

Jan Kühnisch<sup>1</sup>, Alexander Rahman<sup>2</sup>, Roswitha Heinrich-Weltzien<sup>3</sup>

# Röntgendiagnostik in der Kinder- und Jugendzahnmedizin



Wissenschaftliche Mitteilung der  
Deutschen Gesellschaft für Kinderzahnheilkunde (DGKiZ)

Stand: August 2018 / Gültig bis: 2023

## *Clinical use of dental radiographs in children and adolescents*

Position paper of the German Society for Pediatric Dentistry (DGKiZ)

Status: August 2018 / Valid until: 2023

**Zusammenfassung:** Die vorliegende wissenschaftliche Mitteilung zielt darauf ab, die zahnärztliche Röntgendiagnostik im Kindes- und Jugendalter zu beschreiben, um Handlungsempfehlungen für den klinischen Alltag zu geben. Dabei werden die typischen diagnostischen Aufgaben des Zahnarztes in dieser Alltagsgruppe, wie Diagnostik von Karies, Strukturstörungen, Unfallverletzungen der Zähne sowie Zahnunter- bzw. Zahnüberzahl in Relation zu den verfügbaren Aufnahmetechniken – Bissflügel-Röntgenaufnahme (BF-Aufnahme), Einzelzahnfilm, Panoramaschichtaufnahme (PSA) und dentale digitale Volumentomografie (DVT) – gesetzt.

(Dtsch Zahnärztl Z 2018; 73: 438–446)

*Schlüsselwörter:* Zahnfilm, Orthopantomogramm, Panoramaschichtaufnahme, DVT, Bissflügel-Röntgenaufnahme

**Summary:** The present position paper aims to describe dental x-ray diagnostics in children and adolescents and should present clinical-based recommendations for prescribing dental radiographs in daily dental practice. The most common situations, e.g. diagnostics of caries, developmental disorders, traumatic injuries or supernumerary teeth, are considered in relation to the available x-ray formats, e.g. bitewing radiographs, apical radiographs, panoramic x-ray and digital volume tomography.

*Keywords:* apical radiograph, panoramic x-ray, DVT, 3D diagnostics, bitewing radiograph

### Einleitung

Die Rahmenbedingungen zur Röntgendiagnostik werden in Deutschland durch die Röntgenverordnung (RöV) vom 30.04.2003 bzw. deren Aktualisierungen geregelt [42]. Diese beinhaltet Maßnahmen zum Strahlenschutz und zur Qualitätssicherung bei der medizinischen Exposition mit ionisierenden Strahlen, die gerade im Kindes- und Jugendalter große Bedeutung besitzen, um mögliche Nebenwirkungen und Risiken ionisierender Strahlen zu begren-

zen. Daher muss der gesundheitliche Nutzen der Röntgendiagnostik immer die potenziellen Risiken aufwiegen. Zudem darf die Indikation für ein Röntgenbild nur dann gestellt werden, wenn die klinische Untersuchung allein für eine Diagnose nicht ausreicht, und ergänzende Informationen eines Röntgenbildes die Therapieplanung beeinflussen können (RöV §23). Während der Gesetzgeber allgemeine Anforderungen an die Durchführung der Röntgendiagnostik formulierte, fehlen bislang Empfehlungen der zahnmedizi-

nischen Fachgesellschaften. Es liegt daher kein Expertenkonsens zu der Frage vor, in welchen klinischen Situationen eine zahnbezogene Röntgendiagnostik im Kindes- und Jugendalter indiziert ist. Die vorliegende wissenschaftliche Mitteilung zur Röntgendiagnostik im Kindes- und Jugendalter zielt daher auf die Beschreibung von Indikations- und Kontraindikationsstellungen ab, um Handlungsempfehlungen zu geben, die eine Über- oder Unterdiagnostik vermeiden. Die wissenschaftliche Mitteilung zielt weiterhin auf die Darstellung

<sup>1</sup> Ludwig-Maximilians-Universität München, Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie

<sup>2</sup> Medizinische Hochschule Hannover, Klinik für Zahnerhaltung, Parodontologie und Präventive Zahnheilkunde

<sup>3</sup> Universitätsklinikum Jena, Poliklinik für Präventive Zahnheilkunde und Kinderzahnheilkunde

DOI.org/10.3238/dzz.2018.0438-0446

1) Klinische Untersuchung		Kariesfrei		Nicht kavitierte und/oder kavitierte Karies						
2) Altersunabhängige Erstuntersuchung mit BF		Keine		Anfertigung beidseitiger BF						
				Progressionsgrad der Läsion <sup>1</sup>						
3) Kariesrisiko/-aktivität		-	-	+	-	+	-	+	-	+
4) Intervall für alters- und risikobehängige Wiederholungsaufnahmen	4-7 Jahre	-	-	4	4	3	3	2	2	1
	8-9 Jahre	-	-	-			2	2	1	
	10-12 Jahre	In der Regel restriktive Indikationsstellung aufgrund des physiologischen Zahnwechsels								
	13-16 Jahre	-	5+	5+	4	4	3	3	2	2
	>16 Jahre	-	5+	5+	5+	4	4	3	3	2
	>30 Jahre	-	5+	5+	5+	4	4	3	3	2

<sup>1</sup> Ausgenommen Läsionen, die mit der Kariesinfiltration behandelt wurden

\* Je jünger der Patient bzw. je ausgeprägter die Progression der Läsion in pulpaler Richtung ist, umso zeitiger ist eine Wiederholungsaufnahme indiziert. Von diesen Empfehlungen kann abgewichen werden, wenn neue Kavitationen diagnostizierbar sind bzw. wenn das Kariesrisiko nachhaltig reduziert wurde.

**Tabelle 1** Empfehlungen zur Anfertigung von Bissflügel-Röntgenaufnahmen; modifiziert nach den Empfehlungen der AAPD [3] und EAPD [11]  
**Table 1** Modified AAPD and EAPD recommendations or indications of prescribing bitewing radiographs in children and adolescents [3, 11]

eines angemessenen und wissenschaftlich begründeten Vorgehens für die Zahnärzteschaft ab. Zudem können die Empfehlungen von Interesse für Hersteller diagnostischer Instrumente und Geräte sein.

