

Aus der Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und
Kinderzahnmedizin, CharitéCentrum für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde der Medizinischen Fakultät Charité –
Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mithilfe des
DIAGNOdent pen 2190 – Eine In-vivo-Studie**

zum Erlangen des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae

(Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät

Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Oliver Ernst Anding

Zahnarzt

aus Berlin

Datum der Promotion: 05.06.2016

Vorwort

Innerhalb des Manuskriptes wurde wegen der besseren Lesbarkeit auf die Kennzeichnung mit ©/™/® verzichtet.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
2 Literaturübersicht.....	3
2.1 Karies	3
2.1.1 Definition.....	3
2.1.2 Ätiologie und Pathogenese	4
2.1.3 Bedeutung und Karies der Dentes decidui	8
2.2 Kariesdiagnostik.....	9
2.2.1 Die visuelle Inspektion	10
2.2.2 Speicheltests	11
2.2.3 Chemische Kariesdetektoren	11
2.2.4 Elektrische Widerstandsmessung	11
2.2.5 Röntgenologische Untersuchung.....	11
2.2.6 Diaphanoskopie/FOTI	14
2.2.7 Optische Kohärenztomographie	15
2.2.8 Quantitative lichtinduzierte Fluoreszenzmessung (QLF).....	15
2.2.9 Laserfluoreszenz.....	15
2.2.9.1 Fluoreszenz und Laserfluoreszenz.....	16
2.3 Fluoreszenz in der Kariesdiagnostik	17
2.4 Anwendung des DIAGNOdent pen.....	17
3 Ziel der Untersuchung.....	22
4 Probanden und Methoden	24
4.1 Patienten	24
4.2 Durchführung	25
4.2.1 Erheben des PBI, API und des dmf-t/DMF-T	27
4.2.2 Zahnreinigung.....	28
4.2.3 Anwendung des DIAGNOdent pen 2190.....	28
4.2.4 Öffnen des Approximalraumes	30
4.2.5 Karietherapie.....	31
4.2.6 Statistische Auswertung.....	32
5 Ergebnisse	33

5.1 Patientenbezogene Ergebnisse	33
5.1.1 Altersverteilung	33
5.1.2 API und PBI.....	34
5.1.3 dmft/DMFT	36
5.2 Zahnbezogene Ergebnisse	36
5.2.1 Auswertung zu den verwendeten Sonden des DIAGNOdent pen	36
5.2.2 Auswertung zur visuellen und taktilen Beurteilung nach Separierung, Kariesintensität und Therapie	38
5.2.3 DIAGNOdent pen-Messungen	39
5.2.3.1 Erste Messung mit Sonde A (A1).....	40
5.2.3.2 Erste Messung mit Sonde B (B1).....	42
5.2.3.3 Zweite Messung mit Sonde A (A2).....	43
5.2.3.4 Zweite Messung mit Sonde B (B2).....	45
5.2.4 ROC-Analyse (Receiver Operating Characteristics) und Cut-Off-Wert	48
5.2.5 Kumulative Effekte benachbarter kariöser Läsionen	50
5.2.6 Korrelation zwischen Messwert und Oberflächenbeschaffenheit	50
5.2.7 Korrelation zwischen Messwert und Läsionstiefe	51
6 Diskussion.....	52
6.1 Diskussion der Fragestellung	52
6.2 Diskussion der Patientenauswahl, der Materialien und der Methoden	53
6.3 Diskussion der patientenbezogenen Ergebnisse	54
6.3.1 dmft/DMFT	54
6.3.2 API und PBI.....	55
6.4 Diskussion der zahnbezogenen Ergebnisse	56
6.4.1 Ergebnisdiskussion zu den DIAGNOdent pen-Messwerten.....	56
6.4.2 Therapeutische Konsequenzen aus den DIAGNOdent pen-Befunden.....	59
7 Schlussfolgerungen	61
8 Zusammenfassungen	62
8.1 Zusammenfassung	62
8.2 Summary	63
9 Literaturverzeichnis	65
10 Abbildungsverzeichnis	85

11 Tabellenverzeichnis	86
12 Anhang	88
12.1 Materialliste.....	88
12.2 Aufklärungsbogen für Patienten.....	89
12.3 Aufklärungsbogen für Eltern/Erziehungsberechtigte	90
12.4 Einwilligungserklärung	92
12.5 Anamnese	95
12.6 Erfassungsbogen	96
12.7 Ethikvotum	98
13 Danksagung.....	99
14 Lebenslauf.....	100
15 Eidesstattliche Versicherung	101

1 Einleitung

Karies stellt eine der häufigsten Infektionskrankheiten der industrialisierten Welt mit einer Prävalenz von über 90 % dar (Mettens & Monteyne, 2002; Shivakumar et al., 2009; Smith, 2002). Die Tätigkeit des Zahnarztes wird nach wie vor in erster Linie mit der Diagnostik und Therapie dieser Krankheit assoziiert. In der Tat besteht darin eine wichtige Aufgabe des zahnärztlichen Handelns. Auch wenn durch zahlreiche etablierte und effiziente Maßnahmen wie der Anwendung von Fluoriden und der Ernährungslenkung zuweilen eine Verbesserung der durchschnittlichen Mundgesundheit (DMS IV, 2006; Marthaler et al., 1995; Schiffner et al., 2009) erreicht wurde, ist die Karies weiterhin ein großes Problem (Deery & Toumba, 2012; Shivakumar et al., 2009). In Studien, die den Kariesbefall im Milchgebiss untersuchten, konnte in einigen Bundesländern nach Jahren des Rückgangs sogar eine Zunahme dieser Prävalenz beobachtet werden (Pieper & Jablonski-Momeni, 2008). Milchzahnkaries kommt leider noch zu häufig vor (Pieper, 2010). Aufgrund der berechtigten Forderung nach einer minimalinvasiven, wenn möglich rein präventiven Vorgehensweise kommt der Diagnostik der Milchzahnkaries eine sehr große Bedeutung zu, um möglichst frühzeitig und sicher bakteriell bedingte Demineralisationserscheinungen zu identifizieren.

Dabei sind dem menschlichen Auge, auch mit visuellen Hilfsmitteln wie einer Vergrößerungshilfe, bei der Inspektion der Mundhöhle und der Zähne Grenzen gesetzt, die es zu überwinden gilt. Hier ist an erster Stelle die Röntgendiagnostik zu nennen, die neben dem hohen diagnostischen Wert auch eine Möglichkeit zur Dokumentation liefert.

Andere Techniken wie Widerstandsmessung (Rock & Kidd, 1988), Durchleuchtung (Davies et al., 2001; Mitropoulos, 1988a; Mitropoulos, 1988b) und Fluoreszenzverfahren (Zandoná & Zero, 2007) haben sich bislang noch nicht durchgesetzt. Die Firma KaVo hat auf dem Gebiet der Laserfluoreszenz bereits 1998 ein Gerät eingeführt (DIAGNOdent), das vielversprechende Resultate erbrachte, welche durch Weiterentwicklungen noch verbessert wurden (Braga et al., 2009; Goel et al., 2009; Lussi et al., 2004; Lussi et al., 2006).

Besonders im Approximalraum von Zähnen ist das Erkennen von Mikro- und auch Makroläsionen erschwert. Hier ist der Einsatz innovativer Ansätze besonders erwünscht (Stodt & Attin, 2004; Zero et al., 2009).

Mit dem DIAGNOdent pen, dem Nachfolger des vor allem im Okklusal- und Glattflächenbereich

operierenden DIAGNOdent Classic, bietet sich nun die Möglichkeit, die spezifische Laserfluoreszenz auch an den Mesial- und Distalflächen der Zähne im geschlossenen Zahnbogen für das Erkennen von Karies heranzuziehen (Braga et al., 2009; Celiberti et al., 2010; Ermler et al., 2012; Lussi et al., 2006; Novaes et al., 2009; Virajsilp et al., 2005). Da bislang vorwiegend Daten zur Untersuchung bleibender Zähne und In-vitro-Studien vorliegen (Braga et al., 2009; Celiberti et al., 2010; Lussi et al., 2006), gilt es, den Einsatz des DIAGNOdent pen auch an Milchzähnen in vivo zu testen.

Das Bewusstsein für die Notwendigkeit steigt, die Milchzähne eines Kindes bis zur physiologischen Exfoliation zu erhalten (Dülgergil & Colak, 2012). Eltern stehen der Röntgendiagnostik bei ihrem Kind aufgrund der ionisierenden Strahlung vermehrt kritisch gegenüber; sicherlich auch zu Recht, da gerade Kinder strahlungsempfindlichere Gewebe aufweisen als ein ausgewachsener Mensch (Billinger et al., 2010).

Darüber hinaus stellt der enge Approximalkontakt vor allem bei Milchmolaren, so er denn vorhanden ist, eine besondere Schwierigkeit beim Erkennen von Karies dar. Im Gegensatz zu den bleibenden Zähnen ist dieser flächig (Hotz, 1977). Hotz fand heraus, dass durch die ausschließlich visuelle Beurteilung hier mindestens ein Drittel aller Kariesläsionen übersehen werden (Hotz, 1977). Ein frühes Erkennen von Karies ist hier besonders wichtig, da dieser Bereich die höchste Karieswahrscheinlichkeit aufweist und die Anatomie der Milchzähne mit ihrem dünnen Schmelzmantel, der ausgedehnten Pulpahöhle und dem großporigen Dentin eine schnellere Kariesprogression bedingt als bei den Ersatz- und Zuwachszähnen (Tinanoff & Douglass, 2001).

Daher setzt sich die vorliegende Arbeit das Ziel, die Effizienz des DIAGNOdent pen bei der Kariesdetektion im engen Approximalraum von Milchmolaren zu ermitteln.

2 Literaturübersicht

2.1 Karies

2.1.1 Definition

Karies (lat. caries = Fäulnis, Morschheit; Duden) stellt die häufigste Erkrankung der Zahnhartsubstanzen (Caufield & Griffen, 2000) und oftmals den Ausgangspunkt für weitere pathologische Prozesse dar. In der Literatur wird darauf hingewiesen, dass der Begriff Karies eine unzutreffende Bezeichnung für diese Krankheit sei, „bakterielle Odontolyse“ erscheine entsprechend dem heutigen Wissenstand zur Pathogenese angemessener (Assael, 2010). Seit Millers chemoparasitärer Theorie der Kariesentstehung (1888) wird diese landläufig als Zahnfäule bezeichnete Krankheit als Infektionskrankheit angesehen (Caufield & Griffen, 2000). Diese Theorie wurde weiterentwickelt und heutzutage gelten die vier Pfeiler: Wirt, Mikroorganismen, Substrat und Zeit nach König als Grundvoraussetzung für die Entwicklung kariöser Demineralisationserscheinungen (König, 1987). Weiterhin haben neben diesen primären Faktoren zahlreiche sekundäre Einfluss auf diesen Vorgang. Im Gegensatz zu einer typischen bakteriellen Infektionskrankheit handelt es sich hier aufgrund des primären Ausbleibens einer Temperaturerhöhung und des Fehlens von humoralen Veränderungen um eine sogenannte atypische Infektionskrankheit. Eine Impfung gegen Karies ist nicht verfügbar und scheint bisher für die nahe Zukunft auch nicht zu erwarten zu sein aufgrund der Tatsachen, dass die kariogene Keimflora sehr vielschichtig sein kann und die Mundhöhle keine konstanten Antikörperkonzentrationen wie in der Blutbahn gewähren kann. Gleichwohl liegen zahlreiche Versuche zur Immunisierung vor und liefern mitunter auch positive Resultate. Die Entwicklung diesbezüglich steckt jedoch noch in den Kinderschuhen – klinische Untersuchungen stehen noch aus (Russell et al., 2004; Shivakumar et al., 2009; Smith, 2002; Taubman & Nash, 2006).

Der beste Schutz ist eine Prophylaxe, die die 3 Säulen der Kariesprävention berücksichtigt:

- 1) Mundhygiene
- 2) Ernährung
- 3) Fluoridanwendung

Gegebenenfalls kann die Vorsorge durch die Anwendung von Chlorhexidin-Präparaten (CHX)

ergänzt werden. Auch wenn der adjuvante Gebrauch von antimikrobiellen Präparaten nachweislich positive Auswirkungen auf die Mundgesundheit hat, wird in der Literatur darauf hingewiesen, dass CHX nicht dauerhaft zur Kariesprävention eingesetzt werden sollte. Dabei wird auf fehlende Langzeituntersuchungen verwiesen (Autio-Gold, 2008; Silverman & Wilder, 2008; Twetman, 2004). Der Nachweis der karieshemmenden Wirkung einer experimentellen Glykanlösung im Rahmen einer „antiadhäsiven Therapie“ eröffnet neue Perspektiven zur Kariesprävention (Seemann, 2005).

Die Prävention der Erkrankung ist das anzustrebende Ziel des Zahnarztes und lässt sich mittels eines individuellen Kontrollsystems (Recall) verwirklichen. Es hat sich gezeigt, dass der Vorsorge eine immense Bedeutung zukommt. Die Beeinflussung kann vielschichtig geschehen und reicht von der Aufklärung bis hin zur Empfehlung und Anwendung spezieller Hilfsmittel entsprechend der patientenbezogenen Risikoeinschätzung (Zimmer, 2000).

2.1.2 Ätiologie und Pathogenese

Bei der Karies handelt es sich um einen dynamischen Prozess, bei dem das Voranschreiten durch ein Überwiegen von Demineralisationsvorgängen durch organische Säuren gegenüber der Remineralisation gekennzeichnet ist. Diese Säuren sind Stoffwechselprodukte kariogener Mikroorganismen der Zahnplaque. Bei der Plaque handelt es sich um einen Biofilm, der eine enorme Vielfalt an Mikroorganismen aufweist (Moore & Moore, 2000; Paster et al., 2001; Struzycka, 2014). In der menschlichen Mundhöhle wurden über 700 verschiedene Spezies gefunden (Struzycka, 2014). Ein wesentlicher Kariesinitiator ist der grampositive, fakultativ anaerobe Streptokokkus mutans (Hamada & Slade, 1980; Loesche, 1986; Struzycka, 2014).

Er besitzt diverse Eigenschaften, die ihn als Kariesinitiator und Leitkeim prädestinieren (Struzycka, 2014):

1. Aufgrund seiner Fähigkeit zur Bildung von extrazellulären Polysacchariden (vor allem Glukane) ist die Bildung eines reifen Biofilms (Plaque) erst möglich.
2. Auf dem Wege der anaeroben Glykolyse bildet er organische Säuren (vor allem Laktat, Pyruvat), die zu einer Verschiebung des pH-Wertes und damit vermehrter Demineralisation führen.
3. Er ist säureresistent.
4. Er produziert und speichert intrazelluläre Polysaccharide.

Ein weiterer Leitkeim ist der Laktobazillus, der vor allem im sauren Milieu metabolisch aktiv ist und damit die Progression der Krankheit bewirkt (Struzycka, 2014). Aktinomyzeten spielen eine besondere Rolle bei der Wurzel- und Glattflächenkaries (Hashimoto et al., 2011). Auch weitere, dem Streptokokkus mutans verwandte Stämme wie der Streptokokkus sobrinus wirken mit bei der Kariesentstehung (Struzycka, 2014).

In der Literatur werden weitere Bakterienarten genannt, die der Karies Vorschub leisten, so beispielsweise Veillonella-, Bifidobakterium-, Propionibakterium-, Atopobium- und weitere Streptokokkenspezies (Aas et al., 2008; Struzycka, 2014). Die Zusammensetzung der Plaque ist einerseits abhängig vom Stadium der Kariesprogression, aber auch zwischen erster und zweiter Dentition gibt es diesbezüglich feine Unterschiede (Aas et al., 2008).

Plaque ist ein Biofilm aus Speichelbestandteilen, Nahrungsresten, Bakterien und deren Stoffwechselprodukten. Dieser heftet sich primär an dem 0,1 bis 1,3 µm dicken sekundären Schmelzoberhäutchen (acquired pellicle) an (Amaechi et al., 1999; Hannig, 1999; Hannig & Joiner, 2006). Zunächst dominieren grampositive Kokken, aber im Laufe der Reifung entwickelt sich ein zunehmend anaerober Charakter (Saini et al., 2003). Der Anteil an Mikroorganismen in der etablierten und reifen Plaque wird mit 70 % angegeben (Deery & Toumba, 2012).

Als Substrat weisen niedermolekulare Kohlenhydrate wie Saccharose die größte Kariogenität auf, da sie bevorzugt durch die säurebildenden Mikroorganismen verstoffwechselt werden. Zudem ist Saccharose höchst löslich und auch leicht diffundibel innerhalb der Plaque (Newbrun, 1982). Durch bakteriellen Abbau entstehen neben Laktat und Pyruvat die Säuren Butyrat und Valerat, dabei macht die Milchsäure den größten Teil der demineralisierenden Wirkung aus (Kashket et al., 1996; Margolis & Moreno, 1992). Saccharose dient zudem kariogenen Bakterien als Substrat für die Synthese extrazellulärer Polysaccharide (Paes Leme et al., 2006).

Wird auf dem Zahnschmelz der kritische pH-Wert von 5,2 bis 5,7 über einen längeren Zeitraum unterschritten, kommt es zunehmend zur Demineralisation (Dawes, 2003; Dong et al., 1999). Bei Dentin und Zement liegt der kritische pH-Wert bei nur 6,2 bis 6,7 (Hoppenbrouwers et al., 1987).

Abzugrenzen ist davon der nicht-bakterielle Säureangriff durch direkte Säureexposition aus der Nahrung. Das Ergebnis ist eine Erosion, deren Entstehen durch weitaus extremere pH-Wert-Abfälle auf unter 4 gekennzeichnet ist. Solch niedrige Werte werden bei dem kariösen Angriff in der Regel nicht erreicht (Dawes, 2003; Deery & Toumba, 2012).

Neben dem Phosphatpuffersystem hat vor allem der Bikarbonatpuffer des Speichels eine besonders

kariesprotektive Funktion. Darüber hinaus ist Speichel kalzium- und phosphatübersättigt und stellt somit eine Remineralisationslösung mit einem alkalischen pH-Wert von bis zu 8 dar (Deery & Toumba, 2012; Moreno & Zahradnik, 1979; Øgaard et al., 2004).

Neben bakteriostatischen Enzymen wie dem Laktoferrin, wirken Lysozym und das Laktoperoxidase-Thiocyanat-Wasserstoffperoxidsystem im Speichel bakterizid. Das Sekret der Speicheldrüsen selbst ist keimfrei. Dennoch ist die Mundhöhle – außer bei Neugeborenen – nicht steril. Auf 1 ml Speichel kommen 10^8 bis 10^9 Mikroorganismen beim Erwachsenen (Evaldson et al., 1982).

Besonders gefährdet gegenüber einem Säureangriff auf die Zahnhartsubstanzen sind sogenannte Kariesprädispositionsstellen wie Fissuren, Grübchen und Einziehungen, der Zahnhalsbereich und auch die Approximalflächen, womöglich begünstigt durch Zahnfehlstellungen oder morphologische Anomalien, die eine Zugänglichkeit für Mundhygienemaßnahmen und auch die Selbstreinigung erschweren (Hellwig et al., 2007). Weitere genetische, immunologische, umweltbedingte und soziale Einflussfaktoren machen die Karies zu einer multifaktoriell verursachten Erkrankung.

Der Vorgang der kariösen Schmelzdestruktion läuft initial wie folgt ab (Hellwig et al., 2007):

- Nach der Etablierung und Reifung einer kariogenen Plaque und der Zufuhr von Substrat besteht eine hohe Säureproduktion vor allem durch *Streptokokkus mutans*.
- Die organischen Säuren dissoziieren und die entstehenden Wasserstoffionen bewirken oberflächlich die ersten interprismatischen Auflösungserscheinungen; Ca^{2+} , PO_4^{3-} , OH^- , F^- , CO_3^{2-} , Mg^{2+} und Na^+ werden frei und diffundieren nach peripher.
- Es entsteht ein Konzentrationsgradient für die Säuren, der ein Voranschreiten der Demineralisation Richtung Pulpa entlang der interprismatischen Bereiche bewirkt. Entsprechend diffundieren herausgelöste Mineralien des Schmelzes zur Zahnoberfläche.

Bei der Schmelzkaries können schließlich, auch wenn je nach Untersuchungsmethode nie gleichzeitig vorzufinden, vier Zonen unterschieden werden (Hellwig et al., 2007):

1. Die pseudointakte Oberfläche entsteht durch Präzipitationsphänomene. Die Schmelzkristalle sind vergrößert. Diese Oberflächenschicht kann das frühzeitige Erkennen der Läsion erschweren.

2. Der Läsionskörper ist das Zentrum des größten Mineralverlustes.
3. Es folgt die dunkle Zone, an die sich
4. die transluzente Zone anschließt. Diese stellt die fortschreitende Demineralisationsfront dar.

Erste makroskopisch sichtbare Schädigungen werden als White Spots – opake, kreidige Flecken – sichtbar. Deren Ausbildung nimmt nur ein paar Wochen in Anspruch (Deery & Toumba, 2012; Øgaard et al., 2004). An diesem Punkt ist eine Ausheilung noch möglich. Eine restaurative Therapie ist aus medizinischer Sicht nicht notwendig, kann im sichtbaren Bereich jedoch aus ästhetischen Gründen erwünscht sein. Hier bietet die Kariesinfiltration als mikroinvasives Verfahren seit einigen Jahren neue Möglichkeiten (Paris & Meyer-Lückel, 2009). Diese neue Technik der Kariestherapie ist als mikroinvasives Verfahren zwischen den prophylaktischen Bemühungen und der invasiven Behandlung einzuordnen (Paris et al., 2010; Paris & Meyer-Lückel, 2010). Wird die Ursache der Schmelzdemineralisation in Form der Bakterien und deren Noxen nicht beseitigt, schreitet der Prozess voran, bis schließlich die Schmelz-Dentin-Grenze erreicht ist. Für gewöhnlich wird das Dentin beim bleibenden Zahn unter fortbestehenden kariogenen Bedingungen nach zwei bis vier Jahren erreicht (Deery & Toumba, 2012). Das Dentin mit einem gegenüber Schmelz höheren Anteil an organischen Bestandteilen weist einen geringeren Widerstand gegen die Kariesprogression auf. Bakterielle Enzyme wie Kollagenasen haben im Dentin eine stärkere Destruktionswirkung als im Zahnschmelz. Zunächst den Schmelz unterminierend, breitet sich die Karies entlang der Dentinkanälchen aus. Bei Erreichen des Dentins wird die Pulpa-Dentin-Einheit zur Tertiärdentinbildung durch hineindiffundierende Toxine und Enzyme angeregt (Hellwig et al., 2007; Kidd & Fejerskov, 2004).

Auch bei der Dentinkaries lassen sich vier verschiedene Zonen unterscheiden (Hellwig et al., 2007; Pugach et al., 2009):

1. In der Zone der Nekrose ist das Dentin erweicht oder sogar verflüssigt.
2. Es folgt die vorwiegend mit grampositiven Bakterien besiedelte Zone der Penetration.
3. In der dritten Zone sind keine vitalen Odontoblastenfortsätze mehr zu finden (dead tract).
4. Im sklerotischen Dentin sind diese Fortsätze bereits obliteriert.

Eine besondere Erscheinungsform aufgrund ihrer Lokalisation ist die Wurzelkaries, bei der das Erreichen des Dentins ein verlangsamtes Voranschreiten der pathologischen Prozesse bewirkt, da im

Wurzeldentin weniger Kanälchen vorhanden sind als im Dentin der Zahnkrone. Hinzu kommt die Tatsache, dass diese Kariesform meistens im höheren Alter und nach parodontalen Schädigungen auftritt und die Dentintubuli ohnehin häufig vollkommen obliteriert sind (Kidd & Fejerskov, 2004; Schüpbach et al., 1990). Wurzelzement wirkt dabei schützend gegen eine Demineralisation des darunterliegenden Dentins (McIntyre & Featherstone, 2000). Als weitere spezielle Formen der Karies seien die Sekundärkaries, das Kariesrezidiv, die Karies sicca (arretierte Karies), die Strahlenkaries infolge Radiatio und daraus resultierender Schädigung der Speicheldrüsen und die Early-Childhood-Caries (ECC, auch „Nursing-Bottle-Syndrom“) genannt.

Beim Kind überwiegen anfänglich die Fissurenkaries der Milchmolaren und die oftmals zirkuläre Zahnhalskaries der oberen Frontzähne. Die Approximalkaries gewinnt erst ab dem vierten Lebensjahr an Bedeutung.

2.1.3 Bedeutung und Karies der Dentes decidui

Ätiologisch und histologisch besteht kein Unterschied zwischen der Karies der bleibenden Dentition und der ersten Dentition. Gleichwohl bestehen Besonderheiten bei dem Befall der Dentes decidui, die anatomischer Natur sind (De Menezes Oliveira et al., 2010; Hotz, 1977; Mortimer, 1970; Shellis, 1984; Splieth, 2010; Staehle et al., 1996):

- dünner Schmelzmantel (≤ 1 mm)
- amorphe Schmelzstruktur
- relativ große Pulpakammer mit ausgeprägten Pulpenhörnern (bei jungen, unversehrten Zähnen)
- flächige Approximalkontakte
- zervikaler Schmelzwulst
- höheres Porenvolumen
- geringerer Mineralisationsgrad
- Schmelzoberfläche prismenlos
- zervikal umgekehrter Schmelzprismenverlauf

Aus diesen Gegebenheiten resultiert eine schnellere Kariesprogression bei Milchzähnen (Ando et al., 2001; Mortimer, 1970; Shellis, 1984). Featherstone und Mellberg ermittelten unter Laborbedingungen ein um den Faktor 1,5 schnelleres Voranschreiten der Karies in Milchzahnschmelz im Vergleich zu bleibendem Schmelz (Featherstone & Mellberg, 1982).

Die Kombination des flächigen Approximalkontaktes mit dem zervikalen Schmelzwulst in Verbindung mit einer ausfüllenden Interdentalpapille macht die Inspektion der Zahnzwischenräume annähernd unmöglich (Hotz, 1977). Die morphologische Konfiguration bedingt eine rasche Progression der Karies mit relativ frühzeitigem Erreichen der Pulpa.

Ein gesundes Milchgebiss bildet die beste Grundlage für die nachfolgenden bleibenden Zähne. Eine gute Mundhygiene kann durch die damit einhergehende niedrige Keimlast in der Mundhöhle einen raschen Befall der Dentes permanentes vermeiden, die nach und nach die Zähne der ersten Dentition ersetzen beziehungsweise hinzukommen. Im Rampenlicht der frühen Infektion stehen die Sechsjahrmolaren, die sich als erste Vertreter der zweiten Dentition distal an die Milchzahnreihe anschließen. Bestehende kariöse Erkrankungen der zweiten Milchmolaren begünstigen eine sofortige bakterielle Besiedlung der durchbrechenden Sechsjahrmolaren (Dülgeril & Colak, 2012).

2.2 Kariesdiagnostik

Ein frühzeitiges Erkennen von Karies ermöglicht eine minimal bis gar nicht invasive Therapie. Nur bis zum Stadium der Präkavitation ist ein rein präventives Vorgehen möglich. Ein Einbruch der Oberfläche und damit das Ausbilden einer Kavitation impliziert ein restauratives Vorgehen (Deery & Toumba, 2012). Komplikationen wie eine Pulpitis bis hin zur Gangrän oder gar apikale Parodontitiden und die damit für den Patienten entstehenden Schmerzen können vermieden werden. Unbehandelt können schlimmstenfalls allgemeinmedizinische Erkrankungen, im Extremfall mit lebensbedrohlichem Charakter, verursacht werden (Assael, 2010; Carter & Lewis, 2007).

Zahlreiche Untersuchungsmethoden zur Kariesdiagnostik stehen zur Verfügung, doch keine kann für sich völlige Fehlerfreiheit beanspruchen. Die Kombination verschiedener Techniken verbessert die diagnostische Güte (Braga et al., 2009; McComb & Tam, 2001; Karlsson, 2010; Zandoná & Zero, 2007).

Die visuelle Inspektion stößt spätestens bei der Untersuchung der Approximalräume an ihre Grenzen (Stodt & Attin, 2004). Hier sind weitere Hilfen kaum wegzudenken, wie zum Beispiel die Bissflügelaufnahme (Stodt & Attin, 2004; Zero et al., 2009).

Einen zusätzlichen Hinweis kann die Kariessymptomatik geben, sofern die Läsion etabliert ist. Im initialen Stadium ist mit einer solchen Reaktion nicht zu rechnen.

Eine gründliche und effektive Untersuchung setzt ein gut gereinigtes Gebiss voraus (McComb & Tam, 2001). Dies bedeutet, dass meistens eine professionelle Zahnreinigung vorausgehen muss.

2.2.1 Die visuelle Inspektion

Die klassische Art der Kariesdiagnostik steht am Anfang jeder Zahnhartsubstanzuntersuchung. Sie besteht in der einfachen Inspektion der jeweiligen sorgfältig getrockneten Zahnfläche bei intensiver Beleuchtung (McComb & Tam, 2001). Die Beurteilung kann dabei auch mithilfe einer Lupenbrille oder anderer Vergrößerungshilfen geschehen. Dies verbessert die Sensitivität lediglich geringfügig (Mitropoulos et al., 2012; Sisodia & Manjunath, 2014). Entscheidend ist bei der Diagnosestellung einer frühen und aktiven Karies das Erkennen einer Opazität im Randbereich der fraglichen Karieslokalisation. Durch Trocknung der Läsion wird der Brechungsindex von demineralisiertem Schmelz von 1,33 auf 1,0 gesenkt, sodass Demineralisationen sichtbar werden (Basting & Serra, 1999; Meng et al., 2009).

