

LED basierte Karieserkennung an approximalen Flächen der Seitenzähne

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

Asterios Kapsalis
aus Iserlohn

2010

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: PD Dr. Andreas Braun
2. Gutachter: Prof. Dr. K.H. Utz

Tag der Mündlichen Prüfung: 04.08.2010

Aus der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde
Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-
Universität Bonn
Direktor: Prof. Dr. Dr. Søren Jepsen

Meinen Eltern und Geschwistern

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung	7
1.1	Einführung in die Thematik	7
1.2	Grundlagen	8
1.2.1	Karies Definition	8
1.2.2	Ätiologie der Kariesentstehung	8
1.2.3	Histologie der Karies	10
1.2.3.1	Schmelzkaries	10
1.2.3.2	Dentinkaries	12
1.3	Funktionsweise des D-Carie Mini Gerätes	13
1.4	Kariesdiagnostische Verfahren	15
1.4.1	Visuelle Methoden	15
1.4.2	Taktile Methode	17
1.4.3	Radiographische Methode	17
1.4.4	Fiberoptiktransillumination	19
1.4.5	Digitale Fiberoptiktransillumination	20
1.4.6	Laserfluoreszenz	21
1.4.6.1	QLF System	21
1.4.6.2	Diagnodent	23
1.4.7	Speicheltests	26
1.4.8	Elektrischer Widerstand	26
1.5	Fragestellung	26
2.	Material und Methoden	27
2.1	Hilfsmittel zur Durchführung der Untersuchung	27
2.2	Auswahl der Probanden	28
2.3	Studienablauf	36
2.4	Datenerfassung und Statistik	37

3.	Ergebnisse	40
3.1	Kreuztabellen und λ - Werte	40
3.2	Analyse der ROC Kurven für die Beziehungen Klinik zu Ton-Ausdehnung-Kombination	42
3.3	Sensitivität und Spezifität	51
4.	Diskussion	52
5.	Zusammenfassung	57
6.	Anhang	59
7	Kreuztabellen	61
8.	Literaturverzeichnis	67
9.	Danksagung	75

1. Einleitung

1.1 Einführung in die Thematik

Der Begriff Karies ist heute den meisten Menschen bekannt. Mit dem gestiegenen Gesundheitsbewusstsein in der Bevölkerung ist auch die Nachfrage nach nachhaltigen Prophylaxe- und Therapiekonzepten gestiegen. Das setzt eine umfassende Diagnostik voraus, die durch eine Reihe von modernen Testverfahren ermöglicht wird (Rieben und Kielbassa 2007).

Die erste Theorie zur Ätiologie der Karies wurde schon 1889 von Miller aufgestellt und besagt, dass es sich um einen chemisch-parasitären Vorgang handelt, bestehend aus zwei deutlich ausgeprägten Stadien, der Entkalkung und der Auflösung des entkalkten, erweichten Gewebes (Nolden, 1994). Ende der sechziger Jahre stellte Fusayama die These auf, dass ein Kariesdefekt im Dentin aus zwei Zonen besteht (Fusayama et al. 1966). Einer äußeren Zone, die avital und infiziert ist und einer inneren vitalen nicht infizierten Zone. Nach dieser These könnte man dann das äußerlich infizierte Gewebe entfernen und das innere, nicht infizierte und remineralisationsfähige Gewebe belassen. Untersuchungen aber zeigten, dass die genaue Grenze zwischen den beiden Zonen nicht sicher und subjektiv erkannt werden kann. (Anderson et al. 1985, Kielbassa et al. 1994).

Die Frage die sich somit hier stellt ist, wie erkennt man die Existenz und die Ausdehnung einer kariösen Läsion sicher?

Der Begriff Diagnostik bezeichnet das Erkennen einer vorliegenden Krankheit, in diesem Fall das Vorhandensein einer pathologischen Veränderung der Zahnhartsubstanz. Die Diagnose basiert somit auf Informationen, die man durch die Anamnese, Befunde und klinische Inspektionen gewinnt. Der Zahnarzt wird in seiner Praxis täglich mit der Frage konfrontiert, ob eine Karies im fraglichen nichtsichtbaren Approximalbereich der Zähne vorliegt oder nicht, und wenn ja, wie weit diese in die Zahnhartsubstanz hineinreicht. Ferner stellt sich die Frage, ob es sich dabei um eine aktive oder inaktive Form der Karies handelt.

Mittlerweile gibt es eine ganze Reihe von Methoden und technischen Hilfsmitteln zur Beurteilung kariöser Läsionen. Dazu gehören die folgenden Verfahren:

- die visuelle Methode
- die taktile Methode
- die radiographische Methode
- die fiberoptische Transillumination (FOTI)
- die Laserfluoreszenz
- die elektrische Widerstandsmessung
- sowie Tests zur Bestimmung des Kariesaktivitätsrisikos (Speicheltests, etc...).

Jedoch nicht alle diese Methoden und Hilfsmittel führen einzeln angewandt zu einem sicheren Ergebnis. Folgende diagnostische Hilfsmittel stellen eine optimale Ausstattung der Praxis in der präventiven Diagnostik dar: Ein Röntgenbild zur Beurteilung der Tiefe der kariösen Läsion, eine Lupe oder intraorale Kamera zur Beurteilung der Verfärbungen und der oberflächigen Schmelzstruktur, Bakterientests zur Bestimmung der quantitativen Menge der kariogenen Bakterien, besonders die von *Streptococcus mutans* und Systeme zur Verlaufskontrolle einer kariösen Läsion unter Verwendung von Fluoreszenz, wie das Diagnodent oder Vista Proof (Haak et al. 2007).

1.2. Grundlagen

1.2.1. Karies Definition

Die World Health Organisation (WHO) definiert Karies als einen lokalisierten, posteruptiven, pathologischen Prozess externen Ursprungs, der die Zahnhartsubstanz angreift und zur Bildung einer Kavität führt. Aus dem lateinischen (*caries dentum*) übersetzt bedeutet Karies „Morschsein“ oder „Fäulnis“.

1.2.2. Ätiologie der Kariesentstehung

Es gibt zahlreiche Theorien über die Kariesentstehung. Einer der ersten Theorien ist von Miller erstellt worden (Miller 1889). Diese besagt, dass es sich um einen chemoparasitären Prozess handelt, bei dem kariogene Mikroorganismen der Mundhöhle bei einem Überangebot an kariogenem Substrat (niedermolekularen Kohlenhydraten)

organische Säuren produzieren, die die Zahnhartsubstanz angreifen und entmineralisieren (Hellwig et al. 2006).

Es gibt vier Primärfaktoren, die für die Kariesentstehung nötig sind. Dazu zählen das Substrat, der Wirt (Zahn), die Zeit und Plaque. Neben diesen Primärfaktoren gibt es aber auch eine ganze Reihe von sekundären Faktoren die die Entstehung und Progression einer kariösen Läsion beeinflussen können (Menaker 1980) (Abb.1).

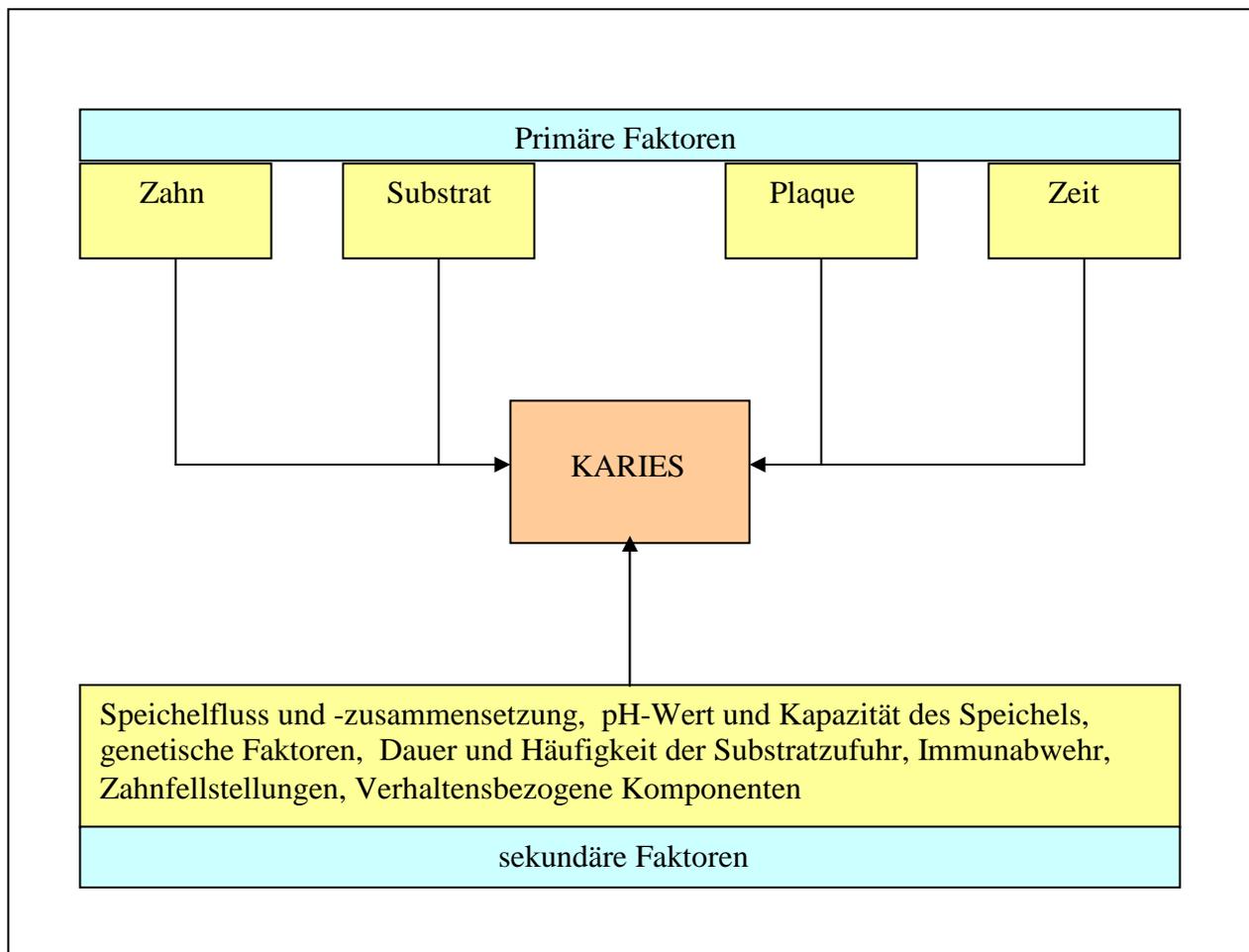


Abb.1: primäre und sekundäre Faktoren bei der Kariesentstehung

1.2.3. Histologie der Karies

1.2.3.1. Schmelzkaries

Der Zahnschmelz (Substantia adamantina) ist die härteste Substanz im menschlichen Körper und besteht zu 95 Gew.% aus anorganischen Verbindungen (Mineralsalze) die eine kristalline Struktur bilden. Dazu gehören das Hydroxylapatit $[Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2]$ sowie das Kalzium- und Fluorapatit. Die restlichen 5% bestehen aus Wasser und organischen Verbindungen, wie Proteine (58%), Lipide (40%) , Kohlenhydrate und organische Säuren (Schroeder 1992; Hellwig et al.1999) . Die Appatitkristalle besitzen in der Regel eine hexagonale Struktur sind 160 nm lang, 40-70 nm breit und 26 nm dick. Etwa 100 dieser Kristalle liegen zusammen und bilden die Schmelzprismen, die sich von der Schmelz–Dentingrenze bis zur Schmelzoberfläche in horizontaler und vertikaler Richtung wellenförmig erstrecken. Zwischen den Schmelzprismen liegt die Zwischenprismatische Substanz , die aus ungeordneten Schmelzkristallen besteht. Die Härte des Schmelzes liegt im Durchschnitt zwischen 250 KHN an der Schmelz- Dentin Grenze und 390 KHN an der Schmelzoberfläche (Hellwig et al. 2006).

Als verantwortliche Faktoren für die Entstehung einer kariösen Läsion im Schmelz werden das Vorhandensein einer mikrobiellen Plaque, Substrat in Form niedermolekularer Mono- und Disachariden, säurebildende Bakterienarten und ein PH-Wert < 5,7 angesehen.

Plaque besteht aus Speichelbestandteilen, bakteriellen Stoffwechselprodukten, Nahrungsresten und Bakterien. Sie ist primär in den Kariesprädispositionsstellen, wie Zahnfissuren, Grübchen und Approximalfächchen anzutreffen. Ihre Entstehung verläuft in verschiedenen Stadien.

Auf der Schmelzoberfläche bildet sich als erstes ein dünner Biofilm (0,1-1 µm) der aus Proteinen des Speichels, sogenannten Glykoproteinen und Serumproteinen, aber auch Enzymen und Immunglobulinen besteht. Diese Substanzen haben aufgrund ihrer Eigenladung die Fähigkeit, sich mit den Kalzium- und Phosphatgruppen des Appatits elektrostatisch zu binden (Hellwig et al.2007).

An dieser Schicht kommt es innerhalb weniger Stunden zu einer Akkumulation von Mikroorganismen. Für die Anhaftung der Bakterien spielen die sogenannten Van der

Waals Kräfte eine Rolle, die eine reversible Anhaftung auch über die Distanz ermöglichen (Buchalla. 2008). Zu den Bakterien gehören in erster Linie grampositive Kokken, wie *Streptokokkus mutans*, *S. sobrinus* und *S. salivarius* sowie auch Aktinomyzeten. Später gesellen sich Veillonelen, Prevotellen und Fusobakterien dazu. Diese Mikroorganismen sind in der Lage, die niedermolekulare Kohlenhydrate im Biofilm zu hochmolekularen Polysacchariden umzuwandeln, die zusammen mit absorbierten Speichelbestandteilen (Proteine und Glykoproteine) die Matrix des Biofilms aufbauen. Der reife Biofilm besteht aus konkurrierenden und symbiotisch koexistierenden Bakterien in einem dreidimensional organisierten Matrixgerüst (Buchalla. 2008). Besonders *Streptokokkus mutans* ist in der Lage, mit Hilfe extrazellulärer Transferasen Polysaccharide zu bilden. Er ist fähig, nicht nur Säuren zu bilden, sondern kann auch in einem sauren Milieu, in dem andere Bakterienarten zugrunde gehen, überleben. Durch die Umwandlung der niedermolekularen Kohlenhydraten in Polysacchariden entstehen Säuren, wie die Milchsäure, Glutaminsäure, Brenztraubensäure, Äpfelsäure, Oxallessigsäure, Zitronensäure und Buttersäure. Der pH Wert in der Mundhöhle sinkt unter 5,7. Dieses hat als Folge, dass Kalzium-, Phosphat-, Karbonat-, Fluor-, Hydroxyl- und Magnesiumionen aus dem Schmelzkristallgitter gelöst werden. Klinisch manifestieren sich kreidig- weiss aussehende Flecken, die sogenannten Kreideflecken (white spots) oder Initialläsionen auf der Zahnoberfläche (Kidd et al. 2003). Im Schmelz entstehen Läsionen unterschiedlicher Volumengröße, sogenannte Poren, die im kariösen Schmelz eine veränderte Lichtbrechung verursachen.

Dabei werden vier Zonen unterschieden:

- 1) die pseudointakte Oberfläche mit einem Porenvolumen von 1-10%. Sie ist etwa 30 µm dick. Sie ist das Resultat der Repräzipitation von Mineralien (Hellwig et al. 1999; Klimm 1997; Silverstone et al. 1988).
- 2) die Zone des größten Mineralverlustes, oder Läsionskörper mit einem Porenvolumen von 5-25%. Hier herrscht eine hohe Permeabilität für Speichel und Proteinen.

- 3) die dunkle Zone mit einem Porenvolumen von 2-4%. Silverstone sieht diese Zone als das Resultat von Remineralisationsvorgängen (Silverstone 1973; Silverstone et al. 1988).
- 4) die transluzente Zone mit einem Porenvolumen von 1%. Sie ist die Zone mit der fortschreitenden Demineralisation. Anders als die dunkle Zone ist diese das Resultat von Demineralisationsvorgängen (Silverstone et al. 1988).

Die herausgelösten Ionen aus dem kristallinen Schmelzgitter diffundieren entsprechend ihres Konzentrationsgradienten durch die erweiterten Poren in Richtung der Schmelzoberfläche in die Plaque hinein. Dieser Demineralisationsprozess dauert solange, wie die Säurebildung anhält. Da aber hier die Diffusionsgeschwindigkeit aufgrund der Plaque und des Speichels wieder abnimmt, kommt es zur einer Repräzipitation der herausgelöschten Ionen und zur Bildung neuer Kalziumphosphationen, die sich an der Oberfläche anlagern. So entsteht eine vermutlich intakte Oberfläche, die sogenannte pseudointakte Oberfläche, die für die Säuren aber durchlässig ist. Diese können unbehindert in die Läsion diffundieren und zu einer weiteren Herauslösung von Ionen aus dem Schmelzgefüge führen (Hellwig, et al. 2006).

1.2.3.2. Dentinkaries

Das Dentin wird von den Odontoblasten gebildet und besteht zu 70 Gew.% aus anorganischer Substanz (Hydroxylapatit), zu 20 Gew.% aus organischer Matrix und zu 10% aus Wasser und Spurenelementen. Die organische Matrix wiederum besteht zu 92 Gew.% aus Kollagen Typ-I, Proteoglykanen, Lipiden, Phosphatproteinen und Karboxyglutamat enthaltenen Proteinen (Schröder. 1992). Der anorganische Teil liegt wie im Schmelz in kristalline Form vor. Die Apatitkristalle sind hier aber kleiner und nicht in eine Prismenform angeordnet. Sie sind 20 nm lang, 18-20 nm breit und 3,5 nm dick. Das Dentin ist weniger hart als der Schmelz. Die Härte beträgt zum Schmelz hin 70 KHN und zur Pulpa hin 20 KHN (Fusayama et al 1966, Meredith et al.1996). Dadurch ist es poröser, weist eine höhere Permeabilität auf und hat eine gelbliche Färbung.

Nach Erreichen der Schmelz- Dentingrenze durch die Bakterien und deren Toxine, Säuren und Enzymen kommt es zu einer Unterminierung des Schmelzes und zu einem weiteren Verlauf der kariösen Läsion entlang der Dentinkanälchen in Richtung Pulpa.

