

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

DISSERTATION

Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des  
DIAGNOdent pen

Zum Erlangen des akademischen Grades  
Doctor medicinae dentariae  
(Dr. med. dent)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Romy Ermler  
Zahnärztin

aus Karl-Marx-Stadt (heute Chemnitz)

Gutachter: 1. Prof. Dr. P.-G. Jost-Brinkmann  
2. Prof. Dr. Chr. Splieth  
3. Prof. Dr. med. R. Bergmann

Datum der Promotion: 14.06.2009

1	Einleitung	6
2	Literaturübersicht	8
2.1	Karies	8
2.1.1	Definition	8
2.1.2	Ätiologie	8
2.1.3	Pathogenese der Karies	10
2.1.4	Kariesbakterien	11
2.1.5	Besonderheiten der Karies im Milchgebiss	11
2.2	Kariesdiagnostik	13
2.2.1	Klinische Diagnostik	13
2.2.2	Röntgenologische Diagnostik	15
2.2.3	Diaphanoskopie	17
2.2.4	Laserfluoreszenz	19
3	Ziel der Untersuchung	23
4	Probanden und Methoden	24
4.1	Auswahl der Patienten	24
4.2	Durchführung der Untersuchung	24
4.2.1	Erheben des dmfs/DMFS-Index, API und PBI	27
4.2.2	Anfertigen von Bite-wings (Bissflügelaufnahmen)	28
4.2.3	Zahnreinigung	28
4.2.4	Funktionsweise und Anwendung des DIAGNOdent pen	29
4.2.5	Öffnen des Approximalraumes	33
4.2.6	Kariestherapie	33
4.3	Statistische Auswertung	34

5	Ergebnisse	37
5.1	Patientenbezogene Ergebnisse	37
5.1.1	Altersverteilung	37
5.1.2	dmfs/DMFS	37
5.1.3	API, PBI und Prophylaxe	39
5.2	Zahnbezogene Ergebnisse	41
5.2.1	Auswertung zu den verwendeten Sonden des DIAGNOdent pen	41
5.2.2	Auswertung zur Röntgendiagnostik, Kariesintensität und Therapie	44
5.2.3	DIAGNOdent pen-Messungen und Röntgen	45
5.2.3.1	Erste Messung mit Sonde A	47
5.2.3.2	Erste Messung mit Sonde B	48
5.2.3.3	Zweite Messung mit Sonde A	50
5.2.3.4	Zweite Messung mit Sonde B	52
5.2.3.5	Bissflügelaufnahmen (Bite-wings)	54
5.2.4	DIAGNOdent pen-Messungen bei Neueinstufung der Kariesintensität	58
5.2.4.1	Erste Messung mit Sonde A bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte	58
5.2.4.2	Erste Messung mit Sonde B bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte	60
5.2.4.3	Zweite Messung mit Sonde A bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte	62
5.2.4.4	Zweite Messung mit Sonde B bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte	64
5.2.5	ROC-Analyse (Receiver Operating Characteristics)	68
5.2.6	Kumulative Effekte benachbarter kariöser Läsionen bei Anwendung der Messsonden des DIAGNOdent pens	69

6	Diskussion	71
6.1	Diskussion der Fragestellung	71
6.2	Diskussion der Patientenauswahl, des Materials und der Methode	73
6.3	Diskussion der patientenbezogenen Ergebnisse	77
6.3.1	dmfs/DMFS	77
6.3.2	API, PBI und Prophylaxe	80
6.4	Diskussion der zahnbezogenen Ergebnisse	82
6.4.1	Ergebnisdiskussion zu den DIAGNOdent pen-Messwerten	82
6.4.2	Röntgenbefunde	90
6.4.3	Therapeutische Konsequenzen aus den DIAGNOdent pen-Befunden	92
7	Schlussfolgerungen	97
8	Zusammenfassungen	99
8.1	Zusammenfassung	99
8.2.	Summary	99
9	Literaturverzeichnis	105
10	Anhang	113
10.1	Tabellenanhang	113
10.1.1	Vergleich der DIAGNOdent pen-Messungen mit der Kariesintensität in Abhängigkeit von benachbarten kariösen Zahnflächen	113
10.1.2	Vergleich der DIAGNOdent pen-Messungen mit der Kariesintensität in Abhängigkeit von benachbarten kariösen Zahnflächen bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Werte	118
10.2.	Abkürzungsverzeichnis	122
11	Danksagung	127
12	Lebenslauf	128

## 1 Einleitung

Die Diagnostik der Karies im Approximalbereich von Milchmolaren ist schwierig, so dass sie nicht immer rechtzeitig erkannt wird. Tiefe Karies hat jedoch ernste Folgen, wie Pulpitis oder Gangrän. Mit der visuellen Inspektion stößt der Zahnarzt bei der Diagnostik einer Approximalkaries schnell an seine Grenzen. Daher gehören Bissflügelaufnahmen zum Standardrepertoire der Kariesdiagnostik, um auch für das bloße Auge nicht sichtbare okklusale und proximale kariöse Läsionen erkennen zu können. Die Sensitivität – das zuverlässige korrekte Erkennen kranker Zähne – liegt nur bei 12-20 %, sofern nur Spiegel, OP-Licht und das menschliche Auge verwandt werden. Die visuelle Diagnose ist unzuverlässig, weil die Karies ohne makroskopische Zerstörung der Oberfläche bis ins Dentin fortschreiten kann. Kombiniert mit Röntgenaufnahmen lässt sich die Sensitivität in Bezug auf die Okklusalkaries auf etwa 45 % erhöhen (58, 63). Auch eine röntgenologische Beurteilung der Approximalräume wird als notwendiger Teil einer umfassenden Befundung angesehen (21). Andererseits ist ein weiterer nicht zu unterschätzender Aspekt, die Ablehnung vieler Eltern gegen das Röntgen ihrer Kinder, aus Angst vor einer erhöhten Strahlenbelastung des Kindes. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zusätzlicher diagnostischer Maßnahmen.

Zur Zeit rücken insbesondere optische Messmethoden in den Blickpunkt der Kariesdiagnostik, darunter auch die Laserfluoreszenz. Die Fluoreszenz von kariösem und gesundem Zahnschmelz ist schon seit fast 100 Jahren immer wieder Gegenstand der Forschung. Anfänglich wurde die Fluoreszenz bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht untersucht. Es ist bekannt, dass Schmelz und Dentin unter Beleuchtung von ultraviolettem Licht fluoreszieren. Allerdings wird diese Fluoreszenz schwächer, je größer der kariöse Zerfall ist (23, 91). 1981 stellten Alfano und Yao eine stärkere Fluoreszenz von Karies im roten, sichtbaren Bereich fest (1). 1992 wurde erstmals ein Gerät zur laserinduzierten Fluoreszenzmessung in vitro entwickelt (18). Diese Methode, die „Quantitative Laser (Light) Induced Fluorescence“ (QLF) ist ein Verfahren, welches mittels Laserlicht vor allem zur Bestimmung kleinerer Demineralisationsphänomene an Glattflächen (zum Beispiel an Bukkalflächen) verwendet wird. Fissurenkaries

oder Approximalkaries sind damit nicht zu diagnostizieren. Die Firma KaVo Dental GmbH Biberach entwickelte nun ein Gerät, welches umfassender zur Kariesdiagnostik geeignet ist – das DIAGNOdent. Während das (QLF) - System der quantitativen Fluoreszenz hauptsächlich für wissenschaftliche Studien Verwendung findet, wurde das DIAGNOdent-Gerät für die Anwendung in der Praxis entwickelt. Es verbessert die Aussagekraft der Kariesdedektion. Nach Studien von Lussi und Mitarbeitern weist das Gerät eine 93-96 prozentige Kariestrefferrate im okklusalen Bereich auf (56, 61, 62, 65, 66).

Ergebnisse von Lussi et al. legen nahe, dass das neue Laserfluoreszenzsystem durch seine gute Reproduzierbarkeit ein zusätzlich nützliches Werkzeug zum Auffinden von Karies im Approximalbereich ist (60).

Die Approximalkaries ist neben der Fissurenkaries die häufigste Form der Karies. Sie stellt auch heute noch eine oft zu spät diagnostizierte Kariesform dar. Aufgrund der Anatomie der Milchmolaren (flächige „Kontaktpunkte“) entziehen sich die approximalen kariösen Defekte im Frühstadium der Diagnostik mit Spiegel und Sonde. Weil das bloße Auge zur Diagnostik oft nicht ausreicht, ist es notwendig, weitere diagnostische Verfahren zum Befunden heranzuziehen.

Die vorliegende Arbeit untersucht die Zuverlässigkeit der Diagnostik der Approximalkaries im Milchmolarenbereich mittels Laserfluoreszenz. Da die therapeutischen Maßnahmen nicht nur aufgrund der Diagnose, sondern auch unter Betrachtung der Lokalisation gewählt werden müssen, bietet sich eine Begutachtung der Diagnosemethoden nach der Lokalisation der kariösen Läsionen (vgl. Kap 2.1 dieser Arbeit) an. Klassische Methoden und neue Methoden der Kariesdiagnostik werden gegenübergestellt.

So soll im experimentellen Teil ein neuer DIAGNOdent pen im Approximalbereich von Milchmolaren angewandt, sowie Sensitivität und Spezifität der Aussage im Vergleich zu Bissflügelaufnahmen und klinischer Inspektion nach Öffnen des Approximalraumes geprüft werden.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Karies

#### 2.1.1 Definition

In dem von Hoffmann-Axthelm herausgegebenen Lexikon der Zahnmedizin heißt es unter Karies: „Chronischer Demineralisationsprozess der Zahnhartsubstanzen. Sie entsteht durch Einwirkung schwacher organischer Säuren, die beim Abbau von Saccharose, aber auch von anderen Di- und Monosacchariden durch Plaquemikroorganismen entstehen“ (27).

Miller erkannte schon im Jahre 1889 den Zusammenhang der Hartsubstanzdestruktion mit dem Auftreten von Bakterien (68). Laut Pilz handelt es sich um einen Erweichungsprozess von Zahnhartsubstanz, der sich anfänglich durch eine Verfärbung des Zahnes bemerkbar macht (79). Die Karies ist eine lokalisierte, unspezifische, opportunistische Infektionserkrankung bei der bestimmte Mikroorganismen Kohlenhydrate zu organischen Säuren verstoffwechseln. Dies führt zum Demineralisieren und Erweichen der Zahnhartsubstanzen.

#### 2.1.2 Ätiologie

Das Kariesgeschehen ist ein multifaktorieller Vorgang. Vier Faktorenkomplexe beeinflussen den Verlauf der Karies:

- die Resistenz der Mundhöhle und der Zähne; sie wird durch die Zusammensetzung, die Menge und dem Fluoridgehalt des Speichels sowie die Kaufunktion beeinflusst,
- die Zusammensetzung der Nahrung; ungünstig wirken sich besonders zuckerhaltige klebrige Nahrungsmittel aus, weil sie langkettige Kohlenhydrate enthalten und durch ihre Klebrigkeit lange zur Verfügung stehen,
- die Plaque; sie ist ein zäher, verfilzter Zahnbelag aus Speichelbestandteilen, bakteriellen Stoffwechselprodukten, Nahrungsresten und

Bakterien (27),  
die Zeit.

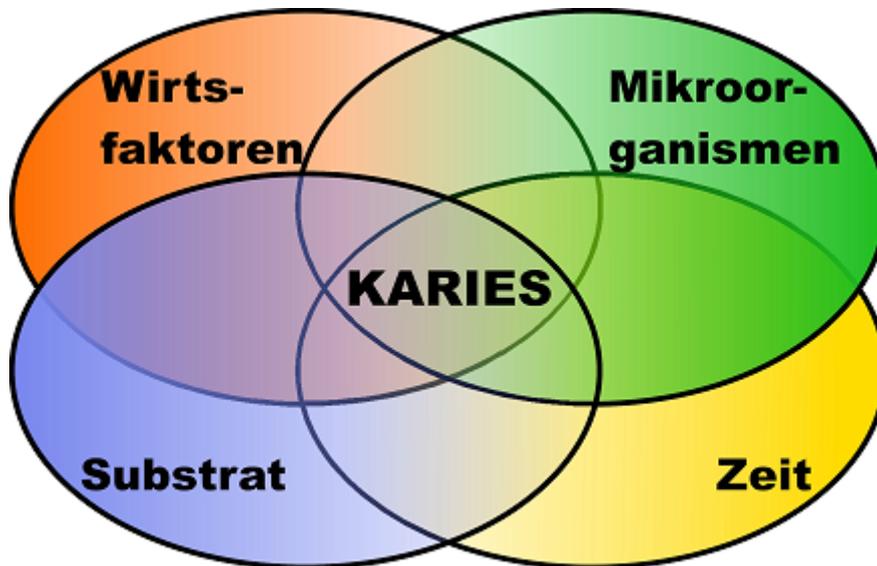


Abb. 2.1: Die vier Voraussetzungen für das Entstehen kariöser Läsionen nach König 1987 (39)

1889 wurde von Miller die chemoparasitäre Theorie vorgestellt, welche besagt, dass Mikroorganismen im Mund Kohlenhydrate enzymatisch abbauen und dabei Säuren freisetzen, die wiederum beim Entstehen von Karies eine Rolle spielen (68). Keyes hat 1962 die Theorie der eigentlichen Kariesätiologie entwickelt. Er postulierte, dass neben den Bakterien auch noch das abzubauen Substrat und der Wirt selbst ausschlaggebend sind (35). König ergänzte diese Theorie um einen weiteren Faktor – die Zeit (39). Daraus resultiert das noch heute gültige Modell (Abb. 2.1). Fehlt einer dieser vier Faktoren, kommt es nicht zur kariösen Zerstörung von Zähnen.

Die Erkenntnis, dass Bakterien ein wesentlicher ätiologischer Faktor beim Entstehen der Karies sind, ist heute allgemein anerkannt. Es besteht jedoch noch immer keine vollkommene Gewissheit darüber, welche Bakterien primär ursächlich beim Entstehen der verschiedenen Formen der Karies sind. Die bakterielle Flora ist je nach Kariestyp unterschiedlich, es ist sinnvoll aus mikrobiologischer Sicht die Schmelzkaries topographisch nach Destruktion an Glattflächen und Fissuren bzw. Grübchen zu differenzieren (78).

Neben diesen so genannten primären Faktoren existieren noch weitere, sekundäre Faktoren. Dazu gehören der Speichelfluss, die Speichelzusammensetzung, die Ernährungsgewohnheiten, ebenso wie Fehlbildungen und -stellungen der Zähne sowie die individuelle Mundhygiene (37).

### 2.1.3 Pathogenese der Karies

Die Pathogenese der Schmelz- und Dentinkaries wurde von Schröder (90) wie folgt beschrieben: „Nach einem Reifeprozess von ca. 4-7 Tagen besteht die Plaque zu 60-70 % aus Bakterien. Der kritische pH-Wert von 5,5 wird bei fortschreitender Kohlenhydratzufuhr dauerhaft unterschritten. Eine Remineralisation der Zahnschmelzsubstanz ist unter reifer Plaque nicht möglich. Die aufgeweichten Areale brechen längerfristig ein und breiten sich in die Tiefe aus (90).“

Nach der heute allgemein für das Entstehen von Karies akzeptierten, spezifischen Plaquetheorie ist die Adhäsion von Mutans-Streptokokken an der Zahnoberfläche von besonderer Bedeutung für die Kariespathogenese. Daraus lässt sich ableiten, dass bei Vorhandensein spezifischer Abwehrfaktoren, die einem Anheften von Mutans-Streptokokken am Zahn entgegen wirken, eine gewisse Resistenz gegenüber Karies besteht. Andererseits muss beim Fehlen dieser Faktoren eine gesteigerte Anfälligkeit erwartet werden. Der Speichel enthält Substanzen mit antibakterieller Wirkung, wie zum Beispiel das Lysozym, welches imstande ist, die Zellwand von Bakterien zu zerstören. Glykoproteine hemmen direkt oder indirekt den Stoffwechsel der Bakterien. Das Speichelenzym Amylase dient der Vorverdauung langkettiger Kohlenhydrate im Mund. Das hat aber den negativen Effekt, dass entstehende kurzkettige Kohlenhydrate leichter in den vorhandenen Biofilm eindringen können und dort zu organischen Säuren umgewandelt werden. Jede Aufnahme von niedermolekularen Kohlenhydraten ruft an der plaquebedeckten Zahnoberfläche einen zeitlich begrenzten pH-Abfall hervor. Die Gesamtzeit, in der der Zahnschmelz demineralisiert wird, wächst mit der Häufigkeit der Zuckeraufnahmen. Der Einfluss niedermolekularer Kohlenhydrate auf die Kariesentwicklung in Abhängigkeit von der Frequenz der Aufnahme und der Klebrigkeit von Zwischenmahlzeiten wurde in den 40er Jahren des letzten

Jahrhunderts an den Insassen eines schwedischen Heimes für geistig Behinderte untersucht. Kernergebnisse dieser ethisch problematischen Studie über die Verabreichung zuckerhaltiger Kost und deren Auswirkungen in Bezug auf eine Karies sind, dass nicht die absolute Menge des täglich aufgenommenen Zuckers für den Zuwachs an Karies, sondern vielmehr die Häufigkeit und die Klebrigkeit der Speisen entscheidend sind (45).

#### 2.1.4 Kariesbakterien

Karies verursachende Bakterien sind Milchsäurebildner. In der Mundhöhle des Menschen gelten Mutans-Streptokokken als Haupt-Karies-Bakterien (Initiator), gefolgt von den Laktobazillen, Fusobakterien und Spirochäten. Man schätzt, dass etwa 30-40 Bakterienarten, von denen einige möglicherweise noch nicht bekannt sind, mit Karies im Zusammenhang stehen könnten (13). Je höher die Stoffwechselaktivität dieser und anderer Bakterien ist, umso höher ist das Potenzial dieser Keime, Kariesläsionen zu verursachen. Die Stoffwechselaktivitäten, und nicht die Anzahl der Keime, wird als Maß für die Einschätzung des Kariespotenzials angesehen (102). Hinzu kommt wie gut sich Bakterien in der Plaque organisieren können. Auch hier gilt der Streptokokkus-Mutans durch seine klebrigen Eigenschaften und überaus guten Säuretoleranz als Favorit (13).

Die Mundhöhle ist somit von einer Mischflora besiedelt. Untersuchungen der Arbeitsgruppe um Hibst zeigten 2001 zum Fluoreszenzverhalten oraler Mikroorganismen, dass Kariesbakterien sowie Bakterien der Mundhöhle in der Lage sind Porphyrine, insbesondere Protoporphyrin IX und Coporphyrinogen, zu synthetisieren und somit Fluoreszenzverhalten zu zeigen. Aufgrund ihrer Proto- und Coporphyrinogensynthese weisen sie typische Fluoreszenzpeaks um 620 und 635 nm auf (24, 41).

#### 2.1.5 Besonderheiten der Karies im Milchgebiss

Der Zahnarzt wird oft durch die Eltern mit der Frage konfrontiert, warum kariöse Milchzähne, die ja doch ausfallen, behandelt werden sollen. Die Antwort auf diese Frage begründet sich auf verschiedene miteinander verknüpfte Fakten,

die alle darauf schließen, dass eine Karies als pathologischer Prozess nicht unbeachtet bleiben soll.

Kinder sollten vor Schmerzen bewahrt werden und in der Lage sein ohne Zahnschmerzen zu essen und zu trinken.

Unbehandelte kariöse Läsionen können allgemeinmedizinische Erkrankungen verursachen. Entzündungen im Kiefer sind ein potentiell Risiko für die sich entwickelnden Zahnkeime. Die Behandlung kariöser Zähne ist ein wesentlicher Bestandteil und Voraussetzung für eine gute Mundhygiene. Sind unbehandelte kariöse Läsionen in der Mundhöhle vorhanden, kann der Patient keinen wirkungsvollen Nutzen aus seinen Mundhygienemaßnahmen ziehen (38).

Milchzähne, besonders Milchmolaren, sollten bis zu ihrem physiologischen Ausfall erhalten werden, um eine normale Gebissentwicklung zu sichern (51).

Milchzähne unterscheiden sich von ihren Nachfolgern durch mikro- und makromorphologische Besonderheiten. Milchzähne sind meist kleiner als ihre Nachfolger. Sie weisen nur geringe individuelle Formvariationen auf. Ihr Schmelz ist weniger gut mineralisiert, daher auch die weiß-bläuliche Farbe. Sie zeichnen sich durch ihre geringere Masse, die gedrungenen Kronen, einen gewölbten unteren Schmelzrand (cervikaler Schmelzwulst) und anfänglich große Pulpenkammern aus. Speziell Milchmolaren haben anfangs einen dünnen Dentin- und immer einen solchen Schmelzmantel, neigen deshalb schneller zu Abrasionen und haben stark gebogene Wurzeln, sowie eine begrenzte Verweildauer im Mund. Auf Grund der Anatomie der Milchmolaren weisen sie einen im Seitenzahnggebiet flächigen Approximalkontakt auf (42).

<b>Makromorphologie</b>	<b>Mikromorphologie</b>
Der Schmelzmantel ist an keiner Stelle dicker als 1 mm.	Die Schmelzoberfläche ist durch eine weitgehend prismafreie Schmelzoberfläche gekennzeichnet (Schichtstärke 30-100µm).
Die Pulpakammer der Milchzähne ist relativ größer und die Pulpahörner liegen vergleichsweise exponierter.	Die Schmelzprismen im Zervikalbereich steigen von der Schmelz- Dentingrenze kaufflächenwärts an.
Die Kauflächen der Milchmolaren sind schmaler, ihre Bukkal- und Lingualflächen divergieren in Richtung auf einen deutlich ausgeprägten zervikalen bzw. basalen Schmelzwulst.	Der Mineralgehalt des Milchzahnschmelzes ist geringer als bei der bleibenden Dentition.
Die Milchmolaren haben einen breiteren und flächigen Approximalkontakt.	In Milchzähnen ist der postnatal gebildete Schmelz deutlich weniger dicht mineralisiert als der pränatale Schmelzmantel.
	Die Interaktionsstruktur bei Milchzahndentin ist deutlich dicker als in der bleibenden Dentition (Dentibuli sind größer, das peritubuläre Dentin ist deutlich ausgeprägt und der Mineralgehalt des intertubulären Dentins ist geringer als in der permanenten Dentition).

Tab. 2.1: Makro- und Mikromechanische Besonderheiten (44)

Aufgrund des dünnen Schmelzmantels kann die Karies an Milchzähnen schneller fortschreiten als an bleibenden Zähnen. Die Milchmolaren haben einen breiten und flächigen Approximalkontakt und sind durch die erschwerte interdentale Reinigung besonders kariesgefährdet. Eine Karies wird oftmals zu spät erkannt. Hier ist eine besonders genaue Kariesdiagnostik erforderlich, um eine Approximalkaries so früh wie möglich zu diagnostizieren.

Im Folgenden werden verschiedene Methoden der Kariesdiagnostik beschrieben.

## 2.2 Kariesdiagnostik

### 2.2.1 Klinische Diagnostik

Die klinische Kariesdiagnostik wird mit einem Mundspiegel, gegebenenfalls zusätzlich mit einer Lupenbrille und einer ausreichenden Lichtquelle durchgeführt. Obwohl diese Methode die meisten approximalen kariösen Läsionen nicht erkennt, ist sie zur Zeit – in Ermangelung geeigneter Alternativen – das Vorgehen der Wahl (49).

Die zahnärztliche Sonde, welche seit Gründung des zahnärztlichen Berufstandes zu den traditionellen Instrumentarien der Kariesdiagnostik gehörte, wird den heutigen Ansprüchen einer modernen Diagnostik nicht mehr gerecht. Das Sondieren kann zur Zerstörung der intakten Schmelzoberfläche einer initialen kariösen Läsion führen und somit eine Kavitation begünstigen oder erzeugen (11, 16, 75). Van Dorp et al. demonstrierten schon 1988 an Zähnen mit artifiziell erzeugter Initialkaries im Fissurenbereich, dass die Sondierung die Progression von Initialkaries förderte, es bestand eine positive Korrelation zwischen der Defektgröße und dem Sondierungsdruck (97).

Im Zusammenhang mit der taktilen Kariesdiagnostik wurde auch das Übertragen von Karies begünstigenden Mikroorganismen diskutiert. Loesche und Mitarbeiter konnten 1979 die Transmission kariogener Keime von infizierten in zuvor sterile Fissuren nachweisen (55). Die „spitze zahnärztliche Sonde“ wird daher heute als „invasives“ Diagnoseinstrument eingestuft (28). Untersuchungen von Lussi 1993 zeigten, dass der Gebrauch der Sonde zu keinerlei diagnostischem Gewinn oder zu einer Verbesserung im Vergleich zum ausschließlich visuellen Befunden führt (56). Daher wird heute nur noch eine drucklos angewendete stumpfe Sonde empfohlen und zwar zur Plaqueentfernung (3). Opazitäten der Zahnoberfläche gelten als Indikatoren eines kariösen Prozesses und können durch Lufttrocknung diagnostiziert werden (56). Daher wird das Verwenden des Luftbläfers anstelle einer Sonde nach vorheriger Zahnreinigung als wichtige Voraussetzung für eine visuelle Kariesdiagnostik angesehen (31).

Approximale Läsionen lassen sich bei lückenloser Zahnstellung klinisch im Frühstadium nicht erkennen und auch röntgenologisch sind sie erst ab einem Mineralverlust von 10-20 % diagnostizierbar (93). In einem noch späteren Stadium können proximale Läsionen bukkal oder palatinal/lingual als opake Demineralisationen sichtbar werden. Im fortgeschrittenen Stadium sieht man von okklusal her einen dunklen Schatten. Dieses Zeichen kann im Milchgebiss fehlen oder erst sehr spät auftreten (38).

Neue technische Verfahren haben die Qualität der Kariesdiagnose weiter verbessert und helfen beim Therapieentscheid (89).

Moderne Methoden zur Kariesdiagnostik müssen folgende Bedingungen erfüllen (63):

- a) Karies muss in einem so frühen Stadium erkannt werden, dass noch eine Remineralisation möglich ist,
- b) die Methode muss objektiv, quantitativ und präzise sein,
- c) die Methode muss reproduzierbar sein, das heißt, verschiedene Behandler müssen vergleichbare Ergebnisse erzielen,
- d) die Methode muss leicht zu erlernen und schnell (ohne großen Aufwand) durchzuführen sein,
- e) alle Formen von Karies müssen mit sehr hoher Sensitivität und Spezifität erkannt und quantifiziert werden.
- f) Im Weiteren wird auf andere Methoden der Kariesdiagnostik eingegangen.

## 2.2.2 Röntgenologische Diagnostik

Die Röntgenologie wird allgemein von dem Prinzip geleitet, bei minimaler Strahlenbelastung ein Maximum an Informationen zu erhalten (71). Die röntgenologische Kariesdiagnostik gibt es fast ebenso lange, wie die diagnostische Verwendung ionisierender Strahlen in der Medizin. Bereits 1910 beschrieb Davidson den zu erwartenden Nutzen röntgenologischer Untersuchungen für die Kariesdiagnostik (12). Sie ist heute aus der modernen Zahnmedizin nicht mehr wegzudenken (62, 85, 86, 100).

Mit der schon 1925 beschriebene Bissflügelaufnahme zur frühzeitigen Diagnostik der Approximalkaries wurde eine Möglichkeit zum Einschätzen des Ausmaßes klinisch nicht sichtbarer Läsionen geschaffen (73). Dennoch stehen viele Patienten oder deren Eltern einer Bissflügelaufnahme skeptisch gegenüber. Von der Bundeszahnärztekammer wird in diesem Zusammenhang auf die zwingende Notwendigkeit von Röntgenaufnahmen im Rahmen einer gründlichen Diagnostik hingewiesen. Im Sinne einer präventionsorientierten Zahnmedizin ist eine ausführliche Diagnostik zum frühzeitigen Erkennen von Erkrankungen der Zahnhartsubstanz unter Einbeziehen der Röntgendiagnostik zwingend erforderlich. Durch die konsequenten Maßnahmen zum

Strahlenschutz in Verbindung mit dem Einsatz moderner Technik ist es gelungen, die Strahlenbelastung zu minimieren. Röntgenaufnahmen beim Zahnarzt tragen nur zu einem minimalen Teil zur Strahlenexposition (0,1 %) bei Patienten in Deutschland bei. Die mittlere Belastung durch medizinische Maßnahmen beträgt pro Jahr und pro Person etwa 2 Millisivert (mSv), die natürliche Umweltbelastung liegt dagegen bei 2,4 mSv pro Person und Jahr (46).

Bissflügelaufnahmen sind heute das Standardverfahren zum Erkennen von Approximalkaries (82). Sie ermöglichen in der Regel eine bessere Diagnose, als alleinige klinische Untersuchungen. Ohne Bissflügelaufnahmen werden die meisten der kariösen Approximalläsionen nicht erkannt (83). 66 % der approximalen kariösen Läsionen an Milchmolaren wird ohne Röntgen übersehen (30). Ricketts und Mitarbeiter ermittelten für Bissflügelaufnahmen zum Erkennen der Approximalkaries eine mittlere Sensitivität von 62 % und eine Spezifität von 76 %. Im Vergleich zur visuellen klinischen Kariesdiagnostik wurden wesentlich mehr Dentinläsionen diagnostiziert (85). Die Radioluzenz im Dentin korreliert eindeutig mit der bakteriellen Infektion im Dentin und ist somit ein sicherer Prädiktor für eine erforderliche restaurative Therapie (86). Lassen sich Approximalflächen klinisch nicht beurteilen, so ist das Anfertigen von Bissflügelaufnahmen (Bite-wing) obligat (21).

Die visuelle Beurteilung von Milchmolaren stellt sich als problematisch dar. Gefährdet sind Milch- und bleibende Molaren, so dass bei Verdacht auf proximale Karies im Milch- oder Wechselgebiss eine rechtfertigende Indikation vorliegt und deswegen der Einsatz von Bissflügelaufnahmen schon ab dem 4. Lebensjahr gefordert wird (73). Sie verbessern die Diagnostik der approximalen Karies wesentlich. Klinisch-röntgenologische Studien mit fünfjährigen Kindern aus Skandinavien haben gezeigt, dass 30 % aller Schmelz- und Dentinläsionen nur mit Bissflügelaufnahmen diagnostiziert werden konnten. Die frühe Diagnose der Approximalkaries im Milchgebiss hat eine große Bedeutung, denn nur bei einem frühzeitigen Erkennen der Karies können endodontische Behandlungen oder sogar ein Stützzoneeinbruch vermieden werden.

Bissflügelaufnahmen gehören nach de Vries et al. zur Standarddiagnostik bei

Kindern mit erhöhtem Kariesbefall unter 12 Jahren (14). Andere Autoren warnen jedoch vor einem routinemäßigen Einsatz von Bissflügelaufnahmen, vor allem bei Kindern, da dies in der Summation zu einer erhöhten Strahlenbelastung von Patienten führt (20, 69). Nach Sobkowiak et al. treten Veränderungen der Röntgenopazität des Schmelzes erst bei Mineralverlusten von 10-20 % auf (93). Auch werden initiale proximale Läsionen oft durch Überlappungen der interproximalen Schmelzbereiche auf Bite-wings nicht erfasst und sind somit schlecht zu beurteilen (80).

Bei der Beurteilung von Bissflügelaufnahmen gilt folgende Einteilung:

- C0= keine proximale Karies
- C1= Radioluzenzen in der äußeren Schmelzhälfte Histologisch: initiale kariöse Läsion
- C2= Radioluzenzen bis zur inneren Schmelzhälfte  
Histologisch: fortgeschrittene, initiale Läsion, Schmelzoberfläche kann noch "intakt" sein
- C3= Radioluzenzen bis zur äußeren Dentinhälfte
- C4= Radioluzenzen bis zur inneren Dentinhälfte  
Histologisch: Caries profund

Die röntgenologische Einteilung C1-C4 entspricht der von R1-R4 in der Kariesepidemiologie (99). Epidemiologisch wird C0 kein Äquivalent zugeordnet.

### 2.2.3 Diaphanoskopie

Die klassische Diaphanoskopie oder FOTI (fiber optic transillumination) ist eine weitere Kariesdiagnostikmethode. Sie durchleuchtet die Zähne mit einer starken Lichtquelle und wertet den Intensitätsverlust bei Durchstrahlung eines kariösen Zahnes aus. Licht, das auf einen Zahn trifft, wird zu einem geringen Teil an der Oberfläche reflektiert, der größte Teil dringt in den Zahn ein. Dort breitet es sich diffus aus, bis es entweder absorbiert wird oder den Zahn wieder verlässt (52, 58).

Bereiche mit Karies weisen Poren in der Zahnhartsubstanz auf. Die porösen Bereiche haben einen anderen Brechungsindex als die gesunde Zahnhartsubstanz, so dass an den Grenzflächen vermehrt Licht gestreut wird,

hierbei kommt es zu einem Intensitätsverlust, den wir als dunklen Fleck sehen (23, 52).

Das gleiche optische Phänomen liegt der klinischen Beobachtung einer Initialläsion zugrunde, die optisch heller oder sogar fast weiß erscheint. Hier wird das Licht von der Läsion zum Betrachter reflektiert, so dass die Lichtintensität im Vergleich zur Umgebung höher ist (58).

Seit Mitte der 70er Jahre wird die FOTI zur Approximalkariesdiagnostik eingesetzt. In vergleichenden klinisch-röntgenologischen und faseroptischen Studien wurde die faseroptische Transillumination widersprüchlich beurteilt. Einerseits wird sie als effizientes Diagnostikverfahren empfohlen (69, 70). Andererseits jedoch nur als Hilfsmittel in Kombination mit Bissflügelaufnahmen akzeptiert, da auch verschattete Areale angezeigt werden, die nicht mit einer Demineralisation einhergehen, wie zum Beispiel Verfärbungen (29). Früher konnten falsch positive Befunde auch im Bereich benachbarter Amalgamfüllungen entstehen (59, 101). Der Einsatz von zahnfarbenen Füllungsmaterialien vermindert diesen Effekt.

