

Aus der Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie

des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit

der Universität Würzburg

Direktor: Professor Dr. med. dent. Gabriel Krastl

**Überlebens- und Komplikationsraten von Goldteilkronen und
Keramikrestaurationen:
eine klinisch-röntgenologische Untersuchung 9 – 25 Jahre nach Insertion**

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

vorgelegt von

Lea Droste

aus Windhagen

Würzburg, April 2020

Referent/Referentin: Prof. Dr. med. dent. Gabriel Krastl

Korreferent: Prof. Dr. med. dent. Marc Schmitter

Dekan: Prof. Dr. Matthias Frosch

Tag der mündlichen Prüfung: 24.09.2020

Die Promovendin ist Zahnärztin

Meinen Eltern und Geschwistern in Liebe und Dankbarkeit gewidmet.

„Phantasie ist wichtiger als Wissen, denn Wissen ist begrenzt.“

Albert Einstein

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	IV
Tabellenverzeichnis.....	VI
Abkürzungsverzeichnis.....	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Restaurative Möglichkeiten bei ausgedehnten Zahnhartsubstanzdefekten im Seitenzahnbereich	1
1.2 Stand der Forschung.....	7
1.3 Zielsetzung dieser Arbeit.....	10
2 Patienten und Methoden	13
2.1 Studiendesign und Studiengenehmigung.....	13
2.2 Patientenpool und Einschlusskriterien.....	15
2.3 Patientenrekrutierung	17
2.4 Klinische Nachuntersuchung.....	19
2.4.1 Auswahl der indirekten Restauration	19
2.4.2 Patientenbefragung	20
2.4.3 Klinischer Befund.....	21
2.4.4 Fotodokumentation	25
2.4.5 Röntgenologische Bildgebung	25
2.5 Auswertung	27
2.5.1 Auswertung der klinischen und röntgenologischen Befunde	27
2.5.2 Bewertung der Oralen Gesundheit	27
2.5.3 Bewertung der parodontalen Situation.....	28
2.5.4 Komplikationsarten indirekter Restaurationen	29
2.5.5 Klassifikation des Therapieerfolgs indirekter Restaurationen	32

Verzeichnisse

2.5.6	Statistische Auswertung	33
3	Ergebnisse	36
3.1	Deskriptive Beschreibung des Studienkollektivs	36
3.2	Erfolg und Misserfolg.....	39
3.3	Komplikationsanalyse.....	47
3.4	Relevanz des Patienten- und Restaurationsalters.....	55
3.5	Betrachtung des endodontischen Zustands und dessen Auswirkungen	61
3.6	Detektion biologischer Einflüsse.....	65
4	Diskussion.....	71
4.1	Diskussion der Methodik	71
4.1.1	Studiendesign	71
4.1.2	Fallzahl und Beobachtungszeitraum.....	73
4.1.3	Patienten.....	74
4.1.4	Restorationen	74
4.1.5	Klinische Nachuntersuchung	75
4.2	Diskussion der Auswertung.....	79
4.2.1	Röntgenologische Bildgebung und deren Auswertung	79
4.2.2	Konstruierte Variablen	79
4.2.3	Dokumentation der Komplikationen	83
4.2.4	Erfolgsklassifikation	83
4.2.5	Erhobene Statistik.....	84
4.3	Diskussion der Ergebnisse	86
4.3.1	Studienkollektiv	86
4.3.2	Erfolg und Misserfolg	87
4.3.3	Komplikationsanalyse	92

Verzeichnisse

4.3.4	Das Restorations- und Patientenalter als Einflussfaktor	97
4.3.5	Auswirkungen des Endodonts	99
4.3.6	Biologische Einflüsse	101
4.4	Schlussfolgerungen	103
5	Zusammenfassung	105
7	Literaturverzeichnis	107
8	Appendix	117
8.1	Herstellerverzeichnis	117
8.2	Patienteninformation und Einwilligungserklärung	122
8.3	Befundbogen	125
8.4	Ergänzende statistische Tests	133
8.4.1	Korrelationstabelle	133
8.4.2	Chi-Quadrat-Tests	134
8.4.3	t-Tests	135
8.4.4	ANOVAs	136

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1(a-d)	Grafische Veranschaulichung von Goldteilkronen und Keramikrestaurationen	5
Abbildung 2	Systematik der Patientenrekrutierung	17
Abbildung 3	Systematik der Auswahl der indirekten Restauration bei mehr als einer vorhandenen Restauration bei einem Patienten	20
Abbildung 4	Grafische Veranschaulichung des Plaque Index	23
Abbildung 5(a-d)	Beispielhafte Fotodokumentation der indirekten Restaurationen	25
Abbildung 6	Definition interventionsbedürftiger Orale Gesundheit	28
Abbildung 7	Röntgenologisches Beispiel für Sekundärkaries	29
Abbildung 8(a,b)	Röntgenologische Beispiele für apikale Parodontitis	30
Abbildung 9(a,b)	Klinisches Beispiel für Keramikfraktur	30
Abbildung 10	Klinisches Beispiel für Zahnfraktur	31
Abbildung 11	Klassifikation von Erfolg und Misserfolg	32
Abbildung 12	Altersverteilung im Patientenpool	36
Abbildung 13	Verteilung indirekter Restaurationen des Studienkollektivs auf Molaren und Prämolaren	37
Abbildung 14	Erfolgsverteilung der indirekten Restaurationen	39
Abbildung 15	Misserfolgsverteilung der indirekten Restaurationen	41
Abbildung 16	Erfolgszeitraten bei Misserfolg: Gold und Keramik im Vergleich	44
Abbildung 17	Erfolgszeitraten bei Überleben als Misserfolg: Gold und Keramik im Vergleich	45

Verzeichnisse

Abbildung 18	Komplikationen der Goldrestaurationen	47
Abbildung 19	Komplikationen der Keramikrestaurationen.....	48
Abbildung 20	Zeitfenster endodontischer Komplikationen.....	52
Abbildung 21	Darstellung der Dauer bis zum Auftreten von Sekundärkaries..	53
Abbildung 22	Komplikationsverteilung indirekter Restaurationen bei steigendem Patientenalter.....	56
Abbildung 23	Erfolgsarten indirekter Goldrestaurationen bei steigendem Patientenalter	57
Abbildung 24	Komplikationsverteilung indirekter Restaurationen bei sinkenden Restaurationsalter.....	58
Abbildung 25	Erfolgsarten indirekter Restaurationen bei sinkendem Restaurationsalter	60
Abbildung 26	Vitalitätsverlust und endodontische Komplikationen von mit Keramikrestaurationen versorgten Zähnen	62
Abbildung 27	Verteilung Orale Gesundheit auf die Erfolgsarten indirekter Restaurationen	66

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Einteilung der Lockerungsgrade	22
Tabelle 2	Einteilung des Sulkus Blutungs Index.....	23
Tabelle 3	Einteilung des Plaque Index	24
Tabelle 4	Deskriptive Analyse des Restaurationsalters.....	37
Tabelle 5	Verteilung des Therapieerfolgs: Gold und Keramik im Vergleich..	40
Tabelle 6	Therapieerfolg auf Molaren und Prämolaren	42
Tabelle 7	Dauer bis zum Misserfolg indirekter Restaurationen	43
Tabelle 8	Verteilung der Komplikationen in den Misserfolgsarten	50
Tabelle 9	Binär logistische Regression zur Vorhersage des Misserfolgs	51
Tabelle 10	Auftreten einer Komplikation unter Berücksichtigung der Zeit ...	51
Tabelle 11	Einfluss des Zeitpunkts einer Komplikation auf den Zeitpunkt eines Misserfolgs.....	54
Tabelle 12	Patientenalter innerhalb der Gold– und Keramikkollektive	55
Tabelle 13	Häufigkeitsverteilung endodontischer Komplikationen restaurierter Zähne	63
Tabelle 14	Häufigkeitsverteilung endodontisch therapierter Zähne in den Erfolgsarten	64
Tabelle 15	Verteilung der Erfolgsarten indirekter Restaurationen bezüglich Oraler Gesundheit	67
Tabelle 16	Deskriptive Kennwerte des Plaque Index	68
Tabelle 17	Einfluss biologischer, metrisch skalierten Prädiktoren auf den Misserfolg indirekter Restaurationen	70

Verzeichnisse

Tabelle 18	Einfluss biologischer, nominal skalierten Prädiktoren auf Misserfolg indirekter Restaurationen	70
------------	---	----

Abkürzungsverzeichnis

ADA	American Dental Association
B	geschätzter Regressionskoeffizient
Box-Plot	Box–Whisker–Plot (<i>dt.</i> : Kastengrafik)
CAL	Clinical attachment level (<i>dt.</i> : Klinisches Bindegewebslevel)
Df	Freiheitsgrade
GI	Gingiva Index
K.I.	Konfidenzintervall
M	arithmetisches Mittel
MAX	Maximum
Md	Median
MIN	Minimum
N	Fallzahl
P	Signifikanz
PI	Plaque Index
PPD	Probing pocket depth (<i>dt.</i> : Taschensondierungstiefe)
SBI	Sulcus Bleeding Index (<i>dt.</i> : Sulkus Blutungs Index)
SD	Standard deviation (<i>dt.</i> : Standardabweichung)
SE	Standard error (<i>dt.</i> : Standardfehler)
USPHS	United States Public Health Service

1 Einleitung

1.1 Restaurative Möglichkeiten bei ausgedehnten Zahnhartsubstanzdefekten im Seitenzahnbereich

Laborgefertigte, sogenannte indirekte Restaurationen dienen dazu, ausgedehnte Zahnhartsubstanzdefekte zu versorgen. Sie werden insbesondere im Seitenzahnbereich zur funktionellen und anatomischen Wiederherstellung der Kaufläche sowie zur koronalen Stabilisation wurzelkanalbehandelter Zähne eingesetzt (Federlin, Wagner, et al. 2007; Manhart J 2016). Ursächlich für den Defekt können Primär- oder Sekundärkaries sein, insuffiziente mehrflächige Füllungen, mitunter tiefe und ausgedehnte Höckerfrakturen oder ein Trepanationszugang nach endodontischer Therapie (Dammachke et al. 2013). Indirekte Restaurationen sind gegebenenfalls auch bei großflächigen Erosionen, Abrasionen und Attritionen sowie angeborener oder erworbener struktureller Fehlbildungen der Zahnhartsubstanzen indiziert. Die Art der koronalen Restauration wird somit zum einen durch die Ätiologie und das Ausmaß des Zahnhartsubstanzdefekts bestimmt. Zum anderen wird die Entscheidung für oder gegen eine indirekte Restauration durch das Zusammenspiel der individuellen restaurativen Möglichkeiten, Erfahrungen und Fähigkeiten des Behandlers sowie den ästhetischen und finanziellen Wünschen des Patienten beeinflusst.

Moderne Behandlungskonzepte in der Zahnheilkunde basieren vor allem auf minimal-invasiven, zahnerhaltenden Therapieansätzen unter Verwendung biokompatibler und zahnfarbener Materialien, die hohen ästhetischen Ansprüchen genügen sollen (Federlin et al. 2010).

Mithilfe von Kompositen als Beispiel für ein plastisches Füllungsmaterial können insbesondere gut zugängliche Defekte im direkten Verfahren restauriert werden. Die Kompositfüllung zeichnet sich durch eine Zahnhartsubstanz schonende Präparation aus und ist für den Patienten eine eher kostengünstige Möglichkeit, den Defekt mit zumeist geringem Zeitaufwand versorgen zu lassen (da Veiga et al. 2016). Alternativ bieten indirekte Verfahren die Möglichkeit, Areale mit ausgedehnten Zahnhartsubstanzverlust mithilfe von Inlays, Teil- oder Vollkronen

Einleitung

(zumeist aus goldhaltiger Metalllegierung oder Silikatkeramik) zu restaurieren. Der behandelnde Zahnarzt wägt anhand der klinischen und röntgenologischen Befunde sowie Patienten bezogener Faktoren wie bspw. Kosten und Zeitaufwand ab, welche Restaurationsart individuell am ehesten geeignet sein kann.

Liegt ein ausgedehnter Defekt vor, erscheint eine indirekte Restauration zur Stabilisierung des kompromittierten Zahns oftmals zweckmäßig und notwendig. Durch eine intraorale Abformung des präparierten Zahns und die individuelle Gestaltung der Restauration im Labor können, im Gegensatz zur direkten intraoralen Anfertigung einer Kompositfüllung, ideale Bedingungen für die Wiederherstellung von Anatomie und Funktion, Kontaktpunktgestaltung und Oberflächenglanz erzielt werden (Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2006; Lange et al. 2009; Bühler et al. 2017). Aus werkstoffkundlicher Sicht wird Kompositen eine limitierte Festigkeit und eine geringere Farbstabilität zugeschrieben (van Dijken et al. 2010). Studien zufolge konnten indirekte Restaurationen aus goldhaltiger Legierung wie auch aus Keramik vergleichbare oder teils höhere Überlebensraten als Amalgam- und Kompositfüllungen erzielen (Stoll et al. 1999; Donovan et al. 2004; Federlin, Krifka, et al. 2007; Felden et al. 1998). Eine systematische Übersichtsarbeit gab folgende mittlere jährliche Versagensraten an: 3,0% für Amalgamfüllungen ($SD = 1,9$), 2,2% für Kompositfüllungen ($SD = 2,0$), 1,9% für Keramikrestorationen ($SD = 1,8$), 1,7% für CAD/CAM gefertigte Keramikrestorationen ($SD = 1,6$) und 1,4% für gegossene Goldin- und Onlays ($SD = 1,4$) (Manhart et al. 2004).

In einer klinischen Kurzzeit – Nachuntersuchung von 210 Keramikrestorationen wurde über einen Beobachtungszeitraum von $2,9 \pm 1,9$ Jahren ermittelt, dass die Misserfolgsrate mit 3,33% Versagen gering ausfiel. Es konnte jedoch ein Zusammenhang zwischen einer vor dem Einsetzen der Restauration gemessenen geringen Materialschichtstärke, und einer dadurch verursachten höheren Wahrscheinlichkeit eine Fraktur zu erleiden, ermittelt werden (Murgueitio et al. 2012). Zudem wurde *in vitro* für endodontisch behandelte Molaren gezeigt, dass derartige Zähne bei thermo-mechanischen Frakturfestigkeitsuntersuchungen im Vergleich verschiedener

Einleitung

Restaurationsarten von einer vollständigen Abdeckung der Okklusalfäche mit Einbeziehung aller Höcker profitieren (Frankenberger et al. 2015).

Eine ebenfalls bewährte Versorgung eines Zahnes mit ausgedehntem Zahnhartsubstanzdefekt ist die vollständige Überkronung mit ausreichend zirkulärem und okklusalem Substanzabtrag. Sogenannte Vollkronen sind eher indiziert, wenn der Gewebsverlust der Zahnkrone bereits mehr als 50% beträgt (Vagropoulou et al. 2018). Im Einzelfall kann bspw. eine subgingivale Ausdehnung des Defekts oder der notwendige Ersatz einer oder mehrerer Höcker eine Teil- oder Vollüberkronung sinnvoll erscheinen lassen, resultierend in der Überlappung ihrer Indikationsbereiche (Kern et al. 2009). Vor allem Defekte mit einem hohen Anteil an Zahnschmelz und dentinunterstützten Kavitätenwänden lassen Teilüberkronung vorteilhaft erscheinen (Kern et al. 2009). Eine Übersichtsarbeit konnte ähnliche Langzeitergebnisse für Voll- und Teilkronen ermitteln (Vagropoulou et al. 2018): Die mittlere Überlebensrate wurde für Inlays mit 90,9% angegeben, für Teilkronen 93,5% und 95,4% für Vollkronen. Die Beobachtungszeiträume der Studien differierten zwischen 24 – 240 Monaten. Wegen der verschiedenen Studiendesigns unterteilte die Übersichtsarbeit die Beobachtungen nicht nach den einzelnen Materialien. Lediglich die Überlebensraten und Komplikationen der verschiedenen Restaurationsarten (Inlay/ Teilkrone/ Vollkrone) wurden einander gegenübergestellt. Dennoch verglichen die einzelnen Untersuchungen, bis auf eine, jeweils ausschließlich Silikatkeramiken bzw. Goldrestorationen untereinander (Vagropoulou et al. 2018). Eine Studie, die den Einfluss der koronalen Restauration auf die Frakturanfälligkeit wurzelkanalbehandelter Zähne bewertete, konnte ebenfalls unter Teil- und Vollüberkronung ähnlich stabile Langzeitergebnisse zeigen (Damaschke et al. 2013). Alle 24 mit Goldteilkronen restaurierten Zähne überlebten bei einem mittleren Beobachtungszeitraum von $8,9 \pm 2,3$ Jahren mit dem Maximum von 15,7 Jahren. Hingegen konnten mittlere Überlebenszeiträume von $15,3 \pm 0,4$ Jahren für vollüberkronte Zähne mit adhäsiv verschlossenem Trepanationszugang gezeigt werden, für okklusal nicht trepanierte Kronen und Brücken von $14,0 \pm 0,3$ Jahren und für Kronen mit gegossenem Metallstift von $13,9 \pm 0,2$ Jahren. Die mit Glasionomierzement

Einleitung

versorgten, wurzelkanalbehandelten Zähne frakturierten signifikant häufiger ($p < 0,01$) bei einem mittleren Überlebenszeitraum von $6,6 \pm 0,5$ Jahren (Damaschke et al. 2013).

Eine Defekt–orientierte Teilkronenpräparation vermag insbesondere, aufgrund des in Relation zur Vollkrone geringeren Zahnhartsubstanabtrags, die Pulpa weniger zu traumatisieren. Folglich wird eher der Erhalt der Pulpavitalität ermöglicht und somit werden auch weniger endodontisch notwendige, sekundäre Therapien verursacht (van Dijken et al. 2010).

Teilkronen werden aus gegossenen, goldhaltigen Metalllegierungen gefertigt oder aus Keramik gepresst oder gefräst (Abb. 1). In– und Onlays aus goldhaltiger Legierung gelten seit Jahrzehnten als Goldstandard zur Restauration ausgedehnter und approximal tiefer Defekte im Seitenzahnbereich (Wagner et al. 2003; Felden et al. 1998). Sie etablierten sich unter anderem aufgrund ihres unkritischen toxikologischen Risikoprofils und, zum Schutz der Umwelt, als eine Alternative zu Amalgamfüllungen (Studer et al. 2000). Ihre Langlebigkeit und gute Biokompatibilität konnten ausreichend gezeigt werden (Stoll et al. 1999; Donovan et al. 1993). Die jährliche Misserfolgsrate von Teilkronen aus goldhaltiger Legierung gilt mit $1,4 \pm 1,4\%$ als gering (Manhart et al. 2004). Zu den möglichen Komplikationen zählen Sekundärkaries, Retentionsverlust und endodontische Folgebehandlungen (Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999).

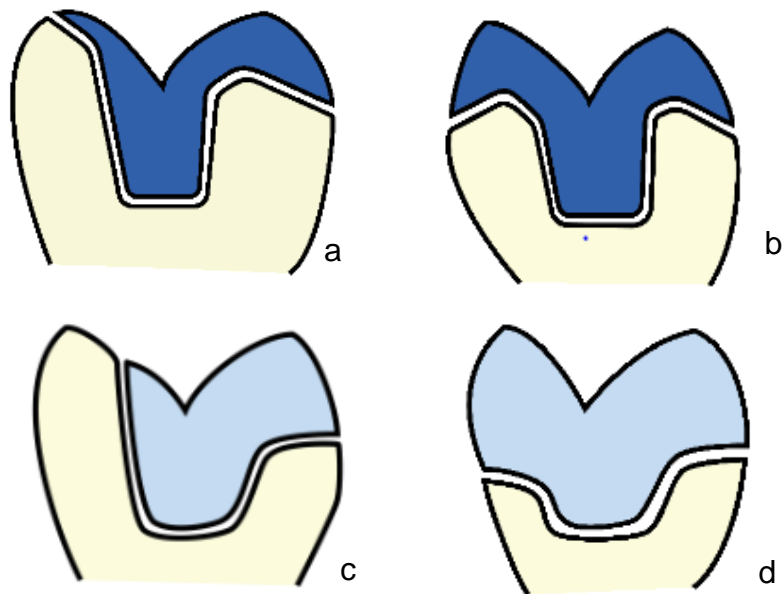


Abbildung 1(a-d) Grafische Veranschaulichung von Goldteilkronen (a,b) und Keramikrestorationen (c,d) (eigene Abbildung)

Die Teilkrone aus Dentalkeramik konnte letztendlich den Wunsch nach einer hochästhetischen zahnfarbenen Versorgung erfüllen (Felden et al. 2000; Federlin, Wagner, et al. 2007; Wagner et al. 2003). Mit weiteren materialbezogenen Entwicklungen und Verbesserungen der Dentalkeramiken, dualhärtenden Befestigungskompositen und Adhäsiv-Systemen zeigten sich die Vorteile einer klinischen Anwendung der Keramikteilkrone: zahnfarbene, biokompatible Materialien kombiniert mit einem geringerem Zahnhartsubstanzabtrag im Vergleich zur Vollkrone (Felden et al. 2000; Donovan et al. 1993).

Eine Metaanalyse gibt für keramische Teilkronen eine jährliche Misserfolgsrate von etwa $1,9\% \pm 1,8$ an (Manhart et al. 2004). Folglich scheinen diese ein ebenso akzeptables Langzeitergebnis wie Goldrestorationen erzielen zu können und können somit als restaurative Versorgung empfohlen werden (Federlin, Wagner, et al. 2007; Felden et al. 1998). Die Herausforderungen bei Keramikrestorationen sind das potentielle Frakturrisiko und die hohe Techniksensitivität der notwendigen adhäsiven Befestigung (Felden et al. 1998; van Dijken et al. 2010; Vagropoulou et al. 2018; El-Mowafy et al. 2002).

Einleitung

Hintergrund des Frakturrisikos ist die spröde Eigenschaft der Dentalkeramiken bei hoher Biegefestigkeit aber vergleichsweise niedriger Risszähigkeit (Felden et al. 1998; Shenoy et al. 2010). Empress I weist eine Biegefestigkeit von 110 MPa auf bei einer Risszähigkeit von 1,1 MPa/m². Jüngere Dentalkeramiken wie Zirkoniumdioxid zeigen deutlich höhere Werte (1000 MPa; 8 MPa/m²). Die klinische Langlebigkeit dentaler Keramiken ist u.a. abhängig von der zeitabhängigen Verschlechterung des Materials (van Dijken et al. 2010): Durch wiederkehrende, subkritische Belastung entstehen Mikrorisse in der Dentalkeramik, die sich über die Zeit und Dauer der Belastung hinweg ausbreiten und final zu einer Fraktur der Keramik führen können (Shenoy et al. 2010; Belli et al. 2013). Teilstabilisiertes, polykristallines tetragonales Zirkoniumdioxid (Y-TZP) soll bspw. das Risiko der Rissausbreitung durch Phasenumwandlung verringern (Schmitter 2010). Weiterhin ist ein häufig dokumentierter Grund für die Fraktur keramischer Restaurationen die nicht eingehaltene, erforderliche Mindestschichtstärke (Felden et al. 2000). Keramiken < 2mm Schichtstärke zeigten signifikant häufiger Frakturen als solche mit > 2mm Schichtstärke (Murgueitio et al. 2012). Andere Untersuchungen zeigten gleichzeitig, dass einzelne Keramikarten empfindlicher auf die Nicheinhaltung von Schichtstärken reagieren als andere (Bakeman et al. 2015). Falls solche Keramikfrakturen auftreten, sind diese oftmals mit geringem Verlust von Zahnhartsubstanzen reparabel (van Dijken et al. 2010).

Postoperative Hypersensibilitäten sind nach adhäsiver Befestigung von Keramikrestaurationen beschrieben worden. Als Gründe hierfür gelten unvollständig adhäsiv „versiegelte“ Dentinareale sowie ein insuffizienter Komposit–Dentin–Verbund am pulpanahen Kavitätenboden (Hickel 1990). Eine adäquate Vorbehandlung der Dentinoberfläche mit selbstkonditionierenden Primern (oder sogenannten Dentin Bonding Agents) kann derartige Hypersensibilitäten deutlich reduzieren (Krämer et al. 2005).

1.2 Stand der Forschung

Die aktuelle Datenlage beschreibt derzeit noch nicht umfänglich die Langzeitergebnisse indirekter Teilrestaurationen aus goldhaltiger Legierung und aus Silikatkeramik. Am häufigsten waren Feldspatkeramiken, Glaskeramiken, und (zirkonverstärkte) Lithiumdisilikatkeramiken Gegenstand klinischer Untersuchungen.

Wenige Studien verglichen bisher (analog zu der hier vorliegenden Arbeit) beide o.g. Restaurationsarten direkt miteinander. Diese zeigten zudem moderat hohe Fallzahlen von bis zu 84 Restaurationen an bis zu 64 Patienten nach maximal 7 Jahren (Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010). Publierte Untersuchungen, die ausschließlich eine der beiden Restaurationsarten thematisierten, konnten meist höhere Fallzahlen und Beobachtungszeiträume vorweisen: In Studien, die ausschließlich Keramikrestaurationen evaluierten, lagen ähnliche Fallzahlen oder bis zu 252 Keramiklaborarbeiten bei bis zu 121 Patienten nach bis zu 15 Jahren Beobachtungszeitraum vor (Felden et al. 2000; van Dijken et al. 2010; Krämer et al. 2005; Naeselius et al. 2008; Bühler et al. 2017). Ausnahmen sind die Untersuchungen von Reiss et al. und Stoll et al., welche nach 10 – 18 Jahren bis zu 1624 Restaurationen bei bis zu 643 Patienten nachkontrollierten (Reiss 2006; Stoll et al. 2007). Arbeiten zu Goldinlays und –teilkronen konnten ähnliche oder teils größere Fallzahlen und Beobachtungszeiträume vorweisen (Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999; Donovan et al. 2004; Reiss 2006; Stoll et al. 2007). Hinzu kommt, dass die publizierten Untersuchungen vor allem zu Goldrestaurationen vor teils über 15 Jahren dokumentiert worden sind. Lediglich zwei Langzeitstudien über Keramikteilkronen sind jünger als fünf Jahre (Bühler et al. 2017; Santos et al. 2016). Die oben erwähnten klinischen Studien sind, wie die vorliegende, überwiegend retrospektiv (Wagner et al. 2003; Felden et al. 2000; Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999; Reiss 2006; Naeselius et al. 2008; Bühler et al. 2017), während wenige prospektiv sind (van Dijken et al. 2010; Frankenberger et al. 2008; Santos et al. 2016). Eine split–mouth–Studie ergänzt die Datenlage (Federlin et al. 2010).

Einleitung

Aktuelle Studien zu Goldrestaurationen sind aus den Jahren 2001 – 2010. Diese beobachteten verschieden große Fallzahlen von 22 bis hin zu 2071 Goldteilkronen unter Beobachtungszeiträumen von 5,5 bis zu 52 Jahren. Die Überlebenswahrscheinlichkeiten nach Kaplan–Meier lagen zwischen 72,0% – 98,9% (Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010; Studer et al. 2000; Donovan et al. 2004; Erpenstein et al. 2001). Die publizierten Untersuchungen zu Keramikteilrestaurationen lassen sich übersichtlich nach ihren Beobachtungszeiträumen gruppieren: Studien, die Keramikteilrestaurationen vier bis acht Jahre nachuntersucht haben, zeigten ein Überleben von 81 – 92% (Bühler et al. 2017; Krämer et al. 2005; Naeselius et al. 2008; Federlin et al. 2010; Wagner et al. 2003; Felden et al. 2000). Klinische Untersuchungen, die Ergebnisse bis zu 18 Jahren vorlegen, gaben ein Überleben der Keramikteilrestaurationen von 75,9 – 92,4% an (Frankenberger et al. 2008; Stoll et al. 2007; van Dijken et al. 2010; Reiss 2006; Beier et al. 2012).

Als Gründe für den Misserfolg von Goldrestaurationen werden am häufigsten Sekundärkaries, Retentionsverlust und endodontische Nachbehandlungen genannt (Stoll et al. 1999; Studer et al. 2000; Donovan et al. 2004). Keramikfrakturen, Restaurationsverlust und ebenfalls Sekundärkaries sind bei keramischen Restaurationen häufige Komplikationen (Frankenberger et al. 2008; Reiss 2006; van Dijken et al. 2010; Felden et al. 2000; Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010; Santos et al. 2016). Studien, die einen Zusammenhang zwischen wurzelkanalbehandelten, restaurierten Zähnen und dem Misserfolg der Restauration prüften, konnten größtenteils diesen bestätigen und zum Teil sogar als Prädiktor benennen (van Dijken et al. 2010; Studer et al. 2000; Beier et al. 2012; Reiss 2006; Bühler et al. 2017).

Die publizierten Studien haben gemein, dass diese beiden Restaurationsarten klinisch akzeptable Langzeitergebnisse zusprechen (Federlin et al. 2010; Wagner et al. 2003; Frankenberger et al. 2008; Reiss 2006; van Dijken et al. 2010; Felden et al. 2000; Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999). Jedoch fehlt einigen Autoren der direkte Vergleich beider Restaurationsarten in einem Studiendesign über einen aussagekräftigen Beobachtungszeitraum hinweg (Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010).

Einleitung

Bislang fehlen folglich aktuelle Langzeitdaten mit ausreichend hohen Fallzahlen zum direkten Vergleich von Gold- und Keramikteilkronen. Die vorliegende Arbeit versucht, diese Wissenslücke zu schließen.

1.3 Zielsetzung dieser Arbeit

Ziel der dieser Dissertationsarbeit zugrundeliegenden klinischen, retrospektiven Studie war es, eine möglichst große Fallzahl indirekter Restaurationen über einen möglichst großen Beobachtungszeitraum auf ihre Komplikations- und Überlebensraten hin zu untersuchen. Es wurden insgesamt 325 Patienten mit 161 keramischen und 164 Restaurationen aus goldhaltiger Legierung nachkontrolliert. Es ergab sich ein Beobachtungszeitraum von 9 – 25 Jahren.

Hauptfragestellung

Sind die Langzeitergebnisse indirekter Restaurationen aus Silikatkeramiken und goldhaltiger Legierung klinisch akzeptabel und vergleichbar hoch?

Sekundäre Fragestellungen

- Repräsentieren die ermittelten Misserfolgsraten die bisherige Datenlage?
- Entsprechen die Gründe für das Versagen indirekter Restaurationen in diesem Studienkollektivs dem Stand der Forschung?
- Sind biologische Einflüsse oder andere relevante Parameter für den Misserfolg einer indirekten Restauration ermittelbar?

Einleitung

Folgende Prüfhypothesen und Forschungsfragen wurden kapitelweise formuliert, um die zentrale Fragestellung strukturiert beantworten zu können:

Erfolg und Misserfolg

- 1 Indirekte Restaurationen aus goldhaltiger Legierung und Keramik sind gleich erfolgreich.
- 2 Indirekte Restaurationen sind auf Molaren ebenso erfolgreich wie auf Prämolaren.
- 3 Die Misserfolgsraten von Goldteilkronen und keramischen Restaurationen unterscheiden sich nicht.

Komplikationsanalyse

- 1 Ist bezüglich Keramikfrakturen ein Zusammenhang zu wurzelkanalbehandelten Zähnen oder zu dem Material des (restaurierten) Antagonisten herstellbar?
- 2 Sind die verschiedenen Komplikationsarten unterschiedlich schwerwiegend, also führen einige zu Misserfolg indirekter Restaurationen und andere nicht?
- 3 Ist der Misserfolg indirekter Restaurationen durch spezifische Prädiktoren vorhersagbar?
- 4 Sagt der Zeitpunkt einer Komplikation den Misserfolg einer indirekten Restauration vorher?

Relevanz des Patienten- und Restaurationsalters

- 1 Treten mit steigendem Patientenalter eher Komplikationen und/ oder Misserfolg indirekter Restaurationen auf?
- 2 Unterscheidet sich das Restaurationsalter bei indirekten Restaurationen mit und ohne Komplikationen bzw. bei erfolgreichen und gescheiterten Restaurationen?

Einleitung

Betrachtungen des endodontischen Zustands und dessen Auswirkungen

- 1 Zeigen mit Keramik restaurierte Zähne aufgrund der materialspezifischen Präparationsgeometrie häufiger Vitalitätsverlust?
- 2 Sind endodontische Komplikationen bei Zähnen mit indirekten Restaurationen aus goldhaltiger Legierung und aus Keramik gleich verteilt?
- 3 Erleiden indirekte Restaurationen auf wurzelkanalbehandelten Zähnen häufiger einen Misserfolg als auf vitalen Zähnen?

Detektion biologischer Einflüsse

- 1 Kann ein Zusammenhang zwischen interventionsbedürftiger, oraler Gesundheit und dem Auftreten von Sekundärkaries an indirekten Restaurationen hergestellt werden?
- 2 Kann ein Zusammenhang zwischen Plaqueakkumulation, Gingivitis oder Kariesrisiko zu Sekundärkaries an indirekten Restaurationen hergestellt werden?
- 3 Hat eine (lokale) Parodontitis Einfluss auf den Erfolg indirekter Restaurationen?
- 4 Lassen sich biologische Prädiktoren für einen Misserfolg indirekter Restaurationen ermitteln?

Anmerkung: Der Übersicht wegen wurden Forschungsfragen nachfolgend Hypothesen genannt.

2 Patienten und Methoden

2.1 Studiendesign und Studiengenehmigung

Im Folgenden wird aus Gründen der Übersichtlichkeit bewusst auf die genderkonforme Formulierung von Patienten und Patientinnen sowie von Zahnärzten und Zahnärztinnen verzichtet. Verallgemeinernd werden die Begriffe Patienten und Zahnärzte verwendet.

Die dieser Dissertationsarbeit zugrundeliegende klinische Studie wurde in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit des Uniklinikums Würzburg, im Folgenden Zahnklinik Würzburg genannt, durchgeführt. Es wurden von August 2018 bis Januar 2019 325 Patienten nachuntersucht. Gegenstand dieser Nachuntersuchung waren von 1994 – 2009 eingesetzte, indirekte Restaurationen aus hochgoldhaltiger Legierung und gepresster Leuzit–Glaskeramik, nachfolgend der Übersicht wegen Gold und Keramik genannt.

Für diese klinische retrospektive Studie wurde von der Ethikkommission der Julius–Maximilians–Universität Würzburg ein positives Votum eingeholt (Genehmigungsdatum: 15.09.2015; Nr. 184/ 15). Somit sind die Vorgaben der aktuellen Version der Deklaration von Helsinki erfüllt. Aufgrund der im Sommer 2018 neu erschienenen Datenschutzgrundverordnung und erweiterter Patientenrekrutierung, wurde ein Nachtrag der Ethikkommission vorgelegt. Das Bundesamt für Strahlenschutz genehmigte unter dem Zeichen Z 5–2246/2–2015–052 am 16. Oktober 2015 bis zu zwei Bissfügel aufnahmen und bis zu drei Zahnfilme je Studienteilnehmer.

Die klinische Studie wurde durch zwei approbierte Zahnärztinnen (C.H., L. D.) in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg durchgeführt. Ergänzend zu der vorliegenden Arbeit diente dieselbe Reihenuntersuchung als Datengrundlage für die Dissertation „Langzeitergebnisse der Qualität von Gold– und Keramikeilkronen im Vergleich – eine klinische und röntgenologische Bewertung 9 bis 25 Jahre nach Insertion“ (von der Heide 2020). Diese verwendet den Qualitätsscore nach Hickel zur

Patienten und Methoden

Beurteilung der indirekten Restaurationen und thematisiert mögliche Einflüsse auf die Qualität (Hickel et al. 2007).

2.2 Patientenpool und Einschlusskriterien

Um den Patientenpool zusammenstellen zu können, wurden die Patientenkarten der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg von 2003 bis 2014 systematisch durchsucht. Die darin enthaltenen, handschriftlich erstellten Karteikarteneinträge wurden nach im Studentenkurs eingesetzten indirekten Restaurationen durchgesehen. Die identifizierten Patienten wurden mit Namen, Geburtsdatum und Kontaktdaten in einer Excel-Tabelle (Microsoft Excel 2016, Fa. Microsoft Corporation) gelistet und aus datenschutzrechtlichen Gründen ausschließlich auf klinikeigenen Servern bearbeitet und passwortgeschützt gespeichert. Zusätzlich wurden Einsetzdatum, Flächenausdehnung und Material der eingesetzten, indirekten Restaurationen, sowie der Behandler (Student/ Zahnarzt) vermerkt.

Falls bei Patienten mehr als eine laborgefertigte Restauration eingesetzt worden war, wurden diese pro Einsetzdatum in absteigender Reihenfolge notiert. Die patientenbezogenen Daten wurden später als Ausgangsbefund mit in den Befundbogen der Studie übertragen (s. Anhang, Kap. 8.3).