Dabei werden wiederum verschiedene Zonen unterschieden:

- 1) Die Zone der Nekrose. Sie besteht aus erweichtem Dentin.
- 2) Die Zone der Penetration. Hier kommt es zu einem Eindringen der Bakterien in die Dentintubuli hinein.
- 3) Die Zone der Demineralisation. Sie entsteht durch obliterierte Odontoblastenfortsätze und peritubuläre Dentinablagerungen. Solche Zonen lassen sich meist im approximalen Bereich der Zähne röntgenologisch diagnostiziert (Hellwig et al. 2007).
- 4) Die Zone der „dead tracks“. Hier handelt es sich um eine Zone in der keine Odontoblastenfortsätze mehr vorhanden sind. Sie besitzt eine höhere Permeabilität gegenüber dem normalen Dentin.
- 5) Die Zone der Sklerose. Erscheint hell, transluzent und entsteht durch obliterierte Dentinkanälchen.
- 6) Die Zone des regulären Dentins besteht aus unverändertem Dentin.
- 7) Die Zone des sekundären und tertiärem Dentins.

1.3. Funktionsweise des D-Carie Mini Gerätes

Um die oben beschriebenen kariösen Läsionen im Schmelz und Dentin rechtzeitig erkennen und behandeln zu können, ist eine frühzeitige und genaue Diagnose notwendig. Neben den konventionellen Verfahren zur Kariesdiagnostik, wie die klinische und radiologische Untersuchung stehen heute weitere Detektionsverfahren und eine Vielzahl von Systemen zur Ergänzung der klassischen Diagnostik zur Verfügung. Dazu gehören z.B: die Faseroptiktransillumination (FOTI) und die Laserfluoreszenzmessung.

Die Technologie basiert auf der spezifischen optischen Signatur der Karies. Gesunde Zahnhartsubstanz ist mehr transluzent als demineralisierte. Demineralisierte kariöse Zahnhartsubstanz ist dichter und verursacht eine andere optische Signatur, wenn das Licht auf sie fällt und sie durchdringt. Das Licht wird nach dem Durchdringen der

kariösen Läsion vom Schmelz und Dentin zurückreflektiert, vom D-Carie Mini Gerät erfasst und zu einem elektrischen Signal für die Analyse umgewandelt. Ein algorithmischer Prozessor bewertet dann das Signal und zeigt durch eine Änderung der Lichtfarbe von Grün auf Rot und das Erklingen eines akustischen Signals, ob eine Karies vorliegt. Das D-Carie Mini Gerät ist konzipiert für die Erkennung okklusaler und approximaler Karies, sowie Fissurenkaries an Molaren und Prämolaren.

Die Untersuchung findet dabei stets von okklusal statt. Das Licht, das vom Gerät ausgesandt wird, hat eine Wellenlänge von 635-1350 nm. Die Intensität beträgt 4-80 μ Watt. Vor der Anwendung des D-Carie Mini Gerätes sollten einige wichtige Faktoren beachtet werden, damit es nicht zu falschen positiven oder negativen Messungen kommt. So sollte das Gerät in folgenden Fällen nicht angewandt werden.

- An den bukkalen und lingualen Flächen der Front und Seitenzähne.
- An Zähnen die durch Antibiotika und Fluoride geschädigt sind.
- Bei Zahnstein und Plaque.
- Bei Versiegelungen und Füllungen.
- Bei zu trockenen Zähnen.
- Bei Essensresten.
- Hypokalzifikation.
- Hypermineralisation.
- Bei Schmelzveränderungen.
- Bei Verfärbungen (Verfärbungen, die durch Genussmittel, wie z.B: Kaffee, Tee oder Tabak entstanden sind, ohne vorherige professionelle Zahnreinigung).
- Bei Milchzähnen.

Ebenso zu einer falschen Messung kann es kommen, wenn ein starker externer Lichteinfall vorliegt. Laut Hersteller beeinträchtigt die Lampe der Behandlungseinheit nicht die Messung. Ferner sollte die Sonde während der Messung ständig in Kontakt mit der Zahnoberfläche sein.

Alle diese Faktoren beeinträchtigen den regulären Lichteinfall, die Brechung und Reflektion des Lichtes im Zahn negativ oder machen diese sogar unmöglich, was zu Falschmessungen führen kann. Eine in- vitro- Studie bei frisch extrahierten Zähnen zur

Kariesdiagnostik der betroffenen okklusalen und approximalen Flächen mit dem D-Carie Mini Gerät zeigte höhere Sensitivitätswerte gegenüber den Bissflügelaufnahmen (Krause et al. 2007). So betrug diese bei der Detektion der okklusalen Flächen 100% und bei den approximalen Flächen 95,5% während die entsprechenden Werte bei den Bissflügelaufnahmen bei 75,9 und 91,3 % lagen.

Eine Reihe von kariesdiagnostischen Verfahren versuchen heute die Karieserkennung zu optimieren, um diese rechtzeitig und erfolgreich behandeln zu können.

1.4. Kariesdiagnostische Verfahren

Als Diagnose wird in der Zahnmedizin das Erkennen von Krankheiten bezeichnet. Erst nach der richtigen Diagnose kann man ein geeignetes Behandlungskonzept erstellen. Die Diagnose basiert auf Informationen, die man bei der Anamnese und klinischen Befunderhebung gewinnt (Rieben et al. 2007).

Entscheidend für bereits etablierte aber auch für neue Diagnostikverfahren ist die frühzeitige und zuverlässige Erkennung einer kariösen Läsion (Detektion), sowie eine gute Beurteilung deren Progressivität und Aktivität (Diagnose), um daraus geeignete Therapiekonzepte zu erstellen (Angmar-Mansson et al.1998).

Es gibt eine Reihe von diagnostischen Verfahren, die zur Stellung der Kariesdiagnose herangezogen werden können. Dazu gehören die nachfolgend aufgeführten Verfahren.

1.4.1 Visuelle Methode

Die visuelle Methode wird mit dem bloßem Auge, mit Hilfe eines Spiegels, oder einer Lupe durchgeführt. Offene Kavitäten können gut erkannt werden, wobei kariöse Läsionen unter einer intakten Schmelzoberfläche schwierig zu diagnostizieren sind. Eine Studie konnte zeigen, dass die Sensitivität, also die Fähigkeit einen kariösen Zahn als solchen zu erkennen rein visuell bei 12% und mit Lupe bei 20% liegt (Lussi 1993).

Vergrößerungshilfen sind bei der Diagnostik von Okklusal- und Glatflächenkaries hilfreich, der Nutzen im approximalen Bereich aber ist nicht nachgewiesen (Haak et al. 2002).

Die Karies wird anhand ihrer Ausdehnung im Schmelz und Dentin in verschiedenen Graden unterteilt. Eine der ersten Unterteilungen wird in der folgenden Abbildung nach Marthaler von 1966 gezeigt, die die Klassifikation des Progressionsgrades kariöser Läsionen wiedergibt (Kühnisch et al. 2007).

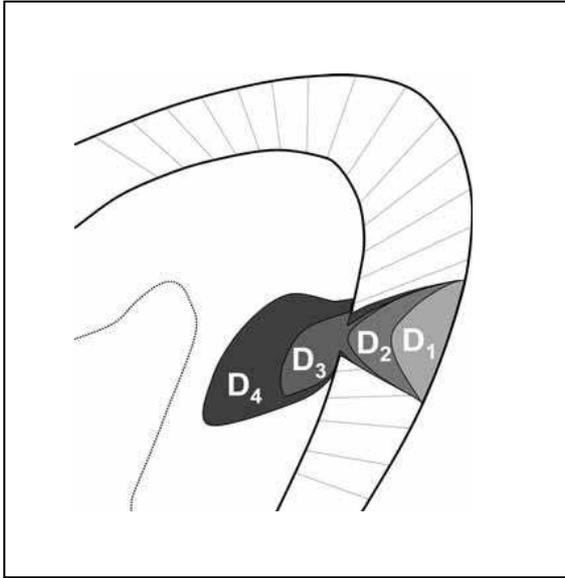


Abb.5: Klassifikation der verschiedenen Kariesstadien nach Marthaler 1966

- D1 = Kariesläsion in der äußeren Schmelzfläche
- D2 = Läsion reicht bis in die innere Schmelzfläche
- D3 = Läsion hat das äußere Dentin erreicht
- D4 = Läsion liegt in die innere Dentinfläche

Das international Caries Detection and Assesment System (ICDAS II) klassifiziert bei der visuellen Kontrolle der Zahnoberfläche je nach klinisches Erscheinungsbild verschiedene Grade der kariösen Läsion:

- Grad 0: Es liegt keine kariöse Läsion nach gezielter Lufttrocknung vor (Zahn ist gesund).
- Grad 1: Es ist eine kreidige Opazität oder Braunverfärbung nach gezielter Lufttrocknung erkennbar (erste Zeichen einer Läsion vorhanden).
- Grad 3: An einer kreidigen Opazität oder Braunverfärbung ist zusätzlich eine kariöse Erweiterung oder Mikrokavität erkennbar (lokalisierter Schmelzeinbruch).
- Grad 4: Unter der Schmelzoberfläche besteht eine gräuliche Transluzenz.

Grad 5: Es liegt eine kariöse Läsion bis in das Dentin im kreidig oder braun verfärbten Zahnschmelz vor (Kavität mit exponiertem Dentin).

Grad 6: Die Läsion ist weit in das Dentin fortgeschritten, bis nah an der Pulpa (Kavität mit sichtbarem Dentin).

Die Farbe der kariösen Läsion kann ein hilfreiches Indiz sein, sollte aber mit Vorsicht interpretiert werden, da braune Fissuren zum Beispiel durch exogene Farbstoffe verursacht werden oder eine inaktive Karies darstellen können. Eine visuelle Inspektion sollte unter relativer Trocknung und guter Beleuchtung durchgeführt werden, wobei die Fissuren und die Grübchen frei von Plaque sein sollten (Wicht et al. 2008).

1.4.2 Taktile Methode

Hier wird nach der WHO die Zahnoberfläche mit einer abgerundeten CPI Sonde abgetastet. Spitze Sonden verursachen iatrogene Schmelzdefekte und sollten nicht mehr benutzt werden (Kühnisch et al. 2006). Die Sensitivitätswerte sind sehr gering und liegen bei 14% (Lussi 1993), da keine genaue Angabe gemacht werden kann, ob eine mit der Sonde erkannte Oberflächenveränderung eine kariöse Läsion wiedergibt, oder diese durch die Fissurmorphologie verursacht wird.

1.4.3 Radiographische Methode

Die radiographische Untersuchung kariöser Läsionen hat eine lange Tradition in der Geschichte der Zahnmedizin. Davidson beschrieb bereits 1910 den Nutzen der radiologischen Untersuchung bei der Kariesdiagnostik (Davidson 1910). Der Begriff Bissflügelaufnahme, als mögliches Hilfsmittel zur Einschätzung der Approximalkaries wurde zuerst im Jahre 1925 durch Raper beschrieben (Raper et al. 1925). Er unterschied beim Kariesbefall zwischen vier Stadien:

C0 =Keine Demineralisation

C1= Demineralisation im äußeren Schmelz

C2= Demineralisation in der innere Schmelzfläche

C3= Demineralisation im äußeren Dentin

C4= Demineralisation im inneren Dentin

Heute stellt die Kariesdetektion und Diagnostik an den Okklusal- und Approximalflächen der Molaren und Prämolaren im bleibenden Gebiss eine Herausforderung dar (Heinrich-Wetzien et al. 2001). Zur röntgenologischen Kontrolle von kariösen Läsionen, besonders im Approximalbereich, werden Bissflügelaufnahmen angefertigt. Probleme stellen hier meist anatomische Strukturen und Überlappungen der Zähne dar, die zu falschen Interpretationen führen können (Mielman et al. 1992).

Die häufigsten Fehleinschätzungen bei der Bissflügeldiagnostik sind:

1. Behandlung kariesfreier Areale aufgrund einer vermuteten tiefen Dentinkaries bei intakter Schmelzoberfläche.
2. Unterschätzung der Ausdehnung der kariösen Läsion im äußeren Dentin.
3. Überschätzung der Tiefenausdehnung der kariösen Läsion in der inneren Schmelzhälfte.
4. Verwendung unzureichend konkreter Kriterien als Grundlage für die Therapieentscheidung (Mielman et al. 1992).

Die Sensitivitätswerte sind im Vergleich zu vorherigen Methoden höher und liegen bei etwa 45% (Lussi 1998). Für röntgenologisch erfasste Läsionen im bleibenden Gebiss sollten in Relation zum Progressionsgrad der kariösen Läsion Wiederholungsaufnahmen in folgenden Zeitabständen angefertigt werden (Kühnisch et al. 2007):

D0= Keine sichtbare kariöse Läsion, alle vier Jahre.

D1= Kariöse Läsion in der äußeren Schmelzfläche, alle zwei Jahre.

D2= Kariöse Läsion in der inneren Schmelzfläche, alle ein bis zwei Jahre.

Erfolgt über mehrere Kontrollintervalle keine Progression, so kann man die Kontrollintervalle bei Patienten ab dem 25. Lebensjahr auf fünf bis zehn Jahre verlängern (Kühnisch et al. 2002).

Die röntgenologische Kontrolle zur Feststellung approximaler Karies mit Bissflügelaufnahmen im Milch- und bleibenden Gebiss stellt die Methode der Wahl dar, da bis zu 90% dieser Läsionen ausschließlich röntgenologisch erkannt werden (Poorterman JH et al. 2000).

Klinisch radiologische Untersuchungen haben gezeigt, dass bei Jugendlichen zwischen dem 12. und 20. Lebensjahr mit Bissflügelaufnahmen bis zu 50% aller Molaren „versteckte“ okklusale Dentinläsionen aufwiesen (Mejare I et al.1998).

Okklusale und proximale Läsionen sind vor dem Stadium der Kavitation allerdings weder rein visuell noch radiographisch ausreichend sicher diagnostizierbar (Haak et al. 2002). Tiefe okklusale Dentinläsionen können auf Bissflügelaufnahmen zu 100%, bei Schmelzläsionen nur zu 33% erkannt werden (Espelid et al.1994).

Zu fast ähnlichen Ergebnissen kommt eine Studie zur Untersuchung approximaler und okklusaler Kariesläsionen bei Erwachsenen zwischen dem 17-30. Lebensjahr mittels klinischer und radiologischer Diagnose (Hopercraft et al. 2005). Hier konnten bei der klinischen Diagnose approximal 23-33% und okkusal 76-83% und bei der radiologischen Diagnose approximal 93-97% und okkusal von 33-42% der kariösen Läsionen diagnostiziert werden.

1.4.4. Fiberoptiktransillumination (FOTI)

Bei der Fiberoptiktransillumination, oder auch Diaphanoskopie genannt, wird nach Schattenbildungen bei der Durchstrahlung des Zahnes mit Halogenlicht gesucht (Haack et al. 2007). Das Verfahren eignet sich zwar für die Detektion approximaler Läsionen, im Bereich metalldichter Füllungen aber ist die Diagnostik erschwert. Ungenügende Erfahrung im Umgang mit der Lichtsonde kann zu falsch positiven Ergebnissen führen. Schmelzsprünge, Frakturlinien sowie Schmelzhypoplasien und Amalgamfüllungen am untersuchten Zahn oder am Nachbarzahn müssen differentialdiagnostisch von kariösen Läsionen abgegrenzt werden (Stephen et al. 1987 und Cholski et al. 1994). Das Verfahren eignet sich mit Hilfe digitaler Kameras und entsprechender Software zum Kariesmonitoring. Dazu bedient man sich der Hilfe einer Sonde z.B: Pieper-Sonde, DIAlux, KaVO, oder Lercher-Sonde (Abb.2).



Abb.2: Lercher Sonde (Zeisler und Moschen 2005)

Die Methode wertet den Intensitätsverlust des Lichtes bei der Durchstrahlung des Zahnes aus. Die Lichtsonde wird nach Lufttrocknung des Zahnes im Interdentalraum angesetzt und leicht hin und her bewegt. Eine approximale kariöse Läsion erscheint von okklusal gesehen als eine konstant bleibende dunkle Zone. Kariöse Bereiche weisen Poren auf. Diese haben einen anderen Brechungsindex als gesunde Zahnhartsubstanz. An den Grenzflächen wird das auf dem Zahn einfallende Licht stärker gestreut. Dadurch kommt es zu einem Verlust der Lichtintensität. Dieser Verlust stellt sich als dunkler Fleck dar, den man mit dem bloßem Auge sehen kann. Bei einer Initiailläsion erscheint das Licht im Vergleich zur Umgebung heller, da es von der Läsion zum Betrachter zurückreflektiert wird (Kunzelmann 2003).

1.4.5. Digitale Fiberoptiktransillumination (DIFOTI)

Das DIFOTI Gerät (= Digital fiber optic transillumination, EOS, New York, USA) besteht aus einer CCD- intraoralen Kamera und einem PC zur Datenerfassung und Auswertung. Die Lichtquelle wird so positioniert, dass die Zahnhartsubstanz durchstrahlt wird. Das Intensitätsbild im Durchlicht wird zur Dokumentation und Auswertung abgespeichert. Das DIFOTI Gerät ist somit in der Lage, die Befunde der Fiberoptiktransillumination zu dokumentieren und eignet sich somit zur Verlaufskontrolle.

Hier kann eine Aussage über das Vorhandensein einer kariösen Läsion gemacht werden, jedoch keine über die Tiefe und Ausdehnung. Solche traditionelle Hilfsmittel der

Kariesdiagnostik sind sehr anwendungsintensiv und mit einer hohen Fehlerrate belastet (Eberhardt et al. 2007).

1.4.6.Laserfluoreszenz

Bei der Laserfluoreszenzmethode mit dem DIAGNOdent Gerät (KaVo, Biberach-Riß, Deutschland) oder dem Vista Proof (Dürr, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) siehe (Abb.3) werden die Fluoreszenzeigenschaften bakterieller Bestandteile und Stoffwechselprodukte (wie z.B. die Porphyrine) zur Hilfe herangezogen. Porphyrine sind endogene Fluorophore, welche die Fähigkeit besitzen, bei Einwirkung von Licht bestimmter Wellenlänge zu fluoreszieren (Anderson-Engels, 1989). Speziell das Protoporphyrin IX soll verantwortlich für die Fluoreszenz von Karies sein (König et al.1999). Eine Vergleichsstudie zwischen der Laserfluoreszenzmessung, den Bissflügelaufnahmen und der visuellen Methode bei approximaler Karies an Molaren von Kindern im Alter von 5-12 Jahren ergab für die Laserfluoreszenz und die Bissflügelaufnahmen Sensitivitätswerte die jeweils bei 55-65% und 65-70% lagen, bei gleicher Spezifität von 99%. Die visuelle Methode erreichte hier einen Sensitivitätswert von nur 30% (Novaes et al. 2009).

