

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit  
der Universität Würzburg  
Direktor: Professor Dr. med. dent. Gabriel Krastl

**Langzeitergebnisse der klinischen und röntgenologischen Qualität von  
Gold- und Keramikeilkronen im Vergleich 9 bis 25 Jahre nach Insertion**

Inauguraldissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde der  
Medizinischen Fakultät  
der  
Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Carolina von der Heide  
aus Bad Pyrmont

Würzburg, Mai 2020

**Referent:** Prof. Dr. med. dent. Gabriel Krastl

**Koreferent:** Prof. Dr. med. dent. Marc Schmitter

**Dekan:** Prof. Dr. med. Matthias Frosch

**Tag der mündlichen Prüfung:** 01.12.2020

**Die Promovendin ist Zahnärztin**

Meinen Eltern und meiner Schwester in Liebe und Dankbarkeit gewidmet.

## Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis .....	VII
1 Einleitung .....	1
1.1 Therapiemöglichkeiten zur Restauration ausgedehnter Zahnhartsubstanzdefekte im Seitenzahnbereich .....	1
1.2 Studienlage.....	5
1.3 Fragestellung.....	9
2 Patienten und Methoden .....	11
2.1 Studiendesign und Studiengenehmigung .....	11
2.2 Einschlusskriterien.....	12
2.3 Patientenrekrutierung .....	16
2.4 Klinische Nachuntersuchung .....	18
2.4.1 Patientenbefragung .....	18
2.4.2 Klinische Befunde.....	18
2.4.3 Klinische Beurteilung indirekter Restaurationen nach USPHS- Kriterien .....	23
2.4.4 Röntgenologische Bildgebung.....	31
2.4.5 Fotodokumentation.....	32
2.5 Fotolegende zur Veranschaulichung der USPHS-Kriterien .....	33
2.6 Auswertung.....	41
2.6.1 Auswertung klinischer Befunde .....	41
2.6.2 Auswertung der USPHS-Kriterien: der Qualitätsscore.....	43
2.6.3 Einteilung der Qualitätskategorien.....	44
2.6.4 Statistische Auswertung .....	45

## Verzeichnisse

3	Ergebnisse .....	47
3.1	Geschlechterverteilung und Patientenalter .....	47
3.2	Lokalisation, Größe und Alter der untersuchten Restaurationen .....	48
3.3	Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung.....	51
3.3.1	Qualität indirekter Restaurationen aus Gold und aus Keramik .....	51
3.3.2	Einfluss biologischer und funktioneller Parameter auf die Qualität indirekter Restaurationen .....	57
3.3.3	Einfluss von Restaurationalter und Patientenalter auf die Qualität indirekter Restaurationen .....	65
4	Diskussion.....	69
4.1	Diskussion von Patienten und Methodik .....	69
4.1.1	Studiendesign.....	69
4.1.2	Beobachtungszeitraum und Restaurationsauswahl.....	71
4.1.3	Erhebung klinischer Befunde.....	72
4.1.4	Bewertung der Qualität.....	74
4.1.5	Röntgenologische Bildgebung.....	79
4.1.6	Auswertung der Befunde .....	80
4.1.7	Statistische Auswertung .....	82
4.2	Diskussion der Ergebnisse .....	83
4.2.1	Qualität indirekter Restaurationen .....	83
4.2.2	Einfluss biologischer und funktioneller Parameter auf die Qualität indirekter Restaurationen .....	87
4.2.3	Einfluss von Restaurationalter und Patientenalter auf die Qualität indirekter Restaurationen .....	91
4.3	Schlussfolgerungen .....	94
5	Zusammenfassung.....	96
6	Literaturverzeichnis .....	98
7	Anhang.....	108

## Verzeichnisse

7.1 Herstellerverzeichnis .....	108
7.2 Patienteninformation und Einwilligungserklärung .....	111
7.3 Befundbogen .....	114
7.4 Korrelationstabelle .....	122
7.5 Tabellarische Auflistung statistischer Tests .....	123
7.5.1 Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit .....	123
7.5.2 <i>t</i> -Tests für unabhängige Stichproben.....	124
7.5.3 Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA).....	125

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Schematische Darstellung des Auswahlverfahrens indirekter Restaurationen zur Aufnahme in das Studienvorhaben.....	14
Abbildung 2	Schematische Darstellung der Patientenrekrutierung.	17
Abbildung 3	Beispiel der Fotodokumentation.....	32
Abbildung 4	Teilkronen mit Ausprägungen der Oberflächenbeschaffenheit/Politur.....	33
Abbildung 5	Teilkronen mit Ausprägungen der Oberflächen- und Randverfärbung.....	34
Abbildung 6	Keramikrestaurationen mit Ausprägungen der Farbstabilität.....	34
Abbildung 7	Teilkronen mit Ausprägungen der anatomischen Form.....	35
Abbildung 8	Teilkronen mit Ausprägungen der Oberflächendefekte/Retention.....	35
Abbildung 9	Teilkronen mit Ausprägungen der Randqualität.....	36
Abbildung 10	Teilkronen mit mangelhaften (4) und ungenügenden (5) Approximalkontakten.....	37
Abbildung 11	Teilkronen mit röntgenologischen Befunden von exzellent (1) bis ungenügend (5).....	38
Abbildung 12	Teilkronen mit Ausprägungen des endodontischen Zustands.....	39
Abbildung 13	Teilkronen mit Ausprägungen von Karies/Erosion.....	40
Abbildung 14	Verteilung des Patientenalters und des Geschlechts (n = 296).....	47
Abbildung 15	Darstellung der Anzahl der Flächen (F) der untersuchten indirekten Restaurationen aus Gold (n = 147) und Keramik (n = 149); (n = 296).....	49
Abbildung 16	Verteilung der Qualitäten (Kategorie 2) aufgeteilt nach Gold-und Keramikrestaurationen (n = 296).....	51

## Verzeichnisse

Abbildung 17	Qualität (Kategorie 1) indirekter Restaurationen aus Keramik ( $n = 147$ ) an Molaren und Prämolaren ..... 53
Abbildung 18	Darstellung der mittleren Ausprägungen der USPHS-Kriterien aufgeteilt nach Restaurationsmaterial ( $n$ variiert zwischen 287 und 296; Farbstabilität nur bei Keramikrestaurationen $n = 149$ ) ..... 54
Abbildung 19	Ausprägung der Randqualität indirekter Restaurationen aus Gold und Keramik ( $n = 296$ ) ..... 56
Abbildung 20	Ausprägung des Kriteriums Karies bei indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik ( $n = 296$ )..... 56
Abbildung 21	Ausprägung der Variablen Randverfärbung und Randqualität ohne und mit Plaqueakkumulation ( $M$ und $SD$ ) ( $n = 296$ ) ..... 61
Abbildung 22	Restaurationsqualität bei verschiedenen Ausprägungen des Kariesrisikos ( $n = 296$ ) ..... 62
Abbildung 23	Restaurationsqualität bei Patienten mit gesundem ( $n = 258$ ) und erkranktem Parodont ( $n = 37$ ) ..... 64
Abbildung 24	Verteilung der Qualität indirekter Restaurationen bezogen auf das Patientenalter ( $n = 296$ )..... 66

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Übersicht verwendeter Befestigungsmaterialien der indirekten Restaurationen ( $n = 174$ ) .....	15
Tabelle 2	Einteilung der Lockerungsgrade (Lindhe & Nyman 1977).....	20
Tabelle 3	Einteilung des Sulcus-Blutungs-Index (Mühlemann & Son 1971).. .....	21
Tabelle 4	Einteilung des Plaque-Index (Turesky et al. 1970).....	21
Tabelle 5	Untersuchungsmethoden der USPHS-Kriterien .....	25
Tabelle 6	Bewertung des Kriteriums Sensibilität/ endodontischer Zustand bei nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen und wurzelkanalbehandelten Zähnen .....	29
Tabelle 7	Einteilung der Qualitätskategorien (G=Gold; K=Keramik).....	45
Tabelle 8	Deskriptive Darstellung der Lokalisation der indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik ( $n = 296$ ).....	48
Tabelle 9	Alter der indirekten Restaurationen aus Gold ( $n = 147$ ) und Keramik ( $n = 149$ ); ( $n = 296$ ).....	50
Tabelle 10	relative gültige Häufigkeiten (%) der USPHS-Kriterien von Gold- und Keramikrestaurationen .....	57
Tabelle 11	biologische Parameter für Gold- und Keramikrestaurationen; G gegen K wurde mit Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit getestet ( $p$ ).....	58
Tabelle 12	binär logistische Regression zur Vorhersage der Qualität indirekter Restaurationen (Kategorie 1) .....	68

## Abkürzungsverzeichnis

F3	dreiflächige Restauration
F4	vierflächige Restauration
F5	fünfflächige Restauration
LG	Lockerungsgrad
SBI	Sulcus-Blutungs-Index (Mühlemann & Son 1971)
PI	Plaque-Index (Turesky et al. 1970)
PPD	Probing pocket depth ( <i>d.</i> : Taschensondierungstiefe)
CAL	Clinical attachment level ( <i>d.</i> : klinisches Attachmentlevel)
USPHS	United-States-Public-Health-Service
WF	Wurzelkanalfüllung
WSR	Wurzelspitzenresektion
M	Mittelwert
Md	Median
MIN	Minimum
MAX	Maximum
SD	Standard deviation ( <i>d.</i> : Standardabweichung)
AV	abhängige Variable, Testvariable
UV	unabhängige Variable
RZ	Restaurationszahn

# 1 Einleitung

## 1.1 Therapiemöglichkeiten zur Restauration ausgedehnter Zahnhartsubstanzdefekte im Seitenzahnbereich

Zum Ersatz ausgedehnter Zahnhartsubstanzdefekte stehen sowohl direkte als auch indirekte Restaurationen zur Verfügung. Direkte Restaurationen aus Amalgam und Komposit stellen eine Therapiemöglichkeit dar, um große Substanzdefekte zu rekonstruieren (Smales & Hawthorne 1997, van Nieuwenhuysen et al. 2003). Indirekte Restaurationen, die durch den Zahntechniker auf der Basis einer intraoralen konventionellen oder digitalen Abformung hergestellt werden, sind den direkten Restaurationsverfahren jedoch bei ausgedehnten Defekten überlegen und weisen eine höhere Überlebensrate auf (Manhart et al. 2004, Federlin et al. 2006, Federlin et al. 2007). Das Herstellen physiologischer Approximalkontakte, eine höhere Randqualität, sowie bessere Politur, Farbe und anatomische Gestaltung zählen zu den Vorteilen indirekter Restaurationen gegenüber direkten Maßnahmen (Federlin, Manner et al. 2006, Lange & Pfeiffer 2009, Buhler et al. 2017).

Eine Möglichkeit der indirekten Restauration geschädigter Zähne sind Vollkronen, die sich klinisch durch eine lange orale Haltbarkeit und deutlich verringertes Auftreten von Zahnfrakturen bewährt haben (Walton 2002, Tan et al. 2004). Grundlegender Vorteil von Teilkronen ist der mit dem selektiven Ersatz fehlender Zahnhartsubstanz verbundene zahnerhaltene Therapieansatz gegenüber der invasiveren Vollkronenpräparation (Felden et al. 2001). Von van Dijken et al. (2001) wurden Teilkronen hinsichtlich der Präparation daher als minimalinvasive Therapie bezeichnet, bei der postoperative endodontische Behandlungen eher vermieden werden konnten. Die Indikationsstellung zwischen einer Teilkrone und einer Vollkrone ist nicht klar abzugrenzen und eine Vielzahl von Parametern sollten bedacht werden. Relevante Faktoren, die für die Indikation einer Teilkrone gelten, sind laut Kern & Wolfart (2009) das Vorliegen zentraler Defekte und dentinunterstützter Schmelzwände der Kavität.

## Einleitung

Teilkronen aus Metalllegierungen galten schon 1993 (Donovan & Chee) als geeignete und sicher vorhersagbare Therapie für großflächig geschwächte Zähne. Langzeitstudien untersuchter Goldinlays und Goldteilkronen von Studer et al. (2000) und Stoll et al. (1999) lieferten zufriedenstellende klinische Ergebnisse. Die ermittelten Überlebensraten betrugen 96,1% ( $\pm 1,1\%$ ) nach 10 Jahren, 87,0% ( $\pm 2,2\%$ ) nach 20 Jahren und 73,5% ( $\pm 5,4\%$ ) nach 30 Jahren (Studer, Wettstein et al.) und 76,1 bis 88,3% nach 10 Jahren (Stoll, Sieweke et al.). In einem Review von Manhart, Chen et al. (2004) wiesen Inlays und Teilkronen aus hochgoldhaltiger Legierung eine jährliche Verlustrate von 1,4% auf und waren damit deutlich erfolgreicher als untersuchte direkte Restaurationen. Diese wiesen eine jährliche Verlustrate von 3,0% für Amalgamrestaurationen und 2,2% für direkte Kompositrestaurationen auf.

Die Popularität zahnfarbener Restaurationen hat in den letzten Jahren stark zugenommen. Dies ist insbesondere in den höheren ästhetischen Ansprüchen der Patienten, zunehmenden Bedenken gegenüber der Biokompatibilität von Amalgamrestaurationen und dem Wunsch nach zahnerhaltenden Therapiemaßnahmen begründet (Felden, Schmalz et al. 2001, Sunnegardh-Gronberg et al. 2009). Keramiken weisen jedoch allgemein eine hohe Sprödigkeit und geringe Bruchzähigkeit auf (van Dijken & Hasselrot 2010), weshalb diese deutlich anfälliger für Frakturen sind (Felden et al. 1998). Frakturen sind daher auch die häufigste beobachtete Komplikation keramischer Restaurationen (van Dijken, Hasselrot et al. 2001, Frankenberger et al. 2008). Ebenfalls nachteilig ist das komplexe und techniksensitive adhäsive Befestigungssystem (Felden, Schmalz et al. 1998). Nach heutigen Kenntnissen zählen dualhärtende Komposite in Verbindung mit einem geeigneten Adhäsivsystem als Goldstandard für die Befestigung keramischer Restaurationen (Vogl et al. 2016). Frankenberger, Taschner et al. (2008) beobachteten signifikant weniger Frakturen unter Verwendung dualhärtender Befestigungskomposite im Vergleich zu lighthärtenden Kompositen. Ebenso wie die Schmelz-Dentinkonditionierung ist auch das Konditionieren der Keramik mittels Flusssäure und anschließender Silanisierung unbedingt zu empfehlen, um einen guten Verbund zu ermöglichen und das Frakturrisiko zu senken (Malament & Socransky 1999). Zusätzlich sollten

## Einleitung

die klinischen Bedingungen eine sichere absolute Trockenlegung durch Kofferdam-Applikation zulassen (Kern & Wolfart 2009).

Die schnelle Entwicklung neuer dentaler Keramiken mit verbesserten Materialeigenschaften, dualhärtender Befestigungskomposite und Dentin-Adhäsiv-Systeme ermöglicht es, unter Einhaltung eines materialbezogenen Präparationsdesigns und Berücksichtigung der erforderlichen Mindestschichtstärke (Federlin et al. 2007, Ahlers et al. 2009, Buhler, Naef et al. 2017), Keramikrestorationen mit guter Langzeitprognose zu fertigen. Langzeituntersuchungen von gefertigten Empress I Inlays und Teilkronen ermittelten Überlebensraten von 76% bis 85% über einen Beobachtungszeitraum von 10 bis 18 Jahren (Reiss & Walther, Reiss, Stoll et al., Frankenberger, Taschner et al., van Dijken & Hasselrot). Ein vergleichbar hohes Versagen der Keramikrestorationen im Vergleich zu Restorationen aus Komposit, Restorationen aus Amalgam und Vollkronen wurde von van Nieuwenhuysen, D'Hoore et al. (2003) beschrieben.

Die stetige Weiterentwicklung adhäsiver Verbundsysteme ermöglicht darüber hinaus den Einsatz keramischer Restorationen in minimal-retentiven Situationen wie der Onlay-Präparation, sodass tief zervikal liegende Restaurationsränder vermieden werden können (van Dijken, Hasselrot et al. 2001). Aufgrund des stabilisierenden Effekts des Verbunds auf die Keramik und die verbliebene Zahnhartsubstanz (Stoll, Cappel et al. 2007) können laut Krämer & Frankenberger (2005) auch ausgeprägte Defekte unter Einbezug des Höckerreliefs mit Keramikteilkronen versorgt werden. Auch das Fehlen eines approximalen Schmelzrands bzw. das Zuliegenkommen des Restaurationsrands im Dentin scheinen den Erfolg der Restauration nicht negativ zu beeinflussen (Krämer & Frankenberger 2005).

Als problematisch zeigte sich allerdings auch bei neuen Adhäsivsystemen eine bereits nach fünf bis acht Jahren auftretende Randverfärbung und nachlassende Randqualität (Krämer & Frankenberger 2005, Federlin et al. 2010). Der von Federlin, Hiller et al. (2010) beschriebene zeitabhängige Verschleiß des Befestigungskomposits in der Klebefuge scheint weitgehend durch mechanische Belastung einwirkender Kaukräfte, thermische Belastung sowie durch chemische

## Einleitung

Effekte wie der Hydrolyse begründet zu sein (van Dijken & Hasselrot 2010, Liu et al. 2011, Yassini et al. 2016). Laut Guess et al. (2009) ist der Verlust der Randintegrität einer der wesentlichen Gründe für den Misserfolg adhäsiv befestigter Restaurationen.

Bei korrekter Indikationsstellung und korrekter Anwendung des Adhäsivsystems ist der Ersatz fehlender Zahnhartsubstanz mit indirekten adhäsiv befestigten Restaurationen aus Keramik im posterioren Bereich als evidenzbasierte und wissenschaftlich anerkannte Therapieform anzusehen (Ahlers, Mörig et al. 2009).

## 1.2 Studienlage

Bereits 1993 beschrieben Donovan & Chee (1993) den partiellen Ersatz geschädigter Zahnhartsubstanz mit Teilkronen aus hochgoldhaltigen Legierungen als für viele Jahre vorhersagbare und erfolgreiche restaurative Therapie. Eine Studie von Stoll, Sieweke et al. (1999) zeigte ein ähnliches Resultat. Untersucht wurden 3518 Goldrestaurationen, sowohl Inlays unterschiedlicher Ausdehnungen als auch Teilkronen, die nach zehn Jahren Überlebensraten von 76,1% für einflächige Inlays, 83,4% bis 88,3% für zweiflächige Inlays (okklusal-distal-Inlays und mesial-okklusal-Inlays), 87,5% für dreiflächige Inlays und 86,1% für Teilkronen zeigten. Die häufigsten Versagensursachen waren mit 33% Sekundärkaries, 32,7% Retentionsverlust und 29,6% endodontische Komplikationen. Studer, Wettstein et al. (2000) beobachteten 303 Goldrestaurationen über einen mittleren Zeitraum von 18,7 Jahren und ermittelten eine Überlebensrate von 86,2%. Die zehn Jahres-Überlebensrate war mit 96% deutlich höher als die Ergebnisse von Stoll et al. . Für 30 Jahre nahmen sie eine 73,5 prozentige Überlebensrate an. Versagensursachen waren hier zu 40% Sekundärkaries, zu 31% Retentionsverluste, zu 9% Zahnfrakturen und zu 4% endodontische Komplikationen.

Aufgrund bereits beschriebener Vorzüge und des steigenden Patientenwunschs nach zahnfarbenen Restaurationen, waren auch Keramikteilkronen und -inlays bereits mehrfach Bestandteil klinischer Studien, sodass einige Daten über das 10-Jahres-Überleben keramischer Restaurationen existieren. Stoll, Cappel et al. (2007) beschrieben eine Überlebensrate der 1624 untersuchten IPS Empress-Restaurationen von 81% nach zehn Jahren. Reiss veröffentlichte 2000 eine Studie über 1010 untersuchte keramische Inlays und Onlays, für die er eine 12-Jahres-Überlebensrate von 84,9% ermittelte. Vergleichbar dazu veröffentlichten Frankenberger, Taschner et al. (2008) eine Studie an IPS Empress Inlays und Onlays ( $n = 96$ ), von denen nach zwölf Jahren 84% erfolgreich waren. Die Aussage der o.g. Studien müssen allerdings kritisch dahingehend betrachtet

## Einleitung

werden, dass der Erfolg von klein- und großflächigeren Restaurationen nicht differenziert betrachtet wurde.

Erste Kurzzeitergebnisse über keramische Teilkronen lieferten die Untersuchungen von Felden, Schmalz et al. (2001), die nach sieben Jahren eine Überlebensrate von 81% der nachuntersuchten Restaurationen ( $n = 42$ ) ermittelten. Untersuchungen von Guess, Strub et al. (2009) und Naeselius et al. (2008) ermittelten nach drei Jahren eine Überlebensrate von 97% für CAD/CAM gefertigte, leuzitverstärkte Glaskeramik und nach vier Jahren eine 93% Überlebensrate für Empress Restaurationen. Vogl beschrieb unter Verwendung verschiedener Befestigungssysteme ein Überleben von 95,6% bis 97,8% nach einer Beobachtungszeit von 18 Monaten. Die am ehesten mit der hier vorliegenden Studie vergleichbaren Voraussetzungen hinsichtlich der Untersuchung großflächiger Keramikrestaurationen liegen bei der 2010 veröffentlichten prospektiven Studie von van Dijken, Hasselrot et al. vor. Sie untersuchten 252 IPS Empress Onlays über einen Zeitraum von 15 Jahren und erzielten Überlebensraten von 75,9%. Es versagten 55 der 228 untersuchten Restaurationen. Häufigste Komplikationen waren Retentionsverluste (7,9%) der Restauration, gefolgt von Keramikfrakturen (5,7%) und Sekundärkaries (4,8%). Frankenberger, Taschner et al. (2008) beobachteten ein Versagen bei 15 der 96 untersuchten Restaurationen, wovon 12 aufgrund von Keramikfrakturen (12,5%) versagten.

Trotz dokumentierter Misserfolge ist die Prognose keramischer Restaurationen zur Versorgung ausgedehnter Zahnhartsubstanzdefekte im Seitenzahnbereich in Anbetracht o.g. Ergebnisse als günstig anzusehen. Es existieren bisher jedoch wenige Daten zum Langzeitverhalten von Teilrestaurationen aus Keramik im Vergleich zu hochgoldhaltigen Teilkronen. Eine Studie von Wagner et al. (2003) verglich jeweils 42 Teilkronen aus Keramik und Gold, die ein mittleres Alter von 4,75 Jahren und 5,25 Jahren aufwiesen. Beide Gruppen wiesen eine Überlebensrate von 95% auf. Zwei der mit Goldteilkronen restaurierten Zähne mussten aufgrund parodontaler Probleme extrahiert werden, wohingegen die Keramikrestaurationen frakturierten. Ermittelte Kaplan-Meier Überlebensraten nach sieben Jahren lagen bei 96% für Gold- und 81% für Keramikrestaurationen.

## Einleitung

Die Bewertung anhand United-States-Public-Health-Service-Kriterien (USPHS-Kriterien) ergab vergleichbar gute Ergebnisse für beide Gruppen. Weder die USPHS-Kriterien noch die Überlebensraten unterschieden sich signifikant.

In einer split-mouth Studie von Federlin, Manner et al. (2006) wurden jeweils 29 Gold- und Keramikrestaurationen über einen Zeitraum von zwei Jahren untersucht. Follow-up Studien wurden nach drei Jahren und 5,5 Jahren veröffentlicht (Federlin, Wagner et al. 2007, Federlin, Hiller et al. 2010). Eine der Keramikteilkronen versagte nach zwei Jahren und zwei weitere Keramikrestaurationen wiesen ein Chipping ohne erforderliche Intervention auf. Nach drei Jahren konnten keine statistisch signifikanten Unterschiede hinsichtlich der USPHS-Kriterien zwischen den Gruppen gefunden werden. Keramikrestaurationen wiesen nach drei Jahren jedoch bereits signifikant mehr Randverfärbung und Randimperfectionen im Vergleich zur Ausgangssituation auf und eine weitere Keramikrestauration frakturierte. Nach 5,5 Jahren wiesen Keramikrestaurationen auch im Vergleich zu Goldrestaurationen signifikant mehr Randverfärbung und Randimperfectionen auf. Die berechneten Überlebensraten entsprachen 93,3% für Goldteilkronen und 88,8% für Keramikteilkronen, welche sich jedoch nicht signifikant unterschieden. Der Anstieg der Ausprägungen der USPHS-Kriterien von Keramikteilkronen war signifikant, beeinträchtigte das klinische Überleben dennoch nicht. Beide Gruppen erzielten dementsprechend gleichwertig zufriedenstellende Ergebnisse.

Untersuchungen zum Vergleich der beiden Restaurationsgruppen über den Zeitpunkt von 5,5 Jahren hinaus wurden bisher nicht durchgeführt und Langzeitdaten sind wünschenswert (Wagner, Hiller et al. 2003).

Viele Studien schlossen Patienten gewisser Risikogruppen, wie beispielsweise schlechte Mundhygiene, aus Ihren Untersuchungen aus. Das durch Federlin ausgewählte Patientenkollektiv wies ausschließlich PBI-Werte <30% auf, sodass ein moderater Mundhygienestandard gewährleistet war. Andere Studien schlossen Patienten mit hohem Kariesrisiko oder vorliegenden Parafunktionen aus den Untersuchungen aus (Fradeani & Redemagni , Krämer & Frankenberger, Marquardt & Strub , Frankenberger, Taschner et al. , Galiatsatos & Bergou , Guess , Strub et al.). Ziel der hier vorliegenden Studie war es, für das

## Einleitung

allgemeine Patientengut repräsentative Langzeitdaten über das klinische Verhalten und die Qualität der Restaurationsgruppen zu erheben und diese miteinander zu vergleichen. Aus diesem Grund wurden in der hier vorliegenden Studie keine Risikogruppen ausgeschlossen. Ein weiteres Ziel der Studie war es, den Einfluss biologischer Parameter auf die Qualität der Restaurationen zu untersuchen und einen gegebenenfalls vorhandenen Zusammenhang zwischen Risikogruppen und dem klinischen Langzeitergebnis darzustellen.

### 1.3 Fragestellung

Teilkronen aus Gold und Keramik stellen eine minimalinvasive und ästhetisch ansprechende Versorgung zum Ersatz zerstörter Zahnhartsubstanz dar. Vor allem adhäsiv befestigte Keramikrestorationen können den Ansprüchen der zahnhartsubstanzschonenden Präparation und dem Patientenwunsch nach zahnfarbenem Zahnersatz gerecht werden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen Langzeitdaten über die Qualität von Gold- und Keramikteilkronen sowie ausgedehnten Keramikinlays mit Höckerüberkupplung erhoben werden. Es wird im Folgenden zu Gunsten der Übersicht auch bei dieser Art keramischer Inlays von Teilkronen gesprochen. Darüber hinaus soll geprüft werden, ob keramische Restorationen den hochgoldhaltigen Restorationen langfristig qualitativ gleichwertig sind.

Die folgenden Fragen sollen durch Untersuchungen dieser Arbeit beantwortet werden:

- Wie ist die Qualität von Gold- und Keramikteilkronen 9 bis 25 Jahre nach Insertion?
- Unterscheidet sich die Qualität von Gold- und Keramikrestorationen?
- Von welchen biologischen, funktionellen und patientenbezogenen Parametern wird die Qualität der Restaurationsgruppen beeinflusst?
- Können die indirekten Restorationen als langfristig stabile und qualitativ hochwertige Therapie empfohlen werden?

Die Beantwortung erfolgt durch Prüfung der Hypothesen 1 bis 16.

1. Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Qualität indirekter Restorationen und dem Restaurationsmaterial.
2. Es gibt einen Zusammenhang zwischen der Qualität indirekter Restorationen und der Art des restaurierten Zahns (Prämolar/Molar).
3. Es gibt einen Zusammenhang zwischen den einzelnen USPHS-Kriterien zur Bewertung der Restaurationsqualität und dem Restaurationsmaterial.

## Einleitung

4. Die Qualität indirekter Restaurationen unterscheidet sich abhängig vom Zustand der Gingiva.
5. Die Qualität indirekter Restaurationen unterscheidet sich abhängig vom Ausmaß der Plaqueakkumulation.
6. Die Plaqueakkumulation von mit Gold und mit Keramik restaurierten Zähnen unterscheidet sich nicht.
7. Die Ausprägungen der einzelnen USPHS-Kriterien stehen im Zusammenhang mit dem Ausmaß der Plaqueakkumulation.
8. Die Qualität indirekter Restaurationen ist vom Kariesrisiko abhängig.
9. Die Qualität indirekter Restaurationen unterscheidet sich abhängig von der oralen Gesundheit der Patienten.
10. Die Qualität indirekter Restaurationen unterscheidet sich abhängig vom parodontalen Zustand der Patienten.
11. Goldteilkronen haben tiefere zirkuläre Sondierungstiefen als Keramikrestaurationen.
12. Es gibt einen Zusammenhang der Qualität zwischen Zähnen mit erfolgter Wurzelkanalbehandlung und ohne Wurzelkanalbehandlung.
13. Das Material der antagonistischen Versorgung wirkt sich auf die Qualität indirekter Restaurationen aus.
14. Mit steigendem Restorationsalter nimmt die Qualität indirekter Restaurationen ab.
15. Mit steigendem Patientenalter nimmt die Qualität indirekter Restaurationen ab.
16. Die Restorationsqualität lässt sich durch das Geschlecht, das Patientenalter, die Plaqueakkumulation, das Kariesrisiko, die orale Gesundheit, den parodontalen Zustand und die zirkuläre Sondierungstiefe am Restorationszahn vorhersagen.

## 2 Patienten und Methoden

Hinweis: Aus Gründen der leichteren Lesbarkeit wird die männliche Sprachform *Patienten* im folgenden Text stellvertretend verwendet und soll als geschlechtsneutral zu verstehen sein. Dies gilt für alle verwendeten personenbezogenen Substantive und Pronomen.

### 2.1 Studiendesign und Studiengenehmigung

Bei der vorliegenden Studie wurden 296 indirekte Restaurationen an 296 Patienten untersucht, die im Zeitraum von 1994 bis 2009 in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Universitätsklinikums Würzburg eingesetzt worden sind.

Das Studienvorhaben wurde vor Beginn der Untersuchungen der Ethik-Kommission der medizinischen Fakultät der Julius-Maximilians-Universität Würzburg zur Prüfung vorgelegt und freigegeben. Es steht mit der aktuellen Fassung der Deklaration von Helsinki in Einklang. Das positive Votum der Ethik-Kommission wurde am 15.09.2015 mit der Nummer 184/15 erteilt.

Die Genehmigung zur Anwendung von Röntgenstrahlung am Menschen in der medizinischen Forschung wurde am 16.10.2015 mit dem Zeichen Z 5-22462/2-2015-052 erteilt.

Die Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung sind Grundlage der hier vorliegenden Dissertation sowie der Dissertation von Lea Droste (2020) *„Überlebens- und Komplikationsraten von Goldteilkronen und Keramikrestaurationen: eine klinisch-röntgenologische Untersuchung 9 bis 25 Jahre nach Insertion“*.

## 2.2 Einschlusskriterien

In die vorliegende Studie wurden alle Patienten eingeschlossen, die in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Universitätsklinikums Würzburg im Jahre 1994 bis einschließlich des Jahres 2009 eine laborgefertigte Restauration erhalten haben. Die durch systematische Sichtung der Patientenakten identifizierten Patienten wurden in einer Excel-Tabelle (Microsoft Excel 16, Fa. Microsoft Corporation) gelistet und folgende Informationen zum restaurierten Zahn erfasst:

- Restaurierter Zahn
- Angabe der restaurierten Flächen
- Restaurationsmaterial
- Einsetzdatum
- Behandler (Studierender oder Assistenz Zahnarzt)
- Ungünstige Ereignisse am restaurierten Zahn
  - Endodontische Komplikationen
  - Sekundärkaries
  - Frakturen oder kohäsives Versagen (bei Keramikrestorationen)
  - Dezementierung (bei Goldrestorationen)
  - Verlust der indirekten Restauration
  - Zahnfraktur
  - Verlust des Zahns

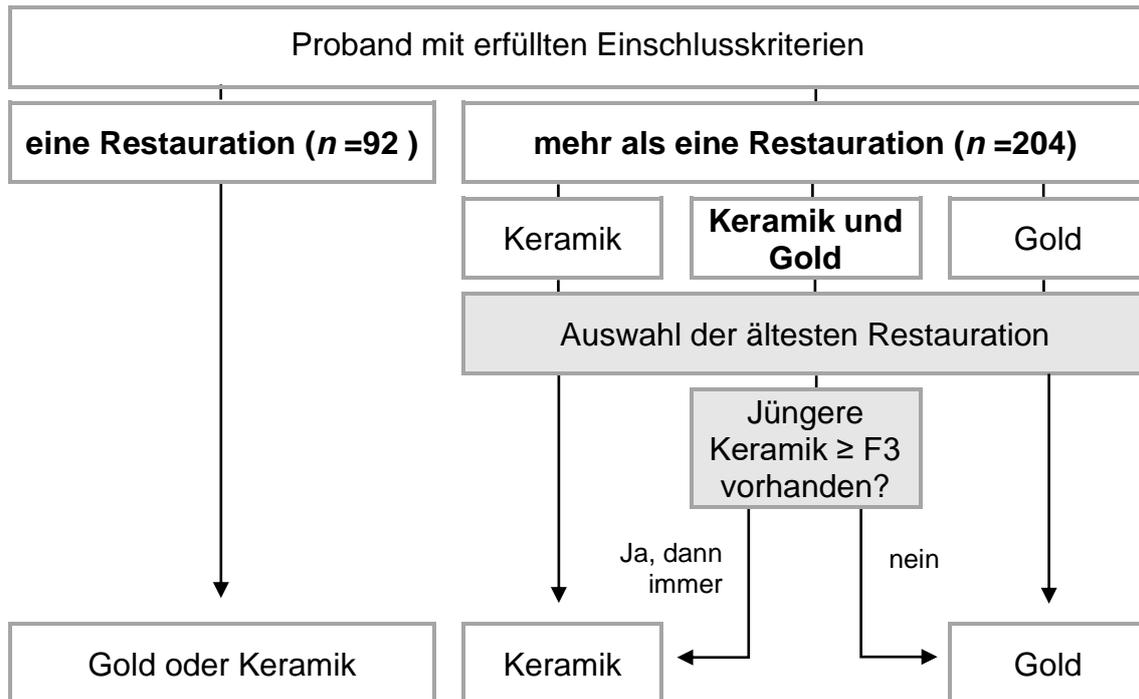
Mit Hilfe dieses Screenings konnten 1651 Patienten ermittelt werden, die im oben definierten Zeitraum mindestens eine indirekte Restauration an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie erhielten. Die Auswahl der Probanden erfolgte aus diesem Patientenpool nach im Folgenden aufgelisteten Einschlusskriterien:

- Restaurationsalter:  
Insertion zwischen 1994-2009 in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie

## Patienten und Methoden

- Größe der Restauration:  
Restaurationen mit mindestens vier ersetzten Zahnflächen oder einer Höckerüberkupplung. Bei Keramikrestaurationen wurden auch dreiflächige Restaurationen mit einer okklusalen Ausdehnung, die mindestens einen ersetzten Höcker betraf, einbezogen.
- Auswahlverfahren bei mehreren geeigneten Restaurationen an einem Patienten (siehe Abb. 1):  
Untersucht wurde eine Restauration pro Patient. Sobald mehrere geeignete Restaurationen vorhanden waren ( $n = 204$ ), wurde die älteste in den Akten dokumentierte Restauration ausgewählt.  
Lagen sowohl Restaurationen aus hochgoldhaltiger Legierung als auch welche aus Keramik vor, wurde eine gegebenenfalls jüngere Keramikrestauration der älteren Goldrestauration vorgezogen, um eine ausgeglichene Fallzahl beider Restaurationmaterialien erzielen zu können.
- Verlustfall:  
War die nach oben beschriebenen Auswahlverfahren ausgewählte Restauration nicht mehr in situ, wurde dies als Misserfolg gewertet und es wurde keine weitere Untersuchung durchgeführt (für genaue Angaben vergleiche Kap. 2.3).

