

**Aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde Tübingen
Abteilung Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik mit Propädeutik
Ärztlicher Direktor: Professor Dr. H. Weber
Sektion für Medizinische Werkstoffkunde und Technologie
Leiter: Professor Dr. J. Geis-Gerstorfer**

**Klinische Studie zur Verschleißmessung von zwei
Kompositfüllungsmaterialien**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Zahnheilkunde**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Raphaela Maria Angele, geb. Frey
aus
Schramberg**

2009

Dekan: Prof. Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Prof. Dr. J. Geis-Gerstorfer

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. G. Göz

Meinem Mann Oliver und meiner Familie gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	S. 1
2	Material und Methode	S. 7
2.1	Auswahl der Probanden	S. 7
2.2	Material	S. 8
2.2.1	Tetric Ceram	S. 8
2.2.2	Tex (Tetric EvoCeram)	S. 8
2.2.3	AdheSe (Firma Ivoclar-Vivadent)	S. 9
2.2.4	Astropol (Firma Ivoclar-Vivadent)	S. 9
2.2.5	Virtual (Firma Ivoclar-Vivadent)	S. 9
2.3	Klinische Vorgehensweise	S. 10
2.3.1	Vorbereitung der Kavität, Füllung und Politur	S. 10
2.3.2	Herstellung individueller Löffel	S. 11
2.3.3	Abformung	S. 12
2.3.4	Modellherstellung	S. 13
2.3.5	Recall	S. 14
2.4	Scan-3D	S. 14
2.5	Match-3D	S. 16
2.5.1	Grobtransformation	S. 16
2.5.2	Feintransformation	S. 17
2.5.3	Differenzanalyse, Statistische Auswertung	S. 17
3	Ergebnisse	S. 18
3.1	Klinische Ergebnisse	S. 18
3.1.1	Bewertungsbogen	S. 18
3.1.2	Auswertung des Bewertungsbogens	S. 18
3.2	Klinische Bewertung der Randqualität	S. 20
3.2.1	Bewertung der Füllungen mit Tex im Untersuchungszeitraum	S. 21

3.2.2	Bewertung der Füllungen mit Tetric Ceram im Untersuchungszeitraum	S. 23
3.2.3	Prozentualer Vergleich der subjektiv vergebenen Schulnoten für Tex/ Tetric Ceram im Untersuchungszeitraum	S. 25
3.3	Mittelwertvergleich der subjektiv klinisch ermittelten Schulnoten beider Materialien	S. 26
3.4	Auswertung der im Recall hergestellten Modelle mit Laserscan-3D	S. 28
3.4.1	Darstellung der Ergebnisse (Laserscan-3D) für den Abtrag	S. 28
3.4.1.1	Abtragverhalten Tex	S. 29
3.4.1.2	Abtragverhalten Tetric Ceram	S. 30
3.4.1.3	Direkter Vergleich arithmetisches Mittel Abtragtiefe Tex/ Tetric Ceram	S. 31
3.5	Zusammenfassung der Ergebnisse	S. 32
4	Diskussion	S. 34
4.1	Ergebnisse Laserscan-3D	S. 35
4.2	Klinische Ergebnisse (Schulnotensystem)	S. 37
4.3	Schlussfolgerung	S. 42
5	Zusammenfassung	S. 45
6	Anhang	S. 48
7	Literatur	S. 58
8	Danksagung	S. 62
9	Lebenslauf	S. 63

1 Einleitung

Seit der Einführung der Komposite in den 1960er-Jahren wurde das Füllungsmaterial, hinsichtlich des Einsatzgebietes und der kontinuierlichen Materialverbesserung, einem steten Wandel unterworfen.

Diente das Material anfänglich als ästhetischer, zahnfarbener Amalgamersatz hauptsächlich der Restauration von Frontzahndefekten, ist es heutzutage fester Bestandteil der modernen Zahnheilkunde.

Während der letzten Jahre hat die Anwendung von Kompositen im Seitenzahnbereich, aufgrund der zunehmenden Nachfrage Amalgamfüllungen durch zahnfarbene Restaurationen zu ersetzen, zugenommen [22, 26, 27, 30, 32].

Der Trend zu ästhetischen Restaurationen wurde nachhaltig durch die kontinuierlich verbesserten Schmelz-/ Dentinadhäsivsysteme geprägt [7, 26]. Schon in den 1960er-Jahren gab es Vorstufen der heutigen Adhäsivsysteme. Bis in die 1990er-Jahre schien eine adäquate Lösung jedoch fraglich. In der Stellungnahme der Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde von 1992 wurde festgestellt, dass trotz vielversprechender in vitro Versuche der klinische Einsatz von Dentinklebern noch nicht überzeugend gelöst sei. Kompositmaterialien für okklusionsbelastete Versorgungen im Seitenzahnbereich wurden als nicht geeignet angesehen [10]. Unter anderem war dies zurückzuführen auf das bis dato ungünstige Verschleißverhalten, die Schrumpfung während des Erhärtungsvorganges, die weitgehend mangelhafte Möglichkeit einen adhäsiven Verbund mit dem Dentin einzugehen, sowie die starken Dimensionsänderungen bei thermischer und mechanischer Belastung. Schon 1973 wurde der routinemäßige Gebrauch von Komposit für Restaurationen der Klasse-II, aufgrund des ungenügenden Verschleißverhaltens, als kontraindiziert bezeichnet. In den 1980er-Jahren

wurde Komposit, durch die kontinuierliche Verbesserung der Materialeigenschaften, mehr und mehr als Füllungsmaterial für Seitenzahnrestorationen verwendet [6]. Lichthärtende Komposite wurden als Amalgamalternative in Kavitäten der Klasse-II akzeptiert, obwohl die Polymerisationsschrumpfung noch immer ein Problem darstellte. Die Polymerisationsschrumpfung kann zu postoperativer Sensibilität, Kariesrezidiv oder zu Verletzungen der Pulpa führen [18].

Die Deutsche Gesellschaft für Zahnerhaltung hat in ihrer Stellungnahme im Jahr 2002 die Einsatzgebiete für direkte Kompositrestorationen erweitert. Somit können kleinere, mittelgroße sowie größere Defekte gleichermaßen mit Komposit versorgt werden. Kompositrestorationen können so wesentlich dazu beitragen, Zahnhartsubstanz zu schonen und substanzopfernde Maßnahmen zu verhindern oder zeitlich zu verschieben.

Substanziell bestehen Komposite aus: [4]

Kunststoffmatrix (Bewirkt durch Polymerisation den Übergang von einem plastischen Material in ein festes Material; ist verantwortlich für das Schrumpfungsverhalten)

Füllkörper (Verantwortlich für mechanische Eigenschaften wie Festigkeit und Abrasion, hat entscheidenden Einfluss auf die Polymerisationsschrumpfung)

Silanschicht (Umgibt die Füllkörper und verbindet sie mit der Matrix)

Die Kompositmaterialien waren jahrzehntelang einem steten Verbesserungsprozess unterworfen. Entscheidend waren hierbei Veränderungen bezüglich der Größe der verwendeten Füllkörper.

Füllergehalt, Füllergröße und die Korngrößenverteilung der Füllerpartikel haben einen entscheidenden Einfluss auf die physikalischen und mechanischen Eigenschaften der Kompositmaterialien. Durch eine Minderung der durchschnittlichen Füllerpartikelgröße und einer Steigerung des Füllergehaltes wurde der Abtrag von Kompositmaterialien wesentlich verbessert [21]. Die Abrasion von Kompositen wird bezeichnenderweise beeinflusst durch die Art der Abnutzung und den Füllergehalt. Eine Verbesserung der Verschleißfestigkeit geht einher mit einem höheren Füllergehalt [2]. Je kleiner die Füller sind, desto widerstandsfähiger ist die Restauration gegen Abnutzung [5]. Die Verschleißseigenschaften eines Dentalmaterials werden beeinflusst durch die Größe, Form und Härte der Füller, die Qualität der Verbindung zwischen den Füllern und der Polymermatrix sowie das Kräftespiel während der Polymerisation [11].

Anfänglich wurden auf dem Markt Makrofüllerkomposite angeboten, die eine durchschnittliche Füllkörpergröße von fünf bis zehn μm aufwiesen. Als Füllkörper wurden Gläser verwendet, deren Nachteil starke Abrasion und mangelhafte Polierbarkeit war. Positiv hervorzuheben war deren hohe physikalische Festigkeit und geringe Polymerisationsschrumpfung.

Mit der flammenpyrolytischen Herstellung winzig kleiner Füllkörper aus pyrogener Kieselsäure (0,01-0,1 μm) konnte die Polierbarkeit der Mikrofüllerkomposite entscheidend verbessert werden, das Problem der Polymerisationsschrumpfung war jedoch immer noch nicht gelöst. Durch die Herstellung von Mikrofüllerkomposit das, in gemahlener Form als Präpolymer, dem eigentlichen Werkstoff als Füller beigemischt wurde (Mikrofüllerkomplexkomposit), konnte diesem Effekt entgegengewirkt werden.

Durch die Kombination der positiven Eigenschaften der beiden oben genannten Füllkörpergruppen entstand das Hybridkomposit, welches sich hinsichtlich der mittleren Füllkörpergröße in verschiedene Subvarianten aufteilt:

- 1 Hybridkomposit (bis 10 μm)
- 2 Feinpartikelhybridkomposit (bis 5 μm)
- 3 Feinstpartikelhybridkomposit (bis 3 μm)
- 4 Submikrometerhybridkomposit (unter 1 μm)

Ein Hybridkomposit mit Füllern unterschiedlicher Korngröße, darunter auch Nanofüller in der Größenordnung 10^{-9} μm , nennt man Nano hybridkomposit.

Das in dieser Studie verwendete Füllungsmaterial Tetric EvoCeram operiert mit einer Kombination unterschiedlicher Füller und Füllergrößen, der so genannten variablen Füllertechnologie. Keramische Füllkörper sorgen für eine gute, schnelle Polierbarkeit, einen hohen Glanz und eine geringe Abrasion. Präpolymere bestehen aus fein gemahlenem bereits ausgehärtetem Komposit (keramischem Füller, Monomer und Ytterbiumfluorid) und werden dem endgültigen Komposit beigemischt. Sie sind bereits vorgeschrumpft und tragen deshalb wesentlich zur Reduktion der Polymerisationsschrumpfung bei. Ytterbiumfluorid ist verantwortlich für eine optimale Röntgensichtbarkeit und sphärisches Mischoxid ist die Basis für die reduzierte Abrasion, optimale Konsistenz und die natürliche Transparenz des Produktes.

Neben der Art der Füller und der Füllergröße beeinflusst der Abstand zwischen den Teilchen die physikalischen Eigenschaften und das Abriebverhalten von Kompositfüllungsmaterialien [21].

Abrieb ist eine bedeutungsvolle Konsequenz okklusaler Interaktionen. Unkontrolliert kann dies zu einer Minderung der Kaufunktion und damit einhergehend zu einer Reduktion der Lebensqualität führen. Verschleiß ist das Volumen des entfernten Materials [3].

Klinischer Abtrag von Füllungsmaterialien ist gekennzeichnet durch Kontaktareale und kontaktfreie Areale. Abrasion und chemischer Abbau

scheinen in der kontaktfreien Zone dominant zu sein, wohingegen Ermüdung und Adhäsionsverschleiß in Zusammenhang mit okklusalen Kontaktbereichen gesehen werden [20]. Die hochgefüllten Mikrohybridkomposite weisen den geringsten Betrag an Abnutzung auf und sind daher für den Einsatz als Füllungsmaterial im kontaktbelasteten Seitenzahnbereich empfohlen [2].

Die meisten klinischen Studien (in vivo) zur Bestimmung des Abriebes beziehen sich auf visuelle Veränderungen der zu prüfenden Objekte oder verlassen sich, über einen gewissen Zeitraum hinweg, auf den Vergleich von Fotografien. Diese ungenauen Methoden sind aber meist ausreichend um zu beurteilen, ob eine Füllungserneuerung notwendig ist [1].

In der Literatur werden unterschiedliche Methoden zur Verschleißmessung beschrieben. Die USPHS-Methode [3, 15, 19, 21-23], eine Einteilung der Ergebnisse in alpha (kein Verschleiß), bravo (klinisch akzeptabler, sichtbarer Verschleiß) und charlie (klinisch inakzeptabler, erneuerungsbedürftiger, übermäßiger Verschleiß), ist einfach und ohne spezielle Ausrüstung durchführbar, allerdings ist sie stark subjektiv und es dauert sehr lange bis signifikante Ergebnisse verfügbar sind [8, 9]. Die USPHS-Methode kann durch die Einteilung in Untergruppen nochmals verfeinert werden. Die dadurch erzielte hohe Trennschärfe zeigt sowohl die klinische Relevanz (akzeptabel/inakzeptabel), als auch feine Qualitätsunterschiede [30].

Die visuelle Methode nach Leinfelder et al. vergleicht Repliken der gefertigten Restaurationen mit kalibrierten Standardabdrücken. Dieses Vorgehen ist sehr schnell durchführbar und günstig, allerdings neigt man dazu die Abnutzung zu unterschätzen.

Die beste Art der Verschleißmessung ist der Vergleich sequenzieller 3D-Daten. Die Methode, anwendbar in der Klinik und im Labor, ist quantitativ, genau und die gewonnenen 3D-Datenbanken können mit anderen 3D-Dateien verglichen

werden. Die Messvorrichtungen sollten entsprechend kalibriert sein und die Ausrichtung der Bilder sollte in die Fehleranalyse miteinbezogen werden. Aufgrund der Verfügbarkeit und der hohen Kosten, kamen 3D-Messvorrichtungen in klinischen Studien selten zur Anwendung [3]. Zur Verschleißbestimmung ist es durch Überlagerung von digitalisierten Objekten mit gleichen Referenzpunkten möglich, die mathematische Differenz der z-Höhen zu berechnen [1].

Ziel der Arbeit war es, das Feinpartikelhybridkomposit Tetric Ceram mit dem Nanohybridkomposit Tetric EvoCeram, einer Weiterentwicklung aus der Tetric-Produktlinie, hinsichtlich des Abrasionsverhaltens im Seitenzahnbereich bei 31 Patienten mit dem Therapiebedarf von höchstens 2 Kavitäten der Klasse-I und/oder Klasse-II im Rahmen einer klinischen Studie über einen Zeitraum von 12 Monaten, in Abständen von je 3 Monaten, zu vergleichen. Dabei sollten primär messbare Veränderungen mittels eines 3D-Laserscanners (ETKON) ermittelt und hierzu stützend die visuellen Veränderungen (Beurteilung der Randkonfiguration) festgehalten werden.

2 Material und Methode

2.1 Auswahl der Probanden

Als Probanden dienten ausschließlich Patienten einer Zahnarztgruppe der Bundeswehr, die sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes von Oktober 2003 bis November 2004 im Rahmen der jährlichen Kontrolle in der Praxis vorstellten. Die Soldaten waren zwischen 19 und 48 Jahre alt.