So ergab sich für die vorliegende klinische Studie ein Pool aus 1651 Patienten. Ziel der Reihenuntersuchung war es, Teilkronen und möglichst großflächige indirekte Restaurationen nachzuuntersuchen. Bei indirekten Restaurationen aus Gold wurden ausschließlich Teilkronen (vier- und fünfflächig) in die Untersuchung eingeschlossen. Da die Gesamtzahl der Keramikrestaurationen deutlich geringer war, wurden auch dreiflächige Keramikrestaurationen miteinbezogen, unter der Voraussetzung, dass deren Ausdehnung mindestens einen Höcker der Kaufläche umfasste.

So ergaben sich für die Patientenauswahl folgende Einschlusskriterien:

- Patientenalter unter 85 Jahre
- Patienten, deren indirekte Restauration bis einschließlich 2009 eingesetzt worden war

Patienten und Methoden

- Die Behandlung war durch einen Studierenden oder Zahnarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg erfolgt
- Die zu untersuchende indirekte Restauration war eine Goldteilkrone oder eine Keramikrestauration, welche mindestens einen Höcker der Kaufläche miteinbezog

Ausgeschlossen wurden Schwangere und Patienten, bei denen oben genannte Kriterien nicht erfüllt waren.

2.3 Patientenrekrutierung

Auf Basis der oben genannten Einschlusskriterien erfolgte die Patientenrekrutierung (Abb. 2):

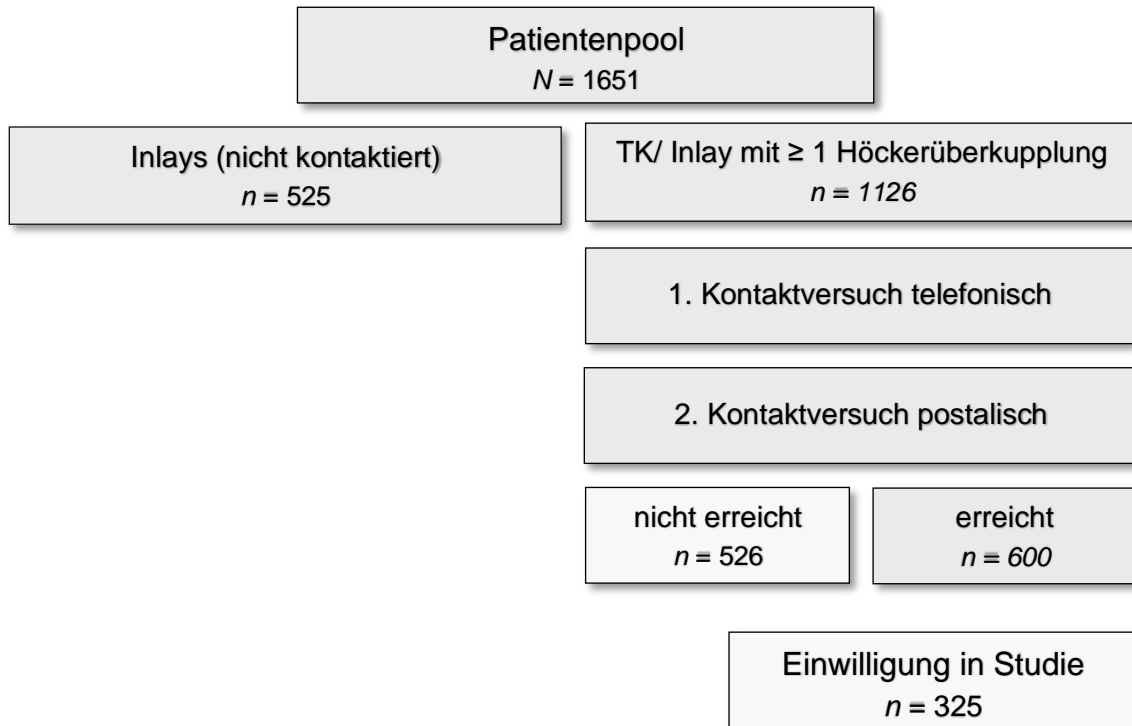


Abbildung 2 Systematik der Patientenrekrutierung
(TK = Teilkrone)

Der erste Kontaktversuch erfolgte telefonisch. Falls dies erfolglos war, wurde der Patient postalisch um Rückmeldung gebeten. Die Kontaktdaten stammten aus den handschriftlich geführten Patientenkarten, der zentralen Patientenverwaltungssoftware der Zahnklinik (ivoris® clinic, Fa. Computer konkret) bzw. der des Uniklinikums Würzburg (SAP, Fa. SAP Deutschland SE & Co. KG). Auf diese Weise konnten 600 Patienten erreicht werden: 275 Patienten hieraus erklärten sich jedoch nicht zu einem Nachuntersuchungstermin bereit. Die am häufigsten genannten Gründe hierfür waren kein Interesse, terminliche Engpässe, Krankheit und zu aufwendige oder kostenintensive Anreise. 325 Patienten konnten schließlich für die Studie terminiert werden. Davon wurden 296 Patienten ausführlich befundet: Bei 12 der einbestellten Patienten war die

indirekte Restauration nicht mehr in situ, bei weiteren 17 der einbestellten Patienten war der restaurierte Zahn bereits extrahiert worden. Deren Befund wurde reduziert aufgenommen und später für die Errechnung der Misserfolgsraten verwendet.

164 der indirekten Restaurationen waren Goldteilkronen, die verbliebenen 161 Keramikrestaurationen. Die Goldteilkronen sind aus Degunorm® (Fa. Degudent) gegossen und mit Glasionomercement (Ketac™ Cem, Fa. 3M) eingesetzt worden. In Ausnahmefällen ist Zinkoxidphosphatzement (Harvard Cement, Fa. Harvard Dental International GmbH) verwendet worden. Die Keramikrestaurationen sind in diesem Zeitraum aus Empress I (Fa. Ivoclar Vivadent AG) gepresst worden. Bei 66,5% ($n = 107/161$) des untersuchten Restaurationsguts ist das Befestigungskomposit bekannt: 54,2% ($n = 58/161$) der Keramikrestaurationen sind mit Bifix QM (Fa. VOCO GmbH) eingesetzt worden, 38,3% ($n = 41/161$) mit Compolute™ (Fa. 3M), jeweils 3,7% ($n = 4/161$) mit Variolink (Fa. Ivoclar Vivadent AG) oder in Schmelz-Ätz-Technik (Tetric EvoFlow, Fa. Ivoclar Vivadent AG). Diese Einsetzangaben dürfen als repräsentativ für alle in dieser Studie untersuchten Restaurationen erachtet werden. In allen Fällen ist festgehalten worden, dass das Einsetzen der Keramikrestaurationen unter Kofferdam erfolgt war.

Die indirekten Restaurationen sind überwiegend im Studentenkurs unter Anleitung von Assistenz- und Oberärzten eingesetzt worden. Ein geringer Anteil von 13,5% ($n = 44$) der untersuchten Laborarbeiten ($n = 325$) ist von Zahnärzten der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg eingesetzt worden.

2.4 Klinische Nachuntersuchung

Sowohl die Terminvergabe als auch die klinische Nachuntersuchung wurde durch zwei approbierte Zahnärztinnen (C.H., L.D.) durchgeführt. Erstere erfolgte mindestens 24 Stunden vor dem vereinbarten Nachuntersuchungstermin. Dieser war einmalig für etwa 60 Minuten angesetzt. Vor der Untersuchung wurde in einem persönlichen Gespräch mit dem Patienten der Informationsbogen über das Studienziel und den geplanten Untersuchungsmaßnahmen besprochen (s. Anhang, Kap. 8.3). Die Aufklärung wurde mit der schriftlichen Einwilligung des Patienten zur freiwilligen Teilnahme an der vorliegenden Studie bestätigt (s. Anhang, Kap. 8.2).

Vor Studienbeginn fand eine Beispieluntersuchung zusammen mit einem erfahrenen Oberarzt (Dr. R. K.) der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg statt. Die Befundergebnisse der ersten zehn Studienteilnehmer wurden zur Kalibrierung und Rekalibrierung der Untersucherinnen gemeinsam mit dem Oberarzt umfassend evaluiert. Weiterführend fanden die Untersuchungen durch die zwei Zahnärztinnen gemeinsam statt, sodass Befundung und Diagnostik im Konsens erfolgten.

2.4.1 Auswahl der indirekten Restauration

Falls ein Patient mehr als eine indirekte Restauration vorzuweisen hatte ($n = 204/325$), die die Einschlusskriterien erfüllte, wurde wie folgt vorgegangen (Abb. 3): Lagen sowohl Gold- als auch Keramikrestorationen vor, so fiel die Wahl stets auf Letztere. Hintergrund für dieses Vorgehen war, dass die Gesamtheit geeigneter indirekter Restaurationen bedeutend weniger Keramikrestorationen vorwies. Auf diese Weise sollte eine der Goldteilkronen vergleichbar hohe Fallzahl an Keramikrestorationen erreicht werden.

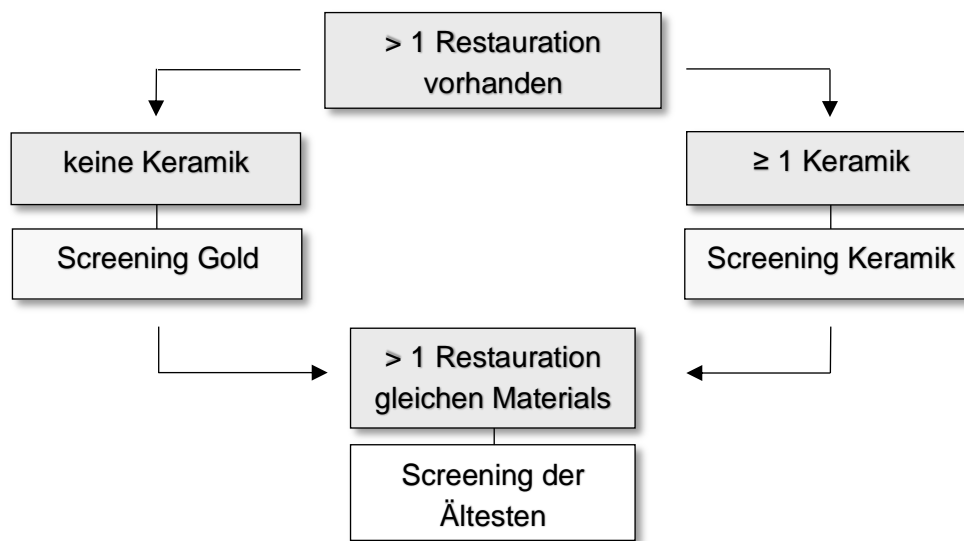


Abbildung 3 Systematik der Auswahl der indirekten Restauration bei mehr als einer vorhandenen Restauration bei einem Patienten

Lag mehr als eine geeignete Restauration desselben Materials vor, so wurde die Älteste gewählt, um einen größtmöglichen Beobachtungszeitraum gewährleisten zu können.

2.4.2 Patientenbefragung

Zu Beginn der Behandlung wurden für die Datenerhebung wichtige Informationen über den Therapieverlauf der indirekten Restauration erfragt: Hierzu zählten aufgetretene Komplikationen wie nachträgliche Wurzelkanalbehandlungen, Dezementierung bei Goldteilkronen, Frakturen bei Keramikrestaurationen, Reparaturen oder auch die Neuanfertigung der indirekten Restauration bzw. die Extraktion des restaurierten Zahnes. Falls Interventionen stattgefunden hatten und diese nicht in der Zahnklinik Würzburg durchgeführt worden waren, wurde nach Einwilligung des Patienten der behandelnde Zahnarzt bezüglich dieser restaurationspezifischen Daten wie Zeitpunkt, Art der Maßnahme oder Diagnose befragt.

2.4.3 Klinischer Befund

Die Daten der sich anschließenden Befunderhebung wurden handschriftlich im Befundbogen festgehalten, welcher speziell für die vorliegende Studie angefertigt worden ist (s. Anhang, Kap. 8.3). Zusätzlich wurde ein Karteneintrag in der zentralen Patientenverwaltungssoftware der Zahnklinik Würzburg verfasst.

Nach Aufklärung und schriftlicher Einwilligung des Studienteilnehmers erfolgte die allgemeine und spezifische Anamnese. Im Falle einer notwendigen antibiotischen Abschirmung wurde diese 60 Minuten vor Behandlungsbeginn durch den Patienten eingenommen (Horstkotte 1999).

Zur Erhebung des allgemeinen intraoralen Befunds gehörten die Inspektion der Mundschleimhäute, ein dentaler Befund und die Zustandskontrolle des Parodonts. Bei Auffälligkeiten und/ oder Pathologien wurde der Patient darüber aufgeklärt und an die entsprechende Abteilung in der Zahnklinik Würzburg bzw. an dessen Hauszahnarzt überwiesen.

Anschließend fand die Befunderhebung des restaurierten Zahnes statt. Folgende klinische Parameter wurden am restaurierten Zahn und, falls vorhanden, dessen mesialen und distalen Nachbarzähnen für die Datenerfassung im Rahmen der Studie erhoben (a bis g):

a) *Thermischer Sensibilitätstest*

Die Überprüfung der Sensibilität erfolgte mit Kältespray (Polar, Fa. Unigloves) an nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen. Die positive, hypersensible oder negative Reaktion der untersuchten Zähne wurde dokumentiert.

b) *Perkussionstest*

Mittels kontrollierten Klopfens mit dem Handgriff des Mundspiegels wurde der Perkussionstest durchgeführt, um klinisch eine mögliche apikale Läsion festzustellen. Eine Schmerzreaktion wurde als positiv, keine Reaktion als negativ dokumentiert.

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

Die Lockerungsgrade werden nach Lindhe & Nyman (1977) in vier Grade unterteilt (Tbl. 1) (Lindhe et al. 1977). Die Bestimmung derer erfolgte mit horizontal ausgeübtem, kontrolliertem Druck zwischen den Handgriffen zweier Mundspiegel.

Tabelle 1 Einteilung der Lockerungsgrade (Lindhe & Nyman, 1977)

Grad	klinischer Befund
0	physiologische Beweglichkeit
I	geringe horizontale Beweglichkeit: 0,2 – 1mm
II	moderate horizontale Beweglichkeit: 1 – 2mm
III	ausgeprägte horizontale Beweglichkeit: > 2mm &/ axiale Beweglichkeit

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

Zur Erfassung des SBI wurde eine Marquis-Parodontalsonde (Parodontometer CP-12, Fa. Hu-Friedy) im 45°-Winkel zur Zahnachse etwa einen Millimeter tief kontrolliert durch den Sulkus gezogen und etwa 20 Sekunden abgewartet. Diese Vorgehensweise erfolgte mit leichtem Sondierungsdruck. Die beobachtete klinische Reaktion wird nach Mühlemann & Son (1971) in sechs Grade unterteilt (Tbl. 2) (Muhlemann et al. 1971). Es wurden sechs Messwerte je untersuchtem Zahn dokumentiert: distobukkal, mediobukkal, mesiobukkal, mesiolingual/ –palatinal, mediolingual/ –palatinal, distolingual/ –palatinal.

Tabelle 2 Einteilung des Sulkus Blutungs Index (Mühlemann & Son, 1971)

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

e) *Plaque Index (PI) nach Turesky (1970)*

Der durch Turesky modifizierte Plaque Index nach Quigley–Hein wurde verwendet (Turesky et al. 1970), welcher die Plaqueakkumulation auf Vestibulärflächen von Zähnen in sechs Grade einteilt (Abb. 4, Tbl. 3). Ein mit Plaquefärbelösung (MIRA–2–TON, Fa. Hager & Werken) getränktes Schaumstoffpellet wurde über die Oral- und Vestibulärflächen der zu untersuchenden Zähne getupft und anschließend mit Wasser abgespült. Auf diese Weise erfolgte die Visualisierung der vorhandenen Plaque. Es wurden sechs Messwerte je untersuchtem Zahn im Befundbogen festgehalten: distobukkal, mediobukkal, mesiobukkal, mesiolingual/ –palatinal, mediolingual/ –palatinal, distolingual/ –palatinal.

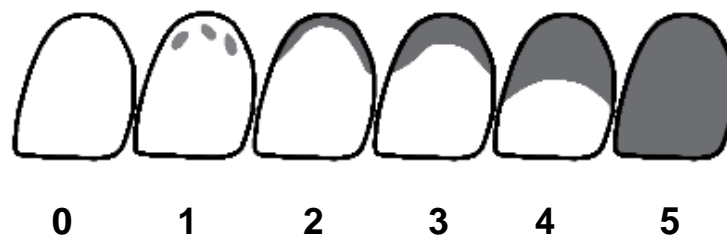


Abbildung 4 grafische Veranschaulichung des Plaque Index (Turesky, 1970) (eigene Abbildung)

Tabelle 3 Einteilung des Plaque Index (Turesky, 1970)

Grad	klinischer Befund
0	keine Plaque vorhanden
1	vereinzelte Plaque–Inseln am Gingivarand
2	dünne, zusammenhängende Plaquelinie (bis zu 1mm) am Gingivarand
3	Plaquelinie von mehr als 1mm, die jedoch weniger als ein Drittel der Fläche bedeckt
4	Plaquaueausdehnung bis ins mittlere Zahndrittel
5	Plaquaueausdehnung bis ins koronale Zahndrittel

- f) *Taschensondierungstiefen (PPD) und Clinical Attachment Level (CAL)*
 Mit einer Marquis–Parodontalsonde wurde der Abstand zwischen Gingivasaum und sondierbarem Boden der parodontalen Tasche millimetergenau gemessen (PPD). Im gleichen Schritt wurde ebenfalls das Clinical Attachment Level erhoben (CAL): von der Schmelz–Zement–Grenze bis zu dem sondierbaren Boden der parodontalen Tasche, gleichbedeutend mit der Summe des Rezessionswertes und PPD. Die Messung erfolgte mit leichtem Sondierungsdruck.
 Insgesamt wurden pro Zahn je sechs Messwerte PPD und CAL bestimmt: distobukkal, mediobukkal, mesiobukkal, mesiolingual/ –palatinal, mediolingual/ –palatinal, distolingual/ –palatinal.
 Nach Reevaluation der erhobenen Parameter wurde CAL nicht zur Interpretation der Ergebnisse herangezogen.
- g) *Kariesrisikobestimmung nach Hotz et al. (2005)*
 Das Kariesrisiko wurde anhand einer Patientenbefragung zur Ernährung und Fluoridierung sowie anhand der klinischen Situation beurteilt und entsprechend der Vorgaben in „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ eingeteilt (s. Anhang, Kap. 8.3) (Hotz et al. 2005).

2.4.4 Fotodokumentation

Zur Vervollständigung der Dokumentation wurde die Situation der in situ Restauration zum Untersuchungszeitpunkt fotografisch festgehalten. Hierzu wurde eine Spiegelreflexkamera (Canon EOS 7D, Fa. Canon Deutschland GmbH) mit Makroobjektiv (EX Makro DG OS HSM, Fa. Sigma Deutschland GmbH) und Ringblitz (MR-14EX Macro Ring Lite, Fa. Canon Deutschland GmbH) unter Zuhilfenahme von Fotospiegeln (Fa. Hahnenkratt) verwendet. Es wurde je eine Aufsichtaufnahme von dem zu untersuchenden Zahn und dessen Antagonisten angefertigt, eine Lateralaufnahme, sowie eine Aufsichtaufnahme der indirekten Restauration mit statischer Okklusion, zuvor abgebildet mittels Okklusionsfolie (Abb. 5(a-d)).

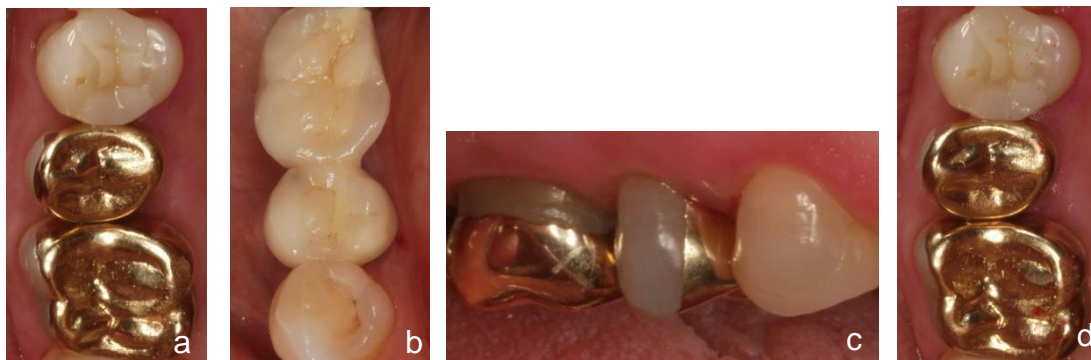


Abbildung 5(a-d) Beispielhafte Fotodokumentation der indirekten Restaurationen

Fall 311: Goldteilkrone auf Zahn 15

a) Aufsichtaufnahme, b) Antagonistenaufnahme, c) Lateralansicht, d) Aufsichtaufnahme mit statischen Okklusionskontakten (eigene Fotografien)

2.4.5 Röntgenologische Bildgebung

Abschließend folgte die Anfertigung eines Zahnfilms des restaurierten Zahnes, falls kein Zahnfilm vorlag, der vor bis zu 12 Monaten zuvor erstellt worden war. Zum einen wurde die Randqualität der indirekten Restauration neben der klinischen Situation auch röntgenologisch beurteilt, zum anderen konnte bei klinischer Symptombefreiheit die periapikale Region auf eine asymptomatisch

Patienten und Methoden

ablaufende Entzündung hin überprüft werden. Bei klinisch auffälligen Zähnen war die Indikation zur bildgebenden Diagnostik gegeben.

Die Zahnfilme wurden in Paralleltechnik mit einem Intraoralröntgengerät (Heliodont DS, Fa. Sirona) auf Speicherfolien (Foliengröße 2+: 3 x 4cm, Fa. Dürr Dental) aufgenommen. Die Positionierung dieser Folien erfolgte mit einem Röntgenbildhalter (XCP®, Fa. Dentsply Rinn). Bei einer Belichtungszeit von 0,16ms betrug die Röhrenspannung 60kV. Anschließend wurden die Speicherfolien mithilfe eines Speicherfolienscanners (VistaScan Mini View, Fa. Dürr Dental) digitalisiert und in der Bildgebungssoftware (Sidexis XG, Fa. Sirona) gespeichert.

2.5 Auswertung

2.5.1 Auswertung der klinischen und röntgenologischen Befunde

Neben der Unterscheidung nach Restaurationsmaterial wurde auch zwischen restaurierten Prämolaren und Molaren unterschieden, sowie zwischen dreiflächigen Keramikrestorationen und Keramikeilkronen (vier- und fünfflächig). Zudem wurde das Studienkollektiv in restaurierte Zähne ohne und mit Wurzelkanalbehandlung aufgeteilt (jeweils vor und nach Insertion der indirekten Restauration).

Um zu beurteilen, wie viele restaurierte Zähne Vitalitätsverlust nach indirekter Versorgung erlitten hatten, wurde eine dichotome Variable erstellt: Deren Ausprägungen wurden „vital“ und „avital/ endodontische Komplikation“ genannt. Für die letztgenannte Ausprägung wurden sowohl Zähne, die negativ auf den thermischen Sensibilitätstests reagierten, als auch pulpitische Beschwerden und asymptomatische Pathologien miteinbezogen.

Einen Hinweis auf Gingivitis lieferte das arithmetische Mittel der SBI-Messwerte (Summe der Messwerte/ Anzahl der Messwerte). Der Mittelwert der Gradeinteilung des PI deutete Plaqueakkumulation an.

Die Röntgenaufnahmen wurden auf einem Befundungsmonitor (Think Vision L1900p, Fa. Lenovo, 1280 x 1024 Pixel, Helligkeit 250 cd / m²) in einem abgedunkelten Raum durch die Untersucherinnen unter Konsensbildung beurteilt. Pathologische Befunde wurden unter Komplikationen verschlüsselt (vgl. Kap 2.5.4).

2.5.2 Bewertung der Oralen Gesundheit

Um mögliche biologische Einflüsse auf den Erfolg indirekter Restaurationen überprüfen zu können, wurden folgende dichotome Variablen erstellt (Abb. 6):

- Gingivitis wurde anhand des SBI in die Ausprägungen „nicht vorhanden“ und „vorhanden“ kategorisiert
- Plaqueakkumulation wurde anhand des PI in die Ausprägungen „gering“ und „ausgeprägt“ unterteilt

- Die bestehende Variable Kariesrisiko wurde von bisher drei auf zwei Ausprägungen zusammengefasst („gering“ versus „erhöht“)

Lagen bei einem der Studienteilnehmer sowohl Gingivitis als auch ausgeprägte Plaqueakkumulation und ein hohes Kariesrisiko vor, wurde dieser als „oral nicht gesund“ deklariert. Alle anderen Studienteilnehmer wurden unter „oral gesund“ verschlüsselt.

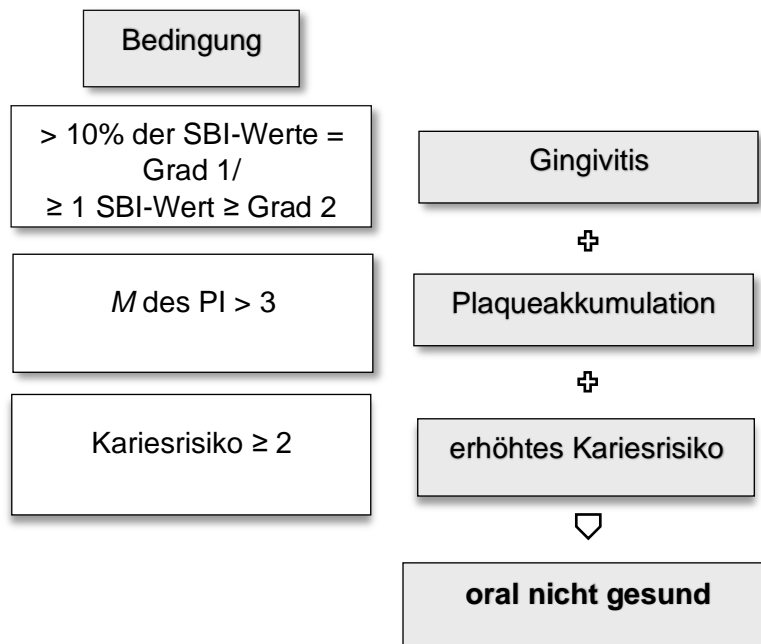


Abbildung 6 Definition interventionsbedürftiger Orale Gesundheit

2.5.3 Bewertung der parodontalen Situation

Der parodontale Zustand des Patienten ist in „keine“ und „(lokale) Parodontitis“ eingeteilt worden. Hierzu wurden Taschensondierungstiefen und Lockerungsgrade herangezogen: Sobald einer der bis zu drei untersuchten Zähne (restaurierter Zahn, mesialer und distaler Nachbarzahn) mindestens LG II vorwies und/ oder PPD von mindestens 5 mm bei mehr als einem Zahn vorlagen, wurde die Situation unter „lokaler Parodontitis“ eingestuft. Um diese Einteilung zu belegen, wurden die Karteneinträge und vorhandene Röntgenaufnahmen der (vermeintlich) parodontal geschädigten Patienten auf empfohlene bzw. bereits

vorhandene Parodontitis–Therapie hin überprüft: 30 dieser Annahmen wurden bestätigt, in fünf Fällen konnte eine vorliegende Parodontitis nicht sicher bestätigt werden und in zwei lag keine generalisierte Parodontitis vor. Aus diesem Grund wurde die Variablenausprägung Parodontitis durch die Ergänzung „lokal“ spezifiziert.

2.5.4 Komplikationsarten indirekter Restaurationen

Für die untersuchten indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik wurden folgende Komplikationsmöglichkeiten betrachtet, wobei die Diagnostik stets sowohl klinisch als auch röntgenologisch erfolgte:

- Sekundärkaries
Einbezogen wurden therapiebedürftige Läsionen, keine Initialkaries (Abb. 7).



Abbildung 7 Röntgenologisches Beispiel für Sekundärkaries

Fall 282: C3–Karies an Zahn 36 bei vorhandener Keramikteilkrone
(eigene Aufnahme)

- Endodontische Komplikation
Hierzu zählten irreversible Pulpitis,
symptomatische und
asymptomatische apikale
Parodontitis ohne und mit
vorhandener (insuffizienter)
Wurzelkanalfüllung (Abb. 8a, b).



Abbildung 8(a,b) Röntgenologische Beispiele für apikale Parodontitis

- a) Fall 54: chronisch apikale Parodontitis an Zahn 14
- b) Fall 194: chronisch apikale Parodontitis der mesialen Wurzeln bei vorhandener Wurzelkanalfüllung an Zahn 36 (eigene Aufnahmen)

- Frakturen von Keramikrestorationen
Gering ausgeprägte Risse der
Keramik, die weder Approximalkontakt
noch den Randspalt beeinträchtigten,
wurden nicht miteinbezogen (Abb. 9a,
b).



Abbildung 9(a,b) Klinisches Beispiel für Keramikfraktur

- Fall 48: vestibulodistale Fraktur der Keramikteilkrone auf Zahn 47
- a) Aufsichtaufnahme der Fraktur, b) zugehöriger Zahnfilm (eigene Aufnahmen)

Patienten und Methoden

- Zahnfraktur

Die Abplatzung einer bukkalen oder lingualen/palatalen Lamelle des Zahnes wurde festgehalten (Abb. 10).

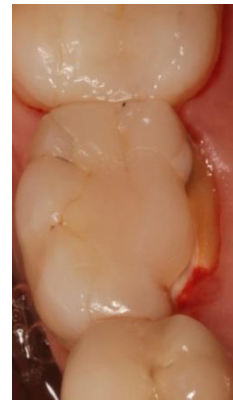


Abbildung 10 Klinisches Beispiel für Zahnfraktur

Fall 291: Aufsichtaufnahme einer Abplatzung der palatinalen Zahnlamelle an Zahn 16 bei vorhandener Keramikversorgung (eigene Fotografie)

- Dezementierung bei Goldrestorationen

Notwendige Rezementierung nach Retentionsverlust der Goldteilkrone.

2.5.5 Klassifikation des Therapieerfolgs indirekter Restaurationen

Folgende Einteilung wurde zur Beurteilung des Therapieerfolgs getroffen:

Erfolg

Indirekte Restauration in situ, kein Therapiebedarf in der Vergangenheit und zum Untersuchungszeitpunkt

Teilerfolg

Indirekte Restauration in situ, therapeutische Maßnahmen waren/ sind nötig, jedoch durchführbar ohne Neuanfertigung der Restauration. Im Folgenden häufig als „komplikationsbehaftet“ betitelt

Überleben

Eine Neuanfertigung der indirekten Restauration war zum Untersuchungszeitpunkt erforderlich oder ist bereits durchgeführt worden

Versagen

Der restaurierte Zahn war zum Untersuchungszeitpunkt nicht erhaltungswürdig oder bereits extrahiert worden

Falls bekannt, wurde der Grund für die notwendige Neuanfertigung der indirekten Restauration oder die Extraktion des restaurierten Zahns sowie der Zeitpunkt der Diagnose dokumentiert. Der eigentliche Zeitpunkt des Misserfolgs kann dem Zeitpunkt der Diagnose jedoch vorausgegangen sein.

Für die statistische Auswertung war es für einige Hypothesen sinnvoll, eine dichotome Einteilung in Erfolg und Misserfolg zu treffen (Abb. 11).

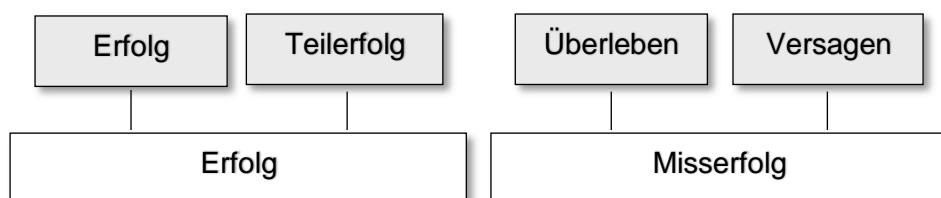


Abbildung 11 Klassifikation von Erfolg und Misserfolg

2.5.6 Statistische Auswertung

Das Studienkollektiv bestand aus 325 laborgefertigten Restaurationen. Davon wurden die indirekten Restaurationen klinisch und röntgenologisch nachuntersucht, die zum Untersuchungszeitpunkt noch in situ waren ($n = 296$). Statistische Tests zur Ermittlung biologischer Einflüsse auf den Erfolg indirekter Restaurationen wurden mit einer Fallzahl von 296 gerechnet. Für Deskriptiva und die Berechnung von Überlebensraten konnte das gesamte Studienkollektiv ($N = 325$) zugrunde gelegt werden.

Fehlten vereinzelt Werte, wurden diese bei dem zugehörigen Test als sogenannte *Missings* deklariert.

Bei metrisch skalierten Daten wurden zur deskriptiven Darstellung das arithmetische Mittel (M), der Median (Med), das Minimum (MIN) und das Maximum (MAX) berechnet. Die Standardabweichung (SD) galt als Maß der Streuung. Weiterhin wurde neben der Fallzahl auch die Prozentzahl mitangeführt, um das Zahlenverhältnis zu veranschaulichen.

Zur Veranschaulichung metrisch skalierten Daten wurden Box–Whisker–Plots, genannt Box–Plots, erstellt. Daten, die außerhalb des 1,5–fachen Interquartilabstands lagen, sogenannte Ausreißer, wurden mit Kreisen veranschaulicht.

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem IBM SPSS Statistics Programm (Version 2, Fa. IBM).

Um Zusammenhänge zwischen zwei Variablen darzustellen, wurde eine Analyse der Rangkorrelation nach Spearman mit dem Spearman–Korrelationskoeffizienten r_s durchgeführt. Diese wurde sowohl bei ordinal bzw. nominal skalierten als auch bei metrisch skalierten Daten durchgeführt. Der Übersicht wegen wurde auf den Korrelationskoeffizienten nach Pearson für metrisch skalierte Daten verzichtet.

Zur Unterschiedsprüfung wurden bei einstufigen Variablen t –Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt, wobei das Effektmaß d nach Cohen, 1988, der Erfassung der Effektstärke diente (Cohen 1988). Für metrisch skalierte, mehrstufige Variablen wurden Einfaktorielle Varianzanalysen, im Folgenden

ANOVA genannt, durchgeführt. Die Effektstärke wurde mit η^2 dargestellt. Nachträgliche Posthoc-Tests wurden mit Bonferroni-Tests auf den kleinsten signifikanten Unterschied ausgegeben, wobei hier ebenfalls Cohens d als Effektmaß diente. Die Varianzhomogenität in allen Gruppen wurde bei den hier durchgeführten t-Tests und ANOVAs mit Levene getestet. Sobald diese bei einer ANOVA nicht gegeben war, erfolgte die Überprüfung des Signifikanzniveaus mit dem Welch- bzw. Brown-Forsythe-Test.

T-Tests und ANOVAs sind parametrische Tests und daher grundsätzlich anfällig für nicht normalverteilte Daten. Dennoch ist aus Übersichtsgründen auf den Test für Normalverteilung (Kolmogorov-Smirnov) verzichtet worden, da diese parametrischen Tests erwiesenermaßen bei einer entsprechenden Fallzahl ausreichend robust gegen eine nicht gegebene Normalverteilung sind (Tabachnick et al. 2007).

Chi-Quadrat-Tests für Unabhängigkeit (bei 2x2-Tabellen mit Kontinuitätskorrektur nach Yates) wurden durchgeführt, um signifikant unterschiedliche Häufigkeiten nicht metrisch skalierten Daten aufzuzeigen. Hier dienten ϕ und Cramers V (für größere Tabellen) als Effektmaß.

Weiterhin wurden binär logistische Regressionsanalysen durchgeführt, um zu überprüfen, ob spezifische Prädiktoren Erfolg bzw. Misserfolg vorhersagen können. Der Omnibus-Test der Modellkoeffizienten gab die Modellgüte wieder, während Cox & Snell R^2 und Nagelkerkes R^2 die Varianz der Abhängigen Variablen, die durch das Modell erklärt wird, angaben. Der Hosmer-Lemeshow-Test ist der am meisten reliable, mögliche Test zur Modellanpassung.