Heinrich et al. kamen 1991 in einem Vergleich der faseroptischen Diagnostik mit klinischer und röntgenologischer Diagnostik zu dem Ergebnis, dass die faseroptische Diagnostik der klinischen Diagnostik überlegen ist, aber die röntgenologische die faseroptische Diagnostik übertrifft. Sie empfehlen die faseroptische Transillumination bei präventiv betreuten Patienten vor einer röntgenologischen Kariesdiagnostik einzusetzen (20).

Peers et al. erreichten 1993 mit der Verwendung der Faseroptik hohe Sensitivitätswerte, allerdings sind die Ergebnisse der FOTI sehr benutzerspezifisch. Nur gut geschulte Anwender sind in der Lage, eine zuverlässige Diagnostik zu gewährleisten (74).

Bisher wurde die FOTI rein visuell bewertet. Es gab keine Möglichkeit die Veränderung zu dokumentieren. Diese Verfahren waren somit nicht zur Verlaufskontrolle geeignet. Die Entwicklung des DIFOTI-Gerätes (digital fiber optic transillumination) ermöglicht seit kurzem, die FOTI-Befunde mit Hilfe einer CCD-Kamera zu dokumentieren (52).

## 2.2.4 Laserfluoreszenz

Fluoreszenz ist eine Leuchterscheinung bei festen Körpern, Flüssigkeiten oder Gasen, die mit Licht oder Röntgenstrahlung erzeugt werden kann. Die Atome des Fluoreszenzstoffes absorbieren Energiequanten der einfallenden Strahlung und werden in einen angeregten Zustand überführt. Durch Aussenden des Fluoreszenzlichtes geben sie diese Energie wieder ab und gelangen in ihren Grundzustand zurück. Die emittierte Fluoreszenzstrahlung ist immer energieärmer als die absorbierte Strahlung (23).

Fluoreszenz kann auch in kariös veränderter Zahnschicht gemessen werden. Diese messbare Fluoreszenz entsteht durch den Stoffwechsel der Kariesbakterien, welche Porphyrine, so genannte Fluorochrome produzieren. Sie besitzen die Eigenschaft zur Fluoreszenz (40). Mit einer Wellenlänge von 650 nm, also im roten Bereich, werden die Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen angeregt, die dann ein Fluoreszenzsignal emittieren. Aufgrund der Porositäten demineralisierter Zahnhartsubstanz reichern sich die Fluorochrome in den Poren an, und es kommt zu einer stärkeren Anregung und Fluoreszenzemission.

Der Schmelz selbst fluoresziert nur schwach. Dadurch kann eine durch Kariesbakterien induzierte Fluoreszenz durch eine 1mm starke Schmelzschicht sicher erkannt werden. Somit ist die Identifikation durch eine makroskopisch intakte Schmelzschicht möglich (23).

Das Anwenden von Fluoreszenzmessungen erleichtert die Diagnostik und unterstützt die Therapieentscheidung. Es bietet die Möglichkeit, die Progredienz oder die Stagnation einer fraglichen kariösen Läsion zu beurteilen und den Effekt von Prophylaxemaßnahmen einzuschätzen. Es bietet außerdem eine Kontrollfunktion bei der Kariesexkavation (15).

Es gibt heutzutage diverse Systeme zur Kariesdiagnostik, die sich auf das Fluoreszenzphänomen stützen. Dazu zählen die QLF (Quantitative Light Induced Fluorescence)- Systeme. Dies sind kamerabasierte Fluoreszenzmessgeräte. Die Anregungswellenlängen befinden sich hierbei im grünen (488-514 nm) oder violetten (290-450 nm) Bereich. Die Fluoreszenz wird mit einer Kamera erfasst und ausgewertet. Das System ist für Glattflächen ausgelegt

(18). Das QLF-System misst den Mineralverlust der Zahnhartsubstanz und kann somit nur bereits entstandene Schäden dokumentieren.

Ein weiteres System zur Kariesdedektion stellt die Vista Proof von der Firma Dürr Dental dar. Es handelt sich um eine Neuentwicklung zur Beurteilung von Glattflächen und Okklusalfächen. Die Fluoreszenz erkrankter Bereiche im roten Spektralbereich und gesunder Zahnschmelzsubstanz im grünen Bereich werden aufgenommen und durch entsprechende Algorithmen in virtuelle Bilder umgewandelt. Dem Betrachter wird ein Bild der Zahnkontur geliefert und in unterschiedlichen Farbabstufungen werden kariöse und gesunde Zahnschmelzsubstanz dargestellt. Das ermöglicht ein schnelles Abtasten und Befunden des gesamten Zahnes, mit Ausnahme von Approximalflächen. Die Vista Proof ist eine Weiterentwicklung des Kamerasystems Vista Cam. Die erzeugten Fluoreszenzbilder werden durch eine leistungsfähige Software ausgewertet. Die Software hebt die kariösen Läsionen farblich hervor und definiert auf einer Skala von 1 bis 5 die Kariesintensität. Anhand einer Falschfarbendarstellung wird für den Anwender der Grad der kariösen Läsion visualisiert. Der gesunde Schmelz wird grün dargestellt, die Falschfarbe Rot, Blau, Orange und Gelb repräsentieren die epidemiologischen Karieszustände D1 bis D4. Aus den gewonnenen Daten lässt sich ein konkretes Behandlungsschema ableiten. Orange und gelb dargestellte Bereiche sollten invasiv behandelt werden. Zur Absicherung der Diagnose im Approximalbereich empfiehlt sich jedoch weiterhin ein Röntgenbild anzufertigen (15).

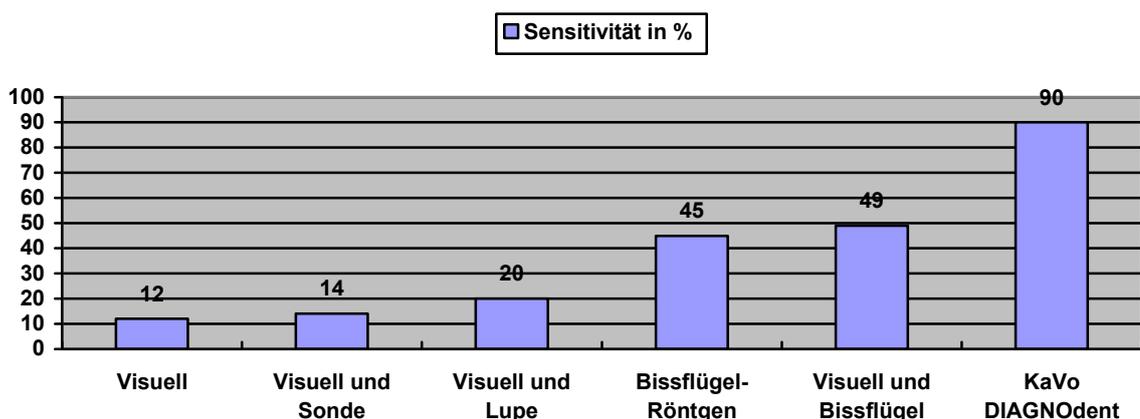
Auch der DIAGNOdent pen der Firma KaVo ist eine Weiterentwicklung in der Kariesdiagnostik und macht sich die Fluoreszenz zur Kariesdetektion zu nutze. Dieses System wandelt Fluoreszenzsignale in Messwerte um. Das vorhergehende DIAGNOdent-Gerät der 1. Generation ist schon länger auf dem Markt und konnte sich in diversen Studien beweisen (57-59, 61-63, 66, 92).

Die ersten umfangreichen, überwiegend histologischen Untersuchungen von Lussi und Mitarbeitern ermittelten folgende Grenzwerte zur Kariesdiagnostik (59): Werte 0 bis 13: keine Karies, Werte 14 bis 20: oberflächliche Schmelzkaries, Werte 21 bis 29: tiefe Schmelzkaries, Werte mehr als 30: Dentinkaries, Werte über 80 sind zumeist ein Hinweis auf die Anwesenheit exogener Verfärbungen und/oder mineralisierter Plaque in einer Kavität (59).

Die Korrelation der Messwerte zu einem histologisch nachgewiesenen Kariesbefall im therapeutisch relevanten Messwertbereich ist sehr gut. Schon 1999 wurden Hinweise für die Therapie in Abhängigkeit vom Anzeigewert des DIAGNOdent-Gerätes erstellt (59, 63). Beim Vorliegen des Befundes einer tiefen Schmelzkaries sollte das Kariesrisiko, die Kariesaktivität und das Recallintervall des einzelnen Patienten zur Therapieentscheidung herangezogen werden. Bei hohem Kariesrisiko kann es notwendig sein, schon bei einem Messwert zwischen 21 und 29 minimal invasiv vorzugehen (59, 63).

Eine Untersuchung von Braun aus dem Jahre 2000 bestätigt, dass der Wert 30 als sinnvolle Grenze zwischen präventiven und dem Übergang zum restaurativen Vorgehen im bleibenden Gebiss festgelegt werden kann (6).

Im Vergleich mit anderen diagnostischen Methoden kann gesagt werden, dass die Laserfluoreszenzmessungen mittels DIAGNOdent-Gerätes bei okklusaler Karies sowohl in In-vitro- wie auch in In-vivo-Versuchen der Röntgendiagnostik überlegen sind (63, 92). Nach visueller Beurteilung wurden geringere Kariesextensionen erwartet als die Messwerte vermuten ließen. Das heißt, dass das bloße Auge nicht in der Lage war, eine zuverlässige Aussage zur Ausdehnung der Karies zu treffen. Ein nachfolgendes klinisch invasives Vorgehen bestätigte die Validität des DIAGNOdents. Verschiedene Studien belegen eine hohe Reproduzierbarkeit der Messungen für die Kariesdiagnostik (57, 59, 63, 92).



Tab. 2.1: Sensitivität der Kariesdiagnostik mit verschiedenen diagnostischen Verfahren bei Zähnen mit histologisch nachgewiesener Dentinkaries ohne Kavität (59)

In den genannten Studien konnte gezeigt werden, dass das DIAGNOdent eine

sehr hohe Spezifität und Sensitivität (Tab. 2.1) für die Kariesdiagnostik der Okklusalkaries besitzt. Pereira et al. 2001 beobachteten jedoch eine nicht unerhebliche Geräte- und Untersuchervariabilität. Unterschiede zwischen In-vitro- und In-vivo-Studien dürften auf eine Fluoreszenzabnahme mit zunehmender Lagerung der Untersuchungsmedien und mit der Verwendung unterschiedlicher Lagerungsmedien erklärbar sein (76).

Auch im Milchgebiss lassen sich hohe Sensitivitäts- und Spezifitätswerte beim Anwenden des DIAGNOdent-Gerätes nachweisen (67, 87, 98). Rocha et al. untersuchten klinisch die Validität der Laserfluoreszenz an Okklusalfächen im Milchgebiss. Sie konnten reproduzierbare Ergebnisse aufweisen. Mendes et al. 2005 und Virajsilp und Mitarbeiter 2005 untersuchten unabhängig voneinander die Anwendbarkeit der Laserfluoreszenz an Approximalfächen von Milchzähnen in vitro. Beide Arbeitsgruppen kamen zu dem Ergebnis, dass das DIAGNOdent-Gerät sehr zuverlässig ist. Das DIAGNOdent-Gerät erzielt eine höhere Diagnosegenauigkeit als das Röntgen. Bei R3-Läsionen konnte die höchste Validität nachgewiesen werden. Problematisch war die Unterscheidung von R1- und R2-Befunden. Beide Autorenteams bezeichnen es als schwierig, eine beginnende Karies von einer tiefen Schmelzkaries anhand der Messwerte zu unterscheiden (67, 98). Alle bisherigen Studien beziehen sich auf das DIAGNOdent-Gerät. Klinische Studien zur Anwendung des DIAGNOdent pens im Milchgebiss liegen bislang nicht vor. Die Arbeitsweise der Geräte ist aber ähnlich.

Nach dem heutigen Stand der Forschung bietet die Laserfluoreszenzmessung die beste Möglichkeit, Karies zu detektieren und quantitativ sicher zu charakterisieren. Allerdings fehlen klinische Studien im Milchgebiss, die die Anwendbarkeit des DIAGNOdent pens besonders im Approximalbereich überprüfen.

Optische Methoden zur Kariesdiagnostik werden in Zukunft erheblich an Bedeutung gewinnen. Sie machen hoffentlich ein minimal invasives oder prophylaktisches Vorgehen möglich und verantwortbar. Traditionelle diagnostische Hilfsmittel, wie zum Beispiel das Röntgen, könnten somit in den Hintergrund treten oder ganz verdrängt werden.

### 3 Ziel der Untersuchung

Der DIAGNOdent pen soll laut Angaben des Herstellers in der Lage sein, Approximalkaries zu diagnostizieren. Da der Approximalraum von Milchmolaren zwischen IV und V anatomisch besonders problematisch ist, sollte die vorliegende Untersuchung feststellen, ob das Gerät auch hier suffizient diagnostiziert.

Ferner sollte geprüft werden, ob sich Rückschlüsse auf den Schweregrad der Läsion ziehen lassen. Die vorliegende Arbeit sollte die Spezifität und Sensitivität des DIAGNOdent pens bei der Diagnostik von Approximalkaries an Milchmolaren bestimmen, das heißt, wie oft werden gesunde Milchmolaren als gesund erkannt und kranke als krank.

DIAGNOdent pen-Messwerte, die Kavitätengröße und der dazugehörige Röntgenbefund kariöser Milchmolaren sollten korreliert werden.

Eine weitere zu klärende Frage war das eventuelle Auftreten additiver Effekte zweier kariöser Approximalflächen auf die Messwerte des DIAGNOdent pens.

## 4 Probanden und Methoden

### 4.1 Auswahl der Patienten

Untersucht wurden die Approximalbereiche von Milchmolaren von 31 Kindern im Alter zwischen 4 bis 9 Jahren aus einer privaten Praxis.

Die Kinder wurden nach dem Alter ausgesucht und mussten zu dem die folgenden Selektionskriterien erfüllen. Für jeden einzelnen Quadranten galten folgende Ausschlusskriterien:

- a) Gefüllte Zahnflächen an beiden Approximalkontakten (V mesial und IV distal),
- b) lückig angeordnete Milchmolaren, da die Approximalbereiche visuell gut zu beurteilen sind,
- c) bunte Füllungen (z. B. Twinkie-Star) in einem Approximalraum; da diese das Fluoreszenzverhalten beeinflussen sollen, kann der angrenzende Approximalraum nicht beurteilt werden,
- d) fehlende Milchmolaren in einem Quadranten und der Durchbruch der jeweiligen Prämolaren,
- e) fortgeschrittene Wurzelresorptionen und daraus resultierende erhöhte Lockerungsgrade, da diese exfolieren und keiner Füllungstherapie mehr bedürfen,
- f) bereits fortgeschrittene sichtbare Karies.

Patienten, die eines oder mehrere der oben genannten Ausschlusskriterien in allen 4 Quadranten aufweisen und somit über keinen beurteilbaren Approximalraum im Sinne der Studie verfügen, wurden ausgeschlossen.

Alle Eltern wurden über den Ablauf der Studie aufgeklärt und gaben ihr Einverständnis zur Untersuchung ihres Kindes.

### 4.2 Durchführung der Untersuchung

Bei allen Patienten wurde ein klinischer Befund, der Aproximalraumplaque-, der Papillenblutungs- und der dmfs/DMFS- Index erhoben. Der dmfs/DMFS wurde

rein visuell mit Spiegel und Licht bestimmt. Da diese Betrachtung oft sehr fehlerbehaftet ist, wurde an dieser Stelle zusätzlich die Vista Proof von Dürr Dental verwendet. Diese Kamera ermöglicht ein schnelles Abtasten und Befunden des gesamten Gebisses im Okklusal- und Glattflächenbereich. Bei einem positiven Kariesbefund wurde diese Diagnose durch den DIAGNOdent pen mittels Okklusalsonde überprüft. Nach Auswertung der Bissflügelaufnahmen und der klinischen Beurteilung des Approximalraumes nach Separieren wurde der Index erneut erhoben.

Es wurden Bissflügelaufnahmen angefertigt. Diese Aufgabe wurde von einer röntgenologisch ausgebildeten Helferin der Praxis vorgenommen. Sie wurde im Zentrum für Zahnmedizin der Charité Berlin kalibriert und instruiert. Die Untersucherin selbst hatte zu diesem Zeitpunkt keinen Zugang zu den Aufnahmen und erhielt die Bilder erst zum Auswertungstermin, das heißt, sie war geblindet, um die folgenden Messungen mittels DIAGNOdent pen unbeeinflusst vornehmen zu können.

Um die Approximalräume besser kategorisieren und deren Anatomie beschreiben zu können, wurden Ober- und Unterkiefer mit Alginat abgeformt und im Labor mit blauem Gips Modelle hergestellt. Die Auswertung der Modelle und die daraus resultierende Beschreibung erfolgt nach Abschluss der DIAGNOdent pen Messungen.

Für den DIAGNOdent pen standen drei Sonden zur Verfügung. Eine Okklusalsonde für die Beurteilung von Fissuren und Glattflächen, eine Approximalraumsonde zur Beurteilung von Approximalflächen und eine Forschungssonde; letztere ist graziler gestaltet als die herkömmliche Approximalraumsonde und soll einen besseren Zugang in die Approximalräume ermöglichen, ist aber noch nicht auf dem Markt. In dieser Studie lag das Hauptaugenmerk auf den Approximalräumen. Die Okklusalsonde wurde nur zur Kontrolle eines visuellen Kariesbefundes benutzt.

Bei allen untersuchten Milchmolaren wurden nach erfolgter Zahnreinigung (mit Polierpaste, Kelch und Zahnseide) Messungen mit der Approximalraumsonde und der Forschungssonde durchgeführt. Diese Messungen erfolgten nach dem Zufallsprinzip, das heißt, dass nicht immer mit der Sonde A (Forschungssonde)

begonnen und mit Sonde B (herkömmliche Sonde) die zweite Messreihe durchgeführt wurde, sondern die Reihenfolge zwischen A und B wechselte zufällig.

Alle Approximalräume der Milchmolaren werden mit dem DIAGNOdent pen von bukkal und oral untersucht und die Messwerte notiert. Pro Approximalfläche wurden jeweils 3 Messwerte von bukkal und oral erhoben, aus denen dann ein Durchschnittswert berechnet wurde. Es wurden zwei Messreihen, eine Messreihe mit Sonde A (A1) und eine Messreihe mit Sonde B (B1) durchgeführt. Die Messwerte wurden pro Zahnfläche jeweils nur einmal für jeden Zahn erst bukkal, dann lingual/palatinal erhoben. Erst nachdem für alle Zahnflächen ein Messwert erhoben wurde, wurden die Messungen in gleicher Reihenfolge wiederholt.

Anschließend wurden zwischen IV und V Separiergummis gelegt, die erst am folgenden Tag wieder entfernt wurden. Diese sollten den Approximalraum für weitere Untersuchungen öffnen. Am nächsten Termin (24 h später) wurden die Separiergummis wieder entfernt, die Milchmolaren erneut gereinigt und anschließend eine dritte (A2) und vierte (B2) Messreihe nach oben genanntem Schema mittels DIAGNOdent pen bei geöffnetem Approximalraum durchgeführt.

Anschließend wurden die Bite-wings von der Untersucherin ausgewertet. Dabei erfolgte die Einteilung in die Klassen R0 bis R4. Da R0 epidemiologisch nicht existiert, stellt R0 eine fiktive Größe dar, die aussagen soll, dass kein Befund vorliegt. Die Befunde R3 und R4 führen zur Therapie des erkrankten Zahnes an einem vereinbarten Termin. Das Vorgehen bei Befunden der Klasse R2 war abhängig davon, ob die Schmelzoberfläche intakt oder eingebrochen war. Bei intakter Oberfläche wurde nicht invasiv, sondern prophylaktisch vorgegangen.

Bei der Therapie der erkrankten Zähne wurden die Kavitäten genauestens beschrieben. Es wurde die Größe und Ausdehnung der Läsion festgehalten und die daraus resultierenden Therapiemaßnahmen dokumentiert.

Die Therapiemaßnahmen werden in Kapitel 4.2.6 beschrieben. Nachfolgend werden die Messwerte, die Kavitätengröße und der dazugehörigen Röntgenbefund des kariös erkrankten Zahnes in Beziehung gesetzt.

Tabelle 4.1 fasst den Untersuchungsablauf aller Probanden zusammen.

Untersuchungsabfolge	
1.	Befund und Indexerhebung (API;PBI;dmfs/DMFS)
2.	Bissflügelaufnahmen anfertigen
3.	Alginatabformungen zum Herstellen von Modellen
4.	Zahnreinigung
5.	Erste Messwerterhebung
6.	Legen von Separiergummis (Tragezeit 24h)
7.	Zahnreinigung
8.	Zweite Messwerterhebung
9.	Auswertung der Röntgenbilder
10.	Visuelle Beurteilung der Approximalflächen (ermitteln der Kariesintensität)
11.	Therapiefestlegung (invasiv/nicht invasiv)

Tab. 4.1: Untersuchungsabfolge

#### 4.2.1 Erheben des dmfs/DMFS-Index, API und PBI

Der dmfs bzw. DMFS-Index beurteilt die Anzahl von Zahnflächen (Surfaces) im Milch- (bleibenden) Gebiss, die zerstört (Decayed), aufgrund von Karies extrahiert (Missing) oder gefüllt (Filled) wurden. Im Milchgebiss wurde der dmfs verwendet. Im Wechsel- und bleibenden Gebiss nutzt man den DMFS.

Um eine Aussage zur Kariesprävalenz der Kinder zu machen, die an der Studie teilnehmen, wurde dieser Index ermittelt. Der dmfs bzw. DMFS wird bei jedem Patienten erst visuell erhoben und notiert. Da diese Betrachtung oft sehr fehlerbehaftet ist, kommt an dieser Stelle die Vista Proof von Dürr Dental zum

Einsatz. Diese Kamera ermöglicht ein schnelles Abtasten und Befunden des gesamten Gebisses im Okklusal- und Glattflächenbereich. Bei einem positiven Kariesbefund wurde diese Diagnose durch den DIAGNOdent pen mittels Okklusalsonde reevaluiert.

Als weitere Indices wurden der Approximalraumplaqueindex (API) und der Papillenblutungsindex (PBI) erhoben. Beide treffen eine Aussage zur Mundhygienesituation des einzelnen Patienten.

#### 4.2.2 Anfertigen von Bite-wings (Bissflügelaufnahmen)

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden Bissflügelaufnahmen (Abb. 4.1) angefertigt. Alle Aufnahmen wurden nach Rechtwinkeltechnik mit Halter orthoradial angefertigt und digital erstellt (Einstellung 60 kV, 0,12 mA). Dazu wurde ein x-ray-Sensor der Größe 3 cm x 2 cm in Verbindung mit der dazugehörigen Software Dexis verwendet.

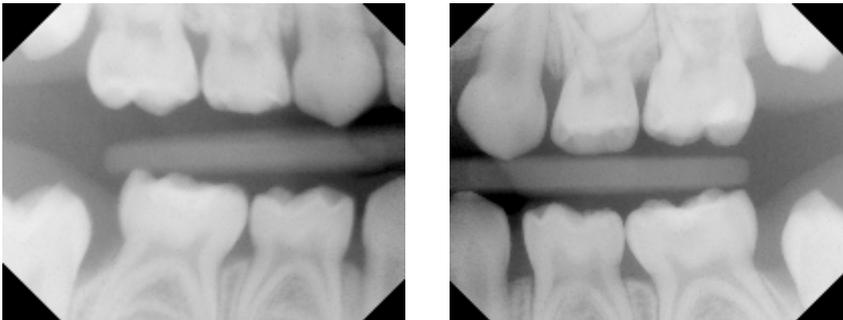


Abb.4.1: Beispiel für Bissflügelaufnahmen, die mit Rechtwinkeltechnik mit Halter, orthoradial angefertigt wurden

#### 4.2.3 Zahnreinigung

Vor den Messungen mittels DIAGNOdent pen wurden die zu untersuchenden Milchmolaren mittels Polierpaste, Kelch und ungewachster, nicht fluoridierter Zahnseide gereinigt, so dass Plaque, Speisereste oder Zahnpasta die Messwerte nicht beeinflussen konnte. Verwendet wurde Remote Polierpaste (Lege Artis, Dettenhausen). Sämtliche Polierpastenreste wurden anschließend durch Luft-Wasser-Spray beseitigt.

#### 4.2.4 Funktionsweise und Anwendung des DIAGNOdent pen

Der DIAGNOdent pen der Firma KaVo besteht aus einer Laserdiode als Lichtquelle, einer Photodiode als Detektor und einer elektronischen Steuerung (22, 23), (vgl. Abb. 4.2). Zur Fluoreszenzmessung dient eine zentrale Faser, um die sich konzentrisch angeordnete Detektionsfasern befinden, mit denen das remittierte Licht zur Photodiode geleitet wird. Die Lichtquelle (Laserdiode) besitzt eine Leistung von 1 mW und eine Wellenlänge von 655 nm. Bakteriell kontaminierte Zahnhartsubstanz erzeugt mit dieser Anregung im roten Bereich eine stärkere Fluoreszenz als die Eigenfluoreszenz des Zahnschmelzes. Das erklärt sich wie folgt: Die einwirkende Strahlungsenergie versetzt Fluorophore kurzzeitig in einen angeregten Zustand. Der ursprüngliche nicht angeregte Zustand wird durch Abgabe von Wärme ins Gewebe und Abgabe von Fluoreszenzstrahlung erreicht. Durch den auftretenden Energieverlust ist das Fluoreszenzlicht langwelliger als das anregende Licht und somit „rotverschoben“. Vor der Photodiode zur Messung der detektierten Fluoreszenzstrahlung befindet sich ein Filter, der remittiertes Anregungslicht und alle kurzwelligen Streustrahlen anderer Lichtquellen blockiert. Nur Licht mit der Wellenlänge kleiner als 680 nm kann den Filter passieren. Eventuelle langwellige Störstrahlung wird durch ein moduliertes Anregungslicht vermieden, da nur der entsprechend modulierte Anteil des Photodiodensignals verstärkt wird. Das Filtersystem blockiert das Anregungslicht und andere Strahlungsquellen (Tageslicht, künstliche Beleuchtung). Langwellige Störstrahlung wird durch Modulation des Anregungslichtes eliminiert, da die Photodiode nur moduliertes Licht detektiert (23). Die gemessene Fluoreszenz wird in ein akustisches Signal und in einen Messwert umgewandelt.

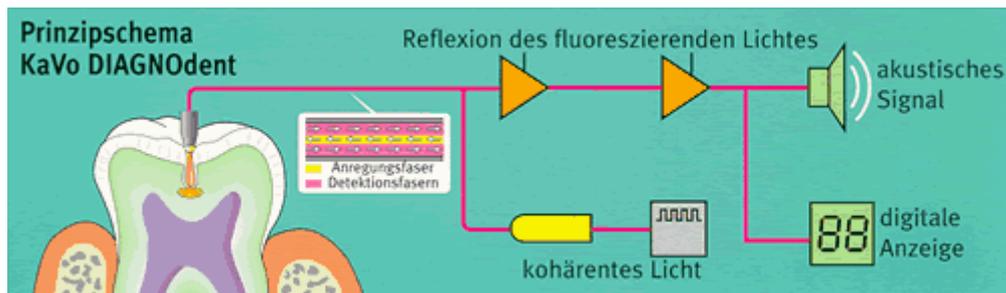


Abb. 4.2: Funktionsweise des DIAGNOdent pen: Die Bestrahlung erfolgt mittels einer Laserdiode, deren Licht über einen Lichtleiter und eine Sonde auf die kariöse Stelle geleitet wird. Veränderte Zahnschichten (Bakterien, Porphyrine) werden angeregt und fluoreszieren. Die Fluoreszenz wird über eine Rückleitung in dem Lichtleiter zurück in eine entsprechende Auswertelogik (Fotозelle) geleitet und anschließend angezeigt bzw. akustisch wiedergegeben (34).

Nach Einschalten des Gerätes erfolgt zunächst eine Kalibrierung an einer gesunden Zahnoberfläche (einmal pro Patient). Zähne verschiedener Patienten haben eine unterschiedliche Grundfluoreszenz. Das wird durch genetische Faktoren, Essgewohnheiten und andere Umweltbedingungen verursacht. Die gesunden Zähne eines Patienten haben jedoch eine ähnliche Fluoreszenz. Daher ist es notwendig den Nullpunkt des DIAGNOdent pens individuell abzustimmen; dies nennt man Kalibrierung. Dabei wird die Lichtsonde zur Einstellung der Zahnkonstanten an einer gesunden Glattfläche eines Milchzahnes aufgesetzt und somit individuell auf den Patienten eingestellt. Da gesunder Schmelz eine Eigenfluoreszenz aufweist, soll so sichergestellt werden, dass die Differenz der Eigenfluoreszenz des Schmelzes und der Fluoreszenz der Karies gemessen wird.

Mit der Lasersonde wurde nach dem Kalibrieren die zu untersuchende Zahnfläche abgetastet. So wird ein Messsignal bis max. 99 gewonnen und am Gerät angezeigt. Dabei wird der momentane Messwert angezeigt und der maximale Messwert einer Zahnfläche als Peak-Wert gespeichert. Während des Messvorganges ertönt ein sich in der Tonlage ändernder Ton, von dunkel (geringer Messwert) nach hell (hoher Messwert). Das Signal ermöglicht das Auffinden des größten Fluoreszenzsignals einer Läsion ohne die Anzeige beobachten zu müssen.

Gemäß den Instruktionen des Herstellers wurden die Sonden in der vorliegenden Studie stets an einer gesunden Glattfläche eines Zahnes aufgesetzt. Der rote Punkt der Approximalraumsonde muss zum Zahn zeigen.

Dann wird der Ringschalter betätigt, bis der Signalton 2x kurz aufeinander folgend ertönt. Auf der Anzeige erscheint „SET0“. Das Gerät ist nun individuell eingestellt.

Die Approximalraumsonde des DIAGNOdent pen ist so gestaltet, dass der Untersucher sie zielgerichtet für die einzelne Approximalfläche einsetzen kann. Zur Anwendung wird die Sonde mit ihrer Markierung nach mesial oder distal ausgerichtet und leicht, ohne Druck in der zu beurteilenden Approximalraum eingeführt (Abb. 4.3).

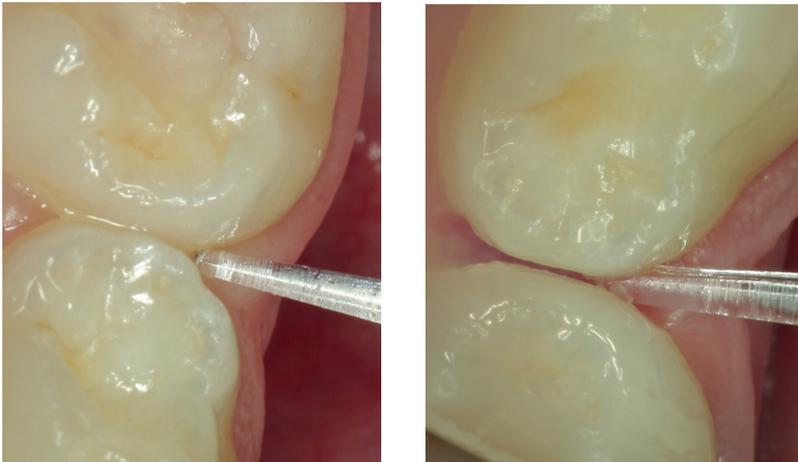


Abb. 4.3: Sonde im Approximalraum (links geschlossener, rechts geöffneter Approximalraum)

Der MOMENT-Wert der Anzeige ist der aktuelle Wert. Der PEAK-Wert auf der Anzeige ist der höchste Wert seit dem letzten Drücken des Ringschalters. Es ist darauf zu achten, dass die Sonde im Approximalraum nicht verkantet, da sonst Bruchgefahr besteht. Nach erneutem Drücken des Ringschalters stellt sich der PEAK-Wert wieder auf Null, es kann die nächste Messung erfolgen (34).

Die Herstellerfirma KaVo gibt in der Gebrauchsanweisung des Gerätes eine Richtlinie zur Zuordnung der Messwerte bezogen auf die Kariesintensität (vgl. Kapitel 5.2.1).

Zur Kariessuche standen die unter 4.2 genannten Sonden zur Verfügung. Beide Sonden haben eine Länge von 6 mm. Die Forschungssonde (A) ist zur Unterscheidung mit einem blauen Ring am Schaft gekennzeichnet.

Die Unterschiede der beiden Sonden bestehen in den unterschiedlichen Flächen des Laserlichtaustrittsfensters. Diese Fläche ist bei der

Forschungssonde kleiner. Sie ist außerdem spitzer und soll somit besser in die Approximalräume hineinreichen.

Abbildung 4.4 zeigt den DIAGNOdent pen.

