

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik
(Prof. Dr. med. dent. R. Bürgers)
im Zentrum Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

**Retrospektive klinische Studie zur
klinischen Bewährung extendierter
Keramikveneers nach einer minimalen
Beobachtungszeit von 10 Jahren**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
für Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Lara Dorle Bettenhäuser-Hartung

aus

Fritzlar

Göttingen 2020

Dekan: Prof. Dr. med. W. Brück

Betreuungsausschuss

Betreuer/in PD Dr. med. dent. S. Rinke

Ko-Betreuer/in: Prof. Dr. med. dent. M. Hülsmann

Prüfungskommission

Referent/in PD Dr. S. Rinke

Ko-Referent/in: Prof. Dr. med. dent. M. Hülsmann

Drittreferent/in: Prof. Dr. med. dent. R. Mausberg

Datum der mündlichen Prüfung: 24.08.2020

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Retrospektive klinische Studie zur klinischen Bewährung extendierter Keramikveneers nach einer minimalen Beobachtungszeit von 10 Jahren" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den

.....
(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis.....	V
1 Einleitung	1
1.1 Indikation und Kontraindikation der Veneer-Technik	3
1.2 Materialien und Herstellungstechniken für keramische Veneers.....	4
1.2.1 Keramische Werkstoffe für die Veneertechnik	5
1.2.2 Herstellungstechniken für keramische Veneers.....	6
1.3 Klinisches Vorgehen für die Herstellung von keramischen Veneers.....	8
1.3.1 Präparationsformen.....	8
1.3.2 Adhäsive Befestigung.....	12
1.4 Literaturübersicht zur klinischen Bewährung von keramischen Veneers	15
1.5 Vorläuferstudien	19
1.6 Ziel der Studie	20
2 Material und Methoden	21
2.1 Probanden	21
2.1.1 Datenverwaltung und -dokumentation.....	21
2.1.2 Probandenauswahl vor Veneer-Versorgung	22
2.1.3 Präparationsdesign und -durchführung	23
2.1.4 Materialauswahl.....	25
2.2 Klinische Nachuntersuchung	27
2.3 Statistische Auswertung.....	28
2.3.1 Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier.....	28
2.3.2 Cox-Regressionsanalyse.....	29
3 Ergebnisse.....	31
3.1 Probanden	31
3.2 Veneers.....	31
3.3 Befestigungszemente.....	32
3.4 Verlust- und Überlebensraten	32
3.4.1 Faktor Veneerposition (OK/UK)	33
3.4.2 Faktor Dentinexposition	34
3.4.3 Cox-Regressionsanalyse.....	36
3.5 Erfolgsraten	36
3.5.1 Faktor Veneerposition (OK/UK)	37
3.5.2 Faktor Dentinexposition	38
3.5.3 Cox-Regressionsanalyse.....	39
3.6 Absolute und relative Fehler.....	40

3.7	Jährliche Fehlerraten	41
3.7.1	Jährliche Gesamtfehlerrate.....	41
3.7.2	Jährliche Gesamtinterventionsrate.....	42
3.7.3	Jährliche Interventionsrate in Bezug auf die Dentinexposition.....	43
4	Diskussion.....	44
4.1	Diskussion der Methode	44
4.2	Diskussion der Ergebnisse.....	46
4.3	Schlussfolgerung und Ausblick	56
5	Zusammenfassung.....	58
6	Anhang	60
6.1	CRF-Bögen.....	60
7	Literaturverzeichnis	69

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Präparationsdesigns inzisal und vestibulär;.....	10
Abbildung 2: Approximale Präparationsdesigns;.....	11
Abbildung 3: Schema der Veneer-Präparation in der Längsachse des Zahnes	24
Abbildung 4: Schema der Veneer-Präparation; Ansicht von inzisal	24
Abbildung 5: Das Präparationsset;	24
Abbildung 6: Intraorale Aufnahme Veneer 21 von frontal	27
Abbildung 7: Intraorale Aufnahme Veneer 21 von palatinal	27
Abbildung 8: Kaplan-Meier-Kurve am Beispiel der 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit extendierter Veneers dieser Studie.....	29
Abbildung 9: Die Verteilung des Alters der 27 nachuntersuchten Probanden zum Zeitpunkt der Veneereingliederung.....	31
Abbildung 10: Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit von keramischen Veneers in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten).....	33
Abbildung 11: Überlebenswahrscheinlichkeit von Veneers im Ober- und Unterkiefer in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten).....	34
Abbildung 12: Überlebenswahrscheinlichkeiten von Veneers mit Dentinexposition < 50 % und > 50 % in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten).....	35
Abbildung 13: Gesamterfolgsraten von keramischen Veneers in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten).....	37
Abbildung 14: Erfolgswahrscheinlichkeit von Veneers im Ober- und Unterkiefer in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten).....	38
Abbildung 15: Erfolgswahrscheinlichkeiten von Veneers mit Dentinexposition < 50 % und > 50 % in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten).....	39
Abbildung 16: Graphische Darstellung der jährlichen Gesamtfehlerrate der 3-, 7- und 10- Jahres-Nachkontrolle	42
Abbildung 17: Graphische Darstellung der jährlichen Interventionsrate der 3-, 7- und 10- Jahres-Nachkontrolle	42
Abbildung 18: Graphische Darstellung der jährlichen Interventionsrate in Bezug auf die Dentinexposition nach drei, sieben und zehn Jahren.....	43
Abbildung 19: Veneerpräparation mit < 50 % Dentinexposition.....	47
Abbildung 20: Veneerpräparation mit < 50 % Dentinexposition.....	47
Abbildung 21: Präparation für extendierte Oberkieferveneers mit > 50 % Dentinexposition. Die approximale Extension schließt vorhandene Kompositfüllungen mit ein.....	47
Abbildung 22: Fotografische Dokumentation von vier Keramikfrakturen, die zu einem absoluten Fehler der Restauration führten.....	51
Abbildung 23: Extendierte Präparation für Veneers in der Unterkieferfront und die klinische Situation nach fünf Jahren in situ.	56

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Indikationen für Veneers	3
Tabelle 2:	Kontraindikationen für Veneers	4
Tabelle 3:	Überlebensraten für feldspatkeramische und glaskeramische Veneers aus unterschiedlichen systematischen Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen	16
Tabelle 4:	Einschlusskriterien zur Teilnahme an der Studie.....	22
Tabelle 5:	Ausschlusskriterien der Studie	23
Tabelle 6:	Verteilung der Veneerpositionen im OK und UK.....	32
Tabelle 7:	Überlebenswahrscheinlichkeiten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren bei zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall.....	32
Tabelle 8:	Überlebenswahrscheinlichkeiten in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren von Veneers im Oberkiefer und Unterkiefer mit zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall.....	34
Tabelle 9:	Überlebensraten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren mit Dentinexposition < 50 % und > 50 % sowie dem zugehörigen 95 %- Konfidenzintervall.....	35
Tabelle 10:	Ergebnisse der multivariaten Cox-Regression für das Überleben der Veneers in Bezug auf die Veneerposition und die Dentinexposition.....	36
Tabelle 11:	Erfolgswahrscheinlichkeiten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren bei zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall.....	36
Tabelle 12:	Erfolgsraten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren im Oberkiefer und Unterkiefer mit zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall.....	38
Tabelle 13:	Erfolgsraten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren mit Dentinexposition < 50 % und > 50 % sowie dem zugehörigen 95 %- Konfidenzintervall.....	39
Tabelle 14:	Ergebnisse der multivariaten Cox-Regression für den Erfolg der Veneers in Bezug auf die Veneerposition und die Dentinexposition (De).....	40
Tabelle 15:	Gründe für absolute Fehler und klinische Interventionen.....	41

Abkürzungsverzeichnis

AG Keramik	Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V.
CAD/CAM	<i>computer aided design/ computer aided manufacturing</i>
CI	<i>confidence intervall</i>
CRF	<i>critical report form</i>
IDS	<i>immediate dentin sealing</i>
De	Dentinexposition
DGZMK	Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
HR	<i>hazard ratio</i>
OK	Oberkiefer
OR	<i>odds ratio</i>
RR	<i>risk ratio</i>
UK	Unterkiefer
USPHS	<i>United States Public Health Service</i>
ZLS	zirkonoxidverstärkte Lithiumdisilikatkeramik

1 Einleitung

Veneers sind seit über 30 Jahren ein bewährtes Mittel für indirekte Frontzahnrestaurationen (Layton 2012). Aus dem Englischen „to veneer“ abgeleitet, welches ins Deutsche übersetzt „verblenden“ bedeutet, sind Veneers dünne Keramikverblendschalen, die in der Lage sind Zahnverfärbungen oder -anomalien besonders im labialen Frontzahnbereich zu maskieren. Erstmals kamen indirekt hergestellte Verblendschalen aus Keramik 1938 in der amerikanischen Filmindustrie zum Einsatz. Jedoch war die Befestigung der ersten Veneers nicht dauerhaft möglich, sodass Schauspieler meist nur wenige Stunden von einem optimierten Lächeln profitierten (Beier et al. 2012b).

Der Durchbruch der vollkeramischen Veneerrestaurationen kam erst in den 1980er Jahren mit der Befestigung durch moderne Adhäsivtechniken. Eine adäquate Oberflächenkonditionierung ermöglichte erst einen suffizienten Haftverbund zwischen Veneer und Zahnhartsubstanz (Calamia 1983). Heutzutage sind Veneers nicht nur in rein ästhetischer Funktion in der Praxis etabliert, sondern sind auch in der Lage, langfristig Zahnhartsubstanz zu ersetzen (Swift und Friedman 2006a).

Die deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) definiert aktuell Veneers als Verblendschalen, die als keramische Teilkronen im Frontzahnbereich fungieren und einen adhäsiven Verbund an der Zahnoberfläche benötigen (Federlin et al. 2007). In der wissenschaftlichen Stellungnahme der DGZMK werden konventionelle keramische Veneers als definitive Restaurationsmethode anerkannt. Klinische Langzeitstudien zu Veneers wurden bereits publiziert und gelten hinsichtlich der Funktion und Ästhetik als erprobt (Schmalz und Geurtsen 2001).

Die einwandfreie Funktion und die biologische Beschwerdefreiheit klinisch eingesetzter Veneers reichen im Praxisalltag nicht mehr allein aus, um die Patienten zufrieden zu stellen. Die Patienten stellen hohe ästhetische Anforderungen an die Restauration. Sie erwarten ein attraktives Lächeln, welches auch gesellschaftlich als ansprechend und natürlich wahrgenommen werden soll (Coachman und Paravina 2016).

Ursprünglich wurden Veneerrestaurationen primär aus ästhetischen Gründen angewendet. Hierbei stand eine Veränderung von Zahnfarbe und -form im Vordergrund (Burke 2012). Die klassischen Veneers zeichneten sich durch eine besonders minimalinvasive Window-Präparation aus. Für die Erzielung von Farbveränderungen zeigte sich eine vestibuläre Präparation und ggf. eine inzisale Reduktion als ausreichend. Für diese rein ästhetischen Indikationen ist zu berücksichtigen, dass mittlerweile auch alternative Therapieoptionen existieren; so können Zahnaufhellungen auch mit Bleachingverfahren erreicht werden (Christensen 2006).

Mit einer kontinuierlichen Verbesserung der Adhäsivtechnik und auch einer Verbesserung der mechanischen Eigenschaften sind keramische Veneers heute vielmehr als minimalinvasive Alternative zur Vollkronenrestorationen zu sehen. Die sogenannten extendierten Veneers sind deutlich invasiver als die klassischen Veneers und erweitern das Indikationsspektrum (Edelhoff et al. 2018). Der Ausgleich struktureller und morphologischer Korrekturen und das Einbeziehen vorhandener Zahnhartsubstanzdefekte sind durch extendierte Veneers realisierbar und benötigen einen erhöhten Substanzabtrag zusätzlich in approximaler und palatinaler Richtung, dem Defekt entsprechend (Guess und Stappert 2008).

Bereits 1993 wurden extendierte Veneers als Alternative zur Vollkrone erwähnt, jedoch scheiterten diese noch an der unzureichenden Dauerbiegefestigkeit der zur Verfügung stehenden Materialien. Entsprechend traten in dieser Indikation gehäuft frakturbedingte Misserfolge auf (Crispin 1993).

Die Weiterentwicklung der dentalen Keramiken in den 90er Jahren führte zu dem Einsatz von Pressverfahren aus leuzitverstärkten Glaskeramiken als Alternative zu den klassisch geschichteten Feldspatkeramikveneers. Diese weisen sowohl mechanisch als auch physikalisch verbesserte Eigenschaften auf, wie zum Beispiel eine verbesserte Resistenz gegenüber Frakturen. Allerdings ist für die heißgepressten Glaskeramikveneers ein zusätzlicher Substanzabtrag notwendig. Die gepressten Veneers benötigen eine erhöhte Schichtstärke und zudem, meist aus ästhetischen Gründen, eine Verblendung. Dementsprechend muss die Präparationstiefe angepasst werden (Layton und Clarke 2013; Pini et al. 2012).

Die defektorientierte Präparation, wie sie bei extendierten Veneers angewendet wird, führt zu einer vermehrten Dentinfreilegung innerhalb der Präparation. In der bestehenden Literatur fehlen bisher eindeutige Studiendaten, welchen genauen Einfluss die Präparationstiefe auf das Überleben von Veneerrestorationen hat. Diese Fragestellung wurde erst in wenigen Studien untersucht und die Datenlage zeigt sich sehr heterogen, da keine standardisierten Verfahren in den bisherigen Studien angewendet wurden (Morimoto et al. 2016). Im Fokus der bislang publizierten wissenschaftlichen Literatur liegen die Einflussfaktoren, die den Verlust oder die Intervention am eingegliederten Veneer begünstigen. Diese können patientenspezifischen Ursprungs sein (z. B. Bruxismus) (Granel-Ruiz et al. 2014), können aus unterschiedlichen Präparationsdesigns resultieren (z. B. die inzisale Präparation) (Albanesi et al. 2016; da Costa et al. 2013) oder durch veränderte Materialeigenschaften bedingt sein (Pini et al. 2012; Peumans et al. 2000).

Insgesamt lässt sich sagen, dass die Biegefestigkeit von Glaskeramiken durch den Zusatz von Partikelfüllern, wie Leuzit oder Lithiumdisilikat, um den Faktor 2 – 4 im Vergleich zu Feldspatkeramiken gesteigert werden konnten, von ca. 100 MPa auf bis zu 400 MPa (Pilathadka und Vahalová 2007a).

In Übersichtsarbeiten zu glaskeramischen Veneers wurden Überlebensraten von 92,4 % nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von fünf Jahren (Layton und Clarke 2013) und 94 % nach einem mittleren Beobachtungszeitraum von sieben Jahren ermittelt (Morimoto et al. 2016). Die Überlebensraten von Veneers aus modifizierten Glaskeramiken sind vergleichbar mit den Überlebensraten von Vollkronenversorgungen aus leuzitverstärkter Glaskeramik, die in einer Übersichtsarbeit nach einer Beobachtungszeit von fünf Jahren mit 95,4 % berechnet wurden (Pjetursson et al. 2007).

Es ist weiterhin von Interesse, welche Langzeitergebnisse heutzutage von Veneers zu erwarten sind, welche erweiterten Indikationsspektren abgedeckt werden können und welche Möglichkeiten es zur Verbesserung des Verfahrens gibt (Morimoto et al. 2016; Petridis et al. 2012; Burke 2012).

1.1 Indikation und Kontraindikation der Veneer-Technik

Aus der Literatur ist ersichtlich, dass die Indikationsstellung für keramische Veneers ähnlich gehandhabt wird (s. **Tabelle 1**).

Tabelle 1: Indikationen für Veneers

Indikation
Korrektur von Zahnverfärbungen; <ul style="list-style-type: none"> - durch Bleachingverfahren nur unzureichend korrigierbar (Tetrazyklinverfärbungen oder Fluorosen)
Ersatz von großen, unästhetischen Kompositfüllungen <ul style="list-style-type: none"> - Ästhetische Optimierung - Verbesserung der Oberflächenbeschaffenheit
Optimierung von Zahnformen <ul style="list-style-type: none"> - Hypo- oder dysplastische Zähne - Abradierte oder erodierte Zahnhartsubstanzverlust - Zustand nach Zahnfraktur
Zahnstellungskorrekturen <ul style="list-style-type: none"> - Auflösen von Diastemata; Lückenschluss - Ausgleich von Zahnkippen, -rotationen und Achsenneigungen
Funktionelle Maßnahmen <ul style="list-style-type: none"> - statische Okklusion (Okklusionsaufbauten) - dynamische Okklusion (Etablierung einer Eckzahnführung durch oral-inzisale Eckzahn-Veneers)

Reparatur prothetischer Restaurationen mittels Kunststoff- oder Keramikveneers

Die Anwendung von keramischen Veneers ist nicht in jeder Situation problemfrei möglich und ist deshalb durch folgende Faktoren im klinischen Alltag begrenzt (s. **Tabelle 2**) (Magne und Belser 2003):

Tabelle 2: Kontraindikationen für Veneers

Kontraindikation
tief subgingivale Präparation
kariöse Läsionen zirkulär am gingivalen Saum
sehr breite Zahnlücken
raumgreifende proximale Füllungen
mangelhafte Schmelzqualität und -quantität
Überbelastung der Inzisalkante durch Verlust der Abstützung im Seitenzahnbereich
hohe Kariesaktivität (mangelnde Mundhygiene)
deutliche Parafunktionen (Knirschen, Bruxismus)

1.2 Materialien und Herstellungstechniken für keramische Veneers

In der Praxis werden hohe ästhetische Ansprüche an keramische Veneers im Frontzahnbereich gestellt. Sie sollten opak genug sein, um mögliche Zahnverfärbungen zu überdecken und dabei die nötige Lichtdurchlässigkeit für eine natürliche Optik bieten. Das Anätzen der Keramik sollte die mikromechanischen Eigenschaften der Veneeroberfläche verbessern, um einen starken Haftverbund erzeugen zu können. Außerdem sollte die Keramik möglichst resistent gegenüber Zug- und Druckspannung sein (Layton und Clarke 2013). Aus diesen Gründen eignen sich Werkstoffe aus Silikatkeramik besonders gut für die Herstellung von Veneers, um von Eigenschaften, wie z. B. der Transluzenz und Frakturresistenz zu profitieren (Rinke 2011). Für die Anfertigung vollkeramischer Veneers stehen unterschiedliche Techniken zur Verfügung, wie Sintern, Pressen oder die computer aided design/computer aided manufacturing (CAD/CAM) unterstützte Fertigung (Kappert und Eichner 2008).

1.2.1 Keramische Werkstoffe für die Veneertechnik

Silikatkeramiken eignen sich aufgrund ihrer guten Kombination von ausreichender Dauerbiegefestigkeit und guter Transluzenz für die Fertigung von Veneers (Edelhoff 2015). Die Grundzusammensetzung der mehrphasigen Silikatkeramiken besteht aus Feldspat (60 – 80 %), Quarz (15 – 25 %) und Kaolin (0 – 5 %) (Kappert und Eichner 2008). Bei der Grundsubstanz handelt es sich somit um eine amorphe Glasmatrix, die für die positive lichtoptische Eigenschaft, die Transluzenz, verantwortlich ist (Rinke 2011). In die Glasmatrix wiederum sind Leuzitkristalle dispers integriert. Sie trüben die Keramik ähnlich der Zahnfarbe ein und verbessern die mechanischen Eigenschaften (Kern et al. 2012). Ihre Biegefestigkeit liegt zwischen 50 – 200 MPa und die Bruchzähigkeit bei unter 2,5 MPam (Pröbster und Groten 2006).

Die dentalen Silikatkeramiken lassen sich anhand ihrer Zusammensetzung in Feldspatkeramiken und Glaskeramiken unterscheiden.

1.2.1.1 Feldspatkeramik

Die Feldspatkeramik entsteht im Prozess des Sinterns aus pulverisiertem Feldspatglas (Rinke 2011). Die Feldspatphase, die in dem Fall der dentalen Silikatkeramiken hauptsächlich aus Kalifeldspat ($K[AlSi_3O_8]$) besteht, schmilzt beim Erhitzen nicht vollständig, sondern es kristallisieren sich Leuzitkristalle aus. Die Leuzitkristalle verleihen der Schmelze eine hohe Standfestigkeit und Viskosität., sodass beim Brennen der Keramik die Modellation nicht zerfließt (Kappert und Eichner 2008). Klassischerweise werden Feldspatkeramiken für die Verblendung von Metall- oder Keramikgerüsten verwendet. Sie erzielen hervorragende ästhetische Ergebnisse. Die Biegefestigkeit von Feldspatkeramiken liegt ca. bei 95 – 110 MPa. Die Bruchzähigkeit für Feldspatkeramiken befindet sich unter 0,7 MPam. (Kern 2016). Die geringe Biegefestigkeit der Verblendkeramik wird durch die Stabilität des Gerüstes und durch einen stabilen Haftverbund im Vorgang des Aufsinterns zwischen Metall und Keramik kompensiert (Fischer und Kappert 2011).

Für minimalinvasive Keramikveneers ist Feldspatkeramik ebenfalls geeignet. Die hohe Lichtdurchlässigkeit und die individuelle Modellation in unterschiedlichen Farbnuancen und Eintrübungsgraden ermöglichen dem Zahntechniker im Schlickerverfahren eine besonders natürliche Rekonstruktion der verlorengegangenen Zahnhartsubstanz. Veneers aus gesinterten Feldspatkeramiken zeigen jedoch die geringsten Festigkeitswerte. Die geringe mechanische Widerstandsfähigkeit der Feldspatkeramik erfordert eine adhäsive Befestigung an einem möglichst hohen Schmelzanteil, um die Stabilität des Veneers zu verbessern (Lohbauer et al. 2018). In der CAD/CAM-Technik sind Feldspatkeramiken in Form von z. B. Vitablocs Mark II (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) -Rohlingen auf dem Markt und stehen der Veneerherstellung zur Verfügung (Edelhoff 2015).

1.2.1.2 Glaskeramik

Glaskeramiken bestehen zunächst ausschließlich aus einer amorphen Glasphase. Mithilfe von nachträglicher Wärmezufuhr wird die Glasmatrix modifiziert und Leuzitkristalle lagern sich einheitlich in das Grundgerüst ein (Kelly und Benetti 2011). Leuzitkristalle weisen beim Abkühlen eine stärkere Schwindung auf als die umgebende Glasphase. Dadurch steht das ganze System unter einer inneren Druckspannung, die den von außen einwirkenden Kräften entgegenwirkt und somit die Zug- und Biegefestigkeit der Glaskeramik erhöht (Fischer und Kappert 2011). Während sich der Leuzitgehalt bei den Feldspatkeramiken auf 17 – 20 % beläuft, ist bei den leuzitverstärkten Glaskeramiken ein erhöhter Kristallanteil von 35 – 50 % vorzufinden (Kelly und Benetti 2011). Zu den beschriebenen leuzitverstärkten Glaskeramiken gehören beispielsweise IPS Empress (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und Cergo (DeguDent GmbH, Hanau, Deutschland) (Rinke 2011).

Ein weiterer Fortschritt in Bezug auf die mechanischen Festigkeiten von Glaskeramiken war die Entwicklung der Lithiumdisilikatkeramiken in den 90er Jahren (Rinke 2011). Der kristalline Anteil, bestehend aus Lithiumdisilikaten, bildet 70 % der Gesamtzusammensetzung der Glaskeramik (Pini et al. 2012). Daraus resultiert eine gesteigerte Biegefestigkeit, die sich bei um die 400 MPa befindet, und eine Bruchzähigkeit von 2,8 - 3,5 MPam. IPS e.max Press (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein), als ein Vertreter der Lithiumdisilikatkeramiken, eignet sich somit nicht nur für Einzelzahnkronen, sondern auch für kleinere Brückenkonstruktionen im Frontzahnbereich (Fischer und Kappert 2011; Albakry et al. 2003). Außerdem ist IPS e.max als Nachfolger der IPS Empress 2-Keramik aufgrund verbesserter lichteptischer Eigenschaften für vollkeramische Restaurationen geeignet (Kelly und Benetti 2011). IPS Empress 2 wurde dagegen vermehrt in der Gerütherstellung genutzt (Rinke 2011).