Kaplan-Meier-Kurven wurden zur grafischen Veranschaulichung von Misserfolgswahrscheinlichkeiten über einen Beobachtungszeitraum dargestellt. Auf 20 Jahre betrachtet kamen hier je 150 Gold- und Keramikrestorationen in Frage. Bei solch einem Diagramm wird der Beobachtungszeitraum auf der x-Achse und die Überlebenswahrscheinlichkeit auf der y-Achse aufgetragen. Die Definition des Misserfolgs ist in Kapitel 2.5.5 bereits beschrieben. Eine nichtparametrische Schätzung diente der Kurvenberechnung einer Überlebensfunktion im Rahmen einer Ereigniszeitanalyse. Mithilfe des Log-rank-Tests (Mantel Cox) konnten die Erfolgsraten indirekter Restorationen aus Gold mit Keramik als unverbundene

Stichproben miteinander verglichen werden. Die Nullhypothese wurde überprüft, welche besagte, dass sich die beiden Restaurationsarten nicht unterscheiden. Voraussetzung hierfür ist ein proportionales Hazardmodell. Im Falle von sich kreuzenden Erfolgszeitraten wurde der Log-rank-Test daher nicht durchgeführt. Indirekte Restaurationen, die jünger als der Beobachtungszeitraum waren und kein Ereignis bis zum Untersuchungszeitpunkt vorzuweisen hatten, wurden als Zensur mit einem Kreuz markiert. Die Bestimmung der medianen Erfolgszeit war nicht möglich, da der Beobachtungszeitraum bei vorliegender Erfolgszeitraten nicht ausreichend lang bzw. die Anzahl zensierter, also zu kurz beobachtete indirekten Restaurationen, zu hoch war.

Die Cox-Regressionsanalyse basiert auf dem Prinzip der Hazard Ratio und wird zur Modellierung von Überlebenszeiten in der Überlebensanalyse benutzt. Voraussetzung auch dieser Analyse ist, dass die Hazard Ratio über die Zeit konstant, also die Hazard Rate proportional, ist. Dieses Analyseverfahren eignet sich zur Identifizierung des Einflusses spezifischer Faktoren auf die Erfolgsdauerwahrscheinlichkeit indirekter Restaurationen. Die Unabhängigkeit der Daten ist Voraussetzung, was durch nur eine untersuchte Restauration je Patient gegeben ist (Zwiener et al. 2011).

Cox-Regressionen mit zeitabhängiger Kovariate wurden durchgeführt, da diese zusätzlich den Einfluss des Zeitpunkts einer dem Misserfolg vorhergegangenen Komplikation mit einbeziehen.

Das Signifikanzniveau ist für alle Tests auf $\alpha = 0,05$ festgelegt worden.

3 Ergebnisse

Das folgende Kapitel beschränkt sich auf die aussagekräftigsten Testergebnisse. Die Korrelationstabelle sowie alle ergänzend durchgeführten Tests und deren Ergebnisse sind im Anhang (vgl. Kap. 8.4) zusammengestellt.

3.1 Deskriptive Beschreibung des Studienkollektivs

Das Studienkollektiv aus 325 Patienten setzte sich aus 183 weiblichen (56,3%) und 142 männlichen (43,7%) Patienten zusammen. Kein Patient war divers.

Im Mittel waren die Patienten zum Untersuchungszeitpunkt 59,2 Jahre alt ($SD = 10,84$). Da der Altersmedian bei 57,9 Jahren lag, zeigte sich eine leicht rechtsschiefe Verteilung der vorstellig gewordenen Patienten. Der jüngste Studienteilnehmer war zum Untersuchungszeitpunkt 30,1 Jahre alt, der älteste 83,8 Jahre alt (Abb. 12).

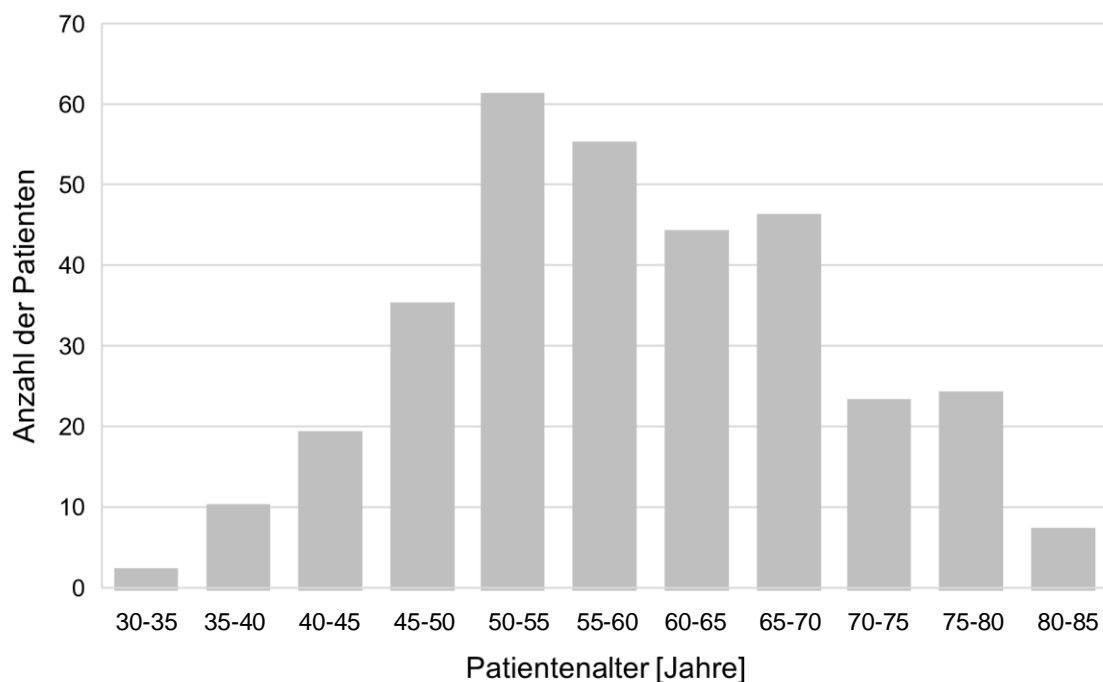


Abbildung 12 Altersverteilung im Patientenpool

Ergebnisse

Betrachtet man das Alter der untersuchten indirekten Restaurationen (Tbl. 4), ist festzustellen, dass im Mittel beide Restaurationsarten zum Untersuchungszeitpunkt etwa 14 Jahre in situ waren. Auch die jüngsten und ältesten indirekten Restaurationen waren vergleichbar lang in situ: etwa drei und etwa 24,5 Jahre. Der Median deutet darauf hin, dass auch hier annähernd eine symmetrische Normalverteilung vorliegt.

Tabelle 4 Deskriptive Analyse des Restaurationsalters

Material	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Md</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
Gold	164	13,8	4,1	13,3	3,2	24,3
Keramik	158	14,0	3,5	14,4	3,3	24,8

Anmerkung: Bei drei Keramikrestaurationen konnte das Verlustdatum nicht nachträglich ermittelt werden (*n* = 161, 3 *Missings*).

Untersucht wurden 164 indirekte Restaurationen aus Gold und 161 aus Keramik. Somit entfiel auf die Goldteilkronen ein Anteil von 50,5% des Kollektivs und 49,5% auf die Keramikrestaurationen.

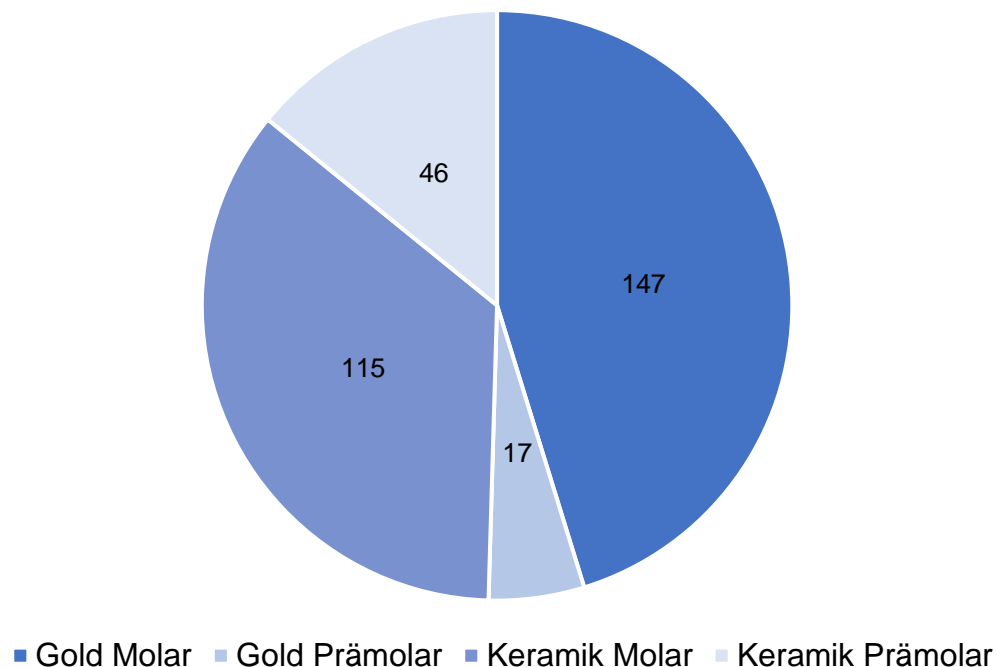


Abbildung 13 Verteilung indirekter Restaurationen des Studienkollektivs auf Molaren und Prämolaren (*n* = 325)

Ergebnisse

46,3% der Goldrestaurationen ($n = 164$) waren vierflächig ($n = 76$), was der klassischen Ausdehnung einer Goldteilkrone im Oberkiefer bis zur bukkalen Höckerfirstlinie entspricht. Die verbliebenen 53,7% waren fünfflächig ($n = 88$), befanden sich also mit präparierter Höckerüberkupplung im Unterkiefer. Die mit Gold restaurierten Zähne waren in 89,6% der Fälle Molaren ($n = 147$), in 10,4% der Fälle Prämolaren ($n = 17$) (Abb. 13).

Von den untersuchten Keramikrestaurationen ($n = 161$) waren 32 dreiflächig (19,9%), 76 vierflächig (47,2%) und 53 fünfflächig (32,9%). In 71,4% der Fälle betraf dies restaurierte Molaren ($n = 115$) und in 29,6% der Fälle Prämolaren ($n = 46$) (Abb. 13).

3.2 Erfolg und Misserfolg

Die Erfolgsaussichten der indirekten Restaurationen des vorliegenden Studienkollektivs, wie in Kapitel 2.5.5 definiert, werden im Folgenden beschrieben.

Von 164 untersuchten indirekten Restaurationen aus Gold wurden zum Untersuchungszeitpunkt 75,6% ($n = 124$) als *erfolgreich* beurteilt, 7,9 % ($n = 13$) als *zum Teil erfolgreich*, 6,1% ($n = 10$) wurden zu der Kategorie *Überleben* gezählt und 10,4% ($n = 17$) zu der Kategorie *Versagen*.

Von 161 untersuchten indirekten Restaurationen aus Keramik konnten zum Untersuchungszeitpunkt 78,3% ($n = 126$) als *erfolgreich* bewertet werden, 9,9% ($n = 16$) als *zum Teil erfolgreich*, 8,7 % ($n = 14$) wurden zu der Kategorie *Überleben* gezählt und 3,1% ($n = 5$) zu der Kategorie *Versagen* (Abb. 14).

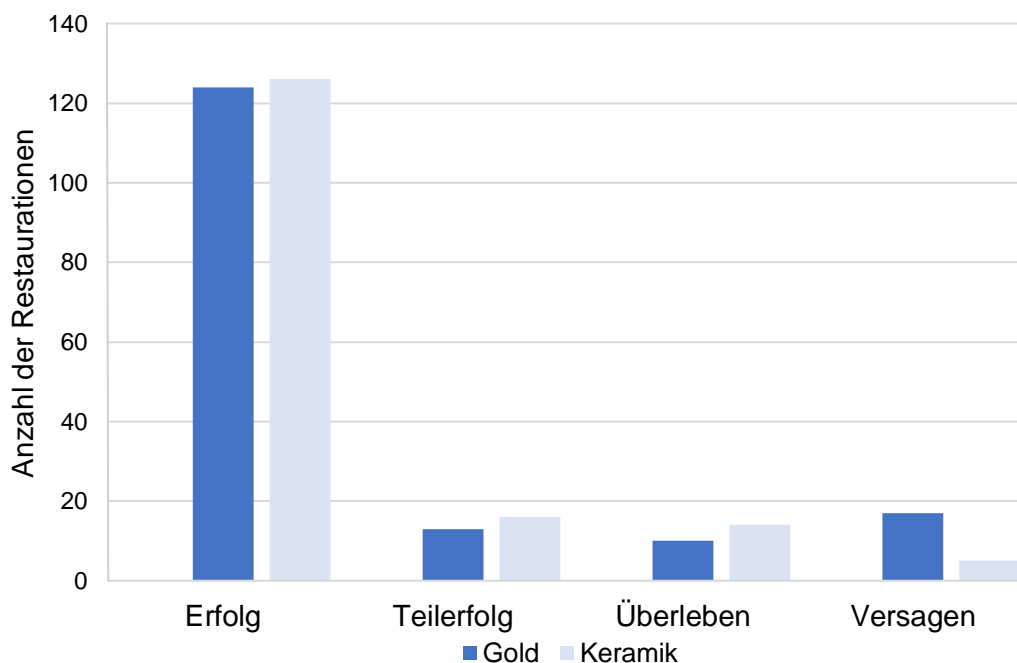


Abbildung 14 Therapieerfolg der indirekten Restaurationen ($n = 325$)

Es lässt sich zusammenfassen, dass Gold- und Keramikrestaurationen in dieser Studie anhand ihrer Verteilung als vergleichbar erfolgreich beurteilt werden können.

Ergebnisse

Hypothese 1

Um die Annahme zu bestätigen, dass indirekte Restaurationen aus Gold und Keramik gleich erfolgreich sind, wurde ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit durchgeführt. Dieser untersuchte, ob sich die Häufigkeiten innerhalb der Erfolgsarten zwischen den Restaurationsarten unterscheiden und zeigte keinen signifikanten Zusammenhang, $\chi^2(3, n = 325) = 7,51, p = 0,06$ (Tbl. 5).

Tabelle 5 Verteilung des Therapieerfolgs: Gold und Keramik im Vergleich

Restaurations- material	Therapieerfolg									
	Erfolg		Teilerfolg		Überleben		Versagen		Gesamt	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Gold	124	38,2	13	4,0	10	3,1	17	5,2	164	50,5
Keramik	126	38,8	16	4,9	14	4,3	5	1,5	161	49,5
Gesamt	250	42,0	29	8,9	24	7,4	22	6,7	325	100,0

Aufgrund der ungleichen Häufigkeitsverteilung in den Kategorien *Überleben* und *Versagen* erschien ein weiterer Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates von Interesse. Dieser zeigte einen mittleren signifikanten Zusammenhang zwischen dem Restaurationsmaterial und Überleben und Versagen, $\chi^2(1, n = 46) = 4,62, p = 0,03, \phi = 0,36$.

In dem vorliegenden Studienkollektiv wurden folglich mit Gold restaurierte Zähne häufiger extrahiert als die Vergleichsgruppe mit Keramik, wohingegen die mit Keramik restaurierten Zähne häufiger neuangefertigt werden mussten als deren Vergleichsgruppe (Abb. 15).

Ergebnisse

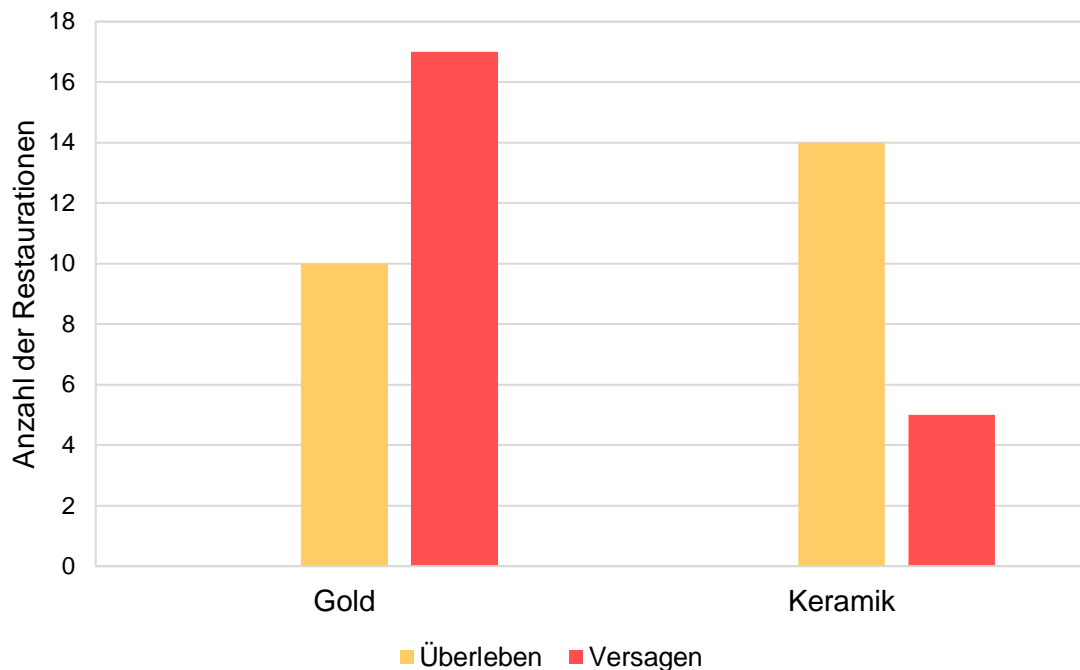


Abbildung 15 Misserfolgsverteilung der indirekten Restaurationen ($n = 46$)

Die Gründe für die Extraktionsnotwendigkeit der mit Gold restaurierten Zähne ($n = 17$) waren zu 29,4% ($n = 5$) bekannt und ausschließlich auf endodontischen Misserfolg bzw. vertikalen Knocheneinbruch zurückzuführen. Die Indikationen zur Extraktion der mit Keramik restaurierten Zähne ($n = 5$) waren nicht bekannt. Hintergrund der notwendigen Neuversorgung mit Gold restaurierten Zähne ($n = 10$) war in 50% ($n = 5$) der Fälle bekannt und ausschließlich auf Sekundärkaries zurückführbar. Von 14 neu zu versorgenden, mit Keramik restaurierten Zähnen war die Indikation hierfür zu 57,2% ($n = 8$) unbekannt, und jeweils zu 21,4% ($n = 3$) eine Sekundärkaries und eine Keramikfraktur.

Ergebnisse

Hypothese 2

Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit sollte weiterhin nachweisen, dass indirekte Restaurationen auf Molaren ebenso erfolgreich sind wie solche auf Prämolaren (Tbl. 6): Dieser zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Zahnarten und den Erfolgsarten indirekter Restaurationen (Erfolg, Teilerfolg, Überleben, Versagen) und bestätigte somit die Hypothese, $\chi^2(3, n = 325) = 2,40$, $p = 0,49$.

Tabelle 6 Therapieerfolg auf Molaren und Prämolaren

Zahnart		Therapieerfolg									
		Erfolg		Teilerfolg		Überleben		Versagen		Gesamt	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Molar	Gold	110	33,8	13	4,0	8	2,5	16	4,9	147	45,2
	Keramik	92	28,3	9	2,8	10	3,1	4	1,2	115	35,4
Prämolar	Gold	14	4,3	0	0,0	2	0,6	1	0,3	17	5,2
	Keramik	34	10,5	7	2,1	4	1,2	1	0,3	46	14,2
	Gesamt	250	76,9	29	8,9	24	7,4	22	6,8	325	100,0

Weiterführend sollte erarbeitet werden, ob sich innerhalb der Kollektive aus Goldteilkronen und Keramikrestaurationen die Erfolgsarten [Erfolg, Teilerfolg, Überleben, Versagen] in ihrer Häufigkeit auf restaurierten Molaren im Vergleich zu solchen auf Prämolaren unterscheiden. Es wurde angenommen, dass kein Unterschied vorlag. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen den Zahnarten mit Gold restaurierter Zähne und den Erfolgsarten dieser, $\chi^2(3, n = 164) = 2,98$, $p = 0,39$. Gleiches ergab ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit, welcher dieselbe Variable verwendete und auf das Studienkollektiv der Keramikrestaurationen anwendete, $\chi^2(3, n = 161) = 2,14$, $p = 0,54$. Folglich konnten die Annahmen bestätigt werden.

Ergebnisse

Hypothese 3

Im untersuchten Studienkollektiv wurde ein Misserfolg im Mittel nach 11,3 Jahren dokumentiert ($Md = 11,7$, $SD = 4,4$) (Tbl. 7).

Tabelle 7 Dauer bis zum Misserfolg indirekter Restaurationen [Jahre]

	<i>n</i>	<i>Missings</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Md</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
Dauer bis Misserfolg	42	4	11,3	4,4	11,7	3,2	23,8

Eine Kaplan–Meier–Kurve wurde erstellt, um die Erfolgszeitraten indirekter Restaurationen aus Gold mit solchen aus Keramik zu vergleichen (Abb. 16). Für diese Darstellung wurden die Kategorien *Überleben* und *Versagen dem Erfolg* und *Teilerfolg* gegenübergestellt (Vgl. Kap 2.5.5). Somit stellt diese Abbildung nicht nur den Erfolg der Restauration dar, sondern auch den therapeutischen Erfolg bezüglich des restaurierten Zahnes. Von 150 Goldteilkronen wurden 82,7% ($n = 124$) zensiert, da diese jünger als der gewählte Beobachtungszeitraum von 20 Jahren waren. 90,0% ($n = 135$) der 150 Keramikrestaurationen wurden aus dem gleichen Grund zensiert. 17,3% ($n = 26$) der Goldteilkronen wurden während dieser Zeit zu einem Misserfolg, mussten somit neuangefertigt werden oder der Zahn galt als extraktionswürdig. Im Vergleich dazu war dies bei 10,0% ($n = 15$) der Keramikrestaurationen der Fall.

Ergebnisse

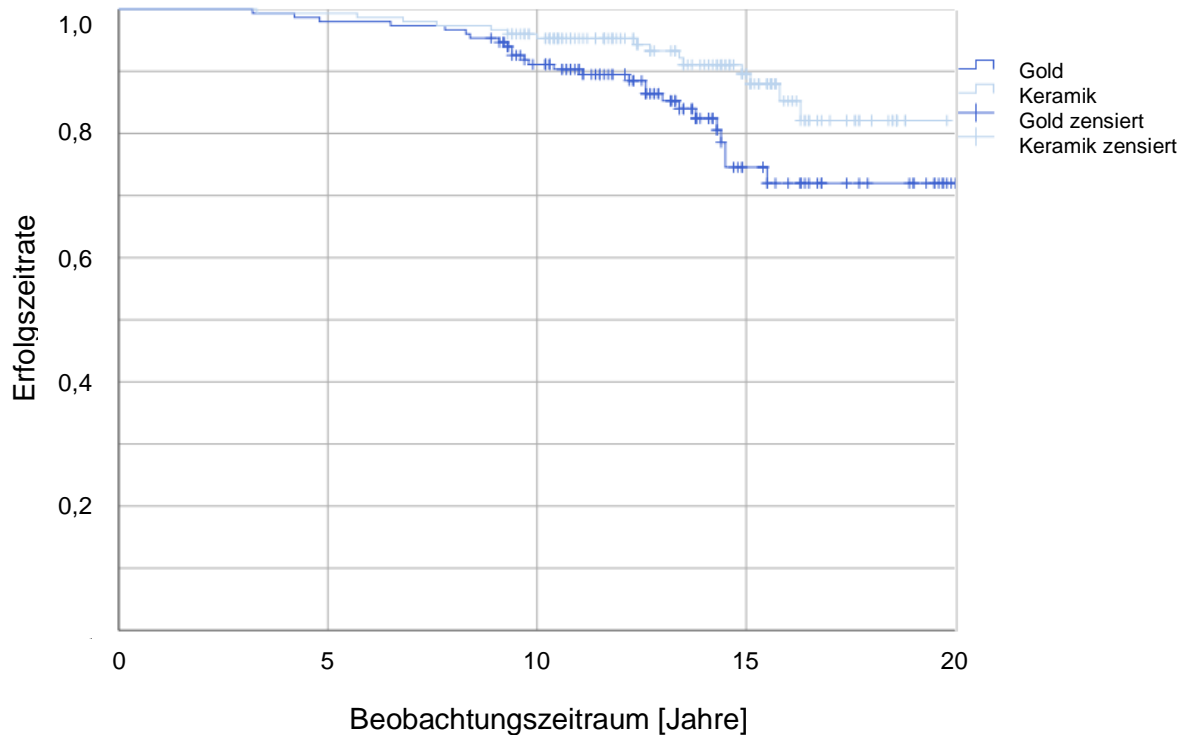


Abbildung 16 Erfolgszeitraten bei Misserfolg: Gold und Keramik im Vergleich ($n = 300$)

Abbildung 16 zeigt, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit hinsichtlich des therapeutischen Erfolgs für Keramikrestorationen konstant über der der Goldteilkronen lag.

Die 10–Jahres–Erfolgszeitraten beider Restaurationsarten lagen bei $> 90\%$. Die 20–Jahreserfolgsrate von Keramikrestorationen lag bei $> 80\%$, was einer jährlichen Misserfolgsrate von $< 1\%$ entspricht. Die der Goldteilkronen lag bei $> 70\%$, sodass hier von einer jährlichen Misserfolgsrate von $1,5\%$ auszugehen war. Der Log–rank–Test (Mantel Cox) lehnte die Nullhypothese ab und zeigte einen signifikanten Unterschied im Misserfolg zwischen Goldteilkronen und Keramikrestorationen, $\chi^2(1, n = 300) = 5,08, p = 0,02$.

Ergebnisse

In Abbildung 17 sind die Erfolgszeitraten der laborgefertigten Restaurationen mit Blick auf *Überleben* dargestellt, also der alleinig restaurative Erfolg im Vergleich zu obiger Abbildung. Es ist zu erkennen, dass vor allem die extraktionswürdigen, mit Gold restaurierten Zähne in Abbildung 16 ausschlaggebend für das vermeintlich gute Ergebnis der Keramikrestorationen sind.

93,3% ($n = 140$) der Goldteilkronen wurden über den o.g. Beobachtungszeitraum im Vergleich zu 94,0% ($n = 141$) der Keramikrestorationen zensiert. Innerhalb des Studienkollektivs der Goldteilkronen lag in 6,0% ($n = 9$) der Fälle eine Indikation zur Neuversorgung vor (*Überleben*), wohingegen dies bei den Keramikrestorationen in 6,7% ($n = 10$) der Fall war.

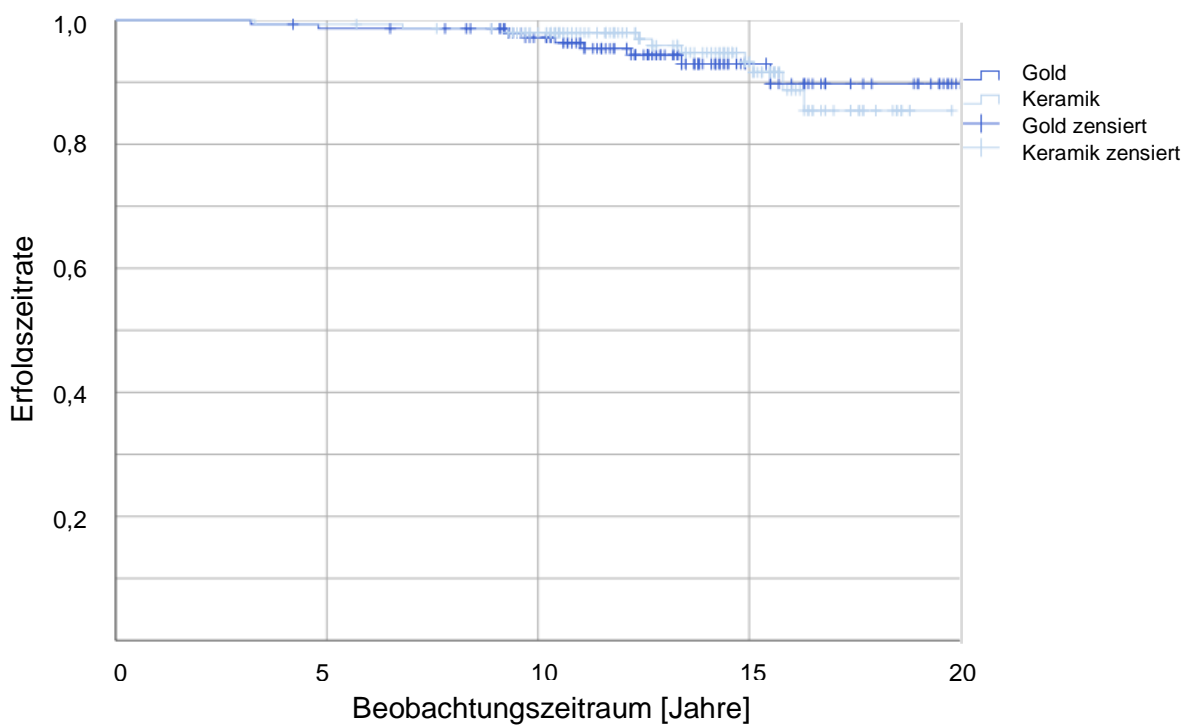


Abbildung 17 Erfolgszeitraten bei *Überleben* als Misserfolg: Gold und Keramik im Vergleich ($n = 300$)

Abbildung 17 veranschaulicht, dass die Erfolgszeitraten der Keramikrestorationen den Graphen der Goldteilkronen abwechselnd schneidet und zuletzt darunter fällt. Die 10-Jahres-Erfolgszeitraten beider

Ergebnisse

Restaurationsarten lag bei > 95%, nach 20 Jahren noch bei > 85%. So lassen sich jährliche Misserfolgsraten von < 1% feststellen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die zu Anfang überlegene Erfolgswahrscheinlichkeit der Keramikrestaurationen bei Betrachtung des Misserfolgs maßgeblich durch das häufigere Versagen der Goldteilkronen, also die häufigere Extraktionsnotwendigkeit der mit Gold restaurierten Zähne, bestimmt ist (vgl. Abb. 16, S.44). Da bereits hierfür endodontische bzw. parodontologische Gründe evaluiert worden sind, sollte bei Interpretation der Kaplan–Meier–Überlebenskurven stets bedacht werden, welche Erfolgsart diese darstellen: Abbildung 16 stellt den Restaurations- und Therapieerfolg dar, Abbildung 17 alleinig den Restaurationserfolg.

3.3 Komplikationsanalyse

Im Folgenden wurden die Arten und Häufigkeitsverteilungen der Komplikationen laborgefertigter Restaurationen betrachtet.

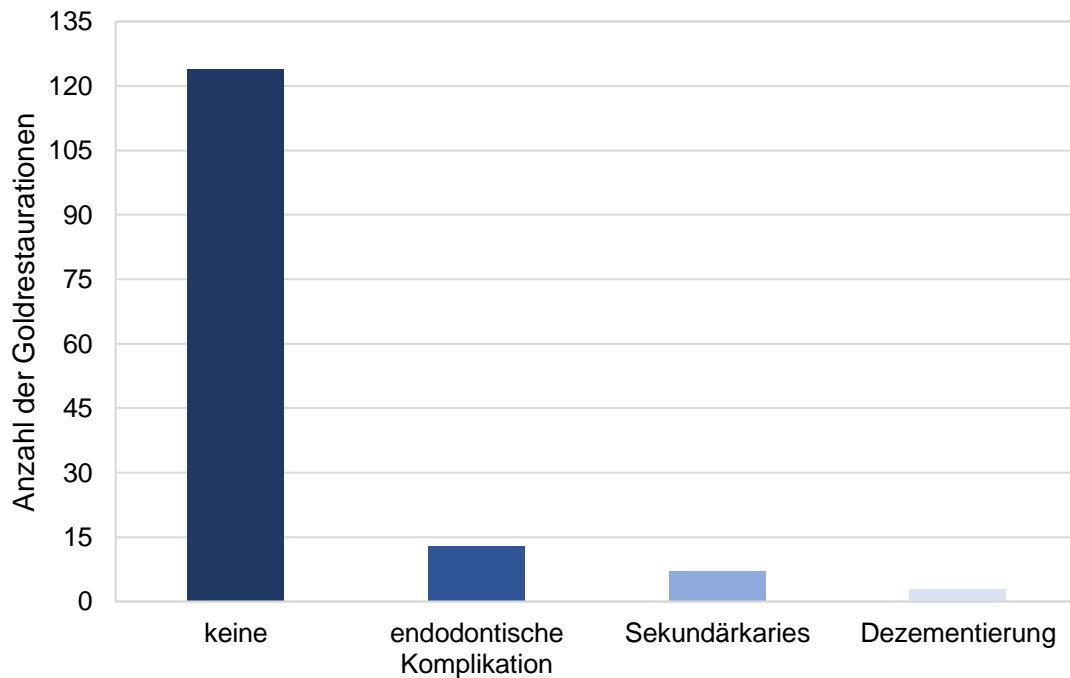


Abbildung 18 Komplikationen der Goldrestaurationen ($n = 147$)

Von 147 untersuchten, indirekten Restaurationen aus Gold blieben bis zum Untersuchungszeitpunkt 84,4% ($n = 124$) komplikationslos, 8,8% ($n = 13$) wiesen eine akute oder stattgefundene endodontische Komplikation auf, 4,8 % ($n = 7$) zeigten eine Sekundärkaries und bei 2,0% ($n = 3$) hatte eine Dezementierung stattgefunden (Abb. 18).

Von 149 untersuchten, indirekten Restaurationen aus Keramik blieben bis zum Untersuchungszeitpunkt 84,6% ($n = 126$) komplikationslos, 6,7% ($n = 10$) zeigten Keramikfrakturen, 4,7 % ($n = 7$) eine Sekundärkaries, 2,7% ($n = 4$) wiesen eine akute oder stattgefundene endodontische Komplikation auf und bei 1,3% ($n = 2$) hatte eine Zahnfraktur stattgefunden (Abb. 19).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sowohl die Goldteilkronen als auch die Keramikrestaurationen mit etwa $84,5\% \pm 0,1$ vergleichbar komplikationslos blieben. Endodontische Komplikationen traten bei

Ergebnisse

Goldteilkronen mit einem relativen Anteil von 8,8% häufiger auf als bei Keramikrestaurationen mit 2,7%. Sekundärkaries betraf wiederum beide Kollektive ähnlich mit 4,7% + 0,1.

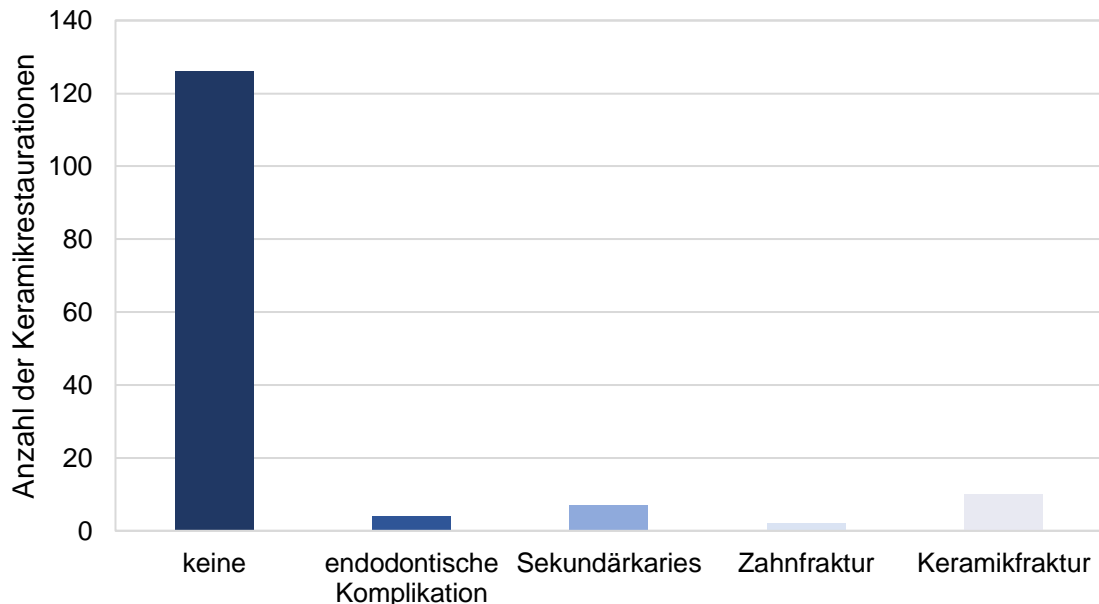


Abbildung 19 Komplikationen der Keramikrestaurationen ($n = 149$)

Dezementierung von Goldteilkronen wurde in 2,0% ($n = 3$) der Fälle dokumentiert: Zwei der Retentionsverluste hatten auf Oberkiefermolaren stattgefunden, der verbliebene auf einem Unterkiefermolaren. Letzterer musste bereits nach 0,2 Jahren rezementiert werden, erstere nach 11,7 und 14 Jahren. Die Komplikationen betrafen grundsätzlich 22,9% ($n = 60$) der restaurierten Molaren ($n = 262$) und 23,8% ($n = 15$) der restaurierten Prämolaren ($n = 63$).