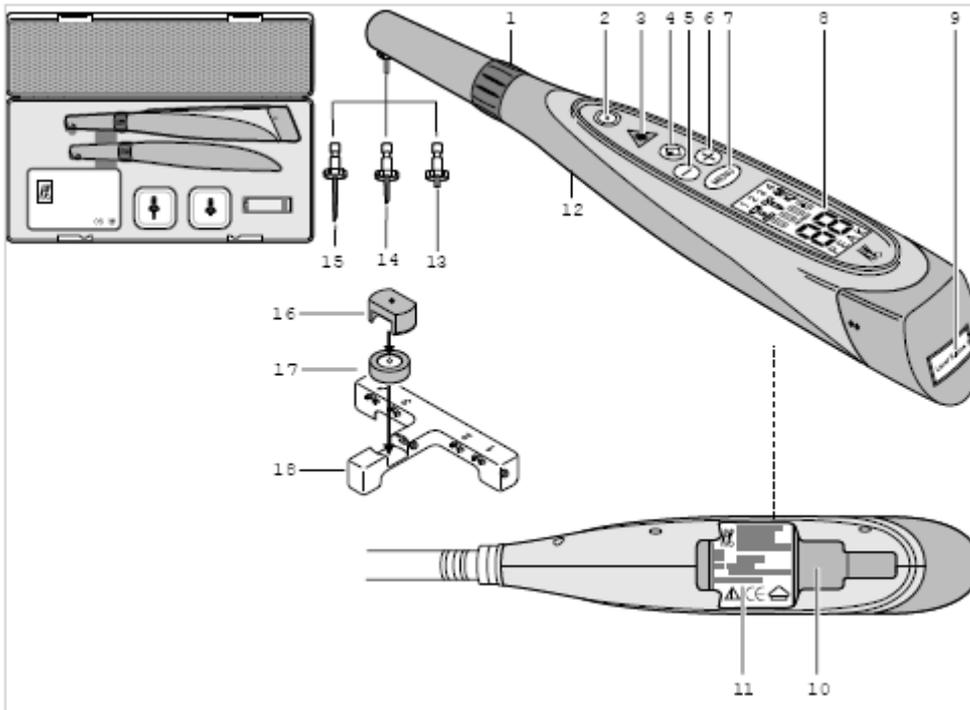


Abb. 4.4: Aufbau des DIAGNOdent pen (34): 1 Ringschalter, 2 Starttaste, 3 Gefahrenzeichen: Achtung Laser, 4 Speichertaste, 5 Minustaste, 6 Plustaste, 7 Menüanzeige, 8 LCD Anzeige, 9 Laserhinweisschild, 10 Batteriefach, 11 Typenschild, 12 Griffhülse, 13 Fissur-Sonde, 14 Approximalraumsonde, 15 Parosonde, 16 Führung Approximalraumsonde, 17 Standard C mit Halter, 18 Sondenhalter Steribox

Die Abbildung 4.5 zeigt die beiden verwendeten Approximalraumsonden (entspricht Nr. 14 aus Abbildung 4.4). Die Forschungssonde ist zum Unterscheiden mit einem blauen Ring um den Schaft gekennzeichnet.



Abb. 4.5: links herkömmliche Approximalraumsonde, rechts Forschungssonde

#### 4.2.5 Öffnen des Approximalraumes

Der Approximalraum von Milchmolaren ist sehr eng (Abb. 4.6 links). Ein Separieren der Zähne ermöglicht einen direkten visuellen Zugang zur Zahnoberfläche und kann den Therapieentscheid durch Kombination von Röntgen und direkter Bestimmung von intakter oder eingebrochener Oberfläche erleichtern (26). Bei dieser Untersuchung wurden Separiergummis in die Approximalräume der Milchmolaren eingebracht (Abb. 4.6 mitte). Diese wurden erst am nächsten Tag wieder entfernt. Sie dienen zum Öffnen des Approximalraumes zwischen dem ersten und zweiten Milchmolaren. Das Einbringen von Separiergummis schädigt kurzfristig die interdentale Papille (Abb. 4.6 rechts). Das Öffnen des Approximalraumes ist reversibel, schon nach kurzer Zeit ist der Approximalraum wieder geschlossen.



Abb.4.6. links: Approximalraum zwischen IV und V geschlossen, mitte: Separiergummi im Approximalraum, rechts: geöffneter Approximalraum

#### 4.2.6 Kariestherapie

Milchzähne, besonders Milchmolaren, sollten bis zu ihrem physiologischen Ausfall erhalten werden, um eine normale Gebissentwicklung zu sichern.

Aus kariologischer Sicht besteht die primäre Intervention darin, die Etablierung eines kariogenen Biofilms auf der Zahnoberfläche zu verhindern bzw. diesen zu entfernen, um eine Kariesprogression zu verhindern (36). Dazu gehört vor allem die häusliche Zahnpflege. Alle Kinder und Eltern wurden über Putztechniken und risikobezogene lokale Fluoridierung aufgeklärt, sowie ein individuelles

Recall festgelegt.

Für die Füllungstherapie im Milchgebiss gelten im Prinzip die gleichen Grundsätze wie bei der Versorgung bleibender Zähne (94).

Im Verlauf dieser Studie wurden alle Kavitäten mit einem Compomer (Dyract Extra, Dentsply De Trey) gefüllt. Compomere zeichnen sich im Milchgebiss durch eine verminderte Frakturgefahr bei Klasse-II-Kavitäten aus. Sie sind zahnfarben oder bunt. Eine gute Trockenlegung ist entscheidend für den Langzeiterfolg (72).

### 4.3 Statistische Auswertung

Für die jeweiligen Messungen der entsprechenden Sonde wurden Sensitivität, Spezifität, der positive prädiktive Wert, der negative prädiktive Wert und der Kappa-Koeffizient bestimmt. Dazu wurden zur Gegenüberstellung Kreuztabellen angefertigt.

Quantitative Merkmale wurden anhand von Median, Perzentile, Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung beschreibend dargestellt und mittels Kolmogorov-Smirnov-Test auf Normalverteilung geprüft. Bei signifikanter Abweichung von einer Normalverteilung wurden nicht-parametrische Verfahren zur statistischen Analyse herangezogen und anderenfalls parametrische Methoden eingesetzt. Die grafische Darstellung erfolgte anhand von Histogrammen und Boxplots. Zu qualitativen Merkmalen wurden absolute und prozentuale Häufigkeiten angegeben. Die p-Werte wurden nicht im Sinne einer konfirmatorischen Statistik interpretiert, das heißt die p-Werte geben nur Hinweise, weil sie nicht auf Grundlage der Patienten, sondern der Zahnflächen berechnet wurden. Damit erübrigt sich eine Power-Analyse.

Mittels Wilcoxon-Test für Paardifferenzen wurden dmfs/DMFS1- und dmfs/DMFS2-Indexerhebung auf Patientenebene verglichen, zum anderen die palatinalen/lingualen mit den bukkalen Diagnodont pen-Messungen auf Zahnebene verglichen.

Der Einfluss der Art der Approximalfläche (punktförmig vs. flächig) auf die DIAGNOdent pen-Messung von palatinal/lingual oder bukkal wurde mittels U-

Test nach Mann und Whitney getestet. Die Darstellung erfolgt in Boxplots (Abb. 4.6).

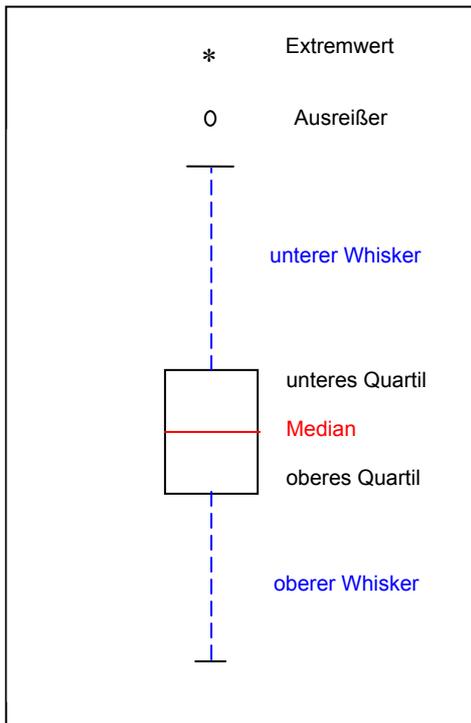


Abb. 4.7: Boxplotdarstellung:

Die Box des Diagramms wird durch das untere und obere Quartil begrenzt (Interquartilsbereich - IQR). Folglich liegen im Boxenbereich 50 % der Fälle. Der rote Strich in der Box ist der Medianwert. Die Lage des Medians in der Box gibt Auskunft über die Schiefe der Verteilung. Die feine Linie mit dem Querbalken (Whisker) dient dazu, die größten und kleinsten Werte bis maximal 1,5-mal IQR über oder unter der Box anzuzeigen. Werte außerhalb von 1,5-mal des IQR, aber noch innerhalb 3mal IQR nennt man Ausreißer. Extremwerte liegen mehr als 3-mal IQR von der Box entfernt (25).

Durch Kombination von Sensitivität und Spezifität erhält man die ROC (Receiver Operating Curve oder Receiver Operating Characteristics, Abb. 4.8).

Die ROC-Kurve ist eine Methode zur Bewertung und Optimierung von Analyse-Strategien. Die ROC-Kurve stellt die Abhängigkeit der Effizienz von der Fehlerrate dar. Sie ist eine Methode zur Grenzwertoptimierung (25).

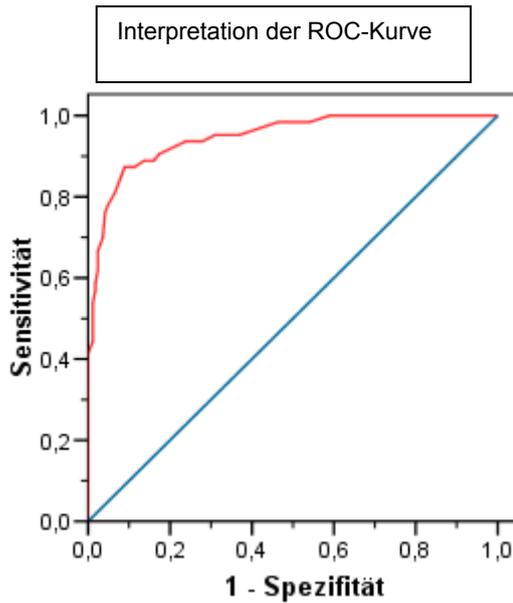


Abb. 4.8: ROC-Kurve – Beispiel: Man ermittelt für jeden möglichen Grenzwert die resultierenden relativen Häufigkeitsverteilungen und errechnet die jeweils zugehörige Sensitivität und Spezifität. In einem Diagramm mit der Ordinate Sensitivität (= relative Häufigkeit aller richtig positiven Testergebnisse) und 1 - Spezifität auf der Abszisse (= relative Häufigkeit aller falsch positiven Testergebnisse) trägt man die obigen Wertepaare ein. Es resultiert im günstigen Fall eine gekrümmte, parabelartige Kurve (25).

Die benutzte Software war SPSS für Windows, Version 15 (SPSS Inc., Chicago, IL) und BiAS für Windows Version 8, Epsilon Verlag.

## 5 Ergebnisse

### 5.1 Patientenbezogene Ergebnisse

In der vorliegenden Studie wurden 31 Kinder untersucht. Zu Beginn der Studie waren alle Patienten klinisch gesund und gaben anamnestisch keine Erkrankungen an, die das Kariesrisiko hätten erhöhen können, bzw. eine gute Mundhygienefähigkeit einschränken. Bei 13 Patienten lag ein reines Milchgebiss vor, 18 Patienten hatten ein Wechselgebiss.

#### 5.1.1 Altersverteilung

Die Altersverteilung zeigt Abbildung 5.1. Der Mittelwert des Patientenalters betrug 6,4 Jahre. Der jüngste Patient war 4 Jahre alt, der älteste 9.

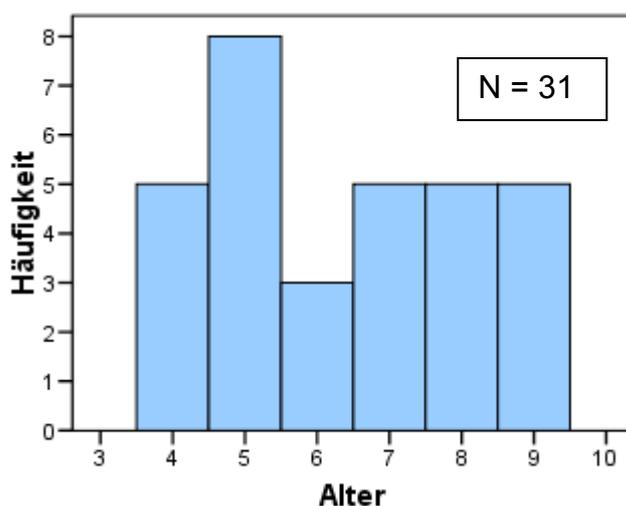


Abb. 5.1: Altersverteilung; Mittelwert 6,4; Standardabweichung 1,7; Medianwert 6; 25. Perzentil 5; 75. Perzentil 8

#### 5.1.2 dmfs/DMFS

Der dmfs/DMFS der Patienten zu Studienbeginn (im Folgenden dmfs/DMFS1) wurde visuell mit dem bloßen Auge, Spiegel und Licht erhoben. Danach fand die Vista Proof Einsatz. Drei versteckte okklusale, kariöse Läsionen konnten damit zusätzlich gefunden werden. Diese Diagnose konnte durch Anwenden des DIAGNOdent pen mit der Okklusalsonde bestätigt werden. In Abbildung 5.2

sind die dmfs/DMFS-Werte zu Studienbeginn (dmfs/DMFS1) und in Abbildung 5.3 die Werte zum Studienabschluss (dmfs/DMFS2) dargestellt. Die Karies verteilte sich insgesamt auf 33 proximale und 29 okklusale kariöse Läsionen sowie 6 kariöse Glattflächen.

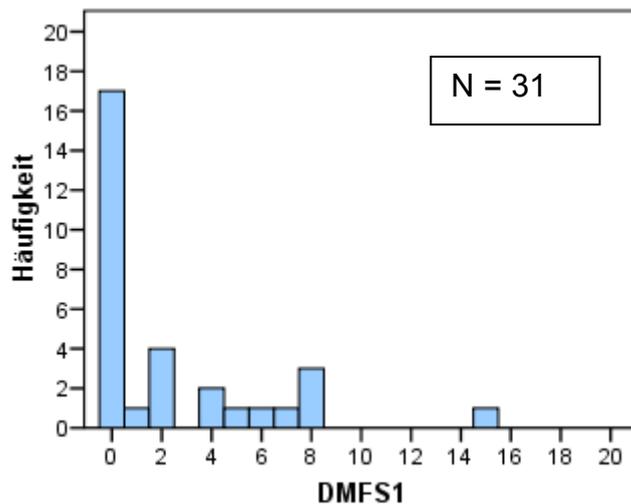


Abb. 5.2: Häufigkeitsverteilung der DMFS Werte zu Studienbeginn: Mittelwert 2; Standardabweichung 3,6; Medianwert 0; 25. Perzentil 0; 75. Perzentil 4

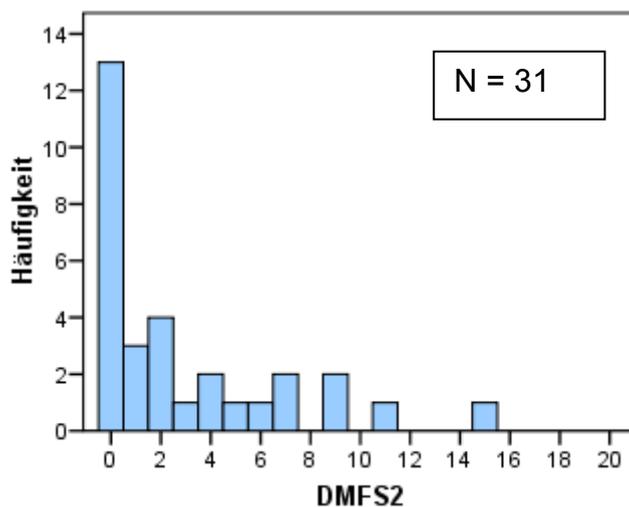


Abb. 5.3: Häufigkeitsverteilung DMFS Werte zu Studienabschluss: Mittelwert 2,9; Standardabweichung 3,9; Medianwert 1; 25. Perzentil 0, 75. Perzentil 5

In die Bewertung des dmfs/DMFS zu Untersuchungsabschluss wurden die mittels DIAGNOdent pen diagnostizierten kariösen Läsionen im Approximalbereich einbezogen. Diese dmfs/DMFS-Werte zu Untersuchungsabschluss zeigen, wie viele kariöse Approximalflächen beim visuellen Befund

nicht erkannt wurden. Schmelzkaries, die noch durch Fluoridieren therapierbar ist, wurde nicht bewertet. Nur die Schmelzkaries mit eingebrochener Oberfläche und die Dentinkaries, also die invasiv zu therapierenden Zähne hatten Einfluss auf den dmfs/DMFS2. Gefüllte Zähne wurden wie beim dmfs/DMFS1 mit einbezogen. Fehlende Zähne wurden bei beiden Indexerhebungen nicht beachtet.

Bei 22 Patienten stimmte der visuelle Befund mit dem Endbefund überein. Bei fünf Patienten wurde jeweils eine kariöse Fläche nicht erkannt. Bei zwei Patienten sind 2 Flächen, bei drei Patienten 3 Flächen und bei einem Patienten 5 kariöse Flächen visuell nicht erkannt worden.

Der dmfs/DMFS2 zu Studienabschluss ist größer als der dmfs/DMFS zu Studienbeginn. Dieser Unterschied ist signifikant (Wilcoxon Test,  $p=0,007$ ).

Von 231 beurteilten Zahnflächen wurden 168 als kariesfrei eingestuft, 63 Zahnflächen waren kariös. Visuell ließ sich nur bei stark ausgedehnten Dentinläsionen eine Karies vermuten. Das Erkennen von beginnenden Schmelzläsionen ist mit dem bloßen Auge fast unmöglich, daher wurden visuell nur 6,4 % der gesamten approximalen, kariösen Läsionen entdeckt.

### 5.1.3 API, PBI und Prophylaxe

Um eine Aussage zur Mundhygiene der Patienten machen zu können, wurden der API (Approximalraumplaqueindex) und PBI (Papillenblutungsindex) erfasst (37). Der Mittelwert des API betrug 50,8 bei einer Standardabweichung von 31,9.

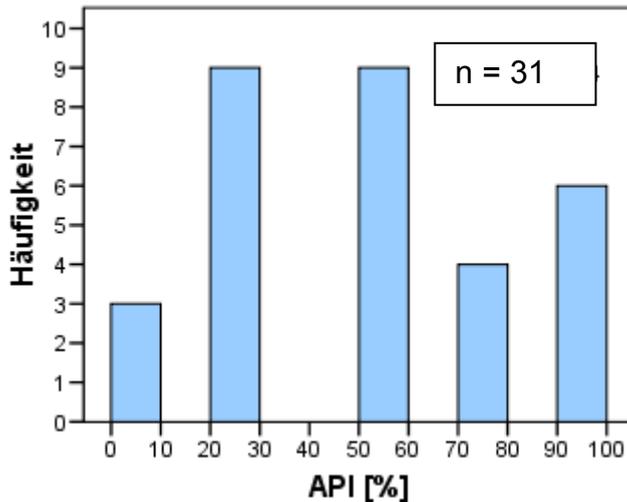


Abb. 5.4: Häufigkeitsverteilung der Befunde des Approximalraumplaqueindex (API) aller Patienten bezogen auf die Milchmolaren; Mittelwert 50,8; Standardabweichung 31,9; Medianwert 50; 25. Perzentil 25; 75. Perzentil 75

Bei 3 Patienten war die Mundhygiene sehr gut, schon vor der professionellen Zahnreinigung war keine Plaque im Approximalraum feststellbar. 9 Patienten hatten einen API von 25 %. 9 Patienten hatten einen API von 50 %. 3 Patienten wiesen einen API von 75 % auf und 6 Patienten 100 % (Abb. 5.4).

Abbildung 5.5 zeigt die Häufigkeitsverteilung der Papillenblutung. Aus dem PBI lassen sich Rückschlüsse auf den Entzündungsgrad der Gingiva ziehen. Dieser kann durch schlechte Mundhygiene sehr hoch sein.

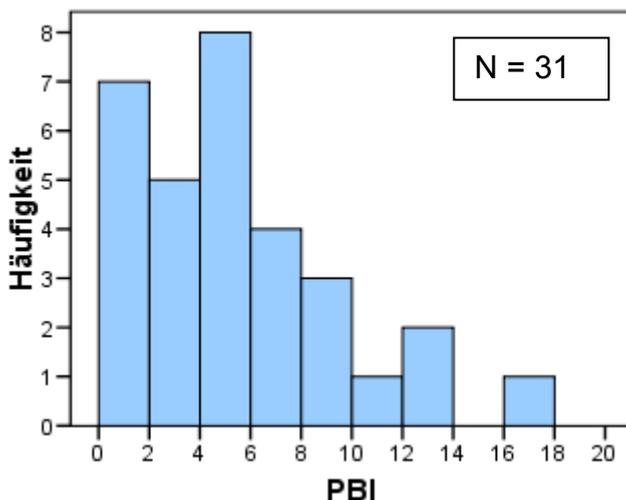


Abb. 5.5: Häufigkeitsverteilung der Befunde des Papillenblutungsindex (PBI) aller Patienten bezogen auf die befundeten Milchmolaren; Mittelwert 4,7; Standardabweichung 3,9; Medianwert 4; 25. Perzentil 2; 75. Perzentil 6

Zur Motivation der Patienten ist zu sagen, dass 11 Patienten bisher weder an einer professionellen Zahnreinigung teilgenommen hatten, noch sind sie regelmäßig im Recall gewesen und benutzten auch keine Zahnseide. 3 Patienten nahmen bereits im Vorfeld dieser Studie an Prophylaxemaßnahmen teil, aber nicht regelmäßig, sie benutzten keine Zahnseide. 9 Patienten waren regelmäßige Prophylaxepatienten. 8 Kinder benutzten Zahnseide und nahmen im individuellen Recall an professionellen Zahnreinigungen und Mundhygieneunterweisungen teil.

## 5.2 Zahnbezogene Ergebnisse

Bei einer Patientenzahl von 31 gab es 249 zu beurteilende Approximalflächen. 18 davon erfüllten nicht die Selektionskriterien (vgl. Kap. 4.1) Dementsprechend wurden 231 Approximalflächen untersucht.

### 5.2.1 Auswertung zu den verwendeten Sonden des DIAGNOdent pen

Alle Approximalräume der Milchmolaren zwischen IV und V wurden mit dem DIAGNOdent pen von bukkal und lingual/palatinal untersucht und die Messwerte notiert. Pro Approximalfläche wurden jeweils 3 Messwerte erhoben, aus denen dann ein Durchschnittswert berechnet wurde, um mögliche Messfehler zu minimieren. Die Messwerte wurden pro Messreihe jeweils nur einmal für jeden Zahn erst bukkal, dann lingual/palatinal erhoben. Erst wenn für alle Zahnflächen ein Messwert erhoben worden war, wurde die Messreihe wiederholt.

Die Sonde A (Forschungssonde) und Sonde B (herkömmliche käufliche Sonde) werden im folgenden durch die Buchstaben A bzw. B unterschieden; die Ziffer 1 oder 2 bezeichnet die dazugehörige Messreihe (z. B. A1= erste Messreihe mittels Forschungssonde; A2 = zweite Messreihe mittels Forschungssonde; B1 erste Messreihe mittels herkömmlicher Sonde; B2 zweite Messreihe mittels herkömmlicher Sonde).

Es wurden für jede Messreihe jeweils 3 Messwerte von bukkal und 3 Messwerte von lingual bzw. palatinal erhoben und aus diesen der jeweilige

Durchschnittswert ermittelt. Die bukkalen Durchschnittswerte der Messungen der Sonden A und B sind im Mittel kleiner als die Durchschnittswerte von lingual bzw. palatinal (Abb. 5.6). Bei den Werten A1, B2 und A2 sind die Unterschiede signifikant (Wilcoxon Test:  $p=0,02$  [A1];  $p=0,01$  [A2];  $p=0,22$  [B2]). Bei der Messung B1 war keine signifikante Differenz nachweisbar (Wilcoxon Test:  $p=0,156$  [B1]).

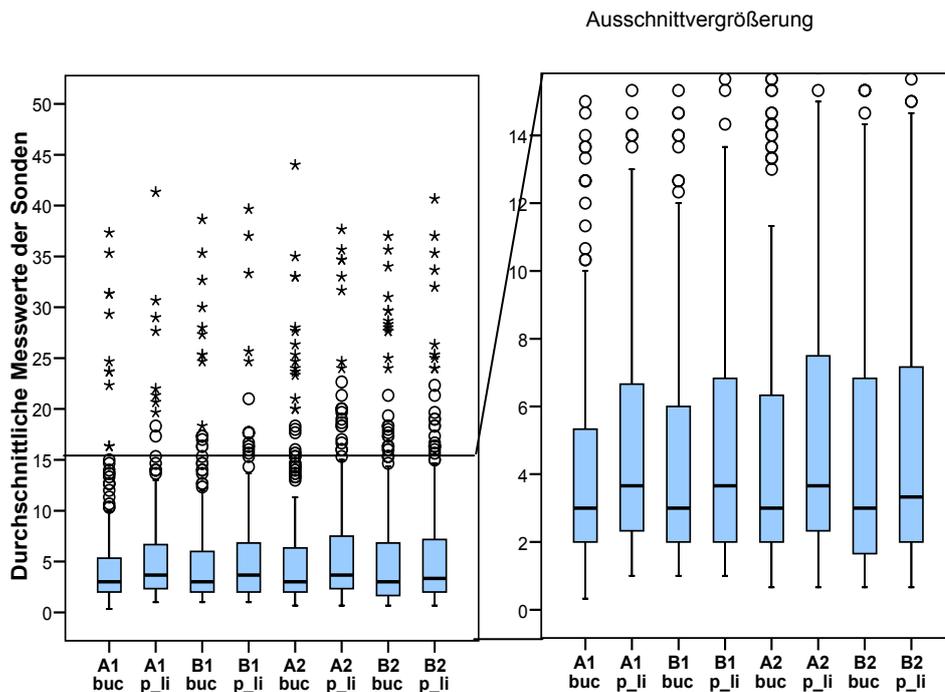


Abb. 5.6: Boxplotdarstellung der Durchschnittswerte aller Patienten der Sonden A und B bei der Auswertung von bukkal und lingual/palatinal:

- A1buc: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A1 von bukkal
  - A1p\_li: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A1 von palatinal bzw. lingual
  - B1buc: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B1 von bukkal
  - B1p\_li: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B1 von palatinal bzw. lingual
  - A2buc: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A2 von bukkal
  - A2p\_li: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A2 von palatinal bzw. lingual
  - B2buc: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B2 von bukkal
  - B2p\_li: Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B2 von palatinal bzw. lingual
- Das rechte Boxplotdiagramm zeigt eine Vergrößerung der linken Boxplotdarstellung.

Um zu untersuchen, inwieweit die besondere Form des Approximalraumes der Milchmolaren Einfluss auf das Messergebnis hat, wurden von allen

untersuchten Kindern Abformungen der Zahnreihen vorgenommen und daraus Gipsmodelle hergestellt. Diese Modelle zeigten, dass 68 Approximalkontakte punktförmig waren, während 163 als flächig eingestuft wurden. Mittels Mann-Whitney-U-Test ließ sich jedoch kein signifikanter Einfluss auf das Messergebnis der Sonde bei unterschiedlicher die Form der Approximalkontakte nachweisen (Abb. 5.7).

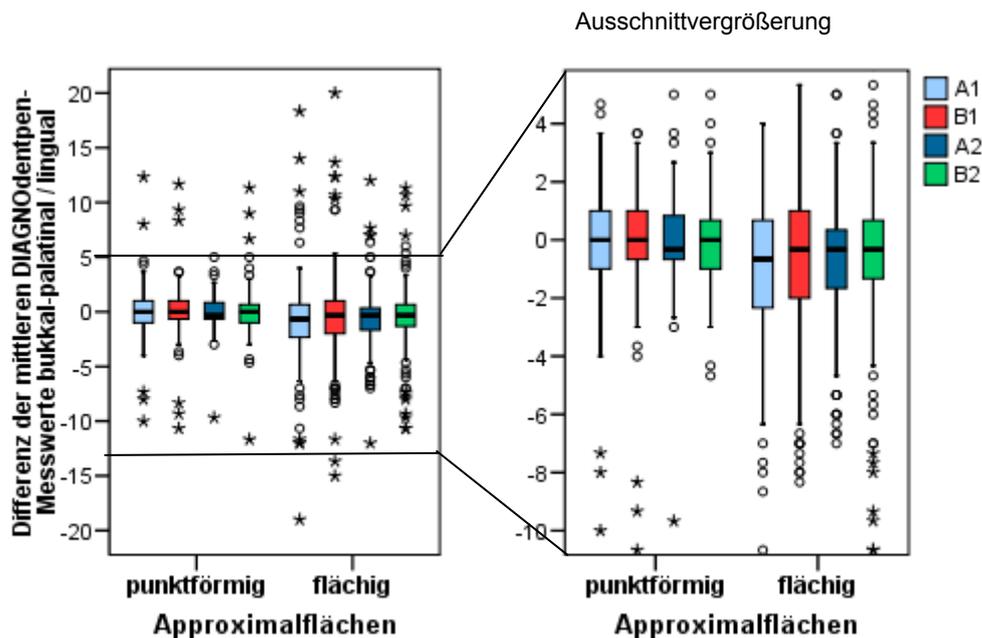


Abb. 5.7: Boxplotdarstellung der Differenz der mittleren DIAGNOdent pen Messwerte der beiden Sonden mit ihrer Verteilung auf die Form der approximalen Kontakte punktförmig und flächig. Das rechte Boxplotdiagramm zeigt eine Vergrößerung der linken Boxplotdarstellung.

Aus den vorangegangenen Ausführungen lässt sich ableiten, dass die Messungen mittels DIAGNOdent pen immer von allen Seiten des Approximalraumes erhoben werden müssen. Wird nur eine Messung, zum Beispiel von bukkal erhoben, kann es zu einem falschen Ergebnis kommen. Daher sollte immer der Höchstwert aus allen Messungen als Aussagekriterium gewählt werden.

Aus den durchschnittlichen Messwerten der wiederholten Messungen von bukkal bzw. palatinal und lingual wurden die Höchstwerte für die zugehörige Approximalfäche ermittelt, um diese der von KaVo vorgegebenen Klassifizierung wie folgt zuzuordnen.

Werte von 0 bis 13: keine Karies

Werte von 14 bis 20: oberflächliche Schmelzkaries

Werte von 21 bis 29: tiefe Schmelzkaries

Werte über 30: Dentinkaries

Mit der Sonde A in der ersten Messreihe wurden 208 kariesfreie Zahnflächen mittels DIAGNOdent pen diagnostiziert. 23 Flächen wurden als kariös eingestuft, davon 15 als oberflächliche Schmelzkaries und 6 als Dentinkaries. Die Sonde B hat bei der ersten Messreihe 8 zusätzliche kariöse Flächen mit einer oberflächlichen Schmelzkaries diagnostiziert. Sie erkannte ebenso viele Zähne mit tiefer Schmelzkaries und Dentinkaries, wie Sonde A.

Nach dem Öffnen des Approximalraumes hatten die Sonden einen wesentlich besseren Zugang zum Interdentalraum. Es erfolgte ein direktes Beurteilen der Fläche. Die Sonde A diagnostizierte bei geöffneten Approximalräumen 15 kariöse Flächen mehr als bei der ersten Messung mit geschlossenen Approximalräumen. In der zweiten Messreihe der Sonde B wurden ebenfalls 15 kariöse Flächen mehr detektiert als bei der ersten Messung.

### 5.2.2 Auswertung zur Röntgendiagnostik, Kariesintensität und Therapie

Bei der Röntgendiagnostik mittels Bissflügelaufnahmen wurden 189 Zähne als kariesfrei dargestellt. 16 Zähnen konnte eine R1 (oberflächliche Schmelzkaries), 10 Zähnen eine R2 (tiefe Schmelzkaries) und 16 Zähnen eine R3 (Dentinkaries) zugeordnet werden.

204 Approximalräume wurden überlappungsfrei dargestellt. Um Demineralisationen und Karies nachzuweisen, welche röntgenologisch nicht zu beurteilen waren, wurde der Approximalraum geöffnet. Das Öffnen des Approximalraumes ermöglicht den direkten visuellen Zugang zu den Zahnflächen. Visuell konnten 168 kariesfreie Zahnflächen angegeben werden. Bei 63 Zahnflächen war eine Karies sichtbar. 19 Zahnflächen wiesen bereits defekte Schmelzoberflächen auf. Aus diesem Befund und dem Befund der Röntgenbilder wurde die „Kariesintensität“ ermittelt. Sie wurde eingeteilt in

gesunde Zahnflächen, in Zahnflächen mit oberflächlicher Schmelzkaries, eine tiefe Schmelzkaries und Dentinkaries.

Kariöse Läsionen der Klasse R2 mit eingebrochener Schmelzoberfläche und R3-Läsionen wurden invasiv therapiert zugeführt. Schmelzkaries und tiefe Schmelzkaries mit intakter Oberfläche wurden prophylaktisch mit Fluoriden behandelt. Daraus lässt sich auch die Therapie für die beurteilten Zahnflächen ableiten. Wie in Abbildung 5.8 dargestellt ist, bedurften 72,7 % (168) der Zahnflächen keiner Therapie, weder invasiv noch prophylaktisch. 19,0 % (44) der Zahnflächen mussten prophylaktisch behandelt werden, bei 8,2 % (19) war eine invasive Therapie nicht mehr zu vermeiden.

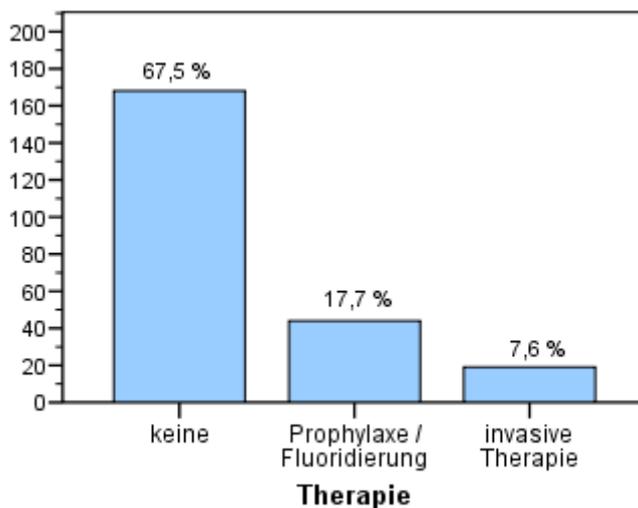


Abb. 5.8: Übersicht zu therapeutischen Maßnahmen an den beurteilten Zahnflächen

### 5.2.3 DIAGNOdent pen-Messungen und Röntgen

Die DIAGNOdent pen-Messwerte und die Röntgenbefunde werden nachfolgend mit der klinisch, bei geöffnetem Approximalraum diagnostizierten Kariesintensität, verglichen. Für die jeweiligen Messungen mit der entsprechenden Sonde wurden Sensitivität, Spezifität, der positive prädiktive Wert, der negative prädiktive Wert und der Kappa-Koeffizient bestimmt.