Die Zuhilfenahme einer zahnärztlichen Sonde gilt heute als obsolet, da die Gefahr einer Verletzung der pseudointakten Oberfläche einer kariösen Läsion besteht, besonders bei der Verwendung einer spitzen Sonde (Kühnisch et al., 2007). Die WHO empfiehlt eine CPI- oder Parodontalsonde mit rundem Ende. Des Weiteren gibt die „positive Sondierung“ in Fissuren keinen sehr aussagekräftigen Hinweis auf eine demineralisierte Fläche, denn diese wird nicht selten durch die Morphologie der jeweiligen Fissur selbst bedingt. Die Spezifität der Kariesdiagnostik mittels Sonde liegt mit mehr als 99 % sehr hoch, doch lässt die Sensitivität mit nur 14 % respektive 24 % sehr zu wünschen übrig (Lussi, 1993; Penning et al., 1992). Als weiteres Argument gegen die Verwendung einer zahnärztlichen Sonde zur Okklusalkariesdiagnostik wird der mögliche Transfer von Bakterien genannt (Deery & Toumba, 2012). Bei der Exkavation, im Falle einer Wurzelkaries (subgingival) und bei der Beurteilung von Restaurationsrändern ist die taktile Überprüfung jedoch weiterhin indiziert.

Der eigentlich für das Auge unzugängliche Approximalraum von Zähnen kann nach vorhergehender Öffnung mittels Separiergummi, wie vor der Bebänderung im Rahmen einer kieferorthopädischen Behandlung üblich, eingesehen werden (Hintze et al., 1998).

2.2.2 Speicheltests

Eine Analyse des Speichels in Bezug auf dessen Fließrate, Bestandteile, Pufferkapazität und Remineralisationsleistung können als Hinweis auf das individuelle Kariesrisiko herangezogen werden, ebenso Speicheltests auf Streptokokkus mutans und Laktobazillen. Diese besitzen für sich allein stehend jedoch keine starke Aussagefähigkeit bezüglich der Kariesdiagnostik (ten Cate & van Loveren, 1992; Zimmer et al., 2008).

2.2.3 Chemische Kariesdetektoren

Das Anfärben mittels eines Kariesdetektors (Farbstoff + Lösungsmittel, meist Propylenglycol) kommt in der Regel nur im Rahmen der Exkavation und zur Diagnostik von Zahnlängsfrakturen zum Einsatz (Schwendicke et al., 2015a; Sheets et al., 2014).

2.2.4 Elektrische Widerstandsmessung

Bei dieser Methode (auch ECM = electrical caries monitor) wird mithilfe eines Kariesmeters die Isolationseigenschaft des gesunden Schmelzes im Vergleich zur Leitfähigkeit von erkranktem Schmelz ausgenutzt, um eine Karies aufzuzeigen. Der erhöhte Stromfluss wird hierbei mit dem Wassergehalt der vergrößerten Poren erklärt.

Fehlmessungen entstehen bei unreifen Zähnen und der Gegenwart von Feuchtigkeit (Deery & Toumba, 2012; Longbottom & Huysmans, 2004). Es besteht eine Abhängigkeit von der Temperatur (Huysmans et al., 2000), jedoch ist die Temperatur in der Mundhöhle relativ konstant, sodass dieser Faktor beim klinischen Einsatz nebensächlich wird (Longbottom & Huysmans, 2004).

Rock et al. ermittelten für die elektrische Widerstandsmessung eine geringe Spezifität von etwa 30 % (Rock & Kidd, 1988).

2.2.5 Röntgenologische Untersuchung

Der heutige Goldstandard zur Diagnostik von Approximalkaries ist die röntgenologische Bissflügelaufnahme (Bitewing) (Kidd & Pitts, 1990). Sie ermöglicht, orthoradiale Projektion ohne Überlagerungen vorausgesetzt, die Beurteilung von aneinandergrenzenden Zahnflächen. Zusätzlich können diese Röntgenaufnahmen auch weitere Informationen liefern und so beispielsweise Hinweise für manifeste okklusale Läsionen geben (Poorterman et al., 2000). Des Weiteren bieten sie die Möglichkeit, ein Kariesrezidiv zu entdecken (Kidd, 1990).

Jedoch ist die Interpretation der Röntgenbilder schwierig und erfordert einige Erfahrung. So reichen beispielsweise die mikromorphologischen Veränderungen in der Zahnhartsubstanz infolge von Karies bei Betrachtung mit dem Mikroskop durchschnittlich zweimal tiefer, als es auf einem Röntgenbild erscheint (Christensen, 1996). Auch können initiale Demineralisationen nicht erkannt werden, da kariespathologische Vorgänge erst ab einer Demineralisation von ca. 10-20 % auf Bissflügelröntgenaufnahmen identifizierbar sind (Schwendicke et al., 2015b; Sobkowiak et al., 1983).

Ein wichtiger Aspekt im Zusammenhang mit der Anwendung radiologischer Technik bei Kindern ist die damit verbundene Strahlenbelastung. Röntgenstrahlung ist ionisierend und kann folglich lebende Zellen schädigen (Sternberg, 1973). Heutzutage wird die Strahlenbelastung durch zahlreiche Maßnahmen auf ein Minimum reduziert (kleinformatige Filme, Strahlenblende, Bleischürze, Digitaltechnik, Verstärkersysteme) (White & Mallya, 2012). Gleichwohl muss stets eine klare Indikation gestellt werden und Eltern müssen über die Notwendigkeit des Röntgens aufgeklärt werden. Letztendlich kann objektiv behauptet werden, dass die Strahlenbelastung zu üblichen zahnärztlichen Zwecken mit einem Anteil von ca. 0,1 % der effektiven Dosis bei medizinischen Anwendungen sehr gering und mit hoher Wahrscheinlichkeit unschädlich ist. Die natürliche Strahlung (ca. 2,4 mSv pro Jahr) übertrifft die diagnostische im Bereich der routinemäßigen zahnärztlichen Untersuchung um ein Vielfaches (Krone, 2001). Auch wenn Zahnaufnahmen sehr häufig angewendet werden (37 % aller Röntgenaufnahmen), tragen sie zu weniger als 1 % zur Strahlenbelastung der Bevölkerung durch medizinische Untersuchungen bei. Eine intraorale Zahnfilmaufnahme erzeugt eine mittlere effektive Strahlendosis von weniger als 0,01 mSv, nur 0,2 % der effektiven Dosis entfallen auf die zahnmedizinische Röntgendiagnostik (Bundesamt für Strahlenschutz, 2005 bis 2010; vergleiche Abb. 1).

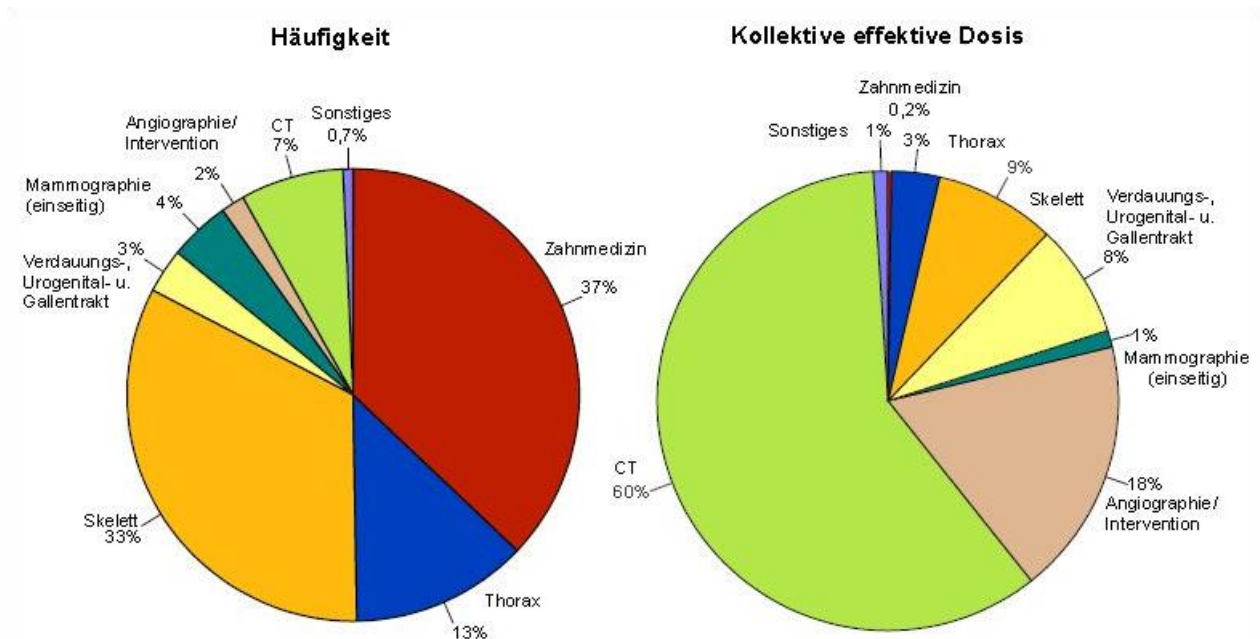


Abbildung 1: Häufigkeit und effektive Dosis von Röntgenaufnahmen in der Medizin (mit freundlicher Genehmigung des Bundesamts für Strahlenschutz, 2010)

Die Röntgenstrahlung ist spätestens seit Howard Riley Rapers Veröffentlichung „Elementary and dental radiography“ im Jahre 1913 als diagnostisches Mittel in der Zahnmedizin anerkannt. Raper war es auch, der die Bissflügelaufnahmen einführte (Raper, 1925), die sich bis in die heutige Zeit bewährt haben und noch immer der Goldstandard sind.

Entsprechend dem Ausmaß einer kariösen Läsion und ihrer radiologischen Äquivalenzen werden folgende Kariesausprägungen differenziert (Pitts, 1984):

- R0 = keine Karies
- R1 = Karies innerhalb der äußeren Schmelzhälfte
- R2 = Karies bis in die innere Schmelzhälfte
- R3 = Karies innerhalb der äußeren Dentinhälfte
- R4 = Karies bis in die innere Dentinhälfte

Die röntgenologische Einteilung R1 – R4 entspricht der klinischen Einstufung C1 – C4 (Pitts, 1984).

Panoramaschichtaufnahmen (PSA) sind zur Diagnostik von Approximalkaries im Allgemeinen weniger gut geeignet. Gleichwohl können auf Aufnahmen, die zu anderen Zwecken angefertigt wurden, große kariöse Läsionen erkannt werden. Weiterhin können sie eine Unmenge an anderen Informationen liefern und zählen daher ebenfalls zum Standardrepertoire einer Untersuchung (Akarslan et al., 2008; Akkaya et al., 2006; Kamburoglu et al., 2012).

2.2.6 Diaphanoskopie/FOTI

Diaphanoskopie bedeutet „Durchleuchten eines Körperteils oder Organs mit einer starken Lichtquelle“ (Reuter, 2004). Als Lichtquelle kann dabei eine Kaltlichtsonde fungieren (Côrtes et al., 2003). Die Diaphanoskopie kann beispielsweise ergänzend zu Bissflügelaufnahmen eingesetzt werden (Davies et al., 2001). Die faseroptische Transillumination (FOTI) als bekanntester Vertreter dieser Technik in der Zahnmedizin nutzt die Tatsache aus, dass kariöse Zahnhartsubstanz infolge erhöhter Porosität einen höheren Brechungsindex aufweist als gesunder Schmelz respektive Dentin. Folglich nimmt bei Durchleuchtung kariöser Läsionen die Lichtintensität ab, die erkrankten Areale erscheinen dunkler. Die Kombination mit einer bildgebenden Kamera als Weiterentwicklung der FOTI wird als DIFOTI (digitale faseroptische Transillumination) bezeichnet, so zum Beispiel bei der KaVo DIAGNOcam.

Die Transillumination ist eher für den Frontzahnbereich im bleibenden Gebiss geeignet, da im Seitenzahngebiet der orovestibuläre Querschnitt der Zähne größer ist. Im Milchgebiss stehen die Frontzähne meist lückig und die Approximalräume sind somit direkt einsehbar, sodass eine Durchleuchtung hier überflüssig ist. Bereits seit Mitte der 70er Jahre findet die faseroptische Transillumination Anwendung in der Approximalraumdiagnostik (Mitropoulos, 1988a; Mitropoulos, 1988b).

Der eingeschränkten Aussagekraft der Diaphanoskopie aufgrund der durch die starke Lichtstreuung verursachten geringen Eindringtiefe wird die Verwendung von infrarotnahe Licht (780 – 1550 nm) entgegnet, da Schmelz in diesem Wellenlängenbereich deutlich durchlässiger ist (Karlsson, 2010). Zusätzlich können bestimmte Farbstofflösungen (zum Beispiel Brilliant Blue FCF) zur Kontraststeigerung und Verbesserung der Genauigkeit eingesetzt werden (O'Brien et al., 1989). Côrtes et al. fanden hingegen heraus, dass gleichzeitig Verfärbungen der Zähne die Leistungsfähigkeit dieser Methode reduzieren (Côrtes et al., 2003).

2.2.7 Optische Kohärenztomographie

In den Kinderschuhen steckt zur Zeit noch eine Technologie, die bereits in der Ophthalmologie Anwendung findet: die optische Kohärenztomographie (Optical coherence tomography = OCT). Sie basiert auf der Weißlichtinterferometrie. Mit ihr soll es möglich werden, dreidimensionale Bilder des Schmelzes zu erzeugen. Ein Einsatz in der Kariologie und Parodontologie ist denkbar, jedoch stehen noch weitere Verbesserungen hinsichtlich der Eindringtiefe und Auflösung aus (Baumgartner et al., 2000; Boppart et al., 1998; Hibst, 2001; Holtzman et al., 2010; Hsieh et al., 2013; Ngaotheppitak et al., 2005; Otis et al., 2000).

2.2.8 Quantitative lichtinduzierte Fluoreszenzmessung (QLF)

Die quantitative lichtinduzierte Fluoreszenzmessung (QLF) verwendet Licht mit 400 bis 500 nm Wellenlänge. Dabei wird die Eigenschaft der Fluoreszenz der Zahnhartgewebe ausgenutzt. Als Quelle dient Laser- oder Halogenlicht. Der Anwendungsbereich ist in erster Linie die Untersuchung von Glattflächen, dabei wird eine Abdunkelung der Räumlichkeit notwendig. Die Leistung bezüglich der Früherkennung von Karies konnte nach Einführung von zusätzlichen fluoreszierenden Farbstofflösungen (Pyrromytheme 556) deutlich verbessert werden (Ando et al., 1997). Eine Besonderheit, die nur die quantitative lichtinduzierte Fluoreszenzmessung bieten soll, besteht in der Bewertung der Läsionsaktivität durch Fluoreszenzabgleiche während der Dehydratation der Läsion (Al-Khateeb et al., 2002; Ando et al., 2001; Zandoná & Zero, 2007).

2.2.9 Laserfluoreszenz

Im Gegensatz zur QLF wird bei dieser Methode nicht die Autofluoreszenz der Zahnhartgewebe genutzt, sondern der Metabolismus der Mikroorganismen in der kariogenen Plaque. Für die durch Laserlicht verursachte Fluoreszenz werden Porphyrine in den Bakterienkolonien und deren Umgebung verantwortlich gemacht (Sailer et al., 2001). Die entsandten Intensitätsinformationen werden durch einen Detektor erkannt, verarbeitet und visualisiert und hörbar gemacht.

Die bekanntesten Vertreter dieser Gattung im zahnärztlichen Anwendungsbereich sind DIAGNOdent (KaVo) und VistaProof (DürrDental). Das DIAGNOdent verwendet rotes Licht der Wellenlänge 655 nm (Produktinformation KaVo), das weniger verbreitete Gerät von DürrDental 405 nm (Produktinformation DürrDental). Dieses Gerät erfuhr bereits Modifikationen, sodass mit der VistaCam eine vielseitig einsetzbare Intraoralkamera zur Verfügung steht. Mittlerweile bieten weitere Hersteller ähnliche Produkte an, so vertreibt beispielsweise Acteon ebenfalls eine

„Prophylaxe-Kamera“ namens SoproLife, später SoproCare (Produktinformation Acteon).

Nach vorangegangener Zahnreinigung lässt sich ein hoher diagnostischer Wert erzielen. Gegenüber anderen konventionellen Methoden zeichnet sich besonders ein Vorteil der Laserfluoreszenz bei der Detektion von Schmelzkaries ab (Goel et al., 2009). Diverse Studien belegen für DIAGNOdent eine Sensitivität zwischen 80 und 90 % und eine Spezifität zwischen 80 und 100 % (Goel et al., 2009; Lussi et al., 2004). Die Weiterentwicklung in Form des DIAGNOdent pen ermöglicht neben der Untersuchung von Okklusalfächen die Anwendung im Approximalbereich mit ähnlichen Werten für Sensitivität und Spezifität (Braga et al., 2009; Ermler et al., 2012; Lussi et al., 2006). Die Reproduzierbarkeit der Werte ist gut, auch bei unterschiedlichen Untersuchern wurden weitgehende Übereinstimmungen ermittelt (Aljehani et al., 2007, Kühnisch et al., 2007; Lussi et al., 2004).

Während KaVo mit dem DIAGNOdent pen auch die Möglichkeit der Detektion von Approximalkaries bietet, ließ das VistaProof-Gerät von DürrDental dort zunächst keine Beurteilung zu (Ruckhofer & Städtler, 2010). Mittlerweile ist mit der VistaCam iX und dem entsprechenden Wechselkopf auch die Approximalkariesdiagnostik möglich (Produktinformation DürrDental).

2.2.9.1 Fluoreszenz und Laserfluoreszenz

Fluoreszenzphänomene fallen aus physikalischer Sicht in den Bereich der Luminiszenz, zu der auch die Phosphoreszenz gezählt wird. Im Gegensatz zur Phosphoreszenz kommt es bei der Fluoreszenz nach Anregung nicht zu einem andauernden Leuchteffekt, sondern es findet eine direkte Abstrahlung kurzer Dauer statt. Erklärlich wird diese Erscheinung durch Anheben des Energieniveaus der Moleküle, per definitionem durch nicht thermische Einflüsse, in einen angeregten Zustand. Diese Energie wird unverzüglich wieder abgegeben, zum Teil in Form von Wärme, zum anderen als Fluoreszenzstrahlung. Letztere muss daher energieärmer und damit langwelliger sein als die Anregungsstrahlung. Es findet folglich eine Rechtsverschiebung oder Rotverschiebung statt. Dieses Phänomen ist bei ultraviolett bestrahltem Zahnhartgewebe schon seit 1911 bekannt (Stübel, 1911).

Geschieht die Anregung durch Laserstrahlung spricht man von Laserfluoreszenz. Die Laserfluoreszenz findet bisher Anwendung in der Tumordiagnostik, Kariologie und in der Parodontologie (Frentzen & Braun, 2005). Bereits 1981 zogen Alfano und Yao die Anwendung luminiszenzbasierter Kariesdetektion in Betracht (Alfano & Yao, 1981).

Da das Porphyrinmolekül Hauptbestandteil des Häms ist, findet die Laserfluoreszenz mithilfe dieser Stoffe auch bei der Diagnostik von Porphyrien mittels hochleistungsfähiger chromatographischer Verfahren Anwendung.

2.3 Fluoreszenz in der Kariesdiagnostik

In vergleichenden Untersuchungen zwischen gesundem Schmelz und Schmelz mit in vitro erzeugten kariösen Läsion (ohne bakterielles Zutun) konnte kein signifikanter Fluoreszenzunterschied gefunden werden, sodass der Grund für eine erhöhte Lichtabgabe bei einer Karies in vivo bei der kariogenen Flora gesucht wurde. Es konnte gezeigt werden, dass die Bakterien und deren Umgebung fluoreszieren (Lussi et al., 2004).

Porphyrine, Ringsysteme aus vier untereinander durch Methinbrücken verbundene Pyrrolringe (Königshoff & Brandenburger, 2004) wurden als ursächlich identifiziert, vor allem Protoporphyrin und Mesoporphyrin, im Falle von manifesten kariösen Läsionen Coproporphyrin (Sailer et al., 2001) – alles Stoffwechselprodukte kariogener Bakterien. Die Stärke der Emission nach Anregung korreliert mit der Konzentration der Fluorofore. Entsprechend können die höchsten Fluoreszenzwerte im Läsionszentrum einer Schmelzkaries detektiert werden (Frentzen et al., 2004).

2.4 Anwendung des DIAGNOdent pen

Der erste Schritt zur Diagnose von Karies mithilfe des DIAGNOdent-Gerätes ist eine Zahnreinigung, denn Plaque, Zahnstein, Rückstände von Nahrung und ähnliches können die Messung verfälschen (Bittar et al., 2012). Besonders problematisch sind grüne Stoffe, beispielsweise in Form von Salat, da das Gerät sehr sensibel auf diese Farbe anspricht und ein falscher erhöhter Messwert ausgegeben wird. Auch Hypomineralisationen, Kunststofffüllungen und Versiegelungsmaterialien können zu einem falsch positiven Ergebnis führen (Braun et al., 1999; Lussi et al., 1999; Lussi et al., 2005; Reich, 2000). Entsprechend wurden auch Fehlmessungen bei durch die Molar-Inzisivus-Hypomineralisation (MIH) fehlstrukturierten Zähnen detektiert (Farah et al., 2008).

Aufgrund des Ansprechens des Gerätes auf Zahnstein und Konkremente wurde an Methoden für die Parodontaldiagnostik gearbeitet (Frentzen & Braun, 2005). Eine PA-Kontrollsonde zum Aufspüren von subgingivaler Plaque ist verfügbar. Haupteinsatzgebiet des DIAGNOdent pen ist jedoch die Kariesdiagnostik.

KaVo verwendet eine Diode, die Licht der Wellenlänge 655 nm emittiert, das die Zahnhartsubstanz tief durchdringen kann und dabei einen guten Kontrast erreicht. Die Anregung erfolgt im Rotbereich und die Detektion im infrarotnahen Bereich. Vor einer Messung muss das Gerät auf einer gesunden und sauberen Zahnfläche gleicher Dentition kalibriert werden.

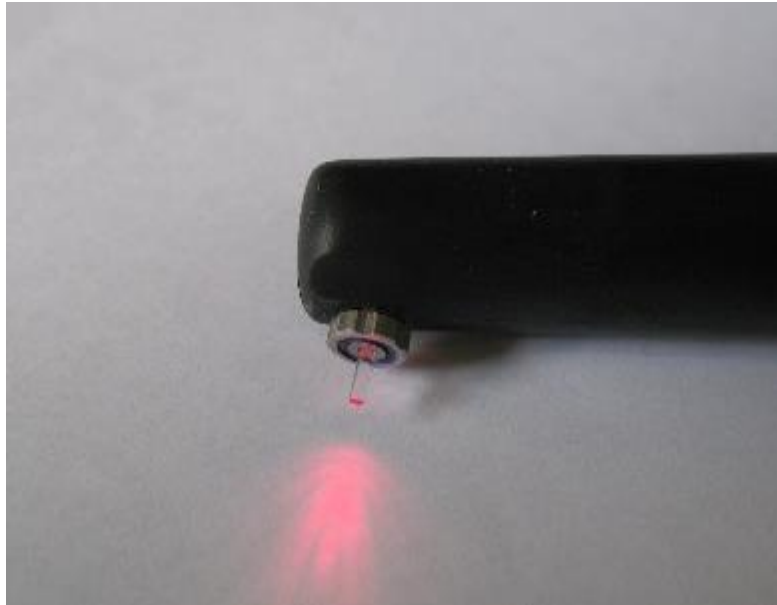


Abbildung 2: Okklusalspitze – Arbeitsende des DIAGNOdent pen zur Okklusalkariesdiagnostik

Die im DIAGNOdent pen verwendete Laserdiode entsendet das Licht gepulst über einen Lichtleiter und verlässt das Gerät in einem Winkel von 100° in die entsprechende Sonde aus Saphir. In dieser Richtung erreicht das Licht auch den Zahn durch die Okklusalspitze (Abb. 2). Bei der Sonde des DIAGNOdent pen 2190 für den Approximalraum (Abb. 3) wird der Strahl durch ein Prisma um 40° abgelenkt. Diese optimale Prismenangulation in der Sonde wurde durch Lussi und Mitarbeiter in experimentellen Untersuchungen an bleibenden Zähnen gefunden und festgesetzt (Lussi et al., 2006).

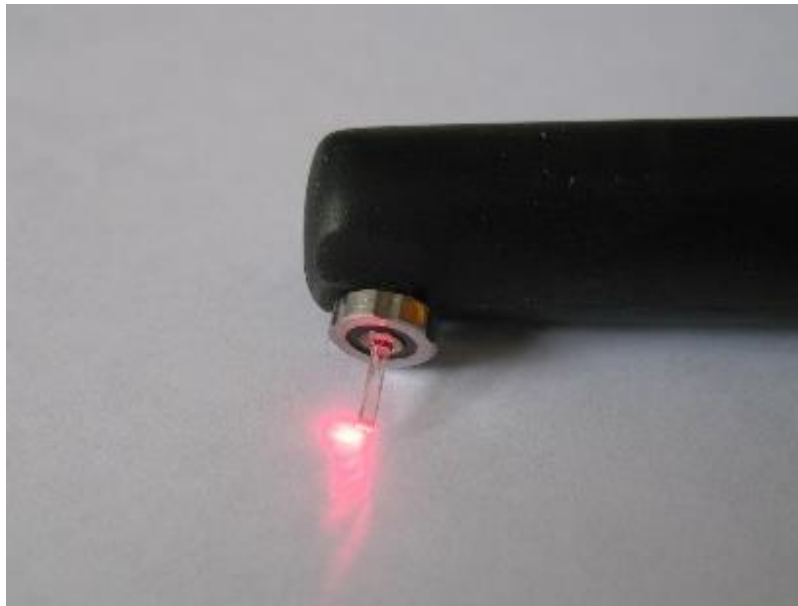


Abbildung 3: Approximalspitze – Arbeitsende des DIAGNOdent pen zur Approximalkariesdiagnostik

Der Hersteller gibt eine Eindringtiefe von 2 mm an. Auftretende Fluoreszenzen werden über den Lichtleiter zurückgeleitet und durch einen CCD-Fotosensor detektiert. Die Ausgabe des Ergebnisses erfolgt sowohl optisch auf einem LC-Display als auch akustisch (Abb. 4).

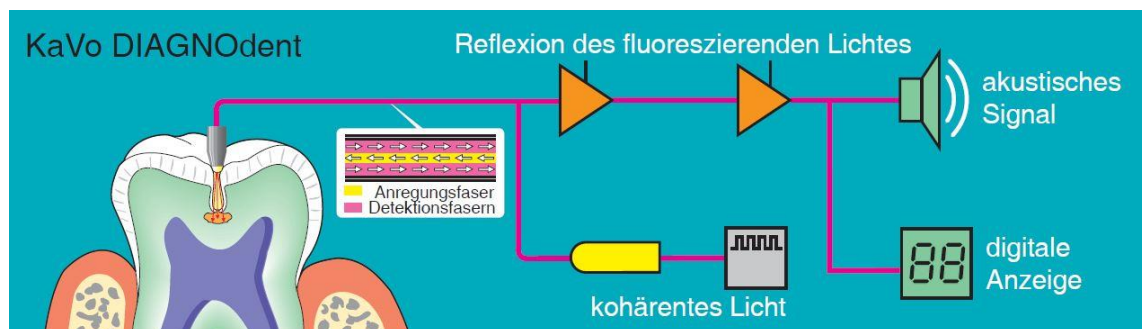


Abbildung 4: Funktionsweise des DIAGNOdent (mit freundlicher Genehmigung der KaVo Dental GmbH)

Die Skala der Messwerte reicht von 0 bis 99. Toraman Alkurt und Coworkers fanden eine Korrelation dieser Werte mit der Tiefe des kariösen Prozesses (Toraman Alkurt et al., 2008). Andere Untersuchungen konnten jedoch keine strenge Beziehung der DIAGNOdent-Werte mit der Kariesprogression im okklusalen Bereich ermitteln (Hamilton et al., 2006; Khalife et al., 2009), aber bei einem Messwert bis 10 sei nach Braun et al. mit einer Schmelzkaries bis 0,3 mm zu rechnen (Braun et al., 2005). Zumindest kann die Abschätzung der Läsionstiefe mithilfe der

Laserfluoreszenz exakter erfolgen als rein visuell oder radiologisch (Toraman Alkurt et al., 2008). Celiberti und Mitarbeiter gestehen dem DIAGNOdent pen im Approximalraum keine quantitative Aussagefähigkeit zu (Celiberti et al., 2010).