Hypothese 1

Wegen möglichem Verlust von Mechanorezeptoren nach Pulpaexstirpation (Randow et al. 1986) wurde die Häufigkeitsverteilung von Keramikfrakturen auf wurzelkanalbehandelten und vitalen Zähnen ermittelt. Für die gleiche propriozeptive Wahrnehmung benötigen wurzelkanalbehandelte Zähne 2,5 mal mehr Belastung als vitale Zähne (Dammachke et al. 2013).

Ergebnisse

Es stellte sich in dieser klinischen Untersuchung heraus, dass die zehn Fälle dieser Keramikfrakturen ausschließlich auf nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen ($n = 137$) stattfand. Die Fälle von Keramikfrakturen fanden in vier Fällen bei einem Antagonisten aus Keramik statt und in jeweils drei Fällen bei einem Antagonisten aus Gold und natürlichem Zahn. Daher konnte diese Studie keinen Zusammenhang zwischen Frakturrate dentaler Keramiken und wurzelkanalbehandelten Zähnen herstellen. Auch der Einfluss eines spezifischen antagonistischen Materials auf die Frakturrate konnte nicht detektiert werden. Eine vergleichbare klinische Studie bezüglich Keramikteilrestorationen konnte ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Keramikfraktur und Art des antagonistischen Materials herstellen (Murgueitio et al. 2012).

Bei einem der 28 dreiflächigen Keramikrestorationen wurde eine Zahnfraktur dokumentiert. Im Vergleich hierzu wurde bei 99 Keramikteilkronen (vier- und fünfflächig) ebenfalls lediglich eine Zahnfraktur dokumentiert, zusätzlich noch vier endodontische Komplikationen, sieben Fälle von Sekundärkaries und zehn Fälle von Keramikfrakturen. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dreiflächigen und größeren Keramikrestorationen bezüglich dieser Komplikationen $\chi^2(4, n = 149) = 6,71, p = 0,15$.

Hypothese 2

Die Frage, wie groß der Einfluss der Komplikationsarten auf einen möglichen Misserfolg der indirekten Restaurationen war, beantwortet Tabelle 8.

Ergebnisse

Tabelle 8 Verteilung der Komplikationen in den Misserfolgsarten

Misserfolgs- arten	Komplikationen											
	Endokomplikation		Karies		Zahnfraktur		Keramik- fraktur		Dezementierung		Gesamt	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Teilerfolg	12	26,1	5	10,9	2	4,3	7	15,2	3	6,5	29	63,0
Überleben	0	0,0	9	19,5	0	0,0	3	6,5	0	0,0	12	26,1
Versagen	5	10,9	0	0,0	0	0,0	0	0,0	0	0,0	5	10,9
Gesamt	17	37,0	14	30,4	2	4,4	10	21,7	3	6,5	46	100,0

Somit zeigte sich im Studienkollektiv, dass ausschließlich endodontische Komplikationen zur Extraktionsnotwendigkeit (*Versagen*) führten und allein Sekundärkaries und Keramikfrakturen zur notwendigen Neuversorgung (*Überleben*) des restaurierten Zahnes.

Hypothese 3

Eine logistische Regression wurde durchgeführt, um zu prüfen, ob der Misserfolg indirekter Restaurationen durch spezifische Faktoren vorherzusagen ist. Das Modell beinhaltete sechs unabhängige Faktoren (Komplikation, Sekundärkaries, endodontische Komplikation, Patientenalter, Restaurationsalter, Geschlecht). Das gesamte Modell, welches allgemein zwischen Erfolg (definiert als *Erfolg* und *Teilerfolg*) und Misserfolg (definiert als *Überleben* und *Versagen*) unterschied, war mit allen Prädiktoren statistisch signifikant, $\chi^2 (6, n = 296) = 77,84, p < 0,01$. Das Modell als Ganzes erklärte zwischen 23,1% (Cox & Snell R^2) und 65,0% (Nagelkerkes R^2) der Varianz des Misserfolgs und klassifizierte 96,3% der Fälle als korrekt.

Tabelle 9 zeigt, dass lediglich einer der gewählten Faktoren signifikant zur Vorhersage des Misserfolgs beitrug. Lag eine Sekundärkaries vor, war es um das 6,6-fache wahrscheinlicher, dass sich ein Misserfolg einstellte, als ohne den Faktor Sekundärkaries, wenn für die anderen Faktoren im Modell kontrolliert wird. Die anderen Faktoren leisteten in dem hier zugrundeliegenden Modell anhand in dieser Studie erhobenen Daten keinen Beitrag zur Vorhersage des Misserfolgs.

Ergebnisse

Tabelle 9 Binär logistische Regression zur Vorhersage des Misserfolgs

Variable	B	SE	Wald	df	p	Odds Ratio	95,0 % K.I für Odds Ratio	
							unteres	oberes
Komplikation	19,92	2520,93	0,00	1	0,99	4,50E+08	0,0	
Sekundärkaries	1,89	0,89	4,47	1	0,03	6,60	1,1	37,9
Endokompl.	0,22	0,88	0,06	1	0,81	1,24	0,2	6,9
Restaur.-alter	-0,10	0,09	1,19	1	0,28	0,91	0,8	1,1
Patientenalter	0,02	0,04	0,34	1	0,56	1,02	0,9	1,1
Geschlecht	-0,22	0,68	0,10	1	0,75	0,80	0,2	3,1
Konstante	-21,03	2520,93	0,00	1	0,99	0,00		

Hypothese 4

Allgemein trat eine Komplikation einer indirekten Restauration in dieser Untersuchungsgruppe im Mittel nach 12 Jahren auf ($Md = 12,5$, $SD = 5,2$) (Tbl. 10).

Tabelle 10 Auftreten einer Komplikation unter Berücksichtigung der Zeit [Jahre]

	N	Missings	M	SD	Md	MIN	MAX
Komplikation	30	45	12,0	5,2	12,5	0,2	23,8
Endokomplikation	17	0	11,6	4,1	12,6	3,5	17,7
Sekundärkaries	11	3	14,3	6,4	13,4	5,2	23,8
Keramikfraktur	10	0	15,7	4,1	15,4	11,4	24,8

Ergebnisse

Abbildung 20 lässt vermuten, dass es einen gewissen Zeitrahmen für endodontische Komplikationen nach Insertion einer Restauration gab. Bei den hier untersuchten, indirekten Restaurationen ereigneten sich zwischen 9 – 15 Jahren nach Insertion am häufigsten endodontische Komplikationen.

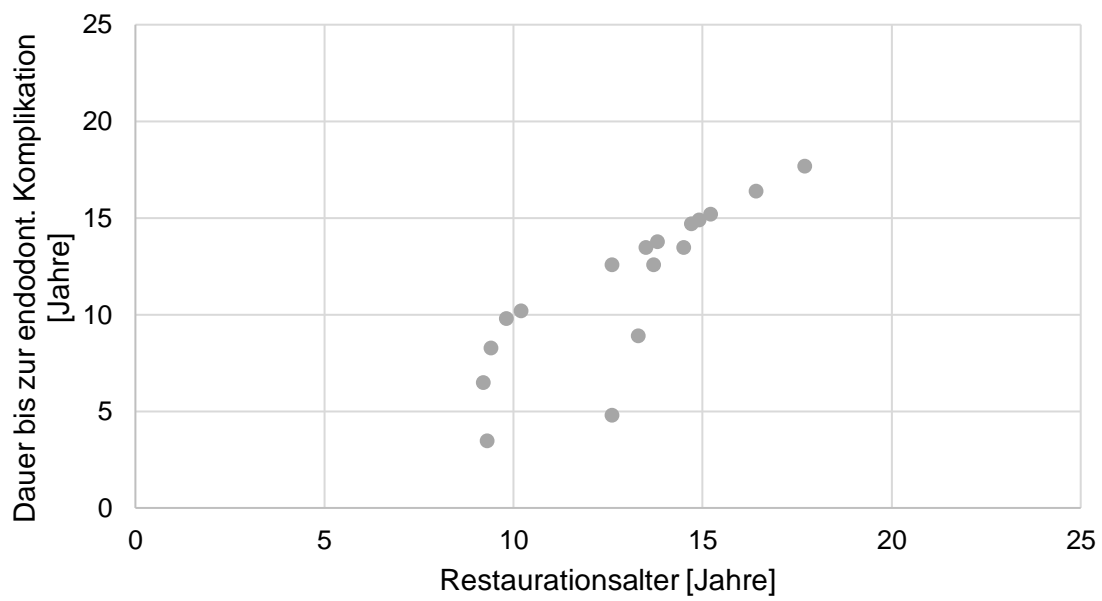


Abbildung 20 Zeitfenster endodontischer Komplikationen ($n = 17$)

Der Zeitrahmen für den Zeitpunkt einer diagnostizierten Sekundärkaries indirekter Restaurationen stellte sich hingegen in zwei Phasen dar: einer ersten zwischen 9 – 15 Jahren und einer zweiten nach 22 Jahren (Abb. 21).

Ergebnisse

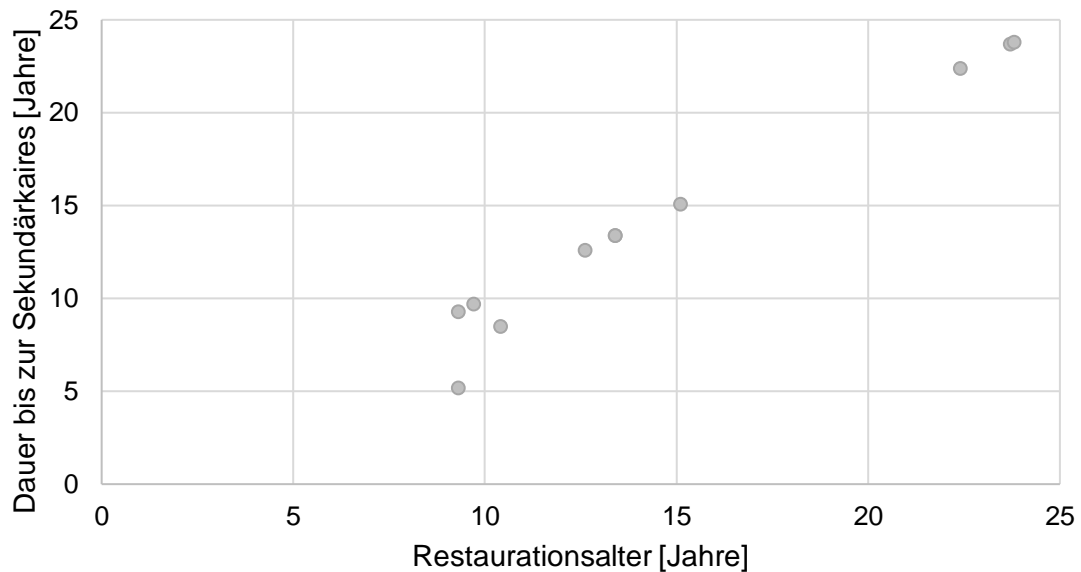


Abbildung 21 Darstellung der Dauer bis zum Auftreten von Sekundärkaries ($n = 11$)

Keramikfrakturen traten im Median nach 15,4 Jahren auf ($M = 15,7$, $SD = 4,1$).

Mit einer Cox–Regression mit zeitabhängiger Kovariate sollte die Frage beantwortet werden, ob der Zeitpunkt der Komplikation einer laborgefertigten Restauration den Zeitpunkt des Misserfolgs beeinflusst.

Das gesamte Modell, welches zwischen Erfolg und Misserfolg unterscheiden konnte, war mit der zeitabhängigen Kovariate (Zeit bis Komplikation) statistisch signifikant, $\chi_{\text{gesamt}}^2(1, n = 318, 7 \text{ Missings}) = 15,49$, $p < 0,01$, χ_{Δ} vorangegangener Schritt $^2 = 8,36$, $p < 0,01$ (Tbl. 11, Zeile 1).

Ergebnisse

Tabelle 11 Einfluss des Zeitpunkts einer Komplikation auf den Zeitpunkt eines Misserfolgs

	B	SE	Wald	df	p	Hazard Ratio	95,0 % K.I. für Hazard Ratio	
							unteres	oberes
Zeit bis Komplikation	1,73	0,49	12,38	1	< 0,01	5,63	2,15	14,74
Zeit bis endod. Kompl.	3,19	0,79	16,42	1	< 0,01	24,25	5,19	113,39
Zeit bis Sekundärkaries	4,67	0,88	28,51	1	< 0,01	107,01	19,25	594,75

Die Tabelle zeigt, dass der Zeitpunkt einer vorhandenen Komplikation um das 5,6–fache wahrscheinlicher den Zeitpunkt des Misserfolgs vorverlegt, als wenn keine Komplikation vorlag.

In weiteren Cox–Regressionsanalysen mit zeitabhängigen Kovariaten wurde überprüft, wie im Speziellen der Zeitpunkt einer endodontischen Komplikation (Tbl. 11, Zeile 2) und einer Sekundärkaries einer indirekten Restauration (Tbl. 11, Zeile 3) den Zeitpunkt des Misserfolgs beeinflusst. Das erstgenannte, gesamte Modell, welches zwischen Erfolg und Misserfolg unterscheiden konnte, war mit der zeitabhängigen Kovariate (Zeit bis endodontische Komplikation) statistisch signifikant, $\chi_{\text{gesamt}}^2(1, n = 287, 33 \text{ Missings}, 5 \text{ Zensuren}) = 35,90, p < 0,01, \chi_{\Delta \text{vorangegangener Schritt}}^2 = 8,51, p < 0,01$ (Tbl. 11, Zeile 2). Der Zeitpunkt einer vorhandenen, endodontischen Komplikation führt dazu, dass der Zeitpunkt des Misserfolgs um das 24–fache wahrscheinlicher früher stattfand, als wenn eine solche Komplikation nicht vorlag. Das zweitgenannte, gesamte Modell, welches zwischen Erfolg und Misserfolg unterscheiden konnte, war mit der zeitabhängigen Kovariate (Zeit bis Sekundärkaries) statistisch signifikant, $\chi_{\text{gesamt}}^2(1, n = 287, 33 \text{ Missings}, 5 \text{ Zensuren}) = 135,50, p < 0,01, \chi_{\Delta \text{vorangegangener Schritt}}^2 = 13,82, p < 0,01$ (Tbl. 14, Zeile 3). Der Zeitpunkt einer vorhandenen Sekundärkaries führte um das 107–fache wahrscheinlicher dazu, dass der Zeitpunkt des Misserfolgs früher stattfand, als wenn eine solche Komplikation nicht vorlag.

3.4 Relevanz des Patienten- und Restorationsalters

Analysiert wird im Folgenden, ob und wie sich das Patientenalter und das Restorationsalter auf Komplikationen und Misserfolg der laborgefertigten Restaurationen ausgewirkt haben. Dies wird nachfolgend für Gold- und Keramikrestaurationen getrennt dargestellt (Tbl. 12).

Tabelle 12 Patientenalter innerhalb der Gold- und Keramikkollektive

	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Md</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
Gold	164	60,5	11,4	59,6	30,1	82,1
Keramik	161	57,9	10,2	57,5	35,8	83,8

Hypothese 1

Geprüft wurde, ob mit steigendem Patientenalter eher Komplikationen bzw. Misserfolg indirekter Restaurationen auftreten.

Ein hierfür durchgeführter *t*-Test für unabhängige Stichproben zeigte einen mittleren signifikanten Altersunterschied der Patienten aus dem Studienkollektiv indirekter Restaurationen aus Gold zwischen fehlenden ($M = 59,12$, $SD = 11,53$) und vorhandenen Komplikationen auf ($M = 64,73$, $SD = 9,78$), $t(162) = -2,77$, $p = 0,01$, $d = 0,50$. Der gleiche Test zeigte keinen Altersunterschied der Patienten für das Studienkollektiv indirekter Restaurationen aus Keramik, $t(159) = -1,73$, $p = 0,09$. Es zeigte sich also, dass ausschließlich bei Goldrestaurationen das Alter der Studienteilnehmer höher war, deren Restaurationen komplikationsbehaftet waren (Abb. 22).

Ergebnisse

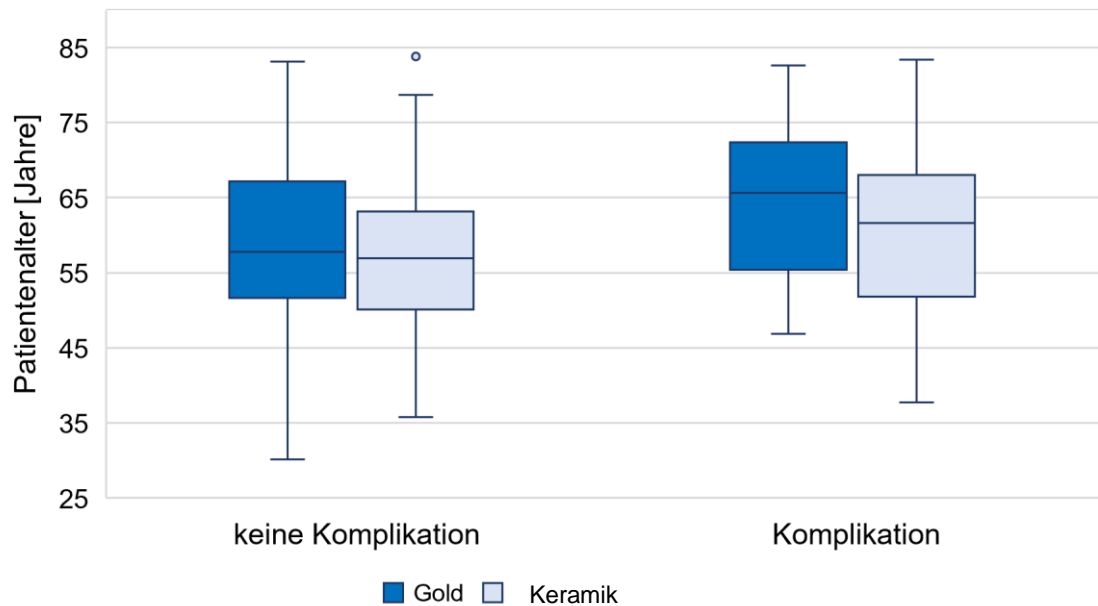


Abbildung 22 Komplikationsverteilung indirekter Restaurationen bei steigendem Patientenalter ($n = 325$)

Ebenso verhielt es sich bei den Misserfolgsarten: Eine ANOVA zeigte einen moderaten signifikanten Altersunterschied der Patienten zwischen den Misserfolgsarten indirekter Restaurationen aus Gold, $F(3, 160) = 3,37$, $p = 0,02$, $\eta^2 = 0,06$. Nachträgliche Posthoc-Tests zeigten einen mittleren signifikanten Unterschied im Patientenalter zwischen Erfolg ($M = 59,12$, $SD = 11,53$) und Versagen ($M = 67,65$, $SD = 9,66$), $p = 0,02$, $d = 0,75$. Die anderen Misserfolgsarten zeigten keinen signifikanten Unterschied, jeweils $p \geq 0,75$ (Abb. 23).

Ergebnisse

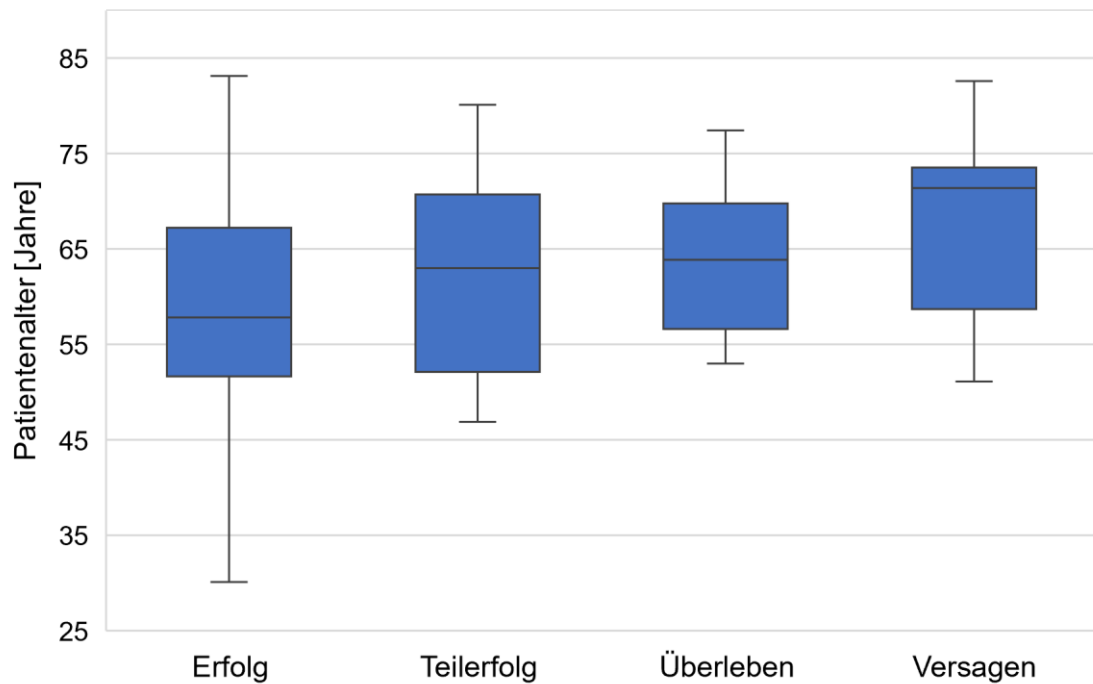


Abbildung 23 Erfolgsarten indirekter Goldrestaurationen bei steigendem Patientenalter ($n = 164$)

Ein t -Test für unabhängige Stichproben zeigte keinen signifikanten Altersunterschied der Patienten zwischen Erfolg und Teilerfolg indirekter Restaurationen aus Keramik und Überleben und Versagen, $t(159) = -1,87$, $p = 0,06$.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich ausschließlich signifikant höhere Altersdurchschnitte derjenigen Patienten gezeigt haben, deren Zähne mit Gold restauriert waren: sowohl bezüglich Komplikationen als auch bezüglich Überleben und Versagen.

Ergebnisse

Hypothese 2

Im Rahmen der zweiten Hypothese wurde untersucht, ob sich das Restorationsalter bei Teilkronen mit und ohne Komplikationen bzw. innerhalb der Misserfolgsarten unterschied.

Ein t -Test für unabhängige Stichproben zeigte einen mittleren signifikanten Altersunterschied indirekter Restaurationen aus Gold zwischen fehlenden ($M = 14,46$, $SD = 3,99$) und vorhanden Komplikationen ($M = 11,73$, $SD = 3,90$), $t(162) = 3,78$, $p < 0,01$, $d = 0,69$. Der gleiche Test zeigte keinen signifikanten Altersunterschied indirekter Restaurationen aus Keramik zwischen fehlenden und vorhanden Komplikationen, $t(36,71) = 0,48$, $p = 0,63$. Folglich zeigte sich ausschließlich ein signifikant höherer Altersdurchschnitt der komplikationslosen, indirekten Restaurationen aus Gold im Vergleich zu den komplikationsbehafteten der gleichen Gruppe (Abb. 24).

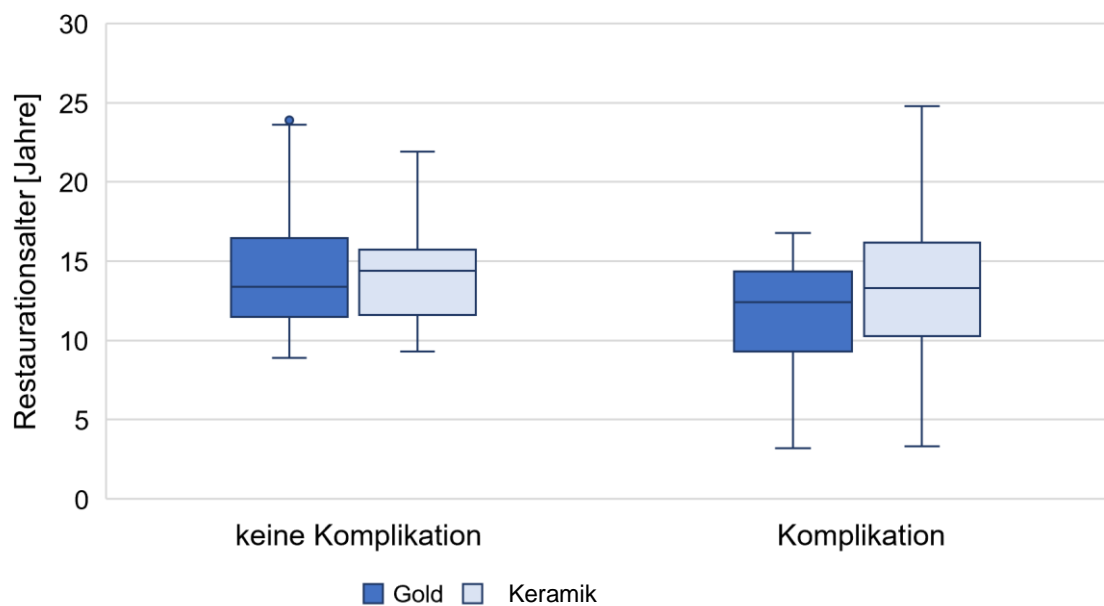


Abbildung 24 Komplikationsverteilung indirekter Restaurationen bei sinkenden Restorationsalter ($n = 325$)

Ergebnisse

Weiterhin wurde geprüft, ob der signifikante Altersunterschied indirekter Restaurationen in den Misserfolgsarten sich auf Goldteilkronen und Keramikrestaurationen gleich verteilt: Eine ANOVA zeigte einen moderaten signifikanten Altersunterschied indirekter Restaurationen aus Gold zwischen deren Misserfolgsarten, $F(3, 160) = 5,90$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,10$. Nachgeschobene Posthoc-Tests zeigten einen großen signifikanten Altersunterschied der Restaurationen zwischen Erfolg ($M = 14,46$, $SD = 3,99$) und Versagen ($M = 10,74$, $SD = 3,20$) indirekter Restaurationen aus Gold, $p < 0,01$, $d = 0,95$. Die verbliebenen Misserfolgsarten zeigten keinen signifikanten Unterschied, jeweils $p \geq 0,11$. Eine weitere ANOVA zeigte ebenfalls einen moderaten signifikanten Altersunterschied indirekter Restaurationen aus Keramik zwischen deren Misserfolgsarten, $F(3, 154) = 5,20$, $p < 0,01$, $\eta^2 = 0,09$. Die Varianzhomogenität war nicht gegeben, daher wurde sowohl ein Welch-Test, $F(3; 12,91) = 5,00$, $p = 0,02$, $\eta^2 = 0,09$, als auch ein Brown-Forsythe-Test durchgeführt, $F(3; 28,29) = 3,26$, $p = 0,04$, $\eta^2 = 0,09$. Beide bestätigten den moderaten signifikanten Unterschied, den bereits die ANOVA gezeigt hatte. Nachgeschobene Posthoc-Tests zeigten je einen großen Altersunterschied indirekter Restaurationen zwischen Erfolg ($M = 14,13$, $SD = 2,97$) und Versagen ($M = 9,14$, $SD = 2,92$), $p = 0,01$, $d = 1,68$ und Teilerfolg ($M = 15,60$, $SD = 4,57$) und Versagen, $p < 0,01$, $d = 1,51$. Die verbliebenden Misserfolgsarten zeigten keinen signifikanten Unterschied, jeweils $p \geq 0,26$ (Abb. 25).

Ergebnisse

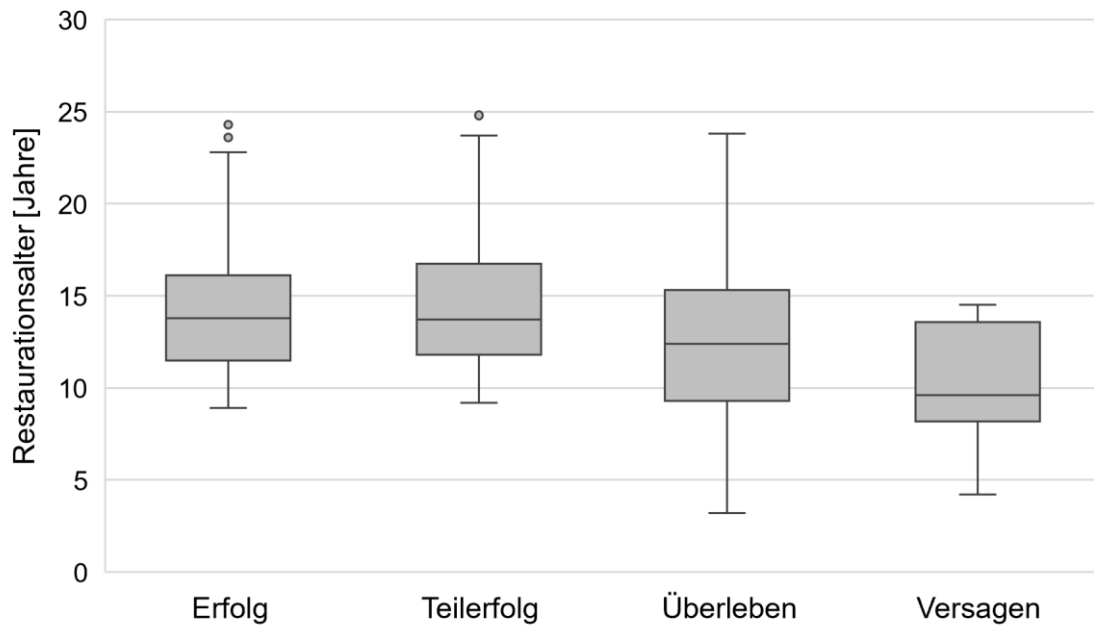


Abbildung 25 Erfolgsarten indirekter Restaurationen bei sinkendem Restorationsalter ($n = 325$)

Das Alter indirekter Restaurationen aus Gold sowie aus Keramik war also signifikant niedriger bei denjenigen, für die ein Versagen festgestellt wurde, als bei jenen, die als (teil-) erfolgreich beurteilt wurden.

Folglich war das Restorationsalter ausschließlich bei komplikationsbehafteten Goldrestaurationen niedriger als das der komplikationslosen. Bei den Erfolgsarten verhielt sich jedoch das Restorationsalter bei Gold und Keramik vergleichbar. Es war niedriger bei den nicht erfolgreichen Restaurationen als bei den erfolgreichen.

3.5 Betrachtung des endodontischen Zustands und dessen Auswirkungen

Von den untersuchten restaurierten Zähnen ($n = 296$) waren 84,1% ($n = 249$) nicht wurzelkanalbehandelt und 13,5% ($n = 40$) waren vor Insertion der indirekten Restauration endodontisch behandelt worden. Bei 2,4% ($n = 7$) wurde nachträglich eine Wurzelkanalbehandlung oder eine Wurzelspitzenresektion durchgeführt. Zu der letztgenannten Gruppen zählten ausschließlich mit Goldteilkronen restaurierte Zähne.

Der Vitalitätsverlust mit Vollkronen restaurierter Zähne liegt nach zehn Jahren laut aktueller Studienlage bei etwa 8 – 15% (Valderhaug et al. 1997; Cheung et al. 2005; Kontakiotis et al. 2015). Das vorliegende Studienkollektiv wurde dahingehend untersucht, ob die Präparation von Teilkronen bei vorliegender Indikation weniger avitale Zähne oder pulpitische Beschwerden nach sich zieht: Von den nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen ($n = 267$) waren nach dem gesamten Beobachtungszeitraum von 25 Jahren 17,2% ($n = 46$) avital oder hatten pulpitische Beschwerden gezeigt. Bei den Restaurationen, die jünger als zehn Jahre in situ waren, lag die Rate bei 2,6 % ($n = 7$), unter den unter 15-jährigen Restaurationen bei 13,1% ($n = 35$).

Hypothese 1

Die Präparation bei Keramikrestaurationen stellt sich im Vergleich zu Goldteilkronen tendenziell invasiver dar. Dies bedingt bereits die Präparationsgeometrie und die damit zugrundeliegende Materialmindestschichtstärke, die für Keramikrestaurationen höher als für Restaurationen aus Metalllegierungen ausfällt (Federlin, Krifka, et al. 2007; Anusavice et al. 1986). Auch kann die Auswirkung der Dentinkonditionierung bzw. des Adhäsivsystems auf die Pulpa eine Rolle spielen (Peumans et al. 2012). Es sollte diesbezüglich ermittelt werden, ob bei denen mit einer Keramikrestauration versorgten Zähnen Vitalitätsverlust und endodontische Komplikationen häufiger auftraten als bei denen mit Goldteilkronen restaurierten Zähnen. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur

Ergebnisse

nach Yates zeigte jedoch keinen signifikanten Zusammenhang, $\chi^2(1, n = 267) = 3,12, p = 0,08$. Weiterhin konnte nicht gezeigt werden, dass es einen Unterschied diesbezüglich zwischen restaurierten Molaren und Prämolaren gab: Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates zeigte keinen signifikanten Zusammenhang, $\chi^2(1, n = 267) = 2,61, p = 0,12$. Anschließend wurden die Studienkollektive Gold- und Keramikrestorationen separat auf unterschiedliche Häufigkeiten zwischen Molaren und Prämolaren in Vitalitätsverlust und endodontische Komplikationen geprüft: Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates zeigte diesbezüglich keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der mit Goldteilkronen restaurierten Prämolaren und Molaren, $\chi^2(1, n = 128) < 0,01, p = 1,00$. Innerhalb des Studienkollektivs der Keramikrestorationen konnte jedoch ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates einen kleinen signifikanten Zusammenhang zwischen restaurierten Molaren und Prämolaren zeigen, $\chi^2(1, n = 139) = 9,39, p < 0,01, \phi = 0,28$ (Abb. 26).

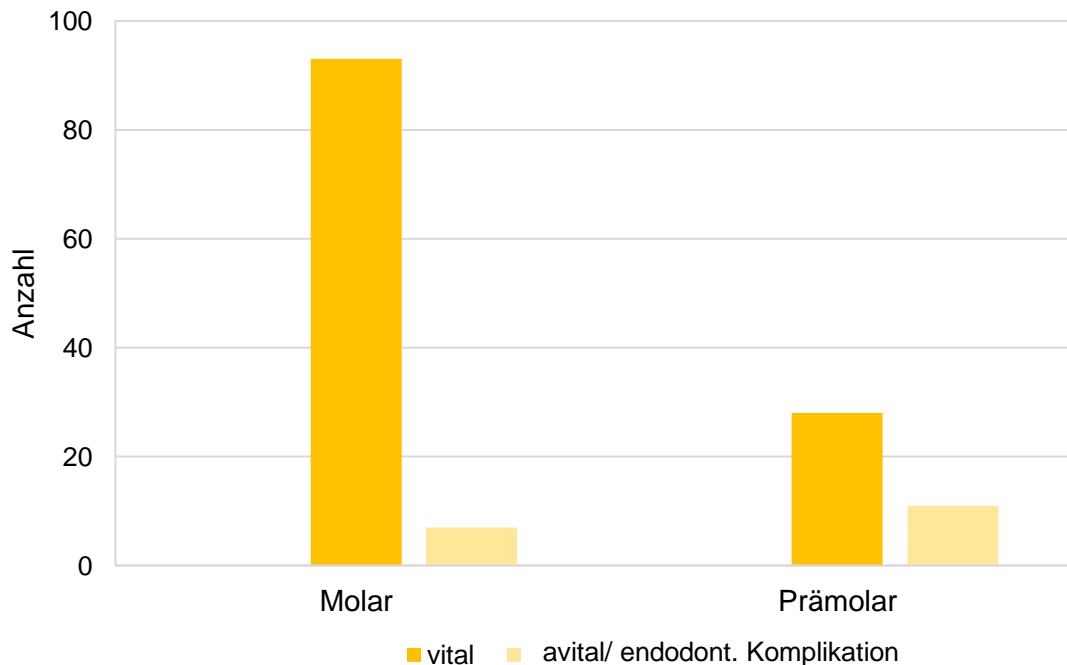


Abbildung 26 Vitalitätsverlust und endodontische Komplikationen von mit Keramikrestorationen versorgten Zähnen ($n = 139$)

Ergebnisse

Dies deutet darauf hin, dass in dem hier untersuchten Studienkollektiv mit einer Laborarbeit aus Keramik restaurierte Prämolaren eher avital oder pulpitisch werden als dies bei gleichartig versorgten Molaren geschieht.

Hypothese 2

Wie Tabelle 13 darstellt, zeigten Goldteilkronen deutlich mehr endodontische Komplikationen als Keramikrestaurationen.

Tabelle 13 Häufigkeitsverteilung endodontischer Komplikationen restaurierter Zähne

Restaurationsmaterial	Endodontische Komplikation					
	Nein		Ja		Gesamt	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
Gold	134	45,3	13	4,4	147	49,7
Keramik	145	49,0	4	1,3	149	50,3
Gesamt	279	94,3	17	5,7	296	100,0

Die ungleiche Verteilung bestätigte auch ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates: Dieser zeigte einen kleinen signifikanten Zusammenhang zwischen Restaurationsmaterial und endodontischer Komplikation, $\chi^2(1, n = 296) = 4,11, p = 0,04, \varphi = 0,13$.