Für die Studie geeignet waren Patienten mit einem Therapiebedarf von ein bis zwei Restaurationen im Seitenzahnbereich (Klasse-I und/ oder Klasse-II). Voraussetzung für die Studienteilnahme war der Verbleib am selben Standort für die Dauer von mindestens 12 Monaten. Mit dem in Frage kommenden Personenkreis wurde ein ausführliches Aufklärungsgespräch geführt und der geplante Studienablauf nochmals detailliert in einer Informationsbroschüre erläutert. Zudem erfolgte eine Aufklärung der Patienten über die Freiwilligkeit der Teilnahme an unserer Studie sowie das Rücktrittsrecht ohne Angabe von Gründen. Vor Behandlungsbeginn erfolgte die Einholung der schriftlichen Einverständniserklärung eines jeden Probanden sowie die Freigabe der Studie durch die Ethikkommission. Insgesamt 35 Patienten erklärten sich bereit an der Studie teilzunehmen. Es wurden 63 Füllungen mit Komposit gelegt. Aufgrund von nicht vorhersehbaren Versetzungen musste die Studie bei 4 Patienten abgebrochen werden. Somit konnten letztendlich die Daten von 31 Patienten mit insgesamt 57 Füllungen ausgewertet werden. Die betroffenen Zähne waren, bis auf zwei wurzelbehandelte Zähne, die aus substanzschonenden Gesichtspunkten nicht überkront werden sollten, vital.

2.2 Material

Bei den 31 Probanden wurden insgesamt 57 Füllungen mit Komposit gelegt. Zur Füllungstherapie kamen zwei Materialien aus dem Hause Ivoclar Vivadent zur Anwendung. Hierbei handelt es sich um das Material Tetric Ceram und sein Nachfolgeprodukt Tex, welches inzwischen unter dem Namen Tetric EvoCeram im Handel erhältlich ist. Die Verarbeitung der beiden Füllungsmaterialien erfolgte stets in gleicher Art und Weise mit den unter Punkt 2.2.3-2.2.5 näher erläuterten Produkten.

2.2.1 Tetric Ceram

Tetric Ceram ist ein lichthärtendes, röntgenopakes Feinpartikel-Hybridkomposit. Die Monomermatrix besteht aus Bis-GMA, Urethandimethacrylat und Triethylenglycoldimethacrylat (20,2 Gewichtsprozent). Die anorganischen Füllstoffe bestehen aus Bariumglas, Ytterbiumtrifluorid, Ba-Al-Fluorsilikatglas, hochdisperssem Siliciumdioxid und sphäroidem Mischoxid (79,0 Gewichtsprozent). Zusätzlich enthalten sind Katalysatoren, Stabilisatoren und Pigmente (0,8 Gewichtsprozent). Der Gesamtgehalt an anorganischem Füller beträgt 79 Gewichtsprozent/ 60 Volumenprozent. Die Partikelgröße liegt zwischen 0,04-3,00 µm, wobei die mittlere Partikelgröße 0,7 µm beträgt. Tetric Ceram härtet mit Licht der Wellenlänge im Bereich von 400-500 nm (Blaulicht) aus.

2.2.2 Tex (Tetric EvoCeram)

Tetric EvoCeram ist ein lichthärtendes, röntgenopakes Nanohybridkomposit. Bei diesem Produkt wurde die bestehende, Technologie von Tetric Ceram nano-optimiert, d.h. es wurden erstmals drei Arten von Nanopartikeln (Nanofüller, Nanofarbpigmente, Nanomodifier) eingesetzt.

Die Monomermatrix besteht aus Dimethacrylaten (17-18 Gewichtsprozent). Die Füllstoffe bestehen aus Bariumglas, Ytterbiumtrifluorid, Mischoxid und Copolymer (82-83 Gewichtsprozent). Zusätzlich enthalten sind Additive, Katalysatoren, Stabilisatoren und Pigmente (< 1,0 Gewichtsprozent). Der Gesamtgehalt an anorganischem Füller beträgt 75-76 Gewichtsprozent/ 53-55 Volumenprozent. Die Partikelgröße der anorganischen Füllstoffe liegt zwischen 40 nm und 3000 nm bei einer mittleren Partikelgröße von 550 nm. Tetric EvoCeram härtet mit Licht der Wellenlänge im Bereich von 400-500 nm (Blauvlicht) aus.

2.2.3 AdheSE (Firma Ivoclar-Vivadent)

AdheSE ist ein selbstätzendes, lighthärtendes Zweikomponenten-Adhäsivsystem, bestehend aus einem Primer und einem Bonding. Die Komponente Primer enthält Dimethacrylat, Phosphonsäureacrylat, Initiatoren und Stabilisatoren in wässriger Lösung.

2.2.4 Astropol (Firma Ivoclar-Vivadent)

Astropol ist ein Poliersystem, das in drei Schritten (Finieren, Polieren, Hochglanzpolieren) aufgebaut ist und aus vier Formen (kleine Flamme, große Flamme, Kelch, Scheibe) besteht. Die Polierkörper bestehen aus Kautschuk, Siliciumcarbid, Aluminiumoxyd, Titandioxyd und Eisenoxyd.

2.2.5 Virtual (Firma Ivoclar-Vivadent)

Die Virtual Abformmaterialien sind additionsvernetzte Silikone, die detailgetreue Abformungen ermöglichen. Für die klinische Studie kamen Virtual Abformmaterialien in zwei unterschiedlichen Konsistenzen zur Anwendung. Hierbei handelte es sich um das Löffelmaterial Putty sowie das Korrekturmaterial Light Body.

2.3 Klinische Vorgehensweise

2.3.1 Vorbereitung der Kavität, Füllungslegung und Politur

Nach der Vorbereitung der Kavität (Entfernung der kariösen Läsionen, Zementunterfüllung bei den wurzelbehandelten Zähnen, Randanschrägung), wurde zur absoluten Trockenlegung bei allen Patienten ein Kofferdam angelegt. Lediglich bei einem Patienten war die Anwendung von Kofferdam nicht möglich, da es sich um einen Mundatmer handelte. In diesem Fall ist auf die Methode der relativen Trockenlegung des Arbeitsfeldes mit Watterollen zurückgegriffen worden. Bei der Restauration einer Kavität der Klasse-II wurde eine Metallmatrize angelegt und mit einem Keil zervikal adaptiert. Die Füllungslegung erfolgte stets standardisiert. Nach der Gewährleistung eines trockenen Arbeitsfeldes wurde der AdheSE-Primer mit einem Brush, am Schmelz beginnend, auf alle Flächen der Kavität appliziert und nach vollständiger Benetzung 15 Sekunden lang einmassiert. Die gesamte Einwirkzeit sollte mindestens 30 Sekunden betragen. Mit einem starken Luftstrom ist überschüssiger Primer so lange verblasen worden, bis kein beweglicher Flüssigkeitsfilm mehr sichtbar war. Danach erfolgte, am Dentin beginnend, die Applikation einer Schicht AdheSE-Bonding, welche mit einem sanften Luftstrom dünn verblasen und anschließend mit der Astralis 10, einem Halogenlicht-Polymerisationsgerät im Wellenlängenbereich von 400-500 nm, im Adhesive-Programm bei circa 650 mW/cm² in 20 Sekunden polymerisiert wurde. Bei 26 von 31 Patienten sollten Füllungen an zwei nebeneinander liegenden Zähnen gelegt werden. Bei diesen 26 Patienten war der Grundgedanke jeweils eine Füllung mit Tetric Ceram und eine mit Tex zu legen. Lediglich ein Patient bestand darauf ausschließlich mit Tetric Ceram versorgt zu werden. Die Kavitäten der verbleibenden 5 Probanden mit dem Bedarf von nur einer Füllung wurden, keinem bestimmten System folgend, mit dem einen oder dem anderen Material gefüllt. Die Handhabung der einzelnen Werkstoffe erfolgte analog. In mehreren Schichten von höchstens 2 mm erfolgte die

Applikation des Kompositmaterials und dessen Aushärtung mit der Astralis 10 im Pulse-Programm. In den ersten 10 Sekunden der Belichtungszeit erfolgt ein langsamer Anstieg von 150 auf 650 mW/cm², innerhalb weiterer 10 Sekunden wechselt die Intensität im 2 Sekundentakt zwischen 650 und 1200 mW/cm². Diese spezielle Polymerisationsmethode bewirkt eine Reduktion der Schrumpfkraft und eine Verringerung der Temperaturentwicklung der Kompositmaterialien während der Polymerisation. Nach der Polymerisation der letzten Kompositschicht und der Entfernung des Kofferdams kamen, zur Überprüfung der Okklusion und Ausarbeitung der Füllung, feinkörnige Diamanten und approximal das EVA-Kopfsystem mit den entsprechenden Feilen, zur Anwendung. Die finale Hochglanzpolitur wurde mit Astropol (2.2.4) bewerkstelligt.

2.3.2 Herstellung individueller Löffel

Mit einem kleinen konfektionierten Löffel erfolgte nach Fertigstellung der Restauration eine Abformung mit dem Material Virtual Putty. Beim Einbringen des Löffels in die Mundhöhle war darauf zu achten, dass sowohl die Zähne mit den neu gefertigten Füllungen, als auch die jeweils mesialen und distalen Nachbarzähne, gut abzubilden waren. Zur Modellherstellung verwendeten wir Fuji-Rock Superhartgips der Farbe weiß. An diesem Modell wurden die behandelten Zähne und die flankierenden Nachbarzähne auf Höhe des Zahnäquators durch eine Linie markiert. Das nun so vorbereitete Modell diente als Ausgangssituation für die Herstellung eines individuellen Löffels zur präziseren Abformung der gefertigten Restaurationen im Dreimonatsrhythmus. Bei den zu analysierenden Zähnen wurden die Kauflächen auf dem Gipsmodell mit Distanzwachs der Stärke 0,5 mm komplett bedeckt und auf Höhe der Markierung zurückgeschnitten. Das so vorbereitete Gipsmodell konnte mit einem Isoliermittel dünn beschichtet und zum Trocknen beiseite gestellt werden. Dieses Vorgehen sollte ein Anhaften des zur Herstellung des individuellen Löffels benötigten Materials Light Tray verhindern. Nach der

Trocknung des Isoliermittels erfolgte die Applikation des Löffelmaterials Light Tray, die Kauflächen der restaurierten Zähne und deren Nachbarzähne bedeckend, bis zur Markierung auf Höhe des Zahnäquators. Nach kurzer Anhärtung im Polymerisationsgerät erfolgte aus dem gleichen Material die Gestaltung eines stegförmigen Griffes. Der so vervollständigte individuelle Löffel wurde in das Polymerisationsgerät zurückgestellt und innerhalb von 5 Minuten komplett ausgehärtet. Nach Beendigung dieses Vorganges ist das Distanzwachs aus dem Innern des Löffels entfernt und selbiger mit Hilfe von Sandpapier und Steinchen, zur Minimierung der Verletzungsgefahr für den Patienten, im Zahnlabor geglättet worden.

Bei Füllungen an endständigen Zähnen entfiel die Herstellung eines individuellen Löffels, da dieser, aufgrund des Fehlens eines Nachbarzahnes (Kippgefahr), nicht optimal in der Mundhöhle hätte platziert werden können. So wurde bei diesen Restaurationen nach deren Fertigstellung mit einem konfektionierten Löffel zuerst ein Reinigungsabdruck mit Virtual Putty vorgenommen, um anschließend mit einem neuen konfektionierten Löffel, unter relativer Trockenlegung mit Watterollen, den eigentlichen Abdruck für die Anfertigung des Ursprungsmodells zu erhalten.

2.3.3 Abformung

Die Patienten mit nichtendständigen Restaurationen wurden circa 1 Woche nach der Füllungslegung wiederbestellt. Zwischenzeitlich erfolgte im bundeswehreigenen Zahnlabor die Herstellung des individuellen Löffels. Die in der Woche zuvor behandelten Zähne sind approximal mit Zahnseide und an den frei zugänglichen Flächen mit Polierbürstchen und Prophylaxepaste gereinigt worden. Der individuelle Löffel wurde einprobiert und für gut passend befunden, wenn er bündig und eindeutig auf den Nachbarzähnen positioniert werden konnte. Nach der Entnahme des Löffels aus der Mundhöhle wurde dieser zunächst mit Wasser gereinigt und anschließend mit dem Luftbläser

getrocknet. Somit war der Löffel für die dünne Beschickung mit einem Haftlack, der mindestens eine Minute einwirken sollte, vorbereitet. Inzwischen erfolgte eine Erstabformung der Zähne zum Zwecke der vollständigen Plaqueentfernung mittels eines konfektionierten Löffels und Virtual Putty. Nach Entnahme dieses Reinigungsabdruckes konnte mit Watterollen und dem Einsatz des Luftbläfers eine relative Trockenlegung des Arbeitsfeldes erreicht werden. Es erfolgte die Applikation des Korrekturmaterials Virtual Light Body sowohl auf die entsprechenden Zähne, als auch auf die Innenfläche des individuellen Löffels. Nachdem das Material mit dem Luftbläser auf der Kaufläche/ Füllungsfläche der Zähne dünn verblasen wurde, konnte der individuelle Löffel in der Mundhöhle adaptiert werden. Die Entfernung größerer Überschüsse des Korrekturmaterials apikal des Zahnäquators erfolgte sofort mit einem Schaumstoffpellet. Nach der Aushärtung des Abformmaterials wurde der Löffel aus dem Mund entfernt.

2.3.4 Modellherstellung

Frühestens 1 Stunde nach dem vollständigen Abbinden des Abformmaterials wurde mit der Modellherstellung begonnen. Der Abdruck wurde vorab mit Wasser gereinigt und anschließend getrocknet. Nach Applikation eines Silikonentspannungsmittels und einer Wartezeit von 10 Minuten erfolgte die erneute Reinigung des Abdruckes mit Wasser und dessen Trocknung mittels Pressluft. Für die Modellherstellung wurde Fuji Rock Superhartgips der Farbe weiß im Vakuumanmischgerät in einem bestimmten Mischungsverhältnis (50g Gipspulver/ 10ml destilliertes Wasser) eine Minute lang angerührt, der Abdruck unter Zuhilfenahme eines Spatels auf dem Rüttler ausgegossen und bei 2 bar im Drucktopf für eine halbe Stunde ausgehärtet. Somit war das Ausgangsmodell (0 Monate) hergestellt.

2.3.5 Recall

Insgesamt sollten sich die Patienten, über den Zeitraum von 12 Monaten hinweg, alle 3 Monate zum Recall, der erneuten Abdrucknahme und klinischen Überprüfung der gelegten Füllungen, in der Praxis einfinden. Somit sollten am Ende eines Jahres von jedem Probanden 5 Modelle zur weiteren Auswertung vorhanden sein. Im Recall wurde analog zu Punkt 2.3.3 und Punkt 2.3.4 verfahren. Die klinische Begutachtung erfolgte mit einer zahnärztlichen Sonde.

Die Randqualität (subjektiv im Schulnotensystem von 1-6) wurde überprüft und Unter-/ Überschüsse im Untersuchungsbogen notiert.