KaVo gibt auf der Basis der Messwerte Therapieempfehlungen. Dabei wurden die ursprünglichen diagnostischen Hinweise nach Lussi et al. 2001 (0 bis 13 keine Karies, 14 bis 20 oberflächliche Schmelzkaries, 21 bis 29 tiefe Schmelzkaries, > 29 Dentinkaries; Lussi et al., 2001) nach diversen Untersuchungen angepasst. Die aktuellen Werte für die Beurteilung von Okklusal- und Glattflächen mittels des DIAGNOdent pen sind in Tabelle 1 dargestellt. Für den Approximalraum nennt der Hersteller leicht abweichende Werte, angelehnt an die Empfehlungen von Lussi und Mitarbeitern 2006 (Lussi et al., 2006).

Diese Werte dienen nur als Orientierung. Vor allem die Kariesaktivität des Patienten muss individuell berücksichtigt werden.

Wert DIAGNOdent pen		Therapieempfehlungen
Okklusal- und Glattflächen	Approximalflächen	
0 bis 12	0 bis 7	Normale Prophylaxe-Maßnahmen (z. B. fluoridhaltige Zahnpasta)
13 bis 24	8 bis 15	Intensive Prophylaxe-Maßnahmen (z. B. Fluoridierung, KaVo HealOzone)
> 24	> 16	Minimalinvasive restaurative Verfahren Komposit Füllmaterialien und intensive Prophylaxe z. B. KaVo HealOzone, RONDOflex, SONICflex) Bei großen Läsionen klassische Restauration, je nach Risikobewertung und Befund

Tabelle 1: DIAGNOdent Therapieempfehlungen (KaVo Produktinformation)

Lussi et al. sowie Bittar et al. konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen Untersuchungen an trockenen und feuchten Zähnen finden (Lussi et al., 1999; Bittar et al., 2012); Braun und

Mitarbeiter verweisen jedoch auf erhöhte Messwerte um bis zu 6 Einheiten bei Austrocknung der Zahnoberfläche, besonders bei ohnehin höheren Ausgangswerten (Gruppen mit Werten >10) (Braun et al., 2000). 2005 empfahlen jedoch auch Lussi et al. neben der Reinigung die Trocknung der Zahnflächen vor der Messung (Lussi et al., 2005). Ähnliche Beobachtungen wurden auch bei dem bezüglich des Funktionsprinzips ähnlichen VistaProof (DürrDental) gemacht (De Benedetto et al., 2011). Pinelli und Mitarbeiter empfehlen vor DIAGNOdent-Messungen grundsätzlich eine Trocknung der Zahnoberflächen (Pinelli et al., 2010).

Die Lasertechnik des DIAGNOdent verlangt im Gegensatz zu Lasern für den therapeutischen Einsatz nur eine geringe Leistung des Diodenlasers von weniger als einem Milliwatt. Hingegen werden bei der Laseranwendung im therapeutischen Bereich Leistungen von mehreren Milliwatt und bei gepulsten Lasern (ER:YAG-Laser oder Nd:YAG-Laser) bis in den Bereich von mehreren Kilowatt benötigt (Hibst, 2001).

Eine Kombination beider Anwendungen zum automatischen Arbeiten mit integrierter Selbstkontrolle via Rückkopplung wird vielfach angestrebt, so zum Beispiel in der Parodontologie zur subgingivalen Konkremententfernung oder bei der Kariesexkavation (Frentzen & Braun, 2005).

3 Ziel der Untersuchung

Der Approximalbereich zwischen den Molaren der ersten Dentition hat eine große Bedeutung für die Mundgesundheit und die weitere Entwicklung bei gleichzeitig diffiziler Erreichbarkeit. Diese Kariesprädispositionsstelle ist häufig ursächlich für einen Einbruch der kieferorthopädischen Stützzone mit daraus resultierendem Platzmangel für die bleibenden Zähne. Doch auch für den Zahnarzt ist es schwierig, diesen Bereich korrekt einzusehen und zu untersuchen. KaVo verspricht Abhilfe seit 2005 mit einer Weiterentwicklung des DIAGNOdent-Gerätes, dem DIAGNOdent pen 2190.

Untersuchungen in der zweiten Dentition liegen bereits vor, im Milchgebiss stehen weitere Untersuchungen noch aus. Lussi und Francescut wiesen 2003 darauf hin, dass der geringere Mineralgehalt der Dentes decidui einen Einfluss auf die Messwerte haben kann (Lussi & Francescut, 2003). Daher muss die Laserfluoreszenz als Mittel zur Kariesdiagnostik hier gesondert betrachtet und untersucht werden.

Zum Einsatz des DIAGNOdent pen im Approximalbereich von Milchzähnen liegen bislang fünf Arbeiten vor, drei In-vitro-Studien (Braga et al., 2009; Celiberti et al., 2010; Virajsilp et al., 2005) und zwei In-vivo-Untersuchungen (Ermler et al. 2012; Novaes et al., 2010).

Anknüpfend an die Arbeit von Ermler (Ermler, 2009) soll mit einer nach statistischer Fallzahl-schätzung erhöhten Patientenzahl die Praxistauglichkeit des KaVo DIAGNOdent pen 2190 beim Einsatz im Approximalbereich von Milchmolaren in vivo geprüft werden. Dazu werden Spezifität und Sensitivität sowie die positiven und negativen prädiktiven Werte ermittelt und der klinischen, visuellen Inspektion gegenübergestellt. Die visuelle Diagnostik nach Separierung dient dabei als Goldstandard. Bei eröffnetem Approximalraum können weiterhin erneut Messungen mit dem Gerät durchgeführt und im Hinblick auf Unterschiede zu den vorangegangenen Messreihen betrachtet werden. Für die Bewertung der Leistungsfähigkeit im klinischen Alltag jedoch ist die Gegenüberstellung der Messungen bei geschlossenem Approximalraum mit dem Goldstandard entscheidend und stellt die Kernaufgabe der Studie dar.

Therapeutisch besonders interessant ist der Zustand der Läsionsoberfläche: Lassen die Messwerte eine Aussage über die Oberflächenbeschaffenheit zu? Hat eine eingebrochene Schmelzoberfläche Auswirkungen auf die Messungen des DIAGNOdent pen 2190 im Gegensatz zur intakten Oberfläche? Weiterhin soll geprüft werden, inwieweit man von den ermittelten DIAGNOdent pen-

Ziel der Untersuchung

Werten auf die Läsionsausdehnung und -tiefe schließen kann.

Die herkömmliche, käufliche Sonde für den Approximalraum von KaVo ist vor allem im Approximalraum bleibender Zähne erprobt. Aufgrund der besonderen Morphologie der Milchmolaren und der speziellen Approximalraumanatomie im Milchgebiss sind diese Ergebnisse nicht einfach übertragbar. Daher soll neben der Standardsonde der Prototyp einer grazileren Sonde für diesen besonderen Approximalraum getestet werden, welche vorerst nur zu Forschungszwecken entwickelt wurde und bislang im Dentalhandel nicht erhältlich ist. Es gilt zu prüfen, ob sie aufgrund ihrer kompakteren Abmessungen und damit einer eventuell besseren Zugänglichkeit in den Zahnzwischenraum noch bessere Ergebnisse liefern kann oder nicht.

4 Probanden und Methoden

4.1 Patienten

Untersucht wurden die Approximalbereiche zwischen den ersten und zweiten Milchmolaren (Abb. 5) bei 58 Kindern im Alter zwischen 3 und 11 Jahren. Die Rekrutierung der Studienpatienten erfolgte über Aushänge, Flyer, Mundpropaganda sowie Konsultation eigener Patienten. Da sowohl die Distalflächen der ersten als auch die Mesialflächen der zweiten Milchmolaren in allen vier Quadranten potenziell relevant für die Studie sind, ergibt sich eine maximale mögliche Anzahl zu untersuchender Approximalflächen von 464.



Abbildung 5: Approximalkontakt eines Milchmolarenpaares (74 und 75)

Es galten folgende Ausschlusskriterien für jeden einzelnen Quadranten:

- 1) kein Approximalkontakt beziehungsweise lückige Anordnung der Milchmolaren
- 2) ein bereits oder noch fehlender Milchmolar
- 3) fortgeschrittene Wurzelresorption beziehungsweise damit verbundene erhöhte Lockerungsgrade mindestens eines Milchmolaren
- 4) fortgeschrittene, offensichtliche kariöse Läsionen einer der zu untersuchenden Zahnflächen
- 5) Füllungen an beiden Approximalflächen (IV distal, V mesial)

Ist kein Approximalkontakt vorhanden, weil die Seitenzähne lückig stehen, sind die Interdentalbereiche visuell ohnehin gut beurteilbar. Das Fehlen eines Milchmolaren ermöglicht dies ebenfalls. Die kurz bevorstehende Exfoliation macht eine Füllungstherapie unnötig. Beim Zutreffen mindestens eines der oben genannten Ausschlusskriterien fiel der jeweilige Quadrant aus der Untersuchung heraus, bei Aufweisen mindestens eines Kriteriums in allen vier Quadranten, wurde der jeweilige Patient aus der Studie ausgeschlossen.

Alle Eltern und Kinder wurden über den Ablauf der Studie aufgeklärt und alle Erziehungsberechtigten gaben ihr Einverständnis zur Untersuchung ihres Kindes im Rahmen dieser Studie. Am 19.01.2012 wurde das Ethikvotum für die vorliegende Studie durch die Ethikkommission der Charité – Universitätsmedizin Berlin, Ethikausschuss 2 am Campus Virchow-Klinikum, erteilt.

4.2 Durchführung

Bei allen Patienten wurden unter Berücksichtigung der Anamnese der Approximalraum-Plaques-Index nach Lange, der Papillenblutungs- und der dmf-t/DMF-T-Index sowie anschließend ein klinischer Befund erhoben.

Der dmf-t im Milchgebiss beziehungsweise der DMF-T im Wechselgebiss wurden visuell mit Spiegel, Luftpuster, Licht und Lupenbrille (ZEISS G2, zweifache Vergrößerung) erhoben. Bei einem positiven Kariesbefund an Okklusal- und Glattflächen wurde die Diagnose mittels DIAGNOdent unter Verwendung der Okklusalsonde (vgl. Abb. 2) überprüft. Nach Abschluss der Untersuchungen wurden die Informationen aus der Inspektion nach dem Separieren zur Therapiefindung mit einbezogen und waren dabei maßgeblich.

Nach einer Zahnreinigung mittels Zahnseide, Polierkelch und Polierpaste wurden die Messwerte mit dem DIAGNOdent pen 2190 erhoben, je drei von bukkal und oral mit zwei verschiedenen Sondentypen. Dies ist zum einen die in Abbildung 2 dargestellte herkömmliche Sonde für den Approximalraum, im Folgenden Sonde A genannt, zum anderen eine bislang nicht käufliche Forschungssonde (Sonde B), die der normalen Approximalraumsonde mit derselben Länge von 6 mm makroskopisch sehr ähnelt, jedoch an der Spitze noch graziler gestaltet ist, um besser in den Approximalraum zu gelangen.

Das Separieren der Milchmolaren geschah nach der ersten Messwerterhebung mit dem DIAGNOdent pen. Dazu wurden Separiergummis (Dentalastics Separatoren blau, Ring-Innendurchmesser 2,1 mm, Dentaurum) eingesetzt und für 24 h belassen. Nach deren Entfernung

wurde die Zahnreinigung wiederholt. Vor der anschließenden visuellen Beurteilung der eröffneten Approximalräume wurden mit dem DIAGNOdent pen zusätzlich eine dritte (mit Sonde A) und eine vierte Messreihe (mit Sonde B) durchgeführt. Die visuelle Beurteilung als Goldstandard ermöglichte durch die Gegenüberstellung besonders der ersten beiden Messreihen bei unverändertem Approximalraum die Einschätzung der Praxistauglichkeit des Geräts.

War die proximale Schmelzoberfläche (klinischer Befund nach Separierung) eingebrochen (möglich bei Vorliegen einer Läsion der Grade C2, C3, C4), wurde eine restaurative Therapie empfohlen und eingeleitet. In allen anderen Fällen wurden nur Prophylaxemaßnahmen ergriffen. Kavitätengröße und -ausdehnung wurden unter Zuhilfenahme einer Parodontalsonde dokumentiert (Tiefe in mm, Ausdehnung [Schmelz/Dentin/Pulpaeröffnung]).

Es ist anzumerken, dass das Vorhandensein einer Dentinkaries keinen Oberflächeneinbruch voraussetzt. Bei 10 bis 30 % der Dentinläsionen an Molaren liegt eine makroskopisch intakte Oberfläche vor, was eine nichtinvasive Therapie ermöglicht (Lussi & Schaffner, 2002).

Der Untersuchungsablauf ist in Tabelle 2 zusammengefasst.

1	Mundhygienestatus (PBI, API) Indexerhebung des Gebisszustands (dmf-t/DMF-T) klinischer Befund
2	Zahnreinigung
3	Erste Messwerterhebung mit DIAGNOdent pen 2190 je dreimal (vestibulär und oral) mit beiden Messsonden (Messreihen A1 und B1)
4	Legen der Separiergummis (Tragezeit 24 h)
5	Entfernen der Separiergummis, Zahnreinigung
6	Zweite Messwerterhebung mit DIAGNOdent pen 2190 je dreimal (vestibulär und oral) mit beiden Messsonden (Messreihen A2 und B2)
7	Visuelles und vorsichtiges taktiles Beurteilen der eröffneten Approximalbereiche
8	Festlegung und Durchführung der Therapie (invasiv oder noninvasiv = präventiv)

Tabelle 2: Untersuchungsablauf

4.2.1 Erheben des PBI, API und des dmf-t/DMF-T

Das Erheben des Papillenblutungs-Index (PBI; Saxer & Mühlemann, 1975) erfolgte durch Ausstreichen des Sulkus gingivae im Bereich der Papillen, im ersten und dritten Quadranten von oral sowie im zweiten und vierten Quadranten von vestibulär, mittels einer abgerundeten Sonde (WHO-Parodontalsonde). In Abhängigkeit vom Blutungsgrad wurden dem jeweiligen Zahn folgende Zahlenwerte zugeordnet:

0 = keine Blutung

1 = punktförmige Blutung

2 = Blutlinie oder mehrere Blutungspunkte

3 = mit Blut ausgefülltes interdentes Dreieck

4 = profuse Blutung

Beim Approximalraum-Plaque-Index (API; Lange, 1986) wurden die Interdentalräume entsprechend des Vorhandenseins von Belägen mit „ja“ oder „nein“ nach deren Anfärben mittels eines Plaquerevelators auf Erythrosin- und Patentblaubasis (Mira-2-Ton, Hager und Werken) bewertet. Dies geschah im 1. und 3. Quadranten von oral, im 2. und 4. Quadranten von vestibulär.

Beide Indexgrößen geben einen Hinweis auf die vorliegende Mundhygienesituation, eine direkte Beziehung zwischen den Werten beider Indices konnten Ekstrand und Mitarbeiter jedoch nicht finden. Das bedeutet, dass die Bedeutung beider Größen für die Mundhygiene und das Kariesrisiko unterschiedlich einzuschätzen ist. Ferner bedingt ein hoher API nicht in jedem Falle einen hohen PBI. Aussagekräftiger scheint der Wert des Papillenblutungs-Index zu sein (Ekstrand et al., 1998).

Der dmf-t-Index beschreibt die Kariesprävalenz im Milchgebiss eines Patienten. Dazu wurden die Zähne, die kariös (d=decayed) waren, die fehlten (m=missing) oder die gefüllt (f=filled) waren, in Relation zur Gesamtzahl der Zähne (t=teeth) gesetzt. Analoges gilt für den DMF-T im Wechselgebiss beziehungsweise im bleibenden Gebiss. Die Erhebung geschah im Rahmen der Befundung zunächst durch visuelle Inspektion, bei positivem Kariesbefund erfolgte zusätzlich die Verifizierung durch das DIAGNOdent-Gerät oder mit dem DIAGNOdent pen und der Okklusallsonde an gut zugänglichen Stellen (zum Beispiel okklusal und vestibulär). Schließlich wurden die Befunde der visuellen/taktilen Inspektion nach Öffnen des Approximalkontaktes hinzugezogen. Letztere Methode bildete dabei die Entscheidungsgrundlage für die Therapie einer Approximalkaries, da nur auf diese Weise die Oberflächenbeschaffenheit sicher beurteilt werden kann.

4.2.2 Zahnreinigung

Zur besseren Beurteilbarkeit und Ausschaltung etwaiger Störquellen für das DIAGNOdent pen-Gerät wurden die zu untersuchenden Bereiche mittels rotierendem Gummikelch (HS Prophy Nöpfe, Henry Schein), fluoridfreier Polierpaste (Cleanic, Kerr) und ungewachster, nicht fluoridierter Zahnseide (HS Acclean, Henry Schein) gereinigt. Verbliebene Polierpaste wurde gründlich mithilfe einer Luft-Wasser-Mehrfunktionsspritze entfernt.

4.2.3 Anwendung des DIAGNOdent pen 2190

Von Patient zu Patient differiert die Mikrostruktur der Zähne, was sich makroskopisch beispielsweise in einem individuellen Farbton manifestiert. Ursächlich können genetische Faktoren, Umweltbedingungen und besonders Ess- und Trinkgewohnheiten sein. Damit verbunden ist eine unterschiedliche Grundfluoreszenz der Zahnhartsubstanzen innerhalb eines Gebisses. Daher erfolgte bei jedem Patienten die Kalibrierung des Gerätes an einer gesunden Zahnoberfläche, der Ringschalter wird hierbei betätigt, bis der Signalton zweimal ertönt (Abb. 6). Auf der Anzeige und gegebenenfalls auch auf dem gesondert erhältlichen externen Tischdisplay DIAGNOdent Display 2191 ist dann „SET0“ zu lesen. Durch die Kalibrierung wird die individuelle Eigenfluoreszenz des Schmelzes von der gemessenen Intensität subtrahiert und somit werden individuelle Unterschiede berücksichtigt. Bei der Untersuchung der Milchmolaren wurde die Kalibrierung an einem gesunden Milchzahn, meist an einem Eckzahn oder einem Schneidezahn des Unterkiefers, vorgenommen.

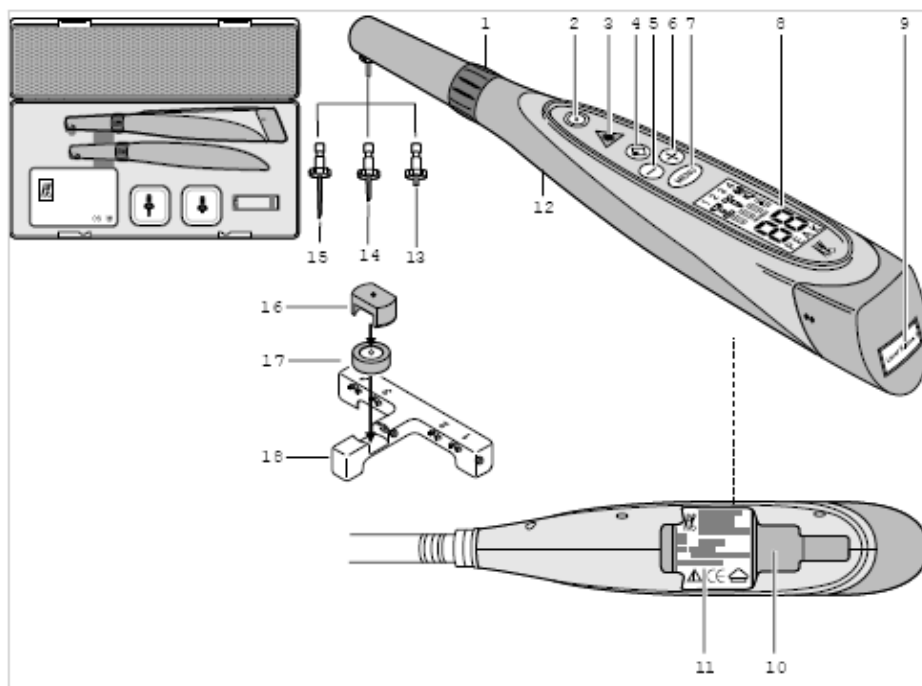


Abbildung 6: Aufbau des DIAGNOdent pen (mit freundlicher Genehmigung der KaVo Dental GmbH)

1 Ringschalter, 2 Starttaste, 3 Gefahrenzeichen: Achtung Laser, 4 Speichertaste, 5 Minustaste, 6 Plustaste, 7 Menüanzeige, 8 LCD Anzeige, 9 Laserhinweisschild, 10 Batteriefach, 11 Typenschild, 12 Griffhülse, 13 Fissur-Sonde, 14 Approximalraumsonde, 15 Parosonde, 16 Führung Approximalraumsonde, 17 Standard C mit Halter, 18 Sondenhalter Steribox

Anschließend ist das Gerät messbereit und gibt Werte bis maximal 99 aus, eine akustische Signalausgabe lässt sich hinzuschalten und beginnt bei einem Messwert von 06. Die Tonhöhe korreliert mit der Höhe des detektierten Wertes. Angezeigt wird sowohl der Momentanwert als auch der Maximalwert (Peak-Wert), durch Drücken des Ringschalters kann dieser wieder gelöscht werden.

Die Lichtquelle der zahnärztlichen Behandlungseinheit wurde in der vorliegenden Studie zur Messung ausgeschaltet. Die Trocknung der Zähne erfolgte durch Druckluft vor jeder Messwerterhebung. Zunge und Wangen wurden durch einen Mundspiegel abgehalten. Diese Methodik erwies sich als zweckmäßig und ermöglicht die ungestörte Anwendung des DIAGNOdent pen. Die empfindliche Sonde wird dabei drucklos in den Approximalraum eingeführt, ein Verkanten ist zu vermeiden. Durch vorsichtige Angulation kann die Korrektheit der Messung verbessert werden, da so eine größere Fläche untersucht werden kann und die Gefahr einer falsch negativen Messung verringert wird.

4.2.4 Öffnen des Approximalraumes

Der direkte visuelle Zugang zu einem Zahn sichert den Therapieentscheid, da nur so (visuell und vorsichtig taktil) sicher beurteilt werden kann, ob eine intakte Oberfläche vorliegt oder ob sie eingebrochen ist. Die vorangegangenen Untersuchungen von Ermler zeigen, dass die Öffnung des Approximalraums auch zur Verbesserung der Messgenauigkeit des DIAGNOdent pen beiträgt (Ermler, 2009). Ribeiro et al. kamen ebenfalls zu diesem Schluss und sprachen auch der alleinigen Separierung mit darauffolgender visueller und taktiler Inspektion eine hohe diagnostische Güte zu (Ribeiro et al., 2015).

Dazu wurden kieferorthopädische Separiergummis mithilfe einer Separierzange eingebracht und für etwa 24 Stunden belassen (Abb. 7). Diese Möglichkeit der Zahnbewegung begründet sich mit der physiologischen Mobilität innerhalb der Alveole aufgrund der nicht starren Aufhängung über das Desmodont und der Elastizität des Knochens. Fehlt diese Beweglichkeit der Zähne besteht der Verdacht einer Ankylose mit entsprechend notwendiger weiterer Diagnostik und Therapie der ankylosierten Milchzähne.



Abbildung 7: eingebrachter Separiergummi zwischen Zahn 74 und 75

Nach Entfernen des Separiergummis am folgenden Tag wurden unverzüglich nach der Zahnreinigung die Untersuchungen (visuelle Inspektion, dritte und vierte Messreihe mit DIAGNOdent pen) durchgeführt, da sich die ursprüngliche Zahnposition rasch wieder einstellt. Die Eröffnung des Approximalraums ist reversibel (Abb. 8). Die interdentale Papille wird nur

kurzfristig komprimiert und damit gereizt.

In der vorliegenden Untersuchung gilt die Beurteilung des Approximalraumes nach dessen Eröffnung als Goldstandard. Dies geschah nach Trocknung mittels Druckluft unter Vergrößerung mit eingeschalteter Behandlungsleuchte visuell entsprechend den Kriterien der Kariesbeurteilung einer Glattfläche, weiterhin vorsichtig taktil mit einer zahnärztlichen Sonde zum Aufspüren von Oberflächendefekten.



Abbildung 8: Situation von Abbildung 7 nach Entfernung des Separiergummis, Ansicht des geöffneten Approximalraums zwischen Zahn 74 und 75 von lateral-okklusal: Die Approximalflächen können visuell und taktil beurteilt werden.

4.2.5 Kariestherapie

Bei Vorliegen eines oder mehrerer kariöser Defekte erfolgte entweder eine präventive Behandlung oder eine Füllungstherapie, in erster Linie abhängig vom Zustand der Oberfläche: Bei erhaltener Kontinuität der Oberfläche wurde rein präventiv verfahren, bei einem Oberflächendefekt wurde restaurativ behandelt. Bei Milchzähnen mit fortgeschrittener Wurzelresorption wurde eine Chronifizierung der Karies angestrebt, indem das Voranschreiten der Krankheit verhindert wurde, um den kleinen Patienten eine Übertherapie im Sinne einer Füllung mit einer nur geringen Mundverweildauer zu ersparen, wenn die Exfoliation bald bevorsteht.

In jedem Falle wurden alle Eltern und ihre Kinder über Mundhygienemaßnahmen aufgeklärt und instruiert und die Bedeutung der Mundgesundheit wurde aufgezeigt. Eine zentrale Rolle spielt die Anwendung von Fluoriden. Die gegebenen Hinweise können verschiedene Ansatzpunkte aufzeigen:

- Primär-Primär-Prophylaxe (im Falle einer aktuellen Schwangerschaft der Mutter)
- Primärprophylaxe (bei vorliegender Mundgesundheit)
- Sekundärprophylaxe (präventive therapeutische Vorgehensweise)
- Tertiärprophylaxe (nach erfolgter invasiver und restaurativer Therapie)

Die Primär-Primär-Prophylaxe beschränkt sich auf die Aufklärung (und gegebenenfalls Behandlung) der Mutter, besonders bei nicht optimalen Gebisszuständen der bereits geborenen Kinder. Eine Primär- und Sekundärprophylaxe beinhaltet neben der Aufklärung die Zahnreinigung und Fluoridierung, bei der Sekundärprophylaxe liegt ein Schwerpunkt auf dem Erkennen einer initialen Läsion und ihrer Behandlung mit gezielter Fluoridapplikation, was bei den demineralisierten Zahnflächen durchgeführt wurde. War die Oberfläche einer Approximalkaries bereits eingebrochen beziehungsweise war die Krankheit bereits fortgeschritten (C3, C4), wurden die infizierten Bereiche minimalinvasiv exkaviert und mit einem geeigneten Füllungsmaterial, in unserem Falle das dualhärtende Komposit (LuxaCore Z, DMG), versorgt (Tertiärprophylaxe).

4.2.6 Statistische Auswertung

Eine Fallzahlschätzung anhand der Daten der vorangegangenen Arbeit von Ermler ergab eine Untersuchung von mindestens 50 Patienten, um valide Daten zu erhalten.

Für die jeweiligen Messungen wurden Sensitivität, Spezifität, der positive prädiktive sowie der negative prädiktive Wert und der Kappa-Koeffizient ermittelt. Dazu wurden Kreuztabellen aufgestellt, wobei zur Ermittlung der oben genannten Kennwerte die Diagnoseeinteilung entsprechend der von KaVo herausgegebenen Interpretationsempfehlungen die Einteilung auf eine Ja-Nein-Unterscheidung (gesund oder krank beziehungsweise kariesfrei oder kariös) beschränkt wurde.

Mittels ROC-Analyse wurden die Ergebnisse mit Blick auf den Schwellenwert betrachtet. Zur Untersuchung, ob eine Korrelation zwischen Messwert und Läsionstiefe (bei der Exkavation ermittelt) besteht, wurde der Spearman-Koeffizient errechnet.

Die benutzte statistische Software war IBM SPSS Statistics, Version 21 für Windows (IBM Corp.).

5 Ergebnisse

5.1 Patientenbezogene Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden 58 klinisch gesunde Kinder untersucht. Allgemeinanamnestisch ergaben sich keine Besonderheiten, welche ein erhöhtes Kariesrisiko oder eine eingeschränkte Mundhygienefähigkeit erwarten ließen. Einige Patienten waren in kieferorthopädischer Behandlung. Bei 8 Patienten lag ein Milchgebiss vor, 50 Patienten befanden sich in der Wechselgebissphase.

5.1.1 Altersverteilung

Es wurden Patienten im Alter von 3 bis 11 Jahren untersucht. Der Mittelwert des Patientenalters betrug 7,7 Jahre. Die Altersverteilung ist in Abb. 9 dargestellt.