Um eine mögliche Ursache dieser ausgeprägten Häufigkeit endodontischer Komplikationen bei Goldteilkronen zu bestimmen, überprüfte ein *t*-Test für unabhängige Stichproben, ob ein Unterschied in den Sondierungstiefen zwischen nicht vorhandenen ($M = 2,70, SD = 0,59$) und vorhandenen endodontischen Komplikationen ($M = 3,45, SD = 1,17$) bestand. Dieser zeigte einen mittleren Unterschied, $t(145) = -2,29, p = 0,04, d = 0,67$. Mit Goldteilkronen restaurierte Zähne, die in dem hier untersuchten Studienkollektiv höhere Sondierungstiefen vorwiesen, zeigten häufiger endodontische Komplikationen.

Ergebnisse

Hypothese 3

Im Folgenden werden die Erfolgsaussichten der Gruppen nicht endodontisch und endodontisch behandelte, restaurierter Zähne betrachtet. Letztere wurde hierzu aufgeteilt in eine stattgefundene Wurzelkanalbehandlung vor und nach Insertion der Restauration (Tbl. 14).

Tabelle 14 Häufigkeitsverteilung endodontisch therapierter Zähne in den Erfolgsarten

Endodont	Erfolg versus Misserfolg					
	Erfolg & Teilerfolg		Überleben & Versagen		Gesamt	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
nonWKB	237	80,1	12	4,1	249	84,2
präWKB	37	12,5	3	1,0	40	13,5
postWKB	5	1,7	2	0,6	7	2,3
Gesamt	279	94,4	17	5,6	296	100,0

Abkürzungserklärung:

nonWKB = keine endodontische Behandlung erfolgt, präWKB bzw. postWKB = vor Restaurationsanfertigung bzw. nach Eingliederung der Restauration ist eine endodontische Behandlung erfolgt

In diesem Studienkollektiv wurden endodontisch behandelte Zähne seltener als erfolgreich beurteilt als nicht endodontisch therapierte Zähne. Vor allem betrifft dies die nachträglich behandelten Zähne. Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit belegte die ungleiche Häufigkeitsverteilung: Dieser zeigte einen kleinen signifikanten Zusammenhang zwischen Erfolg und Teilerfolg gegenüber Überleben und Versagen indirekter Restaurationen und einer Wurzelkanalbehandlung der restaurierten Zähne, $\chi^2 (2, n = 296) = 7,36, p = 0,02$, Cramers $V = 0,16$.

3.6 Detektion biologischer Einflüsse

Es wurde analysiert, ob spezifische biologische Parameter den Erfolg laborgefertigter Restaurationen beeinflussen. In diesem Kapitel basieren die statistischen Berechnungen auf einer Gesamtzahl von 295 Patienten bzw. indirekte Restaurationen (1 *Missing*) aufgrund des Ausfalls eines Patienten wegen mangelnder Compliance.

Das Studienkollektiv zeigte 83,7% ($n = 247$) oral gesunde Patienten und 16,3% ($n = 48$) nicht oral gesunde Patienten. Die letztgenannte Gruppe bestand zu 85,4% ($n = 41$) aus erfolgreichen Restaurationen, zu 10,4% ($n = 5$) aus Restaurationen, die Komplikationen aufwiesen und jeweils zu 2,1% ($n = 1$) aus Restaurationen, die in die Kategorien Überleben und Versagen fielen. Die Patientengruppe, der Orale Gesundheit konstatiert worden war, wies zu 84,2% ($n = 208$) erfolgreiche Restaurationen auf, zu 9,7% ($n = 24$) zum Teil erfolgreiche Restaurationen, zu 4,5% ($n = 11$) Restaurationen, die der Kategorie Überleben und zu 1,6% ($n = 4$) aus Restaurationen, die der Kategorie Versagen zugeordnet worden sind (Abb. 27).

Ergebnisse

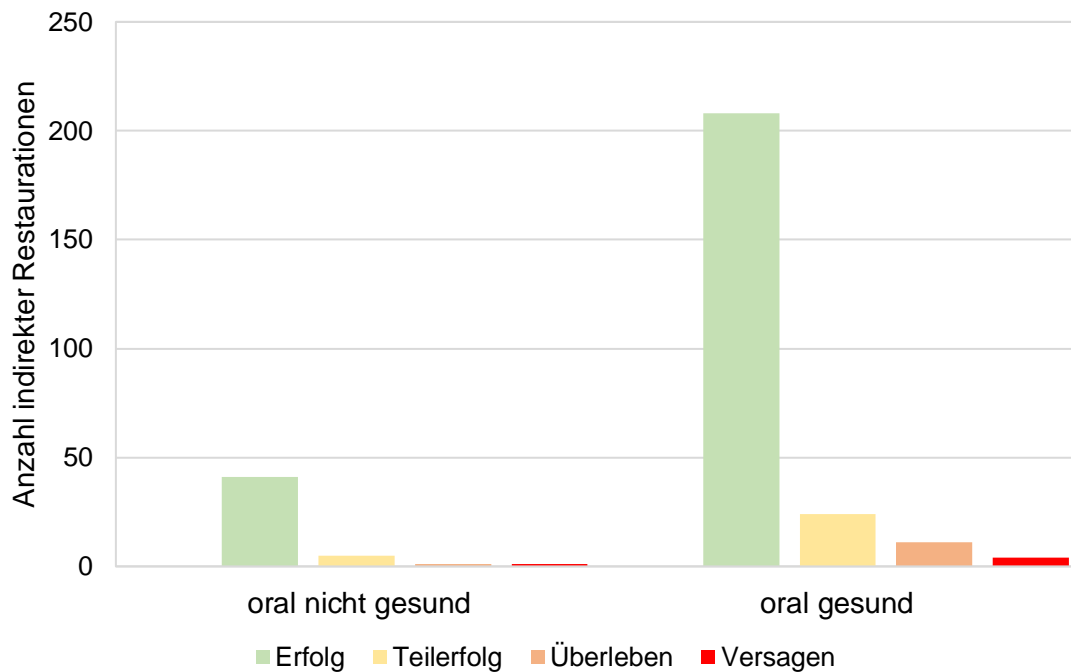


Abbildung 27 Verteilung Oraler Gesundheit auf die Erfolgsarten indirekter Restaurationen ($n = 295$)

Wird das Studienkollektiv nach Goldteilkronen und Keramikrestaurationen aufgeteilt, so lässt sich auch innerhalb dieser Gruppen eine gleichmäßige Verteilung der Patienten bezüglich Oraler Gesundheit innerhalb der Erfolgsarten erkennen (Tbl. 15).

Ergebnisse

Tabelle 15 Verteilung der Erfolgsarten indirekter Restaurationen bezüglich Orale Gesundheit

Orale Gesundheit	Material	Erfolgsarten									
		Erfolg		Teilerfolg		Überleben		Versagen		Gesamt	
		<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
oral gesund	Gold	100	33,9	10	3,4	5	1,7	4	1,4	119	40,3
	Keramik	108	36,6	14	4,7	6	2,0	0	0,0	128	43,4
oral nicht gesund	Gold	24	8,1	3	1,0	0	0,0	1	0,3	28	9,5
	Keramik	17	5,8	2	0,7	1	0,3	0	0,0	20	6,8
Gesamt		249	84,4	29	9,8	12	4,0	5	1,7	295	100,0

Hypothese 1

Das nach „Oraler Gesundheit“ aufgeteilte Studienkollektiv wurde auf die Verteilung von Sekundärkaries an den indirekten Restaurationen hin untersucht: 95,1% ($n = 235$) der oral gesunden Patienten ($n = 247$) hatten keine Sekundärkaries, 95,8% ($n = 46$) der oral nicht gesunden Patienten ebenso ($n = 48$). Wird die Gruppe der oral nicht gesunden Patienten wiederum aufgeteilt nach den Restaurationsarten, so zeigt sich folgende Verteilung: 100% ($n = 28$) der Goldteilkronen oral nicht gesunder Patienten zeigten keine Sekundärkaries, 90% ($n = 18$) der Keramikrestaurationen ($n = 20$) ebenfalls nicht.

Ein Chi-Quadrat-Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates zeigte bei oral nicht gesunden Patienten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Restaurationsmaterial und dem Auftreten von Sekundärkaries bei indirekten Restaurationen, $\chi^2(1, n = 48) = 0,96, p = 0,33$.

Ergebnisse

Hypothese 2

Die konstruierte Variable „Orale Gesundheit“ setzt sich zusammen aus ausgeprägter Plaqueakkumulation, Gingivitis und hohem Kariesrisiko (vgl. Kap. 2.5.2). Grundlage der erstgenannten Variablen wiederum sind der Plaque Index (Tbl. 16) und der Sulkus Blutungs Index. Daher wurde überprüft, ob die Variable Orale Gesundheit die o.g. Einflüsse zu sehr verallgemeinert, während ein Einfluss besonders stark ausgeprägt ist.

Tabelle 16 Deskriptive Kennwerte des Plaque Index

	<i>n</i>	<i>Missings</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>Md</i>	<i>MIN</i>	<i>MAX</i>
<i>Plaque Index</i>	295	30	2,66	0,77	2,67	0,5	4,7

Zu Beginn wurde ermittelt, ob Sekundärkaries häufiger vorkam je höher die Plaqueakkumulation war. Der hierzu eingesetzte *t*-Test für unabhängige Stichproben zeigte einen mittleren Unterschied in Plaqueakkumulation zwischen kariesfreien restaurierten Zähnen ($M = 2,64$, $SD = 0,77$) und Sekundärkaries an diesen ($M = 3,07$, $SD = 0,77$), $t(293) = -2,04$, $p = 0,04$, $d = 0,56$.

Daraufhin sollte ermittelt werden, ob sich diese Signifikanz bei Goldteilkronen und Keramikrestorationen gleich verhält. Diese Annahme konnte jedoch durch folgende *t*-Tests für unabhängige Stichproben nicht bestätigt werden: Der erste zeigte einen großen Unterschied in Plaqueakkumulation zwischen kariesfreien, mit Keramik restaurierten Zähnen ($M = 2,62$, $SD = 0,76$) und Sekundärkaries an solchen ($M = 3,46$, $SD = 0,71$), $t(146) = -2,86$, $p = 0,01$, $d = 1,11$. Je höher die Plaqueakkumulation des Patienten war, desto eher lag Sekundärkaries an der Keramik vor. Gleichzeitig erfolgte der gleiche Test für das Studienkollektiv indirekter Restorationen aus Gold: Dieser zeigte keinen Unterschied in Plaqueakkumulation zwischen kariesfreien, mit Goldteilkronen restaurierten Zähnen und Sekundärkaries an solchen, $t(145) = -0,07$, $p = 0,94$. Zusammenfassend zeigte sich, dass je mehr Plaqueakkumulation vorlag, desto eher kam es zu Sekundärkaries bei Keramikrestorationen.

Ergebnisse

Das gleiche Vorgehen wurde für den Einfluss von Plaqueakkumulation, Gingivitis und Kariesrisiko als nominal skalierte und als metrische Variablen auf Sekundärkaries verwendet. Die Ergebnisse waren nicht signifikant (vgl. Anhang, Kap. 9.4.1 Chi–Quadrats–Tests, Hypothesen 3, 6, 7; 9.4.2 *t*–Tests, Hypothese 2).

Hypothese 3

Weiterhin sollte geprüft werden, ob eine (lokale) Parodontitis einen negativen Einfluss auf den Erfolg laborgefertigter Restaurationen hatte, auch im Hinblick auf eine höhere Komplikationsanfälligkeit. 12,5% ($n = 37$) der Patienten ($n = 295$) zeigten eine (lokale) Parodontitis. Davon hatten 54,1% ($n = 20$) eine Goldteilkrone und 45,9% ($n = 17$) eine Keramikrestauration. Ein Chi–Quadrat–Test für Unabhängigkeit mit Kontinuitätskorrektur nach Yates zeigte keinen signifikanten Zusammenhang zwischen vorhandener (lokaler) Parodontitis des Patienten und vorhandenen Komplikationen indirekter Restauration, $\chi^2 (1, n = 295) = 0,13, p = 0,72$. Der gleiche Test konnte ebenfalls keinen signifikanten Zusammenhang zwischen vorhandener (lokaler) Parodontitis des Patienten und dem Misserfolg der indirekten Restauration zeigen, $\chi^2 (1, n = 295) = 3,19, p = 0,07$. Folglich konnte kein Einfluss einer (lokalen) Parodontitis auf den Erfolg indirekter Restaurationen gezeigt werden.

Hypothese 4

Es wurde untersucht, ob der Zeitpunkt des Misserfolgs indirekter Restaurationen durch biologische Faktoren als spezifische Prädiktoren beeinflusst wurde. Eine Cox–Regressionsanalyse wurde hierzu durchgeführt. Das gesamte Modell, welches zwischen Erfolg und Misserfolg unterscheiden konnte, war mit allen Prädiktoren statistisch nicht signifikant, $\chi_{\text{gesamt}}^2 (1, n = 290, 30 \text{ Missings, } 5 \text{ Zensuren}) = 5,05, p = 0,17, \chi_{\Delta \text{ vorangegangener Schritt}}^2 = 5,18, p = 0,16$. Der Zeitpunkt eines vorhandenen Misserfolgs ließ sich folglich nicht durch einen der aufgeführten Faktoren verschieben, wenn für die anderen Faktoren im Modell kontrolliert wird (Tbl. 17).

Ergebnisse

Tabelle 17 Einfluss biologischer, metrisch skaliertes Prädiktoren auf den Misserfolg indirekter Restaurationen

Variable	B	SE	Wald	df	p	Hazard Ratio	95,0 % K.I für Hazard Ratio	
							unteres	oberes
SBI	-2,54	1,88	1,83	1	0,18	0,08	0,02	3,13
PI	0,26	0,33	0,63	1	0,43	1,30	0,68	2,50
PPD	0,59	0,36	2,68	1	0,10	1,81	0,89	3,67

Wird in einer weiteren Cox–Regression als spezifische Prädiktoren die konstruierten Variablen „Orale Gesundheit“ und „Parodontitis“ anstelle der Mittelwerte SBI, PI und PPD für das gleiche Modell verwendet, so zeigte auch dieses gesamte Modell keine Signifikanz, $\chi_{\text{gesamt}}^2 (1, n = 290, 30 \text{ Missings}, 5 \text{ Zensuren}) = 3,77, p = 0,15, \chi_{\Delta \text{ vorangegangener Schritt}}^2 = 2,97, p = 0,23$. Der Zeitpunkt eines vorhandenen Misserfolgs ließ sich nicht durch einen der aufgeführten Faktoren verschieben, wenn für die anderen Faktoren im Modell kontrolliert wird (Tbl. 18).

Tabelle 18 Einfluss biologischer, nominal skaliertes Prädiktoren auf Misserfolg indirekter Restaurationen

Variable	B	SE	Wald	df	p	Hazard Ratio	95,0 % K.I für Hazard Ratio	
							unteres	oberes
Orale Gesundheit	0,99	0,53	3,45	1	0,06	2,70	0,95	7,69
(lok.) Parodontitis	0,05	0,76	0,00	1	0,95	1,05	0,24	4,65

4 Diskussion

4.1 Diskussion der Methodik

4.1.1 Studiendesign

Die dieser vorliegenden Arbeit zugrundeliegende klinische Studie ist retrospektiv und ist somit im Vergleich zu den meisten prospektiven Studien in der Lage, einen deutlich längeren Beobachtungszeitraum abzudecken. Die Patientenauswahl erfolgte nicht randomisiert, da der Pool der Patienten, die in die Studie eingewilligten, eine wünschenswert hohe Fallzahl ergab. Eine gewisse Stichprobenverzerrung mag auch bei der Wahl der Restauration vorliegen (Sessler et al. 2015): Um einen größtmöglichen Beobachtungszeitraum zu gewähren, wurde stets die älteste Restauration gewählt.

Weiterhin können Recall Bias, also Erinnerungsverzerrungen der Patienten, die Qualität des Datensatzes mindern (Müllner 2013). Dies wurde jedoch auf ein Mindestmaß reduziert, indem der jeweilige Hauszahnarzt nach den dokumentierten Interventionszeitpunkten befragt wurde. Es ist jedoch möglich, dass eine bestimmte Komplikation wie bspw. die Zahl der Dezentimentierungen der Goldteilkronen tatsächlich höher war als in dieser Arbeit erfasst.

Die laborgefertigten Restaurationen innerhalb des Studienkollektivs sind vergleichbar, da die Patienten, bei denen diese eingegliedert worden sind, alle Teilnehmer des Studentenkurses der Zahnklinik Würzburg waren: Die Behandlung der Patienten erfolgte stets unter Überwachung durch erfahrene Zahnärzte, sodass gewährleistet werden konnte, dass die Indikation, die Präparation, das verwendete Material und das Einsetzverfahren dem hohen Qualitätsstandard einer universitären Lehrereinrichtung entsprachen. Der Einfluss des Behandlers auf den Erfolg der Restauration wurde auf diese Weise so weit wie möglich reduziert (Frankenberger et al. 2009). Die Studentenbehandlung ist zudem der Behandlungsqualität von Zahnärzten gleichzusetzen (Stoll et al. 2007). Auch die Herstellung der Restaurationen fand unter gleichen Bedingungen im Zahntechniklabor der Poliklinik statt und wurde durch erfahrene Zahntechniker überwacht und unterstützt.

Diskussion

Zwar war im Vorfeld nicht vorhersagbar, wie vergleichbar beide Restaurationsarten miteinander waren, jedoch zeigte sich, dass diese sich in den wesentlichen Kriterien wie Restaurationsalter, Verteilung der Parodontitispatienten und der oralen Gesundheit ähnlich bis gleich ausprägten. Dennoch wird die Güte von split–mouth–Studien bezüglich der Untersuchung des Materialeinflusses auf das Überleben und die Komplikationsrate nicht erreicht. Die Nachuntersuchungen wurden durch zwei approbierte Zahnärztinnen in Konsensbildung durchgeführt.

Grundsätzlich ist eine retrospektive Studie in der Lage, Kausalzusammenhänge zu erkennen, jedoch nicht in der Lage, diese nachzuweisen (Sessler et al. 2015). Die Hypothesen werden generiert und nicht wie in prospektiven Untersuchungen validiert. Es wurden Prüfhypothesen und Forschungsfragen zur Untersuchung von Zusammenhängen zwischen zahlreichen Parametern formuliert, um möglichst viele Einflüsse zu detektieren. Es ist daher sinnvoll, dieser Arbeit eine prospektive, möglichst randomisierte Studie anzuschließen, die die erkannten Kausalzusammenhänge in präzisen Hypothesen prüft und bestätigen bzw. ablehnen kann. Auch wäre diese in der Lage, zielgerichtet Daten zu erheben, wie bspw. die Vitalität des Zahns vor Insertion der Restauration zu dokumentieren und diese in Verlaufskontrollen zu überprüfen.

Das Ergebnis einer systematischen Übersichtsarbeit kam zu dem Schluss, dass Beobachtungsstudien randomisierten, kontrollierten Studien in ihrer Aussagekraft nicht zwingend unterlegen sind und daher ihre Berechtigung haben (Anglemyer et al. 2014).

Zum direkten Vergleich von Gold– und Keramikteilkronen liegen bislang eine prospektive split–mouth–Studie vor (Federlin et al. 2010), wenige rein prospektive (van Dijken et al. 2010; Frankenberger et al. 2008; Santos et al. 2016) und überwiegend retrospektive Arbeiten (Wagner et al. 2003; Felden et al. 2000; Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999; Reiss 2006; Naeselius et al. 2008; Bühler et al. 2017). Die Methodik variierte von einem (Santos et al. 2016; Donovan et al. 2004; Erpenstein et al. 2001) über mehrere Behandler (Felden et al. 2000; van Dijken et al. 2010; Krämer et al. 2005; Beier et al. 2012), bis hin zu

Patienten aus dem Studentenkurs (Federlin et al. 2010; Stoll et al. 1999; Bühler et al. 2017).

4.1.2 Fallzahl und Beobachtungszeitraum

Unter einem Beobachtungszeitraum von 9 – 25 Jahren wurden 161 Keramikrestaurationen und 164 Goldteilkronen bei gleicher Patientenzahl nachuntersucht. Studien, die ebenfalls beide genannten Restaurationsarten miteinander verglichen, zeigten bisher Fallzahlen von 84 Restaurationen an 64 Patienten nach 7 Jahren und 44 Restaurationen an 22 Patienten nach 5,5 Jahren (Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010). Die vorliegende Studie setzt Maßstäbe hinsichtlich ihrer Fallzahl und des gewählten Beobachtungszeitraums für die vergleichende Betrachtung von zwei Restaurationsarten. Zudem ist diese Studie bisher die einzige, die ausschließlich eine laborgefertigte Restauration pro Patient nachuntersucht hat. Auch wenn dadurch die absolut mögliche Restaurationszahl verringert wurde, konnte auf diese Weise die Voraussetzung unabhängiger Stichprobentests erfüllt werden.

In Studien, die ausschließlich Keramikrestaurationen evaluierten, lagen Fallzahlen von 42 – 252 Keramiklaborarbeiten bei 22 – 121 Patienten nach bis zu 15 Jahren Beobachtungszeitraum vor (Felden et al. 2000; van Dijken et al. 2010; Krämer et al. 2005; Naeselius et al. 2008; Bühler et al. 2017; Santos et al. 2016). Ausnahmen sind die Untersuchungen von Reiss et al. und Stoll et al., welche nach 10 – 18 Jahren bis zu 1624 Restaurationen bei bis zu 643 Patienten nachkontrollierten (Reiss 2006; Stoll et al. 2007). Arbeiten zu Goldin – und onlays konnten teils noch größere Fallzahlen und Beobachtungszeiträume vorweisen (Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999; Erpenstein et al. 2001; Donovan et al. 2004).

Bei den 1651 Patienten, die indirekte Restaurationen in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg in den Jahren 1994 bis 2009 erhalten haben, war aufgrund der langen Zeitspanne mit einer gemäßigten Recallquote zu rechnen. 1126 dieser Patienten wurden kontaktiert, weil diese die Studienvoraussetzungen erfüllten. Die Zahl der Patienten, die trotz Einschlusskriterien nicht an der Studie teilnahmen (*engl.*: Dropout), limitiert

Diskussion

verständlicherweise die Aussagekraft gezogener Schlüsse retrospektiver Langzeitstudien. Eine Fallzahl von 325 laborgefertigten Restaurationen bei ebenso viel nachuntersuchten Patienten (28,9%) ist jedoch durchaus repräsentativ für den langen Beobachtungszeitraum von 9 – 25 Jahren. Ähnliche Untersuchungen wiesen bspw. Teilnahmen von 9,5% – 25,7% bei Beobachtungszeiträumen von 5,3 – 19 Jahren (Studer et al. 2000; Lehner et al. 1998; van Dijken et al. 2010) auf.

4.1.3 Patienten

Der Patientenpool zeigte einen variablen sozioökonomischen Hintergrund. Da bei der Patientenrekrutierung, wie es bei anderen klinischen Studien der Fall war, keine Ausschlusskriterien wie bspw. inadäquate Mundhygiene oder Parodontopathien vorgegeben wurden (Federlin et al. 2010; Studer et al. 2000; Krämer et al. 2005), konnten im heterogenen Patientenpool verschiedene biologische Parameter erhoben und verglichen werden. Zudem konnte auf diese Weise eine hohe Fallzahl an Studienteilnehmern und Restaurationen gewährt werden. Die Heterogenität des Studienkollektivs erhöht die Aussagekraft der gezogenen Rückschlüsse (van Dijken et al. 2010). Diese eignet sich somit für den allgemeinen Praxisbezug, geht jedoch zu Lasten der Vergleichbarkeit beider Restaurationsarten.

4.1.4 Restaurationen

Die untersuchten Goldteilkronen sind aus Degunorm® gegossen worden, während die Keramikrestaurationen aus IPS Empress I gepresst worden sind. Folglich ist die Vergleichbarkeit innerhalb der beiden Gruppen gegeben. Die Herstellung fand über die Jahre im hauseigenen Zahntechniklabor der Zahnklinik Würzburg statt, sodass die Qualitätskontrolle der Studentenarbeit stets gewährleistet war.

In der Beurteilung der vorgestellten Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass die untersuchten Goldrestaurationen ausschließlich konventionell und die Keramikrestaurationen adhäsiv eingegliedert worden sind. Dieser Umstand

schmälert die Vergleichbarkeit der Restaurationsarten vor allem bezüglich der Dezementierungsrate bzw. des Retentionsverlusts sowie postoperativer endodontischer Komplikationen.

Wünschenswert wäre gewesen, dass die indirekten Restaurationen stets mit dem gleichen Zement bzw. Befestigungskomposit eingesetzt worden wären. Letztere entsprechen jedoch als dualhärtende Befestigungskomposite dem gegenwärtigen Goldstandard bei Eingliederung indirekter Restaurationen aus Keramik (Vogl et al. 2016). Somit ist eine akzeptable Vergleichbarkeit gegeben. Felden et al. gingen ähnlich vor mit der Begründung, dass eine hohe Fallzahl und ein langer Beobachtungszeitraum höhere Priorität haben als ein einheitlich verwendetes Befestigungskomposit (Felden et al. 2000). Voraussetzung war, dass die Qualität der verwendeten Befestigungskomposite gleich hoch war.

4.1.5 Klinische Nachuntersuchung

Durch eine vor Studienbeginn stattgefundene, beispielhafte Untersuchung zusammen mit einem Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg konnte gewährleistet werden, dass die Parameter korrekt erhoben wurden. Eine Untersucherkalibrierung in Form einer intensiven Reevaluation der Befunde mit Konsensbildung anhand der ersten zehn Fälle sollte sicherstellen, dass die vorgegebenen Kriterien korrekt angewendet werden und zu reproduzierbaren Ergebnissen führen.

Die Befunderhebung wurde anschließend abwechselnd von den zwei Untersucherinnen vorgenommen. Da jede Untersucherin der anderen als Assistenz diente, konnte stets ein Konsens vor allem bei diagnostisch spezifischen Befunden gebildet werden. Es wurde somit versucht, gravierende Abweichungen zwischen den zwei Untersucherinnen zu reduzieren. Es galt als zielführend, eine besonders hohe Vergleichbarkeit und Kontrolle der Befundungsmethodik im Sinne eines einzigen Untersuchers zu erhalten.

Die klinische Methodik sollte in der Lage sein, einen möglichst detaillierten, informativen Datensatz über die restaurierten Zähne und den Zustand des

Diskussion

untersuchten Gebisses liefern. Daher wurden diese Parameter und Indizes aufgrund folgender Begründung erhoben (a bis g):

a) *thermischer Sensibilitätstest*

Dieser Test auf Vitalität des Zahns gehört zur Routinediagnostik eines dentalen Befundes. Diverse klinische Studien konnten zeigen, dass der Sensibilitätstest mit Kältespray im Vergleich die höchste Sensitivität vorweist (Salgar et al. 2017; Villa-Chavez et al. 2013).

b) *Perkussionstest*

Der Perkussionstest gehört zur klassischen klinischen Diagnostik bei Schmerzpatienten und dient dazu, ein mögliches periapikales Entzündungsgeschehen zu detektieren. Nachweislich ist dieses Vorgehen hierzu hochsensitiv (Levin 2013).

c) *Lockerungsgrade (LG)*

In diesem Studienkollektiv wurde die Zahnbeweglichkeit nach Lindhe und Nyman (1977) dokumentiert (Lindhe et al. 1977). Ein pathologisch erhöhter Lockerungsgrad ist ein allgemein gültiger Indikator einer vorliegenden Parodontopathie und führt zu weiterer Diagnostik. Differentialdiagnostisch sollte ein okklusales Trauma ausgeschlossen werden (Giargia et al. 1997). Da parodontale Läsionen durch Knochenabbau die Langlebigkeit der Zähne reduzieren, sollte ein parodontaler Befund u.a. mithilfe dieses Index erhoben werden (Lindhe et al. 1977).

d) *Sulkus Blutungs Index (SBI)*

Nach aktuellem Stand der Forschung gibt es derzeit keinen universal gültigen Index, um Indikatoren des parodontalen Status aufzuzeigen. Die WHO fordert die Verwendung objektiver Kriterien wie Sulkusblutung und Taschentiefen für jegliche epidemiologische Studie, die den parodontalen Status thematisieren (WHO 1978; Benamghar et al. 1982).

Der Gingiva Index nach Silness & Loe (GI) (1964, modifiziert 1967) (Silness et al. 1964; Loe 1967) und der Sulkus Blutungs Index nach Mühlemann & Son (SBI, 1971) (Muhlemann et al. 1971) werden hierzu am häufigsten in internationalen Veröffentlichungen verwendet. Nachteilig beim SBI ist, dass das Leitsymptom zwangsweise die Blutung ist und nicht lediglich eine Veränderung der Gingiva vorliegen kann. Ähnliche Schwierigkeiten liegen auch beim GI vor. Ein Vergleich beider Indizes konnte jedoch nicht einen der beiden dem anderen vorziehen, sondern empfiehlt die Kombination beider (Benamghar et al. 1982). Nach Abwägung von Aufwand und Nutzen bei der kombinierten Anwendung von GI und SBI wurde vor Studienbeginn festgelegt, ausschließlich den SBI zu verwenden. Eine Arbeit, die die verschiedenen Indizes vergleicht, kommt zu dem Schluss, dass für klinische Nachuntersuchungen allgemein quantitative Indizes dichotomen vorzuziehen sind und die Wahl des Index nach dem Studiendesign zu treffen ist. Grundsätzlich sollte der Index reliabel und valide sein (Bessa Rebelo et al. 2011).

e) *Plaque Index (PI)*

Der Plaque Index nach Quigley und Hein (Quigley et al. 1962), modifiziert nach Turesky (1970) (Turesky et al. 1970), hat sich auf internationaler Ebene für die Detektion von Plaqueakkumulation etabliert, wie renommierte Studien gezeigt haben (Cronin et al. 2005; Lorenz et al. 2008). Fischman deklarierte den PI als reliabel, leicht erlern- und reproduzierbar (Fischman 1988).

f) *Taschensondierungstiefen (PPD)*

Die Messung von Taschensondierungstiefen ist eine bewährte und wichtige Methode zur Diagnostik parodontaler Erkrankungen. Es hat sich gezeigt, dass der Messwert bei gesundem Parodont der tatsächlichen histologischen Taschentiefe entspricht. Liegt eine unbehandelte Parodontitis vor, kann es zu leichten Abweichungen (+ 0,3 – 0,5mm) kommen (Listgarten 1980).

g) Kariesrisiko

Das Kariesrisiko der Patienten wurde in der vorliegenden Studie anhand der Vorgaben nach Hotz et al. bestimmt (Hotz et al. 2005). Eine Übersichtsarbeit thematisierte, ob derzeitige Modelle zur Kariesrisikobestimmung tatsächlich in der Lage sind, die Kariesanfälligkeit eines Patienten zu evaluieren und vorherzusagen. Resultat war, dass bisher keines der Modelle mehr statistische Evidenz zeigte als andere, auch nicht bei involvierten Cariogram (Bratthall et al. 2005). Bisher ist die Kariesbestimmung und –vorhersage noch immer limitiert (Cagetti et al. 2018).

Die hierzu von der Zweituntersucherin angefertigte Dissertation (vgl. Kap. 2.1, S. 13), die sich desselben Restaurationspools bediente (von der Heide 2020), verwendete, wie von Hickel et al. empfohlen, die nach Ryge modifizierten United States Public Health Service (USPHS)–Kriterien (Hickel et al. 2007; Cvar et al. 2005). Mithilfe dieser Kriterien wurden die untersuchten Restaurationen qualitativ bewertet und mögliche Einflüsse auf diese überprüft (von der Heide 2020). Restaurationen nach Kriterien mit dieser vorgegebenen Fünfschritrangordnung zu untersuchen, wird seither bevorzugt, wie vergleichbare Studien nahelegen (Felden et al. 2000; Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010; Vogl et al. 2016; Krämer et al. 2005).

4.2 Diskussion der Auswertung

4.2.1 Röntgenologische Bildgebung und deren Auswertung

Neben der klinischen Befunderhebung fand eine röntgenologische Bildgebung und Diagnostik statt. Lag ein aktueller Einzelzahnfilm vor (≤ 12 Monate) und zeigte sich klinisch keine Indikation für eine erneute Bildgebung, so wurde kein weiterer Einzelzahnfilm angefertigt. Ziel der röntgenologischen Bildgebung war die Befundung einer möglichen Sekundärkaries und die Befundung periapikaler Strukturen. Obwohl die Bissflügelaufnahme zur Kariesdiagnostik der Goldstandard in der Bildgebung ist (Bürklein 2011), wurden Einzelzahnaufnahmen angefertigt, um die Strahlendosis so gering wie möglich zu halten. Andernfalls wäre eine zweite Aufnahme zur Diagnostik der periapikalen Region notwendig gewesen. Grund war der Nachweis einer möglichen asymptomatischen apikalen Parodontitis.

Die Sensitivität röntgenologischer Kariesdiagnostik ist mit 0,56 – 0,69 vergleichsweise hoch (Hintze et al. 1998). Die Beurteilung periapikaler Strukturen auf digitalen Zahnfilmen wird zum Teil annähernd so hoch eingestuft wie die histologische Diagnostik. Die röntgenologische Darstellung einer periapikalen Läsion kann ggf. geringer als deren tatsächliche Ausbreitung ausfallen (Teixeira et al. 2011).

Soweit bekannt nannten ausschließlich Studer et al. ebenfalls angefertigte Bissflügelaufnahmen als Teil ihrer Diagnostik (Studer et al. 2000).

4.2.2 Konstruierte Variablen

Um die erhobenen Indizes und die gemessenen Taschensondierungstiefen zusätzlich zu deren Mittelwert interpretieren zu können, wurden dichotome, kategoriale Variablen (a – e) konstruiert. Auf diese Weise war es möglich, die metrisch skalierten Daten auch für statistische Tests zu verwenden, die diese Skalierung nicht zulassen. Um den Verlust spezifischer Daten aufgrund von Verallgemeinerung entgegen zu wirken, wurden nach Möglichkeit beide Testarten durchgeführt.

a) *Gingivitis*

Gingivitis wurde einem Studienteilnehmer konstatiert, sobald über 10% der bei ihm gemessenen SBI-Messwerte Grad 1 vorwiesen oder mindestens einmal Grad 2 vorlag (vgl. Tbl. 2, S. 23). Bei einem Patienten, bei dem die Messung an allen drei Zähnen (restaurierter Zahn, distaler und mesialer Nachbarzahn) durchgeführt worden ist, ergaben sich 18 Messwerte. Lag also in zwei oder mehr Fällen davon eine Blutung bei Sondierung vor oder in mindestens einem Fall eine entzündliche Farbveränderung der Gingiva oder mehr, so wurde bei dem Patienten eine Gingivitis diagnostiziert.

Gehäuftes Auftreten sulkulärer Blutung (oder zusätzlicher Entzündungszeichen wie Rötung und Schwellung) ist ein Zeichen entzündeten Sulkusepithels (Muhlemann et al. 1971). Ein Ausbleiben von Blutung bei Sondierung hingegen kann parodontale Stabilität vorhersagen (Lang et al. 1990).