Zusätzlich wurden noch die folgenden Parameter kontrolliert:

- Approximalkontakt (ja/ nein)
- Postoperative Sensibilität (Kaudruck, Hitzeempfindlichkeit, Kälteempfindlichkeit)
- Vitalität (ja/ nein)
- Druckempfindlichkeit (ja/ nein)
- Oberflächenbeschaffenheit der Füllung (glatt, etwas rau, rau)
- Zahnfrakturen (keine, sichtbarer Riss, fehlendes Zahnfragment)
- Mundhygiene (gut, mittel, mangelhaft)
- Randverfärbung (ja/ nein)
- Sekundärkaries (ja/ nein)

2.4 Scan-3D

Systeme zur dreidimensionalen Oberflächenmessung haben größeres Potential korrekte quantitative Verschleißmessungen durchzuführen als die einfachen visuellen Vorgehensweisen, wie etwa die Methode nach Leinfelder. Die

Messgeräte für die Quantifizierung von Verschleiß müssen mehrere Kriterien erfüllen [24]:

- Die gesamte Zahnoberfläche muss dreidimensional mit einer Vielzahl von Oberflächenpunkten gescannt werden können
- Die Zeit für die Messung und die Analyse muss kurz sein, da viele klinische Fälle ausgewertet werden müssen
- Die Genauigkeit muss sehr hoch sein, um den geringsten Materialverlust zu entdecken
- Unter ethischen Gesichtspunkten muss die Messung auch ohne irreversible Modifikationen von Zahnstrukturen, wenn Referenzpunkte auf dem Zahn festgelegt werden, durchgeführt werden können

Die aus Gips hergestellten Modelle wurden in den Etkon Scan (es1) mit Hilfe des Scanprogramms Scan-3D zur dreidimensionalen Vermessung und Digitalisierung der Oberfläche eingelesen (Abbildung 6 im Anhang).

Die Messtechnologie des 3D-Laserscan-Systems basiert auf einem optischen Triangulationsverfahren. Der Laserstrahl wird in Form einer dünnen Linie, ähnlich einem Schnittprofil, auf das Modell projiziert. Während sich das Objekt unter der Linie bewegt, verändert sich das Profil, welches in regelmäßigen Abständen aufgenommen und abgespeichert wird. Somit entsteht aus allen gescannten Profilen ein Oberflächenmodell. Im eigentlichen Sinn handelt es sich um Punktwolken, denn der 3D-Laserscan vermag innerhalb kürzester Zeit hunderttausende von Oberflächenpunkten zu ermitteln, die durch die Software den Eindruck zusammenhängender Flächen vermitteln.

Nach dem Öffnen der Gehäusetür des Gerätes wurden die Modelle in der Einspannvorrichtung adaptiert und optimal zum Messfeld positioniert (Abbildung 7 im Anhang). Alle drei Achsen sollten hierbei berücksichtigt werden. Beim Positionieren der x-Achse (links/ rechts) sollte der Laserstrahl mittig auf der

Kaufläche erscheinen. Vor- und Rückbewegungen waren bei der Einstellung der y-Achse von Bedeutung, der Zahn sollte in der Ebene des Objektivs stehen. Durch Bewegungen der z-Achse (aufwärts/ abwärts) konnte der Strahl so eingestellt werden, dass er im gewünschten Messareal, auf die Horizontale bezogen, möglichst mittig auf dem Bildschirm erschien. Technisch realisiert wurde diese Methode durch eine Kamera, welche die Linie aus einem festgelegten Winkel aus betrachtete. Die Kamera erfasste die Schnittprofile in kurzen Zeitabständen und übergab sie der Software, welche die einzelnen Punkte speicherte. Durch einen Testscan konnte festgestellt werden, ob der gewünschte Messbereich festgelegt war. Nach der Modellvermessung wurde die Datei verschlüsselt abgespeichert.

2.5 Match-3D

Die Überlagerung der Einzelscans zu einem dreidimensionalen Gesamtmodell erfolgte mit dem Matching-Programm Match-3D. Hierbei wurde immer die Datei-Ausgangssituation, also das jeweils erste Modell eines Probanden, mit einer der Datei-Vergleichssituationen (3, 6, 9, 12 Monate) verglichen. Dieser Differenzdatensatz war dann auswertbar. Hierzu sind drei Bearbeitungsschritte notwendig:

1. Grobtransformation
2. Feintransformation (Optimierung)
3. Differenzanalyse, Statistische Auswertung

2.5.1 Grobtransformation

Nach dem Laden der zu vergleichenden Dateien, der Datei-Ausgangssituation und der gewünschten Datei-Vergleichssituation, wurde zur Datenmengenminimierung der Datei-Vergleichssituation nur der interessierende Bereich, also der restaurierte Zahn, ausgeschnitten. In beiden Darstellungen,

beginnend mit dem ausgeschnittenen Bereich der Datei-Vergleichssituation, wurde eine Referenzebene in Form eines Dreiecks mit markanten Punkten festgelegt. Im Matching Control Panel der Datei-Vergleichssituation wurde die erste Grobtransformation der eingespeisten Daten veranlasst.

2.5.2 Feintransformation

Zur weiteren Verbesserung der Übereinstimmung der zu vergleichenden Dateien wurde über ein Differenzbild ein Histogramm erzeugt, bei dem der Wertebereich um die gauß'sche Normalverteilung eingeengt werden konnte. Die rot markierten Areale des Differenzbildes konnten dann in der Datei-Vergleichssituation ausgeschnitten werden. Ein erneutes Matchen brachte entweder den Erfolg der Wertoptimierung, der zu bestätigen war, oder der Vorgang musste so lange wiederholt werden, bis eine hinreichend genaue Übereinstimmung erzielt war. Die transformierte Datei-Vergleichssituation befand sich nun im gleichen Koordinatensystem wie die Datei-Ausgangssituation und war entsprechend abzuspeichern.

2.5.3 Differenzanalyse, Statistische Auswertung

Die beiden sich nun im gleichen Koordinatensystem befindlichen Dateien waren aufzurufen. Im Matching Control Panel der transformierten Datei wurde von den beiden Dateien über ein Differenzbild ein Histogramm erzeugt, bei welchem die Werte um die gauß'sche Normalverteilung eingeengt wurden. Rote Areale, die nichts mit den Füllungsflächen zu tun hatten, wurden im Differenzbild ausgeschnitten. Gegebenenfalls wurden diese Schritte mehrfach wiederholt. In einem weiteren Schritt wurden die positiven Daten ausgeblendet. Die erhaltene Datei wurde abgespeichert. Nun konnten in dieser Datei die statistischen Daten erhoben werden.

3 Ergebnisse

3.1 Klinische Ergebnisse

Im Rahmen dieser Studie wurden 63 Füllungen mit den Materialien Tetric EvoCeram (Tex) und Tetric Ceram bei insgesamt 35 Patienten gefertigt. Aufgrund des besonderen Patientenlientels kam es im Untersuchungszeitraum zu unvorhersehbaren Versetzungen von 4 Soldaten. Somit konnten 57 Restaurationen, 30 mit dem Material Tetric EvoCeram und 27 mit Tetric Ceram, bei insgesamt 31 Patienten kontrolliert werden. Die Nachuntersuchungen erfolgten jeweils im Abstand von 3, 6, 9 und 12 Monaten.

Ein detaillierter Überblick über die Anzahl der Probanden und die Verteilung der angefertigten Restaurationen geht aus der im Anhang beigefügten Tabelle 8 hervor.

3.1.1 Bewertungsbogen

Um möglichst objektive Untersuchungsergebnisse bei den Kontrollterminen zu erzielen, wurde der als Abbildung 5 im Anhang befindliche standardisierte Bewertungsbogen entwickelt.

3.1.2 Auswertung des Bewertungsbogens

Die Approximalkontakte der Klasse-II-Füllungen beider Materialien waren, bis auf eine leichte Absprengung an der Randleiste einer Tetric Ceram-Füllung und zwei mageren interdentalen Kontakten bei zwei Patienten die mit Tex-Restaurationen versorgt wurden, schon direkt nach der Füllungslegung einwandfrei.

Bezüglich der postoperativen Sensibilität reagierten vier mit Tex versorgte

Zähne positiv auf Druckbelastung. In zwei dieser Fälle manifestierte sich die Symptomatik über einen Zeitraum von 4 Wochen, bei einem restaurierten Zahn waren die Beschwerden 6 Monate lang vorhanden. Ein Patient mit dem Therapiebedarf von 2 Füllungen wurde mit beiden Materialien versorgt und klagte über eine Dauer von 2 Wochen an beiden Zähnen über Beschwerden auf Druck und Kälte. Selbiger Patient hatte beim Essen extrem harter Speisen (Schwarte) bis 9 Monate nach der Füllungslegung mit dem Material Tex eine Empfindlichkeit auf Druck.

Alle primär vitalen Zähne reagierten im Untersuchungszeitraum auf den Vitalitätstest positiv. Kein Zahn war empfindlich auf Wärme.

Die Füllungsoberflächen waren, bis auf 4 Füllungen, glatt. Ein Patient mit dem Therapiebedarf von zwei Füllungen wurde sowohl mit Tex, als auch mit Tetric Ceram versorgt. Diese Füllungen stellten sich subjektiv klinisch über den gesamten Zeitraum als „etwas rau“ dar. Eine Füllung mit Tex war nach einer Liegedauer von 6 Monaten als „etwas rau“ einzustufen, was nach 9 und 12 Monaten nicht mehr nachvollzogen werden konnte. Bei der vierten „etwas rau“ Restauration, einer Tetric Ceram-Füllung, erfolgte die Einstufung nach einer Liegedauer von 12 Monaten.

Im Untersuchungszeitraum kam es zu keinerlei Zahnfrakturen (sichtbarer Riss oder fehlendes Zahnfragment).

Der Großteil der Patienten hatte gute Mundhygieneverhältnisse. Bei fünf Patienten waren die Putzgewohnheiten zu bemängeln. In einem Fall über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg, in einem anderen bei drei Nachuntersuchungsterminen. Drei Patienten zeigten lediglich bei einem Kontrolltermin Nachlässigkeiten bezüglich der Zahnpflege.

Eine Sekundärkaries war im Untersuchungszeitraum an keinem restaurierten

Zahn festzustellen. Klinisch zeigte sich sowohl bei einer Füllung mit Tex (12 Monate nach Füllungslegung), als auch bei einer Restauration mit Tetric Ceram (6 Monate nach Füllungslegung) je eine Randverfärbung.

Keine Restauration musste erneuert werden.

3.2 Klinische Bewertung der Randqualität

Bei jedem Nachuntersuchungstermin erfolgte die Abtastung der gelegten Füllungen mit einer zahnärztlichen Sonde auf Über-/ Unterschüsse im Randbereich und deren subjektive Bewertung gemäß dem Schulnotensystem von 1 (sehr gut) bis 6 (ungenügend). Dabei wurden die einzelnen Noten wie folgt definiert:

- Note 1: Keine Unebenheit zwischen Zahn und Füllungsrand
- Note 2: Minimale Unebenheit (mit bloßem Auge nicht erkennbar) zwischen Zahn und Füllungsrand an einer Stelle
- Note 3: Kleine Unebenheit (mit bloßem Auge nicht erkennbar) zwischen Zahn und Füllungsrand an einer ausgedehnten Stelle
- Note 4: Unebenheit (mit bloßem Auge kaum sichtbar) den gesamten okklusal tastbaren Füllungsrand betreffend
- Note 5: Unebenheit (mit bloßem Auge sichtbar) den gesamten okklusal tastbaren Füllungsrand betreffend
- Note 6: Füllung austauschwürdig

3.2.1 Bewertung der Füllungen mit Tex im Untersuchungszeitraum

Legende für Tabellen 1 und 2:

M. = Monate

Nr. = Nummer eines Patienten zur Verschlüsselung der Identität

Patient [Nr.]	Schulnoten für Tex			
	nach 3 M.	nach 6 M.	nach 9 M.	nach 12 M.
1	1	1	1	1
2	2	2	2	2
3	2	2	2	2
4	2	2	2	3
6	2	2	2	2
8	2	2	2	2
10	1	1	1	1
11	2	2	2	2
12	2	2	2	2
13	1	1	1	1
14	2	2	2	2
16	2	2	2	2
17	1	1	1	2
18	1	1	1	1
19	1	1	1	1
20	1	1	1	2
21	2	2	2	2
22	1	1	1	1
23	2	3	3	4
24	1	1	1	1
25	2	4	5	5
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	1	1	1	1
29	1	1	2	2
30	1	1	1	1
31	1	1	2	2
32	1	1	1	2
34	2	2	2	3
35	1	1	1	1

Tabelle 1 Bewertung der Füllungen (Schulnotensystem) für Tex

Nach 3 Monaten wurden von den 30 mit Tex versorgten Zähnen 17 (57%) mit der Note 1 bewertet. Von den 13 (43%) mit der Note 2 beurteilten Füllungen, wiesen 11 einen minimalen Überschuss und 2 einen minimalen Unterschuss auf. Die Noten 3 bis 6 wurden nicht vergeben.

Die Note 1 konnte 6 Monate nach Füllungslegung mit Tex bei 17 von 30 (57%) zu restaurierenden Zähnen vergeben werden. Von den 11 Füllungen (37%) die mit der Note 2 einzustufen waren, wiesen 10 einen minimalen Überschuss und eine einen minimalen Unterschuss auf. Eine Restauration (3%) hatte einen deutlicheren Überschuss und wurde mit Note 3 beurteilt. Aufgrund von Füllungsunterschuss war die Vergabe der Note 4 bei einer Füllung (3%) von Nöten, da der gesamte okklusale Rand mit der Sonde tastbar war. Die Noten 5 und 6 wurden nicht vergeben.

Nach 9 Monaten wurden von den 30 mit Tex versorgten Zähnen 15 (50%) mit der Note 1 bewertet. Die Note 2 war bei 13 Füllungen (43%) zu vergeben, wobei 12 einen minimalen Überschuss und eine einen minimalen Unterschuss aufwiesen. Eine Restauration (3%) hatte einen deutlicheren Überschuss und war mit 3 zu benoten. Keine Füllung erhielt die Note 4. Die Beurteilung mit Note 5 erfolgte bei einer Füllung (3%), deren gesamter okklusaler Rand aufgrund von Unterschuss mit der Sonde deutlich tastbar und mit bloßem Auge sichtbar war. Die Note 6 wurde nicht vergeben.

Die Einstufung mit Note 1 erfolgte nach einem Untersuchungszeitraum von 12 Monaten bei 12 von 30 (40%) mit Tex restaurierten Zähnen. Von 14 Restaurationen (Note 2; 47%) wiesen 10 einen minimalen Überschuss und 4 einen minimalen Unterschuss auf. Je eine Füllung hatte einen deutlicheren Überschuss/ Unterschuss. Somit waren diese beiden Zähne (7%) mit der Note 3 zu bewerten. Die Benotung mit 4 war bei einem Zahn (3%) unerlässlich, dessen gesamter okklusaler Füllungsrand wegen Überschusses mit der Sonde zu ertasten war. Einmal (3%) war die Note 5 zu vergeben, da der gesamte

okklusale Rand aufgrund von Unterschuss mit der Sonde tastbar und mit bloßem Auge sichtbar war. Die Benotung mit 6 war nicht notwendig.

