsprechend den Herstellerempfehlungen sowohl für proximale Schmelzläsionen als auch Zähne mit einer approximalen Dentinkaries und einer Penetrationstiefe von  $\frac{1}{3}$  der Dentindicke angezeigt [<http://de.dmg-dental.com/produkte/kariesinfiltration/icon/die-indikation/>]. Da es im Milchgebiss aufgrund der geringeren Schmelzstärke schneller zu einer Dentinbeteiligung des kariösen Prozesses kommt, sollte die restaurative Therapie im Vergleich zur bleibenden Dentition früher erfolgen [Anderson et al. 2005].

Es ist ferner festzuhalten, dass der größte diagnostische Nutzen von BF zur Kariesdiagnostik bei Kindern und Jugendlichen erzielbar ist, wenn die Indikation individualisiert auf Grundlage des klinischen Befundes und der Kariesrisiko-Einschätzung gestellt wird. Die Einschätzung des Zahnarztes ist dabei ein verlässlicher Kariesprädiktor [Disney et al. 1992, Anderson et al. 2005, Lillehagen et al. 2007]. Zudem geben vorhandene (nicht kavitierte) kariöse Läsionen objektive Hinweise über das jeweilige Kariesrisiko des Kindes [Kühnisch et al. Quintessenz 2010]. Anhand der Erstaufnahme oder vorhandenen Röntgenbildern kann dann folglich eine individuelle Empfehlung für das Monitoringintervall auf Grundlage der D-Klassifikation gestellt werden. Mit zunehmendem Lebensalter können die Intervalle verlängert werden. Eine eigene Empfehlung für ein individuelles Kariesmonitoring auf Grundlage der D-

Klassifikation und den vorangegangenen Erläuterungen kann der Tabelle 18 entnommen werden.

Tab. 17: Empfehlungen zur röntgenologischen Kariesdetektion und -diagnostik

Alter bzw. Dentitionsalter bei Erstanferigung der BF	BF-Kontrollintervall		
	Niedriges Kariesrisiko/ Ø klinische Karies	Mittleres Kariesrisiko	Hohes Kariesrisiko/ klinische Karies
<i>Pitts &amp; Kidd 1992</i>			
3-6 Jahre	2 Jahre	1 Jahr	6 Monate
7-13 Jahre	1-2 Jahre		
14-17 Jahre	2 Jahre		
Ab 18 Jahren	2 Jahre		
<i>European Academy of Paediatric Dentistry (EAPD) [Mejare et al. 2001]</i> (*6 Monate bei unversorgten Dentinläsionen)			
5 Jahre	3 Jahre	-	1 Jahr
8-9 Jahre	3-4 Jahre		1 Jahr
12-16 Jahre	2 Jahre		1 Jahr *
Ab 16 Jahren	3 Jahre		1 Jahr *
<i>Europäische Kommission [Radiation Protection 136, 2004]</i>			
Wechselgebiss	12-18+ Monate	1 Jahr	6 Monate
Bleibendes Gebiss	24+ Monate		
<i>American Academy of Pediatric Dentistry (AAPD) [American Dental Association 2009]</i> (*wenn Approximalflächen klinisch nicht beurteilbar sind)			
Milchgebiss *	12-24 Monate	-	6 Monate
Wechselgebiss			
Bleibendes Gebiss	18-36 Monate	-	6-12 Monate
Jugendlicher			
(bis zum Durchbruch der 3. Molaren)			
Erwachsener	24-36 Monate		12-18 Monate
<i>Mejare 2005</i> (*6 Monate bei unversorgten Dentinläsionen)			
5 Jahre	3 Jahre	-	1 Jahr
8-9 Jahre	3-4 Jahre		1 Jahr
12-13 Jahre	2 Jahre		1 Jahr *
15-16 Jahre	3 Jahre		1 Jahr *

Tab. 18: Empfehlung für ein individuelles Kariesmonitoring auf Grundlage der D-Klassifikation. Ein Kariesmonitoring muss immer von adäquaten Präventionsmaßnahmen begleitet werden.

<i>D-Klassifikation</i>	<i>Milchgebiss</i>		<i>Bleibendes Gebiss</i>			
	Kariesrisiko	Non-Kariesrisiko	Kariesrisiko		Non-Kariesrisiko	
			<~20 Jahre	>~20 Jahre	<~20 Jahre	>~20 Jahre
D1	~1-2 Jahre	2-3 Jahre	2 Jahre	3Jahre	3-4 Jahre	5 Jahre
D2	1Jahr	2 Jahre	1-2 Jahre	2-3Jahre	2-3 Jahre	3-4 Jahre
D2-3	-	-	-	1 Jahr (*)	1 Jahr (*)	2 Jahr (*)
D3-4	-	-	-	-	-	-

(\*) Restaurative Intervention bei hohem Kariesrisiko

#### **5.4 Aktueller Stand zum Gebrauch des Orthopantomogramms und des Zahnfilms**

##### *Indikationsstellungen zur Anfertigung eines OPG und ZF*

Das OPG, dessen Wert als Übersichtsaufnahme unbestritten ist [Stellungnahme der DGZMK 2000], wird zur Parodontaldiagnostik, vor umfangreicher Zahnersatzplanung und Implantatinsertion sowie zur Traumadiagnostik empfohlen. Im Kindes- und Jugendalter dient das OPG vorwiegend zur Kontrolle der Zahnanlagen, Überwachung der Gebissentwicklung und Weißheitszahndiagnostik [Joseph 1987, Martinez et al. 2007]. Die vorliegende Untersuchung ergab, dass die Angaben der befragten Zahnärztinnen/ärzten weitgehend im Einklang mit diesen wissenschaftlich begründeten Indikationsstellungen waren (Abb. 21). Bezüglich der Anfertigung eines OPG bei Erstvorstellung (39%), zur Zufallsbefundung (32%) und Routinekontrolle (7%) (Abb. 21) ist anzumerken, dass ein OPG in diesen Situationen nur dann rechtfertigen ist, wenn die klinische Untersuchung und Symptomatik es erfordern und ein diagnostischer Nutzen zu erwarten ist. Der routinemäßige Einsatz des OPG ist nicht zu befürworten [Barrett et al. 1984, Ignelzi et al. 1989, Rushton et al. 2002]. Des Weiteren ist zu erwähnen, dass der diagnostische Nutzen des OPG zur Kariesdiagnostik und -detektion dem der BF weit unterlegen ist [Douglass et al. 1986, Molander et al. 1993, Molander 1996, Akkaya et al. 2006] und das OPG daher keine Indikation im Bereich der Kariesdetektion und -diagnostik hat [Ahlqwist et al. 1986].

Die regelmäßige Anfertigung eines OPG erfolgte nach Angaben der Befragten vermehrt im Alter von 10-11 und 16-17 Jahren (Abb. 23). In der Altersgruppe der 10- bis 11-Jährigen ist dieser Trend dadurch zu erklären, dass in diesem Alter vermehrt die Zahnanlagen sowie die Gebissentwicklung kontrolliert werden. Bei 16- bis 17-Jährigen steht dagegen v.a. die Weißheitszahndiagnostik im Vordergrund.

Der ZF wird dann empfohlen, wenn die Erkennbarkeit detaillierter Strukturen notwendig ist [Stellungnahme der DGZMK 2000]. Er sollten zum Einsatz kommen, wenn z.B. die Wurzel(kanal)anatomie, die periapikale Region und/oder der parodontale Knochenverlauf einer Einschätzung bedürfen. Darüber hinaus werden ZF, therapiebegleitend zur Kontrolle endodontischer Behandlungsschritte, nach einem Zahntrauma oder zur Lokalisation verlagelter Zähne benötigt [Ridao-Sacie et al. 2007]. Die Ergebnisse der durchgeführten Befragung zu den typischen Indikationsstellungen zur Anfertigung eines ZF entsprachen den wissenschaftlichen Empfehlungen (Abb. 25).

## 6 Zusammenfassung

Zielstellung der vorliegenden Dissertation war es, einerseits einen systematischen Literaturüberblick zur diagnostischen Güte der röntgenologischen Kariesdetektion und -diagnostik zu erstellen und andererseits die gegenwärtige Situation der Röntgen-diagnostik bei Kindern und Jugendlichen in der zahnärztlichen Praxis zu erfassen.

Dem ersten Studienziel folgend wurden für den systematischen Literaturüberblick entsprechend den Ein- und Ausschlusskriterien 95 Studien zur röntgenologischen Approximalkariesdiagnostik und 66 Untersuchungen zur röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik identifiziert. Folgende Kernaussagen können hierzu abschließend zusammengefasst werden:

1. Die Mehrzahl aller Studien untersuchten konventionelle Filme (N=137). Vergleichsweise wenig Studien (N=57) wurden zu den digitalen Systemen aufgefunden.
2. Insgesamt ist die röntgenologische Kariesdiagnostik mehr als eine spezifische und weniger als eine sensitive Methode anzusehen. Für die analoge Röntgendiagnostik (D-, E- und F-Speed) wurden sehr heterogene SE-Werte überwiegend im Bereich von 20-60% aufgefunden; die Werte für die Spezifität waren generell höher und überwiegend im Bereich von 80-100% verteilt. Digitale Systeme zeigten vergleichsweise stärkere Diskrepanzen zwischen SE- und SP-Werten. Die SE-Werte lagen hier überwiegend im Bereich von 20%, die SP-Werten vorwiegend bei  $\geq 90\%$ . Der Zahnarzt sollte sich dieser Unterschiede bei der Kariesdiagnostik bewusst sein, da eine hohe SE mit einer höheren Wahrscheinlichkeit falsch positiver Diagnosen und eine hohe SP mit einer höheren Wahrscheinlichkeit falsch negativer Diagnosen einhergeht.
3. Die Az-Werte lagen sowohl für die röntgenologische Approximal- als auch Okklusalkariesdiagnostik im Bereich von und über 0.75. Die diagnostische Güte kann somit für beide Zahnflächen als durchaus akzeptabel und die untersuchte Diagnostikmethode als praxistauglich bewertet werden.
4. Für die Intra-Untersucher-Reproduzierbarkeit zeigten älterer Filmgenerationen überwiegend höhere Werte im Vergleich zur Inter-Untersucher-Reproduzierbarkeit. Ein entsprechendes Training zur röntgenologischen Kariesdetektion und -diagnostik erscheint in der zahnärztlichen Aus- und Weiterbildung daher notwendig. Zur

Beurteilung der Reproduzierbarkeit digitaler Systeme sollten weitere Untersuchungen durchgeführt werden.

