Eine longitudinale 4-Jahres-Studie zur Kariesrisikobestimmung mit dem Clinpro™ Cario L- Pop™ im Vergleich mit klinischen Parametern

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung eines Doktors der Zahnheilkunde

der

Universität Witten / Herdecke

Fakultät für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde

vorgelegt von:

Anke Sibbing aus Ahaus

2009

Dekan:	Prof. Dr. S. Zimmer
Mentor:	Prof. Dr. Dr. h.c. P. Gängler
	Dr. T. Lang

Tag der Disputation: 17. Novemder 2009

Inhaltsverzeichnis

1. Arbeitshypothese 1
2. Übersicht 2
2.1. Einleitung 2
2.2. Kariesätiologie 4
2.3. Plaque/Mikroorganismen 6
2.4. Speichel 7
2.5. Wirt 9
2.6. Substrat 12
2.7. Epidemiologisch relevante Begriffe 14
2.8. Spezifität und Sensitivität 16
2.9. Methoden der Kariesdiagnostik 16
2.10. Radiologische Befunderhebung 19
2.11. DMFT/DMFS-Indizes 23
2.12. Methoden zur Risikobestimmung 24
2.13. Kariesrisikotests 27
2.14. Clinpro™ Cario L-Pop™, 3M ESPE, Seefeld 31
2.15. Klinische Erfahrungen mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™ 37
3. Material und Methode 43
3.1. Studienaufbau und Zielsetzung 43
3.2. Probandenauswahl 43
3.3. Parameter des Karies-Monitoring 44
3.4. Kariesrisikotest Clinpro™ Cario L-Pop™ 44
3.5. Radiologische Parameter 45
3.6. Klinische Kariesrisikobestimmung 46
3.7. Fragenkatalog 49
3.8. Versuchsanordnung und verwendete Variablen 50
3.9. Statistische Verfahren 53
3.10. Berechnung der Spezifität und Sensitivität 54
4. Ergebnisse 58
4.1. Individualwerte für die Untersuchungszeitpunke 2003, 2005, 2007 58
4.2. Übersicht der Testergebnisse 63
4.3. Kovarianzanalyse der potentiellen Einflussfaktoren 65

4.4. Multivariate Analyse 68
4.4.1. Wahl des angemessenen Schätzmodells 68
4.4.2. Signifikante Einflussfaktoren auf das Kariesrisiko 70
4.4.3. Bedeutung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test für die Bestimmung des Kariesrisikos 77
4.5. Spezifität und Sensitivität 83
5. Diskussion und Schlussfolgerung 89
5.1. Interpretation der Ergebnisse und Ausblick 89
5.2. Kritische Betrachtung der Untersuchungsmethode 100
6. Zusammenfassung 102
7. Summary 106
8. Verzeichnisse 107
8.1. Literaturverzeichnis 107
8.2. Abbildungsverzeichnis 115
8.3. Tabellenverzeichnis 116
8.4. Anhang 119
9. Danksagung 136
10. Lebenslauf 137
11. Eidesstattliche Erklärung 138

1. Arbeitshypothese

Ein Kariesrisikotest sollte die Anforderung erfüllen, eine in der Sensitivität und Spezifität adäquate zuverlässige Aussage bezüglich der momentanen Kariesprävalenz und zukünftigen Kariesinzidenz zu treffen. Aufgrund der Kariesätiologie stellt sich jedoch die Frage, ob es einen solchen Test geben kann und ob es möglich ist, eine so komplexe multikausale Entstehung durch einen einzigen Test signifikant zu erfassen. Ist die Erfassung der multikausalen Entstehung nicht möglich, bleibt zu überlegen, ob ein Kariesrisikotest trotz mangelnder Integration aller ätiologisch relevanten Faktoren ein zuverlässiges Testergebnis erzielen kann. Des Weiteren wird diskutiert, ob ein Kariesrisikotest der klinischen Kariesrisikobestimmung durch visuelle, taktile und radiographische Diagnostikverfahren gleichzustellen ist und somit den zahnmedizinischen Praxisalltag simplifiziert. Auch ist es interessant zu wissen, in welcher Patientengruppe ein solcher Test zuverlässig eingesetzt werden kann und welche Ziele durch die Hilfe des Kariesrisikotests begünstigt werden. Hauptziel dabei ist, ein individuelles hohes Kariesrisiko frühzeitig zu erkennen und durch gezielte präventive Maßnahmen im Sinne einer risikoorientierten Prophylaxe einzugreifen, um die Manifestation oder Progression der Karies zu unterbinden.

2. Übersicht

2.1. Einleitung

Die präventive Zahnheilkunde erlangt einen stetig steigenden Stellenwert in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde. Bisher stand die Therapie von Karieserkrankungen im Vordergrund. Diese wird zunehmend durch präventive Maßnahmen ersetzt. Prävention in der Zahnmedizin bedeutet, Zahnerkrankungen, wie z.B. die Karies, durch eine frühzeitige Risikoerkennung und anschließende vorbeugende Maßnahmen in ihrer Progression zu verhindern.

Einen Überblick über die momentan verbreitete Karieserfahrung in der Bundesrepublik Deutschland geben die Ergebnisse der Deutschen Mundgesundheitsstudie IV von 2007 wieder: Die bevölkerungsrepräsentative Querschnittsstudie konnte Rückgänge der DMFT-Werte bestätigen, die sich bereits in der Deutschen Mundgesundheitsstudie III aus dem Jahre 1997 abzeichneten. Zudem konnte eine weiter zunehmende Polarisation des Kariesbefalls beobachtet werden. Der nach der World Health Organization definierte DMFT-Index wies in den entsprechenden Probandengruppen bei Kindern 0,7 befallene Zähne als Mittelwert auf, bei Jugendlichen 1,8, bei Erwachsenen 14,5 und bei Senioren 22,1. Die Prävalenz der Wurzelkaries ist im Vergleich zur Deutschen Mundgesundheitsstudie III angestiegen. Außerdem wurde dokumentiert, dass bei 70,1% der Kinder und bei 46,1% der Jugendlichen Gebisse ohne jegliche Karieserfahrung vorzufinden waren (*Micheelis et al.,* 2007).

Der bisherige Erfolg präventiver zahnmedizinischer Programme und die Verbreitung des Wissens bezüglich der Problematik der Karies lassen sich mit dem Rückgang des DMFT-Wertes und der oben genannten prozentualen Werte bei Kindern und Jugendlichen mit Gebissen ohne Karieserfahrung belegen. Diese Werte können durch eine Optimierung prophylaktischer Maßnahmen verbessert werden, die ein non-invasives Vorgehen protegieren. Ziel ist es, den Patienten individuell zu betreuen und eine zeitgemäße, auf den Patienten

abgestimmte Prävention der Mundgesundheit zu bieten. Wichtig ist zunächst eine ausführliche Anamnese über Ernährungsgewohnheiten und Mundhygieneverhalten, Fluoridnutzung und allgemeinmedizinische Erkrankungen. Dadurch können mögliche Risikofaktoren erkannt und gegebenenfalls reduziert werden (*Splieth et al.,* 2002).

Neben der anamnestischen Befragung steht die klinische Beurteilung der momentanen oralen Gesundheit im Vordergrund. Ein Hauptaspekt ist hierbei die Beurteilung der Kariesprävalenz und -aktivität sowie die Risikoeinschätzung für zukünftige Karieserkrankungen. Die Beurteilung der derzeitigen Kariesaktivität lässt sich durch taktile, visuelle und röntgenographische Verfahren beurteilen. Weitere Hilfsmittel sind unter anderem die fiberoptische Transillumination, Laserfluoreszenzverfahren und elektrische Impedanzmessung. Eine Vereinfachung dieser Verfahren zur Kariesaktivitätsbestimmung durch einen Kariesrisikotest, der zusätzlich eine prognostische Aussage trifft und alle Zahnflächen berücksichtigt, ist wünschenswert. Somit steigt die Nachfrage nach einem geeigneten, objektiv bewertenden Kariesrisikotest, der folgende Kriterien erfüllen sollte:

1. schnell und einfach in der Durchführung und Handhabung
2. sicher und zuverlässig in seiner Aussagekraft
3. Reproduzierbarkeit des Testergebnisses
4. leicht zu erklären und verständlich für den Patienten
5. Bestimmung der Sensitivität und Spezifität
6. Bestimmung der prognostischen Kariesinzidenz
7. schnelle Verfügbarkeit des Testergebnisses
8. kostengünstig.

Tests zur Kariesrisikobestimmung werden schon seit mehreren Jahrzehnten auf dem Markt angeboten. Viele Tests, die bisher entwickelt wurden, konnten diese oben genannten Kriterien nicht vollständig erfüllen. Im Jahr 2003 wurde auf der Internationalen Dental-Schau (IDS) von der Firma 3M ESPE, Seefeld, ein neuer Kariesrisikotest vorgestellt, der Clinpro™ Cario L-Pop™, der einen anderen

Ansatzpunkt hatte als die bis dahin auf dem Markt vertretenden Produkte zur Kariesrisikobestimmung. Im Frühjahr 2003 wurde die folgende 4-Jahres-Studie begonnen, in der die Sensitivität und Spezifität dieses Tests überprüft werden soll und den bisher gebräuchlichen klinischen und radiologischen Diagnostikverfahren zur Kariesrisikobestimmung gegenübergestellt wird. Dabei wird vor allem die prognostische Aussagekraft über die Kariesinzidenz untersucht.

2.2. Kariesätiologie

Der Begriff Karies stammt von dem lateinischen Wort *caries, -ei (f)* und bedeutet übersetzt „Fäulnis, Morschheit“. Die Krankheit Karies bekam die Namensbezeichnung aufgrund der Erweichung von Zahnhartsubstanz und des damit verbundenen Zahnzerfalls. *Antonius van Leeuvenhoek* (1632-1723) beschrieb erstmals in seinem legendären Brief an die Royal Society of London mikroskopisch beobachtete, kleine Lebewesen im Zahnbelag, die als Animalcula beschrieben wurden. Der Leitgedanke wurde von dem Arzt *Robert Ficinus* (1809-1852) im Jahre 1847 wieder aufgegriffen. Er lieferte den Beweis für die bakterielle Kolonisierung unterschiedlicher Spezies an der Zahnoberfläche, die er als „*Denticola hominis*“ bezeichnete. Der Begriff Zahnplaque wurde später, im Jahre 1886, von *Greene Vardiman Black* (1836-1915) kreiert und durch das Konzept der bakteriellen Oberflächenschichten gefestigt. 1962 veröffentlichte *Keyes*, dass an der Kariesentstehung sowohl Wirt als auch Mikroorganismen und Substrat beteiligt sind. Das Prinzip des multikausalen Gefüges zur Entstehung der Karies wurde später durch den Faktor Zeit von *König* 1971 ergänzt (*Gängler et al.,* 2005*; Jordan und Markovic,* 2007). *Gängler* begründete 1985 das Konzept der Progression und Stagnation im Prozess der Kariesätiologie. Die kurzzeitig auftretenden Destruktionsaktivitäten mit lokalen immunologischen Einbrüchen stellen hierbei die Phasen der Progression dar und können abgelöst werden durch Phasen der Stagnation, die charakterisiert sind als jahrzehntelange Ruheepisoden. In der Ruhephase kommt es nicht zur Ausheilung der Erkrankung, sondern zu einem Stillstand des Voranschreitens der Erkrankung.

Bei Initialläsionen kann die Ruhephase durch eine Remission der Läsion ersetzt werden, wenn es zu einer Remineralisation der betroffenen Läsion kommt. *Pitts* beschrieb fast zeitgleich im Jahr 1983 anhand longitudinaler Verlaufskontrollen, dass eine kariöse Läsion drei bis vier Jahre benötigt, um die Schmelzschicht permanenter Zähne vollständig zu penetrieren. *Ott* stellte 2000 die Ätiologie der Karies als multikausales, komplexes Geschehen dar und erläuterte in seinem Diagramm die beteiligten Faktoren an der Entstehung einer kariösen Läsion. Deutlich werden dabei die Vielfalt der mitwirkenden Faktoren und die Komplexität dieser Erkrankung.

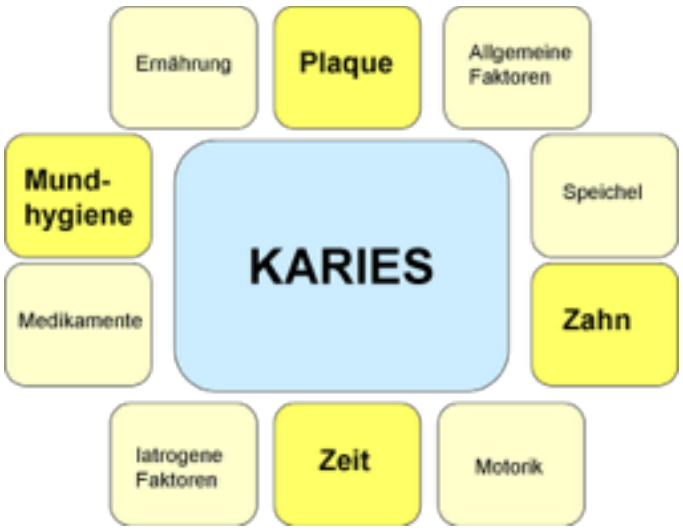

Abbildung 1: Ätiologie der Karies (n. *Ott,* 2000)

Die Zahnkaries wird charakterisiert als eine alimentär-kohlenhydrat-modifizierte, bakteriell bedingte Infektionserkrankung. Definitionsgemäß stellt die Zahnkaries einen subfiziellen, anfangs reversiblen Demineralisationsprozess durch pH-Abfall in den organischen Schichten im Gefolge bakterieller Vergärung von Mono- und Disacchariden sowie hydrolysierbaren Polysacchariden dar. Die Karieserkrankung ist ein infektiöser, chronisch destruktiver durch kohlenhydratreiche Nahrung modifizierter Prozess, der als komplexe Entzündungsreaktion immer mehrere Strukturen des Zahnes erfasst. Bestimmt wird sie durch die Dominanz bestimmter Keimgruppen und verläuft charakteristisch in Progressionsschüben und Stagnationsphasen (*Gängler et al.,* 2005).

2.3. Plaque/Mikroorganismen

Die Bakterien spiegeln einen der elementar wichtigen kariesätiologischen Faktoren wider. Eine entscheidende Rolle spielt dabei die Erkenntnis, dass es sich um eine Infektionskrankheit mit einer Vielfalt opportunistischer Keime handelt. Das Spektrum der beteiligten assoziierten Spezies variiert je nach Topographie der Zahnkaries und nach Kariesform. *Zimmer* hat im Jahr 2000 diesbezüglich eine Auflistung verschiedener Kariesformen und Karieslokalisationen in Bezug auf die damit assoziierten Mikroorganismen vorgenommen. Diese sind in der Tabelle 1 aufgeführt:

Tabelle 1: Mit verschiedenen Kariesformen und -lokalisationen assoziierte Mikroorganismen (*n. Zimmer,* 2000)

Kariesform/-lokalisation	**Mikroorganismen**	**Kariesätiologische Relevanz**
Fissuren- und Grübchenkaries	*Streptococcus mutans* *Streptococcus sanguis* *Streptococcus mitis* *Lactobacillus sp.* *Actinomyces sp.*	hoch gering keine hoch möglich
Glattflächenkaries	*Streptococcus mutans* *Streptococcus salivarius*	hoch niedrig
Dentinkaries	*Lactobacillus sp.* *Actinomyces viscosus* *Actinomyces naeslundi* *Streptococcus mutans* Stäbchenbakterien	hoch bedeutend hoch möglich bedeutend
Wurzelkaries	*Actinomyces viscosus* *Actinomyces naeslundi* *Streptococcus mutans* *Streptococcus sanguis* *Streptococcus salivarius* Stäbchenbakterien	hoch hoch gewisse unklar unklar hoch

Die Tatsache, dass viele verschiedene Spezies an der Kariesentstehung beteiligt sind, erschwert sowohl die Diagnostik durch Kariestests als auch diverse Therapieversuche durch eine Immunisierung. Da die Bakterien jedoch zur physiologischen Mundhöhlenflora gehören und die Virulenz eher niedrig ist, ist die Entstehung abhängig von weiteren Faktoren, die in ihrer Intensität und Konzentration variieren können, weshalb es sich auch um eine opportunistische Infektionskrankheit handelt (*Zimmer,* 2000).

Die Bakterien können unter optimalen ökologischen Bedingungen innerhalb von 24 Stunden das Mehrfache ihres Eigengewichtes an Nahrungsstoffen verwerten und sich unter günstigen Bedingungen alle 20 Minuten im Sinne einer Klonpopulation vermehren. Aufgrund gleicher Nährstoffe von Mensch und Mikroorganismen erschweren sich die Maßnahmen zur Bekämpfung der kariesassoziierten Keime. Hauptnahrungsmittel ist dabei die Saccharose, die durch die Verstoffwechselung zu Nebenprodukten führt. Dies hat einen pH-Abfall mit einer Demineralisation der Zahnhartsubstanz zur Folge. Eine fehlende Remineralisation kann schließlich zur Ausbildung einer manifesten kariösen Läsion führen (*Gehring,* 1984). Eine Schmelzdemineralisation wird bereits an der kritischen Schwelle des pH-Wertes zwischen 5,5 und 5,0 erreicht. Die Demineralisation der Zahnwurzel wird schon bei einem kritischen pH-Wert von ca. 6,3 hervorgerufen (*Gängler et al.,* 2005).

2.4. Speichel

Der Speichel wird auch als Mischspeichel bezeichnet, der sich im Wesentlichen aus dem Sekret der Speicheldrüsen und dem Exsudat des Sulkusfluids mit polymorphkernigen neutrophilen Granulozyten, abgeschilferten Epithelzellen, Bakterien in lebender und toter Form und deren Metabolite zusammensetzt (*Gängler et al.,* 1995).

Der Speichel im Mund erfüllt multiple Aufgaben:

- Selbstreinigung der Mundhöhle (*Roulet et al.*, 2000)
- Speisebolusbildung
- Einleiten der Vorverdauung durch das im Speichel enthaltende Enzym Amylase sowie seine Koenzyme
- Schutzfunktion der Mundschleimhaut durch Muzine etc.
- Geschmacksbildung durch Lösung der Geschmacksstoffe
- antibakterielle Wirkung der im Speichel enthaltenden Immunglobuline, Speichelperoxidasen, Lactoferrin und Lysozym
- regulierende Beeinflussung des Wasserhaushaltes durch das Auslösen des Durstreflexes
- zyklisch auftretende Remineralisation des Zahnschmelzes nach Säureangriffen sowie die Mineralisation von Zahnschmelz (*Gängler et al.*, 1995).

Die zuletzt aufgelistete Funktion ist für die Kariesprävention von elementarer Bedeutung und wird durch den Austausch von Calcium- und Phosphationen und die Pufferkapazität des Speichels bei Abweichungen des beinahe neutralen pH-Wertes in ein saures Milieu begünstigt. Die Remineralisation und die Wirtsfunktion werden insbesondere durch die Zusammensetzung und Fließrate des Speichels beeinflusst. Der Prozess der Remineralisation des Schmelzes wird unter anderem durch die Verfügbarkeit von Calcium- und Phosphationen im Speichel reguliert. Aufgrund der hohen Konzentration von Calcium und Phosphat kommt es bei einem pH-Abfall durch Säureeinwirkung, die zur Schmelzdemineralisation führt, zur Abpufferung der Schmelzauflösung und zur Remineralisation des Schmelzes (*Gängler et al.,* 2005).
Die Speichelproduktion ohne Stimulation ist nachts mit insgesamt 20 ml gegenüber der Speichelproduktion tagsüber mit 20 ml pro Stunde deutlich herabgesetzt (*König,* 1987). Der pH-Wert des Speichels als physikalisches Charakteristikum ist nicht fixiert auf einen Wert, sondern schwankt im schwachsauren Bereich. Bei der Stimulation kommt es zu einer erhöhten

Bicarbonatsekretion, die den pH-Wert ansteigen lässt. Bezüglich des Ruhespeichels ist ein pH-Mittelwert von 6,8 zu vermerken (*Hoffmann-Axthelm,* 2000).

2.5. Wirt

Als Wirt der kohlenhydrat-fermentierenden Bakterien steht lokal der Zahn im Vordergrund, der sich aus den drei Zahnhartsubstanzen Schmelz, Dentin und Zement zusammensetzt, welche die *pulpa dentis* ummanteln. Schmelz besteht in erster Linie aus Hydroxylapatit, Oktacalciumphosphat und Mineralien, deren Vorkommnis vorwiegend auf die Elemente Calcium, Phosphor, Magnesium, Natrium, Kalium und Chlor basiert, die in ihren Konzentrationen schwanken. Zusätzlich sind noch Spurenelemente in unterschiedlicher Verteilung zu differenzieren. Dentin und Zement weisen ähnliche Mineralisationswerte auf, haben jedoch im Vergleich zum Schmelz einen reduzierten Anteil an Calcium und Phosphat, einen erhöhten Anteil an Wasser und einen 20-30-fach höheren Anteil an organischer Substanz. Das Dentin ist zudem von Dentintubuli durchsetzt, die im Bereich der Schmelz-Dentin-Grenze ein flächenspezifisches Vorkommen von 10.000-25.000 pro mm² aufzeigen, im Bereich der Dentin-Pulpa-Grenze sogar 30.000-50.000 pro mm². Der koronale Dentinanteil wird vom Zahnschmelz umhüllt, die Zahnwurzel vom Wurzelzement ummantelt. Die Aufgabe des Zements ist unter anderem die funktionsorientierte Verankerung des Zahnes in seiner Alveole (*Gängler et al.,* 2005).

Beginnend mit der Geburt wird der Mensch von einer Mikroflora besiedelt, die im Erwachsenenalter die Zahl der Körperzellen des Menschen um ein Vielfaches übertrifft. Die Zahl der Körperzellen wird beim Erwachsenen auf 10 Billionen geschätzt, die Zahl der Mikroorganismen wird bis zu 10-mal höher vermutet. Diese Mikroorganismen schaden jedoch zunächst nicht, sondern spielen eine wichtige Rolle zur Aufrechterhaltung des biologischen Gleichgewichts. In diesem Zusammenhang wird auch vom Kommensalismus zwischen Mensch als Makroorgansimus und den Mikroorganismen als Kommensale gesprochen. Aufgrund der gleichbleibenden Temperatur, stetigen Feuchtigkeit und Vielzahl an Nischen ist die Mundhöhle ein ideales

mikroökologisches System, das einem ständigen Wandel unterliegt. Die Vielzahl der Mikroorganismen der Mundhöhle wird auf ca. 1000 Spezies und Subspezies geschätzt. Der Wandel des mikroökologischen Systems wird durch die Akkumulation und Maturation eines Biofilms bestimmt. Begünstigt wird die orale Biofilmbildung durch das bakterielle Adhärenzvermögen. Dies entsteht durch das Zusammenspiel physikochemischer Mechanismen seitens der Mikroorganismen und adäquate Komponenten der Wirtsabwehr. Einflussnehmende Faktoren sind dabei unter anderem die Oberflächenenergie der Zähne und die Glykoprotein-Pellikel (*Gängler et al.,* 1995). Die Anhaftung der Bakterien wird begünstigt durch das im Pellikel enthaltene Statherin und saure prolinreiche Proteine sowie durch *Van-der-Waals*-Kräfte. Viele Bakterien besitzen Fibrillen und Fimbrien, die unter anderem Lektine enthalten, die eine irreversible Adhärenz ermöglichen. Die Erstbesiedlung der Zahnoberfläche erfolgt durch einzelne Bakterien innerhalb von zwei Stunden nach Beginn der Pellikelbildung. Vorwiegend sind als Erstbesiedler Streptokokken, Neiserien und Aktinomyzeten vorzufinden (*Buchalla*, 2008). Durch Formierungen und Filamente können sich weitere Mikroorganismen ansiedeln. Um eine pathologische Entgleisung des normalen Biofilms zu verhindern wird durch Speichelagglutinine und sekretorisches Immunglobulin A die Adhärenz reduziert. Die im ständigen Wandel stehende Akkumulation des Biofilms wird unter anderem durch die Reinigung der Mundhöhle durch den Speichel oder im Bereich der Schleimhaut durch die Exfoliation der oberen Epithelschichten hervorgerufen. Auch sezernieren die Epithelzellen der Mundschleimhaut Defensine, die diese Prozesse steuern (*Gängler et al.,* 2005). Defensine sind genetisch kodierte antimikrobielle Peptide, die von Epithelzellen gebildet werden können und zur humoralen Abwehr gehören (*Boman,* 1995).

Die im Biofilm enthaltenen Mikroorganismen agieren untereinander über eigensezernierte Signalstoffe und Gentransfer. Dieses *Quorum sensing* ist entscheidend für die Aufrechterhaltung ihrer Schutzfunktion für den Wirtsorganismus und betrifft die lokale und systemische Immunität.

Die Zell-zu-Zell-Kommunikation kann generell auf drei Ebenen stattfinden:

1) Bakterienzelle ⇔ Bakterienzelle:
   Signalmoleküle und Gentransfer
2) Bakterienzelle ⇔ Körperzelle:
   Defensine, Phagozytosezellen etc.
3) Körperzelle ⇔ Körperzelle:
   immunologische Abwehrreaktion

Das Quorum sensing zeigt sich am Beispiel des *Streptococcus sanguis*, der durch die Ausscheidung von Peroxiden und anderen Substanzen das Wachstum des *Streptococcus mutans* inhibieren kann. Im Gegenzug kann das Wachstum des *Streptococcus sanguis* beispielsweise durch Mutacine als antimikrobielle Substanzen des *Streptococcus mutans* gehemmt werden (*Kreth et al.,* 2005).

Störungen dieser Kommunikationsstrategien können zur Steigerung der Virulenz von Mikroorganismen und zur reduzierten immunologischen Wirtsabwehr führen. Die pathologische Reaktion an Zähnen ist die Folge einer Fehlsteuerung der physiologischen Mineralisationsdynamik. Die De- und Remineralisation beruht auf dem Prinzip einer „Ionenwippe“. Bei einer Störung des Gleichgewichts der Ionenwippe durch mikrobielle und alimentäre Faktoren kann es zur Auslösung einer Präkaries und anschließend zur Manifestation einer Karies kommen. Entscheidend beteiligt sind an diesem Prozess Wirtsfaktoren und der Faktor Zeit.
Neben der Zell-zu-Zell-Kommunikation und den antibakteriellen Eigenschaften des Speichels sind weitere Wirtsreaktionen möglich um eine pathologische Entgleisung des normalen Biofilms und eine Manifestation einer Karies zu verhindern bzw. die Wirtsschädigung zu minimieren:

- die antibakteriellen Eigenschaften des Sulkusfluids durch polymorphnukleäre Granulozyten und Lymphozyten
- das Potential des Speichels und des Plaquefluids zur Remineralisation
- altersspezifische Abrasion und Attrition
- endodontale Abwehrreaktion
- periodontale Abwehrreaktion (*Gängler et al.*, 1995).

2.6. Substrat

Ein weiterer entscheidender ätiologischer Faktor der Kariesentstehung ist der Konsum an kohlenhydrathaltigen Nahrungsmitteln.
Die Kohlenhydrate werden in vier Subtypen unterteilt:

1. Monosaccharide, z.B. Glucose und Fructose
2. Disaccharide, bestehend aus zwei Monosacchariden, z.B. Saccharose und Lactose
3. Oligosaccharide, bestehend aus bis zu zehn Baussteinen
4. Polysaccharide, z.B. Stärke.

Kohlenhydrate sind Energieträger und werden von Plaquebakterien zur Synthese der Matrix und zum Energiestoffwechsel benötigt. Als Nebenprodukt der Verstoffwechselung entstehen dabei organische Säuren, bevorzugt Lactat, aber auch organische Säuren wie Acetat und Butyrat, die eine Demineralisation an der Zahnoberfläche zur Folge haben können. Lange wurde die Saccharose als Substrat für Mikroorganismen im Zahnbiofilm für die Kariesentstehung verantwortlich gemacht (*Gängler et al.,* 1995). Die Ernährungslenkung bekam aufgrund dieser Erkenntnis eine besondere Bedeutung in der Kariesprophylaxe. Ziel der Ernährungslenkung war es, die Reduktion des Gesamtzuckerkonsums sowie die Vermeidung von zuckerhaltigen Zwischenmahlzeiten, klebriger Süßwaren und Süßwaren mit langer Verweildauer im Mund zu erreichen (*Büttner,* 1978). Die Beeinflussung der Kariesentstehung durch Saccharose steht auch heute noch außer Diskussion. Sie wird jedoch nicht allein für diesen Prozess verantwortlich gemacht. Vor allem ist dabei die Stärke als

Polysaccharid in den Mittelpunkt gerückt, da sie aufgrund einer langen Verweildauer in der Mundhöhle eine hohe Bedeutung in der Kariesentstehung bekommt (*Gängler et al.*, 1995).

Das Risiko des Kariesbefalls wird durch die Häufigkeit der Aufnahme zuckerhaltiger Nahrung und der Verweildauer von nieder- und hochmolekularen Kohlenhydraten in der Mundhöhle mitbestimmt. Dies wurde bisher in zahlreichen Studien untersucht und belegt. Einige der bekanntesten Studien, die diese Fakten belegen, sind unter anderem die Vipeholm-Studie von *Gustafsson et al.* (1954) und die Turku-Zuckerstudie von *Scheinin und Mäkinen* (1975), deren Ergebnisse noch heute von Bedeutung sind.

Bei der Vipeholm-Studie wurde in einem schwedischen Heim für geistig behinderte Menschen der Einfluss kohlenhydratreicher Nahrung und die Wirkung der Nahrungsaufnahmefrequenz untersucht. Zu Beginn der 5-Jahres-Studie erfolgte die Nahrungsaufnahme durch vier Hauptmahlzeiten am Tag. Nach neun Monaten erfolgte die Nahrungsaufnahme mit einer erhöhten Zuckermenge auch als Zwischenmahlzeiten in unterschiedlicher Frequenz. Eine Gruppe erhielt zusätzlich zu den Hauptmahlzeiten 24 Toffees über den Tag verteilt. Schlussfolgerung dieser Studie war, dass der Kariesanstieg nicht durch die Menge, sondern durch die Häufigkeit der Zuckeraufnahme bestimmt wird. Klebrige Süßwaren provozieren die Kariesbildung verstärkt (*Maiwald und Padron*, 1976; *Zimmer*, 2000; *Gängler et al.*, 2005). Des Weiteren zeigte sich, dass der Zuckerverbrauch an sich die Kariesaktivität positiv beeinflusst, der Kariesanstieg individuell sehr unterschiedlich ist, bei Entzug der klebrigen Zucker der Karieszuwachs reduziert bzw. gestoppt wird und Karies sich zwar in ihrem Umfang reduziert, aber trotzdem bei Ausschluss niedermolekularer Kohlenhydrate entstehen kann (*Gängler et al.*, 2005).

In der Turku-Zucker-Studie wurde die Wirkung von Fruktose, Saccharose und dem Zuckerersatzstoff Xylit untersucht. Es nahmen 125 Probanden im Alter von 12-53 Jahren an dieser Studie teil. Das Resultat dieser Studie war, dass sowohl Saccharose als auch Fructose zur Kariesentstehung beitragen. Im Gegensatz dazu zeigte Xylit als Zuckeraustauschstoff keine kariogene Wirkung und somit eine signifikante Karieshemmung (*Zimmer*, 2000).

Nach dem heutigen Stand der Wissenschaft reicht die Ernährungslenkung als Kariesprävention allein nicht aus. Sie sollte jedoch den Patienten dazu anleiten, bewusst mit Zuckern, versteckten Zuckern, hydrolisierbarer Stärke, dem Zeitfaktor der Kariesentstehung und Zuckerersatzstoffen umzugehen (*Gängler et al.*, 1995).

2.7. Epidemiologisch relevante Begriffe

Epidemiologisch wird die Kariesfrequenz, der Kariesbefall (Prävalenz), die Kariesverbreitung, die Kariesinzidenz, die Kariesanfälligkeit, die Kariesaktivität und das Kariesrisiko unterschieden.