Aus der Studie ausgeschlossen wurden Schwangere und Patienten, die eines der obigen Kriterien nicht erfüllten.



**Abbildung 1** Schematische Darstellung des Auswahlverfahrens indirekter Restaurationen zur Aufnahme in das Studienvorhaben

Gegenstand der Untersuchungen sind mit 85,1% ( $n = 252$ ) vorrangig im klinischen Studentenkurs angefertigte und eingesetzte Arbeiten. Bei 44 der nachuntersuchten Laborarbeiten (14,9%) konnte ermittelt werden, dass die Restauration unter Beteiligung von an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie angestellten Assistenzzahnärzten eingesetzt oder im Einzelfall vorbereitet und präpariert worden war.

Im o.g. Zeitraum wurden in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie keramische Restaurationen ausschließlich aus Empress I (Ivoclar Vivadent) und hochgoldhaltige Restaurationen aus Degunorm (DeguDent) gefertigt. Die Herstellung aller Restaurationen erfolgte im hauseigenen Labor.

Das Einsetzen der Restaurationen wurde nach standardisiertem Verfahren gemäß Herstellerangaben durchgeführt. Die verwendeten Materialien wurden, sofern dokumentiert, aus den Einträgen der Patientenkarten entnommen und in Tabelle 1 für beide Restaurationsmaterialien gelistet. Bei Goldrestaurationen ( $n = 57$ ) ist trotz sechs fehlender Angaben davon auszugehen, dass die Restaurationen annähernd ausschließlich mit Glasionomermaterial (3M™

## Patienten und Methoden

Ketac™ Cem) eingesetzt wurden. Die adhäsive Befestigung der Keramikrestorationen ( $n = 117$ ) erfolgte in den meisten Fällen mit VOCO Bifix® (49,6%) und 3M™ ESPE™ Compolute™ (35,0%). Bei 85,5% ( $n = 100$ ) der indirekten Restaurationen aus Keramik wurde das Einsetzen unter Verwendung eines Kofferdams dokumentiert. Die prozentual berechneten Anteile der verwendeten Materialien der hier vorliegenden Fallzahl mit eindeutiger Materialdokumentation ( $n = 174$ ) dürfen als repräsentativ für das gesamte Studienkollektiv ( $n = 296$ ) angenommen werden.

**Tabelle 1** Übersicht verwendeter Befestigungsmaterialien der indirekten Restaurationen ( $n = 174$ )

	Gold		Keramik		Gesamt
	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	<i>n</i>
3M™ Ketac™ Cem	89,5	51	-	-	51
VOCO Bifix®	-	-	49,6	58	58
3M™ ESPE™ Compolute™	-	-	35,0	41	41
Variolink®	-	-	3,4	4	4
SÄT und Flow	-	-	3,4	4	4
Fehlende Angabe	10,5	6	8,6	10	16
Gesamt	100	57	100	117	174

## 2.3 Patientenrekrutierung

Die Durchsicht der Patientenkartekarten ergab ein Kollektiv von 1651 Patienten, die im festgelegten Beobachtungszeitraum eine oder mehrere indirekte Restaurationen an der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie erhielten. Bei 719 Probanden wurde mehr als eine indirekte Restauration angefertigt. Hier wurde nach o.g. definiertem Procedere die jeweilige zu untersuchende Restauration ausgewählt.

Es ist anzumerken, dass in die Anzahl der 1651 Patienten auch kleinflächigere Inlayrestaurationen aus Keramik mit einberechnet wurden, die laut Karteikarteneintrag nicht dem Einschlusskriterium der Größe der Restauration entsprachen. Diese stellten sich im klinischen Befund häufig ausgedehnter dar als im Karteieintrag dokumentiert, weshalb teilweise auch Patienten mit scheinbar ungeeigneten Restaurationen einbestellt wurden. Die Eignung zur Aufnahme in die Studie ist anschließend anhand eines präzisen klinischen Befunds erneut überprüft worden. Das primäre Augenmerk galt jedoch den großflächigen keramischen Restaurationen. Inlayrestaurationen aus Gold wurden ausgeschlossen.

Primär erfolgte die Kontaktaufnahme mit dem Patienten telefonisch. Die Patientenrekrutierung wurde solange fortgeführt, bis die angestrebte Fallzahl von jeweils 150 Restaurationen aus hochgoldhaltiger Legierung und Keramik erreicht war. Die Kontaktdaten wurden sowohl den Karteikarten der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, der Patientenverwaltungssoftware (ivoris® clinic, Fa. Computer konkret) als auch der SAP-Software (SAP Deutschland SE & Co. KG) entnommen. Konnten Patienten telefonisch nicht erreicht werden, fand ein zusätzlicher postalischer Kontaktversuch mit Bitte um Rückmeldung statt. Es konnten 600 der 1651 Probanden erfolgreich kontaktiert werden, wovon 335 Probanden einwilligten an der Untersuchung teilzunehmen. Die übrigen 265 Patienten konnten aus persönlichen Gründen nicht am Studienvorhaben teilnehmen oder lehnten die Teilnahme ab. Häufig gaben Patienten eine zu weite Anreise, terminliche Engpässe oder gesundheitliche Probleme als Grund für die Absage an. Gelegentlich konnten Angehörige erreicht werden, die berichteten,

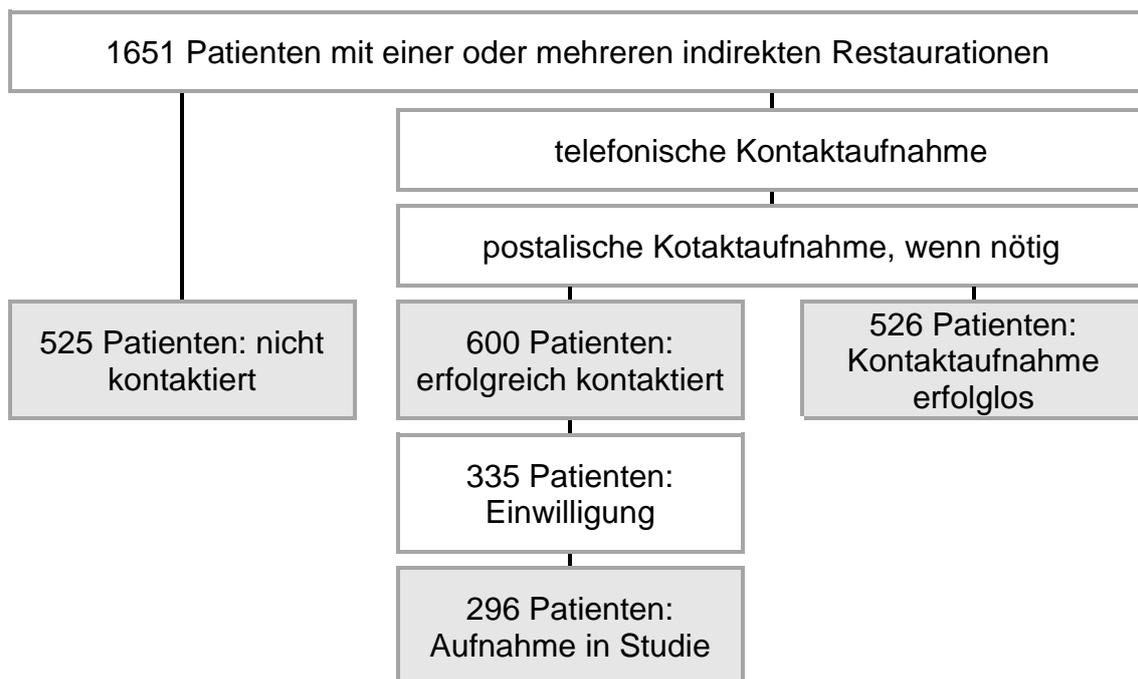
## Patienten und Methoden

dass der Patient bereits verstorben sei. Bei 526 Probanden blieb die Kontaktaufnahme erfolglos.

39 Patienten konnten, trotz Einwilligung, nicht in die Studie aufgenommen werden, sodass sich eine endgültige Fallzahl von 296 nachuntersuchten Restaurationen ergab. Gründe für den Ausschluss waren:

- Die keramische Restauration zeigte sich im klinischen Befund als zu kleinflächig (<F4 ohne Höckerersatz); keine geeignete Goldrestauration als Alternative ( $n = 10$ ).
- Die Restauration befand sich nicht mehr in situ ( $n = 12$ ).
- Der Zahn befand sich nicht mehr in situ ( $n = 17$ ).

525 der Patienten wurden nicht kontaktiert, da die Restaurationen entweder nicht die erforderliche Größe aufwiesen oder da im späteren Verlauf des Screenings bereits die angestrebte Fallzahl erreicht war.



**Abbildung 2** Schematische Darstellung der Patientenrekrutierung

## **2.4 Klinische Nachuntersuchung**

Alle Patienten wurden mindestens 24 Stunden vor der Untersuchung telefonisch kontaktiert und über das Studienvorhaben informiert. Vor Beginn der Behandlung wurden die Patienten schriftlich anhand des Patienteninformationsbogens (siehe Anhang 7.2) über den Umfang der Untersuchung sowie das Studienvorhaben und die Ziele der Studie aufgeklärt. Durch das Unterschreiben des Einwilligungsbogens (siehe Anhang 7.3) erklärten die Patienten ihre freiwillige Teilnahme an der Studie.

Für jeden Probanden ergab sich einmalig eine Untersuchungszeit von etwa 60 Minuten.

### **2.4.1 Patientenbefragung**

Die Befragung der Patienten diente dazu, in Erfahrung zu bringen, ob seit der Insertion Therapiemaßnahmen am zu untersuchenden Zahn nötig waren oder ungünstige Ereignisse stattgefunden haben. Vorgegangene Ereignisse und Maßnahmen wurden möglichst exakt erfasst. Zugehörige Informationen wurden nach Zustimmung der Patienten beim jeweils behandelnden Zahnarzt eingeholt. Die Auswertung der ungünstigen Ereignisse ist grundlegender Bestandteil der in Kooperation durchgeführten Untersuchung *„Überlebens- und Komplikationsraten von Goldteilkronen und Keramikrestorationen: eine klinisch-röntgenologische Untersuchung 9 bis 25 Jahre nach Insertion“* (Droste 2020). Die Ergebnisse der Patientenbefragung finden in der hier vorliegenden Dissertation keine weitere Erwähnung.

### **2.4.2 Klinische Befunde**

Die Befunderhebung erfolgte abwechselnd durch die zwei Untersucherinnen der Studie (L.D. und C.H.), beides approbierte Zahnärztinnen, wobei die jeweils nicht Behandelnde als Assistenz anwesend war. So konnte die gesamte Befunderhebung von beiden Untersucherinnen unter Konsensfindung betreut werden. Vor Studienbeginn hospitierten die Behandlerinnen im Rahmen einer in

der Abteilung für Zahnerhaltung und Parodontologie laufenden Studie bei einer vergleichbaren Befundaufnahme. Während der ersten zehn Patienten begleitete ein erfahrener Oberarzt (R.K.) der Poliklinik die Untersuchungen. Zudem wurden die Befundergebnisse anhand der Fotoaufnahmen im Nachhinein nochmals mit dem genannten Oberarzt evaluiert. Dies diente den Untersucherinnen als Kalibrierung.

Nach Aufklärung und Einwilligung der Patienten wurden zunächst die Allgemeinanamnese sowie der extra- und intraorale Befund erhoben. Die Befunde beinhalteten eine Beurteilung der perioralen Gewebe, der Mundschleimhäute, des Oropharynx sowie den dentalen und parodontalen Befund. Anhand des aktuellen Befunds wurde erneut überprüft, ob die zuvor ausgewählte Restauration die Einschlusskriterien erfüllte. Das genaue Vorgehen zur Auswahl der Restauration ist im Kapitel 2.2 *Einschlusskriterien* beschrieben. Folgende Daten wurden zunächst dokumentiert:

- restaurierter Zahn
- Restaurationsmaterial
- Angabe ersetzter Flächen
- gegebenenfalls stattgefundene Wurzelkanalbehandlung und/oder Wurzelspitzenresektion vor oder nach Insertion der Restauration
- antagonistische Versorgung (Zahnhartsubstanz, Komposit, Keramik, Metall, fehlender Antagonist)

Der restaurierte Zahn sowie der mesiale und distale Nachbarzahn wurden, wenn vorhanden, ebenso auf ihren parodontalen und endodontischen Zustand überprüft.

Die nun aufgelisteten klinischen Parameter a) – h) wurden nach festgelegter Reihenfolge an den o.g. drei Zähnen ermittelt.

**a) Thermischer Sensibilitätstest**

Die Sensibilität wurde mittels geeistem Schaumstoffpellet (Polar Kältespray, Fa Unigloves) erhoben und im Befundblatt mit „positiv“ oder „negativ“ bewertet. An wurzelkanalbehandelten Zähnen wurde der Test nicht durchgeführt.

**b) Perkussionstest**

Eine eventuell vorhandene Perkussionsempfindlichkeit wurde mit dem Handgriff eines Mundspiegels durch kontrolliertes, akzentuiertes Klopfen axial zur Zahnachse auf die Zahnkrone des entsprechenden Zahns erfasst. Eine dadurch provozierte Schmerzreaktion wurde als „positiv“, ausbleibende Schmerzreaktion als „negativ“ im Befundblatt vermerkt.

**c) Lockerungsgrad (LG) nach Lindhe & Nyman (1977)**

Die Lockerungsgrade wurden durch bidigitale Untersuchung erhoben und nach Lindhe & Nyman (1977) in vier Grade eingeteilt (siehe Tab. 2).

**Tabelle 2** Einteilung der Lockerungsgrade (Lindhe & Nyman 1977)

<b>Grad 0</b>	physiologische Beweglichkeit
<b>Grad I</b>	geringe horizontale Beweglichkeit (0,2-1mm)
<b>Grad II</b>	moderate horizontale Beweglichkeit (1-2mm)
<b>Grad III</b>	ausgeprägte horizontale Beweglichkeit (>2 mm) und/oder axiale Beweglichkeit

**d) Sulcus-Blutungs-Index (SBI) nach Mühlemann & Son (1971)**

Der SBI wurde mittels Parodontalsonde (PCP12, Fa. Hu-Friedy) durch vorsichtiges Ausstreichen des Sulcus zur Papille hin erhoben. Es wurde visuell die Reaktion der Gingiva mit sechs Messwerten pro Zahn erhoben. Die Einteilung in fünf Grade wurde 1971 durch Mühlemann & Son (1971) definiert (siehe Tab. 3).

**Tabelle 3** Einteilung des Sulcus-Blutungs-Index (Mühlemann & Son 1971)

<b>Grad 0</b>	normal aussehende Gingiva, keine Blutung bei Sondierung
<b>Grad 1</b>	keine Farb- und Formveränderung, Blutung bei schonungsvoller Sondierung
<b>Grad 2</b>	Blutung bei Sondierung, entzündliche Farbveränderung, keine Formveränderung
<b>Grad 3</b>	Blutung bei Sondierung, Farbveränderung, leichtes Ödem
<b>Grad 4</b>	Blutung bei Sondierung, Farbveränderung, schweres Ödem
<b>Grad 5</b>	Blutung bei Sondierung oder spontanes Bluten, Farbveränderung, schweres Ödem mit oder ohne Ulzeration

**e) Plaque-Index (PI) nach Turesky et al. (1970)**

Zur Darstellung der Plaqueakkumulation wurde der von Turesky et al. (1970) modifizierte Plaque-Index nach Quigley-Hein (1962) verwendet. Der PI wurde nach Anfärben der Zahnoberfläche mit einem Färbemittel (Mira-2-Ton, Fa. Hager & Werken) visuell bestimmt. Sechs Messwerte wurden nach Einteilung von Turesky et al. erfasst (siehe Tab. 4).

**Tabelle 4** Einteilung des Plaque-Index (Turesky et al. 1970)

<b>Grad 0</b>	keine Plaque vorhanden
<b>Grad 1</b>	vereinzelte Plaqueinseln am Gingivarand
<b>Grad 2</b>	dünne, zusammenhängende Plaquelinie (bis 1mm) am Gingivarand
<b>Grad 3</b>	Plaquelinie von mehr als 1mm, die weniger als ein Drittel der Fläche bedeckt
<b>Grad 4</b>	Plaqueue Ausdehnung bis ins mittlere Zahndrittel
<b>Grad 5</b>	Plaqueue Ausdehnung bis ins koronale Zahndrittel

#### **f) Taschensondierungstiefen (PPD)**

Der Abstand des marginalen Gingivasaums zum sondierbaren Boden des Sulcus wurde manuell mit einer Parodontalsonde (PCP12, Fa. Hu-Friedy) mit kontrolliertem, nicht-standardisiertem Druck gemessen. Die Angabe der Sondierungstiefen erfolgte in Millimetern an sechs Messstellen pro Zahn (mesio-bukkal, medio-bukkal, disto-bukkal, mesio-palatinal/-lingual, medio-palatinal/-lingual, distopalatinal/-lingual).

#### **g) Clinical Attachment Level (CAL)**

Um das klinische Attachmentlevel zu bestimmen, wurde der Abstand vom Boden des Sulcus bis zur Schmelz-Zement-Grenze manuell mit einer Parodontalsonde (PCP12, Fa. Hu-Friedy) gemessen. Die Angaben erfolgten in Millimetern und wurden analog zur Messung des PPD an sechs Stellen pro Zahn gemessen (mesio-bukkal, medio-bukkal, disto-bukkal, mesio-palatinal/-lingual, medio-palatinal/-lingual, distopalatinal/-lingual).

Um eine Aussage über den parodontalen Status indirekter Restaurationen zu treffen, wurde der CAL nicht berücksichtigt.

#### **h) Ungünstige Ereignisse**

Als ungünstige Ereignisse wurde jede nötige Intervention bezeichnet, die nach Insertion der Teilkrone durchgeführt werden musste. Informationen zu den stattgefundenen Maßnahmen und dem Zeitpunkt des Ereignisses wurden den handschriftlich geführten Patientenkartekarten und der Patientenverwaltungssoftware (ivoris® clinic, Fa. Computer konkret) entnommen. Bei stattgefundenener Therapie alio loco wurden Informationen nach Einwilligung der Patienten telefonisch beim behandelnden Zahnarzt eingeholt und im Befundbogen dokumentiert.

Zu den ungünstigen Ereignissen zählen:

- Endodontische Komplikationen
- Sekundärkaries
- Frakturen oder kohäsives Versagen (bei Keramikrestaurationen)
- Dezementierung (bei Goldrestaurationen)

- Verlust der indirekten Restauration
- Zahnfraktur
- Verlust des Zahns

Detaillierte Auswertungen der ungünstigen Ereignissen können der zahnmedizinischen Dissertation *„Überlebens- und Komplikationsraten von Goldteilkronen und Keramikrestorationen: eine klinisch-röntgenologische Untersuchung 9 bis 25 Jahre nach Insertion“*. (Droste 2020) entnommen werden.

### **h) Kariesrisiko modifiziert nach Hotz et al. (2005)**

Die Bestimmung des individuellen Kariesrisikos stützt sich auf die Befragung des Patienten hinsichtlich Mundhygieneverhalten und Ernährungsgewohnheiten sowie auf eine Bewertung der Untersucherinnen anhand der intraoralen Situation und des aktuellen dentalen Befunds. Der Bogen zur Bestimmung des Kariesrisikos (siehe Anhang 7.3) wurde von Hotz et al. (2005) modifiziert und sieht eine Einteilung in die Grade „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ vor.

### **2.4.3 Klinische Beurteilung indirekter Restaurationen nach USPHS-Kriterien**

Die systematische klinische Beurteilung indirekter Restaurationen wurde auf Grundlage des Bewertungssystems des United-States-Public-Health-Service (USPHS) durchgeführt. Die ursprünglich durch Ryge und Snyder (1973) entwickelten Kriterien wurden für die Bewertung aktueller Restaurationsmaterialien vielfach modifiziert. Um die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Studien zu gewährleisten, wurde die Bewertung im vorliegenden Studienvorhaben an den im Konsens erarbeiteten Kriterien von Hickel et al. (2007) orientiert. Im Rahmen der Untersuchungen wurden jedoch lediglich 13 der 16 von Hickel et al. definierten Kriterien bewertet. Nicht in die klinische Befundung miteinbezogen wurden die Kriterien Abnutzung, Integrität des Zahns/Schmelzfrakturen sowie orale und allgemeine Gesundheit.

Jedes der 13 Kriterien wurde der Reihe nach untersucht und auf dem Befundbogen mit Hilfe eines Bewertungsschlüssels beurteilt. Der Bewertungsgrad 1 steht dabei für einen klinisch exzellenten Zustand,

## Patienten und Methoden

Bewertungsgrad 2 beschreibt einen klinisch guten Zustand, der durch einfache Maßnahmen optimiert werden kann. Weist die Restauration kleine aber klinisch akzeptable Mängel auf, die sich nicht schädlich auf den Zahn und die beteiligten Gewebe auswirken, wird das jeweilige Kriterium dem Bewertungsgrad 3 zugeteilt. Klinisch mangelhafte Zustände, die einer Reparatur bedürfen, werden mit Grad 4 bewertet. Irreparable Zustände, die eine Neuanfertigung der Restauration erzwingen, werden mit Grad 5 bewertet. Durch diese Einteilung in fünf Bewertungsgrade ist ein direkter klinischer Bezug dargestellt.

Die Untersuchungsmethoden der einzelnen Kriterien sind in Tabelle 5 aufgeführt. Es folgt eine genaue Erläuterung der Bewertungsgrade für die einzelnen Kriterien a) - m).

**Tabelle 5** Untersuchungsmethoden der USPHS-Kriterien

<b>Kriterium</b>	<b>Untersuchungsmethode</b>
<b>ästhetische Eigenschaften</b>	
Oberflächenbeschaffenheit/Politur	visuell-taktil
Oberflächen-/Randverfärbung	visuell
Farbstabilität	visuell
anatomische Form	visuell
<b>funktionelle Eigenschaften</b>	
Oberflächendefekte/Retention	visuell-taktil
Randqualität	taktil
Approximalkontakt	visuell und mechanisch mittels Zahnseide
röntgenologische Untersuchung	Beurteilung anhand eines Zahnfilms
Patientenzufriedenheit	Patientenbefragung
<b>biologische Eigenschaften</b>	
Sensibilität/endodontischer Zustand	Kältetest/röntgenologische Beurteilung
Karies, Erosion	visuell-taktil
parodontale Reaktion	visuell/mechanisch mittels Parodontalsonde
angrenzende Mukosa	visuell

### **Ästhetische Eigenschaften**

Die Bewertung der Kriterien a) bis d) erfolgte bei abgeschalteter Behandlungsleuchte und mit einem Abstand von etwa 60cm bis 100cm.

#### **a) Oberflächenbeschaffenheit/Politur**

- 1 glänzt; ähnlich wie Schmelz
- 2 leicht matt; von Sprechdistanz nicht sichtbar
- 3 matt, aber mit Speichelfilm bedeckt akzeptabel
- 4 rau; einfache Politur nicht genügend; weitere Intervention nötig
- 5 sehr rau; Plaqueretentionsstelle

**b) Oberflächen-/Randverfärbung**

- 1 keine Verfärbungen
- 2 leichte Verfärbungen; einfach zu entfernen
- 3 moderate Verfärbungen, auch bei anderen Zähnen vorhanden; ästhetisch noch akzeptabel
- 4 nicht akzeptable Verfärbung; Intervention notwendig
- 5 starke Verfärbung, auch unterhalb der Oberfläche; nicht zugänglich für Intervention

**c) Farbstabilität**

nur für keramische Restaurationen ( $n = 149$ )

- 1 Farbe entspricht natürlicher Dentition; keine Differenz der Transluzenz
- 2 geringfügige Abweichungen
- 3 Abweichungen, die noch akzeptabel sind; Ästhetik nicht negativ beeinflusst
- 4 klinisch nicht zufriedenstellende Farbe; Korrektur notwendig
- 5 nicht akzeptabel; Austausch notwendig

**d) anatomische Form**

- 1 ideale Form
- 2 nur geringfügig von idealer Form abweichend
- 3 nicht ideal, aber akzeptabel
- 4 unästhetisch; Korrektur notwendig
- 5 nicht zufriedenstellend; Austausch notwendig

## **Funktionelle Eigenschaften**

### **e) Oberflächendefekte/Retention**

- 1 Restauration erhalten; keine Fraktur; keine Perforation
- 2 kleine Haarrisse oder punktuelle Perforation
- 3 mehr als zwei größere Haarrisse oder größere Perforation;  
Randdichtigkeit/Approximalkontakt nicht beeinträchtigt
- 4 kohäsives Versagen oder Fraktur; Randdichtigkeit/Approximal-  
kontakt beeinträchtigt
- 5 partieller/kompletter Verlust der Restauration

### **f) Randqualität**

- 1 harmonische Kontur; kein Randspalt; keine Verfärbung
- 2 leichter Randspalt
- 3 größerer Randspalt
- 4 großer Randspalt; Dentin exponiert
- 5 Teilkrone sitzt locker, aber noch in situ

### **g) Approximalkontakt**

- 1 physiologischer Kontaktpunkt
- 2 Kontaktpunkt etwas zu stark, aber kein Nachteil
- 3 Kontaktpunkt etwas zu schwach, jedoch kein Schaden für  
Hartsubstanz, Gingiva und Parodont
- 4 zu schwach, Schäden möglich (Food Impaction)
- 5 zu schwach, Schäden sicher (Food Impaction) und/oder  
Schmerzen, Gingivitis; Austausch notwendig

Hinweis: bei fehlenden Nachbarzähnen wurde das Kriterium nicht bewertet und als Missing ( $n = 9$ ) deklariert. Für die Bewertung des Approximalkontaktes ergibt sich somit eine Fallzahl von  $n = 287$ .

**h) röntgenologische Untersuchung mittels Einzelzahnfilm**

- 1 keine Pathologien
- 2 akzeptable Zementüberschüsse
- 3 Randspalt, Unterschuss, schlechte Radioopazität des Füllungsmaterials
- 4 großer Randspalt, Zementüberschuss nicht entfernbar, großer Unterschuss
- 5 Sekundärkaries, großer Randspalt, apikale Pathologie

Hinweis: ein Missing

**i) Patientenzufriedenheit**

- 1 vollkommen zufrieden
- 2 zufrieden
- 3 leichte Unzufriedenheit mit der Ästhetik
- 4 Wunsch nach Verbesserung
- 5 vollkommen unzufrieden und/oder Nebenwirkungen wie Schmerzen

Das Kriterium Patientenzufriedenheit wurde nicht in die Auswertung mit einbezogen.

**Biologische Eigenschaften**

**j) Sensibilität/endodontischer Zustand**

**Tabelle 6** Bewertung des Kriteriums Sensibilität/endodontischer Zustand bei nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen und wurzelkanalbehandelten Zähnen

	nicht wurzelkanalbehandelter Zahn	wurzelkanalbehandelter Zahn
1	keine Hypersensibilität, normale Vitalität	avital, keine Beschwerden, keine apikalen Pathologien
2	leichte Hypersensibilität für begrenzte Zeit, normale Vitalität	zeitweise auftretende leichte Beschwerden, keine apikalen Pathologien
3	moderate Hypersensibilität, verspätete/schwache Vitalität, jedoch keine subjektiven Beschwerden	zeitweise auftretende Beschwerden, leichte apikale Veränderungen/nicht vollkommen ausgeheilte apikale Parodontitis
4	intensive Hypersensibilität, stark verzögerte/schwache Vitalität; Intervention/Wurzelkanalbehandlung unter Erhalt der Restauration notwendig	anhaltende Beschwerden, ausgedehnte apikale Pathologien; Intervention (Revision der WF/WSR) unter Erhalt der Restauration notwendig
5	sehr starke Hypersensibilität, akute Pulpitis oder negative Vitalität; Wurzelkanalbehandlung notwendig, Austausch der Restauration notwendig	anhaltende Beschwerden, ausgedehnte apikale Pathologien; Intervention notwendig, Austausch der Restauration oder Zahnverlust

Hinweis: Die differenzierte Bewertung von nicht wurzelkanalbehandelten und wurzelkanalbehandelten Zähnen wurde durch die Untersucherin modifiziert und entspricht nicht dem ursprünglichen USPHS-Kriterium nach Hickel et al. (2007).

**k) Karies, Erosion**

- 1 keine primäre oder sekundäre Karies
- 2 sehr kleine lokale Stellen der Demineralisation/Erosion/Abrasion; keine Maßnahmen nötig
- 3 große Bereiche der Demineralisation/Erosion/Abrasion; präventive Maßnahmen nötig

- 4 Karies mit Kavitätenbildung, Erosion ins Dentin; lokalisiert; Reparatur möglich
- 5 Tiefe Sekundärkaries, exponiertes Dentin, nicht zugänglich für Reparatur

**l) parodontale Reaktion**

- 1 keine Plaque, keine Entzündung, keine Taschenbildung
- 2 wenig Plaque, keine Entzündung, keine Taschenbildung
- 3 Plaqueakkumulation akzeptabel, Blutung akzeptabel, Taschenbildung akzeptabel
- 4 Plaqueakkumulation nicht akzeptabel, Blutung nicht akzeptabel, Taschentiefe hat um 1mm zugenommen
- 5 schwere/akute Gingivitis/Parodontitis ausgelöst durch die Restauration

**m) angrenzende Mukosa**

- 1 gesunde Mukosa
- 2 gesunde Mukosa nach geringfügiger Entfernung mechanischer Irritationen
- 3 Veränderung der Mukosa, die nicht sicher in Zusammenhang mit der Restauration gebracht werden kann
- 4 vermutete leichte allergische, lichenoidale oder toxische Reaktion
- 5 vermutete schwere allergische, lichenoidale oder toxische Reaktion

Das Kriterium angrenzende Mukosa wurde nicht in die Auswertung mit einbezogen.

Die einzelnen Kriterien sind in Kapitel 2.5 anhand von Beispielen dargestellt.

#### **2.4.4 Röntgenologische Bildgebung**

Ziel der röntgenologischen Untersuchung war es, den aktuellen Zustand der Restauration sowie den der periapikalen Strukturen beurteilen zu können. Hierzu wurde ein Zahnfilm von dem zu untersuchenden Zahn angefertigt. Wurde innerhalb der letzten 12 Monate bereits ein entsprechender Zahnfilm angefertigt und zeigte sich der zu untersuchende Zahn sowie die zu untersuchende Restauration klinisch unauffällig, wurde kein weiterer Zahnfilm angefertigt.

Röntgenbilder, die nicht im Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit des Universitätsklinikums Würzburg angefertigt worden sind, wurden nach Einwilligung des Patienten bei dem jeweiligen Zahnarzt angefordert und in die Auswertungen miteinbezogen.

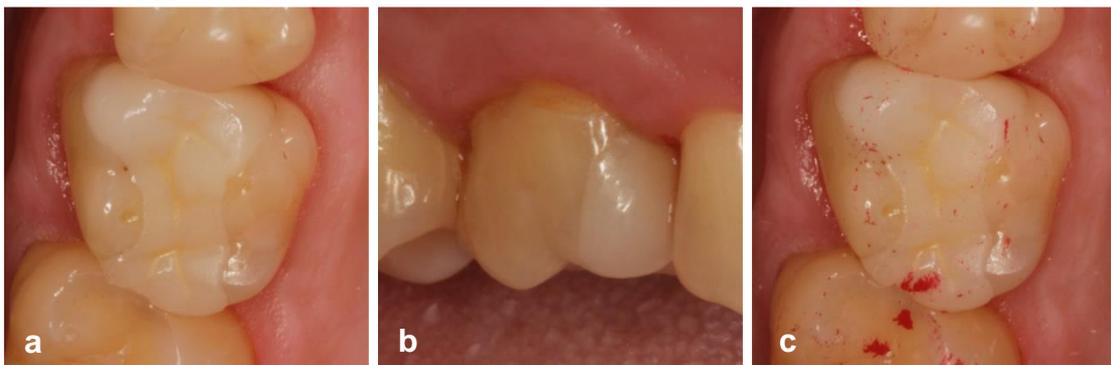
Die Röntgen-Zahnfilme wurden in der Paralleltechnik mit einem Intraoralröntgengerät (Heliodent DS, Fa. Sirona) auf 3 x 4cm großen Röntgenspeicherfolien (Fa. Dürr Dental) aufgenommen. Zur Folienpositionierung wurden Standardröntgenbildhalter (XCP®, Fa. Dentsply Rinn) verwendet. Die Röhrenspannung betrug 60kV bei einer Belichtungszeit von 0,16ms. Mittels Speicherfolienscanner (VistaScan Mini View, Fa. Dürr Dental) wurden die Speicherfolien digitalisiert und in die Röntgen-Darstellungssoftware (Sidexis XG, Fa. Sirona) importiert.

Die Auswertung der Röntgenaufnahmen erfolgte durch die Untersucherinnen als fachkundige approbierte Zahnärztinnen unter Konsensfindung auf einem Befundungsmonitor (Think Vision L1900p, Fa. Lenovo; 1280x1024 Pixel, Helligkeit 250 cd / m<sup>2</sup>) in einem abgedunkelten Raum.

### 2.4.5 Fotodokumentation

Um die klinische Situation der indirekten Restauration und der angrenzenden Strukturen zum Untersuchungszeitpunkt zu dokumentieren, wurden Fotos von dem zu untersuchenden Zahn und vom Gegenkiefer in Aufsicht, sowie eine lateral offene Aufnahme angefertigt. Zusätzlich erfolgte eine Aufsichtsaufnahme des Restaurationszahns nach Anzeichnen der Okklusion durch Artikulation des Patienten auf eine Okklusionsfolie.

Die Fotos wurden mit einer Spiegelreflexkamera (Canon EOS 7D, Fa. Canon Inc.) mit Makroobjektiv (MAKRO 105mm, DG HSM, Fa. SIGMA GmbH) und Ringblitz (MR-14EX Macro Ring Lite, Fa. Canon Inc.) unter Zuhilfenahme von Fotospiegeln (Fa. Hahnenkratt) angefertigt.