**1. Maßnahmen zum Strahlenschutz**

Bei Kindern und Jugendlichen befindet sich im Vergleich zum Erwachsenen das Knochenmark als strahlenempfindliches Gewebe noch im Wachstum [22]. Durch den gedrungenen Körperbau liegen die Gonaden näher zu den Strahlungsquellen im Bereich des Schädels. Das aus der Summe der einzelnen Organrisiken bestimmte Gesamtrisiko durch ionisierende Strahlung für Kinder und Jugendliche ist um den Faktor 3 höher als bei Erwachsenen [4, 21]. Dies impliziert für den Kliniker, dass die Indikation zur Röntgendiagnostik nur dann gegeben ist, wenn die klinische Untersuchung allein für eine sichere Diagnosestellung nicht ausreichend ist und ergänzende Informationen eines Röntgenbildes die Therapieplanung beeinflussen können (RöV §23). Bei der Indi-

kation der Röntgendiagnostik im Kindes- und Jugendalter sind daher folgende Grundsätze des Strahlenschutzes zu berücksichtigen:

- Die Indikation zur Röntgenaufnahme soll nur durch einen Zahnarzt, der über die Fachkunde im Strahlenschutz verfügt, gestellt werden.
- Jede geplante Röntgenaufnahme ist im Vorfeld zu rechtfertigen. Weiterhin ist festzulegen, welches Untersuchungsverfahren – Bissflügel-Röntgenaufnahme (BF-Aufnahme), Einzelzahnfilm, Panoramaschichtaufnahme (PSA), dentale digitale Volumentomografie (DVT) – für die diagnostische Fragestellung unter Berücksichtigung des Strahlenrisikos (ALARA-Prinzip: As low as reasonably achievable) am besten geeignet ist [12].
- Kürzlich angefertigte Röntgenaufnahmen sind zu recherchieren und zur Einsicht anzufordern, bevor die Indikation erneut gestellt wird.
- Strahlenreduzierende und qualitätssichernde Maßnahmen wie der Gebrauch digitaler Röntgensysteme bzw. röntgensensitiver Filmgenerationen oder Filmhalter, sind konsequent zu nutzen.

- Bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen sind die Anforderungen an den Strahlenschutz zu beachten, z.B. Kinnschild, Strahlenschutzschürze.
- Die Anfertigung auswertbarer Röntgenaufnahmen muss sichergestellt sein. Erlaubt die kindliche Kooperation keine regelrechte Durchführung der gewählten Aufnahmetechnik, sollte von der Röntgendiagnostik Abstand genommen werden.

**2. Kariesdiagnostik mit Bissflügel-Röntgenaufnahmen**

Die BF-Aufnahme zählt zu den etablierten Diagnostikverfahren in der Zahnmedizin und wurde vor nahezu einhundert Jahren erstmalig von Raper [41] beschrieben. Ihre bis in die Gegenwart reichende Nutzung unterstreicht die Bedeutung für die tägliche zahnärztliche Praxis. Nichtsdestotrotz, stellt sich die Frage nach der klinischen Relevanz immer wieder neu, da einerseits Veränderungen im Kariesbefall auf Populations-ebene eintreten [23, 35, 37] und andererseits neue Diagnostikverfahren Vorzüge für den Zahnarzt und Patienten aufweisen. Daher ist die Bedeutung der

BF-Aufnahme als ergänzendes Kariesdiagnostikverfahren zu beschreiben.

## 2.1 Aktuelle kariesepidemiologische Situation

Der seit Jahrzehnten beobachtete Kariesrückgang setzt sich bis in die Gegenwart fort. So sind Kariesprävalenz und -befall vom Kindes- bis ins Erwachsenenalter gegenwärtig deutlich niedriger als in der Vergangenheit. Der auch für die Bundesrepublik Deutschland nachgewiesene Trend [23] geht zudem mit einer verlangsamten Kariesprogression einher. Die Zeit von der Kariesinitiation bis hin zur therapiebedürftigen Dentinkaries oder Kavitation hat sich deutlich verlängert. War früher die Mehrzahl der Patienten von Schmelz- bzw. Dentinläsionen an den Approximallflächen der Seitenzähne am Ende der 2. Lebensdekade betroffen, wird diese Situation heute vielfach erst im späteren Lebensalter oder gar nicht mehr beobachtet. Im Gegensatz dazu weisen Kariesrisiko-Patienten eine Kariesinitiation und rasche -progression unmittelbar nach dem Zahndurchbruch auf.

Parallel zu dem beobachteten „caries decline“ zeichnen sich deutliche Veränderungen des Kariesbefallsmusters ab. So ist der Kariesbefall der bleibenden Zähne im Kindes- und Jugendalter bei den Non-Risiko-Patienten mehrheitlich auf die Fissuren und Grübchen der Molaren konzentriert [18, 27]. Erst mit der vollständigen Ausbildung der bleibenden Dentition kommt es zu einem langsamen, aber kontinuierlichen Anstieg des Approximalkariesbefalls [34]. Im Milchgebiss stellen die Zahnzwischenräume die Kariesprädispositionsstellen per se dar, die wie in der bleibenden Dentition klinisch nur unzureichend beurteilt werden können [44]. Daher sind besonders an den Approximallflächen ergänzende kariesdiagnostische Verfahren indiziert.

## 2.2 Nutzen und Limitierungen der Bissflügel-Röntgenaufnahme

Alleinstellungsmerkmal der BF-Aufnahme ist die bildgebende Untersuchung der Approximal- und Okklusallflächen des Seitenzahngebiets einer Kieferhälfte, die im Milch-, Wechsel- und bleibenden Gebiss möglich ist. Voraussetzung für die Durchführbarkeit – insbesondere bei

kindlichen Patienten – ist die Akzeptanz der Positionierung des Films bzw. CCD-Sensors in der Mundhöhle. Dies gelingt erfahrungsgemäß ab dem 4./5. Lebensjahr. Im Umkehrschluss wird damit aber auch deutlich, dass die röntgenologische Diagnostik im Kleinkindalter oft nicht durchführbar ist und alternative sowie einfach durchzuführende Verfahren wünschenswert wären.

Der kariesdiagnostische Nutzen wurde in zahlreichen vergleichenden Untersuchungen für die Approximal- und Okklusallflächen analysiert. Wesentliches Fazit dieser Studien ist, dass etwa die Hälfte aller vorhandenen approximalen Schmelz- und Dentinläsionen ausschließlich mit einer ergänzenden, röntgenologischen Untersuchung erkannt wird. Diese Größenordnung ist an den Okklusallflächen u.U. deutlich niedriger. Zusammenfassend kann geschlossen werden, dass die alleinige klinische Untersuchung zu einer mehr oder weniger deutlichen Unterschätzung des vorhandenen Kariesbefalls führt. Mit der Nutzung des kariesdiagnostischen Potenzials der BF-Aufnahme kann die Begrenzung der klinisch-visuellen Kariesdiagnostik kompensiert werden. Daher rechtfertigt sich die BF-Aufnahme zur

- Detektion und Diagnostik von approximalen Schmelzläsionen,
- Detektion und Diagnostik von approximalen Dentinläsionen und
- Detektion und Diagnostik von okklusalen Dentinläsionen.

Neben der Nutzung zur Primärkariesdiagnostik lassen sich mit der BF-Aufnahme Restaurationen, Sekundär- bzw. Restkaries visualisieren [38]. Zudem gehört die BF-Aufnahme zu den bildgebenden Verfahren, mit denen ein Kariesmonitoring möglich ist.

## 2.3 Indikation zur Anfertigung von Bissflügel-Röntgenaufnahmen

Der diagnostische Zugewinn und damit die Indikation zur Anfertigung von BF-Aufnahmen ist in der klinischen Praxis vom Kariesbefall und dem vorliegenden Kariesrisiko eines Patienten/einer Patienten- bzw. Bevölkerungsgruppe abhängig.