Die **Kariesfrequenz** beschreibt den Prozentsatz von Individuen mit einem oder mehreren kariösen oder aufgrund von Karies extrahierten Zähnen.

Der **Kariesbefall (Prävalenz)** bezeichnet die Anzahl kariöser und/oder wegen Karies behandelter bzw. extrahierter Zähne bei einer Person.

Die **Kariesverbreitung** ist ein Mittelwert, der aus dem durchschnittlichen Kariesbefall einer bestimmten Population errechnet wird.

Die **Kariesinzidenz** beinhaltet die Zunahme der kariösen Läsionen in einer bestimmten Zeit (*Gängler et al.*, 2005).

Unter **Kariesanfälligkeit** versteht man die zu einem bestimmten Zeitpunkt vorhandene Anfälligkeit des Zahnes gegenüber kariesauslösenden Noxen.

Die **Kariesaktivität** wird als ein Maß der Progression der Karies beschrieben.

Das **Kariesrisiko** steht für die Wahrscheinlichkeit eines Individuums, eine Karies in einer bestimmten Zeit zu entwickeln. Somit beschreibt das Risiko die Prognose eines Schadens. Der Definition nach ist dieses ein bevorstehender Prozess. Jedoch lässt sich das Risiko nur zu einem bestimmten Zeitpunkt aufgrund verschiedener Symptome bestimmen. Das Kariesrisiko wird unter anderem beeinflusst durch die Parameter:

- Alter des Patienten
- DMFS-Index
- Fluorid-Bioverfügbarkeit
- Mundhygiene
- bakterielle Mundflora
- Speichel
- Ernährungsverhalten (*Reich,* 1995).

Das Kariesrisiko ist individuell sehr unterschiedlich, nicht über eine lange Zeitperiode konstant und zudem durch variable Faktoren beeinflussbar.
Die Spezifizierung des Kariesrisikos hat drei elementare Vorteile:

1. Durch das Bestimmen verschiedener ätiologischer Faktoren können die Therapie und die präventiven Maßnahmen optimiert und abgestimmt werden.
2. Das bei wiederholtem Karies-Monitoring definierte Kariesrisiko lässt durch immer wieder neues Anpassen der geforderten Therapie- und Präventivmaßnahmen eine optimale Versorgung zu.
3. In der Kinder-Gruppenprophylaxe kann bei kollektiv erhöhtem Kariesrisiko ein gezieltes Prophylaxeprogramm erstellt werden, so dass die Manifestation einer kariösen Läsion verhindert wird (*Reich*, 1995).

Die Notwendigkeit der Bestimmung des individuellen Kariesrisikos zur patientenorientierten Therapieempfehlung wird dadurch verdeutlicht, dass zum Beispiel eine radiologische Transluzenz im Dentin bei einem Patienten mit niedrigem Kariesrisiko über Jahre stagnieren kann, während der selbe klinische Befund bei einem Patienten mit hohem Kariesrisiko stark progressiv verlaufen und innerhalb einer kurzen Zeitperiode zu einer *Caries penetrans* führen kann (*Wicht et al. 2008*).

2.8. Spezifität und Sensitivität

Bei der Überprüfung eines Testverfahrens werden im Wesentlichen zwei Kriterien untersucht, die eine aussagekräftige Information über diesen Test treffen. Zum einen wird dabei die Spezifität eines Tests in Betracht gezogen, zum anderen die Sensitivität.
Die Spezifität bezeichnet die Wahrscheinlichkeit, mit der Gesunde als gesund erkannt werden. Definitionsgemäß wird durch die Spezifität also das Verhältnis der Patienten mit negativem Testergebnis zu den Gesunden beschrieben. Als Sensitivität wird die Wahrscheinlichkeit bezeichnet, mit der ein Test Kranke als krank erkennt. Folglich beschreibt die Sensitivität die Fähigkeit eines diagnostischen Tests, die tatsächlich Kranken zu bestimmen (*Zimmer*, 1994; *Zimmer et al*., 1995). Ein Test sollte sowohl die Individuen mit Risiko als auch die Individuen ohne Risiko mit einer Wahrscheinlichkeit von mindestens 80 Prozent richtig erkennen (*Zimmer et al.,* 2008).

2.9. Methoden der Kariesdiagnostik

Für eine manifeste Kariesdiagnose sind neben einer ausführlichen Anamnese drei weitere Qualitätskriterien erforderlich:

1. Befunderhebung
2. Diagnosestellung
3. Therapieplanung (*Reich*, 2000).

Die Befunderhebung kann mit Hilfe von verschiedenen Methoden erfolgen.
Ziel ist es, eine kariöse Läsion über das initiale Läsionsniveau (D1) hinaus mittels moderner Verfahren zu identifizieren (*Wicht et al.,* 2008).

Visuelle und taktile Methode

Die Befundung kann visuell und taktil mittels Spiegel und Sonde erfolgen (*Reich*, 2000). Der Nachteil dieser Methode ist, dass eine manifeste Karies befundet wird und folglich oft invasive Therapiemaßnahmen eingesetzt werden müssen. Häufig kann eine risikoorientierte Prophylaxe zur Verhinderung einer invasiven Therapie nicht mehr implementiert werden. Die rein visuelle und taktile Kariesdiagnostik ist nur in einsehbaren Bereichen möglich. Die Spezifität dieser Methode ist demzufolge hoch, die Sensitivität ist jedoch aufgrund der eingeschränkten Befundung herabgesetzt. Zudem wird das Hilfsmittel Sonde kritisch beurteilt, da bei kraftvollem Gebrauch mechanische Schäden auftreten können, die eine kariöse Kavitation lokal auslösen (*Krämer*, 2006).

Fiberoptische Transillumination

Optische Methoden zur Kariesdiagnose sind unter anderem die fiberoptische Transillumination (*Reich*, 2000). Den Effektivitätsvergleich zwischen der fiberoptischen Transillumination, der klinischen Kariesdiagnostik und der radiologischen Kariesdiagnostik untersuchten *Heinrich et al.* (1991). An der Untersuchung nahmen 186 Patienten im Alter von zwölf bis siebzehn Jahren teil. Die Zahl der diagnostizierten Approximalläsionen war nach klinischer Befundung am geringsten. Durch die fiberoptische Untersuchung konnten doppelt so hohe Werte erzielt werden wie durch die klinische Befundung. Nach röntgenographischer Befundung war der Anteil diagnostizierter Approximalläsionen sogar mehr als dreimal so hoch wie bei klinischer Befundung.

Laserfluoreszenzverfahren

Das Laserfluoreszenzverfahren basiert auf der Fluoreszenzmessung verschiedener Zahnabschnitte, die zuvor mit Laserlicht bestrahlt wurden. Das Ausmaß der Fluoreszenz korreliert mit Zonen der Demineralisation im Schmelz und Dentin. Ein Beispiel eines Verfahrens zur Laserfluoreszenzbestimmung ist das DIAGNOdent-Gerät der Firma KaVo, Biberbach. Die Reproduzierbarkeit der Testergebnisse des DIAGNOdent-Gerätes wird in der Literatur kontrovers

diskutiert. *Lussi et al.* (1999) konnten die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse sowohl klinisch als auch histologisch nachweisen, während *Kühnisch et al.* (2003) in einer Untersuchung eine unzureichende Reproduzierbarkeit der Messwerte im klinisch relevanten Bereich dokumentierten. Das Grundprinzip beruht auf der Tatsache, dass kariös veränderte Zahnhartsubstanz, die von Bakterien und deren Stoffwechselprodukte belagert ist, fluoresziert. Auftretende Unstimmigkeiten entstehen hierbei durch Beläge und Verfärbungen der Zahnhartsubstanz.

Kühnisch et al. (2007) untersuchten in einer weiteren Studie die Effektivität der quantitativen lichtinduzierten Fluoreszenz verglichen mit einer visuellen Untersuchung. An 34 Probanden im Alter von 15 Jahren wurden 517 gereinigte okklusale Zahnflächen getestet. Es konnten keine signifikanten Korrelationen dokumentiert werden. Die quantitative lichtinduzierte Fluoreszenz konnte in dieser Studie nicht als praktisches Hilfsmittel in der Zahnmedizin bestätigt werden.

Elektrische Impedanzmessung

Die elektrische Impedanzmessung ist ebenfalls ein Verfahren zur Bestimmung kariöser Läsionen. Diese Variante hat ihren Ansatzpunkt in den physikalischen Eigenschaften des Schmelzes. Als Folge des Demineralisationsprozesses entstehen Porositäten in der Schmelzschicht, die zu einer Minderung der Isolation nach der Aufnahme von Wasser führen und über eine erhöhte Speichelaufnahme die elektrische Leitfähigkeit begünstigen. Neuere Geräte verbesserten ihre Genauigkeit durch einen definierten Luftstrom, der die zu testende Zahnfläche trocknet (*Reich,* 2000; *Krämer*, 2006). In verschiedenen Studien wurde diese Methode auf ihre Sensitivität und Spezifität überprüft. Die Sensitivität lag unter in-vivo-Bedingungen zwischen 93-96%. Die Spezifität zeigte Werte von 71-77%. Demnach wurden 23-29% der gesunden Zähne als pathologisch befundet. Folglich würden Zähne therapiert, die keiner Behandlung bedürfen (*Lussi*, 2004).

2.10.Radiologische Befunderhebung

Die zahnmedizinische Radiologie ist ein elementares Hilfsmittel zur Diagnostik von Erkrankungen im Zahn-, Mund- und Kieferbereich. Nach der letzten Stellungnahme der DGZMK ist die Anfertigung von Röntgenfilmen zur Kariesdiagnostik bei Verdacht auf klinisch nicht erkennbare Approximalläsionen einer der Hauptgründe für die rechtfertigende Indikation zur Erstellung von Röntgenbildern (*Sitzmann*, 1993).

Eine ausführliche klinische Kariesdiagnostik ist nur dann möglich, wenn eine direkte Sicht auf die zu untersuchenden Zahnflächen gewährleistet ist (*Wrbas et al.*, 1998). Röntgenologisch lassen sich kariöse Läsionen eindrucksvoll darstellen und sind besonders dort sinnvoll, wo klinisch eine Befunderhebung und Diagnostik aufgrund der eingeschränkten visuellen und taktilen Beurteilungsmöglichkeit erschwert ist. Dies konzentriert sich auf die approximalen Zahnflächen. Zur Erfassung möglicher Approximalläsionen ist die Verwendung von Bissflügelaufnahmen sinnvoll. Der Erfolg der radiologischen Befundung ist im Vergleich zur klinischen Befundung dreimal so hoch (*Heinrich et al.*, 1991). Mit der visuell-taktilen Diagnostik werden weniger als 50% aller approximalen Kariesläsionen erfasst. Gegensätzlich dazu werden mit Bissflügelaufnahmen etwa 90% aller Approximalläsionen befundet (*Stodt und Attin*, 2004; *Heinrich-Weltzien und Kühnisch*, 2007). Initiale Läsionen mit nicht eingebrochenen Oberflächen übersteigen die Anzahl manifester kariöser Zahndefekte, wodurch sich das klinische Erkennen und Bewerten kariöser Läsionen, insbesondere im Seitenzahnbereich, erschwert gestaltet (*Haak et al.*, 2007). Infolgedessen ist die Anfertigung von Bissflügelaufnahmen zur erweiterten Diagnostik im Rahmen einer detaillierten Kariesbefundung als notwendige Befundungsmaßnahme von Bedeutung (*Heinrich et al.*, 1991). Nachteil der Bissflügelaufnahmen ist, dass sie keine Auskunft über die Oberflächenbeschaffenheit der Zähne, sondern nur eine orientierende Abschätzung der Tiefenausdehnung der Demineralisation in der Zahnhartsubstanz geben.

Eine wesentliche Grundlage für die Therapieentscheidung ist die Anfertigung von Bissflügelaufnahmen. Bei zeitlich versetzt angefertigten Aufnahmen eines

longitudinalen Karies-Monitorings ist eine qualitativ hochwertige Betrachtung und Beurteilung der demineralisierten Läsion möglich und lässt Rückschlüsse auf dessen Progressionsaktivität zu (*Haak et al.,* 2007).

Die European Comission gab 2004 eine Empfehlung für radiologische Kontrollintervalle zur Anfertigung von Bissflügelaufnahmen heraus.

Demzufolge gelten nachstehende Empfehlungen:

Tabelle 2: Empfehlung für radiologische Kontrollintervalle für Bissflügelaufnahmen der European Commission, 2004 (*European Commission*, 2004; n. *Haak et al.*, 2007)

Alter	Radiologische Kontrollintervalle bei		
	hohem Kariesrisiko	mittlerem Kariesrisiko	niedrigem Kariesrisiko
Kinder	6 Monate	1 Jahr	Milchgebiss: 18-24 Monate* Zweite Dentition: 2 Jahre
Erwachsene	6 Monate	1 Jahr	2 Jahre*

* =längere Intervalle sind möglich, wenn langfristig ein niedriges Kariesrisiko besteht.

Ähnlich ist die Empfehlung der American Dental Association zur Anfertigung von Röntgenaufnahmen zur Beurteilung approximaler Zahnflächen.

Tabelle 3: Empfehlung zur Anfertigung von Röntgenaufnahmen zur Beurteilung approximaler Zahnflächen (*American Dental Association,* 2004; n. *Haak et al.*, 2007)

	Patientenalter und Dentition			
	Kind mit Milchgebiss	Kind mit Wechselgebiss	Jugendlicher mit zweiter Dentition	Erwachsener voll-/ teilbezahnt
Neupatient	*	Bissflügelaufnahme		
Recallpatient mit sichtbarer Karies oder hohem Kariesrisiko	6-12 Monate*			6-18 Monate
Recallpatient ohne sichtbare Karies und mit niedrigem Kariesrisiko	12 - 24 Monate*	12 - 24 Monate*, bzw. 18 - 36 Monate*	18 - 36 Monate*	24 - 36 Monate*

* =wenn approximale Zahnflächen klinisch nicht beurteilbar sind.

Das patienten- und präventionsorientierte Konzept der radiologischen Kariesdiagnostik sollte sich zudem immer individuell nach dem Kariespotential des Patienten richten. Hierzu ist eine regelmäßige Reevaluierung notwendig, bei der verschiedene Parameter berücksichtigt werden sollten, beispielsweise die bisherige Karieserfahrung, die Speichelfließrate, bestehende Schmelz- und Dentinläsionen im Röntgenbild und das Alter des Patienten (*Haak et al.*, 2007).

Die röntgenologische Befundung erfolgt durch 4 Stadien, die folgendermaßen definiert sind:

D1: Radioluzenz auf die äußere Schmelzschicht beschränkt

D2: Radioluzenz in der gesamten Schmelzschicht, jedoch keine Dentinveränderungen

D3: Radioluzenz in Schmelz und äußerem Dentin

D4: Radioluzenz hat das gesamte Dentin erfasst (*Gängler et al.*, 2005).

Die oben aufgelistete Einteilung der radiologischen Befunde zur Beschreibung der Tiefenausdehnung liegt in ähnlicher modifizierter Form nach *Pitts und Rimmer* (n. *Haak et al.*, 2007) vor:

R0: keine Radioluzenz

R1: Radioluzenz in der äußeren Schmelzhälfte

R2: Radioluzenz in der inneren Schmelzhälfte

R3a: Radioluzenz über die Schmelz-Dentin-Grenze hinaus, jedoch keine offensichtliche Ausbreitung im Dentin (maximal erstes Viertel)

R3b: Radioluzenz mit offensichtlicher Ausbreitung innerhalb der äußeren Dentinhälfte

R4: Radioluzenz in der inneren Dentinhälfte.

Die Betrachtung von demineralisierten Läsionen und die Beurteilung der Progressionsaktivität im Rahmen des longitudinalen Karies-Monitorings werden an folgendem Beispiel deutlich:

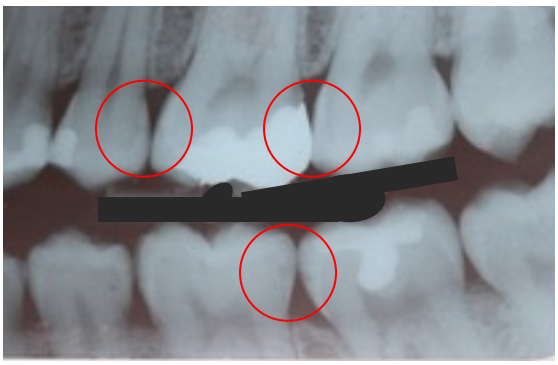

Abbildung 2: Bissflügelaufnahmen eines Probanden aus dem Jahr 2004

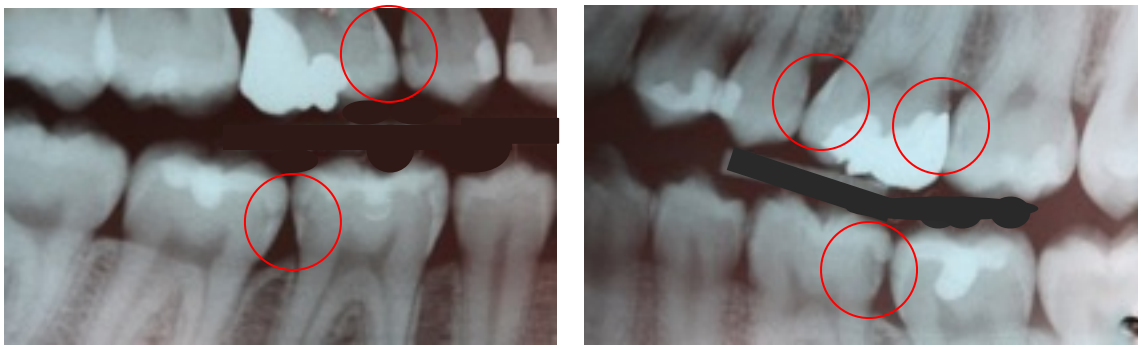

Abbildung 3: Bissflügelaufnahmen desselben Probanden wie in Abb. 2 aus dem Jahr 2006

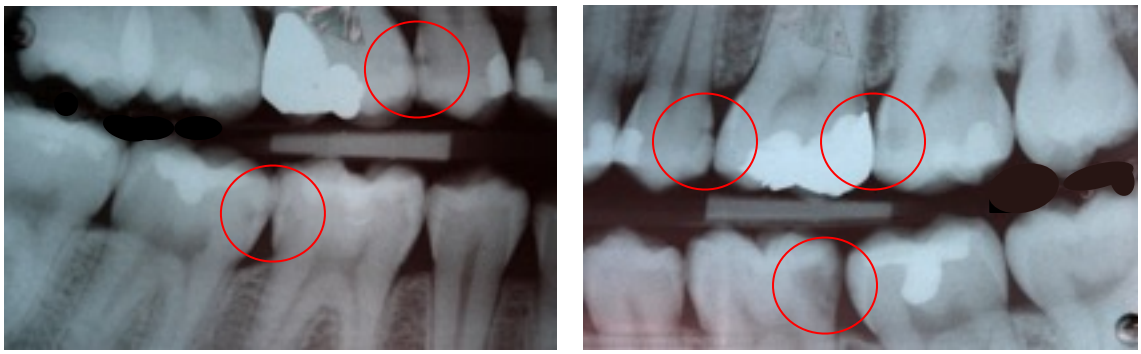

Abbildung 4: Bissflügelaufnahmen desselben Probanden wie in Abb. 2 und 3 aus dem Jahr 2008

2.11.DMFT/DMFS-Indizes

Die World Health Organization hat zu den Indizes DMFT/dmft und DMFS/dmfs eine Stellungnahme veröffentlicht, die diese Indizes eindeutig definiert (*World Health Organization*, 2008).

Der Index des DMFT/dmft und DMFS/dmfs dokumentiert den Befall der Zahnkaries des einzelnen Individuums. Die Einteilung unterscheidet zwischen der Beurteilung der Zahl der betroffenen Zähne (T=Teeth; DMFT) oder der Zahl der betroffenen Zahnflächen (S= Surface; DMFS).

Die weiteren Parameter stehen für:

D = kariös/decayed
M= fehlend aufgrund von Karies/Missing due to caries (M)
F= gefüllt/filled.

Im Milchgebiss wird der Befall der Zahnkaries mit dmft/dmfs angegeben, im permanenten Gebiss mit den Indizes DMFT/DMFS.

In der Regel werden die Zähne 18, 28, 38, 48 in den Index nicht miteinbezogen. Sollten die Weisheitszähne dennoch mitberücksichtigt werden, so gilt die dritte Auflage der „Oral Health Survey – Basic methods“, *Geneva*, 1987. Der Indexwert ergibt sich letztendlich aus der Summierung der einzelnen Werte (*World Health Organization*, 2008).

Verschiedene Untersuchungen belegen die Signifikanz des DMFT/DMFS-Index zur Bestimmung des Kariesrisikos. In einer prospektiven Untersuchungsreihe mit 70 Kindern versuchten *Zimmer et al.* (1998) Prädikatoren zur Bestimmung des Kariesrisikos zu filtrieren und durch die Kombination verschiedener Prädikatoren eine Optimierung der Kariesrisikobestimmung zu erzielen. Die Befunde wurden zu Beginn der Studie und nach einem Jahr erhoben. Dabei wurden folgende Parameter dokumentiert: d_{1-4}mfs/D_{1-4}MFS, PBI und QHI, pH-Wert-Messung und Fluoridanamnese. Bezüglich der pH-Wert-Messung und der Fluoridanamnese konnten in dieser Studie keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt werden. Ähnliches Resultat kristallisierte sich für den QHI und PBI bezüglich der prognostischen Aussage einer Kariesinzidenz heraus. Mit dem d_{1-4}mfs/D_{1-4}MFS-Index und Aufzeichnung der Initialläsionen ließ sich die zukünftige Karieserfahrung am besten bestimmen.

2.12.Methoden zur Risikobestimmung

Dentoprog-Methode

Die Dentoprog-Methode dient zur Bestimmung von Patienten mit einem hohem Kariesrisiko. Angewendet wird diese Methode bei Kindern mit einem Milchgebiss und vorhandenen ersten Molaren. Zur Ermittlung eines statistisch

relevanten Dentoprog-Wertes wurden 3400 Kinder mit unterschiedlich hohem Kariesrisiko untersucht. Dabei gab die Anzahl gesunder Milchmolaren Auskunft über die Vorhersage einer niedrigen Kariesinzidenz im permanenten Gebiss. Im Gegenzug ergab sich eine positive Korrelation der prognostischen Kariesinzidenz im permanenten Gebiss durch die Zahl der mit initialen Kariesläsionen versehenen ersten Molaren. Die Dentoprog-Methode beschreibt einen berechneten Wert, der sich bei Kindern bis zum sechsten Lebensjahr aus der Summe der Anzahl der Milchmolaren ergibt, von der die Anzahl kariös erkrankter Milchmolaren subtrahiert wird. In den Altersgruppen Sieben- bis Achtjährige und Neun- bis Zehnjährige wird aufgrund der hinzukommenden ersten Molaren der statistisch ermittelte Wert der erwähnten Analysen addiert und mit der Anzahl der verfärbten Fissuren multipliziert. Ein kleiner Dentoprog-Wert entspricht somit einem geringen Kariesrisiko. Bei einem hohen Dentoprog-Wert steigt das Risiko einer zukünftigen hohen Kariesinzidenz. Die Dentoprog-Methode wird jedoch nur bei Kindern mit Milchgebiss bzw. mit Wechselgebiss durchgeführt. In der Erwachsenen-Kariesrisikobestimmung findet diese Methode keine Anwendung (*Marthaler et al.*, 1997). Die Spezifität und Sensitivität der Dentoprog-Methode wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Den Literaturangaben zur Folge soll die Spezifität und Sensitivität der Dentoprog-Methode relativ hoch sein und zwischen 70 und 77% liegen. Im Bereich der Kariesrisikodiagnostik bei Kindern wurden in diesem Zusammenhang solche in eine hohe Kariesrisikogruppe eingestuft, die in einem Zeitraum von vier Jahren vier neue Kariesläsionen nachwiesen (*Zimmer*, 1994). Um die Dentoprog-Methode in ihrer Anwendung zu simplifizieren, wurde ein Schieber entwickelt, der die Auswertung vereinfacht und eine Ja/Nein Entscheidung des Kariesrisikos ablesen lässt. Es handelt sich dabei um eine Modifikation der Darstellung der Ergebnisse. Die Methodik nach *Marthaler et al.* (1997) wurde nicht verändert.

In einer Studie von *Treide et al.* (2003) wurden die Ergebnisse nachstehender Querschnittsstudie veröffentlicht. Verfolgt wurde dabei das Ziel, den Ist-Zustand der Kariesepidemiologie durch die Ermittlung des dmft/DMFT-Index nach den Kriterien der World Health Organization aufzuzeichnen. Die dokumentierten

dmft/DMFT-Werte wurden nach den Vorgaben der Deutschen Arbeitsgemeinschaft für Jugendzahnpflege (DAJ) in Kariesrisikostufen eingeteilt:

6-7 Jahre: erhöhtes Kariesrisiko, wenn der dmf/t DMF/T >5 oder D/T>0

8-9 Jahre: erhöhtes Kariesrisiko, wenn der dmf/t DMF/T >7 oder D/T>2

10-12 Jahre: erhöhtes Kariesrisiko, wenn DMF/S (Approximal-/Glattfläche) >0.

Die Ergebnisse wurden anschließend den Resultaten der Kariesrisikobestimmung mit der Dentoprog-Methode nach *Marthaler et al.* (1997), und den Ergebnissen der Schieber-Methode nach *Zimmer et al. (1994)* gegenübergestellt. Ergebnisse dieser Studie zeigten, dass eine Polarisation der Kariesinzidenz zu beobachten war und dass sowohl die Anwendung der DAJ-Kriterien aber auch der Schieber- und Dentoprog-Methode keine zuverlässige Aussage bezüglich des Kariesrisikos zuließen.

Cariogram

Das Cariogram ist ein multifaktorielles, computerbasiertes Verfahren zum Identifizieren von Patienten mit hohem Kariesrisiko. In einer Studie von *Hänsel Petersson et al.* (2002) wurden 446 Schulkinder im Alter von 10-11 Jahren in einem 2-Jahreszeitraum einmal zu Beginn und einmal zum Ende der Studie untersucht. Die Ergebnisse der Kariesrisikobestimmung mit dem Cariogram wurden mit den DMF-Werten verglichen. Nach der Erhebung der Basisdaten über den momentanen Gesundheitszustand, die Ernährung, die Mundhygiene und die Verwendung von Fluoridpräparaten wurde noch eine Speichelanalyse durchgeführt, die die Mutans-Streptokokken-Anzahl, die Laktobazillen-Anzahl, die Pufferkapazität und die Sekretionsrate überprüft. Letztendlich wurden der DMFT- und der DMFS-Index erhoben, gegebenenfalls mit der Unterstützung radiographischer Bissflügelaufnahmen. Das Cariogram ordnete die Daten fünf Risikogruppen zu, die eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit der Vermeidung einer neuen Läsion trafen: 0-20%, 21-40%, 41-60%, 61-80%, 81-100%. Die nach zwei Jahren reevaluierten Werte bestätigten die Gruppeneinteilung und ergaben für die Hochrisikogruppe (0-20%), dass 8%

nach der Testphase keine neue Karies entwickelt hatten. Für die anderen Gruppen waren die Werte 35, 42, 73 und 83%.
In einer weiteren Studie von *Hänsel Petersson et al.* (2003) wurde eine Gruppe älterer Probanden untersucht. In dieser Gruppe setzten sich nach Erhebung aller Basisdaten und des DMFT- und DMFS-Wertes nach einem Untersuchungszeitraum von 5 Jahren mit einer Untersuchung zu Beginn und zum Ende der Studie folgende Prozentwerte zusammen: 0-20% = 18%, 21-40% = 40%, 41-60% = 72%, 81-100% = 84%.
Das Resümee beider Studien war, dass das Cariogram ein zuverlässiges Instrument zur Einschätzung des Kariesrisikos sein könnte.

2.13.Kariesrisikotests

Die Zahnkaries ist aufgrund der multikausalen Entstehung eine komplexe Erkrankung. Die Suche nach einem zuverlässigen diagnostischen Hilfsmittel, welches alle Faktoren umfasst, die zur Entstehung einer Karies beitragen, ist groß. Erstrebenswert ist ein Test, der alle vier Hauptfaktoren Wirt, Plaque, Substrat und Zeit umfasst und eine prognostische Aussage einer späteren Kariesinzidenz ermöglicht (*Ernst et al.*, 2003).
Ein Kariesrisikobestimmungstest kann nur dann einen primär-präventiven Ansatz erfüllen, wenn eine Kariesvorhersage möglich ist, bevor es zur Ausbildung einer kariösen irreversiblen Läsion kommt (*Zimmer*, 1994).
Auf dem Markt sind zahlreiche Kariestests zur Kariesrisikobestimmung erhältlich. Die Ansatzpunkte variieren und die verschiedenen Testverfahren versuchen an unterschiedlichen ätiologischen Parametern der multikausalen Ursachen der Karies anzugreifen.
In einer Untersuchung der Universitäten Mainz und München wurden 400 Fragebögen an Zahnärzte verteilt. Der Fragebogen beinhaltete die Verwendung und Akzeptanz von Kariesrisikotests in der zahnärztlichen Praxis. Von den 400 Fragebögen wurden 250 Fragebögen zurückgesendet und ausgewertet. 35% der Zahnärzte hatten in den vergangenen drei Monaten einen Kariesrisikotest angewendet. 59,5% wendeten einen Kariesrisikotest zur Patientenmotivation an, 48,6% nutzten einen solchen Test als Basisinformation für Planung und

Entscheidung geeigneter Therapiemaßnahmen. Erst an dritter Stelle stand die bessere Kariesrisikoeinschätzung, die von 47,0% der Zahnärzte als Grund zur Anwendung angegeben wurde. Auf die Frage, welchen Nutzen die Zahnärzte aus der Identifizierung von Patienten mit hohem Kariesrisiko durch die Verwendung eines Kariesrisikotests ziehen bzw. ziehen würden, gaben 81,4% an, Patienten für individuelle Prophylaxeprogramme zu selektieren (*Ernst et al.*, 2003).

Die Bestimmung des Kariesrisikos ist für eine bedarfsorientierte Prophylaxe notwendig (*Zimmer et al.,* 1995). Für die Entstehung einer Karies werden vorwiegend kohlenhydrat-fermentierende Bakterien als mikrobiologisch ursächliche Faktoren angesehen, weil sie sich im Vergleich zu anderen Keimen der Mundhöhle in einem sauren Milieu vermehren können und als Stoffwechselprodukt Säuren bilden, die eine Demineralisation der Zahnhartsubstanz zur Folge haben können. Basierend auf dieser Idee sollten Tests entwickelt werden, die diese Mikroorganismen nachweisen können. In erster Linie wurden Speicheltests mit der Überlegung entwickelt, dass die Erfassung mikrobiologischer Speichelbefunde die Situation in der Zahnplaque widerspiegelt. Begründet wurde diese Aussage dadurch, dass hohe *Streptococcus mutans*-Zahlen im Zahnbelag mit ihrem hohen Vorkommen im Speichel in Beziehung stehen sollten und Laktobazillen ebenfalls im Speichel frei vorzufinden sein sollen (*Kneist*, 2001). Die Möglichkeit, kariesassoziierte Keime nachweisen zu können, soll durch verschiedene Tests, die auf dem Markt vertreten sind, durchführbar sein.