In der Veneertechnik bieten die Lithiumdisilikatkeramiken die höchsten Festigkeiten (Edelhoff 2015).

1.2.2 Herstellungstechniken für keramische Veneers

1.2.2.1 Sintern

Sintern beschreibt das Verdichten einer keramischen Rohmasse zu einem Festkörper (Kappert und Eichner 2008). Das Keramikpulver wird mit einer Modellierflüssigkeit vermischt und in wässriger Form mit einem Pinsel auf eine Platinfolie oder einen feuerfesten Stumpf additiv aufgetragen. So wird das Veneer im sogenannten Schlickerverfahren in Form und Farbe modelliert. Das Schlickerverfahren setzt ein hohes Maß an Erfahrung des Zahntechnikers voraus, weil viele Variablen, wie z. B. Konsistenz, Lufteinschlüsse oder Anzahl und Dauer der Brennzyklen, einen Einfluss auf die Qualität der Restauration haben (Lohbauer et al. 2018). Hinzu kommt, dass durch den Sinterbrand die Korngrößen abnehmen und die Hohlräume verdichtet werden. Dadurch ist eine Schrumpfung von bis zu

40 Vol.-% nach dem Brennen möglich, sodass eine entsprechende Übermodellation bedacht werden muss. Mithilfe dieser Herstellungsmethode sind hauchdünne Veneers von Schichtstärken unter 0,5 mm realisierbar (Kappert und Eichner 2008).

1.2.2.2 Pressen

Die Presstechnik funktioniert nach dem System, dass geschmolzene Keramik in eine Hohlform gepresst wird. Nach dem Lost-Wax-Prinzip wird eine Wachsmodellation der Veneerversorgung hergestellt, diese wird samt Angusskanal in die Einbettmasse eingebettet. Durch Wärmezufuhr wird das Wachs ausgetrieben, sodass eine Hohlform entsteht. Rohlinge aus Glaskeramik werden unter hohen Temperaturen zwischen 900 und 1100° C geschmolzen und in die Form eingepresst (Lohbauer et al. 2018). Die Presslinge sind durch den Hersteller bereits durchgesintert und verdichtet, sodass nur die Schrumpfung durch das Abkühlen zu erwarten ist (Gehre 2008; Fischer und Kappert 2011). Die gepressten Veneers können sowohl monolithisch, als auch in verblendeter Form eingesetzt werden. Die monolithische Herstellung verursacht aufgrund der einfarbigen Rohlinge eine Einschränkung in der ästhetischen Farbgestaltung (Edelhoff 2015; Fischer und Kappert 2011).

1.2.2.3 CAD/CAM

Keramische Veneers lassen sich heutzutage auch am Computer mittels Software planen und modellieren. Anschließend wird das virtuell designte Veneer subtraktiv aus vorgefertigten Blöcken gefräst. Auf dem Markt sind standardisierte vorgefertigte Blöcke erhältlich, die frei von internen Defekten sind und schmelzähnliche Transluzenzen aufweisen, jedoch zeigt die Farbgebung der standardisierten Blöcke noch wenig Individualität. Deshalb empfiehlt sich auch hier eine nachträgliche Bemalung (Pini et al. 2012; Fischer und Kappert 2011). Auf dem Markt sind unter anderem Cerec (Dentsply Sirona, Bensheim, Deutschland) und IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) für die CAD/CAM-Technik erhältlich (Kelly und Benetti 2011).

1.2.2.4 Individualisierungstechniken

Um einfarbig gepresste oder gefräste Veneers zu individualisieren, bietet es sich an, die Restaurationen in einem zweiten Schritt zu bemalen oder zu beschichten. Die Maltechnik eignet sich für eine natürlichere Gestaltung bei geringem Platzangebot und leichten farblichen Korrekturen. Die Schichttechnik eignet sich dagegen für aufwändigere Charakterisierungen. Es sollte ein Platzangebot von 0,6 – 0,8 mm vorhanden sein, damit eine Individualisierung des Veneers mithilfe von Verblendkeramik möglich ist (Bruguera et al. 2013).

Presskeramiken haben aufgrund ihrer optimierten mechanischen Eigenschaften gegenüber Sinterkeramiken den Vorteil, dass sie während der Anprobe und des Einsetzens einem geringeren Frakturrisiko ausgesetzt sind. Außerdem ist es auch nach Fertigstellung des

Veneers noch möglich, ästhetische Änderungen ohne größere Komplikationen vorzunehmen (Rinke 2011).

1.3 Klinisches Vorgehen für die Herstellung von keramischen Veneers

1.3.1 Präparationsformen

Die Präparationsform des Veneers ist ein ausschlaggebender und in der Literatur viel diskutierter Punkt für die Langlebigkeit der Restauration. Zu Beginn der Veneertechnik setzte man auf möglichst minimale bis gar keine Präparation der Zahnhartsubstanz. Lediglich für den Ausgleich stärkerer Farbveränderungen wurde die Präparation leicht vertieft, um bessere ästhetische Ergebnisse zu erzielen. Dennoch sollte sich auch da die Veneerpräparation möglichst nur auf den Schmelz begrenzen (Calamia 1983; Christensen und Christensen 1991; Shaini et al. 1997). Aufgrund des geringen Substanzabtrags kam es oftmals zu einer Überkonturierung der Veneers und zu ästhetischen Einbußen in der Farberscheinung. Außerdem wurden hohe Frakturnraten festgestellt (Walls et al. 2002).

Die systematische Präparation der Zahnhartsubstanz für Veneerversorgungen ist heutzutage gängig. Der Haftverbund verbessert sich deutlich außerhalb des aprismatischen, unpräparierten Schmelzes. Außerdem erleichtern angelegte Präparationsgrenzen das Positionieren der Veneers beim definitiven Einsetzen. Trotz verbesserter Dentinadhäsive sollten die Präparationsgrenzen möglichst im Schmelz liegen (Albanesi et al. 2016; Peumans et al. 2000; da Costa et al. 2013). Während früher hauptsächlich die Farbkorrektur von Zähnen die Indikation für Veneers darstellte, sind Veneers heute auch eine substanzschonendere Alternative zu Vollkronen. Für die Präparation keramischer Veneers liegt der Substanzabtrag der koronalen Struktur je nach gewähltem Präparationsdesign zwischen 3 % und 30 %. Der Substanzabtrag für eine keramisch verblendete Metallkrone liegt dagegen zwischen 63 % und 72 %. Der Verlust an Zahnhartsubstanz ist durch die Präparation für eine Vollkrone 2,4-mal größer als bei einem keramisch extendierten Veneer (Edelhoff und Sorensen 2002).

1.3.1.1 Vestibulärer Substanzabtrag

Der vestibuläre Substanzabtrag ist grundsätzlich abhängig von der Materialauswahl und der Herstellungstechnik. So erfordert eine Sinterkeramik einen Substanzabtrag von 0,4 – 0,5 mm und eine Presskeramik in Kombination mit der Maltechnik 0,5 – 0,6 mm Abtrag. Eine Presskeramik, die mithilfe der Schichttechnik modifiziert wird, benötigt einen vestibulären Mindestsubstanzabtrag von 0,6 – 0,8 mm (Rinke 2011).

In der Literatur variieren die Angaben zu den Präparationstiefen zwischen 0,3 mm und 1 mm. Es besteht der Konsens, dass die Präparation möglichst substanzschonend ausfallen sollte. Trotzdem ist darauf zu achten, dass genügend Platz besteht, um ein Veneer herstellen

zu können, sodass es zu keiner Überkonturierung des Zahnes kommt. Außerdem muss der Schmelz genügend präpariert sein, um einen bestmöglichen Haftverbund erzeugen zu können (Cöttert et al. 2009; Peumans et al. 2000). Die Schichtstärke des Veneers sollte ausreichend dimensioniert sein, um Verfärbungen der Zahnhartsubstanz suffizient kaschieren zu können. Dafür ist ein Mindestabtrag von 0,7 mm notwendig (Kern et al. 2012).

Bei der Präparation lässt sich eine Freilegung des Dentins oftmals nicht vermeiden. Die Dentinexposition wird in der Literatur als ein Faktor beschrieben, der die Überlebensrate der Veneers beeinflusst (Burke 2012). In welchem Umfang die Dentinfreilegung die Veneerrestorationen klinisch im Hinblick auf Überleben und Erfolg beeinflusst, ist jedoch noch nicht ausreichend geklärt (Morimoto et al. 2016).

Zur Einhaltung der gewünschten Präparationstiefen und des Präparationsdesigns sind Instrumente zur Tiefenmarkierung und die Verwendung von intraoralen Mock-ups sinnvoll (Gurel et al. 2013; Magne und Magne 2006).

1.3.1.2 Inzisalkantengestaltung

In der Literatur wird grundsätzlich in Bezug auf das inzisale Präparationsdesign zwischen Overlap- und Non-Overlap-Präparationen unterschieden (s. Abbildung 1). Hierbei handelt es sich um ein weit diskutiertes Thema, das bis heute zu keiner weitestgehenden Übereinstimmung geführt hat. Es wird diskutiert, inwiefern eine Reduktion der Inzisalkante notwendig ist und wie viel und in welcher Form sie eingekürzt werden sollte (Chai et al. 2018). Außerdem besteht die Problematik, dass die Präparationsformen in der Literatur nicht einheitlich klassifiziert wurden (Hong et al. 2017).

Die Non-Overlap-Präparationen können in gefensterte (window) und tangential (feathered-edge) Präparationsdesigns unterteilt werden. Die gefensterte Präparation zeichnet sich dadurch aus, dass die natürliche Inzisalkante aus Schmelz erhalten bleibt. Die Inzisalkante wird jedoch durch die unter ihr liegende Veneerpräparation strukturell geschwächt. Ein weiteres Problem dieser Präparationsform ist der Übergang zwischen Keramik und Schmelz. Dieser liegt sichtbar auf der Vestibulärfläche des zu versorgenden Zahnes und ist somit schwierig zu kaschieren (Chai et al. 2018).

Bei der tangentialen Präparationsform wird die Inzisalkante von vestibulär reduziert, ohne jedoch an Höhe des Zahnes zu verlieren. Dadurch sind die Veneers im Bereich der Inzisalkante nur hauchdünn und es besteht, z. B. bei Protrusionsbewegungen, das Risiko einer Fraktur (Walls et al. 2002).

Bei den Overlap-Präparationen wird zwischen der inzisal angeschrägten Form (bevel/butt-joint) und der palatinal angeschrägten Form (palatal-chamfer) unterschieden. Bei der inzisal angeschrägten Form wird die Inzisalkante je nach Literatur zwischen 0,5 mm (Calamia 1988) und 2 mm (Pini et al. 2012) eingekürzt. Die Präparation wird nach palatinal ausgedehnt und nach bucco-palatinal leicht angeschrägt. Dadurch soll das Einsetzen des Veneers erleichtert und die Ästhetik der Schneidekante optimiert werden, da der Übergang zwischen Keramik

und Schmelz auf der Palatalseite außerhalb des ästhetisch sichtbaren Bereichs liegt (Calamia 1988; Chai et al. 2018).

Das Palatal-Chamfer-Design findet Anwendung bei besonders dünnen Inzisalkanten oder bei geplanten Schneidekantenverlängerungen durch das Veneer. Die Präparation bezieht sich hier auf eine Inzisalkantenreduktion inklusive einer palatinalen Hohlkehle von 1 mm (da Costa et al. 2013; Chai et al. 2018).



A: Gefenstert B: Tangential C: Inzisale Anchrägung D: Palatinale Anchrägung

Abbildung 1: Präparationsdesigns inzisal und vestibulär; nach Chai et al. (2018) mit freundlicher Genehmigung des Elsevier-Verlags

Aktuelle Reviews können aufgrund der Datenlage kein inzisales Präparationsdesign in Bezug auf das klinische Überleben präferieren (Albanesi et al. 2016; Chai et al. 2018; Hong et al. 2017).

1.3.1.3 Präparationsgrenze

Deutliche Präparationsgrenzen helfen dem Zahntechniker, die Restauration präzise herzustellen und dem Zahnarzt beim definitiven Einsetzen, das Veneers zu repositionieren (Kern et al. 2012). Die zervikale Präparationsgrenze sollte supra- oder paragingival in Form einer klar abgrenzbaren Hohlkehle oder Stufe gestaltet werden, um einen suffizienten Abschluss zwischen Zahn und Veneer zu ermöglichen und keine marginalen Irritationen zu generieren (Cöttert et al. 2009; Edelhoff et al. 2018). Im zervikalen Zahndrittel sollte der Substanzabtrag 0,3 mm nicht überschreiten. Aufgrund der geringen Schmelzdicke in diesem Bereich verursachen tiefere Präparationen eine Freilegung von Dentin (Pini et al. 2012). Außerdem ist es wichtig, dass innerhalb der Präparationsgrenzen keine Kompositfüllungen vorzufinden sind. Die erhebliche Wärmeausdehnung der Kompositfüllungen im Vergleich zum Schmelz kann zu Spannungen in der Keramik des Veneers führen. Infolgedessen kann es zum Haftverlust oder zur Rissbildung im Veneer kommen. Aus diesem Grund sollten Kompositfüllungen vollständig von der Restauration eingefasst werden (Magne und Douglas 2000).

1.3.1.4 Approximale Extension

Für den Abschluss der Veneerpräparation nach approximal stehen ebenfalls unterschiedliche Designs zur Verfügung (s. Abbildung 2). Bezieht sich der Substanzabtrag ausschließlich auf die Vestibulärfläche des Zahnes, spricht man vom Short-Wrap-Design. Die Kontaktpunkte bleiben hierbei vollständig erhalten. Laterale Klebefugen verbleiben bei dieser minimalinvasiven Präparation jedoch im sichtbaren Bereich (Kern und Edelhoff 2014). Um die Präparation von der lateralen Betrachtung optisch zu verbessern, ist ein invasiveres Vorgehen notwendig (Rinke et al. 2013). Das Medium-Wrap-Design verschiebt die laterale Präparationsgrenze in den Interapproximalraum, ohne dabei den Kontaktpunkt aufzulösen. Der Übergang zwischen Veneer und Zahnhartsubstanz wird somit in den optisch nicht-sichtbaren Bereich verlagert (Kern und Edelhoff 2014). Sind umfangreichere Restaurationen mithilfe von Veneers geplant, wie z. B. der Schluss von Diastemata, Zahnformänderungen oder das Einbeziehen approximaler Füllungen, eignet sich das Long-Wrap-Design. Der Kontaktpunkt wird vollständig aufgelöst und die Präparation reicht zu ca. 2/3 in den Interapproximalraum hinein (Kern und Edelhoff 2014). Die Schmelzdicke im approximalen Bereich des Zahnes ist sehr gering, sodass eine Dentinfreilegung im Zuge der Long-Wrap-Präparation unausweichlich ist (Ferrari et al. 1992). Die ausgedehnteste Veneerpräparation stellt das Full-Wrap-Veneer-Design dar. Der Substanzabtrag wird anhand der Defektgröße bzw. aufgrund komplexer funktioneller Korrekturen auf die Palatinalfläche extendiert, sodass der Zahn zirkulär präpariert wird (Kern und Edelhoff 2014; Guess und Stappert 2008).

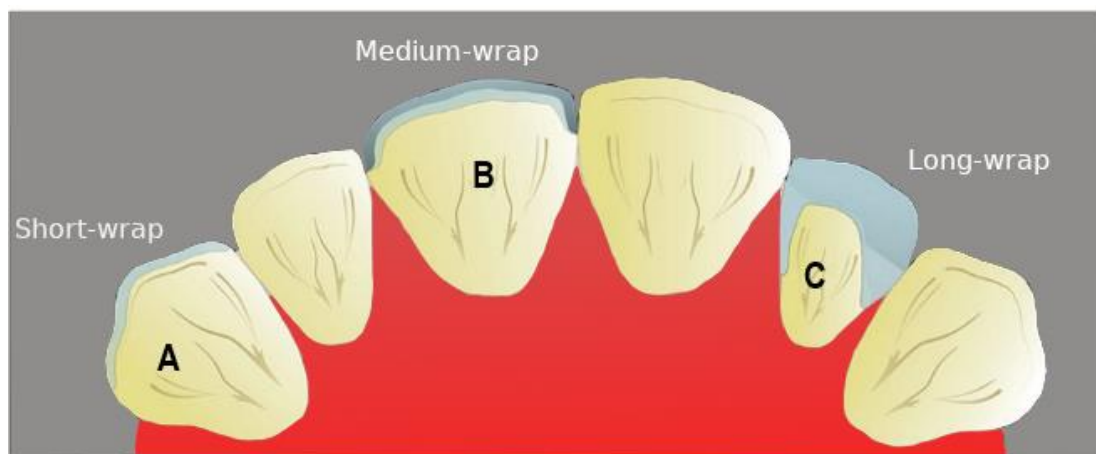


Abbildung 2: Approximale Präparationsdesigns; modifiziert nach Kern und Edelhoff (2014)

Extendierte Veneers wie die Long-Wrap- oder Full-Wrap-Präparation wurden bislang in nur wenigen Studien untersucht und insbesondere Daten zu Langzeitbeobachtungen (zehn Jahre oder länger) fehlen für diesen Indikationsbereich (Guess und Stappert 2008; Rinke et al. 2018). Ziel dieser Studie ist es, Langzeitdaten zu extendierten Veneers zu liefern.

1.3.2 Adhäsive Befestigung

Restaurationen aus keramischen Materialien, die eine Biegefestigkeit von unter 350 MPa aufweisen, sollten nach dem Leitfaden der Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V. (AG Keramik) möglichst adhäsiv befestigt werden (Kunzelmann 2014). Die adhäsive Zementierung silikatkeramischer Materialien am Schmelz ermöglicht eine Stabilisierung der verbliebenen Zahnhartsubstanz. Die Resistenz gegenüber äußeren mechanischen Faktoren wird erhöht (Kern et al. 2012). Konditionierungsprotokolle der keramischen Oberflächen und der Zahnhartsubstanz konnten auch in der Literatur gesteigerte Frakturresistenzen bei Feldspat- und Glaskeramikveneers zeigen (Petridis et al. 2012).

Adhäsive Befestigungszemente sind weniger opak als konventionelle Zemente und in verschiedenen Farbnuancen erhältlich, sodass diese die Ästhetik silikatkeramischer Veneers nicht beeinträchtigen. Außerdem sind Kompositzemente in der Lage, Undichtigkeiten an den Restaurationsrändern zu verringern und infolgedessen weniger Prädilektionsstellen für Sekundärkaries zu bieten (Tian et al. 2014).

Der Erfolg einer Veneerrestauration hängt unmittelbar von der Widerstandsfähigkeit und dem Haftverbund zwischen den drei Hauptkomponenten der adhäsiv befestigten Versorgung ab. Dieser Komplex setzt sich aus der Zahnoberfläche, dem Keramikveneer und dem Befestigungszement zusammen (Magne und Douglas 2000; Pini et al. 2012). Die Kombination aus der Konditionierung der Keramik, der Konditionierung der Zahnhartsubstanz mittels Schmelz-Dentin-Adhäsiv und der Verwendung eines adhäsiven Befestigungszements stellt in der Literatur die effektivste und langlebigste Befestigungsform dar (Edelhoff und Ozcan 2007; Layton und Walton 2007; Peumans et al. 1999).

1.3.2.1 Konditionierung des Zahnes

Die Verwendung adhäsiver Befestigungsmethoden ermöglicht es, Präparationen anzufertigen, die minimalinvasiv anstatt retentiv gestaltet werden können (van den Breemer et al. 2015). Die konventionelle Veneerpräparation sollte hauptsächlich auf den Schmelz begrenzt sein, jedoch werden je nach Extensionsgrad der geplanten Veneerrestauration Dentinareale exponiert. Ein Substanzabtrag von 0,5 mm im zervikalen Zahndrittel führt bereits bis zu 25 % Dentinexposition an der Gesamtpräparationsoberfläche (Cherukara et al. 2005). Die Konditionierung von Dentin stellt eine größere Herausforderung dar als die Konditionierung von Schmelz. Die Zusammensetzung des Dentins, welches aus einem höheren anorganischen Anteil und einem tubulären Aufbau besteht, erschwert es, den richtigen Grad zwischen Feuchtigkeit und Trockenheit der Oberfläche zu erzeugen, der für das Bonding notwendig ist (Pini et al. 2012).

Im Rahmen von in-vitro Studien zeigen Etch&Rinse Mehrschritt-Adhäsivsysteme höhere Mikroscherkräfte als selbststützende Bondingsysteme oder selbstadhäsive Zemente. Sie gelten als erprobtes und sicheres Verfahren zur adhäsiven Befestigung von Glaskeramiken (van den

Breemer et al. 2015). Eine in-vitro Studie ermittelt signifikante Unterschiede zwischen der Haftkraft von Befestigungsmaterialien im Schmelz und im Dentin. Für den Schmelz kann eine Überlegenheit der Haftwerte von einem dreischrittigen Adhäsivsystem in Kombination mit einem Kompositzement im Vergleich zu selbstadhäsiven Zementen nachgewiesen werden (Lührs et al. 2010). Der Schmelz wird für 30 Sekunden mit 37 %iger Orthophosphorsäure geätzt, sodass ein mikroretentives Schmelz-Ätzmuster entsteht. Die aktivierte Schmelzoberfläche kann einfacher vom Bonding benetzt werden (de Munck et al. 2005). Die Dentinoberfläche wird ebenfalls für 15 Sekunden mit Phosphorsäure geätzt, um die Schmierschicht, den sogenannten „smear layer“, zu entfernen. Die Schmierschicht entsteht auf der Dentinoberfläche, als Folge der Präparation und besteht aus Zellbestandteilen, Zellflüssigkeit und Hydroxylapatit (Nawareg et al. 2015). Die durch das Ätzen des Dentins freigelegten hydrophilen Kollagenfasern können nun mit Primer infiltriert werden. Die Fasern werden durch den Primer stabilisiert und der Übergang zum nächsten Schritt, dem Bonding, wird geschaffen. Das Bonding ist in der Lage, die Zwischenräume zwischen den Kollagenfasern aufzufüllen und eine Hybridschicht zu bilden. Die Hybridschicht ermöglicht dem hydrophoben Kompositzement, einen Verbund zum Zahn herzustellen (van den Breemer et al. 2015). Unter Verwendung von selbstätzenden Adhäsivsystemen können ähnliche Haftwerte im Dentin gemessen werden. Für eine verbesserte Randschlussqualität sollte der Schmelz zusätzlich selektiv mit Phosphorsäure geätzt werden, da die sauren Monomere der selbstätzenden Adhäsive nicht in der Lage sind den Schmelz adäquat zu konditionieren. Die Beschaffenheit des Randschlusses wird infolgedessen gemindert, sodass es zu Randverfärbungen kommen kann. Aus diesem Grund wird für ästhetisch hochwertige Keramikveneers die Total-Etch-Technik präferiert (van den Breemer et al. 2015; Lohbauer et al. 2008). Während des Konditionierungsvorgangs darf die Zahnoberfläche nicht mit Speichel und Feuchtigkeit kontaminiert werden, weshalb die Anwendung von Kofferdam obligat ist (Santos et al. 2013).

Das Immediate Dentin Sealing (IDS) wird in der Literatur als alternative Konditionierungstechnik beschrieben. Dentinareale sollen hierbei direkt nach der Präparation und vor der Abformung mit Adhäsiven konditioniert werden, um das Eindringen von Bakterien zu verhindern und Hypersensibilitäten zu vermeiden. Vor dem Einsetzen des Veneers muss darauf geachtet werden, dass die bereits konditionierte Oberfläche mit CoJet-Sand silikatisiert und anschließend silanisiert wird (Gresnigt et al. 2016). Großflächig exponierte Dentinareale (> 50 % Dentinexposition), die bei Window-Präparationen freigelegt wurden, profitieren vom IDS und weisen bessere Frakturresistenzen auf (576 ± 254 N) im Vergleich zur verzögerten Dentinkonditionierung zwei Wochen später (314 ± 137 N) (Gresnigt et al. 2016). Bei geringer Dentinexposition profitierte die Versorgung nicht von der IDS-Technik (Gresnigt et al. 2019b; Gresnigt et al. 2016).

