

**Fluoreszenzoptische Untersuchung an
versiegelten Zähnen**

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

Claudia Yvonne Gaitzsch
aus Bonn

2013

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Professor Dr. M. Frentzen
2. Gutachter: Professor Dr. Jäger

Tag der Mündlichen Prüfung: 29.01.2013

Aus der Poliklinik für Parodontologie, Zahnerhaltung und Präventive Zahnheilkunde des Zentrums für Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde, Bonn
Direktor: Professor Dr. Dr. S. Jepsen

Meiner Familie

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis

1	Einleitung	8
1.1	Einführung	8
1.2	Fissuren	10
1.2.1	Fissurenmorphologie und Karies	10
1.2.2	Strategien zur Vermeidung von Fissurenkaries	12
1.2.2.1	Mundhygiene	12
1.2.2.2	Fluoride	14
1.2.2.3	Chlorhexidinhaltiger Lack	16
1.2.2.4	Fissurenversiegelung	17
1.2.2.5	Ozon	18
1.3	Diagnostische Möglichkeiten von Fissurenkaries	20
1.3.1	Klinische Diagnostik	20
1.3.2	FOTI	24
1.3.3	ECM	25
1.3.4	Röntgenologische Kariesdiagnostik	26
1.3.5	Fluoreszenz-basierte Diagnostik	27
1.4	Fissurenversiegler	30
1.5	Fluoreszenzdiagnostik	34
1.5.1	Grundlagen	34
1.5.2	Systeme	36
1.5.3	Klinische Anwendung	38
1.6	Ziel der Arbeit	40
2	Material und Methoden	41
2.1	Versuchsablauf	41
2.1.1	Herkunft der Versuchsproben	41
2.1.2	Lagerung	41
2.1.3	Versuchsdesign	41
2.2	Material	46
2.2.1	Zähne	46
2.2.2	Versiegler	46

2.2.2.1	Fissurit® F	46
2.2.2.2	Fissurit®	48
2.2.2.3	Experimenteller Versiegler	48
2.2.3	VistaCam®-Kamera	49
2.3	Auswertung	52
3	Ergebnisse	56
3.1	Gruppenspezifischer Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte nach Politur der Zahnpräparate	56
3.2	Gruppenspezifischer Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte vor und nach der Politur der Zahnpräparate	57
3.3	Gruppenspezifischer Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte der polierten und versiegelten Zahnpräparaten	60
3.4	Vergleich der Versiegler untereinander in Bezug auf die mögliche Diagnosestellung mit dem Diagnosehilfsmittel VistaCam®-Kamera	67
4	Diskussion	70
4.1	Ergebnisdiskussion	70
4.2	Methodendiskussion	72
4.3	Literaturvergleich	73
4.4	Ausblick und klinische Relevanz	75
5	Zusammenfassung	76
6	Anhang	77
7	Literaturverzeichnis	89
8	Danksagung	105

Abkürzungsverzeichnis

ART	Atraumatic Restorative Treatment
Bis-GMA	Bisphenol A-Glycidylmethacrylat
bzw.	beziehungsweise
°C	Grad Celcius
CCD	Charged Coupled Device
CHX	Chlorhexidin
D1	Demineralisation der äußeren Schmelzhälfte
D3	Demineralisation der äußeren Dentinhälfte
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten
ECM	Electrical Cariesmonitor/ elektrische Widerstandsmessung
et al.	et alteri
FOTI	Fiberoptische Transillumination
g	Gramm
GIZ	Glasionomer Zement
IFC	Iris Focus Control
min	Minute
ml	Milliliter
mm	Millimeter
mW	Milliwatt
NaCl	Natriumchlorid
nm	Nanometer
QLF®	Quantitative Light Fluorescence
s	Sekunde
UDMA	Urethan-Dimethacrylat
µm	Mikrometer

1 Einleitung

1.1 Einführung

Karies ist eine der weitverbreitetsten Zahnhartgewebserkrankungen mit denen sich der Zahnarzt in seiner täglichen Praxis auseinandersetzen muss. Aufgrund moderner Präventionsmaßnahmen, wie fluoridierte Nahrungsmittel oder Fissurenversiegelungen, konnte die Prävalenz der Karies signifikant gesenkt werden (Menghini et al., 2003). Darüber hinaus wurde ein deutlicher Rückgang der Glattflächenkaries beobachtet. Dieser hat einen relativen Anstieg der Okklusalfächenkaries zur Folge. Speziell die Fissurenversiegelung gilt laut DGZMK in diesem Zusammenhang als anerkanntes Verfahren zur okklusalen Kariesprophylaxe (Stößer et al., 2005). Sie ist dann indiziert, wenn die zu verschließende Fissur kariesfrei ist. Die Versiegelung sollte möglichst bald nach dem Durchbruch der bleibenden Zähne durchgeführt werden. Fissurenversiegelungen müssen regelmäßig kontrolliert werden. Die DGZMK empfiehlt ein Recallintervall von sechs Monaten (Stößer et al., 2005). Wichtig ist hierbei, dass initialkariöse Zahnhartgewebsveränderungen frühzeitig erkannt werden. Gelingt dies nicht, kann es unterhalb einer Fissurenversiegelung zu einer Karies kommen. Die Beurteilung der Fissurenversiegelung stellt den Zahnarzt vor eine schwierige Aufgabe. Häufig werden in der täglichen Praxis weiße Fissurenversiegler verwendet. Die darunterliegende Fissur kann weder tastend noch visuell geprüft werden.

Im Rahmen der jüngeren Fluoreszenzforschung in der Zahnheilkunde wurde das DIAGNOdent® System entwickelt. Erhofft wurden zuverlässige und objektive Diagnosen in Bezug auf initialkariöse Läsionen. Studien belegen jedoch, dass das DIAGNOdent® System aufgrund der Sondeneigenschaft relativ ungenau ist. Fluoreszenzkameras, die die modernsten Entwicklungen darstellen, werden getestet. Diese untersuchen den gesamten Zahn und können so Ungenauigkeiten, die durch Sondierungslücken entstehen können, vermeiden. Ihre Zuverlässigkeit konnte die VistaCam®-Kamera hinsichtlich der Kariesdiagnostik an unbehandelten Zähnen in Studien belegen (Schweizer, 2010). Darüber hin-

aus scheint die VistaCam®-Kamera auch im Zusammenhang mit versiegelten Zähnen eine sinnvolle Diagnosehilfe zu sein, wenn kariöse Läsionen unter den Versieglungsmaterialien detektiert werden können.

1.2 Fissuren

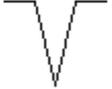
1.2.1 Fissurenmorphologie und Karies

Die Okklusalfäche eines Molaren hat eine von engen Tälern zerfurchte Oberfläche. Ihre typischen Merkmale sind Höcker und Fissuren. Diese Morphologie ist dafür verantwortlich, dass eine adäquate Reinigung der Zahnflächen nicht durchführbar ist (Gängler et al., 2005). Es handelt sich hierbei um eine Prädispositionsstelle für Karies (Hellwig, 2007).

In verschiedenen Studien wurde die anatomische Struktur der Fissuren genauer untersucht. Bereits 1963 und 1966 wurde diese von König als wichtiger Faktor in Bezug auf den Ort und den Beginn einer kariösen Läsion beschrieben.

Lussi et al. (1995) beobachteten in ihrer Studie die Tatsache, dass ungefähr die Hälfte aller Fissuren mit einer Zahnbürste unzugänglich sind. Daraus folgt eine vermehrte Plaqueakkumulation in der Fissur (Gängler et al., 2005). Vor allem während der Durchbruchphase der Molaren ist eine signifikant erhöhte Plaqueablagerung auf der Okklusalfäche zu beobachten (Carvalho et al., 1989).

Bei der Betrachtung des Fissurenquerschnitts fällt auf, dass dieser sowohl in Form als auch Tiefe individuell ausgeprägt ist. Es gibt V-, U-, spalt- und ampullenförmige Fissuren unterschiedlicher Tiefen (Tab.1). Tiefe spalt- oder ampullenförmige Fissuren sind besonders schwer zu reinigen (Hellwig, 2007). Die anatomisch bedingte Plaqueretention ist mit Sicherheit ein Grund für den relativ häufigen Kariesbefall der Molaren.

	
V-förmige Fissur	U-förmige Fissur
	
Spaltförmige Fissur	ampullenförmige Fissur

Tab.1: Unterschiedliche Fissurenformen im Querschnitt

Als weitere Gründe zur Kariesanfälligkeit von Fissuren und Grübchen werden die geringe Schmelzdicke am Fissurenboden (Rohr et al., 1991) sowie die schlechte Fluoridierung in diesem Bereich (Pearce, 1999) angenommen.

Die bestehende Kariesanfälligkeit der Okklusalfächen konnte in Studien belegt werden. Trotz eines signifikanten Kariesrückgangs im letzten Jahrzehnt (Marthaler, 2004) und der damit verbundenen Umverteilung der kariösen Prä-dilektionsstellen (Goddon et al., 2007) tritt die Fissuren- und Grübchenkaries weiterhin auf. Sie stellt bei kariesarmen Kindern 75 % bis 92 % der kariösen Läsionen dar (Gängler et al., 2007).

Die Fissurenkaries beginnt als Glattflächenkaries an den Wänden der Fissur (Hellwig, 2007). In der Plaque enthaltene Bakterien produzieren im Rahmen ihres Stoffwechsels Säuren. Diese Säuren werden von den Bakterienzellen ausgeschieden und kommen mit der Zahnoberfläche in Kontakt. Die sauren Wasserstoffprotonen diffundieren aufgrund des Konzentrationsgefälles in den Zahn. Dort greifen sie die kristalline Struktur des Schmelzes an. Calcium und Phosphationen werden aus dem Schmelz gelöst und diffundieren in die Plaque. Dauert die Säureproduktion der Bakterien länger an, entstehen Defekte im Schmelz (Hellwig, 2007).

Als besonders problematische kariöse Läsion ist die sogenannte *hidden caries* zu bewerten. Sie stellt eine Zahnhartgewebserkrankung dar, bei der keine klinischen Anzeichen einer kariösen Läsion zu beobachten sind (Ricketts et al., 1997). Bakterien breiten sich im Dentin unter der makroskopisch intakten

Schmelzoberfläche aus (Eckstrand, 2001). Es entstehen relativ große Dentinläsionen, die klinisch nicht erkennbar sind. *Hidden caries* macht 15 % bis 50 % (Weerheijm et al., 1992; Gängler, 2005) aller okklusalen Läsionen im Molarenbereich aus.

1.2.2 Strategien zur Vermeidung von Fissurenkaries

Im Folgenden werden verschiedene Methoden zur Kariesprophylaxe in Fissuren und Grübchen vorgestellt. Häufig sind es Kombinationen aus den aufgezählten Verfahren, die eine erfolgreiche Kariesprophylaxe ermöglichen.

1.2.2.1 Mundhygiene

Eine systematische häusliche Mundpflege ist unerlässlich um Gingivitis, Parodontitis und Karies vorzubeugen (Schiffner, 1995). Sie dient dazu Zahnoberflächen zu reinigen sowie die Gingivadurchblutung anzuregen (Schmelzer, 2000). Ihr Ziel sollte sein, möglichst alle Zahnflächen optimal von Plaque zu befreien (Roulett und Zimmer, 2004). Nach Empfehlung der DGZMK sollte die Zahnreinigung mit Hilfe einer Zahnbürste mit abgerundeten Borsten und fluoridhaltiger Zahnpasta mindestens zweimal täglich durchgeführt werden (Schiffner, 1995).

Die optimale Reinigung der Zähne hängt von verschiedenen Faktoren ab. Ein wichtiger Faktor ist die Reinigungszeit. Nach 30 Sekunden pro Quadrant ist der Hauptreinigungseffekt erreicht (Van der Weijden et al., 1993). Demzufolge sollte die Zahnreinigung mindestens zwei Minuten dauern. Vor einigen Jahren kam die Diskussion auf, ob eine einmalige Reinigung alle 24 Stunden ausreicht. Die These wurde auf der Tatsache begründet, dass Mikroorganismen 24 Stunden benötigen, um auf optimal gereinigten Zahnoberflächen eine stoffwechselaktive Plaque zu etablieren. Dem widerspricht die DGZMK mit dem Argument, dass eine optimale Reinigung in seltenen Fällen erzielt wird (Schiffner, 1995). Nach neuesten Erkenntnissen korreliert die Mundgesundheit mit der Putzhäufigkeit (Schenk und Knopf, 2007). Es ist also zweckmäßig, sich mehrmals täglich die

Zähne zu putzen. Einen weiteren Faktor für die optimale Zahnreinigung stellen die verwendeten Hilfsmittel dar. Hier wird, wie oben erwähnt, von der DGZMK empfohlen, mindestens eine Zahnbürste und fluoridhaltige Zahnpasta zu verwenden. Die Reinigung der Approximalräume sollte mit Zahnseide oder Interdentalbürsten erfolgen (Schiffner, 1995). Die Auswahl der Hilfsmittel sollte individuell passieren. Demzufolge ist Zahnseide nur dann sinnvoll, wenn diese auch korrekt angewandt wird (Berchier et al., 2008). Entscheidend für den Erfolg der Mundhygiene ist darüber hinaus auch die angewandte Technik. Es wird empfohlen, mit dem Zähneputzen bereits bei Kleinkindern nach Durchbruch des ersten Zahns zu beginnen. Die Pflege sollte von den Eltern durchgeführt werden. Ab dem dritten Lebensjahr können die Kinder mit Nachputzen der Eltern selbst beginnen die Zähne zu reinigen. Hier sollte die Fonestechnik angewandt werden. Ab dem Schulalter sollte diese auf die modifizierte Bass-technik umgestellt werden (Schiffner, 1995).

Diese Art der Kariesprophylaxe erfordert einen motivierten Patienten mit guter Compliance. Der Patient muss durch ein gut geschultes Praxisteam adäquat instruiert und regelmäßig motiviert werden. Selbst dem strebsamen Patienten ist es aufgrund von anatomischen Strukturen häufig nicht möglich, alle Zahnflächen vollständig zu reinigen. Fissuren stellen eine dieser schwer zu reinigen Flächen dar (Hellwege, 1999). Sie können bedingt durch ihre Morphologie auch von gewissenhaften Patienten häufig nicht komplett von Plaque befreit werden (Abb.1) (Heidemann, 1999).

Eine Fissurenversiegelung kann diese anatomischen Variationen verschließen und so ein besser zu reinigendes Gebiss schaffen.

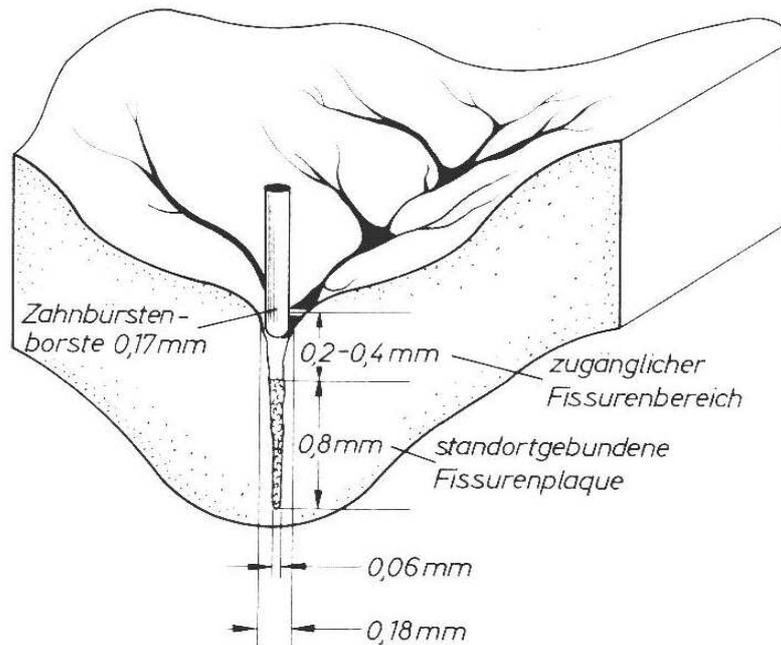


Abb. 1: Mit einer handelsüblichen Zahnbürste wird der Fissurenboden nicht erreicht. Es verbleibt eine standortgebundene Plaque auch bei gründlicher Zahnreinigung (Hellwege, 1999).

1.2.2.2 Fluoride

Fluoride sind Spurenelemente, welche zu 99 % in den Zähnen und Knochen des menschlichen Körpers gespeichert werden (Ekstrand und Whitford, 1988). Sie werden über die Nahrung und das Trinkwasser aufgenommen (Roulett und Zimmer, 2004). Ihre kariespräventive Wirkung ist bereits seit dem 19. Jahrhundert bekannt (Gängler et al., 2005). Die Fluoridierung stellt eine bewährte Methode zur Ergänzung der Kariesprophylaxe dar (Hotz, 1997). Fluoride können sowohl systemisch als auch lokal appliziert werden. In den letzten Jahren hat sich in Studien erwiesen, dass vor allem die lokale Fluoridierung in mehrerer Hinsicht einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Zahnhartsubstanz hat (Hellwig und Lennon, 2004; Stößer, 2006; König, 1987). Sie ist wirksamer als die systemische Fluoridierung (DGZMK 2000).

Werden Fluoride lokal verabreicht, haben diese verschiedene positive Effekte. Sie stimulieren die Schmelzremineralisation, inhibieren den bakteriellen Metabolismus und reduzieren die Schmelzlöslichkeit (Stößer, 2006). Die Wirkungen

erzielt das Fluorid über verschiedene Wege. Es diffundiert als Flusssäure in die Bakterienzelle und senkt den intrazellulären pH-Wert. Hier, also intrazellulär, hemmt es außerdem das Enzym Enolase. Dieses Enzym ist Teil des Glukosestoffwechsels des Bakteriums und somit für die Energiegewinnung essentiell. Die Energieproduktion der Zelle sowie die Milchsäureproduktion werden gehemmt (Hamilton und Bowden, 1988). Darüber hinaus bildet Fluorid in Kombination mit Calcium eine Deckschicht an der Zahnoberfläche. Sinkt der intra-orale pH-Wert, werden aus ihr Calcium- und Fluoridionen freigesetzt, die den Demineralisationsprozess hemmen und die Remineralisation der Zahnhartsubstanz fördern (David, 1997).

Zur lokalen Anwendung sind Fluoride in verschiedenen Formen erhältlich. Sie sind in Zahnpasten sowie Mundspüllösungen vertreten. Somit finden sie regelmäßige Verwendung durch den Patienten. Auch der Zahnarzt verfügt über ein Repertoire an höher dosierten Fluoridprodukten. Es gibt sie in Form von Lacken und Gelen (Rieben und Kielbassa, 2007).

Laut DGZMK werden fluoridhaltige Zahnpasten mit dem Evidenzlevel A empfohlen. Ebenso wird die zwei- bis mehrmalige Applikation pro Jahr von Fluoridlacken sowie die regelmäßige Anwendung von Fluoridgelen unterstützt (Gülzow et al., 2004).

Der systemischen Fluoridierung mittels Trinkwasser, Kochsalz oder Tabletten wird heute nur noch ein sekundärer Stellenwert zugeordnet. Die Erfolge der systemischen Fluoridierung beruhen auf den lokalen Nebenwirkungen der jeweiligen systemischen Anwendung (Schiffner, 2007). Getränke, Kochsalz sowie Tabletten, welche der Patient im Mund zergehen lässt, verweilen über einen gewissen Zeitraum im Mund und können so ihre lokale Wirkung entfalten (Kielbassa und Tschoppe, 2009).

Wichtig im Zusammenhang mit Fluoriden ist die korrekte Dosierung. Bei einer Überdosierung während der Zahnentwicklung kann es zu sogenannten Schmelzfluorosen kommen (Schiffner, 2007). Werden sehr große Mengen Fluorid eingenommen (3 bis 5 mg/kg Körpergewicht) entwickelt dies eine toxische Wirkung. Eine letale Dosierung wird ab 30 bis 65 mg/kg Körpergewicht erreicht (Roulett und Zimmer, 2004).

Die kariesreduzierende Wirkung ist bei Fluoriden stark von der Compliance des Patienten abhängig (Rieben und Klebsilla, 2007).

1.2.2.3 Chlorhexidinhaltiger Lack

Den Wirkstoff Chlorhexidin (CHX) entdeckte die Firma ICI bereits im Jahre 1954 (Arweiler et al., 2011). Vor 40 Jahren wurde die Wirksamkeit von Chlorhexidin auf die mikrobakterielle Plaque der Mundhöhle beobachtet (Löe und Schiott, 1970). Heutzutage gilt Chlorhexidin mit seiner ausgezeichneten antibakteriellen Wirkung als Goldstandard zur chemischen bzw. chemisch-mechanischen Plaquekontrolle (Kneist, 2011). Chlorhexidin gibt es in verschiedenen Darreichungsformen, wie zum Beispiel als Mundspüllösung, die vor allem in der Gingivitis-therapie eingesetzt wird. Darüber hinaus ist es auch als Gel, Spray, Chip oder im Zusammenhang mit der präventiven Therapie einer Fissurenkaries als Lack erhältlich (Arweiler, 2009).

Die Wirkung des Chlorhexidins beruht auf der Zerstörung der Zellwände von *Streptococcus mutans* (David, 1997). Diese Wirkung ist konzentrationsabhängig. Das CHX wird in Form eines Salzes, dem Chlorhexidindigluconat, verabreicht. In neutral wässriger Lösung liegt es als positiv geladenes Molekül vor und kann sich somit an negativ geladene Strukturen der Mundhöhle anlagern (Substantivität) (Roulet und Zimmer, 2003). Hierauf basiert seine lange Wirksamkeit von mindestens 12 Stunden (Arweiler, 2009).

In klinischen Studien zur Wirksamkeit von CHX-Lacken findet man widersprüchliche Ergebnisse. So besagen einige Studien, dass initial die Konzentration von *Streptococcus mutans* im Speichel vermindert werden kann. Dieser positive Effekt wird jedoch nicht über einen längeren Zeitraum konstant gehalten. In diesem Zusammenhang steht auch die Aussage, dass die Karieszunahme gegenüber der Kontrollgruppe nicht signifikant gesenkt werden konnten, bzw. zu unkontinuierlich ist, um eine statistische Relevanz im Zusammenhang mit CHX-Lacken zu beweisen (Forgie, 2000; Splieth et al., 2000). Andere Studien berichten über eine signifikante Senkung von Fissurenkaries und einer hiermit korrelierender Abnahme von im Speichel enthaltenden *Streptococcus mutans*

Bakterien (Brathall, 1995). Joharji und Adenubi (2001) beobachteten in ihrer neunmonatigen Studie eine kariessenkende Wirkung von CHX-Lacken. In dieser Studie wurden die CHX-Lacke wiederholt alle drei Monate appliziert. Bravo et al. (2005) konnten eine kariesprophylaktische Wirkung von CHX-Lacken gegenüber einer Kontrollgruppe feststellen. Die Kariesprävalenz wurde fast um die Hälfte gesenkt, wobei die präventive Wirkung der Fissurenversiegler besser war.

Als Vorteil der CHX-Lacke sei erwähnt, dass die sonst auftretenden Nebenwirkungen wie braune Verfärbungen der Zähne und Geschmacksempfindungsstörungen hier nicht beobachtet werden konnten (Forgie, 2000).

Berücksichtigt man jedoch den Aufwand und Erfolg der Applikation von CHX-Lacken, ist diese prophylaktische Maßnahme einer Fissurenversiegelung unterlegen (Roulet und Zimmer, 2003).

1.2.2.4 Fissurenversiegelung

Die Fissurenversiegelung stellt ein modernes anerkanntes Verfahren zur Kariesprophylaxe von Fissuren und Grübchen dar (Ahovuo-Saloranta et al., 2008). Diese schwer mit der Zahnbürste zugänglichen Kariesprä-dilektionsstellen werden durch Auffüllen mit einem dünnfließenden Material verschlossen und somit vor Plaqueablagerungen geschützt. Kariogene Noxen erreichen die Fissuren und Grübchen nicht mehr (Renner, 2007).

Fissurenversiegler wurden erstmals in den 1970ern und 1980ern entwickelt (Azarpazhooh und Main, 2008). Ihre kariespräventive Wirkung konnte in vielen Studien belegt werden. So beobachteten Ahovuo-Saloranta et al. (2008) einen signifikanten Unterschied der Kariesprävalenz versiegelter und nicht versiegelter Molaren. Lediglich 27 % der versiegelten Zähne entwickelten in einem Zeitraum von neun Jahren eine Karies. Nicht versiegelte Zähne hingegen wiesen nach neun Jahren zu 77 % eine kariöse Läsion auf. Auch Azarpazhooh und Main (2008) stellten eine gute kariesprophylaktische Wirkung von Fissurenversiegelungen fest. Poulsen et al. (2001) fanden eine Abhängigkeit der kariespräventiven Wirkung und dem Versieglermaterial heraus. Sie stellten fest, dass

Glasionomerzement basierte Versiegler dreimal schlechter wirken als Kunstharz basierte.

Bei vergleichenden Studien der kariesprophylaktischen Wirkung von Versiegler und CHX-Lacken überzeugten die Versiegler. So stellten Bravo et al. (2005) eine deutlich bessere Effektivität der Fissurenversiegler fest. Nur 26,6 % der versiegelten Fissuren entwickelten eine kariöse Läsion. Die mit CHX-Lacken behandelten okklusalen Flächen entwickelten zu 55,8 % Karies. Auch die Studie von Hiiri et al. (2010) stützt diese These.