Eine Übersicht über eine Anzahl von Tests zur Kariesrisikobestimmung gibt folgende Tabelle:

Tabelle 4: Übersicht kommerzieller Kariesrisikobestimmungstests (n. *Heckl*, 2007)

Untersuchte Prädikatoren	**Handelsname des Tests und Hersteller**	**Testverfahren**	**Dauer bis zum Testergebnis**
Pufferkapazität des Speichels	BuffCheck® (Hain Lifescience, Nehren) Dentobuff® (Orion Diagnostica, Espoo/ Finnland)	pH-Wert-Bestimmung nach Säurestimulation	Sofort

Pufferkapazität des Speichels	CRT buffer (Ivoclar Vivadent, Ellwangen)	pH-Wert-Bestimmung	Sofort
Pufferkapazität des Speichels	Dentocult (Orion Diagnostica, Espoo/ Finnland)	pH-Wert-Bestimmung	Sofort
Streptococcus mutans	Dentocult SM Strip mutans, Dentucult SM Site Strips (Orion Diagnostica, Espoo/Finnland)	Spatel-Methode	2 Tage
Laktobazillen	Dentocult LB (Orion Diagnostica, Espoo/ Finnland)	Eintauchobjektträger	4 Tage
Streptococcus mutans Laktobazillen	CRT bacteria (Ivoclar Vivadent, Ellwangen)	Eintauchobjektträger, doppelseitig	2 Tage
Streptococcus mutans Laktobazillen, Salivationsrate, Pufferkapazität, Plaquebildungsindex	CarioCheck-Plus (Hain Lifescience, Nehren)	Eintauchobjektträger, doppelseitig	2 (-3) Tage
Streptococcus mutans, Pufferkapazität	LCL-Karies-Test (LCL biokey, Aachen)	2-Phasen-System: Gensonde, PCR ; pH-Wert-Bestimmung nach Säurestimulation	10 Tage
Milchsäureaktivität der Bakterien	Clinpro™ Cario L-Pop™ (Fa. 3M ESPE, Seefeld)	Bestimmung der Laktatdehydrogenase-aktivität	Sofort

Bisher verwendete marktübliche Speicheltests, die die Zahl von *Streptococcus mutans* und Laktobazillen sowie verschiedene Parameter des Speichels (Pufferkapazität und Fließrate) in der Mundhöhle bestimmen, scheinen als alleinige Parameter keine signifikant zuverlässige Aussage zur Kariesvorhersage zu geben (*Steiner et al.*, 1992; *Schiffner und Torres-Quintero*, 1998).

In einer Studie von *Zimmer et al.* (1995) wurde auf der Basis der repräsentativen Untersuchungen des Institutes der Deutschen Zahnärzte (IDZ) das Kariesrisiko bestimmt und die Spezifität und Sensitivität von kommerziellen Chair-side-Speicheltests überprüft. Es nahmen 188 Schulkinder als Probanden an dieser Studie der Berliner Charité teil. Die Kinder wurden in zwei Gruppen aufgeteilt. Die erste Gruppe nahm viermal jährlich an einer Individualprophylaxe mit professioneller Zahnreinigung, Fluoridierung, Mundhygieneinstruktion und Ernährungsberatung teil. Die zweite Kontrollgruppe wurde hingegen jährlich untersucht und nahm an einem überwachten Zähneputzen teil. Alle Kinder wurden hinsichtlich ihres DMFS-Index zu Beginn der Studie überprüft und die Befunde notiert. Zusätzlich wurden folgende kommerzielle Speicheltests der Firma Orion Diagnostica, Espoo/Finnland, angewendet: Dentocult SM, Dentocult LB und Dentobuff. Alle Probanden wurden angehalten, mindestens zwei Stunden vor Entnahme der Speichelproben weder Nahrung aufzunehmen noch Mundhygienemaßnahmen durchzuführen. Nach einem Jahr wurde eine zweite Befundung durchgeführt, in der der DMFS-Index erneut befundet und aufgezeichnet wurde. Aus den Ergebnissen der Eingangs- und Enduntersuchung wurde der Karieszuwachs für den Beobachtungszeitraum ermittelt. Nach der IDZ wird ein erhöhtes Risiko durch einen Karieszuwachs bei einem ΔDMFS-Wert bzw. ΔDMFT-Wert/Jahr ≥ 1 definiert. Die Ergebnisse der Studie wurden durch die Spezifität und Sensitivität festgelegt. Die Werte für die Spezifität lagen zwischen 76,8% und 97,8%, die Werte für die Sensitivität zwischen 7,4% und 44,8%. Das Resultat der Studie war, dass Speicheltests zur Bestimmung von mikrobiologischen (*Streptococcus mutans* und Laktobazillen) und chemischen (Pufferkapazität) Parametern als alleinige Diagnostikverfahren für die Bestimmung eines Kariesrisikos nicht geeignet zu sein scheinen.

In einer weiteren Studie von *Schmalz und Joisten* (1990) wurden bei 102 Probanden in einem Zeitraum von 44 Wochen die Kariesrisikotests Dentocult/ Dentobuff dreimal durchgeführt und mit klinischen sowie röntgenologischen Parametern verglichen. Das Dentocult/Dentobuff-System basiert auf der Bestimmung der Laktobazillenzahl und der Pufferkapazität des Speichels. Der Grundgedanke dieser Tests ist, dass beim Fortschreiten kariöser Läsionen

vermehrt Laktobazillen im Speichel beobachtet wurden, auch wenn zunächst Streptokokken für die Entstehung einer Initialläsion verantwortlich gemacht werden. Zusätzlich wurde die Pufferkapazität des Speichels aufgrund seiner kariesprotektiven Wirkung getestet. Die Ergebnisse dieser Studie reflektierten eine gute Korrelation zwischen den einzelnen Dentocult-Messungen bei unterschiedlichen Messzeitpunkten. Eine signifikante Korrelation zum gesamten Karieszuwachs im Untersuchungszeitraum konnte aber in dieser Studie nicht nachgewiesen werden. Der Vorhersagewert des Dentocult/Dentobuff-Systems lag bei maximal 50%. Eine signifikante Vorhersage des individuellen Kariesrisikos mit der verwendeten Methode war nicht möglich.

In einer Stellungnahme der DGZMK zum Stellenwert der Speicheldiagnostik im Rahmen der Kariesprävention wird die Aussage getroffen, das „weder ein einzelner Speicheltest noch die Gesamtheit der heute kommerziell angebotenen Speicheldiagnostika in der Lage sind, das Kariesrisiko einer Einzelperson hinreichend genau vorherzusagen." Es sollten immer eine klinische Untersuchung und eine Ernährungs- und Fluoridanamnese zu dem jeweiligen Testverfahren hinzugezogen werden. Speicheltests können eine sinnvolle Ergänzung sein und als eine Entscheidungshilfe für weitere präventive Maßnahmen hinzugezogen werden (*Reich und Bößmann,* 1994).

2.14.Clinpro™ Cario L-Pop™, 3M ESPE, Seefeld

Durch die Problematik der klinischen visuellen und taktilen Kariesdiagnostik sowie der summierten erhöhten Strahlenexposition der Patienten bei strengen engmaschigen Intervallen der röntgenologischen Kariesdiagnostik ist die Suche nach einem Verfahren zur genauen Kariesrisikobestimmung begründet.

Im Jahr 2003 wurde auf der Internationalen Dental-Schau (IDS) ein neues Hilfsmittel für die Kariesrisikobestimmung und das Karies-Monitoring vorgestellt. Der Milchsäureindikator Clinpro™ Cario L-Pop™ der Firma 3M ESPE, Seefeld, ist der erste biochemische Chairside-Schnelltest, der die Bestimmung des individuellen Kariesrisikos ermöglichen soll. Nach Angaben des Herstellers werden verschiedene Mikroorganismen, die als variables Vorkommen sowohl im Speichel, auf der Zunge und in der Plaque vorhanden sein sollen, untersucht. Die Firma 3M ESPE gibt an, folgende Spezies auf ihre Stoffwechselaktivität durch den Clinpro™ Cario L-Pop™ zu untersuchen:

- *Streptococcus mutans*
- Lactobazillen
    - *Lactobacillus casei*
    - *Lactobacillus fermenti*
    - *Lactobacillus piantarum.*

Da nicht die Menge, sondern die Aktivität der Bakterien für die Entstehung einer Kariesläsion entscheidend sein soll, wurde der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test entwickelt (*3M ESPE*, 2003). Durch den Nachweis von Milchsäure, die von kohlenhydrat-fermentierenden Bakterien als Stoffwechselprodukt produziert wird, soll mittels des Tests die erhöhte oder verminderte Stoffwechselaktivität bestimmt werden, die Rückschlüsse auf das Kariesrisiko geben könnte. Dadurch kann die Stoffwechselaktivität der Bakterien aufgezeichnet werden. Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test beruht auf dem Prinzip, dass durch die Verstoffwechselung von Zucker durch spezifische Bakterien Säure gebildet wird, die einen Demineralisationsprozess an der Zahnhartsubstanz auslöst und folglich die Progression einer Karies beeinflusst. Eine ansteigende Stoffwechselaktivität soll nach Firmenangaben mit dem Potenzial dieser Bakterien, eine Karies zu verursachen, korrelieren (*3M ESPE*, 2003).

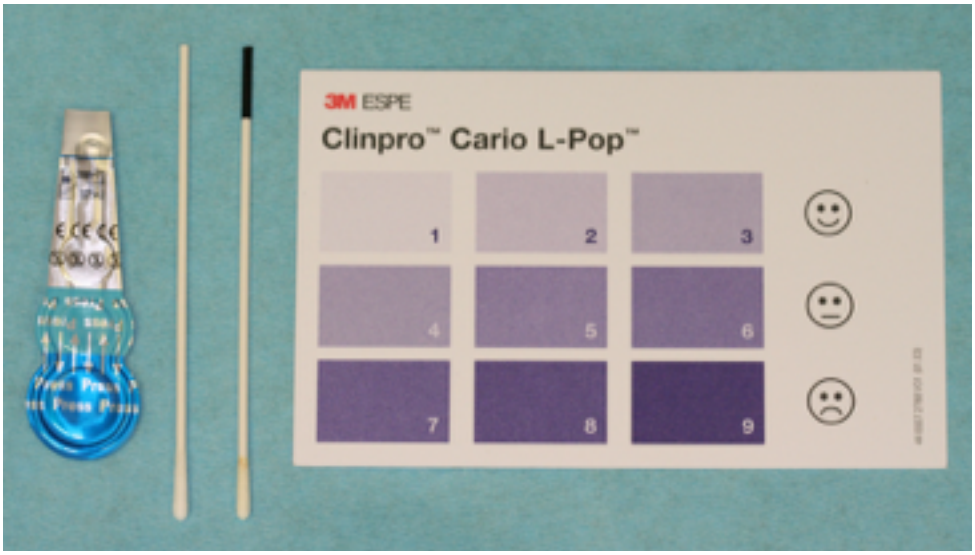

Abbildung 5: Der L-Pop-Blister, das Teststäbchen, das Kontrollstäbchen und die Farb-Referenztafel zur Bestimmung des Kariesrisikos

Die Probeentnahme wird mit einem Teststäbchen durchgeführt. Vor der Probeentnahme muss der Patient sich die Zähne putzen. Zwischen dem Zähneputzen und der Testentnahme müssen mindestens fünf Minuten aber maximal 120 Minuten liegen. Das Teststäbchen wird mit dem vorderen Watteköpfchen über das vordere Zungenrückendrittel mehrmals gedreht, bis es vollständig durchfeuchtet ist (*3M ESPE*, 2002).

Abbildung 6: Das Teststäbchen mit der Watteummantelung und der L-Pop-Blister

Das Teststäbchen enthält den Zucker Saccharose. Mit dem Teststäbchen wird der Biofilm von dem Zungenrücken entnommen und in den dazugehörigen Blisteranteil eingeführt, ohne jedoch die Barriere zum vorderen hellblauen

Flüssigkeitsreservoir zu durchbrechen. Durch das Zusammenpressen des dunkelblauen Blisteranteils wird die Trennfolie zum Flüssigkeitsreservoir im hellblauen Blisterfeld zerrissen und die beiden Flüssigkeiten miteinander vermischt. Durch wechselnde Druckausübung auf die beiden Blisteranteile ist ein gleichmäßiges Vermischen der beiden Flüssigkeitskomponenten möglich. Anschließend wird die Flüssigkeit vollständig aus dem dunkelblauen Anteil herausgedrückt und an der Verbindungsstelle zum hellblauen Reservoir umgeknickt, um einen Rückfluss der vermischten Flüssigkeit zu vermeiden. Anschließend wird die Flüssigkeit in das silberfarbene Reservoir gedrückt, in dem sich das Teststäbchen befindet. Das Teststäbchen wird mehrmals in der Flüssigkeit gedreht, um zu garantieren, dass es vollständig von der Flüssigkeit ummantelt und durchfeuchtet ist. Innerhalb von zwei Minuten wird über eine enzymatische Reaktionskette das Kariesrisiko ermittelt. Die in dem von der Zunge entnommenen Biofilm befindlichen milchsäurebildenden Bakterien vergären die Saccharose zu Lactat, die wiederum einer Indikatorreaktion zugänglich gemacht wird. Dabei verarbeitet das Enzym Lactatdehydrogenase die Milchsäure zu Pyruvat und reduziertem Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid (NADH). Das entstandene reduzierte Nicotinamid-Adenin-Dinucleotid wird in einen blauen Farbstoff umgewandelt, dessen Farbintensität nach dem Ablauf von zwei Minuten über eine neunstufige Referenzfarbskala einer Kariesrisikostufe zugeordnet wird und damit das Kariesrisiko bestimmt. Die Verfärbungsintensität soll linear mit der gebildeten Lactatmenge korrelieren. Mit zunehmender Farbintensität soll das individuelle Kariesrisiko steigen (*3M ESPE*, 2003; *Firla*, 2003).

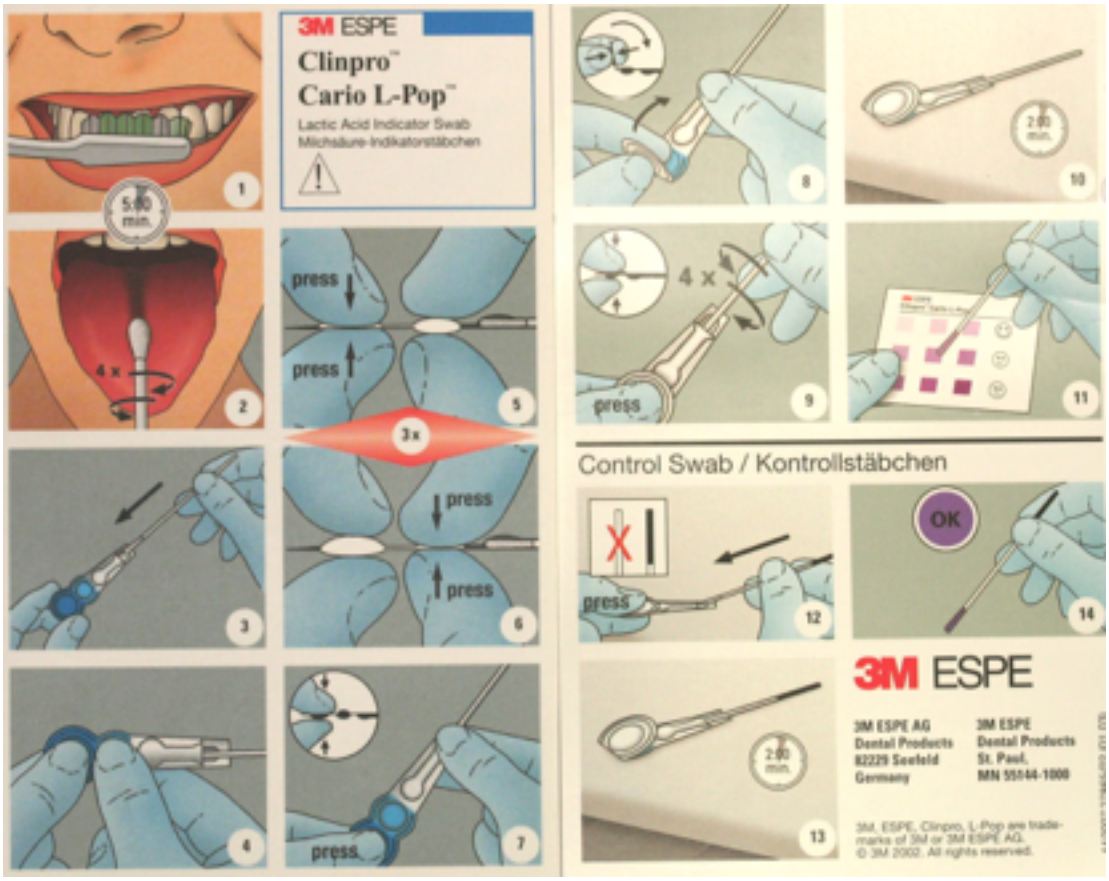

Abbildung 7: Schematische Gebrauchsanweisung der Firma 3M Espe, Seefeld, zur Anwendung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test

Nach Aussage der Firma 3M ESPE zeigen die ersten drei Farbfelder eine Mikroflora an, die eine geringe Milchsäurebildungsrate hat. Das soll bedeuten, dass die individuelle Prävention gut und eine normale Verlaufskontrolle indiziert ist. Zeigt das Teststäbchen die Farbe der Felder vier bis sechs auf der Referenztafel an, so weist die Mikroflora eine mittlere Milchsäurebildungsrate auf. Nach Herstellerangaben soll sich dadurch eine lückenhafte Prävention aufdecken lassen, die optimiert werden sollte. Der Bedarf einer engeren Verlaufskontrolle soll dadurch begründet werden. Die letzten drei Farbfelder, Farbfeldstufe sieben bis neun, stehen für eine Mikroflora mit einer hohen Aktivität der Milchsäurebildung, die eine generelle Überarbeitung der momentanen individuellen Kariesprävention fordert und eine intensive Betreuung mit einem ausgedehnten Präventionskonzept notwendig erscheinen lassen soll (*3M ESPE*, 2003).

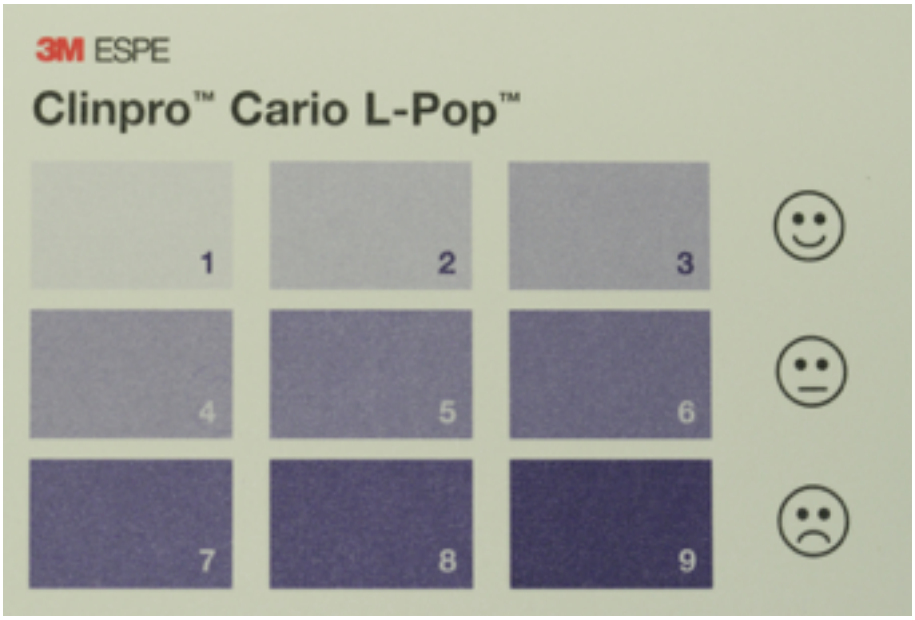

Abbildung 8: Die Farb-Referenztafel zur Bestimmung des Kariesrisikos

Die dentalen Biofilme, gelöst in Flüssigkeiten, weisen eine Milchsäurekonzentration von bis zu 50 mM auf. Der Farbumschlag des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests wurde jedoch so eingestellt, dass schon bei einer Milchsäurekonzentration von 3 mM die Schwelle für ein hohes Kariesrisiko, folglich ab Stufe sieben, angezeigt wird. Ab dem Schwellenwert von 3 mM der Milchsäurekonzentration soll es zu einem Ungleichgewicht zwischen Demineralisation und Remineralisation am Zahnschmelz kommen.

Die Gültigkeit des Testergebnisses muss mit einem Kontrollstäbchen, das schwarz markiert ist, überprüft werden. Das Watteköpfchen des Kontrollstäbchens reagiert sehr sensibel aufgrund der vorherigen Applikation von nachweisbarem Lactat. Das Kontrollstäbchen wird in den zuvor verwendeten Blister eingeführt, gedreht und das Ergebnis nach zwei Minuten abgelesen. Infolge der Durchsetzung des Teststäbchens mit Lactat, ist eine Verfärbung obligat, die der Farbe der Farbfelder sieben bis neun entsprechen muss. Tritt dieser Fall ein, so ist das zuvor festgelegte Testergebnis gültig. Bei fehlender bzw. fehlerhafter Verfärbung des Teststäbchens ist der gesamte Test mit einem neuen Test- und Kontrollstäbchen sowie mit einem neuen L-Pop-Blister zu wiederholen (*3M ESPE*, 2003; *Firla*, 2003).

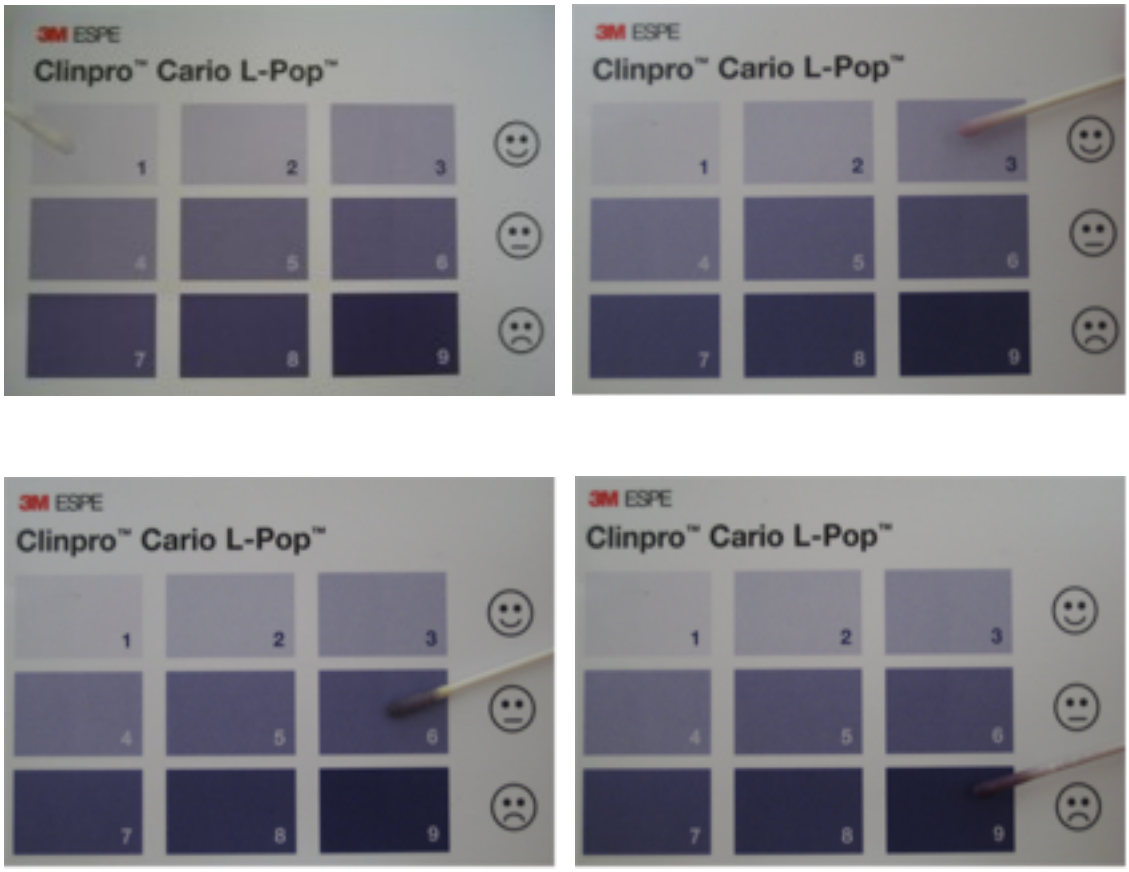

Abbildung 9: Die Bestimmung des Kariesrisikos mittels Teststäbchens und Referenztafel

2.15.Klinische Erfahrungen mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™

2002 wurde von den Universitäten Mainz und München ein Feldversuch mit 252 Zahnärzten gestartet, in dem der Clinpro™ Cario L-Pop™ in seinen wichtigsten praxisrelevanten Faktoren getestet und bewertet wurde. Die Einfachheit der Anwendung wurde dabei von 98,8% der Zahnärzte mit sehr gut und gut bestätigt. Die Genauigkeit des Tests gaben über 50% der Zahnärzte mit sehr gut bis gut an. Kritisch ist hierbei anzumerken, dass für diese Bewertung keine Vergleichsmöglichkeit vorlag. 38% bewerteten dieses Kriterium mit ausreichend, 11% mit schlecht. Ähnliches zeigte sich bei der Interpretation der Ergebnisse, welche von 44% mit ausreichend oder schlecht bewertet wurden. Die Patientenmotivation wurde von 84,4% der Zahnärzte mit hervorragend oder gut beurteilt (*Ernst et al.*, 2003).

In einer Studie von *Erdogan et al.* wurde 2005 die Fragestellung aufgegriffen, inwieweit das Ergebnis der Kariesrisikobestimmung mit dem Clinpro™ Cario L-

Pop™-Test bei Kindern im Vorschulalter durch vorheriges Zähneputzen beeinflusst wird. Es stellte sich die Frage, ob Zähneputzen im Vorschulalter die Anzahl der Lactat produzierenden Mikroorganismen auf dem Zungenrücken beeinflusst. Da diese Altersgruppe zu den Hochrisikogruppen einer Kariesprogression zählt, gilt ihr ein besonderes Interesse. An der Studie nahmen 95 Kinder im Alter von drei bis sieben Jahren teil. Die Testdurchführung fand zuerst vor dem Zähneputzen statt. Nach der Auswertung des Testergebnisses putzten sich die Kinder selbst die Zähne. Die Mindestwartezeit von fünf Minuten wurde eingehalten, bevor ein weiteres Mal der Test durchgeführt wurde. Die für jedes Kind aufgezeichneten Testergebnisse wurden gegenübergestellt. Die Testergebnisse in ihrer Bewertung 1-9 wurden miteinander verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass bei 61,1% der Kinder nach dem Zähneputzen eine geringere Bewertung resultierte als zu Beginn. 28,4% zeigten eine Übereinstimmung beider Testergebnisse. 10,5% der Kinder wiesen im Gegensatz zum ersten Test nach dem Zähneputzen ein höheres Testergebnis auf. Die Studie demonstrierte, dass das Zähneputzen bei ca. zweidrittel der Probanden einen positiven Einfluss auf das Testergebnis hatte. *Schiffner und Torres-Quintero* veröffentlichten 2005 eine Studie in der der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test auf seine Reproduzierbarkeit unter unterschiedlichen Mundhöhlenbedingungen überprüft wurde. An der Studie nahmen 31 gesunde Probanden teil. Durchgeführt wurde der Test zehnmal innerhalb von zwei Wochen. Während der Testperiode wurden die Probanden gebeten, ihre Mundhygienegewohnheiten nicht zu verändern, um gleichbleibende orale Bedingungen zu gewährleisten. Um mögliche Veränderungen der Mundhöhlenbedingungen festzustellen, besonders im Hinblick auf medikamentöse Behandlungen, füllten die Probanden einen Fragebogen aus. Unter stabilen Mundhöhlenbedingungen wies der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test eine Reproduzierbarkeit von 82% auf. Einige Probanden erkrankten während der Testphase und wurden medikamentös behandelt. Die eingenommenen Medikamente könnten die Mundhöhlenbedingungen beeinflusst haben. In dieser Gruppe war eine Test-Reproduzierbarkeit von 60% zu dokumentieren. Die Abweichungen der Reproduzierbarkeit in der Gruppe der

Probanden mit nicht konstanten Mundhöhlenbedingungen bewiesen, dass eine Veränderung der oralen Mundflora durch den Test überprüfbar war und dieser zur Überwachung präventiver Maßnahmen genutzt werden könnte.

Eine ähnliche Studie wurde von *Haeberlein et al*. (2003) durchgeführt. Auch hierbei stand die Zuverlässigkeit des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests im Mittelpunkt. Methodisch wurde folgendermaßen vorgegangen: Zehn Probanden wiederholten den Test fünfmal unmittelbar hintereinander. Die Übereinstimmung bezüglich der Reproduzierbarkeit betrug hierbei 100%. Zusätzlich wurden 20 Probanden angehalten, in 53 Tagen dreimal pro Woche, zweimal am Tag, den Test zu wiederholen. Die Reproduzierbarkeit lag bei 88%, unabhängig vom Zeitpunkt der Durchführung des Tests. Eine dritte Probandengruppe, bestehend aus 20 Probanden, verwendete den Test über einen Zeitraum von vier Wochen täglich. Die Reproduzierbarkeit von 400 Messungen lag bei 90,6%. Die Sicherheit des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests, das Ausmaß des Kariesrisikos einzuschätzen, scheint nach dieser Studie erfolgversprechend zu sein.

Die Reproduzierbarkeit der Testergebnisse des Clinpro™ Cario L-Pop™ wurde von *Haeberlein et al.* (2004) weiter untersucht, indem neun verschiedene Milchsäurekonzentrationslösungen zwischen 0,25 mmol und 10 mmol mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test überprüft wurden. Es konnte eine statistische Signifikanz der Reproduzierbarkeit von $p<0,005$ für die Farbfelder 1-5 und 8-9 dokumentiert werden. Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test konnte unterschiedliche Konzentrationen von Milchsäure zuverlässig und reproduzierbar widerspiegeln.

Gerardu et al. (2006) haben den Einfluss fluoridhaltiger Zahnpasta und antimikrobieller Mundspüllösungen auf den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test sowie die Übereinstimmung des Testergebnisses mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test mit einer Milchsäurekonzentrationsmessung überprüft. Dreißig Probanden nahmen an der Studie teil. Der Aufbau der Studie beinhaltete die Anwendung fluoridfreier Zahnpasta während vier Zwei-Wochen-Perioden. Zwischen den Zwei-Wochen-Perioden verwendeten die Probanden eine Woche lang eine fluoridhaltige Zahnpasta und eine antimikrobielle Mundspüllösung. Sechs Stunden nach der Reinigung der Zähne und der Verwendung der Mundspüllösung wurden der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test und eine

Milchsäurekonzentrationsmessung durchgeführt. In den fluoridfreien Perioden konnte bei 74% der Probanden ein hohes, 16% ein mittleres und 10% ein niedriges Kariesrisiko dokumentiert werden. In der Zeitperiode von einer Woche, in der fluoridhaltige Zahnpasta und die Mundspüllösung angewendet wurden, konnte mit dem Test bei 33% ein hohes, 27% ein mittleres und 40% ein niedriges Kariesrisiko festgestellt werden. Die mit Hilfe der Milchsäurekonzentrationsmessung aufgezeichnete Konzentration konnte in der einwöchigen Periode gesenkt werden. Die Ergebnisse des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests und der Milchsäurekonzentrationsmessung, gemessen am Biofilm der Zunge, wiesen eine signifikante Korrelation auch in der Periode der Anwendung antimikrobieller Mundspüllösungen und fluoridhaltiger Zahnpasta auf. Der Einfluss fluoridhaltiger Präparate auf das Testergebnis konnte mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™ nachgewiesen werden.

Ähnliches Ergebnis zeigte sich in einer Studie von *Buijs et al.* (2004), die ebenfalls den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test hinsichtlich seiner Testergebnisse nach Gebrauch fluoridfreier Zahnpasta und antimikrobieller Mundspüllösungen überprüften. Die Studie wurde mit 30 Probanden über einen Zeitraum von vier zwei-Wochen-Perioden durchgeführt. Die Probanden benutzten fluoridfreie Zahnpasta während der Untersuchungsperioden. Innerhalb von zwei Untersuchungsperioden wurde in einer der zwei Wochen zusätzlich eine antimikrobielle Mundspüllösung verwendet. Resultat war, dass der Test Veränderungen hinsichtlich eines niedrigeren Testergebnisses bei Gebrauch antimikrobieller Mundspüllösungen aufzeichnen konnte.