Typische Behandlungsfehler, die bei der Konditionierung der Zahnhartsubstanz auftreten, sind zu langes Ätzen des Dentins, Austrocknung des geätzten Dentins bzw. fehlendes Wiederbefeuchten (rewetting) des Dentins nach Verwendung ethanol- oder acetonalhaltiger

Primer und die Missachtung der vom Hersteller vorgegebenen Einwirkzeiten. Diese Mängel gilt es, klinisch zu vermeiden (Pashley et al. 1992).

1.3.2.2 Konditionierung vorhandener Kompositfüllungen

Kompositfüllungen, die unter der Veneerrestauration liegen, führen ohne tribochemische Silikatisierung der Oberfläche mit beschichtetem Aluminiumoxidpulver zu schlechteren Überlebensraten der Veneers (Guess und Stappert 2008). Die Haftwerte von konditioniertem Dentin werden dagegen bei Kontakt mit silikatbeschichtetem Al_2O_3 signifikant schlechter. Konditioniertes Dentin muss also bei der Konditionierung von Kompositfüllungen abgedeckt werden oder mit der IDS-Technik (s. 1.3.2.1) vorkonditioniert sein (Onisor et al. 2007).

1.3.2.3 Konditionierung der Veneerkeramik

Die Konditionierung der Innenfläche des Veneers mit Flusssäure erzeugt ein mikroretentives Ätzmuster und ermöglicht einen chemischen Verbund zum Befestigungszement (Tian et al. 2014). Flusssäure (Fluorwasserstoffsäure) löst Füllpartikel aus der Glaskeramik und die entstehenden Unterschüsse vergrößern die Oberfläche des zu befestigenden Veneers (Pini et al. 2012; Della Bona und Kelly 2008). Das entstehende Ätzmuster ist abhängig von der Art und der Zusammensetzung der Keramik, von der Konzentration der Säure und der Ätzdauer (Tian et al. 2014). Für leuzitverstärkte Glaskeramiken empfiehlt es sich, die Veneerinnenseite für 60 Sekunden mit 9,5 %iger Flusssäure zu ätzen. Danach sollte die Säure mindestens eine Minute unter fließendem Wasser und anschließend für 30 Sekunden mit einem Luft-Wasser-Gemisch gesäubert werden, um Säurereste und gelöste Keramikbestandteile zu entfernen (Soares et al. 2005; Peumans et al. 2000). Alternativ können geätzte Keramiken auch im Ultraschallbad mit 95 %igem Alkohol, Aceton oder destilliertem Wasser gereinigt werden (Peumans et al. 2000).

Im nächsten Schritt wird das getrocknete Keramikveneer silanisiert. Bifunktionelle Gruppen des Silanhaftvermittlers stellen den Haftverbund zwischen Veneer und Befestigungszement her. Die enthaltenen Silangruppen binden an die angelösten Siliziumdioxide der Veneerinnenseite und die Methacrylatgruppen des Silanhaftvermittlers kopolymerisieren mit dem Adhäsiv (Peumans et al. 2000; Pini et al. 2012). Das Erhitzen der konditionierten Keramik, z. B. mit einem Fön, erhöht die Haftkraft. Nach Auftragen des Adhäsivs muss das Veneer lichtgeschützt aufbewahrt werden, damit ein vorzeitiges Aushärten verhindert wird. Außerdem ist die Kontamination mit Schleifresten, Latexhandschuhen, Speichel und silikonbasierten Fit-Checker-Pasten zu vermeiden, da diese die Haftkraft mindern (Peumans et al. 2000).

Flusssäure ist eine äußerst ätzende Säure und ist bei Kontakt mit der Haut bzw. der Schleimhaut, in der Lage, in Knochen und Blutgefäße vorzudringen. Sie kann sowohl lokal als auch systemisch Schaden verursachen. Deshalb werden in der Literatur z. B. Ammoniumpolyfluoride als Alternative zur Oberflächenmodifizierung genannt. Diese

erzeugen jedoch signifikant verminderte Haftwerte im Vergleich zu Oberflächen, die mit Flusssäure konditioniert wurden (Tian et al. 2014). Die Oberflächenkonditionierung von Glaskeramiken mittels Flusssäure und anschließender Silanisierung gilt bis heute aus wissenschaftlicher Sicht als Goldstandard (Matinlinna et al. 2018).

1.3.2.4 Befestigungszemente

Der adhäsive Befestigungszement bildet aus den konditionierten Oberflächen der Zahnhartsubstanz und des silikatkeramischen Veneers eine stabile Einheit. Sie zeigen gute Ergebnisse unter Zug- und Druckbelastung, sind abrasionsstabil und gelten als kaum löslich (Pilathadka und Vahalová 2007b). Für das Einsetzen konventioneller keramischer Veneers eignen sich lichthärtende und niedrigvisköse Kompositzemente. Diese sind in verschiedenen Farbnuancen erhältlich und bleiben auch während des Aushärtungsprozesses farbstabil. Die manuelle Steuerung der Polymerisation durch Lichtzufuhr ermöglicht dem Behandler eine längere Verarbeitungszeit, sodass Zementreste noch im weichen Zustand entfernt werden können (Blatz et al. 2003). Lichthärtende Befestigungszemente sind von der Schichtstärke der Restauration abhängig, um vollständig auspolymerisieren zu können. Eine unvollständige Aushärtung kann in der Mundhöhle zu einer Zersetzung des Zements führen. Daraus können sowohl ein vorzeitiger Verlust der Restauration, als auch eine Reizung der umgebenden Gewebe resultieren (da Silva et al. 2013). Bei Schichtstärken über 0,7 mm sollte deshalb auf dualhärtende Kompositzemente zurückgegriffen werden, die sowohl chemisch als auch lichthärtend auspolymerisieren. In der Literatur wird eine mögliche Farbunbeständigkeit während des chemischen Aushärtungsprozesses diskutiert (Peumans et al. 2000). Neben den lichthärtenden und den dualhärtenden gibt es auch selbsthärtende Befestigungszemente. Diese sind von hoch- bis niedrigviskös erhältlich (van den Breemer et al. 2015).

1.4 Literaturübersicht zur klinischen Bewährung von keramischen Veneers

Die konventionellen, vollkeramischen Veneerrestorationen wurden bereits in mehreren klinischen Studien untersucht, Überlebensraten ausgewertet (s. **Tabelle 3**) und Fehlerquellen analysiert. Veneers zeigen sich als zuverlässige Langzeitversorgungen in einem dokumentierten klinischen Alltag von bis zu 20 Jahren (Beier et al. 2012b). Bei der Auswertung der bislang publizierten klinischen Studien zeigte sich, dass in einem Beobachtungszeitraum von fünf Jahren ein relativ großer Datenpool besteht. Dagegen sind 10-Jahres-Daten noch deutlich seltener anzutreffen (Layton und Clarke 2013; Morimoto et al. 2016; Petridis et al. 2012; Layton et al. 2012).

In einer der ersten Meta-Analysen von 1998 konnte eine Überlebensrate von 92 % (95 % [CI]: 0,9 – 0,94) für Veneers aus Feldspatkeramik ausgewertet werden. In die Auswertung wurden 9 Studien einbezogen, deren Beobachtungszeiten sich auf einen Zeitraum von drei

Jahren beliefen (Kreulen et al. 1998). Layton et al. (2012) ermittelten eine 5-Jahres-Überlebensrate von 95,7 % (95 % [CI]: 0,929 – 0,984) für Feldspatkeramikveneers. Nach einer mittleren Beobachtungszeit von neun Jahren konnte in einem weiteren Review eine kumulierte Überlebenswahrscheinlichkeit von 87 % (95 % [CI]: 0,82 – 0,93) für feldspatkeramische Veneers ermittelt werden (Morimoto et al. 2016). Untersuchungszeiträume dreier Studien, die sich im Mittel auf 10-Jahres-Daten beliefen, wiesen heterogene Erfolgsraten zwischen 64 % und 95 % auf (Layton et al. 2012).

Veneers aus Glaskeramik wurden in Übersichtsarbeiten ebenfalls evaluiert. Nach fünf Jahren Beobachtungszeit belief sich die Überlebensrate auf 92,4 % (95 % [CI]: 0,898 – 0,95) unter Einbeziehung von vier Studien (Layton und Clarke 2013). Die Überlebenswahrscheinlichkeit glaskeramischer Veneers in einem gemittelten Untersuchungszeitraum von sieben Jahren betrug 94 % (95 % [CI]: 0,78 – 1) (s. Tab. 3). Die kumulative Überlebensrate von Feldspat- und Glaskeramikveneers in einem gemittelten Zeitraum von 9 Jahren wurde mit 89 % (95 % [CI]: 0,84 – 0,94) berechnet (Morimoto et al. 2016). Im Rahmen dieser systematischen Übersichtsarbeit zeigte sich, dass die Keramikart und die Beobachtungszeit in keinem signifikanten Zusammenhang zur Überlebensrate stehen (Morimoto et al. 2016). Es resultiert ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen Veneers aus Glas- oder Feldspatkeramik aus dem systematischen Review von Petridis et al (2012). In Bezug auf die inzisale Overlap-Präparation konnte ein erhöhtes Fehlerrisiko für Feldspatkeramiken im Vergleich zu Nicht-Feldspatkeramiken mit einer Hazard Ratio (HR) von 2,6 (95 % [CI]: 1,52 – 2,65) festgestellt werden (Hong et al. 2017).

Tabelle 3: Überlebensraten für feldspatkeramische und glaskeramische Veneers aus unterschiedlichen systematischen Übersichtsarbeiten und Meta-Analysen

Übersichtsarbeit	Mittlere Beobachtungszeit	Überlebensrate
Feldspatkeramik Veneers		
Kreulen et al. 1998	3 Jahre	92 % (95 % [CI]: 0,90 – 0,94)
Layton et al. 2012	5 Jahre	95,7 % (95 % [CI]: 0,929 – 0,984)
Morimoto et al. 2016	10 Jahre	87 % (95 % [CI]: 0,82 – 0,93)
Glaskeramik Veneers		
Layton und Clarke 2013	5 Jahre	92,4 % (95 % [CI]: 0,898 – 0,95)
Morimoto et al. 2016	7 Jahre	94 % (95 % [CI]: 0,78 – 1,00)
Feldspat- und Glaskeramik Veneers		
Morimoto et al. 2016	9 Jahre	89 % (95 % [CI]: 0,84 – 0,94)

Verschiedene Faktoren spielen für den Langzeiterfolg keramischer Veneers eine Rolle. Dazu gehören die richtige Indikationsstellung, die Herstellungstechnik, ein adäquates klinisches Vorgehen, die Erfahrungswerte des Behandlers und patientenspezifische Aspekte (Fradeani

et al. 2005; Layton und Clarke 2013; Petridis et al. 2012; Shaini et al. 1997; Swift und Friedman 2006a, 2006b).

Diskutiert wird in der Literatur die Auswirkung des Präparationsdesigns auf die Langlebigkeit des Veneers (Albanesi et al. 2016; Hong et al. 2017). Der Einbezug der Inzisalkante in die Veneerpräparation wurde systematisch ausgewertet und eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 88 % (95 % [CI]: 0,8 – 0,93) mit inzisaler Präparation und von 91 % (95 % [CI]: 0,8 – 0,93) ohne inzisale Präparation berechnet. Die Odds Ratio (OR) für eine Präparation mit Einbeziehung der inzisalen Kante betrug 1,25 im Vergleich zur Präparation ohne Einbeziehung der Inzisalkante. Dies bedeutet eine höhere Chance für eine technische Komplikationen unter Einbezug der Inzisalkante in die Präparation. Dieser Effekt ist allerdings nicht statistisch signifikant (Albanesi et al. 2016). Eine weitere systematische Übersichtsarbeit ermittelte ein signifikantes Ergebnis (HR: 1.81 (95 % [CI]:1.18 – 2.78)) in der zeitabhängigen Überlebensanalyse zwischen inzisaler und nicht-inzisaler Präparation. Der dichotome Vergleich (Risk Ratio (RR):1.04 (95 % [CI]:0.59 – 1.83)) stellte sich jedoch als nicht signifikant heraus. Aufgrund der limitierten Datenlage und der fehlenden signifikanten Daten in Bezug auf die inzisale Substanzreduktion ist kein erhöhtes Fehlerrisiko für eines der Präparationsverfahren zu erkennen (Hong et al. 2017).

Extendierte Veneers zeigen im Sinne vollkeramischer Frontzahnsteilkronen, welche proximale Defekte in der indirekten Restauration einbeziehen, erfolgsversprechende Ergebnisse (Rinke et al. 2018) (s. 1.5). Jedoch sind aktuelle Daten zu dieser speziellen Präparationsform mit hoher Dentinbeteiligung in der Literatur nur in einem geringen Ausmaß vorhanden (Cöttert et al. 2009; Gurel et al. 2013; Dumfahrt und Schäffer 2000). Die Überlebensrate für extendierte Overlap-Veneers lag bei 97,5 % nach sieben Jahren und die für Full-Veneers sogar bei 100 %. Diese ersten erfolgsversprechenden klinischen Ergebnisse müssen nun in weiteren Langzeitstudien verifiziert werden (Guess und Stappert 2008). Außerdem wird in der Literatur diskutiert, dass die gesteigerten mechanischen Widerstandskräfte der modifizierten dentalen Glaskeramiken eine verbesserte Widerstandsfähigkeit gegenüber dem flexibleren Dentin aufweisen (Layton und Clarke 2013; Morimoto et al. 2016; Petridis et al. 2012).

Mehrere Studien und Übersichtsarbeiten vermuten ein erhöhtes Fehlerrisiko im Zusammenhang mit zunehmenden freiliegende Dentin (Peumans et al. 2000; Swift und Friedman 2006a; Gurel et al. 2013; Chun et al. 2010; Cöttert et al. 2009). Eine retrospektive Studie ermittelte ein zehnfach erhöhtes Fehlerrisiko für Veneers, wenn die Präparationsränder im Dentin liegen (Gurel et al. 2013), während eine andere Studie die Präparationstiefe im Zusammenhang mit der Fehlerrate als nicht signifikant bewertete (Cöttert et al. 2009). Im Rahmen einer Metaanalyse konnte dazu bisher keine evidenzbasierte Aussage zur Auswirkung des exponierten Dentins getroffen werden, da passende Daten

zurzeit noch fehlen (Morimoto et al. 2016). Ziel dieser Studie ist es deshalb Daten zur Auswirkung von Dentinexposition zu schaffen.

Ein weiterer Risikofaktor für das Versagen keramischer Veneers ist der Einfluss patientenindividueller Faktoren wie Parafunktionen (Layton et al. 2012). Bei einem diagnostizierten Bruxismus ist das Misserfolgsrisiko signifikant erhöht und mit einer Hazard Ratio von 7,74 (95 % [CI]: 2,5 – 23,95) angegeben. Das Versagensrisiko ist somit um den Faktor 7,74 höher als bei Patienten ohne klinische Symptome von Bruxismus (Beier et al. 2012b). Für eine kumulative Berechnung des Einflusses von Bruxismus auf die Fehlerrate keramischer Veneers stehen bisher noch nicht genügend Daten zur Verfügung (Souza Melo et al. 2018). Nach Angaben der Literatur reduziert das Tragen von Aufbisschienen das Versagensrisiko von Veneers bei Bruxismuspatienten (Granell-Ruiz et al. 2014). Jedoch konnte auch hier der tatsächliche Einfluss auf das Fehlerrisiko in einer Meta-Analyse noch nicht berechnet werden, da spezifische Daten aus Nachuntersuchungen fehlen (Souza Melo et al. 2018). Außerdem ist nicht klar erkennbar, welche Einschlusskriterien in Studien ein Patient erfüllen musste, um als Bruxismuspatient eingestuft zu werden. Hier sollte differenziert werden, ob eine kranio-mandibuläre Dysfunktion (CMD) diagnostiziert wurde oder es sich um Schlaf- und/oder Wachbruxismus handelt. Die Vielgestaltigkeit des Bruxismus erschwert eine standardisierte Diagnose (Schmitter et al. 2015; Oesterreich 2018).

Biologische Faktoren wie die Vitalität des Zahns spielen bezüglich der Überlebensrate keramischer Veneers ebenfalls eine Rolle (Layton et al. 2012). Dies hat Auswirkungen auf die Therapieplanung endodontisch behandelter Zähne. Eine Studie ermittelte ein signifikant erhöhtes Fehlerrisiko für keramische Veneers an devitalen Zähnen mit einer HR von 0,21 (95 % [CI]: 0,08 – 0,54) (Beier et al. 2012b). Viele klinische Studien bewerten wurzelkanalbehandelte Zähne als Ausschlusskriterium für Veneerrestorationen, da die Indikation für eine Versorgung mit Vollkronen eher zutrifft. Die Versorgung endodontisch behandelter Zähne mit Veneers wird in der Literatur kontrovers diskutiert (Beier und Dumfahrt 2014; Layton und Walton 2012).

In der Literatur ist die Keramikfraktur, welche mit einem absoluten Versagen der Versorgung einhergeht, der häufigste Misserfolg keramischer Veneers. Die Frakturraten für Veneers befinden sich in etwa zwischen 1 % und 5 % (Morimoto et al. 2016; Peumans et al. 2000). Die kumulative Fraktur- und Chippingrate (Keramikabplatzung) unter Einbezug von zwölf Studien beträgt 4 % (95 % [CI]: 0,03 – 0,06) (Morimoto et al. 2016). Die Chippingraten liegen zwischen 1,2 % und 9 % in einem Zeitraum von fünf bis zehn Jahren (Fradeani et al. 2005; Guess und Stappert 2008).

Ein Retentionsverlust des adhäsiven Verbunds eines Veneers (Debonding) wurde mit Raten zwischen 0,7 % und 11 % angegeben (Fradeani et al. 2005, 2005; Granell-Ruiz et al. 2010; Guess und Stappert 2008). Morimoto et al. (2016) berechneten in einer Meta-Analyse aus zwölf Studien eine Rate von 2 % (95 % [CI]: 0,01 – 0,04) für das Debonding.

Weitere Fehlerursachen in der Literatur, deren Raten kumulativ berechnet wurden, sind Sekundärkarries 1 % (95 % [CI]: 0,01 – 0,07), endodontische Komplikationen 2 % (95 % [CI]: 0,01 – 0,05) und marginale Randverfärbungen 2 % (95 % [CI]: 0,01 – 0,1) (Morimoto et al. 2016).

1.5 Vorläuferstudien

Die Probanden dieser Studienreihe zu extendierten Veneers wurden bereits im Rahmen von Vorläuferstudien nachuntersucht. 2013 wurden die 3-Jahres- und 2018 die 7-Jahres-Beobachtungsdaten veröffentlicht. Während es in der Literatur viele Studien zu klassischen, minimalinvasiven Veneers gibt, sind Daten zu extendierten Veneers selten vorzufinden. Die Besonderheit dieser modifizierten Veneerform ist die erhöhte Dentinexposition auf der Präparationsoberfläche, die durch den Einbezug von größeren Defekten oder approximalen Füllungen in die Präparation zustande kommt, ohne direkt den massiven Substanzverlust für eine Vollkrone aufwenden zu müssen (Rinke et al. 2013; Rinke et al. 2018).

Bereits in der ersten Studienauswertung nach 36 Monaten wurde ein signifikanter Zusammenhang ($p = 0,026$) zwischen erhöhter Dentinexposition ($> 50\%$) und der klinisch notwendigen Intervention, der Erfolgsrate, festgestellt und die erhöhte Dentinexposition auf der Präparationsoberfläche von keramischen Veneers als Risikofaktor für Fehler identifiziert. Bei einer Hazard Ratio von 10,6 waren zehnmal mehr extendierte Veneers von einer technischen Komplikation betroffen als Veneers mit einer geringen Dentinexposition (Rinke et al. 2013). Dennoch sind in der Literatur nur selten Studien, die sich mit der Dentinexposition als Risikofaktor auseinandersetzen. Dementsprechend fehlen in diesem Zusammenhang Daten, um differenzierte Aussagen und Berechnungen in Form von Metaanalysen treffen zu können (Morimoto et al. 2016).

Die 7-Jahres-Auswertung 2018 konnte den signifikanten Einflussfaktor der Dentinexposition auf die Erfolgsrate bestätigen. Auf die Überlebensrate der Veneers konnte kein signifikanter Einfluss festgestellt werden. Die Gesamtüberlebensrate von 93,6 % zeigte sich vergleichbar mit metallkeramischen und vollkeramischen Kronen nach fünf Jahren (Rinke et al. 2018; Pjetursson et al. 2007).

In beiden Vorläuferstudien wurde der Einfluss der Veneerposition, besonders die Auswirkung mandibulärer Veneers, untersucht. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang in Bezug auf Überleben oder Erfolg von extendierten Veneers ermittelt werden (Rinke et al. 2013; Rinke et al. 2018).

Die 10-Jahres-Auswertung soll nun Daten zur Langzeitbeobachtung von extendierten Veneers liefern, da diese in der aktuellen Literatur nicht vorzufinden sind. Es ist von großem Interesse, wie sich der Risikofaktor Dentinexposition nach zehn Jahren auf das Überleben und den Erfolg der Veneers auswirkt und wie sich die Wirkgröße darstellt, um die Datenlücke zu schließen.

1.6 Ziel der Studie

Diese retrospektive Studie soll die Überlebens- und Erfolgsraten von extendierten keramischen Veneers, die in einer privaten Zahnarztpraxis angefertigt wurden, nach einer mittleren Beobachtungszeit von zehn Jahren ermitteln. Ursachen und Kofaktoren für Verlust und Intervention sollen identifiziert und analysiert werden. Ein besonderes Augenmerk liegt in dieser Studie auf dem Anteil der Dentinexposition ($< 50\%$ / $> 50\%$) der Veneerpräparation und deren Auswirkung. Auch der Einfluss des Orts der Veneerrestauration (maxillärer oder mandibulärer Frontzahnbereich) wird überprüft. In Anknüpfung an die Vorläuferstudien (s. 1.5) soll der Risikofaktor Dentinexposition und dessen Wirkgröße in Langzeitbeobachtung untersucht werden. Außerhalb universitärer Verhältnisse soll diese Studie Resultate aus der privaten Praxis liefern und einen Vergleich zu universitären Studiendaten bieten.

Die Daten aus der bestehenden Literatur werden mit den Ergebnissen dieser Studie in Zusammenhang gesetzt und diskutiert.

2 Material und Methoden

Nach Veröffentlichung der bereits erhobenen 3-Jahres-Daten von Rinke et al. (2013) und 7-Jahres-Daten von Rinke et al. (2018) (s. 1.5) wird die retrospektive Studie nun weitergeführt und die Daten der Veneers nach einer Mindestverweildauer von zehn Jahren ausgewertet.

Die Ethik-Kommission der Georg-August-Universität Göttingen genehmigte die Durchführung der Studie unter der Antragsnummer 16/1/09. Das Mitbeantragen einer Verlängerungsoption gewährleistete die Bewilligung der Studie ohne erneutes Ethikvotum.

2.1 Probanden

Die Probanden wurden in der Ober- und Unterkieferfront (13-23 und 33-43) mit Veneers aus heißgepresster leuzitverstärkter Glaskeramik Cergo (s. 2.1.4.1) versorgt. Die Eingliederung der Veneers fand in einem Zeitraum zwischen dem 11.03.2002 und dem 30.06.2008 in der Praxis PD Dr. S. Rinke und Dr. M. Jablonski statt.

37 Patienten wurden zwischen 2009 – 2010 erstmals für die Studie nachkontrolliert. 2014 fanden sich 31 Patienten zur Nachuntersuchung ein. Sechs Patienten konnten nicht weiter an der Studie teilnehmen, da vier von ihnen aus der Umgebung weggezogen, ein Patient schwer erkrankte und ein Patient verstarb. Zu der aktuellen Nachkontrolle sind 27 Probanden erschienen und vier weitere Dropouts mussten verzeichnet werden.

Im Zeitraum von Juli 2018 – Oktober 2018 wurden mit den Patienten der Studiengruppe erneut Termine zur freiwilligen Teilnahme an der Kontrolluntersuchung vereinbart. Die Einwilligungserklärungen wurden aktualisiert, sodass die Patienten ihre schriftliche Einwilligung zur Durchführung der Studie erteilten.