1.4.6.1. QLF System (= Quantitative Lichtinduzierte Fluoreszenz)

Beim Bestrahlen des Zahnes mit energiereichem ultraviolettem Licht und einer Wellenlänge von 400nm werden im Zahn Substanzen wie die Porphyrine, die von einer Vielzahl von Bakterien produziert werden und eine fluoreszierende Eigenschaft aufweisen, angeregt und kehren nach kurzer Zeit in ihrem ursprünglichen Zustand wieder. Dabei wird ein Teil der Energie in Wärme und ein anderer in fluoreszierendes Licht umgewandelt. Dieses ist ärmer an Energie und hat eine rote Farbe, so dass von einer Rotverschiebung gesprochen wird. Bei nicht bakteriell besiedelten Bereichen kommt es auch zu einer Emission von Licht durch Anregung von zahneigenen fluoreszierenden Materialien, jedoch hat dieses Licht eine andere Farbe, es ist grün (Eberhardt et al. 2007). Durch eine leistungsfähige Software DSBWIN (Dürr Dental,

Bietigheim-Bissingen, Deutschland) werden die Lichtsignale aufgezeichnet und die daraus entstehenden Fluoreszenzbilder sofort ausgewertet (Abb.3 und Abb.4).

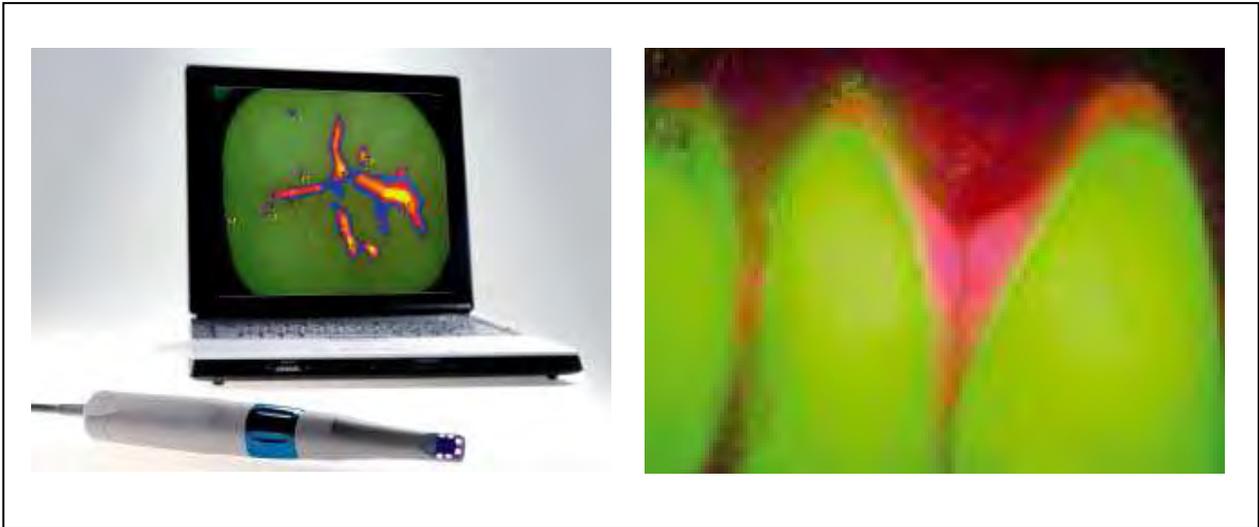


Abb. 3: Vista Proof Gerät.(Originalansicht aus ZPW 6/2008)

Abb. 4: Fluoreszenzbild.(Originalansicht aus ZPW 6/2008)

Die Kariesaktivität wird in einer Skala von 1-5 definiert und die kariösen Läsionen farblich als rote, blaue, orangene, oder gelbe Stellen, je nach Grad der Läsion, dargestellt. Aktive kariöse Bereiche werden als rote Flächen dargestellt, gesunder Schmelz hingegen erscheint grün. So steht im einzelnen:

- Blau für beginnende Schmelzkaries in der Skala zwischen 1,0-1,5
- Rot für tiefe Schmelzkaries zwischen 1,5-2,0
- Orange für Dentinkaries zwischen 2,0-2,5
- Gelb für tiefe Dentinkaries zwischen 2,5-3,0.

1.4.6.2. DIAGNOdent

Bei dem Diagnodent Gerät (Kavo, Biberach-Riß, Deutschland) wird die Zahnoberfläche punktuell mit Hilfe einer Sonde und Licht der Wellenlänge von 655 nm beleuchtet. Veränderte Zahnhartsubstanzen werden vom ausgesandten Licht angeregt und fluoreszieren Licht einer anderen Wellenlänge, das elektronisch ausgewertet und durch ein akustisches Signal und einen digitalen Zahlenwert dargestellt wird. Auf der Anzeige erscheinen während der Messung der momentan gemessene (MOMENT) und der maximalgemessene Wert (PEAK) (Abb. 6).



Abb. 6: Klassisches DIAGNOdent Basisgerät mit Handstück

Mit dem DIAGNOdent Gerät lassen sich Karies Verlaufskontrollen durchführen. Bei der Interpretation der Werte des DIAGNOdent kann es zu falschpositiven Ergebnissen kommen, wenn bei der Diagnose folgende Punkte nicht berücksichtigt werden:

- Verschmutzungen
- Kompositfüllungen, die fluoreszierende Eigenschaften haben

- Zahnstein und Konkremente
- Pulpanähe. Dort werden erhöhte Werte gemessen
- Speisereste
- Prophylaxepasten
- remineralisierte Karies
- verfärbte Zähne
- radioaktiv bestrahlte Patienten
- exzessive Lufttrocknung.

Alle diese Faktoren sollten vor der Messung beseitigt werden, damit es nicht zu falschen Ergebnissen kommt (Lussi et al. 1999, Braun et al. 1999 und Braun et al. 2000). Mit einer Approximalraumsonde kann der Approximalraum nicht zu 100% erreicht werden. Die Bereiche direkt um den Kontaktpunkt, die am stärksten kariesgefährdet sind, sind schlechter zu erreichen. Die Werte sind hier meist niedriger, als im Fissurenbereich. Die Therapie stellt sich nach Herstellerangaben in der folgenden Tabelle dar (KaVo Dental GmbH, 2003).

Werte DIAGNOdent nach Lussi	Werte DIAGNOdent nach Braun	Diagnose-Therapie
0 bis 13	0 bis 11	Gesunder Zahn- Professionelle Zahnreinigung (PZR)
14 bis 20	11 bis 30	Schmelzkaries-Intensive PZR mit Fluoridierung etc...
21 bis 29		Tiefe Schmelzkaries- Intensive PZR mit Fluoridierung und Monitoring-minimalinvasive Restorationen-Karies Risiko- Faktoren beachten
>30	>30	Dentinkaries-Minimalinvasive Restorationen und intensive RZR

Tab. 1: Diagnodentwerte und Therapievorschläge (nach Lussi und Braun)

Die Interpretation der Ergebnisse und die nachfolgende Therapieentscheidung ist kein Automatismus, sondern erfordert klinische Erfahrung und ist abhängig von weiteren

Parametern, wie der Kariesaktivität, dem individuellen Kariesrisiko und Recallintervall des Patienten (Stockleben et al. 2007).

Das Diagnodent Gerät ist in der Lage, Approximalkaries, die sonst anhand von Röntgenaufnahmen diagnostiziert wird, sowie Fissurenkaries, Glattflächenkaries und versteckte Karies, eine unter einer pseudointakten Oberfläche verborgene Karies zu diagnostizieren. Einige Studien zeigen sogar, dass eine Detektion mit dem DIAGNOdent Gerät besser als Bissflügelaufnahmen ist (Shi et al. 2000). Die Verlaufskontrolle kariöser Läsionen und die Therapieentscheidung lassen sich mit dem DIAGNOdent Gerät kontrollieren (Lussi und Francescut 2003). DIAGNOdentwerte sind aufgrund ihrer guten Reproduzierbarkeit gut zur Verlaufskontrolle geeignet (Haak et al. 2007). Möglich ist auch das Unterscheiden zwischen aktiven und inaktiven Läsionen, sowie eine Beurteilung beim Scaling und der Wurzelglättung in der Parodontologie (Hibst et al. 2001 und Krause et al. 2005). Eine Studie, in der das DIAGNOdent Gerät mit rein visuellen Kontrollen und Bissflügelaufnahmen bei der Kariesdiagnostik verglichen wurde, hat gezeigt, dass es bei Dentinkaries die höchste Sensitivitätswerte von 93% aufwies, gefolgt von den Bissflügelaufnahmen mit 69% und der visuellen Kontrolle mit 25% (Heinrich-Wetzien et al. 2002). Es konnte gezeigt werden, dass Laserfluoreszenzsysteme, wie das DIAGNOdent und DIAGNOdent Pen sich gut für die Diagnose okklusaler kariöser Läsionen eignen (Krause et al. 2007). Die Sensitivitätswerte liegen hier jeweils bei 92,6% und 88,9% (Krause et al. 2007).

Die Kariesdiagnostik über die Laserfluoreszenz ist in der Praxis in folgenden Situationen sinnvoll (Stockleben et al. 2007):

- Erleichterung der Behandlungsentscheidung
- Monitoring initialer Läsionen
- Überprüfung der Wirksamkeit präventiver Maßnahmen
- Kontrolle der Kariesexkavation
- Ausschluss behandlungsbedürftiger Läsionen vor der Fissurenversiegelung
- Diagnostik von Fissurenkaries
- Diagnostik approximaler Karies
- Kontrolle nach subgingivaler Reinigung.

1.4.7. Speicheltests

Eine weitere Methode, die zur Kariesdiagnostik herangezogen werden kann, sind Speicheltests, wie z.B. der CRT bacteria von Ivoclar Vivadent. Speicheltests ermöglichen es, die Höhe des Vorkommens der kariogenen Keime, wie *Streptococcus mutans* oder *Lactobazillen* zu bestimmen (Zimmermann et al. 2007). Speicheltests alleine sind jedoch für die Kariesdiagnostik zu unspezifisch, sie dienen lediglich als ergänzendes Mittel (Haak et al. 2007).

1.4.8. elektrische Widerstandsmessung

Bei der elektrischen Widerstandsmessung wird sich die elektrische Leitfähigkeit von Geweben zunutze gemacht. Gesunde Zahnhartsubstanz hat keine oder nur eine geringe Leitfähigkeit, während erkrankte Zahnhartsubstanz eine höhere elektrische Leitfähigkeit aufweist. Dabei wird mit Hilfe einer Elektrode der elektrische Widerstand zwischen der Zahnoberfläche und der angelegten Elektrode gemessen. Dieser Effekt ist für Messungen an Läsionen mit einer intakten Oberfläche als interessant anzusehen. Die Sensitivitätswerte sind hoch, die Spezifität aber geringer. Dadurch besteht die Gefahr, dass gesunde Zähne als behandlungsbedürftig eingestuft werden (Rieben et al. 2007). Die Sensitivität liegt bei 93%, bei einer Spezifität von 77% (Lussi 1993).

1.5. Fragestellung

Die Forschung schreitet täglich voran. Es werden ständig neue Materialien und Geräte entwickelt, die eine sichere Diagnostik ermöglichen sollen. Ziel dieser Untersuchung ist es, das neu entwickelte D-Carie Mini Gerät in seiner Effektivität bei der Kariesdiagnostik zu prüfen und seine Anwendung in der alltäglichen Praxis zu etablieren. Die Vorteile bei der Benutzung dieses neuen Gerätes würden sich bei der einfachen und schnellen Handhabung, der Minimierung oder gar Verzicht ionisierter Strahlung, dem Zeitgewinn während der Behandlung und den sicheren aussagekräftigen Ergebnissen widerspiegeln. Ferner wäre eine Anwendung des Gerätes im Sinne einer präventionsorientierten Behandlung in der Praxis vorstellbar. Vorerst aber stellt sich die Frage, ob eine okklusale Untersuchung der Zähne mit dem D-Carie Mini Gerät

ausreicht, um sichere Ergebnisse auch für den Approximalbereich zu liefern. Eine frühzeitige Erkennung von Läsionen im schwer zugänglichen Approximalbereich würde im Sinne einer Präventionstherapie eine deutliche Reduktion der invasiven Verfahren und somit eine Schonung der Zahnhartsubstanz mit sich bringen. Insbesondere soll im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die Hypothese überprüft werden, dass proximale kariöse Läsionen auch bei der Diagnostik von der Okklusalfäche aus erkannt werden können.

2. Material und Methoden

2.1 Hilfsmittel zur Durchführung der Untersuchung

Die Untersuchung zur Feststellung approximaler kariöser Läsionen wurde mit Hilfe des D-Carie Mini Gerätes (Abb. 7a und 7b) eine Entwicklung der kanadischen Firma Neks (Neks Technologies Inc., Quebec, Canada) durchgeführt.

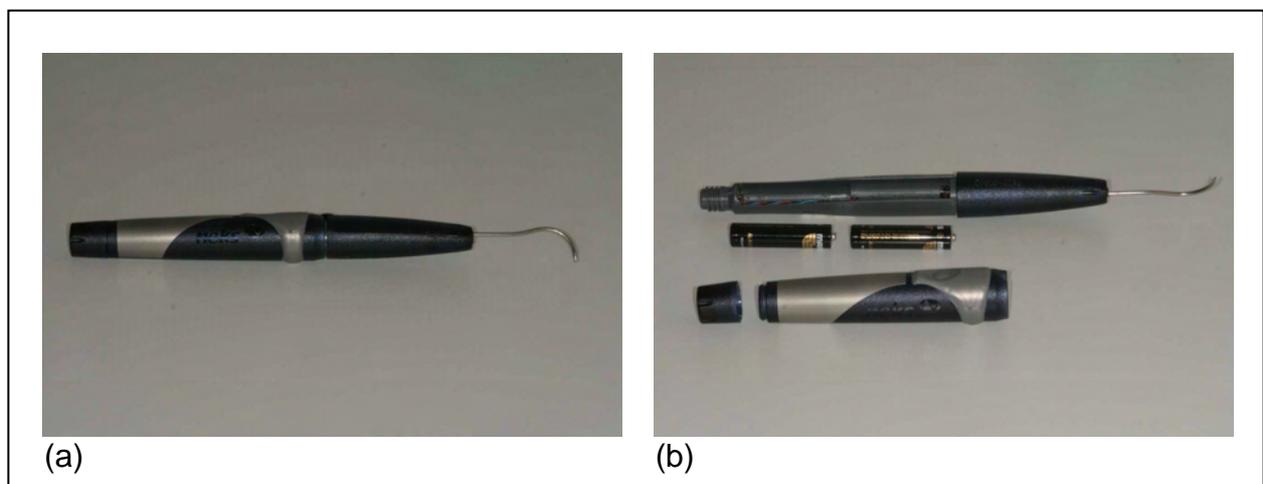


Abb. 7: D-Carie Mini Gerät

Abb. 7b: Bestandteile des D-Carie Mini

Das Gerät besteht im wesentlichen aus drei Teilen. Der Messsonde, dem Gehäuse und dem Hauptmodull, in dem die Elektronik und das Batteriefach liegen (Tab.2). Das D-Carie Mini Gerät ist konzipiert für die Detektion okklusaler, approximaler- und Fissurenkaries im Prämolaren und Molarenbereich.

Versorgung	2x Batterien 1,5 Vdc, AAA Format (EN92,LR03,AM4), oder 2 x wiederaufladbare Batterien 1,2 Vcd.AAA (HR03)
	140mA
Wellenlänge	635-1350 nm
Intensität	4-80 μ Watt
Umfang	2 cm
Länge	22 cm
Gewicht	68 g
Temperatur	10-40 C
Rel. Feuchtigkeit	25%-80%, ohne Kondensation

Tab.2: Technische Daten des D- Carie Mini- Geräts

2.2 Auswahl der Probanden

Die vorliegende Untersuchung wurde an 67 Probanden durchgeführt. Alle Patienten wurden über die zusätzliche klinische Diagnostik aufgeklärt. Ferner wurde darauf hingewiesen, dass die Ergebnisse der D-Carie Untersuchung keinen Einfluss auf die weitere Therapie haben.

Bei den Patienten handelt es sich um Stammpatienten die zur normalen Kontrolle erschienen oder Schmerzpatienten, die die Praxis aufgrund von Beschwerden aufsuchten. Untersucht wurden Patienten aller Altersklassen. Davon waren 38 Frauen und 29 Männer. Nach Erhebung des Befundes und der PSI Werte mit Hilfe eines Spiegels und einer genormten PSI-Sonde, sowie Untersuchung der Vitalität und Perkussion wurde der betroffene Zahn mit einem Bürstchen und Polierpaste (Clean Polish, Bioggio, Schweiz) gereinigt und getrocknet. Anschließend folgte die Untersuchung mit dem D-Carie Mini Gerät.

Dabei wurde der Zahn beim Vorliegen einer intakten Schmelzoberfläche und dem Verdacht einer kariösen Läsion wie folgt untersucht: Das D-Carie Mini wurde beim Verdacht auf approximaler Karies mit der Spitze auf die zuvor mit der Luft getrockneten Oberfläche punktuell auf die Zentralfissur des Zahnes gelegt und in Richtung der

mesialen beziehungsweise distalen Approximalfläche des Zahnes bewegt, bis ein akustischer Signalton zu hören und eine Farbänderung von Grün auf Rot zu sehen waren. Beim Verdacht auf okklusale Karies wurde die Sonde senkrecht auf die Mitte der Zahnoberfläche positioniert und entlang der Zentralfissur bewegt (Abb. 8).



Abb. 8 : Kariesdetektion der okklusalen und approximalen Flächen mit dem Arbeitsteil des D-Carie Mini Geräts

Das Ziel der Sondenbewegung auf die Zahnoberfläche war, die Extension der kariösen Läsion zu bestimmen, um so unterscheiden zu können, ob es sich dabei um eine lokalisierte oder ausgedehnte kariöse Läsion handelt. Bei der Auswertung der Ergebnisse wurde beim Ton zwischen einem kurzen und einem langen Ton und bei der Ausdehnung zwischen einer lokalisierten und einer extendierten Ausdehnung unterschieden. Bei der Farbe wurde zwischen Grün und Rot unterschieden. Grünes Licht das die Zahnhartsubstanz durchflutete und seine Farbe nicht änderte, ließ eine gesunde Struktur vermuten. Eine Änderung der Farbe des Lichtes jedoch von Grün auf Rot gab Anlass zur Vermutung einer demineralisierten, kariösen Läsion im Zahn. War das rote Licht lokalisiert, so war die Annahme, dass es sich um eine kariöse Läsion handelt, die im Schmelz lag, oder bis zur Schmelz- Dentingrenze reichte. War das rote Licht extendiert, so wurde das als Zeichen einer Läsion im Dentin gedeutet.