Die Sensitivität ist die Wahrscheinlichkeit, mit der erkrankte, kariöse Zahnflächen als krank, kariös erkannt werden. Die Spezifität ist die Wahrscheinlichkeit, mit der gesunde, nicht kariöse Zahnflächen als gesund, nicht kariös durch den vorliegenden diagnostischen Test, erkannt werden.

Sensitivität und Spezifität geben Auskunft über den Anteil an positiven und negativen Resultaten bei Kranken und Gesunden und damit über die Leistungsfähigkeit eines Tests bezüglich einer definierten Krankheit. Sie sind deshalb wichtige Größen, wenn es darum geht, einen geeigneten Test zu identifizieren.

Zur klinischen Beurteilung eines vorliegenden Resultats kann der prädiktive Wert eingesetzt werden. Man unterscheidet zwischen dem positiven prädiktiven Wert (ppW) und dem negativen prädiktiven Wert (npW):

ppW = prädiktiver Wert eines positiven (pathologischen) Resultats

npW = prädiktiver Wert eines negativen Resultats

Der ppW gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der bei Vorliegen eines positiven Tests eine bestimmte Erkrankung tatsächlich vorliegt.

Dementsprechend gibt der npW an, mit welcher Wahrscheinlichkeit bei einem negativen, d. h. normalen Testresultat, die betreffende Krankheit nicht vorliegt. Die Effizienz eines Tests gibt den Prozentsatz der untersuchten Patienten an, der korrekt klassiert wurde und ist damit ein Maß für die Leistungsfähigkeit eines Tests. Der prädiktive Wert ist immer abhängig von der Prävalenz, d. h. von der Krankheitshäufigkeit.

Für alle Werte wird zusätzlich das Konfidenzintervall angegeben, dies entspricht dem Bereich, in dem der zu schätzende Parameter mit 95 %iger Wahrscheinlichkeit liegt.

Der Kappa-Koeffizient ist ein Maß für die Übereinstimmung zweier Beurteiler – hier die DIAGNOdent pen-Messung der Sonden und die tatsächliche Kariesintensität.

Kappa (Betrag)	Übereinstimmung
0,00-0,10	keine
0,10-0,40	schwach
0,41-0,60	deutlich
0,61-0,80	stark
0,81-1,00	(fast) vollständig

Tab. 5.1: Bedeutung des Kappa-Koeffizienten

### 5.2.3.1 Erste Messung mit Sonde A

Die Tabelle 5.2 stellt die mit Sonde A bei der ersten Messung und geschlossenem Approximalraum (A1) ermittelte Kariesintensität und den tatsächlichen Kariesbefund gegenüber. Es ist ersichtlich, dass es in 178 Fällen (77 %) eine Übereinstimmung gab. Keинmal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war. Die Sonde A1 zeigte in 53 Fällen (23 %) eine zu niedrige Kariesintensität an. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,315 ermittelt, dies entspricht einer schwachen Übereinstimmung.

Gruppe A1		Kariesintensität				Dentinkaries	gesamt
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries			
keine Karies	Anzahl	168	24	12	4	208	
	%	72,7 %	10,4 %	5,2 %	1,7 %	90,0 %	
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	0	4	3	5	12	
	%	0,0 %	1,7 %	1,3 %	2,2 %	5,2 %	
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	0	0	5	5	
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,2 %	2,2 %	
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	6	6	
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	2,6 %	
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231	
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %	

Tab. 5.2: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geschlossenem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität

Wird hingegen nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde betrachtet, so zeigt sich eine Übereinstimmung in 191 Fällen (82,7 %) zwischen Sonde A und tatsächlichem Kariesbefund. In 40 Fällen (17,3 %) ermittelt die Sonde A bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. Die Ergebnisse dieser Gegenüberstellung werden aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

			Kariesintensität		
			keine Karies	Karies	gesamt
Gruppe A1	keine Karies	Anzahl	168	40	208
		%	72,7 %	17,3 %	90,0 %
	Karies	Anzahl	0	23	23
		%	0,0 %	10,0 %	10,0 %
gesamt		Anzahl	168	63	231
		%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.3: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geschlossenem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.4 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren bei der ersten Messung mittels Sonde A.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa Koeffizient
36,5 %	100 %	100 %	80,8 %	0,455
95 % Konfidenz- intervall: 24,7 % - 49,6 %	95 % Konfidenz- intervall: 97,8 % - 100 %	95 % Konfidenz- intervall: 85,8 % -100 %	95 % Konfidenz- intervall: 74,7 % -85,9 %	deutlich überein- stimmend

Tab. 5.4: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der ersten Messung mit Sonde A vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

### 5.2.3.2 Erste Messung mit Sonde B

Die Gegenüberstellung der durch Sonde B bei der ersten Messung mit geschlossenem Approximalraum (B1) ermittelten Kariesintensität mit der tatsächlichen Kariesintensität zeigt nachfolgende Tabelle. Es wird ersichtlich, dass es in 180 Fällen (77,9 %) eine Übereinstimmung gab. Einmal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während die Sonde B1 in 50 Fällen (21,7 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,559 ermittelt, dies entspricht einer deutlichen Übereinstimmung.

Gruppe B1		Kariesintensität				gesamt
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries	Dentinkaries	
keine Karies	Anzahl	167	24	8	4	200
	%	72,3 %	9,1 %	3,5 %	1,7 %	86,6 %
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	1	7	7	5	20
	%	0,4 %	3,0 %	3,0 %	2,2 %	8,7 %
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	0	0	5	5
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,2 %	2,2 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	6	6
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	2,6 %
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.5: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde B bei geschlossenem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität

Betrachtet man nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde, so zeigt sich eine Übereinstimmung in 197 Fällen

(85,5 %) zwischen Sonde B und tatsächlichem Kariesbefund. In 33 Fällen (14,3%) ermittelte die Sonde B bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. Einmal wurde ein falsch positiver Befund erhoben. Die Ergebnisse dieser Gegenüberstellung zeigt die Tabelle 5.6.

Gruppe B1		Kariesintensität		
		keine Karies	Karies	gesamt
keine Karies	Anzahl	167	33	200
	%	72,3 %	14,3 %	86,6 %
Karies	Anzahl	1	30	31
	%	0,4 %	13,0 %	13,4 %
gesamt	Anzahl	168	63	231
	%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.6: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geschlossenem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.7 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren bei der ersten Messung mittels Sonde B und geschlossenem Approximalraum.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
47,6 %	99,4 %	96,8 %	83,5 %	0,559
95 % Konfidenz- intervall: 34,9 % - 60,9 %	95 % Konfidenz- intervall: 96,7 % - 99,9 %	95 % Konfidenz- intervall: 83,3 % - 99,9 %	95 % Konfidenz- intervall: 77,6 % - 88,6 %	deutlich überein- stimmend

Tab. 5.7: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der ersten Messung mit Sonde B vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

### 5.2.3.3 Zweite Messung mit Sonde A

Die folgende Tabelle zeigt die Gegenüberstellung der durch Sonde A bei der zweiten Messung mit geöffnetem Approximalraum (A2) ermittelten Kariesintensität mit dem tatsächlichen Kariesbefund. Hier gab es in 184 Fällen (79,7 %) eine Übereinstimmung. Keinmal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während die Sonde A2 in 37 Fällen (20,2 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,689 ermittelt, dies entspricht einer deutlichen Übereinstimmung.

Gruppe A2		Kariesintensität				
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries	Dentinkaries	gesamt
keine Karies	Anzahl	168	20	4	1	193
	%	72,7 %	8,7 %	1,7 %	,4 %	83,5 %
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	0	8	11	4	23
	%	0,0 %	3,5 %	4,8 %	2,2 %	10,0 %
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	0	0	7	7
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,0 %	3,0 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	8	8
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,5 %	3,5 %
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.8: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geöffnetem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität

Das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde zeigt eine Übereinstimmung in 206 Fällen (89,2 %) zwischen Sonde A und tatsächlichem Kariesbefund. In 25 Fällen (10,8 %) ermittelt die Sonde A bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. Die Ergebnisse sind der Gegenüberstellung der folgenden Tabelle zu entnehmen.

			Kariesintensität		
			keine Karies	Karies	gesamt
Gruppe A2	keine Karies	Anzahl	168	25	193
		%	72,7 %	10,8 %	83,5 %
	Karies	Anzahl	0	38	38
		%	0,0 %	16,5 %	16,5 %
gesamt		Anzahl	168	63	231
		%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.9: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geöffnetem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.10 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeit der durchgeführten Testverfahren bei der zweiten Messung mittels Sonde A.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
60,3 %	100 %	100 %	87,1 %	0,689
95 % Konfidenz- intervall: 47,2 % - 72,4%	95 % Konfidenz- intervall: 97,8 % - 100 %	95 % Konfidenz- intervall: 90,7 % - 100 %	95 % Konfidenz- intervall: 81,4 % - 91,4 %	stark überein- stimmend

Tab. 5.10: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der zweiten Messung mit Sonde A vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

### 5.2.3.4 Zweite Messung mit Sonde B

Die Tabelle 5.11 zeigt die Gegenüberstellung der durch Sonde B bei der zweiten Messung mit geöffnetem Approximalraum (B2) ermittelten Kariesintensität mit der tatsächlichen Kariesintensität. In 180 Fällen (77,9 %) zeigt sich eine Übereinstimmung. Viermal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während die Sonde B in 48 Fällen (20,4 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,702 ermittelt, dies entspricht einer starken Übereinstimmung.

Gruppe B2		Kariesintensität				Dentinkaries gesamt
		keine Karies	oberfläch- liche Schmelz- Karies	tiefe Schmelz- Karies		
keine Karies	Anzahl	164	19	2	0	185
	%	71,0 %	8,2 %	,9 %	,0 %	80,1 %
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	4	9	12	3	28
	%	1,7 %	3,9 %	5,2 %	1,3 %	12,1 %
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	0	0	11	12
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,8 %	5,2 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	6	6
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	2,6 %
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.11 Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde B bei geöffnetem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität

Wird hingegen nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde betrachtet, so zeigt sich eine Übereinstimmung in 206 Fällen (89,2 %) zwischen Sonde B und tatsächlichem Kariesbefund. In 21 Fällen

(9,1 %) ermittelte die Sonde B bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. In 4 Fällen (1,7 %) wurde ein falsch positiver Befund erhoben. Die Ergebnisse werden aus der Tabelle 5.12 ersichtlich.

			Kariesintensität		
			keine Karies	Karies	gesamt
Gruppe B2	keine Karies	Anzahl	164	21	185
		%	71,0 %	9,1%	80,1 %
	Karies	Anzahl	4	42	46
		%	1,7 %	18,2%	19,9 %
gesamt	Anzahl		168	63	231
	%		72,7 %	27,3%	100,0 %

Tab. 5.12: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde B bei geöffnetem Approximalraum und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.13 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren bei der zweiten Messung mittels Sonde B.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
66,7 %	97,6 %	91,3 %	88,7 %	0,702
95 % Konfidenz- intervall: 55,7 % - 78,1 %	95 % Konfidenz- intervall: 94,0 % - 99,4 %	95 % Konfidenz- intervall: 79,2 % - 97,6 %	95 % Konfidenz- intervall: 83,2 % - 92,8 %	stark überein- stimmend

Tab. 5.13: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der zweiten Messung mit Sonde B vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

### 5.2.3.5 Bissflügelaufnahmen (Bite-wings)

Die Gegenüberstellung der durch das Röntgen ermittelten Kariesintensität mit dem tatsächlichen Kariesbefund zeigt Tabelle 5.14. Es wird ersichtlich, dass es in 192 Fällen (83,2 %) eine Übereinstimmung gab. Zweimal wurde durch das Röntgen eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während das Röntgen in 32 Fällen (13,8 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,695 ermittelt, dies entspricht einer starken Übereinstimmung.

Röntgen		Kariesintensität				gesamt
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries	Dentinkaries	
keine Karies	Anzahl	166	15	7	1	189
	%	71,9 %	6,5 %	5,2 %	0,4 %	81,8 %
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	2	8	6	0	16
	%	0,9 %	3,5 %	2,6 %	0,0 %	6,9 %
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	5	2	3	10
	%	0,0 %	2,2 %	0,9 %	1,3 %	4,3 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	16	16
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	6,9 %	6,9 %
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.14: Kreuztabelle der nur mit Bissflügelaufnahmen diagnostizierter kariöser Läsionen und der nach Öffnen des Approximalraumes klinisch diagnostizierter Kariesintensität

Das Betrachten von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels Röntgen zeigt nachfolgende Tabelle. Es gibt eine Übereinstimmung in 206 Fällen (89,2 %) zwischen dem Röntgenbefund und dem tatsächlichen, mittels visuell nach Öffnen des Approximalraumes ermittelten Kariesbefund. In 23 Fällen (10 %) führten die Bite-wings bei dieser Betrachtung zu einem falsch negativen Kariesbefund. In 2 Fällen (0,9 %) ergab das Röntgen einen falsch positiven Befund.

			Kariesintensität		
			keine Karies	Karies	gesamt
Röntgen	keine Karies	Anzahl	166	23	189
		%	71,9 %	10,0 %	81,8 %
	Karies	Anzahl	2	40	42
		%	0,9 %	17,3 %	18,2 %
gesamt		Anzahl	168	63	231
		%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.15: Kreuztabelle der nur mit Bissflügelaufnahmen diagnostizierter Karies und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.16 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren beim Röntgen.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
63,5 %	98,8 %	95,2 %	87,8 %	0,695
95 % Konfidenz- intervall: 50,4 % - 75,3 %	95 % Konfidenz- intervall: 95,8 % - 99,9 %	95 % Konfidenz- intervall: 83,8 % - 99,4 %	95 % Konfidenz- intervall: 82,3 % - 92,1 %	stark überein- stimmend

Tab. 5.16: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der Bissflügelaufnahmen vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

In den Abbildungen 5.10 bis 5.14 werden die Sensitivität, Spezifität, positiver, negativer prädiktiver Wert und der Kappa-Koeffizient der einzelnen Messungen der Sonden A und B sowie des Röntgens grafisch dargestellt.

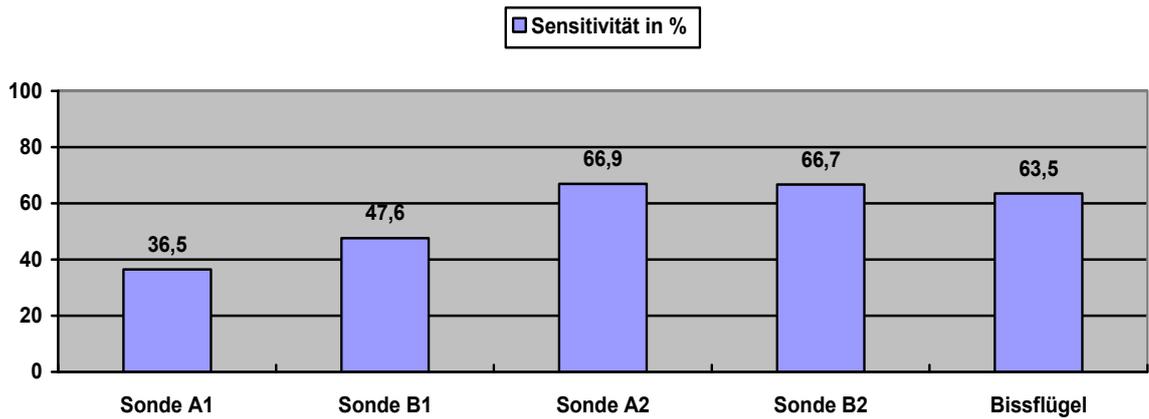


Abb. 5.10: Sensitivität von Sonde A, Sonde B sowie der Bissflügelaufnahmen

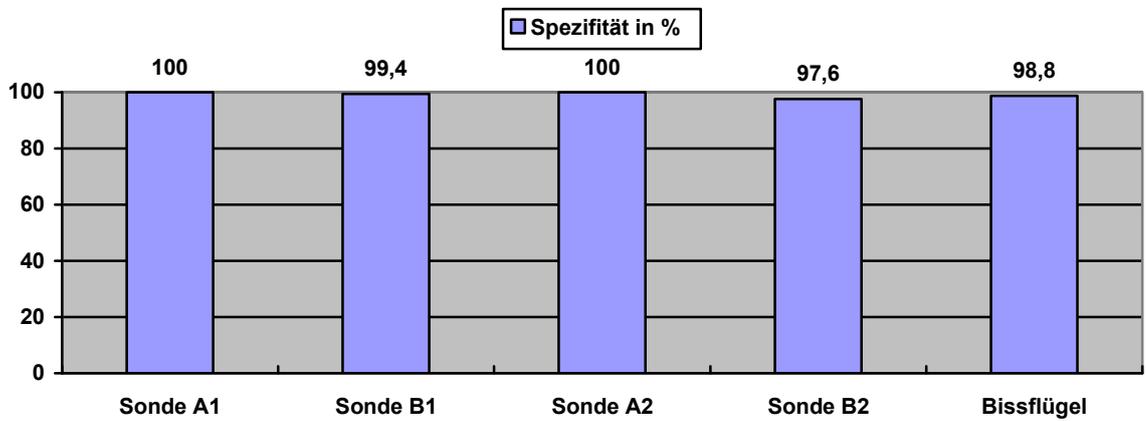


Abb. 5.11: Spezifität Sonde A, Sonde B sowie der Bissflügelaufnahmen

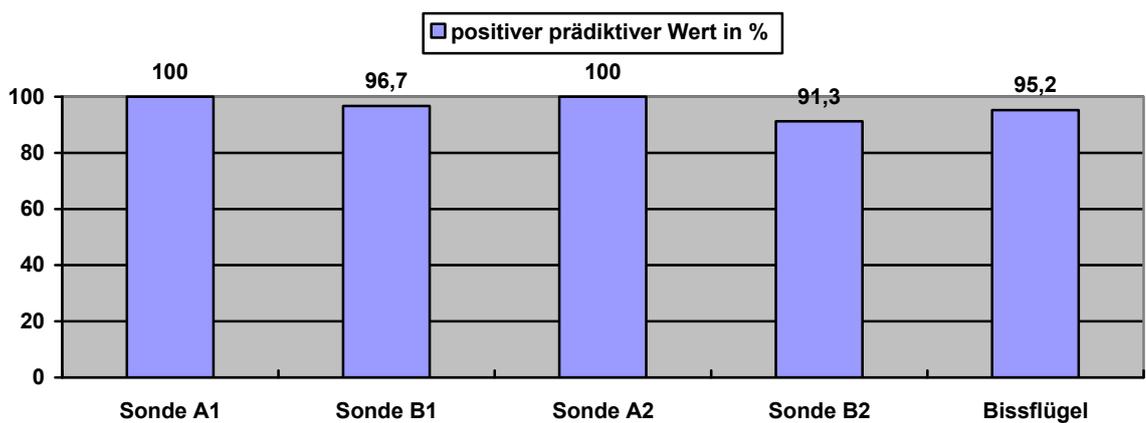


Abb. 5.12: positive prädiktive Werte ( Prävalenz 27,3 %) Sonde A und Sonde B sowie der Bissflügelaufnahmen

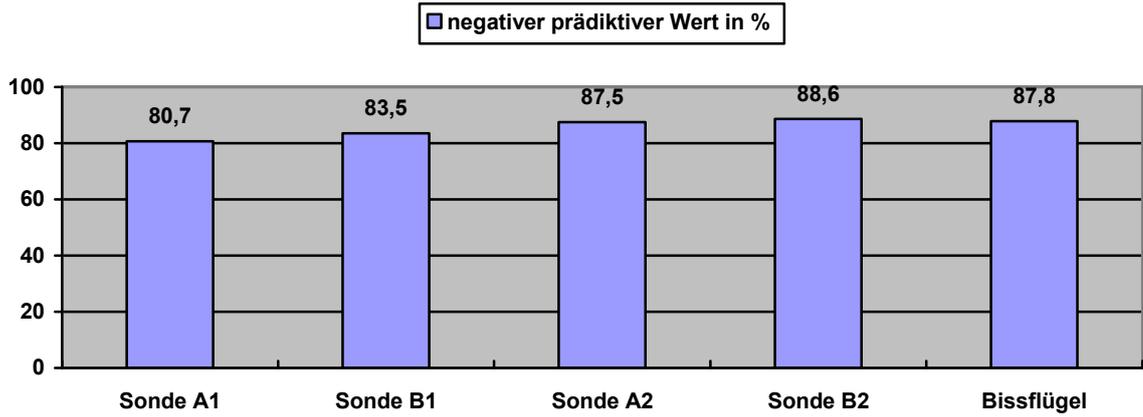


Abb. 5.13: negative prädiktive Werte (Prävalenz 27,3%) Sonde A und Sonde B sowie der Bissflügelaufnahmen

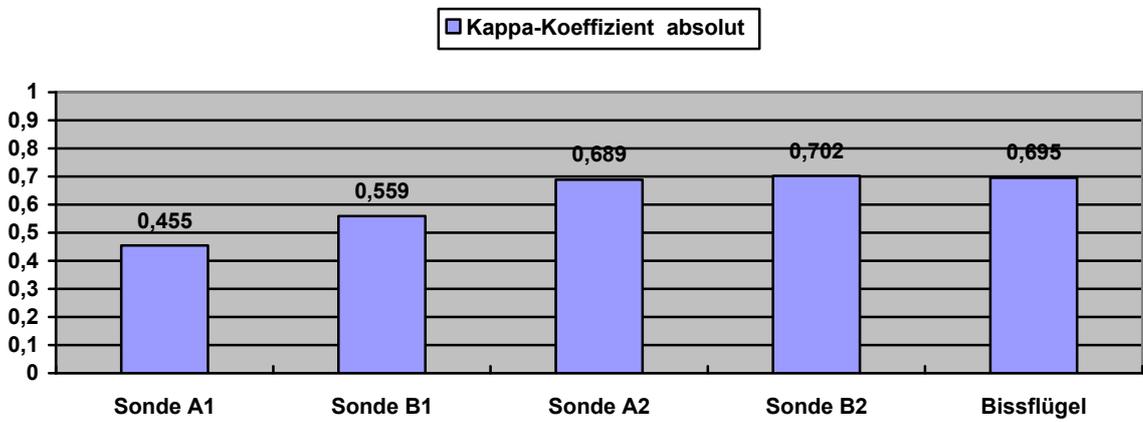


Abb. 5.14: Kappa-Koeffizienten Sonde A und Sonde B sowie der Bissflügelaufnahmen

## 5.2.4 DIAGNOdent pen-Messungen bei Neueinstufung der Kariesintensität

Die von der Firma KaVo vorgegebenen Werte zur Klassifizierung der Kariesintensität wurden ursprünglich für den okklusalen Bereich publiziert. Dort ist die Karies mehr oder weniger frei zugänglich. Lussi et al. verwiesen 2006 (60) bei approximalen Läsionen im bleibenden Gebiss auf die Verwendung anderer Schwellenwerte als im Kauflächenbereich. Werte 0 bis 9: keine Karies (0 bis 13 Einteilung nach KaVo), Werte 10 bis 16: oberflächliche Schmelzkaries (14 bis 20 Einteilung nach KaVo), Werte 17 bis 25: tiefe Schmelzkaries (21 bis 29 Einteilung nach KaVo), Werte über 26: Dentinkaries (über 30 Einteilung nach KaVo)

Im approximalen Bereich hat die Sonde oft keinen direkten Zugang zur kariösen Läsion. Insbesondere im Milchmolarenbereich sind die Interdentalräume sehr eng und der Schmelzmantel der Milchmolaren ist dünner als bei bleibenden Zähnen. Karies schreitet hier somit schneller fort als an bleibenden Zähnen. Es sollte daher geprüft werden, ob sich modifizierte Schwellenwerte auf das Milchgebiss, speziell auf die Milchmolaren übertragen lassen.

Im Folgenden werden die Messungen der Sonden A und B bei modifizierter Klassifizierung der Messwerte mit \* gekennzeichnet, um sie von den vorangegangenen Werten zu unterscheiden.

### 5.2.4.1 Erste Messung mit Sonde A bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte

Die folgende Tabelle zeigt die Gegenüberstellung der durch Sonde A\* bei geschlossenem Approximalraum und modifizierter Kalibrierung der Messwerte (A1\*) ermittelten Kariesintensität und der klinisch tatsächlichen vorliegenden Karies. Es wird ersichtlich, dass es in 186 Fällen (80,5 %) eine Übereinstimmung gab. Keинmal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während die Sonde A\* in 42 Fällen (18,2 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,712 ermittelt, dies

entspricht einer starken Übereinstimmung.

Gruppe A1*		Kariesintensität				gesamt
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries	Dentinkaries	
keine Karies	Anzahl	165	15	2	4	186
	%	71,4 %	8,5 %	0,9 %	1,7 %	80,5 %
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	3	13	11	4	31
	%	1,3 %	5,6 %	4,8 %	1,7 %	13,4 %
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	0	2	6	8
	%	0,0 %	0,0 %	0,9 %	2,6 %	3,5 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	6	6
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	2,6 %
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.17: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geschlossenem Approximalraum und modifizierter Klassifizierung der Messwerte und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies

Wird hingegen nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde betrachtet, so zeigt sich eine Übereinstimmung in 207 Fällen (89,6 %) zwischen Sonde A\* und tatsächlichem Kariesbefund. In 21 Fällen (9,1 %) ermittelt die Sonde A\* bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. Die Ergebnisse dieser Gegenüberstellung werden aus Tabelle 5.18 ersichtlich.

Gruppe A1*		Kariesintensität		
		keine Karies	Karies	gesamt
keine Karies	Anzahl	165	21	186
	%	71,4 %	9,1 %	80,5 %
Karies	Anzahl	3	42	45
	%	1,3 %	18,2 %	19,5 %
gesamt	Anzahl	168	63	231
	%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.18: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geschlossenem Approximalraum und modifizierter Klassifizierung der Messwerte und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.19 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren bei der ersten Messung mittels Sonde A\*.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
66,7 %	98,2 %	93,3 %	88,7 %	0,712
95 % Konfidenz- intervall: 53,6 % - 78,0 %	95 % Konfidenz- intervall: 94,9 % - 99,6 %	95 % Konfidenz- intervall: 81,7 % - 98,6 %	95 % Konfidenz- intervall: 83,2 % - 92,8 %	stark überein- stimmend

Tab. 5.19: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der ersten Messung mit Sonde A bei modifizierter Kalibrierung der Messwerte vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

#### 5.2.4.2 Erste Messung mit Sonde B bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte

Die Gegenüberstellung der durch Sonde B\* bei geschlossenem Approximalraum und modifizierter Kalibrierung der Messwerte ermittelten Kariesintensität (Gruppe B1\*) mit der klinisch tatsächlichen vorliegenden Karies zeigt, dass es in 191 Fällen (82,7 %) eine Übereinstimmung gab. Sechsmal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während die Sonde B\* in 32 Fällen (13,9 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,773 ermittelt, dies entspricht einer starken Übereinstimmung.

Gruppe B1*		Kariesintensität				gesamt
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries	Dentinkaries	
keine Karies	Anzahl	162	11	1	2	176
	%	72,7 %	4,8 %	0,4 %	0,9 %	76,2 %
Oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	6	15	9	4	34
	%	2,6 %	6,5 %	3,9 %	1,7 %	14,7 %
Tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	2	5	5	12
	%	0,0 %	0,9 %	2,2 %	2,2 %	5,2 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	9	9
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	3,9 %	3,9 %
Gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.20: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde B bei geschlossenem Approximalraum und modifizierter Klassifizierung der Messwerte und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies

Wird hingegen nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde betrachtet, so zeigt sich in der folgenden Tabelle eine Übereinstimmung in 211 Fällen (91,3 %) zwischen Sonde B\* und tatsächlichem Kariesbefund. In 14 Fällen (6,1 %) ermittelt die Sonde B\* bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. In 6 Fällen (2,6 %) wurde ein falsch positiver Befund erhoben.

Gruppe B1*		Kariesintensität		
		keine Karies	Karies	gesamt
keine Karies	Anzahl	162	14	176
	%	70,1 %	6,1 %	76,2 %
Karies	Anzahl	6	49	55
	%	2,6 %	21,2 %	23,8 %
gesamt	Anzahl	168	63	231
	%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.21: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde B bei geschlossenem Approximalraum und modifizierter Klassifizierung der Messwerte und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.22 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren bei der ersten Messung mittels Sonde B\*.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
77,8 %	96,4 %	89,1 %	92,0 %	0,773
95 % Konfidenz- intervall: 65,5 % - 87,3 %	95 % Konfidenz- intervall: 92,4 % - 98,7 %	95 % Konfidenz- intervall: 77,7 % - 95,9 %	95 % Konfidenz- intervall: 87,0 % - 95,6 %	stark überein- stimmend

Tab. 5.22: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der ersten Messung mit Sonde B bei modifizierter Kalibrierung der Messwerte vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

#### 5.2.4.3 Zweite Messung mit Sonde A bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte

Die folgende Tabelle zeigt die Gegenüberstellung der durch Sonde A\* bei geöffnetem Approximalraum und modifizierter Kalibrierung der Messwerte (A2\*) ermittelten Kariesintensität mit der klinisch tatsächlichen vorliegenden Karies. Es wird ersichtlich, dass es in 188 Fällen (84,1 %) eine Übereinstimmung gab. Fünfmal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während die Sonde A\* in 40 Fällen (16,5 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,778 ermittelt, dies entspricht einer starken Übereinstimmung.

Gruppe A2*		Kariesintensität				
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries	Dentinkaries	gesamt
keine Karies	Anzahl	165	12	0	4	181
	%	71,4 %	5,2 %	0,0 %	1,7 %	78,4 %
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	3	14	12	2	31
	%	1,3 %	6,1 %	5,2 %	0,9 %	13,4 %
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	2	3	8	13
	%	0,0 %	0,9 %	1,3 %	3,5 %	5,6 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	6	6
	%	0,0 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	2,6 %
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.23: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geöffnetem Approximalraum und modifizierter Klassifizierung der Messwerte und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies

Betrachtet man, wie in Tabelle 5.24 dargestellt, nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde, so zeigt sich eine Übereinstimmung in 212 Fällen (91,7 %) zwischen Sonde A\* und tatsächlichem Kariesbefund. In 16 Fällen (6,9 %) ermittelt die Sonde A\* bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. In 3 Fällen wurde ein falsch positiver Befund erhoben.

Gruppe A2*		Kariesintensität		
		keine Karies	Karies	gesamt
keine Karies	Anzahl	165	16	181
	%	71,4 %	6,9 %	78,4 %
Karies	Anzahl	3	47	50
	%	1,3 %	20,3 %	21,6 %
gesamt	Anzahl	168	63	231
	%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.24: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen-Messwerte mit Sonde A bei geschlossenem Approximalraum und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.25 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten durchgeführten Testverfahren bei der zweiten Messung mittels Sonde A\*.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
77,6 %	98,2 %	94,0 %	91,1 %	0,778
95 % Konfidenz- intervall: 62,0 % - 84,7 %	95 % Konfidenz- intervall: 94,8 % - 99,6 %	95 % Konfidenz- intervall: 83,4 % - 98,7 %	95 % Konfidenz- intervall: 86,0 % - 94,8 %	stark überein- stimmend

Tab.5.25: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der zweiten Messung mit Sonde A bei modifizierter Kalibrierung der Messwerte vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

#### 5.2.4.4 Zweite Messung mit Sonde B bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Messwerte

In der folgenden Tabelle kann aus der Gegenüberstellung der durch Sonde B\* bei geöffnetem Approximalraum und modifizierter Kalibrierung der Messwerte (B2\*) ermittelten Kariesintensität mit der klinisch tatsächlich vorliegenden Karies entnommen werden, dass es in 203 Fällen (87,8 %) eine Übereinstimmung gab. Sechsmal wurde durch die Sonde eine höhere Kariesintensität ermittelt, als es tatsächlich der Fall war, während die Sonde B\* in 22 Fällen (10,5 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte. Als Maß für die Übereinstimmung wurde ein Kappa-Koeffizient von 0,889 ermittelt, dies entspricht einer fast vollständigen Übereinstimmung.

Gruppe B2*		Kariesintensität				gesamt
		keine Karies	oberflächliche Schmelzkaries	tiefe Schmelzkaries	Dentinkaries	
keine Karies	Anzahl	165	7	0	0	172
	%	71,4 %	3,0 %	,0 %	,0 %	74,5 %
oberflächliche Schmelzkaries	Anzahl	3	18	8	1	30
	%	1,3 %	7,8 %	3,5 %	0,4 %	13,0 %
tiefe Schmelzkaries	Anzahl	0	3	7	6	16
	%	0,0 %	1,3 %	3,0 %	2,6 %	6,9 %
Dentinkaries	Anzahl	0	0	0	13	13
	%	0,0 %	0,0 %	,0 %	5,6 %	5,6 %
gesamt	Anzahl	168	28	15	20	231
	%	72,7 %	12,1 %	6,5 %	8,7 %	100,0 %

Tab. 5.26: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen Messwerte mit Sonde B bei geöffnetem Approximalraum und modifizierter Klassifizierung der Messwerte und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies

Wird hingegen nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels der Sonde betrachtet, so zeigt sich eine Übereinstimmung in 221 Fällen (95,6 %) zwischen Sonde B\* und tatsächlichem Kariesbefund. In 7 Fällen (3,0 %) ermittelt die Sonde B\* bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. In 3 Fällen wurde ein falsch positiver Befund erhoben. Die Ergebnisse dieser Gegenüberstellung werden aus der folgenden Tabelle ersichtlich.