Die DGZMK empfiehlt Fissurenversiegelungen bei Molaren nach einer negativen Kariesdiagnostik. Ihr Ziel ist die Umgestaltung eines plaqueretentiven Fissurenreliefs. Indikationen zur Fissurenversiegelung sind gesunde plaqueretentive kariesgefährdete und nicht kavitierte Zähne. Kontraindikationen sind okklusale Dentinläsionen (Kühnisch et al., 2010).

Folglich kann gesagt werden, dass es sich bei der Fissurenversiegelung um ein wirksames kariespräventives Mittel handelt, welches sich durch eine ausgesprochene langfristige Wirkung auszeichnet. Es wird regelmäßig und erfolgreich in der zahnmedizinischen Praxis angewandt.

1.2.2.5 Ozon

Bereits im Jahre 1839 wurde das Ozonmolekül von Professor C. F. Schönbein beschrieben (Rubin, 2001). Es besteht aus drei Sauerstoffatomen. Ozon ist sehr reaktiv und befindet sich bei normalem Luftdruck im gasförmigen Aggregatzustand (Allais, 2010). Medizinisches Interesse am Ozon besteht aufgrund seiner bakteriziden, viruziden und fungiziden Wirkung (Azaarpazhooch und Limeback, 2007). Das reaktionsfreudige Sauerstoffmolekül attackiert durch seine Dipoleigenschaften die negativ geladene Membran einfacher Organismen. Bakterien, mit Viren befallene Zellen und Pilze haben als Einzeller keine Möglichkeit dem Angriff von Ozon auszuweichen. Es entsteht eine Membranperforation der Zelle (Schneider und Gläser, 2011).

Im Bereich der Zahnmedizin kommt Ozon bereits bei der Kariestherapie zur Anwendung. Zum Beispiel konnte sich das Gerät HealOzone (KaVo, Biberbach;

Deutschland) in klinischen Studien beweisen (Holmes und Lynch, 2003). Es konnte nachgewiesen werden, dass Ozon kariöse Läsionen inaktiviert. Ebenso können okklusale Flächen durch das reaktionsfreudige Sauerstoffmolekül von Biofilm befreit werden (Lynch und Abu-Naba, 2002).

Die Applikation von Ozon auf Zahnoberflächen erfolgt über ein Handstück. Mittels einer Silikonkappe, die lückenlos auf die Untersuchungsfläche aufgelegt wird, entsteht ein Vakuum. Dadurch wird verhindert das Ozon entweicht (Schneider und Gläser, 2011). Grundsätzlich hat Ozon keine Nebenwirkungen auf das orale Gewebe (Huth et al., 2006). Auf die Endothelzellen der Lungenalveolen wirkt es allerdings ähnlich wie auf die Mikroorganismen (Schneider und Gläser, 2011).

Die therapeutische Anwendung dauert pro Fläche 20 Sekunden und ist somit relativ zeitintensiv (Allais, 2010). Der Langzeiteffekt der Ozontherapie ist prophylaktisch nicht gegeben. Nach 24 Stunden entsteht bereits eine neue stoffwechselaktive Plaque (Roulet und Zimmer, 2004). Folglich ist die Anwendung von Ozon zum Beispiel im Zusammenhang mit einer Fissuren-versiegelung denkbar, um so einen Langzeiteffekt zu erreichen.

1.3 Diagnostische Möglichkeiten

1.3.1 Klinische Diagnostik

Kariesdiagnostik stellt in der Zahnmedizin eine der primären Aufgaben dar (Jablonski-Momeni, 2010). In der Vergangenheit erfolgten Diagnosestellungen mittels visueller Inspektion, Licht und unter Zuhilfenahme einer Sonde (Newburn et al., 1959; Lussi et al., 1995,1999; Rock und Kidd, 1988). Seit einiger Zeit ermöglicht der technische Fortschritt die Suche nach geeigneteren Hilfsmitteln (Pretty, 2006; Eberhardt et al., 2007), welche die Diagnostik nicht nur vereinfachen, sondern auch präzisieren. Darüber hinaus soll die Entscheidung bezüglich der richtigen Therapieform objektiviert werden. Diese hängt wiederum von der richtigen Diagnose ab (Brostek, 2004).

Aufgrund umfangreicher Fluoridierungsmöglichkeiten und der damit verbundenen Remineralisation der geschwächten Zahnhartsubstanz (Rudolph, 2005; Heyfelder, 2010), stellt die invasive Behandlung nicht mehr die einzige Therapieform dar. Zur korrekten Therapieentscheidung wird häufig als weitere Hilfestellung ein Überblick über den Krankheitsverlauf benötigt. Es wird ein Langzeitmonitoring erforderlich, das eventuellen Fortschritt, Stagnation oder Rückgang einer Krankheit dokumentiert und somit Therapieerfolge oder Misserfolge einer nicht invasiven Therapie frühzeitig sichtbar macht. Das heißt also, dass die Reproduzierbarkeit unterschiedlicher diagnostischer Systeme gewährleistet sein muss (Hellwig et al., 2007).

Die traditionelle Kariesdiagnostik stellt auch heute noch die primäre Untersuchungsmethode dar (Heinrich-Weltzien, 2008). Auf ihr basieren Entscheidungen bezüglich der weiterführenden diagnostischen Maßnahmen. Bedenklich ist hierbei nicht nur, dass sehr wenige kariöse Bereiche entdeckt werden und somit auch eventuell keine genaueren diagnostischen Mittel herangezogen werden, sondern auch, dass durch Sondierungen Zahnhartsubstanz geschädigt werden kann (Ekstrand et al., 1987; Lussi, 1991,1993). Eine positive Diagnose einer Karies mittels Sonde ist zweifelhaft, da es aufgrund der Fissurenanatomie zu Falschinterpretationen eines "Steckenbleibens" kommen kann (Rock und Kidd, 1988; Lussi, 1994). Eine spitze Sonde sollte dementsprechend nicht mehr

zur Diagnose von Karies in Fissuren oder Grübchen angewandt werden (Hellwig et al., 2007).

In Studien stellte sich heraus, dass im Rahmen klinischer Untersuchungen okklusale kariöse Läsionen im Bereich des D₃-Levels nur zu 12 % bis 82 % richtig erkannt werden (Wenzel et al., 1991; Lussi, 1991, 1993, 1996; Huysmans 1998). Die Sensitivität verschlechtert sich zu dem auf 10 % bis 52 % bei Betrachtung der so genannte *hidden caries* an Stelle einer D₃-Kavitäten (Creanor et al., 1990; Kidd et al., 1992; Lussi et al., 1997, 1999; Weeheijm et al., 1992). *Hidden Caries* beschreibt eine durch breite Fluoridierungsmaßnahmen vermehrt auftretende Form eines kariösen Befalls (Creanor et al., 1990). Man vermutet, dass ca. 15 % aller Dentinläsionen in Form einer *hidden caries* auftreten (Heidemann, 1999). Es handelt sich bei ihr, um eine bakterielle Ausbreitung im Dentin unter makroskopisch pseudointakter Schmelzoberfläche (Eckstrand, 2001). Sie ist folglich besonders schwer mit bloßem Auge zu erkennen.

Eine leichte Verbesserung der Kariessensitivität konnte durch den Einsatz eines Luftpüsters anstatt einer Sonde erzielt werden. Die entmineralisierten Bereiche imponieren besonders im getrockneten Zustand durch ihre Opazität. Diese kommt durch kleinste Lufteinschlüsse in der porösen Zahnhartsubstanz zustande (Lussi, 1993). Andere Hilfsmittel, wie zum Beispiel der Einsatz einer Lupenbrille, konnten laut Lussi diese Ergebnisse nicht signifikant verbessern. Die Spezifität, also die Eigenschaft gesunde Zähne als gesund zu erkennen, liegt bei 82 % bis 100 % (Wenzel et al., 1991; Lussi, 1991, 1993, 1996; Huysmans, 1998). Das bedeutet, dass sich die Gefahr der unnötigen Kariesbehandlung eines Zahns im Zusammenhang mit der traditionellen Untersuchungsmethode als relativ gering darstellt.

Im Jahr 2003 wurde von einer internationalen Forschergruppe eine neue Systematik der Karieskategorisierung entwickelt. Die Kategorisierung stellt eine Codierung der visuellen Kariesdiagnostik dar. Sie nennt sich das "International Caries Detection and Assessment System". 2005 wurde das System erneut überarbeitet. Das Ziel des Systems war es, visuelle Kariesdiagnostik aussagekräftiger zu machen und zu objektivieren. Außerdem soll die Kommunikation entsprechender Befunde vereinfacht werden (Tab 2).

Code	Beschreibung
0	Intakte Zahnoberfläche
1	Erste visuelle Veränderungen im Schmelz
2	Deutliche visuelle Veränderungen im Schmelz
3	Lokalisierte Schmelzeinbrüche infolge von Karies ohne freiliegendes Dentin oder durchscheinende Schatten
4	Unterliegender dunkler Schatten im Dentin mit oder ohne lokalisierten Schmelzeinbruch
5	Deutliche Kavität mit sichtbarem Dentin
6	Deutlich ausgeprägte Kavität mit sichtbarem Dentin

Tab. 2 : ICDAS II-Code für Fissuren und Grübchen. Die Kategorisierung stellt eine numerische Codierung der visuellen Kariesdiagnostik dar.

Im Jahr 2004 entwickelte auch Eckstrand neue Kriterien zur Karieseinordnung. Hierbei wurde ein besonderer Wert auf den Aktivitätszustand der jeweiligen Karies gelegt (Tab. 3).

Grad	Klinischer Befund	Histologischer Befund	Infektionsgrad der Schmelz-Dentin-Grenze
0	Keine oder geringfügige Veränderung der Schmelztransluzenz nach intensiver Trocknung (>5s) mit dem Luftbläser	Keine oder sehr oberflächige Demineralisation	Keine Infektion
1	Opazität oder kaum sichtbare Verfärbung, die nach Trocknung deutlich hervortritt	Schmelzdemineralisation begrenzt auf die äußere Schmelzhälfte	Keine Infektion
1a	Weißer Verfärbung = Hinweis auf aktive Läsionen		
1b	Brauner Verfärbung = Hinweis auf arretierte Läsionen		
2	Opazität bzw. Verfärbung ohne Trocknung deutlich sichtbar	Demineralisation, die 50% des Schmelzes und bis zu 1/3 des Dentins betreffen kann	Leichte Infektion
2a	Weißer Verfärbung = Hinweis auf aktive Läsionen		
2b	Brauner Verfärbung = Hinweis auf arretierte Läsionen		
3	Lokalisierter Schmelzeinbruch im opak veränderten oder verfärbten Schmelz und/oder graue Verfärbung ausgehend vom darunterliegenden Dentin	Demineralisation, die das mittlere Dentindrittel einbezieht	Moderate Infektion
4	Kavitätenbildung im opaken oder verfärbten Schmelz, dabei Dentinfreilegung	Demineralisation, die das innere Dentindrittel einbezieht	Starke Infektion

Tab. 3: Graduierung der visuellen Kariesdiagnostik in der Fissur nach Eckstrand (2004).

Beiden Graduierungssystemen ist gemein, dass sie von der rein visuellen und somit subjektiven Beurteilung des Zahnarztes abhängen. Die gewünschte Objektivierung der Therapiemaßnahmen ist dadurch nicht erreicht. Die erforderliche Reproduzierbarkeit zur Kontrolle einer nicht invasiven Therapie ist durch eine rein visuelle Beurteilung nicht zufriedenstellend gewährleistet (Hellwig et al., 2007)

Deswegen und aufgrund des Wandels der Erscheinung einer okklusalen Fissuren- oder Grübchenkaries müssen diagnostische Alternativen gesucht werden (Kühnisch und Goddon, 2003).

1.3.2 FOTI

Fiberoptische Transillumination (FOTI), auch Diaphanoskopie genannt, stellt eine physikalisch basierte Technologie zur Kariesdiagnostik dar. Mittels einer Kaltlichtsonde wird der zu untersuchende Zahn erleuchtet (Reitemeier et al., 2006). Als Maß der Zahngesundheit gilt der jeweilige Lichtintensitätsverlust (Kaiser, 2007). Dunklere Bereiche werden als krank interpretiert. Der Lichtintensitätsverlust kommt dadurch zustande, dass poröse Bereiche in einem Zahn einen anderen Lichtbrechungsindex besitzen als gesunde. An den Grenzflächen, also am Übergang von porösen und somit kariösen Bereichen zur gesunden Zahnhartsubstanz, wird vermehrt Licht gestreut und absorbiert. Dadurch erscheinen diese Bereiche dunkler (Hibst, 1999).

In vorangegangenen Studien stellte sich heraus, dass die FOTI besonders hilfreich bei Diagnosestellungen im Bereich von approximaler Karies ist. Hier wurden im Vergleich zur konventionellen klinischen Untersuchung bis zu 62 % mehr Schmelzläsionen und bis zu 72 % mehr Dentinläsionen im Approximalraum erkannt (Davies, 2001). Fiberoptische Untersuchungen der Zahnzwischenräume ergaben eine Sensitivität von 67 % (Peers et al., 1993).

Als nur bedingt geeignet erwies sich dieses Hilfsmittel dagegen bei der Diagnosestellung im Bereich von Okklusalfächen (Reitemeier et al., 2006). Besonders bei Molaren muss eine relativ dicke Zahnhartsubstanz erleuchtet werden. Initialläsionen im okklusalen Fissurenrelief werden nicht aufgedeckt (Rock und Kidd,

1988). Grundsätzlich scheint die fiberoptische Transillumination kein gutes Hilfsmittel zur Diagnostik von Fissurenkaries zu sein (Heidemann et al., 1999). Verdonschot et al. (1991) fanden in ihrer Studie zur Kariesdiagnostik okklusaler Flächen eine Sensitivität von lediglich 13 % heraus.

Ein weiterer Nachteil der FOTI ist, dass diese keineswegs als objektiv zu bewerten ist. Die Interpretation des Lichtintensitätsverlusts geschieht rein visuell und ist somit subjektiv (Bader, 2002). Es erfordert ein umfangreiches Training und praktische Erfahrung, um die fiberoptische Transillumination erfolgreich anzuwenden. FOTI eignet sich folglich als zusätzliche diagnostische Hilfestellung im Approximalbereich nach umfassender Fortbildung jedoch nicht als einziges diagnostisches Hilfsmittel.

1.3.3 ECM

Die elektronische Widerstandsmessung (ECM) beschreibt eine neuartige vielversprechende Methode, bei der der Widerstand des Zahns gemessen wird. Gesundes Zahnhartgewebe hat einen relativ hohen Widerstand. Sobald anorganische Substanzen, also Mineralien, verloren gehen, entstehen Poren in der Zahnhartsubstanz. Diese füllen sich mit Speichel und verringern somit den Widerstand (Ricketts et al., 1997). Betrachtet man unter den oben genannten Aspekten die elektrische Widerstandsmessung, so ergibt sich, dass diese zumindest unter dem Gesichtspunkt einer zuverlässigen Kariesdiagnose eine sinnvolle Ergänzung zur visuellen Diagnostik darstellt (Reitemeier, 2006).

In verschiedenen Studien konnte sich die ECM mit einer Sensitivität von 92 % bis 96 % beweisen (Lussi, 1993, 1995; Ricketts, 1997; Verdonschot et al., 1992). Dies bedeutet, dass nahezu alle kariösen Läsionen diagnostiziert werden. Unterscheidet man jedoch zwischen D₃- und D₁-Kavitäten sinkt die Sensitivität bei D₁-Kavitäten auf nur noch 61 % (Ricketts, 1997). Somit gelingt es häufig nicht, eine invasive Therapie durch eine frühzeitige prophylaktische Intervention zu ersetzen und einen Zahnhartsubstanzverlust zu vermeiden.

Die Spezifität beträgt bei der elektrischen Widerstandsmessung 77 % (Lussi, 1993, 1995; Rock und Kidd, 1988; Verdonschot et al., 1992). Das bedeutet al-

so, dass 23 % aller gesunden Zähne als krank diagnostiziert werden. Somit muss befürchtet werden, dass nahezu jeder vierte Zahn ohne Grund einer invasiven Behandlung unterzogen und iatrogen geschädigt werden könnte.

Ein weiterer Nachteil der elektrischen Widerstandsmessung ist der Zeitaufwand der Messung selbst. Eine Punktmessung dauert ca. zehn Sekunden (Lussi, 1995). Der zu vermessende Bereich wird zunächst individuell mittels integrierem Airflow getrocknet, bevor eine Messung erfolgen kann. Da diese eventuell an mehreren Punkten pro Zahn durchgeführt werden muss, ist ein erheblicher Zeitaufwand bei fachlich korrekter Anwendung unvermeidbar.

Darüber hinaus werden von Natur aus mindermineralisierte Bereiche auch als krankhaft angesehen (Lussi et al., 1995), obwohl diese nicht zwangsläufig von Bakterien besiedelt sind. Voraussetzung für eine zuverlässige Diagnose mittels ECM ist außerdem die abgeschlossene Schmelzreifung (Reitemeier, 2006).

Auch der Aspekt des Langzeitmonitorings gestaltet sich schwierig. Sowohl der genaue Punkt als auch der genaue Wert müssen dokumentiert werden. Bei einer erneuten Messung müsste dieser Punkt exakt wieder aufgesucht werden, um einen Vergleichswert zu erzielen.

1.3.4 Röntgenologische Kariesdiagnostik

Betrachtet man die röntgenologische Kariesdiagnostik, so kann festgestellt werden, dass auch diese Art der Diagnostik okklusaler Flächen Schwachpunkte aufweist.

Im Gegensatz zu Approximalflächen werden kariöse Läsionen im Bereich von Fissuren und Grübchen häufig von noch gesundem Schmelz überlagert (Kidd et al., 1993). Lediglich Läsionen, die bereits bis ins Dentin fortgeschritten sind, werden auf Röntgenbildern erkannt (Lussi, 1995). Rock und Kidd (1988) verweisen darauf, dass auf Bissflügelaufnahmen zu erkennende okklusale Läsionen darüber hinaus meist bis an die Pulpa reichen. Das bedeutet, dass auch hier das Anfangsstadium der Erkrankung schon deutlich überschritten ist. Röntgenologisch ersichtliche Läsionen erweisen sich klinisch häufig größer in der Ausdehnung als auf dem Bild ersichtlich (Kidd et al., 1993). Nichtsdesto-

trotz konnte die Sensitivität laut Studien auf 45 % bis 58 % verbessert werden (Lussi, 1993; Huysmans, 1998). Das bedeutet, dass deutlich mehr erkrankte Bereiche diagnostiziert werden als bei der traditionellen Untersuchungsmethode mittels Spiegel und Sonde. Dennoch wird nahezu die Hälfte aller kariösen Läsionen nicht korrekt erkannt. Die okklusale Kariesdiagnostik gilt in den meisten Fällen nicht direkt als Indikation einer röntgenologischen Untersuchung. Es können lediglich vorhandene Bissflügelaufnahmen oder Zahnfilme untersucht werden. Sind entsprechende Aufnahmen verfügbar, ist es sinnvoll, diese bezüglich der okklusalen Kariesdiagnostik zu untersuchen (Hellwig et al., 2007).

Die Spezifität der radiologischen Untersuchung liegt bei 83 % bis 87 % und ist somit geringer als bei der traditionellen Methoden (Lussi, 1993; Huysmans, 1998). Ist es zweifelhaft, ob ein Zahn gesund ist oder nicht, stellt die klinische Untersuchung die aussagekräftigere Diagnose als die röntgenologische.

In Anbetracht der mit einer radiologischen Untersuchung zusammenhängenden Strahlenbelastung und der strengen Indikationsstellung, ist es sinnvoll, weniger belastende Alternativen für den Patienten zu entwickeln und diese der röntgenologischen Untersuchung vorzuziehen (Jablonski-Momeni, 2010).

1.3.5 Fluoreszenzbasierte Diagnostik

Durch den Wandel kariöser Läsionen wird der Zahnarzt mit dem Problem konfrontiert, initiale Läsionen finden und beurteilen zu müssen (Flowaczny, 1998). Aufgrund der Möglichkeit, durch Remineralisationsmaßnahmen initiale Läsionen zu therapieren (Rudolph, 2005; Heyfelder, 2010), ist eine frühzeitige Diagnostik aus präventiver Sicht zu empfehlen (Heinrich-Weltzien et al., 2008). Entscheidungen bezüglich der individuell richtigen Behandlungsmethode müssen getroffen werden. Hierzu sind zuverlässige diagnostische Methoden Voraussetzung (Geißler, 2010). Die bisherigen konventionellen und auch moderneren Methoden gewährleisten diese Zuverlässigkeit nur unbefriedigend (Flowaczny, 1998). Wichtig ist auch, die sichere Diagnose der *hidden caries*, um

durch eine frühzeitige Intervention Pulpaschädigungen verhindern zu können. Gebräuchliche konventionelle Methoden versagen hier weitestgehend. Sie decken meist erst weit fortgeschrittene *hidden caries* auf (Geißler, 2010).

Aufgrund dieser Problematik wurde verstärkt auf dem Gebiet der verbesserten Kariesdiagnostik geforscht (Heinrich-Weltzien et al., 2003). Von neu entwickelten diagnostischen Systemen werden eine hohe diagnostische Güte, ein nicht invasives Vorgehen, eine valide Quantifizierung des kariösen Fortschritts mit der Möglichkeit eines objektiven Kariesmonitorings sowie die einfache und kostengünstige Durchführbarkeit gefordert (Kühnisch, 2006). Als vielversprechendes diagnostisches Hilfsmittel stellt sich die Fluoreszenzoptische Untersuchung dar.

Optische Detektions- und Messverfahren gewinnen seit dem letzten Jahrzehnt immer mehr an Bedeutung (Eberhart et al., 2007). Bereits 1911 berichtete Stubel in seiner Untersuchung verschiedener Gewebe über die Fluoreszenz von Zähnen. Bei Bestrahlung mit energiereichem ultraviolett blauem Licht fluoreszieren sowohl Dentin als auch Zahnschmelz. Kariöse Läsionen unterscheiden sich von gesundem Zahnhartgewebe durch ein schwächeres Fluoreszenzleuchten (Eberhardt et al., 2007). Diese Eigenschaft macht sich das QLF™ System zunutze. Es regt mit grünem oder ultraviolett-blauem Licht das Zahnhartgewebe zur Fluoreszenz an. Mindermineralisierte Zahnhartgewebereiche erkennt das System durch ihre verminderte Fluoreszenz. Das QLF™ System unterscheidet nicht zwischen kariöser Entmineralisation und Hypomineralisation (Tam und McComb, 2001).

Als eine kariesspezifische Alternative wurde die Anregung von Stoffwechselprodukten kariogener Mikroorganismen entwickelt. Bei rotem Licht fluoreszieren kariöse Bereiche stärker als das umliegende gesunde Zahnhartgewebe (Lussi, 1999). Diese Technik wird im DIAGNODent®-System (Kavo, Biederbach, Deutschland) umgesetzt. In zahlreichen Studien konnte sich das Gerät beweisen. Es überzeugt mit einer guten bis exzellenten Sensitivität von 76 % bis 93 % (Lussi, 1999, 2005; Heinrich-Weltzien, 2003). Die Anwendung des Geräts ist sehr zeitintensiv. Um einen Überblick über die gesamte okklusale Fläche zu

erhalten, sind mehrere Messungen erforderlich. Die Messung erfolgt durch eine Sonde. Es handelt sich um eine Punktmessung (Eberhart et al., 2007).

Eine Weiterentwicklung dieser Methode stellt die VistaCam®-Kamera der Firma Dürr dar. Sie ist Gegenstand der vorliegenden Arbeit. Die VistaCam®-Kamera ist ein Kamerasystem, welches in der Lage ist, in Echtzeit Fluoreszenzbilder zu produzieren. Bei einer Messung wird sofort die gesamte Zahnfläche von der intraoralen Kamera erfasst.

1.4 Fissurenversiegler

Fissurenversiegler werden zur Kariesprävention in der alltäglichen zahnärztlichen Praxis angewandt. Indem sie tiefe Fissuren auffüllen entsteht eine leichter zu reinigende Oberfläche. Sie gestalten plaqueretentive Okklusalfächen um. Es gibt verschiedene Materialien, die heute zur Versiegelung von Fissuren erhältlich sind (Ahovuo-Saloranta, 2008).

Glasionomerezemente (GIZ), auch Glas-Polyalkenoat-Zemente, stellen eine Gruppe der Fissurenversiegler dar. Bei ihnen handelt es sich um ein Material, dessen zentrale Bestandteile Aluminium-Silikatgläser sowie Polyacrylsäuren sind (Marxkors und Mainers, 2005). Sie binden mittels einer klassischen Säure-Base-Reaktion ab: Die Polyacrylsäure löst Calcium- und Aluminiumionen aus dem Silikatglas. Die freiwerdenden Calciumionen führen zu einer Gelation des Zements. Sie vernetzen die Polyacrylsäuremoleküle über Brückenbindungen. Stabilisiert wird das Gel durch die Einlagerung von Aluminiumionen. GIZ ist empfindlich gegenüber Wasser. Dieses dient als Reaktionsmedium und als Stabilisator des abgebundenen Zements (Ludwig, 2005). Glasionomerezemente können ohne Anwendung der Säure-Ätz-Technik auf den Zahn appliziert werden. Sie haften über chemische Bindungen am Schmelz (Hellwig et al., 2009). In klinischen Studien wurde die langfristige Retention einer GIZ-Versiegelung als relativ ungünstig beschrieben. Mejare und Mjör (2007) stellten in ihrer Studie fest, dass bereits nach sechs bis zwölf Monaten 61 % der Versiegelungen verloren gegangen waren. Nach 30-36 Monaten lag der totale Verlust der GIZ Versiegelungen sogar bei 84 %. In der Studie von Forss et al. (1994) waren nach zwei Jahren noch 26 % der Fissurenversiegelungen intakt. Smales und Wong (1999) konnten nach zwei Jahren keine intakte Versiegelung mehr feststellen.