Nicht nur die Veneers wurden im Zuge der Untersuchung überprüft, sondern auch die Anamnese wurde aktualisiert und die Mundhöhle begutachtet.

Misserfolge und Interventionen, die vor der aktuellen Kontrolle bereits aufgetreten waren, wurden im Zuge der Datenerhebung anhand der Informationen aus der Patientenakte berücksichtigt, um die Überlebenszeit und die Erfolgsrate von Insertion der Veneers bis zum definierten Misserfolg genau bewerten zu können.

2.1.1 Datenverwaltung und -dokumentation

Die erhobenen Daten wurden mithilfe eines Datenerfassungsbogen (Clinical Report Form, CRF) dokumentiert (siehe 6.1). Die persönlich zuordenbaren Daten wurden anonymisiert, um den Datenschutzvorgaben gerecht zu werden. Nach der Auswertung der Patienteninformationen wurden diese nummeriert und die zugehörigen CRF-Bögen verschlüsselt. Die anonymisierten Daten wurden für die statistische Analyse in einem Tabellenkalkulationsprogramm (Excel, Microsoft, Redmond, USA) erfasst. Zugriff auf die Daten hatten lediglich der Leiter der Prüfung und die zugehörigen Prüfarzte. Außerdem

verwaltete der Leiter der Prüfung die CRF-Prüfbögen, indem er diese für 15 Jahre in einem Prüfordner archivierte.

2.1.2 Probandenauswahl vor Veneer-Versorgung

Das Ausgangsmaterial der retrospektiven Studie waren die Dokumentationen der durchgeführten Veneerbehandlungen, die entsprechend der Praxisstandards durchgeführt und protokolliert wurden. Die Patienten mussten, um an der Studie teilzunehmen, spezifische Einschlusskriterien erfüllen, die in **Tabelle 4** aufgeführt wurde. Zum Ausschluss aus der Studie führten Faktoren, die in **Tabelle 5** dargestellt wurden.

Tabelle 4: Einschlusskriterien zur Teilnahme an der Studie

Patientenkriterien	Veneerindikationen
freiwillige Teilnahme	ästhetische Korrekturen von Verfärbungen, Zahnfehlstellungen und Malformationen
Patient*in der Zahnarztpraxis PD Dr. S. Rinke und Dr. M. Jablonski	koronale Frakturen
keine funktionsdiagnostischen Auffälligkeiten	Diastemata
Zähne, die für eine Veneerversorgung geplant sind, müssen vital sein	morphologische Korrekturen (z. B. Verlängerung der Inzisalkante)
keine tiefen keilförmigen Defekte	insuffiziente multiple Kompositrestaurationen (als Alternative zur Vollkrone)
Kompositfüllungen, die sich maximal über zwei Flächen erstrecken, damit der Defekt vollständig in die Restauration einbezogen werden kann	
Regelmäßige (mindestens jährliche Teilnahme) an professionelle Prophylaxemaßnahmen und/oder Kontrolluntersuchungen	

Tabelle 5: Ausschlusskriterien der Studie

Patientenausschlusskriterien	Veneerkontraindikationen
nicht erreichte Volljährigkeit (unter 18)	devitale Zähne
Unverträglichkeiten/Überempfindlichkeiten	große keilförmige Defekte
Schwangerschaft	funktionsdiagnostische Auffälligkeiten
Immunsuppression	
Zustand nach Organtransplantation	
Indikation für Endokarditisprophylaxe	
Hepatitis A, B, C, TBC, HIV	
Nerven- oder Anfallsleiden	
Niereninsuffizienz	

2.1.3 Präparationsdesign und -durchführung

Das Präparationsdesign wurde individuell auf die klinische Situation angepasst, dennoch folgten alle Präparationen den folgenden Grundregeln:

Vestibulo-zervikal wurde eine Hohlkehle mit einem Substanzabtrag von 0,3 – 0,5 mm präpariert, wobei 0,3 mm mindestens erreicht werden mussten. Von vestibulär sollte eine Präparationstiefe von 0,5 – 0,7 mm erreicht werden (Mindestabtrag 0,5 mm). Die Reduktion von inzisal betrug 1,0 – 1,5 mm (Minimum 1,0 mm), wobei die Technik der Overlap-Präparation angewendet wurde, sodass ein 110° – 130°-Winkel zwischen Inzisal- und Labialfläche bestand (s. Abbildung 3). Bei maximaler Interkuspitation durfte der Antagonist keinen Kontakt auf der Präparationsgrenze des Overlaps aufweisen. Anderenfalls wurde die Hohlkehlen-Präparation nach palatinal ausgedehnt. Nach approximal wurden vorhandene Approximalkontakte durch extendierte Präparationsränder, auch Long-Wrap-Präparation genannt, aufgelöst, um diese später in Keramik zu modellieren. Befanden sich im Approximalraum eine Kompositfüllung, ein kariöser Defekt oder sollte ein Diastema geschlossen werden, so wurde die Präparation nach palatinal erweitert, um eine Restauration entsprechend der Morphologie zu ermöglichen (s. Abbildung 4).

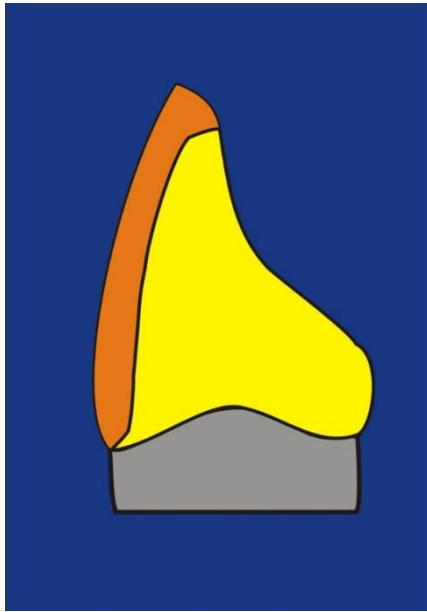


Abbildung 3: Schema der Veneer-Präparation in der Längsachse des Zahnes

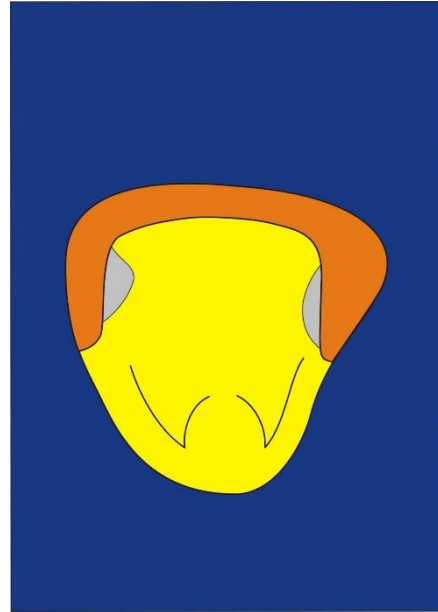


Abbildung 4: Schema der Veneer-Präparation; Ansicht von inzisal

Die Präparation und Eingliederung aller Veneers erfolgte durch denselben Behandler. Dabei verwendete er für die Präparation das Ergo-Präp-Set Nr. 4395 A der Firma Komet (Gebr. Brassler GmbH & Co. KG, Lemgo, Deutschland) (s. Abbildung 5). Mit einem Tiefenmarkierungsdiamanten setzte der Behandler auf der Vestibulärfläche drei horizontale Tiefenmarkierungen von 0,5 mm, um einen minimalinvasiven und gleichmäßigen Substanzabtrag sicherzustellen. Inzisal wurde die Tiefenmarkierung mit einem Diamanten von 1 mm Durchmesser vorgenommen.



Abbildung 5: Das Präparationsset; Ergo-Präp-Set Nr. 4395 A der Firma Komet (Gebr. Brassler GmbH & Co. KG, Lemgo, Deutschland)

Bei Patienten mit deformierten Zähnen oder mit geplanten Zahnstellungsänderungen durch Veneers wurde die Planung und Vorbereitung aufwändiger. Der Zahntechniker modellierte zunächst ein ideales Wax-up, dieses wurde zu einem Modell dubliert, worauf wiederum eine Tiefziehschiene angefertigt wurde. Mithilfe der Tiefziehschiene konnte intraoral ein Mock-up aus selbsthärtendem und zahnfarbenem Provisoriums-Kunststoff präsentiert werden. Mit Zustimmung des Patienten wurde anschließend über das Mock-up die Tiefenmarkierung, wie oben bereits beschrieben, vorgenommen und eine zahnschonende Präparation durchgeführt.

Des Weiteren galt es, die Präparationsränder überall in gesunder Zahnhartsubstanz enden zu lassen, kariöse Defekte mit suffizienten Aufbaufüllungen zu versorgen, scharfe Kanten zu brechen und die Präparation mit einem feinkörnigen Diamanten (30 µm Körnung) zu finieren.

Nach Abschluss der Veneerpräparation wurde die Dentinexposition im Bezug zur präparierten Fläche durch den Behandler bestimmt und folgender Skalierung zugeordnet:

Grad 1: weniger als 50 % Dentinexposition in Bezug zur präparierten Oberfläche

Grad 2: mehr als 50 % Dentinexposition in Bezug zur präparierten Oberfläche

Die Situation wurde in einem individualisierten Rimlock-Löffel mit einem Polyvinylsiloxan einzeitig und zweiphasig abgeformt.

Die präparierten Zähne wurden mithilfe eines selbsthärtenden Provisoriums-Kunststoffs (Luxatemp, DMG, Hamburg, Deutschland) mit Provisorien versorgt. Diese wurden über einen kleinen geätzten Punkt in der Präparation mit einem dünnfließenden lichthärtenden Komposit befestigt (Rinke et al. 2018).

2.1.4 Materialauswahl

2.1.4.1 Keramik

Alle Veneers wurden in ein- und demselben zahntechnischen Labor von erfahrenen Zahntechnikern angefertigt. Für die Herstellung wurde eine heißgepresste, leuzitverstärkte Glaskeramik (Cergo, DeguDent GmbH, Hanau, Deutschland) verwendet. Die Glaskeramik eignet sich aufgrund ihrer ästhetischen Eigenschaften für Restaurationen im sichtbaren Bereich. Cergo besitzt durch die Leuzitverstärkung ein zahnähnliches Abrasionsverhalten, ist sehr biokompatibel, besitzt eine Vickershärte von 470 – 530 HV_{0,2}, eine Hydrolysebeständigkeit von Gewichtsverlust < 100 µg/cm² und eine Bruchfestigkeit von 100 – 120 MPa (Herstellerangaben). Das glaskeramische Material kann laut Herstellerangaben für Veneers, Inlays, Onlays und Frontzahnkronen angewendet werden. Die Cergo-Keramik kann bei Bedarf mit Duceragold und Duceragold Kiss (DeguDent GmbH, Hanau, Deutschland) verblendet werden. Cergo ist nach Herstellerangaben

kontraindiziert bei Parafunktionen, Brückenkonstruktionen und tiefen subgingivalen Restaurationen. Eine in-vitro-Studie ermittelte für Cergo eine Biegefestigkeit von 152,22 MPa, eine Biegefestigkeit nach 9%iger Flusssäurebehandlung von 117,42 MPa und eine Bruchzähigkeit von 1,12 MPam (Gurram et al. 2014).

2.1.4.2 Adhäsive Befestigung

Cergo ist eine Glaskeramik mit einer Biegefestigkeit unter 350 MPA und muss aus diesem Grund mit einem adhäsiven Befestigungsmaterial eingesetzt werden (s. 1.3.2). Die verbliebene Zahnhartsubstanz wird durch die adhäsive Befestigung stabilisiert und die farbgebende Ästhetik im Vergleich zu konventionellen opaken Zementen erhöht.

Das adhäsive Einsetzen der keramischen Veneerrestaurationen fand unter der Verwendung von Kofferdam statt. Die präparierten Zähne wurden gereinigt und die Passung der Veneers kontrolliert.

Die Innenflächen der Veneers wurden mit 5%iger Flusssäure (Vita Ceramics Etch, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Deutschland) für 60 – 90 Sekunden konditioniert, für etwa 30 Sekunden mit Wasser abgesprüht und danach vollständig getrocknet. Im nächsten Schritt wurde die Veneerinnenseite mit Monobond S (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) silanisiert. Die vorbehandelten Veneers wurden abschließend mit einem lighthärtenden Ädhäsiv (Optibond FL Adhäsiv, Kerr Hawe, Karlsruhe, Deutschland) benetzt und bis zum Einsetzen lichtgeschützt aufbewahrt.

Die Schmelz- und Dentinoberflächen wurden mit 37%iger Phosphorsäure geätzt (Schmelz: 30 Sekunden; Dentin: 15 Sekunden), 30 Sekunden mit Wasser abgesprüht und trockengelegt. Als Nächstes wurde die Zahnhartsubstanz mit Optibond FL konditioniert, nur mit dem Unterschied, dass dieses Mal zuerst eine Schicht Primer auf das Dentin aufgetragen und leicht verblasen wurde. Erst dann wurde eine Schicht Adhäsiv einmassiert und verblasen. Optibond FL zeichnet sich durch seinen strukturellen Verbund aus, der durch einen 48 %igen Füllergehalt erreicht wird. Es besitzt laut Herstellerangaben eine hohe Röntgenopazität und erzielt zuverlässige Langzeitergebnisse.

Der Behandler wählte das Befestigungsmaterial auf der Basis der zur Verfügung stehenden Zementfarben unabhängig vom Produkt aus. Die dualhärtenden Befestigungskomposite Variolink (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) und Calibra (Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Deutschland) wurden jeweils passend zur klinischen Situation ausgewählt, sodass die beste farbliche Adaptation gewährleistet wurde. Im Mischungsverhältnis 1:1 wurden Base und Katalysator des Befestigungskomposits in der passenden Farbwahl angemischt. Im Anschluss wurde der Kompositzement auf die konditionierte Fläche des Zahnes aufgetragen, das Veneer platziert und ausgerichtet. Die Überschüsse des Komposits wurden beseitigt und jede Seite für 120 Sekunden mit einer Polymerisationslampe lichtgehärtet. Es wurden immer nur maximal zwei Veneers auf einmal eingegliedert.

Zum Abschluss wurde die Okklusion entsprechend des Ausgangsbefundes angeglichen, eine Front-Eckzahn-Führung eingestellt und Restaurationsränder kontrolliert und poliert.

2.2 Klinische Nachuntersuchung

Die klinische Nachuntersuchung der Veneers fand während der Routineuntersuchungen in einem Zeitraum von Juli 2018 bis Oktober 2018 in der Praxis PD. Dr. S. Rinke und Dr. M. Jablonski statt. In Anlehnung an die modifizierten Prinzipien des United States Public Health Service (USPHS) (Cvar und Ryge 2005) wurden die Veneers nachuntersucht und ausgewertet. Frakturen, Risse, Randverfärbungen und -undichtigkeiten, Farbveränderungen, Lockerungen des Veneers und Sekundärkaries wurden somit bei einem Auftreten sorgfältig dokumentiert. Die klinische Untersuchung erfolgte mit Spiegel, Sonde und Zahnseide. Die Vitalität der restaurierten Zähne wurde mit einem CO₂-Kältetest geprüft und die Sondierungstiefen erhoben. Für devitale Zähne wurde zusätzlich eine Zahnfilmaufnahme angefertigt. Die klinische Situation der Veneers wurde intraoral fotografisch festgehalten (s. Abbildung 6 und Abbildung 7).

Die gewonnenen Daten wurden in den Akten der Patienten dokumentiert und diese wiederum zur retrospektiven Auswertung hinzugezogen. Es wurden Geschlecht und Alter der Patienten ausgewertet und der Behandlungsverlauf seit der letzten Nachuntersuchung im Jahr 2014 dokumentiert. Die im Behandlungsverlauf vermerkten Ereignisse bezüglich der eingesetzten Veneerrestorationen wurden in die CRF-Bögen übertragen. Traten beispielsweise technische oder biologische Komplikationen auf, wurde dies in den zugehörigen, anonymisierten CRF-Bögen (s. 6.1) vermerkt. Außerdem wurden die aktuellen Sondierungstiefen der behandelten Zähne aufgenommen und in den Prüfbögen (CRF) vervollständigt.



Abbildung 6: Intraorale Aufnahme Veneer 21 von frontal



Abbildung 7: Intraorale Aufnahme Veneer 21 von palatinal

2.3 Statistische Auswertung

Das Überleben der Veneers wurde definiert, wenn im Untersuchungszeitraum kein absoluter Fehler auftrat und das Veneer sich somit mit oder ohne Intervention noch in situ befand. Der Untersuchungszeitraum setzte sich aus dem Zeitpunkt der Eingliederung des Veneers bis zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung zusammen. Ein absoluter Fehler lag dann vor, wenn ein Veneer vollständig ersetzt werden musste und infolgedessen der Untersuchungszeitraum dort endete. Ein Erfolg des Veneers wurde dadurch gekennzeichnet, dass seit dem Zeitpunkt des Einsetzens keine klinische Intervention notwendig war. Lag eine klinische Intervention am Veneer vor, wurde dies auch als relativer Fehler bezeichnet, z. B. Debonding, Karies oder endodontische Interventionen (Anusavice 2012; Rinke 2018).

Die Überlebens- und Erfolgsraten für extendierte Veneers in einem bestimmten Überlebenszeitraum wurden mittels Kaplan-Meier-Verfahren berechnet und graphisch dargestellt. Mittels Cox-Regressions-Modell wurde der Einfluss unabhängiger Variablen bis zum Eintritt eines Ereignisses analysiert. Unterschiedliche Befunde bei Patienten mit mehreren Veneers wurden durch die Varianz-Adjustierung berücksichtigt (Rinke 2018; Layton 2015).

Das Signifikanzniveau wurde für die statistische Auswertung auf $\alpha < 5\%$ festgelegt. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Statistik-Software R (Version 3.5.2; R Core Team 2018; <https://www.R-project.org/>) mit dem R-Package „prodlm“ für die Analyse von Überlebensraten.

2.3.1 Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier

Zeitabhängige Überlebenswahrscheinlichkeitsanalysen beurteilen Ereignisse innerhalb einer Studie in Abhängigkeit von der Zeit. Mit Beginn der Studie ist noch nicht abzusehen, wann das Ereignis, im Fall dieser Studie der Verlust oder die Reparatur eines extendierten Veneers, eintritt, sodass eine Zielvariable nicht zu einem definierten Zeitpunkt ermittelt werden kann. Mithilfe der Überlebenszeitanalyse kann stattdessen die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass zu einem bestimmten Zeitpunkt ein Ereignis eintritt. Ist das Ereignis bis zum Auswertungszeitpunkt noch nicht eingetreten, spricht man von einer zensierten Überlebenszeit (Goel et al. 2010; Ziegler et al. 2002).

Das Verfahren nach Kaplan-Meier beschreibt die Wahrscheinlichkeit des Überlebens in einem bestimmten Zeitintervall. Kennzeichnend für die Kaplan-Meier-Methode ist, dass die Zeitintervalle durch das Auftreten von Ereignissen definiert sind. Im Fall dieser Studie wird ein Zeitintervall mit dem absoluten Versagen eines Veneers in Bezug auf die Überlebensrate festgelegt. Für jedes Zeitintervall kann mithilfe der Kaplan-Meier-Methode die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, dass das Veneer überlebt und somit in situ verbleibt. Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Veneer bis zu einem bestimmten Zeitpunkt überlebt, setzt sich aus dem Gesamtprodukt der Wahrscheinlichkeiten der Zeitintervalle bis zu dem gewünschten Zeitpunkt zusammen. Die Kaplan-Meier-Methode ist auch dann geeignet,

wenn die Beobachtungszeiträume der einzelnen Probanden, wie in dieser Studie, variieren und nicht exakt identisch sind. So können auch Daten von Probanden, die nicht mehr an der Studie teilnehmen konnten (z. B. Tod oder Umzug), bis zum Zeitpunkt des Ausscheidens einbezogen werden. Auch unterschiedliche Rekrutierungszeiträume der Probanden können mithilfe der Kaplan-Meier-Analyse berücksichtigt werden. Außerdem ist die Einbeziehung zensurierter Überlebenszeiten möglich. Graphisch lässt sich die Kaplan-Meier-Kurve in einem Koordinatensystem darstellen (s. Abbildung 8), mit der Überlebenszeit auf der x-Achse und der Überlebenswahrscheinlichkeit auf der y-Achse (Ziegler et al. 2002; Bewick et al. 2004).

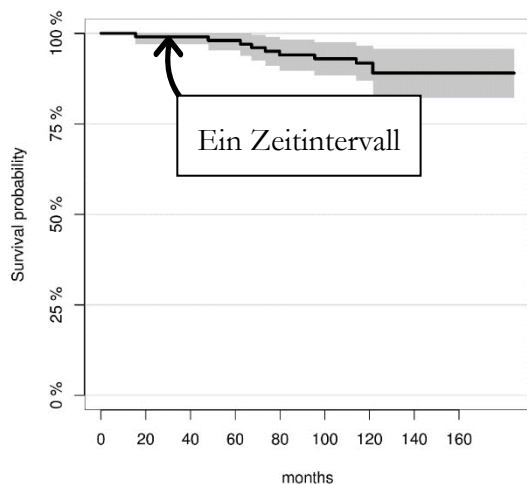


Abbildung 8: Kaplan-Meier-Kurve am Beispiel der 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit extenderter Veneers dieser Studie

Die Wahrscheinlichkeiten der Überlebenszeitanalyse sind in einem 95 %- Konfidenzintervall angegeben. Das Konfidenzintervall gibt an, dass die Überlebenswahrscheinlichkeit der Stichprobe sich in 95 % der Fälle im Rahmen des angegebenen Konfidenzintervalls befindet. Das Konfidenzintervall ist abhängig von der Größe der Stichprobe. Je mehr Studienteilnehmer nachuntersucht werden, desto präziser und somit kleiner ist der Rahmen des Konfidenzintervalls (Gardner und Altman 1986).

2.3.2 Cox-Regressionsanalyse

Das Cox-Modell ermittelt den Einfluss unabhängiger Variablen auf die Überlebenszeit. Im unmittelbaren Vergleich kann das Ausmaß des Einflusses zweier Variablen auf das Überleben berechnet werden. In dieser Studie handelt es sich um Zwei-Gruppen-Vergleiche. Zum einen wird der Effekt von Dentinexposition $< 50\%$ und $> 50\%$ und zum anderen der Einfluss der Veneerposition im Ober- und Unterkiefer untersucht. Aus dem Regressionskoeffizienten lässt sich die Hazard Ratio berechnen, die die Stärke des Einflusses der Variable widerspiegelt. Die Hazard Ratio gibt das Risiko an, dass ein Ereignis eintritt. Am Beispiel dieser Studie zeigt die Hazard Ratio, wie viel höher das Risiko für das Versagen

eines Veneers ist bei einer Dentinexposition $> 50\%$ im Vergleich zu Veneers, deren Substanzabtrag mit $< 50\%$ Dentinexposition einhergeht (Ziegler et al. 2004).

In dieser Studie wurden teilweise mehrere Veneers bei einem Probanden eingesetzt. Dadurch ist das Risiko erhöht, dass die Stichproben in Abhängigkeit geraten. Unterschiedliche Beobachtungen innerhalb eines Probanden wurden mithilfe einer adjustierten Varianz innerhalb des Cox-Regressionsmodell berücksichtigt und mit in die Analyse integriert.

3 Ergebnisse

3.1 Probanden

27 Patienten wurden nach einer mittleren Beobachtungszeit von 129,72 Monaten (Min.: 15,48 Monate; Max.: 184,69 Monate; Standardabweichung: 29,88 Monate) für eine Nachuntersuchung einbestellt. Die Geschlechterverteilung teilte sich in 17 weibliche (62,96 %) und zehn männliche (37,04 %) Probanden auf. Nach dem Ausscheiden von vier Probanden lag die Dropoutrate der aktuellen Nachuntersuchung bei 12,9 % und minderte vor allem die Anzahl der weiblichen Studienteilnehmer ($n = 3$) im Vergleich zu den männlichen Probanden ($n = 1$).

Das Alter der 27 Patienten lag zum Zeitpunkt der Eingliederung der Veneers im Durchschnitt bei 46,65 Jahren. Die Altersspanne belief sich dabei auf 23 bis 68 Jahre und die Altersverteilung der Probanden wurde in Abbildung 9 dargestellt.