5. Der systematische Literaturüberblick zum klinischen Nutzen der BF ergab, dass bis zu 93% aller approximalen Schmelz- (D1-2) bzw. 89% aller Dentinläsionen (D3-4) ausschließlich durch die röntgenologische Approximalkariesdiagnostik erkannt werden (Mittelwert: D1-2: 54% / D3-4: 58%). Bei der alleinigen röntgenologischen Okklusalkariesdiagnostik wurden dagegen weniger (Mittelwert: D1-4: 36%) kariöse Läsionen erkannt, als bei der alleinigen klinischen Diagnostik (Mittelwert: D1-4: 67%). Nichtsdestotrotz ist der zusätzliche Nutzen der röntgenologischen Kariesdiagnostik auch an den Okklusalfächen eindeutig gegeben, da die meisten Läsionen bei der kombiniert klinisch-röntgenologischen Untersuchung diagnostiziert wurden (Mittelwert: D1-4: 97%). Um die Begrenzung der klinischen Befundung zu kompensieren sollte die BF daher als wichtigstes Hilfsmittel sowohl bei der approximalen als auch okklusalen Kariesdetektion und -diagnostik herangezogen werden.

Dem zweiten Studienziel folgend wurde eine Umfrage zur Röntgendiagnostik bei Kindern und Jugendlichen unter Zahnärzten durchgeführt. Im Rahmen dieser Umfrage konnten 320 beantwortete Fragebögen ausgewertet werden. Die Rücklaufquote betrug 27%. Folgende Kernaussagen können abschließend zusammengefasst werden:

1. Im Ergebnis der Umfrage zeigte sich insgesamt eine gute Übereinstimmung der „Praxissituation“ im Hinblick auf die wissenschaftlichen Forderungen.
2. Die Anfertigung von Röntgenaufnahmen hielt die Mehrheit der Befragten (67%) ab einem Alter zwischen dem 5. und 6. Lebensjahr für zufrieden stellend durchführbar. Die BF sei im Alter von 6 Jahren meistens (in 84%) korrekt anzufertigen.
3. Die Altersgruppen, in denen regelmäßig bzw. vermehrt BF angefertigt würden, waren 6- bis 7-Jährige und 14/15-Jährige.
4. Insgesamt war festzustellen, dass Zahnärztinnen/-ärzte aus kinderzahnärztlichen Praxen, mit einer Zusatzqualifikation im Bereich der Kinder- und Jugendzahnheilkunde und/oder jüngere Kollegen früher und häufiger im Kindesalter röntgten, als ihre Kollegen in Allgemeinzahnärztlichen Praxen, ohne Zusatzausbildung und/oder ältere Kollegen.

6. Das diagnostische Hauptziel der BF war einheitlich die Approximalkariesdiagnostik. Demgegenüber wurde der Wert der BF zur Okklusalkariesdiagnostik weitgehend unterschätzt. Etwa die Hälfte der Befragten nutzten die BF auch für ein Kariesmonitoring.
7. Der wichtigste Faktor, welcher bei der Entscheidung zur Anfertigung von BF beachtet würde, war der bisherige Kariesbefall des Patienten. Desweiteren waren die Mundhygiene, eine gut Kooperation, eine Kariesrisikobehaftete Ernährungsweise, vorhandene Initiailläsionen, der Kariesbefall der Geschwister und die Strahlenbelastung wichtige Kriterien, die beachtet würden.

Die Röntgendiagnostik hat nicht nur zur röntgenologischen Kariesdetektion und -diagnostik ihren festen Platz in der zahnärztlichen Praxis. Nichtsdestotrotz erscheint vor dem Hintergrund des herausgestellten Nutzen der Approximal- und Okklusalkariesdiagnostik sowie den gesetzlichen Rahmenbedingungen die Notwendigkeit gegeben, fachübergreifende Empfehlungen zur Indikationsstellung der röntgenologischen Kariesdiagnostik zu erarbeiten.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Abreu M Jr, Tyndall DA, Platin E, Ludlow JB, Phillips C: Two- and three-dimensional imaging modalities for the detection of caries. A comparison between film, digital radiography and tuned aperture computed tomography (TACT). *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:152-157.
2. Abreu M Jr, Tyndall DA, Ludlow JB: Detection of caries with conventional digital imaging and tuned aperture computed tomography using CRT monitor and laptop displays. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1999;88:234-238.
3. Abreu M Jr, Mol A, Ludlow JB: Performance of RVGui sensor and Kodak Ektaspeed Plus film for proximal caries detection. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001;91:381-385.
4. Akarsu S, Köprülü H: In vivo comparison of the efficacy of DIAGNOdent by visual inspection and radiographic diagnostic techniques in the diagnosis of occlusal caries. *J Clin Dent* 2006;17:53-58.
5. Akkaya N, Kansu O, Kansu H, Cagirankaya LB, Arslan U: Comparing the accuracy of panoramic and intraoral radiography in the diagnosis of proximal caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:170-174.
6. Alkurt MT, Peker I, Bala O, Altunkaynak B: In vitro comparison of four different dental X-ray films and direct digital radiography for proximal caries detection. *Oper Dent* 2007;32:504-509.
7. Alm A, Wendt LK, Koch G, Birkhed D: Prevalence of approximal caries in posterior teeth in 15-year-old Swedish teenagers in relation to their caries experience at 3 years of age. *Caries Res* 2007;41:392-398.
8. American Dental Association: The Selection of Patients for dental radiographic examinations. U S Department of Health and Human Services PHS, Food and Drug Administration 2004; American Dental Association, Council on Dental Benefit Programs CoSA.
9. Anderson M, Stecksén-Blicks C, Stenlund H, Ranggard L, Tsilingaridis G, Mejare I: Detection of approximal caries in 5-year-old Swedish children. *Caries Res* 2005;39:92-99.
10. Angmar-Mansson BE, Al-Khateeb S, Tranaeus S: Caries diagnosis. *J Dent Educ* 1998;62:771-780.
11. Angnes V, Angnes G, Batistella M, Grande RH, Loguercio AD, Reis A: Clinical effectiveness of laser fluorescence, visual inspection and radiography in the detection of occlusal caries. *Caries Res* 2005;39:490-495.
12. Ashley PF, Blinkhorn AS, Davies RM: Occlusal caries diagnosis: an in vitro histological validation of the Electronic Caries Monitor (ECM) and other methods. *J Dent* 1998;26:83-88.
13. Bader JD, Shugars DA: A systematic review of the performance of a laser fluorescence device for detecting caries. *J Am Dent Assoc* 2004;135:1413-1426.
14. Barber LR, Wilkins EM: Evidence-based prevention, management, and monitoring of dental caries. *J Dent Hyg* 2002;76:270-275.

15. Becker T, Levin L, Shochat T, Einy S: How much does the DMFT index underestimate the need for restorative care? *J Dent Educ* 2007;71:677-681.
16. Berekoven L, Eckert W, Ellenrieder P: *Marktforschung. Methodische Grundlagen und praktische Anwendung*. 10. Auflage. Gabler. 2006; S. 116ff.
17. Berry HM, Jr.: Cervical burnout and Mach band: two shadows of doubt in radiologic interpretation of carious lesions. *J Am Dent Assoc* 1983;106:622-625.
18. Bille J, Thylstrup A: Radiographic diagnosis and clinical tissue changes in relation to treatment of approximal carious lesions. *Caries Res* 1982;16:1-6.
19. Bin-Shuwaish M, Dennison JB, Yaman P, Neiva G: Estimation of clinical axial extension of Class II caries lesions with ultraspeed and digital radiographs: an in-vivo study. *Oper Dent* 2008a;33:613-621.
20. Bloemendal E, de Vet HC, Bouter LM: The value of bitewing radiographs in epidemiological caries research: a systematic review of the literature. *J Dent* 2004;32:255-264.
21. Bohay RN, Kogon SL, Stephens RG: A survey of radiographic techniques and equipment used by a sample of general dental practitioners. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994;78:806-810.
22. Bohay RN, Stephens RG, Kogon SL: Radiographic examination of children. A survey of prescribing practices of general dentists. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79:641-645.
23. Bottin P, Paschoud Y, Holz J: Fissure caries: the correlation of clinical and radiological data. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1991;101:551-556.
24. Brabner D, Downer MC, Moles DR, Naylor MN: Initial caries attack and average progression rates in 12-year-old Isle of Wight children. *Community Dent Health* 1995;12:190-193.
25. Brady DT: Digital radiography: a survey of dentists in Hawai'i. *Hawaii Dent J* 2007;38:10, 12-10, 13.
26. Brian JN, Williamson GF: Digital radiography in dentistry: a survey of Indiana dentists. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:18-23.
27. Brosius H-B, Koschel F, Haas A: *Methoden der empirischen Kommunikationsforschung. Eine Einführung*. Vs Verlag. 4. überarbeitete und erweiterte Auflage. 2008; S. 118.
28. Bühl A, Zöfel P: *SPSSVersion 10. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows*. München: Addison Wesley-Verlag 2000.
29. Bundeszahnärztekammer (BZÄK): *Zahnarztzahlen - Entwicklung*. Internet: [www.bzaek.de/list/presse/datenfakten/02zahnarztzahlenentwicklung.pdf](http://www.bzaek.de/list/presse/datenfakten/02zahnarztzahlenentwicklung.pdf) 2006.
30. Burin C, Burin C, Loguercio AD, Grande RH, Reis A: Occlusal caries detection: a comparison of a laser fluorescence system and conventional methods. *Pediatr Dent* 2005;27:307-312.
31. Caliskan Yanikoglu F, Ozturk F, Hayran O, Analoui M, Stookey GK: Detection of natural white spot caries lesions by an ultrasonic system. *Caries Res* 2000;34:225-232.