Gruppe B2*		Kariesintensität		
		keine Karies	Karies	gesamt
keine Karies	Anzahl	165	7	172
	%	71,4 %	3,0 %	74,5 %
Karies	Anzahl	3	56	59
	%	1,3 %	24,2 %	25,5 %
gesamt	Anzahl	168	63	231
	%	72,7 %	27,3 %	100,0 %

Tab. 5.27: Kreuztabelle der DIAGNOdent pen Messwerte mit Sonde B bei geöffnetem Approximalraum und modifizierter Kalibrierung der Messwerte und nach Öffnen des Approximalraumes klinisch und röntgenologisch diagnostizierter Karies, im Sinne von Karies ja/nein

Tabelle 5.28 zeigt die Fehlerwahrscheinlichkeiten der durchgeführten Testverfahren bei der zweiten Messung mittels Sonde B\*.

Sensitivität	Spezifität	ppW	npW	Kappa-Koeffizient
88,9 %	98,2 %	94,9 %	95,9 %	0,889
95 % Konfidenz- intervall: 78,4 % - 95,4 %	95 % Konfidenz- intervall: 94,8 % - 99,6 %	95 % Konfidenz- intervall: 85,8 % - 98,9 %	95 % Konfidenz- intervall: 91,8 % - 98,3 %	fast vollständig überein- stimmend

Tab. 5.28: Sensitivität, Spezifität, positiver prädiktiver Wert (ppW), negativer prädiktiver Wert (npW), Kappa-Koeffizient für den Vergleich der zweiten Messung mit Sonde B bei modifizierter Klassifizierung der Messwerte vs. klinisch-röntgenologisch diagnostizierter Kariesintensität (Kariesprävalenz 27,3 %)

Die Abbildungen 5.15 bis 5.19 zeigen die Sensitivität, Spezifität, positiver und negativer prädiktiver Wert, der Kappa-Koeffizient der einzelnen Messungen der Sonden A\* und Sonde B\* sowie den Bite-wings.

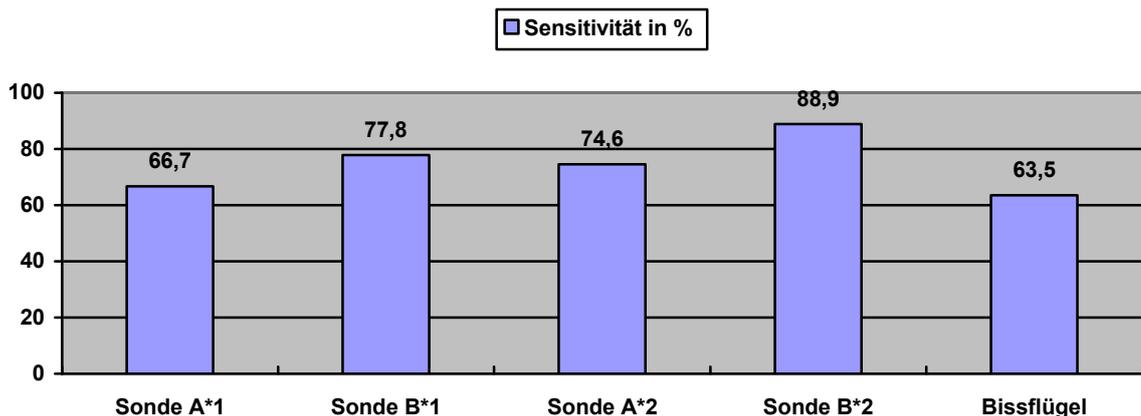


Abb. 5.15: Sensitivität von Sonde A\* und Sonde B\* sowie der Bissflügelaufnahmen

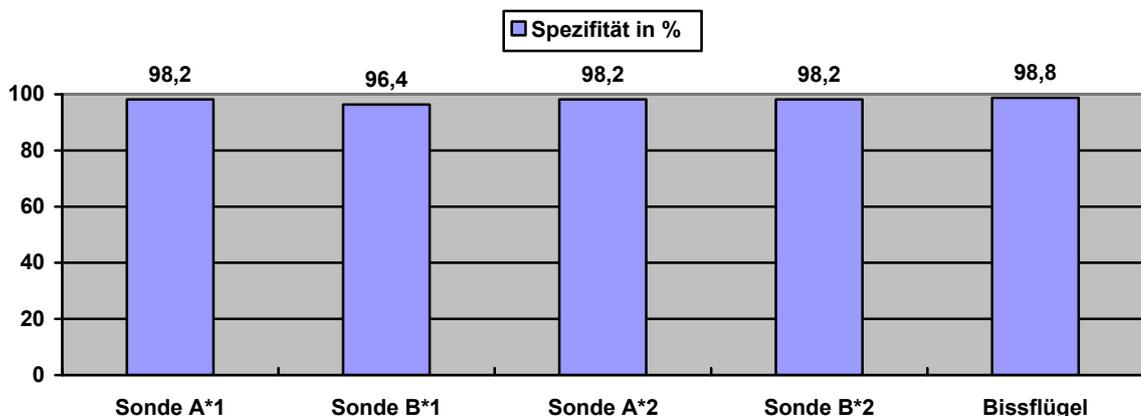


Abb. 5.16: Spezifität Sonde A\* und Sonde B\* sowie der Bissflügelaufnahmen

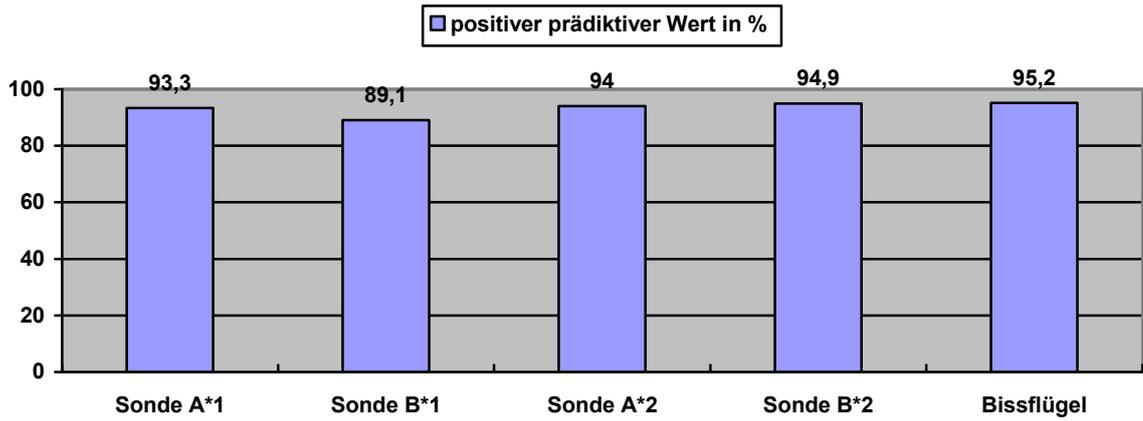


Abb. 5.17: positive prädiktive Werte (Prävalenz 27,3 %) Sonde A\* und Sonde B\* sowie der Bissflügelaufnahmen

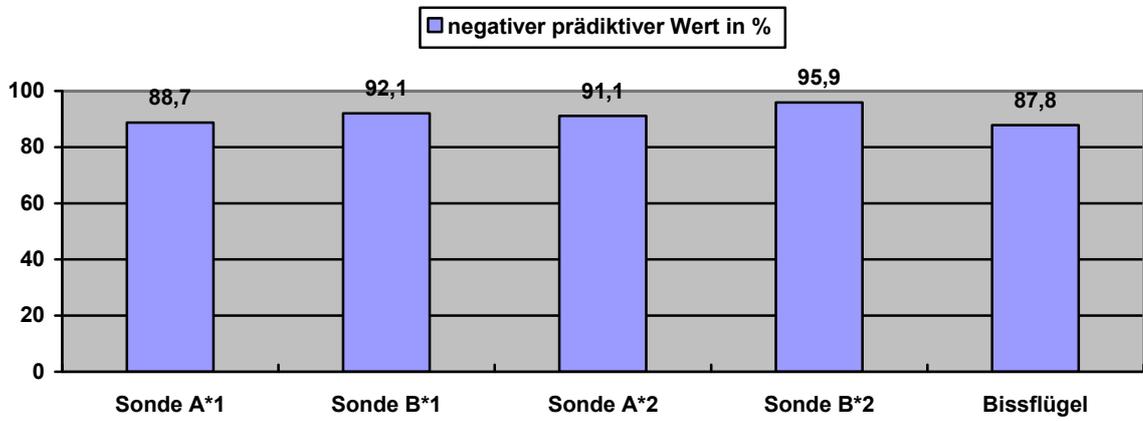


Abb. 5.18: negative prädiktive Werte (Prävalenz 27,3 %) Sonde A\* und Sonde B\* sowie der Bissflügelaufnahmen

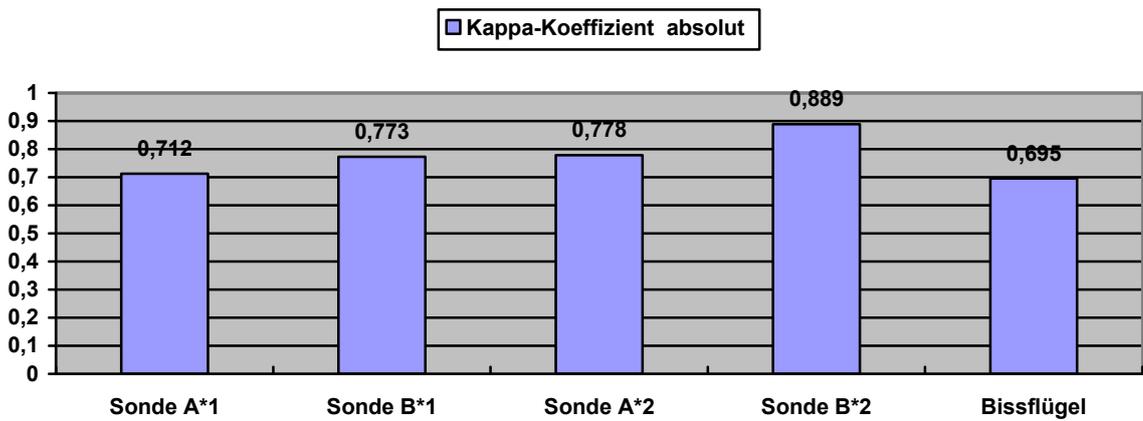


Abb. 5.19: Kappa-Koeffizienten Sonde A\* und Sonde B\* sowie der Bissflügelaufnahmen

### 5.2.5 ROC-Analyse (Receiver Operating Characteristics)

Die Receiver Operating Characteristic (ROC) – Kurve ist eine Methode zur Bewertung und Optimierung von Analyse-Strategien. Die ROC-Kurve stellt die Abhängigkeit der Effizienz von der Fehlerrate dar. Sie ist eine Methode zur Grenzwertoptimierung. Mit der ROC-Kurve lassen sich Spezifität und Sensitivität bei verschiedenen Diskriminanzschwellen ablesen. Dadurch kann ein Referenzbereich für eine gewünschte Spezifität bzw. Sensitivität gewählt werden. Da sich die ROC-Kurve aus Spezifität und Sensitivität zusammensetzt ist sie, ebenso wie ihre Grundgrößen, von der Prävalenz unabhängig.

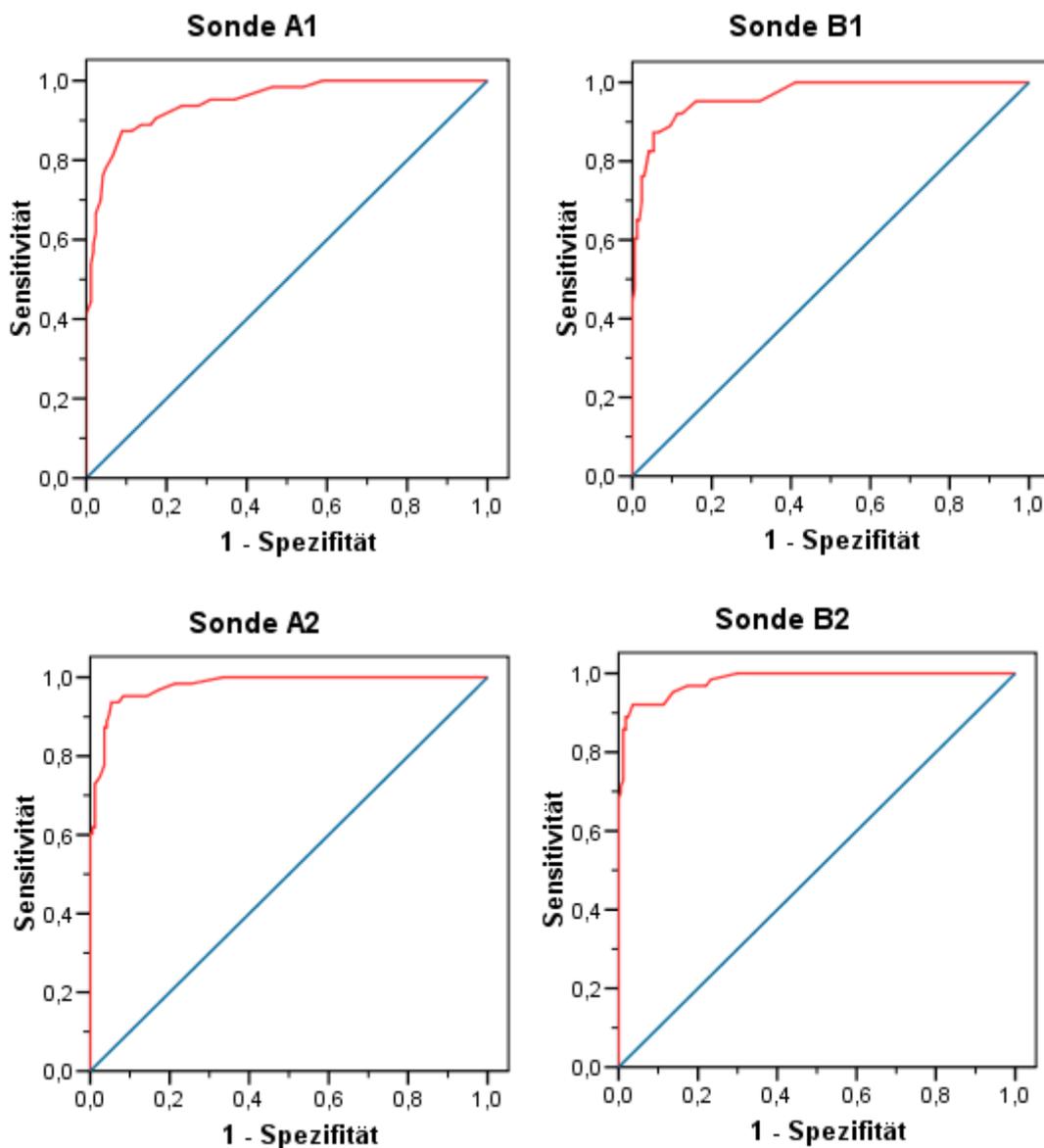


Abb. 5.20: Darstellung der ROC-Kurven für die Sonden A und B bei der ersten (A1, B1) und der zweiten Untersuchung (A2, B2)

Abbildung 5.20 gibt einen Überblick über Sensitivität und Spezifität des DIAGNOdent pens, als diagnostischen Test. In den Grafiken sind jeweils die Sensitivität und Spezifität gegeneinander aufgetragen. Je größer die Fläche über der Diagonalen und unter dem roten Grafen, desto besser ist die angewendete diagnostische Methode.

Der Cut-Off-Wert ist der Wert in einem quantitativen diagnostischen Test, der zwischen zwei Testergebnissen (positiv, negativ) unterscheidet und damit einen Patienten einem der zwei untersuchten Krankheitszustände (z. B. kariös vs. nicht kariös) zuordnet. Dabei gibt es immer einen Überlappungsbereich, in dem je nach Lage des Cut-Off-Punktes Patienten testpositiv oder testnegativ eingeordnet werden.

Untersuchung	Cut-Off-Wert	Sensitivität	Spezifität
A1	6,83	87,30 %	91,07 %
B1	7,17	87,30 %	94,64 %
A2	6,83	93,65 %	94,64 %
B2	7,83	92,06 %	96,43 %

Tab. 5.29: Cut-Off-Werte für die Sonden A und B, bei denen Sensitivität und Spezifität am höchsten sind

### 5.2.6 Kumulative Effekte benachbarter kariöser Läsionen bei Anwendung der Messsonden des DIAGNOdent pens

Um zu prüfen, ob die DIAGNOdent pen-Messungen durch benachbarte kariöse Zähne beeinflusst werden, wurde zunächst ermittelt, bei welchen Patienten die tatsächliche Kariesintensität mit der durch die jeweilige Sonde ermittelten DIAGNOdent pen-Messung übereinstimmte und bei welchen eine niedrigere oder höhere Kariesintensität ermittelt wurde. Diese wurden dann in einer Kontingenztafel mit der Kariesintensität benachbarter Zähne gegenüber gestellt.

Dabei zeigte sich bei allen acht Gruppen (A1, B1, A2, B2, A1\*, B1\*, A2\*, B2\*), dass die Übereinstimmung bei kariesfreien Nachbarzähnen am höchsten und bei benachbarten Zähnen mit beginnender Karies am niedrigsten war. Ein kumulativer Effekt war dabei nicht ersichtlich.

Vielmehr lässt sich bei beginnender Karies an Nachbarzähnen beobachten,

dass die Kariesintensität von der Sonde in vielen Fällen zu niedrig eingestuft wurde und auch bei kariösen benachbarten Zähnen wurde im Vergleich zu kariesfreien Nachbarzähnen oftmals die Kariesintensität zu niedrig eingestuft.

In wenigen Fällen und nicht bei allen Sonden kam es zu einer fälschlicherweise höheren Einstufung der Kariesintensität durch die Sonde. In diesen Fällen war kein offensichtlicher Unterschied zwischen kariesfreien oder kariösen Zähnen erkennbar.

Eine statistische Prüfung mittels Chi-Quadrat-Test konnte aufgrund zu geringer Häufigkeiten ( $<5$ ) anhand einer Kontingenztafel nicht durchgeführt werden, so dass der Grad der Übereinstimmung in "Karies vorhanden" und "Karies nicht vorhanden" zusammengefasst wurde. Mit dieser Einteilung ließ sich bei allen Sonden mittels Chi-Quadrat-Test ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Messwerten der Sonden und der Kariesintensität des benachbarten Zahnes nachweisen. Dabei gab es eindeutig einen höheren Anteil an Übereinstimmungen bei Zähnen, deren Nachbarzähne kariesfrei waren. Es zeigte sich eine signifikante Abhängigkeit zwischen der Übereinstimmung der durch die Sonden ermittelten Werte und der tatsächlichen Kariesintensität (Chi-Quadrat-Test,  $p < 0,001$ ).

Die Tabellen 10.1 bis 10.4 im Anhang zeigen die Ergebnisse der Gegenüberstellung der Kariesintensität benachbarter Zähne und der Übereinstimmung zwischen den einzelnen Sonden und Messungen mit der Kariesintensität bei herkömmlicher Einteilung der Gruppen nach KaVo. Die Tabellen 10.5 bis 10.8 zeigen die Gegenüberstellung der Kariesintensität benachbarter Zähne mit der Übereinstimmung im Sinne Karies vorhanden und Karies nicht vorhanden.

Die Tabellen 10.9 bis 10.12 im Anhang veranschaulichen die Ergebnisse der Gegenüberstellung der Kariesintensität benachbarter Zähne und der Übereinstimmung zwischen den einzelnen Sonden und Messungen mit der Kariesintensität bei neuer Einteilung der Gruppen. Die Tabellen 10.13 bis 10.16 zeigen die Gegenüberstellung der Kariesintensität benachbarter Zähne mit der Übereinstimmung im Sinne Karies vorhanden und Karies nicht vorhanden.

## 6 Diskussion

### 6.1 Diskussion der Fragestellung

Die Diagnostik der Karies im Approximalbereich von Milchmolaren ist schwierig, so dass sie nicht immer rechtzeitig erkannt wird. Mit der visuellen Inspektion stößt der Zahnarzt bei der Diagnostik einer Approximalkaries schnell an seine Grenzen. Die klinische Kariesdiagnostik wird mit einem Mundspiegel, gegebenenfalls zusätzlich mit einer Lupenbrille und einer ausreichenden Lichtquelle durchgeführt. Obwohl diese Methode die meisten approximalen kariösen Läsionen nicht erkennt, ist sie zur Zeit – in Ermangelung geeigneter Alternativen – das Vorgehen der Wahl (49).

Schon seit Jahren wird nach neuen Detektionsmethoden geforscht. Eine Methode der Diagnostik ist die FOTI (faseroptische Transillumination), sie ist seit Mitte der 70er Jahre auf dem Markt. In vergleichenden klinisch-röntgenologischen und faseroptischen Studien wurde sie widersprüchlich beurteilt. Einerseits wird sie als effizientes Diagnostikverfahren empfohlen (69, 70). Andererseits jedoch nur als Hilfsmittel in Kombination mit Bissflügelaufnahmen akzeptiert (29). Heinrich et al. kamen 1991 in einem Vergleich der faseroptischen Diagnostik mit klinischer und röntgenologischer Diagnostik zu dem Ergebnis, dass die faseroptische Diagnostik der klinischen Diagnostik überlegen ist, aber die röntgenologische die faseroptische Diagnostik übertrifft. Sie empfehlen, die faseroptische Transillumination bei präventiv betreuten Patienten vor einer röntgenologischen Kariesdiagnostik einzusetzen (20). Peers et al. erreichten 1993 mit der Verwendung der Fiberoptik hohe Sensitivitätswerte, allerdings sind die Ergebnisse der FOTI sehr benutzerspezifisch. Nur gut geschulte Anwender sind in der Lage, eine zuverlässige Diagnostik zu gewährleisten (74).

Approximale Läsionen lassen sich bei lückenloser Zahnstellung klinisch im Frühstadium nicht erkennen und auch röntgenologisch oder mittels FOTI sind sie nicht immer frühzeitig diagnostizierbar (93). Tiefe Karies hat jedoch ernste Folgen, wie Pulpitis oder Gangrän. Es kann gesagt werden, dass die visuelle Diagnose unzuverlässig ist. Die Karies kann ohne makroskopische Zerstörung

der Oberfläche bis ins Dentin fortschreiten. Kombiniert mit Röntgenaufnahmen lässt sich die Sensitivität erhöhen (58, 63). 66 % der approximalen kariösen Läsionen werden ohne Bissflügelaufnahmen nicht erkannt (30). Somit wird eine röntgenologische Beurteilung der Approximalräume als notwendiger Teil einer umfassenden Befundung angesehen (21). Andererseits lehnen viele Eltern das Röntgen ihrer Kinder aus Angst vor einer erhöhten Strahlenbelastung ab. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zusätzlicher diagnostischer Maßnahmen.

Zur Zeit rückt insbesondere die Laserfluoreszenz in den Blickpunkt der Kariesdiagnostik. Sie verbessert die Aussagekraft der Kariesdedektion (56, 61, 62, 65, 66). Ergebnisse von Lussi et al. legen nahe, dass das neue Laserfluoreszenzsystem durch seine gute Reproduzierbarkeit ein zusätzlich nützliches Werkzeug zum Auffinden von Karies im Approximalbereich ist (60).

Ziel der Studie war es, herauszufinden, ob der DIAGNOdent pen mittels seiner Laserfluoreszenz in der Lage ist, Approximalkaries im Milchgebiss korrekt zu diagnostizieren. Bisher fehlen dazu in der Literatur repräsentative klinische Studien. Da der Approximalraum von Milchmolaren zwischen IV und V anatomisch besonders problematisch ist (42), sollte das Gerät hier beweisen, ob es auch Karies unter besonders schwierigen Bedingungen erkennt.

Neue technische Verfahren wie die Laserfluoreszenz, sollen die Qualität der Kariesdiagnose weiter verbessern und beim Therapieentscheid helfen (89).

Moderne Methoden zur Kariesdiagnostik müssen Karies in einem so frühen Stadium erkennen, dass eine Remineralisation noch möglich ist. Die Methode muss objektiv, quantitativ und präzise sein (36). Daher wurde versucht, den Messwert, die Tiefe der Läsion und den dazugehörigen Röntgenbefund des kariös erkrankten Zahnes in eine systematische Beziehung zu setzen.

Angewandte Diagnostik muss reproduzierbar sein, leicht zu erlernen und schnell (ohne großen Aufwand) durchzuführen sein. Alle Formen von Karies müssen mit sehr hoher Sensitivität und Spezifität erkannt und quantifiziert werden (36). Es sollte in dieser Studie untersucht werden, ob sich aus den Messwerten des DIAGNOdent pens Rückschlüsse auf den Schweregrad einer Läsion ziehen lassen, indem Spezifität und Sensitivität bestimmt wurden.

Im Approximalraum können zwei kariöse Läsionen aufeinander treffen. Jede der

beiden benachbarten Zahnflächen kann durch eine kariöse Zerstörung der Zahnhartsubstanz Fluoreszenzerscheinungen hervorrufen. Der Zerstörungsgrad kann aber an jeder Fläche unterschiedlich sein, daher muss eine genaue Einstufung der Karies für jede Zahnfläche möglich sein. Es könnte zu einer Kumulation der fluoreszierenden Stoffwechselprodukte kommen, welche das Messergebnis beeinflussen. Daher bestand eine weitere zu klärende Frage darin, ob sich beim Auftreten zweier kariöser Approximalflächen additiver Effekte auf die Messwerte des DIAGNOdent pens auswirken.

## 6.2 Diskussion der Patientenauswahl, des Materials und der Methode

Ziel war die Durchführung einer klinischen Studie. Geprüft wurde die Anwendung des DIAGNOdent pen im Milchmolarenbereich. Als Referenz dienten Bissflügelaufnahmen und die klinisch tatsächlich vorliegende Kariesintensität. Auch eine vergleichende Anwendung der Laserfluoreszenz, des Röntgens und zusätzlich auch der FOTI wäre denkbar gewesen. Es liegen aber bereits diverse Studien über die diagnostische Effizienz der FOTI vor (20, 29, 69, 70, 74), daher wurde auf das Anwenden der faseroptischen Transillumination verzichtet.

In der Literatur findet man zur Anwendung der Laserfluoreszenz im Approximalbereich von Milchmolaren vorwiegend in-vitro-Studien. Mendes et al. 2005 (67) und Virajsilp und Mitarbeiter 2005 (98) untersuchten unabhängig voneinander die Anwendbarkeit der Laserfluoreszenz an Approximalflächen von Milchzähnen in vitro. Rocha et al. untersuchten klinisch die Validität der Laserfluoreszenz an Okklusalfächen im Milchgebiss in-vivo (87). Unterschiede zwischen den Ergebnissen von in-vitro dürften auf eine Fluoreszenzabnahme mit zunehmender Lagerung der Untersuchungsmedien und mit der Verwendung unterschiedlicher Lagerungsmedien erklärbar sein (76).

Alle bisherigen Studien beziehen sich auf das DIAGNOdent-Gerät. Studien zur Anwendung des DIAGNOdent pens im Milchgebiss liegen bislang nicht vor. Die Arbeitsweise der Geräte ist aber ähnlich (47).

Insgesamt wurden 31 Patienten untersucht und von diesen 231

Approximalflächen der Milchmolaren begutachtet. Die Patienten, die in dieser Studie teilnahmen, wurden vorwiegend nach dem Vorhandensein von Approximalräumen zwischen Milchmolaren und nach dem Alter ausgesucht. Der Mittelwert des Patientenalters betrug 6,4 Jahre. Das Alter des Patienten hat indirekt Einfluss auf das Vorhandensein einer Karies. Je länger sich ein Zahn in der Mundhöhle befindet, desto höher ist sein Risiko kariös zu werden. Vom 5. Lebensjahr an nimmt die proximale Karies stark zu, insbesondere zwischen den ersten und zweiten Milchmolaren (32, 51). Eine frühzeitige Kariesdiagnostik ist somit erforderlich.

Die zu beurteilenden Zähne unterlagen den bereits im Kapitel 4 genannten Ausschlusskriterien. Lückig angeordnete Milchmolaren wurden ausgeschlossen, da die Approximalbereiche visuell gut zu beurteilen sind. Sie sind gut zu reinigen und es kann dort weniger Karies vermutet werden. Zahnflächen neben bunten Füllungen (z. B. Twinkie-Star) in einem Approximalraum wurden nicht beurteilt, da diese das Fluoreszenzverhalten beeinflussen sollen (7, 8).

Milchmolaren mit fortgeschrittener Wurzelresorption und daraus resultierende erhöhte Lockerungsgrade wurden ebenfalls ausgeschlossen, weil diese exfolieren und keiner Füllungstherapie mehr bedürfen.

Alle Kinder waren sehr kooperativ, sowohl bei den Messungen, Abformungen der Kiefer, beim Anfertigen der Röntgenbilder als auch bei eventueller invasiver Therapie. Dennoch reagiert nicht jeder Patient gleich. Es erfordert ein hohes Maß an Geduld, besonders die kleinen Kinder zur Mitarbeit zu motivieren, da die Messungen mittels DIAGNOdent pen viel Zeit in Anspruch nehmen und dadurch den Kindern schnell langweilig werden kann. Dieser Zeitaufwand entsteht durch die punktuellen Messungen des Gerätes von bukkal und oral, sowie das notwendige mehrmalige Wiederholen der Messung (60). Dieses ist jedoch wichtig, da durch anwendungsbedingte Umstände die Messungen voneinander abweichen können, zum Beispiel entstehen Differenzen, wenn die Sonde bei jeder Messung nicht im exakt gleichen Winkel oder gleich tief in den Approximalraum eingeführt wird. Einen Mittelwert aus 3 Messungen zu betrachten, ist daher sinnvoll, um Fehler zu vermeiden. Ein ähnliches Vorgehen wird auch in einer Studie von Lussi et al. 2006 beschrieben (60). Lussi

untersuchte jedoch in dieser Studie die Anwendung des DIAGNOdent pens im Approximalbereich von bleibenden extrahierten Zähnen. Es wurde versucht, die Ergebnisse dieser Studie auf die Milchmolaren zu übertragen. Es sollte geprüft werden, ob die Klassifizierung der Messwerte im Milchgebiss anwendbar ist, da sich Milchzähne von ihren Nachfolgern durch mikro- und makromorphologische Besonderheiten unterscheiden. Milchzähne sind meist kleiner als ihre Nachfolger. Ihr Schmelz ist weniger gut mineralisiert. Aufgrund des dünnen Schmelzmantels kann die Karies an Milchzähnen schneller fortschreiten als an bleibenden Zähnen. Die Milchmolaren haben einen breiten und flächigen Approximalkontakt und sind durch die erschwerte interdentale Reinigung besonders kariesgefährdet (42). Aufgrund des sehr engen Approximalraumes hat die Sonde des DIAGNOdent pens eine geringe Penetrationstiefe.

Der DIAGNOdent pen selbst lässt sich relativ einfach anwenden, obwohl man immer auf eine Assistenz angewiesen ist, da man zur Bedienung des Gerätes beide Hände benötigt und die Assistenz die Aufgabe des Ab- und Trockenhaltens übernehmen muss. Die Bedienung des Ringschalters am Gerät ist etwas umständlich. Das hätte die Herstellerfirma eventuell mittels eines „Druckschalters“ besser lösen können; dann wäre auch eine Anwendung mit einer Hand möglich. Durch die punktuellen Messungen des DIAGNOdent pens kann die Zahnfläche nicht in einem Arbeitsschritt abgetastet werden. Da also mehrere Messungen zur Beurteilung einer Zahnfläche notwendig sind, ergibt sich ein unangemessen hoher Zeitaufwand.

Pereira et al. 2001 beobachteten eine nicht unerhebliche Geräte- und Untersuchervariabilität (76). Dies kann in dieser Studie nicht beurteilt werden, da alle DIAGNOdent pen-Befunde von der gleichen Person erhoben wurden.

Einfacher und schneller lässt sich die Vista Proof von Dürr Dental anwenden. Innerhalb weniger Minuten liefert diese Kamera einen Befund des gesamten Gebisses. Leider hat sie gerade im Approximalbereich Defizite. Dort liefert der DIAGNOdent pen trotz seiner punktuellen Messung und zeitaufwendigeren Anwendung genauere Ergebnisse. Die Vista Proof wurde unterstützend für das Erheben des API eingesetzt, da sie auch Plaque im Approximalraum darstellt (15).

Wegen der Strahlenbelastung standen einige Eltern dem Anfertigen der Röntgenbilder skeptisch gegenüber. Durch die konsequenten Maßnahmen zum Strahlenschutz in Verbindung mit dem Einsatz moderner Technik wird die Strahlenbelastung jedoch so gering wie möglich gehalten. Trotz der Strahlenexposition sind Bissflügelaufnahmen durch ihren hohen diagnostischen Nutzen aus der modernen Zahnmedizin nicht mehr wegzudenken (62, 85, 86, 100).

Es zeigte sich (zum Erstaunen vieler Eltern), dass auch in scheinbar gesunden und augenscheinlich gut gepflegten Milchgebissen Approximalkaries vorhanden ist, welche ohne Röntgen übersehen worden wäre. Dies bestätigt die Beobachtung von Hotz (30) und Pasler (73). Inwieweit der DIAGNOdent pen in Zukunft die Strahlenbelastung verringern oder gar vermeiden kann, wird unter 6.4 diskutiert.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden Separiergummis in die Approximalräume der Milchmolaren eingebracht. Das Legen der Separiergummis empfanden die Kinder als unangenehm, tolerierten es aber. Nur wenige der gelegten Gummis gingen während der Tragezeit an ohnehin schon etwas weiteren Approximalräumen verloren. Ein Separieren der Zähne ermöglicht den direkten visuellen Zugang zur Zahnoberfläche und kann den Therapieentscheid durch Kombination von Röntgen und direktes Erkennen von intakter oder eingebrochener Oberfläche erleichtern (26). Ein Öffnen des Interdentalraumes ist für den praktizierenden Zahnarzt allgemein nicht üblich; es war in dieser Studie zur Überprüfung der tatsächlich vorliegenden Kariesintensität jedoch erforderlich. Das Legen der Separiergummis schädigt kurzzeitig die interdental Papille (vgl. Kap.4.2.5, Abb.4.5 Mitte). Das ist als negativ zu bewerten, musste aber zu diagnostischen Zwecken gebilligt werden.