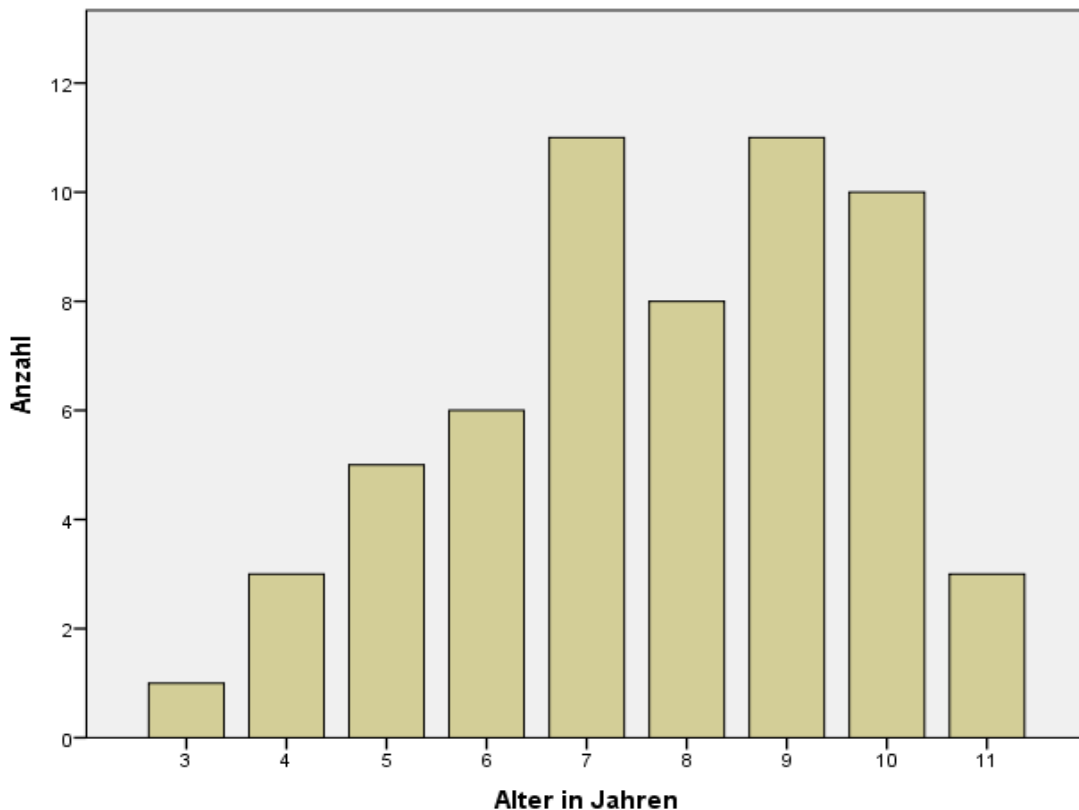


Abbildung 9: Altersverteilung der an der Untersuchung teilnehmenden 58 Patienten

5.1.2 API und PBI

Die Einschätzung der Mundhygiene erfolgte durch das Erheben des Approximalraum-Plaques-Index (API) und des Papillenblutungs-Index (PBI). Während der API ein Indikator für die aktuelle Mundhygiene darstellt, lässt der PBI über den Entzündungsgrad der Gingiva Rückschlüsse auf die Mundhygiene der vorangegangenen Tage zu.

Die Abbildungen 10 und 11 zeigen jeweils die Verteilung von API und PBI der Patienten in der Studie vor der Befunderhebung.

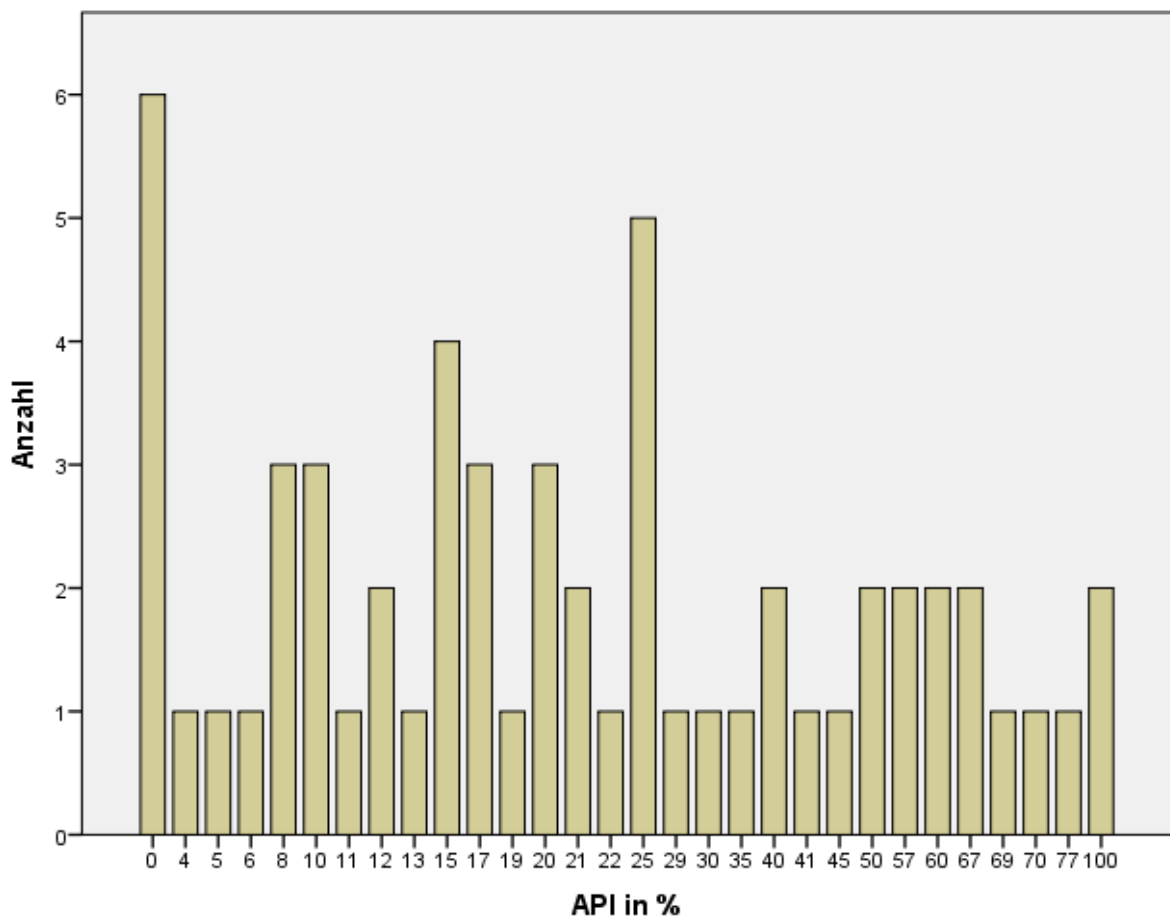


Abbildung 10: Häufigkeitsverteilung des API der Patienten vor der Befunderhebung

Ergebnisse

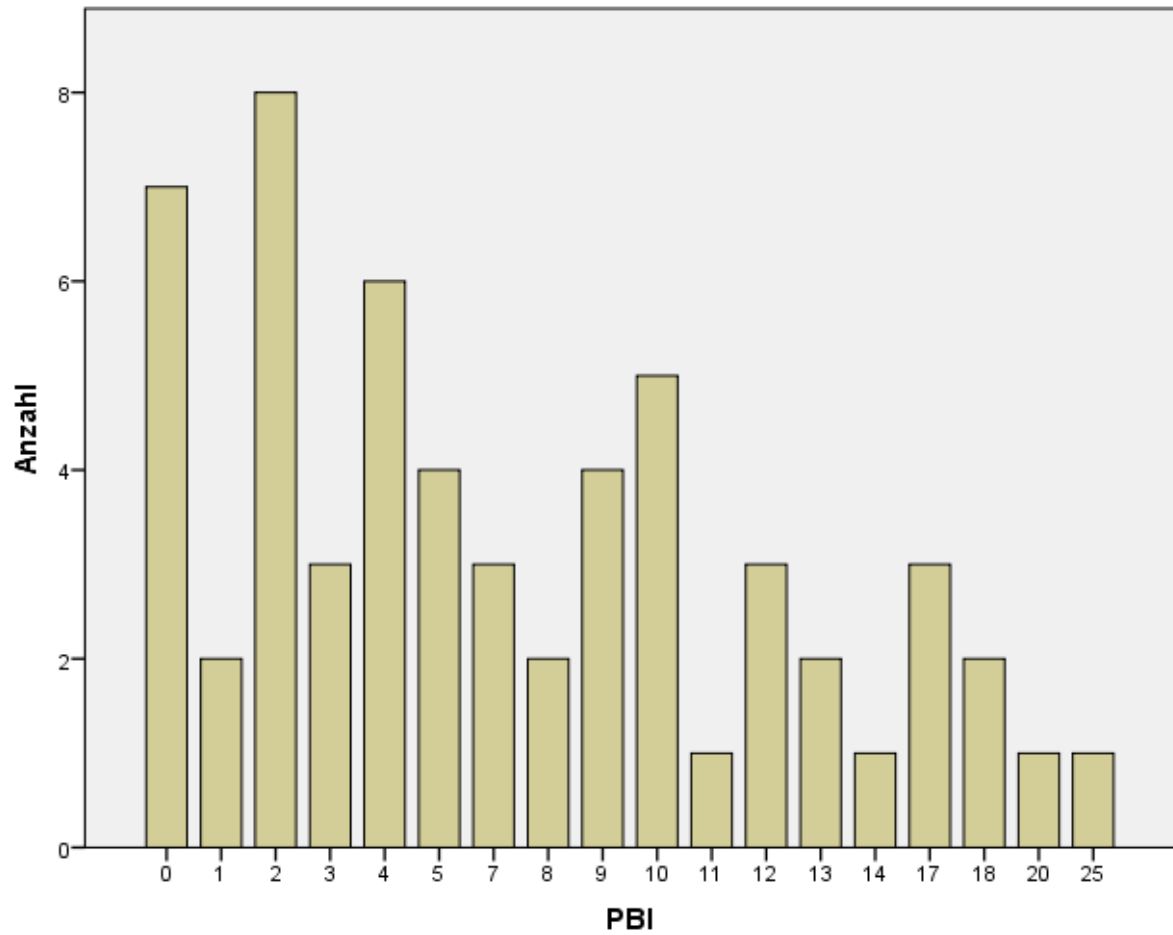


Abbildung 11: Häufigkeitsverteilung des PBI der Patienten vor der Befunderhebung

Die Mittelwerte von API und PBI lagen bei 28 % respektive bei 7,12.

5.1.3 dmft/DMFT

Der dmft/DMFT wurde bei der Befunderhebung durch klinische Inspektion ermittelt. Die Werte bewegten sich zwischen 0 und 11 (Abb. 12). Im Durchschnitt betrug er 2,97.

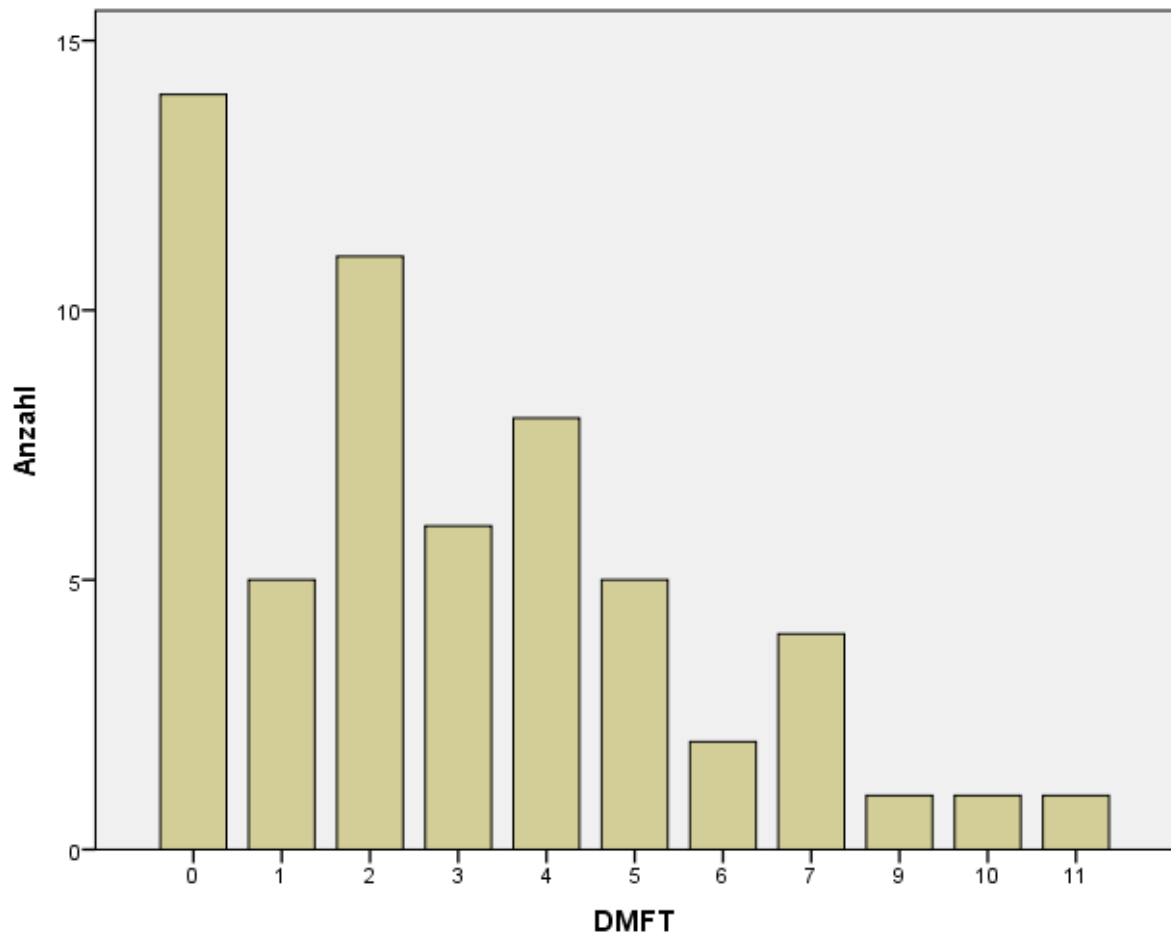


Abbildung 12: Häufigkeitsverteilung des dmft/DMFT der Patienten

Bei der visuellen Inspektion nach Separierung der Zähne zeigten sich bei der Befunderhebung zuvor nicht sichtbare proximale Läsionen an den Milchmolaren. Es wurden insgesamt 21 kariöse Oberflächendefekte entdeckt sowie 95 demineralisierte Zahnflächen.

5.2 Zahnbezogene Ergebnisse

Bei 58 Patienten wurden 109 Approximalräume und damit 218 proximale Zahnflächen untersucht.

5.2.1 Auswertung zu den verwendeten Sonden des DIAGNOdent pen

Die für die Studie relevanten Approximalflächen wurden mit dem DIAGNOdent pen sowohl mit

der herkömmlichen Sonde für den Approximalraum (Sonde A) als auch mit der Forschungssonde (Sonde B) untersucht. Diese Messungen erfolgten nach dem Zufallsprinzip, das heißt, dass nicht immer mit der Sonde A begonnen und mit Sonde B die zweite Messreihe durchgeführt wurde, sondern die Reihenfolge von A und B wechselte bei jedem zu untersuchenden Zahnzwischenraum zufällig. Alle Approximalräume der Milchmolaren wurden mit dem DIAGNOdent pen von bukkal und oral untersucht und die Messwerte notiert. Pro Approximalfläche wurden jeweils drei Messwerte von bukkal und drei von oral erhoben, aus denen dann jeweils ein Mittelwert errechnet wurde. Es wurden vier Messreihen, eine Messreihe mit Sonde A (A1) und eine Messreihe mit Sonde B (B1) vor und nach der Molarenseparierung durchgeführt. Die Messwerte wurden pro Zahnfläche zunächst jeweils nur einmal für jeden Zahn erst bukkal, dann lingual/palatinal erhoben. Erst nachdem für alle Zahnflächen ein Messwert erhoben worden war, wurden die Messungen in gleicher Reihenfolge noch zweimal wiederholt. Die dritten und vierten Messreihen ergaben sich aus der Untersuchung der geöffneten Approximalräume nach demselben Prinzip der ersten Durchgänge, sodass sich die Messreihen A1, B1, A2 und B2 resultieren, wobei zunächst noch unterschieden wurde zwischen den Messungen von vestibulär und oral:

- A1vest = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde A von vestibulär vor Separierung
- A1oral = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde A von oral vor Separierung
- B1vest = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde B von vestibulär vor Separierung
- B1oral = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde B von oral vor Separierung
- A2vest = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde A von vestibulär nach Separierung
- A2oral = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde A von oral nach Separierung
- B2vest = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde B von vestibulär nach Separierung
- B2oral = Durchschnittswert aus drei Messungen mit Sonde B von oral nach Separierung

Alle Zahnzwischenräume wurden von oral und von vestibulär untersucht; der jeweils höhere Wert wurde als Maximalwert festgehalten:

- A1max = Höchstwert aus A1vest und A1oral
- B1max = Höchstwert aus B1vest und B1oral
- A2max = Höchstwert aus A2vest und A2oral
- B2max = Höchstwert aus B2vest und B2oral

Nach Einschätzung dieser Werte mithilfe der von KaVo empfohlenen Klassifizierung waren vor der Separierung 166 Zahnflächen mit Sonde A und 162 Zahnflächen mit Sonde B als kariesfrei einzustufen. 40 (A) beziehungsweise 33 (B) wurden als demineralisierte, aber noch nicht invasiv zu therapierende Flächen erkannt. Die übrigen 12 respektive 23 Zähne wären nach KaVo-Einteilung durch restaurative Maßnahmen zu behandeln gewesen.

Nach der Separierung der Zähne und somit der Öffnung des Approximalraumes zeigte sich ein Umverteilung der Detektionswerte von der Gruppe der demineralisierten Zähne mit Werten zwischen 8 und 15 (A2max: 26 Zähne, B2max: 27 Zähne) sowohl in Richtung der kariesfreien Gruppe (A2max: 173 Zähne, B2max: 167 Zähne) als auch zu den invasiv zu therapierenden Zähnen (A2max: 19 Zähne, B2max: 24 Zähne).

Durch die Öffnung des Zahnzwischenraumes werden zum einen die Erreichbarkeit der Läsion mittels Sonde und konsekutiv höhere Messwerte erreicht. Zum anderen ist die Gefahr von Messverfälschung durch kleinste Plaquereste trotz vorangegangener Zahnreinigung durch die bessere Kontrollierbarkeit geringer.

Im Durchschnitt ließen sich zwischen den ersten und zweiten Messdurchgängen und zwischen Sonde A und B im gleichen Messgang etwas höhere Werte zugunsten der zweiten Messung respektive der Forschungssonde erkennen.

5.2.2 Auswertung zur visuellen und taktilen Beurteilung nach Separierung, Kariesintensität und Therapie

Zur abschließenden Beurteilung der Zahnflächen wurden die Approximalräume getrocknet, unter Vergrößerung inspiziert und die Oberfläche mittels zahnärztlicher Sonde kontrolliert. Dabei konnten 102 Zahnflächen als kariesfrei eingestuft werden. Nahezu genauso viele Zähne, insgesamt 95, wiesen Demineralisationserscheinungen auf. 21 Zähne zeigten bereits eine Kavitation, sodass diese der restaurativen Therapie zugeführt werden mussten. Die resultierenden Defekte nach vollständiger Exkavation reichten von kleinen Schmelzläsionen bis profunden Dentinkavitäten, die Pulpa wurde in keinem der Fälle eröffnet. Die Zähne mit klinisch oberflächlicher Schmelzkaries wurden prophylaktisch mit Fluoridapplikation versorgt.

Abbildung 13 zeigt die Verteilung aller Zahnflächen entsprechend ihrer abschließenden Diagnose und damit Therapiebedürftigkeit.

Ergebnisse

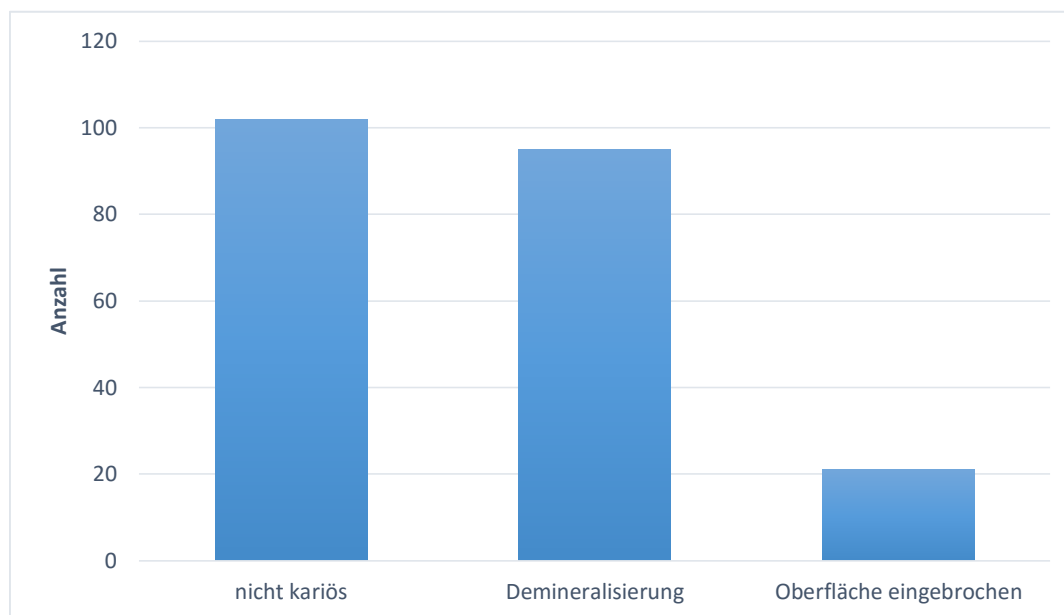


Abbildung 13: Zahlenmäßige Verteilung der klinischen Diagnosen kariesfrei, Demineralisierung und Oberfläche eingebrochen, festgelegt nach Separierung der Zähne; bei eingebrochener Oberfläche ist in der Regel die Füllungstherapie angezeigt, bei Vorliegen einer Demineralisation ist die Fluoridierung zunächst ausreichend.

5.2.3 DIAGNOdent pen-Messungen

Die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des DIAGNOdent pen erfolgt durch den nachfolgenden Vergleich der erhobenen Messwerte mit dem Ergebnis der klinischen Inspektion bei geöffnetem Approximalraum.

Dazu wurden folgende Kenngrößen ermittelt:

- Die *Sensitivität* gibt an, wie viele der tatsächlich erkrankten Zahnflächen auch als erkrankt erkannt wurden.
- Die *Spezifität* steht indes für den Anteil der gesunden, kariesfreien Zahnflächen, welche auch durch das Testverfahren als solche identifiziert wurden.
- Der *positive prädiktive Wert* (ppW) gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der bei Vorliegen eines positiven Testergebnisses tatsächlich ein positiver Befund, in diesem Falle also die Krankheit, vorliegt.
- Der *negative prädiktive Wert* (npW) ist das Maß für die Wahrscheinlichkeit, dass bei einem negativen Testresultat auch wirklich die Krankheit nicht vorliegt.
- Der *Kappa-Koeffizient* (Tab. 3) zeigt die Übereinstimmung zweier Beurteilungen an – hier also

die DIAGNOdent pen-Messwerte und die tatsächliche Kariesintensität.

Kappa, κ	Übereinstimmung
$\kappa \leq 0,1$	keine
$0,1 < \kappa \leq 0,4$	schwach
$0,4 < \kappa \leq 0,6$	deutlich
$0,6 < \kappa \leq 0,8$	stark
$0,8 < \kappa \leq 1,0$	(fast) vollständig

Tabelle 3: Kappa-Koeffizient

Zum Vergleich der erhobenen Messwerte mit der tatsächlichen Diagnose des Goldstandards wurden Kreuztabellen erstellt. Hierzu wurden die Messwerte entsprechend der vom Hersteller empfohlenen Klassifizierung den Diagnosen „kariesfrei“, „Demineralisation“ und „Oberfläche eingebrochen“ gegenübergestellt.

Zur Ermittlung von Sensitivität, Spezifität, ppW und npW wurden Kreuztabellen aufgestellt, in denen entsprechend einer Ja-Nein-Entscheidung lediglich zwischen „kariesfrei“ und „Karies“ unterschieden wird.

Diese Kreuztabellen wurden sowohl für die Messungen von vestibulär, von oral als auch für die jeweils höheren detektierten Werte (vergleiche 5.2.1) aufgestellt. Dabei zeigte sich, dass für alle Sonden der Kappa-Koeffizient der Maximalwerte am günstigsten war. Daher werden im Folgenden die jeweiligen Höchstwerte (A1max, A2max, B1max, B2max) der Messungen mit dem Goldstandard verglichen.

5.2.3.1 Erste Messung mit Sonde A (A1)

Die Ergebnisse der Messungen mit Sonde A bei geschlossenem Approximalraum sind in Tabelle 4 dargestellt. Es zeigte sich, dass es bei 136 Flächen eine Übereinstimmung gab. An sechs Zahnflächen wurde mit Sonde A eine höhere Kariesintensität als die tatsächliche ermittelt, in 76 Fällen wurde sie als zu niedrig eingestuft.

Es ergibt sich daraus ein Kappa-Koeffizient von 0,326, dies entspricht einer schwachen Übereinstimmung.

Ergebnisse

			Diagnose			gesamt
			kariesfrei	Demineralisation	Oberfläche eingebrochen	
A1max	kariesfrei	Anzahl	98	64	4	166
		% der Gesamtzahl	45,0 %	29,4 %	1,8 %	76,1 %
	Demineralisation	Anzahl	3	29	8	40
		% der Gesamtzahl	1,4 %	13,3 %	3,7 %	18,3 %
	Oberfläche eingebrochen	Anzahl	1	2	9	12
		% der Gesamtzahl	0,5 %	0,9 %	4,1 %	5,5 %
gesamt		Anzahl	102	95	21	218
		% der Gesamtzahl	46,8 %	43,6 %	9,6 %	100,0 %

Tabelle 4: Kreuztabelle für die Messreihe A1max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen

Für das Entdecken von gesunden oder erkrankten Zahnflächen, unabhängig von der Kariesintensität, ergibt sich Tabelle 5. Es gab dabei 146 Übereinstimmungen (67 %), falsch negativ (kranke Flächen wurden als gesund erkannt) gemessen wurde in 68 Fällen, falsch positive Befunde (gesunde Flächen wurden als krank erkannt) ergaben sich an vier Zähnen.

Aus der entsprechenden folgenden Kreuztabelle können Sensitivität, Spezifität, ppW und npW abgelesen werden (Tab. 6). Daraus ergibt sich nun ein Kappa-Koeffizient von 0,361.

			Diagnose		gesamt
			gesund	krank	
A1max	gesund	Anzahl	98	68	166
		% innerhalb von A1max	59,0 %	41,0 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	96,1 %	58,6 %	76,1 %
		% der Gesamtzahl	45,0 %	31,2 %	76,1 %
	krank	Anzahl	4	48	52
		% innerhalb von A1max	7,7 %	92,3 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	3,9 %	41,4 %	23,9 %
		% der Gesamtzahl	1,8 %	22,0 %	23,9 %
gesamt		Anzahl	102	116	218
		% innerhalb von A1max	46,8 %	53,2 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	100,0 %	100,0 %	100,0 %
		% der Gesamtzahl	46,8 %	53,2 %	100,0 %

Tabelle 5: Kreuztabelle für die Messreihe A1max mit den klinischen Diagnosen kariesfrei und kariös

Ergebnisse

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW
41,4 %	96,1 %	92,3 %	59,0 %

Tabelle 6: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe A1max

5.2.3.2 Erste Messung mit Sonde B (B1)

In Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Messungen mit Sonde B bei nicht geöffnetem Approximalraum zusammengefasst. Bei 135 Übereinstimmungen (61,9 %) beträgt Kappa 0,339. Der DIAGNOdent pen brachte mit Sonde B 13-mal eine falsch positive Diagnose, 70-mal eine falsch negative.

			Diagnose			gesamt
			kariesfrei	Demineralisation	Oberfläche eingebrochen	
B1max	kariesfrei	Anzahl	99	61	2	162
		% der Gesamtzahl	45,4 %	28,0 %	0,9 %	74,3 %
	Demineralisation	Anzahl	2	24	7	33
		% der Gesamtzahl	0,9 %	11,0 %	3,2 %	15,1 %
	Oberfläche eingebrochen	Anzahl	1	10	12	23
		% der Gesamtzahl	0,5 %	4,6 %	5,5 %	10,6 %
gesamt		Anzahl	102	95	21	218
		% der Gesamtzahl	46,8 %	43,6 %	9,6 %	100,0 %

Tabelle 7: Kreuztabelle für die Messreihe B1max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen

Durch Beschränkung auf eine Ja-Nein-Entscheidung (gesund – krank) ergibt sich Tabelle 8. Die klinischen Diagnosen und die DIAGNOdent-pen-Diagnosen stimmten bei 152 Zähnen überein. Falsch positive Resultate lieferte der DIAGNOdent pen mit Sonde B dreimal, falsch negative in 63 Fällen. Der Kappa-Koeffizient von 0,413 bedeutet eine deutliche Übereinstimmung (vgl. Tab. 3).