32. Callaghan D, Crocker C: The role of bitewing radiographs--a review of current guidelines. *J Ir Dent Assoc* 2007;53:92-95.
33. Castro VM, Katz JO, Hardman PK, Glaros AG, Spencer P: In vitro comparison of conventional film and direct digital imaging in the detection of approximal caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:138-142.
34. Chadwick BL, Dummer PH: Factors affecting the diagnostic quality of bitewing radiographs: a review. *Br Dent J* 1998;184:80-84.
35. Christensen GJ: Why switch to digital radiography? *J Am Dent Assoc* 2004;135:1437-1439.
36. Clark HC, Curzon ME: A prospective comparison between findings from a clinical examination and results of bitewing and panoramic radiographs for dental caries diagnosis in children. *Eur J Paediatr Dent* 2004;5:203-209.
37. Cohen J: A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ psychol Measurement* 1960;XX:37-46.
38. Cortes DF, Ekstrand KR, Elias-Boneta AR, Ellwood RP: An in vitro comparison of the ability of fibre-optic transillumination, visual inspection and radiographs to detect occlusal caries and evaluate lesion depth. *Caries Res* 2000;34:443-447.
39. Costa AM, Yamaguti PM, De Paula LM, Bezerra AC: In vitro study of laser diode 655 nm diagnosis of occlusal caries. *ASDC J Dent Child* 2002;69:249-53, 233.
40. Costa AM, Bezzerra AC, Fuks AB: Assessment of the accuracy of visual examination, bite-wing radiographs and DIAGNOdent on the diagnosis of occlusal caries. *Eur Arch Paediatr Dent* 2007;8:118-122.
41. Creanor SL, Russell JI, Strang DM, Stephen KW, Burchell CK: The prevalence of clinically undetected occlusal dentine caries in Scottish adolescents. *Br Dent J* 1990;169:126-129.
42. da Silva Neto JM, dos Santos RL, Sampaio MC, Sampaio FC, Passos IA: Radiographic diagnosis of incipient proximal caries: an ex-vivo study. *Braz Dent J* 2008;19:97-102.
43. David J, Raadal M, Wang NJ, Strand GV: Caries increment and prediction from 12 to 18 years of age: a follow-up study. *Eur Arch Paediatr Dent* 2006;7:31-37.
44. de Araujo FB, de Araujo DR, dos Santos CK, de Souza MA: Diagnosis of approximal caries in primary teeth: radiographic versus clinical examination using tooth separation. *Am J Dent* 1996;9:54-56.
45. de Araujo EA, Castilho JC, Medici FE, de Moraes ME: Comparison of direct digital and conventional imaging with Ekta Speed Plus and INSIGHT films for the detection of approximal caries. *Am J Dent* 2005;18:241-244.
46. de Vries HC, Ruiken HM, Konig KG, van 't Hof MA: Radiographic versus clinical diagnosis of approximal carious lesions. *Caries Res* 1990;24:364-370.
47. Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde: Einzelbildstatus oder Orthopantomogramm, Stand 12/00.

48. Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde: Wann sind zur Sicherung von Diagnose und Therapie Röntgenaufnahmen nötig? Dtsch Zahnärztl Z 1993;48.
49. Disney JA, Graves RC, Stamm JW, Bohannon HM, Abernathy JR, Zack DD: The University of North Carolina Caries Risk Assessment study: further developments in caries risk prediction. Community Dent Oral Epidemiol 1992;20:64-75.
50. Dooland M, Smales RJ: The diagnosis of fissure caries in permanent molar teeth. J Dent Child 1982;49.
51. Douglass CW, Valachovic RW, Berkey CS, Chauncey HH, McNeil BJ: Clinical indicators of radiographically detectable dental diseases in the adult patient. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1988;65:474-482.
52. Dove SB, McDavid WD: A comparison of conventional intra-oral radiography and computer imaging techniques for the detection of proximal surface dental caries. Dentomaxillofac Radiol 1992;21:127-134.
53. Edblad E, Gustafsson A, Svenson B, Jansson L: Number and frequency of bitewing radiographs and assessment of approximal caries in 14-to-19-year-old Swedish adolescents. Swed Dent J 1998;22:157-164.
54. Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA: Reproducibility and accuracy of three methods for assessment of demineralization depth of the occlusal surface: an in vitro examination. Caries Res 1997;31:224-231.
55. Ekstrand KR, Ricketts DN, Kidd EA, Qvist V, Schou S: Detection, diagnosing, monitoring and logical treatment of occlusal caries in relation to lesion activity and severity: an in vivo examination with histological validation. Caries Res 1998;32:247-254.
56. Erten H, Akarlan ZZ, Topuz O: The efficiency of three different films and radiovisiography in detecting approximal carious lesions. Quintessence Int 2005;36:65-70.
57. Espelid I, Tveit AB: Clinical and radiographic assessment of approximal carious lesions. Acta Odontol Scand 1986;44:31-37.
58. Espelid I, Tveit AB: Diagnostic quality and observer variation in radiographic diagnoses of approximal caries. Acta Odontol Scand 1986;44:39-46.
59. Espelid I, Tveit AB, Fjelltveit A: Variations among dentists in radiographic detection of occlusal caries. Caries Res 1994;28:169-175.
60. Espelid I, Tveit AB: A comparison of radiographic occlusal and approximal caries diagnoses made by 240 dentists. Acta Odontol Scand 2001;59:285-289.
61. Espelid I, Mejare I, Weerheijm K: EAPD guidelines for use of radiographs in children. Eur J Paediatr Dent 2003;4:40-48.
62. Ety EJ, Henneberke M, Gruythuysen RJ, Woltgens JH: Influence of oral hygiene on early enamel caries. Caries Res 1994;28:132-136.
63. European Commission: Radiation Protection 136. European Guidelines on radiation protection in dental radiology 2004.

64. Ewoldsen N, Koka S: There are no clearly superior methods for diagnosing, predicting, and noninvasively treating dental caries. *J Evid Based Dent Pract* 2010;10:16-17.
65. Ferguson F, Festa SA: Radiography for children and adolescents. *N Y State Dent J* 1993;59:25-29.
66. Ferrazzano GF, Scaravilli MS, Ingenito A: Dental and periodontal health status in Campanian children and relation between caries experience and socio-economic behavioural factors. *Eur J Paediatr Dent* 2006;7:174-178.
67. Firestone AR, Lussi A, Weems RA, Heaven TJ: The effect of experience and training on the diagnosis of approximal coronal caries from bitewing radiographs. A Swiss-American comparison. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1994;104:719-723.
68. Fleiss IL: Statistical methods for rates and proportions. 2 ed. New York: Wiley 1981.
69. Forner-Navarro L, Llena Puy MC, Garcia GF: Diagnostic performance of radiovisiography in combination with a diagnosis assisting program versus conventional radiography and radiovisiography in basic mode and with magnification. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal* 2008;13:E261-E265.
70. Foster LV: Three year in vivo investigation to determine the progression of approximal primary carious lesions extending into dentine. *Br Dent J* 1998;185:353-357.
71. Fuhrmann A, Tietke M, Schulze D: Folienlose intraorale Filme und Film-Folien-Kombinationen in der bildgebenden Diagnostik der Zahnheilkunde. *ZWR* 2001;110:140-144.
72. Fuhrmann AW: Current practice in conventional and digital intraoral radiography: problems and solutions. *Int J Comput Dent* 2006;9:61-68.
73. Gakenheimer DC: The efficacy of a computerized caries detector in intraoral digital radiography. *J Am Dent Assoc* 2002;133:883-890.
74. Glass RL: The first international conference on the declining prevalence of dental caries. *J Dent Res* 1982;61:1301-1383.
75. Goddon I, Berger S, Senkel H, Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R: Okklusalkaries - frühzeitige Diagnostik in den schulischen Reihenuntersuchungen. *Gesundheitswesen* 2008;70:649-652.
76. Gowda S, Thomson WM, Foster Page LA, Croucher NA: What difference does using bitewing radiographs make to epidemiological estimates of dental caries prevalence and severity in a young adolescent population with high caries experience? *Caries Res* 2009;43:436-441.
77. Greve W, Wentur D: Wissenschaftliche Beobachtung. Eine Einführung. (2. korrigierte Auflage). Weinheim: Psychologie Verlags Union 1997.
78. Grossman ES, Cleaton-Jones PE, Cortes DF, Daya NP, Parak RB, Fatti LP, Hargreaves JA: Accurate diagnosis of occlusal carious lesions--a stereo microscope evaluation of clinical diagnosis. *SADJ* 2002;57:215-220.