**Abbildung 3 a-c** Beispiel der Fotodokumentation (eigene Fotografien). Aufsichtsaufnahme der Restauration (a) Lateralaufnahme der Restauration (b) Aufsichtsaufnahme der Restauration mit Okklusionskontakten (c)

## 2.5 Fotolegende zur Veranschaulichung der USPHS-Kriterien

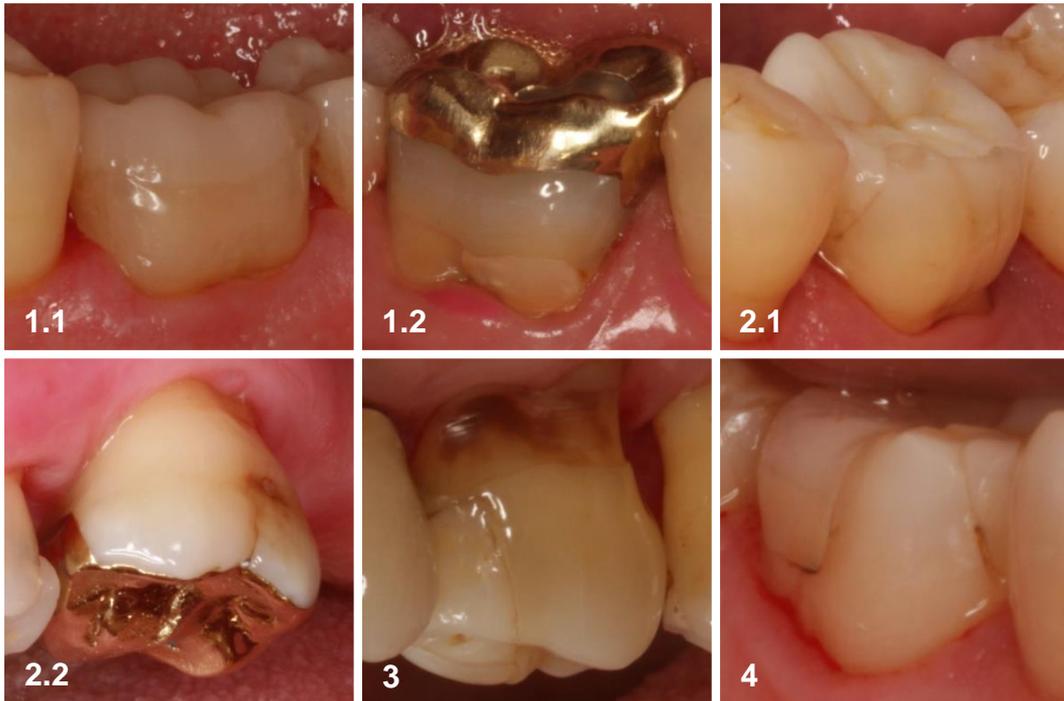
Das folgende Kapitel soll beispielhaft anhand einer Auswahl von Fotografien, die im Zuge der Nachuntersuchungen angefertigt wurden, die Ausprägungen der einzelnen Kriterien veranschaulichen. Sofern möglich wurden jedem Kriterium fünf Fotografien entsprechend der fünf Ausprägungen zugeordnet. Die Nummerierung der Fotografien stimmt mit der getroffenen Bewertung überein. Zugehörige Fotografien und Röntgenaufnahmen wurden mit a und b gekennzeichnet.

### a) Oberflächenbeschaffenheit/Politur



**Abbildung 4** Teilkronen mit Ausprägungen der Oberflächenbeschaffenheit/Politur von exzellent (1) bis mangelhaft (4); 5 nicht vergeben (eigene Fotografien)

**b) Oberflächen-/Randverfärbung**



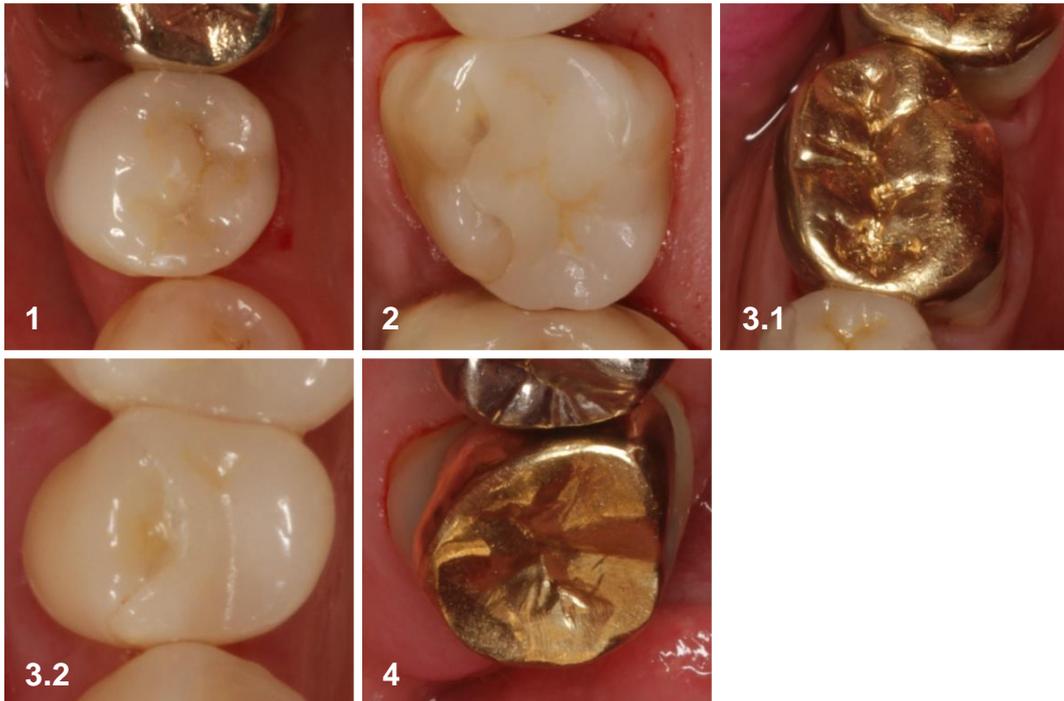
**Abbildung 5** Teilkronen mit Ausprägungen der Oberflächen- und Randverfärbung von exzellent (1) bis mangelhaft (4); 5 nicht vergeben (eigene Fotografien)

**c) Farbstabilität**



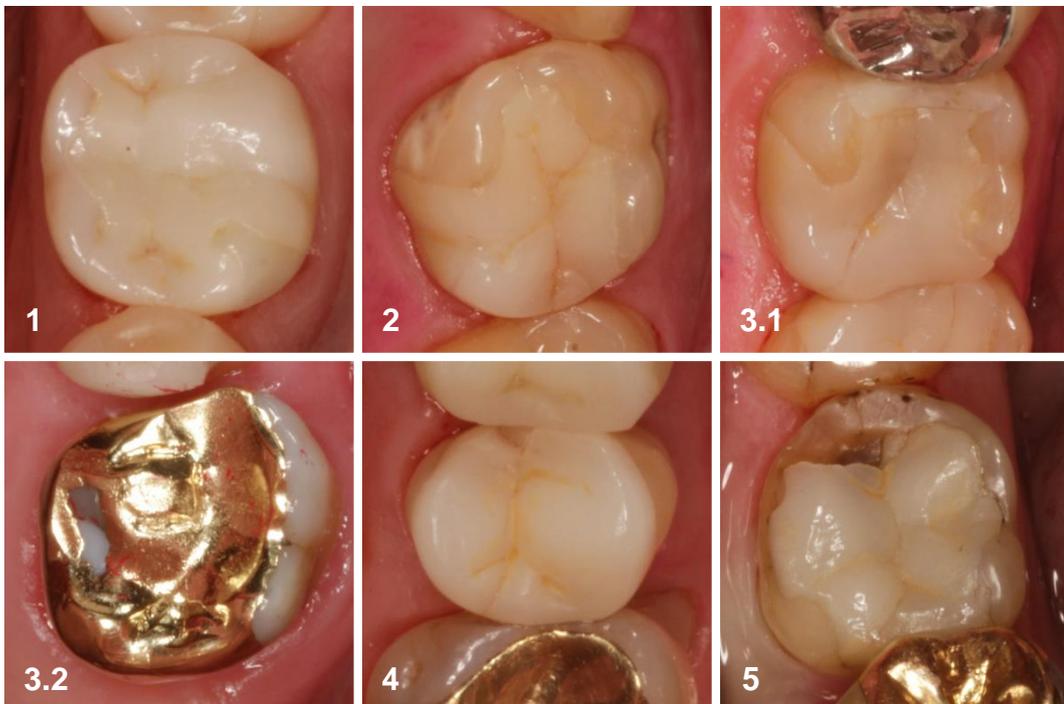
**Abbildung 6** Keramikrestaurationen mit Ausprägungen der Farbstabilität von exzellent (1) bis mangelhaft (4); 5 nicht vergeben (eigene Fotografien)

**d) Anatomische Form**



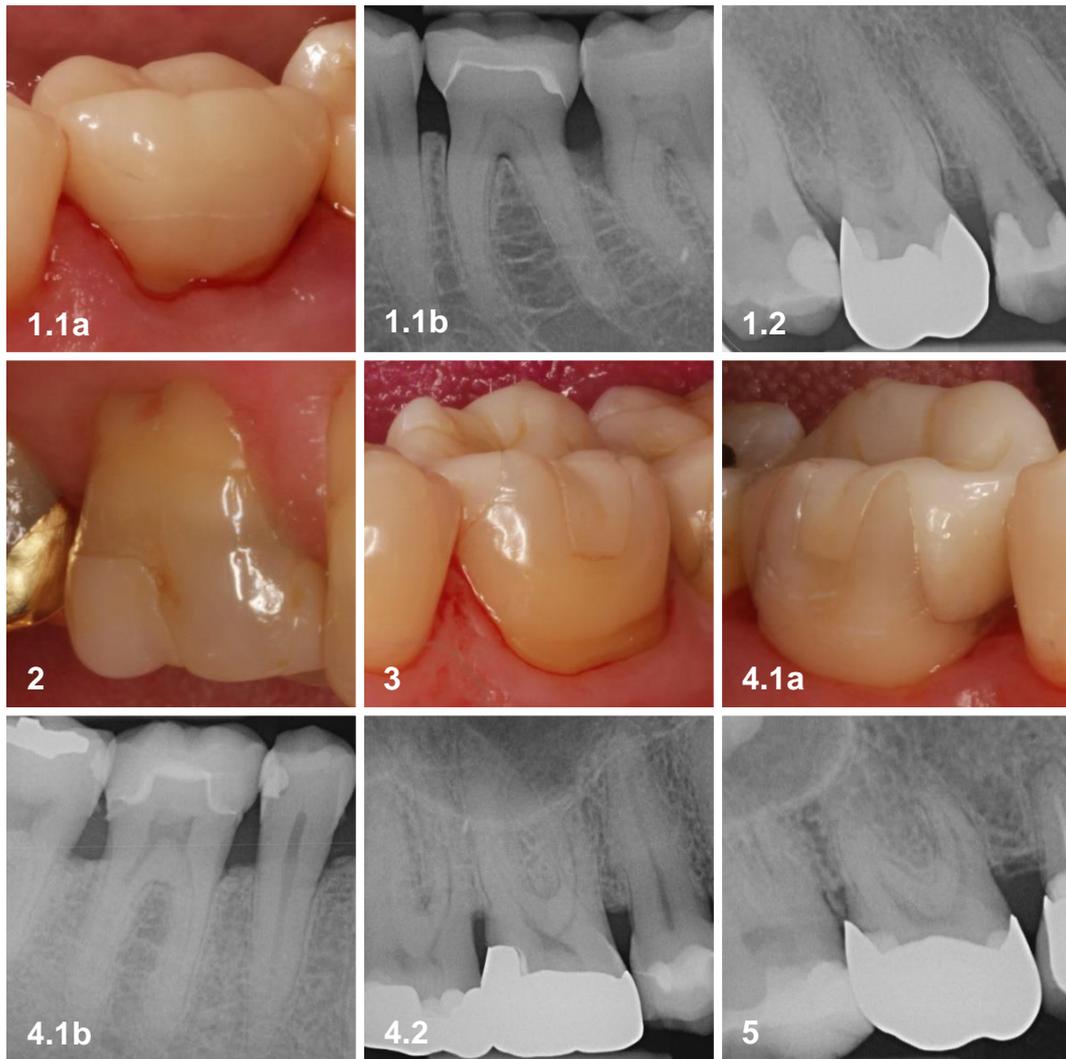
**Abbildung 7** Teilkronen mit Ausprägungen der anatomischen Form von exzellent (1) bis mangelhaft (4); 5 nicht vergeben (eigene Fotografien)

**e) Oberflächendefekte/Retention**



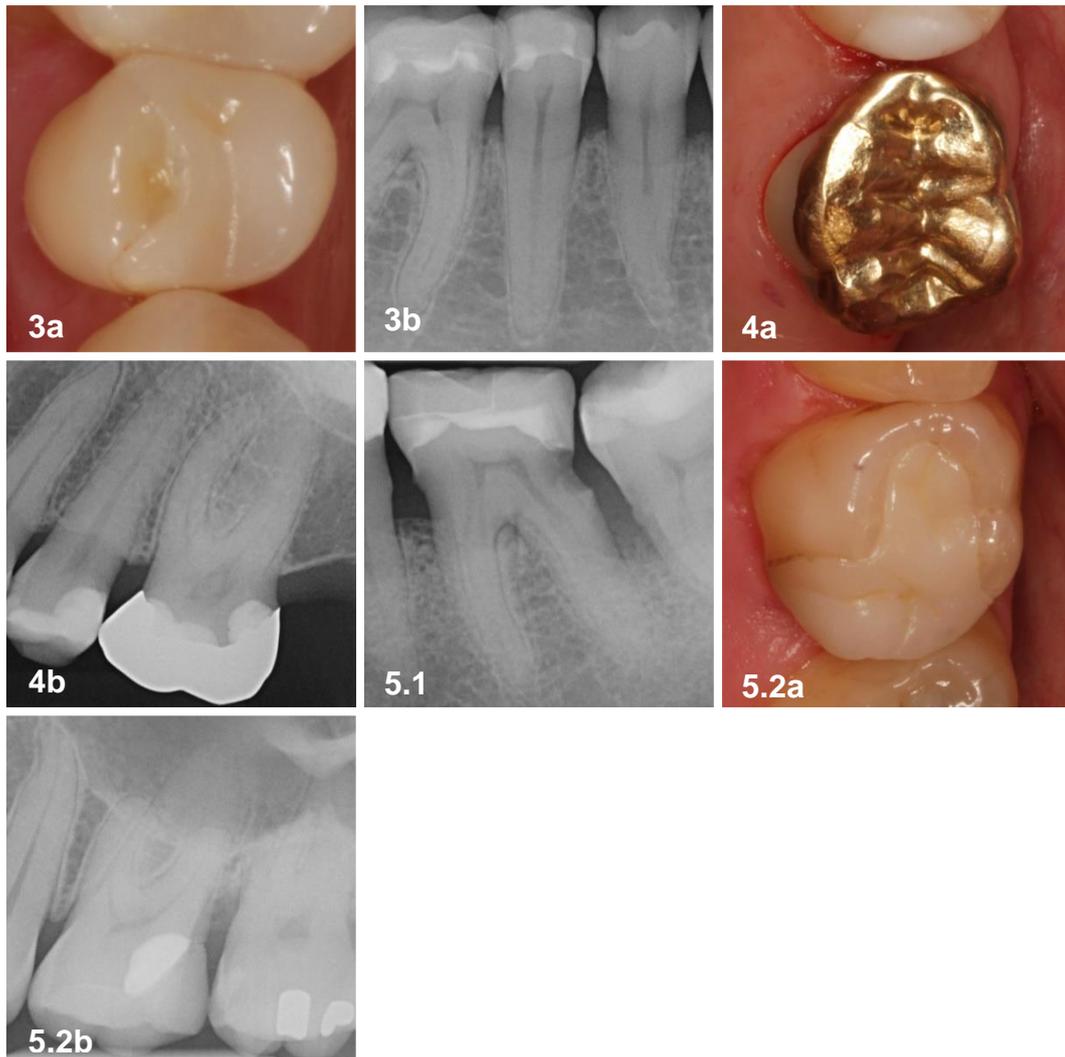
**Abbildung 8** Teilkronen mit Ausprägungen der Oberflächendefekte/Retention von exzellent (1) bis ungenügend (5) (eigene Fotografien)

f) Randqualität



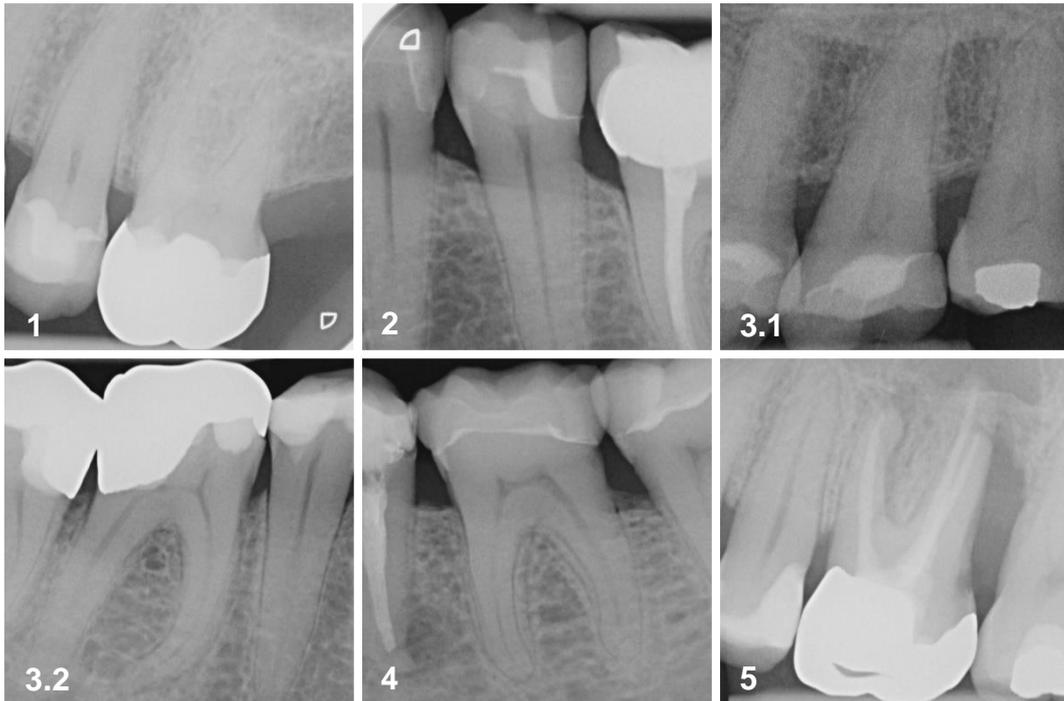
**Abbildung 9** Teilkronen mit Ausprägungen der Randqualität von exzellent (1) bis ungenügend (5) (eigene Fotografien und Röntgenaufnahmen)

**g) Approximalkontakt**



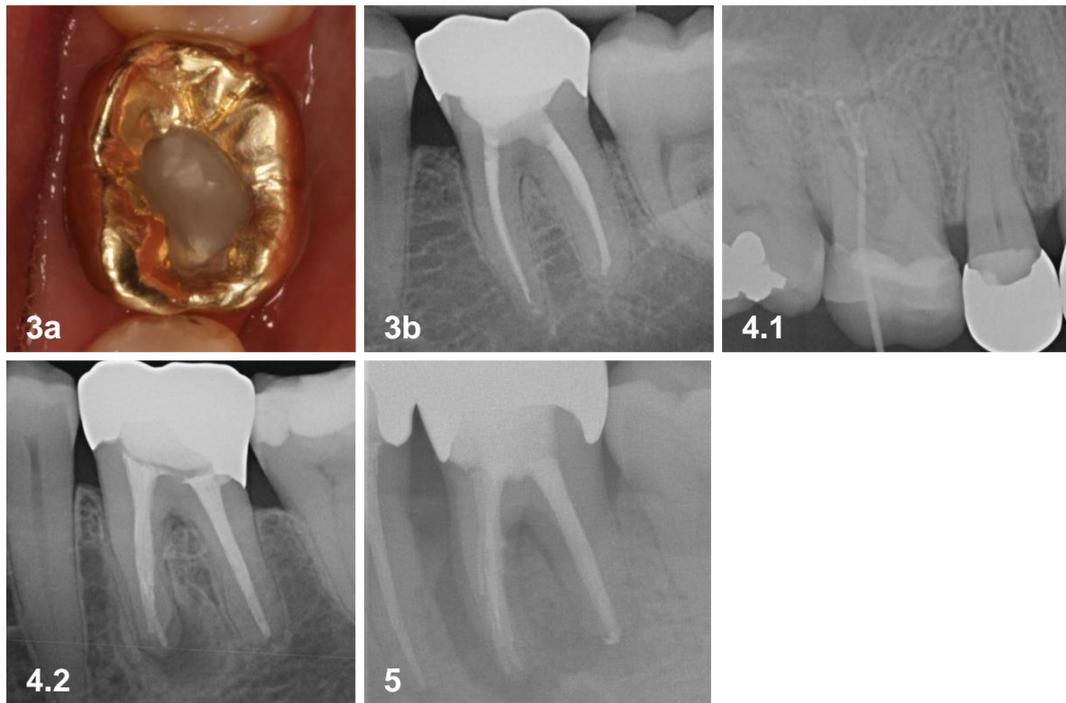
**Abbildung 10** Teilkronen mit mangelhaften (4) und ungenügenden (5) Approximalkontakten. Röntgenaufnahmen zur Darstellung der klinischen Folgen: Rückgang des approximalen Knochens, Bildung von Sekundärkaries (eigene Fotografien und Röntgenaufnahmen)

**h) Röntgenologische Untersuchung mittels Einzelzahnfilm**



**Abbildung 11** Teilkronen mit röntgenologischen Befunden von exzellent (1) bis ungenügend (5) (eigene Röntgenaufnahmen)

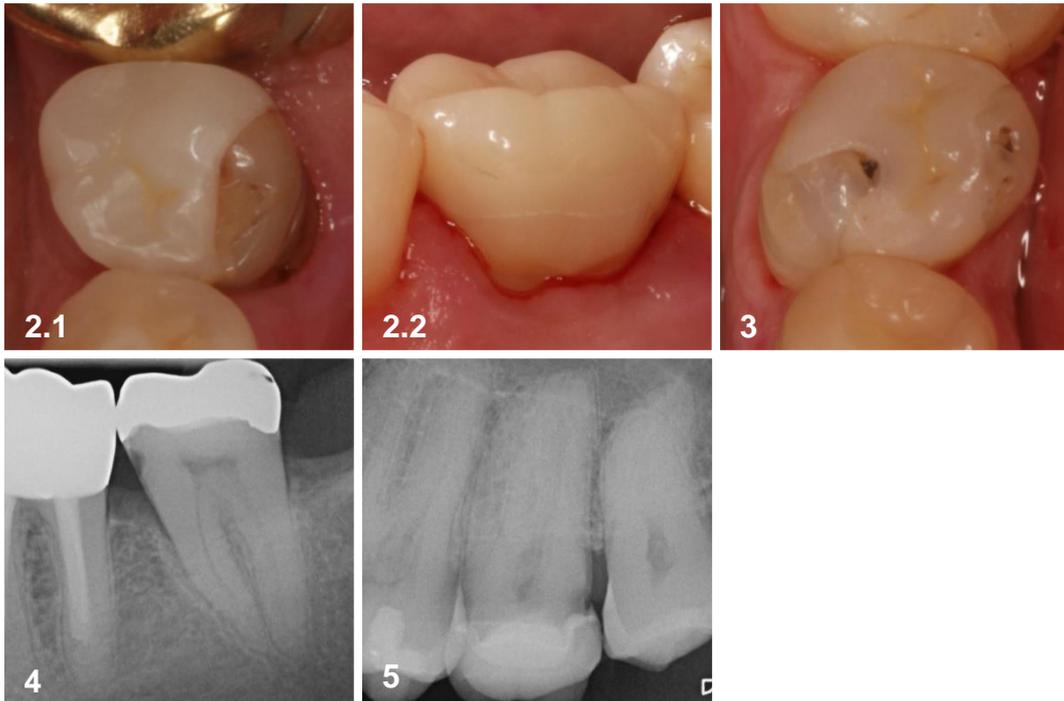
i) Sensibilität/endodontischer Zustand



**Abbildung 12** Teilkronen mit Ausprägungen des endodontischen Zustands

Zahn 36 bei Zustand nach erfolgreicher endodontischer Therapie unter Erhalt der Restauration (3a+b). Zahn 16 mit apikaler Parodontitis und Fistulation. Darstellung des Fistelgangs mittels Guttapercha Hilfsspitze. Therapiemöglichkeit: Wurzelkanalbehandlung (4.1). Zahn 36 mit chronisch apikaler Parodontitis. Therapiemöglichkeit: Revision der mesialen Wurzelkanalfüllungen (4.2). Zahn 36 nach erfolgter Wurzelkanalbehandlung mit peri- und interradikulärer Parodontitis. Zahn nicht erhaltungswürdig (5) (eigene Fotografien und Röntgenaufnahmen).

j) Karies, Erosion



**Abbildung 13** Teilkronen mit Erosion (2.1) Entmineralisierungen (2.2+3) und Sekundärkaries (4+5) (eigene Fotografien und Röntgenaufnahmen)

## 2.6 Auswertung

### 2.6.1 Auswertung klinischer Befunde

Zur Auswertung und Interpretation der klinischen Befunde wurden durch Kategorisierung neue meist dichotome Variablen definiert, die im Folgenden aufgelistet und erläutert werden.

#### **Gingivitis**

Der Grad einer vorliegenden Gingivitis wurde durch den Sulcus-Blutungs-Index nach Mühlemann & Son (1971) erfasst und ist für weitere Auswertungen ebenfalls in eine dichotome Variable umgewandelt worden. Von einer manifesten Gingivitis wurde ausgegangen, wenn folgende Bedingungen gegeben waren:

- i. Mehr als 10% der Messwerte wiesen einen SBI Grad I auf
- ii. Mindestens ein Messwert wies einen SBI Grad II auf

Die Ausprägung der Variable wurde dann als positiv gewertet. War keine der Bedingungen erfüllt, wurde der Zustand der Gingiva als entzündungsfrei angesehen.

#### **Plaqueakkumulation**

Anhand der Messwerte des Plaque-Index nach Turesky et al. (1970), der als Maß des Mundhygieneverhaltens diente, wurde eine dichotome Einteilung getroffen. Dafür wurden die Messwerte des PI (Maximum von 3x6x5) summiert und ins Verhältnis zur Anzahl der Messwerte (1 bis 3x6 mögliche Messwerte) gesetzt, um Verfälschungen durch eine geringere Anzahl von Messwerten bei nicht vorhandenen Nachbarzähnen zu kompensieren. Betrag der errechnete Quotient weniger als 0,33, wurde die Plaqueakkumulation als vorhanden eingestuft, was als positive Ausprägung des Parameters gewertet wird. Bei Werten, die größer als 0,33 waren, wurde die Plaqueakkumulation als nicht vorhanden eingestuft. Um die Menge der Plaqueakkumulation am Restaurationszahn zwischen indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik miteinander vergleichen zu können, wurden die sechs PI-Messwerte des Restaurationszahns summiert (Maximum von 6x5).

Die Bestimmung des PI konnte bei einem Patienten nicht durchgeführt werden (Missing), sodass sich für die Plaqueakkumulation und die Plaqueakkumulation am Restauration Zahn jeweils eine Fallzahl von  $n = 295$  ergibt.

### **Kariesrisiko**

Auch hier wurde eine Kategorisierung des Kariesrisikos modifiziert nach Hotz et al. (2005) vorgenommen, indem mittleres und hohes Kariesrisiko zusammengefasst wurden und der positiven Ausprägung der Variable zugeteilt wurden. Niedriges Kariesrisiko wurde als negative Ausprägung gewertet.

### **Orale Gesundheit**

Die Variable orale Gesundheit ist erstellt worden, um eine zusammenfassende Aussage über individuelle biologische Parameter treffen zu können und wurde aus den folgenden klinischen Parametern berechnet:

- Plaque-Index (PI) nach Turesky et al. (1970)
- Sulcus-Blutungs-Index (SBI) nach Mühlemann & Son (1971)
- Kariesrisiko modifiziert nach Hotz et al. (2005)

Lag bei allen drei Parametern eine positive Ausprägung vor, wurde die orale Gesundheit des Patienten als schlecht gezählt. Andere Patienten galten als oral gesund.

Es ist ein Missing der Variable orale Gesundheit durch Abhängigkeit von den PI-Messwerten gegeben ( $n = 295$ ).

### **Auswertung der parodontalen Befunde**

Um den Einfluss einer parodontalen Erkrankung auf indirekte Restaurationen zu untersuchen, wurde anhand der Sondierungstiefen und des Lockerungsgrads des Restauration Zahns und der Nachbarzähne eine Einteilung getroffen, die zwischen Probanden mit lokal erkranktem Parodont und Probanden mit gesundem Parodont unterscheidet. Von lokal erkranktem Parodont wurde ausgegangen, wenn folgende Bedingungen gegeben waren:

- Lockerungsgrad II oder III bei mindestens einem Zahn

- und/oder Sondierungstiefen von mindestens 5mm bei mindestens zwei Zähnen

Hinweis: es wurden lediglich die PPD-Werte berücksichtigt, die CAL-Werte wurden hier nicht berücksichtigt.

Bestand gemäß obiger Einteilung eine lokale Parodontitis, wurde diese Zuweisung zum einen anhand gegebenenfalls bereits in der Röntgen-Darstellungssoftware (Sidexis XG, Fa. Sirona) vorhandener Orthopantomogramme reevaluiert. Zum anderen wurde die Einteilung mit aktuellen Karteneinträgen und dort dokumentierter parodontaler Erkrankung oder Therapieempfehlungen abgeglichen. Auf diese Weise konnten 30 Patienten, der als parodontal erkrankt bezeichneten Patienten ( $n = 37$ ) als tatsächlich erkrankt bestätigt werden, fünf Patienten als nicht sicher erkrankt und zwei Patienten als gesund.

Es ist ein Missing in der parodontalen Auswertung durch Abhängigkeit von den PI-Messwerten gegeben ( $n = 295$ ).

Eine weitere Variable ist die Sondierungstiefe (PPD) am Restaurationszahn, bei der die sechs Messwerte summiert wurden.

### **2.6.2 Auswertung der USPHS-Kriterien: der Qualitätsscore**

Die Qualität indirekter Restaurationen wurde auf Grundlage der USPHS-Kriterien bestimmt. Insgesamt wurden 13 Kriterien betrachtet, wobei das Kriterium Farbstabilität nur bei keramischen Restaurationen mit einbezogen worden ist. Aus den einzelnen Kriterien, die jeweils mit Rängen von 1 bis 5 bewertet wurden, ergab sich ein Summenscore, der das Maß der Qualität angab. Diese Summe wird im Folgenden als Qualitätsscore bezeichnet.

Restaurationen mit einer Summe bis zu 60% des maximal zu erreichenden Scores wurden als qualitativ hochwertig gezählt, sofern keines der Kriterien, unabhängig von allen weiteren Kriterien, einen Rang 4 oder 5 erhielt. Restaurationen, die in einem oder mehr Kriterien mit einer 4 bewertet wurden, bedurften einer Reparatur unter Erhalt der Restauration, wohingegen der Restaurationserhalt bei Vergabe einer 5 nicht mehr möglich war.

Anmerkung: Die Kriterien Patientenzufriedenheit und angrenzende Mukosa wurden nach Abschluss der Untersuchungen aus der Bewertung ausgeschlossen, um das Bewertungssystem kritischer zu gestalten (siehe Kap. 4.1.4).

Für die einzelnen Restaurationsmaterialien ergaben sich folgende Qualitätsscores:

- Qualitätsscore Goldrestauration:
  - 10 bewertete Kriterien
  - 10-50 mögliche Punkte
  - 60%-Grenze: 30 Punkte
- Qualitätsscore Keramikrestauration:
  - 11 bewertete Kriterien
  - 11-55 mögliche Punkte
  - 60%-Grenze: 33 Punkte

Im Zuge der statistischen Auswertungen wurde auch der gesamte Qualitätsscore in die Berechnungen mit einbezogen, wohlwissend, dass durch die unterschiedliche Anzahl der Kriterien bei Gold- und Keramikrestaurationen keine direkte Vergleichbarkeit gegeben war. Unter der Voraussetzung, dass bei den Tests keine Unterschiede oder Zusammenhänge zwischen den Gruppen der Restaurationsmaterialien geprüft wurden, wurde dieser Kompromiss in Kauf genommen.

### **2.6.3 Einteilung der Qualitätskategorien**

Alle Restaurationen wurden ausgehend von der ermittelten Summe der USPHS-Kriterien in Kategorien eingeteilt. Für Kategorie 1 wurde anhand der 60%-Grenze unter Berücksichtigung der Einzelausprägungen zwischen hoher und niedriger Qualität differenziert. Für Kategorie 2 wurde die Qualität analog zur Vergabe der Ränge in 5 Abstufungen eingeteilt, die als exzellent, gut, akzeptabel, mangelhaft und ungenügend definiert wurden. Grenzwerte können Tabelle 7 entnommen werden.

**Tabelle 7** Einteilung der Qualitätskategorien (G=Gold; K=Keramik)

Qualität	Einzelausprägung	Summe	Restaurationsmaterial
<b>Kategorie 1</b>			
<b>hoch</b>	≤ 3	≤ 30	G
		≤ 33	K
<b>niedrig</b>	>3	> 30	G
		> 33	K
<b>Kategorie 2</b>			
<b>exzellent</b>	≤ 3	≤ 13	G
		≤ 14	K
<b>gut</b>	≤ 3	14 - 20	G
		15 - 22	K
<b>akzeptabel</b>	≤ 3	21 - 30	G
		23 - 33	K
<b>mangelhaft</b>	> 3	>30	G
		>33	K
<b>ungenügend</b>	> 4	>30	G
		>33	K

#### 2.6.4 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SPSS Statistics (Version 25.0, Fa. IBM). Als statistische Kennwerte zur deskriptiven Analyse wurden das arithmetische Mittel (*M*), der Median (*Med*), das Minimum (*MIN*) und das Maximum (*MAX*) berechnet. Als Maß für die Häufigkeitsverteilung diente die Standardabweichung (*SD*). Einzelne fehlende Werte wurden als „Missing“ deklariert.

Um Zusammenhänge zwischen zwei Variablen darzustellen, wurde der Rangkorrelationskoeffizient nach Spearman  $r_s$  berechnet. Einfachheitshalber wurde auch zur Darstellung von Zusammenhängen zwischen intervallskalierten und ordinalskalierten Variablen der Spearman-Korrelationskoeffizient  $r_s$  verwendet und nicht der Korrelationskoeffizient nach Pearson. Die Korrelation nach Spearman setzt eine Normalverteilung voraus, welche nach dem zentralen

Grenzwertsatz bei einer Stichprobengröße  $> 30$  annähernd angenommen werden kann (Bortz & Schuster 2010, Tavakoli 2012). Die Korrelationstabelle aller verwendeten Variablen sind im Anhang abgebildet (siehe Kap. 7.4).

Zur Veranschaulichung metrisch skalierten Daten wurden Boxplots (auch Box-Whisker-Plots genannt) erstellt. Werte außerhalb des 1,5-fachen Interquartilsabstands werden als Ausreißer bezeichnet und als Kreis abgebildet. Für Unterschiedsprüfungen bei metrischen Daten wurden  $t$ -Tests für unabhängige Stichproben (Variable mit zwei Stufen) und einfaktorische Varianzanalysen (ANOVA; Variable mit mehr als zwei Stufen) mit anschließendem Post-hoc-Test nach Bonferroni durchgeführt. Als Maß für die Effektstärke dienen Cohens  $d$  ( $t$ -Tests für unabhängige Stichproben, Post-hoc-Tests bei ANOVA) und  $\eta^2$  (overall ANOVA). Auf eine Prüfung auf Normalverteilung bei  $t$ -Tests und ANOVA wurde verzichtet, da die Verfahren relativ robust gegenüber nicht vorhandener Normalverteilung sind (Tabachnick & Fidell 2007). Der Levene-Test wurde berechnet, um die Nullhypothese auf Gleichheit der Varianzen der Gruppen zu prüfen. War eine Inhomogenität der Varianzen gegeben, mussten robuste Testverfahren wie der Welch-Test oder der Brown-Forsythe Test verwendet werden (ANOVA).