Ergebnisse

			Diagnose		gesamt
			gesund	krank	
B1max	gesund	Anzahl	99	63	162
		% innerhalb von B1max	61,1 %	38,9 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	97,1 %	54,3 %	74,3 %
		% der Gesamtzahl	45,4 %	28,9 %	74,3 %
	krank	Anzahl	3	53	56
		% innerhalb von B1max	5,4 %	94,6 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	2,9 %	45,7 %	25,7 %
		% der Gesamtzahl	1,4 %	24,3 %	25,7 %
gesamt		Anzahl	102	116	218
		% innerhalb von B1max	46,8 %	53,2 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	100,0 %	100,0 %	100,0 %
		% der Gesamtzahl	46,8 %	53,2 %	100,0 %

Tabelle 8: Kreuztabelle für die Messreihe B1max mit den Diagnosen kariesfrei und kariös

Tabelle 9 fasst die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren bei der ersten Messung mit Sonde B zusammen.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW
45,7 %	97,1 %	94,6 %	61,1 %

Tabelle 9: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe B1max

5.2.3.3 Zweite Messung mit Sonde A (A2)

Bei der Gegenüberstellung der Werte aus der Messreihe mit Sonde A bei geöffnetem Approximalraum mit den klinisch erhobenen, tatsächlichen Kariesbefunden ergaben sich 137 Übereinstimmungen (Tab. 10). In 76 Fällen wurde eine zu geringe Kariesintensität ermittelt, fünfmal wurde sie als zu hoch eingeschätzt. Mit einem Kappa-Koeffizienten von 0,346 ist die Übereinstimmung schwach.

Ergebnisse

			Diagnose			gesamt
			kariesfrei	Demineralisation	Oberfläche eingebrochen	
A2max	kariesfrei	Anzahl	101	70	2	173
		% der Gesamtzahl	46,3 %	32,1 %	0,9 %	79,4 %
	Demineralisation	Anzahl	1	21	4	26
		% der Gesamtzahl	0,5 %	9,6 %	1,8 %	11,9 %
	Oberfläche eingebrochen	Anzahl	0	4	15	19
		% der Gesamtzahl	0,0 %	1,8 %	6,9 %	8,7 %
gesamt		Anzahl	102	95	21	218
		% der Gesamtzahl	46,8 %	43,6 %	9,6 %	100,0 %

Tabelle 10: Kreuztabelle für die Messreihe A2max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen

Bei Betrachtung der Kreuztabelle mit der Klassifizierung gesund versus krank (Tab. 11) fällt die Zahl der Übereinstimmungen zwischen DIAGNOdent-Messung und klinischer Diagnose mit 145 etwas höher aus. Lediglich einmal wurde eine gesunde Zahnfläche fälschlicherweise als kariös detektiert. Dagegen traten 72 falsch negative Werte auf. Kappa wurde hierbei mit 0,355 berechnet.

			Diagnose		gesamt
			gesund	krank	
A2max	gesund	Anzahl	101	72	173
		% innerhalb von A2max	58,4 %	41,6 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	99,0 %	62,1 %	79,4 %
		% der Gesamtzahl	46,3 %	33,0 %	79,4 %
	krank	Anzahl	1	44	45
		% innerhalb von A2max	2,2 %	97,8 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	1,0 %	37,9 %	20,6 %
		% der Gesamtzahl	0,5 %	20,2 %	20,6 %
gesamt		Anzahl	102	116	218
		% innerhalb von A2max	46,8 %	53,2 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	100,0 %	100,0 %	100,0 %
		% der Gesamtzahl	46,8 %	53,2 %	100,0 %

Tabelle 11: Kreuztabelle für die Messreihe A2max mit den Diagnosen kariesfrei und kariös

In Tabelle 12 sind Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver und negativer prädiktiver Wert zu dieser Messreihe aufgeführt.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW
37,9 %	99,0 %	97,8 %	58,4 %

Tabelle 12: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe A2max

5.2.3.4 Zweite Messung mit Sonde B (B2)

Die Gegenüberstellung der durch Sonde B in der zweiten Messreihe erhobenen Werte nach Separierung mit der visuell und taktil ermittelten Kariesintensität zeigt Tabelle 13. Die Diagnosen stimmen in 137 Fällen überein. An 10 Zähnen fiel das Ergebnis falsch positiv aus, 71 Flächen wurden falsch negativ getestet. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,356 ermittelt, dies entspricht einer schwachen Übereinstimmung.

			Diagnose			gesamt
			kariesfrei	Demineralisation	Oberfläche eingebrochen	
B2max	kariesfrei	Anzahl	101	65	1	167
		% der Gesamtzahl	46,3 %	29,8 %	0,5 %	76,6 %
	Demineralisation	Anzahl	1	21	5	27
		% der Gesamtzahl	0,5 %	9,6 %	2,3 %	12,4 %
	Oberfläche eingebrochen	Anzahl	0	9	15	24
		% der Gesamtzahl	0,0 %	4,1 %	6,9 %	11,0 %
gesamt		Anzahl	102	95	21	218
		% der Gesamtzahl	46,8 %	43,6 %	9,6 %	100,0 %

Tabelle 13: Kreuztabelle für die Messreihe B2max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen

Betrachtet man nun nur das Entdecken von kariösen Approximalflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde, so ergeben sich für die Messreihe B2 bei 151 Approximalflächen Übereinstimmungen, eine falsch positive Messung und 66 falsch negative Resultate (Tab. 14). Diese Gegenüberstellung ist nachfolgend dargestellt, Kappa beträgt 0,406. Dieser Wert liegt knapp

Ergebnisse

über dem unteren Grenzwert für eine Interpretation als „deutlich übereinstimmend“.

			Diagnose		gesamt
			gesund	krank	
B2max	gesund	Anzahl	101	66	167
		% innerhalb von B2max	60,5 %	39,5 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	99,0 %	56,9 %	76,6 %
		% der Gesamtzahl	46,3 %	30,3 %	76,6 %
	krank	Anzahl	1	50	51
		% innerhalb von B2max	2,0 %	98,0 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	1,0 %	43,1 %	23,4 %
		% der Gesamtzahl	0,5 %	22,9 %	23,4 %
gesamt		Anzahl	102	116	218
		% innerhalb von B2max	46,8 %	53,2 %	100,0 %
		% innerhalb von Diagnose	100,0 %	100,0 %	100,0 %
		% der Gesamtzahl	46,8 %	53,2 %	100,0 %

Tabelle 14: Kreuztabelle für die Messreihe B2max mit den Diagnosen kariesfrei und kariös

Tabelle 15 zeigt die dazugehörigen Fehlerwahrscheinlichkeiten.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW
43,1 %	99,0 %	98,0 %	60,5 %

Tabelle 15: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe B2max

Die folgenden Abbildungen 14 bis 17 zeigen die Sensitivität, Spezifität, den positiven prädiktiven Wert und den negativen prädiktiven Wert aller vier Messreihen.

Ergebnisse

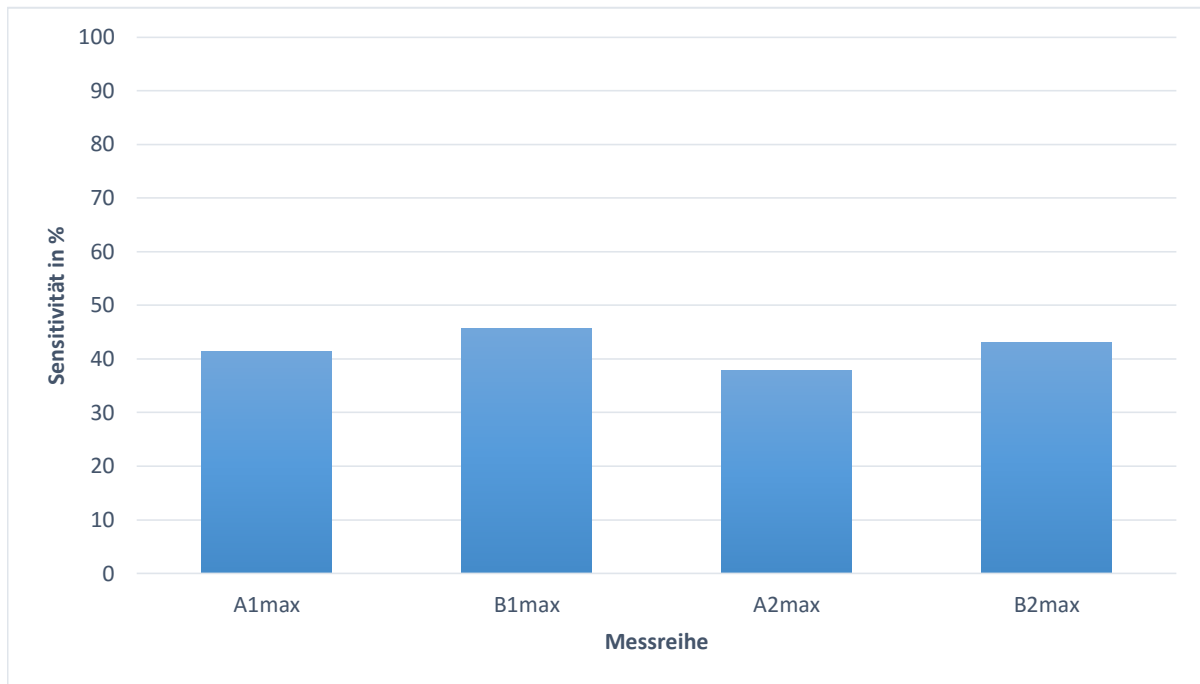


Abbildung 14: Sensitivitäten der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max

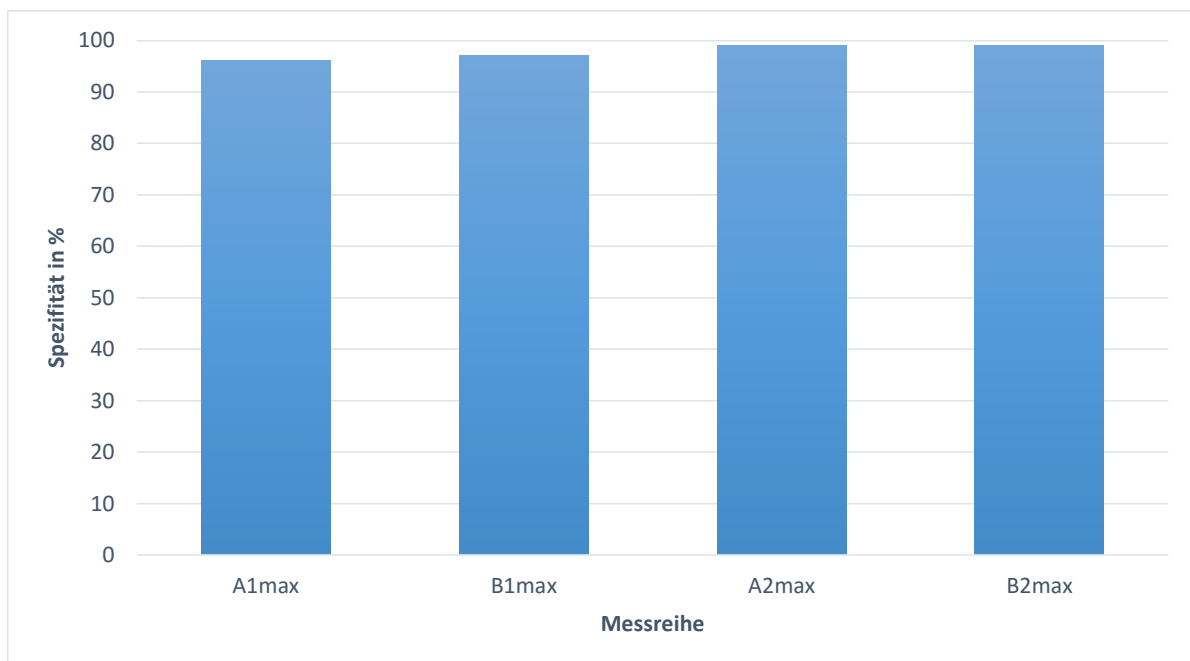


Abbildung 15: Spezifitäten der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max

Ergebnisse

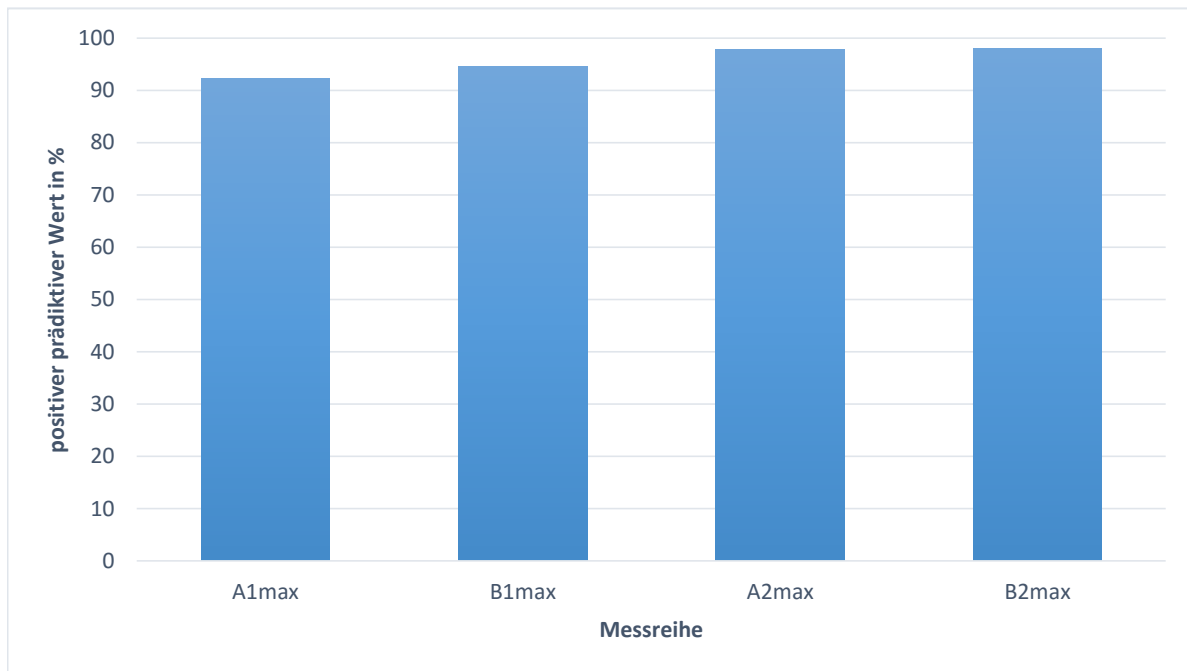


Abbildung 16: positive prädiktive Werte der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max

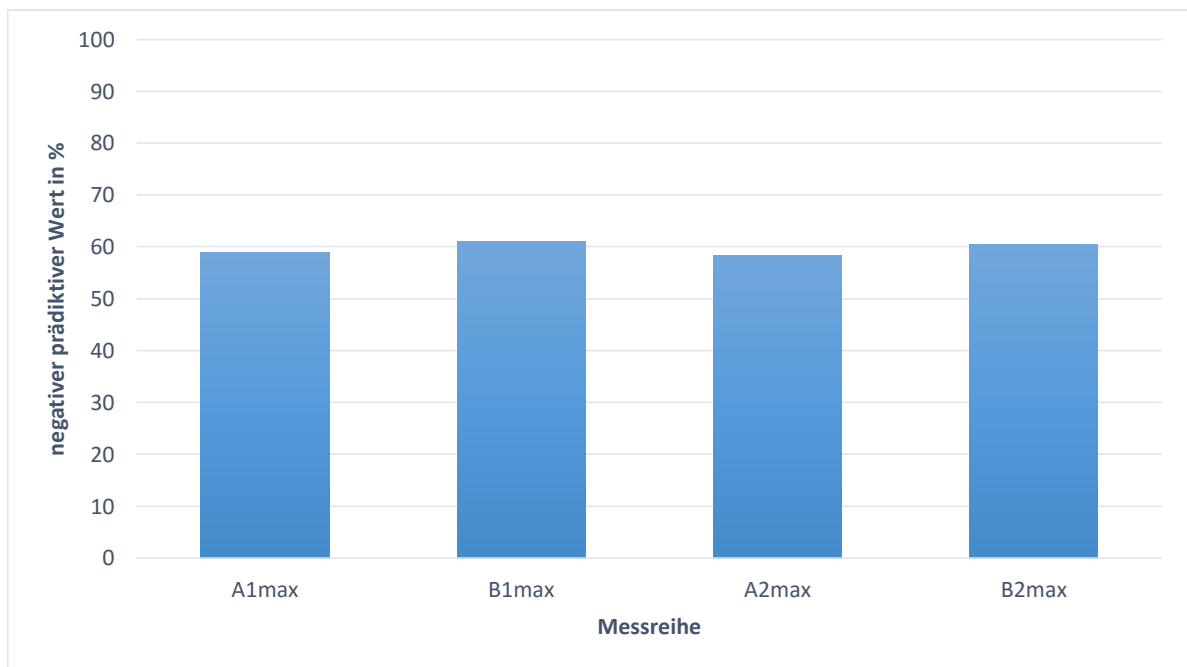


Abbildung 17: negative prädiktive Werte der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max

5.2.4 ROC-Analyse (Receiver Operating Characteristics) und Cut-Off-Wert

In dem folgenden Diagramm (Abb. 18) wurden die errechneten Sensitivitäten der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max gegen die Differenz aus 1 und den jeweiligen Spezifitäten aufgetragen.

Ergebnisse

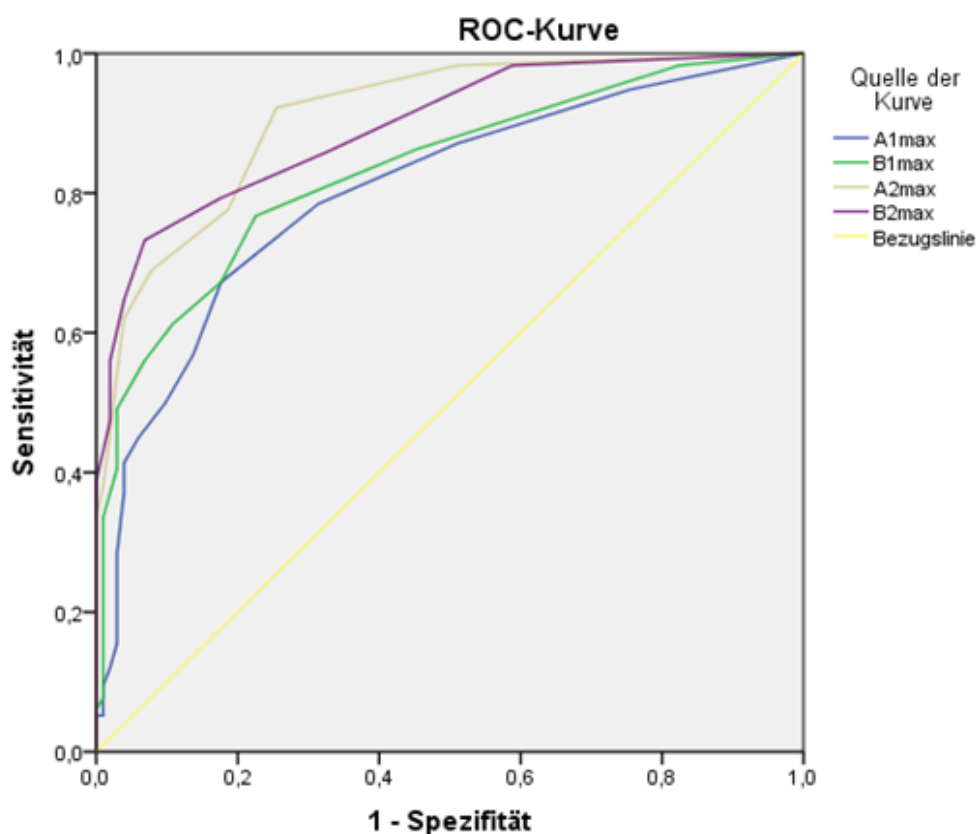


Abbildung 18: ROC-Analyse der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max

Diese grafische Darstellung liefert die ROC-Analyse als Methode zur Bewertung und Optimierung von Analyse-Strategien, mit deren Hilfe der bestmögliche Parameter bei einer Klassifizierung mit zwei möglichen Werten, in diesem Falle gesund versus krank, ermittelt werden kann (Grenzwertoptimierung). Hierzu wird der maximale Youden-Index gesucht, welcher sich ergibt aus der Summe von Sensitivität und Spezifität $- 1$.

Dieser ermittelte Cut-Off-Wert beschreibt den Punkt, an dem das günstigste Sensitivität-Spezifität-Verhältnis besteht, in diesem Fall der entsprechende DIAGNOdent-Wert. Er ist in Tabelle 16 für alle vier Messreihen dargestellt.

Messreihe	Cut-Off-Wert	Sensitivität	Spezifität
A1max	3,5	67,2 %	82,4 %
B1max	2,5	76,7 %	77,5 %
A2max	1,5	92,2 %	74,5 %
B2max	3,5	73,3 %	93,1 %

Tabelle 16: Cut-Off-Werte für die Messreihen mit den Sonden A und B, bei denen Sensitivität und Spezifität im Verhältnis zueinander am höchsten sind.

5.2.5 Kumulative Effekte benachbarter kariöser Läsionen

Zur Untersuchung auf additive Effekte einer kariösen Läsion auf den Messwert des benachbarten Milchmolaren wurden die Zahnpaare mit unterschiedlicher Diagnose an benachbarten Approximalflächen gefiltert und analysiert. Bei 29 Approximalräumen wies ein Zahn eine höhere Kariesintensität auf als sein Nachbar. Jedoch wurde dessen Kariesintensität nur in zwei Fällen (in der Gesamtheit aller Messreihen) überschätzt. In der deutlichen Mehrzahl der Fälle fielen trotz der Erkrankung des Nachbarzahnes keine erhöhten oder gar zu niedrige Werte auf. Ein kumulativer Effekt ist somit nicht ersichtlich.

5.2.6 Korrelation zwischen Messwert und Oberflächenbeschaffenheit

Mittels erneuter ROC-Analyse mit neu definiertem Cut-Off-Point wurden die Messergebnisse auf eine qualitative Beurteilbarkeit der Beschaffenheit der untersuchten Zahnoberfläche anhand des Messwertes hin untersucht. In den Messreihen fanden sich bei Werten bis 3 (A1max) beziehungsweise 4 (B1max) respektive 6 (A2max, B2max) nie eingebrochene Approximalflächen. Das jeweils günstigste Sensitivität-Spezifität-Verhältnis für alle vier Messreihen mit der Vorgabe, dass eine kariesfreie Fläche oder eine Demineralisation vorliegt, jedoch ein Schmelzeinbruch ausgeschlossen werden kann, ist in Tabelle 17 dargestellt.

Messreihe	Cut-Off-Wert	Sensitivität	Spezifität
A1max	7,5	81,0 %	82,2 %
B1max	7,5	90,5 %	81,2 %
A2max	9,5	90,5 %	90,4 %
B2max	7,5	95,2 %	84,3 %

Tabelle 17: Neu definierte Cut-Off-Werte für die Messreihen mit den Sonden A und B bei Differenzierung des Zustands der Zahnoberfläche (nicht eingebrochen versus eingebrochen), bei denen Sensitivität und Spezifität im Verhältnis zueinander am höchsten sind

Die durchgeführten ROC-Analysen ergeben für alle Reihen eine relativ hohe AUC (area under the curve), sodass eine gewisse Einschätzung des Oberflächenzustandes anhand der Messwerte möglich erscheint. Die AUC ist die Fläche unter der ROC-Kurve und stellt ein Maß für die Qualität einer Untersuchungsmethode dar. Ab Messwerten zwischen 23 und 30 erreicht der DIAGNOdent pen ungeachtet der Sensitivität durchweg eine Spezifität von 100 %, das heißt, dass bei Messwerten > 30 in jedem Falle von einer Läsion mit Kavitation ausgegangen werden kann.

5.2.7 Korrelation zwischen Messwert und Läsionstiefe

An allen Zähnen wurde nach Öffnen des Approximalraumes die eindeutige Beurteilung der sonst verborgenen Zahnoberfläche der benachbarten Zähne möglich. In 21 Fällen wurden eingebrochene Oberflächen vorgefunden, welche eine invasive Therapie mit Exkavation indizierte. Nachdem die kariös erweichte Zahnhartsubstanz vollständig entfernt worden war, wurde die resultierende Defekttiefe ausgemessen (vgl. 4.2) und mittels Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman r_s (Tab. 18 und 19) auf einen Zusammenhang mit den ermittelten DIAGNOdent-Werten vor Exkavation untersucht.

Spearman-Koeffizient r_s	Zusammenhang
$0,0 \leq r_s \leq 0,2$	kein bis geringer Zusammenhang
$0,2 < r_s \leq 0,5$	schwach bis mäßig
$0,5 < r_s \leq 0,8$	deutlich
$0,8 < r_s \leq 1,0$	hoch bis perfekt

Tabelle 18: Spearman-Koeffizient

In allen Fällen besteht ein positiver Zusammenhang, da stets r_s größer als 0 ist. Für alle Messreihen wurde ein schwacher bis mäßiger Zusammenhang zwischen Messwert und Defekttiefe ermittelt (Tab. 19).

Messreihe	Spearman-Koeffizient r_s
A1max	0,479
B1max	0,347
A2max	0,434
B2max	0,418

Tabelle 19: Spearman-Koeffizient für alle vier Messreihen

6 Diskussion

6.1 Diskussion der Fragestellung

Das höchste Ziel der Medizin sollte zunächst das Vermeiden von Krankheiten sein. Weiterhin gilt es die Ausbreitung dieser zu stoppen und sie zu heilen. Ein großer Teil der zahnärztlichen Tätigkeit besteht noch immer in der Diagnostik und Therapie der Karies. Eine erfolgreiche Therapie setzt eine adäquate Diagnostik voraus. Bei allen Fortschritten in der Verbesserung der Therapie der Erkrankung ist der kariöse Befall der Zähne nach wie vor ein großes Problem und wird es wohl auch bleiben (Deery & Toumba, 2012; Shivakumar et al., 2009). Die beste Therapie ist jedoch die Prävention einer Erkrankung, um invasive Heilverfahren, welche zwangsläufig mit Nebenwirkungen verbunden sind, zu vermeiden (Lussi et al., 2004; Milgrom, 2014). Im Falle der Karies ist eine nichtinvasive Therapie möglich, so lange sie sich noch im Initialstadium befindet und in dieser Phase auch schon erkannt wird. Nach Milgrom müssen Läsionen, die bis ins äußere Dentindrittel reichen, noch nicht restaurativ versorgt werden (Milgrom, 2014). Der Gedanke einer prophylaktischen und nicht invasiven Versorgung von initialen kariösen Läsionen spiegelt sich auch in der Entwicklung neuer Therapieansätze wie der Kariesinfiltration wieder (Paris et al., 2010; Paris & Meyer-Lückel, 2010; Paris & Meyer-Lückel, 2012). Die klinische Diagnostik im Approximalraum von Zähnen – vor allem von Milchmolaren – ist besonders schwierig und es sind spezielle diagnostische Maßnahmen erforderlich (Stodt & Attin, 2004; Zero et al., 2009).

Da der aktuelle Goldstandard hierzu – das Anfertigen von Bissflügelröntgenaufnahmen – mit einer Strahlenbelastung des Patienten behaftet ist, aber ionisierende Strahlen beim sich entwickelnden Individuum besonders problematisch sind (Sternberg, 1973) und auch dieser Technik Grenzen gesetzt sind (Sobkowiak et al., 1983), ist auch im Bereich der Kariesdiagnostik ein stetiger Fortschritt nötig und zu verzeichnen (Billinger et al., 2010; Hotz, 1977). Vor allem im Bereich der Initialkarieserkennung können Röntgenbilder nur sehr begrenzt eingesetzt werden (Schwendicke et al., 2015b).

Eine besonders hervorzuhebende Technologie ist die Laserfluoreszenz, die auch im DIAGNOdent 2190 der Firma KaVo zur approximalen Kariesdetektion zum Einsatz kommt. Das hohe Potenzial der Laserfluoreszenz im Rahmen der Kariesdiagnostik an bleibenden und Milchzähnen ist belegt (Braga et al., 2009; De Benedetto et al., 2011; Goel et al., 2009; Lussi et al., 2004; Lussi et al., 2006; Seppä et al., 2012).

Das Ziel der vorliegenden Studie war es, die Praxistauglichkeit des DIAGNOdent pen im Approximalbereich von Milchmolaren einzuschätzen. Neben der Ermittlung von aussagekräftigen statistischen Kerngrößen wie Sensitivität und Spezifität sollte untersucht werden, ob neben der qualitativen auch eine quantitative Bewertung einer Läsion verlässlich möglich ist. Darüber hinaus sollten die Approximalräume auf additive Effekte benachbarter kariös befallener Zähne analysiert werden, um zu bestimmen, ob die DIAGNOdent-Werte einer Zahnfläche von einer benachbarten kariösen Approximalfläche abhängen.

6.2 Diskussion der Patientenauswahl, der Materialien und der Methoden

In-vivo-Untersuchungen mit dem DIAGNOdent pen 2190 an Approximalflächen von Milchmolaren sind rar (Ermler et al. 2012; Novaes et al., 2010). Daher sollte mit der vorliegenden Studie die Anwendung des Geräts im Patientenmund geprüft werden, als Referenz diente die klinische Inspektion nach Separierung. Eine histologische Untersuchung als Referenz wäre optimal, diese wäre jedoch nur in vitro möglich. Weiterhin kann die Röntgendiagnostik als Goldstandard für die Approximalkariesdiagnostik herangezogen werden, allerdings ist die Anfertigung von Bissflügelaufnahmen mit einer Strahlenbelastung verbunden und gleichwohl ebenfalls in ihrer Aussagefähigkeit eingeschränkt (Sobkowiak et al., 1983). Bei der visuellen Beurteilung wurden drei Kariesintensitäten unterschieden: kariesfrei, demineralisiert und Oberfläche eingebrochen. Da es sich bei der Approximalfläche um eine Glattfläche handelt und in allen Fällen die Separierung den erwünschten optischen Zugang ermöglichte, konnten die Diagnosen „kariesfrei“ und „Oberfläche eingebrochen“ mit großer Sicherheit getroffen werden. Auch eine demineralisierte Fläche konnte identifiziert werden, jedoch lassen sich keine verlässlichen Aussagen über die bakterielle Aktivität treffen. Auch arretierte initiale Läsionen können mit in diese Gruppe fallen, wenn sie noch nicht Farbstoffe aus der Mundhöhle aufgenommen haben und dunkel erscheinen (brown spot), sondern einer aktiven Karies gleichen (white spot). Weiterhin ähneln auch Schmelzdefekte wie fluorotische Flecken einer kariös demineralisierten Fläche.