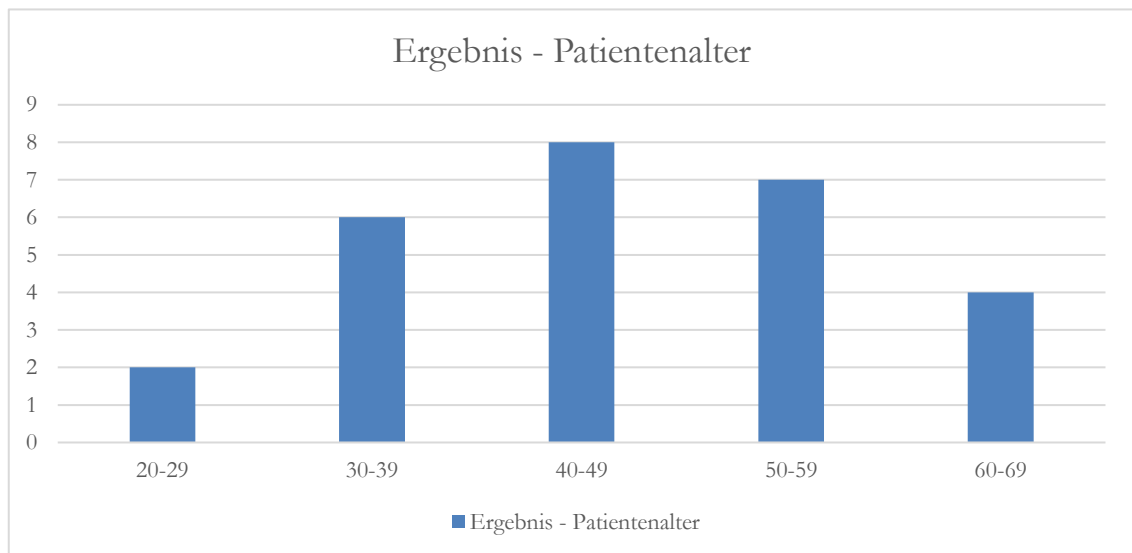


Abbildung 9: Die Verteilung des Alters der 27 nachuntersuchten Probanden zum Zeitpunkt der Veneeringliederung

3.2 Veneers

Die 27 Probanden wurden insgesamt mit 92 Veneers versorgt. Es wurden zwischen einem und zwölf Veneers pro Patienten inseriert, sodass die mittlere Veneeranzahl 3,4 pro Proband betrug. Davon befanden sich 56 Veneers im Oberkiefer und 36 Veneers im Unterkiefer (s. **Tabelle 6**). Bei 50 Veneers (54 %) wurden im Zuge der Präparation weniger als 50 % Dentin exponiert, und bei 42 Versorgungen (46 %) betrug der Anteil des exponierten Dentins mehr als 50 % der Präparationsoberfläche.

Tabelle 6: Verteilung der Veneerpositionen im OK und UK

Zahn	13	12	11	21	22	23
Anzahl	8	9	12	14	9	4
Anzahl	6	7	6	6	6	5
Zahn	43	42	41	31	32	33
Oberkiefer: n = 56 Unterkiefer: n = 36 gesamt: n = 92						

3.3 Befestigungszemente

Die Veneers wurden mit den Befestigungszementen Variolink (n = 43) und Calibra (n = 49) eingesetzt. In Bezug auf das Versagen des Veneers oder im Zuge einer notwendigen Intervention wurde in früheren Auswertungen dieser Studiendaten kein signifikanter Unterschied festgestellt.

3.4 Verlust- und Überlebensraten

Die Kaplan-Meier-Analyse wurde angewendet, um die zeitabhängige Überlebensrate der extendierten Veneerversorgungen zu ermitteln. Die Wahrscheinlichkeit wurde ermittelt, dass ein Veneer in einem Zeitintervall (Monat) nicht absolut versagte. Die Gesamtüberlebensrate der nachuntersuchten extendierten Veneers in einem Zeitintervall von zehn Jahren lag bei 91,8 % (95 % [CI]: 0,87 – 0,97). In der folgenden Tabelle (s. **Tabelle 7**) wurden die mittleren Überlebenszeiträume in Monaten mit den entsprechenden Überlebensraten angegeben und in Abbildung 10 graphisch dargestellt.

Tabelle 7: Überlebenswahrscheinlichkeiten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren bei zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall

Zeit (Monate)	Überleben	Konfidenzintervall (CI)
60	0,9802	[0,953 , 1]
72	0,9604	[0,9247 , 0,9961]
84	0,9403	[0,8973 , 0,9832]
96	0,9299	[0,8835 , 0,9764]
108	0,9299	[0,8835 , 0,9764]
120	0,918	[0,8694 , 0,9667]
132	0,8902	[0,8227 , 0,9577]

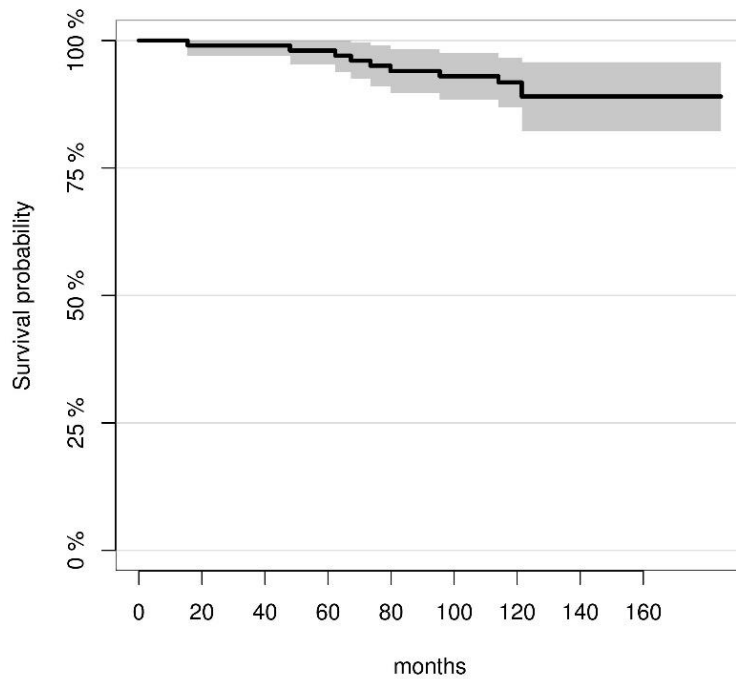


Abbildung 10: Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit von keramischen Veneers in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten)

3.4.1 Faktor Veneerposition (OK/UK)

Nach einer Mindestverweildauer von zehn Jahren wurde auch die spezifische Überlebensrate für Veneers im Ober- und Unterkiefer statistisch ausgewertet. Die differenzierte Überlebensrate betrug im Oberkiefer 91,9 % und im Unterkiefer 91,7 % (s. **Tabelle 8** und **Abbildung 11**).

Tabelle 8: Überlebenswahrscheinlichkeiten in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren von Veneers im Oberkiefer und Unterkiefer mit zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall

Parameter	Zeit (Monate)	Überleben	Konfidenzintervall (CI)
Regio: OK	60	0,9692	[0,9282 , 1]
	72	0,9692	[0,9282 , 1]
	84	0,9538	[0,9038 , 1]
	96	0,9374	[0,8798 , 0,995]
	108	0,9374	[0,8798 , 0,995]
	120	0,9187	[0,8581 , 0,9792]
	132	0,8703	[0,7773 , 0,9633]
Region: UK	60	1	[0 , 1]
	72	0,9444	[0,8841 , 1]
	84	0,9167	[0,8498 , 0,9835]
	96	0,9167	[0,8498 , 0,9835]
	108	0,9167	[0,8498 , 0,9835]
	120	0,9167	[0,8498 , 0,9835]
	132	0,9167	[0,8498 , 0,9835]

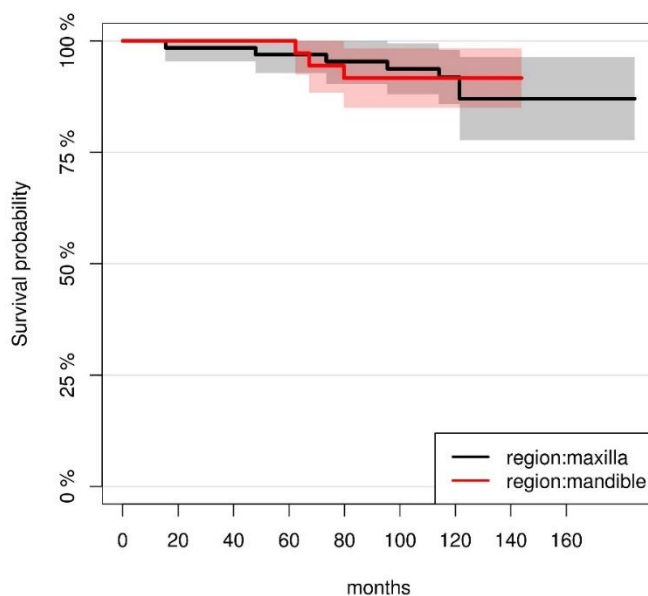


Abbildung 11: Überlebenswahrscheinlichkeit von Veneers im Ober- und Unterkiefer in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten)

3.4.2 Faktor Dentinexposition

Ein weiterer Aspekt dieser Studie war die Untersuchung des Einflusses der Dentinexposition auf die Überlebenswahrscheinlichkeit nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren. Die Veneers wurden je nach Grad der Dentinfreilegung in die Gruppe Dentinexposition < 50 % oder Dentinexposition > 50 % der Präparationsoberfläche unterteilt (s. 2.1.3). Die Überlebensrate für Veneers mit weniger als 50 % Dentinexposition

betrug 92,5 % nach zehn Jahren, die für Veneers mit mehr als 50 % Dentinfreilegung betrug 90,1 % (s. **Tabelle 9** und Abbildung 12).

Tabelle 9: Überlebensraten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren mit Dentinexposition < 50 % und > 50 % sowie dem zugehörigen 95 %- Konfidenzintervall

Parameter	Zeit (Monate)	Überleben	Konfidenzintervall (CI)
Dentinexposition < 50 %	60	0,9821	[0,9475 , 1]
	72	0,9643	[0,9176 , 1]
	84	0,9464	[0,89 , 0,9977]
	96	0,9464	[0,89 , 0,9866]
	108	0,9464	[0,89 , 0,9866]
	120	0,9249	[0,8609 , 0,9866]
	132	0,8985	[0,8207 , 0,9929]
Dentinexposition > 50 %	60	0,9778	[0,9366 , 1]
	72	0,9556	[0,8993 , 1]
	84	0,9328	[0,8679 , 0,9977]
	96	0,9095	[0,8324 , 0,9866]
	108	0,9095	[0,8324 , 0,9866]
	120	0,9095	[0,8324 , 0,9866]
	132	0,8801	[0,7674 , 0,9929]

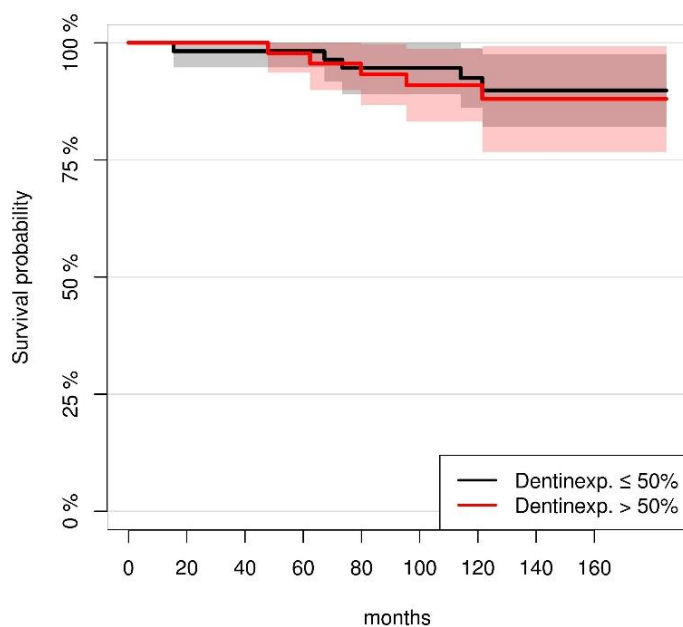


Abbildung 12: Überlebenswahrscheinlichkeiten von Veneers mit Dentinexposition < 50 % und > 50 % in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten)

3.4.3 Cox-Regressionsanalyse

Um den Einfluss der Variablen „Veneerposition“ und „Dentinexposition“ in Bezug zur Überlebensrate der Veneers abschätzen zu können, wurde eine Cox-Regressionsanalyse durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde für die statistische Auswertung auf $\alpha = 5\%$ festgelegt (s. 2.3.1). Das Ergebnis der Cox-Regressionsanalyse besagte, dass weder die Region der Eingliederung (OK/UK), noch der Grad der Dentinexposition einen signifikanten Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der nachuntersuchten Veneers ausübten, da beide p-Werte (0,5787 und 0,761) deutlich über dem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ lagen: Es wurde die Nullhypothese beibehalten, dass die Veneerposition im UK und Dentinexposition $> 50\%$ keinen Einfluss auf die Überlebensrate hatte. Die HR von 1,22 (HR > 1) in Bezug auf die Dentinexposition $> 50\%$ bedeutete allerdings, dass die Wahrscheinlichkeit für einen absoluten Fehler um das 1,22-Fache erhöht war, wenn auch nicht signifikant (s. **Tabelle 10**).

Tabelle 10: Ergebnisse der multivariaten Cox-Regression für das Überleben der Veneers in Bezug auf die Veneerposition und die Dentinexposition

Parameter	Coef	Hazard Ratio	CI.HR	P
Region UK	-0,3242	0,7231	[0,2302 , 2,271]	0,5787
Dentinexposition $> 50\%$	0,1989	1,22	[0,3387 , 4,3951]	0,761

Modellkoeffizient (Coef), Konfidenzintervall der Hazard Ratio (CI.HR), Signifikanz (p)

3.5 Erfolgsraten

Auch die interventionsfreie Überlebenswahrscheinlichkeit, die sogenannte Erfolgsrate, wurden mithilfe der Kaplan-Meier-Analyse ermittelt. In einem Zeitintervall von zehn Jahren betrug die Gesamterfolgsrate 78.6 % (95 % [CI]: 0.70 - 0.88) (s. **Tabelle 11** und Abbildung 13).

Tabelle 11: Erfolgswahrscheinlichkeiten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren bei zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall

Zeit (Monate)	Überleben	Konfidenzintervall (CI)
60	0,92	[0,8609 , 0,9791]
72	0,88	[0,8128 , 0,9472]
84	0,8498	[0,7698 , 0,9297]
96	0,8083	[0,7196 , 0,897]
108	0,7979	[0,7065 , 0,8894]
120	0,7859	[0,6959 , 0,8759]
132	0,7568	[0,6509 , 0,8626]

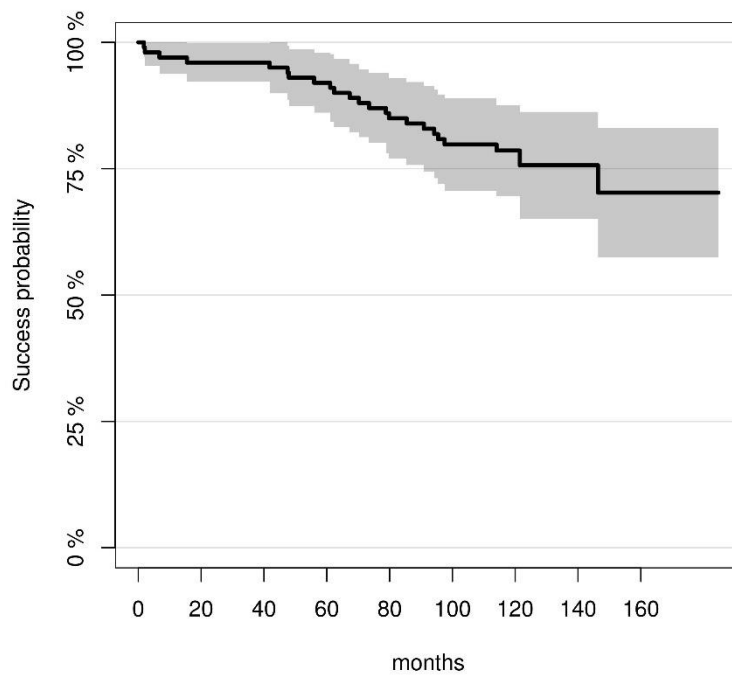


Abbildung 13: Gesamterfolgsraten von keramischen Veneers in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten)

3.5.1 Faktor Veneerposition (OK/UK)

Für den Oberkiefer und Unterkiefer wurden ebenfalls die spezifischen Erfolgsraten in einem minimalen Beobachtungszeitraum von zehn Jahren ermittelt und betragen im Oberkiefer 74,7 % und im Unterkiefer 85,7 %. Die Werte der Erfolgswahrscheinlichkeiten wurden tabellarisch und graphisch dargestellt (s. **Tabelle 12** und Abbildung 14).

Tabelle 12: Erfolgsraten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren im Oberkiefer und Unterkiefer mit zugehörigem 95 %- Konfidenzintervall

Parameter	Zeit (Monate)	Überleben	Konfidenzintervall (CI)
Region: OK	60	0,8923	[0,8094 , 0,9752]
	72	0,8615	[0,7693 , 0,9538]
	84	0,8308	[0,7194 , 0,9421]
	96	0,7656	[0,6432 , 0,888]
	108	0,7656	[0,6432 , 0,888]
	120	0,7469	[0,6304 , 0,8634]
	132	0,6954	[0,5553 , 0,8355]
Region: UK	60	0,9714	[0,9223 , 1]
	72	0,9143	[0,8512 , 0,9774]
	84	0,8857	[0,824 , 0,9474]
	96	0,8857	[0,824 , 0,9474]
	108	0,8571	[0,768 , 0,9462]
	120	0,8571	[0,768 , 0,9462]
	132	0,8571	[0,768 , 0,9462]

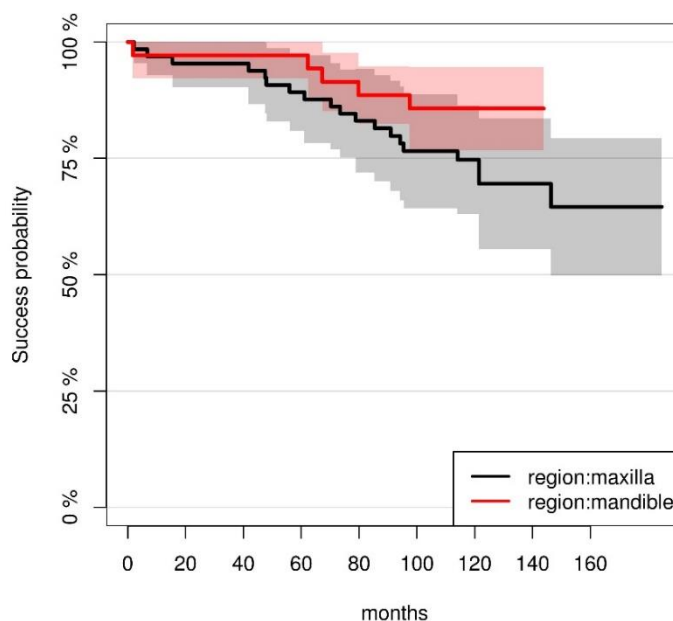


Abbildung 14: Erfolgswahrscheinlichkeit von Veneers im Ober- und Unterkiefer in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten)

3.5.2 Faktor Dentinexposition

Die spezifischen Erfolgsraten für die unterschiedlichen Grade an Dentinexposition wurden ebenfalls in einem 10-Jahres-Intervall berechnet. Für eine Dentinexposition $< 50\%$ wurde eine Erfolgsrate von $86,9\%$ ermittelt, und für eine Dentinexposition $> 50\%$ eine Erfolgswahrscheinlichkeit von $68,0\%$ (s. **Tabelle 13** und Abbildung 15).

Tabelle 13: Erfolgsraten von Veneers in einem Zeitraum von fünf bis elf Jahren mit Dentinexposition $< 50\%$ und $> 50\%$ sowie dem zugehörigen 95 %- Konfidenzintervall.

Parameter	Zeit (Monate)	Überleben	Konfidenzintervall (CI)
Dentinexposition $< 50\%$	60	0,9821	[0,9475 , 0,9571]
	72	0,9643	[0,9176 , 0,9047]
	84	0,9464	[0,89 , 0,8745]
	96	0,8908	[0,8091 , 0,8549]
	108	0,8908	[0,8091 , 0,8399]
	120	0,869	[0,7845 , 0,8399]
	132	0,8419	[0,7288 , 0,8218]
Dentinexposition $> 50\%$	60	0,8409	[0,7247 , 0,9571]
	72	0,7727	[0,6407 , 0,9047]
	84	0,7273	[0,5801 , 0,8745]
	96	0,7038	[0,5528 , 0,8549]
	108	0,6804	[0,5208 , 0,8399]
	120	0,6804	[0,5208 , 0,8399]
	132	0,6494	[0,4771 , 0,8218]

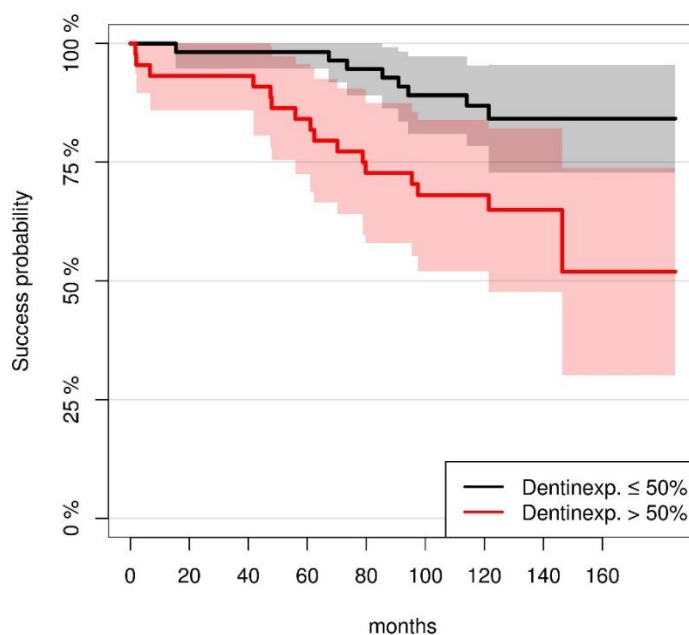


Abbildung 15: Erfolgswahrscheinlichkeiten von Veneers mit Dentinexposition $< 50\%$ und $> 50\%$ in Abhängigkeit von der Zeit (in Monaten).

3.5.3 Cox-Regressionsanalyse

Die Cox-Regression ergab ein signifikant erhöhtes Risiko für eine notwendige klinische Intervention zum Funktionserhalt bei einer Dentinfreilegung von mehr als 50 %. Der p-Wert von 0,0191 unterschritt das Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ deutlich und die HR von 2,98 zeigte, dass das Risiko für eine klinische Intervention bei Dentinexposition $> 50\%$ um das

2,98-fache erhöht war. Die Position des Veneers beeinflusst dagegen die Erfolgsrate nicht signifikant (s. **Tabelle 14**).

Tabelle 14: Ergebnisse der multivariaten Cox-Regression für den Erfolg der Veneers in Bezug auf die Veneerposition und die Dentinexposition (De).