Als alternatives Fissurenversiegelungsmaterial finden Kunststoffe vielfach Verwendung. Ähnlich den Kompositmaterialien, die zur Füllungstherapie in der konservierenden Zahnheilkunde verarbeitet werden, sind niedrig visköse Komposite zur Fissurenversiegelung erhältlich. Als Grundsubstanz enthalten sie, wie auch die konventionellen Kunststofffüllungsmaterialien, Diacrylate. Typi-

sche Diacrylate sind zum Beispiel UDMA oder Bis-GMA (Hellwig und Klimke, 2009). Sie binden im Gegensatz zu den GIZ über eine Polymerisationsreaktion ab. Ihre typische C-C-Doppelbindung wird durch einen lichtempfindlichen Initiator radikalisch gespalten, womit die Polymerisation gestartet wird. Es entsteht ein Polydiacrylat (Ludwig, 2005).

Um den Leitlinien der DGZMK zu entsprechen, erfordert die Anwendung von Kompositeversiegeln mindestens eine relative Trockenlegung sowie die vorherige Anwendung der Säure-Ätz-Technik (Hickel et al., 2005). Die Säure-Ätz-Technik beschreibt die Applikation einer bis zu 40%igen Phosphorsäure auf den Zahn. Diese wirkt dort für eine definierte Zeit ein und raut die Zahnoberfläche an, indem sie Schmelzprismen an- bzw. die interprismatische Substanz herauslöst (Hellwig, 2009). Durch die beschriebene Säurekonditionierung der Schmelzoberfläche wird ein mikroretentiver Verbund zwischen Schmelz und Versiegler ermöglicht (Buonocore, 1955; Gwinnett und Ripa, 1973).

Das klinische Vorgehen bei Kompositeversiegelungen, das sich an den aktuellen Leitlinien der DGZMK orientiert, umfasst folgende Schritte: Nach korrekter Indikationsstellung wird die Zahnoberfläche gereinigt. Anschließend erfolgt mindestens die relative Trockenlegung mit Hilfe des vierhändigen Arbeitens und die Säurekonditionierung. Hier wird empfohlen den Schmelz bleibender Zähne für 60 Sekunden und den Schmelz von Milchzähnen für 120 Sekunden anzuätzen. Darauf folgt die gründliche Entfernung der Säure sowie der gelösten Schmelzbestandteile. Nach einer mindestens zehn Sekunden langen forcierten Trocknung muss eine kreidig weiße Schmelzoberfläche erkennbar sein. Jetzt wird der Versiegler grazil auf den vorbehandelten Zahn appliziert. Dieser wird ausgearbeitet und mittels Polymerisationslampe ausgehärtet. Anschließend wird die Okklusion überprüft und der Versiegler poliert (Hickel et al., 2005).

Bei korrekter Verarbeitung besitzt die Kompositversiegelung einen relativ langen Halt. Nach 30 bis 36 Monaten waren in klinischen Studien noch 93 % aller Kunststoffversiegelungen intakt (Mejare und Mjör, 2007). Forss et al. (1994) konnten nach zwei Jahren noch 82 % suffiziente Fissurenversiegelungen feststellen. Nach drei Jahren fanden Rock et al. (1996) noch 70 % intakte Kompositversiegelungen vor.

Komposite werden nach verschiedenen Kriterien in Generationen kategorisiert. Fissurenversiegler der ersten Generation härten mittels UV-Licht aus. Die für sie typische schlechte Retention, bedingt durch ihre unvollständige Aushärtung, ist der Grund dafür, dass sie heute nicht mehr erhältlich sind. Autopolymerisate stellen die zweite Generation dar und härten chemisch aus. Die dritte Generation der Versiegler wird bei sichtbarem Licht fest (Ripa, 1993). Als vierte Generation werden Komposite beschrieben, die mit Fluoriden versetzt sind (Mejare et al., 2003). Sie unterscheiden sich nicht in der Art der Polymerisation von der dritten Generation, sondern härten auch lichtinduziert aus.

Eine andere Einteilung der Komposite unternahmen Lutz und Phill (1983). Sie charakterisierten die Komposite anhand ihrer Füllstoffe. Je nach deren Größe unterschieden Lutz und Phillips zwischen Makrofüllern (Füllkörpergröße: 5-10 μm), homogenen und inhomogenen Mikrofüllern (Füllkörpergröße $<1 \mu\text{m}$) und Hybridkompositen. Hybridkomposite enthalten sowohl Füllkörper der Makrofüller- als auch der Mikrofüllerklasse. Sie können weiter unterteilt werden in Fein- (Füllkörpergröße $<5 \mu\text{m}$), Feinst- (Füllkörpergröße $<3 \mu\text{m}$) und Submikrometerhybridkomposite (Füllkörpergröße $<1 \mu\text{m}$). Je nach Höhe des Füllstoffgehalts besitzen die entsprechenden Komposite bestimmte Eigenschaften. So hängt beispielsweise die Polymerisationsschrumpfung, die Abrasionsfestigkeit und das Fließverhalten direkt von der Art und dem Gehalt der Füllstoffe ab (Hellwig, 2009).

Als Fissurenversiegler kommen aufgrund des benötigten Fließverhaltens bislang nur ungefüllte Komposite in Frage. Obwohl auch einige gering gefüllte Hybridkomposite eine gute Fließfähigkeit aufweisen, werden, um Fissuren und Grübchen vollständig auszufüllen, nur ungefüllte, niedrigst visköse Materialien verarbeitet (Hellwig, 2009).

Wird die Wirksamkeit einer Fissurenversiegelung mit GIZ und Kompositen verglichen, kann festgestellt werden, dass aufgrund der Langlebigkeit Komposite das bevorzugte Material darstellen sollte (Mejare und Mjör, 2007; Forss et al., 2007). Der Nachteil der Komposite ist ihre Empfindlichkeit gegenüber Speichel während der Verarbeitung. GIZ tolerieren im Gegensatz dazu geringe Feuchtigkeitsrückstände am Zahn (Mejare et al., 2003). Die kariesprotektive Wirkung

einer Fissurenversiegelung, sowohl aus Kompositen als auch aus GIZ, konnte in verschiedenen Studien nachgewiesen werden. Forss und Halmes (1998) beobachteten nach zwei Jahren bei 4,6 % der mit GIZ und Komposite versiegelten Zähne eine kariöse Läsion. In einer anderen Studie wurde nach drei Jahren bei 4,2 % der mit GIZ versiegelten Zähne eine Karies diagnostiziert. Die Vergleichsgruppe der Kompositeversiegelungen wies in 1,4 % der Fällen Karies auf (Karlzen-Reuterving und van Dijken, 1995). Die Fluoridabgabe, welche früher häufig als Vorteil der GIZ aufgeführt wurde, kann heute mit beiden Materialien erzielt werden. Jedoch ist diese bei Kompositen geringer als bei GIZ (Hickel, 1997). Ein weiterer Vorteil der GIZ ist die schnelle Verarbeitungszeit: Die für die Applikation benötigte Zeit ist sehr gering (Bürkle und Hickel, 2003). Dagegen ist die Abbindezeit bei GIZ deutlich höher als bei Kompositen. Auch besitzen diese eine deutlich höhere Viskosität als alternative Materialien (Bürkle und Hickel, 2003). Die Indikationen für GIZ-Versiegelungen sind daher sehr beschränkt. Laut DGZMK sind Kompositversiegelungen einer GIZ-Versiegelung vorzuziehen (Hickel et al., 2005). GIZ könnten als zeitlich begrenzte Fissurenversiegelung eingesetzt werden, wenn das korrekte Legen einer Kompositversiegelung aufgrund äußerer Umstände nicht möglich ist. Dies trifft z.B. bei Kindern zu, bei denen eine suffiziente relative Trockenlegung, bedingt durch mangelnde Kooperationsbereitschaft des Patienten, unmöglich ist. Auch im Rahmen von ART-Behandlungen in Entwicklungsländern ist die Verwendung von GIZ als Fissurenversieglermaterial indiziert (Hickel, 1997).

1.5 Fluoreszenzdiagnostik

1.5.1 Grundlagen

Die Fluoreszenz beschreibt ein stoffcharakteristisches Phänomen, bei dem eine Substanz zur Lichtemission angeregt wird. Sie ist eine Form der Lumineszenz. Durch thermische, chemische, elektrische oder optische Energie wird ein Stoff in einen angeregten und somit in einen energiereicheren Zustand versetzt. Kehrt dieser in seinen Ruhezustand zurück, gibt er einen Teil der zuvor in ihm gespeicherten Energie als Lichtquanten ab (Lakowicz, 2006).

Wird ein Stoff durch optische Energie angeregt, wie zum Beispiel durch einen Laser, spricht man von Fotolumineszenz (Förster, 1982). Bei der Fotolumineszenz werden zwei Arten der Lichtemission differenziert. Die Fluoreszenz, bei der die Lichtemission nur geringfügig über die Dauer der Energiezufuhr hinaus besteht, wird differenziert von der Phosphoreszenz. Die Phosphoreszenz ist durch ein Nachleuchten charakterisiert. Der angeregte Stoff emittiert Licht deutlich über die Dauer der Energiezufuhr hinaus (Harms, 2004). Diese Leuchtphänomene laufen grundsätzlich nach einem ähnlichen Mechanismus ab. Die Lichtabsorption versetzt das Molekül in einen angeregten Zustand. Dieser zeichnet sich durch Elektronen aus, welche sich in einem höheren Energieniveau befinden. Er wird als angeregter Singulettzustand bezeichnet. Bei der Fluoreszenz erfolgt der Übergang in den Grundzustand direkt aus dem angeregten Singulettzustand. Das heißt, dass nach Beendigung der Energiezufuhr die Elektronen zurück in ihren Ausgangszustand gelangen. Die Energiedifferenz zwischen den beiden Zuständen wird als Licht abgegeben. Im Rahmen der Phosphoreszenz erfolgt der Übergang vom angeregten Singulettzustand in den angeregten Triplettzustand. Der angeregte Triplettzustand bleibt über einen längeren Zeitraum bestehen und ist für die länger andauernde Lichtemission verantwortlich (Atkins und de Paula, 2005). Das emittierte Licht, also die charakteristische Fluoreszenzstrahlung, ist grundsätzlich langwelliger und somit energieärmer als die absorbierte Strahlung (Bürklein, 2009). Es findet eine Rotverschiebung statt (Krause, 2008).

Menschliches Zahnhartgewebe fluoresziert bei Anregung mit ultraviolettem Licht. Dies ist bereits seit ca. 100 Jahren bekannt ist (Stubel, 1911). Ist ein Zahn kariös, so ändert sich sein Fluoreszenzverhalten. Die Fluoreszenz korreliert mit dem Demineralisationsgrad des Zahnhartgewebes (Rolfsen, 2009). Benedict (1928) entdeckte vor 80 Jahren einen potenziellen diagnostischen Gewinn durch Nutzung der Fluoreszenz. Er fand heraus, dass entmineralisierte Bereiche kaum fluoreszieren. Anfang der 80er-Jahre wurde erstmals von Bjelk-hagen und Sundström (1981) die Fluoreszenztechnik zur Kariesdiagnostik eingeführt. Sie verwendeten als anregendes Medium Licht im blau-grünen Bereich mit einer Wellenlänge von 488 nm. Bei diesem Verfahren stellen sich entmineralisierte Bereiche durch eine geringere Fluoreszenz dar (de Josselin de Jong et al., 1995). Daraus resultiert der Nachteil, dass nicht zwischen natürlich mindermineralisierten Bereichen und kariös erkrankten mindermineralisierten Läsionen unterschieden werden kann.

Heute kennt man differenziertere Methoden zur Fluoreszenz induzierten Kariesdiagnostik. Untersucht man einen Zahn mit einem Laser der Wellenlänge 655 nm, also Licht im roten Bereich, so werden besonders kariöse Zonen zur Fluoreszenz angeregt (Krause, 2011). Einige Stoffwechselprodukte kariogener Bakterien stellten sich als Fluorophore dar (König et al., 1998). Anscheinend sind endogene Porphyrine für die Fluoreszenz kariöser Bezirke verantwortlich. Porphyrine sind organische Stoffwechselprodukte einiger Bakterien, welche im Rahmen der Hämsynthese im menschlichen Körper auftreten. Sie werden von verschiedenen Mikroorganismen synthetisiert (Krause, 2008). Vor allem das für Protoporphyrin IX typische Fluoreszenzspektrum konnte in kariösen Läsionen nachgewiesen werden (König et al., 1998).

Wird im Gegensatz zu dem oben beschriebenen Verfahren Licht mit einer Wellenlänge von 405 nm verwendet, so zeigen neueste Erkenntnisse ein Maximum der optischen Anregbarkeit von verschiedenen Porphyrinen. Die angeregten Porphyrine fluoreszieren rot, während der Schmelz grün leuchtet. Es zeigt sich eine deutlich bessere Anregbarkeit als bei rotem Licht (Eberhardt et al., 2007). Dieses Prinzip ist Gegenstand der in der vorliegenden Studie verwendeten VistaCam®-Kamera.

Um eine differenzierte und genaue Auswertung zu erhalten, sind bei der Vista-Cam®-Kamera sowie bei anderen Fluoreszenzsystemen Filtersysteme vorgeschaltet. Durch diese wird kurzwelliges Umgebungslicht sowie reflektiertes Anregungslicht herausgefiltert. Das ausgewertete Fluoreszenzspektrum beschränkt sich auf das langwelligere emittierte Licht des zu untersuchenden Gegenstands (Hibst et al., 2001; Matsumoto et al., 2001; Schweizer, 2011).

Das Prinzip der Fluoreszenzspektroskopie ist heute in großem Umfang für die zahnärztliche Praxis zugänglich. Durch den technischen Fortschritt ist diese diagnostische Methode zu einem anerkannten Verfahren der okklusalen Kariesdiagnostik geworden (Pecanov-Schröder, 2006).

1.5.2 Systeme

Heute stehen diverse Systeme zur Kariesdiagnostik zur Verfügung, die auf dem Fluoreszenzphänomen basieren. Es kann grundsätzlich zwischen Sonden- und Kamerasystemen unterscheiden werden (Schweizer, 2011).

Eines der frühen Sondensysteme stellt das DIAGNOdent®-System dar. Bei ihm handelt es sich um ein Diodenlasersystem, das Licht mit einer Wellenlänge von 655 nm emittiert (Shi, 2000; Tam und McComb, 2001; Lussi et al., 2001). Seine Lichtleistung beträgt <1 mW. Das System enthält eine Laser- und eine Fotodiode. Der Fotodiode ist ein Filter vorgeschaltet, der kurzwelliges Licht blockiert (Lussi et al., 2001). Folglich wird ausschließlich langwelligeres Fluoreszenzlicht ausgewertet. Da es sich hier um ein Sondensystem handelt, wird die Zahnoberfläche punktuell beleuchtet und ausgewertet. Es wird empfohlen, die Fissur in Pendelbewegungen zu untersuchen. Auf diese Weise kann sichergestellt werden, dass keine Läsion übersehen wird (Eberhardt et al., 2007). Die Sonde enthält an der Spitze eine zentrisch und neun zirkulär angeordnete Fasern. Die zentrische Faser emittiert das Anregungslicht, während die neun zirkulären Fasern die Fluoreszenz detektieren und an die Fotodiode weiterleiten (Lussi et al., 1999a). Im Gerät selbst erfolgt eine quantitative Auswertung. Auf einem Display werden die Messergebnisse angezeigt, wobei sowohl die Echtzeitwerte als auch das Maximum abgelesen werden können. Die Messergebnisse bewegen

sich in einem Rahmen von 0 bis 99 (Mendes et al., 2004). Je höher der Wert, desto ausgeprägter ist die kariöse Läsion (Lussi et al., 1999a). In Abhängigkeit des gemessenen Werts sollten therapeutische Maßnahmen ergriffen werden. Werte oberhalb von 30 sprechen für eine invasive Therapie, während Werte zwischen 30 und 16 lediglich eine präventive Therapie implizieren. Bei Werten zwischen 0 und 15, sind keine therapeutischen Maßnahmen erforderlich (Lussi et al., 1999b). Voraussetzung für die Anwendung des DIAGNOdent®-Systems ist die Entfernung bakterieller Beläge (Schweizer, 2011).

2005 wurde die Weiterentwicklung des DIAGNOdent®-Systems präsentiert, der DIAGNOdent®-Pen (Kühnisch et al., 2007a). Dieser basiert auf derselben Fluoreszenztechnologie wie sein Vorläufermodell (Aljehani et al., 2007). Er unterscheidet sich sowohl in seinem Design, als auch in seinem Anwendungsbereich. Durch die Entwicklung verbesserter Ansätze soll der DIAGNOdent®-Pen auch im Approximalbereich kariöse Läsionen detektieren können (Lussi und Hellwig, 2006). Es handelt sich bei ihm um ein schnurloses und als Handstück designtes Gerät (Kühnisch et al., 2007b; Aljehani et al., 2007).

Das Midwest Caries® I.D.-System zählt ebenso wie das DIAGNOdent®-System zu den Sondensystemen. Es soll okklusale und proximale Läsionen aufspüren (Krause et al., 2008). Die integrierte Diode emittiert infrarotes und rotes Licht. Über eine Faseroptik wird die Zahnoberfläche bestrahlt. Eine weitere Faser sammelt das zurückstrahlende Licht. Dieses wird von einem Fotodetektor ausgewertet. Über einen Mikroprozessor werden die so erhaltenen Informationen ausgewertet und in akustische sowie visuelle Signale kodiert (Amaechi, 2009). Das visuelle Signal wechselt von rot (Karies) nach grün (gesunde Zahnhartsubstanz) (Strassler und Sensi, 2008). Das akustische Signal hat drei unterschiedliche Frequenzen, von langsam über moderat bis schnell (Krause et al., 2008).

Ein weiteres Fluoreszenzbasiertes System stellt das QLF™-System dar. Bei ihm handelt es sich um ein Kamerasystem. Von einem Argon-Ionen-Laser wird je nach Variante Licht mit einer Wellenlänge von 488 nm, 514 nm oder 250-450 nm ausgesendet. Hiermit wird der fragliche Zahn untersucht (Eberhardt et al., 2007). Gesunde Zahnhartsubstanz fluoresziert gelblich (Tranaeus et al., 2005). Eine Farbkamera nimmt die Fluoreszenzbilder auf und wertet sie mit Hilfe einer

speziellen Software (Inspektor Research System BV, Amsterdam, Niederlande) aus (Lagerweij et al., 1999). Die diagnostische Auswertung beruht auf dem Prinzip der Fluoreszenzminderung durch Lichtstreuung einer kariösen Läsion. Bereiche mit verminderter Fluoreszenz werden als krank angesehen (Angmar-Mansson und ten Bosch, 2001). Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten, werden das reflektierende Licht und Streustrahlung durch einen Hochpassfilter herausgefiltert. Dieses Verfahren hat sich vor allem zur Kariesdiagnose auf Glättflächen bewährt (Tranaeus et al., 2005).

Ein weiteres kamerabasiertes Fluoreszenz-System stellt die VistaProof®-Kamera dar. Bei der Kamera handelt es sich um eine Neuentwicklung. Leuchtdioden produzieren Licht mit einer Wellenlänge von 405 nm. Der zu untersuchende Zahn wird mit diesem Licht abgetastet und zur Fluoreszenz angeregt. Erkrankte Bereiche fluoreszieren rot (Eberhardt et al., 2007). Die von der Kamera detektierten Fluoreszenzsignale werden durch entsprechende Algorithmen in virtuelle Bilder umgewandelt. Der Betrachter erhält ein Bild mit Zahnkonturen. Dieses wird von einer Software ausgewertet. Kariöse Bereiche werden sowohl farblich als auch numerisch kodiert. Die VistaProof®-Kamera eignet sich zur Okklusal- und Glättflächendiagnostik (Ermler, 2009).

Die in dieser Studie verwendete VistaCam®-Kamera beinhaltet die Fähigkeiten des VistaProof®-Systems. Ihre Besonderheit ist die Kopplung mit einer gewöhnlichen intraoralen Kamera, welche zur besseren Patientenverständigung beitragen soll.

1.5.3 Klinische Anwendung

Die Fluoreszenzdiagnostik wird klinisch vielfältig angewandt. Nicht nur in der Zahnmedizin, sondern auch in der Humanmedizin werden Diagnosen gestellt, die auf dieser Technik basieren. So ist es möglich mit Hilfe der Fluoreszenzspektroskopie die Tumordetektion in verschiedenen Körperregionen zu unterstützen (King, 1979; Jocham et al., 2008). Auch rheumatische Entzündungsherde können durch fluoreszierende Kontrastmittel kenntlich gemacht und lokalisiert werden (Ebert, 2009). Darüber hinaus gehört die Fluoreszenzangi-

ographien des Auges zu einer etablierten Untersuchungsmethode (Hassenstein et al., 2007).

In der Zahnmedizin wird die Fluoreszenztechnologie klinisch schwerpunktmäßig im Bereich der Kariesdiagnostik eingesetzt (Geißler, 2010; Hibst et al., 2001). Besonders bewährt hat sich diese Technologie im Bereich der Okklusal- und Glattflächenkaries (Krause, 2011). Aber auch in der Parodontologie können Konkremente durch Fluoreszenzdiagnostik aufgespürt werden (Blühdorn, 2006). Neuere Erkenntnisse induzieren nun auch die therapeutische Anwendung von Fluoreszenztechnologien (Krause, 2011; Brede, 2011).

1.6 Ziel der Arbeit

Das Ziel der vorliegenden in vitro-Studie war es herauszufinden, ob die Vista-Cam[®]-Kamera der Firma Dürr eine zuverlässige Detektionshilfe zur Aufdeckung von Karies bei versiegelten Zähnen darstellt. Darüber hinaus sollte getestet werden, ob verschiedene Eigenschaften der Versiegler Einfluss auf die Güte der Diagnose haben. Auch die Notwendigkeit einer Zahnreinigung vor einer Fluoreszenzdiagnostischen Untersuchung wurde überprüft.

Für die Untersuchung sollten menschliche, extrahierte Zähne verwendet werden.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchsablauf

2.1.1 Herkunft der Versuchsproben

Die verwendeten Zähne stammen von weiblichen und männlichen Patienten aus dem Raum Bonn und dem Raum Karlsruhe. Sie wurden von hier ansässigen Zahnärzten aus unterschiedlichen medizinischen Gründen extrahiert. Es handelt sich ausschließlich um Zähne des adulten Gebisses. Die Patienten wurden über die Weiterverwendung ihrer Zähne aufgeklärt und waren einverstanden.

Direkt nach der Extraktion wurden die Zähne in einem Sammelgefäß mit NaCl-Lösung mit Natriumacid-Zusatz desinfiziert und konserviert. Die Sammlung fand von Sommer 2008 bis Frühjahr 2009 statt.

2.1.2 Lagerung

Nach dem Einsammeln der Proben wurden diese sortiert und einzeln in mit NaCl-Lösung befüllten Roth-Messflaschen (20 ml, Carl Roth GmbH und Co. KG, Karlsruhe, Deutschland), bei 4°C gelagert. Den Zähnen wurde ein Zahlen-Buchstaben-Code zur vereinfachten Wiedererkennung zugeordnet und auf den Messflaschen notiert.

2.1.3 Versuchsdesign

Für die einzelnen Versuchsschritte wurden die Zähne aus ihren Aufbewahrungsgefäßen entnommen. Umgehend nach Beendigung der Zwischenschritte wurden sie wieder in die NaCl/Natriumacid-Lösung überführt.

Die extrahierten Zähne wurden zunächst in einen mit Silikon befüllten Interim-Stand mit Schaumstoffabdeckung (VDW, München, Deutschland) eingebettet. Sie wurden so fixiert, dass die okklusale Fläche nach oben zeigte. Somit war diese optimal zugänglich für die Kamera. Der befüllte Interim-Stand mit

Schaumstoffabdeckung wurde zuvor auf Eigenfluoreszenz überprüft und stellte sich als fluoreszenzärmer Gegenstand dar (Abb. 2).