Ist der Kariesbefall in einer Alters- oder Bevölkerungsgruppe hoch, so wird die Wahrscheinlichkeit der Detektion zusätzlicher kariöser Läsionen mit ergänzenden Diagnostikverfahren wie der

BF-Aufnahme ansteigen. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass in Populationen mit einem niedrigen Kariesbefall das Auffinden neuer Läsionen unwahrscheinlicher ist. Da letzteres Szenario prinzipiell auch auf die Bundesrepublik Deutschland zutrifft, wird empfohlen, die Indikation zur Anfertigung einer BF-Aufnahme heute differenziert zu stellen. Für die zahnärztliche Praxis bedeutet dies, dass bei Patienten mit einer vorhandenen Karieserfahrung auch die Wahrscheinlichkeit für das Auffinden bisher nicht detektierter kariöser Läsionen erhöht ist.

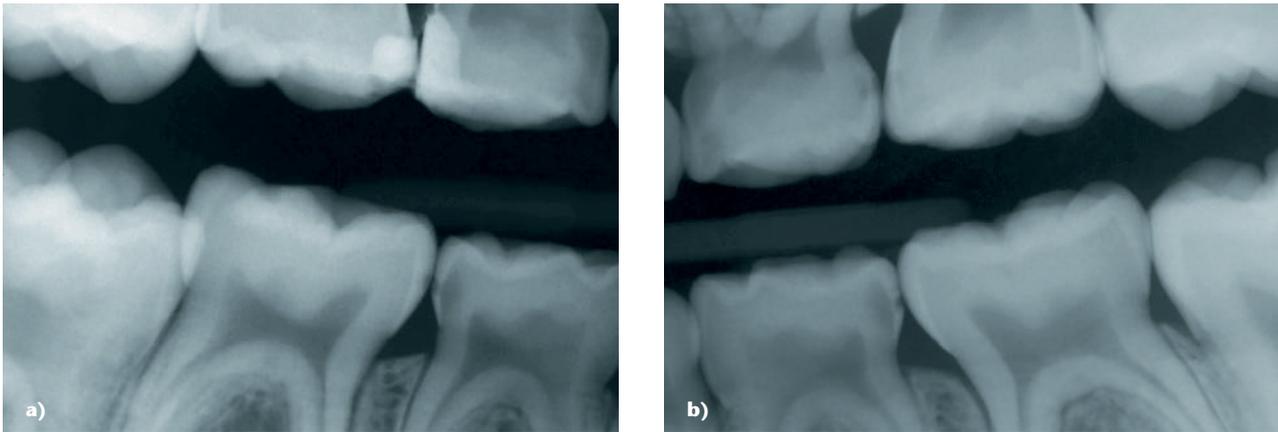
Kinder, Jugendliche und Erwachsene mit einem hohen Kariesrisiko profitieren von einer ergänzenden röntgenologischen Kariesdiagnostik besonders. Die rechtfertigende Indikation von BF-Aufnahmen leitet sich anhand der folgenden klinischen Befunde ab:

- Visuell diagnostizierbare, (nicht) kavitierte kariöse Läsionen an Glatt-, Approximal- oder Okklusallflächen,
- Vorhandensein von aktiven kariösen Läsionen bzw. ein allgemein erhöhtes bzw. hohes Kariesrisiko. Letzteres kann anhand des früheren und vorhandenen Kariesbefalls, einer risikobehafteten Ernährungsweise und/oder mangelhafter Mundhygiene abgeleitet werden.
- Liegen ein oder mehrere dieser klinischen Prädiktoren vor, ist die Anfertigung von BF-Aufnahmen prinzipiell indiziert [25].

Eine restriktive Indikation von BF-Aufnahmen besteht bei folgenden klinischen Befunden:

- Patienten mit einem niedrigen Kariesrisiko – fehlende Anzeichen von nicht kavitierten kariösen Läsionen (Synonym: Initialkaries, beginnende Karies)
- Patienten, die bereits viele Restaurationen im Seitenzahngebiet aufweisen und demzufolge keine weitere Primärkaries an den Approximal- und Okklusallflächen entwickeln können. Bei dieser Patientengruppe – in der Regel Erwachsene – steht die Sekundärkaries-Diagnostik im Vordergrund, die ebenfalls vorab im Rahmen der klinischen Untersuchung zu rechtfertigen ist.

Bei der Indikationsstellung von BF-Aufnahmen ist weiterhin der Zeitpunkt in Relation zum Lebensalter von Bedeutung. Hier müssen bestimmte Lebens-

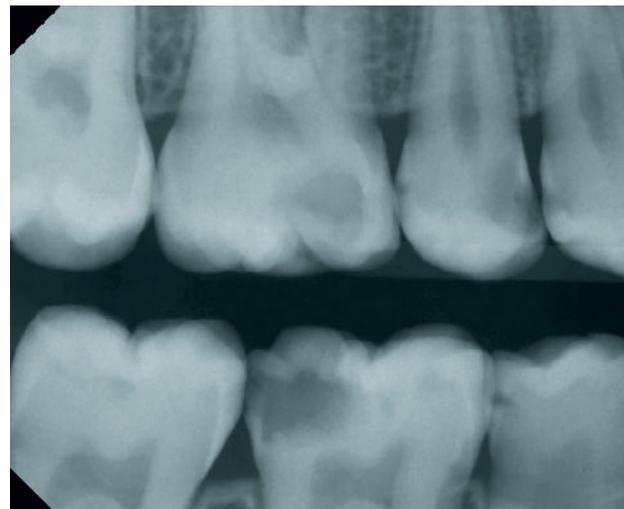


**Abbildung 1** Beidseitige BF-Aufnahmen eines 5-jährigen Patienten. A) Die rechtsseitige BF-Aufnahme zeigt nach Restauration der kavitierten approximalen Dentinläsionen der Zähne 54 und 55 eine D3-Läsion an Zahn 84 distal und eine D2-Läsion an Zahn 85 mesial. B) Die linksseitige BF-Aufnahme des Patienten visualisiert eine D3-Läsion an den Zähnen 64 distal, 65 mesial und 74 distal.

**Figure 1** Bitewing radiographs of a 5-year-old child. A) The bitewing radiograph (BR) of the right side shows intact fillings on teeth 54 and 55 as well as a D3 lesion on 84 distal and a D2 lesion on tooth 85 mesial. B) On the left-sided BR were detected D3 lesion on teeth 64 distal, 65 mesial and 74 distal.

**Abbildung 2** Rechtseitige BF-Aufnahme eines 14-jährigen Patienten mit hohem Kariesrisiko. Die Indikation zur röntgenologischen Kariesdiagnostik wurde aufgrund der vorhandenen Kavitation an Zahn 46 sowie der initial kariösen Läsionen an den Glattflächen gestellt. Anhand der BF-Aufnahme lassen sich folgende schmelzbegrenzte Läsionen detektieren: 14 mesial, 15 distal, 16 distal und 47 mesial. Teilweise profunde Dentinläsionen liegen an folgenden Zähnen vor: 14 distal, 15 mesial, 16 okklusal, 45 mesial und distal, 46 okklusal-distal und 47 okklusal.