Es wurden 58 Patienten im Alter von 3 bis 11 Jahren untersucht, die mindestens ein Milchmolarenpaar aufwiesen, das den Einschlusskriterien entsprach. Der Altersdurchschnitt betrug 7,7 Jahre. Ermler untersuchte bei einem ähnlichen Altersdurchschnitt 31 Kinder (Ermler, 2009). An diese Arbeit knüpft die vorliegende Studie an mit einer höheren Patientenzahl entsprechend der Fallzahl-schätzung von mindestens 50. Unter Berücksichtigung der Ausschlusskriterien ergaben sich bei den 58 Kindern 109 zu untersuchende Approximalräume und somit 218 Zähne. Alle jungen Patienten zeigten mindestens eine ausreichende Compliance, welche Voraussetzung für eine

erfolgreiche Studienteilnahme war. Die angewandte Untersuchungsmethode entspricht nicht einer gewöhnlichen Routinebefundung, sondern ist durch die mehrfache Werteerhebung deutlich erweitert. Gerade bei Kindern kann dies rasch zu Langeweile und Unruhe führen, was durch spielerische Anwendung und Einbeziehung des Patienten weitestgehend vermieden werden konnte. Einige Teilnehmer waren sogar von Beginn an sehr interessiert und motiviert.

Das Erheben mehrerer Messwerte pro Fläche mit dem DIAGNOdent pen und deren Mittelwertbildung entsprechen dem Vorgehen von Lussi (Lussi et al., 2006). Dies ist notwendig, da durch anwendungsbedingte Umstände (unterschiedliches Einführen und Angulieren der Sonde im Approximalraum) die Messungen voneinander abweichen können. Um Fehler zu vermeiden, wurden die jeweils drei Messwerte gemittelt mit Fokus auf den höchsten Mittelwert aus den Untersuchungen entweder von oral oder von vestibulär.

Verschiedene Autoren betrachteten bereits die Untersuchervariabilität bei der Anwendung des DIAGNOdent pen (Braga et al., 2008; Celiberti et al., 2010; Kühnisch et al., 2007; Tagtekin et al., 2008). Da in der vorliegenden Studie jedoch alle Befunde von derselben Person erhoben wurden, lassen sich diesbezüglich keine Aussagen treffen.

Das Öffnen des Approximalraums ist für den praktizierenden Zahnarzt nicht üblich, ermöglicht aber einen direkten visuellen Zugang und eine gute Beurteilung der Zahnflächen (Hintze et al., 1998; Ribeiro et al., 2015). Allerdings ist eine sofortige oder zeitnahe Beurteilung nicht möglich, da der Effekt bei nur kurzer Verweildauer nicht ausreichend ist. Insofern ist die Praxistauglichkeit für die üblichen Routinekontrollen in einer zahnärztlichen Praxis gemindert. Das Legen der Separiergummis wurde von allen Kindern toleriert. Einige empfanden ein leicht unangenehmes Druckgefühl, andere waren davon völlig unbeeindruckt. Ein paar Patienten erlebten den eingebrachten Gummi spielerisch und bedauerten gar dessen Entfernung. Alle Gummiringe blieben für die geforderte Zeit von mindestens 24 Stunden in situ und hinterließen kurzzeitig einen ausreichend aufgelösten Approximalkontakt. Die vorübergehende Schädigung der Interdentalpapille ist reversibel und musste zu diagnostischen Zwecken im Rahmen der Studie gebilligt werden.

6.3 Diskussion der patientenbezogenen Ergebnisse

6.3.1 dmft/DMFT

Mithilfe des dmft/DMFT-Index lässt sich eine grobe Aussage zur Kariesprävalenz treffen. Dieser wurde für jeden Patienten im Rahmen der Befundaufnahme ermittelt. Dies geschah im Rahmen einer Routineuntersuchung visuell.

Der mittlere dmft/DMFT der hier untersuchten Patienten lag bei 3 und damit etwas höher als der bundesweite Durchschnitt in diesem Alterssegment (Pieper & Jablonski-Momeni, 2008), im Vergleich zu den Jugendlichen im Alter von 12 Jahren in Deutschland ist er jedoch doppelt so hoch (DMS IV, 2006). Bei 14 Patienten lag ein kariesfreies Gebiss vor. Höhere Indexwerte von 8 bis maximal 11 waren innerhalb der vorliegenden Untersuchung am seltensten. Das Vorhandensein größerer Zahlen von Patienten mit hoher Kariesprävalenz ist eher unwahrscheinlich, da die entsprechenden Kinder häufiger die Einschlusskriterien nicht erfüllen würden. Pieper und Jablonski-Momeni fanden heraus, dass im Milchgebiss die Anzahl der kariösen, mit Füllungen versorgten und fehlenden Zähne nicht normal verteilt ist, sondern dass viele Kinder einen geringen dmft/DMFT aufweisen und wenige Kinder dagegen einen hohen Index (Pieper & Jablonski-Momeni, 2008). Da vornehmlich Kinder mit eher niedriger Kariesprävalenz die Kriterien zur Teilnahme an der Untersuchung erfüllten, ließen sich diesbezüglich keine Aussagen treffen.

Da sich große regionale Unterschiede in aktuellen Studien zur Kariesprävalenz finden lassen (DMS IV, 2006; Pieper & Jablonski-Momeni, 2008), kann die vorliegende Stichprobe nicht als bevölkerungsrepräsentativ für die gesamte Bundesrepublik Deutschland gelten, die Patienten stammten lediglich aus Berlin und dem stadtnahen Bereich Brandenburgs. Aber auch innerhalb eines Bundeslandes lassen sich deutliche Unterschiede zwischen den Verwaltungsbezirken erkennen, wie es ersichtlich wird in statistischen Erhebungen der Länder Berlin und Brandenburg (Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales Berlin, 2012; Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Familie des Landes Brandenburg, 2008).

Es ist wichtig, Läsionen sehr geringer Ausprägung zu identifizieren, da auch initiale Milchzahnkaries bedeutsam für den Prognosewert des kariösen Befalls im bleibenden Gebiss ist. Kinder mit Karies im Milchgebiss sind mit höherer Wahrscheinlichkeit auch an den Dentis permanentes erkrankt, was die Bedeutung des Vorliegens eines kariesfreien Milchgebisses für die zukünftige Mundgesundheit widerspiegelt (Dülgergil & Colak, 2012; Kaste et al., 1992; Poulsen & Holm, 1980).

6.3.2 API und PBI

Zur Einschätzung der Mundhygienesituation der Patienten wurden der Approximalraum-Plaques-Index (API; Lange, 1986) und der Papillenblutungs-Index (PBI; Saxer & Mühlemann, 1975) erhoben.

Der API wird mithilfe eines Plaquesfärbemittels ermittelt, sodass besondere Schwachstellen des

Patienten bei der eigenen Mundhygiene erkannt werden können. An diesen Stellen ist die Gefahr einer dauerhaften Besiedlung mit kariogenen Bakterien und damit die Wahrscheinlichkeit für eine kariöse Läsion erhöht. Durch das Anfärben der Beläge kann deren Entfernung gut kontrolliert werden, was bei der Anwendung der Laserfluoreszenz zur Diagnostik unabdingbar ist. Der DIAGNOdent pen reagiert sehr empfindlich auf einige Arten von Speiseresten sowie auf Beläge, Zahnstein und Verfärbungen, sodass diese gründlich vor der Anwendung durch eine Zahnreinigung entfernt werden müssen, um falsch positive Messungen zu vermeiden. Auch Reste von Polierpaste müssen entfernt werden. Nichtsdestotrotz ist vor allem vor der Separierung der Zähne eine vollständige Sauberkeit nicht zu garantieren, zumal der Approximalraum visuell schwer zu kontrollieren ist. Somit müssen ungewöhnlich erhöhte Messwerte bei einem kariesfreien und gut gepflegtem Gebiss kritisch betrachtet werden. Weiterhin könnten scheinbar falsch positive Werte auch trotz vollständiger Entfernung aller Verunreinigungen dadurch auftreten, dass bereits im Zahnschmelz eingelagerte, für die Karies typische, bakterielle Stoffwechselprodukte der etablierten Plaque das Messergebnis beeinflussen. Dabei muss noch keine sichtbare Demineralisation entstanden sein, jedoch ließe sich eventuell histologisch oder mikroradiologisch hier bereits eine initiale Erkrankung nachweisen. Dieses Phänomen tritt in vitro nicht auf.

Das Vorhandensein einer Papillenblutung bei vorsichtiger Sondierung lässt Rückschlüsse auf den Entzündungsgrad der Gingiva zu, meistens bedingt durch langwährende Plaqueakkumulation. Indirekt kann eine positiver Befund beim PBI auch ein Hinweis auf eine bestehende Approximalkaries sein (Ekstrand et al., 1998). Da auch Blut aufgrund der im Häm enthaltenen Porphyrine die Messung mittels DIAGNOdent verfälschen kann, ist auf die Entfernung von Blutresten und das Vermeiden von Sulkusblutungen während der Untersuchung zu achten.

Insgesamt lässt sich sagen, dass hohe API- und PBI-Werte eine höhere Wahrscheinlichkeit von Karies, speziell der Approximalkaries, vermuten lassen. Eine mangelnde Mundhygiene stellt einen entscheidenden Faktor für die Kariesaktivität dar, sodass die Mundhygieneindizes mit einfließen sollten in die Kariesdiagnostik.

6.4 Diskussion der zahnbezogenen Ergebnisse

6.4.1 Ergebnisdiskussion zu den DIAGNOdent pen-Messwerten

Ein Merkmal einer guten Diagnostikmethode ist deren Reproduzierbarkeit. Sie sollte gegeben sein sowohl für einen Untersucher bei wiederholten Messungen als auch bei der Untersuchung durch verschiedene Anwender. Beides konnte für die hier verwendete Technik belegt werden (Aljehani et

al., 2007; Kühnisch et al., 2007; Lussi et al., 2004). Jedoch ist es wichtig, ein standardisiertes Vorgehen anzuwenden, da andernfalls deutliche Abweichungen auftreten können und somit die Aussagefähigkeit der Untersuchung beeinträchtigt würde. So ist es wichtig, bei der Untersuchung von Milchzähnen auch die Kalibrierung an einem Milchzahn durchzuführen. Weiterhin muss dieselbe Zahnfläche bei allen Messreihen eines Patienten verwendet werden, da sonst methodische Fehler auftreten (Braun et al., 2005). Auch hierbei ist zu betonen, dass eine gründliche Zahnreinigung vorausgehen muss, um mögliche äußere Faktoren weitestgehend auszuschließen. Die Zahnflächen sollten zur Untersuchung getrocknet sein, da auch Feuchtigkeit einen Einfluss auf die Messwerte hat (Lussi et al., 2005; Pinelli et al., 2010). Ob das Ausschalten der Operationsleuchte, wie in unserem Fall geschehen, während der Anwendung des DIAGNOdent pen eine große Bedeutung hat, ist nicht belegt.

Da eine Angulation der Sonden im Approximalraum möglich ist und sich hier schwerlich ein stets gleicher Zugang definieren lässt, ist es sinnvoll, den Mittelwert aus mehreren Peakwerten zu ermitteln. Eine hohe Anzahl an Messwerten zu Mittelwertbildung verbessert die statistische Güte, bedeutet jedoch auch einen höheren Aufwand und eine längere Untersuchungsdauer, was besonders bei Kindern zu Unruhe führen kann. Das Erheben von drei Werten hat sich bewährt (Ermler, 2012; Lussi et al., 2006). Darüber hinaus müssen die Approximalflächen ohnehin unter leichter Variation pro Messung mit dem Laserstrahl abgesucht werden. Die Gefahr von Frakturen der graziilen Sonden ist hierbei gegeben, vor allem bei unkooperativen Patienten und unvorsichtigem Hantieren. Bei den Untersuchungen zur vorliegenden Arbeit trat keine Sondenfraktur auf.

Es standen zwei verschiedene Ansätze für die Untersuchung der Zahnzwischenräume zur Verfügung. Beide Sonden – zum einen die herkömmliche Approximalraumsonde (Sonde A), zum anderen eine Forschungssonde (Sonde B), welche noch etwas graziler gestaltet ist – wurden in der vorliegenden Studie getestet und miteinander verglichen. Die Unterschiede bei den jeweiligen ermittelten Sensitivitäten (37,9 % bis 45,7 %), Spezifitäten (96,1 % bis 99 %) und prädiktiven Werten (ppW 92,3 % bis 98 %, npW 58,4 % bis 61,1 %) sind nicht sehr groß. Es zeigt sich anhand dieser Kenngrößen im Gegensatz zu den Ergebnissen der Studie von Ermler eine leichte Überlegenheit der Forschungssonde (Ermler, 2009). Aufgrund ihrer reduzierten Abmessungen gegenüber der Sonde A ist zwar die Detektionsfläche von Sonde B einerseits vermindert, andererseits kann mit ihr tiefer in den Approximalraum eingedrungen und eine kariöse Läsion besser erreicht werden. Durch die Separierung der Zähne wurde die Zugänglichkeit deutlich erleichtert, sodass hier die Werte für die Spezifität erhöht werden konnten. Dabei entstanden jedoch

Einbußen bei der Sensitivität, das heißt, dass vermehrt kariöse Zahnflächen nicht als solche eingestuft wurden. Die Erklärung hierfür kann in dem Vorliegen arretierter Läsionen oder nicht kariöser Oberflächenveränderungen liegen. Das Entfernen von Belägen und Farbstoffen ist an diesen Stellen nach Separierung deutlich erleichtert und besser kontrollierbar, bereits veränderte Oberflächen können aber weiterhin als demineralisiert erscheinen, auch wenn in dieser initialen Läsion keine Aktivität mehr vorzufinden ist. Hierbei kann eine Fehleinschätzung durch den Goldstandard (visuelle/taktile Inspektion) entstehen, die jedoch in vivo nicht vermeidbar ist.

Bei der Gegenüberstellung der Werte vor und nach der Öffnung des Approximalraumes zeigt sich, dass die diagnostische Leistung des Gerätes in der zweiten Messreihe zwar leicht verbessert war, allerdings sind die Unterschiede nicht signifikant. Novaes und Mitarbeiter kamen in ihren Untersuchungen zu demselben Schluss (Novaes et al., 2012). Der DIAGNOdent pen arbeitet ähnlich gut im geschlossenen wie im geöffneten Approximalraum, was für die klinische Anwendung sehr wünschenswert ist, um eine verlässliche Sofortdiagnose erhalten zu können. Auf das Separieren der Zähne kann beim Einsatz des DIAGNOdent pen ohne nennenswerte Einbußen an diagnostischer Güte verzichtet werden. Ermler und Ribeiro et al. berichten jedoch von einer Verbesserung der diagnostischen Resultate nach Separierung (Ermler, 2009; Ribeiro et al., 2015).

Zur Bewertung der DIAGNOdent-pen-Messungen im Approximalraum wurden die 2006 von Lussi empfohlenen Cut-Off-Werte herangezogen (Lussi et al., 2006). Entsprechend dieser sensibleren Einteilung gegenüber derjenigen für die Okklusalsonde empfiehlt der Hersteller KaVo gesonderte Therapieansätze bei der Kariesdiagnostik mittels DIAGNOdent pen im Approximalraum (vergleiche Tab. 1).

Die vorliegende Untersuchung kann die Wahl dieser Klassifizierung mit niedrigen Schwellenwerten nur unterstützen (Ermler, 2009; Lussi et al., 2006), zumal falsch negative Messungen relativ häufig waren und falsch positive eher selten. Bei einer weniger sensiblen Einteilung wäre die Anzahl an nicht erkannten Läsionen nochmals höher gewesen. Die günstigsten Sensitivität-Spezifität-Verhältnisse sind laut ROC-Analyse bei einem noch niedrigeren Cut-Off-Wert als 7 zu finden. Daher könnte es sinnvoll sein, für den Approximalbereich von Milchmolaren eine Einteilung mit noch geringeren Schwellenwerten zum Einsatz zu bringen, was die Erkenntnis von Ermler bestätigt (Ermler, 2009). Eine Untersuchung mittels DIAGNOdent pen an Approximalflächen von Milchmolaren bei Anwendung von vornherein herabgesetzten Cut-Off-Werten ist wünschenswert. Es gibt keine Hinweise auf kumulative Effekte bei benachbarten kariösen Läsionen. Die Sonden

geben ihr Licht sehr genau gerichtet an die zu untersuchende Zahnfläche ab und nehmen die Fluoreszenzsignale entsprechend der Untersuchungsfläche auf ohne Hinweise auf Störungen durch Reflexionen oder Streuungen.

Die Oberflächenbeschaffenheit eines als kariös identifizierten Zahnes einzuschätzen ist nur bedingt möglich. Es lässt sich lediglich sagen, dass ab Messwerten von 30 davon ausgegangen werden kann, dass eine Kavitation vorliegt. Die Zahl von 21 Approximalflächen mit eingebrochener Oberfläche ist erwartungsgemäß nicht sehr hoch ausgefallen, da entsprechend der Patientenauswahl die Wahrscheinlichkeit von kavitierten Läsionen geringer ist als das Auftreten von intakten Zahnflächen. Vor diesem Hintergrund der geringen Zahl an Oberflächendefekten muss auch die Aussage zum Zusammenhang zwischen DIAGNOdent pen-Messwert und Läsionstiefe betrachtet werden, denn nur bei den invasiv behandelten Zähnen mit eingebrochenen Approximalflächen konnte die Läsionstiefe durch Ausmessen ermittelt werden. Im okklusalen Bereich bleibender Zähne konnte keine strenge Beziehung zwischen DIAGNOdent-Messwert und Tiefe der kariösen Läsion gefunden werden (Hamilton et al., 2006; Khalife et al., 2009). Auch die Messungen dieser Studie lassen keine sicheren Rückschlüsse auf die Tiefe einer vorliegenden Karies zu, was nachvollziehbar erscheint, da die Eindringtiefe des Laserlichts laut Hersteller ohnehin nur 2 mm beträgt. Bei der Anwendung im Approximalraum geht bereits ein Teil dieser Strecke durch die nicht direkte Zugänglichkeit verloren, sodass lediglich der oberflächliche Bereich eines Zahnes mittels Laserfluoreszenz effektiv untersucht werden kann. Ebenso wie an Approximalflächen bleibender Zähne ist also eine genaue quantitative Beurteilung nicht möglich (Celiberti et al., 2010).

Es zeigte sich, dass weitere Kariesrisikofaktoren und -kennzeichen wie eine schlechte Mundhygiene oder ein hoher dmft/DMFT-Index eine wichtige Rolle spielen für die Interpretation der erhobenen Messwerte. Dies deckt sich mit der Erkenntnis von Ermler (Ermler, 2009).

6.4.2 Therapeutische Konsequenzen aus den DIAGNOdent pen-Befunden

Der Hersteller gibt für den DIAGNOdent pen Therapieempfehlungen für die jeweiligen Werte mit dem Hinweis, dass das Gerät „keine Ampelfunktion“ besitzt (Gebrauchsanweisung DIAGNOdent pen 2190, KaVo). Für eine zuverlässige Diagnose müssen alle Faktoren, die das Kariesrisiko mitbestimmen, einbezogen werden. So ist es nicht möglich, einen festen Wert anzugeben, ab dem invasiv therapiert werden muss. Bei unklaren Ergebnissen und einem geringen Kariesrisiko ist es sinnvoll, zunächst eine zurückhaltende Herangehensweise zu wählen und die Entwicklung der Messwerte im Rahmen einer Verlaufskontrolle zu betrachten. Denn hierbei kann eine Aussage über

die Entwicklung der Stoffwechselaktivität der kariogenen Flora an den betroffenen Stellen gemacht werden, was durchaus für die endgültige Therapie richtungsweisend sein kann. Die vorliegende Studie kann diese Zurückhaltung bei der Diagnosefindung unterstützen. Das DIAGNOdent-Gerät sollte in erster Linie als Hilfsmittel in der Prophylaxe gesehen werden. Die vom Hersteller gegebenen Therapieempfehlungen müssen auch kritisch bewertet werden, da sie aus Untersuchungen im bleibenden Gebiss resultieren. Für das Milchgebiss liegen bislang keine validen Daten zur Werteeinschätzung vor. Übereinstimmend zu Ermler scheint es durchaus denkbar und sinnvoll, eine noch sensiblere Einteilung der Schwellenwerte für die erste Dentition zu wählen (Ermler, 2009). Da der Schmelzmantel der Milchmolaren dünner ist als der der bleibenden Molaren und eine Karies schneller voranschreitet und das Dentin erreicht, ist ein frühzeitiges Erkennen hier besonders wichtig.

Aufgrund der speziellen Anatomie und Morphologie und der daraus resultierenden hohen Irrtumswahrscheinlichkeit bedingt durch die schlechte Einsehbarkeit ist die Karieshäufigkeit infolge ausbleibender Früherkennung und zielgerichteter Prophylaxemaßnahmen im Milchgebiss an der distalen Fläche des ersten Molaren und der mesialen Fläche des zweiten Molaren am höchsten. Es gilt, dieses diagnostische Defizit durch geeignete Hilfsmittel auszugleichen, da die routinemäßige visuelle Inspektion in diesem Bereich besonders eingeschränkt ist. Grundsätzlich kann durch sinnvolle Kombination mehrerer diagnostischer Ansätze das Ergebnis verbessert werden, wenn sich der Behandler der Stärken und Schwächen der jeweiligen Verfahren bewusst ist (Zandoná & Zero, 2007).

Insgesamt kann behauptet werden, dass mit dem DIAGNOdent pen 2190 ein Gerät zur Verfügung steht, das es ermöglicht, versteckte proximale Milchzahnkaries zu erkennen. Es stellt jedoch lediglich ein Hilfsmittel dar und macht keine der bisherigen diagnostischen Methoden überflüssig. Die Anwendung bringt keine Nachteile mit sich und kann daher unterstützend in die Kariesbefundung mit besonderem Schwerpunkt auf die Prävention mit einfließen.

7 Schlussfolgerungen

Die Diagnostik einer Erkrankung sollte bereits im initialen Stadium möglich sein. So lassen sich Komplikationen und Folgeerscheinungen vermeiden. Im Falle der Karies kann durch rechtzeitiges Erkennen eine invasive Therapie vermieden werden. An den Approximalflächen der Zähne, besonders der Milchmolaren, ist eine erfolgreiche Diagnostik bei einer Routineuntersuchung ohne zusätzliche Hilfsmittel nicht wahrscheinlich.

Im Unterschied zur visuellen und taktilen Inspektion im Rahmen der vorliegenden Studie als Referenz ist der aktuelle Goldstandard im klinischen Alltag die Anfertigung von Bissflügelröntgenaufnahmen. Die Anwendung eines Laserfluoreszenzgerätes wie dem DIAGNOdent pen 2190 setzt den Patienten keiner ionisierenden Strahlung aus, jedoch erfüllt der DIAGNOdent pen nicht alle Ansprüche an ein vollkommenes Kariesdetektionsgerät. Mit einer Spezifität von über 96 % wird das Röntgenniveau erreicht, eine Sensitivität zwischen 41 % (Approximalsonde) und 46 % (Forschungssonde) ist jedoch unzureichend. Die grazilere Forschungssonde liefert geringfügig bessere Ergebnisse. Angewendet wurde zur Interpretation der Messwerte die von Lussi und dem Hersteller KaVo empfohlene Klassifizierung (Lussi et al, 2006); für die Untersuchung an Milchzähnen kann mit Hinblick auf das Entdecken von Initialläsionen durchaus auch eine noch sensiblere Einteilung sinnvoll sein, wie bereits von Ermler vermutet (Ermler, 2009).

Benachbarte kariöse Zähne haben aufgrund der eindeutigen Strahlungsrichtung der Sonden keinen Einfluss auf die Messungen, allerdings reagiert das Gerät sehr sensibel auf Verunreinigungen, sodass die Notwendigkeit einer vorangehenden Zahnreinigung untermauert werden kann (Braun et al., 1999; Lussi et al., 2005). Anhand der gemessenen DIAGNOdent-Werte auf die Defekttiefe einer invasiv zu behandelnden Karies zu schließen ist nur bedingt möglich.

Der DIAGNOdent pen ist ein nützliches diagnostisches Werkzeug zur Kariesdiagnostik, welches ergänzend zur Entscheidungsfindung hinzugezogen werden kann. Auch initiale Läsionen können erkannt werden. Entscheidend ist dabei jedoch die Berücksichtigung weiterer Kariesrisikoparameter wie der Mundhygienestatus des Patienten und der allgemeine Gebisszustand. Der kritische und geschulte Behandler kann so mithilfe der Laserfluoreszenzmessung wichtige Informationen bei der Kariesbefundung auch im Approximalbereich von Milchmolaren erlangen.

8 Zusammenfassungen

8.1 Zusammenfassung

Aufgrund der speziellen Anatomie des Milchgebisses entziehen sich kariöse Läsionen im Approximalbereich von Milchmolaren oftmals der Diagnose mittels visueller und taktiler Inspektion. Da hier ein Erkennen der Krankheit im Initialstadium besonders wichtig ist, ist der Einsatz weiterer diagnostischer Hilfsmittel von großer Bedeutung. Die Firma KaVo bietet mit dem DIAGNOdent pen 2190 ein Werkzeug, das mithilfe der Laserfluoreszenztechnik auch die Kariesdetektion im Zahnzwischenraum ermöglichen soll beziehungsweise kann.

Die vorliegende Studie untersucht die Leistungsfähigkeit und diagnostische Wertigkeit des DIAGNOdent pen im Approximalbereich zwischen dem ersten und zweiten Milchmolaren. Die Resultate werden der visuellen und taktilen Inspektion nach Separierung der Zähne gegenübergestellt.

Bei 58 Patienten im Alter von 3 bis 11 Jahren wurden insgesamt 218 Approximalflächen mit dem DIAGNOdent pen untersucht. Sowohl mit der handelsüblichen Approximalraumsonde als auch mit einer graziler gestalteten Forschungssonde wurden jeweils drei Messungen von oral und von vestibulär durchgeführt und gemittelt. Die Messungen wurden nach Separierung der Zähne mittels Separiergummi wiederholt. Es folgten die visuelle Inspektion und die taktile Befundung der nun zugänglichen Zahnflächen, die die Grundlage für die finale Diagnose bildeten. Zur Interpretation der Messwerte wurde die vom Hersteller für den Approximalraum empfohlene Klassifizierung verwendet. Mit dem entsprechenden Schwellenwert von 7, der eine kariesfreie von einer initial erkrankten Zahnfläche unterscheiden soll, erreichte das Gerät eine Sensitivität von 41,4 % für die herkömmliche Approximalraumsonde beziehungsweise 45,7 % für die Forschungssonde. Die Spezifität betrug 96,1 % respektive 97,1 %. Weiterhin wurden der positive prädiktive Wert (92,3 % beziehungsweise 94,6 %), der negative prädiktive Wert (59 % beziehungsweise 61,1 %) und der Kappa-Koeffizient (0,361 beziehungsweise 0,413) für diese Einteilung ermittelt. Die ROC-Analysen lassen vermuten, dass eine sensiblere Einteilung der Werte für eine Kariesfrüherkennung im Milchgebiss sinnvoll sein könnte. Kumulative Effekte benachbarter Zähne mit Karies wurden nicht festgestellt. Rückschlüsse auf die Oberflächenbeschaffenheit einer Läsion anhand der Messwerte lassen sich ansatzweise ziehen, das heißt eine gewisse Korrelation besteht, jedoch kann nicht verlässlich von den Werten auf die Läsionsausprägung geschlossen werden. Diese Schlussfolgerungen müssen vom Behandler kritisch betrachtet werden und sollten stets unter

Einbeziehung aller Kariesrisikofaktoren des Patienten geschehen. Laut Spearman-Koeffizient (0,479 beziehungsweise 0,347) besteht ein nur schwacher Zusammenhang zwischen DIAGNOdent-Wert und Läsionstiefe.

Zusammenfassend kann für die hier untersuchten Approximalflächen von Milchmolaren gesagt werden, dass der DIAGNOdent pen 2190 eine wertvolle Ergänzung im Bereich der Kariesdiagnostik darstellt, jedoch ohne andere Methoden überflüssig zu machen. Die kritische Interpretation der Messwerte kann bei der Untersuchung von Milchmolaren im Approximalbereich wertvolle Informationen liefern, ohne dabei einen Nachteil für den Patienten zu haben. In Kombination mit anderen diagnostischen Verfahren kann mit dem KaVo DIAGNOdent pen eine höhere Therapiesicherheit erlangt werden.