Zusammenhänge zwischen nicht metrisch skalierten Konstrukten wurden mittels Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit überprüft. Als Effektstärken wurden hier  $\phi$  (Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit bei 2x2) (Lakens 2013) und Cramers  $V$  (Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit bei 2x5) verwendet.

Eine binär logistische Regressionsanalyse wurde zur Ermittlung des Einflusses der einzelnen Variablen Geschlecht, Patientenalter, Plaqueakkumulation, Kariesrisiko, orale Gesundheit, parodontale Befunde und PPD am Restaurationsszahn auf die Qualität der indirekten Restaurationen durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde für alle Tests auf  $\alpha = 0,05$  festgelegt.

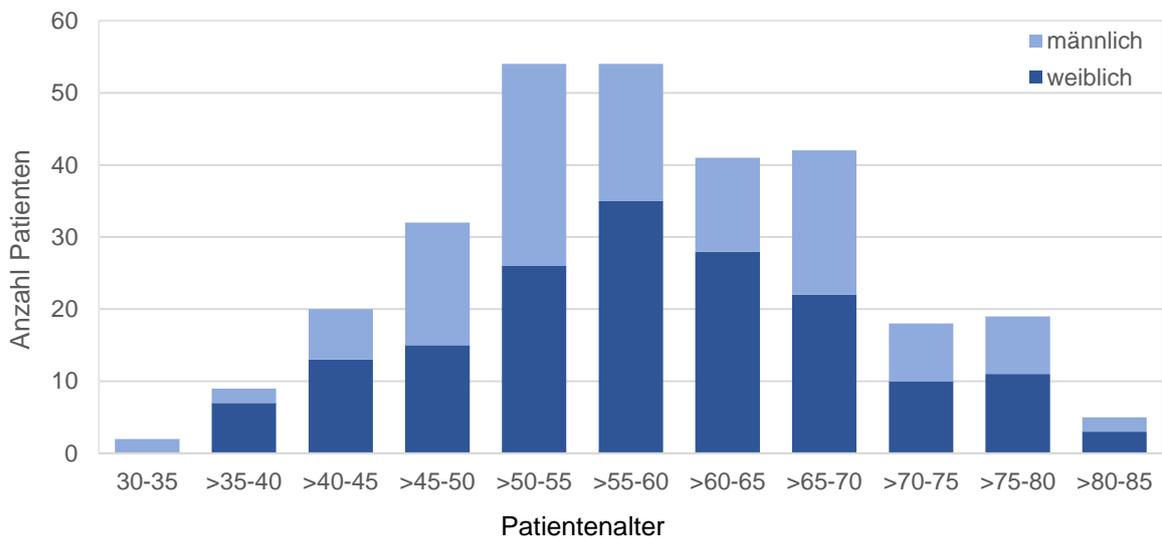
Aufgrund des großen Umfangs der getätigten Berechnungen wird im anschließenden Ergebnisteil nur eine Auswahl an Tests rapportiert. Eine tabellarische Auflistung aller Tests befindet sich im Anhang (siehe 7.5).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Geschlechterverteilung und Patientenalter

Insgesamt sind 296 Patienten untersucht worden, von denen 57,4% ( $n = 170$ ) weiblich und 42,6% ( $n = 126$ ) männlich waren.

Das Alter der Patienten ( $n = 296$ ) zum Untersuchungszeitpunkt betrug im Mittel 58,5 Jahre ( $SD = 10,6$ ). Der Altersmedian lag bei 57,8. Der jüngste Proband war zum Untersuchungszeitpunkt 30,1 Jahre alt und der älteste Proband 83,8 Jahre alt.



**Abbildung 14** Verteilung des Patientenalters und des Geschlechts ( $n = 296$ )

### 3.2 Lokalisation, Größe und Alter der untersuchten Restaurationen

Bei 296 Patienten des Studienkollektivs wurde jeweils eine indirekte Restauration pro Patient in die Studie aufgenommen, sodass 296 indirekte Restaurationen untersucht und bewertet wurden. Der Anteil der Goldrestaurationen betrug 49,7% ( $n = 147$ ) und der der Keramikrestaurationen 50,3% ( $n = 149$ ).

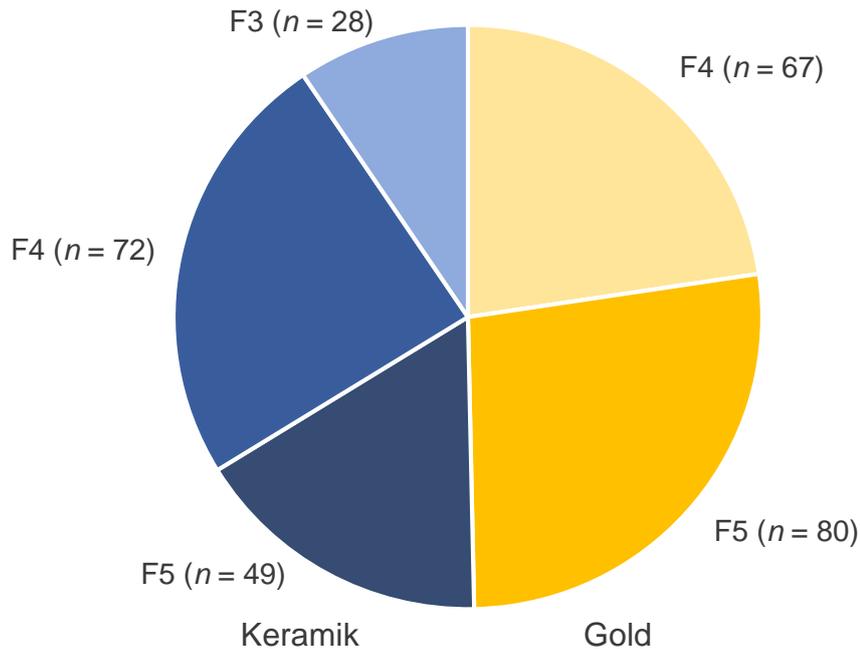
Es wurden sowohl indirekte Restaurationen an Prämolaren als auch an Molaren untersucht. Der Anteil der restaurierten Molaren im gesamten Studienkollektiv betrug 80,1% ( $n = 237$ ), der Anteil restaurierter Prämolaren 19,9% ( $n = 59$ ). Im Oberkiefer befanden sich 54,7% ( $n = 162$ ) der Restaurationen und 45,3% ( $n = 134$ ) im Unterkiefer (Tab. 8).

**Tabelle 8** Deskriptive Darstellung der Lokalisation der indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik ( $n = 296$ )

	Gold		Keramik	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
OK Prämolare	12	8,2	21	14,1
UK Prämolare	3	2,0	23	15,4
OK Molare	81	55,1	48	32,2
UK Molare	51	34,7	57	38,3
Gesamt	147	100,0	149	100,0

In die Studie wurden vier- oder fünfflächige Restaurationen (F4/F5) sowie dreiflächige Keramikrestaurationen (F3) mit einbezogen, deren okklusale Ausdehnung als ausreichend groß mit Ersatz eines Höckers eingestuft wurde. Es ergab sich ein Kollektiv aus 45,6% ( $n = 67$ ) vierflächigen und 54,4% ( $n = 80$ ) fünfflächigen Goldrestaurationen. Bei den Keramikrestaurationen waren 18,8% ( $n = 28$ ) dreiflächig, 48,3% ( $n = 72$ ) vierflächig und 32,9% ( $n = 49$ ) fünfflächig (Abb. 15).

## Ergebnisse



**Abbildung 15** Darstellung der Anzahl der Flächen (F) der untersuchten indirekten Restaurationen aus Gold ( $n = 147$ ) und Keramik ( $n = 149$ ); ( $n = 296$ )

Die untersuchten indirekten Restaurationen wiesen zum Untersuchungszeitpunkt im Mittel eine Liegedauer von 14,28 ( $SD = 3,59$ ) Jahren auf. Der Median lag bei 13,8 Jahren. Es zeigt sich somit eine nur leicht rechtsschiefe Verteilung. Die jüngste untersuchte Restauration war 8,9 Jahre alt ( $MIN$ ) und das höchste Restorationsalter betrug 24,8 Jahre ( $MAX$ ). Die Verteilung des Alters von Gold- und Keramikrestaurationen (siehe Tab. 9) war nahezu gleich. Der Mittelwert ( $M$ ) der beiden Restaurationsmaterialien zeigte im Vergleich lediglich eine Abweichung von 0,1 Jahren. Das mittlere Alter der Goldrestaurationen lag bei 14,2 Jahren und das der Keramikrestaurationen bei 14,3 Jahren. Auch das Alter der jüngsten ( $MIN$ ) und ältesten Restauration ( $MAX$ ) stimmen annähernd überein. Die geringe Abweichung des Medians ( $Md$ ) zum  $M$  von maximal  $\pm 0,8$  Jahren lässt die Annahme eines annähernd normalverteilten Kollektivs zu.

## Ergebnisse

**Tabelle 9** Alter der indirekten Restaurationen aus Gold ( $n = 147$ ) und Keramik ( $n = 149$ ); ( $n = 296$ )

	<i>M</i>	<i>Md</i>	<i>SD</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
Gold	14,2	13,4	3,9	8,9	24,3
Keramik	14,3	14,5	3,2	9,3	24,8
Gesamt	14,2	13,8	3,6	8,9	24,8

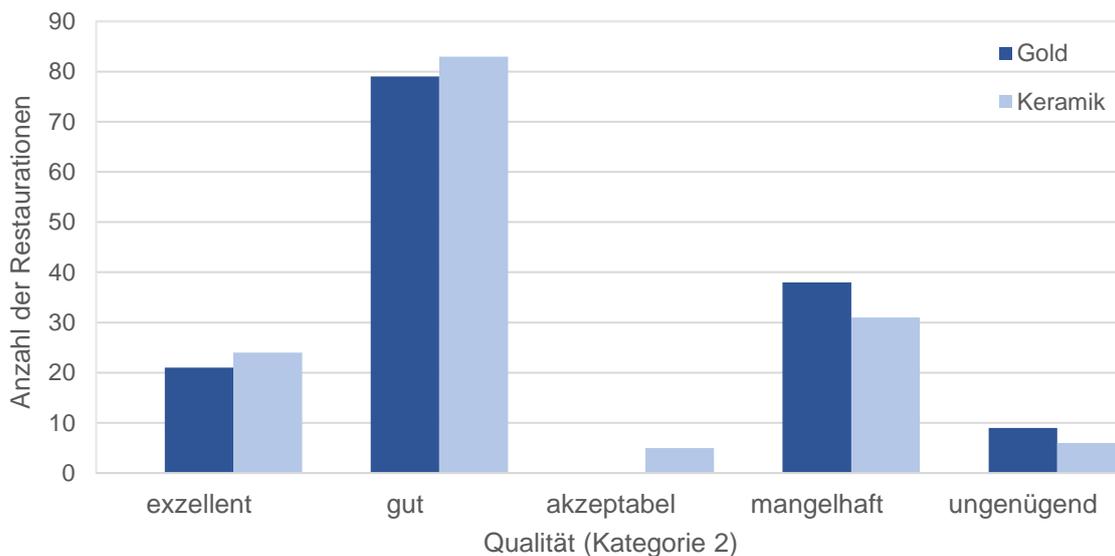
### 3.3 Ergebnisse der klinischen Nachuntersuchung

#### 3.3.1 Qualität indirekter Restaurationen aus Gold und aus Keramik

Die Häufigkeiten der Qualitäten der indirekten Restaurationen aus Gold und aus Keramik zum Untersuchungszeitpunkt stellten sich wie folgt dar:

Von 147 untersuchten Goldteilkronen wiesen zum Untersuchungszeitpunkt 14,3% ( $n = 21$ ) der Restaurationen eine exzellente Qualität auf, 53,7% ( $n = 79$ ) eine gute Qualität, 25,9% ( $n = 38$ ) eine mangelhafte Qualität und 6,1% ( $n = 9$ ) der Restaurationen wiesen eine ungenügende Qualität auf.

Von 149 untersuchten Keramikteilkronen wiesen 16,1% ( $n = 24$ ) eine exzellente Qualität auf, 55,7% ( $n = 83$ ) eine gute Qualität, 3,4% ( $n = 5$ ) eine akzeptable Qualität, 20,8% ( $n = 31$ ) eine mangelhafte Qualität und 4% ( $n = 6$ ) der Restaurationen wiesen eine ungenügende Qualität auf (Abb. 16).



**Abbildung 16** Verteilung der Qualitäten (Kategorie 2) aufgeteilt nach Gold- und Keramikrestaurationen ( $n = 296$ )

#### Hypothese 1

Um zu überprüfen, ob ein Zusammenhang zwischen der Qualität indirekter Restaurationen und dem Restaurationsmaterial besteht, wurde ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates durchgeführt.

## Ergebnisse

Dieser zeigte keinen signifikanten Zusammenhang der Qualität (Kategorie 1) von Gold im Vergleich zu Keramik,  $\chi^2(1, n = 296) = 1,51, p = 0,22, \varphi = -0,07$  [1a].

Für die Qualität (Kategorie 2) wurde ebenfalls ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit durchgeführt, der keinen signifikanten Zusammenhang der Qualität von Gold im Vergleich zu Keramik zeigte,  $\chi^2(4, n = 296) = 6,60, p = 0,16, \text{Cramers } V = 0,15$  [1b].

Die Hypothese wurde somit widerlegt. Es konnte kein Zusammenhang zwischen dem Restaurationsmaterial und der Restaurationsqualität hergestellt werden.

### Hypothese 2.1

Es wurde überprüft, ob die Qualität der indirekten Restaurationen im Zusammenhang mit der Art des restaurierten Zahns steht (zur Verteilung vergleiche Tab. 8). Hierzu wurde ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates durchgeführt. Dieser zeigte keinen signifikanten Zusammenhang der Qualität (Kategorie 1) zwischen Molaren und Prämolaren,  $\chi^2(1, n = 296) = 1,70, p = 0,25, \varphi = 0,8$ .

Die Restaurationsqualität des gesamten Restaurationskollektivs unterscheidet sich folglich nicht zwischen Molaren und Prämolaren [2a].

Hingegen zeigte ein *t*-Test für unabhängige Stichproben einen signifikanten Unterschied der Qualitätssumme zwischen Molaren ( $M = 17,62, SD = 3,83$ ) und Prämolaren ( $M = 19,37, SD = 4,61$ ),  $t(296) = 77,27, p = 0,01$ . Die Effektstärke lag bei  $d = 0,38$  und entspricht damit nach Cohen (1988) einem kleinen Effekt.

Restaurationen an Molaren wiesen bei der Unterschiedsprüfung einen signifikant niedrigeren Qualitätsscore und somit eine höhere Qualität auf als Prämolarenrestaurationen [2b].

### Hypothese 2.2

Aufgrund der ungleichen Testergebnisse der Hypothese 2.1 wurden zusätzlich Chi-Quadrat-Tests aufgeteilt nach Restaurationsmaterial durchgeführt. Die Qualität (Kategorie 1) von Goldrestaurationen zeigte anhand des Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates keinen

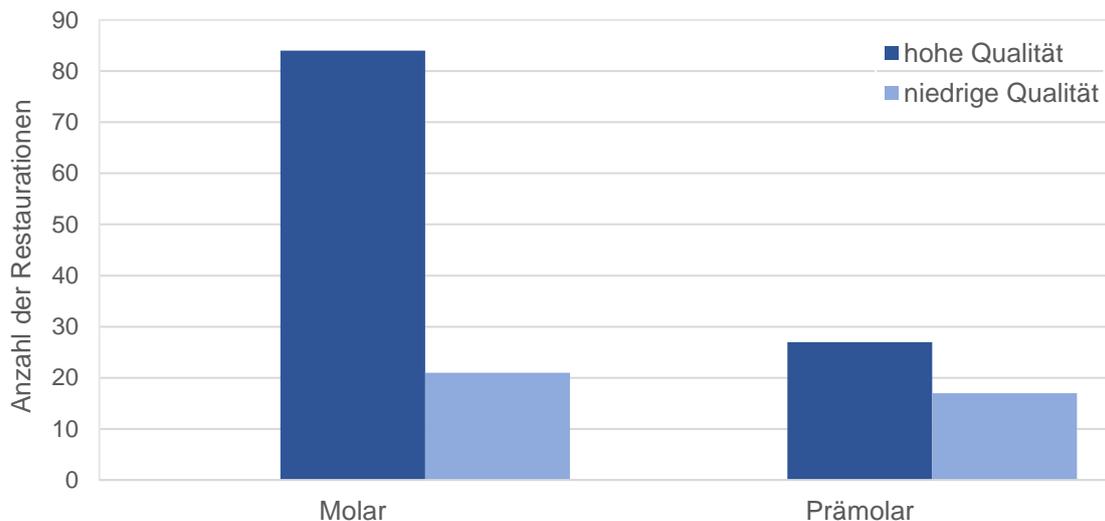
## Ergebnisse

signifikanten Zusammenhang zwischen Molaren und Prämolaren,  $\chi^2(1, n = 147) = 0,22$ ,  $p = 0,64$ ,  $\varphi = -0,04$ .

Goldrestaurationen wiesen folglich an Molaren und Prämolaren eine gleich hohe Qualität auf [2c].

Bei Keramikrestaurationen zeigte ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates einen signifikanten Zusammenhang der Qualität (Kategorie 1) zwischen Molaren und Prämolaren,  $\chi^2(1, n = 149) = 5,67$ ,  $p = 0,03$ ,  $\varphi = 0,195$ .

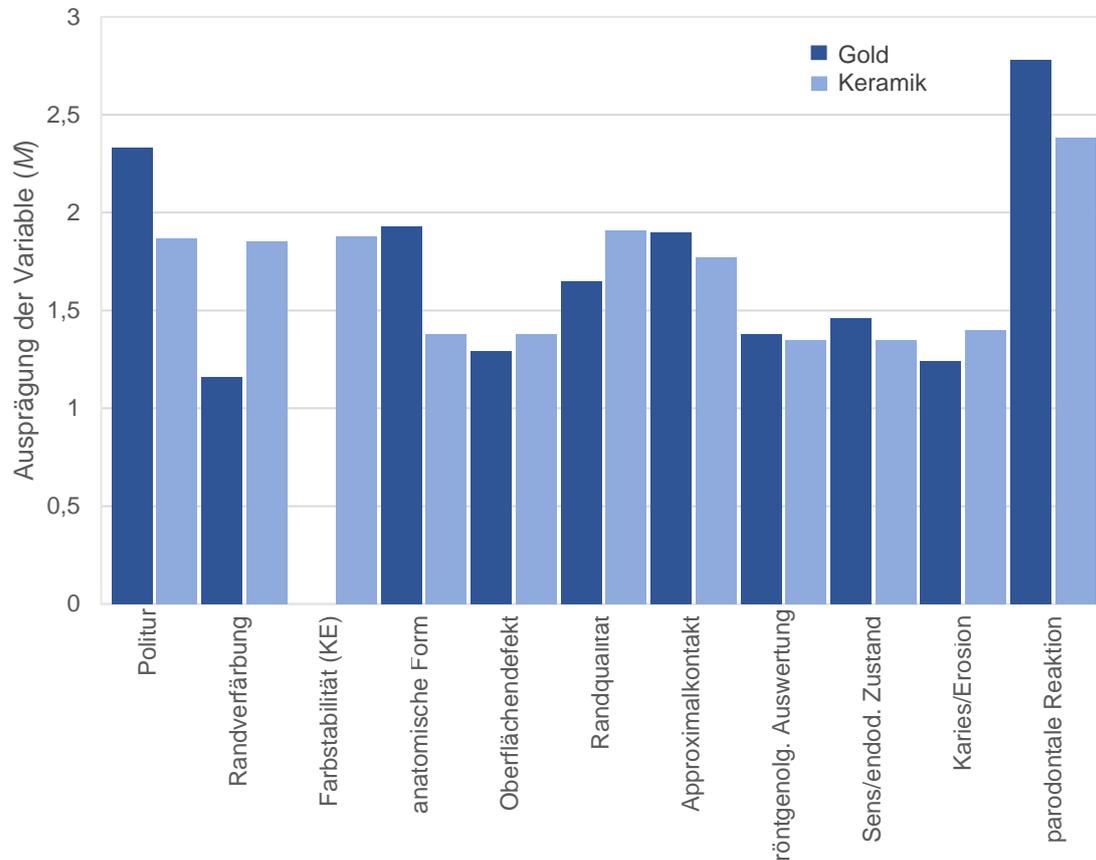
Die Hypothese, dass die Qualität der indirekten Restaurationen mit der Art des restaurierten Zahns zusammenhängt, ist damit für Keramikrestaurationen bestätigt. Prämolarenrestaurationen wiesen eine signifikant niedrigere Qualität auf als Molarenrestaurationen (Abb. 17) [2d]. Vergleichbare Unterschiede der Qualität zwischen Prämolaren und Molaren lieferten t-Tests für unabhängige Stichproben [2e, 2f].



**Abbildung 17** Qualität (Kategorie 1) indirekter Restaurationen aus Keramik ( $n = 147$ ) an Molaren und Prämolaren

## Ergebnisse

Im Folgenden sind die einzelnen USPHS-Kriterien für das gesamte Restaurationskollektiv dargestellt (Abb. 18). Für relative Häufigkeiten und Signifikanztests wird auf Tabelle 10 (S. 57) verwiesen.



**Abbildung 18** Darstellung der mittleren Ausprägungen der USPHS-Kriterien aufgeteilt nach Restaurationsmaterial ( $n$  variiert zwischen 287 und 296; Farbstabilität nur bei Keramikrestorationen  $n = 149$ )

### Hypothese 3

Der Zusammenhang zwischen den Ausprägungen der einzelnen Kriterien und dem Restaurationsmaterial wurde mit Chi-Quadrat-Tests berechnet. Im folgenden Absatz wird eine selektierte Auswahl aussagekräftiger Tests genauer betrachtet. Testergebnisse der Kriterien d), g), h), i), und k) können der *tabellarischen Auflistung statistischer Tests (7.5)* entnommen werden [3a – 3k].

- i. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte einen signifikanten Zusammenhang der Politur zwischen Gold- und Keramikrestorationen,  $\chi^2(4, n = 296) = 28,41, p = <0,01, \text{Cramers } V = 0,31$ .

## Ergebnisse

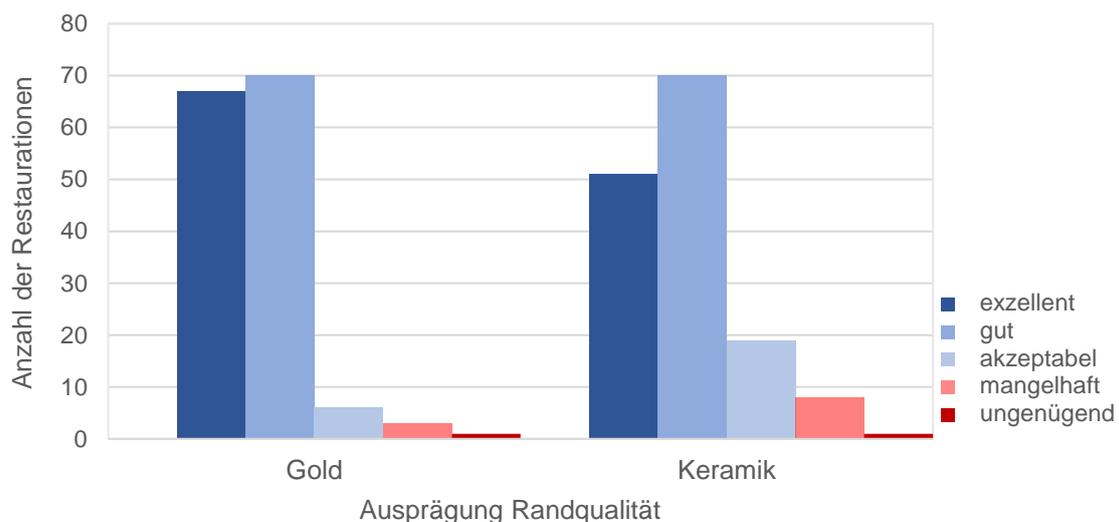
Indirekte Restaurationen aus Keramik wiesen demzufolge eine signifikant bessere Politur auf als indirekte Restaurationen aus Gold [3a].

ii. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte einen signifikanten Zusammenhang der Randverfärbung zwischen Gold- und Keramikrestaurationen,  $\chi^2(4, n = 296) = 67,91, p = <0,01$ , Cramers  $V = 0,48$ .

Die Randverfärbung war bei indirekten Restaurationen aus Gold signifikant geringer als bei indirekten Restaurationen aus Keramik [3b].

iii. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte einen signifikanten Zusammenhang der Oberflächendefekte zwischen Gold- und Keramikrestaurationen,  $\chi^2(4, n = 296) = 12,72, p = 0,01$ , Cramers  $V = 0,21$ . Oberflächendefekte waren bei Keramikrestaurationen signifikant höher ausgeprägt als bei Goldrestaurationen [3e].

iv. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte einen signifikanten Zusammenhang der Randqualität zwischen Gold- und Keramikrestaurationen,  $\chi^2(4, n = 296) = 11,19, p = 0,03$ , Cramers  $V = 0,19$ . Die Randqualität war bei Goldrestaurationen signifikant höher als bei Keramikrestaurationen (Abb.19) [3f].

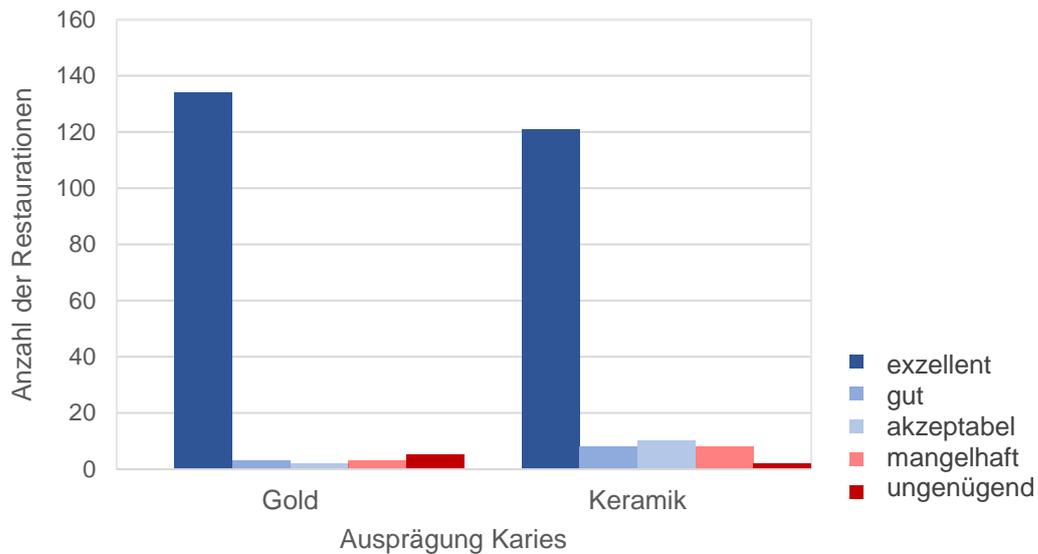


**Abbildung 19** Ausprägung der Randqualität indirekter Restaurationen aus Gold und Keramik ( $n = 296$ )

## Ergebnisse

v. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte einen signifikanten Zusammenhang bei Karies zwischen Gold- und Keramikrestaurationen,  $\chi^2(4, n = 296) = 11,81, p = 0,02, \text{Cramers } V = 0,20$ .

Goldteilkronen zeigten eine geringere Kariesausprägung als Keramikteilkronen (Abb. 20) [3].



**Abbildung 20** Ausprägung des Kriteriums Karies bei indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik ( $n = 296$ )

**Tabelle 10** relative gültige Häufigkeiten (%) der USPHS-Kriterien von Gold- und Keramikrestorationen

Kriterium \ Ausprägung	1	2	3	4	5	<i>p</i>
Politur/Oberflächenbeschaffenheit						
G	12,2	46,9	36,1	4,8	0	<0,01
K	38,3	38,9	20,1	2,7	0	
Randverfärbung						
G	85,0	13,6	1,4	0	0	<001
K	40,3	36,2	22,1	1,3	0	
Farbstabilität						
K	30,9	51,0	17,4	0,7	0	-
Anatomische Form						
G	36,1	37,4	23,8	2,7	0	0,29
K	46,3	33,6	18,8	1,3	0	
Oberflächendefekte/Retention						
G	78,9	12,9	8,2	0	0	0,01
K	81,9	4,7	8,7	2,7	2,0	
Randqualität						
G	45,6	47,6	4,1	2,0	0,7	0,03
K	34,2	47,0	12,8	5,4	0,7	
Approximalkontakt						
G	59,6	5,0	22,0	12,8	0,7	0,13
K	60,3	12,3	18,5	7,5	1,4	
röntgenologische Auswertung						
G	83,7	1,4	11,6	0	3,4	0,07
K	84,5	4,1	6,1	2,7	2,7	
Sensibilität/endodontischer Zustand						
G	79,6	3,4	11,6	2,0	3,4	0,20
K	81,9	4,7	10,1	3,4	0	
Karies/Erosion						
G	91,2	2,0	1,4	2,0	3,4	0,02
K	81,2	5,4	6,7	5,4	1,3	
Parodont						
G	8,2	21,1	57,8	10,2	2,7	<0,01
K	17,4	31,5	46,3	4,7	0	

Hinweis: G:  $n = 147$ ; Missings: Approximalkontakt 6; K:  $n = 149$ ; Missings: Approximalkontakt 3, röntgenologische Auswertung 1; G gegen K wurde mit Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit getestet ( $p$ )

### 3.3.2 Einfluss biologischer und funktioneller Parameter auf die Qualität indirekter Restaurationen

Die Verteilung der im folgenden Kapitel getesteten Parameter ist in Tabelle 11 dargestellt. Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit ergaben, dass die Verteilung der Parameter zwischen Gold- und Keramikrestorationen ausgeglichen war. Eine Vergleichbarkeit zwischen den Gruppen ist daher gegeben.

## Ergebnisse

**Tabelle 11** biologische Parameter für Gold- und Keramikrestorationen; G gegen K wurde mit Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit getestet ( $p$ )

	Gesamt		Gold		Keramik		$p$
	$n$	%	$n$	%	$n$	%	
Gingivitis	296		147		149		0,34
entzündungsfrei	126	42,6	58	39,5	68	45,6	
entzündet	170	57,4	89	60,5	81	54,4	
Plaqueakkumulation	295		147		148		0,87
nicht vorhanden	199	67,5	98	66,7	101	68,2	
vorhanden	96	32,5	49	33,3	47	31,8	
Kariesrisiko	296		147		149		0,11
niedrig	129	43,6	55	37,4	74	49,7	
hoch	158	53,4	87	59,2	75	51,3	
Orale Gesundheit	295		147		148		0,15
gesund	247	83,7	118	80,3	129	87,2	
ungesund	48	16,3	29	19,7	19	12,8	
Parodontaler Befund	295		147		148		0,71
gesundes Parodont	258	87,5	127	86,4	131	88,5	
erkranktes Parodont	37	12,5	20	13,6	17	11,5	

### Hypothese 4

Die Auswirkungen einer manifesten Gingivitis auf die Qualität (Kategorie 1) indirekter Restaurationen wurde mit einem  $t$ -Test für unabhängige Stichproben überprüft. Es konnte kein signifikanter Qualitätsunterschied zwischen Restaurationen bei gesunder Gingiva ( $M = 17,67$ ,  $SD = 4,39$ ) und manifester Gingivitis ( $M = 18,18$ ,  $SD = 3,85$ ) ermittelt werden,  $t(296) = -1,06$   $p = 0,29$ . Eine Gingivitis hatte demnach keinen signifikanten Einfluss auf die Restaurationsqualität [4].

### Hypothese 5.1

Zur genaueren Betrachtung der biologischen Einflussfaktoren auf die Qualität indirekter Restauration wurde im Folgenden überprüft, ob vorliegende Plaqueakkumulation (Definition siehe 2.6.1) zu einer Verschlechterung der Restaurationsqualität führt. Ein  $t$ -Test für unabhängige Stichproben zeigte einen signifikanten Unterschied der Restaurationsqualität (Qualitätsscore) zwischen

## Ergebnisse

Patienten mit Plaqueakkumulation ( $M = 18,97$ ,  $SD = 4,25$ ) und ohne Plaqueakkumulation ( $M = 17,49$ ,  $SD = 3,94$ ),  $t(293) = -2,95$ ,  $p = <0,01$ . Die Effektstärke lag bei  $d = 0,37$  und entspricht somit nach Cohen (1988) einem kleinen Effekt. Indirekte Restaurationen wiesen also bei vorhandener Plaqueakkumulation eine signifikant niedrigere Qualität auf als Restaurationen ohne Plaqueakkumulation [5a].

### Hypothese 5.2

Auch diese Hypothese wurde für beide Restaurationsmaterialien getrennt betrachtet. Indirekte Restaurationen aus Gold zeigten im  $t$ -Test für unabhängige Stichproben keinen signifikanten Unterschied der Qualität (Qualitätsscore Gold) zwischen Patienten mit Plaqueakkumulation ( $M = 17,76$ ,  $SD = 3,11$ ) und ohne Plaqueakkumulation ( $M = 16,71$ ,  $SD = 3,88$ ),  $t(145) = -1,63$ ,  $p = 0,11$  [5b].

Indirekte Restaurationen aus Keramik hingegen zeigten im  $t$ -Test für unabhängige Stichproben einen signifikanten Unterschied der Qualität (Qualitätsscore Keramik) bei vorhandener Plaqueakkumulation ( $M = 20,23$ ,  $SD = 4,90$ ) und nicht vorhandener Plaqueakkumulation ( $M = 18,24$ ,  $SD = 3,87$ ),  $t(146) = -2,68$ ,  $p = 0,01$ . Die Effektstärke lag bei  $d = 0,47$  und entspricht nach Cohen (1988) einem kleinen Effekt [5c].

Im Gegensatz zu Restaurationen aus Gold lag bei Restaurationen aus Keramik bei vorhandener Plaqueakkumulation folglich eine signifikant niedrigere Qualität vor.

### Hypothese 6

Um auszuschließen, dass dem Ergebnis aus Hypothese 6 eine allgemein höhere Plaqueakkumulation der Keramikrestaurationen im Vergleich zu Goldrestaurationen zugrunde lag, wurde mittels  $t$ -Test für unabhängige Stichproben eine Unterschiedsprüfung durchgeführt. Der Test zeigte, dass es keinen signifikanten Unterschied der Plaqueakkumulation am Restaurationszahn von Goldrestaurationen ( $M = 16,56$ ,  $SD = 5,45$ ) und Keramikrestaurationen ( $M = 16,69$ ,  $SD = 4,76$ ) gibt,  $t(293) = -0,22$ ,  $p = 0,86$ . Die Plaqueakkumulation unterschied sich zwischen den Restaurationsmaterialien nicht [6].