3.2.2 Bewertung der Füllungen mit Tetric Ceram im Untersuchungszeitraum

Patient [Nr.]	Schulnoten für Tetric Ceram			
	nach 3 M.	nach 6 M.	nach 9 M.	nach 12 M.
2	2	2	2	2
3	1	1	1	2
4	2	3	3	3
6	3	3	3	3
12	1	1	1	1
13	2	2	2	2
14	1	1	1	2
16	2	2	2	3
17	1	1	1	2
18	1	2	2	2
20	2	2	2	2
21	1	1	1	1
22	1	1	1	1
23	2	2	2	3
24	1	1	1	1
25	1	1	1	2
26	1	1	1	1
27	1	1	1	1
28	2	2	2	3
29	2	2	2	2
30	1	1	1	1
31	1	2	2	2
32	1	2	2	2
33	1	1	1	1
33	1	1	2	2
34	1	1	2	5
35	1	1	1	2

Tabelle 2 Bewertung der Füllungen (Schulnotensystem) für Tetric Ceram

Nach einem Untersuchungszeitraum von 3 Monaten wurden von den 27 mit Tetric Ceram versorgten Zähnen 18 (66%) mit der Note 1 bewertet. Acht Füllungen (30%) waren mit der Note 2 einzustufen, 6 aufgrund eines minimalen Überschusses und 2 wegen eines minimalen Unterschusses. Eine Füllung (4%) hatte einen deutlicheren Überschuss und musste mit Note 3 taxiert werden. Die Noten 4 bis 6 wurden nicht vergeben.

Ein halbes Jahr nach Füllungslegung konnten von den 27 mit Tetric Ceram versorgten Zähnen 15 (56%) mit der Note 1 beurteilt werden. Von den 10 Füllungen (37%) welche die Note 2 erhielten, waren 7 aufgrund eines minimalen Überschusses und 3 wegen eines minimalen Unterschusses entsprechend einzustufen. Zwei Füllungen (7%) hatten einen mit der Sonde tastbaren Überschuss und wurden mit Note 3 bewertet. Die Vergabe der Noten 4 bis 6 war nicht notwendig.

Nach 9 Monaten entfiel auf 13 Restaurationen (48%), von insgesamt 27 mit Tetric Ceram versorgten Zähnen, die Bewertung mit Note 1. Von den 12 Füllungen (44%) welche die Note 2 erhielten, wurden 9 aufgrund eines minimalen Überschusses und 3 wegen eines minimalen Unterschusses entsprechend eingestuft. Je eine Füllung hatte einen deutlicheren Über-/Unterschuss. Somit waren diese beiden Zähne (7%) mit der Note 3 zu bewerten. Keine der gefertigten Restauration erhielt die Noten 4 bis 6.

Ein Jahr nach Füllungslegung mit Tetric Ceram erhielten von den 27 mit Tetric Ceram versorgten Zähnen 8 (30%) die Note 1. Dreizehn Füllungen (48%) erhielten die Note 2. Davon hatten 8 einen minimalen Überschuss und 4 einen minimalen Unterschuss. Eine Füllung war, aufgrund ihrer rauen Oberfläche, mit Note 2 zu beurteilen. Zwei Füllungen hatten einen merklicheren Überschuss, 3 einen ausgeprägten Unterschuss, somit wurden diese 5 Zähne (19%) mit der Note 3 bewertet. Keine Restauration erhielt die Note 4. Die Note 5 war bei einer Füllung (4%) zu vergeben, da der gesamte okklusale Rand aufgrund von

Unterschuss mit der Sonde tastbar und mit bloßem Auge sichtbar war. Die Beurteilung mit Note 6 war bei keiner Restauration notwendig.

3.2.3 Prozentualer Vergleich der subjektiv vergebenen Schulnoten für Tex/ Tetric Ceram im Untersuchungszeitraum

	3 Monate		6 Monate		9 Monate		12 Monate	
	Tex	Tetric	Tex	Tetric	Tex	Tetric	Tex	Tetric
Note 1	57%	66%	57%	56%	50%	48%	40%	30%
Note 2	43%	30%	37%	37%	43%	44%	47%	48%
Note 3		4%	3%	7%	3%	7%	7%	19%
Note 4			3%				3%	
Note 5					3%		3%	4%

Tabelle 3 Prozentuale Anteile der klinisch vergebenen Noten bezogen auf die Gesamtzahl der Füllungen

Nach einem Untersuchungszeitraum von 3 Monaten konnte bei 57% der Tex-Füllungen und bei 67% der Füllungen mit Tetric Ceram die Vergabe der Note 1 erfolgen. Auf die Note 2 entfielen 43% der Restaurationen mit Tex und 30% mit Tetric Ceram. Eine Füllung mit Tetric Ceram (4%) wurde mit Note 3 beurteilt.

Nach 6 und nach 9 Monaten war der prozentuale Anteil der mit den Noten 1 und 2 bewerteten Füllungen bei beiden Materialien sehr ähnlich. Ebenso zeigten sich nur geringe Unterschiede im Bereich der Klassifizierungen 3-5. Nennenswert ist jedoch die Tatsache, dass eine Füllung mit Tex nach 9 Monaten mit der Schulnote 5 bewertet werden musste.

Ein Jahr nach Füllungslegung entfiel die Note 1 auf 40% der Tex-Restaurationen und 30% der Füllungen mit Tetric Ceram. Fast die Hälfte aller Füllungen wurde bei beiden Materialien nach 12 Monaten mit der Note 2 bewertet. Deutliche prozentuale Unterschiede waren hingegen bei den mit den Noten 3 und 4 eingestuften Füllungen zu erkennen. Jeweils eine Füllung musste mit 5 klassifiziert werden.

3.3 Mittelwertvergleich der subjektiv klinisch ermittelten Schulnoten beider Materialien

Damit die vorgenommenen subjektiven Klassifizierungen zwischen den beiden Materialien besser vergleichbar werden, wurden die vergebenen Schulnoten gewichtet und das arithmetische Mittel gebildet. Die Gewichtung wurde dabei wie folgt vorgenommen:

- Schulnote 1 -> Gewichtung 1
- Schulnote 2 -> Gewichtung 2
- Schulnote 3 -> Gewichtung 3
- Schulnote 4 -> Gewichtung 4
- Schulnote 5 -> Gewichtung 5

Note Tex	Anzahl der klassifizierten Füllungen nach			
	3 Monaten	6 Monaten	9 Monaten	12 Monaten
1	17	17	15	12
2	13	11	13	14
3		1	1	2
4		1		1
5			1	1
Summe Füllungen:	30	30	30	30
Anzahl Füllungen x Gewichtung:	43	46	49	55
arithmetisches Mittel:	1,43	1,53	1,63	1,83

Note Tetric Ceram	Anzahl der klassifizierten Füllungen nach			
	3 Monaten	6 Monaten	9 Monaten	12 Monaten
1	18	15	13	8
2	8	10	12	13
3	1	2	2	5
4				
5				1
Summe Füllungen:	27	27	27	27
Anzahl Füllungen x Gewichtung:	37	41	43	54
arithmetisches Mittel:	1,37	1,52	1,59	2,00

Tabelle 4 Vergleich der Durchschnittsnoten der beiden Materialien

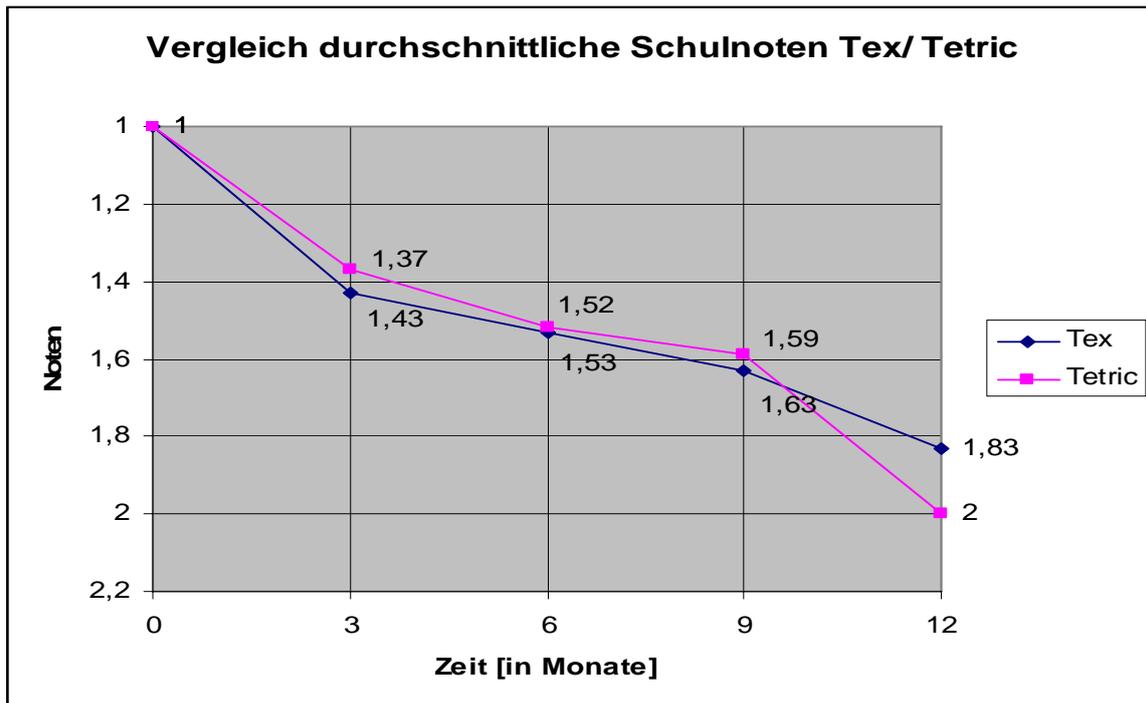


Diagramm 1 Vergleich der Noten beider Materialien im Untersuchungszeitraum

Ein Vergleich der subjektiv vergebenen Schulnoten im Untersuchungszeitraum zeigt, dass sich die beiden Materialien in den ersten Untersuchungsintervallen nach 3, 6 und 9 Monaten nur unwesentlich in ihrer Randbeschaffenheit unterscheiden. Nach 12 Monaten zeigt sich jedoch eine vergleichsweise deutliche Diskrepanz zwischen den beiden Füllungsmaterialien, die für Tex zu sprechen scheint. Insgesamt ist der Notendurchschnitt der subjektiv nach dem Schulnotensystem eingestuften Randkonfigurationen nach 12 Monaten mit Note 2,00 für Tetric und Note 1,83 für Tex als deutlich gut einzuordnen (siehe 3.2 Seite 21 (Definition Note 2)).

3.4 Auswertung der im Recall hergestellten Modelle mit Laserscan-3D

3.4.1 Darstellung der Ergebnisse (Laserscan-3D) für den Abtrag

Der Vergleich der Ergebnisse beider Materialien im Untersuchungszeitraum zeigt Vermessungsausreißer (gemessener Wert im Betrag kleiner als Vorwert) bei der Quantifizierung der Abtragtiefe, die nach folgender Systematik gegebenenfalls eliminiert wurden (in Tabelle 5 und 6 rot dargestellte Zahlen):

1. Eine Reihe, der im Laserscan-3D ermittelten Werte im Untersuchungszeitraum, muss konstant bleiben oder im Betrag zunehmen.
2. Eine gewisse Messungengenauigkeit wird akzeptiert. Ausreißer innerhalb einer Reihe (gemessener Wert im Betrag kleiner als Vorwert) werden daher dann nicht eliminiert, wenn die Abweichung kleiner als 10 Prozent ist.
3. Falls mindestens 2 Werte, die vom Höchstwert der Vorwerte um mehr als 10 Prozent nach vorstehender Definition (siehe Punkt 2) abweichen, eine plausible Reihe bilden (im Betrag zunehmen), so wird der ursprüngliche Höchstwert der Vorwerte eliminiert.

Für die auf diese Weise bereinigten Einzelwerte wurden die jeweiligen arithmetischen Mittel (in Tabelle 7 gelb hinterlegte Werte) der Abtragungstiefen in Abhängigkeit von der Zeit gebildet. Die entsprechenden unbereinigten arithmetischen Mittel wurden zur Plausibilitätsprüfung mit aufgeführt (in Tabelle 7 weiß hinterlegte Werte).

Die in Tabelle 5 und 6 grau hinterlegten leeren Felder kennzeichnen die im 3D-Laserscan aufgrund von systembedingten Umständen nicht auswertbaren

Modelle.