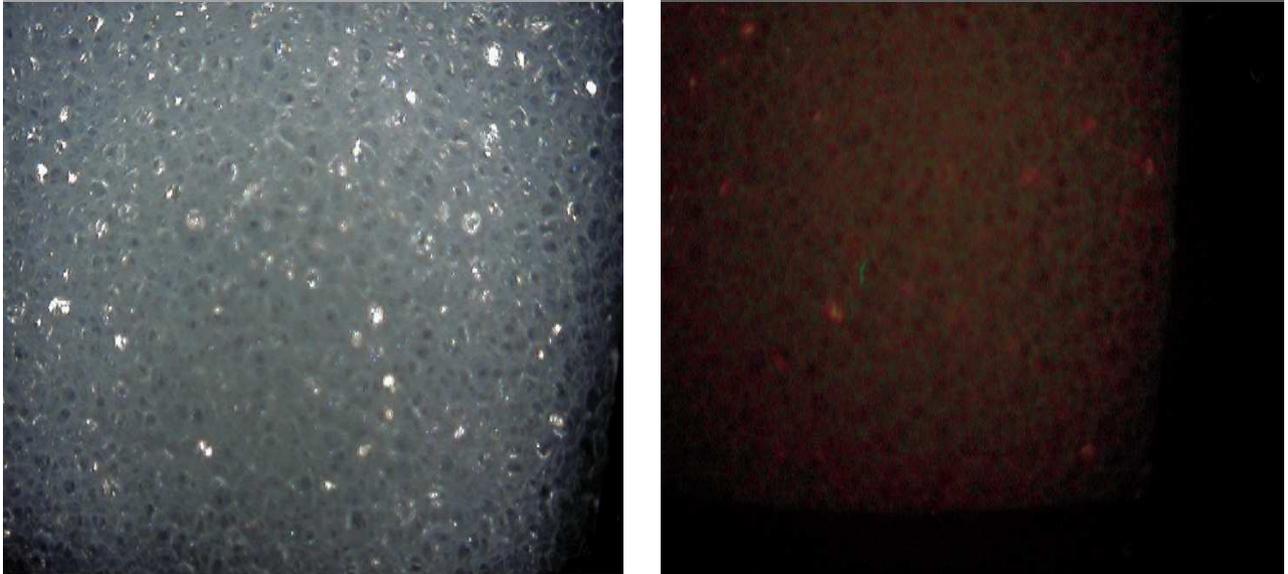


Abb. 2: Vorversuch: Überprüfung des Interim-Standes auf Eigenfluoreszenz. 2a: klinische Aufnahme des Interim-Standes mit der VistaCam®-Kamera. 2b: Fluoreszenzbild des Interim-Standes. Der Interim-Stand zeigt eine leichte rote Fluoreszenz, welche jedoch nicht von der VistaCam®-Kamera als Karies interpretiert wird.

Von den fixierten Proben wurden sowohl ein digitales Foto, als auch eine Fluoreszenzaufnahme mit der VistaCam®-Kamera (DürrDentalAG, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) gemacht. Hierbei entstand jeweils ein klassisches Foto und ein Fluoreszenzbild. Das Fluoreszenzbild wurde mit einem Rot/Grün-Filter durch das Programm DBSWIN (DürrDental GmbH & Co KG, Bietigheim-Bissingen, Deutschland) ausgewertet (Abb. 3).

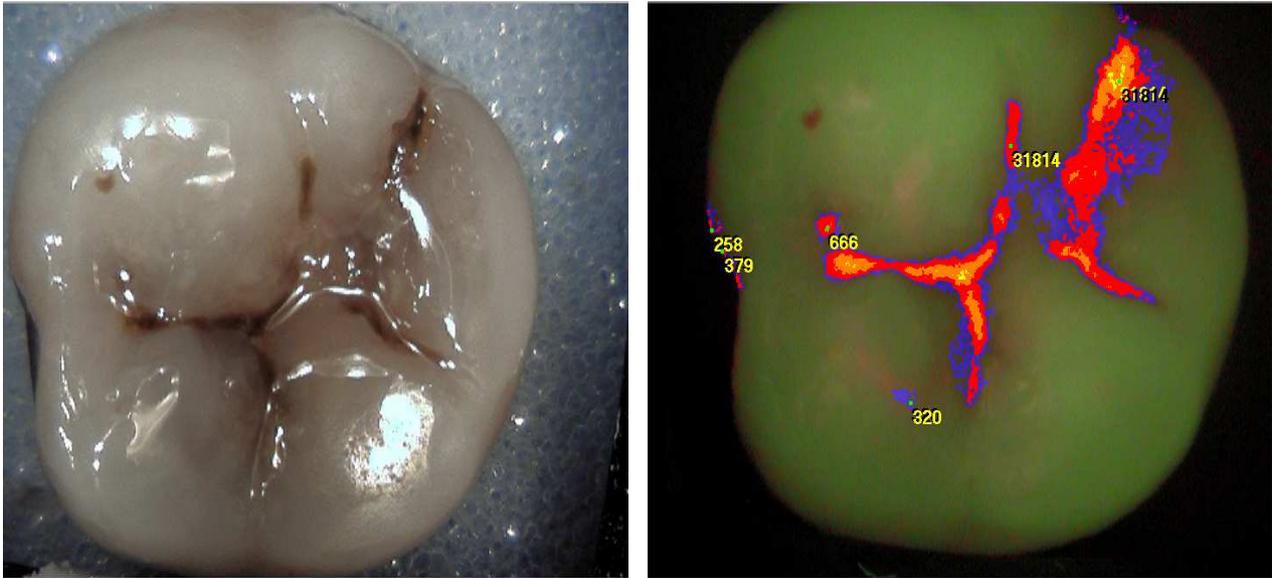


Abb. 3: Beispiel eines klinischen Bildes und einer Fluoreszenzaufnahme des Ausgangszustands (Zahn M8). 3a: klinisches Bild aufgenommen mit der VistaCam®-Kamera. Man erkennt die Okklusalfäche, welche deutlich kariöse Verfärbungen im Fissurenrelief aufweist. 3b: Fluoreszenzaufnahme mit Rot/Grün-Filter und Fehlfarbenanalyse. Das Fissurenrelief ist durch Fehlfarben als kariös markiert. Es handelt sich hierbei um eine fortgeschrittene Schmelzkaries (rote Regionen), welche in eine Dentinkaries (orangene Regionen) übergeht.

Danach erfolgte die Reinigung der Zähne im Sinne einer professionellen Zahnreinigung (Abb. 4): Die Proben wurden von Zahnstein sowie Biofilm gereinigt. Die Reinigung erfolgte mit der groben Proxylt®-Polierpaste (Ivoclar Vivadent GmbH, Ellwangen, Deutschland) unter Verwendung eines grünen Winkelstücks (KaVo Dental GmbH, Bierberach, Deutschland) und Polierkegeln. Die Prozedur fand unter leichter Wasserkühlung (50 ml/min) statt. Anschließend wurden die Polierpastenreste unter klarem Wasser mit einer Handzahnbürste entfernt.



Abb. 4: Reinigung der Versuchszähne mit Hilfe eines grünen Winkelstücks, eines Polierkegels und blauer Proxyt® Polierpaste.

Daraufhin erfolgten erneute Aufnahmen der Zähne nach dem oben genannten Schema. Es entstanden die Aufnahmen „Pol.“.

Nachfolgend wurden die Zähne willkürlich in drei gleich starke Gruppen aufgeteilt und mit unterschiedlichen Fissurenversiegler versiegelt. Die Versiegelung der Zähne erfolgte ohne jegliche Kariesbeseitigung.

Die Vorgehensweise geschah laut Herstellerangaben. Zunächst erfolgte die Anätzung des Schmelzes mit Vococid® (VOCO GmbH, Cuxhaven, Deutschland), einer 35%igen Phosphorsäure für 60 Sekunden. Diese wurde anschließend 30 Sekunden lang mit klarem Wasser abgesprüht. Nun wurden die unterschiedlichen Versiegler appliziert. Zur Anwendung kamen Fissurit® F (VOCO GmbH, Cuxhaven, Deutschland), Fissurit® (VOCO GmbH, Cuxhaven, Deutschland) und ein experimenteller Versiegler. Diese wurden nach dem Aufbringen für 20 Sekunden ausgehärtet.

Von den versiegelten kariösen Zähnen wurden nach dem oben genannten Schema erneut Aufnahmen gemacht. Es entstanden die Aufnahmen „Vers“ (Abb. 5).

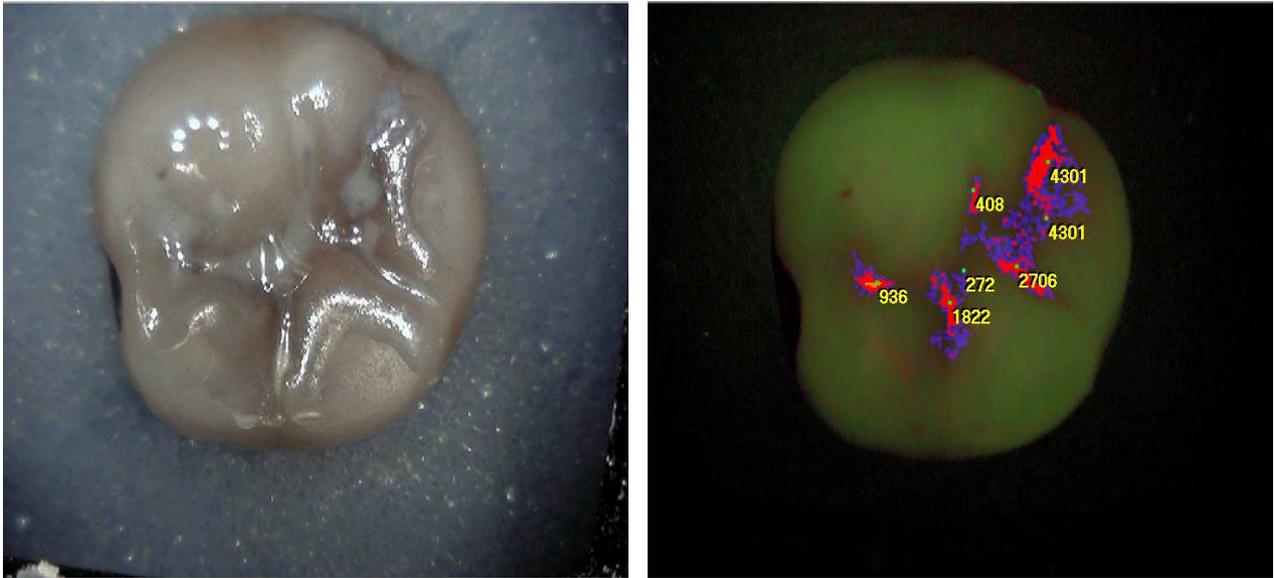


Abb. 5: Beispiel eines klinischen Bildes und einer Fluoreszenzaufnahme des versiegelten Zustands (Zahn M8). 5a: klinisches Bild aufgenommen mit der VistaCam®-Kamera. Man erkennt die versiegelte Okklusalfäche. Der weißliche Versiegler verdeckt die zuvor deutlich kariöse Fissur. Lediglich im Randbereich der Versiegelung lassen sich beginnende kariöse Verfärbungen erahnen. 5b: Fluoreszenzaufnahme mit Rot/Grün-Filter und Fehlfarbenanalyse. Das Fissurenrelief ist durch Fehlfarben als initial kariöse markiert. Es handelt sich hierbei weitestgehend um eine initiale Schmelzkaries (blaue Regionen) welche in manchen Bereichen in eine tiefe Schmelzkaries (rote Regionen) übergeht.

2.2 Material

2.2.1 Zähne

Die Versuche wurden an extrahierten menschlichen Zähnen durchgeführt. Diese wurden aus medizinisch korrekten Gründen und nicht zu wissenschaftlichen Zwecken extrahiert. Die Patienten waren einverstanden, dass die Zähne nach der Extraktion zu wissenschaftlichen Zwecken untersucht wurden.

Im Anschluss an die Extraktion wurden die Zähne in physiologischer NaCl-Lösung mit Natriumacid-Zusatz konserviert und gekühlt bei 4°C gelagert. Der Natriumacid-Zusatz dient der Desinfektion. Es wurden sowohl Molaren als auch Prämolaren untersucht.

Die Einschlusskriterien waren menschliche extrahierte kariöse Molaren und Prämolaren ohne konservierende oder prothetische Versorgungen. Ausschlusskriterien waren Incisivi, Carnini und Molaren oder Prämolaren mit konservierender oder prothetischer Behandlung.

2.2.2 Versiegler

2.2.2.1 Fissurit® F

Fissurit® F ist ein niedrigvisköser, weiß eingefärbter Versiegler, der standardmäßig in der Zahnmedizin angewandt wird. Er stellte sich als Versiegler ohne Eigenfluoreszenz dar (Abb. 6).

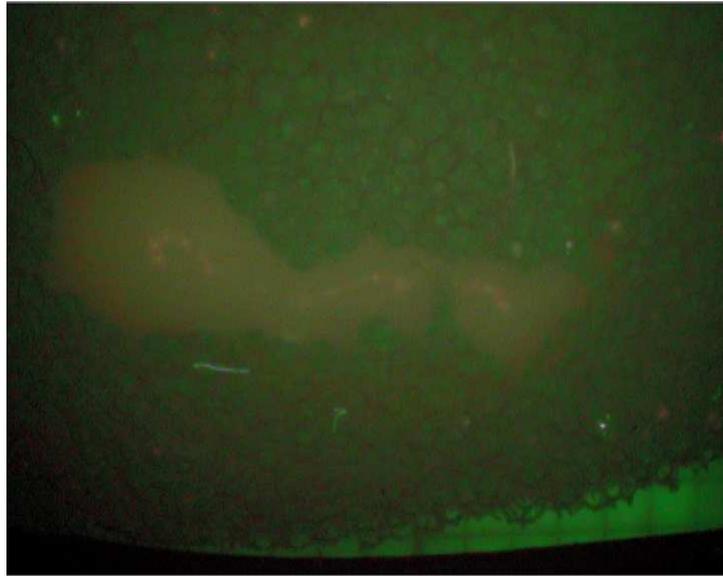


Abb. 6: Vorversuch: Testaufnahmen Fissurit® F. Der Versiegler wird von der Kamera nicht als „Karies“ fehlinterpretiert. Er besitzt keine Eigenfluoreszenz.

Der Hauptbestandteil des Versieglers sind Dimethacrylate, speziell Bis-GMA (30 % - 32 %) und UDMA (26 % - 28 %). Dimethacrylate bilden eine systematische Gruppe von Kohlenwasserstoffen. Ihr gemeinsames Merkmal ist die Acryl-Gruppe mit der Strukturformel $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{COR}$. Während der Polymerisation, also beim Aushärten des Versieglers, wird die Doppelbindung des Moleküls radikalisch gespalten. Ausgelöst wird diese Kettenreaktion durch einen Initiator, der unter Licht in ein Radikal zerfällt. Folglich handelt es sich um einen lichthärtenden Kunststoff.

Im Versiegler sind außerdem Silikate, Pigmente, Natriumfluorid sowie Zusatzstoffe und lichtempfindliche Initiatoren enthalten. Diese stellen die anorganische Phase des Versieglers dar. Der Füllstoffgehalt von Fissurit® F beträgt 15 %.

2.2.2.2 Fissurit®

Der Fissurit® Versiegler entspricht im Grunde dem oben beschriebenen Fissurit® F. Seine Hauptbestandteile sind auch Dimethacrylate, also Bis-GMA und UDMA. Auch dieser irritiert die VistaCam®-Kamera nicht (Abb. 7).

Die wesentlichen Unterschiede zum Fissurit® F bestehen im Fehlen der weißen Pigmente und des Natriumfluorids. Das Fissurit® ist ein transparenter Versiegler ohne Fluoridzusatz. Auch sein Füllstoffgehalt ist geringer als bei dem oben beschriebenen Fissurit® F. Er beträgt neun Prozent.

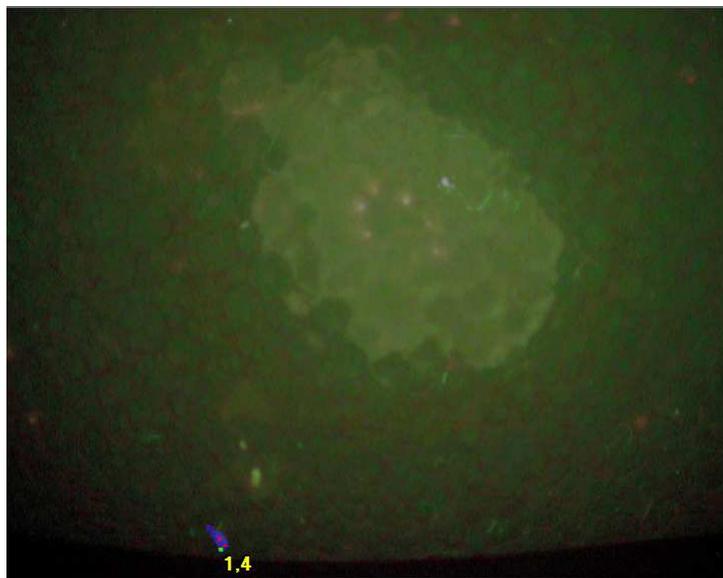


Abb. 7: Vorversuch: Testaufnahme Fissurit®. Der Versiegler wird von der Kamera nicht als „Karies“ fehlinterpretiert. Er besitzt keine Eigenfluoreszenz.

2.2.2.3 Experimenteller Versiegler

Bei dem in der Studie getesteten experimentellen Versiegler handelt es sich um eine Neuentwicklung der Firma Voco. Die organische Phase des Versieglers entspricht der der oben beschriebenen Versiegler. Hauptbestandteile sind bei diesem Versiegler somit Diemethacrylate. Die Besonderheit des Versieglers ist die anorganische Phase. Diese stellt sich als einen nanogefüllte Komponente dar. Durch die Nanofüllstoffe konnten die physikalischen Eigenschaften, wie beispielsweise die Polymerisationsschrumpfung und Abrasionsfestigkeit, verbes-

sert werden. Die Polymerisationsschrumpfung ist geringer als bei den zur Verfügung stehenden ungefüllten Versiegeln. Auch dieser Fissurenversiegler zeigte keine Eigenschaften, die von der VistaCam®-Kamera als Karies missinterpretiert werden könnten (Abb. 8).

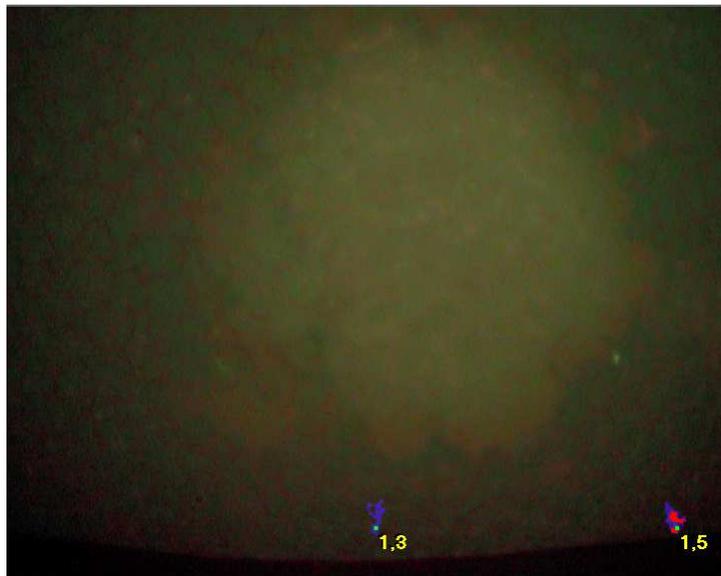


Abb. 8: Vorversuch: Testaufnahme des experimentellen Versieglers. Der Versiegler wird von der Kamera nicht als „Karies“ fehlinterpretiert. Er besitzt keine Eigenfluoreszenz.

2.2.3 VistaCam®-Kamera

Die VistaCam®-Kamera ist eine intraorale Kamera, die sowohl digitale Bilder als auch Fluoreszenzbilder liefert. Die Bilder werden über das DBSWIN-Programm verarbeitet und können mit dessen Hilfe ausgewertet werden.

Die VistaCam®-Kamera besteht aus einem 207 mm langen und 200 g schweren Handstück, das mit sechs LEDs ausgestattet ist. Diese leuchten den abzubildenden Bereich optimal aus.

Außerdem verfügt sie über die IFC (*Iris Focus Control*)-Optik. Diese Technik ermöglicht drei verschiedene Blenden- und Fokusabstände und somit den Einsatz der Kamera extra- und intraoral sowie als Vergrößerungsinstrument.

Eine zusätzlich außen angebrachte Gummiblende hält verzerrendes Umgebungslicht ab und sichert den korrekten Kamera-Zahn-Abstand.

Das Bild wird schließlich von einem besonders lichtempfindlichen CCD-Sensor (*Charged Coupled Device*) aufgenommen. Er verfügt über 470.000 Pixel. Das Ergebnis ist eine pixelfreie Darstellung der oralen Situation bis zu einer Strukturgröße von zwölf μm . Dem CCD-Sensor ist ein Gelbglasfilter vorgeschaltet. Dadurch wird sichergestellt, dass ausschließlich Licht mit einer Wellenlänge von >495 nm auf den Sensor trifft.

Die Bildinformationen werden über ein Kabel an den angeschlossenen Computer weitergeleitet und von der DBSWIN-Software in Echtzeit in ein Bild umgewandelt.

Im Fluoreszenzmodus werden durch Licht mit einer Wellenlänge von 405 nm kariöse Bereiche zur Fluoreszenz angeregt. Die Fluoreszenz ist proportional zur Ausdehnung des bakteriellen Befalls. Gesunde Zahnhartsubstanz wird durch ihre Eigenfluoreszenz grün dargestellt. Kariöse Bereiche erscheinen dagegen von blau über rot und orange bis hin zu gelb.

Die Auswertung erfolgt mit Hilfe der DBSWIN-Software. Die kariösen Läsionen werden je nach Ausdehnung farblich codiert. Speziell für die hier durchgeführte statistische Auswertung wurde den entsprechenden Farben ein eigener Zahlenwert (*Fluoreszenzfarbwert*) zugeordnet (siehe Tab. 4). Traten in den gemessenen Regionen zwei Farben auf, so wurde diese Situation durch den gebildeten Mittelwert beider Fluoreszenzfarbwerte erfasst. Waren beispielsweise im untersuchten Areal sowohl blaue als auch rote Bereiche zu finden, wurde das in der Tabelle durch die numerische Codierung 1,5 (rot=2; blau=1) gekennzeichnet.

Läsionstiefe	Farbliche Codierung	Fluoreszenzfarbwert
Karies frei	Grün	0
Beginnende Schmelzkaries	Blau	1
Tiefe Schmelzkaries	Rot	2
Dentinkaries	Orange	3
Tiefe Dentinkaries	Gelb	4

Tab. 4: Farbauswertung der DBSWIN-Software und numerische Codierung der verschiedenen Farbabstufung bzw. Läsionstiefen.

Die entsprechenden Auswertungen können im System gespeichert werden. Dadurch ist eine Verlaufsdokumentation im Sinne eines Langzeitmonitorings möglich. Das heißt, dass Therapieerfolge, wie z.B. die Stagnation oder Progression eines fragwürdigen Defekts, aufgedeckt werden können. Auch die Effizienz durchgeführter Prophylaxemaßnahmen kann so kontrolliert werden.

2.3 Auswertung

Alle der insgesamt 60 vorsortierten Zähne konnten mit in die Auswertung einbezogen werden. Auf jedem Zahn wurden drei Punkte festgelegt, die aufgrund der Zahnmorphologie eine reproduzierbare Zuordnung über den gesamten Versuchsverlauf garantieren konnten.

Die Messdaten wurden mit Hilfe des Programms Microsoft Office Excel® in Übersichtstabellen protokolliert. Die angefertigten Bildaufnahmen wurden im kameraeigenen Softwareprogramm DBSWIN gespeichert. Darüber hinaus wurden diese mit Hilfe des Programms Microsoft Office PowerPoint 2003® in einer übersichtlichen Präsentation zusammengefasst.

Die Rohdatentabellen (siehe Anhang) enthalten jeweils die Codierung für das Zahnpräparat, die dem Präparat zugeordneten Messpunkte sowie die hier ermittelten Fluoreszenzfarbwerte. Die Farben wurden an den jeweiligen Messpunkten visuell bestimmt und entsprechend der Tab. 4 (Kap. 2.2.3) codiert. Pro Versuchsgruppe wurde eine Rohdatentabelle angefertigt. Das bedeutet, dass gesondert eine Tabelle mit den Werten der Zähne, die mit Fissurit® F versiegelt wurden, sowie jeweils eine Tabelle für die mit Fissurit® und die mit dem experimentellen Versiegler behandelten Zähne, entstand. Diese Tabellen enthalten jeweils die Ausgangswerte sowie die Messdaten nach der Politur und der Versiegelung.

Die Messpunkte und die, den Zähnen zugeordneten Ordnungszahlen sind in der PowerPoint Präsentation dokumentiert und nachzuvollziehen. Die Abbildungen 9, 10 und 11 geben beispielhaft einen Überblick über das diesbezügliche Vorgehen bei der Auswertung der verschiedenen Versuchsreihen (Fissurit® F, Fissurit®, experimenteller Versiegler).

Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Computerprogramms SPSS. Mittels des Mann-Whitney-Tests wurde geprüft, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Fluoreszenzfarbwerten, welche vor und nach der Politur der Zahnpräparate, sowie vor und nach der Versiegelung der Zahnpräparate detektiert wurden, besteht. Darüber hinaus wurden die ermittelten Fluoreszenzfarbwerte der polierten Zahnpräparate der jeweiligen Versuchsgruppen un-

tereinander auf signifikante Unterschiede überprüft, um die Vergleichbarkeit der drei Versuchsgruppen einschätzen zu können.