## Ergebnisse

### Hypothese 7

Um zu prüfen, wie sich die Plaqueakkumulation auf die einzelnen USPHS-Kriterien auswirkte, wurde für jedes Kriterium (a-k) ein Chi-Quadrat-Test berechnet. Im Folgenden werden die Ergebnisse des Zusammenhangs zur Randverfärbung und Randqualität beschrieben. Tests für die Kriterien a), c), d), f), g), h), i), j) und k) lieferten keine signifikanten Zusammenhänge und können der tabellarischen Auflistung statistischer Tests (siehe Kap. 7.5) entnommen werden [7a – 7k].

i. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte einen signifikanten Zusammenhang der Randverfärbung der indirekten Restaurationen hinsichtlich der Plaqueakkumulation,  $\chi^2(4, n = 295) = 12,73, p = 0,01$ , Cramers  $V = 0,21$ .

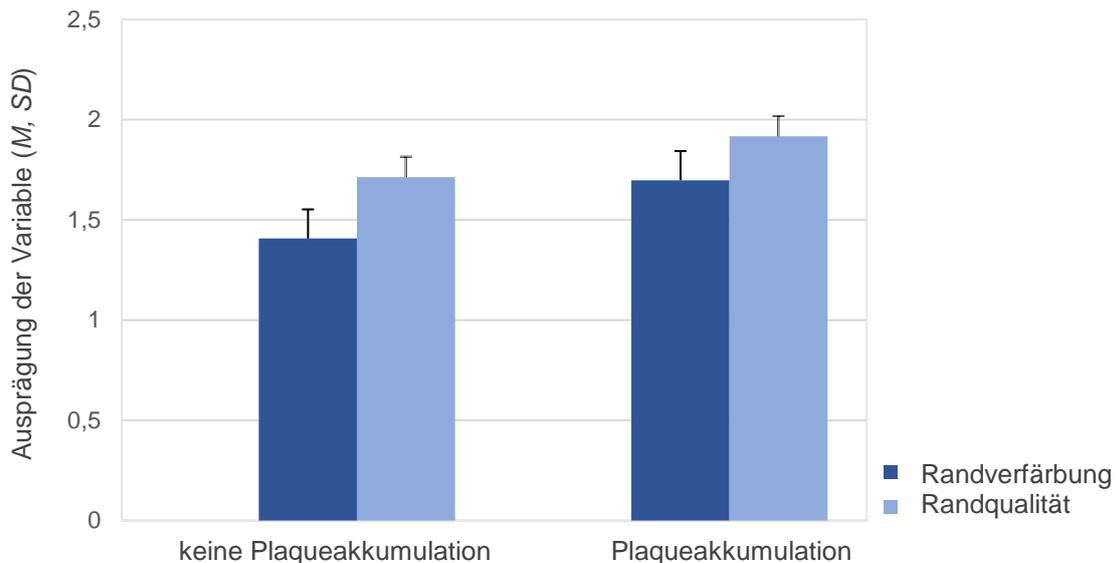
Die Randverfärbung der Restaurationen war bei Patienten ohne Plaqueakkumulation signifikant niedriger als bei Patienten mit Plaqueakkumulation [7b].

ii. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte einen signifikanten Zusammenhang der Randqualität der indirekten Restaurationen hinsichtlich der Plaqueakkumulation,  $\chi^2(4, n = 295) = 13,91, p = 0,01$ , Cramers  $V = 0,22$ .

Folglich war die Randqualität der Restaurationen bei Probanden ohne Plaqueakkumulation signifikant besser als bei Probanden mit vorliegenden Plaqueakkumulation [7f].

Die Zusammenhänge 7b und 7f sind in Abbildung 21 dargestellt.

## Ergebnisse



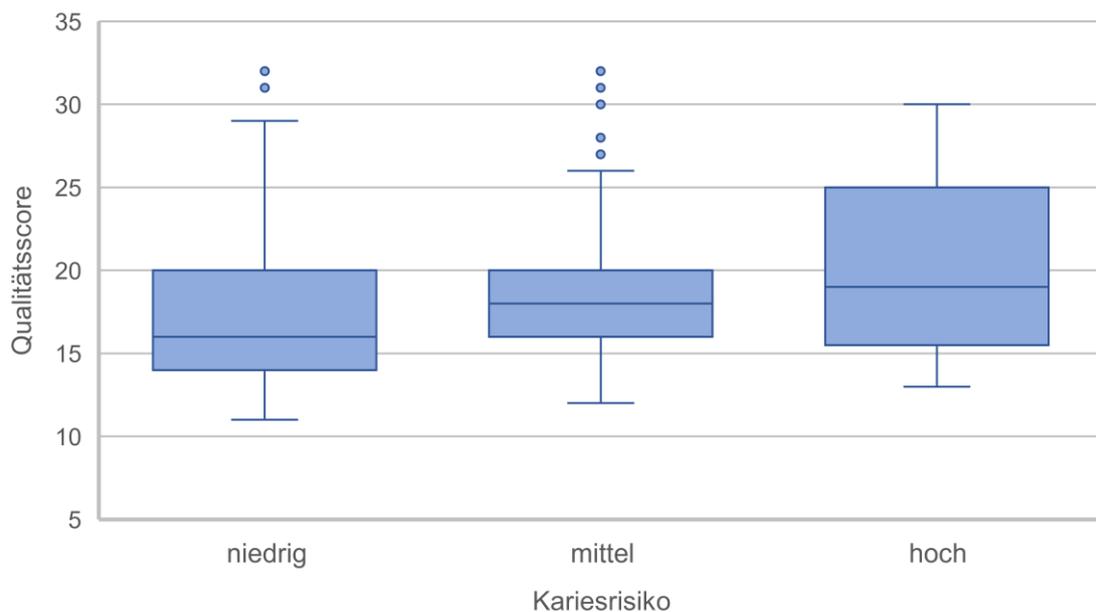
**Abbildung 21** Ausprägung der Variablen Randverfärbung und Randqualität ohne und mit Plaqueakkumulation (*M und SD*) ( $n = 296$ )

### Hypothese 8

Die Hypothese, dass die Qualität indirekter Restaurationen (Qualitätsscore) vom Kariesrisiko abhängt, wurde mit einer ANOVA überprüft. Die Berechnung zeigte einen signifikanten Unterschied der Qualität der indirekten Restaurationen,  $F(2, 293) = 7,26$ ,  $p < 0,01$ ,  $\eta^2 = 0,05$ .

Nachgeschobene Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied der Qualität zwischen niedrigem Kariesrisiko ( $M = 17,03$ ,  $SD = 4,12$ ) und mittlerem Kariesrisiko ( $M = 18,58$ ,  $SD = 3,80$ ),  $p = 0,004$ ,  $d = 0,39$ . Des Weiteren ergab sich ein signifikanter Unterschied der Qualität zwischen niedrigem Kariesrisiko ( $M = 17,03$ ,  $SD = 4,12$ ) und hohem Kariesrisiko ( $M = 20,56$ ,  $SD = 5,60$ )  $p = 0,03$ ,  $d = 0,84$ . Andere Kategorien zeigten keinen signifikanten Unterschied der Qualität,  $p > 0,46$ . Es konnte gezeigt werden, dass sich ein erhöhtes Kariesrisiko (mittel und hoch) im Unterschied zu niedrigem Kariesrisiko negativ auf die Qualität der indirekten Restaurationen auswirkte [8] (Abb. 22).

## Ergebnisse



**Abbildung 22** Restaurationsqualität bei verschiedenen Ausprägungen des Kariesrisikos (n = 296)

### Hypothese 9.1

Zur Auswertung der Qualität indirekter Restaurationen hinsichtlich ihrer Beeinflussung durch die Mundhygiene des Probanden wurden die Ausprägungen der Variablen Plaque, Gingivitis und Kariesrisiko zu einer neuen Variablen zusammengefasst, die die orale Gesundheit beschreiben soll (siehe 2.6.1).

Die Restaurationsqualität (Qualitätsscore) von oral gesunden und oral ungesunden Patienten wurde mit einem  $t$ -Test für unabhängige Stichproben auf Unterschiede geprüft. Dabei konnte gezeigt werden, dass Probanden, die nicht oral gesund waren ( $M = 19,65$ ,  $SD = 3,70$ ), eine signifikant schlechtere Restaurationsqualität aufwiesen, als Patienten mit oraler Gesundheit ( $M = 17,64$ ,  $SD = 4,10$ ), ( $t(293) = -3,14$ ,  $p = 0,002$ ). Die Effektstärke lag bei  $d = 0,5$  und entsprach damit nach Cohen (1988) einem mittleren Effekt [9a].

## Ergebnisse

### Hypothese 9.2

Um zu beantworten, ob der Unterschied von oraler Gesundheit und Qualität bei Restaurationen aus Gold und Keramik unterschiedlich stark ausgeprägt ist, wurden zwei weitere *t*-Tests für unabhängige Stichproben getrennt nach Restaurationsmaterial durchgeführt.

Für indirekte Restaurationen aus Gold ergab sich dabei ein signifikanter Unterschied der Qualität (Qualitätsscore Gold) zwischen oral gesunden Patienten ( $M = 16,70$ ,  $SD = 3,87$ ) und oral ungesunden Patienten ( $M = 18,62$ ,  $SD = 2,13$ ),  $t(79,37) = -3,65$ ,  $p = <0,01$ . Die Effektstärke  $d = 0,76$  entspricht nach Cohen (1988) einem mittleren Effekt [9b].

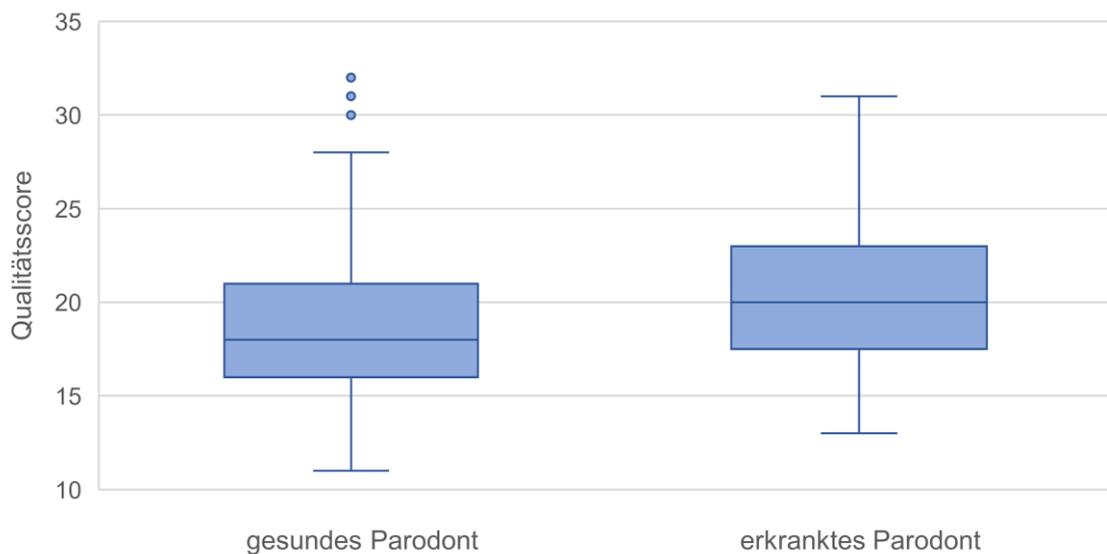
Auch für indirekte Restaurationen aus Keramik ergab der Test einen signifikanten Unterschied der Qualität (Qualitätsscore Keramik) zwischen Patienten mit oraler Gesundheit ( $M = 18,53$ ,  $SD = 4,12$ ) und Patienten mit ungesunden oralen Verhältnissen ( $M = 21,21$ ,  $SD = 4,93$ ),  $t(146) = -2,58$ ,  $p = 0,01$ . Die Effektstärke  $d = 0,63$  entspricht nach Cohen (1988) einem mittleren Effekt [9c].

Es ist somit gezeigt, dass die Qualität von indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik um die gleiche Effektstärke vom Einfluss der oralen Gesundheit abhängig ist.

### Hypothese 10.1

Die Hypothese, dass Restaurationen von Probanden mit lokal erkranktem Parodont -wie im Kapitel 2.6.1 definiert- eine geringere Qualität aufweisen als Restaurationen bei Probanden mit gesundem Parodont, wurde mit einem *t*-Test für unabhängige Stichproben überprüft. Der Test zeigte, dass Probanden mit lokal erkranktem Parodont ( $M = 19,3$ ,  $SD = 4,28$ ) eine signifikant niedrigere Qualität (Qualitätsscore) aufwiesen als Probanden mit gesundem Parodont ( $M = 17,78$ ,  $SD = 4,05$ ),  $t(293) = -2,12$ ,  $p = 0,04$ . Die Effektstärke lag bei  $d = 0,37$  und entspricht somit nach Cohen (1988) einem kleinen Effekt. Die Hypothese konnte damit als bestätigt angesehen werden [10a] (Abb. 23).

## Ergebnisse



**Abbildung 23** Restaurationsqualität bei Patienten mit gesundem ( $n = 258$ ) und erkranktem Parodont ( $n = 37$ )

### Hypothese 10.2

Für Goldrestorationen zeigte sich bei einem  $t$ -Test für unabhängige Stichproben ein signifikanter Unterschied und somit eine signifikant niedrigere Qualität (Qualitätsscore Gold) bei Patienten mit lokal erkranktem Parodont ( $M = 18,7$ ,  $SD = 4,23$ ) im Unterschied zu Patienten mit gesundem Parodont ( $M = 16,8$ ,  $SD = 3,52$ ),  $t(145) = -2,18$ ,  $p = 0,03$ ,  $d = 0,52$  [10b].

Keinen signifikanten Unterschied ergab der  $t$ -Test für unabhängige Stichproben bei der Qualität von Keramikrestorationen (Qualitätsscore Keramik) zwischen Patienten mit erkranktem ( $M = 18,7$ ,  $SD = 4,23$ ) und gesundem Parodont ( $M = 18,73$ ,  $SD = 4,30$ ),  $t(146) = -1,15$ ,  $p = 0,25$ . Keramikrestorationen unterschieden sich qualitativ nicht abhängig vom Zustand der Parodonts [10c].

### Hypothese 11

Der Einfluss der PPD am Restauration Zahn auf die Restaurationsqualität (Kategorie 1) wurde mit einem  $t$ -Test für unabhängige Stichproben überprüft. Restaurationen mit hoher Qualität ( $M = 2,58$ ,  $SD = 0,53$ ) wiesen signifikant niedrigere PPD als Restaurationen mit niedriger Qualität ( $M = 3,00$ ,  $SD = 0,85$ ) auf,  $t(295) = -4,76$ ,  $p = <0,01$ ,  $d = 0,61$ . Die Effektstärke ( $d = 0,37$ ) entspricht nach Cohen (1988) einem mittleren Effekt [11].

## Ergebnisse

### Hypothese 12

Es wurde überprüft, ob ein Zusammenhang der Restaurationsqualität zwischen Zähnen ohne Wurzelkanalbehandlung ( $n = 249$ ), mit einer vor der Insertion erfolgten Wurzelkanalbehandlung ( $n = 40$ ) und einer nachträglich erfolgten Wurzelkanalbehandlung und/oder Wurzelspitzenresektion ( $n = 7$ ) bestand. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte keinen signifikanten Zusammenhang. Die Restaurationsqualität zwischen den Gruppen unterschied sich nicht. Auch innerhalb der Gold- und Keramikgruppe ergaben Chi-Quadrat-Tests keine signifikanten Zusammenhänge [12a-c].

### Hypothese 13

Der Einfluss der antagonistischen Versorgung auf die Qualität indirekter Restaurationen (Qualitätsscore) wurde mittels ANOVA berechnet. Diese zeigte keinen signifikanten Unterschied der Restaurationsqualität zwischen den verschiedenen Versorgungen des Antagonisten,  $F(4, 291) = 0,64$ ,  $p = 0,64$ . Die Qualität der Restaurationen stand demzufolge nicht im Zusammenhang mit der Versorgung des Antagonisten [13].

### **3.3.3 Einfluss von Restaurationsalter und Patientenalter auf die Qualität indirekter Restaurationen**

#### Hypothese 14

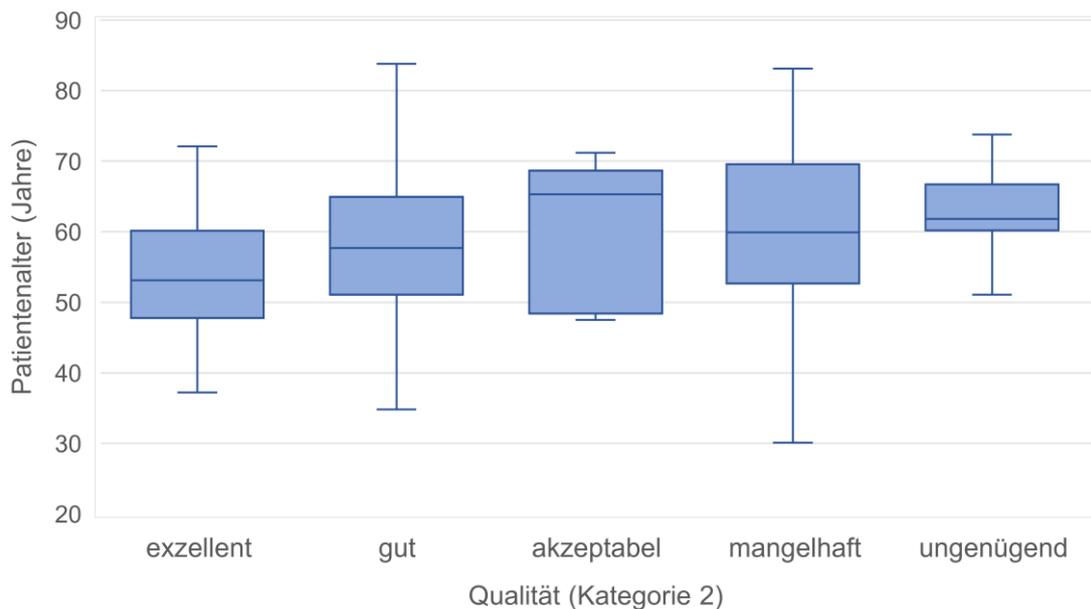
Um zu prüfen, ob die Qualität mit zunehmendem Restaurationsalter sank, wurde eine ANOVA berechnet. Diese zeigte keinen signifikanten Unterschied des Restaurationsalters zwischen der Qualität (Kategorie 2) indirekter Restaurationen,  $F(4, 291) = 1,32$ ,  $p = 0,26$ . Die Hypothese wurde demnach abgewiesen [14].

#### Hypothese 15.1

Eine ANOVA wurde durchgeführt, um zu prüfen, ob die Qualität indirekter Restaurationen vom Patientenalter abhängig war. Die ANOVA zeigte einen signifikanten Unterschied im Patientenalter zwischen den Qualitäten indirekter Restaurationen (Kategorie 2),  $F(4, 291) = 4,09$ ,  $p = <0,01$ ,  $\eta^2 = 0,05$ .

## Ergebnisse

Nachgeschobene Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied im Patientenalter zwischen exzellenter Qualität ( $M = 53,77$ ,  $SD = 9,17$ ) und mangelhafter Qualität ( $M = 61,04$ ,  $SD = 11,58$ ),  $p = 0,003$ ,  $d = 0,68$ . Ebenso ergab sich ein signifikanter Unterschied des Patientenalters zwischen exzellenter Qualität ( $M = 53,77$ ,  $SD = 9,17$ ) und ungenügender Qualität ( $M = 63,08$ ,  $SD = 7,35$ )  $p = 0,03$ ,  $d = 1,06$ . Die verbliebenen Qualitäten zeigten keinen signifikanten Unterschied im Patientenalter, alle  $p \geq 0,72$ . Ältere Patienten wiesen also signifikant häufiger Restaurationen mit niedrigerer Qualität (mangelhaft und ungenügend) gegenüber Restaurationen mit exzellenter Qualität als jüngere Patienten (Abb. 24) [15a].



**Abbildung 24** Verteilung der Qualität indirekter Restaurationen bezogen auf das Patientenalter ( $n = 296$ )

## Ergebnisse

### Hypothese 15.2

Um zu prüfen, ob sich dieser Zusammenhang bei Restaurationen aus Gold und Keramik unterschiedlich verhielt, wurden für beide Restaurationsmaterialien separat eine ANOVA berechnet.

Bei Betrachtung der Goldrestaurationen zeigte die ANOVA einen signifikanten Unterschied im Patientenalter zwischen den Qualitäten indirekter Restaurationen (Kategorie 2),  $F(3, 143) = 3,62, p = 0,02, \eta^2 = 0,07$ .

Nachgeschobene Posthoc-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied im Patientenalter zwischen exzellenter Qualität ( $M = 53,54, SD = 8,77$ ) und mangelhafter Qualität ( $M = 62,94, SD = 11,24$ ),  $p = 0,02, d = 0,9$ . Die verbliebenen Qualitäten zeigten keinen signifikanten Unterschied im Patientenalter, alle  $p \geq 0,16$  [15b].

Für Keramikrestaurationen zeigte die ANOVA keinen signifikanten Unterschied des Patientenalters zwischen den Qualitäten (Kategorie 2),  $F(4, 144) = 1,39, p = 0,24$  [15c].

Die Hypothese, dass sich der Zusammenhang von Patientenalter und Qualität indirekter Restaurationen für die Restaurationsmaterialien unterschiedlich verhielt, konnte damit bestätigt werden. Goldrestaurationen zeigten bei höherem Patientenalter einen signifikanten Unterschied der Qualität, welche häufig niedriger war, als die Qualität bei jüngeren Patienten. Für Keramikrestaurationen galt dieser Zusammenhang nicht. Gleiche Ergebnisse lieferten  $t$ -Tests für unabhängige Stichproben bei der Testung auf Unterschied zwischen dem Patientenalter und der Qualität (Kategorie 1) der indirekten Restaurationen [15d-f].

### Hypothese 16

Eine logistische Regression wurde durchgeführt, um zu prüfen, ob die Qualität indirekter Restaurationen durch unabhängige Faktoren (Geschlecht, Patientenalter, Plaqueakkumulation, Kariesrisiko, orale Gesundheit, parodontale Befunde, PPD am Restaurationszahn) vorherzusagen war. Das Gesamtmodell, das zwischen hoher und niedriger Qualität (Kategorie 1) unterschied, zeigte mit allen Prädiktoren eine statistische Signifikanz,  $\chi^2(6, n = 295) = 30,73, p = <0,01$ .

## Ergebnisse

Das Modell als Ganzes erklärte zwischen 10,0% (Cox & Snell  $R^2$ ) und 14,2% (Nagelkerke  $R^2$ ) der Varianz der Qualität durch die unabhängigen Variablen im Modell und klassifizierte 75,3% der Fälle als korrekt.

Wie in Tabelle 12 abgebildet, trugen die unabhängigen Faktoren *Patientenalter* und *PPD am Restaurationszahn* signifikant zur Vorhersage des Modells bei. Die Odds Ratio zeigte, dass eine zusätzliche Zunahme des Patientenalters um 1 Jahr das Vorliegen einer Restauration mit niedriger Qualität um den Faktor 1,03 erhöht. Eine Zunahme der PPD um 1mm erhöht das Vorliegen einer Restauration mit niedriger Qualität um den Faktor 2,49, wenn man für andere Faktoren im Modell kontrolliert. Die anderen Faktoren sagten das Modell nicht vorher.

**Tabelle 12** binär logistische Regression zur Vorhersage der Qualität indirekter Restaurationen (Kategorie 1)

Variable	B	Standard- fehler	Wald	df	p	Odds Ratio	95,0% K.I für Odds Ratio	
							unteres	oberes
Geschlecht	0,27	0,28	0,91	1	0,34	1,31	0,75	2,29
Patientenalter	0,30	0,01	4,67	1	0,03	1,03	1,00	1,05
Plaqueakkumulation	-0,64	0,42	2,35	1	0,13	0,53	0,23	1,20
Kariesrisiko	0,15	0,28	0,28	1	0,60	1,16	0,67	2,01
Orale Gesundheit	0,79	0,52	2,17	1	0,14	2,14	0,78	5,86
Parodontaler Befund	-0,30	0,46	0,43	1	0,51	0,74	0,30	1,82
PPD am Restaurationszahn	0,91	0,26	15,18	1	<0,01	2,49	1,49	4,17
Konstante	-5,47	1,13	23,58	1	<0,01	0,01		

## **4 Diskussion**

### **4.1 Diskussion von Patienten und Methodik**

#### **4.1.1 Studiendesign**

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive, klinische Untersuchung. Die Aussagekraft dieses Studientyps ist naturgemäß aufgrund potentiell unvollständiger Dokumentation oder unterschiedlicher Ausgangsbedingungen limitiert. In Anbetracht der Tatsache, dass in der Studie das Patientenkollektiv eines Lehrinstituts nachuntersucht wurde, darf dennoch von einer weitestgehend sehr präzisen Dokumentation und standardisierten Arbeitssystematik ausgegangen werden. Dies betrifft insbesondere zeitliche und methodische Angaben der nachuntersuchten Restaurationen. Unter derartigen Voraussetzungen können relativ gesicherte Aussagen zu den in dieser Arbeit formulierten Fragestellungen gewährleistet werden. Es wurden alle nachuntersuchten indirekten Restaurationen im hauseigenen Dentallabor der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie hergestellt. Als hochgoldhaltige Legierung wurde ausschließlich Degunorm (DeguDent GmbH) verwendet. Die keramischen Restaurationen wurden aus Empress I (Ivoclar Vivadent) gefertigt. Änderungen der Fertigungstechniken und der Materialeigenschaften - vor allem durch Einführung neu- oder weiterentwickelter adhäsiver Befestigungssysteme - waren bei einem Nachuntersuchungszeitraum von neun bis 25 Jahren unumgänglich. Es wurden bis zu vier verschiedene Adhäsivsysteme zur Befestigung der keramischen Restaurationen verwendet (vergleiche Tab. 1, Kap. 2.2). Goldrestaurationen wurden, sofern aus den Patientenkarten ersichtlich, ausschließlich mit Glasionomerzement (3M™ Ketac™ Cem) eingesetzt. Die adhäsive Befestigung der indirekten Keramikrestaurationen erfolgte hauptsächlich mit den dualhärtenden Befestigungskompositen VOCO Bifix® und 3M™ ESPE™ Compolute™. Etch-and-rinse-Adhäsivsysteme in Verbindung mit dualhärtenden Befestigungskompositen gelten noch immer als Goldstandard für die Befestigung vollkeramischer Restaurationen (Vogl, Hiller et al. 2016).

## Diskussion

Frankenberger, Taschner et al. (2008) beobachteten nach 12 Jahren signifikant weniger Frakturen der Glaskeramikrestorationen bei Verwendung von dualhärtenden Kompositen gegenüber lighthärtenden Kompositen. Bei standardisierter und herstellerekonformer Verwendung der Materialien ist von einem vergleichbaren Qualitätsstandard der hier verwendeten adhäsiven Befestigung auszugehen. Unterstützt wird diese Annahme durch die in 85,5% ( $n = 100$ ) der Fälle dokumentierte Verwendung eines Kofferdams zwecks absoluter Trockenlegung der zu restaurierenden Kavität. Alle Behandlungen fanden im Lehrbetrieb der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie statt. Es ist bekannt, dass hier bei Indikationsstellung für eine Keramikrestauration die Anwendung eines Kofferdams als erforderliche Voraussetzung gilt. Dieses Prozedere darf daher auch für diejenigen adhäsiv eingesetzten Restaurationen angenommen werden, bei denen die explizite Dokumentation einer Kofferdam-Anwendung fehlte. Die Techniksensitivität adhäsiver Befestigungssysteme, individuelle klinische Gegebenheiten und der Einfluss des Behandlers können dennoch gewisse Qualitätsunterschiede verursacht haben.

Es wurden 152 durch Studierende sowie 44 durch unterstützende Beteiligung von Assistenz Zahnärzten eingesetzte Restaurationen nachuntersucht. Mit individuellen Behandlungsunterschieden muss daher gerechnet werden. Die praktische Lehre basiert jedoch auf einem möglichst standardisierten Verfahren. Hierzu gehört ebenfalls die (teils wiederholte) Kontrolle einzelner durch Studierende ausgeführter Arbeitsschritte durch approbierte Zahnärzte. In einer retrospektiven Studie konnte bezüglich des Überlebens von durch Studierende eingesetzte Restaurationen kein signifikanter Unterschied zu denen durch erfahrene Behandler angefertigten Restaurationen festgestellt werden (Stoll, Cappel et al. 2007). Der Einfluss des Behandlers darf somit aufgrund des Rahmens einer an einem Lehrinstitut durchgeführten Studie als eher geringfügig angesehen werden.

Die hier vorliegende Arbeit kann trotz akribischer Datenakquise keinen Anspruch auf absolute Vollständigkeit erheben. Des Weiteren gilt die Evaluation aller Bedingungen zum Zeitpunkt der Insertion einer Restauration als limitiert. Diese

Limitationen sind charakteristisch und unabänderlich für eine retrospektive Studie.

### **4.1.2 Beobachtungszeitraum und Restaurationsauswahl**

Ziel der Studie war es, Langzeitdaten über die Qualität extendierter indirekter Restaurationen zu erheben und den klinischen Zustand von Gold- und Keramikrestaurationen miteinander zu vergleichen. Der Beobachtungszeitraum wurde für ein Restaurationsalter von 9 – 25 Jahren definiert. Während stark variierende Altersunterschiede der Restaurationen von bis zu 15 Jahren einen direkten Vergleich nur begrenzt zulassen, können Restaurationen ähnlichen Alters durchaus verglichen werden. Die Verteilung des Restaurationsalters ist, wie in Kapitel 3.2 dargestellt, zwischen den Gruppen der Gold- und Keramikrestaurationen annähernd identisch, sodass von einer Vergleichbarkeit der Restaurationsmaterialien ausgegangen werden kann. Im Mittel ( $M$ ) waren die nachuntersuchten Restaurationen 14,28 Jahre alt ( $SD$  3,59). Sie wiesen somit ein deutlich höheres mittleres Alter als Restaurationen vergleichbar gestalteter Studien auf. Das Restaurationsalter betrug 5 Jahre im Mittel bei Wagner, Hiller et al. (2003) und 5,5 Jahre bei Federlin, Hiller et al. (2010).

Bei der Patientenrekrutierung zeigte sich der Pool geeigneter Keramikrestaurationen, die sowohl ein hohes Alter als auch mindestens vier ersetzte Flächen und/oder eine Höckerüberkupplung aufwiesen, als limitiert. Es mussten daher vorab geeignete indirekte Restaurationen identifiziert werden (siehe Abb. 1, Kap. 2.2). Für die Auswahl zur Verfügung stehender Restaurationen wurde eine Systematik definiert, die unter diesen Bedingungen als objektiv angesehen werden darf. Ziel war es, einen ausgeglichenen Patienten- bzw. Restaurationspool mit möglichst hohem Restaurationsalter zu finden. Es ist bekannt, dass die Recall-Rate mit zunehmender Liegedauer der Restaurationen sinkt. Bedingt ist dies durch eine erforderliche Kontaktaufnahme und anschließend erfolgreich absolvierte Nachuntersuchung. Die erzielte Fallzahl von 147 Gold- und 149 Keramikrestaurationen darf als verhältnismäßig hoch und ausgeglichen angesehen werden. Wagner, Hiller et al. (2003) untersuchten lediglich 40 Gold- und 42 Keramikteilkronen mit einem mittleren Alter von 4,75 und 5,25 Jahren nach. Federlin, Hiller et al. (2010) zogen vergleichend je 22

Gold- und Keramikrestaurationen über 5,5 Jahre in ihre prospektive Untersuchung mit ein.

### **4.1.3 Erhebung klinischer Befunde**

Die Befundaufnahme erfolgte ausschließlich gemeinsam durch die beiden Untersucherinnen der Studie. Die Befunderhebungen und Bewertungen wurden unter Konsensfindung durchgeführt. Dies verringerte den Effekt individueller Fehleinschätzungen. Zusätzlich unterstützte ein erfahrener Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie die Untersucherinnen bei der Befunderhebung während der ersten zehn Untersuchungen. Im Falle einer erschwerten Konsensfindung wurde auch im weiteren Verlauf der Studie Rücksprache mit genanntem Oberarzt gehalten. Dies diente der Kalibrierung für möglichst einheitliche und reproduzierbare Befundresultate.

Um eine umfassende Aussage über den klinischen Zustand des Restaurationszahns und den Einfluss biologischer Parameter auf die Qualität indirekter Restaurationen treffen zu können, wurden Sensibilität, Perkussionsempfindlichkeit, Lockerungsgrad, SBI, PI, PPD und das Kariesrisiko erhoben. Die röntgenologische Untersuchung mittels Zahnfilmen trug ebenfalls zur Beurteilung bei.

#### **a) Thermischer Sensibilitätstest**

Im Rahmen der endodontischen Diagnostik wurde die Sensibilität mit einem geeisten Schaumstoffpellet getestet. Diese Methode weist gegenüber anderen Verfahren zur endodontischen Diagnostik die höchste Sensitivität und Spezifität auf (Salgar et al. 2017)

#### **b) Perkussionstest**

Anhand des Perkussionstests kann eine akzeptable Vorhersage von parodontal oder endodontisch bedingten Entzündungsvorgängen des periradikulären Knochens getroffen werden (Gibson Levin 2013).

**c) Lockerungsgrade (LG)**

Eine erhöhte Zahnbeweglichkeit als Folge einer parodontalen Erkrankung gibt indirekt Aufschluss über den funktionellen Zustand des Parodonts. Sie kann einen sich negativ auf das Fortschreiten der parodontalen Erkrankung auswirkenden Faktor darstellen (Glargia & Lindhe 1997).

**d) Sulcus-Blutungs-Index (SBI)**

Sulkuläre Blutungen stellen laut Muhlemann & Son (1971) das Leitsymptom einer initialen Gingivitis dar und wurden unter Zuhilfenahme des SBI bestimmt. Einen universellen Index zur Bestimmung der Gingivitis gibt es laut Ciancio (1986) nicht. Der SBI stellt jedoch eine annäherungsweise hohe Korrelation zum tatsächlichen gingivalen Zustand dar (Benamghar et al. 1982).

**e) Plaque-Index (PI)**

Der PI nach Turesky et al. (1970) gilt nach Fischman (1988) als zuverlässiger Index zur Abschätzung der mit Plaque bedeckten Zahnoberfläche.

**f) Taschensondierungstiefen (PPD)**

Die Erhebung zirkulärer Sondierungstiefen stellt immer noch eine der wichtigsten Methoden zur Identifizierung parodontaler Entzündungsvorgänge dar (Listgarten 1980). Das Nichtvorhandensein erhöhter PPD-Werte schließt das Risiko einer progredienten Erkrankung jedoch nicht aus (Greenstein 1997).

**g) Kariesrisiko**

Verfahren zur standardisierten Kariesrisikobestimmung, wie das hier verwendete Bestimmungsverfahren nach Hotz, Imfeld et al. (2005), stellen laut Cagetti et al. (2018) einen zuverlässigen Zusammenhang zwischen dem ermittelten Risiko und dem aktuellen Kariesstatus sowie einer

zukünftigen prognostizierten Zunahme kariöser Läsionen dar. Die Validität standardisierter Modelle gilt jedoch immer noch als begrenzt.