Der Approximalraum wurde in dieser Studie geöffnet, um die genaue Kariesintensität einschätzen zu können und visuell noch einmal die Zahnflächen nach Karies zu überprüfen. Vorhandene Demineralisationen wurden dann mit dem Röntgenbefund verglichen und die tiefe der vorliegende Karies eingeschätzt (oberflächliche oder tiefe Schmelzkaries, Dentinkaries), da keine histologische Untersuchung der Zahnschubstanz erfolgen konnte. Alle Röntgenbilder wurden digital mit dem selben Gerät und der dazugehörigen

Software angefertigt. 204 Approximalräume wurden überlappungsfrei dargestellt, 27 konnten nicht zweifelsfrei beurteilt werden. Sie wurden aber nicht in die gesamte Betrachtung einbezogen, da der Röntgenbefund als Beurteilungsgröße fehlt. Das Röntgenbild gilt nach wie vor als der Goldstandard in der Approximalkariesdiagnostik (62, 85, 86, 100) und wurde der Messung des DIAGNOdent pen gegenübergestellt (vgl. dazu Kapitel 6.4.2)

## 6.3 Diskussion der patientenbezogenen Ergebnisse

### 6.3.1 dmfs/DMFS

Um eine Aussage zur Kariesprävalenz der Kinder zu machen, die an der vorliegenden Studie teilnahmen, wurde der dmfs/DMFS-Index ermittelt.

Der dmfs bzw. DMFS wird bei jedem Patienten erst visuell erhoben und notiert. Als Hilfsmittel fand zusätzlich die Vista Proof und der DIAGNOdent pen mit seiner Okklusalsonde bei Verdacht auf Karies Anwendung. Dadurch wurden zusätzlich 3 versteckte okklusale Läsionen gefunden. Die Kariesprävalenz für die Approximalkaries an Milchmolaren lag bei 27,3 %. Nach dem Öffnen des Approximalraumes zwischen dem ersten und zweiten Milchmolaren und der Auswertung der Röntgenbilder wurde der Index erneut erhoben und gegebenenfalls nach oben korrigiert. Dadurch konnte dokumentiert werden, wie hoch die diagnostische Verlustrate bei rein visuellen Befunden ist. Da durch Zahnwechsel fehlende Zähne zu einer Verfälschung der Aussage führen können, wurden diese nicht mit einberechnet. Der Unterschied zwischen dem rein visuell erhobenen dmfs/DMFS-Index und der zweiten Indexerhebung mittels zusätzlicher Diagnostika ist signifikant.

Der dmfs (DMFS) ist ein kumulativer Index. Betrachtet man die Ergebnisse diverser Studien bei Kindern stellt man oft fest, dass Mittelwerte (z. B. mittlere Karieshäufigkeiten) bei größeren Probandengruppen das Bild verzerren. Oft sind die kariösen, gefüllten oder fehlenden Zähne oder Flächen nicht normalverteilt. Das heißt, viele Kinder haben keine oder nur wenige kariöse oder gefüllte Zähne, während wenige Kinder eine große Anzahl zerstörter Zähne aufweisen (43). Die hier untersuchte Probandengruppe ist zu klein, um

diese Aussagen zu bestätigen oder zu widerlegen; der mittlere dmfs/DMFS liegt bei 2,9.

Eine Studie von Kaste et al. ist der Frage nachgegangen, ob die Karies im Milchgebiss Einfluss auf die Kariesprävalenz im bleibenden Gebiss hat. Aus den Daten ergibt sich eine Korrelation zwischen der Karies im Milchgebiss und im bleibenden Gebiss, hochsignifikant ab dmfs > 13. Die Wahrscheinlichkeit im bleibenden Gebiss frühzeitig eine Karies zu entwickeln, ist bei Kindern mit Milchzahnkaries dreimal höher, als im kariesfreien Milchgebiss (33). Die Studie bestätigt die Annahme, dass der Kariesstatus im Milchgebiss einen prognostischen Wert für die Kariesprävalenz im bleibenden Gebiss abgibt. Das ermöglicht die rechtzeitige Einleitung gezielter präventiver Maßnahmen. Voraussetzung für diese gezielten präventiven Maßnahmen ist eine gute Diagnostik und ein rechtzeitiges Erkennen kariöser Läsionen, vor allem im Approximalbereich von Milchmolaren. Dort wird häufig beim visuellen Befund Karies übersehen. Die Karieshäufigkeit im Milchgebiss ist bei der distalen Fläche der ersten Molaren und der mesialen Fläche der zweiten Molaren am höchsten und durch die schlechte Einsehbarkeit auch ein Ort größter Irrtumswahrscheinlichkeit (32, 51, 54, 88). Tiefe Karies hat jedoch erste Folgen, wie Pulpitis oder Gangrän. Unbehandelte kariöse Läsionen können allgemeinmedizinische Erkrankungen verursachen. Entzündungen im Kiefer sind ein potentiell Risiko für die sich entwickelnden Zahnkeime. Die Behandlung kariöser Zähne ist ein wesentlicher Bestandteil und Voraussetzung für eine gute Mundhygiene. Sind unbehandelte kariöse Läsionen in der Mundhöhle vorhanden, kann der Patient keinen wirkungsvollen Nutzen aus seinen Mundhygienemaßnahmen ziehen (38).

Milchzähne, besonders Milchmolaren, sollten bis zu ihrem physiologischen Ausfall erhalten werden, um eine normale Gebissentwicklung zu sichern (51).

Approximalen kariösen Defekte entziehen sich im Frühstadium oft der Diagnostik mit Spiegel und Sonde. Das liegt an der Anatomie der Milchmolaren und ihrer engen Zahn-an-Zahnstellung, somit ist es notwendig, andere diagnostische Verfahren zum Befunden heranzuziehen. Da die therapeutischen Maßnahmen nicht nur aufgrund der Diagnose, sondern auch unter Betrachtung der Lokalisation gewählt werden müssen, bietet sich eine Begutachtung der

Diagnosemethoden nach der Lokalisation der kariösen Läsionen an. Approximale Läsionen lassen sich bei lückenloser Zahnstellung klinisch im Frühstadium nicht erkennen. Ausnahmen sind bereits lückig angeordnete Milchmolaren. Dort lassen sich die approximalen Zahnflächen gut einsehen. Diese wurden jedoch aus der Untersuchung dieser Studie ausgeschlossen.

Die Approximalkaries ist neben der Fissurenkaries die häufigste Form der Karies. In dieser Studie wurde an den Milchmolaren folgende Kariesverteilung gefunden: 33 Approximalkaries, 29 Okklusalkaries und 6 kariöse Glattflächenkaries. Die Approximalkaries stellt auch heute noch eine oft zu spät diagnostizierte Kariesform dar, obwohl man in den vergangenen 10 bis 20 Jahren in den meisten Industrienationen einen deutlichen Rückgang der Karies verzeichnet. Dieser Kariesrückgang zeigt sich weltweit (9) und auch in der Bundesrepublik in nationalen (88) und regionalen Studien (54, 77). Gründe dafür sind hauptsächlich in der heute stattfindenden Prävention zu sehen (4, 19). Jedoch lässt sich dieser Rückgang bei der Approximalkaries im Milchgebiss nicht bestätigen. Laut Mundgesundheitsstudie des Landes Brandenburg aus dem Jahre 1995 gibt es eine Verschiebung des Kariesaufkommens bei Vorschul- und jüngeren Schulkindern. Karies tritt in diesen Gruppen früher und häufiger auf. Man stellte fest, dass es Veränderungen im Befallsmuster gibt. Die Milchzahnkaries tritt bereits sehr früh auf und der jährliche Karieszuwachs ist progredient (54). Die Kariesanfälligkeit der einzelnen Milchzähne ist unterschiedlich, die Zervikalkaries der Inzisivi kann stark ausgeprägt sein. Prädilektionsstellen sind Fissuren, Grübchen und Approximalflächen. Bis zum 4. Lebensjahr überwiegt die Fissurenkaries der Molaren. Vom 5. Lebensjahr an nimmt die proximale Karies stark zu, insbesondere zwischen den ersten und zweiten Milchmolaren. Nach Durchbruch des ersten bleibenden Molaren, tritt sie dann auch an der distalen Fläche der zweiten Milchmolaren auf (32, 51). Pieper betrachtet 2008 die Prävalenz der Milchzahnkaries in Deutschland. Er stellte fest dass sich bei Kindern die kariösen, gefüllten oder fehlenden Zähne oder Flächen nicht normal verteilten (77). Das heißt, viele Kinder haben keine oder nur wenige kariöse oder gefüllte Zähne, während wenige Kinder eine große Anzahl zerstörter Zähne aufweisen (43, 77). Das konnte in der vorliegenden Studie ebenfalls

festgestellt werden. Bei 17 von konnte visuell (nur mit dem bloßen Auge befundet) von „Kariesfreiheit“ gesprochen werden. Sie wiesen auch keinerlei Füllungen auf, aber nach Anwendung zusätzlicher diagnostischer Verfahren (DIAGNOdent pen und Bissflügelaufnahmen) blieben lediglich 13 Kinder ohne diagnostizierte kariöse Läsionen. Die anderen 28 Kinder hatten kein kariesfreies Gebiss. Die 13 kariesfreien Kinder verteilten sich auf alle Altersgruppen. Jedoch lässt sich beobachten, dass bei Kindern, welche schon behandelte Zähne aufwiesen, mehr versteckte Approximalkaries diagnostiziert wurde, als bei füllungsfreien Kindern. Daher sollte bei Vorliegen einer kariösen Läsion oder Füllung in einem Approximalraum alle anderen auch untersucht bzw. regelmäßig kontrolliert werden. In aktuellen Studien zur Kariesprävalenz von Kindern zeigen sich jedoch regionale Unterschiede bezogen auf den Kariesrückgang. In den neuen Bundesländern zeigt sich sogar ein Wiederanstieg der Karies bei Klein- und Vorschulkindern (54, 88). Die Auswahl der Probanden war regional auf das Land Brandenburg begrenzt. Die Stichprobe ist somit nicht bevölkerungsrepräsentativ für das gesamte Bundesgebiet.

Der dmfs/DMFS nach der Untersuchung mittels DIAGNOdent pen und dem Röntgen unterscheidet sich signifikant von der ersten Index-Erhebung nach visueller Diagnostik. Daraus lässt sich ableiten, dass die visuelle Diagnostik beim Beurteilen von Approximalkaries im Milchgebiss schlechte Ergebnisse liefert. Im Vergleich dazu wurden wesentlich mehr kariöse Läsionen durch Röntgen diagnostiziert. Ohne Bissflügelaufnahmen wurden mehr als zwei Drittel der kariösen Approximalläsionen nicht erkannt. Das bestätigt die Ergebnisse von Hotz 1977 (30), Poorterman et al. 1999 (83) und Ricketts und Mitarbeitern 1995 (85). Ob der DIAGNOdent pen ein sinnvolles Instrument zur Approximalkariesdiagnostik ist, wird unter 6.4 diskutiert.

### 6.3.2 API, PBI und Prophylaxe

Um die Mundhygienesituation eines Patienten einschätzen zu können, oder die Effizienz seiner Zahnpflege zu bestimmen ist es wichtig verlässliche Auswertungen anhand eines Plaque-Indexes zu erhalten. Der Approximalraumplaqueindex (37) (im folgenden API) und der

Papillenblutungsindex (37) (im folgenden PBI) wurden in dieser Studie gewählt, um eine Aussage zur Mundhygienesituation der Patienten zu machen.

Plaque im Approximalraum beeinflusst das Messergebnis des DIAGNOdent pen stark. Speisereste, Beläge, Zahnstein und Verfärbungen müssen durch eine gründliche Zahnreinigung entfernt werden. Durch sie können fehlerhafte Messwerte entstehen (7, 64, 65). Die Bakterien in der Plaque produzieren Porphyrine, welche für die Fluoreszenz verantwortlich sind (10). Der DIAGNOdent pen reagiert besonders auf die Farbe Grün. Beim Vorhandensein eines beispielsweise grünen Speiserestes (Salat) kann ein kariestypischer Messwert und höher entstehen. Wichtig ist auch, dass alle Reste von Polierpaste mit Luft-Wasser-Spray entfernt werden, um die Messungen nicht zu verfälschen (7, 64, 84).

Aus dem PBI lassen sich Rückschlüsse auf den Entzündungsgrad der Gingiva ziehen. Dieser kann durch schlechte Mundhygiene sehr hoch sein. Eine stark blutende Papille kann ebenso ein Hinweis auf eine bestehende Approximalkaries sein (17). Allerdings wird auch das Messergebnis durch Sulkusbluten verfälscht. Daher ist bei erhöhter Blutungsneigung auf besondere Trocknung und Blutstillung zu achten. Blut enthält das HÄM als Blutfarbstoff, welches ebenfalls nachweislich fluoresziert (10). Beides, Plaque und Blut, müssen sorgfältig aus dem zu beurteilenden Approximalraum entfernt werden (7).

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass Patienten mit hohen API und PBI Werten mehr versteckte approximalkariöse Läsionen aufweisen, als bei Patienten mit niedrigeren Werten. Das erscheint schlüssig, da bei diesen Patienten von einer mangelnden Mundhygiene ausgegangen werden kann. Allerdings zeigt sich auch im Vergleich zu den niedrigeren Werten, dass bei erhöhtem API öfter falschpositive Messwerte auftreten (in Bezug auf eine Schmelzkaries). Das könnte daran liegen, dass im Schmelz eingelagerte Stoffwechselprodukte (Porphyrine) der etablierten Plaque das Messergebnis beeinflussen, obwohl noch keine sichtbare Demineralisation der Schmelzoberfläche vorliegt. Histologisch ist sie eventuell aber schon nachweisbar. Vergleichende klinische Studien auf den direkten Einfluss des API und PBI in Bezug auf das Messergebnis des DIAGNOdent pens liegen nicht

vor, da die meisten Studien im Milchgebiss in-vitro stattfanden. In anderen Studien findet man, wie bereits erwähnt, den Hinweis, dass der direkte Kontakt der Messsonden mit Blut, Plaque, Polierpaste oder Speisereste das Messergebnis massiv beeinträchtigen können (7, 10, 64, 84). Um diesem Fehler vorzubeugen wurden Zahnreinigungen durchgeführt. Das Problem der Blutung konnte damit aber nicht behoben werden.

API und PBI wurden zur Bestimmung des Kariesrisikos der einzelnen Patienten bestimmt, denn die individuelle Einschätzung der Mundhygiene eines Patienten, sowie dessen Kariesrisiko und seine Compliance tragen entscheidend dazu bei, wie die von Lussi und Mitarbeitern 2003 herausgegebenen Therapieempfehlungen, abhängig von der Höhe des DIAGNOdent pen-Messwertes, Anwendung finden (59). Man hätte auch andere Methoden zur Bestimmung des Kariesrisikos anwenden können, wie zum Beispiel ein Speicheltest. In der vorliegenden Studie wurden Mundhygiene-Indices (API und PBI) bestimmt, um Informationen über die Güte der gegenwärtigen Mundhygiene und den dem Entzündungszustand der Gingiva des Patienten zu erhalten.

## 6.4 Diskussion der zahnbezogenen Ergebnisse

### 6.4.1 Ergebnisdiskussion zu den DIAGNOdent pen-Messwerten

Gerade in der Kinder- und Jugendzahnmedizin sind hinsichtlich der Therapie solche Methoden der Kariesdiagnostik vonnöten, die zuverlässig noch remineralisierbare von nicht mehr remineralisierbaren Läsionen unterscheiden. Ziel der modernen Diagnostik ist es, Karies so früh wie möglich zu erkennen (43).

Der DIAGNOdent pen ist relativ einfach und schnell anzuwenden. Die Kinder lassen sich durch ihn gut motivieren. Für die Eltern wird die Diagnose transparenter. Beide, Eltern und Kinder, lassen sich dadurch besser zu präventiven Maßnahmen anhalten. Die Tatsache, dass der DIAGNOdent pen keine ionisierende Strahlung verwendet, ist ebenfalls für einige Eltern von wesentlicher Bedeutung.

Die Ergebnisse des DIAGNOdent pen sind reproduzierbar (2, 47). Es lässt sich einem Messwert eine definierte Kariesintensität zuordnen. Wichtig ist jedoch das strenge Einhalten der Anwendungshinweise des Herstellers. Die Kalibrierung des Gerätes muss immer an derselben Zahnfläche stattfinden, da auch Unterschiede in der Fluoreszenz der einzelnen Zähne auftreten (8). Beim Messen im Milchmolarenbereich, sollte auch im Wechselgebiss an einem Milchzahn kalibriert werden und nicht an einem bleibenden Zahn. Wird im Wechselgebiss beispielsweise der Sechsjahrmolar begutachtet, muss demzufolge an einem bleibenden Zahn kalibriert werden. Wird das nicht beachtet, kommt es zu falschen Messwerten (8). Die Sonden wurden bei jedem Patienten immer am selben Zahn kalibriert. Die Behandlervariabilität des DIAGNOdent pens ist nicht sehr groß (48). Allerdings ist das Messergebnis stark durch äußere Faktoren beeinflussbar (z.B. Speisereste, Beläge, Zahnstein, Polierpastenreste). Bei der Interpretation der Werte kann es zu falsch positiven Ergebnissen kommen, wenn diese Aspekte nicht berücksichtigt werden. Daher wurde bei der Durchführung dieser Studie auch eine farbstofffreie Polierpaste zur Zahnreinigung verwendet um exogene Störfaktoren auszuschließen. Ursprünglich wurde diskutiert, dass das Messergebnis des DIAGNOdent-Gerätes mit dem Demineralisationsgrad der Zahnhartsubstanz korreliert (23, 24). Das wurde revidiert. Mittlerweile ist es belegt, dass die Porphyrine der Bakterien und Farbstoffe für die Fluoreszenz verantwortlich sind (40). Der Schmelz selbst fluoresziert nur schwach (23). Inwieweit andere Veränderungen der Zahnhartsubstanz (z. B. Fluorose) das Messergebnis beeinflussen können, wird in diesem Zusammenhang in der Literatur nicht erwähnt.

Für den DIAGNOdent pen standen zwei Approximalsonden zum Beurteilen der Approximalflächen zur Verfügung. Die Sonde A war eine Forschungssonde, die bislang nicht kommerziell angeboten wird, diese ist graziler gestaltet als die herkömmliche Approximalraumsonde (Sonde B) und soll einen besseren Zugang in die Approximalräume ermöglichen. Beide Sonden wurden in der Anwendung getestet und miteinander verglichen. Der Vergleich der Sensitivitäten der beiden Sonden zeigt deutliche Unterschiede. Obwohl die Sonde A graziler ist und somit besser in den Approximalraum eindringen kann,

ist die Fläche des ausstrahlenden Lichtfensters kleiner. Vermutlich wird dadurch weniger Fluoreszenz durch das Gerät gemessen als bei Sonde B. Die Fläche des messenden und strahlenden Laserfensters scheint das Messergebnis zu beeinflussen. Mit den Sonden ist immer nur eine Punktmessung möglich. Die Sonden können keine größere Zahnfläche beurteilen, sie geben nur den höchsten punktuellen Messwert an. Wird die kariöse Läsion mit der Sonde nicht richtig erreicht, wird der Messwert zu gering bestimmt.

Beide Sonden sind sehr schlank, da sie zum Beurteilen für den engen Bereich des Approximalraumes hergestellt wurden. Sie dürfen jedoch im Zwischenraum nicht verkanten, sonst besteht Bruch- und Verletzungsgefahr. Das sollte bei unkooperativen Kindern beachtet werden.

In vielen klinischen Studien vorangegangener Jahre stimmten die bei der Anwendung der von KaVo empfohlenen Klassifizierung (Tab. 6.1) bei Okklusalkaries mit dem tatsächlichen Kariesbefall überein (56-59, 62, 63).

Werte DIAGNOdent pen	Diagnose – Therapie
0-13	gesunder Zahn – PZR
14-20	oberflächliche Schmelzkaries - intensive PZR, Fluorid etc.
21-29	tiefe Schmelzkaries - intensive PZR, Fluorid, Monitoring, minimalinvasive Restauration, Kariesrisikofaktoren beachten
Mehr als 30	Dentinkaries, minimalinvasive Restauration und intensive PZR

Tab. 6.1: Schwellenwerte für Okklusalkaries DIAGNOdent-Gerät (59)

Ausgehend von dieser auf Lussi zurückgehender Einteilung ergab sich in der vorliegenden Arbeit für die Erkennung approximaler Karies von Milchmolaren eine Sensitivität von 36,5 % für Sonde A (Forschungssonde). Die Sonde B (herkömmliche Approximalraumsonde) hat eine noch höhere Sensitivität; sie beträgt 47,6 % und ist damit Sonde A überlegen. Gegenüber der visuellen Diagnostik lässt sich eine Steigerung der Sensitivität nachweisen, jedoch bleiben noch mehr als die Hälfte der vorhandenen kariösen Läsionen unentdeckt. Das ist nicht zufriedenstellend.

Mit beiden Sonden war die Spezifität sehr hoch. Bei Sonde A beträgt sie 100 %. Die Sonde B zeigt aber auch falsch positive Befunde an, und hat demzufolge eine geringere Spezifität als Sonde A. Sie liegt bei 99,4 %.

Ähnliche Unterschiede ließen sich auch nach dem Öffnen des Approximalraumes nachweisen. Da die Approximalräume zwischen IV und V besonders eng sind, wurden Separiergummis gelegt, um die Approximalräume für weitere Messungen zu öffnen.

Bei beiden Sonden ist auch nach dem Öffnen des Approximalraumes die Spezifität sehr hoch. Bei Sonde A beträgt sie 100 %. Die Sonde B zeigt aber auch falsch positive Befunde an und hat demzufolge eine etwas geringere Spezifität, als Sonde A, sie liegt bei 97,6 %.

Die Sensitivität der Sonden bei geöffnetem Approximalraum unterscheidet sich deutlich von den ersten Messungen. Die Sensitivität von Sonde B bei den zweiten Messungen beträgt 66,7 %. Die Sensitivität der Sonde A beträgt hier 60,3 %. Für Sonde A ist auch bei der zweiten Messung der positive prädiktive Wert größer als bei Sonde B, und der negative prädiktive Wert ist kleiner. Somit ist die Aussage der Sonde B in der vorliegenden Studie genauer, als bei Sonde A. Der ermittelte Kappa-Wert bei Sonde B ist höher als bei Sonde A, das heißt, es gibt mehr Übereinstimmungen bei Sonde B. Durch Öffnen des Approximalraumes lässt sich im Vergleich zur ersten Messung vor dem Separieren eine höhere Testgenauigkeit nachweisen, sowohl für Sonde A, als auch für Sonde B. Zur klinischen Anwendung wäre es jedoch wünschenswert, ohne Separieren der Zähne Werte zu erhalten, welche die Karies in ihrem gesamten Ausmaß widerspiegeln.

In der Literatur gibt es keine vergleichbaren klinischen Studien. Virajsilp et al. ermittelten an Milchmolaren bei direktem Kontakt mit einer kariösen Läsion eine Sensitivität von 75 % bis 89 % je nach Kariesintensität und eine mittlere Spezifität von 86 % (98).

Mendes und Mitarbeiter konnten an Milchzähnen eine Sensitivität von 51 % bei Schmelzkaries und 82 % bei Dentinkaries nachweisen (67).

Lussi et al. publizierten 2006 (60) eine Sensitivität von 88 % bei approximalen Läsionen im bleibenden Gebiss, bei Verwendung einer für den Approximalraum modifizierten Klassifizierung. Die Arbeitsgruppe verwies auf die unterschiedlichen Zuordnungen zwischen Schwellenwerten bei okklusaler Karies und approximaler Karies. Die von der Firma KaVo in der Gebrauchsanweisung des DIAGNOdent pen vorgegebenen Schwellenwerte wurden ursprünglich im okklusalen Bereich kalibriert (59). Dort ist die Karies mehr oder weniger frei zugänglich. Die in Tabelle 6.2 genannte modifizierte Klassifizierung (60) wurde in der Anwendung klinisch im bleibenden Gebiss auch von anderen Autoren bestätigt (67, 95, 98).

Im approximalen Bereich hat die Sonde oft keinen direkten Zugang zur kariösen Läsion. Insbesondere im Milchmolarenbereich sind die Interdentalräume sehr eng gestaltet. Der Schmelzmantel der Milchmolaren ist dünner als bei bleibenden Zähnen. Karies ist hier somit schneller fortschreitend als an bleibenden Zähnen. Es sollte in der vorliegenden Studie geprüft werden, ob sich die modifizierte Klassifizierung auf das Milchgebiss übertragen lässt.

Werte DIAGNOdent pen	Diagnose – Therapie
0-9	gesunder Zahn – PZR
10-16	oberflächliche Schmelzkaries – intensive PZR, Fluorid etc.
17-25	tiefe Schmelzkaries – intensive PZR, Fluorid, Monitoring, minimalinvasive Restauration, Kariesrisikofaktoren beachten
Mehr als 26	Dentinkaries – minimalinvasive Restauration und intensive PZR

Tab 6.2: Schwellenwerte zur Klassifizierung von Approximalkaries mittels DIAGNOdent pen (60)

Die Aussagekraft des DIAGNOdent pens lässt sich erhöhen, indem die Skalierung der Messwerte aus Tabelle 6.2 auch für das Milchgebiss verwendet wird. Da die herkömmliche Einteilung (Tab. 6.1) vorwiegend für das bleibende Gebiss und okklusale Läsionen kalibriert wurde, sollte sie im approximalen Bereich an Milchmolaren keine Anwendung finden, da ihre Aussage so zu ungenau ist. Mit der modifizierten Einteilung lässt sich auch im Milchgebiss vermehrt Schmelzkaries diagnostizieren. Ohne zusätzliches Separieren der Approximalflächen kann die Sensitivität der Messsonden von 36,5 % auf 66,7 % für Sonde A und von 47,6 % auf 74,6 % für Sonde B angehoben werden. Die Spezifität ist für beide Sonden hoch. Auch der prädiktive Wert belegt eine hohe Testgenauigkeit. Der Kappa-Koeffizient bestätigt eine starke Übereinstimmung der DIAGNOdent pen-Messungen mit den Sonden A und B mit der tatsächlich vorliegenden Kariesintensität.

Eine höhere Übereinstimmung kann aber auch hier durch Öffnen des Approximalraumes erzielt werden.

Die Sensitivität der Sonde A bei geöffnetem Approximalraum (74,6 %) ist der

des Röntgens (63,5 %) überlegen. Die Sensitivität der Sonde B bei geöffnetem Approximalraum (88,9 %) ist wesentlich höher als die des Röntgens. Daraus lässt sich ableiten, dass bei direktem Kontakt der Sonde mit der kariösen Läsion mehr Fluoreszenz gemessen wird, als bei indirektem Kontakt mit der Läsion, trotz der von Hibst beschriebenen Durchlässigkeit des Zahnschmelzes für das Laserlicht von 2 mm (23, 24).

Der direkte Vergleich der Messwerte der Gruppen A1, A2, B1, B2 mit den neu zugeordneten Gruppen A1\*, A2\*, B1\* und B2\* lässt eine bessere Diagnostik der Schmelzkaries erkennen. In der Gruppe A1\* wurden 19mal häufiger oberflächliche Schmelzkaries und 2mal eine tiefe Schmelzkaries diagnostiziert als in der Gruppe A1. In der Gruppe A2\* wurden noch mal 8 weitere oberflächlich kariöse Zahnflächen und 4 weitere tiefkariöse Schmelzläsionen mehr als Gruppe A2 gefunden. Bei der Dentinkaries war bei A1\* und A2\* kein Unterschied zu verzeichnen.

Ähnliches konnte bei Sonde B beobachtet werden. Auch dort ist eine Verschiebung zur Schmelzkaries erkennbar. Die Sonde B ist sensibler in der Diagnostik als Sonde A. Durch die Verschiebung der Schwellenwerte lässt sich wesentlich mehr Karies frühzeitig erkennen. Hier zeigt sich jedoch auch, dass öfter falsch positive Befunde ermittelt werden.

Klinisch konnte eine hohe Validität des DIAGNOdent pen nachgewiesen werden (56, 58-61, 62, 95). Der DIAGNOdent pen ist sehr zuverlässig, wenn die Messwerte richtig interpretiert werden. Dazu ist es notwendig, Unterschiede in der Zuordnung zu machen. Für den okklusalen Bereich muss eine andere Einteilung gewählt werden, als für den Approximalbereich, sowohl im bleibenden, als auch im Milchgebiss (60, 95). Dann korrelieren die Messwerte besser mit der Tiefe der Läsion (60). Jedoch ist die Differenzierung in eingebrochene und nicht eingebrochene Oberfläche im Approximalraum problematisch. Dies kann nur nach Separieren der Zähne differenziert werden.

In dieser Studie wurden vorwiegend kariesfreie Approximalflächen und Zahnflächen mit einer Schmelzkaries beurteilt. Dies ergab sich aus den klinischen Befunden der Probanden. Dentinkaries konnte verhältnismäßig wenig beurteilt werden, da sie bei den untersuchten Patienten nicht so oft

auftrat.

Die Messungen des DIAGNOdent pens sind unabhängig von der Anatomie des Approximalraumes (flächige/punktförmige Kontakte). Die statistische Analyse über deren Einfluss beruht auf der Beurteilung der Approximalflächen anhand der angefertigten Modelle. Diese Gipsmodelle dienten der Anatomiebeschreibung des Kontaktpunktes bzw. der Kontaktfläche. Es erfolgte eine Einordnung in „punktförmig“ und „flächig“. Die Modelle wurden nicht vermessen. Es wurden keine eindeutigen Kriterien oder Größenangaben zur Beurteilung festgelegt. Nicht alle Approximalräume die in die Gruppe „punktförmig“ eingeordnet wurden, sind eindeutig punktförmig. Sie sind aber eher punktförmig als flächig. Die Einteilung hat subjektiven Charakter. Es konnten jedoch keine signifikanten Zusammenhänge zwischen scheinbar punktförmigen und überwiegend flächigen Kontakten und den Messwerten des DIAGNOdent pens nachgewiesen werden. Die Messwerte des DIAGNOdent pens scheinen somit unabhängig von der Anatomie der Zahnflächen zu sein (23, 24). Die p-Werte der zugrundeliegenden Berechnungen wurden jedoch nicht im Sinne einer konfirmatorischen Statistik interpretiert, das heißt die p-Werte geben nur Hinweise, weil sie nicht auf Grundlage der Patienten, sondern der Zahnflächen berechnet wurden.

Auch konnten keine kumulativen Effekte bei benachbarten kariösen Läsionen nachgewiesen werden. Das wird wahrscheinlich durch die Gestaltung der Sonden begünstigt, da das Laserlicht immer in die Richtung der zu beurteilenden Fläche abgegeben wird. Vielmehr lässt sich bei beginnender Karies an Nachbarzähnen beobachten, dass die Kariesintensität von der Sonde in vielen Fällen zu niedrig eingestuft wurde und auch bei kariösen benachbarten Zähnen wurde im Vergleich zu kariesfreien Nachbarzähnen oftmals die Kariesintensität zu niedrig eingestuft. Die Tendenz ist eindeutig. Die Ursache dafür ist momentan nicht erklärbar. In wenigen Fällen und nicht bei allen Sonden kam es zu einer fälschlicherweise höheren Einstufung der Kariesintensität durch die Sonde. In diesen Fällen war kein offensichtlicher Unterschied zwischen kariesfreien oder kariösen Zähnen erkennbar. Dies wird sicher durch die geringe Fallzahl begünstigt.

Eine weitere zu diskutierende Frage ist, ob der Patient selbst Einfluss auf das

Messergebnis hat. Die Ergebnisse aus anderen Studien stützen sich hauptsächlich auf in-vitro-Befunde (92, 98) und sind somit patientenunabhängig. In diesen Studien wurden extrahierte Zähne verschiedener Probanden untersucht. In der vorliegenden Studie verteilen sich die untersuchten Zahnflächen auf 31 Patienten. Bei keinem Probanden konnte festgestellt werden, dass bei der Auswertung der Messwerte, bezogen auf dessen Kariesintensität überwiegend falsch positive oder falsch negative Ergebnisse auftraten. Die durch die Sonden ermittelten zu hohen bzw. zu niedrigen Kariesintensitäten verteilten sich auf verschiedene Patienten. Somit lässt sich schlussfolgern, dass der Patient selbst keinen direkten Einfluss auf das Messergebnis ausübt. Aber die Interpretation der Messwerte ist stark patientenabhängig, sein individuelles Kariesrisiko muss berücksichtigt werden (vgl. Kap. 6.4.3). So kann es nötig sein, bei Patienten mit einer weniger guten Mundhygiene und einen nicht zuverlässigem Recall schon beim Vorliegen einer tiefen Schmelzkaries invasiv vorzugehen (52, 60, 95). Ein prophylaktisches Vorgehen ist nur dann sinnvoll, wenn eine optimale Compliance des Patienten gewährleistet ist.