**Figure 2** Right-sided bitewing radiograph (BR) of a 14-year-old patient with high caries risk. The x-ray was justified due the presence of the cavitation on tooth 46 and the clinical presence of smooth caries lesions. The following enamel caries lesions are detectable: 14 mesial, 15 distal, 16 distal and 47 mesial. In addition, several other (deep) dentin caries lesions were diagnosed: 14 distal, 15 mesial, 16 occlusal, 45 mesial und distal, 46 occlusal-distal and 47 occlusal.



abschnitte und deren Relevanz für die Kariesentwicklung betrachtet werden (Tab. 1).

Im Milchgebiss bzw. in der frühen Wechselgebissphase liegt der diagnostische Informationsgewinn an den Approximalflächen und in der Beurteilung der Okklusalfächen erster bleibender Molaren (Abb. 1a und b). Demgegenüber ist der diagnostische Mehrwert in der späten Wechselgebissphase bzw. frühen bleibenden Dentition begrenzt. Dies begründet sich in dem rückläufigen Kariesbefall auf Populationsebene, der einsetzenden physiologischen Exfoliation der Milchmolaren sowie den dann klinisch direkt beurteilbaren Approximalflächen. Daher beschränkt sich die

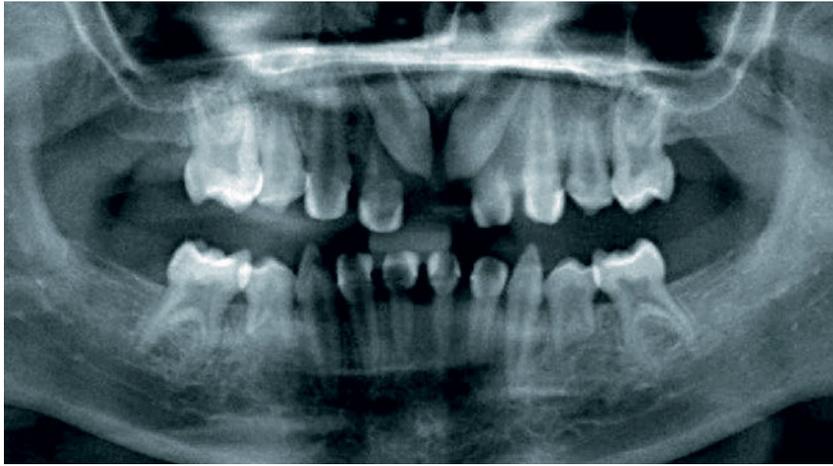
Indikation zur Anfertigung von BF-Aufnahme in der Altersgruppe der 8- bis 12-Jährigen vor allem auf Patienten mit klinisch diagnostizierbaren Kavitationen und fortgeschrittenen Schmelzläsionen. Da mit der vollständigen Ausbildung der bleibenden Dentition gleichfalls die Anzahl klinisch nicht einsehbarer Approximalflächen im Seitenzahngelände zunimmt, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit für eine proximale Kariesinitiation bzw. -progression insbesondere bei Kariesrisikopatienten (Abb. 2) bzw. im Jugend- und jungen Erwachsenenalter [15, 34].

Die Indikation zu BF-Aufnahmen bei kariesfreien Jugendlichen und Erwachsenen kann heute restriktiver ge-

stellt werden. Aus Sicht der Autoren begründet sich dies mit den eingetretenen Veränderungen im Kariesbefall und den zu berücksichtigenden Forderungen der RÖV. Hierin ist eine Abkehr von den strikten altersbezogenen Indikationsempfehlungen der vergangenen Jahrzehnte erkennbar [3, 11, 12].

#### 2.4 Nutzung der Bissflügel-Röntgenaufnahme zum Kariesmonitoring

Wie zuvor erwähnt, ist die halbseitige Bildgebung der oberen und unteren Zahnreihe das Alleinstellungsmerkmal der BF-Aufnahme, die zudem einen Vergleich zwischen der Erst- und Wieder-



**Abbildung 3** Oligodontie eines Patienten mit ektodermaler Dysplasie. Die Panoramaschichtaufnahme (PSA) wurde zur Diagnostik der Zahnzahl angefertigt.

**Figure 3** Oligodontia in a patient suffering from ectodermal dysplasia. The panoramic x-ray was prescribed to assess the tooth count.



**Abbildung 4** Die Indikation zur Panoramaschichtaufnahme (PSA) wurde bei dem 8-jährigen aufgrund des fehlenden Durchbruchs von Zahn 11 sowie des vorzeitigen Milchzahnverlustes von 64, 74 und 75 gestellt. Die PSA zeigt 2 überzählige Zahnanlagen in regio 11 im Sinne eines Mesiodens.

**Figure 4** The panoramic x-ray was prescribed in this 8-year-old due to the delayed tooth eruption in region 11 and shows 2 mesiodens.

(Abb. 1-4: R. Heinrich-Weltzien)

holungsaufnahme ermöglicht. Da Automatismen nicht mit der RÖV vereinbar sind, ist die Anfertigung von BF-Wiederholungsaufnahmen immer an eine individualisierte Indikationsstellung gebunden (Tab. 2).

Die Festlegung des Intervalls zwischen 2 Aufnahmen sollte aus Sicht der Autoren primär an der am weitesten fortgeschrittenen kariösen Läsion der Voraufnahme und ergänzend zur Kariesrisiko- bzw. Kariesaktivitäts-

Einschätzung des Patienten erfolgen. Bei Patienten mit Schmelzläsionen im Bereich der Schmelz-Dentin-Grenze (D2–3-Stadium) sind Wiederholungsaufnahmen nach etwa 1 bis 2 Jahren indiziert, da eine weitere kariöse Progression in das Dentin möglich ist.

Sind Läsionen in der inneren Schmelzhälfte (D2-Stadium) lokalisiert, wird die Anfertigung von Wiederholungsaufnahmen in einem Intervall von etwa 2 bis 4 Jahren empfohlen. Lie-

gen lediglich Schmelz-(D1-)Läsionen vor, sollte ein längeres Intervall gewählt werden. Mit zunehmendem Alter des Patienten und einem niedrigen Kariesrisiko können die Intervalle ebenfalls verlängert werden (Tab. 2).

### 2.5 Alternativen zur Bissflügel-Röntgenaufnahme

Nach der RÖV §23 sind Verfahren mit vergleichbarem gesundheitlichem Nutzen, die über eine geringere oder keine Strahlenexposition verfügen, bei der rechtfertigenden Indikationsstellung zur Röntgendiagnostik zu berücksichtigen [42].

Für die Kariesdiagnostik steht mit der Nahinfrarot-Transillumination (DIAGNOcam, KaVo, Biberach, Deutschland) ein lichtoptisches und bildgebendes Verfahren zur Verfügung, mit dem approximale Schmelz- und Dentinläsionen sowie okklusale Dentinläsionen detektiert bzw. diagnostiziert werden können [31]. Die Stärke des Verfahrens liegt in der Visualisierung der beginnenden, approximalen Schmelzläsion. Neben der bildgebenden Darstellung der Approximalkaries können ebenso okklusale Läsionen mit der Nahinfrarot-Transillumination erkannt werden. Ein wesentlicher Vorzug der Nahinfrarot-Transillumination sind die klinische Praktikabilität und die einfache Durchführbarkeit, die auch bei Kindern bzw. Patienten mit einer eingeschränkten Kooperationsfähigkeit und/oder -bereitschaft gegeben ist.