79. Haak R, Wicht MJ, Nowak G, Hellmich M: Influence of displayed image size on radiographic detection of approximal caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:242-246.
80. Haak R, Wicht MJ: Grey-scale reversed radiographic display in the detection of approximal caries. *J Dent* 2005;33:65-71.
81. Haak R, Rosenbohm J, Noack MJ, Wicht MJ: Röntgenologische Kariesdiagnostik und Therapieentscheidung. *Quintessenz* 2007;58:927-937.
82. Haiter-Neto F, dos Anjos PA, Frydenberg M, Wenzel A: A comparison of older and newer versions of intraoral digital radiography systems: diagnosing noncavitated proximal carious lesions. *J Am Dent Assoc* 2007;138:1353-1359.
83. Haiter-Neto F, dos Anjos PA, Frydenberg M, Wenzel A: Detection of non-cavitated approximal caries lesions in digital images from seven solid-state receptors with particular focus on task-specific enhancement filters. An ex vivo study in human teeth. *Clin Oral Investig* 2008;12:217-223.
84. Haiter-Neto F, Wenzel A, Gotfredsen E: Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography scans compared with intraoral image modalities for detection of caries lesions. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:18-22.
85. Haiter-Neto F, Casanova MS, Frydenberg M, Wenzel A: Task-specific enhancement filters in storage phosphor images from the Vistascan system for detection of proximal caries lesions of known size. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:116-121.
86. Hall A, Girkin JM: A review of potential new diagnostic modalities for caries lesions. *J Dent Res* 2004;83 Spec No C:C89-C94.
87. Hansen BF: Clinical and roentgenologic caries detection. A comparison. *Dentomaxillofac Radiol* 1980;9:34-36.
88. Hausen H: Caries prediction--state of the art. *Community Dent Oral Epidemiol* 1997;25:87-96.
89. Heaven TJ, Weems RA, Firestone AR: The use of a computer-based image analysis program for the diagnosis of approximal caries from bitewing radiographs. *Caries Res* 1994;28:55-58.
90. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Weerheijm K, Stösser L: Diagnostik der versteckten Okklusalkaries mit Bissflügel-Aufnahmen. *Das deutsche Zahnärzteblatt* 2001;56:476-480.
91. Heinrich-Weltzien R, Weerheijm KL, Kuhnisch J, Oehme T, Stosser L: Clinical evaluation of visual, radiographic, and laser fluorescence methods for detection of occlusal caries. *ASDC J Dent Child* 2002;69:127-32, 123.
92. Heinrich-Weltzien R, Kühnisch H: Stellenwert der Bißflügelröntgenaufnahme zur Kariesdiagnostik im Kindes- und Jugendalter. 41 Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Röntgenologie in der DGZMK 2007.
93. Hellen-Halme K, Rohlin M, Petersson A: Dental digital radiography: a survey of quality aspects. *Swed Dent J* 2005;29:81-87.
94. Hellen-Halme K: Quality aspects of digital radiography in general dental practice. *Swed Dent J Suppl* 2007;9-60.

95. Hellwig E: Wie kann man medizinische Publikationen beurteilen? *PROPHYLAXE*dialog 2008;Sonderausgabe Ethik:5-6.
96. Heyne M, Fischer-Brandies H, Stahl A: [Preventive measures of orthodontists in West Germany--determination of status]. *Fortschr Kieferorthop* 1986;47:200-211.
97. Hilgers R-D, Bauer P, Scheiber V: Einführung in die Medizinische Statistik. 2. Auflage. Springer. Berlin-Heidelberg New York 2007.
98. Hintze H: Radiographic screening examination: frequency, equipment, and film in general dental practice in Denmark. *Scand J Dent Res* 1993;101:52-56.
99. Hintze H, Wenzel A, Jones C: In vitro comparison of D- and E-speed film radiography, RVG, and visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. *Caries Res* 1994;28:363-367.
100. Hintze H, Wenzel A: Clinically undetected dental caries assessed by bitewing screening in children with little caries experience. *Dentomaxillofac Radiol* 1994;23:19-23.
101. Hintze H, Christoffersen L, Wenzel A: In vitro comparison of Kodak Ultra-speed, Ektaspeed, and Ektaspeed Plus, and Agfa M2 Comfort dental x-ray films for the detection of caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;81:240-244.
102. Hintze H: Caries behaviour in Danish teenagers: a longitudinal radiographic study. *Int J Paediatr Dent* 1997;7:227-234.
103. Hintze H, Wenzel A, Danielsen B, Nyvad B: Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. *Caries Res* 1998;32:204-209.
104. Hintze H, Wenzel A: A two-film versus a four-film bite-wing examination for caries diagnosis in adults. *Caries Res* 1999;33:380-386.
105. Hintze H: Approximal caries prevalence in Danish recruits and progression of caries in the late teens: a retrospective radiographic study. *Caries Res* 2001;35:27-35.
106. Hintze H, Wenzel A: Influence of the validation method on diagnostic accuracy for caries. A comparison of six digital and two conventional radiographic systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:44-49.
107. Hintze H, Wenzel A, Frydenberg M: Accuracy of caries detection with four storage phosphor systems and E-speed radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:170-175.
108. Hintze H, Frydenberg M, Wenzel A: Influence of number of surfaces and observers on statistical power in a multiobserver ROC radiographic caries detection study. *Caries Res* 2003;37:200-205.
109. Hintze H, Wenzel A: Diagnostic outcome of methods frequently used for caries validation. A comparison of clinical examination, radiography and histology

- following hemisectioning and serial tooth sectioning. *Caries Res* 2003;37:115-124.
110. Hopcraft MS, Morgan MV: Comparison of radiographic and clinical diagnosis of approximal and occlusal dental caries in a young adult population. *Community Dent Oral Epidemiol* 2005;33:212-218.
  111. Hopcraft MS, Morgan MV: Pattern of dental caries experience on tooth surfaces in an adult population. *Community Dent Oral Epidemiol* 2006;34:174-183.
  112. Huth KC, Neuhaus KW, Gygax M, Bucher K, Crispin A, Paschos E, Hickel R, Lussi A: Clinical performance of a new laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions in permanent molars. *J Dent* 2008;36:1033-1040.
  113. Hüttner M, Schwarting U: *Grundzüge der Marktforschung*. 7. Auflage. Oldenbourg. 2002; S. 74.
  114. Huysmans MC, Hintze H, Wenzel A: Effect of exposure time on in vitro caries diagnosis using the Digora system. *Eur J Oral Sci* 1997;105:15-20.
  115. Huysmans MC, Longbottom C, Pitts N: Electrical methods in occlusal caries diagnosis: An in vitro comparison with visual inspection and bite-wing radiography. *Caries Res* 1998;32:324-329.
  116. Ismail AI, Sohn W, Lim S, Willem JM: Predictors of dental caries progression in primary teeth. *J Dent Res* 2009;88:270-275.
  117. Jacobs R, Vanderstappen M, Bogaerts R, Gijbels F: Attitude of the Belgian dentists population towards radiation protection. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:334-339.
  118. Jessee SA, Makins SR, Bretz WA: Accuracy of proximal caries depth determination using two intraoral film speeds. *Gen Dent* 1999;47:88-93.
  119. Joseph, L.B.: *The selection of patients for X-ray examinations: Dental radiographic examinations*. Rockville, Md.: U.S. Department of Health and Human Services; 1987.
  120. Ketley CE, Holt RD: Visual and radiographic diagnosis of occlusal caries in first permanent molars and in second primary molars. *Br Dent J* 1993;174:364-370.
  121. Khan EA, Tyndall DA, Caplan D: Extraoral imaging for proximal caries detection: Bitewings vs scanogram. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2004;98:730-737.
  122. Khan EA, Tyndall DA, Ludlow JB, Caplan D: Proximal caries detection: Sirona Sidexis versus Kodak Ektaspeed Plus. *Gen Dent* 2005;53:43-48.
  123. Kidd EA, Pitts NB: A reappraisal of the value of the bitewing radiograph in the diagnosis of posterior approximal caries. *Br Dent J* 1990;169:195-200.
  124. Kidd EA, Naylor MN, Wilson RF: Prevalence of clinically undetected and untreated molar occlusal dentine caries in adolescents on the Isle of Wight. *Caries Res* 1992;26:397-401.
  125. Kidd EA, Ricketts DN, Pitts NB: Occlusal caries diagnosis: a changing challenge for clinicians and epidemiologists. *J Dent* 1993;21:323-331.