#### 6.4.2 Röntgenbefunde

Bissflügelaufnahmen sind bei geschlossenem Approximalraum nach wie vor der Goldstandard in der Kariesdiagnostik (62, 85, 86, 100). Allerdings hat auch diese Diagnostikmethode Defizite (50). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden eine Sensitivität von 63,5 % und eine Spezifität von 98,8 % ermittelt. In Arbeiten von Lussi wird eine Sensitivität von 67 % für den Approximalbereich bei beginnender Karies und eine Sensitivität von 81 % für Dentinkaries angegeben (60). Ricketts und Mitarbeiter ermittelten für Bissflügelaufnahmen eine mittlere Sensitivität von 62 % und eine Spezifität von 76 %. Im Vergleich zur visuellen Kariesdiagnostik wurden mit Röntgenaufnahmen wesentlich mehr Dentinläsionen diagnostiziert (85). Der Nachteil der Röntgendiagnostik ist, dass Demineralisationen erst bei einem Mineralverlust von 20 % nachweisbar sind (93). Auch wird die initiale proximale Läsion oft durch Überlappungen der interproximalen Schmelzbereiche nicht erfasst und ist somit schlecht zu beurteilen (80). Die in dieser Studie angefertigten Bissflügelaufnahmen konnten

204 Approximalflächen überlappungsfrei darstellen, nur 27 waren durch Überlappungen nicht korrekt zu diagnostizieren. Mehrere dieser Approximalräume waren sehr eng und flächig. Das könnte eine Ursache für die Überlagerung im Röntgenbild, bei korrekter Einstellung des Halters und des Zentralstrahls sein. Je enger der Approximalraum, umso schlechter ist er für eine Reinigung zugänglich, desto leichter kann eine Karies entstehen. Bei der visuellen Beurteilung und den Messungen mittels DIAGNOdent pen nach dem Öffnen dieser Approximalräume konnte an mehreren dieser Zahnflächen eine Karies erkannt werden. Sie wurden aber nicht in die gesamte Betrachtung einbezogen, da der Röntgenbefund als Beurteilungsgröße fehlt.

Trotz guter Qualität der Aufnahme und bedingt durch die anatomischen Gegebenheiten kann an der Mesialfläche oberer Milchmolaren eine kariestypische Aufhellung, die so genannte trianguläre Radioluzenz, als Subtraktionseffekt im Röntgenbild entstehen. Dies führt zu falsch positiven Diagnosen. Sie müssen differentialdiagnostisch von Dentinläsionen abgegrenzt werden. Kühnisch et al. empfehlen auf das Zeichen einer radiographischen Schmelzläsion zu achten (50). Hier kann der DIAGNOdent pen Einsatz finden und zum Diagnoseentscheid beitragen.

Aus den Ergebnissen wird ersichtlich, dass es in 192 Fällen (83,2 %) eine Übereinstimmung zwischen dem tatsächlichen Befund und dem Röntgenbild gab. Zweimal wurde durch das Röntgen eine höhere Kariesintensität ermittelt als es tatsächlich der Fall war, während das Röntgen in 32 Fällen (13,8 %) eine zu niedrige Kariesintensität anzeigte.

Wird hingegen nur das Entdecken von kariösen Zahnflächen unabhängig von der Intensität mittels Röntgen betrachtet, so zeigt sich eine Übereinstimmung in 206 Fällen (89,2 %) zwischen Röntgen und tatsächlichem Kariesbefund. In 23 Fällen (10 %) ermittelte das Röntgen bei dieser Betrachtung einen falsch negativen Kariesbefund. In 2 Fällen (0,9 %) einen falsch positiven Befund. Die falsch positiven Befunde und die zu hoch interpretierten Kariesintensitäten lassen sich durch die oben genannte trianguläre Radioluzenz erklären. Die falsch negativen Befunde bestätigen die Röntgensichtbarkeit einer kariösen Läsion erst ab einem gewissen Mineralverlust. Dennoch erzielt das Röntgenbild hohe Übereinstimmungen mit der tatsächlichen Situation (63,5 %). Es muss

aber beachtet werden, dass diese Aufnahmen die Kavität oft kleiner darstellen, als sie sich klinisch zeigen (50). Das liegt daran, dass die kariöse Läsion durch den angrenzenden gesunden Schmelz verdeckt wird. Auch macht das Röntgenbild keine eindeutige Aussage über die Schmelzoberfläche des betroffenen Zahnes bei R2-Läsionen.

Im Sinne einer präventionsorientierten Zahnheilkunde ist eine ausführliche Diagnostik zum frühzeitigen Erkennen von Erkrankungen der Zahnhartsubstanz unter Einbeziehung der Röntgendiagnostik, trotz der Strahlenexposition, ein zwingendes Erfordernis (46).

Die Sensitivität der Messwerte des DIAGNOdent pens ist der Sensitivität des Röntgens ähnlich. Bei Anwendung der neuen Kalibrierung beträgt sie sogar 66,7 % für Sonde A und 74,6 % für Sonde B. Erstrebenswert wäre es, ganz auf Röntgenaufnahmen zu verzichten und somit die Strahlenexposition zu verhindern. Der DIAGNOdent pen kann das Röntgen zwar immer noch nicht ersetzen, er kann aber entscheidend dazu beitragen, unnötige Strahlenexposition zu verhindern. Es sollte vor Anfertigen einer Bissflügelaufnahme der DIAGNOdent pen zur Anwendung kommen, um unnötige Strahlenbelastung zu vermeiden. Es kann aber zudem erforderlich sein, nach Anwenden des DIAGNOdent pens ein Bite-wing anzufertigen, um besonders eine falsch positiv diagnostizierte „Karies“ auszuschließen.

#### 6.4.3 Therapeutische Konsequenzen aus den DIAGNOdent pen-Befunden

Neben dem Fissuren- ist der Approximalbereich die häufigste Lokalisation für Karies. Approximale kariöse Defekte entziehen sich im Frühstadium der Diagnose durch Spiegel und Sonde. Die Karieshäufigkeit im Milchgebiss ist bei der distalen Fläche der ersten Molaren und der mesialen Fläche der zweiten Molaren am höchsten und durch die schlechte Einsehbarkeit auch ein Ort größter Irrtumswahrscheinlichkeit (32, 51, 54, 88). Die Sensitivität liegt nur bei 12-20 %, sofern nur Spiegel, OP-Licht und das menschliche Auge verwandt werden (58, 63). Deswegen müssen zusätzliche Verfahren eingesetzt werden, um Approximalkaries frühzeitig zu entdecken. Zur Kariesdiagnostik stehen

verschiedene Verfahren zur Verfügung. Als zusätzliches Hilfsmittel zur visuellen Diagnostik kann die Zahnseide interdental Anwendung finden, fasert sie auf, kann das ein Hinweis auf eine Karies sein. Diese Methode ist jedoch sehr unzuverlässig. Eine weitere Diagnostikmethode ist die FOTI, einerseits wird sie als effizientes Diagnostikverfahren empfohlen (69, 70). Andererseits jedoch nur als Hilfsmittel in Kombination mit Bissflügelaufnahmen akzeptiert (29). Heinrich et al. kamen 1991 in einem Vergleich der faseroptischen Diagnostik mit klinischer und röntgenologischer Diagnostik zu dem Ergebnis, dass die faseroptische Diagnostik der klinischen Diagnostik überlegen ist, aber die röntgenologische die faseroptische Diagnostik übertrifft. (20). Bissflügelaufnahmen sind bei geschlossenem Approximalraum nach wie vor der Goldstandard in der Kariesdiagnostik (62, 85, 86, 100). Sie ermöglichen in der Regel eine bessere Diagnose als alleinige klinische Untersuchungen. 66 % der approximalen kariösen Läsionen an Milchmolaren werden ohne Röntgen übersehen (30). Allerdings hat auch diese Diagnostikmethode Defizite (50). Als modernstes Diagnosehilfsmittel wird die Laserfluoreszenz diskutiert. Sie soll einerseits bei korrekter Anwendung im okklusalen Bereich Sensitivitäten ähnlich des Röntgens aufweisen oder sogar höhere (57, 63, 92). Andererseits kann der DIAGNOdent pen das Röntgen zur approximalen Kariesdiagnostik noch nicht ersetzen. Die Messwerte des DIAGNOdent pen sind zwar reproduzierbar und es lässt sich einem Messwert eine definierte Kariesintensität zuordnen (2, 47). Das konnte auch in dieser Studie nachgewiesen werden, aber die tatsächliche Tiefe der Läsion ist histologisch nicht belegt.

Zur diagnostischen Interpretation der Fluoreszenzmesswerte wurden Hinweise für die Therapie in Abhängigkeit vom Anzeigewert des DIAGNOdent-Gerätes erstellt und von der Firma KaVo auch in der Arbeitsanleitung des DIAGNOdent pens publiziert (63). Beim Vorliegen einer tiefen Schmelzkaries sollten das Kariesrisiko, die Kariesaktivität und das Recallintervall des einzelnen Patienten zum Therapieentscheid herangezogen werden. Bei hohem Kariesrisiko kann es notwendig werden, schon bei einem Messwert zwischen 21 und 29 minimalinvasiv vorzugehen (59). Eine Untersuchung von Braun aus dem Jahre 2000 bestätigt, dass der Wert 30 als sinnvolle Grenze zwischen präventiven und dem Übergang zum restaurativen Vorgehen im bleibenden Gebiss

festgelegt werden kann (6). Verschiedene Studien belegen eine hohe Reproduzierbarkeit der Messungen für die Kariesdiagnostik im okklusalen Bereich bleibender Zähne (57, 63, 92). Seit 2006 unterscheidet man bei der Kariesdiagnostik mittels DIAGNOdent pen die Einteilung der Messwerte nach Lage der Kavität (okkusal oder approximal). Klinische Studien für das Milchgebiss im approximalen Bereich fehlen.

Die von Lussi et al. (59) und der Herstellerfirma KaVo herausgegebenen Therapieempfehlungen in Abhängigkeit von der Höhe des Messwertes erfordern immer die Interpretation des Messwertes im Einzelfall. Für den approximalen Bereich im Milchgebiss gibt der Hersteller noch keine konkreten Empfehlungen.

Aus den Ergebnissen der vorliegenden Studie lässt sich schlussfolgern, dass die Zuordnung der von KaVo empfohlenen Klassifizierung der Messwerte für das Milchgebiss nicht praktikabel ist. Sie ist zu ungenau und lässt zu viele beginnende kariöse Läsionen unentdeckt. Mit der gewählten sensibleren Einteilung konnte eine Verschiebung der Diagnostik im Approximalbereich von Milchmolaren zu Gunsten der Schmelzkaries erzielt werden. Das hat den Vorteil, dass mehr prophylaktisch als invasiv therapeutisch gearbeitet werden kann, weil mehr Karies frühzeitig erkannt wird. In in-vitro-Studien von Mendes et al. (67) sowie Virajsilp et al. (98) konnten 2005 eine hohe Validität des DIAGNOdent-Gerätes bei Milchzähnen nachgewiesen werden. Auch klinisch kann das hier bestätigt werden. Der DIAGNOdent pen ist sehr zuverlässig, wenn die Messwerte richtig interpretiert werden. Er ist in der Lage, aufgrund von Fluoreszenzeigenschaften bakterieller Bestandteile nicht nur eine Karies zu diagnostizieren, sondern auch eine Aussage über die Tiefe der Läsion zu machen. Je höher der Messwert, desto größer die Läsion (6). Allerdings gestaltet sich die Differenzierung nach eingebrochener und nicht eingebrochener Oberfläche problematisch. Nach Pitts weisen 60 % der in der äußeren Hälfte des Schmelzes gelegenen Karies keine Kavitation auf (81). Dies kann klinisch nur nach Separieren der Zähne differenziert werden.

Anlehnend an diverse Studien (60, 67, 95, 98) wurden die Werte zwischen 0 und 9 als weitestgehende Kariesfreiheit interpretiert. Bei Werten zwischen 10 und 16 soll eine oberflächliche Schmelzkaries sehr wahrscheinlich sein. Hier

sollten Prophylaxemaßnahmen durchgeführt werden. Ab Werten zwischen 17 und 25 kann auch im Milchgebiss eine tiefe Schmelzkaries vorliegen, und Werte ab 26 lassen eine Dentinbeteiligung erwarten. Die Einbeziehung weiterer Parameter, wie zum Beispiel Mundhygiene, Kariesrisiko und die Compliance des Patienten ist immer notwendig. Bei Patienten mit schlechter Mundhygiene kann es durchaus erforderlich sein, bei Werten zwischen 17 und 25 schon invasiv vorzugehen. Somit ist eine Regel der Form „ab diesem Messwert wird gebohrt“ sehr bedenklich. Der Erfolg von Remineralisierungsmaßnahmen hängt entscheidend von der Lage der kariösen Läsion und der Mitarbeit des Patienten ab. Häusliche und professionelle präventive Maßnahmen müssen aufeinander abgestimmt sein (5, 96). Es ist verständlich, dass eine Remineralisation von hygienisch leichter zugänglichen Bereichen (Glattflächen) prognostisch günstiger ist, als von Approximalflächen. Beim Vorliegen einer R2 im Röntgenbild ist eine Remineralisation nur dann sinnvoll, wenn eine optimale Compliance des Patienten in einem umfassenden Präventionskonzept gewährleistet ist.

Der Messwert des DIAGNOdent pen gibt keine Auskunft zur Oberflächenbeschaffenheit des Schmelzes (eingebrochen/nicht eingebrochen). Er macht auch keine Aussage zur Aktivität der Läsion, obwohl gerade dies therapeutisch besonders interessant wäre. Er misst die Fluoreszenz und bestimmt, ob Bakterienstoffwechselprodukte da sind oder nicht. Es kann aber durchaus sein, dass keine Mikroorganismen mehr nachweisbar sind und die Karies inaktiv ist (53). Problematisch ist daher die Unterscheidung zwischen einer aktiven und nicht aktiven Karies. Aus diesen Bedenken heraus schlussfolgerte Kunzelmann 2003, dass „man den Therapieentscheid nicht auf der Grundlage eines aktuellen Messwertes, sondern auf der Grundlage einer deutlichen Zunahme des Messwertes zu verschiedenen Zeiten fällen sollte“ (53). Die Kontrolle der Messwerte zu unterschiedlichen Terminen kann auch das Prophylaxekonzept unterstützen. So kann der Erfolg oder Misserfolg von Remineralisierungsmaßnahmen überprüft werden.

Leider fehlen zur Bestätigung der auf die Messwerte bezogenen Therapieempfehlungen evidenzbasierte Studien (53). Der Messwert wird erzielt aus einer punktuellen Messung. Kann die Sonde im Approximalbereich die

kariöse Läsion nicht optimal erreichen, wird der Messwert zu niedrig eingestuft. Dabei gibt es immer einen Überlappungsbereich, in dem je nach Lage des „Cut-Off-Punktes“ die Patienten in kariös oder nicht kariös eingeordnet werden. Deshalb ist die Auswahl des „Cut-Off-Punktes“ sorgfältig vorzunehmen und kann individuell variieren. Das lässt sich auch aus der vorliegenden Arbeit ableiten: Aus den Ergebnissen der ROC-Analyse wird ersichtlich, dass bei einem Messwert bis 7 die Sensitivität und Spezifität am höchsten sind. Anlehnend an die Ergebnisse der vorliegenden Studie kann bei Messwerten von 0 bis 7 von einer Kariesfreiheit ausgegangen werden. Höhere Messwerte lassen eine Karies vermuten. Da der Cut-Off-Wert hier für speziell für Milchmolaren ermittelt wurde und niedriger ist als 9, sollten die Grenzwerte der messwertbasierten Karieseinteilung besonders kritisch betrachtet werden. Eine noch sensiblere Einteilung, als die bisher gewählte kann für das Milchgebiss sinnvoll sein. Sie sollten somit nur als Hinweis zu einer möglichen Therapie verstanden werden. Grundlage einer Therapieentscheidung ist immer der individuelle Befund eines Patienten. Eine zielgerichtete und umfassende Diagnostik sollte die Grundlage jeder Behandlungsplanung sein. Es müssen meist mehrere Befunde zusammengetragen werden, um die Behandlungsbedürftigkeit, die Ursache der Erkrankung und somit die Therapiemöglichkeiten ermitteln zu können.

Optimiert wird die Reproduzierbarkeit der Fluoreszenzmessung durch Sichtbarmachen der gesamten Zahnoberfläche, im Sinne einer „Fluoreszenzkarte“. Dies wird technisch durch die Vista Proof von Dürre Dental umgesetzt. Dem Betrachter wird somit ein virtuelles Bild der Zahnkontur geliefert und in unterschiedlichen Farbabstufungen kariöse und gesunde Zahnschubstanz dargestellt. Dies ermöglicht ein schnelles Abtasten und Befunden des gesamten Zahnes, mit Ausnahme der Approximalflächen. Zur Absicherung der Diagnose im Approximalbereich empfiehlt sich die Anwendung des DIAGNOdent pens und das Anfertigen eines Röntgenbildes (15).

Die Laserfluoreszenz macht keine der bisherigen Diagnosemethoden überflüssig. Sie stellt jedoch eine wertvolle Ergänzung dar. Durch den zusätzlichen Informationsgewinn hilft sie die Schwächen der bisherigen Diagnoseverfahren auszugleichen und wirkt unterstützend. Die Stärken dieser

Untersuchungsmethode liegen im minimalinvasiv und präventiv orientierten Kariesmanagement. Die Kombination der verschiedenen Diagnosemethoden wird so zu einer hohen individuellen Therapiesicherheit führen.

## 7 Schlussfolgerungen

Eine zielgerichtete und umfassende Diagnostik ist die Grundlage jeder Behandlungsplanung. Es müssen meist mehrere Befunde zusammengetragen werden, um die Behandlungsbedürftigkeit, die Ursache der Erkrankung und somit die Therapiemöglichkeiten ermitteln zu können.

Zum Befunden gibt es heute diverse Möglichkeiten, diese reichen von der konventionellen klinischen Inspektion über das Röntgen bis hin zu den modernen Methoden der Kariesdedektion. Neuentwicklungen verbreitern die Datenbasis und ergänzen eine sichere Diagnostik.

Eine ideale Methode zur Kariesdiagnostik sollte es ermöglichen, den gesamten Prozess, angefangen bei der initialen Karies bis zum Kavitationsstadium zu erfassen.

Bissflügelaufnahmen sind der Goldstandard in der Diagnostik der Approximalkaries. In der vorliegenden Studie wurden eine Sensitivität von 63,5% und eine Spezifität von 97,6 % ermittelt. Problematisch sind bei der Röntgendiagnostik die initialen kariösen Läsionen, da Demineralisationen mit weniger als 20 % Mineralverlust (93) nicht erkannt werden. Durch Überlagerungen der interproximalen Schmelzbereiche können Defizite bei der Diagnostik entstehen.

Der DIAGNOdent pen lässt sich auch im Approximalbereich von Milchmolaren einsetzen. Jedoch gestaltet sich die Messung teilweise als schwierig. Sehr enge Approximalräume erlauben nur eine geringe Eindringtiefe der Messsonde. Das kann dazu führen, dass das Laserlicht die eventuelle Karies nicht optimal erreicht und somit das Ergebnis verfälscht ist. Wichtig ist deshalb, im Milchgebiss das Messergebnis an einer sensibleren Skala zu messen als von der Firma KaVo angegeben wird. Der Schmelz der Milchmolaren ist dünner als der von bleibenden Molaren, so dass Karies schneller in den Dentinbereich vordringen kann. Das Öffnen des Approximalraumes kann die Diagnosefindung

stark beeinflussen. Besonders das Auffinden von initialen Läsionen gestaltet sich bei sehr engen Kontakten unter Anwendung der herkömmlichen Skalierung als nahezu unmöglich. Wendet man die Einteilung der Herstellerfirma an, so liegt die Sensitivität zwischen 36 % bei geschlossenem und 66 % bei geöffnetem Approximalraum. Diese Einteilung wurde eigentlich für Okklusalkaries kalibriert, welche direkt mit der Sonde beurteilbar ist. Bei der Approximalkaries im Milchgebiss hat das Laserlicht durch die besonders engen Interdentalräume sozusagen einen „längeren Weg“. Deshalb wurde eine etwas sensiblere Einteilung erstellt. Dadurch konnte die Sensitivität bei geschlossenem Approximalraum auf 67 % (Forschungssonde) bzw. 78 % (herkömmliche Sonde) über das Röntgenniveau angehoben werden. Bei geöffnetem Approximalraum konnte eine Sensitivität bis zu 89 % nachgewiesen werden.

Der DIAGNOdent pen stellt ein sehr gutes Dedektionshilfsmittel in der Kariesdiagnostik dar. Um reproduzierbare Messwerte zu erhalten, ist es wichtig, gewisse Rahmenbedingungen einzuhalten. Die Interpretation der Ergebnisse im Sinne einer Regel wie „von diesem Messwert an wird gebohrt“, ist sehr bedenklich und die nachfolgenden Therapieentscheidungen dürfen keinesfalls einem Automatismus unterliegen. Die Einbeziehung weiterer Parameter, wie zum Beispiel Mundhygiene, Kariesrisiko und klinisches Erscheinungsbild der Karies ist immer erforderlich.

Die Korrelation der Messwerte mit der Behandlungsbedürftigkeit schwankt und ist abhängig von der zu beurteilenden Kariesart.

## 8 Zusammenfassungen

### 8.1 Zusammenfassung

Neben dem Fissuren- ist der Approximalbereich die häufigste Lokalisation für Karies. Aufgrund der Anatomie der Milchmolaren entziehen sich proximale kariöse Defekte bei Engstand im Frühstadium der Diagnose durch Spiegel und Sonde. Deswegen müssen zusätzliche Verfahren eingesetzt werden, um diesem Problem vorzubeugen. Zur Kariesdiagnostik stehen verschiedene Verfahren zur Verfügung. Die Firma KaVo nutzt die Laserfluoreszenz zur Detektion. Ursprünglich konnte mit dem DIAGNOdent-Gerät nur okklusale Karies erkannt werden (56, 61, 62, 65, 66). Neue Ergebnisse liegen auch über die Anwendbarkeit und Effizienz der Kariesdiagnostik mittels Laserfluoreszenz „DIAGNOdent pen“ im Approximalbereich von bleibenden Zähnen vor (60, 95). Klinische Studien im Approximalbereich von Milchmolaren fehlen aber leider bislang. Zwischen den Milchmolaren liegt ein Ort höchster Karieswahrscheinlichkeit vor und durch die schlechte Einsehbarkeit auch ein Ort größter Irrtumswahrscheinlichkeit (32, 51, 54, 88).

In der vorliegenden Studie wurde im experimentellen Teil der DIAGNOdent pen im Approximalbereich zwischen dem ersten und zweiten Milchmolaren angewandt und die Sensitivität sowie die Spezifität im Vergleich zu Bissflügelaufnahmen und gegenüber visueller Inspektion nach Separieren der Milchmolaren bestimmt.

Untersucht wurden die Approximalflächen der Milchmolaren von 31 Kindern im Alter zwischen 4 und 9 Jahren.

Nach den Auswahlkriterien wurden 231 Zahnzwischenraumflächen von Milchmolaren mit dem DIAGNOdent pen von bukkal und lingual/palatinal untersucht und jeweils der Mittelwert aus drei Messungen genommen. Für die Messungen standen zwei verschiedene Approximalraumsonden zur Verfügung: die käufliche Messsonde des DIAGNOdent pens und eine Forschungssonde. Diese ist graziler gestaltet und gelangt deswegen tiefer in den Approximalraum, aber die Fläche des emittierenden und messenden Laserfensters ist kleiner. Jedem Messwert der Sonden kann laut Herstellerangaben eine definierte

Kariesintensität zugeordnet werden. Diese Zuordnung wurde von Lussi aus seinen Ergebnissen mit dem DIAGNOdent-Gerät, welches nur für okklusale Detektion diente, vorgenommen (59, 63). 2006 publizierten Lussi und Mitarbeiter Unterschiede bei der Klassifizierung der Messwerte nach der zu beurteilenden Zahnfläche (okkusal oder approximal). Bei unserer Untersuchung haben wir nach dem Auswerten der Röntgenbilder und Beurteilung der klinischen Situation nach Separieren der Approximalflächen die Kariesintensität für den jeweiligen Zahn festgelegt und einen Therapieentscheid getroffen. Die tatsächlich klinisch vorliegende Kariesintensität wurde mit den Messergebnissen des DIAGNOdent pens verglichen, die Sensitivität, Spezifität sowie positiver bzw. negativer prädiktiver Wert und der Kappa-Koeffizient für die jeweilige Sonde und Messung bestimmt. Die Messwerte der Forschungs- und ursprünglichen Sonde differieren. Der Gewinn an Zugänglichkeit und Nähe der Forschungssonde zur fluoreszierenden kariösen Läsion kann den Verlust an Detektionsfläche nicht ausgleichen.

Die Einteilung der Firma KaVo (Werte von 0 bis 13: keine Karies, Werte von 14 bis 20: oberflächliche Schmelzkaries, Werte von 21 bis 29: tiefe Schmelzkaries, Werte über 30: Dentinkaries) zur Beurteilung des Messwertes ist für das Milchgebiss nicht geeignet. Mit einer Neueinteilung, die schon 2006 von Lussi vorgeschlagen wurde, (Werte 0 bis 9: keine Karies, Werte 10 bis 16: oberflächliche Schmelzkaries, Werte 17 bis 25: tiefe Schmelzkaries, Werte über 26: Dentinkaries) konnte die Klassifizierung der Messwerte verändert werden.

Die Aussagen über die Sensitivität und Spezifität beziehen sich bei unserer Studie nur auf die Messwerte für Kariesfreiheit und Schmelzkaries. Die Sensitivität konnte hier bei geschlossenem Approximalraum für Kariesfreiheit auf 67 % (Forschungssonde) bzw. 78 % (käufliche Sonde) über das Röntgenniveau (63,5 %) angehoben werden. Bei geöffnetem Approximalraum wurde eine Sensitivität von 75 und 89 % nachgewiesen. Der DIAGNOdent pen erkennt die Karies in allen Stadien. Mit der sensibleren Einteilung wurde Schmelzkaries früher erkannt. Das hat den Vorteil, dass mehr prophylaktisch als invasiv therapeutisch gearbeitet werden kann. Die Messwerte korrelieren gut mit dem Charakter der Läsion. Für diese Studie wurde zum uneindeutigen Begutachten der Schmelzoberfläche sogar der Approximalraum geöffnet.

Aus den Ergebnissen der ROC-Analyse wird ersichtlich, dass bei einem Messwert bis 7 die Sensitivität und Spezifität für Kariesfreiheit am höchsten sind. Höhere Messwerte lassen eine Karies vermuten. Da der Cut-Off-Wert hier speziell für Milchmolaren ermittelt wurde und niedriger als 9 ist, sollten die Grenzwerte der Karieseinteilung bezogen auf die Messwerte besonders kritisch betrachtet werden. Eine noch sensiblere Einteilung, als die von Lussi 2006 gewählte, kann für das Milchgebiss sinnvoll sein.

Kumulative Effekte bei benachbarten kariösen Zähnen konnten nicht nachgewiesen werden. Die Sonden sind so gestaltet, dass sie das Laserlicht in eine manuell definierbare Richtung abgeben und deshalb gezielt nur eine Approximalfläche beurteilen.

Die Laserfluoreszenz macht keine der bisherigen Diagnosemethoden überflüssig. Sie stellt jedoch eine wertvolle Ergänzung dar. Durch den zusätzlichen Informationsgewinn hilft sie die Schwächen der bisherigen Diagnoseverfahren auszugleichen und wirkt unterstützend. Die Stärken dieser Untersuchungsmethode liegen im minimalinvasiv und präventiv orientierten Kariesmanagement. Die Kombination der verschiedenen Diagnosemethoden wird so zu einer hohen individuellen Therapiesicherheit führen.

## 8.2 Summary

Proximal surfaces, together with fissures, are the areas where most primary caries occur. Due to the anatomy of the deciduous molars, proximal caries cannot be detected at an early stage in crowded teeth by simply using a mirror and probe. Therefore, additional methods to find early proximal caries have to be used. Various approaches are available for diagnosing caries.

KaVo uses laser fluorescence to detect caries. Originally, the DIAGNOdent devices were able to detect only occlusal caries (56, 61, 62, 65, 66). New results are now also available regarding the suitability and efficiency of caries detection in the proximal area in permanent teeth using the laser fluorescence device "DIAGNOdent pen" (60, 95). There are, however, no clinical studies on the diagnosis of proximal caries in deciduous molars. The prevalence of caries in the deciduous dentition is highest on the distal surface of the first molars and

the mesial surface of the second molars. Due to their low accessibility, these areas are also where false diagnoses are most likely to occur (32, 51, 54, 88).

For the experimental part of the present study, the DIAGNOdent pen was used in the proximal area between the first and the second deciduous molar. The results were compared with those obtained from bite-wing radiography and visual inspection after separation of the deciduous molars. The proximal surfaces of deciduous molars of 31 children between 4 and 9 years of age were examined. Overall, 231 “seemingly” healthy intradental areas of deciduous molars were examined from the buccal and lingual/palatinal aspect using the DIAGNOdent pen. The average value resulting from three measurements was used. Two different proximal probes were available for the measurements: the commercial measuring probe of the DIAGNOdent pen and a thinner experimental probe, with which deeper access to the proximal area is possible; however, the laser tip of the second probe is smaller. According to the manufacturer, each measured value can be assigned to a specific depth of penetration of the caries. This classification was made by Lussi according to the results he had obtained with the DIAGNOdent device in measuring occlusal caries (59, 63). In 2006, Lussi et al. published a paper on the differences in the classification of the measured values according to the tooth area in question (occlusal vs. proximal). The classification of KaVo (values from 0 to 13: no caries, values from 14 to 20: superficial enamel caries, values from 21 to 29: deep enamel caries, values above 30: dentin caries) for the evaluation of the measured values is not appropriate for the deciduous dentition. The classification which was proposed by Lussi in 2006 for proximal caries in the second dentition (values from 0 to 9: no caries, values from 10 to 16: superficial enamel caries, values from 17 to 25: deep enamel caries, values above 26: dentin caries) could be more appropriate also for the deciduous dentition.

In the present analysis, the depth of the caries lesion for each tooth and a therapeutic approach were determined following the evaluation of the radio images and the clinical situation after separation of the proximal areas. The clinically determined actual depth of penetration was then compared with the values obtained using the DIAGNOdent pen. The following parameters were

calculated in order to compare the frequency of true positive and negative diagnoses of the DIAGNOdent pen with that of the clinical/radiological diagnosis: sensitivity, specificity, positive and negative predictive value as well as the Kappa coefficient as a value indicating the level of correspondence between two raters – in this case the measurement of the probes of the DIAGNOdent pen and the actual caries intensity. In this study, sensitivity and specificity refer only to those measured values which distinguish between the absence of caries and the presence of enamel caries. Cumulative effects caused by adjacent teeth affected by caries could not be demonstrated. The probes are designed in such a way that they emit the laser light only in one, manually adjusted direction so that only one proximal surface is irradiated.

The values obtained from the experimental and the original probe differed; the increase in accessibility to the fluorescent caries lesion and the heightened proximity of the experimental probe could not compensate for the loss of detection surface.

The sensitivity of the experimental probe in detecting a closed proximal area was 67 %, that of the original probe 78 %. Both probes deliver results that are superior to the level achieved by radiological examination (63.5 %). The sensitivity in opened proximal areas was 75 % and 89 %, respectively. The DIAGNOdent pen detected caries at all stages (early caries to dentin caries). A good correlation between the type of lesion and the measured values was found. With the more sensitive classification, enamel caries was detected at an early stage, which allowed the lesions to be treated prophylactically instead of therapeutically using invasive methods.

An ROC analysis was carried out. The graph used shows the specificity and the sensitivity for various discrimination thresholds. Therefore, a reference range for the highest specificity or sensitivity can be selected. The ROC analysis showed that the specificity and sensitivity for the absence of caries was highest with a measured value of 7 or less. In future, it is advisable to adjust the classification of the measured values for proximal caries in deciduous molars to an even lower level than that proposed by Lussi (2006).

Laser fluorescence does not render any of the existing diagnostic approaches obsolete; however, it represents a valuable supplement. The strength of this examination method lies in its minimally invasive caries management approach which focuses on prevention. The combination of various diagnostic techniques therefore helps to ensure that each patient receives the best possible treatment.

## 9 Literaturverzeichnis

1. Alfano RR, Yao SS. Human teeth with and without dental caries studied by visible luminescent spectroscopy. *J Dent Res* 1981, 60: 120-122.
2. Aljehani A, Yang L, Shi XQ. In vitro quantification of smooth surface caries with DIAGNOdent and the DIAGNOdent pen. *Acta Odontol Scand* 2007, 65: 60-63.
3. Basting RT, Serra MC. Occlusal caries: diagnosis and noninvasive treatments. *Quintessence Int* 1999, 30: 174-178.
4. Bergmann K. Zahnkaries von Kindern in Deutschland. 2000. <http://www.dgkj.de/250.html#71>.
5. Borutta A, Möbius S, Hufnagel S, Reuscher G. Kariesinhibierende Wirkung von Fluoridlacken bei Vorschulkindern mit erhöhtem Kariesrisiko – Ergebnisse nach zweijähriger Beobachtungszeit. *Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde* 2006, 28: 103-109.
6. Braun A. Vergleich der histologischen Kariesausdehnung im Schmelz mit Ergebnissen der Laserfluoreszenz-Messung. *Zeitschrift für LaserZahnheilkunde* 2000, 2: 75.
7. Braun A, Frentzen M, Nolden R. Beeinflussung der Laserfluoreszenz-Messung durch Zahnreinigungsmaßnahmen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1999, 54, 195-197.
8. Braun A, Krause F, Jepsen S. The influence of the calibration mode of a laser fluorescence device on caries detection. *Caries Res* 2005, 39: 144-149.
9. Brown LJ, Selwitz RH. The impact of recent changes in the epidemiology of dental caries on guidelines for the use of dental sealants. *J Public Health Dent* 1995, 55: 274-291.
10. Buddecke E. Grundriss der Biochemie für Studierende der Medizin, Zahnmedizin und Naturwissenschaften. 8. Aufl. De Gruyter: Berlin New York 1989.
11. Daniel CN, Chan DMD. Current methods and criteria for caries diagnosis in North America. *J Dent Educ* 1993, 57/6: 145-147.
12. Davidson F. Röntgenstrahlen und Zahnheilkunde. *Zahnärztliches Rundschreiben* 1910, 19: 479-480.
13. De Cassan K. Kariesbakterien. 2004. [http://www.Zahnwissen.de/frameset\\_lexi.htm?lexikon\\_ka-km.htm](http://www.Zahnwissen.de/frameset_lexi.htm?lexikon_ka-km.htm).