Parameter	Coef	Hazard Ratio	CI.HR	p
Region UK	-0,7709	0,4626	[0,2098, 1,0198]	0,056
Dentinexposition > 50%	1,092	2,98	[1,1957, 7,427]	0,0191

Modellkoeffizient (Coef), Konfidenzintervall der Hazard Ratio (CI.HR), Signifikanz (p)

3.6 Absolute und relative Fehler

Nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren traten bei einer Anzahl von 92 Veneers 23 Fehler auf. Es wurden absolute Fehler (n = 10), die mit dem Verlust des Veneers einhergingen, und Komplikation (n = 13), die klinische Intervention benötigten, unterschieden (s. **Tabelle 15**). Im Zeitraum zwischen der 7-Jahres-Kontrolle 2014 und der aktuellen Nachuntersuchung von 2018 kamen drei neue Verluste/Interventionen hinzu. Zwei Keramikfrakturen erhöhten die Frakturnrate auf 9,7 %, und eine neu hinzugekommene Rezementierung erhöhte die Debondingrate ebenfalls auf 9,7 %. Neun Veneers lösten sich (OK = 7 und UK = 2) und mussten rezementiert werden. Von den 23 Ereignissen, die evaluiert wurden, traten 18 im Oberkiefer und fünf im Unterkiefer auf. Acht traten bei einer Dentinexposition < 50 % auf und 15 bei einer Dentinexposition > 50 %. Marginale Diskolorationen sind nicht hinzugekommen.

Tabelle 15: Gründe für absolute Fehler und klinische Interventionen

Absolute Fehler (n = 10)	Anzahl pro absolutem Fehler	Relation zur Gesamtanzahl der Veneers
Fraktur	9	9,7 %
Biologische Komplikation	1	1,1 %
Komplikationen mit klinischer Intervention (n=13)	Anzahl pro Intervention	Relation zur Gesamtanzahl der Veneers
Rezementierung	9	9,7 %
Endodontie	1	1,1 %
Kompositfüllung (Karies)	2	2,2 %
Politur kleiner Keramikfrakturen	1	1,1 %
Total (Fehler + Komplikationen)	23	23,7 %

3.7 Jährliche Fehlerraten

Die Studiengruppe wurde bereits in Vorläuferstudien nach drei und sieben Jahren und nun in dieser Studie nach einer Mindestbeobachtungszeit von zehn Jahren evaluiert. Aus den Ergebnissen zur Gesamtfehlerrate, Gesamtinterventionsrate und der Interventionsrate bezogen auf die Dentinexposition ließen sich jährliche Fehlerraten zu jeder der drei Kontrollstudie berechnen.

3.7.1 Jährliche Gesamtfehlerrate

Die jährliche Gesamtfehlerrate der 3-Jahres-Nachkontrolle lag ausgehend von einer Gesamtüberlebensrate von 95,1 % bei 0,41 %. 0,58 % betrug die Fehlerrate der 7-Jahres-Studie ausgehend von einer Überlebensrate von 93,6 %. Die jährliche Fehlerrate der aktuellen 10-Jahres-Studie belief sich auf 0,68 % bei einer Gesamtüberlebensrate von 91,8 % (s. Abbildung 16).

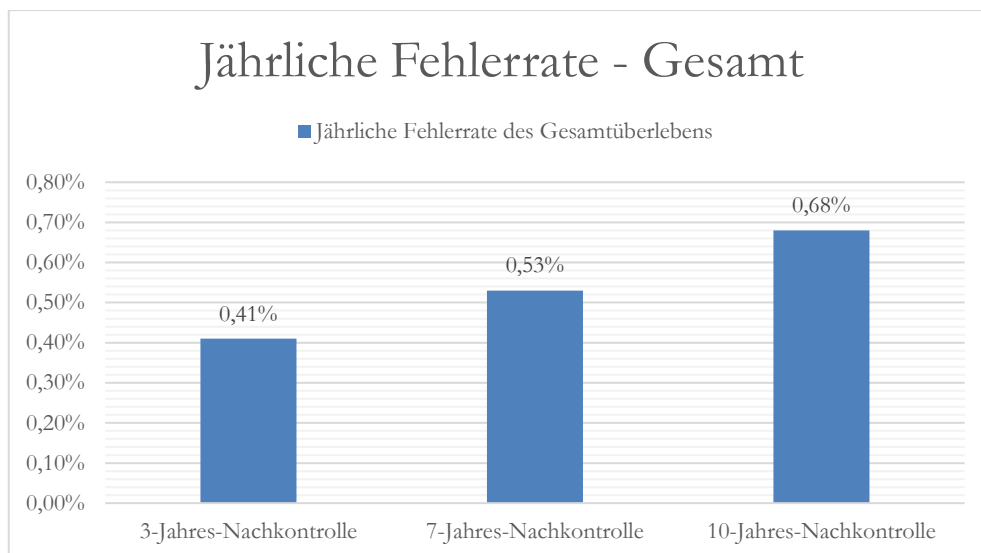


Abbildung 16: Graphische Darstellung der jährlichen Gesamtfehlerrate der 3-, 7- und 10-Jahres-Nachkontrolle

3.7.2 Jährliche Gesamtinterventionsrate

Die jährliche Gesamtinterventionsrate für die Studiauswertung nach drei Jahren betrug 0,6 %, nach sieben Jahren 1,31 % und nach zehn Jahren 1,78 % (s. Abbildung 17).

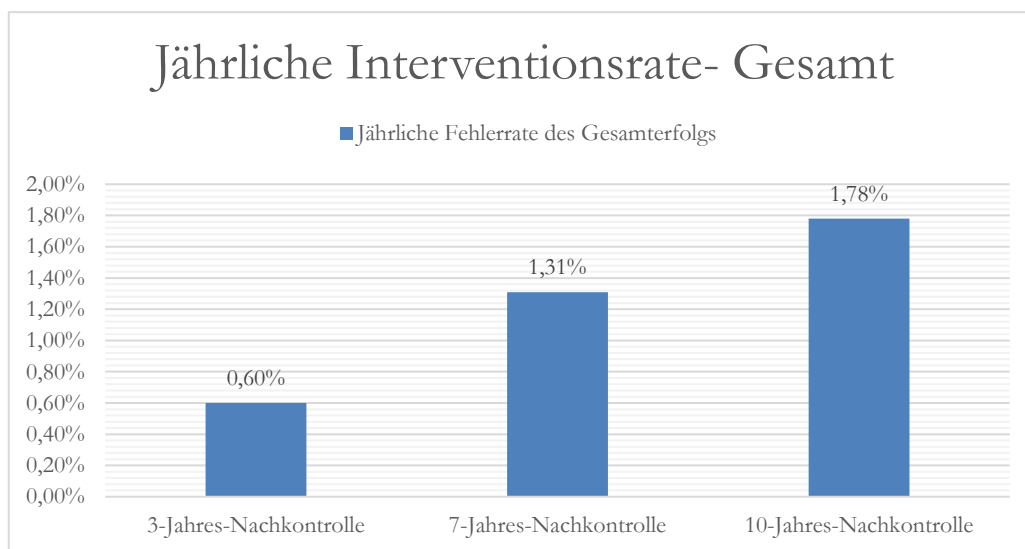


Abbildung 17: Graphische Darstellung der jährlichen Interventionsrate der 3-, 7- und 10-Jahres-Nachkontrolle

3.7.3 Jährliche Interventionsrate in Bezug auf die Dentinexposition

Die jährliche Interventionsrate bezogen auf den Grad der Dentinexposition lag bei Veneers mit einer Dentinexposition < 50 % bei 0,25 % nach drei Jahren, bei 0,48 % nach sieben Jahren und 1,09 % nach zehn Jahren. Für Veneers mit einer Dentinexposition > 50 % wurde eine jährliche Interventionsrate von 1,04 % im Zuge der 3-Jahres-Auswertung ermittelt. Die 7-Jahres-Nachkontrolle ergab eine jährliche Interventionsrate von 2,35 % und die Auswertung nach zehn Jahren Beobachtungszeit lag bei 2,67 % (s. Abbildung 18)

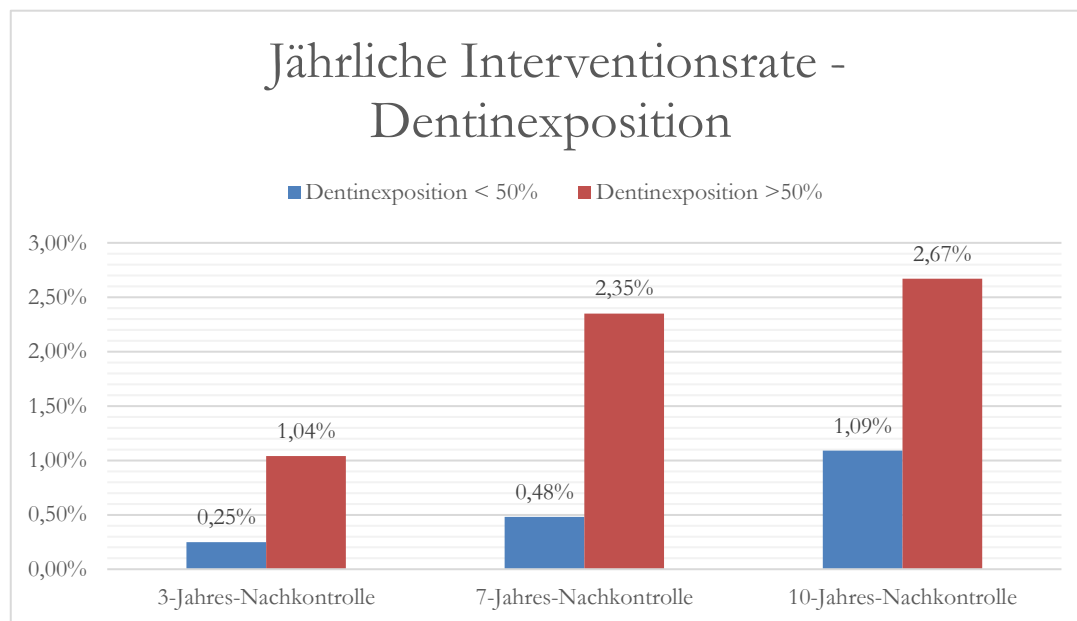


Abbildung 18: Graphische Darstellung der jährlichen Interventionsrate in Bezug auf die Dentinexposition nach drei, sieben und zehn Jahren

4 Diskussion

In der aktuellen Literatur gibt es verhältnismäßig viele 5-Jahres-Daten zu konventionellen keramischen Veneers, die in systematischen Übersichtsarbeiten und Metaanalysen bereits verglichen und ausgewertet wurden (Layton et al. 2012). 10-Jahres-Daten, besonders für nicht feldspatkeramische Veneers, sind dagegen seltener anzutreffen. Zudem sind die Daten bereits vorhandener 10-Jahres-Studien wenig standardisiert, sodass eine vergleichende Analyse schwierig ist (Layton und Clarke 2013). Ein Faktor, der die Überlebensraten von Veneers zu beeinflussen scheint, ist der Anteil des freigelegten Dentins an der Präparationsoberfläche (Friedman 1998; Dumfahrt und Schäffer 2000; Fradeani et al. 2005; Guess und Stappert 2008). Jedoch wurde der Grad der Dentinfreilegung in den Studien nicht standardisiert verglichen, sodass bisher der Einfluss nicht meta-analytisch ausgewertet werden konnte (Morimoto et al. 2016). Ein weiterer Aspekt, der den Erfolg und das Überleben beeinflussen könnte und dessen Erscheinung und Beurteilung in der aktuellen Literatur limitiert ist, ist der Einfluss der Region (Oberkiefer oder Unterkiefer), in der das Veneer inseriert wurde. Unterkieferfrontzähne weisen eine geringe Schmelzdicke auf, sind graziler im Aufbau und stehen unter einer anderen physiologischen und funktionellen Belastung als Oberkieferinzisivi. Deshalb ist die Versorgung von Unterkieferfrontzähnen mit keramischen Veneers besonders anspruchsvoll für den Behandler (Walter und Raigrodski 2008).

Diese retrospektive Studie befasst sich mit den Langzeitüberlebensraten extendierter, heißgepresster Leuzitkeramikveneers nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren. Der Einfluss des Grades der Dentinexposition und der Veneerposition auf das Überleben und den Erfolg von extendierten Veneers wurde ausgewertet und wird nachfolgend in Bezug zur publizierten wissenschaftlichen Literatur diskutiert.

4.1 Diskussion der Methode

In dem Zeitraum vom 11.03.2002 bis zum 30.06.2008 wurden in der Praxis PD Dr. S. Rinke und Dr. M. Jablonski extendierte heißgepresste Cergo-Veneers eingegliedert. Nachdem eine ausreichende Anzahl an Veneers vorhanden war, wurde beschlossen die gewonnenen Daten retrospektiv auszuwerten.

Wird der klinischen Alltag betrachtet, ist die retrospektive Einzelstudie, also die nachträgliche Auswertung vorhandener Daten, deutlich einfacher durchzuführen. Die Planung und Patientenfindung für identische Restaurationen in einem spezifischen Umfang, wie sie für prospektive Studien benötigt werden, ist dagegen ein äußerst schwieriges Unterfangen.

Der Evidenzgrad prospektiver und randomisierter Studien wird hoch bewertet. Im Vorhinein festgelegte Ein- und Ausschlusskriterien führen zur Standardisierung von Studien und deren Methoden (Anusavice 2012). Die erzielten Ergebnisse unterschiedlicher standardisierter Einzelstudien können leichter in Meta-Analysen eingeschlossen und in

Bezug zueinander gesetzt werden. Meta-Analysen sind wiederum in der Lage durch das Zusammenführen verschiedener Einzelstudien und deren statistischer Auswertung, ein Themengebiet objektiver darzustellen, wodurch der Evidenzgrad steigt (Hickel et al. 2007). Im Vergleich zur prospektiven Studie sind bei retrospektiven Studien die Ein- und Ausschlusskriterien weniger streng gehandhabt, sodass Probanden mit einem großen Indikationsspektrum an Veneers in diese Art von Studie einbezogen werden können.

Die klare Definition von Überleben, Erfolg und Fehler eines Veneers in dieser Studie und die entsprechende Dokumentation und Analyse tragen einen großen Anteil zur Standardisierung und Vergleichbarkeit der erhobenen Daten bei, sodass eine Vergleichbarkeit der Daten gewährleistet werden kann und diese wissenschaftlich künftig beispielsweise in Meta-Analysen genutzt werden können.

Die Veneers wurden alle von einem einzelnen erfahrenen Zahnarzt (PD Dr. Sven Rinke) eingegliedert. Daraus resultiert, dass die behandlerabhängigen Einflüsse auf die Ergebnisse der Studie nicht ausgewertet und verallgemeinert werden können (Rinke et al. 2013). Die Anwendung erprobter Präparationskriterien und die Verwendung von Tiefenmarkierungsinstrumenten ermöglichen ein standardisiertes Präparationsdesign der Veneers, welches im Zeitraum der Eingliederung der Veneers nicht verändert wurde. So wurde für jedes Veneer in einem defektorientierten Umfang und mit einer Overlap-Präparation präpariert (s. 2.1.3). Der Grad der Dentinfreilegung und der Behandlungsverlauf wurden in den Akten vermerkt. Aufgrund der sorgfältigen Therapie und der anschließenden Dokumentation ist es möglich, die Daten retrospektiv auszuwerten. Außerdem wurde durch das standardisierte Vorgehen in der Praxis eine Vergleichbarkeit der Daten gegeben, ähnlich wie bei einer prospektiven Studie, die vor Studienbeginn ein einheitliches Präparationsdesign festlegt.

Die jahrelange Erfahrung, die der Behandler hinsichtlich der Präparationstechnik und den angewendeten Materialien mitbringt, wird in der Literatur als signifikant positiv auswirkender Faktor auf die Überlebensrate von Veneers bewertet (Shaini et al. 1997). Auch die Konditionierungselemente, wie das Adhäsivsystem Optibond FL, Monobond S oder die Kompositzemente Variolink und Calibra sind klinisch schon lange in der Anwendung und wissenschaftlich untersucht, sodass diese als sicher in der klinischen Benutzung gelten. Das angewendete Konditionierungsverfahren der Veneers, diese zu ätzen und zu silanisieren, ist in der Literatur für seine zuverlässige Haftkraft und Frakturresistenz bekannt (Kihn und Barnes 1998).

Für die Auswahl der Probanden wurden strenge Ein- und Ausschlusskriterien formuliert (s. Tabelle 4 und Tabelle 5). So wurden beispielweise Faktoren ausgeschlossen, die nachweislich die Überlebensraten von Veneers beeinflussen, wie Parafunktionen und devitale Zähne (Beier et al. 2012b), um die zu untersuchenden Einflüsse (Dentinexposition und Veneerposition) nicht zu verfälschen. Die gestellten Anforderungen an die Probanden hatten zur Folge, dass nach zehn Jahren noch 92 Veneers bei 27 Patienten untersucht werden

konnten. Im Vergleich zu einer anderen 10-Jahres Studie (183 Veneers) ist Anzahl der nachuntersuchten Veneers geringer (Fradeani et al. 2005). Jedoch ist die Dropoutrate dieser Studie mit 12,9 % deutlich besser als bei einer anderen Studie zu extendierten Präparationsdesigns, deren Dropoutrate von 44 % bereits nach sieben Jahren die Probandenzahl auf 14 reduzierte (Guess et al. 2014).

Im Hinblick auf die Beobachtungszeit stellt diese Untersuchung eine der wenigen Studien dar, die sich mit einem Langzeitbeobachtungszeitraum von mindestens zehn Jahren auseinandersetzt. Bereits in einer systematischen Übersichtsarbeit wurde bemängelt, dass es in der Literatur im Zusammenhang mit Veneers nach einer Mindestbeobachtungszeit von fünf Jahren Datenlücken gibt (Layton und Clarke 2013). Systematische Übersichtsarbeiten sind von qualitativen und quantitativen Daten aus Einzelstudien abhängig. Die vorliegende Arbeit leistet somit einen wichtigen Beitrag zur Sammlung von Langzeitdaten.

Außerdem spricht es für das Studiendesign dieser Studie, dass bereits zwei Vorläuferstudien international veröffentlicht wurden. Material und Methode dieser Studiengruppe sind bereits wissenschaftlich anerkannt und gesichert.

4.2 Diskussion der Ergebnisse

Die Gesamtüberlebensrate für extendierte, heißgepresste, leuzitverstärkte Glaskeramikveneers nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren beträgt in dieser Studie 91,8 % (95 % [CI]: 0,87 – 0,97). Vergleichbare Untersuchungsinhalte zu 10-Jahres-Daten über extendierte Veneers sind zum jetzigen Zeitpunkt in der Literatur nicht vorzufinden.



Abbildung 20: Veneerpräparation mit < 50 % Dentinexposition



Abbildung 21: Präparation für extendierte Oberkieferveneers mit > 50 % Dentinexposition. Die proximale Extension schließt vorhandene Kompositfüllungen mit ein

Im Folgenden werden die Ergebnisse dieser Studie mit den Vorläuferstudien diskutiert, in Bezug zu Studien über extendierte (s. Abbildung 20) und klassische (s. Abbildung 21) Veneers gesetzt, es wird auf den Einfluss der Dentinexposition eingegangen, mit Überlebens- und Fehlerraten von Vollkronen verglichen und anschließend die Position der Veneers im Ober- und Unterkiefer analysiert.

Die Daten zu extendierten Veneers aus den Vorläuferstudien dieser Studie wurden bereits 2013 nach einer Beobachtungszeit von drei Jahren und 2018 nach einer Mindestbeobachtungszeit von sieben Jahren veröffentlicht. Der Vergleich der Gesamtüberlebensraten nach drei Jahren (95,1 %), nach sieben Jahren (93,6 %) und nach zehn Jahren (91,8 %), zeigt, dass die Überlebensrate mit zunehmender Beobachtungszeit abnimmt (Rinke et al. 2013; Rinke et al. 2018). Nach Berechnung der jährliche Fehlerrate der 3- (0,41 %); 7- (0,58 %) und 10-Jahres-Studie (0,68 %) (s. Abbildung 16) ist eine ansteigende Entwicklung der Schadensfälle in einem nicht-linearem Verlauf festzustellen.

Bei Betrachtung der jährlichen Interventionsraten der 3- (0,6 %), 7- (1,31 %) und 10-Jahres-Nachkontrolle (1,78 %) ist ebenfalls ein Anstieg festzustellen (s. Abbildung 17). Die Erfolgsraten sinken im Verlauf von 92,8 % nach drei Jahren (Rinke et al. 2013), über 84,3 % nach sieben Jahren (Rinke et al. 2018) auf 78,6 % nach zehn Jahren. Extendierte Veneers benötigen mit zunehmender Beobachtungszeit mehr klinische Interventionen, auch hier zeigt sich ein nicht-linearer Anstieg.

Der ansteigende nicht-lineare Verlauf der Fehler- und Interventionsraten im zeitlichen Verlauf der Vorläuferstudien und dieser aktuellen Studie, zeigt die Bedeutung von klinischen Langzeituntersuchungen. In Einzelstudien wird meistens eine zeitlich lineare Entwicklung

der Fehler- und Interventionsraten vorausgesetzt, um prognostische Aussagen treffen zu können. Da es sich im Vergleich dieser Studien um keine lineare Entwicklung handelt, kann aufgrund der Durchführung der klinischen Langzeitbeobachtung eine präzise Angabe zum jährlichen klinischen Versagen und zur jährlichen klinischen Intervention von extendierten Veneers zu unterschiedlichen Zeitpunkten geäußert werden.

Bereits in den Vorläuferstudien wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer erhöhten Dentinexposition extendierter Veneers und der zunehmenden klinischen Intervention festgestellt. Dieser signifikante Einfluss auf die Erfolgsrate lässt sich auch in dieser Studie bestätigen. Während die Erfolgsrate für Veneers mit einer Dentinexposition $< 50\%$ $86,9\%$ beträgt, liegt die Erfolgsrate für extendierte Veneers mit einer Dentinexposition $> 50\%$ bei nur 68% . Auch die jährlichen Interventionsraten in Zusammenhang mit der Dentinexposition lassen sich im zeitlichen Verlauf von drei, sieben und zehn Jahren graphisch darstellen (s. Abbildung 18). Die klinische Interventionsrate extendierter Veneers ist deutlich höher im Vergleich zu den Veneers mit einer Dentinexposition $< 50\%$. Auch hier ist wieder der fehlende lineare Verlauf festzustellen, der für die Durchführung der klinischen Langzeituntersuchung spricht.

Es fehlen in der Literatur bisher weitere Langzeitstudien zu extendierten Veneers mit ähnlichem Studiendesign und -aufbau, um diese mit der vorliegenden Studie vergleichen und ein wissenschaftlich gesichertes Urteil fällen zu können. Um Studien gesichert miteinander vergleichen zu können, sollten die Studien möglichst einem einheitlichen Aufbau und Ziel folgen. Die Ergebnisse sollten erst dann miteinander in Beziehung gesetzt werden, wenn die verwendeten Materialien, die Definition von Überleben bzw. Erfolg übereinstimmen sowie die Indikationsstellung und die Ein- und Ausschlusskriterien vergleichbar sind (Anusavice 2012).

Guess et al. (2014) veröffentlichte 7-Jahres-Daten einer prospektiven Studie zu extendieren Veneers und Full-Veneers unter universitären Bedingungen. Die 7-Jahres-Überlebensrate betrug $97,6\%$ für extendierte leuzitverstärkte Keramikveneers. Die Dropoutrate lag bei 44% , sodass nur 14 Patienten nachuntersucht werden konnten (Guess et al. 2014). Die geringe Anzahl der nachuntersuchten Probanden in der Studie von Guess et al. (2014) aufgrund der hohen Dropoutrate sollte kritisch betrachtet werden, da sie Einfluss auf die Überlebensrate nimmt. In der Studie von Guess et al. (2014) werden primär extendierte Präparationsdesigns verglichen (Guess et al. 2014), während in der hier durchgeführten 10-Jahres-Studie der Zusammenhang zwischen einem erhöhten Anteil an freiliegendem Dentin und dessen Auswirkung auf das klinische Verhalten von Veneers untersucht wird.

Die hier vorliegende Studie liefert erstmals Daten nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren zu extendierten Veneers. Dies sollte bestenfalls vorwiegend im gleichen Indikationsbereich verglichen werden, jedoch gibt es bisher keine vergleichbaren 10-Jahres-Daten. Guess et al. untersuchen ebenfalls Präparationsdesigns, die extendierte Defizite der Zahnhartsubstanz ausgleichen und verwenden auch leuzitverstärkte Glaskeramik für die

Herstellung der Veneers. Trotz unterschiedlicher Bedingungen (Privatpraxis/Universität) und verschiedenen Studiendesigns (retrospektiv/prospektiv) zeigen beide Studien zu extendierten Veneers hohe Überlebensraten. Guess et al. (2014) ermittelten ein Überlebensrate von 97,6 % für extendierte Overlap-Veneers nach sieben Jahren. Die 7-Jahres-Überlebensrate dieser Studie ist mit 94 % ähnlich hoch. Auch die 7-Jahres-Überlebensrate der vorliegenden Studie für extendierte Veneers mit Dentinexposition > 50% ist mit 93,28 % vergleichbar. In der Studie von Guess et al. (2014) werden außerdem die Overlap-Veneers mit Full-Veneers verglichen, die anstatt einer inzisalen Anschrägung mit einer palatinalen Hohlkehle präpariert sind und eine höhere 7-Jahres-Überlebensrate von 100 % aufweisen (Guess et al. 2014).