Neben der Nahinfrarot-Transillumination stehen dem Zahnarzt prinzipiell weitere Methoden zur Verfügung, die einerseits keine Universalität besitzen – Diagnostik von approximalen und okklusalen kariösen Läsionen – und andererseits nur eine begrenzte Umsetzung und Verbreitung in der zahnärztlichen Praxis gefunden haben. Als lichtoptische Diagnostikmethoden zur Kariesdetektion und -diagnostik sind die Laserfluoreszenzmessung (DIAGNOdent 2095 und DIAGNOdent 2190/Pen, KaVo, Biberach, Deutschland) [14, 19, 20, 24, 32], die Infrarot-Diagnostik (VistaProof/Cam, DürrDental, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) [39] oder die faseroptische Transillumination (Diagnostiksonde „Göttingen“, IC LERCHER, Stockach, Deutschland) zu nennen [16].

Altersgruppe	Zielstellung	Monitoring-Intervalle	
		Niedriges Risiko*	Hohes Risiko*
<b>5-Jährige</b>	Approximal- und Okklusalkaries-Diagnostik an Milchmolaren	~3 Jahre	1–2 Jahre
<b>8-/9-Jährige</b>	Approximal- und Okklusalkaries-Diagnostik an Milchmolaren und ersten bleibenden Molaren	~3 Jahre	2 Jahre
<b>12- bis 16-Jährige</b>	Approximal- und Okklusalkaries-Diagnostik an bleibenden Molaren, Kariesmonitoring	~3 Jahre	2 Jahre
<b>&gt; 16-Jährige</b>	Approximal- und Okklusalkaries-Diagnostik an bleibenden Molaren, Kariesmonitoring	~4 Jahre	2 Jahre

\* Die Beurteilung des Kariesrisikos sollte durch die Einschätzung des röntgenologischen Progressionsgrads der vorhandenen Approximalläsionen ergänzt werden. Je jünger der Patient ist und je weiter die Läsion in Richtung der Schmelz-Dentin-Grenze vorangeschritten ist, umso zeitiger ist eine Wiederholungsaufnahme indiziert.

**Tabelle 2** Rechtfertigende Indikation zur Anfertigung von BF-Aufnahmen nach der visuellen kariesdiagnostischen Untersuchung und Kariesrisiko/-aktivitäts-Einschätzung des Patienten

**Table 2** Overview about clinical indications to prescribe bitewing radiographs in relation to the clinical status, age and caries risk/activity

Aufgrund der Begrenzung der klinischen Kariesdiagnostik steht die Notwendigkeit ergänzender Diagnostikverfahren im Praxisalltag außer Frage. Mit der klaren Befürwortung einer ergänzenden Diagnostik ist zugleich die Forderung zu erheben, dem Verfahren mit dem geringsten Gesundheitsrisiko für den Patienten, dem höchsten Informationsgewinn und der besten Praktikabilität den Vorzug einzuräumen [19]. Aufgrund der Verwendung ionisierender Strahlen und daraus resultierender, zellbiologischer Wirkungen ist die Röntgendiagnostik mit einem potenziellen Gesundheitsrisiko verbunden. Daher sollten gleichwertige Alternativen – sofern vorhanden – favorisiert werden. Da die röntgenfreie Nahinfrarot-Transillumination der BF-Aufnahme im Bereich der approximalen Dentinkaries-Detektion weitgehend ebenbürtig ist [31], kann das Verfahren nach der visuellen Untersuchung als kariesdiagnostisches Verfahren der 2. Wahl erwogen werden. Wurde mit der Nahinfrarot-Transillumination entweder eine Dentinkaries diagnostiziert oder steht das Verfahren dem Zahnarzt nicht zur Verfügung, rechtfertigt sich die Indikationsstellung zur BF-Aufnahme mit dem Ziel, die Kariesausdehnung in Relation zur Pulpa darzustellen. Daher ist abschließend zu schlussfolgern, dass die BF-Aufnahme nicht mehr uneingeschränkt als „Goldstandard“ zur ergänzenden Kariesdiagnostik angesehen

werden kann. Es steht zu erwarten, dass röntgenfreie Verfahren zukünftig weiter an Bedeutung gewinnen.

### 3. Röntgenologische Diagnostik bei Kindern mit Strukturstörungen und Anomalien der Zahnform

Neben der Karies stellen Strukturstörungen der Zähne, allen voran die Molaren-Inzisiven-Hypomineralisation (MIH), ein relevantes Problem in der kinderzahnärztlichen Praxis dar. Werden die verfügbaren Häufigkeitsraten für die Bundesrepublik Deutschland analysiert, so sind bis zu 28 % der Kinder in Deutschland von einer MIH betroffen [23]. Zudem gibt es vielfältige klinische Situationen, die durch einzelne oder mehrere Zähne mit einer Hypoplasie, Zwillingbildung oder anderen Anomalie der Zahnform charakterisiert sind. Von diesen Kindern und Jugendlichen sind diejenigen abzugrenzen, die eine generalisierte, genetisch bedingte Zahnhartgewebsstörung wie die Amelo- oder Dentinogenesis imperfecta aufweisen. Diese Erkrankungen sind jedoch seltene klinische Situationen. Aus diagnostischer Sicht ist zu betonen, dass Strukturstörungen des Zahnschmelzes und des Dentins in der Regel durch den Zahnarzt auf Grundlage der klinischen Untersuchung gut voneinander abgrenzbar

sind [17, 28, 29]. Eine ergänzende Röntgendiagnostik zur alleinigen Diagnosestellung ist mehrheitlich nicht notwendig, wird aber für die Therapieplanung relevant (Abb. 3).

Rechtfertigende Indikationen stellen eine positive Schmerzanamnese, eine negative Vitalität, markante Abweichungen von der Anatomie der Zahnform, ausgeprägte pulpanahe Hypomineralisationen und Hypoplasien sowie ausgedehnte post-eruptive Verluste der Zahnhartsubstanz dar. Die Wahl des Untersuchungsverfahrens, ob Einzelzahnfilm oder PSA, ist abhängig von der Anzahl der betroffenen Zähne bzw. der Komplexität des Krankheitsbildes. Als Faustregel gilt, dass an einem Einzelzahn der konventionelle Zahnfilm das Verfahren der Wahl ist. Bei mehreren betroffenen Zähnen oder einem generalisierten Erscheinungsbild ist die PSA empfehlenswert.