8.2 Summary

Due to the special anatomy of the deciduous dentition carious lesions in the proximal spaces of primary molars often elude the diagnosis by clinical inspection. As a recognition of the disease in the initial stage is particularly important the use of other diagnostic tools is necessary. KaVo offers the DIAGNOdent pen 2190 to detect caries in the interdental space using the laser fluorescence technique.

The present study investigates the performance of the DIAGNOdent pen in the approximal area between the first and second primary molars. The results are compared with the visual and tactile inspection after separation of the teeth.

In 58 patients, aged 3-11 years, a total of 218 approximal surfaces with the DIAGNOdent pen were examined. Both with the standard proximal detection tip and with a gracile designed research probe three measurements were made by oral and vestibular. The measurements were repeated after separation of the teeth by inserting an orthodontic rubber ring. This was followed by visual and tactile inspection of the meanwhile accessible tooth surfaces, which formed the basis for the final diagnosis. With the recommended threshold value of 7, which differs a caries-free from an initially diseased tooth surface, the device achieved a sensitivity of 41.4 % for the conventional probe and 45.7 % for the research probe. The specificity was 96.1 % and 97.1 %, respectively. The positive predictive value (92.3 % and 94.6 %, respectively), negative predictive value (59.0 % and 61.1 %, respectively) and kappa coefficient (0.361 and 0.413, respectively) were determined. The ROC analyses suggest that a more sensitive classification for an early caries detection in the primary dentition could be useful. Cumulative effects of adjacent teeth with caries were not found. A

valuation of the surface state of a lesion can be drawn to some extent. But it can not be reliably concluded by the measurements on the constitution of the lesion. These conclusions must be considered critical and should be done with the involvement of all caries risk factors of the patient. According to Spearman's coefficient (0.479 and 0.347, respectively) there is a weak correlation between DIAGNOdent value and lesion depth.

In conclusion the DIAGNOdent pen 2190 is a valuable addition for proximal caries diagnosis in deciduous molars, but without making other methods unnecessary. The critical interpretation of the measured values can provide valuable information in the examination of proximal surfaces of primary molars without giving a disadvantage for the patient. In combination with other diagnostic procedures the dentist may obtain a higher therapeutic safety with the help of the DIAGNOdent pen.

9 Literaturverzeichnis

- 1) Aas JA, Griffen AL, Dardis SR, Lee AM, Olsen I, Dewhirst FE, Leys EJ, Paster BJ. Bacteria of dental caries in primary and permanent teeth in children and young adults. *J Clin Microbiol.* 2008 Apr;46(4):1407-17.
- 2) Akarslan ZZ, Akdevelioğlu M, Güngör K, Erten H. A comparison of the diagnostic accuracy of bitewing, periapical, unfiltered and filtered digital panoramic images for approximal caries detection in posterior teeth. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Dec;37(8):458-63.
- 3) 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 May;35(3):170-4.
- 4) Al-Khateeb S, Exterkate RA, de Josselin de Jong E, Angmar-Månsson B, ten Cate JM. Light-induced fluorescence studies on dehydration of incipient enamel lesions. *Caries Res.* 2002 Jan-Feb;36(1):25-30.
- 5) Alfano RR, Yao SS. Human teeth with and without dental caries studied by visible luminescent spectroscopy. *J Dent Res.* 1981 Feb;60(2):120-2.
- 6) Aljehani A, Yang L, Shi XQ. In vitro quantification of smooth surface caries with DIAGNOdent and the DIAGNOdent pen. *Acta Odontol Scand.* 2007 Feb;65(1):60-3.
- 7) Amaechi BT, Higham SM, Edgar WM, Milosevic A. Thickness of acquired salivary pellicle as a determinant of the sites of dental erosion. *J Dent Res.* 1999 Dec;78(12):1821-8.

- 8) Ando M, Hall AF, Eckert GJ, Schemehorn BR, Analoui M, Stookey GK. Relative ability of laser fluorescence techniques to quantitate early mineral loss in vitro. *Caries Res.* 1997;31(2):125-31.
- 9) Ando M, van Der Veen MH, Schemehorn BR, Stookey GK. Comparative study to quantify demineralized enamel in deciduous and permanent teeth using laser- and light-induced fluorescence techniques. *Caries Res.* 2001 Nov-Dec;35(6):464-70.
- 10) Assael LA. Tooth decay. *J Oral Maxillofac Surg.* 2010 Feb;68(2):237-8.
- 11) Autio-Gold J. The role of chlorhexidine in caries prevention. *Oper Dent.* 2008 Nov-Dec;33(6):710-6.
- 12) Basting RT, Serra MC. Occlusal caries: diagnosis and noninvasive treatments. *Quintessence Int.* 1999 Mar;30(3):174-8.
- 13) Baumgartner A, Dichtl S, Hitzenberger CK, Sattmann H, Robl B, Moritz A, Fercher AF, Sperr W. Polarization-sensitive optical coherence tomography of dental structures. *Caries Res.* 2000 Jan-Feb;34(1):59-69.
- 14) Billinger J, Nowotny R, Homolka P. Diagnostic reference levels in pediatric radiology in Austria. *Eur Radiol.* 2010 Jul;20(7):1572-9.
- 15) Bittar DG, Gimenez T, Morais CC, De Benedetto MS, Braga MM, Mendes FM. Influence of moisture and plaque on the performance of a laser fluorescence device in detecting caries lesions in primary teeth. *Lasers Med Sci.* 2012 Nov;27(6):1169-74.

- 16) Boppart SA, Bouma BE, Pitris C, Tearney GJ, Southern JF, Brezinski ME, Fujimoto JG. Intraoperative assessment of microsurgery with three-dimensional optical coherence tomography. *Radiology*. 1998 Jul;208(1):81-6.
- 17) Braga M, Morais CC, Nakama RC, Leamari VM, Siqueira WL, Mendes FM. In vitro performance of methods of approximal caries detection in primary molars. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009 Oct;108(4):e35-41.
- 18) Braga M, Nicolau J, Rodrigues CR, Imperato JC, Mendes FM. Laser fluorescence device does not perform well in detection of early caries lesions in primary teeth: an in vitro study. *Oral Health Prev Dent*. 2008;6(2):165-9.
- 19) Braun A, Frentzen M, Nolden R. Beeinflussung der Laser-Fluoreszenz-Messung durch Zahnreinigungsmaßnahmen. *Dtsch Zahnärztl Z*. 1999;54:195–197.
- 20) Braun A, Krause F, Frentzen M, Nolden R. Durch Austrocknung bedingte Beeinflussung von Laser-Fluoreszenz-Messwerten. *Int Poster J Dent Oral Med* 2000;2(2): Poster 38.
- 21) Braun A, Krause F, Frentzen M. Vergleich der histologischen Kariesausdehnung im Schmelz mit Ergebnissen der Laserfluoreszenz-Messung. *LaserZahnheilkunde* 2005;2(2):75.
- 22) Braun A, Krause F, Jepsen S. The influence of the calibration mode of a laser fluorescence device on caries detection. *Caries Res*. 2005 Mar-Apr;39(2):144-9.
- 23) Bundesamt für Strahlenschutz. 2005. Röntgendiagnostik – schädlich oder nützlich?: http://www.bfs.de/de/bfs/druck/strahlenthemen/STTH_Roentgen.pdf

- 24) Bundesamt für Strahlenschutz. 2010. Strahlenexposition durch medizinische Maßnahmen:
<http://www.bfs.de/de/ion/medizin/Medizin.pdf>
- 25) Carter L, Lowis E. Death from overwhelming odontogenic sepsis: a case report. *Br Dent J.* 2007 Sep 8;203(5):241-2.
- 26) Caufield PW, Griffen AL. Dental caries. An infectious and transmissible disease. *Pediatr Clin North Am.* 2000 Oct;47(5):1001-19.
- 27) Celiberti P, Leamari VM, Imperato JC, Braga MM, Mendes FM. In vitro ability of a laser fluorescence device in quantifying approximal caries lesions in primary molars. *J Dent.* 2010 Aug;38(8):666-70.
- 28) Christensen GJ. Dental radiographs and dental caries: a challenge. *J Am Dent Assoc.* 1996 Jun;127(6):792-3.
- 29) Côrtes DF, Ellwood RP, Ekstrand KR. An in vitro comparison of a combined FOTI/visual examination of occlusal caries with other caries diagnostic methods and the effect of stain on their diagnostic performance. *Caries Res.* 2003 Jan-Feb;37(1):8-16.
- 30) Davies GM, Worthington HV, Clarkson JE, Thomas P, Davies RM. The use of fibre-optic transillumination in general dental practice. *Br Dent J.* 2001 Aug 11;191(3):145-7.
- 31) Dawes C. What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid? *J Can Dent Assoc.* 2003 Dec;69(11):722-4.

- 32) De Benedetto MS, Morais CC, Novaes TF, de Almeida Rodrigues J, Braga MM, Mendes FM. Comparing the reliability of a new fluorescence camera with conventional laser fluorescence devices in detecting caries lesions in occlusal and smooth surfaces of primary teeth. *Lasers Med Sci.* 2011 Mar;26(2):157-62.
- 33) De Menezes Oliveira MA, Torres CP, Gomes-Silva JM, Chinelatti MA, De Menezes FC, Palma-Dibb RG, Borsatto MC. Microstructure and mineral composition of dental enamel of permanent and deciduous teeth. *Microsc Res Tech.* 2010 May;73(5):572-7.
- 34) Deery C, Toumba KJ. 6 Diagnosis and prevention of dental caries. In: Welbury RR. *Paediatric Dentistry* (4th ed.). Oxford: Oxford University Press. 2012.
- 35) DMS IV (Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie). Institut der Deutschen Zahnärzte (IDZ) im Auftrag von Bundeszahnärztekammer und Kassenzahnärztlicher Bundesvereinigung. 2006.
- 36) Dong YM, Pearce EI, Yue L, Larsen MJ, Gao XJ, Wang JD. Plaque pH and associated parameters in relation to caries. *Caries Res.* 1999 Nov-Dec;33(6):428-36.
- 37) Dülgergil CT, Colak H. Do the more caries in early primary dentition indicate the more caries in permanent dentition? Results of a 5-years follow-up study in rural-district. *J Int Soc Prev Community Dent.* 2012 Jul;2(2):48-52.
- 38) Ekstrand KR, Bruun G, Bruun M. Plaque and gingival status as indicators for caries progression on approximal surfaces. *Caries Res.* 1998;32(1):41-5.
- 39) Ermler R. Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des DIAGNOdent pen [Zahnmed. Dissertation]. Berlin: Charité – Universitätsmedizin Berlin. 2009.

- 40) Ermler R, Finke CH, Hopfenmüller W, Jost-Brinkmann P-G. Diagnose von Approximalkaries an Milchmolaren mittels DIAGNOdent pen. Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd. 2012;34(2):65-71
- 41) Evaldson G, Heimdahl A, Kager L, Nord CE. The normal human anaerobic microflora. Scand J Infect Dis Suppl. 1982;35:9-15.
- 42) Farah RA, Drummond BK, Swain MV, Williams S. Relationship between laser fluorescence and enamel hypomineralisation. J Dent. 2008 Nov;36(11):915-21.
- 43) Featherstone JD, Mellberg JR. Relative rates of progress of artificial carious lesions in bovine, ovine and human enamel. Caries Res. 1981;15(1):109-14.
- 44) Frentzen M, Braun A. Der Laserstrahl als diagnostisches Instrument in der Zahnheilkunde. Zahnärztl Mitt. 2005;95(8):42-46 (1066-1070).
- 45) Frentzen M, Striebe S, Zimmermann M, Braun A. Morphologische Zuordnung von laserinduzierten Fluoreszenzsignalen zu verschiedenen Karieszonen. LaserZahnheilkunde 2004;1(1):7-12.
- 46) Goel A, Chawla HS, Gauba K, Goyal A. Comparison of validity of DIAGNOdent with conventional methods for detection of occlusal caries in primary molars using the histological gold standard: an in vivo study. J Indian Soc Pedod Prev Dent. 2009 Oct-Dec;27(4):227-34.
- 47) Hamilton JC, Gregory WA, Valentine JB. DIAGNOdent measurements and correlation with the depth and volume of minimally invasive cavity preparations. Oper Dent. 2006 May-Jun;31(3):291-6.

- 48) Hannig M. Ultrastructural investigation of pellicle morphogenesis at two different intraoral sites during a 24-h period. *Clin Oral Investig.* 1999 Jun;3(2):88-95.
- 49) Hannig M, Joiner A. The structure, function and properties of the acquired pellicle. *Monogr Oral Sci.* 2006;19:29-64.
- 50) Hamada S, Slade HD. Biology, immunology, and cariogenicity of *Streptococcus mutans*. *Microbiol Rev.* 1980 Jun;44(2):331-84.
- 51) Hashimoto K, Sato T, Shimauchi H, Takahashi N. Profiling of dental plaque microflora on root caries lesions and the protein-denaturing activity of these bacteria. *Am J Dent.* 2011 Oct;24(5):295-9.
- 52) Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. 4., neu bearb. Aufl. München: Urban und Fischer. 2007.13-45
- 53) Hibst R. Laser: Aktueller Stand und neue Entwicklungen. *Zahnärztl Mitt.* 2001;91(10):54-60(1162-1168).
- 54) 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(3):204-9.
- 55) Hoppenbrouwers PM, Driessens FC, Borggreven JM. The mineral solubility of human tooth roots. *Arch Oral Biol.* 1987;32(5):319-22.

- 56) Holtzman JS, Osann K, Pharar J, Lee K, Ahn YC, Tucker T, Sabet S, Chen Z, Gukasyan R, Wilder-Smith P. Ability of optical coherence tomography to detect caries beneath commonly used dental sealants. *Lasers Surg Med.* 2010 Oct;42(8):752-9.
- 57) Hotz P. Milchzahnkariesdiagnostik, Bedeutung des Röntgenbildes. *SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd.* 1977 May;87(5):416-21.
- 58) Huysmans MC, Longbottom C, Christie AM, Bruce PG, Shellis RP. Temperature dependence of the electrical resistance of sound and carious teeth. *J Dent Res.* 2000 Jul;79(7):1464-8.
- 59) Hsieh YS, Ho YC, Lee SY, Chuang CC, Tsai JC, Lin KF, Sun CW. Dental optical coherence tomography. *Sensors (Basel).* 2013 Jul 12;13(7):8928-49.
- 60) Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Meßtechnik an der Universität Ulm. 2011: <http://www.ilm-ulm.de>
- 61) Kamburoglu K, Kolsuz E, Murat S, Yüksel S, Ozen T. Proximal caries detection accuracy using intraoral bitewing radiography, extraoral bitewing radiography and panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 Sep;41(6):450-9.
- 62) Karlsson L. Caries Detection Methods Based on Changes in Optical Properties between Healthy and Carious Tissue. *Int J Dent.* 2010;2010:270729.
- 63) Kashket S, Zhang J, Van Houte J. Accumulation of fermentable sugars and metabolic acids in food particles that become entrapped on the dentition. *J Dent Res.* 1996 Nov;75(11):1885-91.

- 64) Kaste LM, Marianos D, Chang R, Phipps KR. The assessment of nursing caries and its relationship to high caries in the permanent dentition. *J Public Health Dent.* 1992 Winter;52(2):64-8.
- 65) Khalife MA, Boynton JR, Dennison JB, Yaman P, Hamilton JC. In vivo evaluation of DIAGNOdent for the quantification of occlusal dental caries. *Oper Dent.* 2009 Mar-Apr;34(2):136-41.
- 66) Kidd EA, Fejerskov O. What constitutes dental caries? Histopathology of carious enamel and dentin related to the action of cariogenic biofilms. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C35-8.
- 67) Kidd EA. Caries diagnosis within restored teeth. *Adv Dent Res.* 1990 Jun;4:10-3.
- 68) Kidd EA, Pitts NB. A reappraisal of the value of the bitewing radiograph in the diagnosis of posterior approximal caries. *Br Dent J.* 1990 Oct 6;169(7):195-200.
- 69) König K. Ätiologie von Karies, besonders die Rolle von Zuckern. *Dtsch Zahnärztl Z* 1987 Oct;42(10 Suppl 1):S20-29.
- 70) Königshoff M, Brandenburger T. *Kurzlehrbuch Biochemie.* Stuttgart, New York: Thieme, 2004:299.
- 71) Krone M. Geringe Strahlenbelastung durch Röntgen beim Zahnarzt. *Zahnärztl Mitt* 2001;91(7):754.
- 72) Kühnisch J, Bücher K, Hickel R. The intra/inter-examiner reproducibility of the new DIAGNOdent Pen on occlusal sites. *J Dent.* 2007 Jun;35(6):509-12.

- 73) Kühnisch J, Dietz W, Stösser L, Hickel R, Heinrich-Weltzien R. Effects of dental probing on occlusal surfaces--a scanning electron microscopy evaluation. *Caries Res.* 2007;41(1):43-8.
- 74) Lange DE. *Parodontologie in der täglichen Praxis*. 3. Aufl. Berlin: Quintessenz, 1986:55–61.
- 75) Loesche WJ. Role of *Streptococcus mutans* in human dental decay. *Microbiol Rev.* 1986 Dec;50(4):353-80.
- 76) Longbottom C, Huysmans MC. Electrical measurements for use in caries clinical trials. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C76-9.
- 77) Lussi A. Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res.* 1993;27(5):409-16.
- 78) Lussi A, Francescut P. Performance of conventional and new methods for the detection of occlusal caries in deciduous teeth. *Caries Res.* 2003 Jan-Feb;37(1):2-7.
- 79) 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(2):97-103.
- 80) Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *J Dent Res.* 2004;83 Spec No C:C80-3.
- 81) Lussi A, Imwinkelried S, Pitts N, Longbottom C, Reich E. Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. *Caries Res.* 1999 Jul-Aug;33(4):261-6.

- 82) Lussi A, Longbottom C, Gygax M, Braig F. Influence of professional cleaning and drying of occlusal surfaces on laser fluorescence in vivo. *Caries Res* 2005;39:284-286.
- 83) 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 Feb;109(1):14-9.
- 84) Lussi A, Schaffner M. Diagnose und Therapie der Karies. *Schweiz med Forum* 2002;8: 166-170.
- 85) Margolis HC, Moreno EC. Composition of pooled plaque fluid from caries-free and caries-positive individuals following sucrose exposure. *J Dent Res.* 1992 Nov;71(11):1776-84. Erratum in: *J Dent Res* 1993 Jan;72(1):87.
- 86) Marthaler TM, O'Mullane DM, Vrbic V. The prevalence of dental caries in Europe 1990-1995. ORCA Saturday afternoon symposium 1995. *Caries Res.* 1996;30(4):237-55.
- 87) McComb D, Tam LE. Diagnosis of occlusal caries: Part I. Conventional methods. *J Can Dent Assoc.* 2001 Sep;67(8):454-7.
- 88) McIntyre JM, Featherstone JD, Fu J. Studies of dental root surface caries. 2: The role of cementum in root surface caries. *Aust Dent J.* 2000 Jun;45(2):97-102.
- 89) Meng Z, Yao XS, Yao H, Liang Y, Liu T, Li Y, Wang G, Lan S. Measurement of the fractive index of human teeth by optical coherence tomography. *J Biomed Opt.* 2009 May-Jun;14(3):034010.
- 90) Mettens P, Monteyne P. Life-style vaccines. *Br Med Bull.* 2002;62:175-86.

- 91) Milgrom P. Management of patients with active caries. J Calif Dent Assoc. 2014 Jul;42(7):449-53.
- 92) Ministerium für Arbeit, Soziales, Gesundheit und Familie des Landes Brandenburg - Böhm A, Erdmann C, Friese E, Lüdecke K, Pattloch D, Rojas G: Gesunde Zähne für ein fröhliches Lachen - Zur Mundgesundheit der Kinder und Jugendlichen im Land Brandenburg. Beiträge zur Sozial- und Gesundheitsberichterstattung Nr. 6. 2008.
- 93) Mitropoulos CM. A comparison of fibre-optic transillumination with bitewing radiographs. Br Dent J 1985;159:21-23.
- 94) Mitropoulos CM. The use of fibre-optic transillumination in the diagnosis of posterior approximal caries in clinical trials. Caries Res 1985;19:379-384.
- 95) Mitropoulos P, Rahiotis C, Kakaboura A, Vougiouklakis G. The impact of magnification on occlusal caries diagnosis with implementation of the ICDAS II criteria. Caries Res. 2012;46(1):82-6.
- 96) Moore WE, Moore LV. The bacteria of periodontal diseases. Periodontol 2000. 1994 Jun;5:66-77.
- 97) Moreno EC, Zahradnik RT. Demineralization and remineralization of dental enamel. J Dent Res. 1979 Mar;58(Spec Issue B):896-903.
- 98) Mortimer KV. The relationship of deciduous enamel structure to dental disease. Caries Res. 1970;4(3):206-23.

- 99) Mundgesundheit Berliner Kinder und Jugendlicher im Schuljahr 2011/2012.
Senatsverwaltung für Gesundheit und Soziales Berlin. 2012.
- 100) Newbrun E. Sucrose in the dynamics of the carious process. *Int Dent J.* 1982
Mar;32(1):13-23.
- 101) Ngaotheppitak P, Darling CL, Fried D. Measurement of the severity of natural smooth surface (interproximal) caries lesions with polarization sensitive optical coherence tomography. *Lasers Surg Med.* 2005 Jul;37(1):78-88.
- 102) Novaes TF, Matos R, Braga MM, Imperato JC, Raggio DP, Mendes FM. Performance of a pen-type laser fluorescence device and conventional methods in detecting approximal caries lesions in primary teeth--in vivo study. *Caries Res.* 2009;43(1):36-42.
- 103) Novaes TF, Matos R, Celiberti P, Braga MM, Mendes FM. The influence of interdental spacing on the detection of proximal caries lesions in primary teeth. *Braz Oral Res.* 2012 Jul-Aug;26(4):293-9.
- 104) Novaes TF, Matos R, Raggio DP, Imperato JC, Braga MM, Mendes FM. Influence of the Discomfort Reported by Children on the Performance of Approximal Caries Detection Methods. *Caries Res.* 2010 Sep 23;44(5):465-471.
- 105) O'Brien WJ, Vazquez L, Johnston WM. The detection of incipient caries with tracer dyes. *J Dent Res.* 1989 Feb;68(2):157-8.
- 106) Øgaard B, Rølla G, Arends J. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 1. Lesion development. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988 Jul;94(1):68-73.

- 107) Øgaard B, Rølla G, Arends J, ten Cate JM. Orthodontic appliances and enamel demineralization. Part 2. Prevention and treatment of lesions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1988 Aug;94(2):123-8.
- 108) Otis LL, Colston BW Jr, Everett MJ, Nathel H. Dental optical coherence tomography: a comparison of two in vitro systems. *Dentomaxillofac Radiol.* 2000 Mar;29(2):85-9.
- 109) Paes Leme AF, Koo H, Bellato CM, Bedi G, Cury JA. The role of sucrose in cariogenic dental biofilm formation-new insight. *J Dent Res.* 2006 Oct;85(10):878-87.
- 110) Paris S, Meyer-Lückel H. Inhibition of caries progression by resin infiltration in situ. *Caries Res.* 2010;44(1):47-54.
- 111) Paris S, Meyer-Lückel H. Masking of labial enamel white spot lesions by resin infiltration--a clinical report. *Quintessence Int.* 2009 Oct;40(9):713-8.
- 112) Paris S, Meyer-Lückel H. The potential for resin infiltration technique in dental practice. *Dent Update.* 2012 Nov;39(9):623-6, 628.
- 113) Paris S, Hopfenmüller W, Meyer-Lückel H. Resin infiltration of caries lesions: an efficacy randomized trial. *J Dent Res.* 2010 Aug;89(8):823-6.
- 114) Paster BJ, Boches SK, Galvin JL, Ericson RE, Lau CN, Levanos VA, Sahasrabudhe A, Dewhirst FE. Bacterial diversity in human subgingival plaque. *J Bacteriol.* 2001 Jun;183(12):3770-83.
- 115) Penning C, van Amerongen JP, Seef RE, ten Cate JM. Validity of probing for fissure caries diagnosis. *Caries Res.* 1992;26(6):445-9.

- 116) Pieper K. Epidemiologische Begleituntersuchungen zur Gruppenprophylaxe 2009. 1. Aufl. Bonn: Deutsche Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege e.V. (DAJ). 2010.
- 117) Pieper K, Jablonski-Momeni A. Prävalenz der Milchzahnkaries in Deutschland. Oralprophylaxe Kinderzahnheilkd. 2008;30(1):6-10.
- 118) Pinelli C, Loffredo Lde C, Serra MC. Effect of drying on the reproducibility of DIAGNOdent to detect caries-like lesions. Braz Dent J. 2010;21(5):405-10.
- 119) Pitts NB. Systems for grading approximal carious lesions and overlaps diagnosed from bitewing radiographs. Proposals for future standardization. Community Dent Oral Epidemiol. 1984 Apr;12(2):114-22.
- 120) Poorterman JH, Weerheijm KL, Groen HJ, Kalsbeek H. Clinical and radiographic judgement of occlusal caries in adolescents. Eur J Oral Sci. 2000 Apr;108(2):93-8.
- 121) Poulsen S, Holm AK. The relation between dental caries in the primary and permanent dentition of the same individual. J Public Health Dent. 1980 Winter;40(1):17-25.
- 122) Produktinformation DürrDental, 2011
www.duerrdental.com/de/produkte/bildgebung/vistacam-intraorale-kamerasysteme/vistacam-ix/
- 123) Produktinformation und Gebrauchsanweisung DIAGNOdent pen 2190, KaVo, 2009
<http://www.kavo.com/de/dentale-instrumente/diagnodent-pen>
- 124) Pugach MK, Strother J, Darling CL, Fried D, Gansky SA, Marshall SJ, Marshall GW. Dentin caries zones: mineral, structure, and properties. J Dent Res. 2009 Jan;88(1):71-6.

- 125) Raper HR. Practical clinical preventive dentistry based upon periodic roentgen-ray examinations. *J Am Dent Assoc.* 1925 Sep;12(9):1084-1100.
- 126) Reich E. Neue Instrumente zur Kariesdiagnostik. *Zahnärztl Mitt.* 2000;90(23):44-47 (2856-2859).
- 127) Reuter P. *Springer Lexikon Medizin.* Berlin: Springer. 2004.480.
- 128) Ribeiro AA, Purger F, Rodrigues JA, Oliveira PR, Lussi A, Monteiro AH, Alves HD, Assis JT, Vasconcellos AB. Influence of contact points on the performance of caries detection methods in approximal surfaces of primary molars: an in vivo study. *Caries Res.* 2015;49(2):99-108.
- 129) Rock WP, Kidd EA. The electronic detection of demineralisation in occlusal fissures. *Br Dent J.* 1988 Apr 23;164(8):243-7.
- 130) Ruckhofer E, Städtler P. Ist Vista Proof eine Hilfe bei der Kariesdiagnostik? *Stomatologie.* 2010;1(107):13-6
- 131) Russell MW, Childers NK, Michalek SM, Smith DJ, Taubman MA. A Caries Vaccine? The state of the science of immunization against dental caries. *Caries Res.* 2004 May-Jun;38(3):230-5.
- 132) Sailer R, Paulus R, Hibst R. Analysis of carious lesions and subgingival calculi by fluorescence spectroscopy. *Caries Res.* 2001;35:267. [48th ORCA Congress]
- 133) Saini S; Aparna, Gupta N, Mahajan A, Arora DR. Microbial flora in orodental infections. *Indian J Med Microbiol.* 2003 Apr-Jun;21(2):111-4.

- 134) Saxer UP, Mühlemann HR. Motivation und Aufklärung. SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd. 1975 Sep;85(9):905-19.
- 135) Schiffner U, Hoffmann T, Kerschbaum T, Micheelis W. Oral health in German children, adolescents, adults and senior citizens in 2005. Community Dent Health. 2009 Mar;26(1):18-22.
- 136) Schüpbach P, Guggenheim B, Lutz F. Histopathology of root surface caries. J Dent Res. 1990 May;69(5):1195-204.
- 137) Schwendicke F, Paris S, Tu Y. Effects of using different criteria for caries removal: A systematic review and network meta-analysis. J Dent. 2015 Jan;43(1):1-15.
- 138) Schwendicke F, Tzschoppe M, Paris S. Radiographic caries detection: A systematic review and meta-analysis. J Dent. 2015 Feb 24. pii: S0300-5712(15)00049-4.
- 139) Seemann R. Untersuchungen zur Kariesprävention in einem biofilmbasierten In-vitro-Modell [Habilitationsschrift]. Berlin: Charité – Universitätsmedizin Berlin. 2005.
- 140) Seppä L, Anttonen V, Niinimaa A, Hausen H. Relationship between laser fluorescence values and visual evaluation of fissure caries in schoolchildren – a field study. Int J Paediatr Dent. 2012 Nov;22(6):467-72.
- 141) Shellis RP. Relationship between human enamel structure and the formation of caries-like lesions in vitro. Arch Oral Biol. 1984;29(12):975-81.
- 142) Shivakumar KM, Vidya SK, Chandu GN. Dental caries vaccine. Indian J Dent Res. 2009 Jan-Mar;20(1):99-106.