Unter Betrachtung der 5-Jahres-Erfolgsraten der Vorläuferstudie aus dem Jahr 2008 von Guess und Stappert liegen die Erfolgsraten für Overlap-Veneers bei 72 % und die Werte für Full-Veneers bei 85 % (Guess und Stappert 2008). Die 5-Jahres-Überlebensrate dieser Studie für extendierte Veneers mit einer Dentinexposition > 50% mit 84,09 % gleicht dem interventionsfreien Erfolg der Full-Veneers. Die Erfolgsrate der Overlap-Veneers (72 %) ist mit der 7-Jahres-Erfolgsrate der extendierten Veneers (Dentinexposition > 50 %) der vorliegenden Studie mit 72,73 % vergleichbar. Die Erfolgsrate der vorliegenden 10-Jahres-Studie für Veneers mit einer Dentinexposition < 50 % liegt nach fünf Jahren mit 98,21 % deutlich höher. Anhand der eben genannten Erfolgsraten sieht man deutlich, dass Veneers, die auf einer extendierten Dentinoberfläche befestigt sind, wesentlich mehr klinische Intervention benötigen, sowohl in dieser Studie, als auch in der Studie von Guess und Stappert (2008). In der vorliegenden Studie ist die häufigste klinische Intervention die Rezentierung von Veneers (9,7 %) mit Retentionsverlust. Die Studie von Guess et. al (2014) zeigt, dass retentiv präparierte Full-Veneers mit zusätzlicher palatinaler Hohlkehle tendenziell bessere Erfolgsraten aufweisen. Die Präparation eines inzisalen Überwurfs bei extendierten Veneers mit erhöhter Dentinexposition kann zu einer Verbesserung der Retention und somit zu einer Verbesserung der Debondingrate von extendierten Glaskeramikveneers führen. Eine palatinale Hohlkehle kann durch die zusätzlich generierte Schmelzanschlagung den adhäsiven Verbund verbessern und mechanisch im Sinne einer Schubverzahnung das Ablösen des Veneers verhindern (Schmidt et al. 2011). Dazu sind künftig noch weitere Studien notwendig.

Freiliegendes Dentin innerhalb der Präparationsoberfläche und der Präparationsränder wird in der Literatur häufig als Faktor beschrieben, der das Überleben und die Fehlerraten von keramischen Veneers beeinflusst (Gurel et al. 2013; Dumfahrt und Schäffer 2000; Fradeani et al. 2005; Oztürk und Bolay 2014). In der vorliegenden Studie wurden der Grad der Dentinfreilegung (< 50/> 50 % der Gesamtpräparationsoberfläche) und die Auswirkung auf die Überlebens- und Erfolgsrate untersucht. Auf die Überlebensrate der extendierten Veneers konnte kein signifikanter Einfluss ($p = 0,761$) festgestellt werden. Die Überlebensrate für Veneers mit Dentinexposition > 50 % war dennoch mit 90,95 % etwas geringer als die Überlebensrate für Veneers mit einer Dentinfreilegung < 50 % mit 92,49 %

nach zehn Jahren. Die Dentinexposition (De) > 50 % hatte einen signifikanten Einfluss auf die Erfolgsrate von extendierten Veneers. In diesem Zusammenhang wurde eine klinische Intervention signifikant ($p = 0,0191$) häufiger notwendig als an den Veneers mit erhöhter Dentinbeteiligung. Dieses Ergebnis spiegelt sich auch deutlich in den Erfolgsraten nach Kaplan-Meier wider (De > 50 %: 68,04 % und De < 50 %: 86,9 %). Die Vermutungen und Schlussfolgerungen vorangegangener Studien, dass erhöhte Grade von freigelegtem Dentin einen Einfluss auf die Fehlerwahrscheinlichkeit nehmen, können bestätigt werden. Der Einfluss auf die relativen Fehler, die die Erfolgsraten bestimmen, ist sogar signifikant.

Eine Studie, die sich ebenfalls mit leuzitverstärkten Glaskeramiken beschäftigt, ist Fradeani et al. (2005). Sie ermittelten in einer ebenfalls retrospektiven Studie, die in zwei privaten Praxen durchgeführt wurde, eine Überlebensrate von 94,4 % nach zwölf Jahren. Es wurden 182 Veneers untersucht, wovon 143 aus Presskeramik (IPS Empress) und 39 aus Feldspatkeramik eingegliedert wurden. Die mittlere Tragedauer betrug 5,69 Jahre. Eine Übersichtsarbeit rechnete aus den Studiendaten von Fradeani et al. (2005) eine 10-Jahres-Überlebensrate von 94 % für die Veneers aus Presskeramik zurück (Layton und Clarke 2013). Sowohl die hier vorliegende Studie, als auch die Studie von Fradeani et al. (2005) zeigen in der privaten Praxis hohe Langzeitüberlebensraten für Glaskeramikveneers nach zehn Jahren. Die Überlebensrate, der hier zu diskutierenden Studie ist mit 91,8 % etwas geringer, hierfür ist die erhöhte Dentinbeteiligung ein möglicher Grund. Betrachtet man die Überlebensrate für Veneers mit einer Dentinexposition < 50 % für die vorliegende 10-Jahres-Studie mit 92,49 %, kommt diese schon näher an die Überlebensrate der klassischen Veneers heran. Fradeani et al. (2005), die auch eine Overlap-Präparation mit 2 mm Inzisalkantenreduktion anwendeten, vermuteten ebenfalls einen Zusammenhang zwischen einer erhöhten Dentinfreilegung an der Präparationsoberfläche und/oder den Präparationsgrenzen und den fehlerhaften Veneers der Studie (Fradeani et al. 2005).

Eine aktuelle retrospektive Studie liefert Langzeitüberlebensraten zu klassischen keramischen Veneers in einem Nachuntersuchungszeitraum von sieben bis 14 Jahren. Die Überlebensrate für keramische Veneers der Studie liegt bei 98 % (Arif et al. 2019a). Die Überlebensrate der vorliegenden Studie nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren ist mit 92,49 % für Veneers mit einer Dentinexposition < 50 % etwas geringer. Die Erfolgswahrscheinlichkeiten nach sieben Jahren sind mit 97,6 % (Arif et al. 2019a) und 96,43 % für Veneers mit einer Dentinexposition < 50 % dieser Studie sehr ähnlich. Der direkte Vergleich zeigt, dass die Erfolgsraten der vorliegenden Studie für Veneers mit einer Dentinexposition < 50 % der Erfolgswahrscheinlichkeit der aktuellen Literatur zu klassischen Veneers entspricht.

Eine prospektive Studie zu Feldspatkeramikveneers ermittelte eine Überlebensrate nach Kaplan-Meier von 96 % nach zehn Jahren. Ein Behandler gliederte die Veneers in einer privaten Praxis ein. In dieser Studie wurde besonders darauf geachtet, dass sich die Veneerpräparation (mit inzisalem Overlap) ausschließlich auf den Schmelz begrenzte, im

Unterschied zu dieser Studie (Layton und Walton 2012). Die reine Schmelzbegrenzung ist eine Erklärung für die bessere Überlebensrate, da die rein schmelzbegrenzte Verklebung der Veneers eine stabilere Haftung erzeugt. Jedoch sind die beiden Studien aufgrund ihrer Diversität nur bedingt miteinander vergleichbar.

In der vorliegenden Studie traten insgesamt zehn absolute Fehler auf, die durch den Verlust der Veneers Einfluss auf die Gesamtüberlebensrate genommen haben (s. Abbildung 22). Ein Verlust wurde durch eine biologische Komplikation ausgelöst (1,1 %). Bei neun Veneers frakturierte die Keramik, sodass sich eine Frakturrate von 9,7 % ergab. In der Literatur wurden in Einzelstudien zu keramischen Veneers Frakturaten von 3,4 % (Gurel et al. 2013), 4 % (Granell-Ruiz et al. 2010), 5 % (Beier et al. 2012b) und 2,3 % (Guess et al. 2014) berechnet. In einer systematischen Übersichtsarbeit wurde eine kumulierte Frakturrate aus zwölf Studien von 4 % ermittelt (Morimoto et al. 2016). Im Vergleich zu anderen Studien ist die Frakturrate der hier vorliegenden Studie um das Doppelte erhöht. Kennzeichnend für die extendierten Veneers dieser Studie ist das Vorhandensein größerer Dentinareale oder Kompositflächen innerhalb der Präparation. Dadurch kann es zu Spannungskonzentrationen auf der Adhäsivfläche kommen, die das Frakturrisiko erhöhen (Peumans et al. 1999). Außerdem wird die extendierte Präparationsform nach approximal und palatinal als möglicher Stressfaktor vermutet, der das Risiko der Rissbildung erhöht (Stappert et al. 2005).



Abbildung 22: Fotografische Dokumentation von vier Keramikfrakturen, die zu einem absoluten Fehler der Restauration führten

Insgesamt 13 klinische Interventionen mussten an den extendierten Veneers dieser Studie vollzogen werden. Die häufigste Komplikation, die eine Intervention benötigte, ist das Debonding. Neun Veneers lösten sich von den versorgten Zähnen und mussten rezementiert werden. Dadurch wurde eine Debondingrate von 9,7 % verursacht. Debondingraten für klassische Veneers in der Literatur liegen bei 1,8 % (Smales und Etemadi 2004), 1 % (Gresnigt et al. 2013) und 9 % (Granell-Ruiz et al. 2010). In einer systematischen Übersichtsarbeit beläuft sich die Rate an rezementierungsbedürftigen Veneers auf 2 % nach einer mittleren Beobachtungszeit von neun Jahren und aus zwölf Studien kalkuliert (Morimoto et al. 2016). Die erhöhte Debondingrate in der Studie von Granell-Ruiz (2010)

lässt sich erklären, da klassische Ausschlusskriterien wie Patienten mit Bruxismus oder die Befestigung von Veneers auf ausgedehnten Kompositfüllungen in diese Studie mit einbezogen wurden. Insgesamt ist die Debondingrate der vorliegenden 10-Jahres-Studie im Vergleich zu anderen Studien zu Veneers erhöht. Die hier durchgeführte Studie bezieht Veneers in die Untersuchung ein, die aufgrund ihrer extendierten Ausdehnung zum Großteil an Dentin oder bestehenden Füllungen adhäsiv befestigt sind und nur zu einem geringen Anteil am Schmelz befestigt werden können. Die hohe Debondingrate lässt sich also mit der Tatsache erklären, dass extendierte Veneers mit hoher Dentinbeteiligung in die Studie einbezogen wurden, die nur wenig von der überlegenen Schmelzhaftung der Adhäsivtechnik profitieren (Burke 2012).

Eine Ursache für die Problematiken, die mit der Versorgung von Dentin einhergehen, ist die Tatsache, dass Bonding-Systeme nicht in der Lage sind, Mikroundichtigkeiten an Dentinrändern zu verhindern (Peumans et al. 2000). Diese Problemstellung wurde 2012 noch als aktuell beschrieben (Burke 2012). Eine weitere Studie fand heraus, dass das Eindringen von Restaurationsrändern im Dentin einen signifikanten Verlust an Frakturbelastbarkeit verursacht (Chun et al. 2010). Dentin weist ein niedriges E-Modul auf und ist somit elastisch verformbarer als Keramik, die ein deutlich höheres E-Modul besitzt. Dentin bietet dem keramischen Veneer einen weniger starren Untergrund als Schmelz. Dies kann zu Spannungen und letztendlich zu Defekten in der keramischen Restauration führen (Calamia und Calamia 2007). Die Interaktion zwischen Dentin und den Materialien, die für die Versorgung mit Veneers notwendig sind (Adhäsivsystem; Keramik), erklärt die häufigsten Fehler dieser Studie, das Ablösen des Veneers vom Zahn (Debonding) und die Keramikfrakturen.

Eine prospektive Studie, die unter anderem das Immediate Dentin Sealing (IDS) und dessen Auswirkung auf die Überlebensraten von Veneers aus Feldspatkeramik untersuchte, wertete ebenfalls extendierte Veneers mit einer Dentinexposition $> 50\%$ aus (Gresnigt et al. 2019b). Die Überlebenswahrscheinlichkeit nach elfjähriger Beobachtungszeit wurde mit $81,8\%$ (Gresnigt et al. 2019b) berechnet und ist somit etwas geringer als die 11-Jahres-Überlebensrate der vorliegenden Studie mit $88,01\%$ für Veneers mit einer Dentinexposition $> 50\%$. Jedoch ermittelte die Studie von Gresnigt et al. (2019b), dass der Einflussfaktor der erhöhten Dentinexposition signifikant durch IDS verbessert werden kann und die Überlebensrate der extendierten Veneers auf $96,4\%$ steigert (Gresnigt et al. 2019b). Die Überlebensrate für extendierte Veneers mit IDS-Vorbehandlung ist vergleichbar mit Langzeitüberlebensraten von klassischen Veneers (96% nach zehn Jahren (Layton und Walton 2012)). Die modifizierte Dentinkonditionierung der IDS-Technik (s. 1.3.2.1) ist in der Lage den schwierigen Haftverbund bei erhöhter Dentinfreilegung und somit auch die Frakturresistenz extendierter Veneers zu optimieren (Gresnigt et al. 2016). Ein geschwächter Haftverbund, der zum Debonding der extendierten Veneers führt, und Keramikfrakturen sind ebenfalls die beiden größten Problematiken der vorliegenden Studie, die es in Zukunft zu optimieren gilt.

Trotz des erhöhten Substanzabtrags für extendierte Veneers im Vergleich zu konventionellen Veneers stellen diese eine weitaus substanzschonendere Alternative zur Vollkrone im Frontzahnbereich dar. Ein in-vitro-Studie untersuchte den Zahnhartsubstanzverlust durch verschiedene Präparationsformen der Zahnkrone in Bezug zu dessen Gewicht. Es wurden 16,6 % (konventionelle Veneers), 23,5 % (extendierte Veneers), zwischen 62,8-68,3 % (Vollkeramikkrone) und 72,1 % (Metallkeramikkrone) Zahnhartsubstanzverlust ermittelt. Die Präparation eines extendierten Veneers ist somit 3,1-mal zahnhartsubstanzschonender im Vergleich zur Präparation einer metallkeramischen Vollkrone in der Frontzahnregion. Der Erhalt eines größeren Anteils gesunden Schmelzes reduziert Pulpairritationen nach der Zementierung und führt insgesamt zu weniger endodontischen Behandlungsnotwendigkeiten (Edelhoff und Sorensen 2002). In der vorliegenden Studie musste von 92 nachuntersuchten Veneers nur ein Zahn (1,1 %) nach der Veneerinsertion endodontisch behandelt werden. Die niedrige Komplikationsrate bei extendierten keramischen Veneers bezogen auf das Endodont in der vorliegenden Studie stimmt mit der These von Edelhoff und Sorensen (2002) überein.

In einer Übersichtsarbeit zu Vollkronen wurde der Vitalitätsverlust von Zähnen, die für eine metallkeramische Krone präpariert wurden, mit 1,8 % nach 5 Jahren als häufigste biologische Komplikation eingestuft. Bei vollkeramischen Kronen ist diese Rate etwas geringer (Sailer et al. 2015). In der vorliegenden Studie ist der Vitalitätsverlust nur die zweithäufigste biologische Komplikation nach der Sekundärkaries (2,2 %). Die Raten für Sekundärkaries anderer Studien über keramische Veneers liegen zwischen 0 % (Gurel et al. 2013) und 10 % (Peumans et al. 2004). Sekundärkaries entsteht an Mikroundichtigkeiten der Randbereiche einer Restauration. Diese Mikroundichtigkeiten entstehen vorwiegend dann, wenn der Restaurationsrand nicht im Schmelz, sondern im Dentin oder in einer Kompositfüllung endet (Peumans et al. 2000).

Sailer et al. (2015) schätzten zudem in ihrer Übersichtsarbeit die kumulierten Überlebensraten unterschiedlicher Arten von Vollkronen nach einem 5-Jahres-Zeitraum. Die Überlebenswahrscheinlichkeiten für metallkeramische Kronen lagen bei 94,7 % (95% [CI]: 0,941 – 0,969) und gelten damit zurzeit als Goldstandard. Vollkeramische Kronen aus leuzitverstärkter oder Lithiumdisilikat-Glaskeramik zeigten eine Überlebensrate von 96,6 % (95 % [CI:] 0,949 – 0,967) (Sailer et al. 2015). Eine Einzelstudie, die 1,335 vollkeramische Restauration (Kronen, Veneers, Inlays, Onlays) über einen Zeitraum von bis zu 20 Jahren auswertete, zeigte Kaplan-Meier-Überlebensraten von 97,3 % nach fünf Jahren, 93,5 % nach zehn Jahren und 78,5 % nach 20 Jahren (Beier et al. 2012a). Liest man die 5-Jahres-Überlebensrate der vorliegenden Studie aus der Kaplan-Meier-Analyse (s. Tabelle 7) ab, erhält man eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 98 % für extendierte keramische Veneers im Ober- und Unterkiefer. Die 10-Jahres-Überlebensrate dieser Studie beträgt 91,8 %. Dieses ausgezeichnete Langzeitverhalten der extendierten Veneers mit erhöhter Dentinbeteiligung ist mit den Ergebnissen für anteriore Vollkronen und vollkeramische

Restaurationen vergleichbar und kann somit als alternativ geeignete Versorgung angesehen werden.

In der Vollkronen-Technik ist die Frakturnrate für die Feldspatkeramik mit ihrer reduzierten Dauerbiegefestigkeit mit 6,7% deutlich höher im Vergleich zu den mit Leuzit und Lithiumdisilikat modifizierten Glaskeramiken (2,3 %) (Sailer et al. 2015). Die substanzfordernde Vollkronenpräparation konnte mit der Anwendung von mechanisch verbesserten Keramiken das Frakturverhalten verringern. Diese Erkenntnis ist auch auf die extendierten Veneers zu übertragen. Die durch Substanzabtrag verlorene Stabilität sollte über verbesserte Keramiken wie z. B. Lithiumdisilikatkeramiken oder zirkonoxid-verstärkte Lithiumdisilikatkeramiken (ZLS) ausglich werden (Rinke et al. 2018). Während relativ viele klinische Studien zu leuzitverstärkten Keramikveneers (IPS Empress, Cergo) zu finden sind, sind Studien, die sich mit dem klinischen Verhalten von Lithiumdisilikatveneers oder ZLS-Keramikveneers beschäftigen, noch selten anzutreffen. Eine klinische Studie zeigte eine 5-Jahres-Überlebensrate von 95 % (95 % [CI]: 0,97 – 1) (Layton und Clarke 2013). Es bedarf in Zukunft klinische Studien, die sich mit den Überlebens-wahrscheinlichkeiten von Lithiumdisilikatveneers und extendierten Präparationsformen beschäftigen, um die Auswirkung der verbesserten mechanischen Eigenschaften der Keramik auf die Frakturnraten der Veneers bewerten zu können.

Die Veneers der vorliegenden Studie wurden mit den dualhärtenden Kompositzementen Variolink und Calibra eingesetzt. An neun Veneers löste sich der adhäsive Verbund, sodass die Veneers rezementiert werden mussten. Jedoch wurde in einer vorangegangenen Auswertung der vorliegenden Studiendaten kein signifikanter Einfluss der unterschiedlichen Befestigungszemente auf die extendierten Veneers ermittelt (Rinke et al. 2013). In der Literatur stellt eine Studie signifikant höhere Haftwerte für Calibra im Vergleich zu Variolink fest (Wang et al. 2007). In einer anderen Studie wird für Variolink II in Verbindung mit Syntac Classic (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) eine überlegene Haftkraft am Schmelz ermittelt. In der Studie wird Variolink II größtenteils mit selbstadhäsiven Zementen verglichen (Lührs et al. 2010). Variolink zählt in der Literatur als zuverlässiger Haftvermittler zwischen Zahn und Keramik (Beier und Dumfahrt 2014). Die Wahl des Aushärtungsverfahrens des Befestigungszements ist abhängig von der Schichtstärke und der Transluzenz der einzusetzenden Restauration (Novais et al. 2017; da Silva et al. 2013). Um eine vollständige Polymerisation des Kompositzements bei extendierten Veneers gewährleisten zu können, die defektbedingt stellenweise erhöhte Schichtstärken aufweisen können, ist die Wahl eines dualhärtenden Kompositzements in dieser Studie als sinnvoll zu bewerten. Eine inadäquate Polymerisation des Kompositzements verursacht ein Herauslösen der Bestandteile des Befestigungsmaterials durch den ständigen Kontakt mit Speichel und Nahrungsmitteln in der Mundhöhle. Dies kann zum einen zu biologischen Komplikationen wie Sekundärkaries oder parodontalen Reizungen führen und zum anderen die marginale Integrität des Veneers beeinträchtigen. Es können sich marginale Verfärbungen bilden oder es kann zum Ablösen des Veneers kommen (Novais et al. 2017).

In einer aktuellen Studie wurde die Auswirkung von keramischen Veneers auf die gingivale Gesundheit in einem Zeitraum von 7 bis 14 Jahren untersucht. Der Gingiva Index bewegte sich in einem Spektrum von normalen klinischen Verhältnissen bis zu moderaten gingivalen Entzündungen, Rezessionen wurden bei 27 % der Restaurationen festgestellt und die Sondierungstiefen lagen zwischen 1 – 2 mm, sodass die Ergebnisse als zufriedenstellend bewertet wurden (Arif et al. 2019b). Auch in dieser Studie sind nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren keine zusätzlichen marginalen Irritationen durch die Veneers aufgetreten, sodass auch diese Restaurationen als parodontalschonend angesehen werden können.

In der vorliegenden Studie wurden die Veneers in Anlehnung an die modifizierten USPHS-Kriterien neben der Untersuchung auf Risse, Frakturen, Debonding und Sekundärkaries auch hinsichtlich ihrer marginalen Verfärbung nachkontrolliert und beurteilt (Cvar und Ryge 2005). Im Zeitraum zwischen der 7-Jahres-Nachtuntersuchung und der 10-Jahres-Nachkontrolle der extendierten Veneers sind keine neuen marginalen Verfärbungen aufgetreten. Neun marginale Ränder der Veneers wurden insgesamt nach zehn Jahren mit „bravo“ bewertet (9,7 %). Eine Übersichtsarbeit ermittelte eine kumulierte marginale Diskolorationsrate von 2 % aus sieben Studien (Morimoto et al. 2016). In anderen Studien sind die Werte für die Randverfärbungen deutlich höher, 39 % (Granell-Ruiz et al. 2010) oder 65 % (Walls 1995) nach zehn Jahren. D’Arcangelo et al. (2012) beschreiben, dass marginale Verfärbungen verringert werden können, wenn eine supragingivale Präparation durchgeführt und ein lichthärtender Kompositzement verwendet wird. Dualhärtende Kompositzemente neigen durch den Amin-Anteil in der Basispaste dazu, weniger farbstabil zu sein, besonders in den marginalen Randbereichen (Dumfahrt und Schäffer 2000; D’Arcangelo et al. 2012). In der vorliegenden Studie verursachte der dualhärtende Kompositzement keine Farbinstabilität. Insgesamt schneiden keramische Veneers signifikant besser ab im Vergleich zu indirekten Kompositveneers, hinsichtlich der modifizierten USPHS-Kriterien und der Überlebensraten (100 % vs. 75 %), wie eine Studie im direkten Splitmouth-Vergleich nach zehnjähriger Beobachtungszeit ermittelte (Gresnigt et al. 2019a).