14. de Vries HC, Ruiken HM, König KG, van 't Hof MA. Radiographic versus clinical diagnosis of approximal carious lesions. *Caries Res* 1990, 24: 364-370.
15. Eberhart J, Frentzen M, Thoms M. Neue optische Methoden zur Kariesdetektion. Fluoreszenzbasierte Verfahren zur Erkennung nichtkavierter Läsionen. *ZWR* 2007, 116/4: 148-151.
16. Ekstrand K, Qvist V, Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing in occlusal surfaces. *Caries Res* 1987, 21: 368-374.
17. Ekstrand KR, Bruun G, Bruun M. Plaque and gingival status as indicators for caries progression on approximal surfaces. *Caries Res* 1998, 32: 41-45.
18. Hafstrom-Bjorkman U, Sundstrom F, de Josselin de Jong E, Oliveby A, Ängmar-Mansson B. Comparison of laser fluorescence and longitudinal microradiography for quantitative assessment of in vitro enamel caries. *Caries Res* 1992, 26: 241-247.
19. Hahn W. Kinderzahnheilkunde – eine interdisziplinäre Aufgabe. Hauser: München Wien 1995.
20. Heinrich R, Künzel W, Tawfiq H. Approximale Kariesdiagnostik – Vergleich klinischer, faseroptischer und röntgenographischer Diagnostikverfahren (Approximalkariesdiagnostik). *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl* 1991, 79: 535-542..
21. Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. Urban & Fischer, München 1999.
22. Hibst R. Laser: Aktueller Stand und neue Entwicklungen. *Zahnärztl Mitt* 2001, 91: 10.
23. Hibst R. Optische Methoden zur Kariesdiagnose. *ZWR*.1999, 108/1-2: 50-55.
24. Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of occlusal caries by laser fluorescence: Basic and clinical investigation. *Med Laser Appl* 2001, 16: 205-213.
25. Hilgers R-D, Bauer P, Scheiber V. Einführung in die Medizinische Statistik. 2. Aufl. Springer: Berlin Heidelberg New York. 2007.
26. Hintze H, Wenzel A, Danielsen B, Nyvad B. Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces. *Caries Res* 1998, 32: 204-209.

27. Hoffmann-Axthelm W. Lexikon der Zahnmedizin. 11. Aufl. Quintessenz: Berlin Chicago London São Paulo Tokio Moskau Prag Warschau Sofia. 1995.
28. Hollinger C. Verwendung der zahnärztlichen Sonde im Rahmen der Kariesdiagnostik. Zahnärztl Gesundheitsdienst 2001: 6-7.
29. Holt RD, Azevedo MR. Fibre optic transillumination and radiographs in diagnosis of approximal caries in primary teeth. Community Dent Health 1989, 6: 239-247.
30. Hotz P. Milchzahnkaries, Bedeutung des Röntgenbildes. Schweiz Monatsschr Zahnmed 1977, 87: 416-421.
31. Ismail AI. Clinical diagnosis of precavitated carious lesions. Community Dent Oral Epidemiol 1997, 25: 13-23.
32. Johnson DC. Kariesformen bei Kindern im Vorschulalter. Dentalreport 1984, 3: 1-16.
33. 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, 52: 64-68.
34. KaVo. Gebrauchsanweisung DIAGNOdent pen. 2006.
35. Keyes PH, Fitzgerald RJ. Dental caries in the Syrian hamster. IX. Arch Oral Biol 1962, 7: 267-277.
36. Kidd EA. How 'clean' must a cavity be before restoration? Caries Res 2004, 38: 305-313.
37. Klimek J, Hellwig E. Kariesätiologie und -diagnose. In: Heidemann D (Hrsg) Kariologie und Füllungstherapie. Praxis der Zahnheilkunde Bd. 2, Urban & Schwarzenberg: München Wien Baltimore 1999.
38. Koch G, Modéer T, Poulsen S, Rasmussen P. Kinderzahnheilkunde ein klinisches Konzept. Quintessenz: Berlin Chicago London São Paulo Tokio. 1994.
39. König K. Ätiologie von Karies, besonders die Rolle von Zuckern. Dtsch Zahnärztl Z 1987, 42: 20-29.
40. König K, Flemming G, Hibst R. Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand) 1998, 44: 1293-300.
41. König K, Schneckenburger H, Hibst R. Time-gated in vivo autofluorescence imaging of dental caries. Cell Mol Biol (Noisy-le-grand) 1999, 45: 233-239.

42. Krämer N Frankenberger R. Füllungstherapie im Milchgebiss. Einwag J, Pieper, K. (Hrsg.) Kinderzahnheilkunde, Praxis der Zahnheilkunde. Urban & Fischer München Wien Baltimore. 2007: 161-186.
43. Krämer N. Kinderzahnheilkunde: Mundgesundheit heute. Dtsch Zahnärztebl 2006, 115/4: 126-132.
44. Krämer N, Frankenberger R. Füllungstherapie im Milchgebiss. Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde 2004, 26: 78-84.
45. Krasse B. The Vipeholm Dental Caries Study: recollections and reflections 50 years later. J Dent Res 2001, 80/9: 1785-1788.
46. Krone M. Geringe Strahlenbelastung durch Röntgen beim Zahnarzt. Zahnärztl Mitt 2001, 91/7: 754.
47. Kühnisch J, Bucher K, Henschel V, Hickel R. Reproducibility of DIAGNOdent 2095 and DIAGNOdent Pen measurements: results from an in vitro study on occlusal sites. Eur J Oral Sci 2007, 115: 206-211.
48. Kühnisch J, Bucher K, Hickel R. The intra/inter-examiner reproducibility of the new DIAGNOdent pen on occlusal sites. J Dent 2007, 35: 509-512.
49. Kühnisch J, Dietz W, Butz C. Ist die zahnärztliche Sonde noch ein zeitgemäßes Diagnoseinstrument? Quintessenz 2003, 54/10: 1049-1054.
50. Kühnisch J, Pasler F, Bücher K, Hickel R, Heinrich-Weltzien R. Welche röntgenologischen Effekte erschweren die Auswertung von Bissflügelaufnahmen. Quintessenz 2007, 3/07: 179-183.
51. Künzel W, Toman J. Kinderzahnheilkunde. Hüthig: Heidelberg 1984.
52. Kunzelmann K. Kariesdiagnose, -monitoring und Digitalfotografie. Dental Magazin 2005, 1: 42- 48.
53. Kunzelmann K. Kariesdiagnostik und Risikotests – Marketinggag oder essenziell. Dental Magazin 2003, 1: 26.
54. Lehma A, Rojas G, Heß D. Zur Mundgesundheit der Kinder und Jugendlichen im Land Brandenburg: Ministerium für Arbeit und Soziales. 1995.
55. Loesche WJ, Svanberg ML, Pape HR. Intraoral transmission of Streptococcus mutans by a dental explorer. J Dent Res 1979, 58: 1765-1770.
56. Lussi A. Comparison of different methods for the diagnosis of fissure caries without cavitation. Caries Res 1993, 27: 409-416.

57. Lussi A. Laserinduzierte Fluoreszenz zur Erkennung von Okklusalkaries. *Acta Med Dent Helv* 2000, 5/2: 15-19.
58. Lussi A, Francescut P, Jaeggi T. Neue Methoden in der Frühdiagnostik der Fissurenkaries. *Prophylaxe Dialog* 2001, 1: 5-7.
59. Lussi A, Francescut P, Schaffner M. Neue und konventionelle Methoden zur Diagnose von Karies. *Quintessenz* 2003, 10: 1037-1046.
60. Lussi A, Hack A, Hug I, Heckenberger H, Megert B, Stich H. Detection of approximal caries with a new laser fluorescence device. *Caries Res* 2006, 40: 97-103.
61. Lussi A, Hibst R, Paulus R. DIAGNOdent: an optical method for caries detection. *J Dent Res* 2004, 83 Spec No C: C80-83.
62. Lussi A, Hotz P. Die Approximal- und Glattflächenkaries. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1995, 53: 175-182.
63. 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, 33: 261-266.
64. 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.
65. Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detection of occlusal caries lesions. *Eur J Oral Sci* 2001, 109: 14-19.
66. Lussi A, Schaffner M. Diagnose und Therapie der Karies. *Schweiz med Forum* 2002, 8: 166-170.
67. Mendes FM, Siqueira WL, Mazzitelli JF, Pinheiro SL, Bengtson AL. Performance of DIAGNOdent for detection and quantification of smooth-surface caries in primary teeth. *J Dent* 2005, 33: 79-84.
68. Miller WD. Die Mikroorganismen der Mundhöhle. Nachdruck der englischen Ausgabe von 1890. Karger: Basel 1973.
69. Mitropoulos CM. A comparison of fibre-optic transillumination with bitewing radiographs. *Br Dent J* 1985, 159: 21-23.
70. Mitropoulos CM. The use of fibre-optic transillumination in the diagnosis of posterior approximal caries in clinical trials. *Caries Res* 1985, 19: 379-384.
71. Myers DR. Zahnärztliche Röntgenologie im Kindesalter. Johann Ambrosius Barth: Leipzig 1984.

72. Pascon F, Kantovitz KR, Caldo-Teixeira AS, Borges AF, Silva TN, Puppini-Rontani RM, Garcia-Godoy F. Clinical evaluation of composite and compomer restorations in primary teeth: 24-month results. *J Dent* 2006, 34: 381-388.
73. Pasler FA. *Zahnärztliche Radiologie: 3. Aufl.* Thieme: Stuttgart New York 1995.
74. Peers A, Hill FJ, Mitropoulos CM, Holloway PJ. Validity and reproducibility of clinical examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiology for the diagnosis of small approximal carious lesions: an in vitro study. *Caries Res* 1993, 27: 307-311.
75. Penning C, van Amerongen JP, Seef RE, ten Cate JM. Validity of probing for fissure caries diagnosis. *Caries Res* 1992, 26: 445-449.
76. Pereira AC, Verdonschot EH, Huysmans MC. Caries detection methods: can they aid decision making for invasive sealant treatment? *Caries Res* 2001, 35: 83-89.
77. Pieper K, Jablonski-Momeni A. Prävalenz der Milchzahnkaries in Deutschland. *Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde* 2008, 30: 6-10.
78. Pieper K, Momeni A. Grundlagen der Kariesprophylaxe. *Dtsch Ärztebl* 2006, 103/15: 1003-1009.
79. Pilz M, Plattner C, Taatz H. *Grundlagen der Kariologie und Endodontie – ein Fachbuch für Studium, Praxis und Weiterbildung.* 3. Aufl. Johann Ambrosius Barth: Leipzig 1980.
80. Pitts NB. Systems for grading approximal carious lesions and overlaps diagnosed from bitewing radiographs. Proposals for future standardization. *Community Dent Oral Epidemiol* 1984, 12: 114-122.
81. Pitts NB. The use of bitewing radiographs in the management of dental caries: scientific and practical considerations. *Dentomaxillofac Radiol* 1996, 25: 5-16.
82. Pitts NB, Kidd EA. Some of the factors to be considered in the prescription and timing of bitewing radiography in the diagnosis and management of dental caries. *J Dent* 1992, 20: 74-84.
83. Poorterman JH, Aartman IH, Kalsbeek H. Underestimation of the prevalence of approximal caries and inadequate restorations in a clinical epidemiological study. *Community Dent Oral Epidemiol* 1999, 27: 331-337.
84. Reich E. Neue Instrumente zur Kariesdiagnose. *Zahnärztl Mitt* 2000, 23: 44-50.

85. Ricketts DN, Kidd EA, Beighton D. Operative and microbiological validation of visual, radiographic and electronic diagnosis of occlusal caries in non-cavitated teeth judged to be in need of operative care. *Br Dent J* 1995, 179: 214-220.
86. Ricketts DN, Kidd EA, Smith BG, Wilson RF. Clinical and radiographic diagnosis of occlusal caries: a study in vitro. *J Oral Rehabil* 1995, 22: 15-20.
87. Rocha RO, Ardenghi TM, Oliveira LB, Rodrigues CR, Ciamponi A. In vivo effectiveness of laser fluorescence compared to visual inspection and radiography for the detection of occlusal caries in primary teeth. *Caries Res* 2003, 37: 437-441.
88. Schiffner U, Reich E. IDZ Dritte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMSIII): Ergebnisse, Trends und Problemanalysen auf der Grundlage bevölkerungsrepräsentativer Stichproben in Deutschland. Deutscher Ärzte-Verlag: Köln 1999.
89. Schildowski M. Spezielle Anforderungen an die Kariesprophylaxe im Wechselgebiss. *ZWR* 2006, 114/4: 149-152.
90. Schröder H. Pathobiologie oraler Strukturen: Zähne, Pulpa, Parodont. Thieme: Stuttgart New York 1997.
91. Sharon IM, Feller RP, Burney SW. The effects of lights of different spectra on caries incidence in the golden hamster. *Arch Oral Biol* 1971, 16: 1427-1432.
92. Shi XQ, Welander U, Ångmar-Mansson B. Occlusal caries detection with KaVo DIAGNOdent and radiography: an in vitro comparison. *Caries Res* 2000, 34: 151-158.
93. Sobkowiak EM, Rother U, Hingst V, Staecker W. Röntgendiagnostik bei Erkrankungen der Zahnhartgewebe – ihre Möglichkeiten und Grenzen. *Stomatol DDR* 1983, 33: 59-67.
94. Splieth C. Besonderheiten der Füllungstherapie im Milchgebiss. [http://www.dentall.de/Fachinformationen/Zahnmed\\_Fachgebiet/78\\_index+M5cc52145c22html](http://www.dentall.de/Fachinformationen/Zahnmed_Fachgebiet/78_index+M5cc52145c22html); 2003.
95. Stockleben C. Schmerzfrei und entspannt. *Dental Magazin* 2007, 6: 22-28.
96. Stösser L. Fluorid zur Prävention der Milchzahnkaries. *Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde* 2008, 30: 17-25.
97. van Dorp CS, Exterkate RA, ten Cate JM. The effect of dental probing on subsequent enamel demineralization. *ASDC J Dent Child* 1988, 55: 343-347.

98. 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, 27: 493-499.
99. Weber T. *Memorix-Zahnmedizin*. Thieme: Stuttgart New York 1990.
100. Weerheijm KL, Gruythuysen RJ, van Amerongen WE. Prevalence of hidden caries. *ASDC J Dent Child* 1992, 59: 408-412.
101. Yang J, Dutra V. Utility of radiology, laser fluorescence, and transillumination. *Dent Clin North Am* 2005, 49: 739-752.
102. Zimmer S. *Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie*. Habilitationsschrift: 2000.<http://edoc.hu-berlin.de/habilitationen/zimmer-stefan-2000-09-19/HTML/zimmer-ch2.html>.

## 10 Anhang

## 10.1 Tabellenanhang

## 10.1.1 Vergleich der DIAGNOdent pen-Messungen mit der Kariesintensität in Abhängigkeit von benachbarten kariösen Zahnflächen

Die Tabellen 10.1 - 10.4 veranschaulichen die Ergebnisse der Gegenüberstellung der Kariesintensität benachbarter Zähne und der Übereinstimmung zwischen dem DIAGNOdent pen-Befund und der tatsächlich klinisch vorliegenden Kariesintensität.

		Sonde A1-Kariesintensität			
		Karies- intensität unterschätzt	Karies- intensität korrekt bewertet	Karies- intensität unterschätzt	
Karies- intensität benach- barter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>9</b>	<b>164</b>	<b>0</b>
		Prozent	5,2 %	94,8 %	0
	beginnende Karies/ Deminerali- sation	Anzahl	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>0</b>
		Prozent	79,5 %	20,5 %	0
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	0
gesamt	Anzahl	<b>53</b>	<b>178</b>	<b>0</b>	
	Prozent	22,9 %	77,1 %		

Tab. 10.1: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent-Messung der Sonde A bei der ersten Messung im geschlossenen Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität

Sonde B1-Kariesintensität					
			Karies- intensität unterschätzt	Karies- intensität korrekt bewertet	Karies- intensität Überschätzt
Kariesin- tensität benach- barter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>6</b>	<b>166</b>	<b>1</b>
		Prozent	3,5 %	96,0 %	0,6 %
	beginnende Karies/ Deminerali- sation	Anzahl	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>0</b>
		Prozent	79,5 %	20,5 %	0,0 %
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	0,0 %
gesamt		Anzahl	<b>50</b>	<b>180</b>	<b>1</b>
		Prozent	21,6 %	77,9 %	0,4 %

Tab 10.2: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der ersten Messung im geschlossenen Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität

Sonde A2-Kariesintensität					
			Karies- intensität unterschätzt	Karies- intensität korrekt bewertet	Karies- intensität überschätzt
Karies- intensität benach- barter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>6</b>	<b>167</b>	<b>0</b>
		Prozent	3,5 %	96,5 %	0
	beginnende Karies/ Deminerali- sation	Anzahl	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
		Prozent	74,4 %	25,6 %	0
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	0
gesamt		Anzahl	<b>48</b>	<b>183</b>	<b>0</b>
		Prozent	20,8%	79,2%	0

Tab. 10.3: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde A bei der zweiten Messung im geschlossenen Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität

		Sonde B2-Kariesintensität			
			Karies- intensität unterschätzt	Karies- intensität korrekt bewertet	Karies- intensität überschätzt
Karies- intensität benach- barter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>10</b>	<b>163</b>	<b>4</b>
		Prozent	3,5 %	94,2 %	2,8 %
	beginnende Karies/ Deminerali- sation	Anzahl	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>0</b>
		Prozent	74,4 %	25,6 %	
	Karies	Anzahl	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>0</b>
		Prozent	63,2 %	36,8 %	0,0 %
gesamt	Anzahl	<b>47</b>	<b>180</b>	<b>4</b>	
	Prozent	20,3 %	77,9 %	1,7 %	

Tab. 10.4: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der zweiten Messung im geschlossenen Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität

Die Tabellen 10.5 -10.8 zeigen die Gegenüberstellung der Kariesintensität benachbarter Zähne mit der Übereinstimmung im Sinne Karies vorhanden und Karies nicht vorhanden.

		Sonde A1-Karies			
			nein	ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>9</b>	<b>164</b>	<b>173</b>
		Prozent	5,2 %	94,8 %	100,0 %
	beginnende Karies/Deminerali- sation	Anzahl	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>39</b>
		Prozent	79,5 %	20,5 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>19</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	100,0 %
gesamt	Anzahl	<b>53</b>	<b>178</b>	<b>231</b>	
	Prozent	22,9 %	77,1 %	100,0 %	

Tab. 10.5: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde A bei der ersten Untersuchung im geschlossenen Approximalraum und Karies bezogen auf ja/nein

			Sonde B1-Karies		
			nein	ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>7</b>	<b>166</b>	<b>173</b>
		Prozent	4,0 %	96,0 %	100,0 %
	beginnende Karies/ Demineralisation	Anzahl	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>39</b>
		Prozent	79,5 %	20,5 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>19</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	100,0 %
gesamt		Anzahl	<b>51</b>	<b>180</b>	<b>231</b>
		Prozent	22,1 %	77,9 %	100,0 %

Tab. 10.6: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der ersten Untersuchung und der tatsächlichen Kariesintensität bezogen auf Karies ja/nein

			Sonde A2-Karies		
			Nein	Ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>6</b>	<b>167</b>	<b>173</b>
		Prozent	3,5 %	96,5 %	100,0 %
	beginnende Karies/ Demineralisation	Anzahl	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>39</b>
		Prozent	74,4 %	25,6 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>19</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	100,0 %
gesamt		Anzahl	<b>48</b>	<b>183</b>	<b>231</b>
		Prozent	20,8 %	79,2 %	100,0 %

Tab.10.7: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde A bei der zweiten Untersuchung und der tatsächlichen Kariesintensität bezogen auf Karies ja/nein

			Sonde B2-Karies		
			Nein	ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>10</b>	<b>163</b>	<b>173</b>
		Prozent	5,8 %	94,2 %	100,0 %
	beginnende Karies/ Demineralisation	Anzahl	<b>29</b>	<b>10</b>	<b>39</b>
		Prozent	74,4 %	25,6 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>19</b>
		Prozent	63,2 %	36,8 %	100,0 %
gesamt	Anzahl	<b>51</b>	<b>180</b>	<b>231</b>	
	Prozent	22,1 %	77,9 %	100,0 %	

Tab.10.8: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der zweiten Untersuchung und der tatsächlichen Kariesintensität bezogen auf Karies ja/nein

### 10.1.2 Vergleich der DIAGNOdent pen-Messungen mit der Kariesintensität in Abhängigkeit von benachbarten kariösen Zahnflächen bei modifizierter Klassifizierung der DIAGNOdent pen-Werte

Die Tabellen 10.9 – 10.12 veranschaulichen die Ergebnisse der Gegenüberstellung der Kariesintensität benachbarter Zähne und der Übereinstimmung zwischen dem DIAGNOdent pen-Befund und der Kariesintensität bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

		Sonde A1*-Kariesintensität			
		Kariesintensität unterschätzt	Kariesintensität korrekt bewertet	Kariesintensität überschätzt	
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>3</b>	<b>167</b>	<b>3</b>
		Prozent	1,7 %	96,5 %	1,7 %
	beginnende Karies/Demineralisation	Anzahl	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>0</b>
		Prozent	66,7 %	33,3 %	
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>0</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	0,0 %
gesamt	Anzahl	<b>42</b>	<b>186</b>	<b>3</b>	
	Prozent	18,2 %	80,5 %	1,3 %	

Tab.10.9: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde A bei der ersten Messung im geschlossenem Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

		Sonde B1*-Kariesintensität			
			Karies- intensität Unterschätzt	Karies- intensität korrekt bewertet	Karies- intensität überschätzt
Karies- intensität benach- barter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>3</b>	<b>164</b>	<b>6</b>
		Prozent	1,7 %	94,8 %	3,5 %
	beginnende Karies/ Deminerali- sation	Anzahl	<b>21</b>	<b>16</b>	<b>2</b>
		Prozent	53,8 %	41,0 %	5,1 %
	Karies	Anzahl	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>0</b>
		Prozent	42,1 %	57,9 %	0,0 %
gesamt	Anzahl	<b>32</b>	<b>191</b>	<b>8</b>	
	Prozent	13,9 %	82,7 %	3,5 %	

Tab. 10.10: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der ersten Messung im geschlossenem Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

		Sonde A2*-Kariesintensität			
			Karies- intensität Unterschätzt	Karies- intensität korrekt bewertet	Karies- intensität überschätzt
Karies- intensität benach- barter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>5</b>	<b>165</b>	<b>3</b>
		Prozent	2,9 %	95,4%	1,7 %
	beginnende Karies/ Deminerali- sation	Anzahl	<b>23</b>	<b>14</b>	<b>2</b>
		Prozent	59,0 %	35,9 %	5,1 %
	Karies	Anzahl	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>0</b>
		Prozent	52,6 %	47,4 %	0,0 %
gesamt	Anzahl	<b>38</b>	<b>188</b>	<b>5</b>	
	Prozent	16,5 %	81,4 %	2,2 %	

Tab. 10.11: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen- Messung der Sonde A bei der zweiten Messung im geschlossenem Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

		Sonde B2*-Kariesintensität			
			Karies- intensität Unterschätzt	Karies- intensität korrekt bewertet	Karies- intensität überschätzt
Karies- intensität benach- barter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>1</b>	<b>168</b>	<b>4</b>
		Prozent	0,6 %	97,1 %	2,3 %
	beginnende Karies/ Deminerali- sation	Anzahl	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>2</b>
		Prozent	38,5 %	56,4 %	5,1 %
	Karies	Anzahl	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>0</b>
		Prozent	31,6 %	68,4 %	0,0 %
gesamt	Anzahl	<b>22</b>	<b>203</b>	<b>6</b>	
	Prozent	9,5 %	87,9 %	2,6 %	

Tab. 10.12: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf den Grad der Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der zweiten Messung im geschlossenen Approximalraum und der tatsächlichen Kariesintensität bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

Tabellen 10.13 - 10.16 zeigen den Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der Diagnodontmessung und der tatsächlichen Kariesintensität bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen Werte im Sinne Karies vorhanden und Karies nicht vorhanden

		Sonde A1*-Karies			
			nein	ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>6</b>	<b>167</b>	<b>173</b>
		Prozent	3,5 %	96,5 %	100,0 %
	beginnende Karies/ Demineralisation	Anzahl	<b>26</b>	<b>13</b>	<b>39</b>
		Prozent	66,7 %	33,3 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>19</b>
		Prozent	68,4 %	31,6 %	100,0 %
gesamt	Anzahl	<b>45</b>	<b>186</b>	<b>231</b>	
	Prozent	19,5 %	80,5 %	100,0 %	

Tab. 10.13: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde A bei der ersten Untersuchung und der tatsächlichen Kariesintensität bezogen auf Karies ja/nein bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

Chi-Quadrat-Test: $p < 0,001$			Sonde B1*-Karies		
			nein	ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>9</b>	<b>164</b>	<b>173</b>
		Prozent	5,2 %	94,8 %	100,0 %
	beginnende Karies/ Demineralisation	Anzahl	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>39</b>
		Prozent	59,0 %	20,5 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>8</b>	<b>11</b>	<b>19</b>
		Prozent	42,1 %	57,9 %	100,0 %
gesamt		Anzahl	<b>40</b>	<b>191</b>	<b>231</b>
		Prozent	17,3 %	82,7 %	100,0 %

Tab. 10.14: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der ersten Untersuchung und der tatsächlichen Kariesintensität bezogen auf Karies ja/nein bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

Chi-Quadrat-Test: $p < 0,001$			Sonde A2*-Karies		
			nein	ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>8</b>	<b>165</b>	<b>173</b>
		Prozent	4,6 %	95,4 %	100,0 %
	beginnende Karies/ Demineralisation	Anzahl	<b>25</b>	<b>14</b>	<b>39</b>
		Prozent	64,1 %	35,9 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>19</b>
		Prozent	52,6 %	47,4 %	100,0 %
gesamt		Anzahl	<b>43</b>	<b>188</b>	<b>231</b>
		Prozent	18,6 %	81,4 %	100,0 %

Tab. 10.15: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde A bei der zweiten Untersuchung und der tatsächlichen Kariesintensität bezogen auf Karies ja/nein bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

			Sonde B2*-Karies		
			nein	ja	gesamt
Kariesintensität benachbarter Zähne	kariesfrei	Anzahl	<b>5</b>	<b>168</b>	<b>173</b>
		Prozent	2,9 %	97,1%	100,0 %
	beginnende Karies/ Demineralisation	Anzahl	<b>17</b>	<b>22</b>	<b>39</b>
		Prozent	43,6 %	56,4 %	100,0 %
	Karies	Anzahl	<b>6</b>	<b>13</b>	<b>19</b>
		Prozent	31,6 %	68,4 %	100,0 %
gesamt		Anzahl	<b>28</b>	<b>203</b>	<b>231</b>
		Prozent	12,1 %	87,9 %	100,0 %

Tab.10.16: Einfluss der Kariesintensität benachbarter Zähne auf die Übereinstimmung zwischen der DIAGNOdent pen-Messung der Sonde B bei der zweiten Untersuchung und der tatsächlichen Kariesintensität bezogen auf Karies ja/nein bei modifizierter Skalierung der DIAGNOdent pen-Werte

## 10.2. Abkürzungsverzeichnis

dmfs/DMFS1	ermittelter dmfs/DMFS-Index vor Behandlungsbeginn
dmfs/DMFS2	ermittelter dmfs/DMFS-Index nach Röntgen und Separieren der Approximalräume
API	Approximalraum Plaque-Index nur an relevanten Approximalräumen erhoben
PBI	Papillenblutungs-Index nur an relevanten Approximalräumen erhoben
DSWA1buc	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A bei der ersten Messung von bukkal
DSWA1p_li	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A bei der ersten Messung von palatinal bzw. lingual

HöWA1	Da die Approximalräume aufgrund ihrer Anatomie unterschiedlich gut zugänglich sind, ergeben sich unterschiedlich hohe Messwerte von bukkal bzw. palatinal/lingual. Deshalb wurde der Höchstwert aus beiden Durchschnittswerten bestimmt.
Gruppe A1	0 = Messwerte zwischen 0 und 13: keine Karies 1 = Messwerte zwischen 14 und 20: oberflächliche Schmelzkaries 2 = Messwerte 21 und 29: tiefe Schmelzkaries 3 = Messwerte über 30: Dentinkaries
DSWB1buc	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B bei der ersten Untersuchung von bukkal
DSWB1p_li	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B bei der ersten Messung von palatinal bzw. lingual
HöWB1	Da die Approximalräume aufgrund ihrer Anatomie unterschiedlich gut zugänglich sind, ergeben sich unterschiedlich hohe Messwerte von bukkal bzw. palatinal/lingual. Deshalb wurde der Höchstwert aus beiden Durchschnittswerten B1 bestimmt.
Gruppe B1	0 = Messwerte zwischen 0 und 13: keine Karies 1 = Messwerte zwischen 14 und 20: oberflächliche Schmelzkaries 2 = Messwerte 21 und 29: tiefe Schmelzkaries 3 = Messwerte über 30: Dentinkaries

DSWA2buc	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A bei der zweiten Messung von bukkal
DSWA2p_li	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde A bei der zweiten Messung von palatinal bzw. lingual
HöWA2	Da die Approximalräume aufgrund ihrer Anatomie unterschiedlich gut zugänglich sind, ergeben sich unterschiedlich hohe Messwerte von bukkal bzw. palatinal/lingual. Deshalb wurde der Höchstwert aus beiden Durchschnittswerten A2 bestimmt.
Gruppe A2	0 = Messwerte zwischen 0 und 13: keine Karies 1 = Messwerte zwischen 14 und 20: oberflächliche Schmelzkaries 2 = Messwerte 21 und 29: tiefe Schmelzkaries 3 = Messwerte über 30: Dentinkaries
DSWB2buc	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B bei der zweiten Messung von bukkal
DSWB2p_li	Durchschnittswert aus 3 Messungen mit Sonde B bei der zweiten Messung von palatinal bzw. lingual
HöWB2	Da die Approximalräume aufgrund ihrer Anatomie unterschiedlich gut zugänglich sind, ergeben sich unterschiedlich hohe Messwerte von bukkal bzw. palatinal/lingual. Deshalb wurde der Höchstwert aus beiden Durchschnittswerten B2 bestimmt.

- Gruppe B2
- 0 = Messwerte zwischen 0 und 13: keine Karies
  - 1 = Messwerte zwischen 14 und 20: oberflächliche Schmelzkaries
  - 2 = Messwerte 21 und 29: tiefe Schmelzkaries
  - 3 = Messwerte über 30: Dentinkaries
- Röntgen
- nach Betrachtung der Bissflügelaufnahmen wurden röntgensichtbare Verschattungen eingeteilt in:
- 0 keine proximale Karies
  - 1 Radioluzenzen in der äußeren Schmelzhälfte
  - 2 Radioluzenzen bis zur inneren Schmelzhälfte
  - 3 Radioluzenzen bis zur äußeren Dentinhälfte
  - 4 Radioluzenzen bis zur inneren Dentinhälfte
- Gruppe A1\*
- 0 = Messwerte zwischen 0 bis 9: keine Karies
  - 1 = Messwerte zwischen 10 bis 16: oberflächliche Schmelzkaries
  - 2 = Messwerte 17 bis 25: tiefe Schmelzkaries
  - 3 = Messwerte über 26: Dentinkaries
- Gruppe B1\*
- 0 = Messwerte zwischen 0 bis 9: keine Karies
  - 1 = Messwerte zwischen 10 bis 16: oberflächliche Schmelzkaries
  - 2 = Messwerte 17 bis 25: tiefe Schmelzkaries
  - 3 = Messwerte über 26: Dentinkaries

Gruppe A2\*  
0 = Messwerte zwischen 0 bis 9: keine Karies  
1 = Messwerte zwischen 10 bis 16: oberflächliche Schmelzkaries  
2 = Messwerte 17 bis 25: tiefe Schmelzkaries  
3 = Messwerte über 26: Dentinkaries

Gruppe B2\*  
0 = Messwerte zwischen 0 bis 9: keine Karies  
1 = Messwerte zwischen 10 bis 16: oberflächliche Schmelzkaries  
2 = Messwerte 17 bis 25: tiefe Schmelzkaries  
3 = Messwerte über 26: Dentinkaries

## 11 Danksagung

Für meine Doktorarbeit schulde ich sehr vielen Menschen einen herzlichen Dank.

Besonders möchte ich meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr. P.G. Jost-Brinkmann für die Überlassung des Themas danken.

Ein herzlicher Dank gilt meinem Betreuer Herrn OA Dr. C.H. Finke, der mir sehr viel Geduld entgegenbrachte und mit wertvollen Ratschlägen, Ideen und konstruktiver Kritik für das Gelingen dieser Arbeit sorgte.

Bedanken möchte mich auch bei Herrn PD Dr. Dr. W. Hopfenmüller für die kompetente statistische Beratung.

Des Weiteren gilt mein großer Dank meiner Familie, die mich stets bestärkt hat, wenn ich an mir gezweifelt habe. Besonders meinem Mann, welcher mir die ganze Zeit den Rücken frei gehalten hat und mir viel Geduld entgegenbrachte, wenn ich meinen Computer über- bzw. unterschätzt habe, sowie meinen Kindern, die in dieser Zeit oft auf ihre Mutter verzichten mussten. Ihnen widme ich diese Arbeit.

## 12 Lebenslauf

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

### Erklärung

Ich, Romy Ermler, erkläre an Eides statt, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Diagnostik von Approximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des DIAGNOdent pen“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.