Marotti und Staedtler (2007) untersuchten den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test hinsichtlich des Einflusses der sofortigen, mittelfristigen und nachhaltigen Wirkung antimikrobieller Mundspüllösungen auf die Testergebnisse. 28 Probanden mit sowohl niedrigem, mittlerem und hohem Kariesrisiko verwendeten je eine Mundspüllösung eine Woche lang. Die zur Verfügung stehenden Produkte waren Chlorhexamed, Odol med 3 EXTREME und Meridol. Um die sofortige, mittlere und nachhaltige Wirkung der Mundspüllösungen zu bestimmen, wurde der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test direkt nach dem ersten Spülen und nach einwöchigem Spülen durchgeführt. Anschließend wurde der

Test im Zeitraum von vier Wochen wöchentlich nach Absetzen der Mundspüllösung angewendet. Die daraus resultierenden Werte wurden dem Testergebnis zu Beginn gegenübergestellt. So konnte die Effektivität der Mundspüllösungen verglichen und die Mundspüllösung mit dem größten Einfluss auf die Reduktion des Kariesrisikos ermittelt werden. Die einmalige Anwendung von Odol med 3 EXTREME und Chlorhexamed sowie die Anwendung von Chlorhexamed über den Zeitraum einer Woche hatte eine signifikante Reduktion des nachweisbaren Kariesrisikos zur Folge. Bei keiner der drei Mundspüllösungen konnte eine nachhaltige Wirkung auf die Testergebnisse im Zeitraum von vier Wochen nach Absetzen der Mundspüllösung bei wöchentlicher Testdurchführung mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test nachgewiesen werden. Die Resultate zeigen, dass der Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests als ein Hilfsmittel zur Erfolgskontrolle von Prophylaxemaßnahmen in der präventiven Zahnmedizin eingesetzt werden könnte.

Bizhang et al. (2004) untersuchten in einer Studie die Korrelation des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test mit bisher gebräuchlichen klinischen Parametern. An der Studie nahmen 110 Kinder im Alter von 11-13 Jahren teil. Die klinisch erhobenen Parameter waren: der Quigley-Hein-Index, der approximale Plaque-Index, der Papillen-Blutungs-Index und der DMFS/dmfs-Index. Diesen erhobenen klinischen Parametern wurde der Kariesrisikotest gegenübergestellt und in seiner Aussagekraft und Übereinstimmung überprüft. Das Fazit der Studie war, dass keine signifikante Korrelation zwischen dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test und den klinisch erhobenen Mundhygieneparametern herausgestellt werden konnte. Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test konnte die klinischen Parameter nicht ersetzen.

Die Anwendung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests zum Nachweis von Milchsäure in der Plaque, die Gegenüberstellung dieser Ergebnisse mit der Anzahl von bestimmten Laktobazillen und *Streptococcus mutans* im Speichel und ein Vergleich mittels eines durch den DMFS-Index erhobenen Kariesstatus, untersuchten *Wang et al.* (2005). In dieser Studie konnte keine signifikante Korrelation zwischen der Kariesrisikobestimmung durch den Parameter der

Milchsäurekonzentration verglichen mit dem DMFS-Index gefunden werden. Diese Studie untersuchte jedoch nicht die prognostische Aussagekraft des Tests, sondern stützte sich auf einen Untersuchungszeitpunkt.

Zu gegensätzlichem Ergebnis kamen *Bretz et al.* (2007) in einer Studie, in der 771 Kinder im Alter von 1,5 – 8 Jahren untersucht wurden. Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test zeigte für 7% (n=50) ein niedriges Kariesrisiko, für 17% (n=135) ein mittleres Kariesrisiko und für 76% (n=586) ein hohes Risiko an. Tendenziell wurde durch den Test ein umso höheres Risiko angezeigt, je mehr kariöse Läsionen zu dokumentieren waren. Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test konnte signifikant kariesfreie Kinder von Kindern mit kariösen Läsionen differenzieren.

Die Spezifität und Sensitivität des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests wurde in einer Studie von *Azrak et al.* (2006) genau überprüft. An 119 Erwachsene und 119 Kinder wurden der DFS-Index, die Anzahl der Füllungstherapien der letzten 12 Monate, der Approximale-Plaque-Index, die Speichelpufferkapazität, die Anzahl von *Streptococcus mutans* und Laktobazillen im Speichel und der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test erhoben. Definiert wurde der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test mit einem geringen Risiko bei einem Testergebnis von 1-6. Ein Testergebnis von 7-9 entsprach demnach einem hohen Risiko. Die Spezifität des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test zeigte bei den Erwachsenen 84%, bei den Kindern 76%. Die Sensitivität betrug bei den Erwachsenen 34% und bei den Kindern 39%. *Azrak et al.* kamen in dieser Studie zu dem Resümee, dass der Test als alleiniger Parameter das Kariesrisiko nicht bestimmen kann, jedoch eine gute Ergänzung zur Bestimmung des Kariesrisikos darstellt.

3. Material und Methode

3.1. Studienaufbau und Zielsetzung

Die Studie zur Kariesrisikobestimmung mit dem Chair-Side-Schnelltest Clinpro™ Cario L-Pop™ (3M ESPE, Seefeld) im Vergleich mit klinischen und radiologischen Parametern ist eine deskriptive longitudinale Beobachtungsstudie, die einen Untersuchungszeitraum von vier Jahren umfasst. Das Kariesrisiko der Probanden wurde zu Beginn der Studie durch die klinischen und radiologischen Parameter bestimmt und dem Ergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test gegenübergestellt. Das Karies-Monitoring erfolgte nach zwei Jahren und zum Ende der Studie nach vier Jahren. Die Befunderhebung erfolgte im Rahmen der zahnärztlichen Kontrolluntersuchung. Die Ergebnisse wurden anonymisiert. Die Probanden wurden über die anonymisierte Verwendung der Daten bezüglich der Studie aufgeklärt und stimmten dieser vorab zu. Ziel war es, die Sensitivität und die Spezifität des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test durch ein wiederholtes Risikoscreening im Rahmen des Karies-Monitorings bezüglich der prognostischen Aussage gegenüber der individuellen Kariesprogression und Kariesdynamik zu untersuchen.

3.2. Probandenauswahl

An der Studie nahmen 38 Zahnmedizinstudenten teil, aufgeteilt in zwei Gruppen mit je 19 Probanden. Alle Probanden waren Patienten der Universitätszahnklinik Witten/Herdecke. Bei der Auswahl der Probanden wurden bewusst Zahnmedizinstudenten ausgewählt. Dabei handelte es sich um Studenten zweier Jahrgänge, was die Aufteilung in 2 Gruppen begründete.
Die Gründe zur Auswahl dieser Probandengruppe waren:

1. Die Probanden waren in einer festen Gruppe integriert, die über den gesamten Studienzeitraum präsent war. Die Durchführung des Tests konnte regelmäßig und komplikationsfrei erfolgen.
2. Die Probanden befanden sich altersmäßig in der Kariesrisikogruppe für die Entwicklung approximaler Kariesläsionen, die sich klinisch nur

schwer mit taktilen und visuellen Methoden diagnostizieren lässt. Die Probanden waren alle zwischen 19-35 Jahren alt.

Die Geschlechterverteilung war fast ausgeglichen. Es nahmen 18 weibliche und 20 männliche Probanden an der Studie teil.

3. Die Probanden wohnten in derselben Region und hatten daher die gleiche Rahmenbedingungen, beispielsweise die Trinkwasserversorgung. Auch war bei allen Probanden, bedingt durch das Studium, ein ähnlicher Tagesrhythmus gegeben, der auch Einfluss auf die Nahrungsaufnahme nahm.
4. Die Probanden legten einen hohen Wert auf die Zahnpflege und hatten an der gleichen Prophylaxeschulung bzw. Vorlesungsreihe und Praktikum der Präventiven Zahnheilkunde an der Universität Witten/ Herdecke teilgenommen. Die Probanden wurden auf diese Weise durch berufsorientierte Fortbildungen bezüglich der Prophylaxemöglichkeiten gleichermaßen sensibilisiert.

3.3. Parameter des Karies-Monitoring

Das im Rahmen der Studie durchgeführte Karies-Monitoring beinhaltete die Risikobestimmung mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test, die radiologische Bewertung von Bissflügelaufnahmen (D1-D4), die Aufnahme der klinisch erfassten Zahnbefunde, aufgezeichnet in einem Befundbogen, und die daraus resultierende Bestimmung des DMFS-Index, die Bestimmung des Plaqueindex nach Quigley & Hein (QHI) und einen Fragenkatalog, der Aufschluss gab über die Anzahl der verwendeten Fluoridpräparate, die Häufigkeit des täglichen Zuckerkonsums, die Speichelfließrate bezüglich des vorhandenen oder des fehlenden Speichelflusses und der Mundatmung, die differenziert wurde in das Auftreten der Mundatmung nachts, tagsüber oder in Kombination.

3.4. Kariesrisikotest Clinpro™ Cario L-Pop™

Das individuelle Kariesrisiko wurde mit dem Kariesrisikotest Clinpro™ Cario L-Pop™ bestimmt. Der Test wurde durchgeführt unter Berücksichtigung der

vorgegebenen Benutzungsanleitung der Firma 3M ESPE, Seefeld. Die Probanden putzten sich vor Durchführung des Kariesrisikotests die Zähne. Zwischen dem Zähneputzen und der Testdurchführung lagen mindestens 5 Minuten, maximal 120 Minuten. Die Probanden wurden angehalten, ihre Zähne nach gewohntem Muster zu putzen und anschließend bis zur Durchführung des Tests weder flüssige noch feste Nahrung zu sich zunehmen. Bei Durchführung des Tests wurde das Teststäbchen über das vordere Zungenrückendrittel mehrmals gedreht, bis es vollständig durchfeuchtet war. Anschließend wurde das Teststäbchen in den Blister eingeführt und der Reaktionskaskade für den Zeitraum von zwei Minuten zugänglich gemacht. Nach Ablauf der Reaktionszeit wurde das Teststäbchen aus dem Blister wieder entnommen und anhand der Farbreferenztafel die Kariesrisikostufe abgelesen und dokumentiert. Durch das Kontrollstäbchen wurde anschließend die Gültigkeit des Tests überprüft und bestätigt.

3.5. Radiologische Parameter

Die Probanden waren Patienten der Universitätszahnklinik Witten/Herdecke und wurden regelmäßig zur zahnärztlichen Kontrolluntersuchung vorstellig. Das Karies-Monitoring wurde während der Untersuchungstermine durchgeführt. Da alle Probanden der altersspezifischen Hochrisikogruppe für die Ausbildung einer Approximalkaries zugehörig waren, ist nach den Angaben der *American Dental Association* (2004) und der *European Commission* (2004) die Indikation für die Anfertigung von Bissflügelaufnahmen bei Patienten mit einem geringen Kariesrisiko alle zwei Jahre gegeben, für Patienten mit einem hohen Kariesrisiko ist eine jährlich radiologische Untersuchung indiziert. Konnte auf Bissflügelaufnahmen zurückgegriffen werden, die bis zu einem Jahr vorher angefertigt wurden, so wurden diese als radiologischer Parameter verwendet und ausgewertet.

Die Bissflügelaufnahmen wurden bei Bedarf beidseitig angefertigt. Die verwendeten Röntgenfilme der Firma Kodak Dental, Carestream Health, Stuttgart, hatten die Maße 2,7 x 5,4 cm. Geröntgt wurde mit dem Langtubusgerät Heliodent DS der Firma Sirona, Bensheim. Zur Hilfe

genommen wurde dabei das Rinn-System. Die Belichtungszeit der Filme entsprach 0,25 Sekunden. Bei den Bissflügelaufnahmen wurde eine Hochspannung von 60 kV angewendet, der Röhrenstrom entsprach 7 mA. Die Entwicklung der Filme fand unter standardisierten Bedingungen statt.
Die Auswertung der Bissflügelaufnahmen erfolgte nach folgenden Kriterien:

D1: Radioluzenz auf die äußere Schmelzschicht beschränkt
D2: Radioluzenz in der gesamten Schmelzschicht, jedoch keine Dentinveränderungen
D3: Radioluzenz in Schmelz und äußerem Dentin
D4: Radioluzenz hat das gesamte Dentin erfasst.

Zusätzlich wurde eine weitere Variable in die Auswertung der Bissflügelaufnahmen integriert. Dabei wurde herausgefiltert, welche der zuerst befundeten kariösen Läsionen im weiteren Verlauf therapiert wurden und somit zur Stagnation kamen. Dies wurde mit den Kriterien T1-T4 bezeichnet. Die Angabe orientierte sich nach der zuvor befundeten Karies. T steht in diesem Zusammenhang für „therapiert“, 1-4 entspricht der in dem vorherigen Röntgenbild befundete Eindringtiefe der kariösen Läsion. Wurde beispielsweise im Jahr 2003 röntgenologisch eine D3 befundet und anschließend therapiert, so wurde zum nächsten Untersuchungszeitpunkt die röntgenologisch sichtbare Verschattung im Sinne einer Füllungstherapie mit einer T3 dokumentiert. Diese Variable diente dazu, eine unverfälschte Angabe über die Anzahl der entwickelten kariösen Läsionen von Beginn bis Ende der Studie ermitteln zu können.

3.6. Klinische Kariesrisikobestimmung

Die klinische Kariesrisikobestimmung erfolgte über eine visuell-taktile Befundaufnahme, die im Sinne des DMFS-Index erfasst und dokumentiert wurde.

Zähne, die aufgrund einer Anomalie nicht angelegt waren, wurden im Befundbogen eingetragen, jedoch in der Bestimmung des DMFS-Index nicht berücksichtigt. Ebenso wurden die Weisheitszähne und Zähne, die im Rahmen kieferorthopädischer Therapiemaßnahmen extrahiert wurden, nicht in die Wertung der Studie mit einbezogen.
Milchzähne, die aufgrund einer Anomalie der Zahnzahl im permanenten Gebiss persistierten, wurden in die Wertung des DMFS-Index vollständig integriert.
Fehlte ein Zahn aufgrund einer kariösen Zerstörung, so wurde dieser Zahn im DMFS-Index mit fünf zerstörten Flächen in der Kategorie M (= missing due to caries/fehlend) bewertet.
Die kariösen Zähne wurden mit der Lokalisation der vorliegenden Karies in den Befundbogen eingetragen und mit der Anzahl der betroffenen Zahnflächen in der Kategorie D (=decayed/kariös) berücksichtigt. Dabei wurden zwei Subtypen differenziert. Die Variable D beschreibt dabei die kariösen Läsionen, die aufgrund von Progressionsschüben behandlungsbedürftig waren und folglich einer progressiven Läsion im Sinne einer D_{3-4} entsprachen. Unter der Variable D1 hingegen waren die initialen kariösen Läsionen zusammengefasst, die keiner Therapie bedurften und dem Einteilungskriterium einer D_{1-2} unterlagen.
Die bereits therapierten kariösen Läsionen wurden mit ihrer Lage im Befundbogen dokumentiert und mit der Anzahl der betroffenen Zahnflächen im DMFS-Index unter der Kategorie F (= filled/gefüllt) angegeben.
Prothetische Versorgungen im Sinne einer Krone wurden ebenfalls in Flächen bewertet. Eine Krone entsprach somit dem Bewertungskriterium von fünf Flächen in der Kategorie F. Teilkronen, Inlays und Overlays wurden ebenfalls mit der Anzahl der betroffenen Flächen in der Kategorie F eingetragen.
Da sich in dieser Studie bei den Probanden ein Zahnverlust aufgrund kariöser Zerstörung ausschließen ließ, wurde im nachfolgenden der Parameter M (= missing due to caries/fehlend) im Zusammenhang mit dem DMFS-Index nicht mehr aufgelistet. Folglich wurde im Weiteren der DFS-Index beschrieben.

Als weiterer Parameter der klinischen Kariesrisikobewertung wird der Plaqueindex nach Quigley & Hein (QHI) bestimmt. Der ursprüngliche Index,

definiert durch *Quigley und Hein* (1962) bezieht sich lediglich auf die Fazialflächen der Frontzähne. Aufgrund einer später entwickelten Modifikation werden alle in der Mundhöhle in situ existierenden Zähne in die Wertung mit einbezogen, sowohl mit der fazialen als auch mit der oralen Fläche. (*Gängler et al.*, 2005). Der an dem jeweiligen Zahn höchst bezogene Wert ging in die Gesamtwertung ein. Die Durchführung und Auswertung erfolgte nach dem Zähneputzen. Bewertet wurden alle vier Quadranten. Als zusätzliches Hilfsmittel zur Bestimmung des QHI stand das Anfärbungsmittel MIRA-2-TON der Firma Hager Werken, Duisburg, zur Verfügung. Um eine eventuelle Beeinflussung des Testergebnisses des Clinpro™ Cario L-Pop™ zu verhindern, wurde die Anfärbung der Zähne erst nach der Kariesrisikobestimmung mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™ vorgenommen.

Die Graduierung des QH-Index am Zahn erfolgte nach folgenden Kriterien:
Grad 0: keine Plaque
Grad 1: vereinzelte Plaque-Inseln entlang des Gingivalsaumes
Grad 2: Plaque-Linie entlang des Gingivasaumes
Grad 3: Plaquebedeckung bis zum zervikalen Drittel der Kronenfläche
Grad 4: Plaquebedeckung bis zum mittleren Drittel der Kronenfläche
Grad 5: Plaquebedeckung bis zum inzisalen Drittel der Kronenfläche.

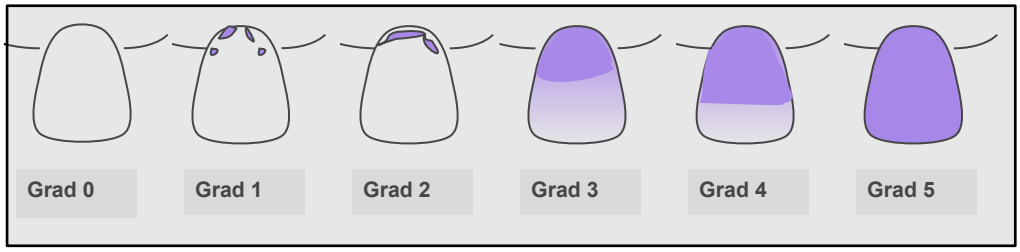

Abbildung 10: Bewertungsgrade des QH-Index

Berechnet wird der QHI aus der Summe der Bewertungsgrade dividiert durch die Zahl der bewerteten Zähne. Demzufolge entspricht ein hoher Indexwert einer schlechten Mundhygiene. Der QHI wurde in dem Bewertungsschema in drei Bewertungskategorien eingeteilt.

Tabelle 5: Bewertungskategorien des Plaqueindex nach Quigley & Hein

QHI		<1,5		1,5-3,5		>3,5

3.7. Fragenkatalog

Der anschließende Fragenkatalog erfasste die Kriterien der Anzahl der regelmäßig verwendeten Fluoridpräparate, die Häufigkeit des Zuckerkonsums, die Speichelfließrate und die Mundatmung.
Für jedes Kriterium gab es die Unterteilung in drei Antwortmöglichkeiten. Die der Antwort des Patienten entsprechende Vorgabe konnte angekreuzt werden.

Bei den Fluoriden wurde nach der Anzahl der täglich verwendeten fluoridhaltigen Präparate gefragt. Die unterteilten Gruppen wurden differenziert nach Verwendung

- keine fluoridhaltigen Präparate, nicht einmal fluoridhaltige Zahnpasta
- Aufnahme von Fluorid nur durch Zahnpasta
- Aufnahme von Fluorid durch Zahnpasta und mindestens ein weiteres Präparat wie z.B. fluoridiertes Speisesalz, Gele, Lacke.

In der Kategorie Zuckerkonsum wurde unterschieden zwischen

- der Aufnahme von nieder- und hochmolekularen Kohlenhydraten dreimal täglich zu den Hauptmahlzeiten
- insgesamt bis zu 5 Mahlzeiten mit Kohlenhydraten (Zwischenmahlzeiten eingeschlossen)
- mehr als 5 Nahrungsaufnahmeeinheiten in Kombination mit Kohlenhydraten.

Die Frage bezüglich der Speichelfließrate lies lediglich eine subjektive Beantwortung zu. Es wurden keine Tests durchgeführt. Die Fragestellung formulierte sich folgendermaßen:

- Ist Speichelfluss ausreichend vorhanden?
- Beklagt der Proband einen herabgesetzten Speichelfluss?

- Leidet der Proband unter einer ausgeprägten Mundtrockenheit?

Die Mundatmung wurde unterteilt in die untergeordnete Kategorie:

- keine Auffälligkeiten
- Mundatmung tritt nachts auf
- Mundatmung sowohl tagsüber als auch in der Nacht.

Tabelle 6: Fragenkatalog

Fluoride		Zahnpasta + 1 weiteres Präparat		nur Zahnpasta		keine
Konsum nieder-/ hochmolekularer Kohlenhydrate		<3 zu den Haupt-mahlzeiten		3-5 süße Zwischen-mahlzeiten		>5 süße Zwischen-mahlzeiten
Speichelfließrate		Speichelfluss vorhanden		deutlich herabgesetzter Speichelfluss		ausgeprägte Mund-trockenheit
Mundatmung		keine Auffälligkeiten		nachts		tagsüber und in der Nacht

3.8. Versuchsanordnung und verwendete Variablen

Es liegen von 38 Probanden für 3 Zeitpunkte, die jeweils 2 Jahre auseinander liegen (2003, 2005 und 2007, bzw. 2004, 2006 und 2008) die Daten zu ihrem Kariesstatus und möglichen Einflussfaktoren auf diesen Status vor. Zur Vereinfachung der Statistik wurde der erste Untersuchungszeitpunkt für alle

Probanden mit 2003 gekennzeichnet, der zweite mit 2005 und der dritte mit 2007.

Im Rahmen der Untersuchungen stellte sich heraus, dass sich bei der Verwendung der Daten aus den radiologischen Bestandsaufnahmen keine verwertbaren Ergebnisse ergaben. Dieses Problem zeigte sich aus methodischer Sicht darin, dass es nicht gelang, eine Schätzung mit ausreichender Güte zu entwickeln. Keiner der möglichen Einflussfaktoren (bis auf die entsprechende Vorjahresvariable) war signifikant, und der F-Wert zeigte in allen Fällen an, dass der gemeinsame Einfluss der gewählten exogenen Variablen nicht signifikant von Null verschieden war. Mehrere eher nicht plausible Befunde machten die Verwendung dieser Variablen zudem auch aus inhaltlicher Sicht zweifelhaft. Zum einen ergaben sich technische Probleme bei der Einstellung des Röntgenstrahlers zum Zahn/Zahnfilm, die zu vergrößerten und verkleinerten Projektionsdarstellungen führen konnten, zum anderen konnte durch Überlagerung der Zähne auf dem Röntgenfilm keine eindeutige Befundung vollzogen werden, mit verursacht durch die Darstellung eines dreidimensionalen Objektes auf einem zweidimensionalen Röntgenfilm. Dies war auch abhängig von der Lage des Zahnfilmes in der Mundhöhle. Zum anderen konnte durch die minimal veränderte Winkeleinstellung die Eindringtiefe der kariösen Läsion in Form einer Transluszenz im Röntgenbild vergrößert oder verkleinert dargestellt werden. Des Weiteren konnten durch minimale Bewegung während der Röntgenaufnahme Unschärfen auftreten, die zu einer Verzerrung der dargestellten Objekte (Zähne) auf dem Röntgenzahnfilm führten. In den statistischen Untersuchungen wurde aus diesem Grund als endogene Variable ausschließlich der entsprechende Wert des DFS-Index verwendet. Der röntgenologische Befund wurde nicht als alleinige Variable in der statistischen Auswertung betrachtet, hat jedoch Einfluss auf die Variable „DFS-Index“. Durch die Befundung der Röngenaufnahmen konnten fortgeschrittene kariöse Läsionen befundet und therapiert werden. Dieses hatte wiederum Einfluss auf dem DFS-Index, da dieser sich durch die Zunahme an Füllungen veränderte. Ohne die röntgenologische Betrachtung wären diese Läsionen unter Umständen vorerst unentdeckt geblieben.

Als mögliche Einflussfaktoren auf den Kariesstatus wurden zu den drei Zeitpunkten der Untersuchung die folgenden Variablen mit definierten Einflussgrößen erhoben:

- Der (klassifizierte) Wert des QH-Index (Variable *QHI*):
  Der QH-Index zur Bestimmung des Plaquebefalls wurde in 3 Klassen protokolliert. Mögliche Ausprägungen der Variable sind: der Wert 1 für einen QHI-Wert kleiner als 1,5, der Wert 2 für einen QHI von 1,5 - 3,5 und der Wert 3 für einen QHI-Wert größer 3,5.

- Die Verwendung von Fluoriden (Variable *Fluorid*):
  Hier gab es zunächst drei Kategorien: „Keine Verwendung von Fluoriden“, „lediglich Verwendung einer fluoridhaltigen Zahnpasta“ und als dritte Kategorie die „Verwendung weiterer fluoridhaltiger Zahnpflegepräparate“. Da jedoch alle Probanden zumindest eine fluoridhaltige Zahnpasta benutzten, reduzierte sich dieser Datensatz auf eine 0/1-Variable, welche den Wert 1 annimmt, wenn ein zusätzliches fluoridhaltiges Präparat Verwendung findet.

- Der Zuckerkonsum (Variable *Zucker*):
  Der Zuckerkonsum der Probanden wurde in 3 Kategorien erfasst. Die Variable erhält den Wert 0, wenn die Probanden üblicherweise an einem Tag lediglich drei Hauptmahlzeiten zu sich nahmen. Bei 4 bis 5 Mahlzeiten am Tag erhielt sie den Wert 1 und bei mehr als 5 Mahlzeiten am Tag nahm die Variable *Zucker* den Wert 2 an.

- Die Speichelfließrate:
  Es wurde die Speichelfließrate in drei möglichen Ausprägungen erfasst. Alle Probanden wurden jedoch zu allen Zeitpunkten mit derselben Kategorie (Speichelfluss vorhanden) bewertet. Somit konnten diese Daten keinen Erklärungsbeitrag zur unterschiedlichen Höhe des

Kariesstatus bei den Probanden beitragen. Die Variable fand in der Analyse keine Verwendung.

- Vorhandensein von Mundatmung (Variable *MA*):
  Die Probanden gaben an, ob sie am Tag bzw. in der Nacht durch den Mund atmeten. Es wurde eine entsprechende 0/1-Variable gebildet. Da die beiden Variablen sehr stark miteinander korrelierten (siehe 4.3), sollten sie nicht gemeinsam in einer Schätzgleichung verwendet werden. Da aus inhaltlicher Sicht die Mundatmung am Tag das stärkere Risiko birgt und diese immer auch mit Mundatmung in der Nacht einhergeht, wurde im Folgenden lediglich die Variable *MA* verwendet. Diese nahm den Wert 1 an, wenn die Probanden bei Tag und in der Nacht durch den Mund atmeten.

- Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test (Variable CCLP):
  Der Test wurde eingeteilt in 9 Farbfeldstufen, die mit steigender Farbintensität eine höhere Risikostufe darstellen sollten.

3.9. Statistische Verfahren

Für die statistische Auswertung kamen zwei Verfahren zur Anwendung:

1. Kovarianzanalyse

Zunächst wurden die möglichen Einflussfaktoren sowie der Kariesstatus selbst einer Kovarianzanalyse unterzogen. Dies hatte zwei Gründe: Zum einen ließ

sich auf diese Weise für die bivariaten Zusammenhänge feststellen, ob es starke Korrelationen zwischen dem CCLP-Wert und anderen Einflussfaktoren gab. So ließen sich mögliche Ansätze zu einer Kariesrisikobestimmung mittels dieses Tests feststellen. Weiterhin war es für die folgende multivariate Analyse wichtig, die Korrelationen zwischen den exogenen Variablen zu kennen.
Ausgeprägte Zusammenhänge zwischen den exogenen Variablen signalisierten die Existenz von hoher Multikollinearität und könnten daraus folgend zu dem Problem einer negativen Beeinflussung des t-Wertes für die Signifikanz der betroffenen Variablen führen. Die Kovarianzanalyse der exogenen Variablen lieferte hierzu wichtige Anhaltspunkte. Im Falle hoher, aber nicht perfekter Multikollinearität verliert die OLS-Schätzgleichung nicht die BLUEEigenschaften. Die Varianzen und Kovarianzen waren aber sehr hoch und demzufolge die t-Werte zu gering. Als Konsequenz wurde der Einfluss einzelner Größen auf die endogene Variable zu oft als nicht signifikant bewertet (*Gujarati*, 2003).

2. Multivariate Analyse

In der multivariaten Analyse wurde untersucht, ob mögliche exogene Variablen einen Erklärungsbeitrag zur Entwicklung des Kariesrisikos der Probanden im Folgejahr leisteten. Eine endogene Variable war z.B. der Kariesstatus im Jahr 2005. Als exogene Variable wurden der Kariesstatus des Jahres 2003 und eine Auswahl an exogenen Variablen des Jahres 2003 verwendet. Stellt sich heraus, dass eine oder mehrere dieser Variablen einen signifikanten Einfluss auf den Kariesstatus im Folgejahr haben, so kann im Umkehrschluss diese Variablen dazu benutzt werden, die zukünftige Entwicklung der Karies zu prognostizieren. Für den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test würde sich in diesem Fall ein bedeutsames Argument für seinen routinemäßigen Einsatz in der präventiven Zahnmedizin erschließen.

3.10.Berechnung der Spezifität und Sensitivität

Die Berechnung der Sensitivität und Spezifität soll Auskunft über die testspezifische Validität geben.

Die Spezifität beschreibt dabei die Erkennung eines Tests von Gesunden als gesund, die Sensitivität die Erkennung Kranker als krank.
Die Berechnung dieser beiden Kriterien erfolgte entsprechend der nachfolgenden Tabelle:

Tabelle 7: Berechnungstabelle zur Bestimmung der Spezifität und Sensitivität eines Testverfahrens zur Kariesrisikobestimmung im Vergleich zur klinischen Kariesrisikobestimmung

		Risiko im Test	
		niedrig	**hoch**
reales Risiko	**Niedrig**	A	B
	Hoch	C	D

Die Berechnung fordert eine Ja-/Nein-Einteilung des Kariesrisikos, sowohl für die klinische Risikobestimmung, die das reale Risiko angibt, als auch für die Risikobestimmung mit Hilfe eines Testverfahrens. Die aus dieser Einteilung resultierenden Ergebnisse wurden miteinander verglichen und die Anzahl der betroffenen Probanden für die jeweilige Kategorie in der Tabelle eingetragen.

Die Spezifität eines Tests berechnet sich dabei als Quotient aus den richtig negativen (A) Übereinstimmungen und der Summe aus den richtig negativen und falsch positiven (B) Ergebnissen.

$$\text{Spezifität} = A/(A+B)$$

Die Sensitivität eines Testverfahrens wird aus dem Quotienten der richtig positiven (D) und der Summe aus den richtig positiven (D) und falsch negativen (C) Ergebnissen berechnet.

$$\text{Senisitivität} = D/(D+C)$$

Neben der Spezifität und Sensitivität wurde auch noch der positive und negative Vorhersagewert bestimmt. Ein positiver Vorhersagewert gibt dabei die

Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Proband mit erhöhtem Testergebnis auch ein reales erhöhtes Risiko hat. Im umgekehrten Fall gibt ein negativer Vorhersagewert die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Proband mit niedrigem Testergebnis auch tatsächlich ein niedriges Risiko hat.

Berechnet wird der positive Vorhersagewert durch: | pos.Vsw. = D/(D+B) |

Der negative Vorhersagewert wird ermittelt durch: | neg. Vsw. = A/(A+C) |

Alle Werte werden mit dem Faktor 100 multipliziert und als Prozentzahl angegeben.