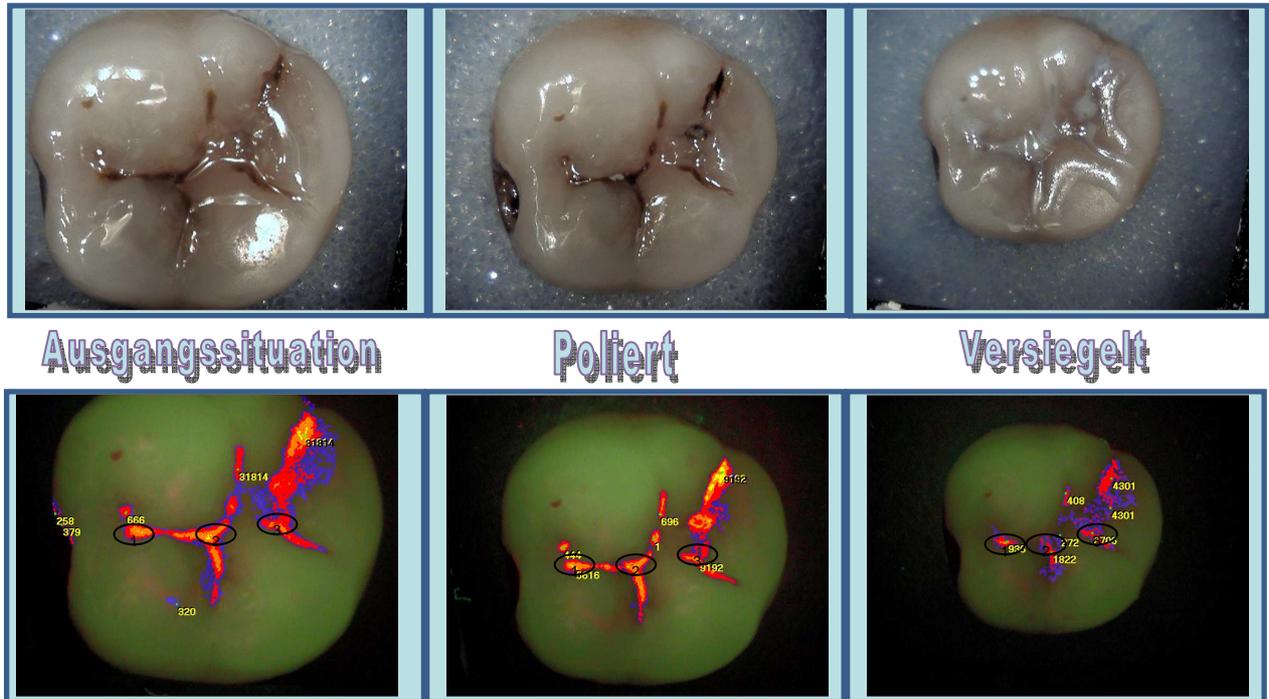


Abb. 9: Bildreihe Fissurit® F. Aufnahmen mit der VistaCam®-Kamera der verschiedenen Versuchsschritte als klinische Aufnahme und Fluoreszenzfarbbild. Auf den Fluoreszenzfarbbildern sind die entsprechenden Messpunkte schwarz umkreist.

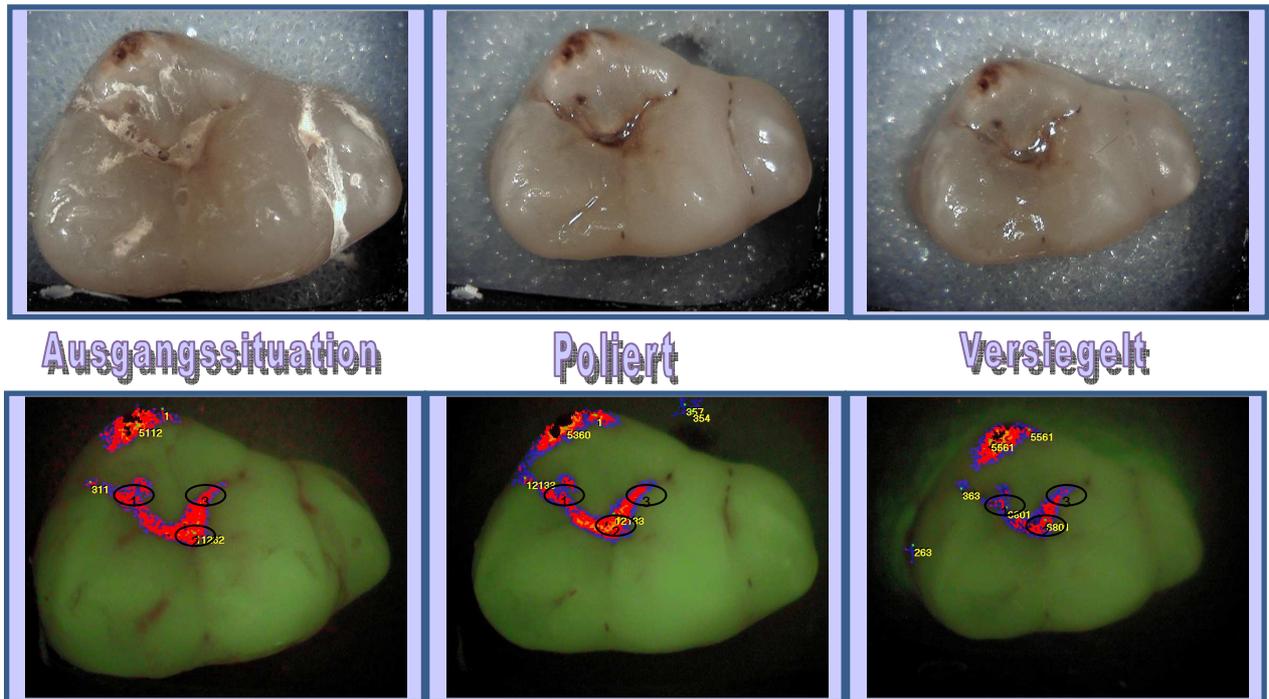


Abb. 10: Bildreihe Fissurit®. Aufnahmen mit der VistaCam®-Kamera der verschiedenen Versuchsschritte als klinische Aufnahme und Fluoreszenzfarbbild. Auf den Fluoreszenzfarbbildern sind die entsprechenden Messpunkte schwarz umkreist.

3 Ergebnisse

3.1 Gruppenspezifischer Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte nach Politur der Zahnpräparate

Der Fluoreszenzfarbwertvergleich der polierten Zahnpräparate der verschiedenen Versuchsgruppen untereinander ergab eine ungefähr gleiche Kariesverteilung. Die zufällig eingeteilten Zähne zeigten ein ähnlich häufiges Auftreten der verschieden tiefen kariösen Läsionen (Tab. 5).

Läsionstiefe	FW	FT	EXP	Insgesamt
Karies frei	11	5	12	28
Initiale Schmelzläsion	29	27	29	85
Tiefe Schmelzläsion	19	25	18	62
Initiale Dentinläsion	1	2	1	4
Tiefe Dentinläsion	0	1	0	1
Gesamtanzahl der Messwerte	60	60	60	180

Tab. 5: Anzahl der untersuchten Messpunkte bezogen auf die Tiefe der verschiedenen Läsionen der jeweiligen Versuchsgruppen. Jede Versuchsgruppe umfasst 60 Messpunkte. Insgesamt wurden 180 Messpunkte an 60 Zähnen untersucht (FW: Fissurit® F; FT: Fissurit®; EXP: experimenteller Versiegler).

Am häufigsten traten initiale und tiefe Schmelzläsionen auf. Bei ca. 50 von 60 der untersuchten Messpunkte konnte die Diagnose einer Schmelzkaries gestellt

werden (Tab. 5). Im Rahmen des Mann-Whitney-Tests (siehe Anhang) konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den polierten Situationen der Gruppen untereinander festgestellt werden.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich schließen, dass die einzelnen Versuchsgruppen untereinander vergleichbar sind. Die Startsituationen ähneln sich ausreichend.

3.2 Gruppenspezifischer Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte vor und nach der Politur der Zahnpräparate

3.2.1 Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte vor und nach der Politur innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen

Der Vergleich der beiden Zustände innerhalb der jeweiligen Gruppen ergab keinen signifikanten Unterschied (Tab. 6). Die Messwerte des Ausgangszustands sind laut Statistik vergleichbar mit denen des polierten Zustands.

	FW AP	FT AP	EXP AP
Mann-Whitney-U	1665,500	1757,000	1490,000
Wilcoxon-W	3495,500	3587,000	3320,000
Z	-,722	-,236	-1,667
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,471	0,813	0,095

Tab. 6: Signifikanzprüfung des Unterschieds zwischen Ausgangssituation und dem polierten Zustand innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen (N=20/Gruppe). (FW: Fissurit® F; FT: Fissurit®; EXP: experimenteller Versiegler; AP Ausgangszustand vs polierte Situation)

Dieses bedeutet, dass die Fluoreszenzkamera Diagnosen an ungereinigten Zähnen stellen kann. Sie widerspricht somit der Theorie, dass eine diagnostische Hilfestellung lediglich an gereinigten Zahnflächen gewährleistet ist.

3.2.2 Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte vor und nach der Politur der Zahnpräparate in Abhängigkeit der Ausgangsfluoreszenzfarbwerte

Werden die Werte der Ausgangssituation mit denen der polierten Situation verglichen, so fällt auf, dass sich diese auf unterschiedliche Art und Weise entwickeln. Die Entwicklung ist abhängig vom primären Messwert der Ausgangssituation. Werden zu Beginn der Messung gesunde Zähne diagnostiziert, steigt der Messwert nach der Politur häufiger und stärker an als bei anderen Ausgangssituationen. Das bedeutet, dass deutlich mehr initiale Läsionen nach der Politur aufgedeckt werden (Tab. 7). Es kommt zu einer leichten Rechtsverschiebung der Normalverteilung (Abb. 8 und 9). Demgegenüber sinken die Werte nach abgeschlossener Politur bei zuvor diagnostizierten Schmelzläsionen geringfügig. Hier erkennt man eine leichte Linksverschiebung besonders bei zuvor ausgeprägten Schmelzläsionen (Tab. 7; Abb. 8 und 9)

AusgangsmW	Diff -1,5	Diff -1	Diff -0,5	Diff 0	Diff +0,5	Diff +1	Diff +1,5	Diff +2	Diff +2,5
<1	0	1	2	17	2	5	2	4	1
1<2	1	2	9	36	15	0	1	1	0
2<3	3	10	23	36	8	1	0	0	0

Tab. 7: Entwicklung aller 180 Ausgangsmesswerte nach der Politur. Aufgelistet ist die Entwicklung, das heißt die Häufigkeit der aufgetretenen Differenzen (Diff) zwischen der jeweiligen Ausgangssituation und dem polierten Zustand. Es wird deutlich, dass sich die Messwerte <1 vermehrt erhöhen, während die Messwerte (2<3) häufiger sinken.

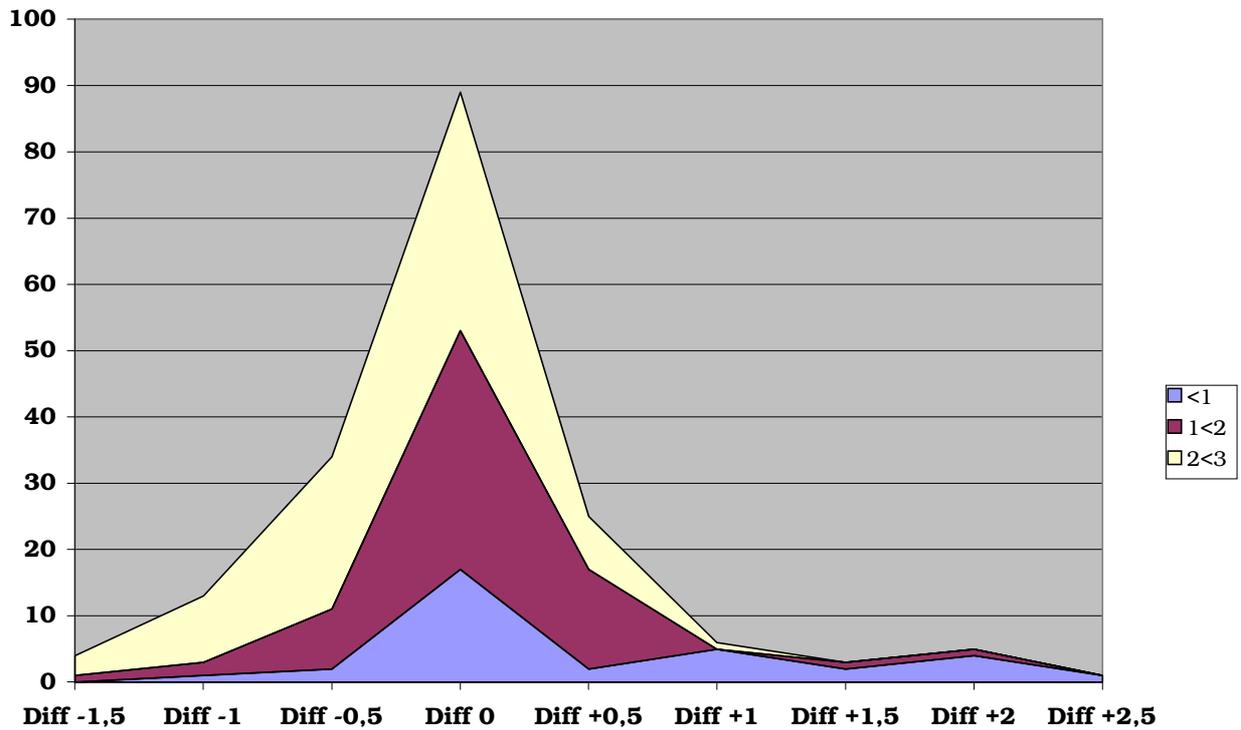


Abb. 12: Entwicklung aller 180 Ausgangsmesswerte nach der Politur in Abhängigkeit vom Ausgangsmesswert. In dem Diagramm ist die Linksverschiebung der Normalverteilung der Messwertdifferenzen des gelben Graphen zu sehen. Dieser beinhaltet die Messwertdifferenzen der Ausgangssituation der tiefen Schmelzkaries (2<3). Dem gegenüber steht der blaue Graph, der eine Rechtsverschiebung zeigt und die Messwertdifferenzen des kariesfreien (<1) Gesundheitszustands wiedergibt. (x-Achse: Messwertdifferenzen; y-Achse: Häufigkeit der Messwertdifferenzen)

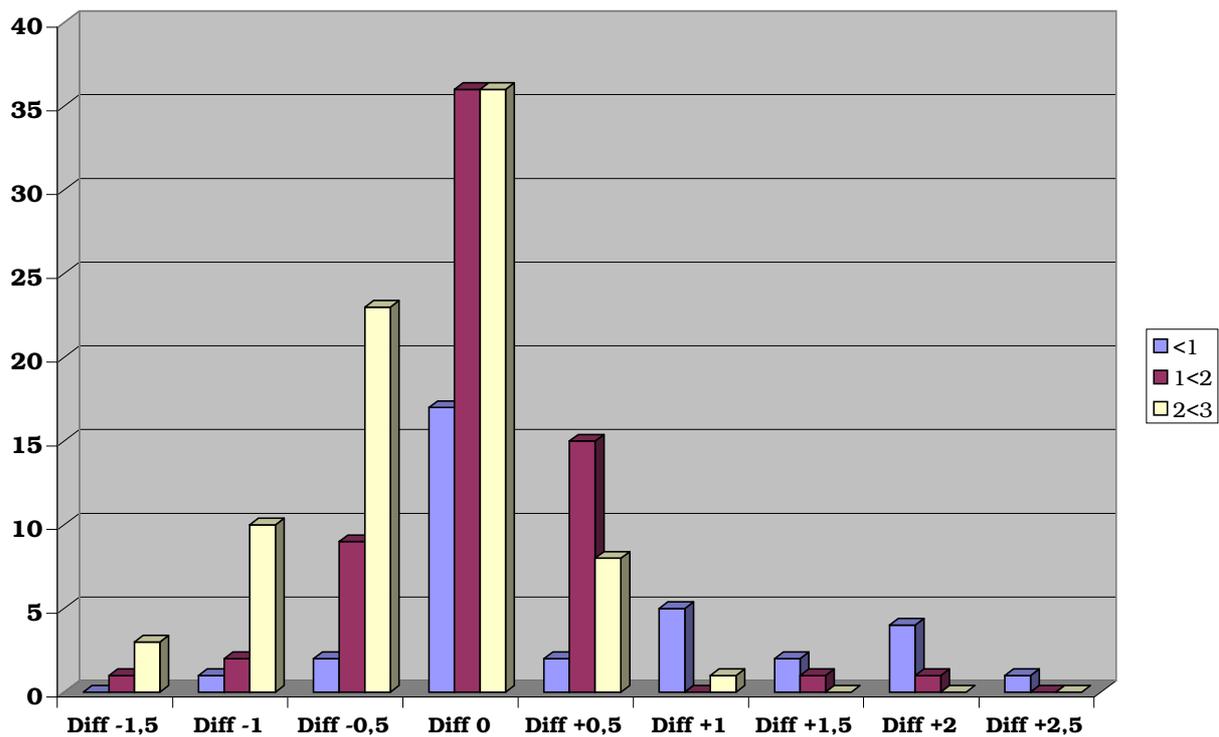


Abb. 13: Häufigkeit der jeweiligen Differenzen zwischen der Ausgangssituation und dem poliertem Zustand in Abhängigkeit von der Ausgangssituation. Auch hier wird deutlich, dass nach der Politur bei zuvor kariessfreien Zähnen (<1; blau) häufiger höhere Messwerte festgestellt werden. Wird in der Ausgangssituation jedoch eine tiefe Schmelzläsion (2<3, gelb) diagnostiziert, zeigen die Messwerte nach der Politur eher eine Tendenz zu sinken. (x-Achse: Messwertdifferenzen; y-Achse: Häufigkeit der Messwertdifferenzen)

3.3 Gruppenspezifischer Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte der polierten und versiegelten Zahnpräparate

3.3.1 Unterschied der Fluoreszenzfarbwerte der polierten und versiegelten Zahnpräparate innerhalb der jeweiligen Versuchsgruppen

Die statistische Auswertung ergab, dass zwischen dem Zustand poliert sowie dem Zustand versiegelt ein signifikanter Unterschied in allen Versuchsreihen bestand. Kariöse Läsionen unterhalb einer Versiegelung wurden nur abgeschwächt und in manchen Fällen gar nicht erkannt (Tab. 8).

	FW PVers	FT PVers	EXP PVers
Mann-Whitney-U	620,000	922,000	1412,500
Wilcoxon-W	2450,000	2752,000	3242,500
Z	-6,464	-4,721	-2,094
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	0,000	0,000	0,036

Tab. 8: Signifikanzprüfung des Unterschieds zwischen dem polierten und dem versiegelten Zustand innerhalb der Versuchsgruppen. Es besteht bei allen drei Versuchsgruppen ein signifikanter Unterschied zwischen dem polierten und dem versiegelten Zustand. (FW: Fissurit® F; FT: Fissurit®; EXP: experimenteller Versiegler; PVers: polierter Zustand vs. versiegelte Situation).

3.3.2 Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte der polierten und versiegelten Zahnpräparate in Abhängigkeit von den unterschiedlichen Fluoreszenzfarbwerten der polierten Zahnpräparate

3.3.2.1 Fissurit® F

Vergleicht man die Relation der Differenzen zwischen polierten und versiegelten Zustand in Abhängigkeit von der primär gestellten Diagnose, fällt auf, dass besonders ausgeprägte Schmelzläsionen von der VistaCam®-Kamera herabgestuft werden. Hier kommt es häufig zu großen Differenzen zwischen den Diagnosen (Tab. 9; Abb. 14). Gesunde Zähne werden dagegen auch als gesund erkannt.

Ausgang-Messwert	Diff -2	Diff -1,5	Diff -1	Diff -0,5	Diff 0	Diff +2
<1	0	0	0	5	6	1
1<2	0	12	10	5	1	0
2<3	9	0	5	4	0	0
3<4	0	1	0	0	0	0
Gesamt-anzahl	9	13	16	16	5	1

Tab. 9: Messwertdifferenz zwischen der polierten Situation und dem versiegelten Zustand der Versuchsgruppe Fissurit® F. Auffällig sind die relativ geringen Differenzen bei der kariesfreien polierten Situation (<1) im Gegensatz zu den großen Differenzen bei tiefen Schmelzläsionen (2<3) (N=60).

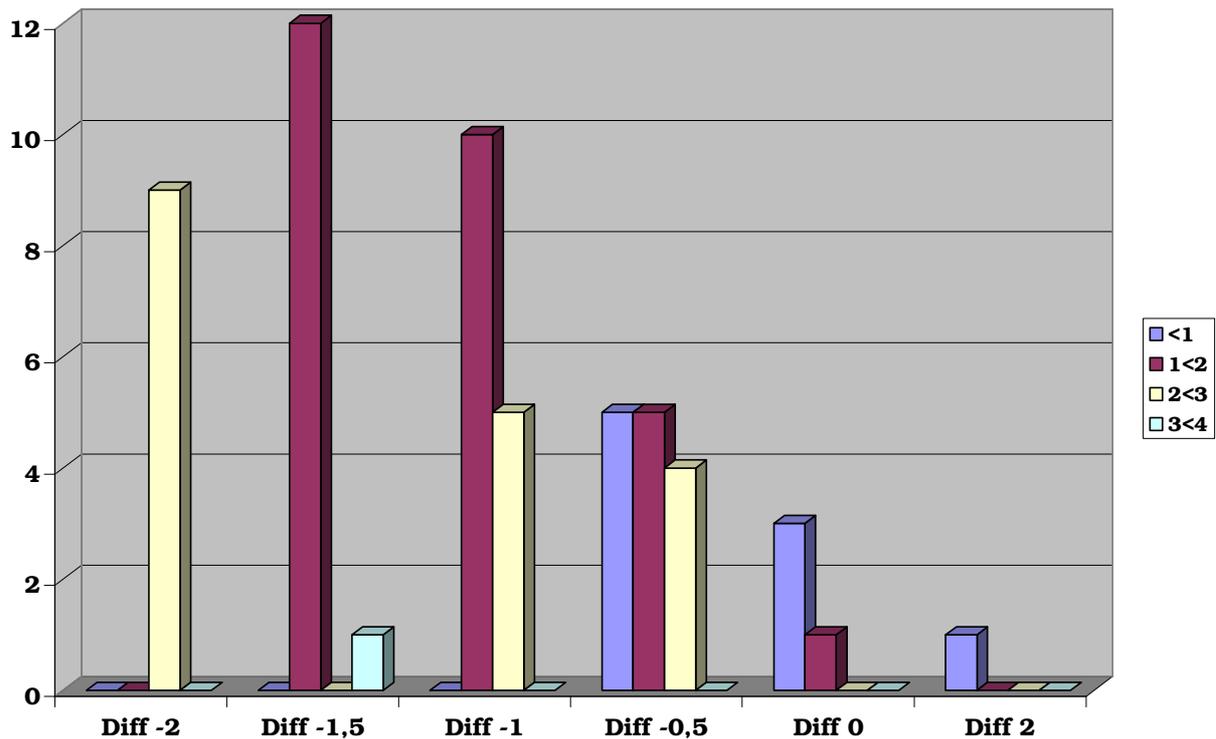


Abb. 14: Messwertdifferenz zwischen der polierten Situation und dem versiegelten Zustand der Versuchsgruppe Fissurit® F. Auffällig sind die relativ geringen Differenzen bei der kariesfreien polierten Situation (blau) im Gegensatz zu den großen Differenzen bei tiefen Schmelzläsionen (gelb).
(x-Achse: Messwertdifferenzen; y-Achse: Häufigkeit der Messwertdifferenzen)

3.3.2.2 Fissurit®

Der Vergleich der entsprechenden Stadien –poliert und versiegelt- führt zu ähnlichen Ergebnissen. Gesunde Zähne werden auch hier als gesund erkannt. Die Ausdehnung der Zahnhartsubstanzerkrankung wird jedoch deutlich unterschätzt (Tab. 10; Abb. 15).

Ausgangs-Messwert	Diff -2	Diff -1,5	Diff -1	Diff -0,5	Diff 0
<1	0	0	0	2	3
1<2	0	3	8	8	8
2<3	5	2	4	10	4
3<4	0	1	0	0	1
>4	0	0	0	1	0
Gesamt-anzahl	5	6	12	21	16

Tab. 10: Fluoreszenzfarbwertdifferenz zwischen den polierten und versiegelten Zahnpräparaten der Versuchsgruppe Fissurit®. Auffällig sind die relativ geringen Differenzen bei der kariesfreien polierten Situation (<1) im Gegensatz zu den großen Differenzen bei tiefen Schmelzläsionen (2<3) (N=60).