### 4. Röntgenologische Diagnostik bei Kindern mit Anomalien der Zahnzahl

Abweichungen von der Zahnzahl werden in der Regel im Kindes- und Jugendalter diagnostiziert [36, 40]. Eine häufige Anomalie ist der Mesiodens (Abb. 4). Klinisch imponieren Abweichungen von der regulären Position der bleibenden Inzisivi im Zahnbogen. Vielfach ist die Inzisalkante oder die Zahnkrone des über-

zähligen Mesiodens klinisch erkennbar und Grund der Vorstellung des kindlichen Patienten. In diesen klinischen Situationen rechtfertigt sich der Einzelzahnfilm zur Lokalisation und Diagnostik der anatomischen Variationen. Im Einzelfall können weitere Zahnanlagen diagnostiziert werden oder Abweichungen in den Lagebeziehungen auftreten.

Liegen offensichtliche Abweichungen von der Durchbruchreihenfolge oder der Zahnzahl in der Dentition vor, ist die Anfertigung einer PSA indiziert (Abb. 3 und 4). Die Indikation eines DVT beschränkt sich auf komplexe Einzelfälle und ist in der Regel die diagnostische Grundlage für die sich anschließende Therapie. Daher sollte die Indikation allenfalls durch den Operateur in Erwägung gezogen werden.

## 5. Röntgendiagnostik nach Unfallverletzungen der Zähne

Unfallverletzungen der Zähne sind ein häufiges und wiederkehrendes Ereignis in der zahnärztlichen Praxis. In der Regel sind die oberen Frontzähne im Milch- und bleibenden Gebiss betroffen. Neben der klinischen Untersuchung ist die Anfertigung von Einzelzahnaufnahmen bei der Erstbefundung ein obligatorischer diagnostischer Arbeitsschritt, da alternative bildgebende Untersuchungstechniken bislang fehlen.

Die Röntgendiagnostik nach Unfallverletzungen der Zähne zielt dabei auf folgende Aspekte ab [7, 45, 46]:

- Detektion und Diagnostik von Wurzelfrakturen
- Beurteilung des Wurzelwachstums
- Diagnostische Beurteilung von Luxationen
- Ausschluss von Fremdkörpereinlagerungen in Weichteile
- Beurteilung der Lagebeziehung des Milchzahns zum bleibenden Zahnkeim
- Detektion und Diagnostik von Frakturen des Alveolarfortsatzes.

Die PSA ist als Übersichtsaufnahme in der Regel nur dann indiziert, wenn eine Fraktur des Unterkiefers ausgeschlossen werden muss. Klinische Symptome sind Okklusionsabweichungen, Stufenbildungen, eine eingeschränkte bzw. schmerzhaft geöffnete Mundöffnung und Prellmarken im Kinnbereich.

Weiterführende dreidimensionale Untersuchungen – wie die DVT – sind aufgrund der höheren Strahlenbelastung nur dann indiziert, wenn sich daraus ein deutlicher Mehrwert von therapierelevanten Informationen ergibt [6, 43]. Dies kann bei Mehrfachfrakturen, mehreren verletzten Zähnen und/oder unklaren Behandlungsverläufen gegeben sein. Daher sollte die Indikation durch den Operateur in Erwägung gezogen werden.

Im Rahmen der fortlaufenden Diagnostik dienen Wiederholungsaufnahmen zur Einschätzung des Heilungsverlaufs und zur Erfassung möglicher Komplikationen wie einer apikalen Parodontitis, Ankylose oder Ersatzresorption. In der Regel ist der Einzelzahnfilm die Aufnahme der Wahl. In Übereinstimmung mit den Empfehlungen internationaler Fachgesellschaften [2, 10, 33] ist die Rechtfertigung von Wiederholungsaufnahmen in Beziehung zur Ausgangsdiagnose zu sehen. Unter Berücksichtigung jüngerer Untersuchungen [8, 9] können die Frequenz und die Intervalle zur röntgenologischen Kontrolluntersuchung vielfach großzügiger im Vergleich zu den gängigen Empfehlungen [1, 10, 33] gewählt werden.

Bei unkomplizierten Kronenfrakturen, der häufigsten Unfallsituation in der klinischen Praxis, kann auf ein röntgenologisches Monitoring weitgehend verzichtet werden, da Komplikationen vergleichsweise selten auftreten [8, 9]. Bei komplizierten Kronenfrakturen oder Luxationsverletzungen ist die einmalige Röntgenkontrolle nach einem Jahr mehrheitlich ausreichend.

Bei der Avulsion wird jedoch empfohlen, spätestens nach einem halben Jahr eine Röntgenkontrolle vorzunehmen. Dies ist der vergleichsweise hohen Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Ersatzresorptionen geschuldet. Grundsätzlich gibt die klinische Wiederholungsuntersuchung wertvolle Hinweise über mögliche Komplikationen und rechtfertigt die Indikation zur ergänzenden Röntgendiagnostik auf Grundlage einer individuellen Entscheidung.

## 6. Das Röntgenbild bei der Schmerzdiagnostik

Die Vorstellung von Kindern und Jugendlichen mit Zahnschmerzen ist eine tägliche Praxissituation [5]. Die häufigs-

ten Schmerzursachen sind nach wie vor Folgen der unbehandelten Karies wie akute pulpitische Beschwerden, apikale Parodontitiden mit und ohne Fistelbildung oder Abszedierungen [5, 13]. Diese klinischen Befunde sind stets mit vorhandenen (kavitierten) kariösen Läsionen und/oder Füllungen assoziiert. Im Milchgebiss ist in der Mehrzahl der Fälle die Zahnextraktion das Vorgehen der Wahl, sodass auf eine röntgenologische Diagnostik vielfach verzichtet werden kann, da das therapeutische Vorgehen in der Regel mit der klinischen Untersuchung/Diagnose gesichert ist. Darüber hinaus zeigt die klinische Erfahrung, dass die röntgenologische Untersuchung des schmerzverursachenden Zahns im Kindesalter kooperationsbedingt oftmals nicht gelingt. Ist die Bildgebung in diesen Fällen unabdingbar, rechtfertigt dies die Anfertigung einer (Bissflügel-)PSA.

Aufgrund der zahnerhaltenden Strategie in der bleibenden Dentition ist die Röntgendiagnostik mit Einzelzahnfilmen klinischer Standard. Der Einzelzahnfilm dient der Beurteilung der Kariesausdehnung in Relation zur Pulpa, der Wurzelkanalanatomie und apikalen Strukturen bei der Eingangsdiagnostik. Des Weiteren ist er im Therapieverlauf zur Einschätzung der Ausheilung apikaler Parodontitiden sowie als Masterpoint- und Kontrollaufnahme im Rahmen der endodontischen Behandlung unverzichtbar.

## 7. Therapiebegleitende Röntgendiagnostik

Für eine fundierte Therapieplanung ist in der Regel eine indikationsgerechte Röntgendiagnostik unverzichtbar. Weitere Röntgenaufnahmen sind nur dann indiziert, wenn sie ergänzend zur detaillierten klinischen Diagnostik – allgemeinmedizinische und zahnärztliche Anamnese, Kariesrisikoeinschätzung, Schmerzanamnese, Beurteilung der Füllungsgröße und -qualität, Vorliegen von Schwellungen, Fistelbildung, Perkussions-, Palpations- und Sensibilitätstest, Beurteilung des Mundhygiene- und parodontalen Entzündungszustands – einen Einfluss auf die Therapieentscheidung erwarten lassen. Dies ist insbesondere bei Kindern und Jugendlichen mit einem desolaten Gebisszustand der Fall.