57,4% ($n = 170$) der untersuchten Patienten ($n = 296$) wurde mithilfe der o.g. Definition Gingivitis diagnostiziert. Im Vergleich hierzu gibt die Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie von 2016 bei 46,5% der 75 – 100-Jährigen gingivale Blutung an (Jordan et al. 2016). Eine amerikanische Studie schätzte 1999 den Anteil gingivaler Blutung bei Erwachsenen auf 50,3% (Albandar et al. 1999). Somit ist relativ wahrscheinlich, dass das Studienkollektiv mit der im Rahmen dieser Studie gewählten Definition von Gingivitis eher streng beurteilt worden ist, jedoch annähernd ein allgemeines Patientengut repräsentiert wird.

b) *Plaqueakkumulation*

Eine erhöhte Plaqueakkumulation wurde bei allen Studienteilnehmern mit einem Mittelwert des PI > 3 definiert. Wenn im Durchschnitt der Patient Grad 3 (vgl. Tbl. 3, S. 24) aufwies, lag demnach keine gehäufte Plaqueakkumulation vor. Nach dieser Einteilung zeigten 32,5% ($n = 96$) der Studienteilnehmer ($n = 295$, 1 *Missing*) vermehrte Plaqueakkumulation. In Studien, die die Thematik Plaque einschließlich

ihrer Entfernung diskutierten und den nach Turesky modifizierten Quigley Hein Index verwendeten (Turesky et al. 1970), zeigten die Patienten einen gewünscht moderaten Ausgangsscore von 2,1 – 2,8 (Kurtz et al. 2016; Cronin et al. 2005). Davon ausgehend, dass dies repräsentativ moderate Plaquewerte der Bevölkerung sind, ist eine Kategorisierung in ausgeprägte Plaqueakkumulation > 3 akzeptabel. Gleiches besagt die leicht niedrige Prävalenz vermehrter Plaqueakkumulation von 32,5%. Eine klinische Studie an saudi-arabischen Patienten ermittelte sogar eine Prävalenz von 46,2% (Idrees et al. 2014). Es lassen sich keine Informationen über die Verteilung der Plaqueakkumulation deutscher Patienten finden. Dennoch darf die Definition des Scores als sinnvoll und die Prävalenz vermehrter Plaqueakkumulation als nachvollziehbar gelten.

c) *Kariesrisiko*

56,4% ($n = 167$) der Studienteilnehmer ($n = 296$) zeigten mittleres oder hohes (= erhöhtes) Kariesrisiko (vgl. Kap. 2.5.2). Die Bewertung erfolgte nach Beurteilung der Gingivitis-symptomatik, vorhandener Karies, Recallhäufigkeit und Ernährungs- und Fluoridierungsgewohnheiten der Patienten systematisch anhand klinischer Befunde und eines Fragebogens (vgl. Anhang, Kap. 8.3) (Hotz et al. 2005). Einen ähnlichen Wert von 47,4% lieferte eine Studie unter Einbeziehung ähnlicher Parameter zur Ermittlung des Kariesrisikos bei Erwachsenen (Nobre et al. 2019). Aufgrund der Vielzahl objektiver und zum Teil auch subjektiver Parameter, die für die Bewertung des Kariesrisikos herangezogen werden können, lässt sich kein abschließendes Urteil fällen, ob das hier vorliegende Kariesrisiko sinnvoll definiert und repräsentativ für den Praxisalltag ist. Oftmals kann das Kariesrisiko auch subjektiv für die Therapieplanung ausreichend eingeschätzt werden (Hellwig et al. 2011). Die Prävalenz in diesem Studienkollektiv mag leicht zu hoch sein, dennoch ist das Kriterium Kariesrisiko lediglich in seiner Ausprägung „erhöht“ in der Definition der Oralen Gesundheit verwendet worden, was dessen Bedeutung mindert.

d) *Orale Gesundheit*

Die dichotome Variable „Orale Gesundheit“ wurde in „oral gesund“ und „oral nicht gesund“ kategorisiert. Letztere Ausprägung traf zu, sobald Gingivitis, ausgeprägte Plaqueakkumulation und erhöhtes Kariesrisiko gemeinsam bei einem Studienteilnehmer vorlagen. Dies zeigten 16,3% ($n = 48$) der Patienten dieser Studie ($n = 295$, 1 *Missing*). Dieser Pool ist somit von deutlich minderwertigen, oralhygienischen Verhältnissen gekennzeichnet.

Zur Bewertung der oralen Gesundheit wird im Praxisalltag grundsätzlich einen Plaque Index herangezogen (Esders 2006). In der vorliegenden Studie war es möglich, mehrere Parameter einfließen zu lassen. Davon ausgehend, dass die bisherigen Prävalenzen von Gingivitis, Plaqueakkumulation und Kariesrisiko annähernd repräsentativ für Patienten aus der Bevölkerung Deutschlands sind, lässt sich auch eine gewisse Repräsentativität des hier verwendeten Konstrukts ableiten.

e) *(lokale) Parodontitis*

Im untersuchten Studienkollektiv ($n = 296$) lag eine Prävalenz von 12,5% ($n = 37$) (lokaler) Parodontitis vor. Gegenkontrolle und Bestätigung dieser Kategorisierung erfolgte durch systematische Durchsicht der Karteneinträge und Röntgenaufnahmen dieser Patienten. Die Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie von 2016 gibt schwere Parodontitis mit einer Prävalenz von 8,2% unter den 33 – 44-Jährigen und von 19,8% unter den 65 – 74-Jährigen an (Jordan et al. 2016). Dies deutet auf eine weitgehend repräsentative Parodontitisprävalenz von Patienten aus der Bevölkerung Deutschlands in dieser Studie hin, zumindest für die schwere Form der Parodontitis.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die konstruierten Variablen annähernd repräsentative Ergebnisse liefern, um den vorliegend untersuchten Patientenpool auf den klinischen Praxisalltag beziehen zu können. Dennoch

mindern die konstruierten Variablen und ihre Gruppierung den komplexen Informationsgehalt des erhobenen Datensatzes.

Bisher publizierte Studien, die diese vorliegende Thematik behandeln, bezogen keine biologischen Einflüsse mit ein. Einige verwendeten mindestens ein Ausschlusskriterium wie bspw. schlechte Mundhygiene (Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010; Studer et al. 2000). Ausschließlich van Dijken et al. und Beier et al. betrachteten Bruxismus als technischen Einfluss auf den Erfolg indirekter Restaurationen (Beier et al. 2012; van Dijken et al. 2010).

4.2.3 Dokumentation der Komplikationen

In dieser Arbeit wurde die Art der Komplikation indirekter Restaurationen dokumentiert, sobald diese einer Therapie bedurften. Ziel war es, festzustellen, ob eine aufgetretene Komplikation reparabel war, zu Neuanfertigung der indirekten Restauration führte oder sogar die Extraktion des restaurierten Zahnes zur Folge hatte.

Einige sind in ihren Beobachtungsstudien ähnlich vorgegangen (Stoll et al. 1999; Reiss 2006). Im Gegensatz hierzu verwendeten andere Studien vorrangig die nach Ryge modifizierten USPHS-Kriterien (Hickel et al. 2007; Cvar et al. 2005), um die Komplikationen in einer graduellen Ausprägung zu bewerten (Federlin et al. 2010; Wagner et al. 2003; van Dijken et al. 2010; Felden et al. 2000; Frankenberger et al. 2008; Santos et al. 2016; Bühler et al. 2017). Ein direkter Vergleich der Studienergebnisse erscheint daher streng genommen nicht ohne weiteres möglich.

4.2.4 Erfolgsklassifikation

Der Erfolg indirekter Restaurationen wurde anhand des aufgenommenen Befundes und der dokumentierten Komplikationen zunächst *in Erfolg, Teilerfolg, Überleben* und *Versagen* unterteilt. Anschließend fand für einige statistische Tests eine dichotome Kategorisierung in *Erfolg* und *Misserfolg* statt (vgl. Kap. 2.5.5). Dies verringerte zwar den Informationsgehalt der Einzelinformation, konnte jedoch in den angewandten Fällen das Ergebnis sinnvoll darstellen. Es

wurde eine etablierte Einteilung in die vier o.g. Kategorien gewählt, analog einer bereits durchgeführten klinischen Studie der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg (Lang 2018). Die Kategorie *Versagen* bezeichnet das Therapieversagen. Dennoch könnte diese dem Leser suggerieren, dass die Versorgung „versagt“ hat. Dieser Aspekt ist jedoch bereits unter *Überleben* zusammengefasst. In Ermangelung einer alternativen Bezeichnung für *Versagen* wurde diese trotz des möglicherweise erschwerten Verständnis verwendet.

Eine reparable Komplikation (*Teilerfolg*) wurde noch immer als erfolgreich beurteilt. Einige Studien bewerteten dies weitgehend ähnlich (Stoll et al. 1999; Federlin et al. 2010; Reiss 2006). Andere Studien deklarierten prinzipiell reparable Komplikationen mit notwendiger Intervention bereits als Misserfolg (Studer et al. 2000; Felden et al. 2000; Federlin 2006). Es muss daher für die Interpretation der Kaplan–Meier–Überlebenswahrscheinlichkeiten die in dieser Studie gewählte Definition zugrunde gelegt werden. Positive Ergebnisse sind in diesem Fall eher zurückhaltend zu interpretieren.

4.2.5 Erhobene Statistik

Um die Aussagekraft der durchgeführten Statistik so groß wie möglich zu gestalten, wurden bei metrisch skalierten Daten stets die statistischen Kennwerte *M*, *Md*, *SD*, *MIN* und *MAX* mitangegeben.

Da bei den Studienteilnehmern jeweils lediglich eine indirekte Restauration untersucht wurde, konnte die Unabhängigkeit der Stichproben für die durchgeführten statistischen Tests gewährleistet werden.

Die Darstellung der Korrelationen (vgl. Anhang, Kap. 8.4.1) erfolgte mit dem Rangkorrelationskoeffizienten nach Spearman für den gesamten Datensatz. Für metrisch skalierte Daten wäre Pearsons Korrelationskoeffizient möglich gewesen, da dieser ein lineares Verhältnis zwischen den Variablen annimmt. Aus Übersichtsgründen wurde jedoch darauf verzichtet. Zudem ist die konservative Rangtestung nach Spearman robust gegen Ausreißer (Brosius 2018).

Parametrische Tests setzen u.a. eine Normalverteilung der Daten und eine Varianzhomogenität aller Gruppen voraus. In dieser Arbeit wurde auf den Test

Diskussion

auf Normalverteilung (Kolmogorov–Smirnov) verzichtet, da die vorgenommenen Tests relativ robust gegen nicht normalverteilte Daten sind (Tabachnick et al. 2007). Bei einer ausreichend großen Stichprobengröße ($n \geq 30$) liegt nach dem zentralen Grenzwertsatz eine annähernde Normalverteilung vor (Bortz et al. 2010). Die Annahme der Varianzhomogenität in allen Gruppen wurde mittels Levene–Tests und Welch– bzw. Brown–Forsythe–Tests geprüft.

Für die Erfolgszeitanalysen nach Kaplan–Meier wurde der Beobachtungszeitraum auf 20 Jahre begrenzt. Dieser wurde zuvor durch die älteste untersuchte, indirekte Restauration definiert. Wäre keine Anpassung vorgenommen worden, wären bis auf einen Fall alle anderen, die keinen Misserfolg aufwiesen, über den Zeitstrang hinweg zensiert worden. Dies hätte zur Folge gehabt, dass die letzten Zensuren unnötig schwer ins Gewicht gefallen wären und so das Ergebnis verfälscht hätten.

Der Log–rank–Test nimmt ein proportionales Harzardmodell an und wurde durchgeführt, sobald dies zu erkennen war (Zwiener et al. 2011). Der Zeitpunkt eines Misserfolgs entsprach dem Zeitpunkt dessen Dokumentation. Es ist durchaus bekannt, dass der Misserfolg bereits zuvor bestanden haben könnte und daher der tatsächliche Zeitpunkt von dem der Diagnosestellung abweicht. Dieser Problematik unterliegen Überlebenszeitanalysen grundsätzlich in derartigen klinischen Studien.

Die Aussagekraft der aufgezeigten, signifikanten Zusammenhänge wird durch das retrospektive Design der Studie vermindert, sodass die Interpretation dieser zurückhaltend erfolgen sollte.

4.3 Diskussion der Ergebnisse

In der dieser Arbeit zugrundeliegenden retrospektiven Studie wurden 325 indirekte Restaurationen aus goldhaltiger Legierung und Keramik nachkontrolliert, die zum Untersuchungszeitpunkt 9 – 25 Jahre zuvor eingegliedert worden waren. Derzeit ist die Langzeitdatenlage von Teilkronen und ausgedehnten Inlays in dieser Fallzahl bezüglich ihres Erfolgs nicht umfänglich beschrieben. Ziel dieser Beobachtungsstudie war es, für beide Restaurationsarten Erfolgs- und Misserfolgsraten zu ermitteln und mögliche biologische Einflüsse auf den Erfolg der indirekten Restaurationen benennen oder ausschließen zu können.

4.3.1 Studienkollektiv

Das Studienkollektiv teilte sich anteilig in 50,5% ($n = 164$) nachuntersuchten Goldteilkronen und 49,5% ($n = 161$) Keramikrestaurationen auf, sodass deren annähernd gleiche Fallzahl vergleichbar war. Da jeweils nur eine Restauration je Patient untersucht worden war, konnte von der klinisch und statistisch notwendigen Unabhängigkeit der beobachteten Restaurationen ausgegangen werden.

Ebenfalls sind die beiden Restaurationsarten Gold und Keramik in ihren Verteilungen des Restaurationsalters vergleichbar: Im Mittel waren die nachuntersuchten Goldteilkronen 13,8 ($SD = 4,1$) und die Keramikrestaurationen 14,0 ($SD = 3,5$) Jahre alt. Der Median lag bei 13,3 und 14,4, sodass indirekte Restaurationen aus Gold im Restaurationsalter leicht rechtsschief verteilt waren, die aus Keramik hingegen leicht linksschief.

Die Verteilung restaurierter Prämolaren (Gold: 10,4% ($n = 17$), Keramik: 32,9% ($n = 53$)) ist zwar ungleich und kann zu Limitation der gezogenen Rückschlüsse führen, war jedoch aus ästhetischen Gründen nicht auf vergleichbare Fallzahlen zu bringen.

4.3.2 Erfolg und Misserfolg

Erfolg

Von 164 nachuntersuchten Goldteilkronen waren 75,6% ($n = 124$) erfolgreich. Bei 78,3% ($n = 126$) der kontrollierten Keramikrestaurationen ($n = 161$) war dies ebenfalls der Fall. Diese indirekten Restaurationen waren 9 – 25 Jahre nach Insertion zum Untersuchungszeitpunkt in situ und hatten bis dato und auch in der Nachkontrolle keine Indikation zur Intervention geliefert. Wenige Studien liefern tatsächliche Aussagen zu dem Anteil untersuchter, indirekter Restaurationen, die keiner Intervention bedurften. Es liegen Angaben vor, die nach 7 – 15 Jahren Beobachtungszeitraum Erfolgsquoten von 75,9 – 95,2% für Keramikrestaurationen und nach 7 – 18,7 Jahren 86,1 – 95,0% für Goldrestaurationen vorweisen (Felden et al. 2000; Wagner et al. 2003; Studer et al. 2000; van Dijken et al. 2010). Die Diskrepanz zu den vorliegenden Ergebnissen kann sowohl mit dem Beobachtungszeitraum als auch mit verwendeten Ausschlusskriterien bei der Patientenrekrutierung begründet werden (Wagner et al. 2003; Studer et al. 2000).

Teilerfolg

Die Komplikationsrate lag im vorliegenden Studienkollektiv bei 7,9% ($n = 13$) der 164 kontrollierten Goldteilkronen und bei 9,9% ($n = 16$) der 161 Keramikrestaurationen. Ebenfalls gehen wenige Studien detailliert auf Komplikationen ein: 8,3% des von Krämer et al. untersuchten Kollektivs aus Empressin- und onlays hatte nach einem Beobachtungszeitraum von 8 Jahren Komplikationen gezeigt (Krämer et al. 2005). Die Datenlage für Goldrestaurationen ist uneindeutig: Diese differiert zwischen 3,2 – 13,9% in Langzeitstudien (Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999).

Überleben

In 6,1% ($n = 10$) bzw. 8,7% ($n = 14$) der Fälle lag für die nachuntersuchten Gold- und Keramikrestaurationen eine Indikation zur Neuanfertigung vor. Vergleichbare Zahlen gescheiterter Keramikrestaurationen sind in der Literatur zu finden: Nach 5,5 – 18 Jahren Beobachtungszeiträumen mussten 4,5 – 9,5% der

Diskussion

nachuntersuchten Keramikrestorationen neuangefertigt werden (Federlin et al. 2010; Felden et al. 2000; Krämer et al. 2005; van Dijken et al. 2001).

Die Ergebnisse nachuntersuchter Goldrestorationen sind aufgrund weit differierender Studiendesigns recht uneindeutig: Stoll et al. gelangten in ihrer Langzeitstudie zu 3,2% Goldteilkronen, die final nicht mehr in situ waren (Stoll et al. 1999). Währenddessen mussten in anderen Studienkollektiven bspw. nach 24 Jahren Beobachtungszeitraum 6,2% der Goldrestorationen neuangefertigt werden (Donovan et al. 2004) bzw. 13,8% bei einem mittleren Beobachtungszeitraum von 18,7 Jahren ($\pm 9,5$ Jahren) (Studer et al. 2000).

Gründe für die notwendige Neuversorgung der mit Gold restaurierten Zähne waren im vorliegenden Studienkollektiv, soweit bekannt, ausschließlich Sekundärkaries. Da andere Studien in den Misserfolg auch reparable Komplikationen und Extraktionen miteinbezogen, setzten sich deren Gründe für Misserfolg von Goldrestorationen wie folgt bei bspw. Stoll et al. zusammen: 33,7% Sekundärkaries, 32,7% Retentionsverlust, 29,6% endodontische Komplikation, 3,1% insuffizienter Randschluss, 1,0% Extraktion (Stoll et al. 1999). Studer et al. konnten 59,2% der Misserfolge auf biologische Gründe zurückführen, davon 68% auf Sekundärkaries. Vor allem Retentionsverlust führt die technischen Gründe an (Studer et al. 2000).

Die Indikationen zur Neuanfertigung einer Keramikrestauration waren in der vorliegenden Studie, soweit bekannt, zu gleichen Teilen eine Keramikfraktur und Sekundärkaries. Folgende Gründe für den Misserfolg von Empress Restaurationen nach 15 Jahren Beobachtung zeigten van Dijken et al. auf: 7,1% Restorationsverlust, 6,4% Keramikfraktur, 4,4% Sekundärkaries (van Dijken et al. 2010). Im Gegensatz hierzu konnten Frankenberger et al. keine Sekundärkaries als Grund zur Neuanfertigung aufführen: In deren Studienkollektiv waren 80% der Misserfolge auf Keramikfrakturen zurückzuführen (Frankenberger et al. 2008).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass Sekundärkaries bei beiden Restorationsarten noch immer eine bedeutende Rolle bezüglich des Misserfolgs indirekter Restaurationen spielt. Gleich oder möglicherweise bedeutender ist als Komplikation die Frakturgefahr bei Keramiken zu nennen.

Diskussion

Versagen

10,4% ($n = 17$) der mit Gold restaurierten Zähne ($n = 164$) mussten in dem vorliegenden Studienkollektiv extrahiert werden. Gründe hierfür waren, falls bekannt, ein endodontischer Misserfolg sowie ggf. vertikale Knocheneinbrüche. In wenigen Studien wird explizit auf den therapeutischen Misserfolg, also die notwendige Extraktion, eingegangen. Nach 13 Jahren Beobachtung stellten Wagner et al. fest, dass 4,8% ihres untersuchten Kollektivs aus Goldrestorationen aus parodontologischen Gründen extrahiert werden mussten (Wagner et al. 2003). Die Diskrepanz beider Resultate ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass Wagner et al. sowohl einen kürzeren Beobachtungszeitraum wählten als auch Ausschlusskriterien wie schlechte Mundhygiene bei der Patientenauswahl nannten.

Die vorliegende Studie deklarierte 3,1% ($n = 5$) der mit Keramik restaurierten Zähne ($n = 161$) als extraktionswürdig. Van Dijken et al. gaben an, dass 1,2% der von ihnen untersuchten Keramikrestorationen in einem 15-jährigen Beobachtungszeitraum aus parodontologischen Gründen extrahiert werden mussten (van Dijken et al. 2010). Der leicht höhere Anteil im hier nachkontrollierten Kollektiv ist möglicherweise auf den längeren Beobachtungszeitraum zurückzuführen. Kumulativ darf dieses Kollektiv als kompromittierter angesehen werden als das von Van Dijken et al.

Zu Hypothese 1

Bezüglich des Erfolges beider Restaurationsarten konnten keine signifikanten Unterschiede ermittelt werden. Zu dem gleichen Schluss kommt auch die verfügbare Literatur, welche ebenfalls beide Restaurationsarten direkt miteinander verglich (Federlin et al. 2010; Wagner et al. 2003).

In der vorliegenden Studie wurde gezeigt, dass mit Gold restaurierte Zähne signifikant häufiger als extraktionswürdig deklariert worden sind als mit Keramik restaurierte Zähne. Vergleichbare Studien zeigten diese Verteilung nicht auf (Federlin et al. 2010; Wagner et al. 2003). Im Ergebnisteil konnte bereits ausgeschlossen werden, dass die Indikation hierzu auf Versagen der Restauration zurückzuführen war. Grund war stattdessen das Therapieversagen:

Diskussion

Der Zahn war als nicht erhaltungswürdig deklariert worden. Daher liegt die Ursache dieser Verteilung womöglich in der unterschiedlichen Indikation zur Versorgung von Defekten mit Teilkronen: Die Versorgung mittels Goldteilkrone ist bei weitaus mehr kompromittierten Zähnen noch gegeben im Vergleich zur keramischen Versorgung, welche sich maßgeblich nach klinischen und materialspezifischen Anforderungen wie bspw. der Zemente bzw. Befestigungskomposite richtet: In einem kurzen Zeitfenster von wenigen Sekunden der relativen Trockenlegung einer subgingival lokalisierten Kavität können Zemente wie Glasionomerezemente eingebracht werden und aushärten. Die adhäsiven Einsetzbedingungen für Silikatkeramiken hingegen erfordern nach Herstellerangaben absolute Trockenlegung über ein Zeitfenster von mehreren Minuten sowie nach Möglichkeit einen Schmelzverbund (Kern et al. 2009). Daher fokussiert sich der Indikationsbereich keramischer Teilkronen vorrangig auf supra- bis maximal isogingival gelegene Defekte, wohingegen die Goldteilkrone weitaus tiefere Defekte fassen und somit einen in dieser Hinsicht deutlich kompromittierteren Zahn versorgen kann.

Zu Hypothese 2

Die vorliegende Studie zeigte, dass indirekte Restaurationen auf Prämolaren ebenso erfolgreich sind wie solche auf Molaren. Ebenso konnte kein Unterschied innerhalb beider Restaurationsarten für restaurierte Prämolaren und Molaren gezeigt werden. Die bisherige Datenlage ist diesbezüglich uneinheitlich: Einige Studien zu Keramikrestaurationen ermittelten höhere Erfolgsraten für restaurierte Prämolaren als für Molaren (Reiss 2006; Beier et al. 2012), im Gegensatz zu van Dijken et al. (van Dijken et al. 2010). Langzeitstudien über Goldrestaurationen kamen zu den gleichen Ergebnissen wie die vorliegende Studie (Stoll et al. 1999; Studer et al. 2000). Es kann geschlussfolgert werden, dass zumindest für keramische Restaurationen weiterhin die Erfolgsraten restaurierter Prämolaren und Molaren verglichen werden sollten, sich jedoch zumindest für IPS Empress I Keramiken kein Unterschied andeutet.

Zu Hypothese 3

Die Erfolgswahrscheinlichkeiten indirekter Restaurationen aus Gold und Keramik bezüglich Misserfolg (*Überleben* und *Versagen*, vgl. Kap. 2.5.5) lagen für beide Restaurationsarten nach 10 Jahren > 90%, nach 20 Jahren für Keramik– > 80% und > 70% für Goldrestaurationen. Die jährlichen Misserfolgsraten liegen folglich bei < 1% und 1,5%. Wären die Komplikationen miteinbezogen worden, die reparabel waren und nachträglich nicht zu einem Misserfolg geführt haben (hier als *Teilerfolg* definiert), wären die Erfolgswahrscheinlichkeiten geringer ausgefallen. Die Kaplan–Meier–Erfolgswahrscheinlichkeit für Goldteilkronen liegt aufgrund der bereits erwähnten häufigeren Extraktionsnotwendigkeit der mit Gold restaurierter Zähne konstant unterhalb der der Keramikrestaurationen. Vergleicht man diese mit den Kaplan–Meier–*Überlebenswahrscheinlichkeiten* (vgl. Abb. 16, 17, S. 44f), wird der Einfluss durch die als *Versagte* deklarierten Goldrestaurationen deutlich.

Um folglich ausschließlich die *Überlebenswahrscheinlichkeiten* beider Restaurationsarten vergleichen zu können, sollte der Einfluss zwar extraktionswürdiger aber noch suffizient restaurierter Zähne keine Beachtung finden (vgl. Abb. 17, S. 45), da die Gründe hierfür in diesem Studienkollektiv endodontischer oder parodontologischer Natur waren. Es ergaben sich daraufhin 10–Jahres–*Überlebenswahrscheinlichkeiten* beider Restaurationsarten mit > 95%, nach 20 Jahren > 85% für Keramik– und etwa 90% für Goldrestaurationen, sobald der Misserfolg ausschließlich die notwendige Neuanfertigung der indirekten Restauration war. Dies ergab jährliche Misserfolgsraten von < 1%.

Nach den Richtlinien der American Dental Association sollte die Misserfolgsquote für zahnfarbene Restaurationen < 10% nach drei Jahren liegen (ADA 2003), welche das vorliegende Studienkollektiv deutlich unterschreitet. Weiterhin wurden jährliche Versagensraten von 1 – 3% als klinisch akzeptabel eingestuft (Manhart et al. 2004). Somit wurden in dieser Studie zwei Restaurationsarten vorgestellt, die sowohl beide für sich hochqualitativ und langlebig sind als auch im Vergleich keine deutlichen Unterschiede in ihrer Qualität und Langlebigkeit zeigten.

Der internationale Vergleich zu den vorliegenden Erfolgswahrscheinlichkeiten sollte stets mit Beachtung der jeweiligen Definition des Misserfolgs erfolgen. So beläuft sich die aktuelle Datenlage für Keramikrestaurationen auf 75,9 – 92,4% Überlebenswahrscheinlichkeit bei Beobachtungszeiträumen von 4 – 18 Jahren (Bühler et al. 2017; Krämer et al. 2005; Naeselius et al. 2008; Federlin et al. 2010; Wagner et al. 2003; Felden et al. 2000; Frankenberger et al. 2008; Stoll et al. 2007; van Dijken et al. 2010; Reiss 2006; Beier et al. 2012). Die kumulierten Überlebensraten für Goldrestaurationen werden mit 72 – 98,9% bei Beobachtungszeiträumen von 5,5 bis zu 52 Jahren angegeben (Wagner et al. 2003; Federlin et al. 2010; Studer et al. 2000; Donovan et al. 2004; Erpenstein et al. 2001).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die bisherige Studienlage vergleichbare Überlebenswahrscheinlichkeiten indirekter Restaurationen aus Gold und Keramik zeigt, diese jedoch abhängig von Beobachtungszeitraum und der Definition des Misserfolgs schwanken. Nichtsdestotrotz sprechen die Ergebnisse grundsätzlich für vergleichbar erfolgreiche, klinisch akzeptable und langlebige Materialien und Restaurationsarten.

4.3.3 Komplikationsanalyse

Die nachkontrollierten laborgefertigten Restaurationen aus Gold und Keramik blieben im o.g. Beobachtungszeitraum zu 84,5% \pm 0,1 komplikationslos. Studien, die ebenfalls Angaben über Komplikationen ohne notwendige Neuanfertigung der indirekten Restaurationen machten, gaben Resultate von 95,2% \pm 0,2 für Beobachtungszeiträume von 7 – 13 Jahren an (Felden et al. 2000; Wagner et al. 2003). Diese Diskrepanz ist vermutlich wiederum auf den kürzeren Beobachtungszeitraum zurückzuführen.

Eine akute oder stattgefundenen endodontische Komplikation wiesen 8,8% der nachuntersuchten, mit Gold restaurierten Zähne auf und 2,7% derer mit Keramik. Der geringe Anteil bei den mit Keramik restaurierten Zähnen liegt vermutlich darin begründet, dass nachfolgend durch Zahnärzte betreute, keramische Restaurationen bei entsprechender Diagnose nach stattgefundenener Wurzelkanalbehandlung vermutlich neuangefertigt worden sind und auf diese

Diskussion

Weise nicht in den Komplikationspool der vorliegenden Studie fielen. Andernfalls läge der Schluss nahe, dass die Präparation von Keramik– im Vergleich zu Goldteilkronen die Pulpa nachhaltig weniger irritiert haben. Zuletzt sollte auch der möglicherweise mehr kompromittierte Zustand von mit Gold restaurierten Zähnen bei der Ursachenfindung bedacht werden. Dies auszuschließen oder zu bestätigen wäre wünschenswert für eine folgende prospektive Studie. Die bisherige Datenlage zeigte bisher mit 5,0 – 7,0% für mit Gold und 0 – 2,4% für mit Keramik restaurierte Zähne ähnliche Tendenzen (Studer et al. 2000; Krämer et al. 2005; Wagner et al. 2003).

Beide Materialien des untersuchten Studienkollektivs zeigten in $4,8\% \pm 0,1$ der Fälle Sekundärkaries. 2016 ging die Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie von 93,7% versorgter Karies aus (Jordan et al. 2016). Die Literatur gab in der Vergangenheit einen Anteil an Sekundärkaries von 1,1 – 5,6% für Goldrestorationen an (Studer et al. 2000; Stoll et al. 1999) sowie 0 – 4,4% für Keramikrestorationen (van Dijken et al. 2010; Krämer et al. 2005; Stoll et al. 2007). Somit können die Daten als annähernd konsistent angesehen werden.

Im untersuchten Studienkollektiv waren 2% der Goldteilkronen im Laufe der Zeit dezementiert worden. Aufgrund des retrospektiven Studiendesigns ist eine höhere Dunkelziffer möglich, da die Angaben fast ausschließlich auf die Erinnerungsfähigkeit der Patienten zurückgehen. Andernfalls wäre der Schluss möglich, dass die hohen, klinischen Anforderungen der universitären Lehrereinrichtung, also retentive Präparation und Einsetzen unter adäquater relativer Trockenlegung, zu selten auftretenden Retentionsverlusten führen. Studien geben die Häufigkeiten von Retentionsverlusten mit 1,0 – 4,3% an (Studer et al. 2000; Federlin, Wagner, et al. 2007; Stoll et al. 1999).

Die Keramikrestorationen des nachkontrollierten Studienkollektivs zeigten in 6,7% der Fälle Frakturen des Materials und in 1,3% Zahnfrakturen. Bisher verfügbare Untersuchungen legten Häufigkeiten von 2,6 – 14,6% für Keramikfrakturen vor (Krämer et al. 2005; Wagner et al. 2003; Federlin, Wagner, et al. 2007; van Dijken et al. 2010; Naeselius et al. 2008; Bühler et al. 2017; Santos et al. 2016; Frankenberger et al. 2008). Ausschließlich van Dijken et al.

Diskussion

gaben ebenfalls Zahnfrakturen als Komplikation bei mit Keramik restaurierten Zähnen an und ermittelten einen Anteil von 0,8% (van Dijken et al. 2010).

Drei *in vitro* Untersuchungen gehen davon aus, dass die Frakturfestigkeit der in dieser klinischen Studie untersuchten IPS Empress Keramik mittlerweile durch andere Silikatkeramiken übertroffen wird: Frankenberger verglich diese mit IPS e.max CAD (Lithiumdisilikatkeramik) und Celtra® Duo (zirkoniumverstärkte Lithiumsilikatkeramik) (Frankenberger et al. 2015). Die Untersuchungen ergaben, dass Teilkronen aus IPS Empress eine deutlich geringere Frakturfestigkeit aufwiesen als andere Keramiken. Auch zwei andere, experimentelle Studien zur Frakturfestigkeit konnten für o.g. Keramiken höhere Überlebensraten als für IPS Empress zeigen (Magne et al. 2010; Stappert et al. 2007).

Zusammenfassend können die Komplikationsraten sowohl als klinisch akzeptabel beurteilt werden als auch als repräsentabel für die derzeitige Studienlage indirekter Restaurationen eingestuft werden.

Zu Hypothese 1

Es wurde überprüft, ob der Misserfolg der Keramikrestaurationen auf spezifische Ursachen zurückzuführen ist. Im vorliegenden Studienkollektiv wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen wurzelkanalbehandelten Zähnen und einer Fraktur der keramischen Restauration nachgewiesen. Mehrere Studien empfehlen jedoch, wurzelkanalbehandelte Zähne mit einer Höckerüberkupplung restaurativ zu versorgen, um den wirksamen Scherkräften entgegen zu wirken (Murgueitio et al. 2012; Frankenberger et al. 2015; Panitvisai et al. 1995).

Ebenfalls konnte kein Zusammenhang zwischen verschiedenen, antagonistischen Versorgungen und Keramikfrakturen aufgezeigt werden. Krämer et al. sahen einen Zusammenhang zwischen durchgeführtem, okklusalen Einschleifen und Keramikfrakturen (Krämer et al. 2005).

Weiterhin wird die nicht eingehaltene, erforderliche Mindestschichtstärke als potentiell begünstigender Faktor einer Fraktur angesehen (Felden et al. 2000). Keramiken < 2mm Schichtstärke zeigten signifikant häufiger Frakturen als solche mit > 2mm Schichtstärke (Murgueitio et al. 2012). Andere Untersuchungen zeigten gleichzeitig, dass einzelne Keramikarten empfindlicher auf die

Nichteinhaltung von Schichtstärken reagieren als andere (Bakeman et al. 2015). Um letztendlich Zusammenhänge gänzlich bestätigen oder ausschließen zu können, sollten prospektive Untersuchungen diesbezüglich mit entsprechender Fallzahl angeschlossen werden. Auch weiterführende klinische Untersuchungen, die die verschiedenen, o.g. Keramiken untereinander vergleichen, wären lohnenswert.

Für kommende Studien ist eine Überprüfung eines Zusammenhangs zwischen Parafunktionen wie Bruxismus und dem Auftreten von Keramikfrakturen wünschenswert. Van Dijken et al. identifizierten Bruxismus als Prädiktor eines Misserfolgs (van Dijken et al. 2010). Beier et al. gelangten zu einem gegenteiligen Ergebnis (Beier et al. 2012). Zuletzt gaben Krämer et al. an, dass zwei der Patienten mit frakturierten Keramikrestorationen ($n = 6$) unter Bruxismus litten (Krämer et al. 2005). Die unterschiedlichen Resultate könnten mit unterschiedlichen Diagnostikverfahren begründet werden. Der internationale Konsens nach Lobbezoo et al. gibt die aktuell diagnostisch möglichen und validierten Verfahren zur Bestimmung und Definition von Bruxismus an (Lobbezoo et al. 2018). Diese Vorlage wird in einer weiteren, sich anschließenden Untersuchung auf einen Teil dieses Studienkollektivs zur Diagnostik von Bruxismus angewendet: In der Dissertation „Laborgefertigte Restaurationen – Einfluss von Schlafbruxismus auf die Komplikations- und Überlebensrate“ wird überprüft, ob ein Zusammenhang zwischen diagnostiziertem Bruxismus und Misserfolg indirekter Restaurationen aus Gold und/ oder Keramik vorliegt (Fischer 2020).

Zu Hypothesen 2 – 4

Ausschließlich endodontische Komplikationen führten in diesem Studienkollektiv zur Extraktionsnotwendigkeit restaurierter Zähne (*Versagen*). Sekundärkaries und Keramikfrakturen führten zur notwendigen Neuanfertigung indirekter Restaurationen (*Überleben*) und sind damit noch immer entsprechend der aktuellen Datenlage unter den ausschlaggebenden Risikofaktoren für den Restaurationserfolg (Van Nieuwenhuysen et al. 2003; Reiss 2006; Stoll et al. 2007; Stoll et al. 1999). Sekundärkaries konnte in einer binär logistischen

Diskussion

Regression – wenngleich mit einem geringen Einfluss – als einziger Prädiktor eines Misserfolgs (*Überleben* und *Versagen*) ermittelt werden.

Komplikationen traten im Median nach 12,5 Jahren auf. Für das Auftreten endodontischer Komplikationen ließ sich sogar ein Zeitfenster von 9 – 15 Jahren ermitteln (vgl. Abb. 20, S. 52). Ob dieses Zeitfenster repräsentativ ist, sollte weiterführend überprüft werden. Sekundärkaries trat in beiden Materialgruppen im gleichen Zeitfenster auf. Weiterhin wurde Sekundärkaries bei indirekten Restaurationen beobachtet, die vor mehr als 22 Jahren eingesetzt worden waren (vgl. Abb. 21, S. 53). Die Phasen sind als kritisch einzustufen, da eine Sekundärkaries selten mit Leidensdruck einhergeht und so der Zeitpunkt der Diagnose von dem Zeitpunkt der Etablierung der Karies deutlich abweichen kann. Wenn man jedoch den Patienten einem regelmäßigem Recall – Regime unterstellt, sollte diese Spanne auf ein halbes Jahr begrenzt sein. Vor allem bei Sekundärkaries entspricht der Zeitpunkt dieser Komplikation häufig dem Restorationsalter, war also der Grund für den Misserfolg. Eine endodontische Komplikation führte weniger häufig zu Misserfolg der indirekten Restauration, da die nachträgliche Wurzelkanalbehandlung/ Wurzelspitzenresektion meist erfolgreich die Beschwerden beseitigte. Eine Cox–Regression mit zeitabhängiger Kovariate zeigte, dass der Zeitpunkt einer Komplikation, vor allem endodontische Komplikation und Sekundärkaries, im vorliegenden Studienkollektiv einen früheren Misserfolg vorhersagen konnte. Das Modell als Ganzes wies eine moderate Modellgüte auf, was die Prozentwerte des Cox & Snell R^2 (23,1%) und des Nagelkerke R^2 (65,0%) zeigten. Das Ergebnis sollte dennoch zurückhaltend interpretiert werden, da wie oben beschrieben häufig der Diagnosetag dem Tag des Misserfolgs entsprach.