Beim Geräusch wurde zwischen zwei Signaltönen unterschieden: Einem schnellen kurzen Ton als Zeichen einer Läsion, die sich genau am Eingang der Sonde befindet, oder als Zeichen, dass dort ein starker Demineralisationsgrad vorliegt und einem langanhaltenden Ton, als Zeichen für eine starke kariöse Läsion. Somit konnten die

verschiedene Tonarten und Farben einer möglichen Bedeutung zugeordnet wieder (Tab.3).

Kurzer Ton	kleine kariöse Läsion oder tiefe Karies, weit entfernt von der Sonde
Langer Ton	große kariöse Läsion oder Karies unmittelbar unter der Sonde
Grüne Farbe	Gesunde Zahnhartsubstanz
Rote Farbe	Erkrankte, demineralisiert-kariöse Zahnhartsubstanz

Tab.3: Mögliche Bedeutung der akkustischen Signale und Farbtöne des D-Carie Mini Geräts

Ferner kann zwischen dem Farbton, dem Signalton und der Lokalisation der Karies ein Zusammenhang vermutet werden (Tab.4).

	kurzer Ton + lokalisiert	Kurzer Ton + extendiert	Langer Ton + lokalisiert	Langer Ton + extendiert
rotes Licht	Schmelzkaries	Starke Demineralisation im Schmelz isoliert	Isolierte kariöse Läsion tief im Dentin	Starke Dentinkaries
grünes Licht	Keine Schmelz- oder Dentinkaries vorhanden			

Tab.4: Möglicher Zusammenhang zwischen Licht, Ton und Lokalisation der Karies

Im Rahmen der praxisüblichen Kariesdiagnostik sind bei allen Patienten Röntgenaufnahmen (Bissflügelaufnahmen) angefertigt worden. Nach Bestätigung einer kariösen Läsion durch die Röntgenaufnahmen wurden die Zähne mit einem Diamanten eröffnet und sowohl vor als auch nach der Eröffnung fotografiert, um die Ausdehnung der Läsion darzustellen und die klinische Situation zu dokumentieren. Die Aufnahmen sind mit einer Canon-Eos 140 DG Digitalcamera (Canon, Giessen GmbH, Deutschland) und der Hilfe eines Spiegels angefertigt worden.

Bei der klinischen Situation wurde das Ausmaß der kariösen Läsion nach Eröffnung des Zahnes mit dem bloßem Auge in drei Kategorien unterteilt (Tab.5).

Klinische Beurteilung	kariöse Läsion im Schmelz
des kariösen Befalls nach	kariöse Läsion im äußeren Dentin
Eröffnung des Zahnes	kariöse Läsion im inneren Dentin

Tab.5: klinische Einteilung der kariösen Läsionstiefe nach Eröffnung der Läsion

Repräsentative Fallbeispiele sind in den folgenden Abbildungen dargestellt (Abb. 9-11).

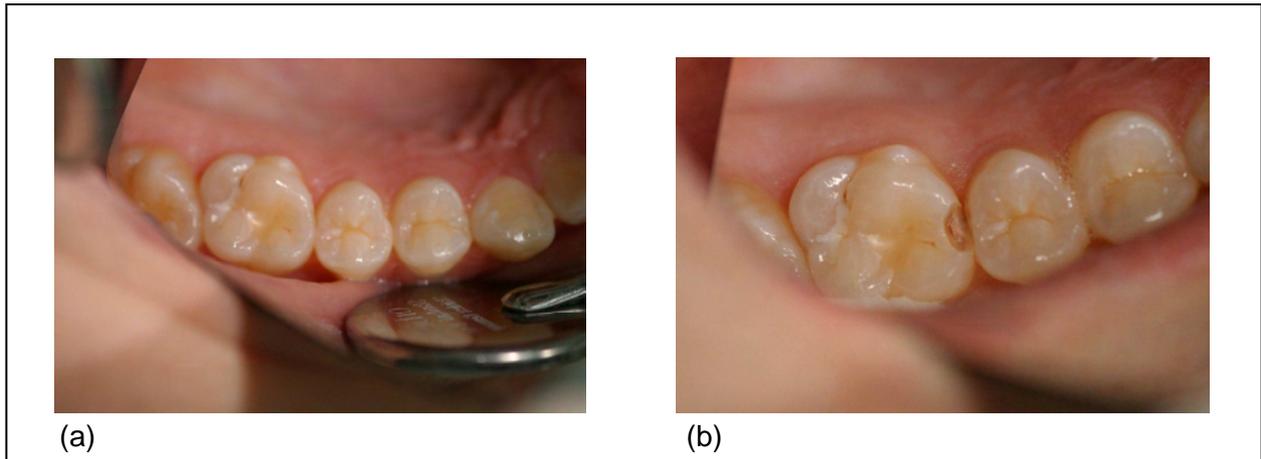


Abb. 9: Kariöse Läsion ausschließlich im Schmelz (a) vor und (b) nach Eröffnung

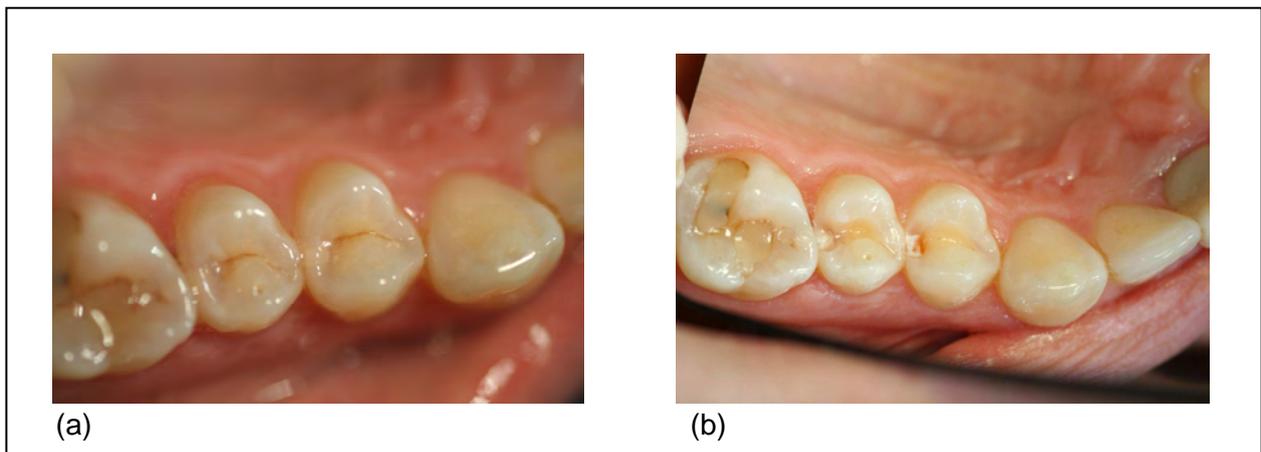


Abb.10: Kariöse Läsion sowohl im Schmelz, als auch im äußeren Dentin bis etwa 1mm entfernt von der Schmelz/Dentin Grenze, vor (a) und nach (b) Eröffnung

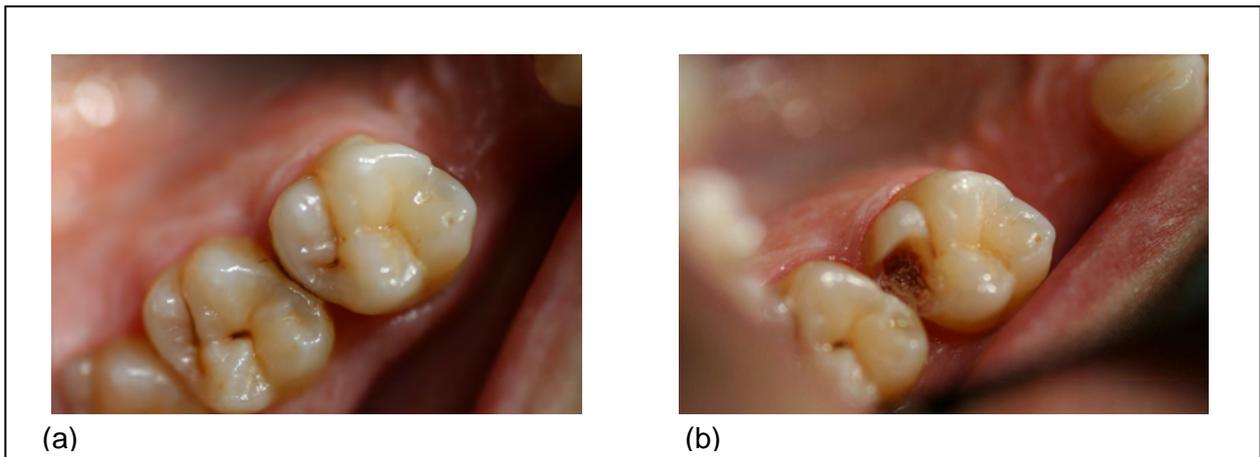


Abb.11: kariöse Läsion im inneren Dentin mehr als 1mm von der Schmelz/Dentin Grenze entfernt, vor (a) und nach (b) nach Eröffnung

Bei den Röntgenbildern wurde in 4 Kategorien unterteilt. Die Abkürzungen D1-D4 beschreiben die Entfernung der kariösen Läsion im Röntgenbild von der Schmelz-Dentingrenze (Tab.6), (Abb. 12-15).

D1	kariöse Läsion ausschließlich im Schmelz
D2	kariöse Läsion bis zur Schmelz- Dentin- Grenze
D3	kariöse Läsion etwa 1mm von der Schmelz- Dentin- Grenze
D4	Kariöse Läsion > als 1mm von der Schmelz- Dentin- Grenze

Tab.6: Grad der Entfernung der kariösen Läsion im Röntgenbild

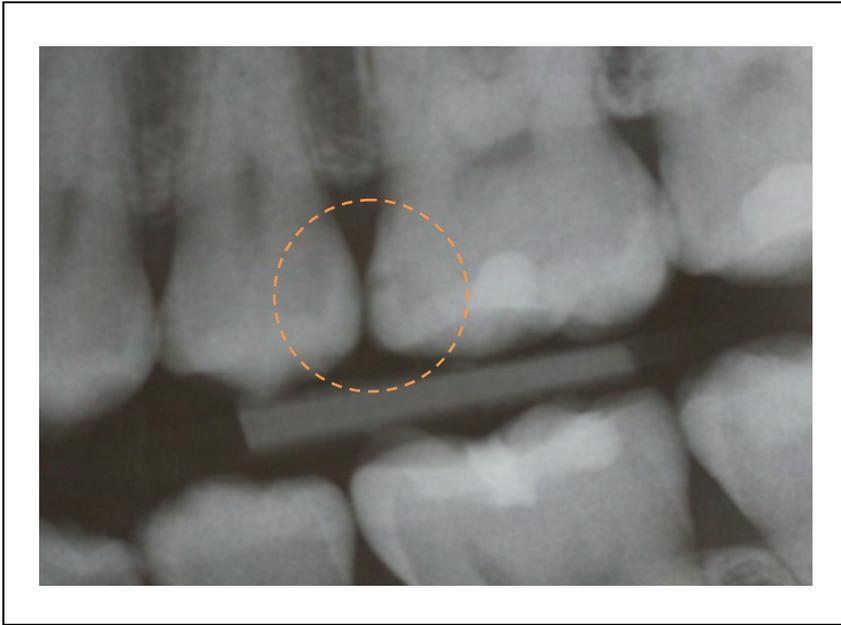


Abb.12: D1: Kariöse Läsion, röntgenologisch ausschließlich im Schmelz.

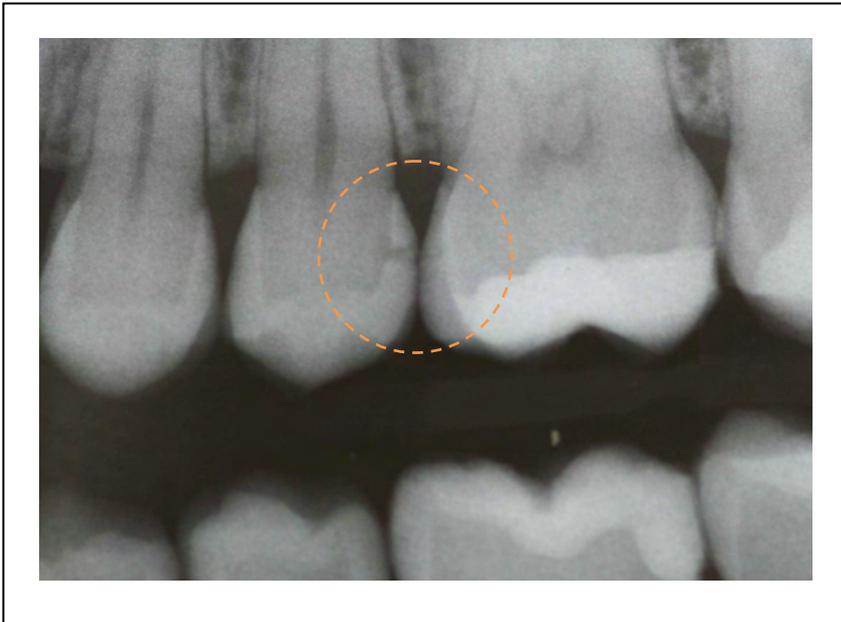


Abb.13: D2: Kariöse Läsion, röntgenologisch an der Schmelz/Dentin Grenze



Abb.14: D3: Kariöse Läsion, röntgenologisch bis etwa 1mm von der Schmelz/Dentin Grenze entfernt



Abb.15: D4: Kariöse Läsion, röntgenologisch mehr als 1mm von der Schmelz/Dentin Grenze entfernt

Nach der Untersuchung der kariesverdächtigen Stellen im Rahmen der praxisüblichen Kontrolle wurde die Messung mit dem D-Carie Mini Gerät durchgeführt. Der Therapieplan berücksichtigte ausschließlich die konventionelle klinische Diagnostik.

Schmelzkaries

Bei Veränderungen, die in den Schmelz isoliert erkannt wurden, wurde der Patient aufgeklärt und keine invasive Therapie durchgeführt. Je nach Erkrankungsrisiko sind professionelle Zahnreinigungen durchgeführt worden, wobei der Patient individuell über sein Kariesrisiko und über Hygienemaßnahmen unterrichtet wurde. Dabei sind fluoridhaltige Lacke z.B: Duraphat (Colgate, Hamburg, Deutschland), oder antibakterielle Lacke z.B: Cervitec (Ivoclar-Vivadent, Ellwangen-Jagst, Deutschland) verwendet worden. Die Patienten wurden ferner gebeten, regelmäßig zur Kontrolle zu erscheinen, um Initiailläsionen im Schmelzbereich zu beobachten und so bei fortschreitender Progression frühzeitig eingreifen zu können.

Schmelz / Dentinkaries

Bei Defekten, die die Schmelz/Dentin Grenze erreicht hatten oder sehr tief ins Dentin reichten, wurde eine invasive Therapie durchgeführt. Je nach Tiefe der Läsion und Schmerzempfindlichkeit wurde eine Anästhesie durchgeführt und der Zahn mit einem Diamantbohrer eröffnet. Zur Dokumentation der Ausdehnung des kariösen Prozesses im Zahn sind vor und nach Eröffnen der betroffenen Stellen Bilder angefertigt worden. Nach vollständiger Exkavation der Karies mit Rosenbohrern wurden die betroffenen Stellen mit einem Füllungsmateriall (z.B: Komposit oder Glasionomer) versorgt.

Fissurenkaries

Bei Kindern mit Fissurenkaries an den bleibenden Zähnen sind Fissurenversiegelungen oder Füllungstherapien durchgeführt worden. Bei der Versiegelung sind die Oberflächen mit einer Paste gereinigt, bei braunen Verfärbungen leicht aufgezoogen, zum Teil mit dem Heal Ozon entkeimt und dann definitiv versiegelt worden. Bei Anwesenheit brauner Verfärbungen sollte an den Fissuren der bleibenden Molaren in der Altersklasse der 6- bis 18-Jährigen eine erweiterte Fissurenversiegelung der Kariesverlaufskontrolle vorgezogen werden (Goddon und Heinrich-Weltzien. 2004). In der Altersklasse von 8-19

Jahre wird bei auftretenden Fissurenverfärbungen in morphologisch ungünstiger Fissurentypen und bestehendem Kariesrisiko keine Remineralisation, sondern eine minimal invasive Entfernung der Verfärbung empfohlen (Laurisch. 2007). Auch können Versiegelungen sogar für Erwachsene sinnvoll sein (Reich et al. 2008).