Die Auswertung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests erfolgte mittels einer Referenztafel mit neun Farbfeldstufen. Für die Ja-/Nein-Entscheidung wurden zwei Szenarien berechnet. Im ersten Fall fanden für ein geringes Risiko die Farbfeldern 1-6 Verwendung. Die Farbfelder 7-9 reflektierten ein hohes Risiko. Diese Aufteilung erfolgte unter Berücksichtigung der Herstellerangaben der Firma 3M ESPE, Seefeld. Die Farbfelder 7-9 sollen dabei eine Milchsäurekonzentration von mindestens 3 mM anzeigen, was zu einem Ungleichgewicht zwischen Demineralisation und Remineralisation am Zahnschmelz führen soll.
Im zweiten Fall wurde mittels einer Gegenaufstellung überprüft, ob durch eine andere Einstufung des niedrigen und hohen Kariesrisikos eine höhere Sensitivität und ein verbesserter positiver Vorhersagewert des Tests erreicht werden. Dazu wurde das geringe Risiko über die Farbfelder 1-3 definiert und das hohe Risiko über die Farbfelder 4-9.
Das reale Risiko wurde definiert durch das klinische Risiko. Als hohes Risiko wurden hierbei eine Zunahme des DFS-Index und eine Zunahme einer röntgenologisch sichtbaren Läsion im Sinne einer D_3-D_4 um 1 und mehr in einem Zeitraum von zwei Jahren bzw. zwischen zwei Untersuchungszeitpunkten bewertet. Bei unverändertem Status wurde das Risiko als gering eingestuft.

Um die Aussagekraft der Röntgenaufnahmen zu verdeutlichen, wurden ebenfalls alle Werte nur unter Berücksichtigung des DFS-Index berechnet.
Berechnet wurden die Spezifität, Sensitivität, positiver Vorhersagewert und negativer Vorhersagewert für die folgenden Untersuchungsintervalle:

1. CCLP-Test 2003 vs. reales Risiko 2005
2. CCLP-Test 2005 vs. reales Risiko 2007
3. CCLP-Test 2003 vs. reales Risiko 2007

Ziel dieser Gegenüberstellung war die Überprüfung der prognostischen Testaussage des Clinpro™ Cario L-Pop™ in Bezug auf ein kurzes Zeitintervall von 2 Jahren und der langfristigen prognostischen Aussage über ein Zeitintervall von 4 Jahren.

4. Ergebnisse

4.1. Individualwerte für die Untersuchungszeitpunke 2003, 2005, 2007

Weil es sich um eine indirekte Risikobestimmung mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test handelt, wurde die Ergebnisdarstellung mit den Individualwerten der Untersuchungszeitpunkte 2003, 2005 und 2007 begonnen. Dabei wurden die Messwerte des Tests der 38 Probanden mit der klinischen Befunderhebung, erfasst im DFS-Index, verglichen. Dieser Index wurde sowohl als Gesamtwert angegeben als auch in aufgesplitterter Form, bei der die Anzahl der kariösen Flächen *(DSF_D (D1-D4))* und die Anzahl der gefüllten Flächen *(DFS_F)* auseinander differenziert wurden. Da die überwiegende Zahl der kariösen Läsionen in die Kategorie der initialen Läsionen (D_1-D_2) viel, war eine separate statistische Aufarbeitung der Daten für die Kategorie der kariösen Läsionen (D_3-D_4) nicht möglich. Die kariösen Läsionen wurden für die Statistik unter dem Parameter *DSF_D* wieder zusammengefasst. Auch wurde der Plaqueindex nach Quigley & Hein erhoben und mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test in Beziehung gesetzt. Weiter wurden die über einen Fragenkatalog ermittelten Ergebnisse der Parameter Fluoridanamnese, Mundatmung und Konsumhäufigkeit kohlenhydratreicher Nahrung dem Test gegenübergestellt.

Tabelle 8: Individualwerte aus der Untersuchung des Jahres 2003 mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Vergleich zu allen anderen erhobenen Parametern

Probanden - Nr	CCLP_03	DFS_D_03	DFS_F_03	DFS_GES_03	FLUORID_03	MA_03	QHI_03	ZUCKER_03
1	1	0	0	0	1	0	1	1
2	2	3	0	3	0	0	1	1
3	2	2	3	5	1	0	2	0
4	2	2	1	3	1	0	1	1
5	2	0	2	2	1	0	2	0
6	2	9	0	9	0	0	2	0
7	4	0	2	2	1	0	1	1
8	4	4	1	5	0	1	1	1
9	4	0	13	13	1	0	1	0
10	5	10	4	14	0	0	1	0
11	6	1	0	1	1	0	2	1
12	6	4	13	17	0	0	1	1
13	7	0	0	0	0	0	1	1
14	7	2	7	9	1	0	1	1
15	8	5	1	6	1	0	2	1
16	9	4	0	4	1	0	1	1
17	9	5	1	6	1	0	1	0
18	5	1	6	7	1	0	2	1
19	1	9	0	9	1	0	2	1
20	2	2	3	5	1	0	1	1
21	1	0	4	4	1	0	1	0
22	2	0	0	0	1	0	1	1
23	3	1	14	15	1	0	1	1
24	3	2	3	5	0	0	1	0
25	3	0	0	0	1	0	1	0
26	5	6	1	7	1	0	2	1
27	5	1	9	10	1	0	1	0
28	5	7	0	7	1	0	1	1
29	6	1	0	1	0	0	1	1
30	6	7	4	11	1	0	2	0
31	6	4	4	8	1	0	1	1
32	6	2	15	17	0	0	1	0
33	7	3	6	9	0	0	1	1
34	8	1	19	20	1	0	2	1

35	8	6	4	10	0	0	1	1
36	9	3	12	15	1	0	1	1
37	9	3	0	3	1	1	2	0
38	8	0	0	0	1	0	1	0

Erläuterung: CCLP_03: Testergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus dem Jahr 2003; DFS_D_03: Anzahl kariöser Läsionen (D1-D4) aus dem Jahr 2003; DSF_F_03: Anzahl gefüllter Zahnflächen aus dem Jahr 2003; DSF_GES_03: Anzahl der kariösen und gefüllten Zahnflächen aus dem Jahr 2003; FLUORID_03: Parameter der Fluoridanamnese aus dem Jahr 2003; MA_03: Parameter der Mundatmung aus dem Jahr 2003; QHI_03: Plaqueindex nach Quigley & Hein; ZUCKER_03: Parameter der Kohlenhydratanamnese aus dem Jahr 2003

Tabelle 9: Individualwerte aus der Untersuchung des Jahres 2005 mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Vergleich zu allen anderen erhobenen Parametern

Probanden - Nr	CCLP_05	DFS_D_05	DFS_F_05	DFS_GES_05	FLUORID_05	MA_05	QHI_05	ZUCKER_05
1	3	0	0	0	1	0	1	1
2	1	3	3	6	1	0	1	0
3	1	2	3	5	0	1	1	1
4	6	2	2	4	1	0	1	1
5	2	0	2	2	0	0	1	0
6	1	9	0	9	0	0	1	1
7	5	0	2	2	1	0	1	1
8	3	4	1	5	0	1	1	1
9	2	0	13	13	1	0	1	0
10	9	10	6	16	0	0	1	0
11	2	1	0	1	1	0	1	1
12	6	2	19	21	0	1	1	0
13	4	1	2	3	0	1	1	1
14	4	0	8	8	1	0	1	1
15	1	5	1	6	1	0	1	1
16	2	5	0	5	1	0	1	1
17	7	5	1	6	0	0	1	2
18	5	1	6	7	0	0	1	1
19	1	8	3	11	1	0	1	1
20	1	1	7	8	0	0	1	0
21	1	0	5	5	1	0	1	0
22	9	0	0	0	0	0	1	1
23	1	5	16	21	1	0	1	1
24	7	2	15	17	1	0	1	1

25	3	0	0	0	1	0	1	0
26	3	3	8	11	1	0	1	1
27	8	0	13	13	1	0	1	1
28	1	8	0	8	0	0	1	1
29	6	4	0	4	0	0	1	2
30	9	8	4	12	1	0	2	1
31	9	2	6	8	0	0	2	1
32	5	2	16	18	0	0	1	1
33	1	2	9	11	1	0	1	0
34	7	7	20	27	0	0	2	1
35	9	5	7	12	1	0	1	0
36	7	3	20	23	1	0	1	1
37	6	3	0	3	0	1	2	1
38	6	0	0	0	1	0	1	0

Erläuterung: CCLP_05: Testergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus dem Jahr 2005; DFS_D_05: Anzahl kariöser Läsionen (D1-D4) aus dem Jahr 2005; DSF_F_05: Anzahl gefüllter Zahnflächen aus dem Jahr 2005; DSF_GES_05: Anzahl der kariösen und gefüllten Zahnflächen aus dem Jahr 2005; FLUORID_05: Parameter der Fluoridanamnese aus dem Jahr 2005; MA_05: Parameter der Mundatmung aus dem Jahr 2005; QHI_05: Plaqueindex nach Quigley & Hein; ZUCKER_05: Parameter der Kohlenhydratanamnese aus dem Jahr 2005

Tabelle 10: Individualwerte aus der Untersuchung des Jahres 2007 mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Vergleich zu allen anderen erhobenen Parametern

Probanden - Nr	CCLP_07	DFS_D_07	DFS_F_07	DFS_GES_07	FLUORID_07	MA_07	QHI_07	ZUCKER_07
1	5	0	0	0	1	0	1	1
2	2	3	3	6	1	0	1	0
3	6	4	4	8	1	0	1	0
4	5	2	2	4	0	0	1	1
5	6	0	5	5	1	0	1	0
6	5	8	2	10	1	0	1	1
7	7	0	2	2	1	0	1	1
8	4	5	1	6	1	1	1	0
9	9	3	18	21	1	0	1	2
10	7	12	6	18	0	0	1	0
11	2	1	2	3	1	0	1	2
12	7	2	24	26	0	0	1	1
13	9	13	2	15	0	0	1	1
14	3	0	8	8	1	0	1	0

15	2	5	11	16	1	0	1	1
16	7	6	0	6	1	0	1	1
17	6	6	2	8	1	0	1	1
18	9	1	6	7	1	0	1	1
19	2	11	3	14	1	0	1	1
20	3	2	7	9	0	0	1	0
21	2	0	5	5	1	0	1	0
22	8	0	0	0	0	0	1	1
23	3	4	16	20	1	0	1	0
24	7	2	15	17	1	0	1	1
25	2	0	0	0	1	0	1	0
26	2	4	10	14	1	0	1	1
27	5	3	16	19	0	0	1	1
28	9	13	5	18	0	0	1	1
29	3	3	0	3	0	0	1	2
30	8	7	5	12	1	0	1	2
31	5	4	9	13	0	0	1	1
32	8	3	18	21	0	0	1	0
33	1	2	10	12	1	0	1	0
34	3	4	23	27	1	0	1	0
35	7	6	10	16	1	0	2	1
36	5	2	29	31	1	0	1	1
37	2	3	8	11	1	1	1	1
38	3	0	0	0	1	0	1	0

Erläuterung: CCLP_07: Testergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus dem Jahr 2007; DFS_D_07: Anzahl kariöser Läsionen (D1-D4) aus dem Jahr 2007; DSF_F_07: Anzahl gefüllter Zahnflächen aus dem Jahr 2007; DSF_GES_07: Anzahl der kariösen und gefüllten Zahnflächen aus dem Jahr 2007; FLUORID_07: Parameter der Fluoridanamnese aus dem Jahr 2007; MA_07: Parameter der Mundatmung aus dem Jahr 2007; QHI_07: Plaqueindex nach Quigley & Hein; ZUCKER_07: Parameter der Kohlenhydratanamnese aus dem Jahr 2007

Die aufgeführten Tabellen zeigen eine Selektion der erhobenen Daten, die für die weitere Darstellung der Ergebnisse von Bedeutung sind.

Eine Übersichtstabelle aller Individualdaten zu den Zeitpunkten 2003, 2005 und 2007 ist im Anhang in der Tabelle A.1 wiederzufinden.

4.2. Übersicht der Testergebnisse

Der Schwerpunkt der vorliegenden Untersuchung lag auf dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test (Variable *CCLP*). Die Tabelle 11, Tabelle 12, Tabelle 13 und die Abbildung 11 zeigen, wie sich die Testwerte in den drei Beobachtungszeitpunkten dargestellt haben. Im Jahr 2003 erreichten die Probanden im Durchschnitt einen Testwert von 4,95. Dieses Ergebnis wurde im Jahr 2005 verbessert. Im Mittel ergab der Test dort einen Wert von 4,32. Im Jahr 2007 wurde der Mittelwert des Jahres 2003 mit 4,97 fast wieder erreicht.

Tabelle 11: Verteilung der CCLP-Testergebnisse mit n = 38 Probanden zum Untersuchungszeitpunkt 2003

Riskiostufe CCLP	Anzahl	Anzahl gesamter Risikostufe
1	3	13
2	7	
3	3	
4	3	14
5	5	
6	6	
7	3	11
8	4	
9	4	

Tabelle 12: Verteilung der CCLP-Testergebnisse mit n = 38 Probanden zum

Untersuchungszeitpunkt 2005

Risikostufe CCLP	Anzahl	Anzahl gesamter Risikostufe
1	10	18
2	4	
3	4	
4	2	10
5	3	
6	5	
7	4	10
8	1	
9	5	

Tabelle 13: Verteilung der CCLP-Testergebnisse mit n = 38 Probanden zum Untersuchungszeitpunkt 2007

Risikostufe CCLP	Anzahl	Anzahl gesamter Risikostufe
1	1	15
2	8	
3	6	
4	1	10
5	6	
6	3	
7	6	13
8	3	
9	4	

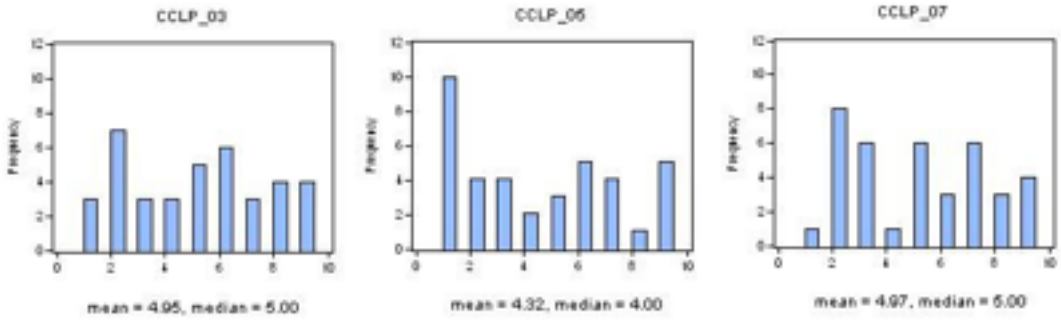

Abbildung 11: Verteilung der CCLP-Testergebnisse n = 38 Probanden zu den Untersuchungszeitpunkten 2003, 2005 und 2007

Erläuterungen: CCLP_i: Wert des CCLP-Tests im Jahr i. Mögliche Ausprägungen CCLP: 1,2,...,9. Anzahl Probanden: n = 38. Die Ziffern auf der Abszisse bezeichnen die Werte des CCLP-Tests. Die Ordinate zeigt an, wie viele Probanden den jeweiligen Testwert erzielten.

Zunächst sollte untersucht werden, welche potentiellen Einflussfaktoren mit der Kariesrisikobestimmung durch die CCLP-Werte korrelierten und welche Zusammenhänge zwischen Kariesstatus und Clinpro™ Cario L-Pop™-Test aus der bivariaten Analyse ableitbar waren. Hierzu wurden die Variablen einer Kovarianzanalyse unterzogen.

4.3. Kovarianzanalyse der potentiellen Einflussfaktoren

Die Tabelle 14 listet die Korrelationskoeffizienten zwischen dem Wert des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests und den anderen möglichen exogenen Variablen auf, die eine Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 10 Prozent aufweisen. Bei den Berechnungen wurde ein Signifikanzniveau von 5 Prozent angenommen. Die Tabelle A.2 des Anhangs enthält die Korrelationskoeffizienten für alle möglichen Kombinationen der untersuchten Variablen. Der Korrelationskoeffizient ist ein Maß für die Stärke des linearen Zusammenhangs zwischen zwei Variablen. Der Wertebereich liegt zwischen -1 und 1. Nimmt der Korrelationskoeffizient den Wert 0 an, so existiert kein messbarer Zusammenhang zwischen den Variablen. Ein perfekt negativer

Zusammenhang ist durch den Wert -1 gekennzeichnet, der Wert 1 steht für einen perfekt positiven Zusammenhang.

Tabelle 14: Signifikante Korrelationen zwischen CCLP-Testwert und weiteren potentiellen Einflussfaktoren (Fluoridanamnese, Plaqueindex nach Quigley & Hein, Kohlenhydratanamnese) (p < 0,1)

Variablen		Korrelations-koeffizient	Irrtums-wahrscheinlichkeit
CCLP_07	*Fluorid_05*	-0,332	0,042
CCLP_07	*Fluorid_07*	-0,336	0,039
CCLP_05	*QHI_05*	0,415	0,01
CCLP_07	*Zucker_07*	0,314	0,054

Erläuterungen: Anzahl Probanden: n=38. Fluorid_i: Verwendung zusätzlicher fluoridhaltiger Präparate im Jahr i. QHI_i: (klassifizierter) QHI-Index für das Jahr i. Zucker_i: (klassifizierte) Anzahl Mahlzeiten pro Tag im Jahr i.

Die Variablen *CCLP* und *Fluorid* waren für die Jahre 2005 und 2007 in den aufgeführten Kombinationen bei einem Signifikanzniveau von 5 Prozent negativ miteinander korreliert. Die Verwendung zusätzlicher Fluoridpräparate ging häufig mit niedrigen CCLP-Werten einher und umgekehrt. CCLP-Werte und QHI-Werte standen für den Untersuchungszeitpunkt 2005 in positiver Korrelation zueinander und zeigten hohe Signifikanz, die sich durch eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 Prozent auszeichnete. Hohe CCLP-Werte traten tendenziell mit hohen QHI-Werten auf und umgekehrt. Für das Jahr 2007 ist schließlich ein positiver Zusammenhang zwischen den Variablen *Zuckerkonsum* und *CCLP* zu dokumentieren. Diese positive Korrelation konnte mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5,4 Prozent nur schwach bestätigt werden.

In Bezug auf das potentielle Problem der Multikollinearität in der multivariaten Analyse hatten die Koeffizienten (ebenso wie alle anderen untersuchten Korrelationen aus der Tabelle A.2 des Anhangs) eine unproblematische Höhe.

Weiterhin wurden die Werte des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests für die verschiedenen Jahre mit dem Kariesstatus verglichen. Dieser wurde in der vorliegenden Untersuchung durch den DFS-Index als die Summe aus der Anzahl kariöser Zahnflächen und der Anzahl gefüllter Zahnflächen abgebildet, welche die Gesamtzahl der mit Karies betroffenen Zahnflächen umfasste. Das Signifikanzniveau wies auch in diesem Zusammenhang 5 Prozent auf. Die Tabelle A.3 des Anhangs enthält die ermittelte Korrelation und ihre Irrtumswahrscheinlichkeit.

Tabelle 15: Signifikante Korrelation zwischen dem CCLP-Testwert aus dem Jahr 2003 und dem DFS-Index als Gesamtzahl aus dem Jahr 2007 (p < 0,1)

Variablen		Korrelations-koeffizient	Irrtums-wahrscheinlichkeit
CCLP_03	*DFS_GES_07*	0,35	0,031

Erläuterungen: Anzahl Probanden: n = 38. DFS_GES_i: Anzahl gefüllter oder kariöser Zahnfelder im Jahr i.

Es bestand ein signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Wert des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests in 2003 und dem Kariesstatus in 2007. Die Irrtumswahrscheinlichkeit lag bei 3,1 Prozent mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,35. Ein hoher CCLP-Wert im Jahr 2003 korrelierte tendenziell mit einer hohen Anzahl kariöser oder gefüllter Zahnflächen in 2007.

Es sollte im Folgenden untersucht werden, inwieweit dieser Zusammenhang auch in der multivariaten Analyse auffindbar sein würde. Ließe sich diese

Korrelation auch bei der Aufnahme weiterer potentieller Einflussfaktoren auf den Kariesstatus der Probanden bestätigen, so würde sich aus einem solchen Befund die Eignung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests zur Bewertung des zukünftigen Kariesrisikos eines Probanden ableiten lassen.

4.4. Multivariate Analyse

4.4.1. Wahl des angemessenen Schätzmodells

Bei der endogenen Variable *DFS-Index* konnte noch in kariöse *(D)* und gefüllte *(F)* Zahnflächen differenziert werden. Ihre Anzahl wurde klinisch ermittelt. Bei der Erhebung wurde zunächst die Zahl der kariösen Flächen nach Therapiebedürftigkeit *(D)* und Läsionen, die noch nicht therapiert werden mussten und beobachtet werden konnten *(D1)*, differenziert. Da die überwiegende Zahl der kariösen Flächen jedoch in die Kategorie *D1* fiel, war eine separate Schätzung für *D* nicht möglich. Aus diesem Grunde wird im Folgenden auf eine Differenzierung verzichtet und die initiale und fortgeschrittene Karies zu einer Variable *(D)* zusammengefasst. Die Abbildung 9 zeigt die Ausprägung der entsprechenden Variablen.

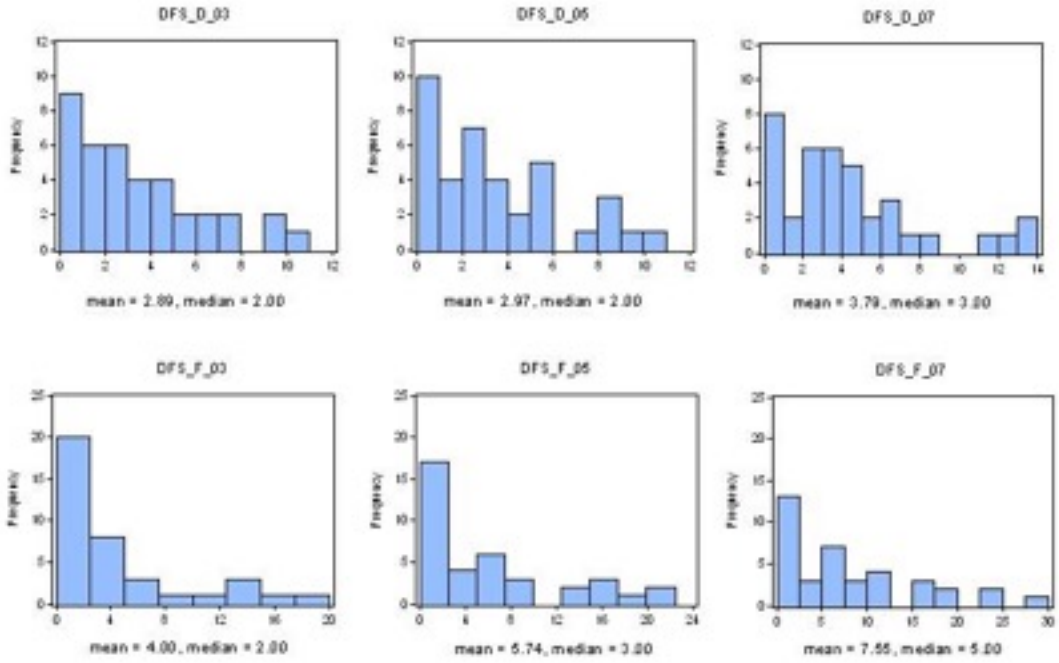

Abbildung 12: Anzahl kariöser *(D)* und gefüllter *(F)* Zahnflächen in den Jahren 2003, 2005 und 2007

Erläuterungen: DFS_D_i: Anzahl kariöser Zahnflächen nach DFS-Index im Jahr i. DFS_F_i: Anzahl gefüllter Zahnflächen nach DFS-Index im Jahr i. Anzahl Probanden: n = 38. Die Ziffern auf der Abszisse bezeichnen die Anzahl kariöser bzw. gefüllter Zahnflächen. Die Ordinate zeigt an, wie viele Probanden dem jeweiligen Wert zuzuordnen sind.

Im Jahr 2003 hatten die Probanden im Durchschnitt 2,89 kariöse Zahnflächen und 4,0 Zahnflächen, die gefüllt waren. Im Jahr 2005 waren es 2,97 kariöse Zahnflächen und im Jahr 2007 durchschnittlich 3,79. Die gefüllten Zahnflächen stiegen von 5,74 im Jahr 2005 auf im Mittel 7,55 in 2007. Zu beachten war hierbei, dass es sich bei den Zahlen um Durchschnittswerte handelte. Die Werte werden in der Tabelle 16 noch einmal gegenüber gestellt:

Tabelle 16: Durchschnittswerte der Anzahl kariöser *(DFS_D)* und gefüllter *(DFS_F)* Zahnflächen und der Gesamtwert der kariösen und gefüllten Zahnflächen *(DFS_GES)* in den Jahren 2003, 2005, 2007 bei n = 38 Probanden

	DFS_D	DFS_F	DFS_GES
2003	2,89	4,0	6,89
2005	2,97	5,74	8,71
2007	3,79	7,55	11,34

Die Abbildung 12 macht deutlich, dass es stets eine relativ große Zahl an Probanden gab, die weder kariöse Zahnflächen noch Füllungen aufwiesen. Die Zahl der betroffenen Probanden wurde umso kleiner, je höher die Zahl kariöser bzw. gefüllter Flächen war. Es ist aus der Graphik ersichtlich, dass es sich bei den Beobachtungen zu *D* bzw. *F* nicht um Variablen handelte, die stetig konstant waren und mit der Normalverteilungsbedingung kompatibel gewesen wären. Dies ist auch plausibel, da es sich bei einer Karieserkrankung um eine multikausales Geschehen handelt, das von verschiedenen Parametern abhängig ist, welche in ihrer Konzentration variieren können und individuell unterschiedlich sind. Daraus folgt, dass eine Normalverteilung gar nicht angenommen werden konnte. Der Jarque-Bera-Test ließ die Ablehnung der Nullhypothese einer Normalverteilung für die Beobachtungen zu *F* mit einer

Irrtumswahrscheinlichkeit von weniger als 1 Prozent zu. Für die kariösen Zahnflächen konnte die Nullhypothese bei einem Signifikanzniveau von 5 Prozent *(DFS_D_07)* bzw. 10 Prozent *(DFS_D_03* und *DFS_D_05)* abgelehnt werden.

Die übliche Art der Regression mittels OLS-Schätzung bedeutete für Daten dieser Art eine Fehlspezifikation. Das angemessene Modell für eine Schätzung der endogenen Variablen war ein Zähldatenmodell. Dieses Regressionsmodell war anwendbar für endogene Variablen, die nur nicht-negative Werte aus der Menge der natürlichen Zahlen annahmen. Es wurde angenommen, dass die zu erklärende Variable einer Poisson-Verteilung unterlag.

Da es sich hierbei um ein Modell handelte, welches in den Parametern nicht-linear war, musste die Regressionsgleichung mittels Maximum-Likelihood-Schätzung ermittelt werden. Die hier durchgeführten Schätzungen verwendeten den Newton-Raphson-Algorithmus zur Lösung des Optimierungsproblems. Andere Optimierungsverfahren führen zu vergleichbaren Ergebnissen (*Gujarati*, 2003).

Die Annahme einer Poisson-Verteilung der endogenen Variablen war nur in dem Fall haltbar, wie die Variablen die Bedingung der Equidispersion, d.h. der Gleichheit von Erwartungswert und Varianz, erfüllten. Ansonsten musste auf die negative Binomialverteilung zurückgegriffen werden. In der vorliegenden Untersuchung konnte jedoch in allen Fällen mit der Poisson-Verteilungsannahme gearbeitet werden. Dazu wurden drei im Weiteren beschriebene Verteilungsmodelle ausgewählt (*Dexheimer*, 2002).

4.4.2. Signifikante Einflussfaktoren auf das Kariesrisiko

Die multivariate Untersuchung sollte zunächst klären, welche der potentiellen Einflussfaktoren, die zu einem bestimmten Zeitpunkt erhoben wurden, einen Einfluss auf den zukünftigen Kariesstatus der Probanden hatten. Da Beobachtungen für die drei Zeitpunkte 2003, 2005 und 2007 vorlagen, wurden folgende Modelle geschätzt:

- **Modell (1):** Der Einfluss der exogenen Variablen des Jahres 2003 auf den DFS-Index des Jahres 2005.

- **Modell (2):** Der Einfluss der exogenen Variablen des Jahres 2005 auf den DFS-Index des Jahres 2007.
- **Modell (3):** Der Einfluss der exogenen Variablen der Jahre 2003 und 2005 auf den Kariesstatus des Jahres 2007.

Es lagen für die Jahre 2003, 2005 und 2007 die Daten von 38 Probanden vor. Als endogene Variable fand die folgende Datenreihe in der entsprechenden Schätzung des Zähldatenmodells Verwendung:

- ***DFS_GES_i***: die Anzahl kariöser oder gefüllter Zahnflächen nach DFS-Index im Jahr i,

Die Schätzgleichung hatte für das Modell (1) folgende Gestalt:

$$DFS_{05} = exp(C + \pi_1 DFS_{03} + \pi_2 CCLP_{03} + \pi_3 Zucker_{03} + \pi_4 Fluorid_{03} + \pi_5 QHI_{03} + \pi_6 MATag_{03}) + \varepsilon$$

Der Ausdruck *exp(x)* entsprach dem natürlichen Logarithmus e^x. Bedeutsam war diese Gestalt der Schätzgleichung bei der Interpretation der Höhe der geschätzten Koeffizienten (*Gujarati,* 2003; *Greene*, 1993).
Die Schätzgleichung für Modell (2) ergab sich, indem man jeden Zeitbezug in der Schätzgleichung um 2 Jahre erhöhte (05 wird zu 03 und 07 zu 05). Modell (3) entsprach dem Modell (2), welches ergänzt wurde um die exogenen Variablen, die um 4 Jahre verzögert waren. Die Variable *DFS* fand allerdings nur als um zwei Jahre verzögerte Variable Verwendung.
Im Kapitel 3.8 der vorliegenden Untersuchung wurden die potentiellen Einflussfaktoren beschrieben, die hier als exogene Regressoren verwendet wurden.

Die Tabelle 17 bis Tabelle 19 zeigen die Koeffizientenschätzungen und wesentliche Testwerte für die Modelle (1) bis (3). Jedes dieser Modelle wurde für die Gesamtheit der betroffenen Zahnflächen geschätzt.

Tabelle 17: Koeffizientenschätzer für das Modell (1)

Endogene Variable	**DFS_GES_05**	
	Koeff.	**(prob)**
Konstante C	**1,3025**	(0,00)***
DFS_03	**0,1197**	(0,00)***
CCLP_03	**-0,0167**	(0,53)
Zucker_03	**0,0643**	(0,59)
Fluorid_03	**-0,1273**	(0,32)
QHI_03	**-0,0393**	(0,76)
Mean	**8,7105**	
Std. Dev.	**6,9122**	
LR-Statistik	**162,10**	(0,00)
JB	**24,16**	(0,00)

Erläuterungen: Anzahl Beobachtungen: n = 38. Irrtumswahrscheinlichkeit (aus z-Werten ermittelt) in Klammern. (*), (**) bzw. (***): die Nullhypothese „Koeffizientenschätzer nicht von Null verschieden“ konnte bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 10, 5 bzw. 1 % abgelehnt werden. JB: Jarque-Bera-Test auf Normalverteilung der Residuen. LR: Likelihood-Ratio-Test auf gemeinsamen Einfluss der erklärenden Variablen.

Die Schätzungen für den Kariesstatus des Jahres 2005 (Tabelle 17) zeigten, dass der Kariesstatus des Jahres 2003 eine wichtige erklärende Variable darstellte. Die Anzahl der befallenen Zahnflächen im Jahr 2003 war positiv mit der Anzahl der betroffenen Zahnflächen in 2005 verknüpft. Die anderen exogenen Variablen hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Ausmaß der Karies in 2005.

Die folgende Tabelle 18 zeigt die Werte für das Model 2.