### **4.1.4 Bewertung der Qualität**

Das in dieser Studie angewendete System zur Bewertung indirekter Restaurationen wurde nahezu vollständig den von Hickel et al. (2007) formulierten Empfehlungen entnommen. Das ursprünglich von Ryge und Snyder (1973) entwickelte Verfahren zur systematischen Beurteilung direkter und indirekter Restaurationen hat sich in der Vergangenheit als Bewertungssystem klinischer Studien etabliert. Es wurde seither mehrfach für aktuelle Restaurationsmaterialien adaptiert und durch Hickel et al. unter Konsensfindung für die Bewertung indirekter Restaurationen optimiert. Vorteilhaft ist hierbei die systematische Bewertung der Kriterien und die Vergleichbarkeit mit anderen Studien. Die Graduierung von 1 bis 5 ermöglicht eine differenzierte Betrachtung der einzelnen Kriterien, sodass auch geringe Qualitätsunterschiede erfasst werden können. Darüber hinaus ist durch die Graduierung ein direkter klinischer Bezug gegeben, da eine Bewertung mit Grad 4 stets eine nötige Reparatur unter Erhalt der Restauration und eine Bewertung mit Grad 5 eine Intervention mit einhergehendem Verlust der Restauration bedingt.

Das von Hickel et al. empfohlene System basiert auf 16 Bewertungskriterien. Vor Beginn der Studie wurden drei Kriterien für die formulierte Fragestellung der Studie als nachrangig betrachtet und somit ausgeschlossen: Abnutzung (1) Integrität des Zahns/Schmelzfrakturen (2) orale und allgemeine Gesundheit (3). Das Kriterium Abnutzung (1) bezieht sich sowohl auf physikalische als auch auf chemische Abtragung des Restaurationsmaterials. Die Beurteilung dieses Kriteriums sollte laut Hickel et al. im Rahmen eines semi-quantitativen Verfahrens über das Anfertigen von Fotos zu Beginn (baseline) und zum darauffolgenden Untersuchungszeitpunkt erfolgen. Dies war durch den hier vorliegenden retrospektiven Studiencharakter nicht realisierbar. Chemische Reaktionen liegen bei hochgoldhaltigen Legierungen und Dentalkeramiken in so geringem Ausmaß vor (Anusavice 1992), dass sie im Rahmen des Studienprozederes nicht ermittelt wurden. Zahnfrakturen (2) am Restaurationszahn wurden im Zuge der

## Diskussion

Untersuchung als ungünstiges Ereignis dokumentiert und flossen über die Beeinträchtigung anderer Kriterien in die Bewertung ein. Dazu zählen zum Beispiel ein durch Fraktur in Mitleidenschaft gezogener Approximalkontakt, mangelhafte Randqualität oder eine sich konsekutiv gebildete Sekundärkaries. Zudem lag in nur zwei Fällen der untersuchten Restaurationen ( $n = 296$ ) eine Zahnfraktur vor. Es handelte sich hierbei um keramisch restaurierte Zähne. Die orale und allgemeine Gesundheit (3) wurde zu Beginn der Behandlung anamnestisch erfragt und im Zuge der perioralen und oralen Inspektion erfasst. Assoziierte Gewebe und Strukturen wurden aufmerksam nach Pathologien, die im Zusammenhang mit dem restaurierten Zahn stehen könnten, untersucht, jedoch in keinem der Fälle beobachtet.

Die Kriterien Patientenzufriedenheit und angrenzende Mukosa wurden nach Abschluss der Untersuchungen aus der Bewertung ausgeschlossen. Der relativierende Einfluss der durchweg guten Bewertungen der o.g. Kriterien auf die Gesamtsumme sollte durch diese Maßnahme umgangen werden. Die Patientenzufriedenheit wurde in 86% ( $n = 255$ ) der Fälle ( $n = 296$ ) mit vollkommen zufrieden und in 11% ( $n = 31$ ) mit zufrieden beantwortet. 3% ( $n = 9$ ) der Patienten äußerten leichte Unzufriedenheit mit der Ästhetik. Lediglich ein Patient äußerte den Wunsch nach Verbesserung. Die angrenzenden Mukosa wurde in 98,6% ( $n = 292$ ) der untersuchten Fälle ( $n = 296$ ) als gesund bewertet, zwei Fälle waren gesund nach geringfügiger Entfernung von mechanischen Irritationen und ein Fall wies Veränderung der Mukosa auf, die nicht sicher in Zusammenhang mit der Restauration gebracht werden konnten. Wie Donovan & Chee (1993) bereits beschrieben, weisen beide Materialien eine exzellente Biokompatibilität auf, weshalb pathologische Veränderungen der Mukosa nicht zu erwarten waren. Durch Ausschluss der o.g. Kriterien aus dem Gesamtscore wurde das Bewertungssystem präziser und kritischer bezüglich der formulierten Fragestellungen gestaltet.

Im Folgenden werden die erhobenen Kriterien bezugnehmend auf die von Hickel, Roulet et al. (2007) veröffentlichte Empfehlung diskutiert.

### **a) Oberflächenbeschaffenheit/Politur**

Bei der Bewertung der Politur stellte sich die Reproduzierbarkeit als problematisch dar. Genauere Verfahren über das Anfertigen von Replikatmodellen und der Auswertung mittels Messinstrumente existieren (Hickel et al. 2007). Diese wurden in dieser Nachuntersuchung jedoch nicht favorisiert. Es wurde daher der Vergleich der Rauigkeit im Vergleich zum benachbarten Schmelz als Möglichkeit einer qualitativen Analyse gewählt.

### **b) Oberflächen-/Randverfärbung**

Die Vergleichbarkeit der Randverfärbung zwischen Gold- und Keramikrestorationen scheint nur eingeschränkt sinnvoll, da an die zahnfarbenen Keramikrestorationen höhere ästhetische Ansprüche gestellt werden. Zudem sind die zahnfarbenen Kompositfugen des Restaurationsrands weitaus anfälliger für das in Erscheinung treten von Farbabweichungen. Mit Hilfe der in Kapitel 2.4.3 beschriebenen Graduierung wurde trotz allem eine möglichst objektive Bewertung getroffen.

### **c) Farbstabilität**

Wie im Kapitel 2.4.3 beschrieben, fand die Farbbewertung bei Tageslicht ohne zusätzliche Lichtquellen statt. Zur Befundung wurde ein einheitlicher Abstand von 60cm bis 100cm eingehalten.

Bewertet wurde die Übereinstimmung von Farbe und Transluzenz der keramischen Restauration mit den Eigenschaften der natürlichen Zahnhartsubstanz. Eine fotodokumentierte Verlaufskontrolle, die einen Vergleich zwischen der Situation am Untersuchungszeitpunkt und der Ausgangssituation zulässt, konnte aufgrund fehlender Ausgangsbilder nicht durchgeführt werden.

**d) Anatomische Form**

Um individuelle Abweichungen möglichst gering zu halten, wurde die Bewertung der anatomischen Form in einem einheitlichen Abstand von 60cm bis 100cm durchgeführt.

Die Bewertung der ästhetischen Kriterien wurde unter möglichst neutralen Bedingungen bei abgeschalteter Behandlungsleuchte und unter Einhaltung eines festgelegten Beobachtungsabstands durchgeführt. Verfälschende Einflüsse sollten auf diese Weise minimiert werden. Außerdem wurden zur Objektivierung der Bewertung der Qualität Fotografien angefertigt, die zu einem späteren Zeitpunkt als eventuelle Reevaluation dienen.

**e) Oberflächendefekte/Retention**

Die Bewertung der Oberfläche und gegebenenfalls beeinträchtigter Retention gelang zuverlässig durch die in 2.4.3 getroffene Einteilung.

**f) Randqualität**

Die Beurteilung der Randqualität durch systematisches Sondieren des Restaurationsrandes mit einer 3A Sonde erfolgte nicht standardisiert und nach Ermessen des Behandlers. Als präziseres Verfahren wurde das Verwenden eines Sondensets mit verschiedenen Spitzenstärken (50µm, 150µm, 250µm), sowie das Verwenden einer Kuhhornsonde zur Beurteilung der Approximalflächen beschrieben (Hickel et al. 2007). Die in 2.4.3 genannte Einteilung trug dazu bei, die Bewertung zu objektivieren.

**g) Approximalkontakt**

Von einem physiologischen Approximalkontakt kann gesprochen werden, wenn sich die Zahnseide nach Überwinden eines moderaten Widerstands ohne zu fasn durch den Approximalkontakt ziehen lässt. Dieses wird auch als „snap“-Effekt bezeichnet (Hickel et al. 2007). Diese Methode wurde in der hier vorliegenden Studie gewählt, wenngleich eine Beurteilung mit Metall-Matrizen verschiedener Stärken genauere Differenzierungen ergeben hätte.

**h) Röntgenologische Untersuchung**

Die röntgenologische Beurteilung wurde anhand der in 2.4.3 getroffenen Einteilung an einem dafür ausgewiesenen Befundungsmonitor durchgeführt.

**i) Patientenzufriedenheit**

Das Kriterium wurde aus der Bewertung ausgeschlossen (s.o.).

**j) Sensibilität/endodontischer Zustand**

Die Beurteilung des Endodonts wurde für nicht wurzelkanalbehandelte Zähne und wurzelkanalbehandelte Zähne gesondert durchgeführt. Die Sensibilität nicht wurzelkanalbehandelter Zähne wurde mit einem gekühlten Pellet getestet und nach in Kapitel 2.4.3 beschriebener Einteilung bewertet. Ursprünglich sollte dieses Kriterium postoperative Hypersensibilitäten im Zuge regelmäßiger Recalls bei prospektiven Studien erfassen. Die im Rahmen dieser Studie durchgeführten Untersuchungen gaben nur Auskunft über die Sensibilität zum Untersuchungszeitpunkt. Um auszuschließen, dass einer verstärkten oder verringerten Reaktion des Zahns auf den Kältetest eine generalisierte Hyper-/Hyposensibilität der Zähne zugrunde liegt, wurden differentialdiagnostisch Sensibilitätstests an Referenzzähnen durchgeführt.

Für wurzelkanalbehandelte Zähne wurde von den Untersucherinnen in Zusammenarbeit mit dem betreuenden Oberarzt ein eigenes Bewertungskriterium erstellt (siehe Tab. 6, Kap. 2.4.3). Diese Einteilung ermöglichte eine Aussage über den klinischen Zustand der erfolgten Wurzelkanalbehandlung, der damit assoziierten Gewebe und den Bedarf weiterer Interventionen.

**k) Karies/Erosion**

Die Bewertung stützt sich hauptsächlich auf die klinische, visuelle und mechanische Inspektion der Restaurationsränder. Zusätzlich wurden die

angefertigten Zahnfilme hinsichtlich approximaler Läsionen befundet, um eine fundierte Bewertung zu treffen.

### **l) Parodontale Reaktion**

Das Kriterium wurde anhand zuvor erhobener Befunde des PI (siehe 2.4.2), einer visuellen Beurteilung des Zustands der Gingiva und anhand der zuvor gemessenen PPD bewertet. Als nennenswert wurde eine Zunahme der PPD um mehr als 1mm im Vergleich zu einem Referenzzahn angenommen. Eine separate Kalibrierung und standardisierte Messverfahren wurden dafür nicht angewendet.

### **m) Angrenzende Mukosa**

Das Kriterium wurde aus der Bewertung ausgeschlossen (s.o.).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die systematische Bewertung der einzelnen Kriterien unter Berücksichtigung der klinischen Durchführbarkeit einer retrospektiven Studie möglichst objektiv und einheitlich stattfand. Trotz allem mag die Reliabilität durch die – trotz Untersucherkalibrierung - nicht vollständig standardisierten Untersuchungsmaßnahmen und die vom Ermessen des Behandlers abhängige Beurteilung beeinträchtigt sein.

### **4.1.5 Röntgenologische Bildgebung**

Beurteilt wurden apikale Strukturen sowie eventuell vorhandene Karies zum Untersuchungszeitpunkt. Die Auswertung der Zahnfilme erfolgte unter Konsensfindung durch die fachkundigen approbierten Untersucherinnen auf einem Befundungsmonitor in einem abgedunkelten Raum. Bissflügelaufnahmen weisen gegenüber Zahnfilmaufnahmen eine höhere Sensitivität hinsichtlich der Diagnostik von Approximalkaries auf (Takahashi et al. 2019). Um jedoch periapikale Strukturen abbilden und beurteilen zu können, wurden Zahnfilme verwendet. So konnte das Anfertigen eines zusätzlichen Röntgenbilds vermieden und die Strahlenbelastung gemäß rechtfertigender Indikation geringgehalten werden.

## Diskussion

Ausgangsbilder der Restaurationen liegen aufgrund des deutlich zurückliegenden Insertionszeitpunkts in analoger Form vor. Eine vergleichende Auswertung wurde für die hier formulierten Studienziele als nachrangig gewertet und nicht durchgeführt.

### 4.1.6 Auswertung der Befunde

Die erhobenen klinischen Parameter und die USPHS-Kriterien zur Bewertung der Qualität wurden im Zuge der statistischen Auswertung kategorisiert. Die Einteilungen wurden durch die Untersucherinnen getroffen.

#### Gingivitis

Von einer manifesten Gingivitis wurde gesprochen, sobald mehr als 10% der Messwerte  $\geq I$  waren oder mindestens ein Messwert  $\geq II$ . Davon betroffen waren 57,4% ( $n = 170$ ) der Probanden. Der Anteil betroffener Patienten in der Studie war vergleichbar mit Daten einer Studie aus den USA (Albandar & Kingman 1999).

#### Plaqueakkumulation

Die Summe gemessener Plaqueakkumulation wurde ins Verhältnis mit der Anzahl der Messwerte gesetzt. Sobald der Quotient *Anzahl Messwerte/Summe der Messwerte*  $\leq 0,33$  war (entspricht der durchschnittlichen Häufigkeit eines PI-Grad 3), wurde von vorhandener Plaqueakkumulation gesprochen. Dies traf auf 32,5% ( $n = 96$ ) der Probanden zu. Eine randomisierte Studie von Kurtz et al. (2016) ergab Mittelwerte des PI nach Turesky et al. im Bereich von 2,2 bis 2,3. Ein mittlerer PI-Grad 3, wie hier als Grenzwert festgelegt, kann demnach als verhältnismäßig hoch angesehen werden und wurde als kritisches Maß zur Unterscheidung zwischen vorhandener und nicht vorhandener Plaqueakkumulation gewählt.

#### Kariesrisiko

Bei der Dichotomisierung der Variable wurde ein niedriges Kariesrisiko der Gruppe eines mittleren und hohen Kariesrisikos gegenübergestellt. Letztere

## Diskussion

stellten 56,4% ( $n = 167$ ) des Kollektivs dar. Die Zuteilung ergibt sich schlüssig aus den erhobenen Daten und Befunden (siehe 7.3).

### **Orale Gesundheit**

Das aus o.g. Variablen entstandene Konstrukt der oralen Gesundheit teilte 16,3% ( $n = 48$ ) der Probanden als oral ungesund ein. Der geringe Anteil erscheint dadurch zu erklären, dass erst bei Präsenz einer positiven Ausprägung aller drei Variablen ein Patient als ungesund identifiziert galt. Dementsprechend stellt diese Variable eine Patientengruppe mit deutlich vernachlässigten oralen Verhältnissen dar. Mit Hilfe dieser derart definierten Variable konnte dennoch eine Aussage über diesen spezifischen Teil des Patientenkollektivs bezüglich der Restaurationsqualität getroffen werden.

### **Parodontale Befunde**

Anhand der getroffenen Einteilung der parodontale Befunde wurden 12,5% ( $n = 37$ ) der untersuchten Patienten als erkrankt bewertet. Die fünfte Mundgesundheitsstudie (Jordan 2016) schätzte, dass 8,2% der jungen Erwachsenen (35 - 44 Jahre) und 19,8% der jüngeren Senioren (65 - 74 Jahre) an schwerer Parodontitis leiden. Davon ausgehend, dass die Prävalenz einer parodontalen Erkrankung mit dem Alter zunimmt, stimmen die Anteile weitestgehend mit der in dieser Studie bestimmten Prävalenz bei einer Altersverteilung von 30,1 bis 83,8 Jahren überein.

### **Bewertung der Qualität**

Der Qualitätsscore wurde durch Grenzen bei 26%, 40% und 60% in exzellente, gute und akzeptable Qualität (Kategorie 1) eingeteilt, um annähernd homogene Bewertungsbereiche zu erhalten. Die Abstufung zwischen hoher und niedriger Qualität (Kategorie 2) ergab sich, orientiert an der klinischen Relevanz, sobald eine Restauration mit Grad 4 oder Grad 5 bewertet wurde. Die Vergabe eines Grads 4 oder 5 teilte die Restaurationen in logischer Konsequenz der mangelhaften und ungenügenden Qualitätsstufe zu (Kategorie 1).

#### 4.1.7 Statistische Auswertung

Alle beschriebenen Parameter wurden für eine ausgewählte Restauration pro Patient sowie den ggf. jeweiligen Nachbarzähnen erhoben. Auf diese Weise wurde die statistische Unabhängigkeit der Messwerte bewahrt. Vergleichbare Studien von Felden, Schmalz et al. (1998) und Frankenberger, Taschner et al. (2008) hingegen untersuchten mehr als eine Restauration pro Patient. Das Auswahlverfahren der Restauration im Falle von mehreren vorhandenen geeigneten Restaurationen wurde im Vorhinein generiert (siehe Abb. 1, Kap. 2.2) und für alle Restaurationen gleichermaßen eingehalten. Die Auswahl erfolgte abhängig vom Restaurationsmaterial, Größe und Alter der Restauration und somit nicht zufällig, jedoch von anderen Faktoren unabhängig.

Die klinischen Befunde SBI, PI, Kariesrisiko und die parodontalen Befunde wurden kategorisiert und dichotomisiert. Die dadurch definierten Variablen *Gingivitis*, *Plaqueeakkumulation* und *Kariesrisiko* wurden zu einer neuen dichotomen Variable der oralen Gesundheit zusammengefasst. Die ebenfalls dichotome Variable Parodontitis wurde durch die LG und der PPD bestimmt. Jeder dieser Kategorisierung geht mit einer Degradierung der ursprünglichen Befunde einher. Der hierbei entstandene Informationsverlust erschien zwecks geplanter statistischer Tests akzeptabel.

Die Qualität wurde auf verschiedene Weise durch die USPHS-Kriterien definiert. Der Qualitätsscore (metrisch) wurde als abhängige Variable bei Unterschiedsprüfungen gewählt (*t*-Test, ANOVA). Zusammenhänge zwischen zwei Variablen wurden mit Hilfe des Chi-Quadrat-Tests überprüft, wofür das Vorliegen einer kategorialen Variable notwendig war. In diesen Fällen wurden die Qualität Kategorie 1 und Kategorie 2 einbezogen. Die binär logistische Regression kann nur für eine dichotome Variable berechnet werden, sodass für dieses Testverfahren die Qualität Kategorie 1 verwendet wurde. Wenn nicht anders durch die Bedingungen des gewünschten Testverfahrens vorgegeben, wurde der metrische Qualitätsscore für die Berechnungen verwendet, um einen möglichst hohen Informationsgehalt zu gewährleisten.

## 4.2 Diskussion der Ergebnisse

In dieser Arbeit wurden 296 indirekte Restaurationen, davon 147 aus hochgoldhaltiger Legierung (Degunorm, Fa. DeguDent) und 149 keramische Restaurationen (Empress I, Fa. Ivoclar Vivadent), systematisch auf ihre Qualität und mögliche biologische sowie funktionelle Einflüsse untersucht. Ziel der Arbeit war es, die beiden Restaurationsmaterialien miteinander zu vergleichen und Langzeitergebnisse über die Qualität der Restaurationen zu ermitteln. Bisherige Langzeitstudien zu Inlays und Teilkronen aus Keramik beschreiben einen Beobachtungszeitraum bis zu 10 Jahren für Empress I (Stoll, Cappel et al. 2007) und CAD/CAM gefertigte Restaurationen (Sjogren et al. 2004). Frankenberger, Taschner et al. (2008) beobachteten Inlays und Teilkronen aus leuzitverstärkter Glaskeramik über einen Zeitraum von 12 Jahren. Einen Beobachtungszeitraum von 15 Jahren für extendierte Keramikrestaurationen beschrieben van Dijken & Hasselrot (2010). Langzeitdaten über diesen Zeitraum hinaus existieren für Keramikteilkronen nicht. Langzeitdaten über Goldteilkronen hingegen können anhand der Literatur bereits zuverlässig getroffen werden (Stoll, Sieweke et al. 1999, Studer, Wettstein et al. 2000).

Daten über Vergleiche von Gold- und Keramikrestaurationen, wie in der hier vorliegenden Studie erhoben, existieren nur für einen Beobachtungszeitraum von 5,5 Jahren (Federlin, Hiller et al. 2010) bis sieben Jahre (Wagner, Hiller et al. 2003).

### 4.2.1 Qualität indirekter Restaurationen

In das vorliegende Studienmodell einbezogen wurden lediglich Restaurationen, die zum Untersuchungszeitpunkt in situ waren. Die Goldrestaurationen waren zu 68% ( $n = 100$ ) in einem exzellenten bis akzeptablen Zustand, Keramikrestaurationen erzielten hier sogar 75,2% ( $n = 112$ ). Eine Reparatur der Restauration war notwendig bei 38 (25,9%) der Goldteilkronen und 31 (20,8%) der Keramikrestaurationen. Reparaturen indirekter Restaurationen können in vielen Fällen relativ einfach erfolgen, ohne dabei gesundes Gewebe entfernen

## Diskussion

zu müssen (van Dijken & Hasselrot 2010), was für den minimalinvasiven Charakter der Restaurationen spricht. Goldrestaurationen konnten in neun Fällen (6,1%) nicht erhalten werden und Keramikrestaurationen in sechs Fällen (4%). Der Großteil der untersuchten Restaurationen stellte 8,9 bis 24,8 Jahre nach Insertion folglich eine klinisch zufriedenstellende Versorgung dar. Auch Federlin, Hiller et al. (2010) beobachteten nach 5,5 Jahren klinisch zufriedenstellende Ergebnisse von Gold- und Keramikteilkronen und konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen feststellen. Wagner, Hiller et al. (2003) ermittelten anhand USPHS-Kriterien ebenfalls vergleichbar gute Qualitäten der Gold- und Keramikrestaurationen nach sieben Jahren. Der Vergleich der in der hier vorliegenden Studie untersuchten Gruppen zeigte ebenfalls keinen statistischen Zusammenhang der Qualität zwischen den Gruppen [1a, 1b].

Die Qualität von Keramikrestaurationen an Prämolaren zeigte sich als signifikant niedriger als die an Molaren. Dieser Zusammenhang konnte für die Qualität von Goldteilkronen nicht bewiesen werden. Hier muss jedoch kritisch erwähnt werden, dass eine sehr geringe Fallzahl mit Gold restaurierter Prämolaren ( $n = 15$ ) vorlag. Eine statistische Validität erschien eingeschränkt. Vergleichbare Studien zeigten uneinheitliche Ergebnisse bezüglich der unterschiedlichen Versagensraten an Prämolaren und Molaren. Malament (1999) beobachtete an vollkeramischen Kronen eine Unterlegenheit der Prämolarenrestaurationen. Durch van Dijken & Hasselrot (2010) jedoch konnte an den untersuchten Keramikrestaurationen kein Unterschied abhängig vom Zahntyp ermittelt werden. Bei Reiss (2006) hingegen zeigten sich Prämolarenrestaurationen den Molarenrestaurationen überlegen. In der hier vorliegenden Arbeit wurde bezüglich dieser Fragestellung ein signifikanter Unterschied festgestellt [2]. Es kann jedoch angenommen werden, dass der Zahntyp eine eher untergeordnete Rolle bezüglich der Restaurationsqualität spielt.

Die vergleichende Untersuchung von Gold- und Keramikrestaurationen hinsichtlich der einzelnen USPHS-Kriterien ergab einen signifikanten Zusammenhang der Randverfärbung sowie signifikante Zusammenhänge der Oberflächendefekte, der Randqualität und der Ausprägung Karies (siehe Tab. 10, Abb. 19-20). Goldrestaurationen waren den Keramikrestaurationen hier

## Diskussion

überlegen. Die verhältnismäßig höhere Ausprägung der Oberflächendefekte, der höhere Anteil an Randverfärbung, geringere Randqualität und die höhere Kariesausprägung von Keramikrestorationen können in einem qualitativ minderwertigen adhäsiven Verbund des Befestigungsmaterials zur Keramik sowie zur Zahnhartsubstanz begründet sein (van Dijken & Hasselrot). Bereits nach drei Jahren konnten Federlin, Wagner et al. (2007) eine Abnahme der Qualität bezüglich der Randverfärbung und der Randqualität beobachten. Nach 5,5 Jahren wurden zunehmend Mängel der Randverfärbung und der Randqualität verzeichnet, die sich signifikant im Vergleich zur Ausgangssituation unterschieden. Eine Studie von Krämer & Frankenberger (2005) beobachtete signifikant zunehmende Mängel der Randqualität von Keramikrestorationen über einen Beobachtungszeitraum von 8 Jahren. Hierfür mag eine zeitabhängige Abnutzung und Desintegration des Befestigungskomposits in der Klebefuge verantwortlich sein (Federlin, Hiller et al. 2010). Der adhäsive Verbund zur Zahnhartsubstanz und zur Keramik ist einer dauerhaften thermischen, chemischen und mechanischen Belastung ausgesetzt, mit der Abnutzungs- und Ermüdungserscheinungen einhergehen (Yassini, Mirzaei et al. 2016). Ferner kann die mechanische Belastung zu Absplitterungen im Randbereich führen. Chemische Hydrolyse, ausgelöst durch das Eindringen von Wasser, führt über die Aktivierung kollagenspaltender Enzyme zu einer Degradierung der Kollagenfibrillen und einem Aufweichen der Polymermatrix (van Dijken & Hasselrot 2010, Liu, Tjäderhane et al. 2011). Eine sukzessive Schwächung der Hybrid-Schicht ist die Folge.

Hier wird die Relevanz des adhäsiven Verbunds bei keramischen Restaurationen deutlich. So ist er einerseits ursächlich für die tendenziell geringgradige Unterlegenheit der Keramikrestorationen gegenüber Goldrestaurationen hinsichtlich der Randbeschaffenheit. Andererseits ermöglicht die adhäsive Befestigung ein substanzschonendes Präparationsdesign unter Verzicht retentiver Präparationselemente wie beispielsweise bei Onlay-Präparationen (van Dijken, Hasselrot et al. 2001). Voraussetzung dafür ist der suffiziente Verbund zwischen Keramik, Befestigungsmaterialien und Zahnhartsubstanz (Buhler, Naef et al. 2017). Dieser ermöglicht die sichere und andauernde

## Diskussion

Stabilisierung von Keramik und verbliebener Zahnhartsubstanz (Vogl, Hiller et al. 2016). Trotz einer langfristig potentiellen Degradation des Befestigungskomposits und den daraus resultierenden Mängeln hat sich die adhäsive Befestigung in der restaurativen Zahnheilkunde erfolgreich durchgesetzt.

Die höchste Inzidenz auftretender Keramikfrakturen bis hin zum Restaurationsverlust scheint in den ersten acht Jahren nach Insertion, gefolgt von einer Zeitspanne mit abnehmender Inzidenz aufzutreten (van Dijken & Hasselrot 2010). Mängel der Randintegrität an keramischen Restaurationen traten ebenfalls bereits nach den ersten drei bis acht Jahren auf (van Dijken, Hasselrot et al. 2001, Federlin, Wagner et al. 2007, Frankenberger, Taschner et al. 2008). In einer Studie von Stoll, Cappel et al. (2007) traten Versagensereignisse der untersuchten Restaurationen ausschließlich innerhalb der ersten 6,8 Jahre auf. Bis zum Ende des zehnjährigen Beobachtungszeitraums trat kein weiteres Scheitern auf. Die von Reiss & Walther (2000), (2006) ermittelten Überlebensraten nach 12 und 18,3 Jahren waren mit 84,9% und 84,4% nahezu identisch. Für Goldrestaurationen zeigte sich in bisherigen Studien kein vergleichbares verfrühtes Versagensmuster (Stoll, Sieweke et al. 1999, Studer, Wettstein et al. 2000). Es kann vermutet werden, dass ein relativ hoher Anteil auftretender ungünstiger Ereignisse, die womöglich eine Reparatur oder eine Neuanfertigung der Restauration erfordern, bereits im Zeitraum von fünf bis zwölf Jahre nach Insertion auftreten. Der in dieser Studie gewählte Beobachtungszeitraum von 9 bis 25 Jahre hat diese kritische Zeitspanne größtenteils bereits übertroffen. Restaurationen mit vorzeitigem Versagen konnten hier also möglicherweise nicht mehr erfasst werden. Bedingt durch den retrospektiven Studiencharakter wurden nur die Restaurationen bewertet, welche zum Untersuchungszeitpunkt in-situ waren. Bekannt ist, dass 29 Restaurationen zum Untersuchungszeitpunkt nicht mehr in-situ waren. Die in dieser Studie ermittelte hohe Qualität und hervorragende Beständigkeit beider Restaurationsmaterialien darf nur im Wissen der studienspezifischen Einschränkungen als positiv gedeutet werden.

Es ist zu vermuten, dass ein vorzeitiger Misserfolg bei Keramikrestorationen mit einem nicht einwandfrei hergestellten adhäsiven Verbund zum Zeitpunkt der Insertion zusammenhängt (Buhler, Naef et al. 2017). Der Langzeiterfolg adhäsiv befestigter Keramiken beruht auf dem mikromechanischen Verbund zwischen Zahn und Restaurationsmaterial. Mängel des Verbunds führen zeitabhängig zu Wasseraufnahme und hydrolytischer Degradation der Kollagenfibrillen (van Dijken & Hasselrot 2010). Klinisch kann sich ein fehlerhaftes Bonding in Randverfärbung, Sekundärkaries, Fraktur und womöglich sogar einem Restaurationsverlust äußern. Die beschriebenen klinischen Komplikationen sind Anzeichen einer stattgefundenen Abnutzung und zeitabhängigen Schwächung des adhäsiven Verbunds (Federlin, Hiller et al. 2010).

Goldteilkronen, die in der vorliegenden Arbeit stets konventionell zementiert wurden, bedingen ein weitaus retentiveres Präparationsdesign. Unzulängliche Retention kann einen vorzeitigen Misserfolg von Goldrestorationen verursachen. Bei ungenügender Retention besteht aber auch bei hochgoldhaltigen Restorationen nach erfolgter Silikatisierung und Silanisierung die Möglichkeit der adhäsiven Befestigung. Zudem stellen individuelle patientenbezogene Parameter wie Bruxismus (Beier et al. 2012, van de Sande et al. 2016) durch die zusätzliche mechanische Belastung ein mögliches Risiko für die Integrität einer Restauration dar.

### **4.2.2 Einfluss biologischer und funktioneller Parameter auf die Qualität indirekter Restorationen**

In die Untersuchungen dieser Arbeit wurden alle Patientengruppen einbezogen. Eine Selektion des Patientenkollektivs anhand des Patientenalters, vorliegender Parafunktionen, eines Mindestmaßes an Mundhygiene oder Ausschluss sonstiger Risikogruppen fand nicht statt. Die Gesamtheit des Patientenkollektivs kann somit als weitestgehend repräsentativ angesehen werden. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass der Behandler zum Zeitpunkt der Herstellung der Restauration o.g. Befunde hinsichtlich der Auswahl des Restaurationsmaterials berücksichtigt hat. Eine solche durch den Behandler erfolgte Selektion kann im Rahmen des retrospektiven Studiencharakters nicht

## Diskussion

zurückverfolgt werden. Im Gegensatz zu anderen Studien, die Risikogruppen wie Patienten mit Bruxismus, schlechter Mundhygiene (Krämer & Frankenberger 2005, Marquardt & Strub 2006, Frankenberger, Taschner et al. 2008, Guess, Strub et al. 2009) oder erhöhtem Kariesrisiko (Fradeani & Redemagni 2002, Galiatsatos & Bergou 2008) ausschlossen, können die beobachteten Ergebnisse der hier vorliegenden Studie im Rahmen der ihr zugrunde liegenden Limitationen als repräsentativ und übertragbar auf den klinischen Alltag angesehen werden (van Dijken & Hasselrot 2010). Die klinische Befundung beinhaltete das Erheben des SBI, PI, des Kariesrisikos und des parodontalen Zustands, um valide Aussagen über den Zusammenhang genannter Parameter und der Qualität indirekter Restaurationen treffen zu können.

Tests zwischen SBI und der Restaurationsqualität waren ausnahmslos nicht signifikant. Zwischen einer sulkulären Blutung, morphologischen Veränderungen der Gingiva und der Qualität indirekter Restaurationen konnte in dieser Arbeit kein Zusammenhang hergestellt werden [4].

Die Plaqueakkumulation wirkte sich nach Berechnungen eines *t*-Tests für unabhängige Stichproben signifikant auf die Qualität der indirekten Restaurationen aus, wobei die Betrachtung der einzelnen Restaurationsgruppen mittels *t*-Test diesen Unterschied nur bei Keramikrestaurationen bestätigte [5a-c]. Die Plaqueakkumulation am Restaurationszahn selbst unterschied sich zwischen Gold- und Keramikrestaurationen nicht, sodass sich der berechnete Qualitätsunterschied nicht in einer allgemein höheren Plaqueakkumulation der keramischen Restaurationen begründen lässt [6]. Auch bezüglich der stärkeren Auswirkungen der Plaqueakkumulation lassen sich eine zeitabhängige Abschwächung des adhäsiven Verbunds und die Einwirkungen der Plaque an der Klebefuge als ursächlich vermuten (Federlin, Hiller et al. 2010). Diese Vermutung unterstützend zeigten signifikante Chi-Quadrat-Tests, dass die Variablen Randverfärbung und Randqualität bei Patienten mit Plaqueakkumulation höher ausgeprägt waren (siehe Abb. 21) [7b+f].

Eine ANOVA zeigte einen signifikanten Unterschied zwischen der Qualität indirekter Restaurationen und dem Kariesrisiko. Besonders groß war der Unterschied zwischen niedrigem und hohem Kariesrisiko (siehe Abb. 22) [8]. Der

## Diskussion

signifikante Effekt eines hohen Kariesrisikos auf das Überleben von Restaurationen konnte von van de Sande, Collares et al. (2016) in einem systematischen Review bei 67% der 15 einbezogenen Studien festgestellt werden.

Die orale Gesundheit - ein Konstrukt aus SBI, PI und dem Kariesrisiko - wirkte sich signifikant auf die Qualität aus [9]. Der zuvor beschriebene kleine Effekt der Plaqueakkumulation und der größere Effekt des Kariesrisikos spiegelten sich hier gemittelt wider. Das Konstrukt der oralen Gesundheit lieferte zwar den Messungen entsprechende Ergebnisse, die einzelnen Effekte der Parameter relativierten sich dabei jedoch. Zudem stellte, wie in Kapitel 4.1.6 erläutert, die Gruppe der Probanden mit einem oral ungesunden Status mit  $n = 48$  ein relativ begrenztes Kollektiv dar. Aussagen zu dieser Variable müssen sehr differenziert betrachtet werden, da der ermittelte Qualitätsunterschied für Probanden mit deutlich vernachlässigten Mundhygieneverhältnissen galt.