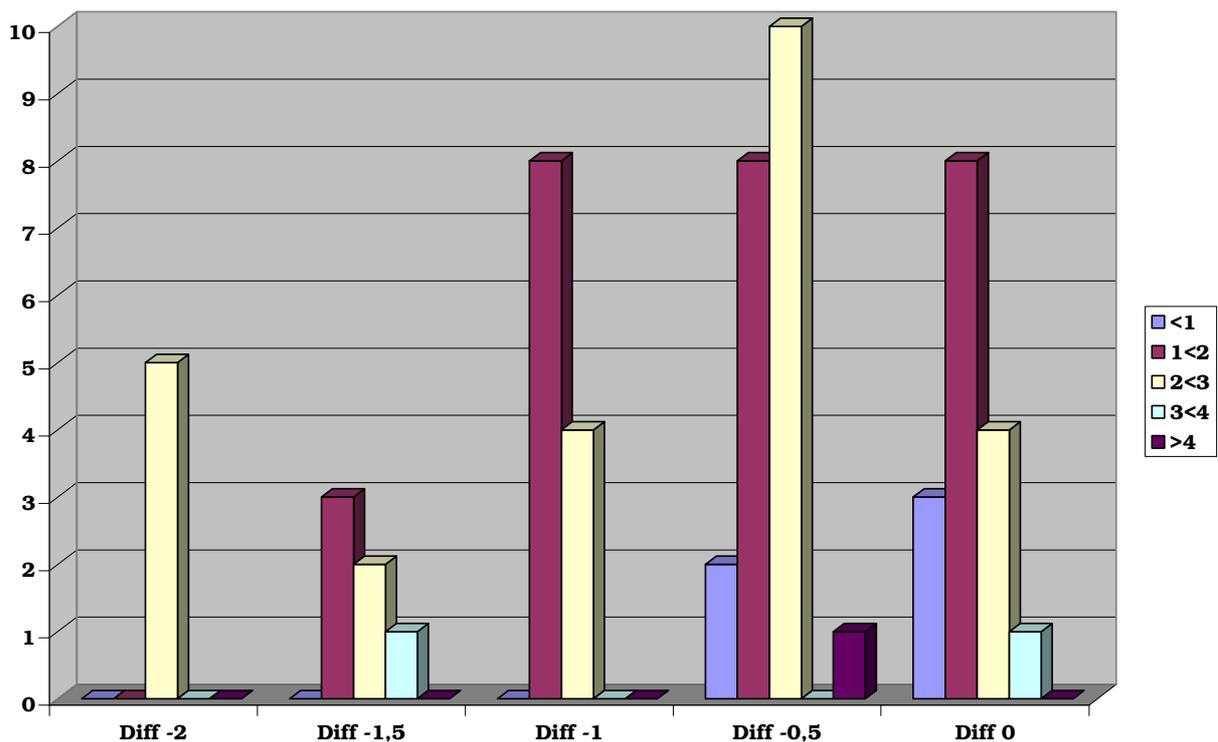


Abb. 15: Fluoreszenzfarbwertdifferenz zwischen den polierten und den versiegelten Zahnpräparaten der Versuchsgruppe Fissurit®. Auffällig sind die relativ geringen Differenzen bei der kariesfreien polierten Situation (<1) im Gegensatz zu den großen Differenzen bei tiefen Schmelzläsionen (2<3).
(x-Achse: Messwertdifferenzen; y-Achse: Häufigkeit der Messwertdifferenzen)

3.3.2.3 experimenteller Versiegler

Auch der experimentelle Versiegler zeigt bei dem Vergleich der Umstände poliert und versiegelt ein ähnliches Bild wie die zuvor getesteten Versiegler. Kariöse Läsionen unterhalb der Versiegelung werden lediglich in abgeschwächtem Ausmaß erkannt. Jedoch ist das Ausmaß der Abschwächung deutlich geringer. Gesunde Zahnhartsubstanz wird auch als gesund erkannt (Tab. 11; Abb. 16).

Ausgangsmesswert	Diff -2	Diff -1,5	Diff -1	Diff -0,5	Diff 0
<1	0	0	0	1	11
1<2	0	2	1	9	17
2<3	0	0	2	10	6
3<4	0	0	0	1	0
Gesamt-Anzahl	0	2	3	21	34

Tab. 11: Fluoreszenzfarbwertdifferenz zwischen der polierten Situation und dem versiegelten Zustand der Versuchsgruppe experimenteller Versiegler. Auffällig ist in dieser Tabelle, dass lediglich fünfmal eine Differenz größer -0,5 auftrat (N=60).

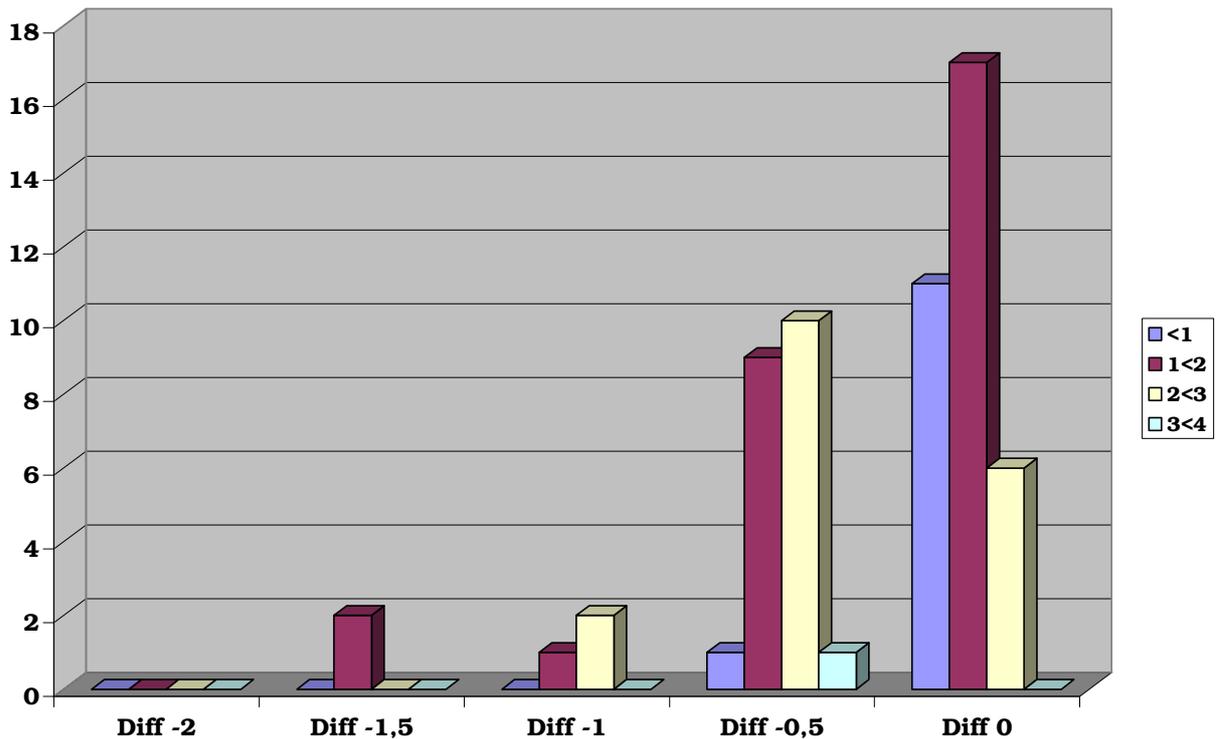


Abb. 16: Fluoreszenzfarbwertdifferenz zwischen der polierten Situation und dem versiegelten Zustand der Versuchsgruppe des experimentellen Versieglers. Auffällig ist in dieser Abbildung, dass lediglich fünfmal eine Differenz $>0,5$ auftrat. (x-Achse: Messwertdifferenzen; y-Achse: Häufigkeit der Messwertdifferenzen)

3.4 Vergleich der Versiegler untereinander in Bezug auf die mögliche Diagnosestellung mit dem Diagnosehilfsmittel VistaCam®-Kamera

Vergleicht man die Qualität der Detektionsergebnisse, die mit Hilfe der VistaCam®-Kamera in Abhängigkeit vom Versiegler typ gestellt wurden, fällt auf, dass hier deutliche Unterschiede bestehen. Die Fluoreszenzfarbwertdifferenzen zwischen polierter Situation und versiegeltem Zustand sind bei Fissurit® F am größten. Der experimentelle Versiegler zeigt nahezu ausschließlich Fluoreszenzfarbwertdifferenzen von weniger als 0,5 entsprechend der Farbauswertung (Kap. 2.2.3, Tab. 4) (Tab. 12, Abb. 17).

Versiegler	Diff -2	Diff -1,5	Diff -1	Diff -0,5	Diff 0	Diff 2
FW	9	13	16	16	5	1
FT	5	6	12	21	16	0
EXP	0	2	3	21	34	0

Tab. 12: Gegenüberstellung der Häufigkeiten der Fluoreszenzfarbwertdifferenzen in Abhängigkeit vom Versieglerotyp. Auffällig ist, dass der experimentelle Versiegler die geringsten Differenzen aufweist, während die Diagnose mit der VistaCam®-Kamera beim Fissurit® F sehr ungenau ist (N=60/Versieglergruppe).

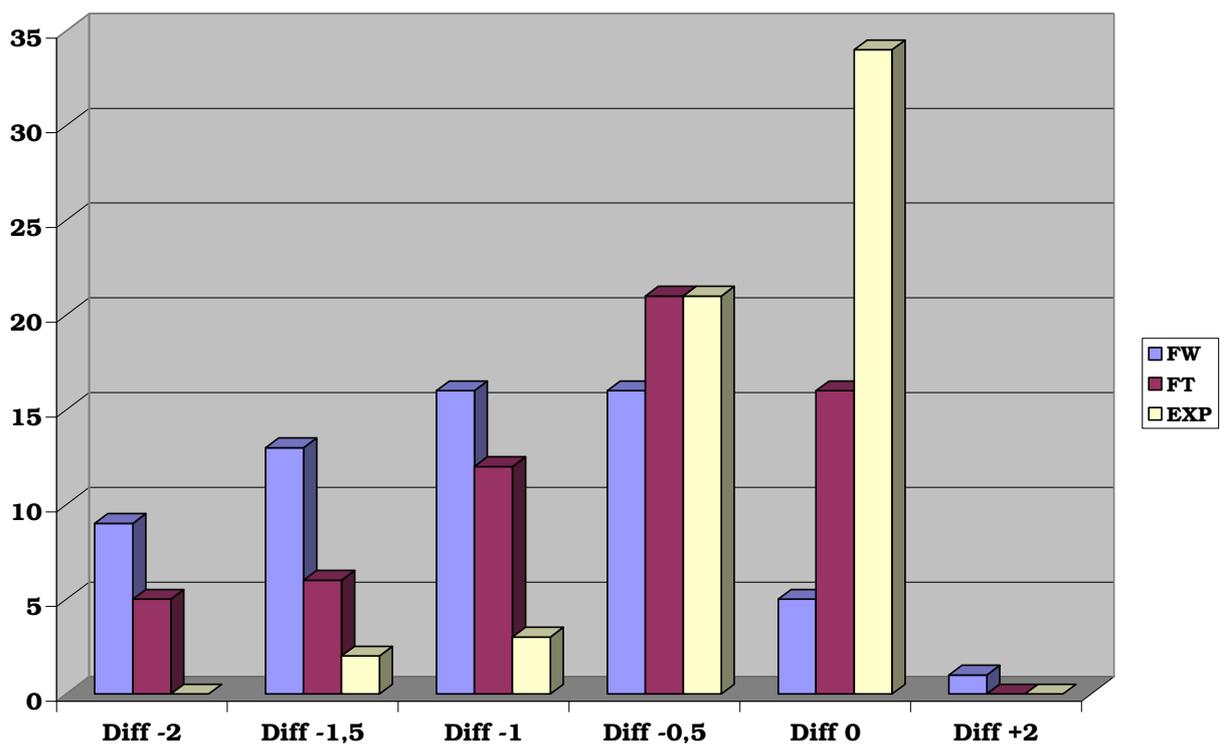


Abb. 17: Verteilung der Differenzen zwischen poliertem Messwert und Versiegeltem innerhalb der einzelnen Versuchsgruppen. Auffällig ist, dass die meisten Messwerte des experimentellen Versieglers (EXP, gelb) keine Differenz zwischen dem versiegelten und dem polierten Zustand aufweisen. Dagegen weisen die meisten Messwerte des Fissurit® F (FW, blau) eine Differenz von -1 auf. Der Versiegler Fissurit® (FT, violett) zeigt schwerpunktmäßig eine Differenz von -0,5. (x-Achse: Messwertdifferenzen; y-Achse: Häufigkeit der Messwertdifferenzen)

Werden die Auswertung und die Ergebnisse auf die klinische Relevanz übertragen, so können Fluoreszenzfarbwertdifferenzen von 0 und 0,5 zusammengefasst werden. Hier ergibt sich trotz geringem Detektionsfehler keine klinische Konsequenz bezüglich der therapeutischen Entscheidung. Fluoreszenzfarbwertdifferenzen ≥ 1 bedeuten, dass beispielsweise eine Schmelzkaries nicht erkannt wird. Eine solche Fissur würde als gesund angezeigt. Fluoreszenzfarbwertdifferenzen ≥ 1 haben somit klinische Relevanz und beeinflussen Entscheidungen bezüglich der Therapie negativ. Die oben aufgeführten Fluoreszenzfarbwertdifferenzen (Tab. 12) zeigen hingegen, dass die VistaCam®-Kamera im Zusammenhang mit dem experimentellen Versiegler eine relativ zuverlässige Diagnosehilfe darstellt. Sie erreicht eine Sensitivität von 91,6%. Demgegenüber sind die Sensitivitätswerte der VistaCam®-Kamera in Zusammenarbeit mit Fissurit® F und Fissurit® entsprechend geringer (Fissurit® F Sensitivität = 35 %; Fissurit® Sensitivität = 61,6%) (Tab. 13).

Versieglertyp	Fluoreszenzfarbwertdiff.	Fluoreszenzfarbwertdiff.	Gesamt
	≤ 1	≥ 1	
FW	39	21	60
FT	23	37	60
EXP	5	55	60
Gesamt	67	113	180

Tab.13: Fluoreszenzfarbwertdifferenzen aufgeschlüsselt nach klinischer Relevanz und getrennt nach Versuchsgruppen (FW: Fissurit® F; FT: Fissurit®; EXP: experimenteller Versiegler). Der experimentelle Versiegler erreicht eine Sensitivität von 91,6%, Fissurit® F hingegen 35% bzw. Fissurit® 61,6% (N=60/Versuchsgruppe).

4 Diskussion

4.1 Ergebnisdiskussion

Gegenstand der vorliegenden in vitro-Studie war die Untersuchung versiegelter kariöser Zähne mit einer fluoreszenzoptisch basierten Diagnosehilfe. Es wurde die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der VistaCam®-Kamera überprüft. Dies geschah im Zusammenhang mit drei verschiedenen Fissurenversiegeln. Darüber hinaus wurde die Notwendigkeit der Reinigung von den zu untersuchenden Zahnpräparaten vor Anwendung der VistaCam®-Kamera überprüft.

Im Gegensatz zu anderen fluoreszenzoptisch basierten Diagnosehilfen (Braun et al., 1999; Eberhard et al., 2007a) ist eine Zahnreinigung vor der Untersuchung mit der VistaCam®-Kamera nicht in jedem Fall zwingend notwendig. Es konnte gezeigt werden, dass vergleichbare Ergebnisse vor und nach der Reinigung der Zähne erzielt werden. Zwischen den Fluoreszenzfarbwerten der Zahnpräparate vor und nach der Politur konnte kein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Kap. 3.2.1, Tab. 6). Das bedeutet, dass laut den vorliegenden Ergebnissen die VistaCam®-Kamera auch an nicht gereinigten Zahnflächen korrekte Detektionsergebnisse erzielen kann. Unterscheidet man jedoch die Ausgangsfluoreszenzfarbwerte in Abhängigkeit vom Gesundheitszustand des Zahns und überprüft die Entwicklung dieser Werte nach der Politur, so wird die Tendenz deutlich, dass durch eine Zahnreinigung Läsionen an zuvor als kariesfrei eingeschätzten Zähnen zuverlässiger aufgespürt werden können. Von den insgesamt 34 Fluoreszenzfarbwerten, die vor der Politur keinen kariösen Befund anzeigten, wurden nach der Politur an 14 Messpunkten kariöse Läsionen detektiert. Die meisten Detektionsergebnisse wurden von kariesfrei zu einer initialen Schmelzkaries (Kap. 3.2.2, Tab. 7) korrigiert. Das bedeutet, dass sich der Fluoreszenzfarbwert um eine Farbstufe veränderte. In sieben Fällen wurde nach der Politur eine größere kariöse Läsion aufgedeckt. Darüber hinaus wurden durch die vor der Politur auf den Zahnpräparaten aufliegende Plaque und durch den Biofilm tiefe Läsionen häufig ausgeprägter detektiert als nach der Politur (Kap. 3.2.2, Abb. 12 und 13).

Grundsätzlich sollte folglich trotz des fehlenden signifikanten Unterschieds zwischen den Fluoreszenzfarbwerten vor und nach der Politur eine Zahnreinigung vor der Detektion durchgeführt werden, da sich die Notwendigkeit derselben meist erst im Nachhinein herausstellt. Soll ein Zahn lediglich grob eingeschätzt werden, z.B. in Notfallsituationen bei starken Schmerzen, kann dies auch ohne Zahnreinigung erfolgen, ohne dass es zu weitreichenden Falschdiagnosen kommen sollte.

Werden kariös versiegelte Zähne mittels der VistaCam®-Kamera untersucht, so stellt man fest, dass sich die Fluoreszenzfarbwerte vor der Versiegelung deutlich von den Werten nach der Versiegelung unterscheiden. Es konnte in allen drei Versuchsreihen ein signifikanter Unterschied festgestellt werden (Kap. 3.3.1, Tab. 8). Der experimentelle Versiegler scheint eine bessere Fluoreszenz-optische Untersuchung zuzulassen als die konventionellen getesteten Versiegler. Im Rahmen des Signifikanztests konnte sowohl bei Fissurit® F (weiß eingefärbter Versiegler, Füllstoffgehalt 15%), als auch bei Fissurit® (transparenter Versiegler, Füllstoffgehalt 7%) in keiner Weise eine Ähnlichkeit der Fluoreszenzfarbwerte vor und nach der Fissurenversiegelung festgestellt werden. Bei dem getesteten experimentellen Versiegler zeigte sich eine annähernde Ähnlichkeit der Fluoreszenzfarbwerte vor und nach der Versiegelung (Kap. 3.3.1, Tab. 8). Folglich wäre es sinnvoll, diesen Fissurenversiegler im Zusammenhang mit Fluoreszenzoptischen Untersuchungen den konventionellen Fissurenversiegler vorzuziehen. Besonders schlecht lässt sich eine Karies unter weiß eingefärbten Versiegler, wie dem hier getesteten Fissurit® F, erkennen. Hier konnten auffällig häufig größere Fluoreszenzfarbwertdifferenzen festgestellt werden. Lediglich fünf Werte stimmten mit dem Fluoreszenzfarbwert vor der Fissurenversiegelung überein. Bei den nicht kariösen Zahnpräparaten stellte die VistaCam®-Kamera jedoch selten eine falsch-positiv Diagnose wenn diese mit einer Versiegelung versehen waren (Kap. 3.3.2.1, Tab. 9).

Etwas besser ließen sich kariöse Läsionen unterhalb einer transparenten Versiegelung mit Hilfe der VistaCam®-Kamera detektieren (Kap. 3.3.2.2, Tab. 10). Die Messwertdifferenzen traten seltener und gemäßiger auf. In Tab. 11 des Kapitels 3.3.2.3 wird deutlich, dass der experimentelle Versiegler die kleinsten

Fluoreszenzfarbwertdifferenzen aufweist. Kariöse Läsionen werden kaum geringer eingeschätzt als zuvor ohne Versiegelung. Die überwiegende Anzahl der Fluoreszenzfarbwerte unterscheiden sich gar nicht bzw. sind um 0,5 verringert (Kap. 3.3.2.3, Tab. 11). Diese Einschätzung bestätigt sich auch im direkten Vergleich aller drei Versiegler (Kap. 3.4, Tab. 12). Die Detektion der kariösen Läsionen gelingt deutlich besser im Zusammenhang mit dem getesteten experimentellen Versiegler.

Vermutlich werden die Laserstrahlen durch die extrem feinen Füllkörper des experimentellen Versieglers (Nanofüller) weniger reflektiert als bei den konventionellen Versiegler. Die Eindringtiefe der Laserstrahlen scheint größer und intensiver zu sein. Daraus würde folgen, dass die Laserstrahlen die Porphyrine der Bakterien besser zur Fluoreszenz anregen können. Die emittierte Fluoreszenz ist ausgeprägter als bei den konventionellen Versiegler und kann somit deutlicher detektiert werden. Da bei dem weißpigmentierten Versiegler nicht nur Füllstoffe, sondern auch weiße Pigmente die Laserstrahlen reflektieren, erreichen hier die Laserstrahlen kaum die kariösen Bereiche. Die Fluoreszenz ist sehr gering bzw. nicht vorhanden und kann somit auch nicht detektiert werden. Der transparente Versiegler stellt ein Mittel zwischen dem experimentellen Versiegler und dem weißpigmentierten Versiegler dar. Die Laserstrahlen werden in geringerem Maße reflektiert als bei dem weißpigmentierten Versiegler. Daraus resultiert die deutliche Abschwächung der Detektionsergebnisse im Zusammenhang mit dem transparenten Fissurit®.

4.2 Methodendiskussion

Bei der hier vorliegenden Studie handelt es sich um eine in vitro-Studie. Es wurde die in vivo-Situation imitiert. Im Rahmen der durchgeführten Versuche fanden ausschließlich menschliche Zähne Verwendung. Diese wurden zeitnah vor Beginn der Versuche extrahiert und umgehend nach der Extraktion in ein Gefäß mit Kochsalzlösung (Natriumchloridlösung) mit Natriumacid-Zusatz eingelegt. So konnte ein Austrocknen sowie ein fortlaufender bakterieller Verfall

verhindert werden. Verschiedene Studien belegen, dass die verwendete Lösung keinen Einfluss auf die fluoreszenzoptische Untersuchung hat (Shi et al., 2001; Schweizer, 2011). Die untersuchten Zähne wurden nach definierten Kriterien ausgewählt. Es wurden ausschließlich Molaren und Prämolaren ohne konservierende oder prothetische Restaurationen verwendet. Klinisch ergab sich bei den untersuchten Zähnen ein Verdacht auf eine Fissuren- oder Grübchenkaries. Die Zähne wurden nicht nach Geschlecht oder Alter ausgewählt. Um eine Verfälschung der Messerergebnisse zu erkennen, die durch Zahnstein und Plaque auftreten können (Braun et al., 1999; Lussi et al., 2001), wurden Aufnahmen der Zähne sowohl vor als auch nach der Politur angefertigt.

Da es sich bei Zähnen um eine hoch mineralisierte Substanz handelt, wurde durch die oben genannte Lagerung ein Zustand konserviert, welcher vergleichbar mit den tatsächlichen in vivo-Bedingungen ist. Schmelz ist wenig reaktiv, womit das Versuchsdesign realitätsnahe Ergebnisse sicherstellt. Es wurden allerdings weder das umliegende Weichgewebe, noch die Mundhöhle an sich imitiert. Zudem wurden die Speichелеigenschaften bei dieser Studie vernachlässigt. Die Fluoreszenzoptische Untersuchung wurde an mit Natriumchlorid-Lösung und Natriumacid-Zusatz, befeuchteten Zähnen durchgeführt.

4.3 Literaturvergleich

Die hier vorliegenden Diagnosen kariös versiegelter Zähne, welche mit Hilfe der Fluoreszenzoptischen Untersuchungen der VistaCam®-Kamera gestellt wurden, sind vergleichbar mit den Ergebnissen, die in Studien mit dem DIAGNOdent® System erzielt wurden. Krause et al. (2008) stellten in ihrer Studie zur Fluoreszenzoptischen Kariesdiagnostik unter Versiegelungen mit Hilfe des DIAGNOdent® Systems vergleichbare Ergebnisse fest. Unterhalb weißpigmentierter Versiegelung konnten ähnlich wie bei der VistaCam®-Kamera kariöse Läsionen nicht zuverlässig aufgedeckt werden. Ebenso erwies sich das DIAGNOdent® System im Zusammenhang mit transparenten sowie dem experimentellen nanogefüllten Versiegler als nützliche Diagnosehilfe. Zu entsprechenden Ergeb-

nissen kamen auch Takamori et al. (2001). Ihre Studie unterschied sich leicht von der hier vorliegenden. Es wurde anstatt des experimentellen Versieglers ein roter Versiegler getestet. Dieser rot eingefärbte Versiegler stellte sich im Vergleich mit einem weißpigmentierten Versiegler besser dar. Die Untersuchungsergebnisse des rot eingefärbten Versieglers waren analog zu denen des hier getesteten transparenten Versieglers. Takamori et al. (2001) mutmaßen, dass die verhältnismäßig ungünstigen Detektionsergebnisse, welche im Zusammenhang mit den weißpigmentierten Versiegler erzielt werden, auf der Tatsache basieren, dass die weißpigmentierten Versiegler Titanoxid enthalten. In einer weiteren Studie, in der nur ein transparenter Versiegler getestet wurde, stellte sich das DIAGNOdent® System ebenfalls als nützliche diagnostische Unterstützung dar. Jedoch wurde wie auch in der vorliegenden Studie ein Intensitätsverlust der Messwerte festgestellt. Die Messwerte wurden durch den Versiegler vermindert (Deery et al., 2006).

Auch die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie zur Notwendigkeit einer Zahnreinigung vor der Anwendung einer Fluoreszenzoptischen Untersuchung fügen sich in die vorhandene Literatur. In Studien zur Methode der Zahnreinigung vor der Kariesdiagnostik mit Hilfe des DIAGNOdent® Systems wurde festgestellt, dass Plaque und Biofilm die Karies Ergebnisse positiv begünstigen können. Die Methodik der Zahnreinigung selbst hat keinen Einfluss auf die Fluoreszenzoptischen Untersuchungsergebnisse (Braun et al., 1999). Auch diese Resultate stimmen mit denen der vorliegenden Ergebnisse überein.