Tabelle 18: Koeffizientenschätzer für das Modell (2)

Endogene Variable	**DFS_GES_07**	
	Koeff.	**(prob)**
Konstante C	**1,6087**	(0,00)***
DFS_05	**0,0799**	(0,00)***
CCLP_05	**-0,0125**	(0,52)
Zucker_05	**0,0336**	(0,74)
Fluorid_05	**0,0176**	(0,88)
QHI_05	**-0,0542**	(0,74)
Mean	**11,3421**	
Std. Dev.	**8,0245**	
LR-Statistik	**155,10**	(0,00)
JB	**0,54**	(0,76)

Erläuterungen: Anzahl Beobachtungen: n = 38. Irrtumswahrscheinlichkeit (aus z-Werten ermittelt) in Klammern. (*), (**) bzw. (***): die Nullhypothese „Koeffizientenschätzer nicht von

Null verschieden“ kann bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 10, 5 bzw. 1 % abgelehnt werden. JB: Jarque-Bera-Test auf Normalverteilung der Residuen. LR: Likelihood-Ratio-Test auf gemeinsamen Einfluss der erklärenden Variablen.

Wurde der Kariesstatus *(DFS_GES)* des Jahres 2007 als endogene Variable verwendet, die mittels Daten aus 2005 erklärt werden sollte (Tabelle 18), so ergab sich statistisch eine schwache positive Korrelation von ca. 0,3 in Bezug auf die Variable *Mundatmung* des Jahres 2005 *(MA_05)*. Dieses Ergebnis konnte statistisch mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 6 Prozent zwar schwach bestätigt werden, da jedoch eine zu geringe Anzahl an positiven Testergebnissen bezüglich der Mundatmung vorlag, ist dieses Ergebnis nicht von Relevanz. Die Individualwerte hierzu sind der Tabelle 9 und Tabelle 10 zu entnehmen.
Alle weiteren exogenen Variablen, auch der Wert des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests, waren bei dieser Schätzgleichung des Modells 2 und einem Signifikanzniveau von 5 Prozent nicht relevant zur Erklärung der Höhe des Kariesstatus in 2007.

Im Folgenden wurde eine Schätzgleichung dokumentiert, die für das Jahr 2007 als erklärende Variable nicht nur Daten aus dem Jahr 2005, sondern zusätzlich auch aus dem Jahr 2003 zuließ. Die Tabelle 19 zeigt die Ergebnisse:

Tabelle 19: Koeffizientenschätzer für das Modell (3)

Endogene Variable	**DFS_GES_07**	
	Koeff.	**(prob)**
Konstante C	**1,5487**	(0,00)***
DFS_05	**0,0791**	(0,00)***
CCLP_05	**-0,0431**	(0,08)*
Zucker_05	**0,0116**	(0,92)
Fluorid_05	**0,0297**	(0,81)
QHI_05	**-0,1080**	(0,64)
CCLP_03	**0,0704**	(0,01)***
Zucker_03	**-0,1972**	(0,09)*
Fluorid_03	**-0,0437**	(0,74)
QHI_03	**0,0481**	(0,74)
Mean	**11,3421**	
Std. Dev.	**8,0245**	

LR-Statistik	**164,05**	(0,00)
JB	**0,68**	(0,71)

Erläuterungen: Anzahl Beobachtungen: n = 38. Irrtumswahrscheinlichkeit (aus z-Werten ermittelt) in Klammern. (*), (**) bzw. (***): die Nullhypothese „Koeffizientenschätzer nicht von Null verschieden“ konnte bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von höchstens 10, 5 bzw. 1 % abgelehnt werden. JB: Jarque-Bera-Test auf Normalverteilung der Residuen. LR: Likelihood-Ratio-Test auf gemeinsamen Einfluss der erklärenden Variablen.

Auch hier war der Kariesstatus von 2005 eine wesentliche erklärende Variable für den Kariesstatus des Jahres 2007. Bei der Gesamtbetrachtung der befallenen Flächen zeigte sich der CCLP-Wert des Jahres 2003 als bedeutsam für die Anzahl der betroffenen Zahnflächen in 2007. Die Signifikanz dieses Ergebnisses war hoch bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 Prozent. Ein hoher CCLP-Wert in 2003 führte tendenziell auch zu einer hohen Zahl kariöser oder gefüllter Zahnflächen bei den Probanden. Auch konnte die Gegenüberstellung des *CCLP_05* zu *DFS_GES_07* schwach signifikant mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 8 Prozent bestätigt werden. Die Individualwerte sind dazu aus der Tabelle 8 und der Tabelle 10 zu entnehmen.
Alle weiteren erklärenden Variablen hatten keinen signifikanten Einfluss auf das Ausmaß des Kariesstatus in 2007.

Festzuhalten bleibt an dieser Stelle, dass bei der vorliegenden Untersuchung mit Hilfe der multivariaten Analyse die Variablen *Zucker*, *Fluorid, QHI* und *Mundatmung* **ohne direkten, signifikanten Einfluss auf die Entwicklung der Karies waren und in diesem Zusammenhang keine signifikante Korrelation belegt werden konnte.** Die Höhe dieser Variablen leistete keinen Erklärungsbeitrag für das Kariesrisiko der beteiligten Probanden. **Der Zusammenhang zwischen den CCLP-Werten und der Kariesentwicklung war für den Untersuchungszeitraum von vier Jahren positiv.** Je höher der CCLP-Wert in 2003 war, umso tendenziell stärker hatte sich die Karies im Jahr 2007 entwickelt bzw. die Anzahl der kariösen

Läsionen erhöht. Der Einfluss des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests soll im Folgenden noch genauer untersucht werden.

4.4.3. Bedeutung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test für die Bestimmung des Kariesrisikos

Um den Erklärungsbeitrag des CCLP-Wertes in 2003 auf die Entwicklung der Karies in den Folgejahren quantifizieren zu können, wurde zunächst die Schätzgleichung des Modells (3) für die Gesamtheit der betroffenen Zahnflächen (*DFS_GES*) um die redundanten Variablen bereinigt und erneut, nun lediglich mit den signifikanten Erklärungsgrößen, geschätzt. Da hier die Annahme der Normalverteilung der Residuen auf einem Signifikanzniveau von 5 Prozent nicht abgelehnt werden konnte, ist diese Schätzgleichung auch aus methodischer Sicht besonders für eine intensivere Untersuchung geeignet.
Es ergab sich die folgende Schätzgleichung:

$$\widehat{DFS_GES}_{07} = \exp(1{,}441692 + 0{,}072821 * DFS_GES_{05} + 0{,}039025 * CCLP_{03})$$

Aus dieser Gleichung konnte die Höhe des partiellen Effektes von $CCLP_{03}$ auf DFS_GES_{07} ermittelt werden, indem man den geschätzten Koeffizienten für den CCLP-Wert mit dem Erwartungswert der geschätzten endogenen Variable multipliziert (Gujarati, 2003). Es ergab sich ein Wert von 0,442625.
Die Höhe des partiellen Effektes von $CCLP_{03}$ auf DFS_GES_{07} von etwa 0,44 bedeutet, dass bei einer Erhöhung des CCLP-Wertes im Jahr 2003 um eine Einheit die Anzahl betroffener Zahnflächen im Jahr 2007 um 0,44 steigen würde. Hierzu ein Beispiel: Ein Proband mit einem CCLP-Wert in 2003 von 8 würde z.B. bei ansonsten identischen Bedingungen im Vergleich zu einem Probanden mit einem CCLP-Wert von 3 mit einer neuen Zahl von kariesbetroffenen Zahnflächen rechnen müssen, die um 0,44*5=2,2 über der Zahl der Vergleichsperson liegen würde.
Die folgende Gegenüberstellung sollte eine Abschätzung der Prognosequalität des CCLP-Wertes für die zukünftige Entwicklung der Karies ermöglichen. Es sollte hierzu die Entwicklung der Karies von 2005 bis 2007 dem Wert gegenüber gestellt werden,

den man im Jahr 2005 unter Kenntnis des CCLP-Wertes von 2003 für das Jahr 2007 prognostiziert hätte.

Da für die einzelnen Ausprägungen des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test aufgrund der relativ geringen Stichprobengröße nur sehr wenige Beobachtungen vorlagen (und die einzelnen Klassen somit sehr stark auf eventuelle Ausreißer reagierten) wurden die Teilnehmer der Untersuchung in drei Klassen eingeteilt: Die Probanden mit einem Clinpro™ Cario L-Pop™-Testergebnis in 2003 von 1, 2 oder 3 bildeten eine Gruppe, diejenigen mit einem Clinpro™ Cario L-Pop™-Testergebnis von 4, 5 oder 6 die zweite Gruppe und die Probanden mit einem Clinpro™ Cario L-Pop™-Testergebnis von 7, 8 oder 9 bildeten die letzte Gruppe. Es ergaben sich die aus Tabelle 20 ablesbaren Werte:

Tabelle 20: Zusammenhang zwischen tatsächlicher Kariesentwicklung und Prognose mittels CCLP-Wert

CCLP_03	***Anzahl Beob.***	***Δ Karies* (Mittel)**	**Prognose CCLP_03**
1,2,3	*13*	0,77	0,88
4,5,6	*14*	3,14	2,29
7,8,9	*11*	4,18	3,56
gesamt	*38*	2,63	2,18

Erläuterungen: Anzahl Probanden: n=38. Δ Karies (Mittel): durchschnittliche Kariesinzidenz des DFS_GES von 2005 bis 2007 für die Probanden der jeweiligen Gruppe. Prognose CCLP_03: Prognose der durchschnittlichen Kariesentwicklung von 2005 bis 2007 mittels geschätztem Koeffizienten (0,44) multipliziert mit dem jeweiligen CCLP-Wert der Probanden.

Die Individualwerte sind Tabelle 22 zu entnehmen. Die Abbildung 10 verdeutlicht den Zusammenhang nochmals:

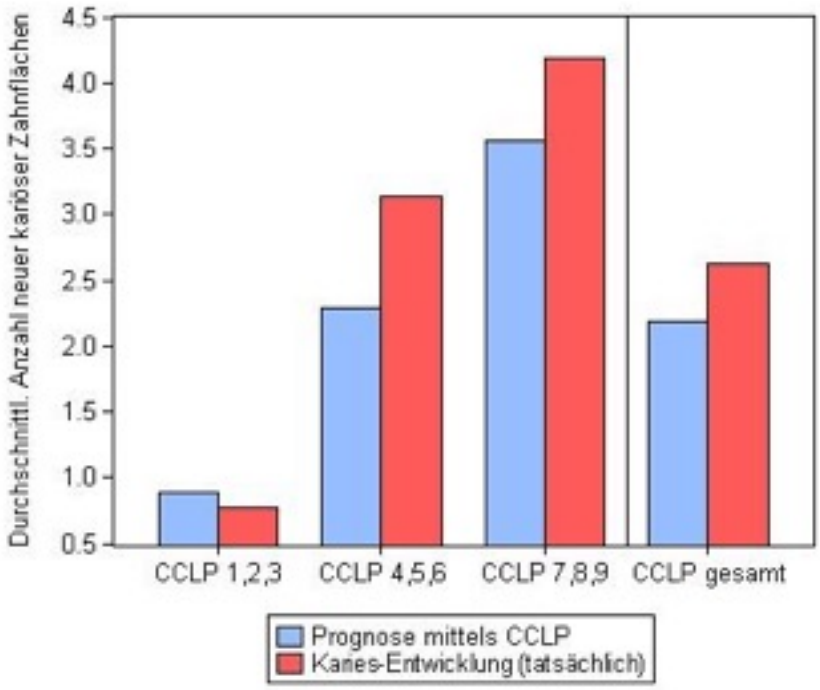

Abbildung 13: Kariesentwicklung zwischen 2005 und 2007 (tatsächliche Entwicklung und Prognose mittels CCLP-Wert)

Erläuterungen: Anzahl Probanden: n = 38. Die Ziffern auf der Abszisse bezeichnen die Gruppierung nach dem CCLP-Wert in 2003. Die Ordinate zeigt an, um wie viel die Anzahl kariöser oder gefüllter Zahnflächen zwischen 2005 und 2007 in den Gruppierungen durchschnittlich gestiegen ist. CCLP gesamt: erfasst alle Probanden, unabhängig von ihrem CCLP-Wert.

Es ist aus der Abbildung 13 ersichtlich, dass die prognostizierte Entwicklung der Karies den tatsächlichen Verlauf gut wiedergibt. Insbesondere ist wichtig, dass es eine Systematik in der Entwicklung der Karies bei den Probanden gab, die durch den gemessenen CCLP-Wert bereits im Vorhinein gut abgebildet werden konnte: Die Probanden, bei denen ein hoher CCLP-Wert gemessen wurde, entwickelten signifikant mehr Karies als diejenigen mit einem niedrigen CCLP-Wert. Der entsprechende F-Test zeigt an, dass die Nullhypothese der Gleichheit der Mittelwerte der Kariesentwicklung in den drei CCLP-Gruppen bei einem Signifikanzniveau von 5 Prozent abgelehnt werden konnte (F-Wert = 3,618 (prob = 0,037)). Damit wird der Zusammenhang zwischen CCLP-Wert im Jahr 2003 und der Entwicklung der Karies bis zum Jahr 2007 belegt.

Die Tabelle 22 zeigt die Individualwerte, aus denen sich die Berechnung der tatsächlichen Kariesentwicklung von 2005 bis 2007 ableiten lässt. Auch zeigt sich das individuelle Streuungsmuster für die 38 Probanden.
Minuswerte sind in dieser Tabelle durch z.B. Füllungserweiterungen ohne Zunahme der Flächenanzahl begründet.

Tabelle 21: Individualwerte des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests von 2003 im Vergleich mit

dem Kariesstatus *(DFS_GES)* aus 2005 und 2007 und die durchschnittliche Entwicklung des *DFS_GES* von 2005 bis 2007 (∆ Karies-Entwicklung) bei n = 38 Probanden

Probanden-Nr.	CCLP_03	DFS_GES_05	DFS_GES_07	∆ Karies-Entwicklung
1	1	0	0	0
2	2	6	6	0
3	2	5	8	3
4	2	4	4	0
5	2	2	5	3
6	2	9	10	1
7	4	2	2	0
8	4	5	6	1
9	4	13	21	8
10	5	16	18	2
11	6	1	3	2
12	6	21	26	5
13	7	3	15	12
14	7	8	8	0
15	8	6	16	10
16	9	5	6	1
17	9	6	8	2
18	5	7	7	0
19	1	11	14	3
20	2	8	9	1
21	1	5	5	0
22	2	0	0	0
23	3	21	20	-1*
24	3	17	17	0
25	3	0	0	0
26	5	11	14	3
27	5	13	19	6
28	5	8	18	10
29	6	4	3	-1*
30	6	12	12	0

31	6	8	13	5
32	6	18	21	3
33	7	11	12	1
34	8	27	27	0
35	8	12	16	4
36	9	23	31	8
37	9	3	11	8
38	8	0	0	0

Erläuterungen: CCLP_03: Testergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus dem Jahr 2003; DFS_GES_05/07: Anzahl der kariösen und gefüllten Zahnflächen aus dem Jahr 2005 und 2007; ∆ Karies-Entwicklung: durchschnittliche Entwicklung des DFS_GES von 2005 bis 2007; *Minuswerte sind durch Füllungserweiterungen ohne Zunahme der Flächenanzahl begründet

4.5. Spezifität und Sensitivität

Die Ergebnisse der Berechnung der Spezifität und Sensitivität sowie des positiven und negativen Vorhersagewertes sind im Folgenden aufgelistet. Dargestellt sind die Berechnungen auf Basis des DFS-Index unter Berücksichtigung der Befunde der Röntgenaufnahmen (D3-D4) und des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests mit einer geringen Risikoeinstufung für die Farbfelder 1-6 bzw. 1-3 und einer erhöhten Risikoeinstufung für die Farbfelder 7-9 bzw. 4-9.
Berechnet wurden die Spezifität, Sensitivität, positiver und negativer Vorhersagewert für die folgenden Untersuchungen:

4. CCLP-Test 2003 vs. reales Risiko 2005 bei n = 38 Probanden
5. CCLP-Test 2005 vs. reales Risiko 2007 bei n = 38 Probanden
6. CCLP-Test 2003 vs. reales Risiko 2007 bei n = 38 Probanden

Ziel dieser Gegenüberstellung war die Überprüfung der prognostischen Aussagekraft des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test in Bezug auf ein kurzes Zeitintervall von zwei Jahren und der langfristigen prognostischen Aussage auf ein Zeitintervall von vier Jahren.

Tabelle 22: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-6) und einem hohen Risiko (Werte 7-9) vs. reales Risiko 2005 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-6	**hoch 7-9**	**Summe**
reales Risiko_05	**niedrig**	11	5	16
	hoch	16	6	22
	Summe	27	11	38

Spezifität: 68,75%

Sensitivität:	27,27%
pos. Vorhersagewert:	54,54%
neg. Vorhersagewert:	40,74%

Tabelle 23: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs. reales Risiko 2005 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-3	hoch 4-9	Summe
reales Risiko_05	niedrig	4	12	16
	hoch	9	13	22
	Summe	13	25	38

Spezifität:	25,00%
Sensitivität:	59,09%
pos. Vorhersagewert:	52,00%
neg. Vorhersagewert:	30,76%

Tabelle 24: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2005 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-6) und einem hohen Risiko (Werte 7-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_05		
		niedrig 1-6	hoch 7-9	Summe
reales Risiko_07	niedrig	12	4	16
	hoch	16	6	22
	Summe	28	10	38

Spezifität:	75%
Sensitivität:	27,27%
pos. Vorhersagewert:	60%
neg. Vorhersagewert:	42,85%

Tabelle 25: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2005 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_05		
		niedrig 1-3	**hoch 4-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	6	10	16
	hoch	12	10	22
	Summe	18	20	38

Spezifität:	37,50%
Sensitivität:	45,45%
pos. Vorhersagewert:	50%
neg. Vorhersagewert:	33,33%

Tabelle 26: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-6) und einem hohen Risiko (Werte 7-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-6	**hoch 7-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	13	3	16
	hoch	14	8	22

	Summe	27	11	38

Spezifität:	81,25%
Sensitivität:	36,36%
pos. Vorhersagewert:	72,72%
neg. Vorhersagewert:	48,14%

Tabelle 27: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-3	**hoch 4-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	9	7	16
	hoch	4	18	22
	Summe	13	25	38

Spezifität:	56,25%
Sensitivität:	81,81%
pos. Vorhersagewert:	72%
neg. Vorhersagewert:	69,23%

Der Einfluss der Befunde der Röntgenaufnahmen ist nach Berechnung der Werte deutlich zu erkennen. Im Folgenden wird eine Gegenüberstellung gezeigt mit einer Berechnungstabelle unter Einbeziehung des Röntgenbefundes und ohne Einbeziehung der Röntgenbefunde. Alle anderen Wertetabellen mit einem realen Risiko, berechnet auf der Grundlage des ermittelten DFS ohne Beeinflussung durch Röntgenaufnahmen, sind dem Anhang der Tabellenauflistung A.4 zu entnehmen.

Tabelle 28: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten ermittelt durch den DSF-Index + Röntgenaufnahmen (Rö) bei n = 38 Probanden vs. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 vs. reales Risiko 2007 nur unter Berücksichtigung des DSF-Index

DSF-Index + Rö		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-3	hoch 4-9	Summe
reales Risiko_07	niedrig	9	7	16
	hoch	4	18	22
	Summe	13	25	38

Spezifität:	56,25%
Sensitivität:	81,81%
pos. Vorhersagewert:	72%
neg. Vorhersagewert:	69,23%

DSF-Index		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-3	**hoch 4-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	8	7	15
	hoch	5	18	23
	Summe	13	25	38

Spezifität:	53,33%
Sensitivität:	78,26%
pos. Vorhersagewert:	72%
neg. Vorhersagewert:	61,53%

Die Tabelle 28 zeigt deutlich den Einfluss der Röntgenaufnahmen auf die tatsächliche Einschätzung des realen klinischen Kariesrisikos. Die Werte für die Kriterien Spezifität, Sensitivität, positiver Vorhersagewert und negativer Vorhersagewert ohne Berücksichtigung der Röntgenaufnahmen lagen bei dem hier aufgeführten Vergleichsbeispiel bis zu fast 8 Prozent unter denen mit Berücksichtigung der Röntgenaufnahmen.

5. Diskussion und Schlussfolgerung

5.1. Interpretation der Ergebnisse und Ausblick

Die präventive Zahnmedizin gewinnt zunehmend an Bedeutung. Die bisher im Mittelpunkt stehende Therapie der Karies durch invasive Maßnahmen wird zunehmend durch individuelle praxisorientierte Präventionsprogramme verdrängt, die ein frühzeitiges Erkennen der Karies, kombiniert mit einer non-invasiven Therapiestrategie, präferieren. Diskutiert werden in diesem Zusammenhang Kariesrisikobestimmungstests, deren Anforderung es ist, eine signifikante zuverlässige Aussage bezüglich des individuellen Kariesrisikos im Hinblick auf die Kariesinzidenz zu treffen. Der 2003 auf der IDS vorgestellt Kariesrisikobestimmungstest Clinpro™ Cario L-Pop™ der Firma 3M ESPE, Seefeld, gibt vor, aufgrund der Interpretation der Milchsäurebildungsrate durch Bakterien aus dem Biofilm der Zunge, eine Aussage des individuellen Kariesrisikos treffen zu können. In der vorliegenden 4-Jahresstudie wurde dieser Test auf seine Spezifität und Sensitivität durch die Erhebung klinischer und radiologischer Parameter im Rahmen des Karies-Monitorings an 38 Probanden im Alter von 19-35 Jahren überprüft. Die resultierenden Ergebnisse wurden mit dem Testergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests verglichen. Das Karies-Monitoring fand zu Beginn der Studie, nach zwei Jahren und vier Jahren statt. Die große Zeitspanne der Untersuchung wird durch die Tatsache begründet, dass die Entstehung einer Karies über einen langen Zeitraum verläuft, der durch Progressions- und Stagnationsphasen geprägt ist (*Gängler*, 1985). Um diese Phasen berücksichtigen und Veränderungen aufzeichnen zu können, ist ein größerer Beobachtungszeitraum erforderlich. Aus diesem Grund umfasst die vorliegende longitudinale Studie einen Untersuchungszeitraum von vier Jahren. Auch kann sich in einer so großen Zeitspanne das individuelle Kariesrisiko verändern, das durch verschiedene in ihrer Ausprägung variierende Einflussfaktoren beeinflusst wird.

Die Probanden wurden nach definierten Kriterien ausgewählt. Ziel war, eine homogene Probandengruppe zusammenzustellen, deren Rahmenbedingungen

vergleichbar waren und folglich eine Basis zur Korrelation der Ergebnisse darstellten.

Zunächst ist festzuhalten, dass eine relativ gleichmäßige Verteilung der Testergebnisse mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™ festzustellen war. Die Mittelwerte zeigen eine Abweichung von kleiner 1. Der Mittelwert für den Untersuchungszeitpunkt 2003 lag bei 4,95. Im Jahr 2005 wurde ein durchschnittlicher Testwert von 4,32 erreicht und zum dritten Untersuchungszeitpunkt ergab sich ein Mittelwert der Testergebnisse von 4,97.
Mit Hilfe der Kovarianzanalyse sollten potentielle Kariesrisikofaktoren ermittelt werden, die mit den Werten des Clinpro™ Cario L-Pop™ korrelierten. Auch sollten die Zusammenhänge zwischen dem Kariesstatus und dem Clinpro™ Cario L-Pop™ herausgestellt werden. Anhand der Tabelle 14 ist ersichtlich, dass die Variablen *Clinpro™ Cario L-Pop™-Testergebnis (CCLP)* und *Fluoridanamnese (Fluorid)* für die Jahre 2005 und 2007 in den Kombinationen *CCLP_07* vs. *Fluorid_05* und *CCLP_07* vs. *Fluorid_07* bei einem Signifikanzniveau von 5 Prozent negativ miteinander korrelierten. Obwohl ein statistisch gesicherter Zusammenhang zwischen der Anwendung von zusätzlichen Fluoridquellen zur fluoridhaltigen Zahnpasta mit einem niedrigen Clinpro™ Cario L-Pop™-Testergebnis gesichert werden konnte, wird im Gegenzug mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,332 bis -0,336 und einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 0,042 bis 0,039 die klinische Sicherheit der Risikoeinschätzung eingeschränkt.

Ebenfalls ist ein statistisch positiv korrelierender Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines hohen Plaqueindex nach Quigley und Hein (QHI) mit tendenziell hohen Clinpro™ Cario L-Pop™-Werten zu verzeichnen. Dieses Ergebnis ist auch aus der Tabelle 14 zu entnehmen. Ein statistisch hoch signifikanter Zusammenhang besteht dabei zwischen den Variablen *CCLP_05* und *QHI_05*. Die Irrtumswahrscheinlichkeit beträgt hier 1 Prozent bei einem Korrelationskoeffizienten von 0,415. Dies ist plausibel, denn die Wahrscheinlichkeit einer hohen Milchsäurebildungsrate in Korrelation zur

Bakterienmenge der Plaque ist hoch. Statistisch zeigt sich deshalb ein signifikanter Zusammenhang zu den CCLP-Werten, dessen klinische Vorhersagesicherheit mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,415 jedoch eingeschränkt wird. Der Test könnte klinisch als zusätzliches Hilfsmittel für die Motivation der Patienten zur Verbesserung der Mundhygiene eingesetzt werden. Aufgrund der simplen Darstellung des Testergebnisses und der zügigen Durchführung des Tests können dem Patienten Zusammenhänge erklärt und visualisiert werden. Als alleiniger Parameter ist der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test aufgrund seiner klinisch eingeschränkten Vorhersagesicherheit jedoch hinsichtlich dieses Parameters nicht geeignet.

Des Weiteren lässt sich ein statistischer Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Aufnahme von kohlenhydratreichen Nahrungsmitteln und Ergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests für das Jahr 2007 aus der Tabelle 14 entnehmen. Diese Werte sind positiv miteinander korreliert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5,4%. Eine erhöhte Kohlenhydrataufnahmefrequenz geht tendenziell mit einer hohen Risikostufe, gemessen durch den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test, einher. Auch dieser Rückschluss ist nachvollziehbar, da Kohlenhydrate die Nahrungsgrundlage der milchsäurebildenden Bakterien bilden und eine erhöhte Bakterienaktivität mit einer permanent verfügbaren Substratzufuhr schlussfolgernd korreliert. Allerdings ließ sich nur für das Jahr 2007 ein solcher Zusammenhang belegen. Dieser statistisch gesicherte Zusammenhang zwischen der Einnahme kohlenhydratreicher Nahrungsmittel und den Testergebnissen des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test wird klinisch jedoch durch einen Korrelationskoeffizienten von 0,314 in seiner Aussagekraft limitiert. Auch vor dem Hintergrund, dass die Kausalität der zwei Parameter nur für das Jahr 2007 zu belegen war, wird die klinische Relevanz dieses Teilaspektes eingeschränkt. Würden sich diese Ergebnisse des Untersuchungspunktes 2007 in weiteren Studien mit einem höheren Korrelationskoeffizienten bestätigen, so würde der Test auf diesen Parameter bezogen für den routinemäßigen Einsatz im Rahmen der präventiven Zahnmedizin an Bedeutung gewinnen. Die Kontrolle der

Ernährungsgewohnheiten ist im Rahmen der Kariesprävention wichtig und spiegelt eine der drei Säulen der Prophylaxe wider. Auf diese Weise könnten Erläuterung und Aufklärung bezüglich der Ernährung vereinfacht dargestellt und die Leitlinien für den Patienten unterstützt werden.

Weiterhin wurden die Werte des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests für die verschiedenen Jahre mit dem Kariesstatus verglichen. Dieser wurde in der vorliegenden Untersuchung durch den DFS-Index abgebildet, welcher die Gesamtzahl karies-betroffener Zahnflächen wiedergibt. Die Werte hierzu sind der Tabelle 15 zu entnehmen. Es lässt sich ein statistisch signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Wert des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests in 2003 und dem Kariesstatus in 2007 ablesen. Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,35 und ein Signifikanzniveau von 5% konnte durch eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 3,1% bestätigt werden. Auch wenn aus statistischer Sicht ein gesicherter Zusammenhang zwischen dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test aus dem Jahr 2003 und dem Kariesstatus aus dem Jahr 2007 dokumentiert werden konnte, wird mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,35 die klinische Sicherheit jedoch eingeschränkt. Die Werte zeigen, dass bei etwa einem Drittel der Probanden ein hoher Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Jahr 2003 mit einem hohen DSF-Index 2007 korrelierte. Mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test war es möglich, für ein Drittel der Probanden eine tendenzielle Entwicklung der Kariesinzidenz, geprägt durch eine erhöhte kariesassoziierte Bakterienaktivität, zu prognostizieren. Um dieses Ergebnis zu bestätigen und in seiner Aussagekraft zu bestärken sollten weitere Studien durchgeführt werden. Auf diese Weise könnte der Test seine Anwendung zur Entscheidung individueller intensiver Präventionsprogramme finden und als zusätzliches Hilfsmittel zum Einsatz kommen. Eine Korrelation zwischen dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test und dem Kariesstatus bei einem Signifikanzniveau von 5 Prozent der Werte für den Zeitraum von zwei Jahren konnte weder statistisch noch klinisch gesichert werden. Dies lässt sich möglicherweise damit begründen, dass die Manifestation einer Karies über einen längeren Zeitraum erfolgt, der geprägt ist von Stagnationsphasen und Progressionsschüben.

Die anderen aufgeführten Korrelationskoeffizienten zwischen dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test und der Anzahl gefüllter Zahnflächen und kariöser Zahnflächen in isoliert betrachteter Form (Anhangstabelle A.3) sind in ihrer Aussage nicht schlüssig, da zu viele nicht erfasste individuelle Faktoren diese Ergebnisse beeinflussen. Zwar waren aus statistischer Sicht Korrelationen festzustellen, jedoch mit dem Hintergrund zahnmedizinischer Fachkenntnisse zweifelhaft. So konnte zum Beispiel die Füllungsanzahl nicht isoliert betrachtet werden, da einige der Probanden ihre kariösen Läsionen nicht therapieren ließen.

Weiter wurde der gefundene Zusammenhang zwischen dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test und dem Kariesstatus durch eine multivariate Analyse untersucht, um auch dort für dieses Ergebnis Bestätigung zu finden und diese in ihrer Aussagekraft zu festigen.
Würde sich diese Korrelation auch bei der Aufnahme weiterer potentieller Einflussfaktoren auf den Kariesstatus der Probanden bestätigen, so könnte sich aus einem solchen Befund die Eignung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests zur Bewertung des zukünftigen Kariesrisikos eines Probanden ableiten lassen.

Die multivariate Analyse wurde mit drei Schätzmodellen durchgeführt, die den Einfluss exogener Variablen auf den DFS-Index des nächsten Untersuchungszeitpunktes und des ersten zum dritten Untersuchungszeitpunkt überprüften. Aus der Tabelle 18 ist ersichtlich, dass bei Verwendung der endogenen Variablen *DFS_GES* des Jahres 2007, die dem Kariesstatus entsprach, eine statistisch schwache positive Korrelation zu der Variablen der Mundatmung aus dem Jahr 2005 aufgezeichnet werden konnte. Da es sich jedoch um eine nicht normale Verteilung der Residuen handelte und keine ausreichende Anzahl der positiven Ergebnisse dokumentiert werden konnte, die eine Relevanz der Ergebnisse rechtfertigen würde, sind die Ergebnisse bezüglich der Mundatmung mit Vorsicht zu interpretieren und in ihrer Aussage zu vernachlässigen.

Ein weiteres Ergebnis der multivariaten Analyse ergibt sich aus den Ergebnissen des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus den Jahren 2003 und 2005 und der endogenen Variablen des Kariesstatus *DFS_GES* aus dem Jahr 2007. Die statistischen Ergebnisse sind aus der Tabelle 19 abzulesen. In diesen Betrachtungen zeigt sich der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test mit seinen Testwerten als erklärende Variable für den Kariesstatus des Jahres 2007. Eine hohe Signifikanz, die sich bestätigte durch eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 Prozent, war bei der Gegenüberstellung der Variablen *CCLP_03* und dem *DFS_GES_07* zu dokumentieren. Bei der Betrachtung des *CCLP_05* und dem *DFS_GES_07* konnte diese hohe Signifikanz nicht bestätigt, jedoch konnte bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 Prozent das Ergebnis gefestigt werden.
Statistisch zeigt sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus den Jahren 2003 und 2005 und der endogenen Variablen des Kariesstatus *DFS_GES* aus dem Jahr 2007. Die klinische Vorhersagbarkeit wird jedoch durch den Korrelationskoeffizienten in ihrer Aussagekraft limitiert.