Keramikfrakturen traten im Median nach 15 Jahren auf. Dieser Umstand lässt zunächst auf eine Materialermüdung schließen. Andere Studien, die auch die ersten Jahre nach Insertion die Restaurationen nachkontrollierten, beobachteten folgende Ergebnisse: Frankenberger et al. ermittelten zwei Phasen von Frakturzeiträumen, zuerst nach 3 – 4 Jahren und später nach 11 – 12 Jahren nach Insertion der Restauration (Frankenberger et al. 2008). Felden et al. dokumentierten Frakturen ausschließlich in den ersten Jahren nach Insertion

(Felden et al. 2000). Zuletzt gaben Van Dijken et al. an, dass in deren Kollektiv die meisten Keramikfrakturen in den ersten acht Jahren auftraten und danach die Häufigkeit kontinuierlich sank (van Dijken et al. 2010). Folglich kann nicht nur Materialermüdung eine Rolle hinsichtlich Keramikfrakturen spielen, sondern wie bereits erwähnt, auch okklusales Einschleifen und weitere Faktoren, wie Materialschichtstärke und verschiedene Frakturfestigkeiten einzelner Keramikarten (Krämer et al. 2005; Murgueitio et al. 2012; Bakeman et al. 2015; Frankenberger et al. 2015; Magne et al. 2010).

Abschließend ist für den Praxisalltag eine enge Recalleinbindung und Kariesprophylaxe der Patienten zu empfehlen. In Zukunft sollten weitere Ursachen für Keramikfrakturen intensiv ermittelt werden und ggf. eine Materialoptimierung und –behandlung z.B. nach Einschleifmaßnahmen erfolgen, um niedrigere Raten von Materialfrakturen zu erzielen. Zuletzt sollte angemerkt werden, dass die Einsetzbedingungen der Restaurationen meist *lege artis* waren. Dies kann außerhalb des Lehrbetriebs einer Hochschule vermutlich nicht immer gewährleistet werden. Es ist denkbar, dass sich diesbezüglich die Erfolgsraten laborgefertigter Restaurationen in vielen herkömmlichen Zahnarztpraxen womöglich moderat unterscheiden.

4.3.4 Das Restauraions– und Patientenalter als Einflussfaktor

Zu Hypothese 1

Das vorliegende Studienkollektiv zeigte ein höheres Patientenalter bei Komplikationen und Versagen indirekter Restaurationen aus Gold. Dies konnte für keramische Restaurationen nicht nachgewiesen werden. Das Alter der Patienten in beiden Restauraionsarten unterscheidet sich im Median um etwa 2 Jahre zugunsten jüngerer Keramikpatienten. Der geringe Altersunterschied kann dieses Ergebnis daher nicht begründen. Wie Übersichtsarbeiten ausführen, kann die Langlebigkeit indirekter Restaurationen u.a. durch das Patientenalter beeinflusst werden. Die Autoren wiesen jedoch darauf hin, dass das Alter nicht isoliert zu betrachten ist, sondern Einflussfaktoren wie bspw. Kariesrisiko oder Zerstörungsgrad des Zahnes mit einzubeziehen sind (Goldstein 2010; van de Sande et al. 2016). Um ausschließen oder bestätigen zu können, dass alleinig

Diskussion

ein kompromittierter Gebisszustand mit höherem Alter einhergeht und die Ursache hierfür ist, wäre eine weitere spezifische Analyse der Zusammenhänge zwischen Alter und biologischen Parametern wünschenswert. Die in dieser Studie nachkontrollierten Patientenkollektive mit Parodontitis, interventionsbedürftiger Orale Gesundheit, hohem Kariesrisiko etc. waren vermutlich zu klein, um Unterschiede nachweisen zu können.

Zu Hypothese 2

Das Alter der indirekten Restaurationen aus Gold und Keramik war in diesem Studienkollektiv bezüglich Komplikationen und Versagen niedriger als das Alter der erfolgreichen Restaurationen. Im Mittel und im Median waren die indirekten Restaurationen bei der Nachkontrolle etwa 14 Jahre lang in klinischer Funktion ($SD = 3,9$). Da Komplikationen und Misserfolge wie o.g. im Median nach 12,5 und 11,7 auftraten, ist dieses Resultat erklärbar. Dementsprechend entstanden Komplikationen und Misserfolge indirekter Restaurationen im ersten Jahrzehnt. Überstanden die untersuchten Restaurationen diese Phase, so blieben diese deutlich länger funktionell intakt und in situ. Dieses Ergebnis ist mit Zurückhaltung zu interpretieren, da bei einem gewählten Beobachtungszeitraum von bspw. 1 – 25 Jahren die Komplikationen und Misserfolge vermutlich dem Altersmedian der untersuchten Restaurationen entsprechen würden.

Fazit

Trotz der o.g. Ergebnisse zu Patienten- und Restorationsalter zeigte eine binäre logistische Regression, dass diese Variablen einen Misserfolg indirekter Restaurationen nicht vorhersagen (vgl. Tbl. 9, S. 51). Folglich liegt die Vermutung nahe, dass vor allem der Einfluss des Patientenalters durch weitere Faktoren beeinflusst worden ist, wovon bereits Van de Sande et al. ausgingen (van de Sande et al. 2016).

4.3.5 Auswirkungen des Endodonts

Von den nicht wurzelkanalbehandelten Zähnen waren nach 25 Jahren im vorliegenden Studienkollektiv 17,2% avital oder hatten pulpitische Beschwerden gezeigt. Bei den Restaurationen, die jünger als zehn Jahre in situ waren, lag die Rate bei 2,6 %, unter den unter 15 Jahre alten Restaurationen bei 13,1%.

Der Vitalitätsverlust war aufgrund des retrospektiven Studiendesigns nicht ermittelbar, da weder eine Dokumentation bei Eingliederung der indirekten Restaurationen über den Vitalitätsstatus des zu restaurierenden Zahnes erfolgt war noch Kontrolluntersuchungen nach festgelegten Intervallen mit gleicher Dokumentation stattgefunden hatten. Die o.g. Ergebnisse können daher durch eine – zwar wahrscheinlich geringe – Anzahl an bereits vor Insertion avitaler Zähne verfälscht sein. Bei einem Anteil avitaler Zähne bzw. Zähne mit pulpitischen Beschwerden von $7,9\% \pm 5,2\%$ unter den 10 – 15 Jahre alten Restaurationen in dieser klinischen Studie, darf davon ausgegangen werden, dass der Vitalitätsverlust bei einer Teilkronenpräparation niedriger ist als der einer Vollkronenpräparation. Das Risiko für einen Verlust der Vitalität wird in der Literatur mit 8 – 15% nach zehn Jahren angegeben (Valderhaug et al. 1997; Cheung et al. 2005; Kontakiotis et al. 2015). Wie auch vergleichbare Studien ebenfalls feststellten, kann somit bei gegebener Indikation empfohlen werden, zum Schutz gesunder Zahnhartsubstanzen und zur Vermeidung endodontischer Komplikationen die Teilkronen– der Vollkronenpräparation vorzuziehen (van Dijken et al. 2010).

Zu Hypothese 1

Die Präparationsgeometrie, bedingt durch die materialspezifische, erforderliche Mindestschichtstärke, führte bei mit Keramikrestaurationen versorgten Prämolaren zu einer nachweislichen Pulpairritation. Auch kann die Auswirkung der Dentinkonditionierung bzw. des Adhäsivsystems auf die Pulpa eine Rolle spielen (Peumans et al. 2012; Hickel 1990; Krämer et al. 2005). Postoperative Hypersensibilitäten solcher Ätiologie sind meist initial und gehen nach einiger Zeit zurück (Hickel 1990). Welche der beiden Komponenten den entscheidenden Einfluss hat, kann hier nicht ermittelt werden. Nichtsdestotrotz ist aus

Diskussion

ästhetischen Gründen die keramische der goldhaltigen Restauration im Prämolarenbereich dem Patientenwunsch anzupassen. Der Behandler sollte sich bei keramischer Versorgung über die Auswirkungen auf das Endodont bewusst sein und entsprechend adäquat vorgehen.

Zu Hypothese 2

Das nachuntersuchte Studienkollektiv zeigte häufiger endodontische Komplikationen bei mit Goldteilkronen restaurierten Zähnen als bei keramisch versorgten. Eine vergleichbare Studie stellte ebenfalls häufiger nachträgliche endodontische Komplikationen bei mit Goldteilkronen als mit Keramikrestaurationen versorgten Zähnen fest (Wagner et al. 2003). Dieser Umstand könnte – zumindest in dem vorliegenden Studienkollektiv – darauf zurückzuführen sein, dass nach einer notwendigen Wurzelkanalbehandlung keramisch restaurierter Zähne die restaurative Versorgung von den behandelnden Hauszahnärzten vermutlich neuangefertigt worden ist, statt den Trepanationszugang mit direkter Kompositfüllung zu verschließen. Dieses Vorgehen wäre nachvollziehbar, da das Frakturrisiko der Keramik nach Trepanation steigt und die intraorale Verbundherstellung zu Komposit techniksensitiv und damit komplikationsbehaftet ist (Gorman et al. 2016). In den Nachuntersuchungen wurde keine trepanierte Keramikrestauration vorstellig und die Gründe für die Neuanfertigungen der kontrollierten Keramikrestaurationen waren in über der Hälfte der Fälle unbekannt. Falls diese Annahme unzutreffend ist, könnte die Ursache wiederum ein höherer Anteil kompromittierter Zähne im Pool der restaurierten Zähne mit Gold als mit Keramik sein, was möglicherweise auch der Grund in der Studie von Wagner et al. war (Wagner et al. 2003).

Innerhalb des untersuchten Goldteilkronenkollektivs waren endodontische Komplikationen signifikant häufiger bei Zähnen mit tieferen Taschensondierungstiefen zu finden. Ätiologisch könnten Endo-Paro-Läsionen anzunehmen sein. Dies unterstreicht die These, dass metallkeramische Kronen zu einer Ansammlung inflammatorischer Zytokine führen und so parodontale Pathologien begünstigen (Passariello et al. 2012). Ursachenforschung

Diskussion

endodontisch– parodontologischer Komplikationen war jedoch kein thematisches Ziel dieser Arbeit.

Zu Hypothese 3

Das untersuchte Studienkollektiv zeigte, dass wurzelkanalbehandelte Zähne im Vergleich zu vitalen Zähnen signifikant häufiger Misserfolge aufwiesen. Die aktuelle Datenlage über den Erfolg von In- und Onlays auf wurzelkanalbehandelten Zähnen bestätigt diese Verteilung (Reiss 2006; van Dijken et al. 2010; Stoll et al. 2007; Studer et al. 2000). Mehrere Studien konnten eine vorliegende Wurzelkanalbehandlung sogar als Risikofaktor bzw. avitale Zähne als Prädiktor eines Misserfolgs identifizieren (van Dijken et al. 2010; Studer et al. 2000; Beier et al. 2012; Reiss 2006; Bühler et al. 2017). Grund hierfür könnte laut Van Dijken et al. die verringerte Retentionsfläche wurzelkanalbehandelter Zähne oder die schwächere Bindung des hydrophilen Primers zu einem weniger feuchten Dentin als bei vitalen Zähnen sein (van Dijken et al. 2010). Mehrere *in vitro* Studien gelangten zu dem Schluss, dass wurzelkanalbehandelte Zähne wünschenswert mit einer Höcker unterstützenden Restauration versorgt werden (Murgueitio et al. 2012): Wurzelkanalbehandelte Zähne, die mit Inlays restauriert worden waren, frakturierten in nahezu allen Materialgruppen signifikant häufiger als solche, die mit Teilkronen restauriert worden waren (Frankenberger et al. 2015). Weiterhin zeigten wurzelkanalbehandelte Zähne neben ausgedehnter Kavitätengröße die höchste Höckerabscherung von bis zu 10 µm (Panitvisai et al. 1995).

Wünschenswert wäre hier eine weiterführende Ursachenforschung dahingehend, künftig relevante Ergebnisse bei der Therapieplanung dementsprechend berücksichtigen zu können.

4.3.6 Biologische Einflüsse

Einführend konnte eine gleichmäßige Verteilung der Oralen Gesundheit innerhalb beider Restaurationsarten aufgezeigt werden. Anschließend konnte einzig ein signifikanter Zusammenhang zwischen erhöhter Plaqueakkumulation und dem Auftreten von Sekundärkaries bei indirekten Restaurationen aus

Diskussion

Keramik identifiziert werden. Die Vermutung liegt nahe, dass die adhäsive Befestigungsfuge als Prädilektionsstelle zu sehen ist. Studien, die vor allem USPHS-Kriterien bezüglich der Randqualität keramischer Teilkronen erhoben, konnten eine Verschlechterung dieser Fuge über die Zeit aufzeigen. Sie gaben als mögliche Ursachen hierfür ebenso eine mögliche „Abnutzung“ der Befestigungsfuge, Frakturen der Keramik sowie abfrakturierte Schmelzlamellen an (Federlin et al. 2010; van Dijken et al. 2010; Felden et al. 2000; Krämer et al. 2005; Wagner et al. 2003).

Auch das Auftreten einer (lokalen) Parodontitis war innerhalb beider Restaurationsarten gleich verteilt. Es konnten keine signifikanten Zusammenhänge zu Komplikationen oder Misserfolg indirekter Restaurationen gezeigt werden. Andere Studien haben diese Frage vermutlich aufgrund fehlender Korrelation nicht geprüft.

Abschließend war auch eine Cox-Regressionsanalyse nicht in der Lage, biologische Prädiktoren eines Misserfolgs indirekter Restaurationen aufzuzeigen.

4.4 Schlussfolgerungen

Das nachuntersuchte Studienkollektiv aus 161 Keramikrestaurationen und 164 Goldteilkronen hatte 75,6% ($n = 124$) erfolgreiche Goldteilkronen und 78,3% ($n = 126$) erfolgreiche Keramikrestaurationen gezeigt. Diese indirekten Restaurationen waren 9 – 25 Jahre nach Insertion zum Untersuchungszeitpunkt in situ und wiesen bis dato und auch in der Nachkontrolle keine Indikation zur Intervention auf. Mit jährlichen Misserfolgsraten von $< 1\%$ können diese laborgefertigten Restaurationen daher als klinisch erfolgreich bezeichnet werden. Problematisch für laborgefertigte Restaurationen ist nach wie vor die Entwicklung einer Sekundärkaries. In diesem Studienkollektiv zeigten vor allem mit Gold restaurierte Zähne endodontische Komplikationen, was vermuten lässt, dass diese bereits vor der restaurativen Versorgung maßgeblich kompromittierter waren als keramisch versorgte Zähne. Dies zu belegen sollte Ziel einer folgenden Studie sein. Die häufigste Komplikation der keramischen Restaurationen war in dieser angelegten Nachuntersuchung die Fraktur der Keramik. Um diese Quote zu reduzieren, sollte auch diesbezüglich Materialoptimierung sowie Ursachenforschung betrieben werden. In den vergangenen Jahrzehnten wurde bereits die Forschung und somit Verbesserung der materialspezifischen Parameter der Dentalkeramiken vorangetrieben, sodass heutzutage optimierte, keramische Werkstoffe zum klinischen Einsatz verwendet werden.

Es wurden signifikante Unterschiede im Patienten- und Restaurationsalter zwischen erfolgreichen und nicht erfolgreichen, laborgefertigten Restaurationen gezeigt. Eine Regressionsanalyse konnte diese Parameter jedoch nicht als Prädiktoren bestätigen, sodass der Schluss naheliegt, dass diese Variablen eher in Kombination mit weiteren Einflüssen tatsächlich ins Gewicht fallen.

Da es vor Insertion laborgefertigter Restaurationen unüblich im Studentenkurs war, die Vitalität des restaurativ zu versorgendem Zahn zu dokumentieren, ist der Vitalitätsverlust der restaurierten, nachuntersuchten Zähne nicht exakt zu bestimmen gewesen. Jedoch liegen Indizien vor, dass der Vitalitätsverlust nach einer Teilkronenpräparation geringer ist, als dies bei der Vollüberkronung der Fall

ist. Falls also die Möglichkeit einer Teilkronenrestauration besteht, ist diese der Überkronung womöglich auch zusätzlich aus diesem Grund vorzuziehen.

Bei keramisch versorgten Prämolaren wurde eine nachweislich höhere Pulpairritation im Sinne einer sekundär manifestierten, irreversiblen Pulpitis und/oder apikalen Parodontitis festgestellt. Es ist darauf hinzuweisen, dass aufgrund der Anatomie die Präparation minimalinvasiv erfolgen sollte und adäquate Maßnahmen zum Pulpa–Dentin–Schutz ergriffen werden sollten. Letzteres auch um den Einfluss adhäsiven Einsetzens auf die Pulpavitalität so gering wie möglich zu halten.

Wurzelkanalbehandelte Zähne zeigten in diesem Studienkollektiv signifikant häufiger einen Misserfolg der laborgefertigten Restauration als vitale, restaurierte Zähne. Der Großteil der vorhandenen Publikationen bestätigt dieses Ergebnis. Der kompromittierte Zustand dieser Zähne sollte daher engmaschig nachkontrolliert werden. Jedoch sollte der Patient darüber aufgeklärt werden, dass die letzten Maßnahmen zur Zahnerhaltung bereits ergriffen wurden.

Als biologischer Parameter konnte eine erhöhte Plaqueakkumulation in Zusammenhang mit Sekundärkaries an keramisch restaurierten Zähnen gebracht werden. Dies weist darauf hin, dass die Fuge des Befestigungskomposits als relevante Prädilektionsstelle zu werten ist. Die Forschung sollte diesem Umstand weiterhin Beachtung schenken.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass sowohl Keramikrestorationen als auch Goldteilkronen jeweils klinisch akzeptable und vergleichbare Langzeitergebnisse zeigen. Für keramische Restaurationen liegen trotz der techniksensitiven, adhäsiven Befestigung und einer noch immer vorhandenen Frakturanfälligkeit klinisch erfolgreiche Resultate vor.

5 Zusammenfassung

In der dieser Arbeit zugrundeliegenden klinischen Studie wurden bei 325 Patienten 161 Keramikrestorationen und 164 Goldteilkronen nachuntersucht. Es ergab sich ein Beobachtungszeitraum von 9 – 25 Jahren ($M = 13,9 \pm 0,1$ Jahre).

Die Nachuntersuchung beinhaltete neben Erhebung des dentalen und parodontalen Befunds die klinische und röntgenologische Überprüfung der Suffizienz der indirekten Restauration und des restaurierten Zahns, sowie die Evaluation von Gingivitis, Plaqueakkumulation und dem Kariesrisiko des Patienten.

Zur Bewertung der erhobenen, biologischen Parameter wurden Variablen konstruiert, um mögliche biologische Einflüsse auf den Erfolg indirekter Restaurationen zu erkennen. Der Erfolg indirekter Restaurationen wurde in *Erfolg*, *Teilerfolg* (reparable Komplikation), *Überleben* (Neuanfertigung notwendig) und *Versagen* (Extraktion des restaurierten Zahns notwendig) klassifiziert. Kaplan–Meier–Kurven wurden berechnet, um die Erfolgswahrscheinlichkeiten laborgefertigter Restaurationen nach 10 und 20 Jahren anzugeben und daraus die jährlichen Misserfolgsraten beider Restaurationsarten zu bestimmen.

Keramikrestorationen und Goldteilkronen zeigten klinisch akzeptable bis exzellente und vergleichbare Langzeitergebnisse: Die 10–Jahres–Überlebenswahrscheinlichkeiten beider Restaurationsarten lagen bei $> 95\%$, nach 20 Jahren bei $> 85\%$ für Keramik– und etwa 90% für Goldrestaurationen. Die jährlichen Misserfolgsraten betragen folglich $\leq 1\%$ für beide Restaurationsarten. Die Komplikationen der Keramikrestorationen waren in absteigender Reihenfolge Keramikfrakturen, Sekundärkaries, endodontische Komplikationen und Zahnfrakturen. Goldteilkronen zeigten am häufigsten endodontische Komplikationen, Sekundärkaries und Dezementierungen.

Biologische Einflüsse auf den Misserfolg laborgefertigter Restaurationen konnten nicht detektiert werden.

Zuletzt konnte gezeigt werden, dass Misserfolge indirekter Restaurationen häufiger auf bereits wurzelkanalbehandelten Zähnen als auf vitalen Zähnen stattfanden.

7 Literaturverzeichnis

- ADA. 2003. 'Tooth-coloured restorative materials for posterior teeth', *ADA Council on scientific affairs*.
- 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: 30-43.
- Anglemyer, A., H. T. Horvath, and L. Bero. 2014. 'Healthcare outcomes assessed with observational study designs compared with those assessed in randomized trials', *Cochrane Database Syst Rev*: MR000034.
- Anusavice, K. J., B. Hojjatie, and P. H. Dehoff. 1986. 'Influence of metal thickness on stress distribution in metal-ceramic crowns', *J Dent Res*, 65: 1173-8.
- Bakeman, E. M., N. Rego, Y. Chaiyabutr, and J. C. Kois. 2015. 'Influence of ceramic thickness and ceramic materials on fracture resistance of posterior partial coverage restorations', *Oper Dent*, 40: 211-7.
- Beier, U. S., I. Kapferer, D. Burtscher, J. M. Giesinger, and H. Dumfahrt. 2012. 'Clinical performance of all-ceramic inlay and onlay restorations in posterior teeth', *Int J Prosthodont*, 25: 395-402.
- Belli, R., R. Frankenberger, A. Appelt, J. Schmitt, L. N. Baratieri, P. Greil, and U. Lohbauer. 2013. 'Thermal-induced residual stresses affect the lifetime of zirconia-veneer crowns', *Dent Mater*, 29: 181-90.
- 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: 147-51.
- Bessa Rebelo, M. A., and A. Correa de Queiroz. 2011. 'Gingival Indices: State of Art.' in Dr. Fotinos Panagakos (Ed.) (ed.), *Gingival Diseases - Their Aetiology, Prevention and Treatment*.
- Bortz, J., and C. Schuster. 2010. *Stichprobe und Grundgesamtheit* (Springer: Leipzig).
- Bratthall, D., and G. Hansel Petersson. 2005. 'Cariogram--a multifactorial risk assessment model for a multifactorial disease', *Community Dent Oral Epidemiol*, 33: 256-64.

- Brosius, F. 2018. *SPSS: umfassendes Handbuch zu Statistik und Datenanalyse* (MITP Verlags-GmbH & Co. KG: Frechen).
- Bühler, 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: 732-43.
- Bürklein, S., Dr. 2011. 'Kariesdiagnostik in der Zahnheilkunde', *BZB - Wissenschaft und Fortbildung*, April: 54-59.
- Cagetti, M. G., G. Bonta, F. Cocco, P. Lingstrom, L. Strohmenger, 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: 123.
- Cheung, G. S., S. C. Lai, and R. P. Ng. 2005. 'Fate of vital pulps beneath a metal-ceramic crown or a bridge retainer', *Int Endod J*, 38: 521-30.
- Cohen, J.W. 1988. *Applied multiple regression/ correlation analysis for the behavioral sciences (2nd edn)* (Erlbaum: New York).
- Cronin, M.J., W.Z. Dembling, M.A. Cugini, M.C. Thompson, and P.R. Warren. 2005. 'Three-month assessment of safety and efficacy of two electric toothbrushes', *J of Dent*, 33: 23-28.
- Cvar, J. F., and G. Ryge. 2005. 'Reprint of criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. 1971', *Clin Oral Investig*, 9: 215-32.
- da Veiga, A. M., A. C. Cunha, D. M. Ferreira, T. K. da Silva Fidalgo, T. K. Chianca, K. R. Reis, and L. C. Maia. 2016. 'Longevity of direct and indirect resin composite restorations in permanent posterior teeth: A systematic review and meta-analysis', *J Dent*, 54: 1-12.
- 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: 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: 433-43.

- Donovan, T., R. J. Simonsen, G. Guertin, and R. V. Tucker. 2004. 'Retrospective clinical evaluation of 1,314 cast gold restorations in service from 1 to 52 years', *J Esthet Restor Dent*, 16: 194-204.
- El-Mowafy, O., and J. F. Brochu. 2002. 'Longevity and clinical performance of IPS-Empress ceramic restorations--a literature review', *J Can Dent Assoc*, 68: 233-7.
- Erpenstein, H., T. Kerschbaum, and T. Halfin. 2001. 'Long-term survival of cast-gold inlays in a specialized dental practice', *Clin Oral Investig*, 5: 162-6.
- Esders, W. 2006. 'Mundhygienestatus.' in W. Esders (ed.), *Rationelle Arbeitsabläufe in der Zahnarztpraxis* (Thieme).
- Federlin, M. 2006. 'Controlled, prospectiv clinical split-mouth study of cast gold vs. veramic partial crowns: 5.5 year results'.
- 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: 161-7.
- 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: 251-60.
- 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 Investig*, 10: 126-33.
- Federlin, M., J. Wagner, T. Männer, K. A. Hiller, and G. Schmalz. 2007. 'Three-year clinical performance of cast gold vs ceramic partial crowns', *Clinical Oral Investigations*, 11: 345-52.
- 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 Investig*, 2: 161-7.
- Felden, A., G. Schmalz, and K. A. Hiller. 2000. 'Retrospective clinical study and survival analysis on partial ceramic crowns: results up to 7 years', *Clin Oral Investig*, 4: 199-205.

- Fischer, J. 2020. "Laborgefertigte Restaurationen - Einfluss von Schlafbruxismus auf die Komplikations- und Überlebensrate." In. Würzburg: Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit, Universität Würzburg.
- Fischman, S. L. 1988. 'Clinical index systems used to assess the efficacy of mouthrinses on plaque and gingivitis', *J Clin Periodontol*, 15: 506-10.
- Frankenberger, R., C. Reinelt, A. Petschelt, and N. Krämer. 2009. 'Operator vs. material influence on clinical outcome of bonded ceramic inlays', *Dent Mater*, 25: 960-8.
- 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: 393-8.
- Frankenberger, R., I. Zeilinger, M. Krech, G. Morig, M. Naumann, A. Braun, N. Krämer, and M. J. Roggendorf. 2015. 'Stability of endodontically treated teeth with differently invasive restorations: Adhesive vs. non-adhesive cusp stabilization', *Dent Mater*, 31: 1312-20.
- Giargia, M., and J. Lindhe. 1997. 'Tooth mobility and periodontal disease', *J Clin Periodontol*, 24: 785-95.
- Goldstein, G. R. 2010. 'The longevity of direct and indirect posterior restorations is uncertain and may be affected by a number of dentist-, patient-, and material-related factors', *J Evid Based Dent Pract*, 10: 30-1.
- Gorman, C. M., N. J. Ray, and F. M. Burke. 2016. 'The effect of endodontic access on all-ceramic crowns: A systematic review of in vitro studies', *J Dent*, 53: 22-9.
- Hellwig, E., and M. Altenburger. 2011. '[Paradigm shift in conservative dentistry: from a mechanistic to a prevention-oriented perception]', *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 54: 1015-21.
- Hickel, R. 1990. 'The problem of hypersensitivities after insertion of adhesive inlays', *Dtsch Zahnärztl Z*, 45: 740-2.
- Hickel, R., J. F. Roulet, S. Bayne, S. D. Heintze, I. A. Mjor, M. Peters, V. Rousson, R. Randall, G. Schmalz, M. Tyas, and G. Vanherle. 2007.

- 'Recommendations for conducting controlled clinical studies of dental restorative materials', *Clin Oral Investig*, 11: 5-33.
- Hintze, H., A. Wenzel, B. Danielsen, and B. Nyvad. 1998. 'Reliability of visual examination, fibre-optic transillumination, and bite-wing radiography, and reproducibility of direct visual examination following tooth separation for the identification of cavitated carious lesions in contacting approximal surfaces', *Caries Res*, 32: 204-9.
- Horstkotte, D. 1999. "Zahnärztliche Eingriffe und Endokarditis-Prophylaxe." In, edited by Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) Deutsche Gesellschaft für Zahn-.
- Hotz, P., T. Imfeld, A. Lussi, and et al. 2005. 'Qualitätsrichtlinien in der Zahnmedizin, Präventivzahnmedizin', *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, 115: 37-51.
- Idrees, M. M., S. N. Azzeghaiby, M. M. Hammad, and O. B. Kujan. 2014. 'Prevalence and severity of plaque-induced gingivitis in a Saudi adult population', *Saudi Med J*, 35: 1373-7.
- Jordan, R., and W Micheelis. 2016. 'Fünfte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS V).' in Institut der Deutschen Zahnärzte (ed.) (Deutscher Zahnärzterverlag: Köln).
- Kern, M., R. Luthardt, P. Pospiech, L. Pröbster, S. Reich, J. Tinschert, and S. Wolfart. 2009. "Klinische Indikation von Kronen und Teilkronen (der geschädigte Zahn)." In, edited by Wissenschaftliche Mitteilung der DGZPW.
- Kontakiotis, E. G., C. G. Filippatos, S. Stefopoulos, and G. N. Tzanetakis. 2015. 'A prospective study of the incidence of asymptomatic pulp necrosis following crown preparation', *Int Endod J*, 48: 512-7.
- Krämer, N., and R. Frankenberger. 2005. 'Clinical performance of bonded leucite-reinforced glass ceramic inlays and onlays after eight years', *Dent Mater*, 21: 262-71.
- Kurtz, B., M. Reise, M. Klukowska, J. M. 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: 278-83.
- Lang, L. 2018. "Fragmentbefestigung als Therapie von Kronen-Wurzel-Frakturen: Überlebensrate und parodontaler Status nach adhäsiver Fragmentbefestigung." In. Würzburg: Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit, Universität Würzburg.
- Lang, N. P., R. Adler, A. Joss, and S. Nyman. 1990. 'Absence of bleeding on probing. An indicator of periodontal stability', *J Clin Periodontol*, 17: 714-21.
- Lange, R. T., and P. Pfeiffer. 2009. 'Clinical evaluation of ceramic inlays compared to composite restorations', *Oper Dent*, 34: 263-72.
- Lehner, C., S. Studer, U. Brodbeck, and P. Scharer. 1998. 'Six-year results of leucite-reinforced glass ceramic crowns', *Acta Medicinæ Dentium Helvetica*, 3: 137.
- Levin, L. G. 2013. 'Pulp and periradicular testing', *J Endod*, 39: S13-9.
- 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: 165-76.
- Lobbezoo, F., J. Ahlberg, K. G. Raphael, P. Wetselaar, A. G. Glaros, T. Kato, V. Santiago, E. Winocur, A. De Laat, R. De Leeuw, K. Koyano, G. J. Lavigne, P. Svensson, and D. Manfredini. 2018. 'International consensus on the assessment of bruxism: Report of a work in progress', *J Oral Rehabil*, 45: 837-44.
- Loe, H. 1967. 'The Gingival Index, the Plaque Index and the Retention Index Systems', *J Periodontol*, 38: Suppl:610-6.
- Lorenz, K, D. Mayer, and G. Bruhn. 2008. 'Effect of N-chlorotaurine mouth rinses on plaque regrowth and plaque vitality', *Clin Oral Invest*, 13: 9-14.

- Magne, P., L. H. Schlichting, H. P. Maia, and L. N. Baratieri. 2010. 'In vitro fatigue resistance of CAD/CAM composite resin and ceramic posterior occlusal veneers', *J Prosthet Dent*, 104: 149-57.
- Manhart J, Chen H, Hamm G, Hickel R. 2016. 'Longevity of direct and indirect resin composite restorations in permanent posterior teeth: A systematic review and meta-analysis', *Jornal of Dentistry*.
- 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: 481-508.
- Muhlemann, H. R., and S. Son. 1971. 'Gingival sulcus bleeding--a leading symptom in initial gingivitis', *Helv Odontol Acta*, 15: 107-13.
- Müllner, M. 2013. *Erfolgreich wissenschaftlich Arbeiten in der Klinik* (Springer-Verlag: Wien).
- Murgueitio, R., and G. Bernal. 2012. 'Three-year clinical follow-up of posterior teeth restored with leucite-reinforced ips empress onlays and partial veneer crowns', *J Prosthodont*, 21: 340-5.
- Naeselius, K., C. F. Arnelund, and M. K. Molin. 2008. 'Clinical evaluation of all-ceramic onlays: a 4-year retrospective study', *Int J Prosthodont*, 21: 40-4.
- Nobre, M. A., A. Sezinando, I. Fernandes, and P. Malo. 2019. 'Risk Score to Predict Dental Caries in Adult Patients for Use in the Clinical Setting', *J Clin Med*, 8.
- Panitvisai, P., and H. H. Messer. 1995. 'Cuspal deflection in molars in relation to endodontic and restorative procedures', *J Endod*, 21: 57-61.
- Passariello, C., M. Puttini, A. Virga, and P. Gigola. 2012. 'Microbiological and host factors are involved in promoting the periodontal failure of metaloceramic crowns', *Clin Oral Investig*, 16: 987-95.
- Peumans, M., J. De Munck, K. L. Van Landuyt, A. Poitevin, P. Lambrechts, and B. Van Meerbeek. 2012. 'A 13-year clinical evaluation of two three-step etch-and-rinse adhesives in non-carious class-V lesions', *Clin Oral Investig*, 16: 129-37.
- Quigley, G. A., and J. W. Hein. 1962. 'Comparative cleansing efficiency of manual and power brushing', *J Am Dent Assoc*, 65: 26-9.

- Randow, K., and P. O. Glantz. 1986. 'On cantilever loading of vital and non-vital teeth. An experimental clinical study', *Acta Odontol Scand*, 44: 271-7.
- Reiss, B. 2006. 'Clinical results of Cerec inlays in a dental practice over a period of 18 years', *Int J Comput Dent*, 9: 11-22.
- Salgar, A. R., S. H. Singh, R. S. Podar, G. P. Kulkarni, and S. N. Babel. 2017. 'Determining predictability and accuracy of thermal and electrical dental pulp tests: An in vivo study', *J Conserv Dent*, 20: 46-49.
- Santos, M. J., M. C. Freitas, L. M. Azevedo, G. C. Santos, Jr., M. F. Navarro, C. E. Francischone, and R. F. Mondelli. 2016. 'Clinical evaluation of ceramic inlays and onlays fabricated with two systems: 12-year follow-up', *Clin Oral Investig*, 20: 1683-90.
- Schmitter, M. 2010. 'Chipping bei Zirkoniumdioxid-gestütztem Zahnersatz - Ein lösbares Problem?', *wissen kompakt*, 4:25–34.
- Sessler, D. I., and P. B. Imrey. 2015. 'Clinical Research Methodology 1: Study Designs and Methodologic Sources of Error', *Anesth Analg*, 121: 1034-42.
- Shenoy, A., and N. Shenoy. 2010. 'Dental ceramics: An update', *J Conserv Dent*, 13: 195-203.
- Silness, J., and H. Loe. 1964. 'Periodontal Disease in Pregnancy. Ii. Correlation between Oral Hygiene and Periodontal Condition', *Acta Odontol Scand*, 22: 121-35.
- Stappert, C. F., P. C. Guess, S. Chitmongkolsuk, T. Gerds, and J. R. Strub. 2007. 'All-ceramic partial coverage restorations on natural molars. Masticatory fatigue loading and fracture resistance', *Am J Dent*, 20: 21-6.
- 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: 556-63.
- 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 Investig*, 3: 100-4.

- Studer, S. P., F. Wettstein, C. Lehner, T. G. Zullo, and P. Scharer. 2000. 'Long-term survival estimates of cast gold inlays and onlays with their analysis of failures', *J Oral Rehabil*, 27: 461-72.
- Tabachnick, B.G., and L.S. Fidell. 2007. *Using multivariate statistics (5th edn)* (Pearson Education: Boston).
- Teixeira, R. C., C. M. Rubira, G. F. Assis, J. R. Lauris, T. M. Cestari, and I. R. Rubira-Bullen. 2011. 'Radiological and histopathological evaluation of experimentally-induced periapical lesion in rats', *J Appl Oral Sci*, 19: 500-4.
- Turesky, S., N. D. Gilmore, and I. Glickman. 1970. 'Reduced plaque formation by the chloromethyl analogue of vitamin C', *J Periodontol*, 41: 41-3.
- Vagropoulou, G. I., G. L. Klifopoulou, S. G. Vlahou, H. Hirayama, and K. Michalakis. 2018. 'Complications and survival rates of inlays and onlays vs complete coverage restorations: A systematic review and analysis of studies', *J Oral Rehabil*, 45: 903-20.
- Valderhaug, J., A. Jokstad, E. Ambjornsen, and P. W. Norheim. 1997. 'Assessment of the periapical and clinical status of crowned teeth over 25 years', *J Dent*, 25: 97-105.
- 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-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: 929-39.
- van Dijken, J. W., L. Hasselrot, A. Ormin, and A. L. Olofsson. 2001. 'Restorations with extensive dentin/enamel-bonded ceramic coverage. A 5-year follow-up', *Eur J Oral Sci*, 109: 222-9.
- 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: 395-405.
- Villa-Chavez, C. E., N. Patino-Marin, J. P. Loyola-Rodriguez, N. V. Zavala-Alonso, G. A. Martinez-Castanon, and C. E. Medina-Solis. 2013.