4.4 Ausblick und klinische Relevanz

Die Fluoreszenzoptische Untersuchung von Fissuren und Grübchen ist eine vielversprechende Methode zur frühzeitigen Kariesdetektion. Die dargelegten Ergebnisse deuten darauf hin, dass Kariesdiagnostik unterhalb von Versiegelungen durch die getestete VistaCam®-Kamera sinnvoll unterstützt werden kann. Betrachtet man die Untersuchungsergebnisse der vorliegenden Studie, ist die Anwendung eines „experimentellen Versieglers“ im Zusammenhang mit der Fluoreszenzoptischen Untersuchung besonders zweckmäßig. Da es sich hier um eine in vitro-Studie handelt, ist auf diesem Gebiet weiterer Forschungsbedarf im Sinne von klinischen Studien gegeben. Die Voraussetzungen hierfür wurden unter anderem durch die vorliegende Studie geschaffen. Besonders innovativ ist diese Art der Fluoreszenz-optischen Untersuchung mittels der VistaCam®-Kamera aufgrund der Tatsache, dass ein intraorales Kamerabild zur Verfügung steht. Die Diagnose stellt sich nicht mehr ausschließlich mittels einer Zahl und einem akustischen Signal dar, wie beispielsweise bei dem DIAGNOdent®-System, sondern wird in einem Fluoreszenzbild plastisch veranschaulicht, das die Zahnkonturen deutlich erkennen lässt. Dies führt auch zu einer besseren Verständigung zwischen Behandler und Patient. Dem Patienten kann die Diagnose anschaulich dargelegt werden. Es kommt zu weniger Missverständnissen und einer besseren Patienten/Arzt-Compliance.

Die Innovationen und Möglichkeiten im Bereich der Fluoreszenz sind keinesfalls ausgeschöpft. Ein breites Einsatzspektrum in der Zahnmedizin ist denkbar. In der Kariesdiagnostik, aber auch im Rahmen der Oralchirurgie, Endodontologie und Parodontologie sind weitere Einsatzbereiche möglich.

5. Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war es, experimentell zu überprüfen, ob das VistaCam®-Kamera System eine zuverlässige Diagnosehilfe zur Aufdeckung von Karies unterhalb von Versiegelungen ist. Des Weiteren sollte untersucht werden, welcher Versiegler im Rahmen der Fluoreszenzoptischen Untersuchung am sinnvollsten verwendet werden kann und ob Beläge und Biofilm einen Einfluss auf die Fluoreszenzuntersuchung haben.

Getestet wurden drei Versiegler an insgesamt 60 extrahierten Zähnen mit je drei Messpunkten. Bei den Versiegleren handelt es sich um zwei konventionelle und einen experimentellen Versiegler. Zum Einsatz kam Fissurit® F, ein weiß eingefärbter Versiegler mit einem Füllstoffgehalt von 15%. Des Weiteren wurde Fissurit® als transparenter Versiegler mit einem Füllstoffgehalt von 9% verwendet sowie ein transparenter experimenteller Versiegler. Dieser enthält als Füllstoffe Nanofüller. Während der experimentellen Untersuchung der Zahnpräparate erfolgten eine digitale und eine Fluoreszenzoptische Aufnahme der unbehandelten Zähne. Anschließend wurden diese poliert und schließlich mit je einem Versiegler versehen. Nach jedem Zwischenschritt wurden die digitale und die Fluoreszenzoptische Aufnahme wiederholt. Es wurden die jeweiligen Fluoreszenzfarbwerte über eine numerische Codierung erfasst. Die statistische Überprüfung der Messwerte erfolgte mit dem Mann-Whitney-Test.

Die vorliegende in vitro-Studie konnte belegen, dass das VistaCam®-System eine sinnvolle Detektionshilfe im Rahmen der Kariesdiagnostik unterhalb von Versiegleren darstellt. Speziell in Zusammenhang mit einem neu entwickelten experimentellen Versiegler konnten valide Ergebnisse in Bezug auf die Kariesdetektion erzielt werden. Die VistaCam®-Kamera erzielte im Zusammenhang mit Fissurit® F eine Sensitivität von 35%, mit Fissurit® wurde eine Sensitivität von 61,6% erreicht. Der experimentelle Versiegler erreicht eine Sensitivität von 91,6%. Eine Beseitigung vorhandener Beläge im Vorfeld einer Fluoreszenzoptischen Untersuchung ist nicht zwingend notwendig, reduziert aber die Fehlergröße. Um die oben genannten Ergebnisse auch in vivo zu verifizieren, sind weitere klinische Studien notwendig.

6 Anhang

Auswertung der Fluoreszenzfarbwerte der Zahnpräparate vor der Politur (Abschnitt 1/Ausgangssitu), nach der Politur (Abschnitt 2/Pol), sowie nach der Versiegelung (Abschnitt 3/Vers) nach einem numerischen Code. (Grün 0; Blau 1, Rot=2; Orange 3; Gelb 4; grünblau = 0,5; blaurot = 1,5; rotorange = 2,5; orangegelb =3,5), aufgeschlüsselt nach Versuchsgruppen: (Tab. 14a: Fissurit® F; Tab. 14b: Fissurit®; Tab. 14c: experimenteller Versiegler)

Tabelle 14a: Versuchsgruppe Fissurit® F

Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 1	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 2	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 3	Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 1	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 2	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 3
Z 1	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 24	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	0	0	0	1	0	1	0
2	0,5	0,5	0	2	0	1	0
3	0	0	0	3	0	1	1
Z 2	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 33	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1	1,5	0	1	1	0,5	0
2	2	1,5	0	2	0,5	0,5	0
3	2	2	1	3	1	1,5	0
Z 3	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 35	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1	1,5	0	1	0	0	2
2	1,5	1,5	1	2	0	0	0
3	1	1,5	0,5	3	0	0	0
Z 5	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 38	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1	1	0	1	2	2	0
2	1,5	2	0	2	0	1,5	0
3	1,5	1,5	0	3	0,5	2	0
Z 8	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 24x	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2,5	2,5	2	1	2	0,5	0
2	2,5	3	1,5	2	2	1,5	0
3	2	2,5	1,5	3	2	1,5	0
Z 9	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 1p	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	0	2	1,5	1	1	1	0,5
2	0	2,5	1,5	2	1	0	0
3	0	2	0	3	1,5	1,5	0
Z 19	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 2p	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	2	1,5	1	1,5	1	0
2	2	2	0	2	0	0	0
3	2	2	1,5	3	1	0,5	0
Z 20	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 2px	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	1,5	0	1	2	2	1
2	2	1	0	2	2	1,5	1
3	2,5	1	0	3	2	1,5	0
Z 22	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 3p	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2,5	2	0	1	1,5	1,5	1
2	2,5	2	0	2	2	2	0
3	2	1,5	0	3	1	1	0
Z 23	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 8p	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	0	2	1	1	1	1	0
2	2	2,5	2	2	1,5	1,5	0
3	0	2	0	3	1,5	1	0

Tabelle 14b: Versuchgruppe Fissurit®

Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 1	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 2	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 3	Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 1	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 2	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 3
M 10	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z D	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2,5	3	3	1	2	2	1,5
2	2	2	2	2	2	2,5	2
3	2	2	1,5	3	2	2	1,5
M 11	Ausgangs-situ	pol	Vers	Z E	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	2	2	1	0	0	0
2	2	3	1,5	2	0	0	0
3	2	2	2	3	1	1	0
M 12	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z F	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	4	4	3,5	1	2	1,5	1
2	2	2,5	1	2	2	1,5	1,5
3	2	2,5	1,5	3	2,5	2	1,5
M 26	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z G	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1,5	1	1	1	2,5	1,5	0
2	1	1	1	2	1,5	1,5	0
3	1,5	1	1	3	2	2	1
M 13	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z H	Ausgangs-situ	pol	Vers
1	1,5	0	0	1	1,5	2	0
2	1,5	1	0	2	0,5	1,5	0
3	2	1	0,5	3	1	2	1,5
Z 57	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z I	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1	1	0	1	1	1,5	0,5
2	1,5	1,5	0,5	2	2	2,5	1
3	1	1	0	3	2	2	1,5
Z 59	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z J	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	2	1	1	1	1,5	1,5
2	0	0,5	0	2	1	1	1
3	0,5	1	0	3	1	1	1
Z A	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z K	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	2	0	1	1	1,5	1
2	2	2	2	2	1,5	1,5	1
3	2	2	0	3	2	2	1,5
Z B	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z L	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	2	1,5	1	2	2	1
2	2	2	1,5	2	2,5	1,5	1
3	2	1,5	1	3	2	1,5	1
Z C	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z M	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	2	0	1	1	1	0
2	1	1,5	1	2	1	1	1
3	2	2	1	3	1	0,5	1

Tabelle 14c: Versuchsgruppe experimenteller Versiegler

Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 1	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 2	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 3	Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 1	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 2	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte Abschnitt 3
M 1	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 2	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1,5	0	0	1	1	1,5	1,5
2	1	0	0	2	1,5	1,5	1,5
3	0	1	0	3	1,5	2	1,5
Z 10	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 20	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	0,5	0	0	1	2	1,5	1,5
2	2	1,5	0	2	2	2	2
3	2	1,5	1,5	3	2	2	2
Z 11	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 28	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2,5	2	1,5	1	2	2,5	2
2	2	2	1,5	2	2	2	2
3	1,5	1,5	1,5	3	2	2	2
Z 12	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 29	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2	1	1	1	2,5	2,5	2
2	2	1	1	2	2	2	1,5
3	2	1,5	1,5	3	2	2	1,5
Z 14	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 31	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1,5	1	1	1	1	1,5	0
2	1	1	1	2	2,5	3	2,5
3	1,5	1,5	1	3	2	1,5	1
Z 9	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 32	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1,5	1,5	1,5	1	1	1	0,5
2	2,5	1,5	1,5	2	1	1	0,5
3	2	0,5	0,5	3	1,5	1,5	1
Z 15	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 34	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1,5	1	1	1	2	1	1
2	1,5	1,5	1,5	2	2	2	1,5
3	1	1	0,5	3	2	2,5	1,5
Z 16	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 4	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	0	0	0	1	1	1	1
2	0	0	0	2	1,5	1,5	1
3	1,5	1,5	1	3	1,5	1,5	1
Z 18	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 5	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	2,5	2,5	1,5	1	0	0	0
2	2,5	1,5	1	2	0	0	0
3	2,5	1,5	1	3	1	1	1
Z 19	Ausgangs-situ	Pol	Vers	Z 7	Ausgangs-situ	Pol	Vers
1	1	1	1	1	0	0	0
2	2	1,5	1,5	2	0,5	0,5	0
3	1	0,5	0,5	3	0	0	0

Tabelle 15: Fluoreszenzfarbwerte vor und nach der Politur der Zahnpräparate sortiert nach den Ausgangsfluoreszenzfarbwerten:

Gruppe 1: Fluoreszenzfarbwert der Ausgangssituation <1

Gruppe 2: Fluoreszenzfarbwert der Ausgangssituation <2

Gruppe 3: Fluoreszenzfarbwert der Ausgangssituation <3

Gruppe 4: Fluoreszenzfarbwert der Ausgangssituation <4

Gruppe 5: Fluoreszenzfarbwert der Ausgangssituation >4

Zahn (Messpunkt)t	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte d. unbehandelten Präp. Gruppe 1	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte d. pol. Präp. Gruppe 1	Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte d. unbehandelten Präp. Gruppe 2	Codierung d. Fluoreszenzfarbwerte d. pol. Präp. Gruppe 2
Zahn (MP)	Ausg <1	Pol.	Zahn (MP)	Ausg 1-1,9	Pol
Z 59 (2)	0	0,5	M13 (1)	1,5	0
Z 59 (3)	0,5	1	M13 (2)	1,5	1
ZE (1)	0	0	M26 (1)	1,5	1
ZE (2)	0	0	M26 (2)	1	1
ZH (2)	0,5	1,5	M26 (3)	1,5	1
M1 (3)	0	1	Z57 (1)	1	1
Z10 (1)	0,5	0	Z57 (2)	1,5	1,5
M1 (3)	0	1	Z57 (3)	1	1
Z11 (1)	0,5	0	ZC (2)	1	1,5
Z16 (1)	0	0	ZE (3)	1	1
Z16 (2)	0	0	ZG (2)	1,5	1,5
Z5 (1)	0	0	ZH (1)	1,5	2
Z5 (2)	0	0	ZH (3)	1	2
Z7 (1)	0	0	ZI (1)	1	1,5
Z7 (2)	0,5	0,5	ZJ (1)	1	1,5
Z7 (3)	0	0	ZJ (2)	1	1
Z1 (1)	0	0	ZJ (3)	1	1
Z1 (2)	0,5	0,5	ZK (1)	1	1,5
Z1 (3)	0	0	Zk (2)	1,5	1,5
Z9 (1)	0	2	ZM (1)	1	1
Z9 (2)	0	2,5	ZM (2)	1	1
Z9 (3)	0	2	ZM (3)	1	0,5
Z23 (1)	0	2	M1 (1)	1,5	0
Z23 (3)	0	2	M1 (2)	1	0
Z24 (1)	0	1	Z11 (3)	1,5	1,5
Z24 (2)	0	1	Z14 (1)	1,5	1
Z24 (3)	0	1	Z14 (2)	1	1
Z33 (2)	0,5	0,5	Z14 (3)	1,5	1,5
Z35 (1)	0	0	Z 9 (1)	1,5	1,5
Z35 (2)	0	0	Z15 (1)	1,5	1

Zahn (Messpunkt)	Codierung d. Fluores- zenzfarb- werte d. unbehan- delten Präp. <i>Gruppe 1</i>	Codierung d. Fluores- zenz- farb- werte d. pol. Präp. <i>Gruppe 1</i>	Zahn Zahn (Messpunkt)	Codierung d. Fluores- zenzfarb- werte d. unbehan- delten Präp. <i>Gruppe 2</i>	Codierung d. Fluores- zenz- farb- werte d. pol. Präp. <i>Gruppe 2</i>
Zahn (MP)	Ausg <1	Pol.	Zahn (MP)	Ausg 1-1,9	Pol
Z35 (3)	0	0	Z15 (2)	1,5	1,5
Z38 (2)	0	1,5	Z15 (3)	1	1
Z38 (3)	0,5	2	Z16 (3)	1,5	1,5
Z2p (2)	0	0	Z19 (1)	1	1
-	-	-	Z19 (3)	1	0,5
-	-	-	Z2 (1)	1	1,5
-	-	-	Z2 (2)	1,5	1,5
-	-	-	Z2 (3)	1,5	2
-	-	-	Z31 (1)	1	1,5
-	-	-	Z32 (1)	1	1
-	-	-	Z32 (2)	1	1
-	-	-	Z32 (3)	1,5	1,5
-	-	-	Z4 (1)	1	1
-	-	-	Z4 (2)	1,5	1,5
-	-	-	Z4 (3)	1,5	1,5
-	-	-	Z5 (3)	1	1
-	-	-	z2 (1)	1	1,5
-	-	-	z3 (1)	1	1,5
-	-	-	z3 (2)	1,5	1,5
-	-	-	z3 (3)	1	1,5
-	-	-	z5 (1)	1	1
-	-	-	z5 (2)	1,5	2
-	-	-	z5 (3)	1,5	1,5
-	-	-	Z33 (1)	1	0,5
-	-	-	Z33 (3)	1	1,5
-	-	-	Z1p (1)	1	1
-	-	-	Z1p (2)	1	0
-	-	-	Z1p (3)	1,5	1,5
-	-	-	Z2p (1)	1,5	1
-	-	-	Z2p (3)	1	0,5
-	-	-	Z3p (1)	1,5	1,5
-	-	-	Z3p (3)	1	1
-	-	-	Z8p (1)	1	1
-	-	-	Z8p (2)	1,5	1,5
-	-	-	Z8p (3)	1,5	1

Zahn (Messpunkt)	Codierung d. Fluores- zenzfarb- werte d. unbehandel- ten Präp. <i>Gruppe 3</i>	Codierung d. Fluores- zenz- farb- werte d. pol. Präp. <i>Gruppe 3</i>	Zahn Messpunkt	Codierung d. Fluores- zenzfarb- werte d. unbehandel- ten Präp. <i>Gruppe 4</i>	Codierung d. Fluores- zenz- farb- werte d. pol. Präp. <i>Gruppe 4</i>
Zahn (MP)	Ausg 2 - 2,9	Pol	Zahn (MP)	Ausg. 3-3,9	Pol
M10 (1)	2,5	3	-	-	-
M10 (2)	2	2	-	-	-
M10 (3)	2	2	-	-	-
M11 (1)	2	2	-	-	-
M11 (2)	2	3	-	-	-
M11 (3)	2	2	-	-	-
M12 (2)	2	2,5	-	-	-
M12 (3)	2	2,5	-	-	-
M13 (3)	2	1	-	-	-
Z59 (1)	2	2	-	-	-
ZA (1)	2	2	-	-	-
ZA (2)	2	2	-	-	-
ZA (3)	2	2	-	-	-
ZB (1)	2	2	-	-	-
ZB (2)	2	2	-	-	-
ZB (3)	2	1,5	-	-	-
ZC (1)	2	2	-	-	-
ZC (3)	2	2	-	-	-
ZD (1)	2	2	-	-	-
ZD (2)	2	2,5	-	-	-
ZD (3)	2	2	-	-	-
ZF (1)	2	1,5	-	-	-
ZF (2)	2	1,5	-	-	-
ZF (3)	2,5	2	-	-	-
ZG (1)	2,5	1,5	-	-	-
ZG (3)	2	2	-	-	-
ZI (2)	2	2,5	-	-	-
ZI (3)	2	2	-	-	-
ZK (3)	2	2	-	-	-
ZL (1)	2	2	-	-	-
ZL (2)	2,5	1,5	-	-	-
ZL (3)	2	1,5	-	-	-
Z10 (2)	2	1,5	-	-	-
Z10 (3)	2	1,5	-	-	-
Z11 (1)	2,5	2	-	-	-
Z11 (2)	2	2	-	-	-
Z12 (1)	2	1	-	-	-
Z12 (2)	2	1	-	-	-
Z12 (3)	2	1,5	-	-	-
Z9 (2)	2,5	1,5	-	-	-

Zahn (Mess- punkt)	Codierung d. Fluores-zenzfarb- werte d. unbe- handelten Präp. <i>Gruppe 3</i>	Codierung d. Fluores- zenz- farb- werte d. pol. Präp. <i>Gruppe 3</i>	Zahn Mess- punkt	Codierung d. Fluores-zenzfarb- werte d. unbehandel- ten Präp. <i>Gruppe 5</i>	Codierung d. Fluores- zenz- farb- werte d. pol. Präp. <i>Gruppe 5</i>
Zahn (MP)	Ausg 2 - 2,9	Pol	Zahn (MP)	Ausg 4	Pol
Z9 (3)	2	0,5	M12 (1)	4	4
Z18 (1)	2,5	2,5	-	-	-
Z18 (2)	2,5	1,5	-	-	-
Z18 (3)	2,5	1,5	-	-	-
Z19 (2)	2	1,5	-	-	-
Z20 (1)	2	1,5	-	-	-
Z20 (2)	2	2	-	-	-
Z20 (3)	2	2	-	-	-
Z28 (1)	2	2,5	-	-	-
Z28 (2)	2	2	-	-	-
Z28 (3)	2	2	-	-	-
Z29 (1)	2,5	2,5	-	-	-
Z29 (2)	2	2	-	-	-
Z29 (3)	2	2	-	-	-
Z31 (2)	2,5	3	-	-	-
Z31 (3)	2	1,5	-	-	-
Z34 (1)	2	1	-	-	-
Z34 (2)	2	2	-	-	-
Z34 (3)	2	2,5	-	-	-
z2 (2)	2	1,5	-	-	-
z2 (3)	2	2	-	-	-
Z8 (1)	2,5	2,5	-	-	-
Z8 (2)	2,5	3	-	-	-
Z8 (3)	2	2,5	-	-	-
z19 (1)	2	2	-	-	-
z19 (2)	2	2	-	-	-
z19 (3)	2	2	-	-	-
z20 (1)	2	1,5	-	-	-
z20 (2)	2	1	-	-	-
z20 (3)	2,5	1	-	-	-
z22 (1)	2,5	2	-	-	-
z22 (2)	2,5	2	-	-	-
z22 (3)	2	1,5	-	-	-
Z23 (2)	2	2,5	-	-	-
Z38 (1)	2	2	-	-	-
Z24x (1)	2	0,5	-	-	-
Z24x (2)	2	1,5	-	-	-
Z24x (3)	2	1,5	-	-	-
Z2px (1)	2	2	-	-	-
Z2px (2)	2	1,5	-	-	-
Z2px (3)	2	1,5	-	-	-
Z3p (2)	2	2	-	-	-

Tabelle 16a-c: Vergleich der Fluoreszenzfarbwerte nach Politur und nach Versiegelung der Zahnpräparate in Abhängigkeit von den Ausgangswerten je Versuchsgruppe

Gruppe 1: Fluoreszenzfarbwert der polierten Situation <1

Gruppe 2: Fluoreszenzfarbwert der polierten Situation <2

Gruppe 3: Fluoreszenzfarbwert der polierten Situation <3

Gruppe 4: Fluoreszenzfarbwert der polierten Situation <4

Gruppe 5: Fluoreszenzfarbwert der polierten Situation >4

Tabelle 16a: Versuchgruppe Fissurit® F

Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 1	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 1	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 2	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 2	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 3	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 3	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 4	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 4	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 5	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 5
0	0	1,5	0	2	1	3	1,5	-	-
0,5	0	1,5	0	2	0	-	-	-	-
0	0	1,5	0	2,5	2	-	-	-	-
0,5	0	1,5	1	2,5	1,5	-	-	-	-
0,5	0	1,5	0,5	2	1,5	-	-	-	-
0	2	1	0	2,5	1,5	-	-	-	-
0	0	1,5	0	2	0	-	-	-	-
0	0	1,5	0	2	1,5	-	-	-	-
0,5	0	1	0	2	0	-	-	-	-
0	0	1	0	2	1,5	-	-	-	-
0	0	1,5	0	2	0	-	-	-	-
0,5	0	1	0	2	0	-	-	-	-
-	-	1	0	2	0	-	-	-	-
-	-	1,5	0	2	0	-	-	-	-
-	-	1	0	2	1	-	-	-	-
-	-	1	0	2	0	-	-	-	-
-	-	1	1	2	1	-	-	-	-
-	-	1,5	0	2,5	2	-	-	-	-
-	-	1,5	0	2	0	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-	-	-
-	-	1,5	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1	0,5	-	-	-	-	-	-
-	-	1,5	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-	-	-
-	-	1,5	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-	-	-
-	-	1	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1,5	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1	0	-	-	-	-	-	-

Tabelle 16b: Versuchsgruppe Fissurit®

Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 1	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 1	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 2	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 2	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 3	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 3	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 4	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 4	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 5	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 5
0	0	1	0	2	2	3	3	4	3,5
0,5	0	1	0,5	2	1,5	3	1,5	-	-
0	0	1	1	2	2	-	-	-	-
0	0	1	1	2	2	-	-	-	-
0,5	1	1	1	2,5	1	-	-	-	-
-	-	1	0	2,5	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	0,5	2	1	-	-	-	-
-	-	1	0	2	0	-	-	-	-
-	-	1	0	2	2	-	-	-	-
-	-	1,5	1	2	0	-	-	-	-
-	-	1,5	1	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1	0	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1	2	0	-	-	-	-
-	-	1,5	1,5	2	0	-	-	-	-
-	-	1,5	0	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	0	2,5	2	-	-	-	-
-	-	1,5	0	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	0,5	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1,5	2	1	-	-	-	-
-	-	1	1	2	0	-	-	-	-
-	-	1	1	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1	2,5	1	-	-	-	-
--	-	1,5	1	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1	2	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1	2	1	-	-	-	-
-	-	1	0	-	-	-	-	-	-
-	-	1	1	-	-	-	-	-	-

Tabelle 16c: Versuchsgruppe experimenteller Versiegler

Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 1	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 1	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 2	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 2	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 3	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 3	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. pol Präp Gruppe 4	Codierung der Fluoreszenzfarbwerte d. vers Präp Gruppe 4
0	0	1	0	2	1,5	3	2,5
0	0	1,5	0	2	1,5	-	-
0	0	1,5	1,5	2,5	1,5	-	-
0,5	0,5	1,5	1,5	2	1,5	-	-
0	0	1	1	2	2	-	-
0	0	1	1	2	2	-	-
0,5	0,5	1,5	1,5	2,5	2	-	-
0	0	1	1	2	2	-	-
0	0	1	1	2	2	-	-
0	0	1,5	1	2,5	2	-	-
0,5	0	1,5	1,5	2	1,5	-	-
0	0	1,5	1,5	2	1,5	-	-
-	-	1	1	2	1,5	-	-
-	-	1,5	1,5	2,5	1,5	-	-
-	-	1	0,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-
-	-	1	1	-	-	-	-
-	-	1,5	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1,5	-	-	-	-
-	-	1,5	0	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-
-	-	1	0,5	-	-	-	-
-	-	1	0,5	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-
-	-	1	1	-	-	-	-
-	-	1	1	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-
-	-	1,5	1	-	-	-	-
-	-	1	1	-	-	-	-

7. Literaturverzeichnis

Ahovuo-Saloranta A, Hiiri A, Nordblad A, Mäkelä M, Worthington HV. Pit and fissure sealants for preventing dental decay in the permanent teeth of children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev.* 2008; CD001830

Aljehani A, Yang L, Shi XQ. In vitro quantification of smooth surface caries with DIAGNOdent and the DIAGNOdent pen. *Acta Odontol Scand* 2007; 65: 60-63

Allais G. Karies Die Therapie. *R&W* 2010; 2: 66-72

Amaechi B. Emerging technologies for diagnosis of dental caries: The road so far. *J Appl Phys* 2009; 105: 102047-1-102047-9

Angmar-Masson B, ten Bosch JJ. Quantitative light-induced fluorescence (QFL): a method assessment of incipient caries lesions. *DMFR* 2001; 30: 298-307

Arweiler N, 2009: Die Anwendung von Chlorhexidin zur Prophylaxe und Therapie.