126. King NM, Shaw L: Value of bitewing radiographs in detection of occlusal caries. *Community Dent Oral Epidemiol* 1979;7:218-221.
127. Koob A, Sanden E, Hassfeld S, Staehle HJ, Eickholz P: Effect of digital filtering on the measurement of the depth of proximal caries under different exposure conditions. *Am J Dent* 2004;17:388-393.
128. Kositbowornchai S, Basiw M, Promwang Y, Moragorn H, Sooksuntisakoonchai N: Accuracy of diagnosing occlusal caries using enhanced digital images. *Dentomaxillofac Radiol* 2004;33:236-240.
129. Krämer N: *Zahngesundheit bayrischer Schulkinder 2004*. Taufkirchen: Buchdruckerei und Verlag Saupe & Co 2005.
130. Kugel G, Arsenault P, Papas A: Treatment modalities for Karies management, including a new resin infiltration system. *Compend Contin Educ Dent* 2009; 3:1-10.
131. Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R, Weerheijm K, Stößer L: Beitrag der Bissflügel-Aufnahme zur Diagnose der Approximalkaries im Seitenzahnggebiet. *Deutsche Zahnärztl Zeitschr* 2001;56:594-597.
132. Kühnisch J, Ziehe M, Heinrich-Weltzien R: Eine webbasierte Lernumgebung zum Erlernen der kariesdiagnostischen Auswertung von Bissflügel-Aufnahmen. *Deutsche Zahnärztl Zeitschr* 2005;60:516-521.
133. Kühnisch J, Bucher K, Henschel V, Hickel R: Reproducibility of DIAGNOdent 2095 and DIAGNOdent Pen measurements: results from an in vitro study on occlusal sites. *Eur J Oral Sci* 2007;115:206-211.
134. Kühnisch, Pasler FA, Bücher K, Heinrich-Weltzien R: Welche röntgenologischen Effekte erschweren die Auswertung von Bissflügelaufnahmen? *Quintessenz* 2007;58:179-183.
135. Kühnisch J, Haak R, Buchalla W, Heinrich-Weltzien R: Kariesdetektion und -diagnostik bei Kindern und Jugendlichen. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde* 2007;29.
136. Kühnisch J, Oehme T, Heinrich-Weltzien R: Detektion und Diagnostik primärkariöser Läsionen. *Quintessenz* 2008;59:1259-1264.
137. Kühnisch J, Berger S, Goddon I, Senkel H, Pitts N, Heinrich-Weltzien R: Occlusal caries detection in permanent molars according to WHO basic methods, ICDAS II and laser fluorescence measurements. *Community Dent Oral Epidemiol* 2008;36:475-484.
138. Kühnisch J, Pasler FA, Bucher K, Hickel R, Heinrich-Weltzien R: Frequency of non-carious triangular-shaped radiolucencies on bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:23-27.
139. Kühnisch J, Ifland S, Tranaeus S, Heinrich-Weltzien R: Comparison of visual inspection and different radiographic methods for dentin caries detection on occlusal surfaces. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:452-457.
140. Kühnisch J, Bucher K, Henschel V, Albrecht A, Garcia-Godoy F, Mansmann U, Hickel R, Heinrich-Weltzien R: Diagnostic performance of the universal visual scoring system (UniViSS) on occlusal surfaces. *Clin Oral Investig* 2010.

141. Kühnisch J, Hickel R, Heinrich-Weltzien R: Kariesrisiko und Kariesaktivität. *Quintessenz* 2010;61:271-280.
142. Kühnisch J, Bücher K, Henschek V, Albrecht A, Garcia-Godoy F, Mansmann U, Hickel R, Heinrich-Weltzien R: Diagnostic performance of the universal visual scoring system (UniViSS) on occlusal surfaces. *Clin Oral Invest* 2011;15:215-223.
143. Lazarchik DA, Firestone AR, Heaven TJ, Filler SJ, Lussi A: Radiographic evaluation of occlusal caries: effect of training and experience. *Caries Res* 1995;29:355-358.
144. Li G, Yoshiura K, Welander U, Shi XQ, McDavid WD: Detection of approximal caries in digital radiographs before and after correction for attenuation and visual response. An in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:113-116.
145. Li G, Sanderink GC, Berkhout WE, Syriopoulos K, van der Stelt PF: Detection of proximal caries in vitro using standard and task-specific enhanced images from a storage phosphor plate system. *Caries Res* 2007;41:231-234.
146. Llana-Puy C, Forner L: A clinical and radiographic comparison of caries diagnosed in approximal surfaces of posterior teeth in a low-risk population of 14-year-old children. *Oral Health Prev Dent* 2005;3:47-52.
147. Ludlow JB, Platin E, Delano EO, Clifton L: The efficacy of caries detection using three intraoral films under different processing conditions. *J Am Dent Assoc* 1997;128:1401-1408.
148. Ludlow JB, Abreu M, Jr.: Performance of film, desktop monitor and laptop displays in caries detection. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:26-30.
149. Ludlow JB, Abreu M, Jr., Mol A: Performance of a new F-speed film for caries detection. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:110-113.
150. Lussi A: Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res* 1993;27:409-416.
151. Lussi A, Firestone A, Schoenberg V, Hotz P, Stich H: In vivo diagnosis of fissure caries using a new electrical resistance monitor. *Caries Res* 1995;29:81-87.
152. Lussi A, Hotz P: Approximal and smooth-surface caries. Their diagnosis and therapeutic principles. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1995;105:1438-1445.
153. Lussi A: Impact of including or excluding cavitated lesions when evaluating methods for the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res* 1996;30:389-393.
154. Lussi A: Methoden zur Diagnose und Verlaufsdiagnose der Karies - Wann bohren? *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1998;108:357-364.
155. Lussi A: Laserinduzierte Fluoreszenz zur Erkennung der Okklusalkaries. *Acta Med Dent Helv* 2000;5:15-19.
156. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P: Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001;109:14-19.

157. Lussi A, Francescut P: Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Res* 2003;37:2-7.
158. Lussi A, Hack A, Hug I, Heckenberger H, Megert B, Stich H: Detection of approximal caries with a new laser fluorescence device. *Caries Res* 2006;40:97-103.
159. Machiulskiene V, Nyvad B, Baelum V: A comparison of clinical and radiographic caries diagnoses in posterior teeth of 12-year-old Lithuanian children. *Caries Res* 1999;33:340-348.
160. Machiulskiene V, Nyvad B, Baelum V: Comparison of diagnostic yields of clinical and radiographic caries examinations in children of different age. *Eur J Paediatr Dent* 2004;5:157-162.
161. Mann J, Pettigrew JC, Revach A, Arwas JR, Kochavi D: Assessment of the DMF-S index with the use of bitewing radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;68:661-665.
162. Marshall TA, Levy SM, Broffitt B, Warren JJ, Eichenberger-Gilmore JM, Burns TL, Stumbo PJ: Dental caries and beverage consumption in young children. *Pediatrics* 2003;112:e184-e191.
163. Marthaler TM: A standardized system of recording dental conditions. *Helv Odontol Acta* 1966;10:1-18.
164. Marthaler TM: Changes in dental caries 1953-2003. *Caries Res* 2004;38:173-181.
165. Matalon S, Feuerstein O, Calderon S, Mittleman A, Kaffe I: Detection of cavitated carious lesions in approximal tooth surfaces by ultrasonic caries detector. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007;103:109-113.
166. Matalon S, Feuerstein O, Kaffe I: Diagnosis of approximal caries: bite-wing radiology versus the Ultrasound Caries Detector. An in vitro study. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2003;95:626-631.
167. Mejare I, Kallestal C, Stenlund H, Johansson H: Caries development from 11 to 22 years of age: a prospective radiographic study. Prevalence and distribution. *Caries Res* 1998;32:10-16.
168. Mejare I, Kallestal C, Stenlund H: Incidence and progression of approximal caries from 11 to 22 years of age in Sweden: A prospective radiographic study. *Caries Res* 1999;33:93-100.
169. Mejare I, Stenlund H: Caries rates for the mesial surface of the first permanent molar and the distal surface of the second primary molar from 6 to 12 years of age in Sweden. *Caries Res* 2000;34:454-461.
170. Mejare I, Stenlund H, Julihn A, Larsson I, Permert L: Influence of approximal caries in primary molars on caries rate for the mesial surface of the first permanent molar in Swedish children from 6 to 12 years of age. *Caries Res* 2001;35:178-185.
171. Mejare I, Stenlund H, Zelezny-Holmlund C: Caries incidence and lesion progression from adolescence to young adulthood: a prospective 15-year cohort study in Sweden. *Caries Res* 2004;38:130-141.