Legende für Tabellen 5 bis 7:

M. = Monate
 Arithm. = Arithmetisch

3.4.1.1 Abtragverhalten Tex

Patient Nummer	Abtragtiefe [in µm] für Tex			
	nach 3 M.	nach 6 M.	nach 9 M.	nach 12 M.
1	-159,845	-243,619	-257,083	-317,250
2	-109,111	-192,022	-224,579	-206,233
3	-90,704	-100,328	-111,865	-168,339
4	-150,208	-141,271	-118,517	-191,028
6	-71,488	-157,097	-178,000	-163,861
8	-165,503	-92,378	-100,822	-128,199
10	-131,111	-200,785	-143,839	-163,146
11	-74,806	-116,062	-106,040	-119,555
12	-88,533	-121,453	-154,301	-136,244
13	-99,815	-85,218	-219,839	-115,321
14	-203,211	-258,242	-202,099	-189,897
16	-169,264	-165,376	-151,292	-174,983
17	-313,844	-336,711	-316,192	-344,222
18	-259,209	-268,968	-274,618	-189,980
19	-85,907	-132,779	-140,735	-186,202
20	-335,682	-350,073	-354,678	-360,092
21	-120,306	-158,297	-122,001	-138,096
22	-75,567	-54,481	-102,658	-166,232
23	-175,838	-123,070	-168,094	-152,349
24	-157,496	-161,318	-192,708	-209,554
25	-102,611	-288,751	-292,607	-292,001
26	-68,443	-113,62	-124,124	-129,847
27	-53,025	-87,158	-128,298	-131,947
28	-124,415	-101,462	-75,343	-89,289
29		-147,715	-73,879	-74,665
30	-40,514	-45,883	-52,095	-62,232
31	-79,503	-134,25	-109,033	
32	-67,855	-70,486	-210,223	-214,600
33				
33				
34	-49,768	-61,974	-90,083	-141,683
35	-113,747	-136,816	-171,512	

Tabelle 5 Einzelwerte Abtragverhalten Tex im Untersuchungszeitraum

3.4.1.2 Abtragverhalten Tetric Ceram

Patient Nummer	Abtragtiefe [in µm] für Tetric Ceram			
	nach 3 M.	nach 6 M.	nach 9 M.	nach 12 M.
1				
2	-96,857	-118,339	-128,341	-139,873
3	-79,870	-117,386	-169,913	-178,087
4	-167,708	-161,676	-174,398	-171,285
6	-336,348	-339,918	-329,909	-332,717
8				
10				
11				
12	-73,731	-73,053	-87,161	-147,339
13	-84,727	-173,102	-85,726	-186,938
14	-198,467	-307,534	-248,507	-195,740
16	-246,286	-214,954	-284,595	-285,101
17	-387,872	-297,077	-401,356	-400,055
18	-51,183	-129,308	-157,452	-132,562
19				
20	-314,199	-343,261	-407,259	-436,348
21	-71,397	-88,316	-89,052	-95,741
22	-68,138	-135,299	-63,901	-98,094
23	-121,201	-209,080	-168,000	-174,705
24	-229,837	-175,794	-290,700	-293,854
25	-182,233	-95,517	-88,207	-85,884
26	-40,639	-176,726	-75,245	-82,074
27	-44,243	-70,082	-68,820	-88,229
28	-106,903	-53,332	-65,838	-92,128
29		-65,652	-71,980	-112,677
30	-184,739	-223,069	-206,943	-288,747
31	-208,217	-206,111	-199,709	
32	-272,036	-81,024	-211,506	-109,608
33	-127,958	-354,251	-182,749	-165,767
33	-114,224	-87,607	-165,767	-86,190
34	-134,876	-157,901	-162,906	-321,775
35	-110,858	-112,220	-115,218	

Tabelle 6 Einzelwerte Abtragverhalten Tetric Ceram im Untersuchungszeitraum

3.4.1.3 Direkter Vergleich arithmetisches Mittel Abtragtiefe Tex/ Tetric Ceram

Abtragtiefe [in μm] nach		3 Monaten	6 Monaten	9 Monaten	12 Monaten
Arithm. Mittel unbereinigt	Tex	-128,873	-154,922	-165,572	-177,037
Arithm. Mittel bereinigt	Tex	-127,682	-155,558	-168,701	-181,446
Arithm. Mittel unbereinigt	Tetric	-155,952	-169,170	-174,117	-188,061
Arithm. Mittel bereinigt	Tetric	-151,895	-163,553	-174,341	-200,583

Tabelle 7 Unbereinigtes/ bereinigtes arithmetisches Mittel Abtragtiefe für Tex/ Tetric Ceram

Abtragtiefe [in μm] nach		3 Monaten	6 Monaten	9 Monaten	12 Monaten
Arithm. Mittel unbereinigt	Tex	-129	-155	-166	-177
Arithm. Mittel bereinigt	Tex	-128	-156	-169	-181
Arithm. Mittel unbereinigt	Tetric	-156	-169	-174	-188
Arithm. Mittel bereinigt	Tetric	-152	-164	-174	-200

Tabelle 8 Gerundetes arithmetisches Mittel Abtragtiefe für Tex/ Tetric Ceram

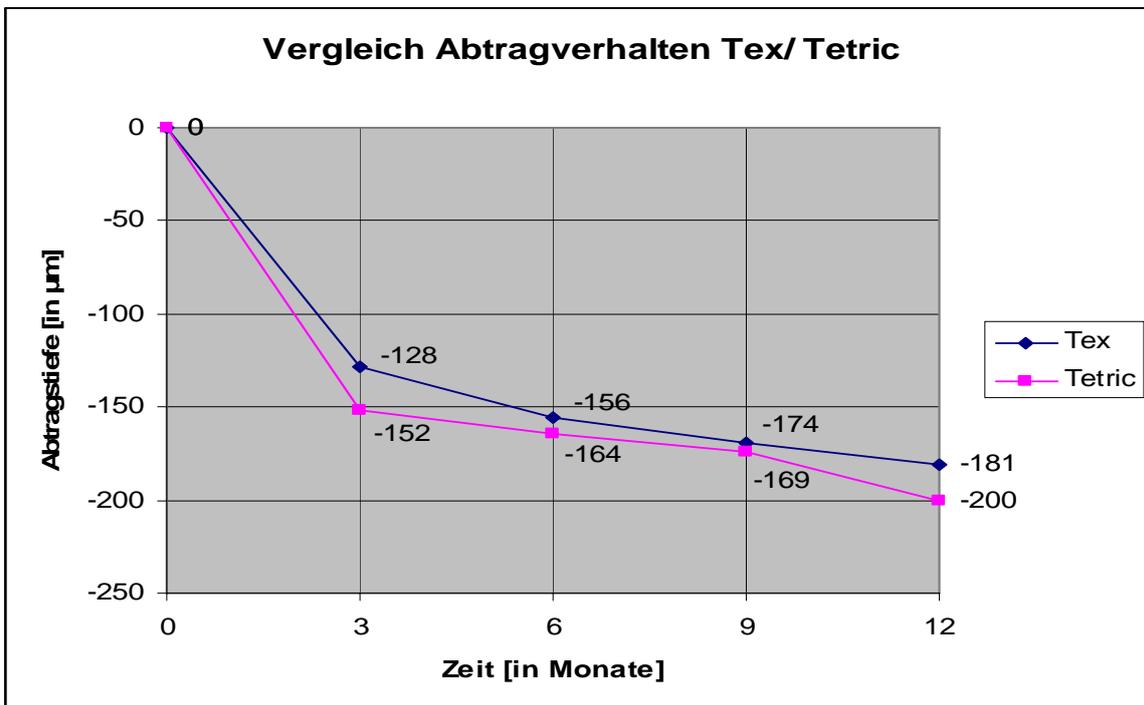


Diagramm 2 Vergleich des Abtragverhaltens der bereinigten, gerundeten arithmetischen Werte von Tex und Tetric Ceram

Der Kurvenverlauf für die Materialien ist ähnlich, jedoch weist Tex zu jedem Untersuchungszeitpunkt weniger Abtrag auf als Tetric Ceram. Bis zum ersten Recalltermin nach 3 Monaten ist bei beiden Substanzen der deutlichste Abtrag zu verzeichnen. Nach 3 Monaten und nach 12 Monaten ist die Diskrepanz zwischen dem arithmetischen Mittel von Tex und Tetric Ceram am deutlichsten erkennbar.

3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Das Abtragverhalten der Materialien Tex und Tetric Ceram wurde über einen Zeitraum von 12 Monaten sowohl subjektiv klinisch (Randkonfiguration), als auch objektiv mittels Laserscan-3D (Abtragverhalten) untersucht.

Der subjektive Vergleich der ermittelten Schulnoten zeigt bei beiden verwendeten Materialien die größte Einbuße der Randbeschaffenheit nach 3 Monaten. In Folge ist bis zum Recall nach 9 Monaten sowohl bei Tex als auch bei Tetric Ceram lediglich eine langsam fortschreitende Verschlechterung zu verzeichnen. Insofern zeigt der subjektive Vergleich der beiden Füllungsmaterialien in den ersten 9 Monaten nur unwesentliche Unterschiede, wobei Tetric Ceram minimal bessere Ergebnisse aufweist. Beim abschließenden Recall nach 12 Monaten war das Abtragverhalten beider Materialien, bezogen auf den Zeitraum der letzten 3 Monate, insbesondere bei Tetric Ceram signifikant erhöht. Somit ist bei einer Bewertung der Randkonfiguration im Rahmen des subjektiv klinischen Vergleichs bei einer Stichtagsbetrachtung nach 12 Monaten zunächst das Füllungsmaterial Tex (Mittelwertnote 1,83) gegenüber Tetric Ceram (Mittelwertnote 2,00) als leicht besser einzustufen.

Da gemäß Definition (siehe 3.2, Seite 21 (Definition Note 2)) die Note 2 dann vergeben wird, wenn eine mit dem bloßen Auge nicht erkennbare minimale Unebenheit (Über-/ Unterschuss) zwischen Zahn und Füllung an einer Stelle mit

der Sonde zu ertasten ist, sind beide Materialien abschließend in ihrer Randkonfiguration als gut bis sehr gut einzustufen, zumal die minimalen Unebenheiten durch eine erneute Politur der Füllung meist ausgeglichen werden konnten.

Die nach einer Plausibilitätsprüfung von Ausreißern bereinigten Ergebnisse des 3D-Laserscans weisen im Vergleich zur subjektiv durchgeführten klinischen Studie (Schulnotensystem) in den ersten 9 Monaten nur marginale Unterschiede auf. Deutlich erkennbar ist auch hier das bereits oben genannte signifikante Abtragungsverhalten beider Materialien in den ersten 3 Monaten sowie die Konstanz im Zeitraum 3-9 Monate. Bemerkenswert sind jedoch die im Vergleich zum Schulnotensystem deutlichen Unterschiede der Ergebnisse bezogen auf die letzten 3 Monate der Studie. Während die subjektive klinische Studie in dieser Periode auf ein doch erhöhtes Abtragungsverhalten, bezogen auf beide Materialien, schließen lässt, kommt die Lasermethode zu dem Ergebnis, dass die Abtragungen ähnlich gering zunehmen, wie im Zeitraum 3-6 Monate, und zwar bei Tetric Ceram als auch bei Tex. Es gilt ferner zu erwähnen, dass zu jedem Zeitpunkt das Material Tex dem Material Tetric Ceram leicht überlegen war.

4 Diskussion

Der Erfolg von Kompositfüllungen im Seitenzahnbereich ist abhängig von der richtigen Auswahl der zu restaurierenden Zähne, dem geeigneten Füllungsmaterial und der Anwendung eines anerkannten Verfahrens [25]. Die zahnärztliche Behandlung an sich spielt eine wichtige Rolle, da die adhäsive Füllungstechnik in der Handhabung der Materialien heikel und von der Arbeitsweise des Zahnarztes abhängig ist [30]. Bezüglich des Ergebnisses von Kunststoffrestaurationen ist der Patient selbst eine wichtige Variable, Abweichungen begründen sich voraussichtlich durch unterschiedliche Kaukräfte und parafunktionelle Habits, sowie durch Unterschiede in der Speichelzusammensetzung, der Plaquezusammensetzung und den Ernährungsgewohnheiten der Patienten [28]. Die Polymerisation der Füllung und das Polieren der Restauration am Ende der Behandlung erzeugt Mikrorisse im Randbereich und an der Oberfläche. Folglich können diese Mikrorisse zu herabgesetzter Verschleißfestigkeit, Randundichtigkeit, Sensitivität, Verfärbung und letztendlich zum Misserfolg der Füllung führen [5].

Leinfelder beschreibt in seiner Studie, dass die erzielten Werte, sowohl für die *in vitro* als auch für die *in vivo* Studie, bemerkenswert ähnlich waren [17]. Manhart berichtet, dass keine *in vitro* Methode in der Lage ist, die Materialien in einer Weise zu testen, wie dies unter *in vivo* Konditionen möglich ist [23, 30]. Aufgrund der Vielschichtigkeit der Verschleißmechanismen ist es schwierig Übereinstimmungen der Ergebnisse *in vivo* und *in vitro* zu bekommen [29]. Mehl referiert in seinem Artikel, dass Versuche *in vitro* Ergebnisse mit *in vivo* Langzeitstudien zueinander in Beziehung zu setzen nicht sehr erfolgreich waren. Komplexes *in vivo* Verschleißverhalten kann nicht durch physikalische und mechanische Testverfahren vorhergesagt werden. Daher sind langfristige, quantitative *in vivo* Abnutzungsauswertungen unentbehrlich, wenn die klinischen Ergebnisse von neuen Füllungsmaterialien für den Seitenzahnbereich festgelegt werden müssen [22, 24]. *In vitro* Modelle sind

nicht in der Lage die Gegebenheiten der Mundhöhle mit allen biologischen Variationen nachzuempfinden. Über das wahre Ausmaß des Verschleißes sind nur Tendenzen und Hinweise erhältlich [16].

4.1 Ergebnisse Laserscan-3D

Beide Materialien, sowohl Tex als auch Tetric Ceram, weisen nur geringe Unterschiede bezüglich der im Laserscan-3D gewonnenen Daten (Abtragtiefe) auf. Jedoch muss berücksichtigt werden, dass die ermittelten Daten teilweise erheblich vom arithmetischen Mittel abweichen.

Verschiedene Faktoren müssen bei der Erklärung dieser teilweise großen Abweichungen beachtet werden. Das Einspannen der Gipsmodelle in das Messgerät konnte nicht standardisiert sichergestellt werden, somit waren selbst die fünf Gipsmodelle, die für jeden Patienten in 3-monatigen Abständen hergestellt wurden, nicht gleichartig einzuspannen. Azzopardi berichtet über die Wichtigkeit der richtigen, reproduzierbaren Positionierung der Probekörper. Er führt unter anderem eine ähnliche Methode an, wie sie bei uns zur Anwendung kam, die computergesteuerte Messung einer Oberfläche mittels eines Lasers. Das Ausmaß des Abtrages wird bestimmt durch die Ermittlung des mathematischen Differenzbetrages der z-Werte beider Modelle. Bei gewölbten oder sehr ähnlichen Oberflächen kann der Matchvorgang, aufgrund der vielen Möglichkeiten, schwierig sein [1]. Wiskott definiert Abtrag als Abstand zwischen zwei Oberflächen, die in einem Matchingvorgang übereinander gelegt werden, wobei das Positionieren der zu vergleichenden Modelle nicht immer korrekt durchzuführen ist [33].

Die Positionierung der Gipsrepliken erfolgte möglichst in gleicher Art und Weise. Die mehr oder weniger großen Unterschiede beim Einspannen können sich auf den Messwinkel und das Ergebnis auswirken. DeLong berichtet über

die Schwierigkeiten der Verschleißmessung bezüglich der Abtragtiefe, da Verschleiß sowohl von der Abtragtiefe, als auch von der Messrichtung abhängig ist. Je größer der Winkel der Objektoberfläche zum Laserstrahl ist, desto weniger genau ist die Messung. Er führt in seinem Artikel die ADA Spezifikation für den Abtrag von Komposit an, die besagt, dass ein Komposit in einem Jahr nicht mehr Höhe verlieren kann, als 0,05 mm (= 50 µm) [3, 6, 19, 29]. Azzopardi berichtet von Autoren, die jährliche Abtragtiefen von 29 µm bis 38 µm beschreiben [1]. Bei Lundin beträgt die Abtragtiefe von Tetric Ceram nach 2 Jahren durchschnittlich 37 µm, dies ist sehr wenig verglichen mit der ADA Spezifikation [19]. Die jährliche Abnutzungsrate von Schmelz im Molarenbereich, unter der Voraussetzung, dass der Patient nicht knirscht, liegt bei 29 µm. Dieser Wert kann durch verstärkten Kaudruck und Parafunktionen ansteigen. Restaurationsmaterialien sind einem Abrieb unterworfen, der Materialverlust entsteht durch Mikropflügen, Mikroausstanzungen, Mikrorisse und Mikroerschöpfung [11, 14].