Die Untersuchung der Patientengruppen mit gesundem und lokal erkranktem Parodont unter Verwendung eines  $t$ -Tests bestätigten die Hypothese, dass eine Erkrankung des Parodonts in Zusammenhang mit der Qualität der Restaurationen gebracht werden kann. Bei Aufteilung des Kollektivs nach Restaurationsmaterial bestätigte sich der Qualitätsunterschied allerdings nur für Goldrestaurationen [10]. Dieses Ergebnis muss dahingehend kritisch betrachtet werden, dass sich die parodontale Beurteilung aus den PPD und dem LG definiert. Die Indikation der Defektversorgung mittels Keramikrestaurationen ist durch eine bestenfalls im Zahnschmelz befindliche Präparationsgrenze sowie durch eine Befestigung unter idealerweise absoluter Trockenlegung limitiert (Kern & Wolfart 2009). Die Präparation der Goldteilkronen hingegen dehnt sich oftmals ins Dentin aus, um vor allem approximal-zervikal profunde Defekte in die Präparation miteinbeziehen zu können. Diese Tatsache impliziert zum einen, dass restaurationsbedürftige Zähne mit ausgedehnten tiefen Defekten vermehrt mit Goldrestaurationen versorgt wurden. Es darf angenommen werden, dass die zu versorgenden Defekte bei den Keramikrestaurationen u.a. aufgrund o.g. Limitationen keine vergleichbare Ausdehnung aufwiesen. Zum anderen können die subgingivale Präparation und somit subgingival liegende Kronenränder eine

## Diskussion

Zunahme der Sondierungstiefen zur Folge haben (Valderhaug 1980). Es ist bekannt, dass sich eine Verletzung der biologischen Breite auf die parodontale Gesundheit auswirkt (Maynard Jr. & Wilson 1979, Valderhaug 1980, Günay et al. 2000). Die Autoren beobachteten eine erhöhte Blutungsneigung sowie Attachmentverlust. Die daraus folgende erhöhte Sondierungstiefe kann in direkten Zusammenhang mit einer Verletzung der biologischen Breite gebracht werden. Ursächlich für die Zunahme der Sondierungstiefe ist nicht primär der Defekt selbst, sondern die subgingivale Präsenz des künstlichen Werkstoffs (Tal et al. 1989), der eine Neuanlagerung von bindegewebigem Attachment aufgrund von fehlendem Wurzelzement verhindert. Insbesondere der dickere interdentale Alveolarknochen neigt durch geringer ausgeprägte Resorptionsvorgänge eher zu einer dauerhaften gingivalen Entzündung. Die Wiedereinstellung der biologischen Breite bleibt aus (Waerhaug 1978, Nugala et al. 2012).

Die Annahme, dass Goldrestaurationen tiefere Sondierungstiefen als Keramikrestaurationen aufweisen, konnte mit einem *t*-Test bestätigt werden [10d]. Der verhältnismäßig deutlich stärkere Effekt des parodontalen Zustands auf die Restaurationsqualität von Gold- gegenüber Keramikrestaurationen sollte daher gemäßigt gewertet werden.

Die hier vorliegende Nachuntersuchung konnte keinen Zusammenhang der Restaurationsqualität zu den verschiedenen Gruppen von wurzelkanalbehandelten Zähnen und nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen ermitteln. Die Gruppen unterschieden sich nicht signifikant in ihrer Qualität. Gleiches wurde auch bei getrennter Betrachtung der Gold- und Keramikrestaurationen beobachtet [12]. Diese Beobachtung steht jedoch im Gegensatz zum vielfach in der Literatur beschriebenen geringeren Überleben von Restaurationen an wurzelkanalbehandelten Zähnen im Vergleich zu nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen (Stoll, Cappel et al. 2007, van Dijken & Hasselrot 2010, Beier, Kapferer et al. 2012, Buhler, Naef et al. 2017). Auch dieser Aspekt muss hinsichtlich in Kapitel 4.2.1 geäußerter Vorbehalte interpretiert werden, da ein bereits vorausgegangenes frühzeitiges Scheitern wurzelkanalbehandelter Zähne nicht ausgeschlossen werden kann. Nichtsdestotrotz zeigen die hier vorliegenden Ergebnisse, dass sowohl

goldhaltige als auch keramische Teilkronen eine zuverlässige postendodontische Versorgung darstellen. Auch in vitro Untersuchungen zeigten, dass Teilkronen generell eine deutliche bessere Stabilisierung wurzelkanalbehandelter Zähne aufweisen als direkte Restaurationstechniken (Frankenberger et al. 2015). Besonders endodontisch behandelte Seitenzähne mit mindestens dreiflächigen Kavitäten können sinnvoll mit Teilkronen versorgt werden (Damaschke et al. 2013).

Die verschiedenen antagonistischen Versorgungen wurden anhand einer ANOVA auf ihren Einfluss auf die Restaurationsqualität untersucht. Es wurde kein signifikanter Unterschied ermittelt [13]. Untersuchungen von Restaurationen aus Zirkoniumdioxidkeramik zeigten in bisherigen Studien signifikant höhere Versagensraten bei antagonistischen Metallrestaurationen (Miura et al. 2018) sowie antagonistischen Keramikrestaurationen (Koenig et al. 2013). Bei den hier untersuchten leuzitverstärkten Glaskeramiken, die eine deutlich geringere Biegefestigkeit als Zirkoniumdioxidkeramik aufweisen, wäre schlussfolgernd ein ähnlicher Effekt zu erwarten gewesen. Jenes konnte in der hier vorliegenden Arbeit nicht beobachtet werden, was womöglich dadurch zu begründen ist, dass die Ergebnisse auf die Beobachtung eines einzelnen Parameters begrenzt waren. Präzisere und systematische Befunde diesbezüglich wurden im Zuge einer anderen Dissertation erhoben.

### **4.2.3 Einfluss von Restaurationsalter und Patientenalter auf die Qualität indirekter Restaurationen**

Die untersuchten Restaurationen wiesen im Mittel ein Alter von 14,3 Jahren auf und können diesbezüglich als annähernd normalverteilt angenommen werden ( $Md = 13,8$ ). Die Kollektive der Gold- und Keramikrestaurationen waren in ihren statistischen Kenngrößen  $M$ ,  $Md$ ,  $SD$ ,  $MIN$  und  $MAX$  nahezu deckungsgleich, wodurch ein Vergleich zwischen den Kollektiven zuverlässig getroffen werden konnte. Die älteste untersuchte Restauration war 24,8 Jahre alt, sodass nach o.g.  $Md$  die Hälfte der Restaurationen ein Alter zwischen 13,8 und 24,8 Jahren aufwiesen. Das Alter dieser Restaurationen ist deutlich höher als bei

## Diskussion

vergleichbaren Studien und auch zu den jüngeren Restaurationen der hier vorliegenden Studie sind Daten in der Literatur begrenzt.

Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse zeigten, dass keine Qualitätsunterschiede zwischen Restaurationen verschiedenen Alters vorlagen [14]. Demnach bestand kein Zusammenhang zwischen einer Zunahme des Restaurationsalters und einer Änderung der Qualität. Dieses Ergebnis muss zurückhaltend bewertet werden (siehe Kap. 4.2.1). Restaurationen, die vorzeitig einen Misserfolg erfuhren, konnten nicht in die Auswertungen miteinbezogen werden.

Das Patientenalter hingegen kann scheinbar einen Einfluss auf die Qualität der Restaurationen haben. In der hier vorliegenden Arbeit ergaben Posthoc-Tests signifikante Unterschiede des Patientenalters zwischen exzellenter und mangelhafter sowie exzellenter und ungenügender Qualität (siehe Abb. 24) [15]. Zudem konnte die binär logistische Regression das Patientenalter als Prädiktor darstellen. Es zeigte sich, dass dieser Zusammenhang vor allem für Goldrestaurationen galt. Diese wiesen bei zunehmendem Patientenalter häufig eine niedrigere Qualität auf, wohingegen die Qualität der Keramikrestaurationen von diesem Zusammenhang unbeeinflusst blieb. Das Patientenalter in den Gruppen von Gold- und Keramikrestaurationen war im untersuchten Patientenpool nicht signifikant unterschiedlich, was eine zuverlässige Vergleichbarkeit ermöglichte [15g]. Der signifikante Einfluss des Patientenalters wurde ebenfalls von van de Sande, Collares et al. (2016) in etwa der Hälfte der 16 begutachteten Studien beschrieben. Bisher dargestellte Zusammenhänge lassen vermuten, dass ein im Alter abnehmendes Mundhygieneverhalten und vermehrte Plaqueakkumulation einen Teil zur Qualitätsminderung beitragen. Zudem kann man davon ausgehen, dass Defektgröße und Destruktionsgrad der zu versorgenden Zähne im Alter ansteigen.

Andere Studien beschrieben das Geschlecht als signifikanten Prädiktor und fanden höhere Versagensraten bei Männern vor (Schulz et al. 2003, van Dijken & Hasselrot 2010). Das Geschlecht wirkte sich jedoch in nur vier von 17 von van de Sande, Collares et al. (2016) untersuchten Studien signifikant auf das Versagen aus. Hieraus kann geschlossen werden, dass die

## Diskussion

Restaurationsqualität kaum vom Geschlecht abhängig ist. Die Qualität der in der vorliegenden Studie untersuchten Restaurationen konnte nicht signifikant durch das Geschlecht vorhergesagt werden. Die binär logistische Regression stellte lediglich die PPD am Restaurationsszahn sowie das Patientenalter als zuverlässige Faktoren zur Vorhersage der Qualität dar (siehe Tab. 12, Kap. 3.3.3). Darüber hinaus wies das Regressionsmodell als Ganzes eine eher geringe Modellgüte auf, was die Prozentwerte des Cox & Snell  $R^2$  (10,0%) und des Nagelkerke  $R^2$  (14,2%; entspricht einer mittleren Modellgüte) zeigten. Eine Vorhersage der Qualität gelingt mit diesem Modell basierend auf den genannten Variablen demnach nicht. Von der Berechnung weiterer Modelle wurde abgesehen, da auch bei Verwendung anderer Prädiktoren keine zuverlässige Voraussage der Qualität zu erwarten war (vergleiche 7.4 Korrelationstabelle).

Betrachtet man alle in dieser Arbeit gezeigten Zusammenhänge, fällt auf, dass die Qualität in der Mehrzahl der Fälle weniger von material- oder zahnbezogenen Faktoren abhängig zu sein scheint, sondern vielmehr von patientenbezogenen Faktoren, wie beispielsweise dem Patientenalter, der Plaqueakkumulation, dem Kariesrisiko und dem damit assoziierten Mundhygieneverhalten sowie der oralen Gesundheit. Auch van de Sande, Collares et al. (2016) zeigten, dass patientenbezogene Faktoren das Überleben einer Restauration signifikant beeinflussen. Sie schlussfolgerten aus ihren Untersuchungen, dass der Erfolg der Restaurationen bis zu einem bestimmten Grad unabhängig vom Restaurationsmaterial ist. Als ein weiterer in Studien häufig beobachteter negativer Faktor gilt Bruxismus (van Dijken & Hasselrot 2010, Beier, Kapferer et al. 2012, van de Sande, Collares et al. 2016). Dieser Faktor wurde in der hier vorliegenden Arbeit allerdings nicht berücksichtigt.

### 4.3 Schlussfolgerungen

Auf Grundlage der durchgeführten Untersuchungen kann mit relativ hoher Sicherheit bestätigt werden, dass indirekte Restaurationen aus Gold und Keramik gleichermaßen geeignet sind, Zähne bei entsprechend ausgedehnten Zahnhartsubstanzdefekten langfristig stabil und qualitativ zufriedenstellend zu versorgen. Nachuntersuchte Restaurationen mit bis zu 24,8 Jahren zeigten klinisch zufriedenstellende Qualitäten gemäß der in dieser Arbeit bewerteten Kriterien. Es zeigte sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen zunehmendem Restorationsalter und niedriger Qualität. Die Gruppen der Gold- und Keramikrestaurationen unterschieden sich weder im Restorationsalter noch in der Qualität signifikant. Sie können im Rahmen der hier durchgeführten Untersuchungen schlussfolgernd als qualitativ gleichwertig bezeichnet werden. Zahnbezogene Faktoren wie die Lokalisation im Ober- oder Unterkiefer oder der Zahntyp spielten eine untergeordnete Rolle. Es wurde allerdings ein geringerer Erfolg der Keramik- im Vergleich zu Goldrestaurationen hinsichtlich der Randverfärbung, der Randqualität, der Kariesprävalenz und dem Auftreten von Oberflächendefekten festgestellt. Eine qualitativ minderwertige Randbeschaffenheit ist wahrscheinlich auf altersbedingte chemische Degradierung des adhäsiven Verbunds oder technische Fehler bei der Befestigung zurückzuführen. Als unverzichtbar für eine langfristig zufriedenstellende Qualität der Keramikrestaurationen ist daher das Einhalten optimaler Insertionsbedingungen zu nennen, was eine gesicherte Trockenlegung durch Verwendung eines Kofferdams, korrekte Verwendung eines geeigneten Adhäsivsystems sowie die korrekte Konditionierung von Keramik und Zahnhartsubstanz beinhaltet.

Die Relevanz des adhäsiven Verbunds bei keramischen Restaurationen zeigt sich auch in den Einflüssen biologischer Parameter auf die Qualität. Vermehrte Plaqueakkumulation ließ sich mit einer ausgeprägteren Randverfärbung und geringeren Randqualität in Zusammenhang bringen. Ein erhöhtes Kariesrisiko wirkte sich auf die Qualität der Gruppen gleichermaßen stark aus, ebenso wie das Konstrukt der oralen Gesundheit. Eine Verminderung der Qualität durch

## Diskussion

parodontale Beeinträchtigung war vor allem bei Goldrestorationen zu beobachten. Weiter wirkte sich ein steigendes Patientenalter stärker auf die Qualität der Goldrestorationen aus als auf Keramikrestorationen, was möglicherweise in einer teilweise stärker kompromittierten klinischen Ausgangssituation der mit Goldrestorationen versorgten Zähne zu begründen ist. Genannte Parameter wirkten sich nachweisbar auf die Restorationsqualität aus, sind jedoch nicht entscheidend für die Qualität und in hohem Maße individuell vom Patienten abhängig.

Bei materialgerechter Verarbeitung und unter Schaffung optimierter klinischer Bedingungen können großflächige Restorationen aus Gold und Keramik als minimalinvasive und zahnstabilisierende Langzeitversorgung mit überwiegend klinisch akzeptablen bis mitunter sehr guten Ergebnissen angesehen werden.

## 5 Zusammenfassung

Ziel der durchgeführten Nachuntersuchungen war es, Langzeitergebnisse über die Qualität keramischer und hochgoldhaltiger Teilkronen zu erfassen und diese miteinander zu vergleichen. Zudem sollte der langfristige Einfluss biologischer, funktioneller und individueller Parameter auf die Restaurationsqualität untersucht werden.

Mit diesem Ziel wurden 296 indirekte Restaurationen, die im Studentenkurs der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie gefertigt wurden, 9-25 Jahre nach erfolgter Insertion im Rahmen einer retrospektiven Studie nachuntersucht. Der mittlere Beobachtungszeitraum lag bei 14,28 Jahren ( $SD = 3,59$ ). Die systematische Bewertung der Restaurationen beruhte auf modifizierten USPHS-Kriterien, klinischen Parametern sowie der röntgenologischen Beurteilung anhand angefertigter Zahnfilme.

Von den 335 für das Studienvorhaben ausgewählten Restaurationen konnten 39 nicht mit in die Studie einbezogen werden, da sie die Einschlusskriterien nach klinischer Überprüfung nicht erfüllten ( $n = 10$ ), die Restauration bereits erneuert wurde ( $n = 12$ ) oder der Restaurationszahn extrahiert worden war ( $n = 17$ ). Die insgesamt 147 Goldteilkronen waren zu 68% ( $n = 100$ ) in einem exzellenten bis akzeptablen Zustand, die 149 Keramikteilkronen erreichten diesbezüglich 75,2% ( $n = 112$ ). Eine Reparatur unter Erhalt der Restauration war bei 25,9% ( $n = 38$ ) der Gold- und 20,8% ( $n = 31$ ) der Keramikrestorationen notwendig. Goldrestorationen konnten in 6,1% ( $n = 9$ ) nicht erhalten werden, Keramikrestorationen in 4% der Fälle ( $n = 6$ ). Die Qualität der Keramikrestorationen war hinsichtlich der Kriterien Randverfärbung, Oberflächendefekte/Retention, Randqualität und Karies niedriger als die der hochgoldhaltigen Restaurationen. Die Qualität als Ganzes wies zwischen den Restaurationsgruppen jedoch keine signifikanten Unterschiede auf.

Die Plaqueakkumulation übte nachweislich einen qualitätsmindernden Einfluss auf die indirekten Restaurationen aus. Jene wirkte sich vergleichsweise höher auf keramische Restaurationen aus und kann mit hoher Wahrscheinlichkeit mit o.g. Qualitätsmängeln in Zusammenhang gebracht werden. Das Kariesrisiko

## Zusammenfassung

wirkte sich gleichermaßen auf die Restaurationsqualität der beiden Gruppen aus. Darüber hinaus stellte sich das Patientenalter als wichtiger Faktor dar. Restaurationen vergleichsweise älterer Patienten wiesen häufiger eine niedrige Restaurationsqualität auf als jüngere Patienten.

Aus der vorliegenden Untersuchung geht hervor, dass nachuntersuchte Restaurationen mit einem Alter von bis zu 24,8 Jahren klinisch zufriedenstellende Qualitäten gemäß der in dieser Arbeit bewerteten Kriterien aufwiesen. Gold- und Keramikeilkronen können dabei auf Grundlage der hier beobachteten Ergebnisse gleichermaßen als langfristige und hochqualitative Versorgung für Seitenzähne mit ausgedehnten Defekten angesehen werden. Keramische Restaurationen stellen aufgrund der adhäsiven Befestigungstechnik eine zahnerhaltende, minimalinvasive und ästhetisch ansprechende Alternative zu Goldteilkronen dar. Dabei ist der einwandfrei hergestellte adhäsive Verbund und materialgerechte Verarbeitung essentiell für den Langzeiterfolg der Keramikrestaurationen. Der Weiterentwicklung und Optimierung der Adhäsivsysteme und -techniken sollte daher in Zukunft besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.

## 6 Literaturverzeichnis

- Ahlers, M. O., G. Mörig, U. Blunck, J. Hajto, L. Pröbster and R. Frankenberger (2009). Guidelines for the preparation of CAD/CAM ceramic inlays and partial crowns. *Int J Comput Dent* 12(4): 309-325.
- Albandar, J. M. and A. Kingman (1999). Gingival Recession, Gingival Bleeding, and Dental Calculus in Adults 30 Years of Age and Older in the United States, 1988-1994. *J Periodontol* 70(1): 30-43.
- Anusavice, K. (1992). Degradability of dental ceramics. *Adv Dent Res* 6: 82-89.
- Beier, U., I. Kapferer and H. Dumfahrt (2012). Clinical long-term evaluation and failure characteristics of 1,335 all-ceramic restorations. *Int J Prosthodont* 25(1): 70-78.
- Benamghar, L., J. Penaud, P. Kaminsky, F. Abt and J. Martin (1982). Comparison of gingival index and sulcus bleeding index as indicators of periodontal status. *Bull World Health Organ* 60(1): 147-151.
- Bortz, J. and C. Schuster (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin, Heidelberg, Springer-Lehrbuch.
- Buhler, J., M. A. Naef, M. Amato, G. Krastl, R. Weiger and N. U. Zitzmann (2017). Partial Ceramic Crowns Prepared by Dental Students: Clinical Performance Up to Five Years. *J Dent Educ* 81(6): 732-743.
- Cagetti, M. G., G. Bontà, F. Cocco, P. Lingstrom, L. Strohmer and G. Campus (2018). Are standardized caries risk assessment models effective in assessing actual caries status and future caries increment? A systematic review. *BMC Oral Health* 18(1): 1-10.

## Literaturverzeichnis

- Ciancio, S. G. (1986). Current status of indices of gingivitis. *J Clin Periodontol* 13(5): 375-378, 381-372.
- Dammaschke, T., K. Nykiel, D. Sagheri and E. Schafer (2013). Influence of coronal restorations on the fracture resistance of root canal-treated premolar and molar teeth: a retrospective study. *Aust Endod J* 39(2): 48-56.
- Donovan, T. E. and W. W. Chee (1993). Conservative indirect restorations for posterior teeth. Cast versus bonded ceramic. *Dent Clin North Am* 37(3): 433-443.
- Droste, L. (2020). Überlebens- und Komplikationsraten von Goldteilkronen und Keramikrestaurationen: eine klinisch-röntgenologische Untersuchung 9 bis 25 Jahre nach Insertion medical dissertation, Julius-Maximilians-Universität Würzburg.
- Federlin, M., K.-A. Hiller and G. Schmalz (2010). Controlled, prospective clinical split-mouth study of cast gold vs. ceramic partial crowns: 5.5 year results. *Am J Dent* 23(3): 161-167.
- Federlin, M., S. Krifka, M. Herpich, K.-A. Hiller and G. Schmalz (2007). Partial Ceramic Crowns: Influence of Ceramic Thickness, Preparation Design and Luting Material on Fracture Resistance and Marginal Integrity In Vitro. *Oper Dent* 32(3): 251-260.
- Federlin, M., T. Manner, K.-A. Hiller, S. Schmidt and G. Schmalz (2006). Two-year clinical performance of cast gold vs ceramic partial crowns. *Clin Oral Invest* 10(2): 126-133.

## Literaturverzeichnis

- Federlin, M., J. Wagner, T. Manner, K.-A. Hiller and G. Schmalz (2007). Three-year clinical performance of cast gold vs ceramic partial crowns. *Clin Oral Invest* 11(4): 345-352.
- Felden, A., G. Schmalz, M. Federlin and K.-A. Hiller (1998). Retrospective clinical investigation and survival analysis on ceramic inlays and partial ceramic crowns: results up to 7 years. *Clin Oral Invest* 2(4): 161-167.
- Felden, A., G. Schmalz and K.-A. Hiller (2001). Retrospective clinical study and survival analysis on partial ceramic crowns: results up to 7 years. *Clin Oral Invest* 4(4): 199-205.
- Fischman, S. L. (1988). Clinical index systems used to assess the efficacy of mouth-rinses on plaque and gingivitis. *J Clin Periodontol* 15(8): 506-510.
- Fradeani, M. and M. Redemagni (2002). An 11-Year Clinical Evaluation of Leucite-Reinforced Glass-Ceramic Crowns: A Retrospective Study. *Quintessence Int* 33(7): 503-510.
- Frankenberger, R., M. Taschner, F. Garcia-Godoy, A. Petschelt and N. Krämer (2008). Leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after 12 years. *J Adhes Dent* 10(5): 393-398.
- Frankenberger, R., I. Zeilinger, M. Krech, G. Morig, M. Naumann, A. Braun, N. Kramer and M. J. Roggendorf (2015). Stability of endodontically treated teeth with differently invasive restorations: Adhesive vs. non-adhesive cusp stabilization. *Dent Mater* 31(11): 1312-1320.

## Literaturverzeichnis

- Galiatsatos, A. and D. Bergou (2008). Six-year clinical evaluation of ceramic inlays and onlays. *Quintessence Int* 39(5): 407-412.
- Gibson Levin, L. (2013). Pulp and Periradicular Testing. *JOE* 39(3): 113-119.
- Glargia, M. and J. Lindhe (1997). Tooth mobility and periodontal Disease. *J Clin Periodontol* 24(11): 785-795.
- Greenstein, G. (1997). Contemporary Interpretation of Probing Depth Assessments: Diagnostic and Therapeutic Implications. A Literature Review. *J Periodontol* 68(12): 1194-1205.
- Guess, P. C., J. R. Strub, N. Steinhart, M. Wolkewitz and C. F. J. Stappert (2009). All-ceramic partial coverage restorations—Midterm results of a 5-year prospective clinical splitmouth study. *J Dentistry* 37(8): 627-637.
- Günay, H., A. Seeger, H. Tschernitschek and W. Geurtsen (2000). Placement of the Preparation Line and Periodontal Health - A Prospective 2-Year Clinical Study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 20(2): 171-181.
- Hickel, R., J.-F. Roulet, S. Bayne, S. D. Heintze, I. A. Mjör, M. Peters, V. Rousson, R. Randall, G. Schmalz, M. Tyas and G. Vanherle (2007). Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials. *J Adhes Dent* 9(1): 121-147.
- Hotz, P., T. Imfeld, A. Lussi and e. al. (2005). Qualitätsrichtlinien in der Zahnmedizin, Präventivzahnmedizin. *Schweizer Monatsschr Zahnmed* 115: 37-51.
- Jordan, A. R. (2016). Fünfte Mundgesundheitsstudie (DMS V) - Kurzfassung. V.

- Kern, M. and S. Wolfart (2009). Klinische Indikation von Kronen und Teilkronen  
Wissenschaftliche Mitteilung der DGZPW: 3.
- Koenig, V., A. J. Vanheusden, S. O. Le Goff and A. K. Mainjot (2013). Clinical  
risk factors related to failures with zirconia-based restorations:  
an up to 9-year retrospective study. *J Dent* 41(12): 1164-1174.
- Krämer, N. and R. Frankenberger (2005). Clinical performance of bonded leucite-  
reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years.  
*Dent Mater* 21(3): 262-271.
- Kurtz, B., M. Reise, M. Klukowska, J. Grender, H. Timm and B. W Sigusch (2016).  
A randomized clinical trial comparing plaque removal efficacy  
of an oscillating-rotating power toothbrush to a manual  
toothbrush by multiple examiners. *Int J Dent Hyg* 14(4): 278-  
283.
- Lange, R. T. and P. Pfeiffer (2009). Clinical evaluation of ceramic inlays  
compared to composite restorations. *Oper Dent* 34(3): 263-272.
- Lindhe, J. and S. Nyman (1977). The role of occlusion in periodontal disease and  
the biological rationale for splinting in treatment of periodontitis.  
*Oral Sci Rev* 10: 11-43.
- Listgarten, M. A. (1980). Periodontal probing: what does it mean? *J Clin  
Periodontol* 7(3): 165-176.
- Liu, Y., L. Tjäderhane, L. Breschi, A. Mazzoni, N. Li, J. Mao, D. H. Pashley and  
F. Tay (2011). Limitations in Bonding to Dentin and  
Experimental Strategies to Prevent Bond Degradation. *J Dent  
Res* 90(8): 953-968.

- Malament, K. A. and S. S. Socransky (1999). Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 14 years: Part I. Survival of Dicor complete coverage restorations and effect of internal surface acid etching, tooth position, gender, and age. *J Prosthet Dent* 81(1): 23-32.
- Manhart, J., H. Chen, G. Hamm and R. Hickel (2004). Buonocore Memorial Lecture. Review of the clinical survival of direct and indirect restorations in posterior teeth of the permanent dentition. *Oper Dent* 29(5): 481-508.
- Marquardt, P. and J. R. Strub (2006). Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 37(4): 253-259.
- Maynard Jr., J. G. and R. D. K. Wilson (1979). Physiologic Dimensions of the Periodontium Significant to the Restorative Dentist. *J Periodontol* 50(4): 170-174.
- Miura, S., S. Kasahara, S. Yamauchi, Y. Okuyama, A. Izumida, J. Aida and H. Egusa (2018). Clinical evaluation of zirconia-based all-ceramic single crowns: an up to 12-year retrospective cohort study. *Clin Oral Investig* 22(2): 697-706.
- Muhlemann, H. R. and S. Son (1971). Gingival sulcus bleeding - a leading symptom in initial gingivitis. *Helv Odontol Acta* 15(2): 107-113.
- Naeselius, K., C.-F. Arnelund and M. Molin (2008). Clinical evaluation of all-ceramic onlays: A 4-year retrospective study. *Int J Prosthodont* 21(1): 40-44.

## Literaturverzeichnis

- Nugala, B., B. S. Kumar, S. Sahitya and P. M. Krishna (2012). Biologic width and its importance in periodontal and restorative dentistry. *J Conserv Dent* 15(1): 12-17.
- Reiss, B. (2006). Clinical results of CEREC inlays in a dental practice over a period of 18 years. *Int J Comput Dent* 9(1): 11-22.
- Reiss, B. and W. Walther (2000). Clinical Long-Term Results and 10Year Kaplan-Meier Analysis of Cerec Restorations. *Int J Comput Dent* 3(1): 9-23.
- Ryge, G. and M. Snyder (1973). Evaluating the Clinical Quality of Restorations. *J Am Dent Assoc* 87(2): 369-377.
- Salgar, A., S. Singh, R. Podar, G. Kulkarni and S. Babel (2017). Determining predictability and accuracy of thermal and electrical dental pulp tests: An *in vivo* study. *J Conserv Dent* 20(1): 46-49.
- Schulz, P., A. Johansson and K. Arvidson (2003). A retrospective study of Mirage ceramic inlays over up to 9 years. *Int J Prosthodont* 16(5): 510-514.
- Sjogren, G., M. Molin and J. W. van Dijken (2004). A 10-year prospective evaluation of CAD/CAM-manufactured (Cerec) ceramic inlays cemented with a chemically cured or dual-cured resin composite. *Int J Prosthodont* 17(2): 241-246.
- Smales, R. J. and W. S. Hawthorne (1997). Long-term survival of extensive amalgams and posterior crowns. *J Dent* 25(3-4): 225-227.
- Stoll, R., I. Cappel, A. Jablonski-Momeni, K. Pieper and V. Stachniss (2007). Survival of inlays and partial crowns made of IPS empress after

a 10-year observation period and in relation to various treatment parameters. *Oper Dent* 32(6): 556-563.

Stoll, R., M. Sieweke, K. Pieper, V. Stachniss and A. Schulte (1999). Longevity of cast gold inlays and partial crowns – a retrospective study at a dental school clinic. *Clin Oral Invest* 3(2): 100-104.

Studer, S. P., F. Wettstein, C. Lehner, T. G. Zullo and P. Schärer (2000). Long-term survival estimates of cast gold inlays and onlays with their analysis of failures. *J Oral Rehabil* 27(6): 461-472.

Sunnegardh-Gronberg, K., J. W. van Dijken, U. Funegard, A. Lindberg and M. Nilsson (2009). Selection of dental materials and longevity of replaced restorations in Public Dental Health clinics in northern Sweden. *J Dent* 37(9): 673-678.

Tabachnick, B. G. and L. S. Fidell (2007). *Using Multivariate Statistics*, 5th Edition. USA, Allyn & Bacon, Inc.

Takahashi, N., C. Lee, J. D. Da Silva, H. Ohyama, M. Roppongi, H. Kihara, W. Hatakeyama, S. Ishikawa-Nagai and M. Izumisawa (2019). A comparison of diagnosis of early stage interproximal caries with bitewing radiographs and periapical images using consensus reference. *Dentomaxillofac Radiol* 48(2): 2017-2045.

Tal, H., M. Soldinger, A. Dreiangel and S. Pitaru (1989). Periodontal response to long-term abuse of gingival attachment by supracrestal amalgam restorations. *J Clin Periodontol* 16(10): 654-659.

Tan, K., B. E. Pjetursson, N. P. Lang and E. S. Chan (2004). A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures

(FPDs) after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 15(6): 654-666.

Tavakoli, H. (2012). *A dictionary of research methodology and statistics in applied linguistics*. Tehran: Rahnamā, Rahnama Press.

Turesky, S., N. D. Gilmore and I. Glickman (1970). Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamin C. *J Periodontol* 41(1): 41-43.

Valderhaug, J. (1980). Periodontal conditions and carious lesions following the insertion of fixed prostheses: A 10-year follow-up study. *Int Dent J* 30(4): 296-304.

van de Sande, F. H., K. Collares, M. B. Correa, M. S. Cenci, F. F. Demarco and N. Opdam (2016). Restoration Survival: Revisiting Patients' Risk Factors Through a Systematic Literature Review. *Oper Dent* 41(S7): S7-s26.

van Dijken, J. W. and L. Hasselrot (2010). A prospective 15-year evaluation of extensive dentin–enamel-bonded pressed ceramic coverages. *Dent Mater* 26(9): 929-939.

van Dijken, J. W. V. and L. Hasselrot (2010). A prospective 15-year evaluation of extensive dentin–enamel-bonded pressed ceramic coverages. *Dent Mater* 26(9): 929-939.

van Dijken, J. W. V., L. Hasselrot, A. Örmín and A.-L. Olofsson (2001). Restorations with extensive dentin/enamel-bonded ceramic coverage. A 5-year follow-up. *Eur J Oral Sci* 109(4): 222-229.

## Literaturverzeichnis

- van Nieuwenhuysen, J. P., W. D'Hoore, J. Carvalho and V. Qvist (2003). Long-term evaluation of extensive restorations in permanent teeth. *J Dent* 31(6): 395-405.
- Vogl, V., K. A. Hiller and W. Buchalla (2016). Controlled, prospective, randomized, clinical split-mouth evaluation of partial ceramic crowns luted with a new, universal adhesive system/resin cement: results after 18 months. *Clin Oral Invest* 20(9): 2481–2492.
- Waerhaug, J. (1978). Healing of the dento-epithelial junction following subgingival plaque control. II: As observed on extracted teeth. *J Periodontol* 49(3): 119-134.
- Wagner, J., K.-A. Hiller and G. Schmalz (2003). Long-term clinical performance and longevity of gold alloy vs ceramic partial crowns. *Clin Oral Invest* 7(2): 80-85.
- Walton, T. (2002). An up to 15-Year Longitudinal Study of 515 Metal-Ceramic FPDs: Part 1. Outcome. *Int J Prosthodont* 15(5): 439-445.
- Yassini, E., M. Mirzaei, A. Alimi and M. Rahaeifard (2016). Investigation of the fatigue behavior of adhesive bonding of the lithium disilicate glass ceramic with three resin cements using rotating fatigue method. *J Mech Behav Biomed Mater* 61: 62-69.