- 143) Sheets CG, Stewart DL, Wu JC, Earthman JC. An in vitro comparison of quantitative percussion diagnostics with a standard technique for determining the presence of cracks in natural teeth. *J Prosthet Dent.* 2014 Aug;112(2):267-75.
- 144) Silverman S Jr, Wilder R. Antimicrobial mouthrinse as part of a comprehensive oral care regimen. Safety and compliance factors. *J Am Dent Assoc.* 2006 Nov;137 Suppl:22S-26S. Review. Erratum in: *J Am Dent Assoc.* 2008 Mar;139(3):252.
- 145) Sisodia N, Manjunath MK. Impact of low level magnification on incipient occlusal caries diagnosis and treatment decision making. *J Clin Diagn Res.* 2014 Aug;8(8):ZC32-5.
- 146) Smith DJ. Dental caries vaccines: prospects and concerns. *Crit Rev Oral Biol Med.* 2002;13(4):335-49.
- 147) Sobkowiak EM, Rother U, Hingst V, Staecker W. Röntgendiagnostik bei Erkrankungen der Zahnhartgewebe – ihre Möglichkeiten und Grenzen. *Stomatol DDR* 1983;33:59-67.
- 148) Sopro-Acteongroup Produktinformation, 2013
www.soprocare.de
- 149) Splieth CH. Besonderheiten der Füllungstherapie im Milchgebiss. *Spitta Fachinformation – Interdisziplinäres – Kinder-ZHK.* 2010:
http://www.spitta.de/Produktfamilien/Fachinformationen/Interdisziplinäres/Kinder-ZHK/83_index+M524a7c0927f.html
- 150) Staehle HJ, Koch MJ, Dörfer C. *Kinder- und Jugendzahnheilkunde. Kompendium für Studierende und Zahnärzte.* 2.1.5. Köln: Dt. Ärzte-Verl. 1996.43-59.

- 151) Sternberg J. Radiation and pregnancy. *Can Med Assoc J.* 1973 Jul 7;109(1):51-7.
- 152) Stodt T, Attin T. Die Bissflügel-Röntgenaufnahme als Bestandteil der präventiven Zahnheilkunde – eine Übersicht. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2004;114(9):882-9.
- 153) Struzycka I. The oral microbiome in dental caries. *Pol J Microbiol.* 2014;63(2):127-35.
- 154) Stübel H. Die Fluoreszenz tierischer Gewebe im ultra-violetten Licht. *Pfluegers Arch ges Physiol.* 1911;142(1):1-14.
- 155) Tagtekin DA, Ozyoney G, Baseren M, Ando M, Hayran O, Alpar R, Gokalp S, Yanikoglu FC, Stookey GK. Caries detection with DIAGNOdent and ultrasound. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Nov;106(5):729-35.
- 156) Taubman MA, Nash DA. The scientific and public-health imperative for a vaccine against dental caries. *Nat Rev Immunol.* 2006 Jul;6(7):555-63.
- 157) ten Cate JM, van Loveren C. [Saliva, caries and diagnostics]. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* 1992 Mar;99(3):85-8.
- 158) Tinanoff N, Douglass JM. Clinical decision-making for caries management in primary teeth. *J Dent Educ.* 2001 Oct;65(10):1133-42.
- 159) Toraman Alkurt M, Peker I, Deniz Arisu H, Bala O, Altunkaynak B. In vivo comparison of laser fluorescence measurements with conventional methods for occlusal caries detection. *Lasers Med Sci.* 2008 Jul;23(3):307-12.

- 160) Twetman S. Antimicrobials in future caries control? A review with special reference to chlorhexidine treatment. *Caries Res.* 2004 May-Jun;38(3):223-9.
- 161) Virajsilp V, Thearmontree A, Aryatawong S, Paiboonwarachat D. Comparison of proximal caries detection in primary teeth between laser fluorescence and bitewing radiography. *Pediatr Dent.* 2005 Nov-Dec;27(6):493-9.
- 162) White SC, Mallya SM. Update on the biological effects of ionizing radiation, relative dose factors and radiation hygiene. *Aust Dent J.* 2012 Mar;57 Suppl 1:2-8.
- 163) Zandoná AF, Zero DT. Diagnostic tools for early caries detection. *J Am Dent Assoc.* 2006 Dec;137(12):1675-84; quiz 1730. Review. Erratum in: *J Am Dent Assoc.* 2007 Mar;138(3):298.
- 164) Zero DT, Fontana M, Martínez-Mier EA, Ferreira-Zandoná A, Ando M, González-Cabezas C, Bayne S. The biology, prevention, diagnosis and treatment of dental caries: scientific advances in the United States. *J Am Dent Assoc.* 2009 Sep;140 Suppl 1:25S-34S.
- 165) Zimmer S. Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie [Habilitationsschrift]. Humboldt-Universität zu Berlin – Charité, Campus Virchow-Klinikum. 2000.
- 166) Zimmer S, Bizhang M, Barthel C, Raab WH. Kariesrisikoerkennung – Helfen Speicheltests, mikrobiologische und klinische Testverfahren weiter?. *Gesundheitswesen.* 2008 Nov;70(11):702-6.

10 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Häufigkeit und effektive Dosis von Röntgenaufnahmen in der Medizin (Bundesamt für Strahlenschutz, 2010).....	13
Abb. 2: Okklusalspitze – Arbeitsende des DIAGNOdent pen zur Okklusalkariesdiagnostik	18
Abb. 3: Approximalspitze – Arbeitsende des DIAGNOdent pen zur Approximalkariesdiagnostik ..	19
Abb. 4: Funktionsweise des DIAGNOdent (KaVo Gebrauchsanweisung DIAGNOdent pen 2190)	19
Abb. 5: Approximalkontakt eines Milchmolarenpaares (74 und 75).....	24
Abb. 6: Aufbau des DIAGNOdent pen (KaVo Gebrauchsanweisung DIAGNOdent pen 2190).....	29
Abb. 7: eingebrachter Separiergummi zwischen Zahn 74 und 75	30
Abb. 8: Situation von Abb. 7 nach Entfernung des Separiergummis, Ansicht des geöffneten Approximalraums zwischen Zahn 74 und 75 von lateral.....	31
Abb. 9: Altersverteilung der an der Untersuchung teilnehmenden 58 Patienten	33
Abb. 10: Häufigkeitsverteilung des API der Patienten vor der Befunderhebung	34
Abb. 11: Häufigkeitsverteilung des PBI der Patienten vor der Befunderhebung	35
Abb. 12: Häufigkeitsverteilung des dmft/DMFT der Patienten.....	36
Abb. 13: zahlenmäßige Verteilung der klinischen Diagnosen kariesfrei, Demineralisierung und Oberfläche eingebrochen, festgelegt nach Separierung der Zähne.....	39
Abb. 14: Sensitivitäten der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max	47
Abb. 15: Spezifitäten der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max	47
Abb. 16: positive prädiktive Werte der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max.....	48
Abb. 17: negative prädiktive Werte der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max.....	48
Abb. 18: ROC-Analyse der Messreihen A1max, B1max, A2max und B2max.....	49

11 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: DIAGNOdent Therapieempfehlungen (KaVo Gebrauchsanweisung DIAGNOdent pen 2190)	20
Tab. 2: Untersuchungsablauf.....	26
Tab. 3: Kappa-Koeffizient.....	40
Tab. 4: Kreuztabelle für die Messreihe A1max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen	41
Tab. 5: Kreuztabelle für die Messreihe A1max mit den klinischen Diagnosen kariesfrei und kariös.....	41
Tab. 6: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe A1max.....	42
Tab. 7: Kreuztabelle für die Messreihe B1max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen	42
Tab. 8: Kreuztabelle für die Messreihe B1max mit den Diagnosen kariesfrei und kariös.....	43
Tab. 9: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe B1max.....	43
Tab. 10: Kreuztabelle für die Messreihe A2max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen	44
Tab. 11: Kreuztabelle für die Messreihe A2max mit den Diagnosen kariesfrei und kariös.....	44
Tab. 12: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe A2max.....	45
Tab. 13: Kreuztabelle für die Messreihe B2max mit den Diagnosen kariesfrei, Oberfläche demineralisiert und Oberfläche eingebrochen	45
Tab. 14: Kreuztabelle für die Messreihe B2max mit den Diagnosen kariesfrei und kariös.....	46
Tab. 15: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver (ppW) und negativer prädiktiver Wert (npW) der Messreihe B2max.....	46
Tab. 16: Cut-Off-Werte für die Messreihen mit den Sonden A und B, bei denen Sensitivität und Spezifität im Verhältnis zueinander am höchsten sind.....	49

Tabellenverzeichnis

Tab. 17: neu definierte Cut-Off-Werte für die Messreihen mit den Sonden A und B bei Differenzierung des Zustands der Zahnoberfläche (nicht eingebrochen versus eingebrochen), bei denen Sensitivität und Spezifität im Verhältnis zueinander am höchsten sind.....	50
Tab. 18: Spearman-Koeffizient	51
Tab. 19: Spearman-Koeffizient für alle vier Messreihen	51

12 Anhang

12.1 Materialliste

- DIAGNOdent pen classic, KaVo Dental GmbH, Biberach
- DIAGNOdent pen 2190, KaVo Dental GmbH, Biberach
- DIAGNOdent Display 2191, KaVo Dental GmbH, Biberach
- Lupenbrille G2, Carl Zeiss Vision GmbH, Aalen
- Separiergummies Dentalastics Separatoren blau, Ring-Innendurchmesser 2,1 mm, Dentaforum GmbH & Co. KG, Ispringen
- Separiergummizange 018-A, Orthopli Corp., Philadelphia
- Parodontalsonde Parodontometer WHO, Hu-Friedy Mfg. Co., LLC, Tuttlingen
- Plaquefärbemittel Miradent Mira-2-Ton Lösung, Hager & Werken GmbH & Co. KG, Duisburg
- Polierkelch HS Prophy Näpfe, Henry Schein Dental Deutschland GmbH, Langen
- Polierpaste Cleanic ohne Fluorid, Kerr GmbH, Rastatt
- Zahnseide HS Acclean ungewachst, Henry Schein Dental Deutschland GmbH, Langen
- LuxaCore Z, DMG Chemisch-Pharmazeutische Fabrik GmbH, Hamburg

12.2 Aufklärungsbogen für Patienten



Charité | Campus Benjamin Franklin | 14197 Berlin

Charité - Universitätsmedizin Berlin
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und
Kinderzahnmedizin
Aßmannshäuser Str. 4-6
14197 Berlin
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Paul-G. Jost-Brinkmann

Kinderzahnmedizin: OA Dr. C. H. Finke
Tel.: (030) 450 562-551
Dect: - 662-551
Fax: (030) 450 562-951
E-Mail: Christian.Finke@charite.de

Datum: 24/08/2011

Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des DIAGNOdent pen 2190

- Eine In-vivo-Studie

Liebe Kinder,

wir wollen mit einem neuen Gerät untersuchen, ob sich Löcher zwischen euren Zähnen verstecken, die man bei einer normalen Untersuchung nicht so einfach sehen kann.

Und dazu benötigen wir eure Hilfe!

Die Untersuchung tut nicht weh! Ihr braucht nur ein bisschen Geduld, damit das Gerät alle „Zahnteufel“ finden kann. Dieses Gerät sieht aus wie ein großer Stift und heißt „DIAGNOdent pen“.

Die Löcher werden mit rotem Licht aufgespürt, das aus diesem Stift kommt. Das Gerät piept, wenn es ein Loch gefunden hat, auch wenn es noch so klein ist. Aber keine Angst, das bedeutet nicht immer, dass auch gebohrt werden muss.

Wir untersuchen damit euren Mund an zwei Tagen, dazwischen wird ein winziger Gummiring zwischen eure Zähne gesteckt.

Und wenn ihr immer gut die Zähne geputzt habt, stellen wir vielleicht auch fest, dass all eure Zähne gesund sind.

Wenn ihr noch fragen habt, dann könnt ihr sie natürlich einfach stellen.

Vielen Dank für eure Unterstützung!

Oliver Anding

CHARITÉ - UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN
Aßmannshäuser Str. 4-6 | 14197 Berlin
Internet: <http://www.charite.de/ch/kiz/>

12.3 Aufklärungsbogen für Eltern/Erziehungsberechtigte



Charité | Campus Benjamin Franklin | 14197 Berlin

Charité - Universitätsmedizin Berlin
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und
Kinderzahnmedizin
Aßmannshäuser Str. 4-6
14197 Berlin
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Paul-G. Jost-Brinkmann

Kinderzahnmedizin: OA Dr. C. H. Finke
Tel.: (030) 450 562-551
Dect: - 662-551
Fax: (030) 450 562-951
E-Mail: Christian.Finke@charite.de

Datum: 14/02/2012

Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des DIAGNOdent pen 2190

- Eine In-vivo-Studie

Liebe Eltern,

wir führen eine Studie zur Kariesfrüherkennung im Milchgebiss mittels eines neuartigen diagnostischen Gerätes der Firma KaVo durch.

Die Karies im Milchgebiss wird oft unterschätzt: Sie ist in industrialisierten Ländern wie Deutschland sehr verbreitet und gilt als eine der häufigsten bakteriellen Infektionskrankheiten.

Abgesehen von den akuten Unannehmlichkeiten, die sie verursachen kann, befällt sie ausgehend von den Milchzähnen ebenfalls die bleibenden Zähne und kann somit das Gebiss auch langfristig schädigen. So können Schäden im Kindermund, die durch unbehandelte „Löcher“ entstehen, eine langwierige aufwändige und teilweise auch unangenehme Behandlung nach sich ziehen.

Daher werden allgemeine Kontrolluntersuchungen empfohlen.

Diesem ist mitunter jedoch leider eine Grenze gesetzt, denn häufig versteckt sich Karies zwischen den Zähnen und wird selbst von erfahrenen Behandlern oft erst spät entdeckt. Man spricht hierbei von Approximalkaries. Derzeit ist zu deren Detektion die Anfertigung von Röntgenaufnahmen gängig, jedoch bieten auch diese keine hundertprozentige Sicherheit.

An diesem Punkt setzt ein neues Gerät aus dem Hause KaVo an, der DIAGNOdent pen 2190. Er arbeitet mit rotem Licht und nutzt das Prinzip der sogenannten Laserfluoreszenz. Es verspricht eine Karieserkennung auch im noch sehr frühen Stadium ohne jegliche Belastung des Patienten.

Ihr Kind bekommt durch die Teilnahme an der Studie den Vorteil einer zusätzlichen Diagnostik. Eventuell vorliegende Karies kann frühzeitig erkannt und ein minimalinvasives Vorgehen bei der Therapie ist möglich. Eventuell kann sogar ganz auf das Bohren verzichtet werden!

Ihrem Kind können so Schmerzen und andere Unannehmlichkeiten erspart werden.

CHARITÉ - UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN
Aßmannshäuser Str. 4-6 | 14197 Berlin
Internet: <http://www.charite.de/ch/kiz/>

Anhang



Charité | Campus Benjamin Franklin | 14197 Berlin

Charité - Universitätsmedizin Berlin
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und
Kinderzahnmedizin
Aßmannshauer Str. 4-6
14197 Berlin
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Paul-G. Jost-Brinkmann

Kinderzahnmedizin: OA Dr. C. H. Finke
Tel.: (030) 450 562-551
Dect: - 662-551
Fax: (030) 450 562-951
E-Mail: Christian.Finke@charite.de

Datum: 14/02/2012

Teilnehmen an dieser kostenlosen Studie können Kinder im Alter von 3 bis 10 Jahren.

Die Untersuchung ist schmerzfrei, lediglich ein Druckgefühl kann durch das Einbringen des Separiergummis auftreten. Die Teilnahme erfordert die aktive Mitarbeit Ihres Kindes und auch Ihre Mithilfe, denn es sind mehrere kurze Termine notwendig. Die vereinbarten Termine müssen unbedingt eingehalten werden.

Ablauf der Untersuchung:

1. allgemeiner Befund und Zahnreinigung, Erhebung der ersten Messwerte, Einbringen von Separiergummis für 24 Stunden (zur reversiblen Öffnung des Zahnzwischenraums)
2. nächster Tag: Entfernung der Separiergummis zur Erhebung der Messwerte nach Separierung
3. ggf. Therapie

Erklärung zum Datenschutzgesetz:

Das Datenschutzgesetz wird angewendet. Alle erhobenen Daten werden anonymisiert ausgewertet. Jeder Patient erhält eine Studiennummer.

Die Veröffentlichung der Studienergebnisse erfolgt unabhängig davon, wie diese ausfallen.

Für weitere Fragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Mit freundlichen Grüßen

ZA Oliver Anding

CHARITÉ - UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN
Aßmannshauer Str. 4-6 | 14197 Berlin
Internet: <http://www.charite.de/ch/kiz/>

12.4 Einwilligungserklärung



Charité | Campus Benjamin Franklin | 14197 Berlin

Charité - Universitätsmedizin Berlin
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und
Kinderzahnmedizin
Alßmannshäuser Str. 4-6
14197 Berlin
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Paul-G. Jost-Brinkmann

Kinderzahnmedizin: OA Dr. C. H. Finke
Tel.: (030) 450 562-551
Dect: - 662-551
Fax: (030) 450 562-951
E-Mail: Christian.Finke@charite.de

Datum: 14/02/2012

Einwilligungserklärung

Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des
DIAGNOdent pen 2190

Eine In-vivo-Studie

Hiermit erkläre ich,

Name:

Vorname:

Anschrift:

Geburtsdatum:

Studienteilnehmernummer:

dass ich und mein Kind:

durch Herrn Oliver Anding, Grunerstr. 20, 10179 Berlin

mündlich und schriftlich über das Wesen, die Bedeutung, Tragweite und Risiken der wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen der o.g. Studie informiert wurde und ausreichend Gelegenheit hatte, meine Fragen hierzu in einem Gespräch mit dem/der Studienarzt/Studienärztin zu klären.

Ich habe insbesondere die mir vorgelegte Teilnehmerinformation verstanden und eine Ausfertigung derselben und dieser Einwilligungserklärung erhalten.

CHARITÉ - UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN
Alßmannshäuser Str. 4-6 | 14197 Berlin
Internet: <http://www.charite.de/ch/kiz/>

Anhang



Charité | Campus Benjamin Franklin | 14197 Berlin

Charité - Universitätsmedizin Berlin
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und
Kinderzahnmedizin
Aßmannshauer Str. 4-6
14197 Berlin
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Paul-G. Jost-Brinkmann

Kinderzahnmedizin: OA Dr. C. H. Finke
Tel.: (030) 450 562-551
Dect: - 662-551
Fax: (030) 450 562-951
E-Mail: Christian.Finke@charite.de

Datum: 14/02/2012

Mir ist bekannt, dass ich meine Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne nachteilige Folgen für mich zurückziehen und einer Weiterverarbeitung meiner Daten und Proben jederzeit widersprechen und ihre Löschung bzw. Vernichtung verlangen kann.

Ich bin bereit, an der wissenschaftlichen Untersuchung im Rahmen der o.g. Studie teilzunehmen.

Einwilligungserklärung zur Datenerhebung- und Datenverarbeitung

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie mein Kind betreffende personenbezogene Daten/Angaben durch den Studienarzt erhoben pseudonymisiert auf elektronischen Datenträgern aufgezeichnet und verarbeitet werden dürfen. Ich bin auch damit einverstanden, dass die Studienergebnisse in anonymer Form, die keinen Rückschluss auf die Person meines Kindes zulassen, veröffentlicht werden.

Berlin, den

Unterschrift des/der Teilnehmers/in

Berlin, den

Unterschrift des gesetzlichen Vertreters

Berlin, den

Unterschrift des gesetzlichen Vertreters

Anhang



Charité | Campus Benjamin Franklin | 14197 Berlin

Charité - Universitätsmedizin Berlin
Abteilung für Kieferorthopädie, Orthodontie und
Kinderzahnmedizin
Aßmannshauer Str. 4-6
14197 Berlin
Leiter: Univ.-Prof. Dr. Paul-G. Jost-Brinkmann

Kinderzahnmedizin: OA Dr. C. H. Finke
Tel.: (030) 450 562-551
Dect: - 662-551
Fax: (030) 450 562-951
E-Mail: Christian.Finke@charite.de

Datum: 14/02/2012

Hiermit erkläre ich, den/die o.g. Teilnehmer/in am über Wesen, Bedeutung, Tragweite und Risiken der o.g. Studie mündlich und schriftlich aufgeklärt und ihm/ihr eine Ausfertigung der Information sowie dieser Einwilligungserklärung übergeben zu haben.

Berlin, den

Unterschrift des/der aufklärenden Prüfarztes/-ärztin

Version vom 27.10.2011

CHARITÉ - UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN
Aßmannshauer Str. 4-6 | 14197 Berlin
Internet: <http://www.charite.de/ch/kiz/>

12.5 Anamnese

Anamnese

Dieses Anamnese-Formular dient Ihrer Gesundheit und Sicherheit. Bitte lesen Sie es gut durch und füllen es sorgfältig aus. Die Angaben unterliegen der ärztlichen Schweigepflicht und dienen ausschließlich dazu, die zahnärztliche Therapie Ihrem Gesundheitszustand anzupassen. Teilen Sie uns bitte auch künftig Änderungen Ihres Gesundheitszustandes mit.

Ärztliche Anamnese: (zutreffendes bitte ankreuzen bzw. ausfüllen)

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Allergien (Aspirin, Penicillin, Jod, Sulfonamide,...)
Welche?
..... <input type="checkbox"/> Infektionskrankheiten (Hepatitis, HIV, Tbc, ...)
Welche?
..... <input type="checkbox"/> Erkrankungen der Atemwege, Asthma <input type="checkbox"/> Bluterkrankungen (Leukämie, Anämie,...) <input type="checkbox"/> Blutgerinnungsstörungen <input type="checkbox"/> Diabetes <input type="checkbox"/> Depression <input type="checkbox"/> Epilepsie <input type="checkbox"/> Herzfehler mit Endokarditisrisiko <input type="checkbox"/> Herzinfarkt/ Schlaganfall/ Lähmungen <input type="checkbox"/> Herz-Kreislaufkrankungen/
Bluthochdruck <input type="checkbox"/> Herzschrittmacher <input type="checkbox"/> Magen-, Darm-, Nierenerkrankung | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Migräne <input type="checkbox"/> Osteoporose <input type="checkbox"/> Rheuma <input type="checkbox"/> Schilddrüsenerkrankung <input type="checkbox"/> Nehmen Sie regelmäßig Medikamente ein?
..... <input type="checkbox"/> vorhandene Impfungen
<input type="checkbox"/> Kinderkrankheiten
Welche? <input type="checkbox"/> Leiden oder litten Sie an einer Krebserkrankung? <input type="checkbox"/> Genetische Erkrankungen/Erbkrankheiten <input type="checkbox"/> Sonstige Angaben oder Krankheiten:
..... |
| | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Schnarchen Sie? <input type="checkbox"/> Setzt die Atmung dabei öfters aus? |

Zahnärztliche Anamnese: (zutreffendes bitte ankreuzen bzw. ausfüllen)

- | | |
|--|--|
| <p>Weshalb kommen Sie zu uns
(Hauptanliegen)?
.....
.....</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Traten bei zahnärztlichen Behandlungen Probleme auf?
Wenn ja, welche?
..... <input type="checkbox"/> Knirschen oder pressen Sie mit den Zähnen? <input type="checkbox"/> Haben Sie Probleme mit Ihrem Kiefergelenk? | <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Hatten Sie jemals einen Unfall im Bereich des Gesichts oder des Kiefers? <input type="checkbox"/> Wurden die Zähne in den letzten 12 Monaten geröntgt?
<input type="checkbox"/> Wenn wir diese Röntgenaufnahmen anfordern sollen, dann bitten wir um die Adresse des Vorbehandlers:
.....
..... <input type="checkbox"/> Sind Sie in kieferorthopädischer Behandlung? |
|--|--|

Berlin, den Unterschrift, ggf. des Erziehungsberechtigten.....

12.6 Erfassungsbogen

Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des DIAGNOdent pen 2190

Erfassungsbogen

Studienteilnehmernr.:

Mundhygienestatus:

OK								P								Index: API= PBI=	
								B									
	7	6	5	4	3	2	1		1	2	3	4	5	6	7		
UK								B									
								P									

Datum:

Befund:

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
			55	54	53	52	51	61	62	63	64	65			
			85	84	83	82	81	71	72	73	74	75			
48	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37	38

Datum:

dmf-t / DMF-T:

Messwerte DIAGNOdent pen 2190, ohne Separierung:

Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø				
vest.	55	oral	vest.	54	oral	oral	64	vest.	oral	65	vest.
vest.	85	oral	vest.	84	oral	oral	74	vest.	oral	75	vest.
Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø				

Datum:

Anhang

Messwerte DIAGNOdent pen 2190, nach Separierung:

Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø
vest. 55	oral	vest. 54	oral	oral 64	vest.	oral 65	vest.
vest. 85	oral	vest. 84	oral	oral 74	vest.	oral 75	vest.
Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø	Ø

Datum:

Beurteilung der Approximalfläche klinisch, nach Separierung:

<p>55</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen	<p>54</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen	<p>64</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen	<p>65</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen
<p>85</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen	<p>84</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen	<p>74</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen	<p>75</p> <input type="checkbox"/> kariesfrei <input type="checkbox"/> Demineralisation <input type="checkbox"/> Oberfläche eingebrochen

ggf. Läsionstiefe, in mm:

55	54	64	65
85	84	74	75

12.7 Ethikvotum



Charité | 10117 Berlin

Herrn
Dr. C. H. Finke
Kieferorthopädie, Kinderzahnmedizin
Charité, CC3
Aßmannshäuser Str. 4-6
14197 Berlin

Ethikkommission
Erbiknusschuss 2 am Campus Virchow-Klinikum
Vorsitzender: Prof. Dr. jur. R. Seeland

Geschäftsführung: Dr. med. Katja Orzechowski
ethikkommission@charite.de

Korrespondenzadresse: Charitéplatz 1, 10117 Berlin
Tel.: 030/450-517222
Fax: 030/450-517952

www.charite.de/ethikkommission

Datum: 19.01.2012

Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des DIAGNOdent pen 2190 - Eine in-vitro-Studie

Antragsnummer: EA2/129/11

Vorgang vom 02.01.2012, Eingang am 12.01.2012

Sehr geehrter Herr Dr. Finke,

hiermit bestätigen wir Ihnen den Eingang des Schreibens von Herrn Anding vom 02.01.2012 mit folgenden Anlagen:

- Antragstext vom 02.01.2012
- Informationsschreiben, Eltern, Version vom 02.01.2012
- Informationsschreiben, Kinder, Version vom 02.01.2012
- Einwilligung, Version vom 02.01.2012
- Stellungnahme des Datenschutzbeauftragten der Charité, dass dieser für Privatpraxen nicht zuständig ist
- Versicherungsbestätigung Betriebshaftpflicht

Die Auflagen laut Votum vom 28.09.11 sind damit erfüllt. Wir wünschen viel Erfolg bei der Durchführung der o.g. Studie.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. jur. R. Seeland
Vorsitzender

13 Danksagung

Die vorliegende Doktorarbeit wäre ohne die Unterstützung durch viele Menschen nicht denkbar gewesen, ihnen gilt mein herzlichster Dank.

Als Erstes danke ich meinem Doktorvater Prof. Dr. P.-G. Jost-Brinkmann für die Überlassung des Themas und die kritisch-konstruktive Begleitung.

Vielen Dank an meinen Betreuer OA Dr. C. H. Finke, der mich die gesamte Zeit begleitete und mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Für ihre Unterstützung und die Motivation gilt mein Dank auch Dr. Emilie Stiller, Dr. Thomas Stiller, Herrn Woo-Ttum Bittner und Dr. Ralf Müller-Hartwich.

Eine besondere Rolle spielt meine Familie: Unendlich viel Verständnis und Rückhalt gab und gibt mir meine langjährige Freundin Tina Scheurer, sie schenkte mir unser wundervolles erstes Kind, unsere süße Tochter Henriette und zeigte mir damit den wahren Sinn des Lebens. Ich danke dir dafür und für alles.

Meine geliebte Henni: Du bist noch nicht lange da, aber nie mehr wegzudenken. Du stellst mein Leben auf den Kopf und gibst ihm jenen Sinn!

Auch Amanda und Hugo Anding möchte ich danken, einfach dafür, dass es sie in meinem Leben gibt und sie mir Auftrieb gegeben haben.

Zu guter Letzt gilt mein ganz besonderer Dank meinen Eltern Rita Anding und Dr. Ernst Anding, die nicht nur in dieser Phase hinter mir standen, in schweren Zeiten zu mir hielten und mich stets unterstützten und es immer noch tun. Ohne euch wäre ich nicht dort, wo ich jetzt bin.

Lieber Papa, dir widme ich diese Arbeit.

14 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

15 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Oliver Ernst Anding, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mithilfe des DIAGNOdent pen 2190 – Eine In-vivo-Studie“ selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung (siehe „Uniform Requirements for Manuscripts (URM)“ des ICMJE -www.icmje.org) kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) entsprechen den URM (s. o.) und werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Betreuer/in, angegeben sind. Sämtliche Publikationen, die aus dieser Dissertation hervorgegangen sind und bei denen ich Autor bin, entsprechen den URM (s. o.) und werden von mir verantwortet.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§156,161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“