2.3 Studienablauf

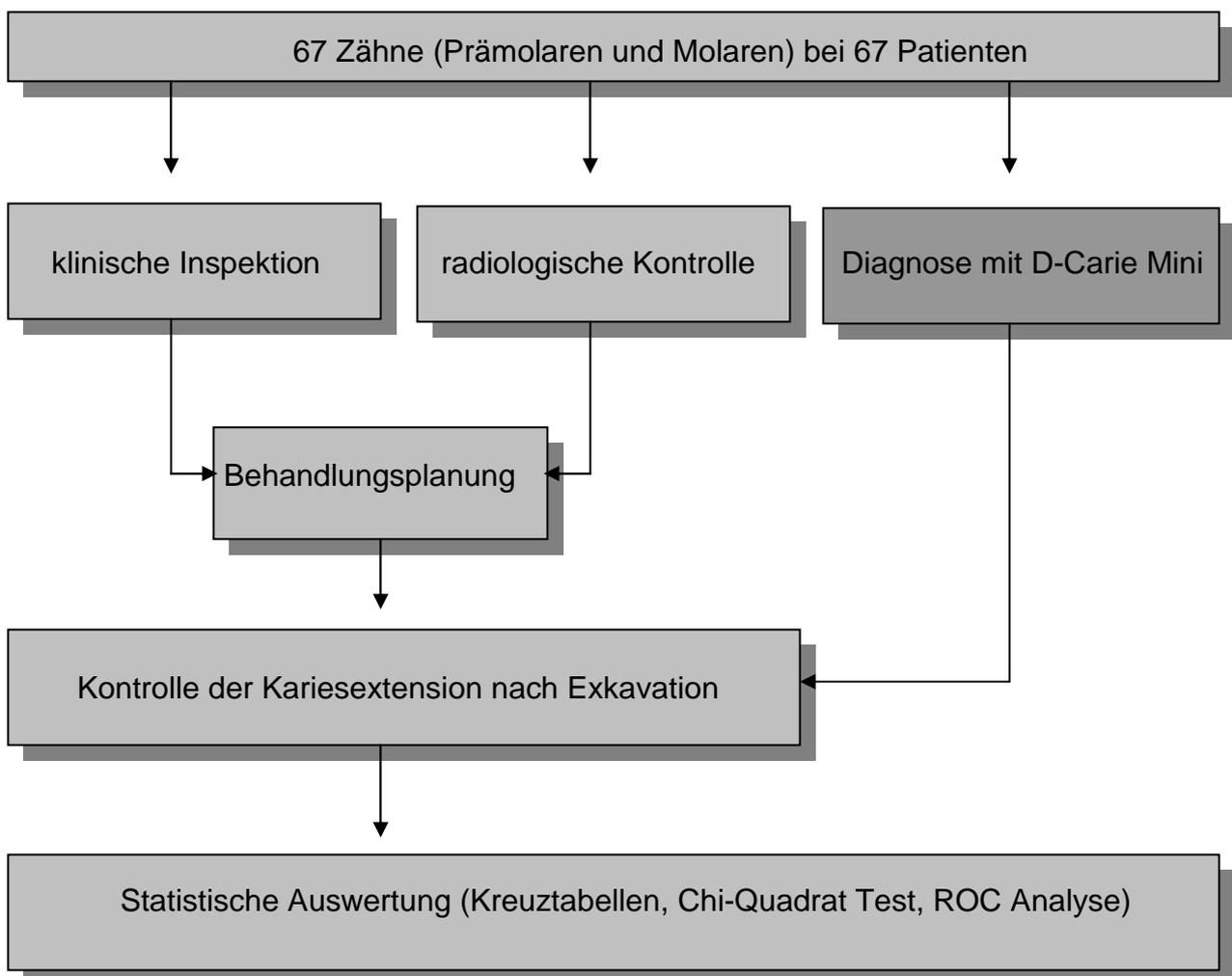


Abb.16: Darstellung des Studienablaufs

2.4 Datenerfassung und Statistik

Die Güte einer Untersuchungsmethode wird durch einige Parameter, wie die Validität und Reliabilität charakterisiert. Die Validität beschreibt, wie sicher eine Erkrankung erkannt oder ausgeschlossen werden kann, während die Reliabilität die Wiederholbarkeit der Testergebnissen beschreibt. Die Validität kann mit Parametern, wie die Sensitivität, Spezifität und ROC Kurven quantitativ wiedergegeben werden. Eine hohe Reliabilität ist besonders bei der Kariesverlaufdiagnose (Kariesmonitoring) von großer Bedeutung (Kühnisch et al. 2008). Die Ergebnisse der Studie können in einer Vierfeldtafel wiedergegeben werden. Eine Vierfeldtafel ist ein Zusammenhang zwischen zwei Merkmalen und zwei Merkmalsausprägungen. Sie gibt die absoluten Häufigkeiten des Auftretens der vier möglichen Kombinationen wieder.

Zweck der Untersuchung ist die Beurteilung der Diagnose einer bestimmten Erkrankung. Dazu werden die Ergebnisse der Studie mit einem festgelegten Merkmal verglichen. Das Merkmal ist meist die gegenwärtig zuverlässigste Methode zur Diagnose der jeweiligen Erkrankung. Das Ergebnis wird in einer binären Verbindung zusammengefasst die besagt, ob eine Erkrankung vorliegt oder nicht (Abb.17).

		Goldstandard Krankheit		
		liegt vor	liegt nicht vor	
Neues Diagnose Verfahren	Positives Testergebnis liegt vor	richtig positiv a	falsch positiv b	alle Test-Positiven a+b
	Liegt nicht vor Negatives Testergebnis	c falsch negativ	d richtig negativ	c+d alle Test-Negativen
		a+c alle Erkrankten	b+d alle Gesunden	N alle Untersuchten

Abb.17: allgemeine Darstellung der Vierfeldtafel in einer Diagnosestudie

Zur Beurteilung der Qualität der Diagnose betrachtet man die Wahrscheinlichkeit einer richtigen Vorhersage der Diagnose bei den gesunden und erkrankten Personen.

Die Wahrscheinlichkeit eine erkrankte Person als krank zu erkennen, wird als Sensitivität bezeichnet. Eine Schätzung der Sensitivität ergibt sich aus $a/(a+c)$. Die Wahrscheinlichkeit eine gesunde Person als gesund zu erkennen, wird als Spezifität bezeichnet. Eine Schätzung der Spezifität ergibt sich aus $d/(b+d)$.

Um zwei Parameter miteinander zu vergleichen, werden die Werte für Sensitivität und Spezifität herangezogen. Eine optimale Diagnose weist Werte von 100% sowohl für die Sensitivität, als auch für die Spezifität auf. In diesem Fall sind alle Vorhersagen richtig.

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SPSS® Version 17.0 (SPSS Inc., Chicago, USA). Zur Auswertung wurden Kreuztabellen erstellt und die jeweiligen p- und Lambda-Werte bestimmt. Dabei handelt es sich um die einfachste Form der Untersuchung einer Assoziation zwischen zwei Variablen. Ziel jeder statistischen Auswertung ist es die Nullhypothese zu verwerfen. Die Nullhypothese sagt aus, dass es keinen Zusammenhang zwischen den untersuchenden Merkmalen und dem festgelegten Merkmal gibt. Als festgelegtes Merkmal wird hier die klinische Situation (= Klinik) definiert (Tab.7).

Wert	Klinik
0 =	Keine Karies
1 =	Schmelzkaries
2 =	Äußere Dentinkaries
3 =	Innere Dentinkaries

Tab.7: Tabelle Klinik (= festgelegtes Merkmal)

Die klinische Situation wurde bei der vorliegenden Untersuchung mit den jeweiligen untersuchten Merkmalen verglichen (Tab.8).

Wert	Ton-Ausdehnung-Kombination	Röntgenbilder	Ausdehnung	Ton
0 =	Kein Ton	Keine Karies	Keine Ausdehnung	Kein Ton
1 =	Ton langsam und lokalisiert	Karies im äußeren Schmelzbereich	Ausdehnung im Schmelz	lokalisiert
2 =	Ton langsam und extendiert	Karies im inneren Schmelzbereich	Ausdehnung im äußeren Dentin	extendiert
3 =	Ton schnell und lokalisiert	Karies im äußeren Dentin	Ausdehnung im inneren Dentin	
4 =	Ton schnell und extendiert	Karies im inneren Dentin		

Tab.8: Untersuchte Merkmale

Die quantitative Wiedergabe der Validität, das heißt der sicheren Erkennung oder dem Ausschluss der Erkrankung wurde hier mit Hilfe der ROC Auswertung in Form der ROC Kurven dargestellt. Ferner wurden der Chi Quadrat Wert (p - Wert), eine Sonderform der Vierfeldtafel, sowie der λ -Wert bestimmt (Siehe Kapitel 3, Ergebnisse). Als Irrtumswahrscheinlichkeit wurde der Wert $\alpha = 0,05$ verwendet.

3. Ergebnisse

3.1 Kreuztabellen λ - Werte

p- Werte sowie λ - Werte gehören zu den prädiktiven Assoziationswerten und zeigen auf, inwieweit uns die Kenntnis der einen Variablen, die andere Variable vorherzusagen hilft (Benninghaus 2002). Betrachtet man die ausgerechneten p-Werte der jeweiligen Kreuztabellen, so fällt auf, dass diese bei allen vier Kreuztabellen (Klinik/Ton-Ausdehnung-Kombination, Klinik/Röntgen, Klinik/Ausdehnung und Klinik/Ton) unter 0,05 liegen (Tab.9-12).

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	105,476	12	,000
Likelihood-Quotient	103,007	12	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	44,501	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.9: Chi-Quadrat Wert nach Pearson beim Vergleich Klinik-Ton- Ausdehnung-Kombination

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	143,997	12	,000
Likelihood-Quotient	127,795	12	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	54,156	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.10: Chi-Quadrat Wert nach Pearson beim Vergleich Klinik-Röntgen

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	102,870	6	,000
Likelihood-Quotient	100,745	6	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	53,064	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.11: Chi-Quadrat Wert beim Vergleich Klinik-Ausdehnung

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	82,602	6	,000
Likelihood-Quotient	82,248	6	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	48,346	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.12: Chi-Quadrat Wert beim Vergleich Klinik-Ton

Wie schon oben erwähnt, deuten diese Werte auf eine Abhängigkeit zwischen den untersuchten Merkmalen (Ton-Ausdehnung-Kombination, Rö-Bilder, Ausdehnung und Ton) und den empirischen Werten sprich Klinik. So ergeben sich bei zunehmender Tiefe der kariösen Läsion höhere Werte für die Ton-Ausdehnung-Kombination und dem Röntgen bei den Kreuztabellen (Siehe Kapitel 6, Seite 56 Kreuztabellen: Klinik-Ton-Ausdehnung-Kombination und Klinik-Röntgen).

Der λ -Wert repräsentiert die proportionale Fehlerreduktion, die erzielt wird, wenn eine auf der bivarianten Verteilung basierende Vorhersage mit einer auf der Randverteilung der abhängigen Variablen basierenden Vorhersage verglichen wird. So sagt ein λ -Wert von 0,25 aus, dass man bei der Vorhersage der abhängigen Variablen (Merkmale) 25% weniger Fehler begeht, wenn man die Information über die unabhängige Variable ausnutzt, gegenüber einer Vorhersage, die sich nur auf der die Verteilung der

abhängigen Variablen stützt (Benninghaus, 2002). Der Lambda Wert kann zwischen 0 und 1 liegen. Die statistische Auswertung der Daten ergab in Abhängigkeit zur Klinik unterschiedliche Werte (Tab.13).

	Ton- Ausdehnung- Kombination	Röntgen	Ausdehnung	Ton
Lambda Wert(λ):	0,587 Klinik unabhängig, Ton-Ausdehnung- Kombination abhängig	0,681 Klinik unabhängig, Röntgen abhängig	0,806 Klinik unabhängig, Ausdehnung abhängig	0,515 Klinik unabhängig Ton abhängig

Tab.13: Lambda Werte der untersuchten Merkmale (Siehe Kapitel 6, Anhang)

Vergleicht man diese Werte miteinander, so fällt auf, dass die höchsten λ -Werte mit 0,806 bei der Ausdehnung und 0,681 beim Röntgen anzutreffen sind, gefolgt von Werten von 0,587 bei der Ton-Ausdehnung-Kombination und 0,475 beim Ton. Das bedeutet, dass man bei der Auswertung und Nutzung der Information der Röntgenbilder bis zu 68,1% weniger Fehler begeht, als wenn man sich nur auf die Klinik verlassen würde. Bei der Ausdehnung und Ton-Ausdehnung-Kombination liegen die Werte ebenfalls hoch mit jeweils 80,6% und 58,7%, während beim Ton der niedrigste Wert mit 51,5 % anzutreffen ist. Das heißt, dass der Ton allein keine genauen Rückschlüsse über das Maß der kariösen Läsion wiedergibt. Zusammengefasst aber kann man sagen, dass je höher der λ -Wert ist, um so präziser die formulierte Voraussage über das Verhältnis zwischen dem untersuchten Merkmal und der klinischen Situation.

3.2 Analyse der ROC Kurven für die Beziehung Klinik zu Ton-Ausdehnung-Kombination

Eine weitere statistische Auswertung der Ergebnisse kann mit Hilfe der ROC-Kurven (Receiver Operating Charakteristik) wiedergegeben werden. Es handelt sich um eine Methode zur Bewertung und Optimierung von Analyse-Strategien. Sie stellen die Abhängigkeit der Effizienz von der Fehlerquote dar. Auf der X-Achse des Diagramms wird die Sensitivität und auf der Y-Achse 1-Spezifität dargestellt. Die folgenden

Aussagen beziehen sich auf den Vergleich Klinik/Ton-Ausdehnung-Kombination. Die erste ROC- Kurve gibt die Sensitivitäts- und 1-Spezifitätswerte wieder, wenn keine Karies vorliegt. Man erkennt eine Gerade bei einem Wert von 1,0. Das heißt, beim Fehlen von Karies zeigt das D-Carie Gerät auch keine falsche Werte an. Ein anderer wichtiger Faktor bei den ROC- Kurve ist die Fläche unter der Kurve, kurz AUC (= Area under Curve). Dieser Wert liegt zwischen 0,5 und 1,0. Werte nah 1,0 (= entsprechen 100%) geben eine hohe Güte der Messung wieder, während Werte nah 0,5 als unzuverlässig angesehen werden. Bei der ersten ROC Kurve ist eine Berechnung der Fläche nicht zulässig, da es sich um eine kariesfreie Situation handelt. Es resultiert eine Gerade mit hohen Sensitivitäts- und Spezifitätswerte (Abb.18), (Tab.14-16).

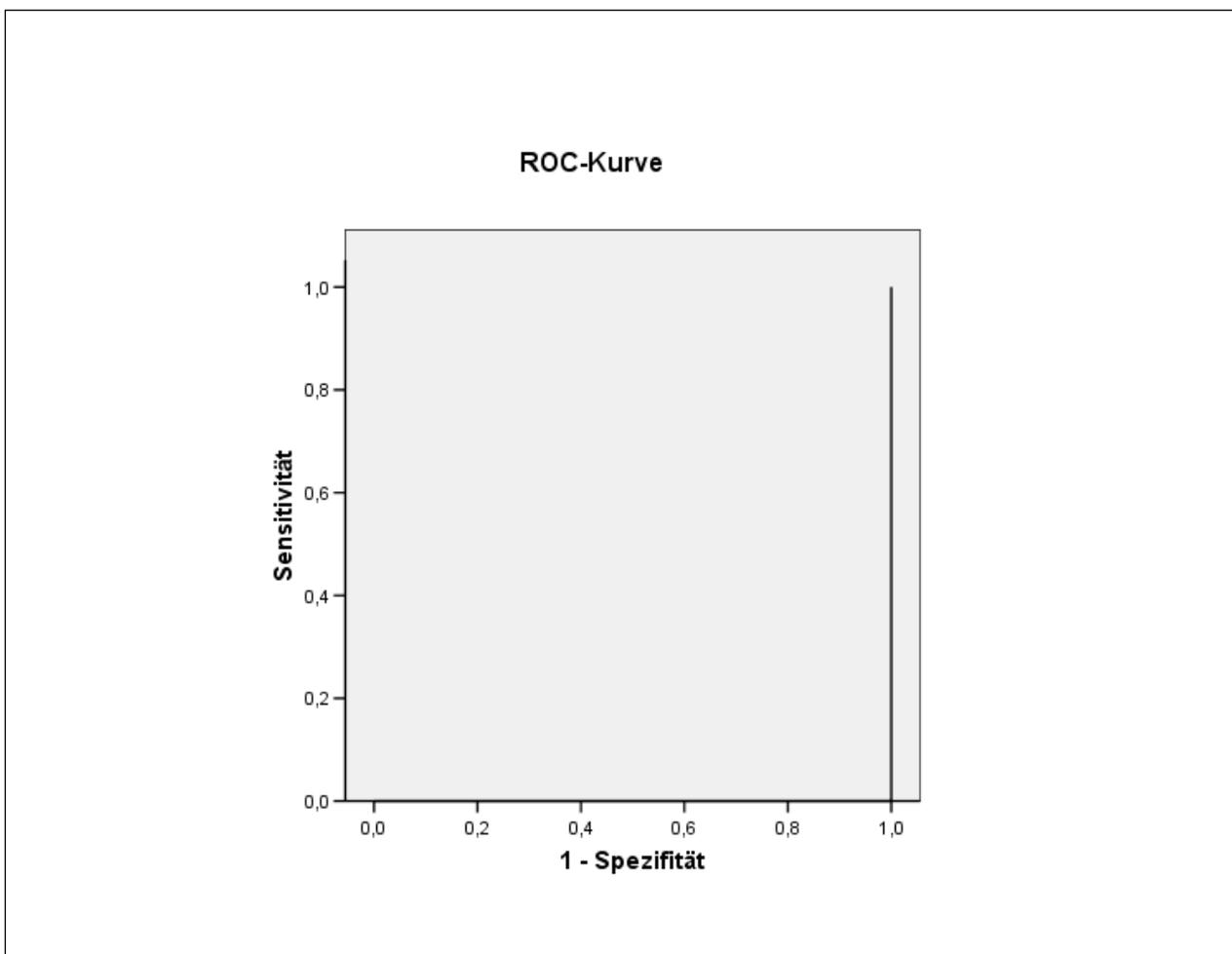


Abb.18: Roc-Kurve 1. Fall für das Verhältnis zwischen einer kariesfreien Situation und der Signalqualität.(Siehe Kapitel 6, Seiten 58 und 59, Tab. 28)

Klinik	Gültige N (listenweise)
Positiv	14
Negativ	53

Tab.14: Verarbeitete Fälle: Beim Verhältnis zwischen der kariesfreien Situation und der Signalqualität

Positiv, wenn größer oder gleich	Sensitivität	1 - Spezifität
-1,0000	1,000	1,000
,5000	,000	1,000
1,5000	,000	,660
2,5000	,000	,642
3,5000	,000	,396
5,0000	,000	,000

Tab.15: Koordinaten der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Ton-Ausdehnung-Kombination beim Verhältnis zwischen der kariesfreien Situation und der Signalqualität

Fläche
,000

Tab.16: Fläche unter der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Ton-Ausdehnung-Kombination beim Verhältnis der kariesfreien Situation und der Signalqualität

Bei der zweiten Roc- Kurve handelt es sich um die Darstellung der Situation beim Vorliegen einer Schmelzkaries. Wie man den Werten entnehmen kann, liegen die Sensitivitätswerte bei 20% und 1- Spezifitätswerte bei 54,8%. Der AUC Wert liegt bei 0,384, weit unter dem erwarteten Bereich von 0,5-1. Das bedeutet, dass bei einer schmelzbegrenzten Läsion das D-Carie Mini Gerät allein keine ausreichende Spezifitäts- und Sensitivitätswerte liefert, die als Messwert für die Behandlung einer kariösen Läsion genutzt werden könnten. Vor allem die Sensitivitätswerte sind hier gering (Abb.19), (Tab.17-19).