172. Mejare I: Bitewing examination to detect caries in children and adolescents--when and how often? *Dent Update* 2005;32:588-4, 596.
173. Mestriner SF, Pardini LC, Mestriner WJ: Impact of the bitewing radiography exam inclusion on the prevalence of dental caries in 12-year-old students in the city of Franca, Sao Paulo, Brazil. *J Appl Oral Sci* 2006;14:167-171.
174. Mialhe FL, Pereira AC, Pardi V, de Castro MM: Comparison of three methods for detection of carious lesions in proximal surfaces versus direct visual examination after tooth separation. *J Clin Pediatr Dent* 2003;28:59-62.
175. Micheelis W, Bauch J: Mundgesundheitsstudie in der Bundesrepublik Deutschland. IDZ-Broschürenreihe 1990. Band 3. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
176. Micheelis W, Bauch J: Mundgesundheitszustand und -verhalten in Ostdeutschland. Ergebnisse des IDZ-Ergänzungssurvey 1992. IDZ-Broschürenreihe 1992;11.3. Köln: Deutscher Ärzteverlag.
177. Micheelis W, Reich E: Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMSIII). IDZ-Broschürenreihe 1999;Band 21. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag.
178. Micheelis W, Schiffner U, Hoffmann T, Kerschbaum T: Ausgewählte Ergebnisse der Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS IV). *Deutsche Zahnärztl Zeitschr* 2007;62:218-240.
179. Mileman P, Purdell-Lewis DJ, Dummer P, van der WL: Diagnosis and treatment decisions when using bitewing radiographs--a comparison between two dental schools. *J Dent* 1985;13:140-151.
180. Mileman PA, van der Weele LT: Accuracy in radiographic diagnosis: Dutch practitioners and dental caries. *J Dent* 1990;18:130-136.
181. Mileman PA, van den Hout WB: Comparing the accuracy of Dutch dentists and dental students in the radiographic diagnosis of dentinal caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2002;31:7-14.
182. Mileman PA, van den Hout WB, Sanderink GC: Randomized controlled trial of a computer-assisted learning program to improve caries detection from bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:116-123.
183. Milsom KM, Blinkhorn AS, Tickle M: The incidence of dental caries in the primary molar teeth of young children receiving National Health Service funded dental care in practices in the North West of England. *Br Dent J* 2008;205:E14-E15.
184. Mitropoulos P, Rahiotis C, Stamatakis H, Kakaboura A: Diagnostic performance of the visual caries classification system ICDAS II versus radiography and micro-computed tomography for proximal caries detection: an in vitro study. *J Dent* 2010;38:859-867.
185. Moberg Sköld UM, Klock B, Lindvall AM: Differences in caries recording with and without bitewing radiographs. A study on 5-year old children in the County of Bohuslan, Sweden. *Swed Dent J* 1997;21:69-75.
186. Moberg Sköld U, Petersson L, Lith A, Birkhed D: Effect of School-Based Varnish Programmes on Approximal Caries in Adolescents from Different Caries Risk Area. *Caries Research* 2005;39:273-279.

187. Molander B: Panoramic radiography in dental diagnostics. *Swed Dent J Suppl* 1996;119:1-26.
188. Moystad A, Svanaes DB, van der Stelt PF, Grondahl HG, Wenzel A, van Ginkel FC, Kullendorff B, Hintze H, Larheim TA: Comparison of standard and task-specific enhancement of Digora storage phosphor images for approximal caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:390-396.
189. Naitoh M, Yuasa H, Toyama M, Shiojima M, Nakamura M, Ushida M, Iida H, Hayashi M, Aiji E: Observer agreement in the detection of proximal caries with direct digital intraoral radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;85:107-112.
190. Neuhaus KW, Ellwood R, Lussi A, Pitts NB: Traditional lesion detection aids. *Monogr Oral Sci* 2009;21:42-51.
191. Newman B, Seow W, Kazoullis S, Ford D, Holcombe T: Clinical detection of caries in the primary dentition with and without bitewing radiography. *Australian Dental Journal* 2009;54:23-30.
192. Nieschlag R, Dichtl E, Hörschgen H: Marketing. *Duncker & Humblot*. 2002; S. 448ff.
193. Nunn J, Crawford P, Page J, Winter G: British Society of Paediatric Dentistry: A policy document on the dental needs of children. *Int J Paediat Dent* 1997;7:203-207.
194. Nyttun RB, Raadal M, Espelid I: Diagnosis of dentin involvement in occlusal caries based on visual and radiographic examination of the teeth. *Scand J Dent Res* 1992;100:144-148.
195. Olmez A, Tuna D, Oznurhan F: Clinical evaluation of diagnodent in detection of occlusal caries in children. *J Clin Pediatr Dent* 2006;30:287-291.
196. Otis LL, Sherman RG: Assessing the accuracy of caries diagnosis via radiograph. Film versus print. *J Am Dent Assoc* 2005;136:323-330.
197. Pabla T, Ludlow JB, Tyndall DA, Platin E, Abreu M, Jr.: Effect of data compression on proximal caries detection: observer performance with DenOptix photostimulable phosphor images. *Dentomaxillofac Radiol* 2003;32:45-49.
198. Peciuliene V, Rimkuvienė J, Maneliene R, Drukteinis S: Use of dental radiography among Lithuanian general dentists. *Stomatologija* 2009;11:77-82.
199. Peers A, Hill FJ, Mitropoulos CM, Holloway PJ: Validity and reproducibility of clinical examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiology for the diagnosis of small approximal carious lesions: an in vitro study. *Caries Res* 1993;27:307-311.
200. Peker I, Toraman AM, Altunkaynak B: Film tomography compared with film and digital bitewing radiography for proximal caries detection. *Dentomaxillofac Radiol* 2007;36:495-499.
201. Peker I, Toraman AM, Bala O, Altunkaynak B: The efficiency of operating microscope compared with unaided visual examination, conventional and digital intraoral radiography for proximal caries detection. *Int J Dent* 2009;2009:986873.

202. Peretz B, Ram D, Azo E, Efrat Y: Preschool caries as an indicator of future caries: a longitudinal study. *Pediatr Dent* 2003;25:114-118.
203. Phark JH, Duarte S Jr, Meyer-Lueckel H, Paris S: Caries infiltration with resins: a novel treatment option for interproximal caries. *Compend Contin Educ Dent* 2009;30 Spec No 3:13-17.
204. Pieper K: Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 1995 - Gutachten. Bonn: Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ) 1996.
205. Pieper K: Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 1997 - Gutachten. Bonn: Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ) 1998.
206. Pieper K: Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2000 - Gutachten. Bonn: Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ) 2001.
207. Pieper K: Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2004 - Gutachten. Bonn: Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ) 2005.
208. Pierro VS, Barcelos R, de S, I, Raymundo RJ: Pediatric bitewing film holder: preschoolers' acceptance and radiographs' diagnostic quality. *Pediatr Dent* 2008;30:342-347.
209. Pietila I: Clinically and radiographically diagnosed approximal caries in schoolchildren born during 1968 in Lahti. *Proc Finn Dent Soc* 1985;81:18
210. Pitts NB, Fyffe HE: Scottish dentists' use of and opinions regarding bitewing radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1991;20:214-218.
211. Pitts NB, Hamood SS, Longbottom C, Rimmer PA: The use of bitewing positioning devices in children's dentistry. *Dentomaxillofac Radiol* 1991;20:121-126.
212. Pitts NB, Kidd EA: The prescription and timing of bitewing radiography in the diagnosis and management of dental caries: contemporary recommendations. *Br Dent J* 1992;172:225-227.
213. Pitts NB: The use of bitewing radiographs in the management of dental caries: scientific and practical considerations. *Dentomaxillofac Radiol* 1996;25:5-16.
214. Pitts NB: Modern concepts of caries measurement. *J Dent Res* 2004;83 Spec No C:C43-C47.
215. Pitts NB, Stamm JW: International Consensus Workshop on Caries Clinical Trials (ICW-CCT)--final consensus statements: agreeing where the evidence leads. *J Dent Res* 2004;83 Spec No C:C125-C128.
216. Pitts NB: Introduction. How the Detection, Assessment, Diagnosis and Monitoring of Caries Integrate with Personalized Caries Management. *Monogr Oral Sci* 2009;21:1-14.
217. Pontual AA, de Melo DP, de Almeida SM, Boscolo FN, Haiter NF: Comparison of digital systems and conventional dental film for the detection of approximal enamel caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39:431-436.

218. Poorterman JH, Verheij JG, Kieft JA, Eijkman MA: Variations among dentists in the diagnosis of caries and assessment of dental restorations. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1997;104:214-218.
219. Poorterman JH, Aartman IH, Kalsbeek H: Underestimation of the prevalence of approximal caries and inadequate restorations in a clinical epidemiological study. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999;27:331-337.
220. Poorterman JH, Weerheijm KL, Groen HJ, Kalsbeek H: Clinical and radiographic judgement of occlusal caries in adolescents. *Eur J Oral Sci* 2000;108:93-98.
221. Poorterman JH, Aartman IH, Kieft JA, Kalsbeek H: Value of bitewing radiographs in a clinical epidemiological study and their effect on the DMFS index. *Caries Res* 2000;34:159-163.
222. Poorterman JH, Aartman IH, Kieft JA: Prevalence of approximal enamel lesions on bitewing radiographs in cohorts, ages 14 to 23 years. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2001;108:50-53.
223. Poorterman JH, Aartman IH, Kieft JA: Radiographic prevalence of approximal enamel lesions and relationship with dentine lesions and restorations in Dutch adolescents. *Int Dent J* 2002;52:15-19.
224. Poorterman JH, Aartman IH, Kieft JA, Kalsbeek H: Clinical underestimation of the prevalence of approximal dentin lesions and inadequate restorations. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 2002;109:47-50.
225. Poorterman JH, Aartman IH, Kieft JA, Kalsbeek H: Approximal caries increment: a three-year longitudinal radiographic study. *Int Dent J* 2003;53:269-274.
226. Poorterman JH, Weerheijm KL, Aartman IH, Kalsbeek H: Radiographic dentinal caries and its progression in occlusal surfaces in Dutch 17-year-olds: a 6-year longitudinal study. *Caries Res* 2003;37:29-33.
227. Popoola BO, Denloye OO, Ajayi DM, Sote EO: A comparison of clinical and radiographic caries diagnosis on posterior teeth of children seen at a Nigerian teaching hospital. *Afr J Med Med Sci* 2010;39:41-48.
228. Poppe B, Faustmann U, Saffan G, Dietrich F: [The importance of the bitewing image in the early recognition of caries and periodontal diseases in children and adolescents]. *Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* 1990;78:705-711.
229. Potter BJ, Shrout MK, Harrell JC: Reproducibility of beam alignment using different bite-wing radiographic techniques. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995;79:532-535.
230. Pourhashemi SJ, Jafari A, Motahhari P, Panjnoosh M, Kharrazi Fard MJ, Sanati I, Sahadfar M, Pariab M: An in-vitro comparison of visual inspection, bite-wing radiography, and laser fluorescence methods for the diagnosis of occlusal caries. *J Indian Soc Pedod Prev Dent* 2009;27:90-93.
231. Pretty IA: Karies detection and diagnosis: novel technologies. *J Dent* 2006;34:727-739.