Des Weiteren konnte die vorliegende Untersuchung mit Hilfe der multivariaten Analyse einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests der Probanden in 2003 und der Kariesentwicklung zwischen 2005 und 2007 nachweisen. Anhand einer Schätzgleichung konnte ein partieller Effekt von *CCLP_03* auf *DFS _GES_07* von 0,442625 ermittelt werden. Die Höhe des partiellen Effektes von *CCLP_03* auf *DFS_GES_07* von etwa 0,44 bedeutet, dass bei einer Erhöhung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Wertes im Jahr 2003 um eine Einheit die Anzahl betroffener Zahnflächen im Jahr 2007 um 0,44 steigen würde. Bei der Gegenüberstellung einer Abschätzung der Prognosequalität des CCLP-Wertes für die prognostische Entwicklung der Karies wurde der Probandenpool entsprechend der Farbeinteilung der Testreferenztafel in 3 Gruppen eingeteilt. Ergebnis ist, dass Probanden, die ein Testergebnis von 1-3 aufwiesen, eine durchschnittliche Kariesinzidenz des *DFS_GES* von 2005 bis 2007 von 0,77

hatten. Durch den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test des Jahres 2003 war eine durchschnittliche Kariesentwicklung von 0,88 in dem angegebenen Zeitraum zu erwarten. Für die Gruppe 2, entsprechend einem CCLP-Testergebnis von 4-6, war die durchschnittliche Kariesinzidenz des *DFS_GES* 3,14. Die Prognose des Tests war 2,29. Die letzte Gruppe, entsprechend einem CCLP-Testergebnis von 7-9, zeigte eine durchschnittliche Kariesinzidenz des *DFS_GES* von 4,18 und die Prognose des CCLP-Tests war 3,56. Der Gesamtwert der durchschnittlichen Kariesinzidenz des *DFS_GES* von 2005 bis 2007 entsprach bei n = 38 Probanden einem Wert von 2,63. Der durch den Test prognostizierte Wert lag bei 2,18. Anhand der Abbildung 13 wird deutlich, dass die prognostizierte Entwicklung der Karies den tatsächlichen Verlauf für den Zeitraum von vier Jahren gut wiedergibt. Auffällig ist, dass es eine Systematik in der Entwicklung der Karies bei den Probanden gab, die durch den gemessenen CCLP-Wert bereits im Vorhinein gut abgebildet werden konnte. Eine statistisch gesicherte Zahl von Probanden, bei denen ein hoher Clinpro™ Cario L-Pop™-Wert gemessen wurde, entwickeln bei sonst gleichen Einflussfaktoren signifikant mehr Karies als diejenigen mit einem niedrigen Clinpro™ Cario L-Pop™-Wert. Da die Karies sich über eine große Zeitspanne entwickelt und klinisch nicht frühzeitig mit visuellen und taktilen Hilfsmitteln diagnostiziert werden kann, gewinnt der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test an Bedeutung. Durch diesen Test scheint es möglich zu sein, Patienten mit einem hohen Kariesrisiko zu identifizieren und durch frühzeitige non-invasive Therapiestrategien den Erhalt des Gesundheitszustandes der Zähne positiv zu beeinflussen. Die Bestimmung der Milchsäurebildungsrate zur Bestimmung des Kariesrisikos scheint ein richtiger Ansatz zu sein. Da zurzeit eine Polarisierung der Karies zu verzeichnen ist (*Micheelis*, 2007), können durch diesen Test die betroffenen Patienten besser identifiziert und einer gezielten Prävention zugeführt werden. Die hier gefundenen Zusammenhänge betreffen den gesamten Untersuchungszeitraum. Es konnte keine Analyse durchgeführt werden, die klärt, ob sich die Ergebnisse auch in anderen 4-Jahres-Zeiträumen belegen lassen. Es sollten hierzu entsprechende Erweiterungen der Studie vorgenommen werden. Hinsichtlich einer umfangreichen klinischen Anwendung

des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests im Rahmen eines Karies-Monitorings sollte ebenfalls untersucht werden, ob der gefundene partielle Effekt des Clinpro™ Cario L-Pop™-Wertes auf den Kariesstatus der Probanden von den sozio-ökonomischen Faktoren abhängig ist. Es handelte sich bei der hier untersuchten Probandengruppe um Personen einer relativ homogenen Grundgesamtheit. Faktoren wie Alter, Zahnpflegeniveau usw. könnten eine starke Auswirkung auf die Höhe des Koeffizienten bzw. seine Relevanz insgesamt haben. Dies sollte vor einer verbreiteten Anwendung des Tests untersucht werden.

In der vorliegenden Untersuchung konnte mit Hilfe der multivariaten Analyse kein direkter, signifikanter Einfluss der Variablen *Zucker*, *Fluorid* und *QHI* **auf die Entwicklung der Karies nachgewiesen und keine signifikante Korrelation belegt werden.** Die Höhe dieser Variablen leistete keinen Erklärungsbeitrag für das Kariesrisiko der beteiligten Probanden.

In dieser Studie konnte weder eine Korrelation zwischen der Speichelfließrate und dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test noch eine Korrelation zu der Entwicklung des DFS-Index gezogen werden. Ein Zusammenhang ist prinzipiell aber nicht auszuschließen, da in dieser Studie der Parameter Speichelfließrate durch eine subjektive Antwort der Probanden erhoben wurde (Abschnitt 5.2). Im Rahmen der Untersuchungen stellte sich ebenfalls heraus, dass die Verwendung der Daten aus den radiologischen Bestandsaufnahmen als endogene Variable in der Kovarianzanalyse und der multivariaten Analyse keine verwertbaren Ergebnisse lieferten (Abschnitt 5.2).

Die Spezifität und Sensitivität beschreiben die Erkennung eines Tests von Gesunden als gesund und von Kranken als krank. Weiter wurden in diesem Zusammenhang der positive und negative Vorhersagewert diskutiert, die die Wahrscheinlichkeit beschreiben, mit der ein Proband mit erhöhtem Testergebnis auch ein reales erhöhtes und mit niedrigem Testergebnis auch ein reales niedriges Risiko aufweist. Um aus dem Testergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™ eine gezielte individuelle Prävention ableiten zu können, sollte dieser eine

möglichst hohe Sensitivität und einen möglichst hohen positiven Vorhersagewert erzielen. Nur auf diese Weise können Präventionsprogramme ihre Wirkung erreichen und Patienten mit hohem Kariesrisiko gezielt betreut werden.
Ein klinisch hohes Risiko war hierbei definiert durch einen Karieszuwachs (D3/D4)/DFS-Index ≥ 1 innerhalb von zwei Untersuchungszeitpunkten.
Es gibt bisher noch keine von dem Hersteller definierte Angabe über die Einteilung der Farbfeldstufen für eine Ja-/Nein-Entscheidung bezüglich des Kariesrisikos, die jedoch zur Berechnung der aufgeführten Kriterien notwendig sind. Die Testergebnisse des Clinpro™ Cario L-Pop™ wurden zunächst folgendermaßen eingeteilt:

- Geringes Risiko im Test: Farbfelder 1-3
- Hohes Risiko im Test: Farbfelder 4-9.

In diesem Fall zeigten sich besonders für den Beobachtungszeitraum von vier Jahren gute Ergebnisse. Dabei wurden die Daten des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus dem Jahr 2003 den Daten des realen Risikos aus dem Jahr 2007 gegenübergestellt. Die Sensitivität ergab hierbei einen Wert von fast 82 Prozent, der positive Vorhersagewert war 72 Prozent. Auf diese Weise könnten möglichst viele Kranke als krank identifiziert und individuell präventiv betreut werden. Die Werte für die Spezifität und den negativen Vorhersagewert waren geringer, nämlich 56,25 Prozent und 69,23 Prozent. Daraus ergab sich, dass ein Teil der Patienten mit einem geringen Risiko trotzdem intensiv individuell betreut werden würden, da das Kariesrisiko falsch eingeschätzt wurde.
Diese Ergebnisse bestätigten sich jedoch nicht so aussagekräftig für die kurzen Untersuchungsintervalle von zwei Jahren. Für den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test aus dem Jahr 2003 mit der Berechnung eines realen Risikos 2005 lauteten die Werte bei gleichen Kriterien für die Sensitivität fast 60 Prozent und den positiven Vorhersagewert 52 Prozent. Im dritten Fall mit einem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test 2005 und einem realen Risiko aus dem Jahr 2007 zeigten bei gleichen Kriterien die Werte für die Sensitivität 45,45 Prozent und der positive

Vorhersagewert 50 Prozent. Die Ergebnisse der Berechnung der Sensitivität und Spezifität für den Untersuchungszeitraum von vier Jahren bestätigen die Resultate bezüglich der prognostischen Aussagekraft des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus der Kovarianzanalyse und multivariaten Analyse. Die Einteilung der Testergebnisse mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™ in die Kategorie geringes Risiko mit den Farbfeldern 1-3 und hohes Risiko mit den Farbfeldern 4-9 hat in dieser Studie die besten Ergebnisse erzielt. Den Firmenangaben zufolge wäre jedoch die Einteilung des geringen Risikos mit den Farbfeldern 1-6 und hohes Risiko mit den Farbfeldern 7-9 sinnig, da nach Angaben der Firma 3M ESPE die Milchsäurekonzentration ab einem Schwellenwert von 3 mM, entsprechend dem Farbfeld 7, zu einem Ungleichgewicht zwischen Demineralisation und Remineralisation am Zahnschmelz führen soll. Für diese Kategorieeinteilung bestätigten sich die Ergebnisse nicht. Zwar konnten hohe Werte für die Spezifität erreicht werden, die Sensitivität jedoch, die Kranke als krank identifiziert, hatte geringe Werte, ebenso der positive Vorhersagewert. Ähnliche Ergebnisse stellten bei dieser Einteilung auch *Azrak et al.*, 2006, in ihrer Studie heraus.

Anhand eines Vergleichsbeispiels, bei dem der DFS-Index einmal mit Berücksichtigung und einmal ohne die Berücksichtigung der Röntgenaufnahmen in die Berechnung der Spezifität und Sensitivität aufgenommen wurde, wird der Einfluss der Röntgenbilder sehr gut deutlich. Die Sensitivität und Spezifität variierten dabei um je fast 3 Prozent, der negative Vorhersagewert sogar um fast 8 Prozent. Anhand dieser Prozentzahl zeigte sich, dass viele kariöse Läsionen ohne die Anfertigung von Röntgenaufnahmen nicht frühzeitig erfasst werden können. Der hohe Stellenwert der Röntgenaufnahmen zur Kariesdiagnostik bleibt unumstritten. Anhand dieser Ergebnisse lässt sich belegen, dass der Test seine Indikation in der Entscheidung über die Anfertigung von Röntgenaufnahmen und Röntgenintervallen finden kann. Anhand des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests können Patienten mit einem erhöhten Kariesrisiko identifiziert werden und somit die Notwendigkeit der Anfertigung von Röntgenaufnahmen in ihrer Indikation erhärten. Ebenso können Röntgenintervalle gestreckt werden bei Patienten, die

ein geringes Kariesrisiko nach dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test aufweisen. Die Röntgenstrahlenexposition könnte somit minimiert werden.

Das Resümee dieser Studie lässt sich folgendermaßen zusammenfassen:
Eine Reihe von Faktoren, wie die Mundatmung und Speichelfließrate, konnten aufgrund der geringen Ergebnisanzahl weder statistisch noch klinisch im Zusammenhang mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test sichere Daten liefern. Im Gegenzug dazu konnte der Parameter Mundhygiene, die Kariesinzidenz und die Fluoridquellennutzung statistisch gesichert werden. Die klinische Sicherheit und die Sensibilität des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests in Bezug auf diese Parameter wurde aufgrund der Korrelationskoeffizienten zwischen 0,3 und 0,4 eingeschränkt.

Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test der Firma 3M ESPE, Seefeld, scheint als alleiniger Parameter zur Kariesrisikobestimmung nicht geeignet zu sein. Jedoch kann der Test als zusätzliches Hilfsmittel in der präventiven Zahnheilkunde zur Bestimmung des Kariesrisikos seine Indikation finden. Die Werte der Bestimmung der Spezifität und Sensitivität unterstützen die Aussage, dass der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test die klinische Untersuchung nicht ersetzen, jedoch sinnvoll ergänzen kann.

Grundsätzlich belegt die vorliegende Studie die Eignung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests als zusätzliches Hilfsmittel zur Kariesrisikodiagnostik. Folgende Erweiterungen der vorliegenden Studie sind vor einer Integration als Hilfsmittel zur Kariesrisikobestimmung sinnvoll:

- Ausweitung der vorliegenden Studie auf einen längeren Zeitraum, damit die zeitliche Dimension der gefundenen Zusammenhänge auch anhand weiterer Zeitabschnitte überprüft werden kann.

- Ausweitung des Probandenpools auf eine weniger homogene Grundgesamtheit, um zu bewerten, welchen Einfluss sozio-ökonomische

Faktoren wie z.B. Alter oder Zahnpflegeniveau auf die Höhe der geschätzten Koeffizienten haben.

- Durchführung einer Studie in einer Altersgruppe ab dem vierzehnten Lebensjahr, da in dieser Altersgruppe alle permanenten Zähne in situ sind und Verhaltensänderungen bedingt durch die Entwicklung der Jugendlichen Einfluss auf die Kariesinzidenz haben können.

- Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test soll nach Firmenangaben ein Testergebnis liefern, dass auf der Stoffwechselaktivität der milchsäurebildenden Bakterien von 2 Min beruht. Jedoch wird durch die Probeentnahme von der Zunge wahrscheinlich schon vorhandenes Lactat durch das Teststäbchen vor Beginn der Testlaufzeit aufgenommen. In wieweit diese aufgenommene Menge das endgültige Testergebnis beeinflusst und welchen Einfluss die Morphologie der Zunge hat, ist in weiteren Untersuchungen zu überprüfen.

5.2. Kritische Betrachtung der Untersuchungsmethode

In die vorliegende Studie wurden der Kariesrisikotest Clinpro™ Cario L-Pop™-Test der Firma 3M ESPE durch verschiedene Parameter untersucht. Im Folgenden soll die Methode der Studie kritisch beleuchtet werden.

Durch den Fragenkatalog, der streng kategorisiert war, hatten die Probanden drei Antwortmöglichkeiten zur Auswahl. Diese Kategorisierung schränkt jedoch die Auswertung ein, eine durch den Patienten spezifizierte Angabe, beispielsweise die Verwendung von drei Fluoridpräparaten und nicht die Verwendung von Zahnpasta plus mindestens ein weiteres Präparat, zu berücksichtigen. Auf diese Weise hätte die Auswertung differenziert werden können und gegebenenfalls zu weiteren Ergebnissen geführt bzw. bestehende weiter bestätigt.

Der Parameter des Speichelflusses wurde nicht getestet. Da die Antwort auf einer subjektiven Empfindung beruhte und alle Probanden die gleiche Antwort gegeben haben, nämlich keine Auffälligkeiten zu verspüren und der Speichelfluss vorhanden war, konnte auf diese Weise der Parameter keinen differenzierten Aufschluss über den Einfluss auf das Kariesrisiko geben.

Die Testdurchführung mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test hätte in einer engeren Verlaufskontrolle die Entwicklung des Gesamtergebnisses deutlicher bestätigen können. In der vorliegenden Studie wurde der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test alle zwei Jahre durchgeführt, die Erfassung des Tests in z.B. 6-Monatsabständen wäre als Bestätigung des Studienergebnisses hilfreich gewesen.

Die Einbeziehung der Bissflügel-Röntgenaufnahmen in die Auswertung gestaltete sich als sehr schwierig und führte letztendlich zu keinen verwertbaren Ergebnissen in der Kovarianzanalyse und multivariaten Analyse. Problematisch zeigte sich, dass durch Überlagerungen der Zähne auf dem Zahnfilm keine eindeutigen Verlaufsbefunde definiert werden konnten. Diese Problematik verstärkt sich zudem durch die Darstellung eines dreidimensionalen Objektes auf einem zweidimensionalen Röntgenfilm. Zusätzlich kann eine Überlagerung und auch variierende Ausdehnung von Defekten durch einen nicht optimal parallel ausgerichteten Röntgentubus zur Zahnreihe und zum Röntgenfilm dargestellt werden.
Die Anfertigung von Röntgenbildern ist dennoch wichtig und auch in dieser Studie von Bedeutung. In dieser Studie wurde der DFS-Index indirekt durch die Röntgenaufnahmen beeinflusst, da auf diese Weise kariöse Läsionen befundet und therapiert wurden, die nur durch die klinische Befundung unentdeckt geblieben wären. Die aus der Therapie resultierenden Füllungslagen sind in dem Folgebefund des DFS-Index erfasst worden.

6. Zusammenfassung

Der Clinpro™ Cario L-Pop™ der Firma 3M ESPE, Seefeld, ist ein biochemischer Chairside-Schnelltest zur Kariesrisikobestimmung. Durch den Nachweis von Milchsäure, erzeugt als Stoffwechselprodukt kariesassoziierter Bakterien, kann mit dem Test die erhöhte oder verminderte Stoffwechselaktivität festgelegt werden. Dies soll Rückschlüsse auf das Kariesrisiko geben. In der vorliegenden deskriptiven longitudinalen 4-Jahres-Beobachtungsstudie wurde das Kariesrisiko der Probanden durch den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test erhoben, mit klinischen und radiologischen Parametern verglichen und durch eine wiederholte Diagnostik beurteilt. Ziel war es, die Sensitivität und die Spezifität des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests zu untersuchen, durch eine wiederholte Kariesverlaufskontrolle die prognostischen Aussage gegenüber der individuellen Kariesprogression und Kariesdynamik zu überprüfen und Übereinstimmungen unterschiedlicher Parameter der Kariesätiologie mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test herauszustellen.

Die Probanden wurden nach definierten Kriterien ausgewählt um eine homogene Probandengruppe zusammenzustellen, deren Rahmenbedingungen vergleichbar waren und folglich eine Basis zur Korrelation der Ergebnisse darstellten. Das Kariesrisiko der 38 Probanden im Alter von 19-35 Jahren wurde zu Beginn der Studie durch klinische und radiologische Parameter bestimmt und dem Ergebnis des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests gegenübergestellt. Die klinische Risikobestimmung beinhaltete die Erhebung des DFS-Index und Plaqueindex nach Quigley & Hein (QHI) sowie einen Fragenkatalog zur Speichelfließrate, Mundatmung, Konsumhäufigkeit kohlenhydratreicher Nahrung und der Verwendung von Fluoridpräparaten. Die radiologische Bewertung von Bissflügelaufnahmen erfolgte anhand der Einteilung radiologisch sichtbarer Läsionen in die Kategorien D1-D4. Das Karies-Monitoring erfolgte nach zwei Jahren und zum Ende der Studie nach vier Jahren. Die Auswertung der Daten erfolgte mittels bivariater Kovarianzanalyse, multivariater Analyse mit Hilfe eines Zähldatenmodells und Berechnung der Spezifität, Sensitivität, positiver und negativer Vorhersagewert.

Die bivariate Kovarianzanalyse zeigte, dass die Variablen *Clinpro™ Cario L-Pop™ (CCLP)* und *Fluoridanamnese (Fluorid)* für die Jahre 2005 und 2007 in den Kombinationen *CCLP_07 vs. Fluorid_05* und *CCLP_07 vs. Fluorid_07* bei einem Signifikanzniveau von 5 Prozent negativ miteinander korrelierten. Dieser statistisch gesicherte Zusammenhang wurde hinsichtlich seiner klinischen Sicherheit durch einen Korrelationskoeffizienten von -0,332 bis -0,336 eingeschränkt. Auch war ein statistisch positiv korrelierender Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines hohen Plaqueindex nach Quigley und Hein und einem tendenziell hohen Clinpro™ Cario L-Pop™-Wert zu dokumentieren. Im Jahr 2005 konnte in diesem Vergleich ein Korrelationskoeffizient von 0,415 mit einer hohen Signifikanz bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 Prozent den statistischen Zusammenhang bestätigen, die klinische Sicherheit wurde jedoch durch den Korrelationskoeffizienten von 0,415 limitiert. Des Weiteren war ein statistischer Zusammenhang zwischen der Aufnahmehäufigkeit kohlenhydratreicher Nahrungsmittel und dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test für das Jahr 2007 festzustellen. Diese Werte waren positiv miteinander korreliert bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5,4 Prozent. Eine erhöhte Kohlenhydrataufnahmefrequenz ging tendenziell mit einer hohen Risikostufe des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests einher. Dieses statistisch gesicherte Ergebnis wird klinisch durch einen Korrelationskoeffizienten von 0,341 in seiner Aussagekraft abgeschwächt. Auch wurden die Testergebnisse mit dem Kariesstatus verglichen. Es konnte ein statistisch signifikant positiver Zusammenhang zwischen dem Wert des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests in 2003 und dem Kariesstatus (DFS-Index) in 2007 mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,35 und einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 3,1 Prozent bestätigt werden. Auch in diesem Zusammenhang ist die klinische Sicherheit durch den Korrelationskoeffizienten von 0,35 begrenzt.

Die Ergebnisse der multivariaten Analyse zeigten, dass der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test aus dem Jahr 2003 erklärend für den Kariesstatus 2007 mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 1 Prozent waren. Für die Analyse des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests aus dem Jahr 2005 und dem Kariesstatus aus dem Jahr 2007 konnte die Signifikanz nur mit einer angenommenen

Irrtumswahrscheinlichkeit von 10 Prozent bestätigt werden. Der statistisch signifikante Zusammenhang konnte nicht uneingeschränkt aufgrund des Korrelationskoeffizienten auf die klinische Vorhersagesicherheit übertragen werden. Des Weiteren wurde durch die Berechnung eines partiellen Effektes von *CCLP_03* und *DFS_GES_07* ein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests der Probanden in 2003 und ihrer Kariesentwicklung zwischen 2005 und 2007 nachgewiesen. Der partielle Effekt betrug ca. 0,44 und bedeutete, dass bei einer Erhöhung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Wertes im Jahr 2003 um eine Einheit die Anzahl betroffener Zahnflächen im Jahr 2007 um 0,44 steigen würde. Bei der Gegenüberstellung einer Abschätzung der Prognosequalität des Clinpro™ Cario L-Pop™-Wertes für die prognostische Entwicklung der Karies wurde der Test entsprechend seiner Farbfelder der Referenztafel in 3 Gruppen eingeteilt. Probanden, die ein Testergebnis von 1-3 hatten, wiesen eine durchschnittliche Kariesinzidenz des *DFS_GES* von 2005 bis 2007 von 0,77 auf. Durch den Clinpro™ Cario L-Pop™-Test des Jahres 2003 prognostiziert war eine durchschnittliche Kariesentwicklung von 0,88 in dem angegebenen Zeitraum zu erwarten. Für die Gruppe 2, entsprechend einem Clinpro™ Cario L-Pop™-Testergebnis von 4-6, zeigte die durchschnittliche Kariesinzidenz des *DFS_GES* den Wert 3,14. Die Prognose des Tests war 2,29. Bei der letzten Gruppe, entsprechend einem Clinpro™ Cario L-Pop™-Testergebnis von 7-9, zeigte die durchschnittliche Kariesinzidenz des *DFS_GES* 4,18 und die Prognose des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests den Wert 3,56. Der Gesamtwert der durchschnittlichen Kariesinzidenz des *DFS_GES* von 2005 bis 2007 entsprach bei n = 38 Probanden 2,63. Der durch den Test prognostizierte Wert war 2,18. Eine statistisch gesicherte Zahl von Probanden mit hohem Clinpro™ Cario L-Pop™-Wert entwickelten bei sonst gleichen Einflussfaktoren signifikant mehr Karies als diejenigen mit einem niedrigen Testwert.

Eine Reihe von Faktoren, die mangels ihrer Anzahl der Ergebnisse verlassen werden mussten, wie die Mundatmung und Speichelfließrate, konnten weder statistisch noch klinisch im Zusammenhang mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test gesichert werden.

Für die Berechnung der Spezifität und Sensitivität wurde der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test mit einem geringen Risiko, entsprechend der Farbfelder 1-3, und einem hohen Risiko, entsprechend der Farbfelder 4-9, eingeteilt. Ein reales hohes Risiko wurde mit einem Karieszuwachs (D3-D4)/DFS-Index ≥ 1 innerhalb zwei Untersuchungszeitpunkten angegeben. Die Sensitivität lag bei fast 82 Prozent, die Spezifität bei ca. 56 Prozent. Der positive Vorhersagewert entsprach 72 Prozent und der negative fast 70 Prozent. Um die Sensibilität und Aussagekraft der Röntgenaufnahmen zu überprüfen, wurde für die Berechnung der Spezifität und Sensitivität das reale Risiko einmal unter Berücksichtigung des DFS-Index und der Röntgenaufnahmen ermittelt und ein weiteres Mal nur mit dem DFS-Index. Die Werte variierten bis zu fast 8 Prozent zu Gunsten der Auswertung mit Berücksichtigung des DFS-Index und der Röntgenaufnahmen.
Aufgrund der aufgeführten Ergebnisse ist die Integration des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests als zusätzliches Hilfsmittel zur Kariesrisikobestimmung aus folgenden Gründen sinnvoll: Ein wichtiges Argument ist die Motivation des Patienten zur Verbesserung der Mundhygiene und des Ernährungsverhaltens. Durch die simplifizierte Darstellung der Testergebnisse können alle Patientengruppen sich mit der Problematik auseinander setzen. Aufgrund der Ergebnisse der Sensitivität und des positiven Vorhersagewertes wird deutlich, dass mit Hilfe des Tests viele kariesgefährdete Patienten identifiziert und in intensive Präventionsprogrammen integriert werden können. Einen großen Stellenwert könnte dieser Test im Bereich der radiologischen Kariesdiagnostik erlangen, indem er einen Anhaltspunkt zur Röntgenindikation und den Abstand der Röntgenintervalle geben kann.
Der Clinpro™ Cario L-Pop™-Test konnte in dieser Studie seine Aussagekraft als ergänzender Parameter zur Kariesrisikobestimmung unter Beweis stellen und die klinische Kariesdiagnostik als zusätzliches Hilfsmittel sinnvoll ergänzen. Als alleiniger Parameter zur Kariesrisikobestimmung bestätigte der Test sich nicht.
Als Argument für den routinemäßigen Einsatz in der präventiven Zahnheilkunde sollten weitere longitudinale Studien die vorliegenden Ergebnisse bestätigen.

7. Summary

The Clinpro™ Cario L-Pop™ (3M ESPE, Seefeld, Germany) is a biochemical chairside-test to determine the individual caries risk. The test can prove the increased or reduced metabolic activity of lactic acid producing bacteria. Thus, conclusions can be drawn to define the individual caries risk.

The aim of this 4-year-study was to screen volunteers by using Clinpro™ Cario L-Pop™ in comparison with clinical and radiographic criteria. This diagnostic procedure was repeated within the bounds of caries-monitoring. By this, the test was investigated concerning its sensitivity and specificity.

The 38 volunteers, at the age of 19-35 years, were split up into two groups with 19 volunteers each. They were examined at the beginning of the study, after two and four years. This caries-monitoring included the proof of caries risk by the Clinpro™ Cario L-Pop™, the radiographic assessment by bitewings (D1-D4) and the clinical caries-monitoring by the DMFS-index and Quigley and Hein plaque index (QHI). Furthermore there was a questionnaire on salivary secretion rate, mouth breathing, sugar consumption and the use of products containing fluoride.

The results were determined by the covariance analysis and the multivariate analysis by using data models. Some factors, like salivary secretion rate and mouth breathing, could not give statistical and clinical significant findings, in relation to the Clinpro™ Cario L-Pop™, because of their small number of results. The parameters QHI, caries incidence and using products containing fluoride could be statistically secured. The clinical reliability and the sensibility of the Clinpro™ Cario L-Pop™ in connection with these parameters were due to the correlation coefficient between 0,3 and 0,4, restricted. The specificity was 56,25% and the sensitivity was about 82%. The results for the positive and negative predicted value were 72% and 69,23%. These results demonstrate that many patients with a high caries risk can be identified.

This study verifies that the Clinpro™ Cario L-Pop™ could not be used as a sole parameter for determining the caries risk, but it is useful as an additional aid.

8. Verzeichnisse

8.1. Literaturverzeichnis

American Dental Association (2004). The selection of patients for dental radiographic examinations. In: U.S. Department of health and human services, Public Health Service, Food and Drug Administration.
http://www.ada.org/prof/resources/topics/topics_radiography_examinations.pdf

Azrak, B., Callaway, A., Ebadi, S., Willerhausen, B. (2006). Comparison of a new chair-side test for caries-risk assessment with established clinical and subclinical methods. Caries Res 40, 303-58.

Buijs, M.J., Ten Cate, J.M., Van Loveren, C., Geradu, V.A.M. (2004). Clinpro™ Cario L-Pop™ to measure the effect of an antimicrobial mouthrinse. International Association of Dental Research.
http://iadr.confex.com/iadr/eur04/techprogram/abstract_49683.htm

Bizhang, M., Ley, M., Hopfenmüller, W. (2004). Lack of correlation between Clinpro™ Cario L-Pop™-Test and clinical Parameters. Caries Res 38, 382.

Boman, H.G. (1995). Peptide antibiotics and their role in innate immunity. Annu Rev Immunol, 13, 61-92.

Bretz, W. A., Quadros, M., Weyant, R. J. (2007). Microbial acid production (Clinpro™ Cario L-Pop™) and dental caries in infants and children. Quintessence Int., 38, 359.

Buchalla, W. (2008). Stimmt unser Weltbild der Karies noch? Quintessenz, 59, 1243-9.

Büttner, W. (1978). Zuckerkonsum und Karies-Möglichkeiten und Grenzen der Ernährungslenkung. Quintessenz Zahntech 4, 71-2.

Dexheimer, V. (2002). Zählda tenmodelle (Count Data Models) Ansätze und Anwendungen, Arbeitspapier Nr. 23, Institut für Statistik und Ökonometrie, Mainz

Erdogan, E., Effenberger, S., Schiffner, U. (2005). Der Einfluss des Zähneputzens auf die zur Kariesdiagnostik bestimmte Milchsäurebildung bei Kindern im Vorschulalter. Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkd 27, 51-5.

Ernst, C.-P., Kliegel, S., Hickel, R., Willerhausen, B. (2003). Braucht der Zahnarzt einen Kariesrisikotest – und wenn ja, was für einen? Quintessenz 54, 1327-35.

3M ESPE (2003), Clinpro™ Cario L-Pop™, Milchsäure-Indikatorstäbchen. Technisches Produktprofil.

3M ESPE (2002). Clinpro™ Cario L-Pop™, Lactic Acid Indicator Swab. Packungsbeilage.

European Commission (2004). Radiation Protection 136, European guidelines on radiation protection in dental radiology. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.
http://ec.europa.eu/energy/nuclear/radioprotection/publication/doc/136_en.pdf

Firla, T.F. (2003). Der biochemische Schnelltest zur gezielten Kariesrisiko-Früherkennung. Dental-Spiegel.
http://www.industrienet.de/O/145/Y/83872/default.aspx

Gängler, P. (1985). Die Pathogenese der Zahnkaries und Periodontalerkrankungen – das Konzept von Progression und Stagnation. Dtsch Zahn-, Mund- Kieferheilkd 73, 477-83.

Gängler, P., Hoffmann, T., Willerhausen, B., Schwenzer, N., Ehrenfeld, M. (2005). Zahn-Mund-Kiefer-Heilkunde, Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie. 2. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Gehring, F. (1984). Mikrobiologische Aspekte der Kariesentstehung. Zahnärztl Praxis 35, 480-3.

Geradu, V., Heijnsbroek, M., Buijs, M., van der Weijden, F., Ten Cate, B., van Loveren, C. (2006). Comparison of Clinpro™ Cario L-Pop™ estimates with CIA lactic acid estimates of the oral microflora. Eur J Oral Sci 114, 128-32.