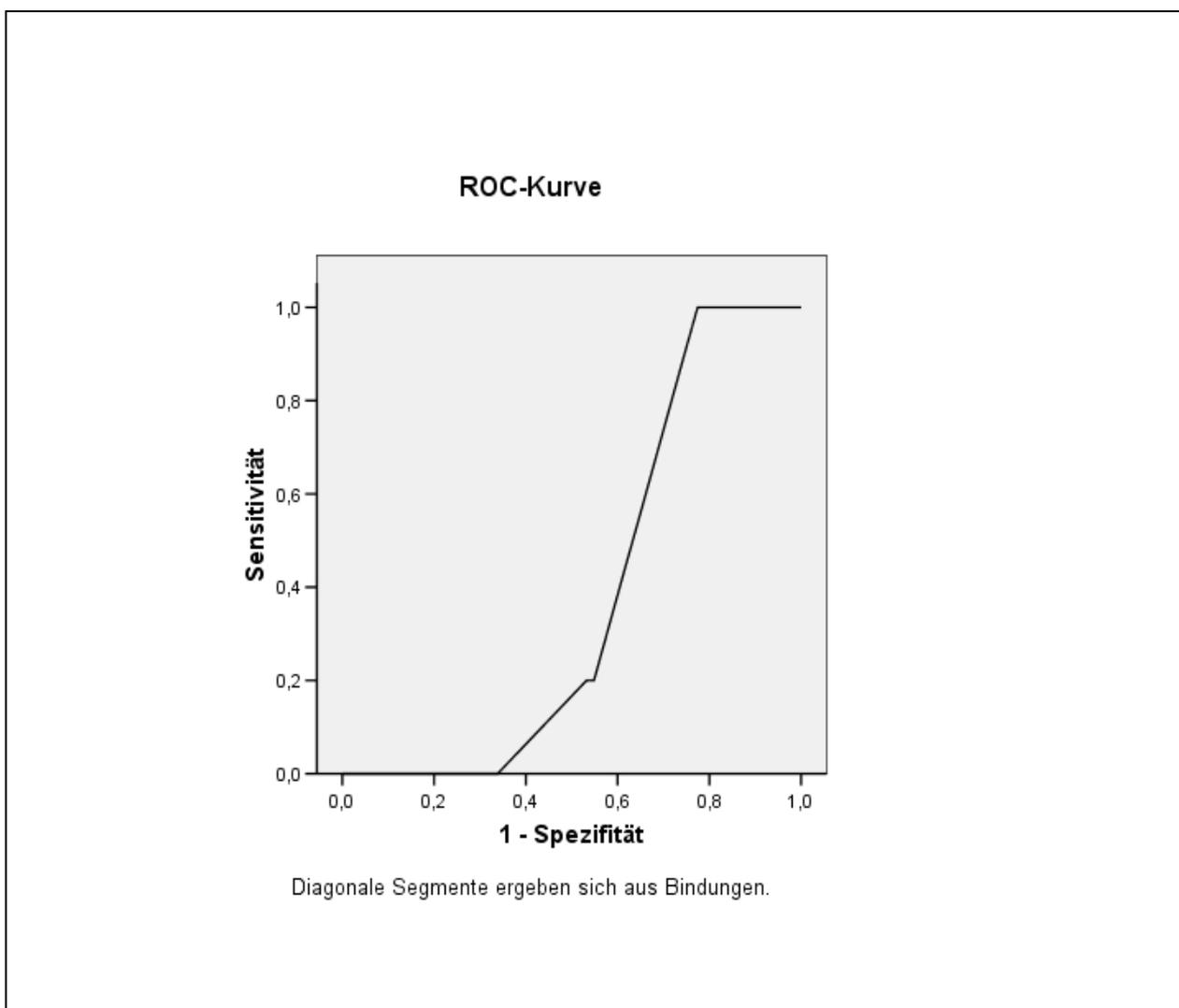


Abb.19: Roc-Kurve 2 Situation für das Verhältnis zwischen einer Schmelzkaries und der Signalqualität (Siehe Kapitel 6, Seiten 58 und 59, Tab. 28)

	Gültige N (listenweise)
Positiv	5
Negativ	62

Tab.17: Verarbeitete Fälle: Beim Verhältnis zwischen der Schmelzkaries und der Signalqualität

Positiv, wenn größer oder gleich	Sensitivität	1 - Spezifität
-1,0000	1,000	1,000
,5000	1,000	,774
1,5000	,200	,548
2,5000	,200	,532
3,5000	,000	,339
5,0000	,000	,000

Tab.18: Koordinaten der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Kodierung beim Verhältnis zwischen der Schmelzkaries und der Signalqualität

Fläche
,384

Tab.19: Fläche unter der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Kodierung beim Verhältnis zwischen der Schmelzkaries und der Signalqualität

Das Diagramm der dritten ROC- Kurve gibt die Situation beim Vorliegen einer kariösen Läsion im äußeren Dentin wieder. Hier ist eine Veränderung der ROC Kurve mit einer Zunahme der Ausdehnung der kariösen Läsion im Zahn zu beobachten. Die Kurve bewegt sich im Diagramm nach links in Richtung der Sensitivitätsachse und nimmt dabei immer mehr die Form einer Parabel an. Die Fläche unter der Kurve wird ebenso

zunehmend größer. Die Sensitivitätswerte betragen hier 51,9% und die 1-Spezifitätswerte 50% und liegen somit höher als die entsprechenden Werte bei einer Schmelzkaries. Der AUC Wert beträgt 0,514 und liegt im relevanten Bereich von 0,5-1 (Abb.20), (Tab.20-22).

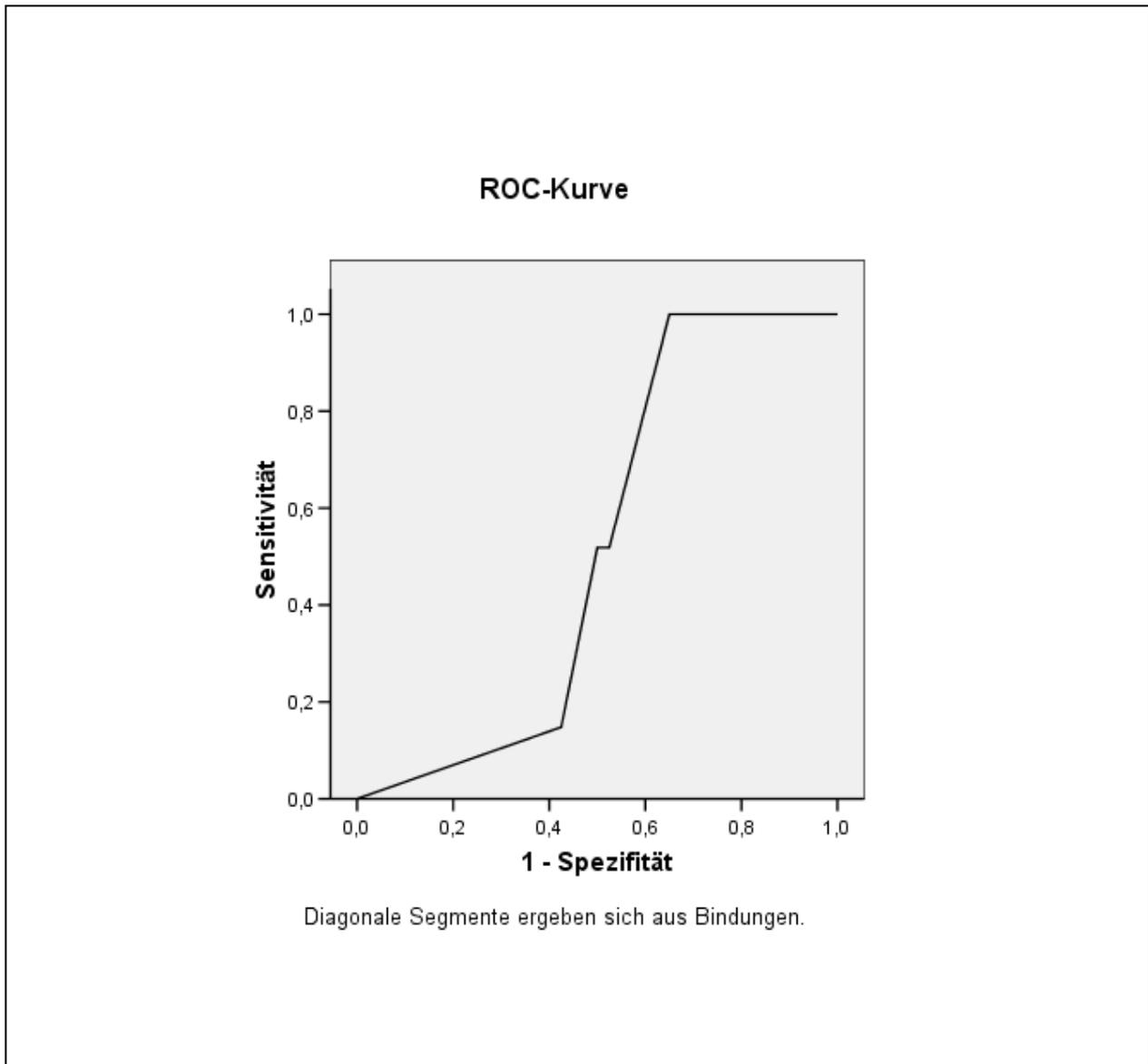


Abb.20: Roc-Kurve 3. Situation für das Verhältnis zwischen einer äußeren Dentinkaries und der Signalqualität (Siehe Kapitel 6, Seiten 58 und 59, Tab. 28)

Klinik	Gültige N (listenweise)
Positiv	27
Negativ	40

Tab.20: Verarbeitete Fälle: Beim Verhältnis zwischen der äußeren Dentinkaries und der Signalqualität

Positiv, wenn größer oder gleich	Sensitivität	1 - Spezifität
-1,0000	1,000	1,000
,5000	1,000	,650
1,5000	,519	,525
2,5000	,519	,500
3,5000	,148	,425
5,0000	,000	,000

Tab.21: Koordinaten der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Ton-Ausdehnung-Kombination beim Verhältnis zwischen der äußeren Dentinkaries und der Signalqualität

Fläche
,514

Tab.22: Fläche unter der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Ton-Ausdehnung-Kombination beim Verhältnis zwischen der äußeren Dentinkaries und der Signalqualität

Die vierte ROC-Kurve stellt die Situation beim Vorliegen einer tiefen kariösen Läsion im inneren Dentin dar. Die Fläche unter der Kurve wächst auch hier weiter mit zunehmender Ausdehnung und Tiefe des kariösen Prozesses in Richtung inneres Dentin. Die Sensitivität und Spezifität weisen hohe Werte. Die Sensitivitäts- und 1-Spezifitätswerte liegen jeweils bei 81% und 0,87%. Der AUC Wert liegt mit 0,905 dem relevant höchsten Wert von 1.0 sehr nah an (siehe Tab. 20).

Alle Messwerte wie die Spezifität, die Sensitivität und auch der AUC Wert liegen hier deutlich höher als die entsprechenden Sensitivitäts-, Spezifitäts- und AUC-Werte der

anderen ROC- Kurven bei denen die kariöse Läsion im Schmelz oder im äußeren Dentin vorkommt. Im Vergleich aller ROC Kurven miteinander kann man erkennen, dass bei einer Zunahme der kariösen Läsion, auch höhere Sensitivitäts- und Spezifitätswerte zu erwarten sind (Abb.21), (Tab.23-25).

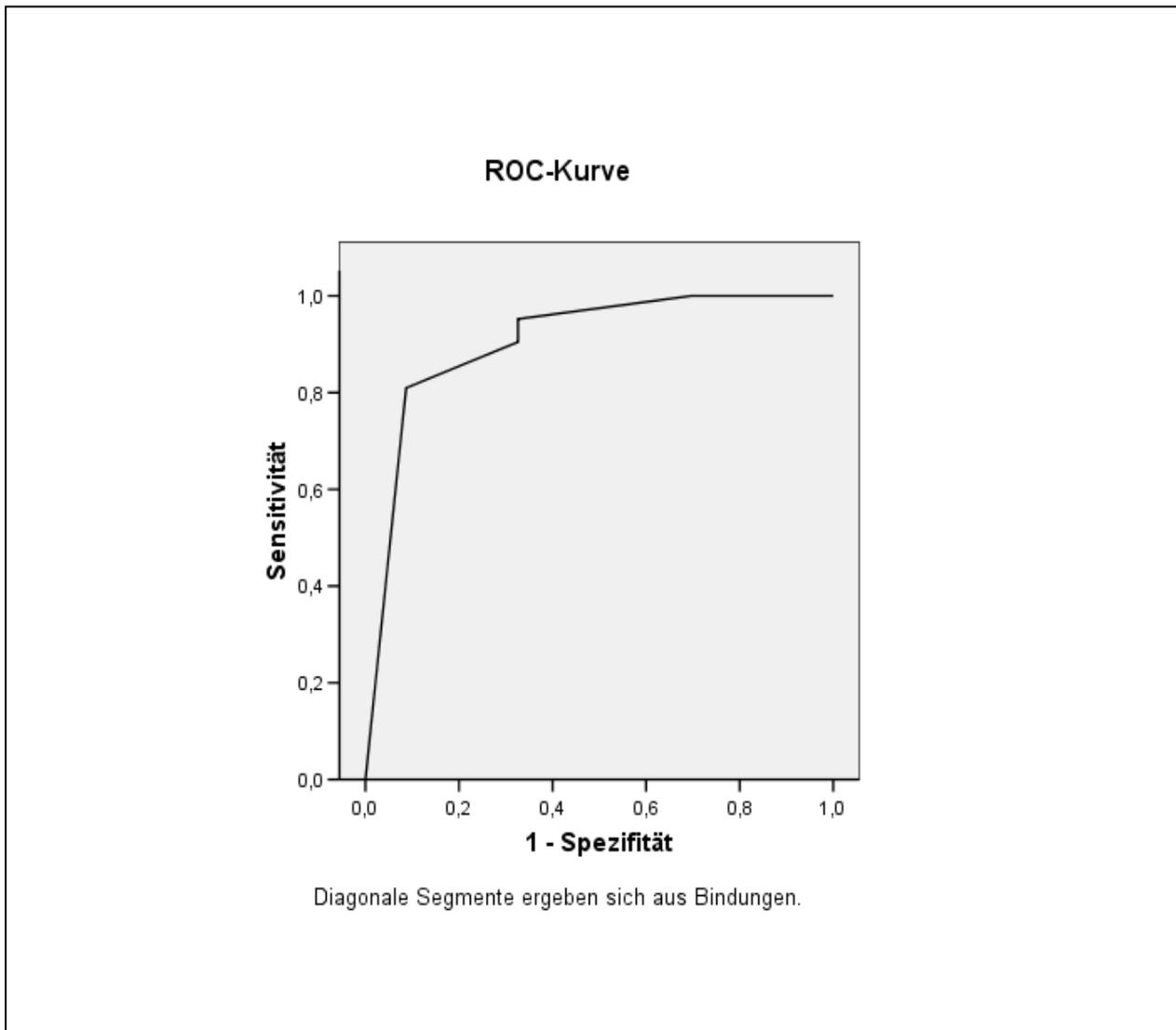


Abb.21: Roc-Kurve 4. Situation für das Verhältnis einer inneren Dentinkaries zur Signalqualität (Siehe Kapitel 6, Seiten 58 und 59, Tab. 28)

Klinik	Gültige N (listenweise)
Positiv	21
Negativ	46

Tab.23: Verarbeitete Fälle: Beim Verhältnis der inneren Dentinkaries zur Signalqualität

Positiv, wenn größer oder gleich	Sensitivität	1 - Spezifität
-1,0000	1,000	1,000
,5000	1,000	,696
1,5000	,952	,326
2,5000	,905	,326
3,5000	,810	,087
5,0000	,000	,000

Tab.24: Koordinaten der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Ton-Ausdehnung-Kombination beim Verhältnis zwischen der inneren Dentinkaries und der Signalqualität

Fläche
,905

Tab.25: Fläche unter der Kurve

Variable(n) für Testergebnis: Ton-Ausdehnung-Kombination beim Verhältnis zwischen der inneren Dentinkaries und der Signalqualität

3.3 Sensitivität und Spezifität

Vergleicht man die Sensitivitäts- und Spezifitätswerte für die Karieserkennung bei den jeweiligen untersuchten Kariesstadien, so ergeben sich für das D-Carie Mini Gerät für die Röntgendiagnostik und der Ton-Ausdehnung-Kombination die günstigsten Werte (Tab.26).

Werte		Sensitivität	Spezifität
Schmelzkaries	Ton-Ausdehnung-Kombination	80%	45,2%
	Rö-Bild	100%	29%
	Ausdehnung	100%	22,6%
	Ton	100%	22,6%
äußere Dentinkaries	Ton-Ausdehnung-Kombination	51,9%	50%
	Rö-Bild	63%	52,5%
	Ausdehnung	14,8%	55%
	Ton	51,9%	50%
innere Dentinkaries	Ton-Ausdehnung-Kombination	81%	91,3%
	Rö-Bild	81%	100%
	Ausdehnung	85,7%	91,3%
	Ton	90,5%	67,4%

Tab.26: Sensitivitäts- und Spezifitätswerten von Kodierung, Rö-Bilder, Ausdehnung und Ton in verschiedenen kariösen Progressionsstadien.

4. Diskussion

Im Rahmen dieser Studie sollte die Effizienz des D-Carie Mini Gerätes bei der Erkennung approximaler Karies untersucht werden und die Resultate der Studie mit denen ähnlicher Systemen, die sich bereits am Markt etabliert haben, verglichen werden. Dafür wurden unter anderem die Sensitivität und Spezifität bestimmt, die für die Güte einer Messung stehen und ein Maß darstellen, dass Gegenüberstellungen und Vergleiche zwischen verschiedenen Meßmethoden erlauben. So wurden bereits 1993 die damals üblichen Methoden zur Kariesuntersuchung von Lussi untereinander verglichen und ihre Sensitivitäts- und Spezifitätswerten in eine Tabelle zusammengefasst (Lussi et al. 1993) (Tab. 27).

	Sensitivität	Spezifität	Richtige Diagnose
Inspektion	93%	12%	57%
mit Lupe	89%	20%	56%
mit Sonde	93%	14%	58%
Insp.+ Bißflügelaufnahmen	87%	49%	67%
Bißflügelaufnahmen	83%	45%	63%
elektrischer Widerstand	77%	93%	83%

Tab.27: Sensitivitäts und Spezifitätswerte nach Lussi 1993

Betrachtet man alle diese Werte, so stellt man fest, dass verschiedene Meßmethoden einer und der selben klinischen Situation zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Manche dieser Methoden sind in der Lage, eine kariöse Läsion besser und genauer zu erkennen, als manche andere (Tab. 27). Zur modernen Kariesdiagnostik im approximalen Bereich zählen heute neben den herkömmlichen Methoden, wie die visuelle Inspektion, die Inspektion mit Hilfe einer Lupenbrille, die Sondierung mit abgerundeten WHO Sonden und die Bissflügelaufnahmen auch neu entwickelte Geräte, wie das DIAGNOdent-, das FOTI- und DiFOTI-Gerät.