Die Anfertigung einer PSA wird daher vor der oralen Rehabilitation empfohlen, da sie eine prognostisch orientierte Therapieplanung unter Berücksichtigung des Entwicklungsstands einzelner Zähne und der Gesamtgebissentwicklung erlaubt. Relevante Entscheidungen bezüglich der Zahnerhaltung und Auswahl des bestmöglichen therapeutischen Vorgehens können damit getroffen werden.

Der Einzelzahnfilm ist zur intra-operativen Therapieplanung bzw. post-operativen Verlaufsdagnostik in vielen klinischen Situationen unverzichtbar. Dies betrifft vor allem endodontische Maßnahmen im Milch- und bleibenden Gebiss [26]. Am Milchzahn ist die Pulpotomie ein oft praktiziertes Verfahren, das nach einer Pulpaeröffnung im kariösen Dentin indiziert ist. Ein peri-operativer Einzelzahnfilm ist zum Ausschluss apikaler und/oder furkaler Parodontitiden bzw. interner und/oder externer Resorptionen unverzichtbar; diese Befunde stellen Kontraindikationen für die Durchführung einer Pulpotomie dar [26]. Deutlich seltener ist die Wurzelkanalbehandlung am Milchzahn indiziert. Ein prä- bzw. intra-operativer Einzelzahnfilm ist erforderlich, um die diagnostischen Voraussetzungen zur Durchführung des endodontischen Verfahrens und der Erhaltungsfähigkeit des jeweiligen Zahns zu prüfen [26, 30]. Röntgenologische Indikatoren für den Zahnerhalt sind ein abgeschlossenes Wurzelwachstum sowie der Ausschluss von apikalen/furkalen Entzündungen und Resorptionen. Während die endometrische Längenbestimmung die Rönt-

genmessaufnahme auch am Milchzahn zunehmend verdrängt, ist die Anfertigung einer Kontrollaufnahme nach der Wurzelkanalfüllung nach wie vor obligat, um die korrekte Abfüllung des Wurzelkanals zu beurteilen.

Eine routinemäßige, röntgenologische Verlaufskontrolle wird an Zähnen, die mit einer Caries-profunda-Therapie, Pulpotomie oder Vitalexstirpation behandelt wurden, nicht vorbehaltlos empfohlen. Die Anfertigung einer Kontrollaufnahme ist nur dann gerechtfertigt, wenn klinische Indikatoren dafür sprechen.

Am jugendlich bleibenden Zahn mit und ohne Abschluss des Wurzelwachstums erfordert die Durchführung endodontischer Maßnahmen die Anfertigung von therapiebegleitenden Röntgenaufnahmen. Für die Apexifikation [30] und Wurzelkanalbehandlung liefern die Diagnose-, Mess-, Masterpoint- und Kontroll-Röntgenaufnahmen wichtige Informationen zur Qualitätssicherung. Als einzige Röntgenaufnahme kann die Messaufnahme durch die endometrische Bestimmung der Arbeitslänge ersetzt werden. Die Eignung des Verfahrens wurde in einer Vielzahl von Studien nachgewiesen und kann als ergänzendes bzw. alternatives Verfahren im Vergleich zur röntgenologischen Messaufnahme herangezogen werden.

## 8. Schlussfolgerungen

Die Röntgendiagnostik stellt im Rahmen der zahnärztlichen Betreuung von Kindern und Jugendlichen nach wie vor

eine wichtige Informationsquelle für die Therapieplanung dar. Die Indikation zur Anfertigung von Einzelzahnfilmen, BF-Aufnahmen, PSA oder DVT ist jedoch aufgrund der Verwendung von ionisierenden Strahlen sorgfältig abzuwägen und individualisiert zu stellen. Die BF-Aufnahme ist aufgrund der breiten Verfügbarkeit in der zahnärztlichen Praxis die Röntgenaufnahme der Wahl zur Kariesdiagnostik, da die alleinige visuelle Untersuchung den Kariesbefall an den Approximallflächen von Milch- und bleibenden Zähnen deutlich unterschätzt. Als alternatives, röntgenfreies Verfahren steht die Nahinfrarot-Diagnostik zur Kariesdiagnostik zur Verfügung. Der Einzelzahnfilm und die PSA sind weitere wichtige Aufnahmetechniken. Als Faustregel gilt, dass der Einzelzahnfilm das Röntgenverfahren der Wahl bei diagnostischen und therapeutischen Fragen an einem einzelnen Zahn ist. Bei mehreren betroffenen Zähnen oder generalisierten Befunden ist die PSA indiziert. Die Anfertigung eines DVT ist in der Kinder- und Jugendzahnmedizin auf komplexe Einzelfälle beschränkt. DZZ

### Korrespondenzadresse

Prof. Dr. Jan Kühnisch  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Poliklinik für Zahnerhaltung  
und Parodontologie  
Goethestr. 70, 80336 München  
Jan.kuehnisch@med.uni-muenchen.de  
jkuehn@dent.med.uni-muenchen.de

## Literatur

- Anderson M, Stecksen-Blicks C, Stenlund H, Ranggård L, Tsilingaridis G, Mejåre I: Detection of approximal caries in 5-year-old Swedish children. *Caries Res* 2005; 39: 92–99
- Andersson L, Andreasen JO, Day D et al: International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. *Dental Traumatology* 2012; 28: 88–96
- AAPD – American Academy of Paediatric Dentistry. Prescribing Dental Radiographs for Infants, Children, Adolescents, and Individuals with Special Health Care Needs. 2017. [http://www.aapd.org/media/Policies\\_Guidelines/BP\\_Radiographs.pdf](http://www.aapd.org/media/Policies_Guidelines/BP_Radiographs.pdf)
- Aps JK, Scott JM: Oblique lateral radiographs and bitewings; estimation of organ doses in head and neck region with Monte Carlo calculations. *Dentomaxillofac Radiol* 2014; 43: 20130419
- Bauer T, Otto R, Heinrich-Weltzien R: Gebisszustand von Schmerzpatienten der ersten kinderzahnärztlichen Schwerpunktpraxis in Thüringen im Zeitraum von 2009–2011. *Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde* 2014; 36: 50–56
- Berndt DC: Die digitale Volumentomographie nach Zahntrauma. *Quintessenz* 2009; 60: 547–553
- Berthold C: Diagnostik und Dokumentation nach dentalem Trauma. *Endodontie* 2007; 16: 9–25
- Bücher K, Neumann C, Hickel R, Kühnisch J: Complications and survival of teeth after dental trauma over a 5-year-period. *Clin Oral Invest* 2013a; 17: 1311–1318
- Bücher K, Neumann C, Hickel R, Kühnisch J: Traumatic dental injuries at a German University Clinic 2004–2008. *Dent Traumatol* 2013b; 29: 127–133
- DiAngelis AJ, Andreasen JO, Ebeleseder KA et al.: International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental inju-