In dieser Studie werden die gemäß Punkt 3.4.1.3 (Tabelle 8) im Ergebnisteil bereinigten Abtragtiefen nach 12 Monaten für Tex mit einem Mittelwert von 181 µm und für Tetric Ceram mit einem Mittelwert von 200 µm angegeben. Man beachte hierbei allerdings wieder die große Abweichung der einzelnen Werte vom arithmetischen Mittel.

Heintze benutzte in seiner Studie, wie wir, zur Auswertung der Ergebnisse Gips. Für ihn ist Gips ein adäquates Material zur Herstellung auszuwertender Modelle [13]. Heintze beschreibt anhand eines Beispiels, dass der Abtrag, bei einem Mittelwert für die Abtragtiefe von 120 µm, zwischen 40 µm und 300 µm betragen kann. Er sagt, dass Abtragtiefen von 100 µm bis 200 µm für den Zahnarzt nur schwer und für den Patienten gar nicht zu erkennen sind. In der Studie von Sachdeo wird der mittlere Verschleiß von Komposit nach 6 Monaten mit 25 µm angegeben [26]. In dieser Studie liegt der bereinigte Mittelwert für die Abtragtiefe nach 6 Monaten für Tetric Ceram bei 164 µm und für Tex bei 156

µm. Schmidlin et al. berichten über eine Studie aus dem Jahr 1992 für das Material P-30. Nach einem Untersuchungszeitraum von einem halben Jahr betrug der Verschleißwert 115 µm. Nach einem Zeitraum von einem Jahr betrug der ermittelte Wert 188 µm. Von derselben Arbeitsgruppe wurde erneut eine Studie durchgeführt mit dem Material P-50. Der Substanzverlust nach 6 Monaten wurde mit 83 µm und nach einem Jahr mit 167 µm beziffert [31]. Der Wert für den Untersuchungszeitraum nach 12 Monaten ist ähnlich hoch wie in dieser Studie, wobei die Ergebnisse eher mit Tex korrespondieren als mit Tetric Ceram, da die Werte für Tetric Ceram noch weiter nach unten abweichen. Das Kompositmaterial P-30, verwendet von 1984 bis 1987, ist das Vorläuferprodukt des Materials P-50 (Hybridkomposit), welches von 1987-1992 auf dem Markt war.

Bezüglich des Ergebnisses von Kompositrestaurationen ist der Patient selbst eine wichtige Variable. Gründe für die Unterschiede zwischen den Patienten sind wahrscheinlich okklusale Kaukräfte, Parafunktionen, Speichelzusammensetzung, Plaquezusammensetzung und unterschiedliche Ernährungsgewohnheiten. Trotz der Verbesserungen der Kunststoffmaterialien ist deren Verschleiß besonders in hoch beanspruchten Gebieten, wie im Seitenzahnbereich und bei Patienten mit Parafunktionen, zu verzeichnen. [28].

4.2 Klinische Ergebnisse (Schulnotensystem)

Vom klinischen Standpunkt aus ist die Materialeigenschaft eines Füllungskomposits für den Seitenzahnbereich die wichtigste Regelgröße [29]. In vitro Tests von Kompositmaterialien sind wichtig für deren Entwicklung. Die Erfahrung hat jedoch gezeigt, dass deren endgültige Bewertung in vivo, im klinischen Umfeld, gemacht werden sollte [19]. In vivo Studien sind teuer und zeitaufwendig. Die notwendige Zeit um aussagekräftige Daten zu bekommen beträgt normalerweise zwei bis drei Jahre, kürzere Testperioden sind somit

wünschenswert [17]. Die meisten klinischen Studien verlassen sich, über einen gewissen Zeitraum hinweg, auf den visuellen Vergleich von Gipsmodellen oder Fotografien. Diese Verfahrensweisen sind schon an sich fehlerhaft, genügen aber dem klinischen Bedarf zu ermitteln, ob eine Füllung erneuert werden muss [1]. In vivo Verschleißmessungen sind kompliziert und zeitraubend. Die Ergebnisse von in vivo Studien weisen eine große Streuung auf. Diese wird hauptsächlich durch den Patienten, aber auch durch den Zahnarzt, verursacht. Wird der Materialverlust klinisch sichtbar, beeinflusst der Verschleiß, vor allem im vorderen Bereich, die ästhetische Erscheinung der Restauration. Somit ist Verschleiß in erster Linie ein ästhetisches Problem und kann die Kaufunktion beeinträchtigen. Bei Patienten, die an Bruxismus leiden kann der Erneuerungszyklus einer Restauration beschleunigt werden [12].

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 30 Restaurationen mit Tex und 27 Restaurationen mit Tetric Ceram in fünf regelmäßigen Abständen bezüglich der Randverhältnisse klinisch begutachtet, anhand eines Bewertungsbogens beurteilt und gemäß dem Schulnotensystem eingestuft.

Drei Monate nach der konservativen Behandlung erfolgte die Einstufung mit Note 1 bei 57% der Füllungen mit Tex und 67% der Füllungen mit Tetric Ceram. Die Vergabe der Note 2, aufgrund von minimalen Über-/ Unterschüssen, war bei Tex in 43% der Fälle (Tetric Ceram 30%) indiziert. Bei Tetric Ceram wurde eine Füllung mit der Note 3 beurteilt, die im Randbereich etwas mehr Überschuss aufwies.

Nach 6 Monaten wurden erneut 57% der Texfüllungen mit der Note 1 bewertet, bei Tetric Ceram waren es 56% der Restaurationen. Die Note 2 erhielten 37% der Füllungen mit Tex und Tetric Ceram. Die Note 3 wurde bei Tex einmal (3%) vergeben und bei Tetric Ceram zweimal (7%). Die Note 4 wurde nach 6 Monaten in einem Fall (3%) nur bei Tex vergeben.

Die Beurteilung nach 9 Monaten ergab bei 50% der Füllungen mit Tex die

Bewertung mit Note 1, bei Tetric Ceram waren es 48%. Die Einstufung mit der Note 2 erfolgte bei Tex in 43% der Fälle (Tetric Ceram 44%). Die Note 3 wurde bei Tex einmal (3%) vergeben und bei Tetric Ceram zweimal (7%). Keine Restauration erhielt die Note 4, jedoch musste bei Tex eine Füllung, aufgrund von sichtbaren, zirkulär mit der Sonde tastbaren Unterschüssen, mit der Note 5 bewertet werden.

Nach 12 Monaten konnten 40% der mit Tex gefertigten Restaurationen mit der Note 1 bewertet werden (30% Tetric Ceram). Die Vergabe der Note 2 erfolgte für Tex in 47% der Fälle, bei Tetric Ceram waren es 48%. Mit Note 3 wurden 7% der Füllungen mit Tex beurteilt, bei Tetric Ceram waren es 19%. Eine Füllung (3%) mit Tex musste mit der Note 4 eingestuft werden.. Die Note 5 wurde je einmal bei Tex (3%) und bei Tetric Ceram (4%) vergeben.

Ein Patient, mit einer Tex-Füllung versorgt, musste, nach einem Untersuchungszeitraum von 12 Monaten, mit der Note 4 bewertet werden. Zunächst wurde er mit der Note 2 (3 Monate), Note 3 (6 und 9 Monate) beurteilt. Dieser Patient war Mundatmer. Somit war bei ihm eine Füllungslegung mit Kofferdam unmöglich. Jedoch scheint dies nicht ausschlaggebend gewesen zu sein, da der mit Tetric Ceram versorgte Nachbarzahn mit den Noten 2 (3, 6 und 9 Monate) und 3 (12 Monate) eingestuft wurde.

Die Vergabe der Note 5 erfolgte für Tex nach einem Beobachtungszeitraum von 9 und 12 Monaten bei einem Probanden, dessen Füllung schon nach 6 Monaten mit der Note 4 zu bewerten war. Bei diesem Patienten wurden insgesamt 2 Füllungen gefertigt. Die gleichzeitig gelegte Füllung mit Tetric Ceram konnte immer, außer bei der Untersuchung nach 12 Monaten (Note 2) mit der Note 1 bewertet werden. Die Antagonisten beider Zähne waren mit Amalgam versorgt, so dass diesbezüglich keine Rückschlüsse gezogen werden können.

Aufgrund der Absprengung der Randleiste bei einer Füllung mit Tetric Ceram, musste die Note 5 erst nach einem Untersuchungszeitraum von 12 Monaten einmal vergeben werden. Der antagonistische Zahn war unbeschadet.

DeLong weist im Hinblick auf die Beurteilung des Verschleißes auf die Berücksichtigung des Materials des Gegenkiefers hin, besonders wenn es sich dabei um Schmelz handelt [3].

Keine der insgesamt 57 Füllungen war nach 12 Monaten zu erneuern, somit wurde die Note 6 in keinem Behandlungsfall vergeben.

In einer klinischen Studie von Lundin mussten nach 2 Jahren 5 % der Füllungen mit Tetric Ceram, meistens aufgrund einer Hypersensibilität, erneuert werden [19].

Die Empfindlichkeit der in dieser Studie mit einer Restauration versorgten Zähne hat sich innerhalb des Untersuchungszeitraumes, in einem Fall nach spätestens 9 Monaten, gelegt. Es musste keine der Füllungen aufgrund einer Hypersensibilität erneuert werden.

Die Beurteilung nach dem Schulnotensystem erfolgte zwar subjektiv, jedoch sehr kritisch. Daher wurde bei der kleinsten mit der Sonde zu ertastenden Unebenheit, die Note 2 vergeben. Nach einem Untersuchungszeitraum von 12 Monaten und der Vergabe der Note 5 war eine Politur ausreichend, um die tastbaren Ränder zu glätten.

Makroskopisch zeigten bei Sachdeo alle Restaurationen eine gute Oberflächenstruktur und anatomische Form [26]. Bei uns zeigten sich insgesamt 4 Füllungen klinisch etwas rau, je eine mit Tetric Ceram und eine mit Tex im gesamten Untersuchungszeitraum, eine mit Tetric Ceram nach 12 Monaten und eine mit Tex nur im 6-Monatsrecall. Die Füllungen waren durch

diese subjektiv eingeschätzten Oberflächenbeschaffenheiten in ihrer Funktion nicht beeinträchtigt.

Somit sind beide Materialien klinisch als sehr empfehlenswert einzustufen.

Bei Hugo werden einige klinische Untersuchungen angeführt, die Erfolgsraten von 84-90 % aufweisen [15].

In der Literatur wird ebenfalls eine Methode zur klinischen Beurteilung von Kunststoffrestaurationen angeführt. Es handelt sich hierbei um die USPHS Methode [3, 15, 19, 21-23].

Versucht man die in dieser Studie verwendete Methode mit der USPHS Methode zu vergleichen, so müsste man der Schulnote 1 die Einteilung alpha (kein Verschleiß) zuordnen. Den Noten 2-5 entspräche bravo (klinisch akzeptabler, sichtbarer Verschleiß) und der Note 6, welche hier nicht vergeben wurde müsste charlie (klinisch inakzeptabler, erneuerungsbedürftiger, übermäßiger Verschleiß) beigemessen werden.

Im Rahmen einer zahnärztlichen Untersuchung verwendet Sachdeo zur Einschätzung des klinischen Verschleißes nach 6 Monaten, 1 Jahr und 2 Jahren neben dem makroskopischen Vergleich der Restaurationen deren Beurteilung anhand der „Williams Dental Scale“ (Ivoclar Vivadent), eine Kombination der Leinfelder Methode und der Methode nach Moffa-Lugassy. Hierbei handelt es sich um 18 Zahnmodelle, die auf einem Brett fixiert sind und einen Verschleiß in 25 µm Schritten aufweisen. Die bei den Nachuntersuchungsterminen hergestellten Abdrücke wurden mit Epoxidharz ausgegossen und der Verschleiß konnte anhand der „Williams Dental Scale“ visuell verglichen und bewertet werden. Die Bewertung wurde möglichst standardisiert durchgeführt. Aufgrund der unterschiedlichen Materialien und Durchführungsmethoden ist es generell schwierig Studien, die sich mit dem

Verschleiß von Füllungsmaterialien beschäftigen, zu vergleichen [26].

Die Auswertung von Gipsmodellen, entsprechend den Methoden nach Leinfelder, Moffa-Lugassy, Goldberg und Vivadent, ist einfacher und präziser als eine klinische Auswertung. Ein Nachteil dieser Verfahren ist, dass nur einzelne Stufen des Abtrages bewertet werden können, sie sind anfällig für Fehler durch den Untersucher und setzen eine gute Kalibrierung voraus [32].

4.3 Schlussfolgerung

In einer klinischen Studie wurde, über den Zeitraum eines Jahres hinweg, das Verschleißverhalten von insgesamt 57 Füllungen, gefertigt mit den Materialien Tex und Tetric Ceram, überprüft und ausgewertet. Beide Materialien entstammen dem Hause Ivoclar Vivadent, wobei Tex bereits als Nachfolgeprodukt unter dem Namen Tetric EvoCeram das Produkt Tetric Ceram am Markt ablöste.

Die im 3D-Laserscan bei der Auswertung der Gipsmodelle ermittelten Abtragwerte für Tex waren, über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg, besser einzustufen, als die Abtragwerte für Tetric Ceram.

Bei beiden Materialien ist der größte Verschleiß in den ersten 3 Monaten festzustellen. Signifikante Unterschiede bezüglich des Abtragverhaltens der beiden Materialien waren sowohl nach 3 Monaten als auch nach 12 Monaten zu erkennen. Zwischenzeitlich wiesen beide Materialien nur geringe Unterschiede auf.

Ein Vergleich des bereinigten arithmetischen Mittels der subjektiv klinisch ermittelten Noten (Randverhalten der Füllungen) für beide Materialien im Untersuchungszeitraum zeigt zwischen dem Zeitpunkt der Füllungslegung und

der Untersuchung nach 3 Monaten, sowie zwischen der 9-Monatsuntersuchung und der 12-Monatsuntersuchung die deutlichste Verschlechterung. Zwischenzeitlich waren die Noten für das Randverhalten nur gering, aber kontinuierlich schlechter geworden, wobei Tetric Ceram bis zum 12-Monatsrecall minimal besser einzustufen war als Tex. Beim Recall nach 12 Monaten wurde das Material Tex jedoch deutlich besser beurteilt.

In der vorliegenden Studie konnten keine signifikanten Unterschiede bezüglich der im 3D-Laserscan ermittelten Abtragtiefe und des subjektiv beurteilten Randverhaltens der Materialien Tex und Tetric Ceram festgestellt werden. Bezüglich der von uns vergebenen Noten sind beide Materialien als gut (Tetric Ceram) bis deutlich gut (Tex) einzustufen, zumal die Noten äußerst kritisch vergeben wurden, siehe Definition 3.4.1.3 im Ergebnisteil.

Ein vager Vergleich mit anderen klinischen Studien kann sicherlich gezogen werden, jedoch stellen Studien dieser Art eher eine Rarität dar.