Die Vergleichsstudie hatte als Ziel, das D-Carie Mini Gerät als ein weiteres Hilfsmittel bei der Kariessuche in der zahnärztlichen Praxis zu bewerten. Für viele Zahnärzte setzen Bissflügelaufnahmen immer noch den Maßstab bei der Kariesdiagnostik, deswegen wurde bei der vorliegenden Studie unter anderem ein direkter Vergleich des D-Carie Mini Gerätes mit den Bissflügelaufnahmen durchgeführt, um die Effizienz beider Methoden bei der Erkennung approximaler Karies zu bewerten. Die Sensitivitäts- und Spezifitätswerte nach Lussi bei der Untersuchung mit Bissflügelaufnahmen lagen bei 83% für die Sensitivität und 45% für die Spezifität. Vergleicht man aber diese Werte mit denen die bei der Untersuchung der klinischen Inspektion mit Bissflügelaufnahmen, so resultieren sich für die Sensitivität und Spezifität höhere Werte. Diese liegen für die Sensitivität bei 87% und die Spezifität bei 49%. Der Vergleich der Röntgenaufnahmen mit der klinischen Situation ergab in dieser Studie einen hohen Lambda Wert (röntgenabhängig) von etwa 68%. Das heißt, dass bis zu 68% der tatsächlich vorliegenden klinischen Situation von den Bissflügelaufnahmen wiedergegeben werden. Auch wenn dabei relativ hohe diagnostische Werte resultieren, kann eine Kariesdiagnose, die allein auf die Röntgenaufnahmen basiert, zu einer falschen Diagnose und einer unnötigen invasiven Behandlung führen. Der Grund liegt hier an den Überlappungen und Verzerrungen in den Bildern, die eine falsche Ausdehnung und Größe der Läsion vortäuschen können. So kann zum Beispiel bei einer horizontalen Abweichung der Projektionsrichtung eine Schmelzkaries im Dentin projiziert werden. Eine Aufhellung im Dentin, von der in der Regel die Entscheidung zur invasiven Therapie abhängt, sollte deswegen auf dem Röntgenbild immer mit einer Aufhellung im Schmelz verbunden sein. Daraus resultiert, dass die Bissflügelaufnahmen bei der Kariesdiagnostik als ein unterstützendes Hilfsmittel angesehen und bei der Kariesbehandlung nicht als alleiniges Kriterium, sondern immer in Zusammenhang mit einer klinischen Voruntersuchung bewertet werden sollten (Mileman et al. 1992).

Ein weiterer großer Nachteil bei der Anfertigung von Röntgenaufnahmen ist ohne Zweifel die Strahlenexposition der Patienten. So wirkt bei den Bissflügelaufnahmen die geringe Sensitivität und Belastung der Patienten mit ionisierter Strahlung nachteilig auf ihren Gebrauch (Pitts und Rimmel 1992, Liebenberg 1996). Neuere digitale Röntgenverfahren und empfindlichere Röntgenbilder reduzieren zwar die Strahlendosis erheblich, sind aber in der Handhabung umständlicher und können die

Strahlenbelastung nicht ganz ausschalten. Die Kariesaktivität kann nicht anhand nur einer Bissflügelaufnahme bestimmt werden, sondern erfordert eine Reihe von Aufnahmen über Monate oder sogar Jahre hinweg (Kidd und van Amerongen 2003). Viele Autoren propagieren die Verlaufskontrolle kariöser Läsionen mittels Bissflügelaufnahmen in bestimmten festgelegten Zeiträumen: so kann durch die periodische Anfertigung von Bissflügelaufnahmen die Progression einer Karies sehr gut beobachtet werden (Heidemann 2005). Ein anderer Autor hält die Röntgendiagnostik bei kariesaktiven Patienten durch Bissflügelaufnahmen nach dem Abschluss des Wechselgebisses als sinnvoll und zwar alle zwei Jahre, da sich das Bild der Karies ab dem dreizehnten Lebensjahr verschiebt und zwar von der Okklusal- zur Approximalkaries (Kunzelmann 2009).

Eine Alternative zu der klassischen Kariesdiagnostik mittels Bissflügelaufnahmen stellt ohne Zweifel das DIAGNOdent Gerät dar, das sich mit Laserlicht einer Wellenlänge von 655nm die induzierte Fluoreszenz von Karies zunutze macht und mit Hilfe dessen tiefe Fissurenkaries und inapparente Approximalkaries diagnostiziert werden können (Lussi, 2002). Wichtige Kriterien der Verlaufskontrolle in der Kariesdiagnostik sind die Möglichkeit der qualitativen und quantitativen Bestimmung des kariösen Prozesses aber auch die Reproduzierbarkeit der diagnostischen Geräte. Diese wird von Lussi für die Bissflügelaufnahmen als schlecht bewertet, was in der langen Wartezeit und Ungenauigkeit liegen dürfte. Besser ist sie bei Zähnen mit kariösen Läsionen und intakter Oberfläche mittels Bestimmung des elektrischen Widerstands. Die Sensitivität bei einer in vivo Studie betrug hier 93-96% und die Spezifität 71-77% (Lussi et al.1995, Verdonschot et al. 1992). Andererseits aber könnten die geringen Spezifitätswerte dazu führen, dass gesunde Zahnhartsubstanz als kariös eingestuft wird und somit als behandlungsbedürftig (Rieben et al. 2007). Das DIAGNOdent Gerät weist Sensitivitäts- und Spezifitätswerte von über 80% auf (Lussi et al. 2002). Es ermöglicht im Schmelz Initialkaries sicher zu erkennen, was bei einem modernem Kariesmanagement sehr wichtig ist. Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit von DIAGNOdent ergaben sehr gute Werte (Lussi et al. 2001). Nach einer Studie von Heinrich-Weltzien liegen die Sensitivitätswerte für das DIAGNOdent bei Dentinkaries bei 93% und nach Krause bei okklusal kariöser Läsionen bei 92,6% (Heinrich-Weltzien et al. 2002, Krause et al. 2007).

Die hohe Reproduzierbarkeit beim DIAGNOdent ermöglicht somit, die Messung zur longitudinalen Beobachtung der kariösen Stelle zu benutzen und dadurch Hinweise auf den Erfolg einer durchgeführten Intensivprophylaxe zu geben (Lussi et al. 2002).

Zusammengefasst liegen die Vorteile des DIAGNOdent Gerätes bei der Erkennung von Fissurkaries und nicht sichtbarer kariöser Veränderung sowie der Erkennung approximaler Karies mit Hilfe der speziell dafür entwickelten Approxsonde. Ein Nachteil hier jedoch ist die Bewertung der schwer zugänglichen Bereiche um den Kontaktpunkt. Gemäß einer kürzlich publizierten Studie kann das DIAGNOdent Pen, eine handlichere Variation des DIAGNOdent, in vivo 22% aller Approximalbereiche nicht erreichen und nur 31% aller Bereiche gut erreichen (Buchalla. 2009). Das DIAGNOdent kann den Grad der kariösen Läsion in Zahlen aufzeichnen und ermöglicht somit eine Verlaufskontrolle über einen längeren Zeitraum und eine Therapieaufstellung. Ferner ist es in der Lage, Zahnstein und mit Hilfe der Paro Sonde Konkreme zu erkennen. Was die Therapieentscheidung angeht, so sollte diese nicht auf der Grundlage eines aktuellen Messwertes, sondern auf der Grundlage einer deutlichen Zunahme des Messwertes in verschiedenen Zeiten gefällt werden (Braun et al. 1999, Braun et al. 2000 und Kunzelmann et al. 2003).

Neben dem DIAGNOdent erweist sich die faseroptische Transillumination, kurz FOTI, für die Diagnose von Karies im approximalen Bereich der Zähne mit Hilfe einer Lichtsonde als gut und preiswert. Das DIFOTI (digitale faseroptische Transillumination, Firma EOS, New York, USA) besitzt zwar einen zusätzlichen Motor, kann aber keine Aussage über die Tiefe der kariösen Läsion machen (Kunzelmann. 2009). Nach Eberhardt ist es außerdem sehr anwendungsintensiv und hat eine hohe Fehlerrate (Eberhardt et al. 2007).

Das FOTI wiederum eignet sich für die Diagnose von approximaler Karies (Mitropoulos 1985), weist aber eine geringere Sensitivität gegenüber den Bissflügelaufnahmen auf (Stephen et al. 1986; Hinze et al. 1998). Zusammenfassend kann für das FOTI gesagt werden, dass es sich für die Kariesdiagnostik im Frontzahnbereich und den Approximalraum der Seitenzähne eignet und als zusätzliches diagnostisches Hilfsmittel herangezogen werden kann, wenn keine Beeinträchtigung durch benachbarte nicht zahnfarbene Füllungen vorhanden sind (Stephen et al. 1987 und Cholski et al. 1994).

Als ein weiterer Hinweis bei der Diagnose von approximaler Karies kann ein erhöhter Entzündungsgrad der angrenzenden Papille angesehen werden (Ratledge et al. 2001).

Nach Eckstrand gibt es sogar eine Korrelation zwischen dem Befund Blutung bei Sondierung und einer aktiven approximalen Karies (Eckstrand et al. 1998).

Eine neue in vitro Studie von Krause mit dem D- Carie Mini Gerät von 2008 ergab für die okklusale und proximale Detektion kariöser Läsionen sehr gute Ergebnisse und hohe Sensitivitäts- und Spezifitätswerte. Diese lagen bei der Detektion von okklusaler Karies sowohl für die Sensitivität, als auch für die Spezifität bei 100% und bei der Detektion approximaler Karies für die Sensitivität bei 95,7% und die Spezifität bei 96,5%. Umgekehrt ergab die röntgenologische Untersuchung im Approximalbereich höhere Sensitivitätswerte (91,3%) als im okklusalen Bereich (75,9%) bei fast gleichen Spezifitätswerten von 98,2% approximal und 100% okkusal. Anhand dieser Resultate kam der Autor zu den Ergebnissen, dass die LED basierte Kariesdiagnostik mit dem D- Carie Mini Gerät die klinische Diagnose vergleichbar wie die Bissflügelaufnahmen unterstützen kann und dass das Gerät in der Lage ist, Approximalkaries zu detektieren (Krause et al. 2008).

Bei der vorliegenden Studie wurde die statistische Analyse anhand von Kreuztabellen durchgeführt. Alle diese Werte wiesen statistisch signifikante Unterschiede auf, was eine sehr hohe Abhängigkeit zwischen der klinischen Situation und den Bissflügelaufnahmen, sowie dem Ausmaß der Ausdehnung und dem Tonsignal beim D-Carie Mini widerspiegeln. Die errechneten Lambda Werte von 0,806 bei der Ausdehnung der kariösen Läsion und 0,587 bei der Ton-Ausdehnung-Kombination spiegeln eine genaue Wiedergabe der tatsächlichen klinischen Situation und eine hohe Aussagekraft des D-Carie Mini wieder. Beim Ton liegt der Lambda Wert bei 0,513, was heißt, dass man hier keine sichere Aussage über das Ausmaß der Ausdehnung einer kariösen Läsion machen kann, wenn man sich nur auf die Auswertung des akustischen Signals verlässt. Die Sensitivitäts- und Spezifitätswerte bei der Untersuchung mit dem D-Carie Mini Gerät lagen in der vorliegenden Studie mit 81% für die Sensitivität und 91,3% für die Spezifität bei einer tiefen kariösen Läsion im Dentin vergleichbar hoch wie die der obengenannten Studien für das DIAGNOdent.

5. Zusammenfassung

Ziel dieser In- vivo- Studie war es, die diagnostische Aussagekraft des D-Carie Mini Gerätes durch die Untersuchung kariös befallener Zähne im approximalen Bereich zu überprüfen und die Ergebnisse mit denen anderer Systeme zu vergleichen. Eine besondere Bedeutung wurde dabei den Bissflügelaufnahmen beigemessen, da ein direkter Vergleich mit dem D- Carie Mini gezogen wurde, um die Genauigkeit seiner Messung bei der Erkennung von Karies zu bewerten, um so Aussagen über seinen Einsatz und die Minimierung oder gar den Verzicht von Röntgenaufnahmen in der alltäglichen Praxis machen zu können. Bei der Untersuchung mit dem D-Carie Mini Gerät handelt es sich um eine neue nicht invasive Diagnostikmethode, die das Prinzip der unterschiedlichen Transluzenz des Lichtes zwischen gesunder und kariös befallener Zahnhartsubstanz zunutze macht, um Aussagen über das Vorhandensein und die Progression des kariösen Prozesses zu treffen.

An der Untersuchung nahmen 67 Probanden teil. Nach einer konventionellen Untersuchung mit Spiegel und Sonde sind bei den Zähnen, an denen kariöse Läsionen vermutet wurden, Bissflügelaufnahmen angefertigt worden. Zuletzt sind die kariös vermuteten Approximalbereiche der Prämolaren und Molaren von okklusal mit dem D-Carie Mini Gerät abgetastet worden. Das D-Carie Mini Gerät war jedoch für den anschließenden Therapieentscheid nicht relevant. Nach der Auswertung der röntgenologischen Untersuchung wurde der Grad der kariösen Läsion festgesetzt und entsprechend therapiert. Bei Läsionen in der Schmelz- Dentin Grenze und solchen, die diese Grenze durchbrochen hatten, ist nach einer vollständigen Exkavation des kariösen Gewebes eine Füllungstherapie durchgeführt worden. Bei Schmelzläsionen hingegen wurde der Patient über den Zustand seiner Zähne informiert und über Alternativen bei der Mundhygiene instruiert. Nach einer professionellen Zahnreinigung sind dann die Zähne fluoridiert worden. Anschließend ist ein zeitlicher Punkt zur Verlaufskontrolle der Progression festgesetzt worden. Zusammenfassend kann man sagen:

1. Die LED basierte Messung mit dem D-Carie Mini Gerät ist von der Extension der kariösen Läsion abhängig. Eine tiefe proximale kariöse Läsion lässt sich mit dem D-Carie Mini Gerät von okklusal gut diagnostizieren. Zusätzlich kann man sagen, dass bei

einer Zunahme der kariösen Läsion, also einer extendierten Messung und schnelleren Frequenz, auch die höchsten Sensitivitäts- und Spezifitätswerte zu erwarten sind.

2. Die Messergebnisse beim Vergleich zwischen der klinischen Situation einer extendierten Karies und den Bissflügelaufnahmen mit einem Lambda- Wert von $\lambda=0,681$ und den Messergebnissen zwischen der extendierten Karies und der LED-Diagnostik mit einem Lambda-Wert von $\lambda=0,587$ sind unterschiedlich, was zwar eine höhere Genauigkeit der Bissflügelaufnahmen widerspiegelt, gleichzeitig aber auch hohe Werte für die LED Messung belegt.

3. Die Sensitivitätswerte der LED basierten Untersuchung sind bei einer tiefen approximalen Karies mit (81%) vergleichbar mit denen der Bissflügelaufnahmen (81%). Die entsprechenden Spezifitätswerte liegen jeweils bei (91,3%) bei der LED basierten Untersuchung und (100%) bei den Bissflügelaufnahmen.

Das D- Carie Mini stellt somit aufgrund der guten Ergebnisse dieser Studie, der leichten Handhabung, des geringen Gewichtes und des minimalen zeitlichen Aufwandes bei der Detektion approximaler Karies eine hilfreiche unterstützende Alternative zu den herkömmlichen konventionellen Methoden dar. Inwieweit jedoch das Gerät durch seine Anwendung bei der Detektion von Karies in der Lage ist, die Anzahl der benötigten Röntgenbilder zu minimieren, oder sogar ein Verzicht auf ihre Anfertigung zu bewirken und somit den Patienten vor unnötiger Strahlung zu schützen, muss noch in weiteren Studien gezeigt und belegt werden.

6. Anhang

Tabellarische Übersicht der Patienten, die an der Studie teilgenommen haben.