- ries: 1. Fractures and luxations of permanent teeth. *Dental Traumatology* 2012; 28: 2–12
11. Espelid I, Mejåre I, Weerheijm K: EAPD guidelines for use of radiographs in children. *Eur J Paediatr Dent* 2003; 4: 40–48
  12. European commission. Radiation Protection 136. European guidelines on radiation protection in dental radiology. The safe use of radiographs in dental practice. Luxembourg: European Communities, 2004
  13. Finucane D: Rationale for restoration of carious primary teeth: A review. *Eur Arch Paediatr Dent* 2012; 13: 281–292
  14. Gimenez T, Braga MM, Raggio DP, Deery C, Ricketts DN, Mendes FM: Fluorescence-based methods for detecting caries lesions: systematic review, meta-analysis and sources of heterogeneity. *PLoS One* 2013; 4: e60421
  15. Hannigan A, O'Mullane DM, Barry D, Schäfer F, Roberts AJ: A caries susceptibility classification of tooth surfaces by survival time. *Caries Res* 2000; 34: 103–108
  16. Heinrich R, Künzel W, Tawfiq H: Approximale Kariesdiagnostik – Vergleich klinischer, faseroptischer und röntgenographischer Diagnostikverfahren. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd mit Zentralblatt* 1991; 79: 535–542
  17. Heinrich-Weltzien R, Baum S, Bertzbach S, Kühnisch J, Hentschel J: Genetische Grundlagen der Amelogenesis imperfecta – Wie korreliert der Phänotyp mit dem Genotyp? *Quintessenz* 2015; 66: 373–386
  18. Heinrich-Weltzien R, Walther M, Goddon I, Kühnisch J: Zahngesundheit erster Molaren bei westfälischen Migranten und deutschen Schülern. *Bundesgesundheitsblatt* 2014; 57: 128–134
  19. Heinrich-Weltzien R, Weerheim KL, Kühnisch K, Oehme Th, Stösser L: Evaluation of visual, radiographic and laser fluorescence methods for detection of occlusal caries. *J Dent Child* 2002; 69: 127–132
  20. Huth KC, Lussi A, Gyax M et al.: In vivo performance of a laser fluorescence device for the approximal detection of caries in permanent molars. *J Dent* 2010; 38: 1019–1026
  21. ICRP – International Commission on Radiological Protection. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP. Publication 60, Annals of the ICRP 21(1–3), Pergamon Press, Oxford, 1991
  22. ICRP – International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 70. Basic Anatomical & Physiological Data for use in Radiological Protection – The Skeleton. *Ann ICRP* 1995; 25 (2)
  23. Jordan AR, Micheelis W (Gesamtbearbeitung), Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V), Herausgeber: Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ), Köln 2016
  24. Kühnisch J, Berger S, Goddon I, Senkel H, Pitts NB, 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
  25. Kühnisch J, Ekstrand K, Pretty I et al.: Best Clinical Practice Guidance for management of early caries lesions in children and young adults. An EAPD Policy Document. *Eur Arch Paediatr Dent* 2016a; 17: 3–12
  26. Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R, Schäfer E: Endodontie im Milchgebiss. *Wissenschaftliche Mitteilung der DGK und der DGZ. Endodontie* 2011c; 20: 167–171
  27. Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R, Senkel H, Clasen AB, Stößer L: Dental health and caries topography in 8-year-old German and immigrant children. *Eur J Paediatr Dent* 2001; 2: 191–196
  28. Kühnisch J, Mach D, Bücher K et al.: Strukturstörungen des Zahnschmelzes und des Dentins – Teil 1: Grundlagen, Terminologie, Diagnostik und Klassifikation. *Quintessenz* 2011a; 62: 7–17
  29. Kühnisch J, Mach D, Bücher K et al.: Strukturstörungen des Zahnschmelzes und des Dentins – Teil 2: Klinisches Erscheinungsbild. *Quintessenz* 2011b; 62: 171–186
  30. Kühnisch J, Meier F, Hickel R: Die endodontische Therapie des bleibenden Zahnes mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum. *Dtsch Zahnärztekalendar* 2016c; 8–9: 48–51
  31. Kühnisch J, Söchtig F, Pitschka V et al.: In vivo validation of near-infrared light transillumination for interproximal dentin caries. *Clin Oral Invest* 2016b; 20: 821–829
  32. Lussi A, Hellwig E: Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries in vitro. *J Dent* 2006; 34: 467–471
  33. Malmgren B, Andreasen JO, Flores MT et al.: International Association of Dental Traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 3. Injuries in the primary dentition. *Dental Traumatology* 2012; 28: 174–182
  34. Mejåre 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
  35. Michelis W, Schiffner U: Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Materialienreihe Band 31. Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln 2006
  36. Mossaz J, Kloukos D, Pandis N, Suter VG, Katsaros C, Bornstein MM: Morphologic characteristics, location, and associated complications of maxillary and mandibular supernumerary teeth as evaluated using cone beam computed tomography. *Eur J Orthodont* 2014; 36: 708–718
  37. Pieper K: Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2009 – Gutachten. Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ), Bonn 2010
  38. Poorterman JHG, Vermaire EH, Hoogstraten J: Value of bitewing radiographs for detecting approximal caries in 6-year-old children in the Netherlands. *Int J Paediatr Dent* 2010; 20: 336–440
  39. Preseto CD, Trevisan TC, Andrade MC, Dantas AAR, Campos JADB, Olivera-Junior OB: Clinical effectiveness of fluorescence, digital images and ICDAS for detecting occlusal caries. *Rev Odontol UNESP* 2017; 46: 109–115
  40. Rajab LD, Hamdan MA: Supernumerary teeth: review of the literature and a survey of 152 cases. *Int J Paediatr Dent* 2002; 12: 244–254
  41. Raper HR: A new kind of X-ray examination for preventive dentistry. *Int Orthod Oral Surg Radiogr* 1925; 11: 76–86
  42. Röntgenverordnung (RöV). Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen in der Fassung der Bekanntmachung vom 30. April 2003 (BGBl. I S. 604); letzte Änderung vom 11. Dezember 2014 (BGBl. I S. 2010)
  43. Schulze R: Dentale digitale Volumetomographie. AWMF-Leitlinie.-Register-Nummer 083-005. 2013. [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/083-0051\\_S2k\\_Dentale\\_Volumen\\_tomographie\\_2013-10.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/083-0051_S2k_Dentale_Volumen_tomographie_2013-10.pdf)
  44. Stecksén-Blicks C, Wahlin YB: Diagnosis of approximal caries in pre-school children. *Swed Dent J* 1983; 7: 179–84
  45. von Arx T: Traumatologie der Milchzähne: Klinische, diagnostische und therapeutische Aspekte. *Endodontie* 1999; 9: 125–138
  46. von Arx T, Winzap-Kälin C, Hänni S: Verletzungen der bleibenden Zähne. Teil 1: Diagnostik der Zahnverletzungen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 2005; 115: 133–139