- 'Predictive values of thermal and electrical dental pulp tests: a clinical study', *J Endod*, 39: 965-9.
- Vogl, Vanessa, Karl-Anton Hiller, Wolfgang Buchalla, Marianne Federlin, and Gottfried Schmalz. 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', *Clinical Oral Investigations*, 20: 2481-92.
- von der Heide, C. 2020. "Langzeitergebnisse der Qualität von Gold- und Keramikeilkronen im Vergleich – eine klinische und röntgenologische Bewertung 9 bis 25 Jahre nach Insertion." In. Würzburg: Klinik und Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, Zentrums für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit, Universität Würzburg.
- Wagner, J., K. A. Hiller, and G. Schmalz. 2003. 'Long-term clinical performance and longevity of gold alloy vs ceramic partial crowns', *Clin Oral Investig*, 7: 80-5.
- WHO. 1978. "Epidemiology, etiology, and prevention of periodontal diseases. Report of a WHO Scientific Group." In *World Health Organ Tech Rep Ser*, 1-60.
- Zwiener, I., M. Blettner, and G. Hommel. 2011. 'Survival analysis - part 15 of a series on evaluation of scientific publications', *Dtsch Arztebl Int*, 108: 163-9.

8 Appendix

8.1 Herstellerverzeichnis

Befestigungskomposite	Bifix QM VOCO GmbH Anton-Flettner-Straße 1-3 27472 Cuxhaven, Deutschland
	3M™ ESPE™ Compolute™ 3M Deutschland GmbH ESPE Platz 82229 Seefeld, Deutschland
	Tetric EvoFlow Ivoclar Vivadent AG Bendererstrasse 2 9494 Schaan, Fürstentum Liechtenstein
	Variolink Ivoclar Vivadent AG Bendererstrasse 2 9494 Schaan, Fürstentum Liechtenstein
Befundungsmonitor	ThinkVision L1900p 19-inch Monitor (4431-HE1) Lenovo (Deutschland) GmbH 70563 Stuttgart, Deutschland
Bildgebungssoftware	Sidexis XG Dentsply Sirona Sirona Dental Systems GmbH 64625 Bensheim, Deutschland

Appendix

Fotospiegel	Fotospiegel mit langem Griff, einseitiges ULTRA FS-Spiegelglas E. Hahnenkratt GmbH 75203 Königsbach-Stein, Deutschland
Glasionomierzement	Ketac™ Cem 3M Deutschland GmbH ESPE Platz 82229 Seefeld, Deutschland
Glycin-Pulver	Clinpro™ Glycine Prophy Powder 3M ESPE 3M Deutschland GmbH 41460 Neuss, Deutschland
Intraoralröntgengerät	HelioDent DS Sirona Dental Systems GmbH 64625 Bensheim, Deutschland
Kältespray	Polar Kältespray UNIGLOVES Arzt- und Klinikbedarf Handelsgesellschaft mbH 53842 Troisdorf-Spich, Deutschland
Makroobjektiv	EX Makro DG OS HSM: 105 mm F2,8 SIGMA (Deutschland) GmbH Carl-Zeiss-Str. 10/2 63322 Rödermark

Appendix

Marquis-Parodontalsonde	Parodontometer CP-12 Hu-Friedy Mfg. Co., LLC. 60528 Frankfurt am Main, Deutschland
Patientenverwaltungssoftware	Ivoris® clinic (Version 8.1.66.210) Computer konkret AG 08223 Falkenstein, Deutschland
	SAP SAP Deutschland SE & Co. KG Hasso-Plattner-Ring 7 69190 Walldorf, Deutschland
Plaquetfärbelösung	MIRA-2-TON Hager & Werken GmbH & Co. KG 47269 Duisburg, Deutschland
Pulverstrahlgerät	Air-Flow® Handy2+ EMS – Electro Medical Systems S.A. 1260 Nyon, Schweiz
Ringblitz	MR-24EX Macro Ring Lite Canon Deutschland GmbH Europark Fichtenhain A10 47807 Krefeld, Deutschland
Röntgenbildhalter	XCP® Dentsply Rinn York, PA 17404, USA

Appendix

Speicherfolien	Foliengröße 2+ (3x4cm) Dürr Dental SE 74321 Bietigheim-Bissingen, Deutschland
Speicherfolienscanner	VistaScan Mini View Dürr Dental SE 74321 Bietigheim-Bissing, Deutschland
Spiegelreflexkamera	Canon EOS 7D Canon Deutschland GmbH Europark Fichtenhain A10 47807 Krefeld, Deutschland
Statistikprogramm	IBM SPSS Statistics (Version 25) IBM Armonk, NY 10504-1722, USA
Restaurationsmaterialien	Degunorm® DeguDent GmbH Rodenbacher Chaussee 4 63457 Hanau-Wolfgang, Deutschland Empress I Ivoclar Vivadent AG Bendererstrasse 2 9494 Schaan, Fürstentum Liechtenstein
Tabellenkalkulationsprogramm	Microsoft Excel (Version 16.9) Microsoft Corporation Redmond, WA 98052-6399, USA

Appendix

Zinkoxidphosphatzement


Harvard Cement
Harvard Dental International GmbH
Margaretenstraße 2-4
15366 Hoppegarten, Deutschland

8.2 Patienteninformation und Einwilligungserklärung

Universitätsklinikum Würzburg

Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit

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



Patienteninformation zur klinischen Studie:

Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie · Pleicheweg 2 · 97070 Würzburg

(Vers.2 vom 22.03.2016)

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 Bildverstärkertechnik 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 Klefer 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. Krastl

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

Oberarzt:
Dr. Ralf Krug
Tel.: (09 31) 2 01 - 7 48 28
Fax: (09 31) 2 01 - 7 24 00
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

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_u@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

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



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



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 Teilkrone und Inlays im Rahmen des klinischen Studienkurses). 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; datenschutz@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 gern 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
<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

8.3 Befundbogen

Universitätsklinikum Würzburg	Zentrum für Zahn-, Mund- und Kiefergesundheit Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie Direktor: Prof. Dr. G. Krastl	
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;">D D M M Y Y</small>
ALLGEMEINMEDIZINISCHE ANAMNESE		
Daten zur Person:		
Geburtsdatum	<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;">D D M M Y Y</small>	<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;">M F</small>
Weist der Proband eine oder mehrere der folgenden Erkrankungen auf:		
	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 Medikamente :		
_____ Unterschrift	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"/> / 2019 <small style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 8px;">D D M M</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="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: <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"/> / 2019 <small style="text-align: center;">D D / M M</small>
--	---

Version 01/2019 Page 2 of 8

Prob. Nr.: <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"/>
--	--	--

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

OBERKIEFER													
BUKKAL						PALATINAL							
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD

UNTERKIEFER													
BUKKAL						LINGUAL							
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD
47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	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"/>	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"/>
--	--	--

PLAQUE INDEX (TURESKY)

OBERKIEFER

BUKKAL													
17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD

PALATINAL

17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27
DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	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	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD

LINGUAL

47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37
DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	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"/>	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"/>
--	--	--

PPD UND CAL

OBERKIEFER BUKKAL																
	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27		
PPD	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD		
R																
CAL																
OBERKIEFER PALATINAL																
	17	16	15	14	13	12	11	21	22	23	24	25	26	27		
PPD	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD		
R																
CAL																
UNTERKIEFER BUKKAL																
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37		
PPD	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	DBM	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD	MBD		
R																
CAL																
UNTERKIEFER LINGUAL																
	47	46	45	44	43	42	41	31	32	33	34	35	36	37		
PPD	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	DLM	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD	MLD		
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	
	DD / MM / YY	
	DD / MM / YY	
	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: Strep.mutans / Laktobazillen	<input type="checkbox"/> Zahl an Strep. mutans / Laktobazillen im Speichel nicht erhöht		<input type="checkbox"/> Zahl an Strep. mutans / Laktobazillen im Speichel erhöht
Ernährungsanamnese	<input type="checkbox"/> Weitgehend unauffällige Ernährungsanamnese		<input type="checkbox"/> Häufige kariogene Mahlzeiten / zuckerhaltige Babyflaschengetränke
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"/> Intilläsionen 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. festb. KFO App. starker Engstand
Fluoridprophylaxe	<input type="checkbox"/> Angemessene Fluoridzufuhr	<input type="checkbox"/> Unregelmäßige Fluoridzufuhr	<input type="checkbox"/> Keine oder unzureichende Fluoridzufuhr

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

Zusammenfassende Bewertung: Kariesrisiko: <input type="checkbox"/> niedrig <input type="checkbox"/> mittel <input type="checkbox"/> hoch

RÖNTGENOLOGISCHE UND FOTOGRAFISCHE KONTROLLE
--

1-5 Zahnfilm(e) mit Periapex (mit ausreichender Beurteilung koronaler Restauration + Periapex eines jeden "Studienzahnes") ggf. Bissfögel bei V.a. Insuff. Restauration + nicht eindeutig anhand von Periapikal-RöntzF	<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
---------------------------------------	--------------------------

Version 01/2019
Page 7 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: flex; justify-content: space-around; font-size: 8px;">D D M M Y Y</small>
--	--	--

KLINISCHE REEVALUATION INDIREKTER RESTAURATIONEN

EINSETZDATUM: RESTAURATION 1 R 2 R 3 R 4

	//	_/_/	_/_/	_/_/
	<small>DD MM YY</small>	<small>DD MM YY</small>	<small>DD MM YY</small>	<small>DD MM YY</small>

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

Version 01/2019

Datum : ___ / ___ / 2019

Page 8 of 8

8.4 Ergänzende statistische Tests

8.4.1 Korrelationstabelle

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37						
1 Patientalter																																											
2 Geschlecht	0,02																																										
3 Rest-material	-0,11	0,19																																									
4 Zahn	0,08	0,10	0,25																																								
5 Kieler	-0,09	0,00	0,14	0,63																																							
6 Zahnart	0,18	0,10	0,23	0,74	-0,02																																						
7 Rest-aller	0,02	0,03	0,08	0,13	0,05	0,14																																					
8 Fläche	0,07	-0,11	-0,29	0,14	0,30	-0,08	-0,02																																				
9 Inlay	-0,17	0,02	0,33	-0,02	0,02	-0,03	-0,01	-0,57																																			
10 TK	0,01	-0,12	-0,21	0,16	0,35	-0,10	-0,02	0,95	-0,25																																		
11 Mittelwerte SBI	0,06	-0,06	-0,09	-0,03	0,07	-0,09	-0,09	0,15	0,02	0,18																																	
12 Gagnivis	0,00	-0,01	-0,06	-0,07	0,03	-0,12	-0,08	0,07	0,07	0,11	0,85																																
13 Plaque	0,27	-0,09	0,00	-0,01	0,03	0,00	-0,03	0,16	-0,08	0,16	0,23	0,18																															
14 Mittelwert PI	0,35	-0,07	-0,01	-0,01	0,06	-0,03	-0,02	0,16	-0,04	0,17	0,26	0,18	0,81																														
15 Mundhygiene	-0,17	0,01	0,07	0,01	-0,06	0,06	0,08	-0,18	0,05	-0,19	0,41	-0,38	-0,64	-0,54																													
16 Parodontitis	0,18	-0,05	-0,03	0,07	0,09	-0,01	0,05	0,04	-0,02	0,04	0,09	0,06	0,04	0,09	-0,03																												
17 Σ PPD R-Zahn	0,26	-0,11	-0,13	-0,08	-0,01	-0,11	0,00	0,09	-0,07	0,08	0,29	0,22	0,25	0,32	-0,24	0,47																											
18 Mittelwert PPD	0,28	-0,11	-0,06	-0,01	0,06	-0,06	0,01	0,10	-0,06	0,09	0,31	0,21	0,28	0,34	-0,26	0,48	0,90																										
19 Komplikation	0,09	-0,02	0,01	0,07	0,06	0,05	-0,02	0,04	-0,10	0,01	-0,08	-0,04	0,01	0,02	0,03	0,06	0,07																										
20 Kompl_zat	0,17	-0,06	-0,03	0,03	0,02	0,01	-0,18	0,02	-0,06	0,01	-0,07	-0,03	-0,04	0,02	0,01	0,03	0,08	1,00																									
21 Endkompl.	0,10	-0,02	-0,13	0,04	0,07	-0,01	-0,08	0,09	-0,08	0,08	-0,01	0,01	-0,02	0,05	-0,05	0,08	0,16	0,12	0,51	0,38																							
22 Sekundärfokales	0,08	-0,07	0,00	0,02	-0,01	0,05	-0,01	-0,01	-0,07	-0,04	-0,03	-0,03	0,05	0,11	0,01	0,01	0,06	0,06	0,52	0,52	-0,05																						
23 Dezentrierung	-0,01	-0,05	-0,10	-0,06	-0,02	-0,05	0,04	-0,01	-0,03	-0,02	0,02	0,02	-0,07	-0,05	0,04	0,06	-0,03	0,28	0,24	-0,02	-0,02																						
24 Keramitstruktur	0,02	0,05	0,19	0,08	0,02	0,09	0,07	0,04	-0,06	0,02	-0,09	-0,07	-0,09	-0,11	0,08	-0,07	-0,05	-0,01	0,49	0,44	-0,05	-0,04	-0,02																				
25 Dauer_bis_K	0,08	0,23	0,32	0,05	-0,08	0,15	0,77	0,28	-0,16	0,26	0,04	-0,09	0,18	0,21	-0,21	-0,08	-0,06	-0,06	0,01	0,00	-0,05	-0,16	0,24																				
26 Misserfolg	0,18	-0,07	-0,05	0,02	0,02	0,00	-0,20	0,02	-0,05	0,00	-0,07	-0,04	0,03	0,01	0,03	0,08	0,08	0,99	1,00	0,58	0,54	0,22	0,43	-0,38																			
27 Erfolg vs ME	0,17	-0,06	-0,03	0,03	0,02	0,01	-0,18	0,02	-0,06	0,01	-0,07	-0,03	-0,04	0,02	0,01	0,03	0,08	0,99	1,00	0,58	0,52	0,24	0,44	0,38	0,99																		
28 EK TE vs ME	0,19	-0,09	-0,07	-0,01	-0,01	-0,02	-0,25	-0,01	-0,02	-0,13	-0,11	0,01	0,07	0,03	0,13	0,15	0,09	0,57	0,74	0,25	0,56	-0,02	0,20	0,37	0,82	0,74																	
29 Dauer_bis_M	-0,24	0,17	0,09	0,16	0,24	-0,01	1,00	0,03	-0,23	-0,05	-0,22	-0,41	0,22	0,19	-0,12	-0,09	-0,14	-0,08	0,44	-0,34	0,00	0,40	0,40	-0,20																			
30 Keramisolozat	0,06	-0,18	-0,11	0,00	0,12	-0,09	-0,07	0,15	-0,11	0,13	0,26	0,18	0,15	0,14	-0,39	0,07	0,20	0,27	-0,02	0,04	-0,03	-0,05	-0,06	-0,14	-0,01	-0,02	0,01	0,03															
31 Keramisolozat	0,05	-0,16	-0,11	0,01	0,11	-0,07	-0,06	0,14	-0,12	0,12	0,28	0,18	0,16	0,16	-0,40	0,06	0,21	0,27	-0,03	-0,02	0,03	-0,02	-0,05	-0,07	-0,14	-0,02	0,02	0,12	0,08														
32 WKB	-0,08	-0,12	-0,22	0,09	0,05	0,05	-0,06	0,08	-0,08	0,07	0,08	0,12	0,01	-0,01	-0,08	0,04	0,07	0,04	0,20	0,24	-0,05	-0,04	-0,08	-0,31	0,24	0,10	-0,36	0,09	0,07														
33 WKB_zat	-0,09	-0,11	-0,22	0,10	0,05	0,06	-0,05	0,08	-0,08	0,07	0,08	0,11	0,01	-0,01	-0,08	0,03	0,06	0,03	0,19	0,22	0,41	-0,05	-0,04	-0,08	-0,19	0,22	0,09	-0,34	0,08	0,06	1,00												
34 avital	0,10	-0,05	0,00	0,08	-0,02	0,13	-0,05	0,06	-0,07	0,04	0,07	0,02	0,05	0,04	-0,05	0,02	0,02	0,05	-0,10	-0,11	-0,08	-0,07	-0,03	0,00	0,05	-0,11	-0,08	0,10	0,10	-0,02	-0,01												
35 avital_pulvisch	0,14	-0,05	-0,09	0,09	0,03	0,09	-0,09	0,11	-0,10	0,08	0,05	0,02	0,03	0,07	-0,07	0,07	0,12	0,12	0,24	0,29	0,38	-0,09	-0,04	-0,03	0,02	0,28	0,29	0,10	-0,34	0,11	0,10	0,27	0,25	0,76									
36 Antagonist	-0,10	-0,01	0,04	0,21	0,07	0,15	-0,04	-0,13	0,15	-0,10	-0,01	-0,01	-0,07	0,07	0,01	-0,01	-0,11	-0,10	0,05	0,05	0,03	0,03	-0,05	0,01	-0,07	0,05	0,05	0,04	0,22	-0,05	-0,06	0,08	0,08	0,03	0,04								
37 Avita_zat	0,06	-0,05	0,00	0,03	-0,08	0,13	0,07	-0,04	-0,06	-0,07	-0,06	-0,05	0,06	0,04	0,02	-0,05	-0,02	-0,05	-0,02	-0,02	-0,02	-0,05	-0,02	0,07	0,03	0,41	-0,02	-0,02	0,01	0,22	-0,08	-0,06	0,01	0,01	0,04	0,00	-0,14						

* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig)
 ** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig)

Appendix

8.4.2 Chi-Quadrat-Tests

Kapitel	Hypothese	Filter	df	n	Zeile	Spalte	Wert	p	φ/ Cramers V
3.2 Erfolg	1 a)	-	1	325	R_mat	Misserfolg_cat	0,19	0,66	0,03
	b)	-	3	325	R_mat	Misserfolg	7,51	0,06	0,15
			1	46	R_mat	Überl. & Versag.	4,62	0,03	0,36
	2 a)	-	3	325	Zahnart	Misserfolg	2,40	0,49	0,09
	2 b) i.	G	3	164	Zahnart	Misserfolg	2,98	0,39	0,14
	ii.	G	1	164	Zahnart	Misserfolg_cat	0,15	0,70	0,05
	c) i.	K	3	161	Zahnart	Misserfolg	2,14	0,54	0,12
	ii.	K	1	161	Zahnart	Misserfolg_cat	0,40	0,53	0,07
	3 a)	K	1	161	Inlay	Misserfolg_cat	0,49	0,49	0,07
	b)	K	3	161	Inlay	Misserfolg	8,54	0,04	0,23
3.3 Kompl.	1	K	4	149	Inlay	Komplikation	6,71	0,15	0,21
	2		8	46	Misserfolg	Komplikation	25,13	0,01	0,52
	5 a)	-	1	296	R_mat	SekC	0,00	1,00	0,00
	b)	-	1	296	Zahnart	SekC	0,24	0,63	0,05
	6 a) i.	G	2	23	Zahnart	Komplikation	0,80	0,67	0,19
	ii.	G	1	164	Zahnart	Kompl_cat	0,15	0,7	0,05
	b) i.	K	3	23	Zahnart	Komplikation	2,19	0,53	0,31
	ii.	K	1	161	Zahnart	Kompl_cat	0,40	0,53	0,07
	7	-	1	325	R_mat	Kompl_cat	0,19	0,66	0,03
	8	G	3	147	Zahn	Dezementierung	0,40	0,94	0,05
3.5 Endod.	9	K	1	149	WKB_cat	Chipping	0,14	0,71	0,08
	10	K	4	149	Chipping	Anta	7,74	0,10	0,23
	1 a)	-	1	267	R_mat	Vitalitätsverlust	3,12	0,08	0,12
	b)	-	1	267	Zahnart	Vitalitätsverlust	2,61	0,12	0,11
	c)	G	1	128	Zahnart	Vitalitätsverlust	0,00	1,00	0,03
		K	1	139	Zahnart	Vitalitätsverlust	9,39	0,00	0,28
	2 a)	-	1	296	R_mat	Endokompl	4,11	0,04	0,13
	3 a)	WKB≤1	3	289	WKB	Misserfolg	24,97	0,01	0,29
		-	1	15	WKB_cat	Über. & Versagen	9,40	0,01	1,00
	b)	-	2	296	WKB	E, TE vs Ü, V	7,36	0,02	0,16
3.6 Biologie	1 a)	-	1	295	MuHy	SekC	0,00	1,00	0,01
	b)	MuHy=1	1	48	R_mat	SekC	0,96	0,33	0,25
	3 a)	-	1	295	PA	Kompl_cat	0,13	0,72	0,04
	b)	PA=1	1	37	R_mat	Kompl_cat	0,36	0,55	0,17
	c)	PA=1	1	37	Zahnart	Kompl_cat	0,00	1,00	0,06
	d)	-	5	295	PA	Komplikation	4,87	0,43	0,13
	e)	PA=1	1	17	Inlay	SekC	0,00	1,00	0,12
	f)	PA=1	1	17	Inlay	Misserfolg_cat	0,00	1,00	0,16
	4 a)	-	3	295	MuHy	Misserfolg	0,63	0,89	0,05
	b)	G	3	147	MuHy	Misserfolg	1,32	0,72	0,10
Geschlecht		K	2	148	MuHy	Misserfolg	0,02	0,99	0,01
	5	MuHy=1	1	20	Inlay	Kompl_cat	0,00	1,00	0,18
	6 a) ii. 1.	-	1	296	Gingivitis	SekC	0,09	0,77	0,03
	iii. 1.	-	1	296	Kariesrisiko	SekC	0,05	0,83	0,30
	2.	G	1	147	Kariesrisiko	SekC	0,02	0,89	0,04
		K	1	149	Kariesrisiko	SekC	0,69	0,41	0,10
	7 b) ii. 1.	-	1	296	Gingivitis	Endokompl	0,00	1,00	0,01
	2.	G	1	147	Gingivitis	Endokompl	0,94	0,33	0,10
		K	1	149	Gingivitis	Endokompl	2,90	0,09	0,18
	iii. 1.	-	1	296	Kariesrisiko	Endokompl	0,21	0,65	0,04
2.	G	1	147	Kariesrisiko	Endokompl	0,76	0,39	0,10	
	K	1	149	Kariesrisiko	Endokompl	0,30	0,58	0,09	
Geschlecht	1 a)	-	3	325	sex	Misserfolg	2,50	0,48	0,09
	b)	-	5	296	sex	Komplikation	4,23	0,52	0,12
		-	1	296	sex	Chipping	0,24	0,62	0,05

8.4.3 t-Tests

Kapitel	Hypothese	Filter	df	Testvariable	Grupp.-variable	M (1)	SD (1)	M (2)	SD (2)	T	p	d
3.4 Alter	1 a) i.	-	323	P_age	Kompl_cat	58,11	10,78	62,73	10,33	-3,29	0,01	0,43
		2.	61	P_age	Kompl_cat	57,16	10,73	62,26	10,90	-3,22	0,01	0,47
		3.	61	P_age	Kompl_cat	62,12	10,15	54,65	7,65	-0,89	0,38	0,26
	ii.	1.	162	P_age	Kompl_cat	59,12	11,53	64,73	9,78	-2,77	0,01	0,50
		2.	145	P_age	Kompl_cat	58,51	11,32	64,28	9,94	-2,77	0,01	0,53
		3.	15	P_age	Kompl_cat	63,91	12,47	70,20	6,26	-0,84	0,42	0,53
	iii.	1.	159	P_age	Kompl_cat	57,13	9,94	60,46	10,61	-1,73	0,09	0,33
		2.	113	P_age	Kompl_cat	55,55	9,81	59,00	11,80	-1,44	0,15	0,34
		3.	44	P_age	Kompl_cat	61,39	9,15	63,26	7,54	-0,64	0,53	0,22
	b) i.	1.	323	P_age	E; TE vs Ü; V	58,30	10,76	64,52	9,82	-3,68	0,01	0,59
		2.	260	P_age	E; TE vs Ü; V	57,41	10,81	63,73	10,41	-3,35	0,01	0,59
		3.	15,43	P_age	E; TE vs Ü; V	61,91	9,87	68,29	5,27	-2,78	0,01	1,05
ii.	1.	162	P_age	E; TE vs Ü; V	59,33	11,40	66,36	9,27	-3,01	0,01	0,64	
	2.	145	P_age	E; TE vs Ü; V	58,81	11,21	65,88	9,57	-2,89	0,01	0,65	
	3.	15	P_age	E; TE vs Ü; V	63,91	12,47	70,20	6,26	-0,84	0,42	0,53	
iii.	1.	159	P_age	E; TE vs Ü; V	57,31	10,06	61,91	10,23	-1,87	0,06	0,46	
	2.	113	P_age	E; TE vs Ü; V	55,72	10,10	60,04	11,10	-1,49	0,14	0,43	
	3.	7,63	P_age	E; TE vs Ü; V	61,23	8,89	67,14	4,97	-2,26	0,06	1,07	
2 a) i.	1.	320	R_age	Kompl_cat	14,29	3,51	12,60	4,50	3,38	0,01	0,45	
	2.	77,44	R_age	Kompl_cat	13,04	3,21	12,32	4,17	2,74	0,01	0,41	
	3.	60	R_age	Kompl_cat	15,76	4,30	13,74	5,71	1,43	0,16	0,43	
ii.	1.	162	R_age	Kompl_cat	14,46	3,99	11,73	3,90	3,78	0,01	0,69	
	2.	145	R_age	Kompl_cat	13,82	3,44	11,95	3,79	2,78	0,01	0,69	
	3.	15	R_age	Kompl_cat	19,49	4,55	8,97	5,05	3,58	0,01	2,28	
iii.	1.	36,71	R_age	Kompl_cat	14,13	2,97	13,68	5,01	0,48	0,63	0,10	
	2.	23,49	R_age	Kompl_cat	14,09	2,92	12,96	4,80	1,03	0,31	0,25	
	3.	12,3	R_age	Kompl_cat	14,22	3,13	15,05	5,34	-0,48	0,64	0,17	
b) i.	1.	320	R_age	E; TE vs Ü; V	14,32	3,55	11,26	4,40	5,09	0,01	0,83	
	2.	42,27	R_age	E; TE vs Ü; V	13,97	3,24	11,13	4,11	3,95	0,01	0,71	
	3.	60	R_age	E; TE vs Ü; V	15,74	4,36	11,90	6,03	2,10	0,04	0,84	
ii.	1.	162	R_age	E; TE vs Ü; V	14,35	3,89	10,96	4,21	4,08	0,01	0,86	
	2.	145	R_age	E; TE vs Ü; V	13,77	3,36	11,21	4,15	3,27	0,01	0,73	
	3.	15	R_age	E; TE vs Ü; V	19,48	4,55	8,97	5,05	3,58	0,01	2,28	
iii.	1.	16,54	R_age	E; TE vs Ü; V	14,29	3,20	11,76	4,80	2,06	0,01	0,54	
	2.	12,44	R_age	E; TE vs Ü; V	14,22	3,08	10,98	4,21	2,60	0,02	0,76	
	3.	3,18	R_age	E; TE vs Ü; V	14,46	3,51	14,10	6,37	0,11	0,02	0,06	
3.5 Endod. 2				PPD_R	2,70	0,59	3,45	1,17	-2,29	0,04	0,67	
3.6 Biologie 2 a)	i.	G	293	Plaqaekku	SekC	2,64	0,77	3,07	0,77	-2,04	0,04	0,56
		2.	145	Plaqaekku	SekC	2,66	0,79	2,68	0,65	-0,07	0,94	0,03
		3.	146	Plaqaekku	SekC	2,62	0,76	3,46	0,71	-2,86	0,01	1,11
	ii.	1.	294	Blutungspt	SekC	0,20	0,27	0,18	0,22	0,32	0,75	0,09
		2.	145	Blutungspt	SekC	0,23	0,31	0,21	0,27	0,16	0,87	0,06
		3.	147	Blutungspt	SekC	0,17	0,22	0,14	0,17	0,33	0,74	0,13
	b) i.	1.	293	Plaqaekku	Endokompl	2,65	0,78	2,82	0,64	-0,88	0,38	0,22
		2.	145	Plaqaekku	Endokompl	2,64	0,79	2,90	0,58	-1,18	0,24	0,34
		3.	146	Plaqaekku	Endokompl	2,67	0,78	2,56	0,83	0,28	0,78	0,14
	ii.	1.	294	Blutungspt	Endokompl	0,20	0,27	0,19	0,23	0,17	0,86	0,04

8.4.4 ANOVAs

Kapitel	Hypothese	Testart	Filter	df1	df2	Testvariable	Grupp.-variable	N	M	SD	F	Levene < 0,05	Gruppen	p	restliche p>	η^2/d								
3.3 Kompl.	10 b)	ANOVA	Chipping=1	2	7	R_age	Anta	10	15,67	4,12	0,37			0,71		0,10								
							Gold	3	14,90	3,10														
							KE/VMK	4	17,13	5,88														
							ZHS	3	14,50	2,70														
							Anta	10	60,01	9,80	1,19										0,25			
							Gold	3	64,37	11,36														
							KE/VMK	4	54,30	10,82														
							ZHS	3	63,27	4,16														
							Komplikation	296	58,54	10,64	1,92													0,03
							keine	250	58,11	10,78														
3.4 Alter	1 a) i.	ANOVA	-	5	290	P_age	Komplikation	296	58,54	10,64	1,92													
							endod. Kompl.	17	62,32	7,69														
							keine	14	62,72	9,73														
							SekC	2	42,50	6,79														
							Zahnfraktur	10	60,01	9,80														
							Chipping	3	58,50	12,51														
							Dezementierg.	237	57,64	10,73	1,98													0,04
							Komplikation	202	57,16	10,73														
							keine	14	61,54	8,19														
							endod. Kompl.	10	63,86	10,69														
3.	ANOVA	P	3	55	P_age	Komplikation	59	62,12	9,57	0,23								0,01						
						keine	48	62,12	10,15															
						endod. Kompl.	3	65,93	3,65															
						SekC	4	59,88	7,25															
						Chipping	4	61,50	8,46															
						Komplikation	147	59,62	11,23	0,70														
						keine	124	59,12	11,53															
						endod. Kompl.	13	62,18	7,94															
						SekC	7	64,17	11,18															
						Dezementierg.	3	58,50	12,51															
iii. 1.	ANOVA	K	4	144	P_age	Komplikation	149	57,47	9,95	1,92								0,05						
						keine	126	57,13	9,94															
						endod. Kompl.	4	62,78	7,94															
						SekC	7	61,27	8,68															
						Zahnfraktur	2	42,50	6,79															
						Chipping	10	60,01	9,80															

Appendix

Kapitel	Hypothese	Testart	Filter	df1	df2	Testvariable	Grupp.-variable	N	M	SD	F	Levene < 0,05	Gruppen	p	restliche p>	η^2 / d'
1	i.	ANOVA	-	3	321	P_age	Misserfolg	325	59,18	10,84	5,37		0,01	0,05		
							Erfolg	249	58,13	10,80						
							Teilerfolg	30	59,74	10,51						
							Überleben	24	62,42	8,24						
							Versagen	22	66,81	11,04						
	ii.	ANOVA	G	3	160	P_age	Misserfolg	164	60,49	11,36	3,37		E:V	0,01	0,11	0,80
							Erfolg	124	59,12	11,53						
							Teilerfolg	13	61,34	10,30						
							Überleben	10	64,15	8,59						
							Versagen	17	67,65	9,66						
2	a) i.	ANOVA	-	5	290	R_age	Komplikation	296	14,28	3,59	1,12	ja	E:V	0,02	0,75	
							keine	250	14,29	3,51						
							endod. Kompl.	17	12,99	2,60						
							SekC	14	14,94	5,45						
							Zahnfraktur	2	11,45	1,34						
	ii.	ANOVA	G	3	143	R_age	Chipping	10	15,67	4,10	2,01		0,19	0,36		
							Dezementiertg.	3	15,10	2,86						
							keine	147	14,22	3,93						
							Komplikation	124	14,46	3,99						
							endod. Kompl.	13	12,55	2,39						
b)	i.	ANOVA	-	3	318	R_age	SekC	7	12,79	5,09	9,58		0,01	0,08		
							Dezementiertg.	3	15,10	2,86						
							Misserfolg	322	13,91	3,81						
							Erfolg	250	14,29	3,51						
							Teilerfolg	29	14,58	3,93						
	ii.	ANOVA	G	3	160	R_age	Überleben	21	12,18	5,34	5,90		E:V	0,00	1,12	
							Versagen	22	10,38	3,14						
							Misserfolg	164	13,79	4,13						
							Erfolg	124	14,46	3,99						
							Teilerfolg	13	13,32	2,63						
3	i.	ANOVA	K	3	154	R_age	Überleben	10	11,34	5,72	5,20	ja	E:V	0,00	0,11	0,95
							Versagen	17	10,74	3,20						
							Misserfolg	158	14,03	3,46						
							Erfolg	126	14,13	2,97						
							Teilerfolg	16	15,60	4,57						
	ii.	ANOVA	K	3	12,91	R_age	Überleben	11	12,95	5,12	5,00		E:V	0,02	0,09	
							Versagen	5	9,14	2,92						
							Misserfolg	158	14,03	3,46						
							Erfolg	126	14,13	2,97						
							Teilerfolg	16	15,60	4,57						
4	i.	ANOVA	K	3	28,29	R_age	Überleben	11	12,95	5,12	3,26		E:V	0,04	0,09	
							Versagen	5	9,14	2,92						
							Misserfolg	158	14,03	3,46						
							Erfolg	126	14,13	2,97						
							Teilerfolg	16	15,60	4,57						
	ii.	ANOVA	K, M	3	28,29	R_age	Überleben	11	12,95	5,12	3,26		E:V	0,01	0,26	
							Versagen	5	9,14	2,92						
							Misserfolg	158	14,03	3,46						
							Erfolg	126	14,13	2,97						
							Teilerfolg	16	15,60	4,57						

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. Gabriel Krastl, Leiter der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Zahnklinik Würzburg, für die Bereitstellung dieses spannenden Themas und den Rückhalt, den seine Abteilung aufbot, damit die klinische Studie derart reibungslos ablaufen konnte.

Herrn Prof. Marc Schmitter, Leiter der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Zahnklinik Würzburg, danke ich für die freundliche und engagierte Übernahme des Korreferats.

Herrn Dr. Ralf Krug, Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, gilt mein besonderer Dank: In der Funktion meines Betreuers hat er mich stets gewissenhaft, konstruktiv und unermüdlich unterstützt. Dass ich als Doktorandin dieses Thema bearbeiten durfte, verdanke ich seiner Fürsprache. Die Zusammenarbeit habe ich sehr geschätzt.

Auch danke ich Herrn Dr. Sebastian Soliman, Oberarzt der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie, für seine fachlichen Anregungen.

Ich danke Frau Dr. Andrea Beinicke für die statistische Beratung zur Auswertung und Interpretation der gewonnenen Daten.

Maximilian Perschen danke ich vielmals für die grafische Unterstützung.

Des Weiteren bedanke ich mich bei allen Patienten, die sich zu der Teilnahme der Studie bereit erklärt haben.

Auch danke ich meiner Freundin und geschätzten Kollegin Carolina von der Heide, ohne deren Zusammenarbeit die klinischen Untersuchungen nicht so reibungslos abgelaufen wären, das Schreiben der Dissertation nicht so zügig und produktiv von statten gegangen wäre und zuletzt die Zeit nur halb so wertvoll gewesen wäre.

Zuletzt danke ich von ganzem Herzen meinen Eltern Anette und Johannes, meinen Geschwistern Carola und Julian sowie meinem Partner Robin für die fortwährende Unterstützung, die sie mir während meines Studiums und meiner Promotion gewährten. Sie standen mir stets mit Rat und Tat beiseite und gaben mir Rückhalt und Ansporn, diese Dissertation zu absolvieren.

Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name: Lea Droste
Staatsangehörigkeit: deutsch

Akademische Ausbildung

08/2018 – 09/2019 **Promovendin in der Zahnklinik Würzburg**
Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie

08/2018 **Erteilung der Approbation als Zahnärztin**
Regierung von Unterfranken

04/2013 – 06/2018 **Studium der Zahnmedizin**
Julius–Maximilians–Universität Würzburg

Würzburg, den 14. April 2020