Greene, W.H. (1993). Econometric Analysis. 2. Auflage, Macmillan Publishing Company, New York.

Gujarati, D. (2003). Basic Econometrics. 4. Auflage, McGraw-Hill Inc., US, New York.

Haak, R., Rosenbohm, J., Noack, M.J., Wicht, M.J. (2007). Röntgenologische Kariesdiagnostik und Therapieentscheidung. Quintessenz 58, 927-37.

Haeberlein, I. Kappler, O., Safi, A., Guggenberger, R. (2003). Measurement of lactic acid production of carious bacteria in the mouth: Reliability of the novel biochemical diagnostic device Clinpro™ Cario L-Pop™. International Association of Dental Research.
http://iadr.confex.com/iadr/2003Goteborg/techprogram/abstract_36389.htm

Heaberlein, I. Kappler, O., Schmid, B., Guggenberger, R. (2004). Evaluation of individual´s caries-potential with Clinpro™ Cario L-Pop™: Reproducibility of the test-read-outs. International Association of Dental Research.
http://iadr. Confex.cokm/iadr/2004Hawaii/techprogram/abstract_46450.htm

Hänsel Petersson, G., Fure, S., Bratthall, D. (2003). Evaluation of a computer-based risk assessment program in an elderly group of individuals. Acta Odontol Scand 61, 164-71.

Hänsel Petersson, G., Twetman, S., Bratthall, D. (2002). Evaluation of a computer program for caries risk assessment in schoolchildren. Caries Res 36, 327-40.

Heckl, O. (2007). Kommerzielle Tests zur Bestimmung des Karies- und Parodontitisrisikos, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Dissertation.

Heinrich, R., Künzel, W., Tawfiq, H. (1991). Approximale Kariesdiagnostik – Vergleich klinischer, faseroptischer und röntgenographischer Diagnostikverfahren (Approximalkariesdiagnostik). Dtsch Zahn-, Mund-Kieferheilkd 79, 535-42.

Heinrich-Weltzien, R., Kühnisch, J. (2007). Kariesdiagnostik bei Kindern und Jugendlichen. Stellenwert der Bissflügel-Röntgenaufnahme. Dtsch Zahnärzteblatt 116, 157-64.

Hoffmann-Axthelm (2000). Lexikon Der Zahnmedizin. 6. Auflage. Quintessenz Verlag, Berlin.

Jordan, R.A., Markovic, Lj. (2007). Das Lawinenmodell – geschichtlicher Ursprung und klinische Implikation. Dtsch Zahnärztl Z 62, 76-82.

Kneist, S. (2001). Rund um den Speicheltest. Zahnmedizinische Mitteilungen. http://www.zm-online.de/m5a.htm?/zm/17_01/pages2/zmed2.htm

König, K.G. (1987). Karies und Parodontopathien – Ätiologie und Prophylaxe. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Krämer, N. (2006). Aktuelle Anforderungen an die Kinderzahnheilkunde. Der Freie Zahnarzt 6, 40-4.

Kreth, J., Merritt, J., Shi, W., Qi, F. (2005). Competition and coexistence between *Streprococcus mutans* and *Streptococcus sanguinis* in the dental biofilm. J Bacteriol 187, 7193-203.

Kühnisch, J., Heinrich-Weltzien, R., Ziehe, A., Stösser, L. (2003). Zur Reproduzierbarkeit von DIAGNOdent-Messwerten. Oralprophylaxe 25, 82-4.

Kühnisch, J., Ifland, S., Tranaeus, S., Hickl, R., Stösser, L., Heinrich-Weltzien, R. (2007). In vivo detection of non-cavitated caries lesions on occlusal surface by visual inspection and quantitative light-induced fluorescence. Acta Odontol Scand 65, 183-8.

Lussi, A., Imwinkelried, S., Pitts, N.B., Longbottom, C., Reich, E. (1999). Performance and reproducibility of a laser fluorescence system for detection of occlusal caries in vitro. Caries Res 33, 261-6.

Lussi, A. (2004). Diagnostik der Fissurenkaries – Wann bohren? Dentalhygiene J 3, 28-30.

Maiwald, H.J., Padron, F.S. (1976). Epidemiologische Untersuchungen zum Gesundheitszustand des Kauorgans in Abhängigkeit vom Zuckerkonsum. Stomatol DDR 26, 207-11.

Marotti, M., Staedtler, P. (2007). Effect of antibacterial mouthrinses measured with a semiquantitative chairside test. Caries Res 41, 321.

Marthaler, T.M., Steiner, M., Helfenstein, U. (1997). Praktischer Gebrauch der Dentoprog-Methode zum Auffinden der Kinder mit hohem Kariesrisiko. Oralprophylaxe 19, 40-4.

Micheelis, W., Schiffner, U., Hoffmann, Th., Kerschbaum, Th., John, M.T. (2007). Ausgewählte Ergebnisse der Deutschen Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Dtsch Zahnärztl Z 62, 238-40.

Ott, K. (2000). Karies und parodontale Erkrankungen. http://zmkweb.uni-muenster.de/einrichtungen/kons/forschung/volltext/ernh_karies/index.html

Pitts, N.B. (1983). Monitoring of caries progression in permanent and primary posterior approximal enamel by bitewing radiography. Community Dent Oral Epidemiol 11, 228-35.

Reich, E., Bößmann, K. (1994). DGZMK. Wissenschaftliche Stellungnahme: Stellenwert der Speicheldiagnostik im Rahmen der Kariesprävention. http://www.dgzmk.de/index.php?dokumentart=Stellungnahme&site=std110&backlink=m034X

Reich, E. (1995).Welche Faktoren führen zu einem hohen Kariesrisiko? Dtsch Zahnärztl Z 50, 769-75.

Reich, E. (2000). Neue Instrumente zur Kariesdiagnose. www.zm-online.de/zm/23_00/pages2/titel3.htm

Roulet, J.-F., Fath, S., Zimmer, S. (2000). Lehrbuch Prophylaxeassistentin. 2. Auflage, Urban & Fischer Verlag, München – Jena.

Schiffner, U. (1998). Möglichkeiten und Grenzen der Speicheldiagnostik innerhalb der Individualprophylaxe. Oralprophylaxe 19, 33-9.

Schiffner, U., Torres-Quintero, A. (2005). Reproducibility of a new caries risk test under different oral conditions. Clin Oral Investig 9, 187-91.

Schmalz, G., Joisten, R. (1990). Bestimmung des Kariesrisikos bei Bundeswehrsoldaten. Oralprophylaxe 12, 28-35.

Sitzmann, F. (1993). DGZMK. Wissenschaftliche Stellungnahme: Wann sind zur Sicherung von Diagnose und Therapie Röntgenaufnahmen notwendig? http://www.dgzmk.de/index.php?dokumentart=Stellungnahme&site=std115&backlink=m034X

Splieth, C., Nourallah, A., Meller, Ch. (2002). Orale Präventivmedizin. Dtsch Zahnärzteblatt 12, 665-8.

Steiner, M., Helfenstein, U., Marthaler, T.M. (1992). Dental predictors of high caries increment in children. J Dent Res 71, 1926-33.

Stodt, T., Attin, T. (2004). Die Bissflügel-Röntgenaufnahme als Bestandteil der präventiven Zahnheilkunde – eine Übersicht. Schweiz Monatsschr Zahnmed 114, 882-9.

Treide, A., Hentschel, B., Makuch, A., Löffler, M. (2003). Die Ermittlung des Kariesrisikos unter den Bedingungen des caries decline in Deutschland. Dtsch Zahnärztl Z 58, 26-31.

Wang, W.-J., Yip, H.K., Wang, P. (2005). Use of Clinpro™ Cario in diagnosing childhood caries. International Association of Dental Research. http://iadr.confex.com/iadr/2005Balt/techprogram/abstract_64112.htm

Wicht, M.J., Haak, R., Noack, M. (2008). Wann sollte eine kariöse Läsion invasiv therapiert werden und wann sind prophylaktische Maßnahmen ausreichend? Quintessenz 59, 1267-76.

World Health Organization (2008). Oral Health – DMFT: Dental Caries Prevalence and Severity. The third edition of “Oral Health Surveys – Basic Methods”, Geneva 1987.
http://www.who.int/infobase/reportviewer.aspx?rptcode=ALL&surveycode=160598a1&dm=6

Wrbas, K.-T., Kielbassa, A.M., Schulte-Mönting, J., Hellwig, E. (1998). Die Reproduzierbarkeit und Aussagekraft des Bissflügelbefundes. Dtsch Zahnärztl Z 53, 501-6.

Zimmer, S. (1994). Kariesrisikodiagnostik im Rahmen der Gruppenprophylaxe. Gesundheitswesen 56, 530-3.

Zimmer, S. (2000). Kariesprophylaxe als multifaktorielle Präventionsstrategie, Humboldt-Universität zu Berlin, Medizinische Fakultät – Universitätsklinikum Charité, Habilitationsschrift.

Zimmer, S., Dosch, St., Hopfenmüller, W. (1995). Kariesrisikobestimmung durch Speicheltests. Dtsch Zahnärztl Z 50, 806-8.

Zimmer, S., Bizhang, M., Jochimski, P., Roulet, J.-F. (1998). Ermittlung von Faktoren zur Kariesrisikobestimmung. Oralprophylaxe 20, 87-93.

Zimmer, S., Bizhang, M., Barthel, C., Raab, W. H.-M. (2008). Kariesrisikoerkennung – Helfen Speicheltests, mikrobiologische und klinische Testverfahren weiter? Gesundheitswesen 70, 702-12.

8.2. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ätiologie der Karies (n. *Ott*, 2000) 5
Abbildung 2: Bissflügelaufnahmen eines Probanden aus dem Jahr 2004 23
Abbildung 3: Bissflügelaufnahmen desselben Probanden wie in Abb. 2 aus dem Jahr 2006.....23
Abbildung 4: Bissflügelaufnahmen desselben Probanden wie in Abb. 2 und 3 aus dem Jahr 2008.....23
Abbildung 5: Der L-Pop-Blister, das Teststäbchen, das Kontrollstäbchen und die Farb-Referenztafel zur Bestimmung des Kariesrisikos 33
Abbildung 6: Das Teststäbchen mit der Watteummantelung und der L-Pop-Blister.....33
Abbildung 7: Schematische Gebrauchsanweisung der Firma 3M Espe, Seefeld, zur Anwendung des Clinpro™ Cario L-Pop™-Test 35
Abbildung 8: Die Farb-Referenztafel zur Bestimmung des Kariesrisikos 36
Abbildung 9: Die Bestimmung des Kariesrisikos mittels Teststäbchens und Referenztafel 37
Abbildung 10: Bewertungsgrade des QH-Index 48
Abbildung 11: Verteilung der CCLP-Testergebnisse n = 38 Probanden zu den Untersuchungszeitpunkten 2003, 2005 und 2007 64
Abbildung 12: Anzahl kariöser *(D)* und gefüllter *(F)* Zahnflächen in den Jahren 2003, 2005 und 2007.....67
Abbildung 13: Kariesentwicklung zwischen 2005 und 2007 (tatsächliche Entwicklung und Prognose mittels CCLP-Wert) 78

8.3. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Mit verschiedenen Kariesformen und -lokalisationen assoziierte Mikroorganismen (*n. Zimmer*, 2000) 6
Tabelle 2: Empfehlung für radiologische Kontrollintervalle für Bissflügelaufnahmen der European Commission, 2004 (*European Commission*, 2004; n. *Haak et al.*, 2007) 20
Tabelle 3: Empfehlung zur Anfertigung von Röntgenaufnahmen zur Beurteilung approximaler Zahnflächen (*American Dental Association*, 2004; n. *Haak et al.*, 2007) 21
Tabelle 4: Übersicht kommerzieller Kariesrisikobestimmungstests (n. *Heckl*, 2007) 29
Tabelle 5: Bewertungskategorien des Plaqueindex nach Quigley & Hein 49
Tabelle 6: Fragenkatalog 50
Tabelle 7: Berechnungstabelle zur Bestimmung der Spezifität und Sensitivität eines Testverfahrens zur Kariesrisikobestimmung im Vergleich zur klinischen Kariesrisikobestimmung 55
Tabelle 8: Individualwerte aus der Untersuchung des Jahres 2003 mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Vergleich zu allen anderen erhobenen Parametern 59
Tabelle 9: Individualwerte aus der Untersuchung des Jahres 2005 mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Vergleich zu allen anderen erhobenen Parametern 60
Tabelle 10: Individualwerte aus der Untersuchung des Jahres 2007 mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Vergleich zu allen anderen erhobenen Parametern 61
Tabelle 11: Verteilung der CCLP-Testergebnisse mit n = 38 Probanden zum Untersuchungszeitpunkt 2003 62
Tabelle 12: Verteilung der CCLP-Testergebnisse mit n = 38 Probanden zum Untersuchungszeitpunkt 2005 63
Tabelle 13: Verteilung der CCLP-Testergebnisse mit n = 38 Probanden zum Untersuchungszeitpunkt 2007 63

Tabelle 14: Signifikante Korrelationen zwischen CCLP-Testwert und weiteren potentiellen Einflussfaktoren (Fluoridanamnese, Plaqueindex nach Quigley & Hein, Kohlenhydratanamnese) (p < 0,1).....65
Tabelle 15: Signifikante Korrelation zwischen dem CCLP-Testwert aus dem Jahr 2003 und dem DFS-Index als Gesamtzahl aus dem Jahr 2007 (p < 0,1) 66
Tabelle 16: Durchschnittswerte der Anzahl kariöser *(DFS_D)* und gefüllter *(DFS_F)* Zahnflächen und der Gesamtwert der kariösen und gefüllten Zahnflächen *(DFS_GES)* in den Jahren 2003, 2005, 2007 bei n = 38 Probanden 68
Tabelle 17: Koeffizientenschätzer für das Modell (1).....71
Tabelle 18: Koeffizientenschätzer für das Modell (2).....72
Tabelle 19: Koeffizientenschätzer für das Modell (3).....74
Tabelle 20: Zusammenhang zwischen tatsächlicher Kariesentwicklung und Prognose mittels CCLP-Wert.....77
Tabelle 21: Individualwerte des Clinpro™ Cario L-Pop™-Tests von 2003 im Vergleich mit dem Kariesstatus *(DFS_GES)* aus 2005 und 2007 und die durchschnittliche Entwicklung des *DFS_GES* von 2005 bis 2007 (Δ Karies-Entwicklung) bei n = 38 Probanden.....80
Tabelle 22: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-6) und einem hohen Risiko (Werte 7-9) vs. reales Risiko 2005 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden 81
Tabelle 23: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs. reales Risiko 2005 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden 82
Tabelle 24: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2005 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-6) und einem hohen Risiko (Werte 7-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden 82
Tabelle 25: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2005 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs.

reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden 83
Tabelle 26: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-6) und einem hohen Risiko (Werte 7-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden 83
Tabelle 27: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden 84
Tabelle 28: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko (Werte 1-3) und einem hohen Risiko (Werte 4-9) vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem Karieszuwachs/DSF-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten ermittelt durch den DSF-Index + Röntgenaufnahmen (Rö) bei n = 38 Probanden vs. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 vs. reales Risiko 2007 nur unter Berücksichtigung des DSF-Index 85

8.4. Anhang

Tabelle A.1: Individualwerte aller erhobener Parameter

Probanden -Nr.	CCLP_03	CCLP_05	CCLP_07	DFS_D_03	DFS_D_05	DFS_D_07
1	1	3	5	0	0	0
2	2	1	2	0	0	0
3	2	1	6	0	0	1
4	2	6	5	0	0	0
5	2	2	6	0	0	0
6	2	1	5	0	1	0
7	4	5	7	0	0	0
8	4	3	4	0	0	0
9	4	2	9	0	0	0
10	5	9	7	0	1	2
11	6	2	2	0	0	0
12	6	6	7	0	0	0
13	7	4	9	0	1	0
14	7	4	3	0	0	0
15	8	1	2	0	0	0
16	9	2	7	0	0	0
17	9	7	6	0	0	0
18	5	5	9	0	0	0
19	1	1	2	1	0	1
20	2	1	3	1	0	0
21	1	1	2	0	0	0
22	2	9	8	0	0	0
23	3	1	3	0	2	1
24	3	7	7	0	0	0
25	3	3	2	0	0	0
26	5	3	2	4	1	0
27	5	8	5	0	0	0
28	5	1	9	1	0	2
29	6	6	3	0	1	0
30	6	9	8	0	0	0

31	6	9	5	1	0	0
32	6	5	8	0	0	0
33	7	1	1	1	0	0
34	8	7	3	0	3	0
35	8	9	7	4	2	0
36	9	7	5	1	2	2
37	9	6	2	2	0	0
38	8	6	3	0	0	0

Probanden-Nr.	**DFS_D1_03**	**DFS_D1_05**	**DFS_D1_07**	**DFS_F_03**	**DFS_F_05**	**DFS_F_07**
1	0	0	0	0	0	0
2	3	3	3	0	3	3
3	2	2	3	3	3	4
4	2	2	2	1	2	2
5	0	0	0	2	2	5
6	9	8	8	0	0	2
7	0	0	0	2	2	2
8	4	4	5	1	1	1
9	0	0	3	13	13	18
10	10	9	10	4	6	6
11	1	1	1	0	0	2
12	4	2	2	13	19	24
13	0	0	13	0	2	2
14	2	0	0	7	8	8
15	5	5	5	1	1	11
16	4	5	6	0	0	0
17	5	5	6	1	1	2
18	1	1	1	6	6	6
19	8	8	10	0	3	3
20	1	1	2	3	7	7

21	0	0	0	4	5	5
22	0	0	0	0	0	0
23	1	3	3	14	16	16
24	2	2	2	3	15	15
25	0	0	0	0	0	0
26	2	2	4	1	8	10
27	1	0	3	9	13	16
28	6	8	11	0	0	5
29	1	3	3	0	0	0
30	7	8	7	4	4	5
31	3	2	4	4	6	9
32	2	2	3	15	16	18
33	2	2	2	6	9	10
34	1	4	4	19	20	23
35	2	3	6	4	7	10
36	2	1	0	12	20	29
37	1	3	3	0	0	8
38	0	0	0	0	0	0

Probanden -Nr.	DFS_GES 03	DFS_GES 05	DFS_GES 07	FLUORID 03	FLUORID 05	FLUORID 07
1	0	0	0	1	1	1
2	3	6	6	0	1	1
3	5	5	8	1	0	1
4	3	4	4	1	1	0
5	2	2	5	1	0	1
6	9	9	10	0	0	1
7	2	2	2	1	1	1

8	5	5	6	0	0	1
9	13	13	21	1	1	1
10	14	16	18	0	0	0
11	1	1	3	1	1	1
12	17	21	26	0	0	0
13	0	3	15	0	0	0
14	9	8	8	1	1	1
15	6	6	16	1	1	1
16	4	5	6	1	1	1
17	6	6	8	1	0	1
18	7	7	7	1	0	1
19	9	11	14	1	1	1
20	5	8	9	1	0	0
21	4	5	5	1	1	1
22	0	0	0	1	0	0
23	15	21	20	1	1	1
24	5	17	17	0	1	1
25	0	0	0	1	1	1
26	7	11	14	1	1	1
27	10	13	19	1	1	0
28	7	8	18	1	0	0
29	1	4	3	0	0	0
30	11	12	12	1	1	1
31	8	8	13	1	0	0
32	17	18	21	0	0	0
33	9	11	12	0	1	1
34	20	27	27	1	0	1
35	10	12	16	0	1	1
36	15	23	31	1	1	1
37	3	3	11	1	0	1
38	0	0	0	1	1	1

Probanden -Nr.	MA_ 03	MA_ 05	MA_ 07	QHI_ 03	QHI_ 05	QHI_ 07	ZUCKER 03	ZUCKER 05	ZUCKER 07
1	0	0	0	1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	1	1	1	1	0	0
3	0	1	0	2	1	1	0	1	0
4	0	0	0	1	1	1	1	1	1
5	0	0	0	2	1	1	0	0	0
6	0	0	0	2	1	1	0	1	1
7	0	0	0	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	0
9	0	0	0	1	1	1	0	0	2
10	0	0	0	1	1	1	0	0	0
11	0	0	0	2	1	1	1	1	2
12	0	1	0	1	1	1	1	0	1
13	0	1	0	1	1	1	1	1	1
14	0	0	0	1	1	1	1	1	0
15	0	0	0	2	1	1	1	1	1
16	0	0	0	1	1	1	1	1	1
17	0	0	0	1	1	1	0	2	1
18	0	0	0	2	1	1	1	1	1
19	0	0	0	2	1	1	1	1	1
20	0	0	0	1	1	1	1	0	0
21	0	0	0	1	1	1	0	0	0
22	0	0	0	1	1	1	1	1	1
23	0	0	0	1	1	1	1	1	0
24	0	0	0	1	1	1	0	1	1
25	0	0	0	1	1	1	0	0	0
26	0	0	0	2	1	1	1	1	1
27	0	0	0	1	1	1	0	1	1
28	0	0	0	1	1	1	1	1	1
29	0	0	0	1	1	1	1	2	2

30	0	0	0	2	2	1	0	1	2
31	0	0	0	1	2	1	1	1	1
32	0	0	0	1	1	1	0	1	0
33	0	0	0	1	1	1	1	0	0
34	0	0	0	2	2	1	1	1	0
35	0	0	0	1	1	2	1	0	1
36	0	0	0	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	2	2	1	0	1	1
38	0	0	0	1	1	1	0	0	0

Probanden -Nr.	**Rö_D1_03**	**Rö_D1_05**	**Rö_D1_07**	**Rö_D2_03**	**Rö_D2_05**	**Rö_D2_07**
1	2	1	0	0	0	2
2	1	2	1	1	0	2
3	2	4	2	0	0	0
4	2	0	2	1	1	0
5	3	1	4	1	1	0
6	2	1	1	2	0	1
7	0	0	1	0	0	0
8	2	0	1	1	2	0
9	1	1	2	0	0	0
10	5	2	4	2	5	1
11	0	3	1	1	1	1
12	6	1	2	3	1	2
13	1	1	0	0	0	0
14	3	0	0	0	0	0
15	1	2	2	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0

17	1	2	1	0	1	0
18	0	4		2	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0	0
21	2	0	0	1	0	0
22	1	0	0	0	0	0
23	3	5	5	5	2	6
24	4	0	0	1	3	3
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	3	1	1
27	0	0	1	0	0	0
28	3	4	8	3	2	1
29	2	1	2	0	0	0
30	1	1	1	0	0	0
31	3	2	1	0	2	0
32	0	3	1	1	0	3
33	1	0	0	0	0	0
34	4	2	3	0	0	1
35	1	0	1	2	2	0
36	3	0	0	5	3	2
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0

Probanden -Nr.	**Rö_D3_03**	**Rö_D3_05**	**Rö_D3_07**	**Rö_D4_03**	**Rö_D4_05**	**Rö_D4_07**
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0

4	1	1	1	0	0	0
5	0	1	0	0	0	0
6	0	1	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	2	1	3	0	0	0
11	0	0	1	0	0	0
12	1	2	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	1	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	2	0	0	0	1	0
21	0	0	0	2	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	4	4	6	0	1	1
24	3	1	1	1	0	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	3	0	0	1	0	0
28	1	0	2	0	1	1
29	0	0	0	0	0	0
30	0	2	2	0	0	0
31	1	1	0	0	0	0
32	1	2	0	0	0	0
33	1	1	0	0	0	1
34	0	0	0	1	0	0
35	1	0	2	0	0	0
36	4	4	2	1	3	0
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0

Probanden -Nr.	Rö_T1_03	Rö_T1_05	Rö_T1_07	Rö_T2_03	Rö_T2_05	Rö_T2_07
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0

27	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	2
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0

Probanden -Nr.	**Rö_T3_03**	**Rö_T3_05**	**Rö_T3_07**	**Rö_T4_03**	**Rö_T4_05**	**Rö_T4_07**
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0

14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	1
21	0	0	0	0	2	0
22	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0
24	0	2	0	0	1	0
25	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	1	0
28	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0
31	0	0	1	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0
36	0	1	2	0	1	2
37	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0

Tabelle A.2: Korrelationskoeffizienten (und Irrtumswahrscheinlichkeit) der potentiellen Einflussfaktoren

Tabelle A.3: Korrelationskoeffizienten (und Irrtumswahrscheinlichkeit) zwischen CCLP und dem Kariesstatus

Covariance Analysis: Ordinary

Sample: 1 38

Included observations: 38

Correlation Probability	CCLP_03	CCLP_05	CCLP_07
DFS_GES_03	0,256	0,202	0,152
	0,120	0,224	0,363
DFS_GES_05	0,223	0,230	0,106
	0,178	0,164	0,527
DFS_GES_07	0,350	0,185	0,203
	0,031	0,267	0,222
DFS_D_03	0,115	0,058	0,038
	0,492	0,731	0,821
DFS_D_05	0,163	0,056	0,048
	0,328	0,738	0,773
DFS_D_07	0,144	-0,019	0,297
	0,390	0,908	0,070
DFS_F_03	0,207	0,181	0,139
	0,213	0,277	0,406
DFS_F_05	0,168	0,225	0,093
	0,312	0,174	0,577
DFS_F_07	0,305	0,208	0,073
	0,062	0,211	0,663

Tabelle A.4: Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests mit einem niedrigen Risiko entsprechend der Werte 1-3 und einem hohen Risiko entsprechend der Werte 4-9 vs. reales Risiko mit einem hohen Risiko ermittelt durch den DFS-Index ohne den Einfluss von Röntgenbilder bei einem Karieszuwachs ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten im Vergleich bei n = 38 Probanden

1. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko entsprechend der Werte 1-6 und einem hohen Risiko entsprechend der Werte 7-9 vs. reales Risiko 2005 mit einem hohen Risiko bei einem DFS-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-6	**hoch 7-9**	**Summe**
reales Risiko_05	**niedrig**	12	5	17
	hoch	15	6	21
	Summe	27	11	38

Spezifität:	70,59 %
Sensitivität:	28,57 %
pos. Vorhersagewert:	54,54 %
neg. Vorhersagewert:	44,44 %

2. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko entsprechend der Werte 1-3 und einem hohen Risiko entsprechend der Werte 4-9 vs. reales Risiko 2005 mit einem hohen Risiko bei einem DFS-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-3	**hoch 4-9**	**Summe**
reales	**niedrig**	6	11	17

Risiko_05	**hoch**	7	14	21
	Summe	13	25	38

Spezifität:	35,29 %
Sensitivität:	66,66 %
pos. Vorhersagewert:	56,00 %
neg. Vorhersagewert:	46,15 %

3. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2005 mit einem niedrigen Risiko entsprechend der Werte 1-6 und einem hohen Risiko entsprechend der Werte 7-9 vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem DFS-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_05		
		niedrig 1-6	**hoch 7-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	11	4	15
	hoch	17	6	23
	Summe	28	10	38

Spezifität:	73,33 %
Sensitivität:	26,08 %
pos. Vorhersagewert:	60%
neg. Vorhersagewert:	39,28 %

4. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2005 mit einem niedrigen Risiko entsprechend der Werte 1-3 und einem hohen Risiko entsprechend der Werte 4-9 vs. reales

Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem DFS-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_05		
		niedrig 1-3	**hoch 4-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	5	10	15
	hoch	13	10	23
	Summe	18	20	38

Spezifität:	33,33 %
Sensitivität:	43,47 %
pos. Vorhersagewert:	50%
neg. Vorhersagewert:	27,77 %

5. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko entsprechend der Werte 1-6 und einem hohen Risiko entsprechend der Werte 7-9 vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem DFS-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-6	**hoch 7-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	12	3	15
	hoch	15	8	23
	Summe	27	11	38

Spezifität:	80%
Sensitivität:	34,78 %
pos. Vorhersagewert:	72,72 %
neg. Vorhersagewert:	44,44 %

6. Berechung der Spezifität und Sensitivität des CCLP-Tests 2003 mit einem niedrigen Risiko entsprechend der Werte 1-3 und einem hohen Risiko entsprechend der Werte 4-9 vs. reales Risiko 2007 mit einem hohen Risiko bei einem DFS-Index ≥ 1 zu den Untersuchungszeitpunkten bei n = 38 Probanden

		Risiko im Test_03		
		niedrig 1-3	**hoch 4-9**	**Summe**
reales Risiko_07	**niedrig**	8	7	15
	hoch	5	18	23
	Summe	13	25	38

Spezifität:	53,33 %
Sensitivität:	78,26 %
pos. Vorhersagewert:	72%
neg. Vorhersagewert:	61,53 %

9. Danksagung

Mein herzlicher Dank richtet sich an:

- Herrn Prof. Dr. Dr. h.c. P. Gängler für die motivierende und engagierte Betreuung mit vielen guten Ratschlägen und Hilfestellungen sowie die langjährige intensive Unterstützung und Offenheit gegenüber sämtlicher Fragen,

- Herrn Dr. T. Lang für das Überlassen des Promotionsthemas, die positiven, aufbauenden und ausführlichen Gespräche, mit denen ich immer wieder motiviert und an die Thematik herangeführt wurde und für die Offenheit gegenüber jeglichen Fragestellungen,

- Herrn Prof. Dr. S. Zimmer, der mich im Endstadium der Arbeit unterstützt hat und mir seine Literatur zur Verfügung stellte,

- Frau Dr. B. Jennes-Brüggelambert für die umfangreiche Unterstützung der statistischen Arbeit und tabellarischen sowie graphischen Darstellung der Ergebnisse,

- alle Probanden, die regelmäßig bei der zahnärztlichen Untersuchung erschienen sind und an dem Karies-Monitoring teilgenommen haben und dem Klinikteam der Universitätszahnklinik Witten/Herdecke, deren Hilfestellung bei der Bewältigung der Karteikarten etc. ich jeder Zeit in Anspruch nehmen durfte,

- alle, die mich in dieser Zeit individuell unterstützt und motiviert haben,

- die Firma 3M Espe, Seefeld, für die teilweise kostenfreie Bereitstellung der Clinpro™ Cario L-Pop™-Indikatorstäbchen.

10. Lebenslauf

Persönliche Daten

Name:	Sibbing
Vorname:	Anke
Geburtsdatum:	04.11.1981
Geburtsort:	Ahaus
Familienstand:	ledig

Schulbildung / Ausbildung

Aug. 1988 – Juli 1992	Kath. Fliedner-Grundschule Stadtlohn
Aug. 1992 – Juni 2001	Städt. Gymnasium Georgianum Vreden
Sept. 2001 – Sept. 2002	Ausbildung zur Zahntechnikerin (nicht beendet)
Okt. 2002 – Dez. 2007	Studium der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universität Witten/Herdecke

Berufliche Tätigkeit

seit Januar 2008	wissenschaftliche Mitarbeiterin der Fakultät für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde in der Abteilung für Zahnerhaltung und Präventive Zahnmedizin an der Universität Witten/Herdecke

Veröffentlichungen

Mai 2006	Sibbing, A.; Lang, T.; Gängler, P. Kariesrisikobestimmung mit dem Clinpro™ Cario L-Pop™-Test im Vergleich mit klinischen und radiologischen Parametern. 20. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahnerhaltung e.V., 11-13. Mai 2006, Mainz
Nov. 2007	Sibbing, A., Jordan, R. A., Markovic, Lj. Ceram.x Global University Case Contest 2007/08 mit Posterpräsentation auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, 23.-25.November 2007, Düsseldorf, 3. Platzierung

11. Eidesstattliche Erklärung

Anke Sibbing
Rosi-Wolfstein-Str. 14
58453 Witten

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema „Eine longitudinale 4-Jahres-Studie zur Kariesrisikobestimmung mit dem Clinpro™ Cario L- Pop™ im Vergleich mit klinischen Parametern“ selbstständig und ohne fremde Hilfe angefertigt und die in der Arbeit verwendete Literatur vollständig zitiert habe. Die Statistik und Darstellung der Ergebnisse ist unter Hilfestellung mit Frau Dr. B. Jennes-Brüggelambert entstanden.
Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Witten, 09. Mai 2009

_____
Anke Sibbing