<http://www.zahnaerzteblatt.de/page.php?modul=HTMLPages&pid=581&page=4> (Zugriffsdatum: 11.05.2010)

Arweiler N, Momnelli A, Welk A, Zimmer S, Schloz V. 40 Jahre Chlorhexidin in der klinischen Forschung - Ist Chlorhexidin auch heute noch der Goldstandard? *ZWR* 2011, 120: 318-323

Atsumoto H, Kitamura S, Araki T. Applications of fluorescence microscopy to studies of dental hard tissue. *Front Med Biol Eng* 2001; 10: 269-284

Azarpazhooh A, Limeback H. The application of ozone in dentistry: A systematic review of literature. *J Dent* 2008a; 36: 104-116

Azarpazhooh A, Main P. Dental Caries in Children and Adolescents: A Systematic Review. *J Can Dent Assoc* 2008b; 74: 171-177

Bader JD, Shugars DA, Bonito AJ. A systematic review of performance of methods for identifying carious lesions. *J Public Health Dent*. 2002; 62: 201-213

Berchier CE, Slot DE, Haps S, Van der Weijden GA. The efficacy of dental floss in addition to a toothbrush on plaque and parameters of gingival inflammation: a systematic review. *Int J Dent Hyg* 2008; 6: 265-279

Blühdorn R. Die Effektivität der Fluoreszenzmessung zur Detektion von subgingivalem Zahnstein. *Med Diss FU Berlin*, 2006

Bratthall D, Serinirach R, Rapisuwon S, Kuratana M, Luangjarmekorn V, Luksila K, Chaipanich P. A study into the prevention of fissure caries using an antimicrobial varnish. *Int. Dent J*. 1995; 45: 245-254

Braun A, Frentzen M, Nolden R. Beeinflussung der Laser-Fluoreszenz-Messung durch Zahnreinigungsmaßnahmen. *Int Poster J Dent Oral Med* 1999; 1: 3

Bravo M, Montero J, Bravo J, Baca P, Llodra J. Sealant and Fluoride Varnish in Caries: a Randomized Trial. *JDR* 2005; 84: 1138-1143

Brede O. Konkremententfernung mit einem durch Fluoreszenz kontrollierten Er:YAG Laser. *Med Diss Uni Bonn*, 2011

Brostek A. Early diagnosis and minimally invasive treatment of occlusal caries-a clinical approach. *Oral Health Prev Dent* 2004; 2: 313-319

Bürkle V, Hickel R. Versiegelung mit Glasinomerkementen. Dtsch Zahnarztl Z 2003; 4: 207-211

Bürklein S. Kariesdiagnostik in der Zahnheilkunde: Ein Update. Swiss Dent Community 2009, 2: 34-43

Buonocore MG. A simple method of increasing the adhesion of acrylic filling materials to enamel surfaces. J Dent Res 1955; 34: 849-853

Carvalho JC, Ekstrand KR, Thylstrup A. Dental plaque and caries on occlusal surfaces of first permanent molars in relation to stage of eruption. J Dent Res. 1989; 68: 773-779

Craig RG, Powers JM, Wataha JC. Zahnärztliche Werkstoffkunde. München: Elsevier, 2006

Creanor SL, Russell JI, Strang DM, Stephen KW, Burchell CK. The prevalence of clinically undetected occlusal dentine caries in Scottish adolescents. Br Dent J 1990; 169: 126-129

David G. Fluorid und Chlorhexidin, ein erfolgreiches Team. BZB 1997; 11: 18-19

Davies GM, Worington HV, Clarkson JE, Thomas P, Davies RM. The use of fibre-optic transillumination in general dental practice. Br Dent. J 2001; 191: 145-147

Deery C, Iloya J, Nugent Z, Srinivasan V. Effect of Placing a Clear Sealant on the Validity and Reproducibility of Occlusal Caries Detection by a Laser Fluorescence Device: An in vitro Study. Caries Res. 2006; 40: 186-193

Eberhart J, Frentzen M, Thoms M. Neue optische Methoden zur Kariesdetektion. Fluoreszenzbasierte Verfahren zur Erkennung nichtkavierter Läsionen. ZWR 2007a; 116: 148-156

Eberhart J, Frentzen M, Thoms M. New method to detect caries via fluorescence. In: Schweitzer D, Fitzmaurice M, Hrsg. Diagnostic Optical Spectroscopy in Biomedicine IV. Bellingham Washington: SPIE Press, 2007b; 6628: 66280L

Ebert B, 2009: Rheumadiagnostik mit Antikörper-Fluoreszenzfarbstoff-Konjugat. <http://www.organische-chemie.ch/chemie/2009/aug/rhumadiagnostik.shtm> (Zugriffsdatum: 23.01.2011)

Ekstrand K, Qvist V, Thylstrup A. Light microscope study of the effect of probing occlusal surfaces. Caries Res 1987; 21: 368-374

Ekstrand J, Whitford GM. Fluoride metabolism. Fluoride in Dentistry. Kopenhagen: Munksgaard, 1988

Ekstrand KR, Ricketts DNJ, Kidd EAM. Occlusal Caries: Pathology, Diagnosis and Logical Management. Dent Update 2001; 28: 380-387

Ekstrand KR. Improving clinical visual detection-potential for caries clinical trails. J Dent Res. 2004; 83: 67-71

Ermler R. Diagnostik von Aproximalkaries bei Milchmolaren mit Hilfe des DIAGNOdent pen. Med Diss Uni Berlin, 2009

Förster T. Fluoreszenz organischer Verbindungen. Göttingen: Vandenhoeck&Ruprecht, 1951

Folwaczny M. Novum: Fluoreszenz zur Kariesdiagnostik. BZB 1998; 5: 16

Forgie AH, Paterson M, Pine CM, Pitts NB, Nugent ZJ. A randomised controlled trial of the caries-preventive efficacy of a chlorhexidine-containing varnish in high-caries-risk adolescents. Caries Res. 2000; 34: 432-439

Forss H, Saarni UM, Seppa L. Comparison of glass-ionomer and resin-based fissure sealants: a 2-year clinical trial. Community Dent Oral Epidemiol 1994; 22: 21-24

Forss H, Halme E. Retention of a glassionomer cement and a resin based fissure sealant and effect on carious outcome after 7 years. Community Dent Oral Epidemiol. 1998; 26: 21-25

Gängler P, Hoffmann T, Willerhausen B, Schwenger N, Ehrenfeld M. Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie. Stuttgart: Thieme, 2005

Geißler S. Laserfluoreszenz zur Kariesdiagnostik in einer Kinderzahnarzt Praxis. BZB 2010; 06: 65-67

Goddon I, Berger S, Senkel H, Tietze W, Kühnisch J, Heinrich-Weltzien R. Klinisches Erscheinungsbild erster bleibender Molaren bei 8- bis 12-jährigen Kindern Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde 2007; 3: 118-123

Gwinnett AJ, Ripa LW. Penetration of Pit and Fissure Sealants into conditioned human enamel in Vivo. Archs Oral Biol 1973; 18: 435-439

Harms V. Physik für Mediziner und Pharmazeuten. Lindhöft: Harms Verlag, 2004

Hassenstein A, Richard G, Inoffen W, Scholz F. Die digitale Integrationsmethode (DIM): Ein neues Verfahren zur präzisen Korrelation von OCT und Fluoreszenzangiographie. *Spektrum Augenheilkd* 2007; 21: 43-48

Heinrich-Weltzien R, Kühnisch J, Oehme T, Weerheijm , Stößer L. Okklusalkaries-Diagnostik - Ein Vergleich von DIAGNOdent mit konventionellen Methoden. *Oralprophylaxe* 2003; 25: 77-80

Hellwig E, Lennon AM. Systematic versus topical fluoride. *Caries Res.* 2004; 38: 258-262

Hellwig E, Klinmke J, Attin T. Einführung in die Zahnerhaltung. Köln: Deutscher Zahnärzte Verlag, 2009

Heyfelder I. Untersuchung zur Remineralisation von initialen Kariesläsionen an humanem Zahnschmelz mit CPP-ACP und 12500ppm Fluoride in situ. *Med Diss Uni Düsseldorf*, 2010

Hibst R. Optische Messmethoden zur Kariesdiagnostik. *ZWR* 1999; 198: 50-55

Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of Occlusal Caries by Laser Fluorescence: Basic and Investigations. *Med. Laser Appl.* 2001; 16: 205-213

Hickel R. Moderne Füllungswerkstoffe. *Dtsch Zahnäztl Z* 1997; 52: 572-585

Hibst R, Paulus R, Lussi A. Detection of Occlusal Caries by Laser Fluorescence: Basic and Clinical Investigations. *Med Laser Appl* 2001; 16: 205-313

Hiiri A, Ahovuo-Saloranta A, Nordblad A, Mäkelä M. Pit and fissure sealants versus fluoride varnishes for preventing dental decay in children and adolescents. *Cochrane Database Syst Rev* 2010; 3: CD003067

Holmes J, Lynch E, 2003: Clinical reversal of occlusal pit and fissure carious lesions (OPFCLs). <http://www.the-ozone.cc/HTMLOzoneF/pdf/opfcl01.pdf> (Zugriffsdatum: 18.06.2010)

Hotz PR. Anwendung der Fluoride in der Zahnmedizin. Oralprophylaxe 1997; 19: 11-18

Huth KC, Jakob FM, Saugel B, Cappello C, Paschos E, Hollweck R, Hickel R, Brand K. Effect of ozone on oral cells compared with established antimicrobials. Eur J Oral Sci 2006; 114: 435–440

Huysmans MC, Longbottom C, Pitts NB. Electrical Methods in Occlusal Caries Diagnosis: An in vitro Comparison with Visual Inspection and Bite-Wing Radiography. Carie Res. 1998; 32: 324-329

Jablonski-Momeni A, 2010: Verfahren zur Diagnose der okklusalen Karies. <http://www.zwp-online.info/de/fachgebiete/dentalhygiene/diagnostik/12516> (Zugriffsdatum 23.01.2011)

Jocham D, Stepp H, Waidelich R. Photodynamic Diagnosis in Urology: State-of-the-Art. European Urology 2008; 53: 1138-1150

De Josselin de Jong E, Sundström F, Westerling H, Traneus S, ten Bosch JJ, Angmar-Mansson B. A new methode for in vivo quantifiacation of changes in initial enamel caries with laser fluorescence. Caries Res. 1995; 29: 2-7

Kaiser U. Zusammenhang von pathologischen Veränderungen in Fissuren und einem Nachweis von Lactatbildung. Med Diss Uni München, 2007

Karzen-Reutving G, van Dijken JW. A three-year follow-up of glass ionomer cement and resin fissure sealants. *ASDC J Dent Child*. 1995; 62: 108-110

Kidd EAM, Naylor MN, Wilson RF. Prevalence of clinically undetected and untreated molar occlusal dentine caries in adolescents in the Isle of Wight. *Caries Res*. 1992; 26: 397-401

Kidd EAM, Ricketts DNJ, Pitts NB. Occlusal caries diagnosis: a changing challenge for clinicians and epidemiologists. *J. Dent*. 1993; 21: 323-331

King EG, Profio A, Doiron D. Laser fluorescence bronchoscope for localization of occult lung tumors. *Med. Phys* 1979; 6: 523-525

Klebsilla A, Tschoppe P, 2009: Lokal applizierte Fluoride in der präventiven Zahnheilkunde. <http://www.zwp-online.info/de/fachgebiete/dentalhygiene/prophylaxe/13026> (Zugriffsdatum: 23.01.2011)

Kneist S. Plaquekontrolle mit Chlorhexidin-Spüllösung, Gele, Lacke, Chips. *ZWR* 2011; 120: 156-167

König KG. Dental morphology in relation to caries resistance with special reference to fissure as susceptible area. *J Dent. Res* 1963; 42: 461-476

König KG. Findings in serially sectioned teeth showing early fissure lesions. *Adv Fluor Res* 1966; 4: 73-79

König KG. *Karies und Parodontopathien*. Stuttgart: Thieme, 1987

König K, Flemming G, Hibst R. Laser-induced autofluorescence spectroscopy of dental caries. *Cell Mol Biol (Noisy-le-grand)* 1998; 44: 1293-1300

Krause F. Fluoreszenzbasierte optische Methode zur okklusalen Kariesdiagnostik. *LaserZahnheilkunde* 2008a; 1: 13-19

Krause F, Braun A, Frentzen M, Jepsen S. Effects of composite fissure sealants on IR laser fluorescence measurements. *Lasers Med Sci* 2008b; 23: 133-139

Krause F, 2011: Fluoreszenzbasierte Karies- und Parodontaltherapie-Teil 1-3. <http://www.zmk-aktuell.de/zahnheilkunde/allgemeine-zahnmedizin/story/Fluoreszenzbasierte-karies-und-parodontaltherapie-teil-1.html> (Zugriffsdatum: 7.12.2011)

Kühnisch J, Goddon I. Die verfärbte Fissur und ihre Herausforderung an den Zahnarzt. *ZM* 2003; 20: 48-53

Kühnisch J, Tabatabaie M, Viergutz G, Zraiki S, Hetzer G, Stösser L, Heinrich-Weltzien R. Vergleichende In-vitro-Untersuchung von zwei Verfahren zur elektrischen Widerstandsmessung an nicht kavitierten Okklusalfächen. *Dtsch Zahnarztl Z* 2006; 61: 131-136

Kühnisch J, Bücher K, Henschel V, Hickel R. Reproducibility of DIAGNOdent Pen measurements: results from an in vitro study on occlusal sites. *Eur J Oral Sci* 2007a; 115: 206-211

Kühnisch J, Bücher K, Hickel R. The intra/inter-examiner reproducibility of the new DIAGNOdent Pen on occlusal sites. *J Dent* 2007b; 35: 509-512

Kühnisch J, Reichel FX, Hickel R, 2010: Leitlinien zum Thema Fissurenversiegelung. www.zzq-koeln.de/leit.htm (Zugriffsdatum 24.01.2011)

Joharji RM, Adenubi JO. Prevention of pit and fissure caries using an antimicrobial varnish: 9 month clinical evaluation. *J Dent* 2001; 29: 247-254

Lagerweij MD, van der Veen MH, Ando M, Lukantsova L, Stookey GK. The Validity and Repeatability of Three Light-Induced Fluorescence Systems: An in vitro Study. *Caries Res.* 1999; 33: 220-226

Lakowicz JR. Principles of fluorescence spectroscopy. New York: Springer Science and Business Media, 2006

Löe H, Schiott CR. The effect of mouthrinses and topical application of chlorhexidine on the development of dental plaque and gingivitis in man. *J Periodont Res* 1970; 5: 97-83

Ludwig K. Lexikon der Zahnmedizinischen Werkstoffkunde. Berlin: Quintessenz Verlag, 2005

Lussi A. Validity of diagnostic and treatment decisions of fissure caries. *Caries Res.* 1991; 25: 296-303

Lussi A. Comparison of different methods for diagnosis of fissure caries without cavitation. *Caries Res.* 1993; 27: 409-416

Lussi A, Hotz P, Stich H. Die Fissurenkaries. Diagnostik und therapeutische Grundsätze. *Dtsch Zahnärztl Z* 1995b; 50: 629-634

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

Lussi A, Menghini G, Steiner M, Marthaler TM. The impact of radiography and electrical conductivity measurements on the prevalence of occlusal caries in epidemiological surveys. *Caries Res.* 1997; 31: 322

Lussi A, Hibst R. Methods for occlusal caries detection used in daily practice. In: Stookey GK. ed. Early Detection of Dental Caries II: Proceedings of the 4th Annual Indiana Conference. Indiana: University School of Dentistry, 1999a: 57-73.

Lussi A, Imwinkelried S, Pitts NB, Reich E. Performance and Reproducibility of a Laser fluorescence System for Detection of Occlusal Caries in vitro. Caries Res. 1999a; 33: 261-266

Lussi A, Longbottom C, Braig F, Reich E. Clinical performance of the laser fluorescence system. DIAGNOdent for detection of occlusal caries. Caries Res. 1999b; 33: 299

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

Lussi A, Hellwig E. Performance of a new laser fluorescence device for the detection of occlusal caries. J Dent. 2006; 34: 467-471

Lynch E, Abu-Naba'a L. Preventing dental decay Part II. Dental Products Report Europe 2002; 12-15

Marthaler TM. Changes in Dental Caries 1953-2003. Caries Res 2004; 38: 173-181

Mejare I, Mjör I. Glass ionomer and resin-based fissure sealants: a clinical study. Eur J Oral Sci 1990; 98: 345-350

Mejare I, Lingström P, Petersson LG, Hlm AK, Twetman S, Källestal C, Nordenram G, Lageerlöf F, Söder B, Norlund A, Axelsson A, Axelsson S, Dahlgren H. Caries-preventive effect of fissure sealants: a systematic review. *Acta Odontol Scand* 2003; 61: 321-330

Mendes FM, Hissadomi M, Imperato J. Effects of Drying Time and the Presence of Plaque on the in vitro Performance of Laser Fluorescence in Occlusal Caries of Primary Teeth. *Caries Res.* 2004; 38: 104-108

Menghini G, Steiner M, Marthaler T, Brodowski D, Imfeld C, Weber R, Imfeld T. Caries prevalence among students in 16 Zurich districts in the years 1992 to 2000. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2003; 113: 267-277

Newburn E, Brudevold F, Mermagen H. A microradiographic evaluation of occlusal fissures and grooves. *J AM Dent Assoc* 1959; 58: 26-31

Pearce E, Larsen M, Coote G. Fluoride in enamel lining pits and fissures of the occlusal groove-fossa system in human molar teeth. *Caries Res.* 1999; 33: 196-205

Pecanov-Schröder A. Laser-Gebündeltes Licht. *Dental Magazin* 2006; 3: 14-23

Peers A, Hill FJ, Mitropoulos CM, Holloway PJ. Validity and reproducibility of clinical examination, fibre-optic transillumination and bitewing radiography for the diagnosis of small approximal carious lesions: an in vitro study. *Caries Res.* 1993; 27: 307-311

Poulsen S, Beiruti N, Sadat N. A comparison of retention and the effect on caries of fissure sealing with a glass-ionomer and a resin-based sealant. *Community Dent Oral Epidemiol* 2001; 29: 298-301

Pretty I. Caries Detection and Diagnosis: Novel Technologies. J Dent 2006; 34: 727-739

Renner N. Karieserfahrung bei 15-Jährigen im Eichsfeld und in zwei Vergleichsregionen - welchen Einfluss haben gruppen- und individualprophylaktische Maßnahmen? Med Diss Uni Marburg, 2007

Ricketts DNJ, Kidd EAM, Weerheijm K, de Soet H. Hidden caries: What is it? Does it exist? Does it matter? Int Dent J. 1997; 47: 259-265

Ricketts DNJ, Kidd EAM, Wilson RF. The effect of Airflow on Site-Specific Electrical Conductance Measurements Used in the Diagnosis of Pits and Fissure Caries in vitro. 1997; 31: 111-118

Rieben A, Klebsilla A, 2007: Megatrend Prophylaxe - Auf Du und Du mit den Fluorid <http://www.zwp-online.info/de/fachgebiete/dentalhygiene/prophylaxe/13428> (Zugriffsdatum: 24.01.2010)

Ripa LW. Sealants revisited: an update of the effectiveness of pit-and-fissure sealants. Caries Res. 1993; 27: 77-82

Rock WP, Kidd EA. The electronic detection of demineralisation in occlusal fissures. Br Dent J 1988; 164: 243-247

Rohr M, Makinson OF, Burrow MF. Pits and fissures: Morphology. ASDC J dent children 1991; 58: 97-103

Rolfen S. Korrelation des International Caries Detection and Assessment System (ICDAS-II) zur okklusalen Kariesdiagnose mit Fluoreszenzmessungen - eine In-vitro-Studie. Med Diss Uni Marburg, 2009

Roulet JF, Zimmer S. Farbatlant der Zahnmedizin-Prophylaxe und Präventivzahnmedizin. Stuttgart: Thieme, 2004

Rudolph A. Effekt verschieden konzentrierter Aminfluoridgele auf die Remineralisation von Zahnschmelz in situ. Med Diss Uni Gießen, 2005

Rubin MB. The history of Ozone. The Schönbein Period, 1839-1868. 2001 Bull. Hist. Chem.; 26: 40-56

Schenk L, Knopf H. Mundgesundheitsverhalten von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Erste Ergebnisse aus dem Kinder- und Jugendgesundheitsurvey (KiGGS). Bundesgesundheitsbl-Gesundheitsforsch-Gesundheitsschutz 2007; 50: 653-658

Schiffner U. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK: Mechanische und chemische Plaquekontrolle. DZZ Z 1995; 50: 836-839

Schiffner U. Fluorid in der Kariesprophylaxe. Grundlagen und Konzept. ZWR 2007; 116: 165-172

Schmelzer J. Einschätzung der Effektivität von Individualprophylaxeprogrammen zur Verbesserung der Mundhygiene. Med Diss Uni Bielefeld, 2000

Schweizer J. Kariesdetektion mit Hilfe der kamerabasierten Laserfluoreszenz-Technologie – eine in vitro-Studie. Med Diss Uni Bonn, 2011

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

Smales RJ, Wong KC. 2-year clinical performance of a resin-modified glass ionomer sealant. Am J Dent 1999; 12: 59-61

Stößer L, Heinrich-Weltzien R, Hickel R, Kühnisch J, Bürkle V, 2005: Leitlinie Fissurenversiegelung. 2005. <http://www.dress-hesse.de/files/653/upload/LangfassungLeitlinie14102005.pdf> (Zugriffsdatum 17.02.2009)

Stößer L. Die antibakterielle Wirkung der Fluoride auf die dentale Plaque. *Oralprophylaxe & Kinderzahnheilkunde* 2006; 4: 170-183

Strassler HE, Sensi LG. Technology-enhanced Caries Detection and Diagnosis. *Compend Contin Educ Dent* 2008; 29: 464-465, 468, 470

Stübel H. Die Fluoreszenz tierischer Gewebe im ultra-violetten Licht. *Pfluegers Arch Ges Physiol* 1911; 142: 1-14

Splieth C, Steffen H, Rosin H, Welk A. Caries prevention with chlorhexidine-thymol varnish in high risk schoolchildren. *Community Dent Oral Epidemiol* 2000; 28: 419-423

Tagtekin D, Gürol O, Baseren M, Ando M, Hayran O, Alpar R, Saaset G, Yanikoglu F, Stookey G. Caries detection with DIAGNOdent and ultrasound. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2008; 106: 729-735

Takamori K, Hokari N, Okumura Y, Watanabe S. Detection of Occlusal Caries under Sealants by Use of a Laser Fluorescence System. *J Clin Laser Med Surg* 2001; 19: 267-271

Tam LE, McComb D. Diagnosis of occlusal Caries. Part II. Recent Diagnostic Technologies. *J Can Dent Assoc* 2001; 67: 459-463

Tranaeus S, Shi XQ, Angmar-Mansson B. Caries risk assessment: methode available to clinicians for caries detection. *Community Dent Oral Epidemiol* 2005; 33: 265-273

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

Weerheijm KL, Gruythuysen RJ, van Amerongen WE. Prevalence of hidden caries. *ASDC J Dent Child.* 1992; 59: 408-412

Van der Weijden GA, Timmerman MR, Nijboer A, Lie MA, Van der Velden U. A comparative study of electric toothbrushes for the effectiveness of plaque removal in relation to toothbrushing duration. *Clin Periodontol* 1993; 20: 476-481

Wenzel A, Hintze H, Mikkelsen L, Mouyen F. Radiographic detection of occlusal caries in noncavitated teeth. A Comparison of conventional film radiographs, digitized film radiographs, and RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 72: 621-626

8 Danksagung

Zu allererst möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. dent. Frentzen für die Überlassung des Dissertationsthemas sowie die freundliche und zuverlässige Betreuung und Unterstützung bedanken.

Mein Dank gilt auch Frau Schiermeyer für ihre engagierte Unterstützung im Labor, sowie Herrn Dr. med. dent. Brede, der mich bei der statistischen Auswertung der Ergebnisse entschieden unterstützte.

Vor allem möchte ich meiner Doktorandenkollegin Frau Claudia Wilde danken, für die gute Zusammenarbeit sowohl bei unseren Sammel-Touren durch den Köln-Bonner Raum, als auch während der lauschigen Stunden im Labor. Ohne Dich wäre der Weg wohl doppelt so weit gewesen.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, Frau Dr. rer. nat. Elisabeth Gaitzsch und Herrn Dr. rer. nat. Thomas Gaitzsch, sowie meiner Schwester Daniela Gaitzsch. Ich danke Euch einfach für Alles! Für Eure Liebe, Eure Unterstützung und Eure Ratschläge und widme diese Arbeit vor allem Euch.

Danken möchte ich außerdem den Chefs und dem Praxisteam der zahnärztlichen Gemeinschaftspraxis Ulrich Vitr und Herrn Dr. med. dent. Daniel Aniol für ihr beeindruckendes Verständnis. Sie haben Alles möglich gemacht, damit meine Dissertation trotz beruflicher Last zu tragen war.

Bedanken möchte ich mich auch bei Allen, die keine namentliche Erwähnung gefunden haben: sei es fürs Korrekturlesen, für gemeinsame Stunden in der Bibliothek oder für die dringend nötige Ablenkung zwischendurch.