Die im Laserscan-3D ermittelten Werte unserer Studie entsprechen nicht den Werten der ADA Spezifikation, jedoch sind, wie im Diskussionsteil [13] beschrieben, Werte zwischen 100 µm und 200 µm für den Zahnarzt nur schwer und für den Patienten gar nicht zu erkennen. Zugleich wird auf die abweichende Bandbreite der Ergebnisse um den Mittelwert herum eingegangen. Mit einem Abtrag nach 12 Monaten von 181 µm ist Tex gegenüber Tetric Ceram mit 200 µm als leicht überlegen einzukategorisieren.

Alle Patienten, die im Untersuchungszeitraum mit Tex und/ oder Tetric Ceram versorgt wurden, waren mit den Füllungen äußerst zufrieden. Die zunächst festgestellten Sensibilitäten, vor allem Druckbeschwerden, legten sich innerhalb der ersten Monate nach der Füllungslegung. Die Verarbeitung beider Materialien war für den Zahnarzt als sehr angenehm einzustufen. Neben exzellenter Modellierbarkeit und hoher Standfestigkeit, klebten die Materialien

nicht an den verwendeten Instrumenten.

5 Zusammenfassung

Seit den 1960er Jahren wurden Komposite, hinsichtlich deren Materialeigenschaften, kontinuierlich verbessert. Demzufolge wurden auch die Einsatzgebiete der Kompositmaterialien erweitert. Anfänglich nur als ästhetischer Amalgamersatz im Frontzahnbereich verwendet, fanden Komposite in den letzten Jahren zunehmend auch im okklusionstragenden Seitenzahnbereich Anwendung.

Im Rahmen einer in vivo Studie wurden in einer Bundeswehrzahnarztgruppe bei 31 Soldaten insgesamt 57 Restaurationen, 30 mit dem Material Tex und 27 mit dem Material Tetric Ceram, der Klasse I und II an Prämolaren und Molaren angefertigt. Für jede dieser Füllungen wurde, über den Zeitraum eines Jahres hinweg, das Abnutzungsverhalten alle 3 Monate in der zahnärztlichen Praxis kontrolliert und dokumentiert. Anhand eines Bewertungsbogens erfolgte, in fünf regelmäßigen Abständen, die klinische Begutachtung der Randkonfiguration, der Sensibilität sowie der Beschaffenheit der Restaurationen. Anschließend erfolgte deren Einstufung gemäß dem Schulnotensystem. Zusätzlich wurden, zur weiteren Beurteilung der Restaurationen, Abformungen der Zähne gefertigt, welche zur Vermessung im Laserscan-3D in Gipsmodelle aus weißem Fuji Rock umgesetzt wurden.

Die Ergebnisse, der im Laserscan-3D ausgewerteten Gipsmodelle der Untersuchungen nach 3, 6, 9 und 12 Monaten mussten abschließend auf Plausibilität innerhalb der Ergebnisreihe überprüft und entsprechend korrigiert dargestellt werden. Aus diesen Ergebnisreihen heraus wurde das arithmetische Mittel der jeweiligen Abtragungstiefen für beide Materialien bestimmt und verglichen. In den ersten 3 Monaten nach Füllungslegung ist, materialunabhängig, der höchste Abtrag festzustellen. Später ist der Abtrag, wiederum für beide Werkstoffe, über die Monate hinweg als kontinuierlich einzustufen. Tex weist über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg die

besseren Abnutzungswerte auf. Die Diskrepanz der Werte für beide Materialien ist nach 3 Monaten und nach 12 Monaten am größten.

Die ADA Spezifikation für den Abtrag von Komposit besagt, dass ein Komposit in einem Jahr nicht mehr Höhe verlieren kann, als 0,05 mm (= 50 µm). Verschiedene Autoren berichten über ähnlich geringe Abtragwerte. Die in dieser Studie erzielten Mittelwerte für den Abtrag sind höher, allerdings muss hierbei die Bandbreite der Werte um den Mittelwert betrachtet werden. In der Literatur wird beschrieben, dass Abtragtiefen von 100 µm bis 200 µm für den Zahnarzt nur schwer und für den Patienten gar nicht zu erkennen sind.

Der klinische Vergleich der gefertigten Füllungen und die Einstufung gemäß dem Schulnotensystem zeigt keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Materialien. Tetric Ceram wird bis zur letzten Nachuntersuchung als geringfügig besser eingestuft, hingegen schneidet Tex beim 12-Monatsrecall vergleichsweise deutlich besser ab. Der Notendurchschnitt der subjektiv nach dem Schulnotensystem eingestuften Randkonfigurationen ist nach 12 Monaten mit der Note 2 für Tetric Ceram als gut und der Note 1,83 für Tex als deutlich gut einzustufen. Bei der Gesamtbeurteilung muss berücksichtigt werden, dass einige wenige Füllungen bei beiden Materialien, die aufgrund ihrer Unebenheiten im Randbereich mit den Noten 4 und 5 bewertet werden mussten, das untersuchte Mittelweltergebnis deutlich verschlechtern.

In anderen klinischen Studien werden Kunststofffüllungen nach der USPHS Methode beurteilt. Gemäß der Bewertung in dieser Studie entspräche die Schulnote 1 der Einteilung alpha (kein Verschleiß), die Noten 2-5 müssten der Beurteilung bravo (klinisch akzeptabler, sichtbarer Verschleiß) zugeordnet werden und die Note 6 entspräche charlie (klinisch inakzeptabler, erneuerungsbedürftiger, übermäßiger Verschleiß). Somit fallen alle Bewertungen dieser Studie in die Bereiche alpha und bravo. Keine Füllung musste erneuert werden. Eine andere in der Literatur aufgeführte Methode zur

Beurteilung des Abtrages, die „Williams Dental Scale“ (Ivoclar Vivadent), eine Kombination der Leinfelder Methode und der Methode nach Moffa-Lugassy, bei der die im Recall hergestellten Modelle mit Epoxidharz ausgegossen werden und später ein Vergleich mit vorhandenen, definierten Zahnmodellen gezogen wird, kann mit unserer Methode nicht direkt verglichen werden. Somit scheint ein Abgleich der Ergebnisse anderer Autoren, bezüglich unserer Benotung, schwierig.

Innerhalb eines Untersuchungszeitraumes von 12 Monaten ist eine Aussage über das Langzeitverhalten der entsprechenden Füllungen nur eingeschränkt möglich.

6 Anhang

Liebe Patientin! Lieber Patient!

Verschiedene Gründe, wie zum Beispiel kariöse Zähne, wurzelbehandelte Zähne oder nicht mehr intakte Füllungen machen es notwendig, Sie zahnärztlich zu versorgen.

In ihrem speziellen Fall ist eine Kunststofffüllung (Kompositfüllung) vorgesehen.

Im Rahmen einer wissenschaftlichen Studie soll die Verschleißbeständigkeit des neu entwickelten Komposit- Füllungsmaterials „Tex 1“ (Der Name des Produktes steht noch nicht fest) mit dem bisher erfolgreich verwendeten Material „Tetric Ceram“ verglichen werden.

Die beiden zu vergleichenden Materialien, sowie sämtliche für die Studie benötigten Werkstoffe, wurden von der Firma Ivoclar Vivadent mit Sitz im Fürstentum Lichtenstein entwickelt, produziert und kostenlos zur Verfügung gestellt.

Das neue Material „Tex 1“ erfüllt alle Kriterien der gesetzlichen Vorschriften und darf als Dentalwerkstoff verwendet werden.

Das Ziel der Studie ist es, sowohl unter Laborbedingungen (eine entsprechende in- vitro Studie wird parallel in einem wissenschaftlichen Labor an der Universität Tübingen durchgeführt) als auch im Rahmen einer klinischen Untersuchung aufzuzeigen, ob es eine Korrelation und messbare Unterschiede dieser Materialien im Abrasionsverhalten gibt und ob sich unterschiedliche Arten von Antagonisten (natürliche Zähne, Amalgamfüllungen, Kunststofffüllungen, Keramikronen, Goldkronen als Gegenkieferbezaahnung) sowie unterschiedliche Lokalisationen im Kieferbereich darauf auswirken können.

Insgesamt soll das Abrasionsverhalten von 60 Füllungen beobachtet werden, wobei pro Patient höchstens zwei Füllungen angefertigt werden.

Sie können an dieser Studie mitwirken!

Voraussetzung für die Teilnahme ist, dass sie noch mindestens 12 Monate am Standort verbleiben, also Zeit- oder Berufssoldat sind und die Notwendigkeit einer zahnärztlichen Versorgung, in Form von einer Füllungstherapie besteht.

Die Studie erstreckt sich über die Dauer von einem Jahr.

Der Ablauf einer Füllungstherapie:

1. Entfernen der kariösen Läsion
2. Reinigen des Zahnes
3. Anlegen einer Gummimanschette (Kofferdam) gegen Speichel zur Trockenlegung
4. Vorbereitung von Schmelz und Dentin
5. Einbringen des Füllungsmaterials (zufällige Zuteilung der verschiedenen Materialien (randomisiertes Design))
6. Aushärtung des Füllungsmaterials
7. Ausarbeitung, Höhenkontrolle, Politur

Nach Beendigung der Füllungstherapie wird ein Urabdruck mittels eines konfektionierten Löffels genommen. Mittels dieses Abdrucks wird im Labor ein individuell auf den Patienten abgestimmter Abdrucklöffel angefertigt, womit etwa eine Woche später in einer erneuten Sitzung ein noch genauere Abdruck hergestellt werden kann. Dieser wird dann an der Universität Tübingen im Laser vermessen. Insgesamt werden in fünf Sitzungen, die sich über den Zeitraum eines Jahres erstrecken Abdrücke mit diesen individuellen Löffeln angefertigt und in Tübingen ausgewertet.

Die an der Studie teilnehmenden Patienten haben somit einen erhöhten Zeitaufwand von zirka einer halben bis dreiviertel Stunde pro Folgesitzung.

Die Mitwirkung an der Studie erfolgt auf freiwilliger Basis.

Jederzeit haben Sie das Recht von der Fortsetzung der Studie zurückzutreten.

Um verlässliche Informationen über das Verschleißverhalten zu erlangen ist es jedoch wichtig die Untersuchung über ein Jahr hinweg konsequent durchzuführen.

Ihre persönlichen Daten werden im Laufe der Studie anonymisiert verschlüsselt.

Abbildung 1 Aufklärungsblatt

Information und Einwilligungserklärung zum Datenschutz

Ihre im Rahmen der klinischen Prüfung erhobenen Krankheitsdaten werden vertraulich behandelt und ausschließlich in anonymisierter Form weitergegeben, es sei denn, die gesetzlichen Vorschriften stehen dem entgegen.

Bei wissenschaftlichen Studien werden medizinische Befunde und persönliche Informationen von Ihnen erhoben und niedergeschrieben. Die Aufzeichnung der im Rahmen dieser klinischen Untersuchung erhobenen Daten erfolgt zunächst in den Originalunterlagen (Ihrer Krankenakte), in die ihr Arzt auch bisher alle Befunde eingetragen hat. Die für die klinische Untersuchung wichtigen Daten werden zusätzlich in anonymisierter Form in einen gesonderten Dokumentationsbogen eingetragen.

Nach dem Deutschen Arzneimittelgesetz ist die Durchführung einer klinischen Prüfung nur dann zulässig, wenn Sie mit der Aufzeichnung Ihrer Krankheitsdaten und deren Weitergabe in anonymisierter Form an die zuständigen Gesundheitsbehörden (örtliche Überwachungsbehörde und Bundesgesundheitsbehörden) und, soweit dies zutrifft, an eine zentrale Auswertungsstelle im Auftrag einer Fachgesellschaft oder an den Arzneimittelhersteller einverstanden sind. Die anonymisierten Daten können auch an ausländische Gesundheitsbehörden weitergegeben werden.

Um sicherzustellen, dass alle Daten korrekt aus den Originalunterlagen/Ihrer Krankenakte in die Dokumentationsbögen übertragen werden, können die (anonymisierten) Eintragungen in diesen Dokumentationsbögen durch besonders geschulte und zur Verschwiegenheit verpflichtete Mitarbeiter des Auftraggebers (Firma Ivoclar Vivadent, Fürstentum Lichtenstein) oder Angehörige der zuständigen Behörden (sogenannte Monitore) mit den Originaldaten verglichen werden. Für diesen Zweck müssen Sie den behandelnden Arzt insoweit von seiner Schweigepflicht entbinden.

Bei Widerruf der Zustimmung zur Studienteilnahme ist aus gesetzlichen Gründen über einen bestimmten Zeitraum eine Löschung der Daten nicht möglich.

- 1. Ich erkläre mich damit einverstanden, dass im Rahmen dieser Studie erhobene Daten/Krankheitsdaten auf Fragebögen und elektrischen Datenträgern aufgezeichnet und ohne Namensnennung (anonymisiert) an den Auftraggeber der Studie zur wissenschaftlichen Auswertung (Firma Ivoclar Vivadent, Bendererstr.2, FL-9494 Schaan) sowie an die zuständige Überwachungsbehörde oder Bundesoberbehörde zur Überprüfung der ordnungsgemäßen Durchführung der Studie weitergegeben werden.**

2. Außerdem erkläre ich mich damit einverstanden, dass ein autorisierter und zur Verschwiegenheit verpflichteter Beauftragter des Auftraggebers, der zuständigen inländischen (und ausländischen) Überwachungsbehörde oder der zuständigen Bundesoberbehörde in meine beim Prüfarzt vorhandene personenbezogene Daten Einsicht nimmt, soweit dies für die Überprüfung der Studien notwendig ist. Für diese Maßnahme entbinde ich den Prüfarzt von der ärztlichen Schweigepflicht.

Name:

Ort, Datum:

Unterschrift:

Abbildung 2 Einwilligungserklärung zum Datenschutz

Einwilligungserklärung

Über die geplante Behandlung hat mich Frau Frey in einem Aufklärungsgespräch ausführlich informiert. Dabei konnte ich alle mir wichtig erscheinenden Fragen, z. B. über die Risiken und möglichen Komplikationen stellen.

Ich habe den Inhalt des Patienteninformationsbogens verstanden.

Ich fühle mich ausreichend aufgeklärt und willige in die geplante Behandlung mit dem vorgesehenen Material ein.