232. Raadal M, Espelid I: Caries prevalence in primary teeth as a predictor of early fissure caries in permanent first molars. *Community Dent Oral Epidemiol* 1992;20:30-34.
233. Rahmatulla M, Wyne AH: Classification of cervical burnout and its distribution in the dentition. *Indian J Dent Res* 1995;6:13-19.
234. Reis IM, Flack VF, Atchison KA, White SC: Findings of clinical and radiographic caries among several adult age groups. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998;86:760-764.
235. Reis A, Zach VL, Jr., de Lima AC, de Lima Navarro MF, Grande RH: Occlusal caries detection: a comparison of DIAGNodent and two conventional diagnostic methods. *J Clin Dent* 2004;15:76-82.
236. Ricketts DN, Kidd EA, Beighton D: Operative and microbiological validation of visual, radiographic and electronic diagnosis of occlusal caries in non-cavitated teeth judged to be in need of operative care. *Br Dent J* 1995a;179:214-220.
237. Ricketts DN, Kidd EA, Smith BG, Wilson RF: Clinical and radiographic diagnosis of occlusal caries: a study in vitro. *J Oral Rehabil* 1995b;22:15-20.
238. Ridao-Sacie C, Segura-Egea JJ, Fernandez-Palacin A, Bullon-Fernandez P, Rios-Santos JV: Radiological assessment of periapical status using the periapical index: comparison of periapical radiography and digital panoramic radiography. *Int Endod J* 2007;40:433-440.
239. Riley JL, III, Qvist V, Fellows JL, Rindal DB, Richman JS, Gilbert GH, Gordan VV: Dentists' use of caries risk assessment in children: findings from the Dental Practice-Based Research Network. *Gen Dent* 2010;58:230-234.
240. Rimmer PA, Pitts NB: Temporary elective tooth separation as a diagnostic aid in general dental practice. *Br Dent J* 1990;169:87-92.
241. Rock WP, Kidd EA: The electronic detection of demineralisation in occlusal fissures. *Br Dent J* 1988;164:243-247.
242. Rodrigues JA, Hug I, Diniz MB, Lussi A: Performance of fluorescence methods, radiographic examination and ICDAS II on occlusal surfaces in vitro. *Caries Res* 2008;42:297-304.
243. Rogers CE, Hector MP: The establishment of current opinion within consultants in paediatric dentistry in the UK for the taking of dental radiographs of children. *Int J Paediatr Dent* 1997;7:191-198.
244. Rushton VE, Horner K, Worthington HV: Factors influencing the frequency of bitewing radiography in general dental practice. *Community Dent Oral Epidemiol* 1996;24:272-276.
245. Russell M, Pitts NB: Radiovisiographic diagnosis of dental caries: initial comparison of basic mode videoprints with bitewing radiography. *Caries Res* 1993;27:65-70.
246. Russo JM, Russo JA, Guelmann M: Digital radiography: a survey of pediatric dentists. *J Dent Child (Chic)* 2006;73:132-135.
247. Sakurai T, Kawamata R, Kozai Y, Kaku Y, Nakamura K, Saito M, Wakao H, Kashima I: Relationship between radiation dose reduction and image quality

- change in photostimulable phosphor luminescence X-ray imaging systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2010;39:207-215.
248. Sanchez-Perez L, Golubov J, Irigoyen-Camacho ME, Moctezuma PA, Costa-Gio E: Clinical, salivary, and bacterial markers for caries risk assessment in schoolchildren: a 4-year follow-up. *Int J Paediatr Dent* 2009;19:186-192.
  249. Sapong MK: A study to determine and assess the diagnostic quality of bitewing radiographs taken by two methods: using paper bite tags and using a proprietary film holder. *Proc Br Soc Dent Maxillofac Radiol* 1994;37-49.
  250. Sawle RF, Andlaw RJ: Has occlusal caries become more difficult to diagnose? A study comparing clinically undetected lesions in molar teeth of 14-16-year old children in 1974 and 1982. *Br Dent J* 1988;164:209-211.
  251. Schneiderman A, Elbaum M, Shultz T, Keem S, Greenebaum M, Driller J: Assessment of dental caries with Digital Imaging Fiber-Optic Transillumination (DIFOTI): in vitro study. *Caries Res* 1997;31:103-110.
  252. Schneller T, Micheelis W, Hendriks J: Individualprophylaxe bei Erwachsenen. Erfahrungen, Problemsichten und Perspektiven bei niedergelassenen Zahnärzten in Deutschland. *Institut der Deutschen Zahnärzte* 2001;IDZ-Informationen Nr.4.
  253. Schulte AG, Wittchen A, Stachniss V, Jacquet W, Bottenberg P: Approximal caries diagnosis after data import from different digital radiography systems: interobserver agreement and comparison to histological hard-tissue sections. *Caries Res* 2008;42:57-61.
  254. Schulze R: Zahnärztliches Röntgen im Jahr 2007. *Quintessenz* 2007;58:891-902.
  255. Schulze RK, Richter A, d'Hoedt B: The effect of wavelet and discrete cosine transform compression of digital radiographs on the detection of subtle proximal caries. ROC analysis. *Caries Res* 2008;42:334-339.
  256. Schulze RK, Grimma S, Schulze D, Vosse K, Keller H-P, Wedele M: Diagnostic yield of ink-jet prints from digital radiographs for the assessment of approximal carious lesions: ROC-analysis. *Eur J Radiol* 2010.
  257. Schwarzer G, Türp JC, Antes G: Die Vierfeldertafel- Sensitivität und Spezifität. *Deutsche zahnärztliche Zeitschrift* 2002;57.
  258. Seneadza V, Koob A, Kaltschmitt J, Staehle HJ, Duwenhoegger J, Eickholz P: Digital enhancement of radiographs for assessment of interproximal dental caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2008;37:142-148.
  259. Shi XQ, Han P, Welander U, Ngmar-Mansson B: Tuned-aperture computed tomography for detection of occlusal caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:45-49.
  260. Shi R, Xie Q, Gang X, Lun J, Cheng L, Pantuck A, Rao J: Effect of saw palmetto soft gel capsule on lower urinary tract symptoms associated with benign prostatic hyperplasia: a randomized trial in Shanghai, China. *J Urol* 2008;179:610-615.
  261. Shwartz M, Grondahl HG, Pliskin JS, Boffa J: A longitudinal analysis from bite-wing radiographs of the rate of progression of approximal carious lesions through human dental enamel. *Arch Oral Biol* 1984;29:529-536.

262. Skeie MS, Raadal M, Strand GV, Espelid I: Caries in primary teeth at 5 and 10 years of age: a longitudinal study. *Eur J Paediatr Dent* 2004;5:194-202.
263. Skeie MS, Raadal M, Strand GV, Espelid I: The relationship between caries in the primary dentition at 5 years of age and permanent dentition at 10 years of age - a longitudinal study. *Int J Paediatr Dent* 2006;16:152-160.
264. Souza-Zaroni WC, Ciccone JC, Souza-Gabriel AE, Ramos RP, Corona SA, Palma-Dibb RG: Validity and reproducibility of different combinations of methods for occlusal caries detection: an in vitro comparison. *Caries Res* 2006;40:194-201.
265. Stanek EJ, III, Fitzgerald M, Ken RR, Matteson S, Phillips C: The relationship between the dentist's year of graduation and ordering of bitewing radiographs. *J Am Dent Assoc* 1986;113:42-46.
266. Stecksen-Blicks C, Wahlin YB: Diagnosis of approximal caries in pre-school children. *Swed Dent J* 1983;7:179-184.
267. Stenlund H, Mejare I, Kallestal C: Caries rates related to approximal caries at ages 11-13: a 10-year follow-up study in Sweden. *J Dent Res* 2002;81:455-458.
268. Stephens RG, Kogon SL, Wainright RJ, Reid JA: Information yield from routine bitewing radiographs for young adults. *J Can Dent Assoc* 1981;47:247-252.
269. Stodt T, Attin T: [Bitewing examinations as a part of preventive dentistry--a review]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2004;114:882-889.
270. Svanaes DB, Moystad A, Risnes S, Larheim TA, Grondahl HG: Intraoral storage phosphor radiography for approximal caries detection and effect of image magnification: comparison with conventional radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996;82:94-100.
271. Svanaes DB, Moystad A, Larheim TA: Approximal caries depth assessment with storage phosphor versus film radiography. Evaluation of the caries-specific Oslo enhancement procedure. *Caries Res* 2000;34:448-453.
272. Svenson B, Grondahl HG, Soderfeldt B: A logistic regression model for analyzing the relation between dentists' attitudes, behavior, and knowledge in oral radiology. *Acta Odontol Scand* 1998;56:215-219.
273. Taylor GK, Macpherson LM: An investigation into the use of bitewing radiography in children in Greater Glasgow. *Br Dent J* 2004;196:563-568.
274. Ten Cate FJ, Lagerweij MD, Wefel JS, Angmar-Mansson B, Hall AF, Ferreira-Zandona AG, Stookey G.K., Faller RV: In vitro validation studies of quantitative light-induced fluorescence. In: Stookey GK (ed): *Early detection of dental Caries II: Proceedings of the 4th annual Indiana Conference*. Indianapolis: Indiana University School of Dentistry 2000;231-250.
275. Thenisch NL, Bachmann LM, Imfeld T, Leisebach MT, Steurer J: Are mutans streptococci detected in preschool children a reliable predictive factor for dental caries risk? A systematic review. *Caries Res* 2006;40:366-374.
276. Thomas MF, Ricketts DN, Wilson RF: Occlusal caries diagnosis in molar teeth from bitewing and panoramic radiographs. *Prim Dent Care* 2001;8:63-69.