Pat.Nr N= 67	Fall	Zahn M=Molar PM= Prämolar	Ton 1= kurz 2= lang	Ausdehnung 1= lokal 2=extendiert	Kodierung 1= Klinik/ Ton-Ausdehnung Kombination 2= Klinik/Röntgen 3= Klinik/Ausdehnung 4= Klinik/Ton	Röntgen 1= äußerer Schmelz 2= innerer Schmelz 3= äußeres Dentin 4= Inneres Dentin	Klinik 1= Schmelz 2= äußeres Dentin 3= inneres Dentin
1	2	PM	2	2	4	4	3
2	4	M	1	1	1	2	2
3	5	M	1	1	1	1	3
4	7	PM	2	1	3	3	2
5	9	PM	1	1	1	1	2
6	10	M	2	1	3	2	2
7	12	PM	2	2	4	4	3
9	14	M	2	2	4	4	3
10	15	M	1	2	2	4	3
11	16	PM	2	2	4	3	2
12	17	PM	1	1	1	3	2
13	18	PM	1	1	1	2	2
14	19	PM	1	1	1	3	2
15	20	PM	2	2	4	4	3
16	22	PM	2	1	3	1	1
17	23	PM	1	1	1	3	2
18	25	PM	1	1	1	1	1
19	29	PM	2	1	3	3	2
20	31	M	1	1	1	1	1
21	32	PM	1	1	1	3	2
22	33	PM	1	1	1	1	1
23	35	PM	1	1	1	2	2
24	36	PM	1	1	1	3	2
25	37	PM	2	2	4	3	2
26	38	M	2	2	4	4	3
27	39	PM	2	1	3	3	2
28	40	PM	2	1	3	4	3
29	41	PM	2	2	4	4	3
30	42	M	1	1	1	3	2
31	43	PM	1	1	1	2	2
32	44	PM	2	2	4	3	2
33	46	M	1	1	1	2	2
34	47	PM	2	2	4	3	2

35	48	PM	2	1	3	3	3
36	51	M	2	2	4	4	3
37	52	PM	1	1	1	3	2
38	53	PM	2	2	4	4	3
39	54	PM	2	2	4	3	3
40	55	PM	2	1	3	1	2
41	56	PM	2	1	3	3	2
42	57	PM	2	2	4	2	3
43	59	PM	2	1	3	1	2
44	60	M	2	2	4	4	3
45	63	M	2	1	3	3	2
46	64	M	2	2	4	4	3
47	65	PM	2	1	3	3	2
49	67	PM	2	2	4	4	3
50	70	PM	1	1	1	1	1
51	71	PM	2	2	4	4	3
52	73	PM	2	1	3	2	2
53	74	M	2	2	4	3	3
54	75	M	2	2	4	4	3
55	76	M	2	2	4	4	3
46		M	0	0	0	0	0
37		M	0	0	0	0	0
25		PM	0		0	0	0
44		PM	0	0	0	0	0
17		M	0	0	0	0	0
36		M	0	0	0	0	0
26		M	0	0	0	0	0
35		PM	0	0	0	0	0
16		M	0	0	0	0	0
14		PM	0	0	0	0	0
14		PM	0	0	0	0	0
26		M	0	0	0	0	0
16		M	0	0	0	0	0
25		PM	0	0	0	0	0

Tab.28: *Widergabe der Beziehungen zwischen den untersuchten Merkmalen und den jeweiligen Patientenfall*

7. Kreuztabellen

Tabellarische Aufsicht Klinik-Ton-Ausdehnung-Kombination

	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Klinik * Kodierung	67	100,0%	0	,0%	67	100,0%

Tab.29: Vorbereitete Fälle beim Vergleich Klinik-Ton-Ausdehnung-Kombination

		Ton-Ausdehnung-Kombination					Gesamt
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
Klinik	,00	14	0	0	0	0	14
	1,00	0	4	0	1	0	5
	2,00	0	13	0	10	4	27
	3,00	0	1	1	2	17	21
Gesamt		14	18	1	13	21	67

Tab.30: Kreuztabelle Klinik-Ton-Ausdehnung-Kombination

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	105,476	12	,000
Likelihood-Quotient	103,007	12	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	44,501	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.31: Chi-Quadrat Wert nach Pearson beim Vergleich Klinik-Ton-Ausdehnung-Kombination

			Wert	Asymptotischer Standardfehler	Näherungsweise T	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Lambda	Symmetrisch	,640	,072	6,993	,000
		Klinik abhängig	,700	,082	5,680	,000
	Goodman-und- Kruskal-Tau	Kodierung abhängig	,587	,083	5,498	,000
		Klinik abhängig	,588	,073		,000
		Kodierung abhängig	,501	,058		,000

Tab.32: Lambda Wert beim Vergleich Klinik-Ton-Ausdehnung-Kombination

Tabellarische Aufsicht Klinik-Röntgen

	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Klinik * Röntgen	67	100,0%	0	,0%	67	100,0%

Tab.33: Vorbereitete Fälle beim Vergleich Klinik-Röntgen

		Röntgen					Gesamt
		,00	1,00	2,00	3,00	4,00	
Klinik	,00	14	0	0	0	0	14
	1,00	0	5	0	0	0	5
	2,00	0	3	7	17	0	27
	3,00	0	1	1	3	16	21
Gesamt		14	9	8	20	16	67

Tab.34: Kreuztabelle Klinik-Röntgen

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	143,997	12	,000
Likelihood-Quotient	127,795	12	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	54,156	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.35: Chi-Quadrat Wert nach Pearson beim Vergleich Klinik-Röntgen

			Wert	Asymptotischer Standardfehler	Näherungswertes T	Näherungsweise Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Lambda	Symmetrisch	,736	,069	6,947	,000
		Klinik abhängig	,800	,069	6,714	,000
		Röntgen abhängig	,681	,074	6,714	,000
	Goodman- und-Kruskal- Tau	Klinik abhängig	,741	,060		,000
		Röntgen abhängig	,570	,059		,000

Tab.36: Lambda Wert beim Vergleich Klinik-Röntgen

Tabellarische Aufsicht Klinik-Ausdehnung

	Gültig		Fälle Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Klinik * Ausdehnung	67	100,0%	0	,0%	67	100,0%

Tab.37: Vorbereitete Fälle beim Vergleich Klinik-Ausdehnung

		Ausdehnung			Gesamt
		,00	1,00	2,00	
Klinik	,00	14	0	0	14
	1,00	0	5	0	5
	2,00	0	23	4	27
	3,00	0	3	18	21
Gesamt		14	31	22	67

Tab.38: Kreuztabelle Klinik-Ausdehnung

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	102,870	6	,000
Likelihood-Quotient	100,745	6	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	53,064	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.39: Chi-Quadrat Wert beim Vergleich Klinik-Ausdehnung

			Wert	Asymptotischer Standardfehler	Näherungswertes T	Näherungswiese Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Lambda	Symmetrisch	,750	,075	6,128	,000
		Klinik abhängig	,700	,082	5,680	,000
		Ausdehnung abhängig	,806	,072	6,121	,000
	Goodman-und-Kruskal-Tau	Klinik abhängig	,581	,076		,000
		Ausdehnung abhängig	,719	,081		,000

Tab.40: Lambda Wert beim Vergleich Klinik-Ausdehnung

Tabellarische Aufsicht Klinik-Ton

	Fälle					
	Gültig		Fehlend		Gesamt	
	N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
Klinik * Ton	67	100,0%	0	,0%	67	100,0%

Tab.41: Verarbeitete Fälle beim Vergleich Klinik-Ton

		Ton			Gesamt
		,00	1,00	2,00	
Klinik	,00	14	0	0	14
	1,00	0	4	1	5
	2,00	0	13	14	27
	3,00	0	2	19	21
Gesamt		14	19	34	67

Tab.42: Kreuztabelle Klinik-Ton

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	82,602	6	,000
Likelihood-Quotient	82,248	6	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	48,346	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	67		

Tab.43: Chi-Quadrat Wert beim Vergleich Klinik-Ton

			Wert	Asymptotischer Standardfehler	Näherungswertes T	Näherungswertige Signifikanz
Nominal- bzgl. Nominalmaß	Lambda	Symmetrisch	,493	,087	4,166	,000
		Klinik abhängig	,475	,124	2,945	,003
		Ton abhängig	,515	,092	4,436	,000
	Goodman-und-Kruskal-Tau	Klinik abhängig	,424	,044		,000
		Ton abhängig	,549	,056		,000

Tab.44: Lambda Wert beim Vergleich Klinik-Ton

8. Literaturverzeichnis

Anderson MH, Chabeneau GT. A comparison of digital and optical criteria for detecting carious dentine. J Post Dent 1985; 53: 643-646

Andersson-Engels S, Johansson J, Svanberg S, Svanberg K. Fluorescence diagnosis and photochemical treatment of diseased tissue using lasers. Anal Chem 1989; 61: 1367-1373

Angmar-Mansson BE, Al-Khateeb S, Tranaeus S. Caries diagnosis. J Dent Educ 1998; 62: 771-780

Altman DG. Practical Statistics for Medical Research. London: Chapman & Hall, 1991

Benninghaus H. Descriptive Statistik- eine Einführung für Sozialwissenschaftler. Wiesbaden: VS Verlag, 2005

Braun A, Frentzen M, Nolden R. Beeinflussung der Laser-Fluoreszenz-Messung durch Zahnreinigungsmassnahmen. Dtsch Zahnärztl Z 1999; 54: 195-197

Braun A, Graefen O, Nolden R, Frentzen M. Vergleich herkömmlich klinisch diagnostizierter Kariesstadien mit Werten der Laser-Fluoreszenz-Messung. Dtsch Zahnärztl Z 2000; 55: 248-251

Braun A, Krause F, Frentzen M, Nolden R. Durch Austrocknung bedingte Beeinflussung von Laser-Fluoreszenz-Messwerten. Int Poster J Dent Oral Med 2000; 2: 38

Buchalla W, 2009: Aspekte der modernen Kariologie. Was hat sich geändert, was wird sich ändern? www.gak-stuttgart.de/download.php?id=41. (Zugriffsdatum: 22.02.2010)

Buchalla W. Stimmt unser Weltbild der Karies noch?. Quintessenz 2008; 59: 1243-1249

Cholski SK, Brady JM, Dang DH, Rao MS. Detecting approximal dental caries with transillumination: A clinical Evaluation. J Am Dent Association 1994; 125: 1098-1102

Davidson F. Röntgenstrahlen und Zahnheilkunde. Zahnärztliches Rundschreiben 1910; 19: 479-480

Eberhardt J, Frentzen M, Thoms M. Neue optische Methoden zur Kariesdetektion. ZWR Das deutsche Zahnärzteblatt 2007; 116: 150-156

Eberhardt J. ZWR Das deutsche Zahnärzteblatt 2007; 116: 148

Eckstrand KR, Bruun G, Bruun M. Plaque and gingival status as indicators for caries progression on approximal surfaces. Caries Res 1998; 32: 41-45

Espelid I, Tveit AB, Fjellveit A. Variations among dentists in radiographic detektion of occlusal caries. Caries Res 1994; 28: 169-175

Fusayama T, Okuse K, Hosoda H. Relationship between hardness, discoloration and microbial invasion in carious dentin. J Dent Re 1966; 45: 1033-1046

Goddon I, Heinrich-Weltzien R. Visuelles und laseroptisches Kariesmonitoring an der Okklusalfäche erster Molaren. Oralprophylaxe Kinderzahnheilkunde 2004; 26: 148-152

Haak R, Laurisch L, Zimmermann F. Kariesdiagnostik- Ein Thema drei Meinungen. Dental Magazin 2007; 6: 11-21

Haak R, Wicht MJ, Hellmich M, Gossmann A, Noack MJ. The validity of proximal caries detektion using magnifying visual aids. Caries Res 2002; 36: 249-255

Heidemann D. Kariologie und Füllungstherapie. München-Jenna: Urban & Fischer Verlag, 2005

Heinrich-Wetzien R, Kühnisch J, Weerheijm K, Stößer L. Diagnostik der versteckten Okklusalkaries mit Bissflügel-Aufnahmen. Deutsches Zahnärztliche Zeitung 2001; 56: 476-480

Heinrich-Weltzien R, Weerheijm KL, Kühnisch J, Oehme T, Stösser L. Clinical evaluation of visual, radiographic, and laser fluorescence methods for detection of occlusal caries. ASDC Journal of dentistry for children 2002; 69: 127-132

Hellwig E, Klimek J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. Freiburg-Giessen und Zürich: Urban & Fischer, 2006

Hellwig E, Klimek J, Attin, T. Einführung in die Zahnerhaltung. München-Jena: Urban & Fischer, 1999

Hibst R. Optische Meßmethoden zur Kariesdiagnose; ZWR 1999; 108: 50-55

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

Hopercraft MS, Morgan MV. Comparison of radiographic and clinical diagnosis of approximal and occlusal caries in a young adult population. Community Dent Oral Epidemiol 2005; 33: 212-218

Kidd EAM, van Amerongen JP. The role of operative treatment. In: O Fejerskev and E. Kidd, eds. Dental caries: The disease and its clinical management. Oxford, England: Blackwell Munksgaard, 2003: 245-250

Kielbassa A, Attin T, Hellwig E. Der Einsatz des Kariesdetektors als diagnostisches Hilfsmittel bei der Therapie der Caries profunda. Endodontie 1994; 3: 207-215

Klimm W. Kariologie – Ein Leitfaden für Studierende und Zahnärzte. München-Wien: Spitta Verlag, 1997

König K, Flemming G, Hibst R. Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. Cell mol Biol 1998; 44: 1293-1300

Krause F, Jepsen S, Braun A. Comparison of two laser fluorescence devices for the detektion of occlusal caries in vivo. European journal of oral sciences 2007; 115: 252-256

Krause F, Braun A, Frentzen M. Detektion of subgingival calculus with a novel LED-based optical probe. J Periodontol 2005; 76: 1202-1206

Krause F, Mellner DJ, Stawirej R, Jepsen S, Braun A, 2008: LED based occlusal and approximal caries detektion in vitro. <http://www.cariesid.com/elements/pdf/abstract0526poster.pdf>. (Zugriffsdatum: 03.10.2009)

Kunzelmann KH. Sonde und Spiegel reichen nicht mehr. Spectator Dentistry 2009; 1: 4

Kunzelmann KH, Stößer L, Kultermann G, Kanzler G. Kariesdiagnostik und Risikotests-Marketing oder Essenziell?. Dental Magazin; 2003: 24-34

Kühnisch J, Dietz W, Stösser L, Hickel R, Heinrich-Weltzien R. Effects of dental probing - a SEM evaluation. Caries Res 2006; 41: 43-48

Kühnisch J, Haak R, Buchalla W, Heinrich-Weltzien R. Kariesdetektion und Diagnostik bei Kindern und Jugendlichen. Oralprophylaxe und Kinderzahnheilkunde 2007; 29: 166-171

Kühnisch J, Oehme T, Heinrich- Weltzien R. Detektion und Diagnostik primärkariöser Läsionen. Quintessenz 2008; 59: 1259-1264

Laurisch L. Gratwanderung Kariesdiagnostik: invasiv oder präventiv? Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift 2007; 62: 206-212

Liebenberg WH. Direct access to equivocal approximal carious lesions. Quintessence Int 1996; 27: 607-617

Lussi A. Methoden zur Diagnose und Verlaufsform der Karies; Dtsch Zahnärztl Z 1998; 53: 175-182

Lussi A. Comparison of different Methods for the Diagnosis of Fissure Caries without Cavitation; Caries research 1993; 27: 409-416

Lussi A, Firestone A, Schönberg V, Hotz P, Stich H. In vivo diagnosis of fissure caries using a new electrical resistance monitor. Caries Res 1995; 29: 81-87.

Lussi A, Megert B, Longbottom C, Reich E, Francescut P. Clinical performance of a laser fluorescence device for detektion of occlusal caries lesions. Eur J Oral Sci 2001; 109: 14-19.

Lussi A, Schaffner M. Diagnose und Therapie der Karies. Schweiz Med Forum 2002; 8: 166-170

Marthaler TM. A standardized system of recording dental conditions. Helv Odontol Acta 1966; 10: 1-11

Mejare I, Kaellestal C, Stenlund H, Johansson H. Caries development from 11 to 12 years of age: a prospective radiographic study. Prevalence and distribution. Caries Res 1998; 32: 10-16

Mejare I, Stenlund H, Zelelny-Holmlund C. Caries incidence and lesion progression from adolescence to young adulthood: A prospective 15-year cohort study in Sweden. Caries Res 2004; 38: 130-141

Meredith N, Sherriff M, Setchel D, Swanson S. Measurement of the microhardness and Young`s Modulus of human enamel and dentin using an indentation technigue. Archs Oral Biol 1996; 41: 539-545

Mileman PA, Mulder E, van der Weele L. Faktors influencing the likelihood of successful decisions to treat dentin caries from bitewing radiographs. Community Dent Oral Epidemiol 1992; 20: 175-180

Miller WD. Die Mikroorganismen der Mundhöhle. Nachdruck der englischen Ausgabe von 1890. Basel: Karger, 1973

Nolden R. Zahnerhaltungskunde. Stuttgart - New York: Georg Thieme Verlag, 1994

Novaes TF, Matos R, Braga MM, Imparato JCP, Raggio DP, Mendes FM. Performance of a Pen-Type Laser fluorescence Device and Conventional Methods in Detecting Approximal Caries Lesions in Primary Teeth-in vivo Study. Caries Res 2009; 43: 36-42

Pitts NB, Rimmer PA. An in vivo comparison of radiographic and directly assessed clinical caries status of posterior approximal surfaces in primary and permanent teeth. Caries Res 1992; 26: 146-152

Poorterman JH, Aartman IC, Kalsbeek H. Underrestimation of the prevalence of approximal caries and inadeguate restorations in a clinical epidimiological study. Community Dent oral Epidemiol 1999; 27: 331-337

Poorterman JH, Aartman IC, Kieft JA, Kalsbeek H. Value of bite-wing radiographs in a clinical epidemiological study ant their effect on the DMFS index. Caries Res 2000; 34: 159-163

Raper HR. A new kind of x-ray examination for preventive dentistry. Int J Orthod Oral Sug 1925; 11: 76-78

Ratledge DK, Kidd EA, Beighton D. A clinical and microbiological study of approximal carious lesions. Part 1: The relationship between cavitation, radiographic lesion depth, the site-specific gingival index and the level of infection of the dentine. *Caries Res* 2001; 35: 3-7

Reich E. Die Betreuung von Kariespatienten in der Praxis. *Quintessenz* 2008; 59: 1301-1307

Rieben AS, Kielbassa AM. Diagnostik in der Karies und Parodontitisprophylaxe. *Dentalhygiene Journal* 2007; 2: 6-10

Schröder H. Orale Strukturbiologie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 1992: 37-84

Shi XQ, Welander U, Angmar-Mansson B. Occlusal Caries Detection with KaVo DIAGNOdent and Radiography: An in vitro Comparison; *Caries Research* 2000; 34: 151-158

Silverstone LM, Hicks MJ, Featherstone MJ. Dynamik factors affecting lesion initiation and progression in human dental enamel. Part I. The dynamic nature of enamel caries 1988; 10: 683-711

Silverstone LM. Structure of carious enamel, including the early lesion. *Oral sciences reviews.* 1973; 3: 100-160

Stephen KW, Russel JI, Creanor SL, Burchell CK. A clinical, radiographic and fibre-optic transillumination caries study-2 yr data. *J Dent Res* 1986; 65: 492

Stephen KW, Russel JI, Creanor SL, Burchell CK. Comparison of fibre optic transillumination with clinical and radiographic caries diagnosis. *Community Dent oral Epidemiol* 1987; 15: 90-94

Stockleben C. Kariesdiagnostik und –Therapie. *Dental Magazin* 2007; 6: 22-30

Wicht MJ, Haak R, Noack J. Wann sollte eine kariöse Läsion invasiv therapiert werden und wann sind prophylaktische Maßnahmen ausreichend? Quintessenz 2008; 59: 1267-1276

Verdonschot EH, Bronkhorst EM, Burgerdijk RCW, König KG, Schaeken MJM, Truin GJ. Performance of some diagnostic systems in examinations for small occlusal carious lesions. Caries Res 1992; 26: 59-64.

Zeisler M, Moschen I, 2005: Die Lichtsonde zur Kariesdiagnostik. www.uptodent-digital.de/assets/lercher_lichtsonde.pdf. (Zugriffsdatum: 22.02.2010)

9. Danksagung

Ich möchte mich ganz besonders bei PD Dr. M. A. Braun für die Überlassung des interessanten Themas und für die fachliche Beratung bei der Erstellung dieser Arbeit bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank meinen Kollegen die mir die Untersuchung der Probanden im Rahmen des täglichen Praxisablaufs ermöglichten.

Darüber hinaus gilt mein Dank allen Probanden der Studie, die sich zur Verfügung gestellt haben und ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Nicht zuletzt möchte ich meinen Eltern und Freunden für die seelische und moralische Unterstützung danken.