Ort, Datum

Unterschrift Patient

Unterschrift Arzt

Abbildung 3 Einwilligungserklärung

Erfassungsbogen

1. Patientendaten

Name:	Vorname:
Straße:	Wohnort:
Tel. Privat:	Tel. Geschäft:
Tel. Mobil:	Geschlecht:
Alter:	Raucher:

2. Anamnese

2.1 Allgemeine Anamnese

Sind Sie zur Zeit in ärztlicher Behandlung?	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Nehmen Sie zur Zeit regelmäßig Medikamente ein wenn ja, welche:	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Sind Sie überempfindlich (allergisch) gegen bestimmte Stoffe oder Medikamente? wenn ja, gegen welche:	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Sind bei Ihnen einmal Zwischenfälle während oder nach einer Zahnbehandlung aufgetreten? wenn ja, welche:	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Haben oder hatten Sie eine Herz-/ Kreislaufkrankung? wenn ja, welche:	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Haben oder hatten Sie eine ernsthafte Erkrankung? wenn ja, welche:	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Ist bei Ihnen schon einmal eine Blutuntersuchung wegen Verdachts auf eine Lebererkrankung (Hepatitis) oder eine erworbene Immunschwäche (AIDS) vorgenommen worden?	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Sind in Ihrer Familie Blutungsneigungen oder Blutgerinnungs- störungen bekannt?	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Neigen Sie zu anhaltenden Nachblutungen nach Schnitt- verletzungen oder Zahnentfernungen?	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>
Wann sind Sie zuletzt von einem Arzt oder Zahnarzt geröntgt worden?	Datum:	
Nur für Patientinnen: Besteht bei Ihnen eine Schwangerschaft?	Nein <input type="checkbox"/>	Ja <input type="checkbox"/>

2.2 Spezielle Anamnese

- Haben Sie einen festsitzenden Zahnersatz? Nein Ja
wenn ja, seit _____ Jahren
- Haben Sie einen herausnehmbaren Zahnersatz? Nein Ja
wenn ja, seit _____ Jahren
- Waren Sie in kieferorthopädischer Behandlung? Nein Ja
- Haben Sie Zahnfleischbluten? Nein Ja
- Beobachten Sie eine Tendenz zur Bildung von Belägen? Nein Ja
- Sind Sie Raucher? Nein Ja
- Parafunktionen:
- Knirschen Nein Ja
- Pressen Nein Ja
- Lippenpressen Nein Ja
- Abrasionen/ Schliff-Flächen Nein Ja
- Wurde bei Ihnen schon einmal eine Parodontalbehandlung durchgeführt? Nein Ja
- Kariesaktivität (subjektiv 1= niedrig, 6= hoch)
 1 2 3 4 5 6

3.Mundstatus/ Hygienestatus/ Zahnschema

- f= fehlender Zahn
•A= gefüllter Zahn (Amalgam)
•K= gefüllter Zahn (Kunststoff)
K= Krone
MK= Keramikkrone
Wf= Wurzelfüllung/ devitaler Zahn
S= Schliff-Fläche

18 17 16 15 14 13 12 11 21 22 23 24 25 26 27 28
48 47 46 45 44 43 42 41 31 32 33 34 35 36 37 38

Abbildung 4 Erfassungsbogen

Bewertung von Klasse I und Klasse II Kompositrestaurationen

Name des Patienten Restaurationsdatum Untersuchungsdatum

3 Monats- 6 Monats- 9 Monats- 12 Monats- Recall

1. Zahn Flächen Material 2. Zahn Flächen Material

Randqualität

Approximalkontakt

mesial ja nein
distal ja nein

mesial ja nein
distal ja nein

Postoperative Sensibilität

Kaudruck ja
 nein
Persistenz bis:

Kaudruck ja
 nein
Persistenz bis:

Hitze ja
 nein
Persistenz bis:

Hitze ja
 nein
Persistenz bis:

Kälte ja
 nein
Persistenz bis:

Kälte ja
 nein
Persistenz bis:

Vitalität im Recall

ja
 nein

ja
 nein

Druckempfindlichkeit im Recall

ja
 nein

ja
 nein

Oberfläche

glatt
 etwas rau
 rau

glatt
 etwas rau
 rau

Zahnfrakturen

<input type="radio"/> keine	<input type="radio"/> keine
<input type="radio"/> sichtbarer Riß	<input type="radio"/> sichtbarer Riß
<input type="radio"/> fehlendes Zahnfragment	<input type="radio"/> fehlendes Zahnfragment
Mundhygiene	
<input type="radio"/> gut	<input type="radio"/> gut
<input type="radio"/> mittel	<input type="radio"/> mittel
<input type="radio"/> mangelhaft	<input type="radio"/> mangelhaft
Randverfärbung	
<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> ja
<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> nein
Sekundärkaries	
<input type="radio"/> ja	<input type="radio"/> ja
<input type="radio"/> nein	<input type="radio"/> nein

Abbildung 5 Bewertungsbogen

Probanden und Restaurationen

Nummer	Zahn	Fläche	Material	Trockenlegung
1	14	mo	Tex	Kofferdam
2	26	modb	Tetric Ceram	Kofferdam
2	27	o	Tex	Kofferdam
3	14	modb	Tetric Ceram	Kofferdam
3	15	mod	Tex	Kofferdam
4	24	od	Tetric Ceram	Kofferdam
4	26	modp	Tex	Kofferdam
6	35	od	Tetric Ceram	Kofferdam
6	37	mo	Tex	Kofferdam
8	37	o	Tex	Kofferdam
10	35	od	Tex	Kofferdam
11	26	mo	Tex	Kofferdam
12	36	od	Tex	Kofferdam
12	37	mo	Tetric Ceram	Kofferdam
13	15	odb	Tex	Kofferdam
13	16	mop	Tetric Ceram	Kofferdam
14	16	od	Tetric Ceram	Kofferdam
14	17	mo	Tex	Kofferdam
16	24	od	Tex	Kofferdam
16	25	mod	Tetric Ceram	Kofferdam
17	46	mo	Tetric Ceram	Kofferdam
17	47	mo	Tex	Kofferdam

18	25	od	Tetric Ceram	Kofferdam
18	26	op	Tex	Kofferdam
19	26	mo	Tex	Kofferdam
20	15	od	Tetric Ceram	Kofferdam
20	16	mo	Tex	Kofferdam
21	14	od	Tetric Ceram	Kofferdam
21	15	mod	Tex	Kofferdam
22	16	modp	Tex	Kofferdam
22	17	mo	Tetric Ceram	Kofferdam
23	26	od	Tetric Ceram	Watterolle
23	27	o	Tex	Watterolle
24	46	odb	Tetric Ceram	Kofferdam
24	47	o	Tex	Kofferdam
25	24	od	Tex	Kofferdam
25	25	mod	Tetric Ceram	Kofferdam
26	15	mod	Tex	Kofferdam
26	16	od	Tetric Ceram	Kofferdam
27	44	od	Tex	Kofferdam
27	45	od	Tetric Ceram	Kofferdam
28	24	od	Tex	Kofferdam
28	25	mod	Tetric Ceram	Kofferdam
29	15	mo	Tex	Kofferdam
29	16	mo	Tetric Ceram	Kofferdam
30	45	odli	Tetric Ceram	Kofferdam
30	46	mob	Tex	Kofferdam
31	14	od	Tetric Ceram	Kofferdam
31	15	od	Tex	Kofferdam
32	36	od	Tetric Ceram	Kofferdam
32	37	mo	Tex	Kofferdam
33	24	od	Tetric Ceram	Kofferdam
33	28	mo	Tetric Ceram	Watterolle
34	34	od	Tex	Kofferdam
34	35	od	Tetric Ceram	Kofferdam
35	14	mod	Tex	Kofferdam
35	15	od	Tetric Ceram	Kofferdam

Tabelle 9 Übersicht Probanden und Restaurationen



Abbildung 6 Laserscan-3D



Abbildung 7 Eingespanntes Gipsmodell in Laserscan-3D

7 Literatur

- [1] Azzopardi, A., Bartlett, D. W., Watson, T.F., Smith, B.G.N. (2000)
A literature review of the techniques to measure tooth wear and erosion
Eur J of Prosthodont Rest Dent. Vol 8, No 3: 93-97
- [2] Clelland, N.L., Pagnotto, M.P., Kerby, R.E., Seghi, R.R. (2005)
Relative wear of flowable and highly filled composite
J Prosthet Dent 93, 153-157
- [3] DeLong, R. (2006)
Intra-oral restorative materials wear: rethinking the current approaches:
how to measure wear
Dent mater 22: 702-711
- [4] Ernst, K.P., Willershausen, B. (2003)
Eine aktuelle Standortbestimmung zahnärztlicher Füllungskomposite
ZM 93, Nr. 7, 790-800
- [5] Ferdianakis, K., White, G.E. (1999)
Newer class I cavity preparation for permanent teeth using air abrasion
and composite restoration
J Clin Pediatr Dent 23(2): 201-216
- [6] Ferracane, J.L. (2006)
Is the wear of dental composites still a clinical concern?
Is there still a need for in vitro wear simulating devices?
Dent Mater 22: 689-692
- [7] Frankenberger, R., Garcia-Godoy, F., Lohbauer, U., Petschelt, A.,
Krämer, N. (2005)
Evaluation of resin composite materials. Part I: in vitro investigations
Am J Dent 2005; 18: 23-27
- [8] Gaengler, P., Hoyer, I., Montag, R. (2001)
Clinical evaluation of posterior composite restorations: the 10-year report
J Adhesive Dent 2001; 3:185-194
- [9] Gaengler, P., Hoyer, I., Montag, R., Gaebler, P. (2004)
Micromorphological evaluation of posterior composite restorations- a 10-
year report
J Oral Rehab 31, 991-1000

- [10] Heidemann, D., Hellwig, E., Hickel, R., Klaiber, B., Staehle, H.J. (2004)
Die Bewertung direkter Komposit-Restaurationen
ZM 94, Nr. 6, 650-658
- [11] Heintze, S.D., Zappini, G., Rousson, V. (2005)
Wear of ten dental restorative materials in five wear simulators- results of
a round robin test
Dent Mater 21: 304-317
- [12] Heintze, S.D. (2006)
How to qualify and validate wear simulation devices and methods
Dent Mater 22: 712-734
- [13] Heintze, S.D., Cavalleri, A., Forjanic, M., Zellweger, G., Rousson, V.
(2006)
A comparison of three different methods for the quantification of the in
vitro wear of dental materials
Dent Mater 22: 1051-1062
- [14] Heintze, S.D., Zellweger, G., Cavalleri, A., Ferracane, J. (2006)
Influence of the antagonist material on the wear of different composites
using two different wear simulation methods
Dent Mater 22: 166-175
- [15] Hugo, B., Stassinakis, A., Hofmann, N., Hausmann, P., Klaiber, B. (2001)
In-vivo-Untersuchung von kleinen Klasse-II-Kompositfüllungen
Schweiz Monatsschr Zahnmed 111, 11-18
- [16] Lambrechts, P., Debels, E., Van Landuyt, K., Peumans, M., Van
Meerbeek, B. (2006)
How to simulate wear? Overview of existing methods
Dent Mater 22, 693-701
- [17] Leinfelder, K.F., Suzuki, S. (1999)
In vitro wear device for determining posterior composite wear
J Am Dent Assoc 130, 1347-1353
- [18] Lindberg, A., van Dijken, J.W.V., Hörstedt, P. (2005)
In vivo interfacial adaptation of class II resin composite restorations with
and without a flowable resin composite liner
Clin Oral Invest 9, 77-83
- [19] Lundin, S.-A., Rasmusson, C.G. (2004)
Clinical evaluation of a resin composite and bonding agent in class I and
II restorations: 2-year results
Quintessence Int 35, 758-762

- [20] Luo J., Lannutti, J.J., Seghi, R.R. (1998)
Effect of filler porosity on the abrasion resistance of nanoporous silica gel/polymer composites
Dent Mater 14, 29-36
- [21] Manhart, J., Kunzelmann, K.-H., Chen, H.Y., Hickel, R. (2000)
Mechanical properties and wear behaviour of light-cured packable composite resins
Dent Mater 16, 33-40
- [22] Manhart, J., Scheibenbogen-Fuchsbrunner, A., Chen, H.Y., Hickel, R. (2000)
A 2-year clinical study of composite and ceramic inlays
Clin Oral Invest 4, 192-198
- [23] Manhart, J., Chen, H.Y., Neuerer, P., Scheibenbogen-Fuchsbrunner, A., Hickel, R. (2001)
Three-year clinical evaluation of composite and ceramic inlays
Am J Dent 14, 95-99
- [24] Mehl, A., Gloger, W., Kunzelmann, K.-H., Hickel R. (1997)
A new optical 3-D device for the detection of wear
J Dent Res 76 (11), 1799-1807
- [25] Rastelli, F.P., de Sousa Vieira, R., Souza Rastelli, M.C. (2001)
Posterior composite restorations in primary molars: an in vivo comparison of three restorative techniques
J Clin Pediatr Dent 25 (3), 227-230
- [26] Sachdeo, A., Gray, G.B., Sulieman, M.A.M., Jagger, D.C. (2004)
Comparison of wear and clinical performance between amalgam, composite and open sandwich restorations: 2-year results
Eur J of Prosthodont Rest Dent. Vol 12, No 1: 15-20
- [27] Sarkar, N.K. (2000)
Internal corrosion in dental composite wear: its significance and simulation
J Biomed Mater Res (Appl Biomater) 53: 371-380
- [28] Sarrett, D.C., Coletti, D.P., Peluso, A.R. (2000)
The effects of alcoholic beverages on composite wear
Dent Mater 16, 62-67

- [29] Say, E.C., Civelek, A., Nobecourt, A., Ersoy, M., Guleryuz, C. (2003)
Wear and Microhardness of different resin composite materials
Oper Dent 28-5, 628-634
- [30] Scheibenbogen, A., Manhart, J., Kunzelmann K.-H., Hickel, R. (1998)
One-year clinical evaluation of composite and ceramic inlays in posterior
teeth
J Prosthet Dent 80, 410-416
- [31] Schmidlin, P.R., Pasqualetti, T., Imfeld, T., Besek, M. (2003)
Ein Modell zur Simulation des Approximalverschleisses in vitro
Schweiz Monatsschr Zahnmed 113, 427-433
- [32] Turssi, C.P., De Moraes Purquerio, B., Campos Serra, M. (2003)
Wear of dental resin composites: insights into underlying processes and
assessment methods- a review
J Biomed Mater Res Part B (Appl Biomater) 65B: 280-285
- [33] Wiskott, A., Scherrer, P.J., Belser, D.S. (2002)
In vivo wear of three types of veneering materials using implant-
supported restorations: a method evaluation
Eur J Oral Sci 110, 61-67

8 Danksagung

Ein besonderes Dankeschön gilt Herrn Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Ing. J. Geis-Gerstorfer für die Überlassung des Themas, für die wertvollen Anregungen und für die Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Danken möchte ich auch Frau Christine Schille, die stets als kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung stand.

Ebenso bedanken möchte ich mich bei der Firma Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein, besonders bei Herrn Dr. Urs Lendenmann und Herrn Dr. Siegwald Heintze, für die Bereitstellung der Materialien.

9 Lebenslauf

Persönliche Daten:

Name: Raphaela Angele, geb. Frey
Geburtstag: 17.05.1973
Geburtsort: Schramberg
Familienstand: verheiratet

Aus- und Fortbildung:

1979 – 1983 Grundschule Waldmössingen
1983 – 1992 Gymnasium Schramberg
Juli 1992 Eintritt in die Bundeswehr (militärische und militärfachliche Ausbildung)
1993 – 1998 Beurlaubung zum Studium der Zahnmedizin an der Universität Ulm mit Approbation
17.11.1998 Zahnärztliche Prüfung

Beruflicher Werdegang:

1998 – 2000 Bundeswehrzahnarztgruppe Idar-Oberstein
2000 – jetzt Bundeswehrzahnarztgruppe Meßstetten
2008 Mutterschutz und Elternzeit