## 7 Anhang

### 7.1 Herstellerverzeichnis

Glycin-Pulver	3M™ Clinpro™ Glycine Prophy Powder 3M ESPE 3M Deutschland GmbH 41460 Neuss, Deutschland
Pulverstrahlgerät	Air-Flow® Handy2+ EMS – Electro Medical Systems S.A. 1260 Nyon, Schweiz
Kältespray	Polar Kältespray UNIGLOVES Arzt- und Klinikbedarf Handelsgesellschaft mbH 53842 Troisdorf-Spich, Deutschland
Plaquetfärbemittel	Mira-2-Ton Miradent Hager & Werken GmbH & Co. KG 47006 Duisburg
Zahnseide	HS-Acclean Dental Floss Henry Schein Dental Deutschland GmbH 63225 Langen
Parodontalsonde	PCP12 Hu-Friedy Mfg. Co., LLC. 60528 Frankfurt am Main, Deutschland

## Anhang

Patientenverwaltungssoftware	Ivoris® clinic (Version 8.1.66.210) Computer konkret AG 08223 Falkenstein, Deutschland
Patientenverwaltungssoftware	SAP Deutschland SE & Co. KG 69190 Walldorf
Befundungsmonitor	ThinkVision L1900p 19-inch Monitor (4431-HE1) Lenovo (Deutschland) GmbH 70563 Stuttgart, Deutschland
Röntgen-Darstellungssoftware	Sidexis XG Dentsply Sirona Sirona Dental Systems GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
Intraoralröntgengerät	HelioDent DS Sirona Dental Systems GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
Röntgenspeicherfolien	Foliengröße 2+ (3x4cm) Dürr Dental SE 74321 Bietigheim-Bissing, Deutschland
Speicherfolienscanner	VistaScan Mini View Dürr Dental SE 74321 Bietigheim-Bissing, Deutschland
Standardröntgenbildhalter	XCP® Dentsply Rinn York, PA 17404, USA

## Anhang

Fotospiegel	Fotospiegel mit langem Griff, einseitiges ULTRA FS-Spiegelglas E. Hahnenkratt GmbH 75203 Königsbach-Stein, Deutschland
Spiegelreflexkamera	Canon EOS 7D Canon Inc. Tokio, Japan
Makroobjektiv	MAKRO 105mm, DG HSM SIGMA Deutschland GmbH 63322 Rödermark
Ringblitz	MR-14EX Macro Ring Lite Canon Inc. Tokio, Japan
Statistiksoftware	SPSS Statistics (Version 25.0) IBM Armonk, NY 10504-1722, USA
Tabellenkalkulationsprogramm	Microsoft Excel (Version 16.9) Microsoft Corporation Redmond, WA 98052-6399, USA

## 7.2 Patienteninformation und Einwilligungserklärung

**Universitätsklinikum Würzburg**

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie  
Direktor: Prof. Dr. G. Krasl



---

**Patienteninformation zur klinischen Studie:**

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie · Fleischerwall 2 · 97070 Würzburg

(Vers.2 vom 22.05.2018)

---

1 / 3

**„Laborgefertigte Restaurationen – eine klinische und röntgenologische Nachuntersuchung. Langzeitresultate indirekter Teilkronen und Inlays im Rahmen des klinischen Studentenkurses“**

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

Sie haben vor einigen Jahren bei uns eine laborgefertigte Versorgung erhalten. Es wird empfohlen den betreffenden Zahn und den ihn umgebenden Knochen mit Hilfe eines Röntgenbildes einige Jahre später zu kontrollieren. Dies hat einerseits zum Ziel die Qualität der Versorgung zu beurteilen und damit den klinischen Eindruck zu überprüfen. Andererseits soll im Wurzelkanal eine mögliche Infektion, aus der sich an der Wurzelspitze noch Jahre später mitunter eine „stumme“ Entzündung entwickeln kann, ausgeschlossen werden. Zudem kann das klinische Erscheinungsbild des Zahnes mit der Restauration beurteilt und hinsichtlich möglicher Defekte oder Randkaries kontrolliert werden. Dies trägt entscheidend dazu bei, Ihren persönlichen Zahnerhalt effektiver gewährleisten zu können.

Die Röntgenaufnahme könnten wir mit Ihrer Zustimmung im Rahmen der oben genannten Studie durchführen. Nur mit Hilfe dieses Verfahrens kann man einen Blick in den Knochen werfen, um Entzündungsprozesse auszuschließen, die über einen langen Zeitraum, auch ohne Beschwerden, vorliegen können.

Um die entstehende Strahlenexposition durch das Röntgenbild abschätzen zu können, möchten wir Sie darauf hinweisen, dass die **effektive Dosis der natürlichen Strahlenexposition in Deutschland**, der Sie durch Höhen-, Erd- und Innere Strahlung pro Jahr ausgesetzt sind (2,1 mSv), **1000-4000 Mal so hoch ist, wie die beim Nachröntgen eingesetzte effektive Dosis** von 0,5-2,0 µSv **pro Röntgenbild** (Zahnfilm). Ein Zahnfilm ist eine Röntgenaufnahme, die tausendfach jedes Jahr zu Diagnosezwecken eingesetzt wird. Sie kennen die Zahnfilmaufnahme bereits von Ihrer Wurzelkanalbehandlung oder von der Kariesdiagnostik als Bissflügelaufnahme. Um einen Vergleich zu haben, bei einer Röntgenaufnahme eines Armes werden zwischen 10-100 µSv verwendet, bei einem CT des Brustkorbes zwischen 6.000-10.000 µSv, also eine 20 bis 20.000 fach höhere Strahlenexposition.

Die Fortschritte in der Röntgentechnik haben in den letzten 30 Jahren bei den meisten Röntgenuntersuchungen zu einer erheblichen Herabsetzung der Dosis geführt. Besonders die Entwicklung empfindlicherer Film-Folien-Systeme, die moderne Generator- und Bildverstärker- und neuerdings digitale Systeme tragen zu dieser Verringerung bei. Dennoch ist ein Röntgenbild immer, wenn auch mit einem äußerst geringen Risiko behaftet.

Sollte sich im Rahmen der Untersuchung an Ihrem Zahn ein Misserfolg und/oder Zeichen einer chronischen Entzündung herausstellen, werden mit Ihnen mögliche Therapieoptionen besprochen. Dies kann die engmaschige Kontrolle des Geschehens sein, der erneute Versuch einer Wurzelkanalbehandlung oder ein chirurgischer Eingriff. Die damit verbundenen Risiken werden für Ihren persönlichen Fall eingeschätzt und hinsichtlich des Erfolgs einer Therapie abgewogen.

Zusätzlich soll im Rahmen der Studie untersucht werden, ob ggf. Zähneklirschen die Qualität der Versorgung beeinflusst. Hierzu werden Abdrücke Ihrer Kiefer angefertigt – dieses Vorgehen ist Ihnen sehr wahrscheinlich bereits bekannt, da dies auch zur Herstellung von Kronen oder Brücken angewendet werden muss. Die damit hergestellten Modelle werden anschließend bezüglich der Abnutzungsspuren analysiert. Zusätzlich würden wir gerne bei Ihnen

**Direktion:**  
Prof. Dr. G. Krasl

**Sekretariat:**  
Frau Rosslus  
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 24 20  
Fax: (09 31) 2 01 - 7 24 00

**Leitender Oberarzt:**  
Priv.-Doz. Dr. Norbert Hofmann  
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 24 80 (Büro)  
Fax: (09 31) 2 01 - 6 18 25  
[hofmann\\_n1@ukw.de](mailto:hofmann_n1@ukw.de)

**Oberarzt:**  
Dr. Ralf Krug  
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 48 28  
Fax: (09 31) 2 01 - 7 24 00  
[krug\\_r@ukw.de](mailto:krug_r@ukw.de)

**Dr. Sebastian Soliman**  
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 24 40 (Büro)  
Fax: (09 31) 2 01 - 7 24 00  
[soliman\\_sb@ukw.de](mailto:soliman_sb@ukw.de)

**Abteilung für Parodontologie**  
Prof. Dr. U. Schlegenhaut

**Sekretariat:**  
Frau Diller  
Tel.: (09 31) 2 01-7 26 20  
Fax: (09 31) 2 01-7 26 80  
[schlegenhaut@ukw.de](mailto:schlegenhaut@ukw.de)

**Oberarzt:**  
Prof. Dr. Stefan Fickl  
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 25 30  
Fax: (09 31) 2 01-7 26 80  
[fickl\\_sb@ukw.de](mailto:fickl_sb@ukw.de)

**Anmeldung Poliklinik:**  
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 24 50  
oder (09 31) 2 01 - 7 25 60  
Fax: (09 31) 2 01 - 7 24 60



noch etwas genauer nachsehen, ob Sie nachts mit den Zähnen knirschen. Hierzu bekommen Sie ein kleines Messgerät mit nach Hause. Sie kleben dann vor dem Schlafengehen eine kleine Messsonde auf die Schläfe, welche die Muskelaktivität misst und speichert. Dieses Gerät sollte während der Studie für fünf aufeinanderfolgende Nächte getragen werden. Nebenwirkungen oder gar Risiken sind für die Anwendung des Gerätes nicht bekannt.

**Welche Risiken sind mit der Teilnahme verbunden?**

Es sind keine Risiken durch die Teilnahme an der Studie für Sie zu erwarten.

**Was passiert mit den Daten?**

Die Daten werden ausschließlich für Studienzwecke verwendet (konkret: Laborgefertigte Restaurationen – eine klinische und röntgenologische Nachuntersuchung. Langzeitresultate indirekter Teilkronen und Inlays im Rahmen des klinischen Studentenkurses). Während der Studie/des Forschungsvorhabens werden medizinische Befunde und/oder persönliche Informationen von Ihnen erhoben und in der Prüfstelle in Ihrer persönlichen Krankenakte niedergeschrieben oder elektronisch gespeichert. Die für die Studie wichtigen Daten werden zusätzlich in pseudonymisierter Form\*, also über ein Kürzel verschlüsselt, gespeichert, ausgewertet und nach Abschluss der Studie an einen Statistiker des Universitätsklinikums Würzburg zur Auswertung weitergegeben. Dieser kann **keine Rückschlüsse** auf Ihre Person ziehen. Nach Auswertung der Daten werden die aus der Studie gewonnenen Erkenntnisse in einer Fachzeitschrift für Zahnärzte veröffentlicht. Auch hier können keine Rückschlüsse auf Ihre Person gezogen werden.

Die Daten sind gegen unbefugten Zugriff gesichert (elektronisch über ein Passwort und schriftliche Daten in einem geschlossenen Bereich). Auf Ihre verschlüsselten Daten haben die/der sie untersuchende Zahnärztin/-arzt/Studienassistentin und die an der Studie beteiligten Zahnärztinnen/-ärzte Zugriff. Andere, nicht an der Studie beteiligte Personen, haben keinen Zugriff. Eine Entschlüsselung der Daten erfolgt nur zum Zwecke der Datenvernichtung. Die Daten werden für 10 Jahre aufbewahrt und danach anonymisiert, indem der Verschlüsselungscode vernichtet wird. Das bedeutet, dass danach niemand mehr die Daten einer Person zuordnen kann. **Ihre Teilnahme an der Studie ist freiwillig** und es entstehen keine Kosten für Sie. Wenn Sie teilnehmen möchten, bitten wir Sie, die beiliegende Einwilligungserklärung zu unterschreiben. Sie können Ihre Einwilligung zur Teilnahme an der Studie jederzeit und ohne Nennung von Gründen und ohne Nachteile widerrufen. In diesem Fall werden bereits im Rahmen der Studie gewonnene Daten automatisch gelöscht/vernichtet oder anonymisiert. Wenden Sie sich dafür bitte ebenfalls an die Studienleitung oder das Sie behandelnde Personal. Sie haben das Recht, vom Verantwortlichen (s.u.) Auskunft über die von Ihnen gespeicherten personenbezogenen Daten zu verlangen. Ebenfalls können Sie die Berichtigung unzutreffender Daten sowie die Löschung der Daten oder Einschränkung deren Verarbeitung verlangen. Je nach Ergebnis der jetzigen Studie, würden wir in einigen Jahren diese Studie eventuell wiederholen. Wenn sie mit der Verwendung Ihrer Daten für eine eventuelle künftige oder andere Studie nicht einverstanden sein sollten, können Sie dies in der Einwilligungserklärung festlegen. Dies ist auch zu einem späteren Zeitpunkt noch möglich, sofern die Daten noch nicht in die wissenschaftliche Auswertung eingeflossen sind oder bereits anonymisiert wurden; wenden Sie sich in diesem Fall an die Studienärzte (s.u.). Der verantwortliche Datenschutzbeauftragte des Universitätsklinikums Würzburg ist Herr Stefan Reiter (Kontakt: 0931-20155485; [datschutz@ukw.de](mailto:datschutz@ukw.de)). Für die studienbedingte Erhebung personenbezogener Daten ist Oberarzt Dr. Ralf Krug verantwortlich. Bei Anliegen zur Datenverarbeitung und zur Einhaltung der datenschutzrechtlichen Anforderungen steht Ihnen dieser unter der Nummer 0931-20172420 gem zur Verfügung.

Im Falle einer rechtswidrigen Datenverarbeitung haben Sie das Recht, sich bei folgender Aufsichtsbehörde zu beschweren:  
Bayerisches Landesamt für Datenschutzaufsicht (BayLDA)  
Postfach 606 91511 Ansbach  
Telefon: +49 (0) 981 53 1300  
Telefax: +49 (0) 981 53 98 1300  
E-Mail: [poststelle@lda.bayern.de](mailto:poststelle@lda.bayern.de)  
<https://www.la.da.bayern.de/de/index.html>

Für weitere Informationen und Auskünfte über allgemeine Ergebnisse und den Ausgang der Studie stehen Ihnen als Ansprechpartner die Studienärzte (ZÄ von der Heide, ZÄ Droste, Dr. Soliman, Dr. Krug) unter der Nummer 0931-20172420 zur Verfügung. **WIR DANKEN IHNEN HERZLICH FÜR DIE MITARBEIT!**

\*Pseudonymisiert bedeutet, dass ein Nummern- und/oder Buchstabencode verwendet wird, ggf. in Kombination mit dem Geburtsjahr (nicht jedoch mit dem vollständigen Geburtsdatum!). Eine nachträgliche Zuordnung der Daten zu einer bestimmten



Person ist nur mit Hilfe einer Art "Schlüssel", der in der Regel in der Studienzentrale verwaltet wird, möglich. Der Pseudonymisierungsschlüssel liegt lediglich den Studienärzten/Studienassistenten vor.

**Einwilligungserklärung:**

\_\_\_\_\_  
Name, Vorname, Geb.-Datum

\_\_\_\_\_  
Anschrift

Ich bin über den Zweck, den Ablauf und die Bedeutung der klinischen und röntgenologischen Untersuchung, den Ablauf, Zweck und die Teilnahmebedingungen der Studie, sowie über alle sich daraus für mich ergebenden Vorteile und Risiken aufgeklärt worden. Die schriftliche Information habe ich gelesen und verstanden; alle meine Fragen wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet und ich hatte ausreichend Zeit, um meine Zustimmung zur klinischen und röntgenologischen Untersuchung zu überdenken und meine Entscheidung frei zu treffen. Ich weiß, dass sich bei einer Entscheidung gegen die Untersuchungen keinerlei Nachteile für mich ergeben. Ich weiß, dass die Teilnahme an der Studie freiwillig ist und dass ich das gegebene Einverständnis jederzeit ohne Angabe von Gründen und ohne Nachteile widerrufen kann. Meine Daten werden anonym und passwortgeschützt in die Studien-Datenbank auf Rechnern der Universität Würzburg gespeichert. Diese Anonymisierung wird vom Untersucher und dem Studienverantwortlichen überprüft. Ihre Verwendung erfolgt nur nach geltenden Bestimmungen des Datenschutzes.

*Die zuständige Behörde kann Einsicht in persönliche Daten nehmen, soweit es die Teilnahme an der Studie und die dabei aufgetretene Strahlenexposition betrifft. Die Einwilligung zur Mitteilung der erhaltenen Strahlenexposition ist unwiderruflich. Medizinische Daten sind davon nicht betroffen.*

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Unterschrift des Patienten

\_\_\_\_\_  
Ort, Datum

\_\_\_\_\_  
Untersuchender Zahnarzt der Klinik

### 7.3 Befundbogen

<b>Universitätsklinikum Würzburg</b>	<b>Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit</b> <b>Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie</b> Direktor: Prof. Dr. G. Krastl	
Prob. Nr.: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Prob. Initialen: <input type="text"/> <input type="text"/>	Datum: <input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> <small style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 8px;"> <span>D D</span> <span>M M</span> <span>Y Y</span> </small>
<b>ALLGEMEINMEDIZINISCHE ANAMNESE</b>		
<b>Daten zur Person:</b>		
Geburtsdatum	<input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> <small style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 8px;"> <span>D D</span> <span>M M</span> <span>Y Y</span> </small>	<input type="text"/> <input type="text"/> <small style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 8px;"> <span>M</span> <span>F</span> </small>
<b>Weist der Proband eine oder mehrere der folgenden Erkrankungen auf:</b>		
	Yes	No
Herz-, Herzklappenerkrankung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Schlaganfall	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Blutdruckerkrankung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Blutgerinnungsstörung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Krampfleiden, Epilepsie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nierenerkrankung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Asthma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Magen-, Darmerkrankung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Strahlentherapie Kopf-Hals	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ansteckende Erkrankungen (TBC, Hepatitis, Aids / HIV)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rheumatische Erkrankungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nicht eingestellte Zuckerkrankheit / Diabetes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Herpes incident	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Medikamentöse Abschirmung vor Zahnarztbesuchen erforderlich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Neigung zu allergischen Reaktionen - Wenn ja, auf was:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ist der Patient in einem guten Allgemeinzustand / gesund?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Nimmt der Patient momentan Medikamente ein?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
wenn ja welche <b>Medikamente</b> :		
_____ Unterschrift/ Stempel des Untersuchers	Datum: <input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> / 2019 <small style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 8px;"> <span>D D</span> <span>M M</span> </small>	
Version 01/2019	Page 1 of 8	

Prob. Nr.: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Prob. Initialen: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Datum: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <small style="display: block; text-align: center;">D D / M M / Y Y</small>
--	--	--

**EINGANGSFORMULAR**

	JA	NEIN
Einwilligungserklärung unterzeichnet und gewillt, die heutige Nachuntersuchung durchführen zu lassen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gesund und zwischen 18 - 85 Jahre alt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Laborrestaurationen aus dem Studentenkurs der Polik. f. Zahnerhaltung Würzburg	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Gewillt, Zahnbeläge/Zahnstein entfernen zu lassen, wenn dies die Untersuchung behindert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kein zahnmedizinisches Fachpersonal oder Zahnmedizinstudenten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine körperlichen Einschränkungen, die eine normale häusl. Mundhygiene nicht zulassen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Anzeichen von vernachlässigter oraler Gesundheit (z.B. schwere Parodontalerkrankung, massive kariöse Läsionen, massivster Zahnstein)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine bekannten Allergien gegen Testprodukte (z.B. Färbelösung für Plaque)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Schwangerschaft oder Stillzeit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine gesundheitliche Einschränkung, die eine antibiotische Abschirmung vor Zahnarztbehandlungen notwendig macht	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Keine Blutgerinnungsstörung, Herzerkrankung, Leukämie, Leberzirrhose, Sarkoidose, aktive Hepatitis, Tuberkulose, AIDS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Proband eignet sich für die Teilnahme an der Studie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**ORALE UNTERSUCHUNG**

Orale Untersuchung	Normal	Abnormal*
1. Periorale Gewebe / Lippen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Labiale / bukkale Mukosa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Gingiva frei / befestigt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Gaumen hart / weich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Oropharynx/Uvula	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Zunge	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Sublinguale Mukosa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Zahnhartsubstanzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Restaurationen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\*BESCHREIBUNG VON AUFFÄLLIGEN / PATHOLOGISCHEN MERKMALEN:

---

\_\_\_\_\_  
Unterschrift /Stempel des Untersuchers

Datum:   /   / 2019  
D D / M M

Version 01/2019
Page 2 of 8

Prob. Nr: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>	Prob. Initialen: <input type="text"/> <input type="text"/>	Datum: <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> / <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
--	--	---

**INTRAORALER BEFUND**

vipr

perk

Einsetzdatum

18	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27	28
			55	54	53	52	51	61	62	63	64	65			
			85	84	83	82	81	71	72	73	74	75			

Einsetzdatum

perk

vipr

\_\_\_\_\_  
Unterschrift/Stempel des Untersuchers

Datum: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / 2019

Prob. Nr.: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Prob. Initialen: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Datum: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <small style="display: block; text-align: center;">D D M M Y Y</small>
--	--	--

**SULCUS-BLUTUNGS-INDEX (MÜHLEMANN & SON 1971)**  
 (6 Werte je Zahn)

OBERKIEFER													
BUKKAL													
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	MBD						
PALATINAL													
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD						
UNTERKIEFER													
BUKKAL													
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	MBD						
LINGUAL													
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD						

Unterschrift/Stempel des Untersuchers \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_ / \_\_\_ / 2019



Prob. Nr.: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Prob. Initialen: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Datum: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>
--	--	--

**PPD UND CAL**

OBERKIEFER BUKKAL														
	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
	DBM	MBD												
PPD														
R														
CAL														
OBERKIEFER PALATINAL														
	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
	DLM	MLD												
PPD														
R														
CAL														
UNTERKIEFER BUKKAL														
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
	DBM	MBD												
PPD														
R														
CAL														
UNTERKIEFER LINGUAL														
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
	DLM	MLD												
PPD														
R														
CAL														

Unterschrift/Stempel des Untersuchers:

Datum : \_/ \_/ 2019

Prob. Nr.: <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/>	Prob. Initialen: <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/>	Datum: <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> / <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> / <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/> <input style="width:20px; height:20px;" type="text"/>
--	--	--

UNFAVORABLE EVENT		
Zahn	Datum/Zeit falls bekannt	ART DES ADVERSE EVENT (WKB, REVISION, X, NEUE RESTAURATION, O.Ä.)
	DD MM YY	

KARIESRISIKO-BESTIMMUNG			
Faktoren	Kariesrisiko		
	Niedrig	Mittel	Hoch
Kariesaktivität (Erwachsene)	<input type="checkbox"/> Keine kariöse Läsion in den vergangenen 3 Jahren	<input type="checkbox"/> 1 kariöse Läsion in den vergangenen 3 Jahren	<input type="checkbox"/> ≥2 kariöse Läsionen in den vergangenen 3 Jahren
Kariesaktivität (Kinder oder Jugendliche)	<input type="checkbox"/> keine kariöse Läsion im verg. Jahr	<input type="checkbox"/> 1 kariöse Läsion im vergangenen Jahr	<input type="checkbox"/> ≥2 kariöse Läsionen im verg. Jahr
Fissurenrelief	<input type="checkbox"/> Flache oder adäquat versiegelte Fissuren und Grübchen	<input type="checkbox"/> Tiefe Fissuren oder Grübchen bei Erwachsenen	<input type="checkbox"/> Tiefe Fissuren oder Grübchen bei Kindern und Jugendlichen
Speicheltest: Speichelfluss	<input type="checkbox"/> Normale Speichelflussrate		<input type="checkbox"/> (stark) reduzierte Speichelflussrate
Speicheltest: Streptokokken / Laktobazillen	<input type="checkbox"/> Zahl an Strept. mutans / Laktobazillen im Speichel nicht erhöht		<input type="checkbox"/> Zahl an Strept. mutans / Laktobazillen im Speichel erhöht
Ernährungsanamnese	<input type="checkbox"/> Weitgehend unauffällige Ernährungsanamnese		<input type="checkbox"/> Häufige kariogene Mahlzeiten / zuckerhaltige Babyfleschengetränke
Mundhygieneverhalten	<input type="checkbox"/> Gute Mundhygiene, kaum Gingivitis	<input type="checkbox"/> Mundhygiene mäßig, wenig Gingivitis	<input type="checkbox"/> Schlechte Mundhygiene, Gingivitis, PA
Betreuung in der Zahnarztpraxis	<input type="checkbox"/> Regelmäßiges adäquates Recall		
Vorhandene kariöse Läsionen	<input type="checkbox"/> Keine kariöse Läsionen	<input type="checkbox"/> Initielläsionen approx. oder Glattfl.	<input type="checkbox"/> Vorhandene Glattflächenkaries / Wurzelkaries
Hygienefähigkeit	<input type="checkbox"/> Hygienefähigkeit im ganzen Gebiss gewährleistet	<input type="checkbox"/> Hygienefähigkeit stellenweise eingeschränkt, z.B. Engstand usw.	<input type="checkbox"/> Stark eingeschränkte Hygienefähigkeit z.B. festes KFO App. starker Engstand
Fluoridprophylaxe	<input type="checkbox"/> Angemessene Fluoridzufuhr	<input type="checkbox"/> Unregelmäßige Fluoridzufuhr	<input type="checkbox"/> Keine oder unzureichende Fluoridzufuhr

modifiziert nach Holz et al. „Qualitätsrichtlinien in der Zahnmedizin, Präventivzahnmedizin“. Schweiz Monatsschr Zahnmed 115: 37-51, 2005

Zusammenfassende Bewertung: Kariesrisiko:  niedrig  mittel  hoch

### RÖNTGENOLOGISCHE UND FOTOGRAFISCHE KONTROLLE

1-5 Zahnfilm(e) mit Periapex (mit ausreichender Beurteilung koronaler Restauration + Periapex eines jeden "Studienzahnes") ggf Bissfilm bei v.a. Insuff. Restauration + nicht eindeutig anhand von Periapikal-RÖZF	<input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no
Foto(s) Aufsicht und lateral offene Ansicht (mit ausreichender Beurteilung eines jeden "Studienzahnes")	<input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no
Foto(s) Aufsicht mit Okklusionsfolie mit jeder nachkontrollierten Restauration	<input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no

Unterschrift/Stempel des Untersuchers

Datum : \_\_\_ / \_\_\_ / 2019

Prob. Nr: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Prob. Initialen: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	Datum: <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> <small style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 8px;"> <span>D</span> <span>D</span> / <span>M</span> <span>M</span> / <span>Y</span> <span>Y</span> </small>
---	--	--

### KLINISCHE REEVALUATION INDIREKTER RESTAURATIONEN

EINSETZDATUM:	RESTAURATION 1	R 2	R 3	R 4
	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>	<input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/> / <input style="width: 20px; height: 20px;" type="text"/>
	DD MM YY	DD MM YY	DD MM YY	DD MM YY

ZAHN-, MATERIAL- & FLÄCHENANGABE:

#### ÄSTHETISCHE EIGENSCHAFTEN

	USPHS-KRITERIEN 1-5			
	R1	R2	R3	R4
OBERFLÄCHENBESCHAFFENHEIT/ POLITUR	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OBERFLÄCHEN-/ RANDVERFÄRBUNG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FARBSTABILITÄT (NUR KERAMIK)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ANATOMISCHE FORM	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### FUNKTIONELLE EIGENSCHAFTEN

RETENTION/ FRAKTUREN/ PERFORATION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RANDQUALITÄT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
APPROXIMALKONTAKT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
RÖNTGENOLOGISCHE UNTERSUCHUNG	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PATIENTENZUFRIEDENHEIT	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

#### BIOLOGISCHE EIGENSCHAFTEN

SENSIBILITÄT/ VITALITÄT MITTELS KÄLTETEST	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
KARIES, EROSION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
PARODONTALE REAKTION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ANGRENZENDE MUKOSA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### RÖNTGENOLOGISCHE BEURTEILUNG KRITERIEN NACH RAY & TROPE 1995

WKF-LÄNGE (in mm)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
WKF-HOMOGENITÄT (BLASEN JA/NEIN, WENN JA ZERVIKAL/MITTIG/KORONAL)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
QUALITÄT DER RESTAURATION	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Unterschrift/Stempel des Untersuchers

Datum : \_\_\_ / \_\_\_ / 2019



## 7.5 Tabellarische Auflistung statistischer Tests

### 7.5.1 Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit

H	Filter	df	n	Zeilen	Spalten	$\chi^2$	p	$\phi /$ Cramers V	
1	a	-	1	296	Restaurationsmaterial	Qualität Kategorie 1	1,51	0,22	-0,07
1	b	-	4	296	Restaurationsmaterial	Qualität Kategorie 2	6,60	0,16	0,15
2	a	-	1	296	Prämolar/Molar	Qualität Kategorie 1	1,70	0,25	0,80
2	c	G	1	147	Prämolar/Molar	Qualität Kategorie 1	0,22	0,64	-0,04
2	d	K	1	149	Prämolar/Molar	Qualität Kategorie 1	5,67	0,03	0,20
3	a	-	4	296	Restaurationsmaterial	Politur	28,41	<0,01	0,31
3	b	-	4	296	Restaurationsmaterial	Randverfärbung	67,91	<0,01	0,48
3	d	-	4	296	Restaurationsmaterial	anatomische Form	3,77	0,29	0,11
3	e	-	4	296	Restaurationsmaterial	Oberflächendefekt	12,72	0,01	0,21
3	f	-	4	296	Restaurationsmaterial	Randqualität	11,19	0,03	0,19
3	g	-	4	296	Restaurationsmaterial	Approximalkontakt	7,15	0,13	0,16
3	h	-	4	296	Restaurationsmaterial	röntgenologische Untersu	8,59	0,07	0,17
3	i	-	4	296	Restaurationsmaterial	Sens/endodont. Zustand	6,05	0,20	0,14
3	j	-	4	296	Restaurationsmaterial	Karies/Erosion	11,81	0,02	0,20
3	k	-	4	296	Restaurationsmaterial	parodontale Reaktion	17,00	<0,01	0,24
7	a	-	4	295	Plaqueakkumulation	Politur	5,58	0,13	0,14
7	b	-	4	295	Plaqueakkumulation	Randverfärbung	12,73	0,01	0,21
7	d	-	4	295	Plaqueakkumulation	anatomische Form	1,72	0,63	0,76
7	e	-	4	295	Plaqueakkumulation	Oberflächendefekt	5,18	0,27	0,13
7	f	-	4	295	Plaqueakkumulation	Randqualität	13,91	0,01	0,22
7	g	-	4	295	Plaqueakkumulation	Approximalkontakt	4,12	0,39	0,12
7	h	-	4	295	Plaqueakkumulation	röntgenologische US	5,40	0,25	0,14
7	i	-	4	295	Plaqueakkumulation	Sensibilität/endodont. Zus	1,38	0,85	0,07
7	j	-	4	295	Plaqueakkumulation	Karies, Erosion	1,06	0,90	0,06
7	k	-	4	295	Plaqueakkumulation	parodontale Reaktion	30,29	<0,01	0,32
12	a	-	2	296	Qualität Kategorie 1	Wurzelkanalbehandlung	3,77	0,15	0,11
12	b	G	2	147	Qualität Kategorie 1	Wurzelkanalbehandlung	1,40	0,50	0,10
12	c	K	1	149	Qualität Kategorie 1	Wurzelkanalbehandlung	1,80	0,32	0,11

## 7.5.2 t-Tests für unabhängige Stichproben

H	Filter	n	t	AV	UV	UV1 (M)	UV1 (SD)	UV2 (M)	UV2 (SD)	p	d	
2	b	-	77,27	-3,00	Qualitätsscore	Zahnart	17,62	3,83	19,37	4,61	0,01	0,38
2	e	G	147,00	0,44	Qualitätsscore	Prämolar/Molar	17,11	3,60	16,67	4,32	0,66	0,12
2	f	K	149,00	-2,70	Qualitätsscore	Prämolar/Molar	18,26	4,01	20,20	4,65	0,01	-0,49
2	g	-	296,00	-0,30	Qualitätsscore	Kiefer	17,90	4,32	18,04	3,81	0,76	-0,04
4	-	296,00	-1,06	Qualitätsscore	Gingivitis	17,67	4,39	18,18	3,85	0,29	-0,13	
5	a	-	293,00	-2,95	Qualitätsscore	Plaqueakkumulation	18,97	4,25	17,49	3,94	<0,01	0,37
5	b	G	293,00	-1,63	Qualitätsscore Gold	Plaqueakkumulation	17,76	3,11	16,71	3,88	0,11	-0,29
5	c	K	293,00	-2,68	Qualitätsscore Keramik	Plaqueakkumulation	20,23	4,90	18,24	3,87	0,01	0,47
6	-	293,00	-0,22	Plaqueakkumulation am RZ	Restaurationsmaterial	16,56	4,45	16,69	4,76	0,86	-0,03	
9	a	-	293,00	-3,14	Qualitätsscore	orale Gesundheit	17,64	4,10	19,65	3,70	<0,01	0,50
9	b	-	79,37	-3,65	Qualitätsscore Gold	orale Gesundheit	16,70	3,87	18,62	2,13	<0,01	0,76
9	c	-	146,00	-2,58	Qualitätsscore Keramik	orale Gesundheit	18,53	4,12	21,21	4,93	0,01	0,63
10	a	-	293,00	-2,12	Qualitätsscore	parodontaler Zustand	19,30	4,28	17,78	4,05	0,04	0,37
10	b	G	145,00	-2,18	Qualitätsscore Gold	parodontaler Zustand	18,70	4,23	16,80	3,54	0,03	0,52
10	c	K	146,00	-1,15	Qualitätsscore Keramik	parodontaler Zustand	18,70	4,23	18,73	4,30	0,25	-0,30
10	d	-	296,00	2,02	PPD Restaurationsszahn	Restaurationsmaterial	2,77	0,68	2,61	0,63	0,04	0,24
11	-	295,00	-4,76	PPD am RZ	Qualität Kategorie 1	2,58	0,53	3,00	0,85	<0,01	0,61	
15	d	-	294,00	-2,62	Patientenalter	Qualität Kategorie 1	57,41	10,36	61,34	10,88	<0,01	0,38
15	e	G	145,00	-2,47	Patientenalter	Qualität Kategorie 1	58,37	11,34	63,02	10,69	0,02	0,44
15	f	K	147,00	-1,38	Patientenalter	Qualität Kategorie 1	56,72	9,38	59,26	10,90	0,17	-0,26
15	g	-	296,00	1,91	Patientenalter	Restaurationsmaterial	59,72	11,33	57,37	9,81	0,06	0,22

7.5.3 Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA)

H	Filter	df1	df2	F	AV	UV	UV	p	$\eta^2$	Post-hoc	UV1	M	SD	UV2	M	SD	p	d	
8	-	2	293	7,26	Qualitätsscore	Kariesrisiko		<0,01	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bonferroni	niedrig	17,03	4,12	mittel	18,6	3,80	<0,01	0,39
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bonferroni	niedrig	17,03	4,12	hoch	20,6	5,60	0,03	0,84
13	-	4	291	0,64	Qualitätsscore	antagon. Versorgung		0,64	0,01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
14	-	4	291	1,32	Restaurationsalter	Qualität Kategorie 2		0,26	0,02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 a	-	4	291	4,09	Patientenalter	Qualität Kategorie 2		<0,01	0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bonferroni	exzellent	53,77	9,17	magelhaft	61,04	11,58	<0,01	0,68
15 a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bonferroni	exzellent	53,77	9,17	ungenügend	63,08	7,35	0,03	1,06
15 b	G	3	143	3,62	Patientenalter	Qualität Kategorie 2		0,02	0,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
15 b	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Bonferroni	exzellent	53,54	8,77	mangelhaft	62,94	11,24	0,02	0,90
15 c	K	4	144	1,39	Patientenalter	Qualität Kategorie 2		0,24	0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. med. dent. Gabriel Krastl, Leiter der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, danke ich außerordentlich für die Bereitstellung des Dissertationsthemas und die fachliche Unterstützung während der Anfertigung der Arbeit.

Herrn Prof. Dr. med. dent. Marc Schmitter, Leiter der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, gilt mein Dank für die freundliche Übernahme des Koreferats.

Besonderer Dank geht an Herrn Dr. med. dent. Ralf Krug, Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, für seine unermüdliche Betreuung, konstruktive Gespräche und seine fachliche, zielgerichtete Anleitung.

Herrn Dr. med. dent. Sebastian Soliman, Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, möchte ich für seine tatkräftige Mithilfe und seinen fachlichen Input bei der Realisierung des Studienvorhabens danken.

Frau Dr. rer. nat. Andrea Beinicke danke ich für die Unterstützung bei der Auswertung sowie der Interpretation der statistischen Daten.

Für die Zurverfügungstellung der Behandlungseinheiten und des Instrumentariums im Studentenkurs sowie den Abteilungen der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie möchte ich mich beim gesamten Team bedanken.

Für das bereitwillige Mitwirken bedanke ich mich bei allen Patienten, die Teil dieses Studienprojektes waren.

Von Herzen danke ich meiner Familie, meinen Eltern Hartmut und Beate von der Heide und meiner Schwester Clarissa Gersdorff, die mich nicht nur während dieses Projekts, sondern während meines kompletten Werdegangs unterstützt und ermutigt haben. Zu guter Letzt danke ich meiner Kollegin und Projektpartnerin Lea Droste für die intensive und gewissenhafte Zusammenarbeit, ihre motivierenden Worte während des gesamten Arbeitsprozesses und ihre Freundschaft.