277. Thylstrup A, Bille J, Qvist V: Radiographic and observed tissue changes in approximal carious lesions at the time of operative treatment. *Caries Res* 1986;20:75-84.
278. Townsend D: Detection of dentine caries using the oblique lateral radiograph. *Int J Paediatr Dent* 2000;10:145-149.
279. Trinn C, Reinhardt R, Röhrig B, Wehrbein H, Willershäusen B: Kariesprävalenz im Wechselgebiss: Implikation für den kieferorthopädischen Behandlungsbedarf? *Dtsch Zahnärztl Z* 2008;63.
280. Tugnait A, Clerehugh V, Hirschmann PN: Radiographic equipment and techniques used in general dental practice: a survey of general dental practitioners in England and Wales. *J Dent* 2003;31:197-203.
281. Twetman S, Fontana M: Patient caries risk assessment. *Monogr Oral Sci* 2009;21:91-101.
282. van Amerongen JP, Penning C, Kidd EA, ten Cate JM: An in vitro assessment of the extent of caries under small occlusal cavities. *Caries Res* 1992;26:89-93.
283. Vanderas AP, Manetas C, Koulatzidou M, Papagiannoulis L: Progression of proximal caries in the mixed dentition: a 4-year prospective study. *Pediatr Dent* 2003;25:229-234.
284. Verdonchot EH, van de Rijke JW, Brouwer W, ten Bosch JJ, Truin GJ: Optical quantitation and radiographic diagnosis of incipient approximal caries lesions. *Caries Res* 1991;25:359-364.
285. Verdonchot EH, Bronkhorst EM, Burgersdijk RC, König KG, Schaeken MJ, Truin GJ: Performance of some diagnostic systems in examinations for small occlusal carious lesions. *Caries Res* 1992;26:59-64.
286. Verdonchot EH, Wenzel A, Bronkhorst EM: Applicability of Receiver Operating Characteristic (ROC) analysis on discrete caries depth ratings. *Community Dent Oral Epidemiol* 1993;21:269-272.
287. Verdonchot EH, Huysmans MC, Plasschaert AJ: Diagnosis of primary caries. Current techniques and their consequences for treatment. *Ned Tijdschr Tandheelkd* 1994;101:464-469.
288. Warren JJ, Weber-Gasparoni K, Marshall TA, Drake DR, Hkordi-Vakil F, Dawson DV, Tharp KM: A longitudinal study of dental caries risk among very young low SES children. *Community Dent Oral Epidemiol* 2009;37:116-122.
289. Weerheijm KL, Groen HJ, Bast AJ, Kieft JA, Eijkman MA, van Amerongen WE: Clinically undetected occlusal dentine caries: a radiographic comparison. *Caries Res* 1992;26:305-309.
290. Weerheijm KL, Kidd EA, Groen HJ: The effect of fluoridation on the occurrence of hidden caries in clinically sound occlusal surfaces. *Caries Res* 1997;31:30-34.
291. Wenzel A, Fejerskov O, Kidd E, Joyston-Bechal S, Groeneveld A: Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs. *Caries Res* 1990;24:327-333.

292. Wenzel A, Hintze H, Mikkelsen L, Mouyen F: Radiographic detection of occlusal caries in noncavitated teeth. A comparison of conventional film radiographs, digitized film radiographs, and RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991;72:621-626.
293. Wenzel A, Larsen MJ, Fejerskov O: Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs, and digitized radiographs. *Caries Res* 1991;25:365-371.
294. Wenzel A, Verdonschot EH, Truin GJ, Konig KG: Accuracy of visual inspection, fiber-optic transillumination, and various radiographic image modalities for the detection of occlusal caries in extracted non-cavitated teeth. *J Dent Res* 1992;71:1934-1937.
295. Wenzel A, Fejerskov O: Validity of diagnosis of questionable caries lesions in occlusal surfaces of extracted third molars. *Caries Res* 1992;26:188-194.
296. Wenzel A, Andersen L: A quantitative analysis of subtraction images based on bite-wing radiographs for simulated victim identification in forensic dentistry. *J Forensic Odontostomatol* 1994;12:1-5.
297. Wenzel A, Borg E, Hintze H, Grondahl HG: Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-coupled device and storage phosphor systems: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 1995;24:250-254.
298. Wenzel A: Digital radiography and caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 1998;27:3-11.
299. Wenzel A, Frandsen E, Hintze H: Patient discomfort and cross-infection control in bitewing examination with a storage phosphor plate and a CCD-based sensor. *J Dent* 1999;27:243-246.
300. Wenzel A, Hintze H: Comparison of microscopy and radiography as gold standards in radiographic caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 1999;28:182-185.
301. Wenzel A: Digital imaging for dental caries. *Dent Clin North Am* 2000;44:319-38.
302. Wenzel A, Moystad A: Experience of Norwegian general dental practitioners with solid state and storage phosphor detectors. *Dentomaxillofac Radiol* 2001;30:203-208.
303. Wenzel A: Computer-automated caries detection in digital bitewings: consistency of a program and its influence on observer agreement. *Caries Res* 2001;35:12-20.
304. Wenzel A, Hintze H, Kold LM, Kold S: Accuracy of computer-automated caries detection in digital radiographs compared with human observers. *Eur J Oral Sci* 2002;110:199-203.
305. Wenzel A: Bitewing and digital bitewing radiography for detection of caries lesions. *J Dent Res* 2004;83 Spec No C:C72-C75.
306. Wenzel A: A review of dentists' use of digital radiography and caries diagnosis with digital systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2006;35:307-314.

307. Wenzel A, Haiter-Neto F, Gotfredsen E: Risk factors for a false positive test outcome in diagnosis of caries in approximal surfaces: impact of radiographic modality and observer characteristics. *Caries Res* 2007;41:170-176.
308. Wenzel A, Moystad A: Work flow with digital intraoral radiography: a systematic review. *Acta Odontol Scand* 2010;68:106-114.
309. Wicht MJ, Haak R, Noack MJ: Wann sollte eine kariöse Läsion invasiv therapiert werden und wann sind prophylaktische Maßnahmen ausreichend? *Quintessenz* 2008;59:1267-1276.
310. Williamson GF: Digital radiography: considerations for pediatric dentistry. *Pract Proced Aesthet Dent* 2005;17:556, 558.
311. Woltgens JH, Gruythuysen RJ, van der Linden LW, Geraets WG: Cariogenic changes in dental enamel of boys and girls in relation to salivary properties. II. Radiological examination. *J Biol Buccale* 1992;20:235-240.
312. Wolwacz VF, Chapper A, Busato AL, Barbosa AN: Correlation between visual and radiographic examinations of non-cavitated occlusal caries lesions -- an in vivo study. *Braz Oral Res* 2004;18:145-149.
313. Wyne AH: Early childhood caries: nomenclature and case definition. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999;27:313-315.
314. Young SM, Lee JT, Hodges RJ, Chang TL, Elashoff DA, White SC: A comparative study of high-resolution cone beam computed tomography and charge-coupled device sensors for detecting caries. *Dentomaxillofac Radiol* 2009;38:445-451.
315. Zadik Y, Bechor R: Hidden occlusal caries: challenge for the dentist. *N Y State Dent J* 2008;74:46-50.
316. Zero DT: Dental caries process. *Dent Clin North Am* 1999;43:635-664.

## 8 Abkürzungen

AAPD	American Academy of Pediatric Dentistry
Abb.	Abbildung
BF	Bissflügel-Röntgenaufnahme
CCD	Charge-coupled Device
DAJ	Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege
DGK	Deutsche Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
DMFS	Damaged, missing, filled surfaces
DMFT	Damaged, missing, filled teeth
EAPD	European Academy of Pediatric Dentistry
EEC	Early childhood caries
ITN	Intubationsnarkose
K	Cohens Kappa
k.A.	keine Angaben
LAGZ	Landesarbeitsgemeinschaft für Zahngesundheit
Lj.	Lebensjahr
n	Anzahl
OPG	Orthopantomogramm/Panoramaröntgenaufnahme
PSP	photostimulable phosphors
p-Wert	Signifikanzwert
ROC	Receiver Operating Curve
SP	Spezifität
SE	Sensitivität
Tab.	Tabelle
ZF	Zahnfilm

## **9 Danksagung**

Die vorliegende Arbeit wurde an der Klinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Ludwig- Maximilians- Universität München (Direktor: Prof. Dr. R. Hickel) unter Leitung von Herrn PD OA Dr. med. dent. Jan Kühnisch durchgeführt.

Ich möchte mich bei meinem Partner, meinen Eltern und Freunden für Ihre immerwährende Unterstützung und Ihr Vertrauen in mich während der Zeit meines Studiums und der Zeit der Durchführung der vorliegenden Arbeit bedanke.