Ein weiterer Einflussfaktor, welcher in dieser Studie untersucht wurde, ist die Veneerposition im Ober- oder Unterkiefer. Bisher gibt es nur wenige wissenschaftliche Studien, die Veneers im Unterkiefer mit einbezogen und auch ausgewertet haben. Diese Studie bezieht 36 mandibuläre Veneers von insgesamt 92 extendierten Veneers in die 10-Jahres-Auswertung mit ein. Die Überlebensrate für extendierte Veneers im Unterkiefer liegt in der vorliegenden Studie bei 91,7 % und im Oberkiefer 91,9 %. Der Einfluss der Region (OK oder UK), in der die Veneers eingegliedert wurden, ist nicht signifikant ($p = 0.5787$). Auch der Einfluss auf die interventionsfreie Erfolgsrate ist nicht signifikant ($p = 0.056$). Die Erfolgsrate für extendierte Veneers liegt bei 85,7 % im Unterkiefer und die Erfolgswahrscheinlichkeit im Oberkiefer bei 74,7 % nach zehn Jahren.

In der Literatur wird die Präparation der mandibulären Frontzähne (s. Abbildung 23) durch die geringe Zahngröße und den geringen Schmelzanteil als besonders herausfordernd beschrieben. Besonders die dünne Schmelzschicht erhöht bei der Präparation im Unterkiefer die Wahrscheinlichkeit, Dentin zu exponieren (Walter und Raigrodski 2008). Viele Studien schließen deshalb Veneers im Unterkiefer aus ihrer Untersuchung aus (Guess und Stappert 2008; Peumans et al. 2000; Walter und Raigrodski 2008). Erfolgsdaten zu Veneers in der Unterkieferposition sind in der aktuellen Literatur nur begrenzt vorhanden und wenn Veneers in der Unterkieferfront in Studien einbezogen wurden, dann meist nur in einer geringen Anzahl (Swift und Friedman 2006a; Burke 2012; Peumans et al. 2000; Aykor und Ozel 2009). Der Anteil von Veneers im Unterkiefer ist mit 39,1 % in dieser Studie vergleichsweise hoch. Die Auswertung der Veneers im unmittelbaren Vergleich von Oberkiefer- zu Unterkieferposition zeigt, dass die Langzeitprognose für extendierte Veneers in der Unterkieferfrontzahnregion ähnlich der Prognose der Oberkieferveneers ist. Die Überlebensraten von Oberkiefer- (91,9 %) und Unterkieferveneers (91,7 %) nach zehn Jahren sind kaum zu unterscheiden, und auch der interventionsfreie Erfolg zeigt keinen signifikanten Unterschied ($p = 0,056$) zwischen den Veneerspositionen.



Abbildung 23: Extendierte Präparation für Veneers in der Unterkieferfront und die klinische Situation nach fünf Jahren in situ.

4.3 Schlussfolgerung und Ausblick

Die hier vorliegende Arbeit zeigt eine Überlebensrate von 91,8 % für extendierte keramische Veneers nach einer minimalen Langzeitbeobachtung von zehn Jahren. Es werden der Einfluss einer vermehrten Dentinexposition und die Region (OK/UK) des eingesetzten Veneers aus heißgepresster leuzitverstärkter Glaskeramik untersucht und ausgewertet.

Der Hauptpunkt dieser Studie ist der ermittelte signifikante Einfluss der erhöhten Dentinexposition bei extendierten Veneers auf die Erfolgsrate ($p = 0,0191$). Mit einer HR von 2,98 ist das Risiko für eine klinische Intervention bei einer Dentinexposition > 50 % im Vergleich zu den klassischen Veneers um fast das 3-Fache erhöht.

Um die Daten dieser Studie besser in Bezug setzen zu können, sollten in der Zukunft prospektive oder standardisierte retrospektive Studien durchgeführt werden, die eine Langzeitprognose von mindestens zehn Jahren für modifizierte Veneers aus Glaskeramik liefern. Außerdem fehlen noch vergleichbare Langzeitdaten zu extendierten Veneers um in Meta-Analysen evidenzbasierte Urteile über das Überleben von extendierten Veneers und gegebenenfalls diese als alternative Präparationsempfehlung zur Vollkrone formulieren zu können.

Insgesamt ist die Durchführung von Langzeitstudien zu empfehlen, da jährliche Fehler- und Interventionsraten sich im zeitlichen Verlauf nicht linear verhalten und so präzisere Aussagen im Vergleich zu Einzelstudien getroffen werden können.

Außerdem sollten Studien zu Veneers aus hochfesten Glaskeramiken, wie Lithiumdisilikat- oder ZLS-Keramiken durchgeführt werden, um einen Einfluss auf die Frakturnraten beurteilen zu können. Es wäre von Interesse, ob die verbesserten mechanischen Eigenschaften dieser Keramiken in der Lage sind, das erhöhte Frakturrisiko durch das exponierte Dentin zu verringern oder zu kompensieren. Aufgrund der hohen Debondingrate der Veneers in dieser Studie sollten alternativ retentivere Präparationsdesigns in Studien untersucht werden, um dem Retentionsverlust entgegenzuwirken.

Zusammengefasst lässt sich sagen, dass die Studie hohe 10-Jahres-Überlebensraten zu extendierten Keramikveneers liefert, die vergleichbar mit den Überlebensraten von Vollkronen sind. Extendierte Veneers sind substanzschonender als Vollkronen und lösen weniger Pulpairritationen aus, was einen großen Vorteil gegenüber den Vollkronen darstellt.

Außerdem kann anhand dieser Studie gezeigt werden, dass auch Veneers im Unterkiefer sich durch gute Langzeitprognosen mit hohen Überlebens- und Erfolgsraten auszeichnen.

5 Zusammenfassung

Es wurden in dieser Studie extendierte, heißgepresste Veneers aus leuzitverstärkter Glaskeramik (Cergo) nach einer minimalen Beobachtungszeit von zehn Jahren nachuntersucht. Ein Behandler versorgte die Probanden zwischen 2002 und 2008 in der privaten Praxis PD Dr. Sven Rinke und Dr. Jablonski. Die Probanden mussten die geltenden Indikationen für eine Veneerrestauration erfüllen und durften entsprechend der Ausschlusskriterien beispielweise keine Parafunktionen oder nicht mehr als zweiflächige Kompositrestaurationen aufweisen.

Für die Veneers wurden die entsprechenden Frontzähne im Ober- und Unterkiefer defektorientiert unter der Auflösung von Approximalkontakten mit einer inzisalen Overlap-Präparation versorgt und der Grad der Dentinexposition (Grad 1: < 50 % und Grad 2: > 50 %) bestimmt und dokumentiert. Vor dem Einsetzen wurden die Veneers mit Flusssäure geätzt und mit Monobond S silanisiert. Als Ädhäsivsystem wurde Optibond FL gewählt, der Zahn wurde entsprechend konditioniert und die Veneers mit den dualhärtenden Kompositzementen Variolink und Calibra eingesetzt.

Nachdem zur ersten Nachuntersuchung nach dreijähriger Mindestverweildauer der Veneers 37 Patienten mit insgesamt 130 Veneers erschienen, konnten nach zehn Jahren von 27 Patienten noch 92 extendierte Veneers klinisch nachuntersucht und statistisch ausgewertet werden. Davon befanden sich 56 Veneers im Oberkiefer und 36 Veneers im Unterkiefer. Die Erfolgs- und Überlebensraten der Veneers wurden statistisch mithilfe der Kaplan-Meier-Analyse und des Cox-Regression-Modells (Signifikanzniveau: $p = 0,05$) berechnet und der Einfluss von Dentinexposition und Veneerposition bestimmt.

Die Gesamtüberlebensrate für extendierte Veneers beträgt 91,8 % (95 % [CI]: 0,87 – 0,97) nach zehn Jahren. Es gibt keinen signifikanten Einfluss vom Grad der Dentinfreilegung und Ort der Veneerposition auf die Überlebenswahrscheinlichkeit der Veneers. Auch wenn die Überlebensrate für Veneerpräparationen mit einer Dentinexposition > 50 % mit 90,1 % etwas geringer ausfällt. Gründe für den absoluten Veneerverlust sind neun Frakturen (9,7 %) und eine Zahnextraktion (1,1 %).

Die Erfolgsrate beträgt 78,6 % (95 % [CI]: 0,70 – 0,88) für extendierte Veneers. An den Veneers waren in zehn Jahren 13 Interventionen notwendig. Neun Veneers (9,7 %) mussten rezementiert werden, ein veneertragender Zahn wurde endodontisch behandelt (1,1 %), zweimal musste Karies mit Kompositfüllungen an den Veneerzähnen versorgt werden (2,2 %), und ein Riss in der Keramik musste aufpoliert werden (1,1 %). Als signifikant stellte sich allerdings der Einfluss des Faktors Dentinexposition > 50 % auf den Erfolg der Veneers heraus, mit einer HR von 2,98 und einer Signifikanz von $p = 0,0191$. Versorgte Oberkieferfrontzähne zeigten keine signifikant besseren Erfolgsraten im Vergleich zu Unterkieferfrontzähnen.

Extendierte Cergo-Veneers zeigen Überlebensraten, die vergleichbar sind mit denen von metallkeramischen oder vollkeramischen Vollkronen und stellen somit eine substanzschonendere Alternative dar. Die substanzschonendere Präparation verringert zudem das Risiko einer endodontischen Intervention, was einen Vorteil gegenüber den Vollkronen bedeutet. Erhöhte Retentionsverluste und Keramikfrakturen sollten künftig mithilfe von retentiven Präparationsdesigns und hochfesten Keramiken reduziert werden. Dafür sind weitere klinische Studien erforderlich, um evidenzbasierte Urteile fällen zu können.

6 Anhang

6.1 CRF-Bögen

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit 1 /9

Studie: „Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit“

Studien-Nummer: 04/18

Untersucher: Lara D. Bettenhäuser-Hartung.

Patient LFD-Nr.-____ Patienteninitalen: _____

Geschlecht: männlich weiblich

Geburtsdatum: ____/____/____
t t m m j j

Leiter der Studie:	Priv. Doz. Dr. Sven Rinke Universitätsklinikum Göttingen Zentrum der Zahn- Mund- und Kieferheilkunde, Abteilung für Zahnärztliche Prothetik Robert-Koch-Straße 40 37075 Göttingen Tel.: 0551-39-14034 Fax: 39-8368 Email: sven.rinke@med.uni-goettingen.de
---------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Ort

Datum

Unterschrift des Untersuchers

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

2 / 9

1. ANAMNESE/UPT

Datum: __/__/__

Pat. #: ____ - ____

Patienteninitialen: ____

Nikotinkonsum:**aktiver Raucher** ja nein

(Patient hat zum Zeitpunkt der Befragung geraucht)

Nichtraucher oder ehemaliger Raucher ja nein

(Patient hat zum Zeitpunkt der Befragung nicht oder nicht mehr geraucht)

Parodontalbehandlung

Sys. PAR-Behandlung durchgeführt

 ja nein

(Bei dem Patienten wurde in den letzten 5 Jahren vor Implantation eine sys. PAR-Behandlung durchgeführt)

Durchführung der UPT/Recall

 ja nein

Pat. hat regelmässig eine PZR/ UPT erhalten, ja = entsprechend der vorgebenen Intervall, nein= Abweichung vom Intervall > 100%)

2. KLINISCHE BEFUNDE-1

Datum: __/__/__

Pat. #: ____ - ____

Patienteninitialen: ____

Veneer	Zem-Dat.	Befestigungszement	Kontroll-Dat.	in-situ		Verlust-DAT Datum	Intervenierungs-Dat.
	Datum		Datum	ja	nein		
13							
12							
11							
21							
22							
23							
33							
32							
31							
41							
42							
43							

Ort _____

Datum _____

Unterschrift des Untersuchers _____

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

3 /9

Bei Verlust: Verlustursache

Veneer	Fraktur				Debonding		Biologische Gründe (Extraktion)						
	In d. Keramik		am Interface		ja	nein	Karies		PAR		apikale Ost/Endo		
	ja	nein	ja	nein			ja	nein	ja	nein	ja	nein	ja
13													
12													
11													
21													
22													
23													
33													
32													
31													
41													
42													
43													

Bei Intervention: Ursache

Veneer	Vitalität		Randverfärbung		Dezementierung mit noch intaktem Veneer		Randschluss nicht suffizient	
	+	-	ja	nein	ja	nein	ja	nein
13								
12								
11								
21								
22								
23								
33								
32								
31								
41								
42								
43								

Ort _____

Datum _____

Unterschrift des Untersuchers _____

Bei Intervention: Art der InterventionClinical Report Form Version 4.1, vom 23.03.2019
CRF-Veneer2018

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

4 /9

Veneer	Wurzelbehandlung			Füllung am Übergang Zahn/Veneer.						Wiederbestigung des Veneers		SK am Übergang Zahn/Veneer		SK in der Keramik	
	j	n	Dat.				j	n	Dat.	ja	nein	j	n	j	n
13															
12															
11															
21															
22															
23															
33															
32															
31															
41															
42															
43															

Ort

Datum

Unterschrift des Untersuchers

Clinical Report Form Version 4.1, vom 23.03.2019
CRF-Veneer2018

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

5 /9

3. KLINISCHE BEFUNDE-2

Datum: __/__/__

Pat. #: __-__-__

Patienteninitialen: _____

Veneer	Gingiva- rezession vest.	ST mesial	ST lingual	ST distal	ST vest
	mm	mm	mm	mm	mm
13					
12					
11					
21					
22					
23					
33					
32					
31					
41					
42					
43					

Anmerkungen:**Gingivarezession**

Bei Vorliegen einer Gingivarezession wird die Strecke vom Restaurationsrand bis zur marginalen Gingiva gemessen

Der Wert 0 bedeutet das keine Gingivarezession vorliegt

Sondierungstiefe

Bei der Messung der Sondierungstiefe wird die Distanz der marginalen Gingiva zum Taschenboden (in mm) an vier Messpunkten (mesial, lingual, distal, vestibulär) erfasst

Ort_____
Datum_____
Unterschrift des Untersuchers

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

6 /9

USPHS-Kriterien:

Zahn	13				12				11				21				22				23			
Code	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Sekundärkaries																								
Randschlus																								
Randverfärbung																								
Farbabweichung																								
Anatomische Form																								

Zahn	33				32				31				41				42				43			
Code	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Sekundärkaries																								
Randschlus																								
Randverfärbung																								
Farbabweichung																								
Anatomische Form																								

USPHS

_____ Ort

_____ Datum

_____ Unterschrift des Untersuchers

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

7 /9

Pink-Esthetic-Score:

Zahn	13			12			11			21			22			23		
Papille (m/d)																		
Code	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Gingivakontur/Höhe																		
Gingivakontur/Verlauf																		
Knöchernes Defizit																		
Gingivafarbe																		
Gingivaoberfläche																		

Summe

Zahn	33			32			31			41			42			43		
Papille (m/d)																		
Code	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2	0	1	2
Gingivakontur/Höhe																		
Gingivakontur/Verlauf																		
Knöchernes Defizit																		
Gingivafarbe																		
Gingivaoberfläche																		

Summe

Ort _____

Datum _____

Unterschrift des Untersuchers _____

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

8 /9

PBI:

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

PBI %

Ort_____
Datum_____
Unterschrift des UntersuchersClinical Report Form Version 4.1, vom 23.03.2019
CRF-Veneer2018

CRF: Erfolgsrate/Beständigkeit von Keramik-Veneers nach 10 Jahren Tragezeit

9 /9

Patientenzufriedenheit

Weiterempfehlung: ja , bestimmt () ja, eventuell() nein()
 Falls nein Grund: _____

Wiederholung der Therapie: ja , bestimmt () ja, eventuell() nein()
 Falls nein Grund: _____

**Schmerzen bei der Nahrungs-
 Nahme:** permanent () gelegentlich() nein()

Heiss-Kalt-Empfindlichkeit: permanent () gelegentlich() nein()

Zuletzt bitten wir sie noch die Kaufunktion des/der Veneers, die Farbe, sowie die Form auf einer Skala von 1 bis 100 zu beurteilen. (1= sehr schlecht, 100 = optimal)

Kaufunktion

1 _____ 100

Farbe

1 _____ 100

Form

1 _____ 100

Wir bedanken uns für ihre Mitarbeit ☺

Ort

Datum

Unterschrift des Untersuchers

7 Literaturverzeichnis

Albakry M, Guazzato M, Swain MV (2003): Fracture toughness and hardness evaluation of three pressable all-ceramic dental materials. *J Dent* 31, 181–188

Albanesi RB, Pigozzo MN, Sesma N, Laganá DC, Morimoto S (2016): Incisal coverage or not in ceramic laminate veneers: A systematic review and meta-analysis. *J Dent* 52, 1–7

Anusavice KJ (2012): Standardizing failure, success, and survival decisions in clinical studies of ceramic and metal–ceramic fixed dental prostheses. *Dent Mater* 28, 102–111

Arif R, Dennison JB, Garcia D, Yaman P (2019a): Retrospective evaluation of the clinical performance and longevity of porcelain laminate veneers 7 to 14 years after cementation. *J Prosthet Dent* 122, 31–37

Arif R, Dennison JB, Garcia D, Yaman P (2019b): Gingival Health of Porcelain Laminate Veneered Teeth: A Retrospective Assessment. *Oper Dent* 44, 452–458

Aykor A, Ozel E (2009): Five-year clinical evaluation of 300 teeth restored with porcelain laminate veneers using total-etch and a modified self-etch adhesive system. *Oper Dent* 34, 516–523

Beier US, Dumfahrt H (2014): Longevity of silicate ceramic restorations. *Quintessence Int* 45, 637–644

Beier US, Kapferer I, Dumfahrt H (2012a): Clinical Long-Term Evaluation and Failure Characteristics of 1,335 All-Ceramic Restorations. *Int J Prosthodont* 25, 70–78

Beier US, Kapferer I, Burtscher D, Dumfahrt H (2012b): Clinical Performance of Porcelain Laminate Veneers for Up to 20 Years. *Int J Prosthodont* 25, 79–85

Bewick V, Cheek L, Ball Jonathan (2004): Statistics review 12: Survival analysis. *Crit Care* 8, 389–394

Blatz MB, Sadan A, Kern M (2003): Resin-ceramic bonding: a review of the literature. *J Prosthet Dent* 89, 268–274

Bruguera TPD, Gurrea J, Llena O, Kina S (2013): Qualität und Ästhetik sind Vertrauenssache - Teil 5: Adhäsive Befestigung mit Mal- oder Schichttechnik. *ZWP* 2, 84–89

Burke FJT (2012): Survival rates for porcelain laminate veneers with special reference to the effect of preparation in dentin: a literature review. *J Esthet Restor Dent* 24, 257–265

Calamia JR (1983): Etched porcelain facial veneers: a new treatment modality based on scientific and clinical evidence. *N Y J Dent* 53, 255–259

Calamia JR (1988): Materials and technique for etched porcelain facial veneers. *Alpha Omegan* 81, 48–51

- Calamia JR, Calamia CS (2007): Porcelain laminate veneers: reasons for 25 years of success. *Dent Clin North Am* 51, 399-417
- Chai SY, Bennani V, Aarts JM, Lyons K (2018): Incisal preparation design for ceramic veneers: A critical review. *J Am Dent Assoc* 149, 25–37
- Cherukara GP, Davis GR, Seymour KG, Zou L, Samarawickrama DYD (2005): Dentin exposure in tooth preparations for porcelain veneers: a pilot study. *J Prosthet Dent* 94, 414–420
- Christensen GJ (2006): Are veneers conservative treatment? *J Am Dent Assoc* 137, 1721–1723
- Christensen GJ, Christensen RP (1991): Clinical Observations of Porcelain Veneers: A Three-Year Report. *J Esthet Dent*, 175–179
- Chun Y-HP, Raffelt C, Pfeiffer H, Bizhang M, Saul G, Blunck U, Roulet J-F (2010): Restoring strength of incisors with veneers and full ceramic crowns. *J Adhes Dent* 12, 45–54
- Coachman C, Paravina RD (2016): Digitally Enhanced Esthetic Dentistry - From Treatment Planning to Quality Control. *J Esthet Restor Dent* 28, S3-S4
- Cöttert HS, Dündar M, Oztürk B (2009): The Effect of Various Preparation Designs on the Survival of Porcelain Laminate Veneers. *J Adhes Dent* 11, 405–411
- Crispin BJ (1993): Expanding the application of facial ceramic veneers. *J Calif Dent Assoc* 21, 43-52
- Cvar JF, Ryge G (2005): Reprint of criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials. 1971. *Clin Oral Investig* 9, 215–232
- da Costa DC, Coutinho M, Sousa AS de, Ennes JP (2013): A meta-analysis of the most indicated preparation design for porcelain laminate veneers. *J Adhes Dent* 15, 215–220
- da Silva EM, Noronha-Filho JD, Amaral CM, Poskus LT, Guimarães JGA (2013): Long-term degradation of resin-based cements in substances present in the oral environment: influence of activation mode. *J Appl Oral Sci* 21, 271–277
- D’Arcangelo C, Angelis F de, Vadini M, D’Amario M (2012): Clinical evaluation on porcelain laminate veneers bonded with light-cured composite: results up to 7 years. *Clin Oral Investig* 16, 1071–1079
- Della Bona A, Kelly JR (2008): The Clinical Success Of All-Ceramic Restorations. *J Am Dent Assoc* 139, 8-13
- de Munck J, van Landuyt K, Peumans M, Poitevin A., Lambrechts P, Braem M., van Meerbeek B (2005): A Critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results. *J Dent Res* 84, 118–132

- Dumfahrt H, Schäffer H (2000): Porcelain laminate veneers. A retrospective evaluation after 1 to 10 years of service: Part II—Clinical results. *Int J Prosthodont* 13, 9–18
- Edelhoff D (2015): Vollkeramische Restaurationen. *wissen kompakt* 9, 149–158
- Edelhoff D, Sorensen JA (2002): Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *J Prosthet Dent* 87, 503–509
- Edelhoff D, Ozcan M (2007): To what extent does the longevity of fixed dental prostheses depend on the function of the cement? Working Group 4 materials: cementation. *Clin Oral Impl Res* 18, 193–204
- Edelhoff D, Prandtner O, Saeidi Pour R, Liebermann A, Stimmelmayer M, Güth J-F (2018): Anterior restorations: The performance of ceramic veneers. *Quintessence Int* 49, 89–101
- Federlin M, Geurtsen W, Haller B, Schmalz G (2007): Zahnfarbene Restaurationen aus Keramik: Inlays, Teilkronen und Veneers. *Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZM*; https://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Zahnfarbene_Restaurationen_aus_Keramik_3A_Inlays; abgerufen am: 14.02.2019
- Ferrari M, Patroni S, Balleri P (1992): Measurement of enamel thickness in relation to reduction for etched laminate veneers. *Int J Periodontics Restorative Dent* 12, 407–413
- Fischer J, Kappert HF: Keramik als zahnärztlicher Werkstoff; In: Strub JR, Kern M, Türp JC, Witkowski S, Heydecke G, Wolfart S.(Hrsg.): *Curriculum Prothetik Band II: Artikulatoren, Ästhetik, Werkstoffkunde, Festsitzende Prothetik*, Quintessenz Verlag. Berlin 2011, 485–501
- Fradeani M, Redemagni M, Corrado M (2005): Porcelain Laminate Veneers: 6- to 12-Year Clinical Evaluation— A Retrospective Study. *Int J Periodontics Restorative Dent* 25, 9–17
- Friedman MJ (1998): A 15-year review of porcelain veneer failure—a clinician's observations. *Compend Contin Educ Dent* 19, 625-632
- Gardner MJ, Altman DG (1986): Statistics in Medicine: Confidence intervals rather than P values: estimation rather than hypothesis testing. *BMJ* 292, 746–750
- Gehre G: Keramische Werkstoffe; In: Kappert HF, Eichner K (Hrsg.): *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung*. Georg Thieme Verlag. Stuttgart, 2008, 326–357
- Goel MK, Khanna P, Kishore J (2010): Understanding survival analysis: Kaplan-Meier estimate. *Int J Ayurveda Res* 1, 274–278
- Granell-Ruiz M, Fons-Font A, Labaig-Rueda C, Martinez-Gonzalez A, Roman-Rodriguez J, Sola-Ruiz M (2010): A clinical longitudinal study 323 porcelain laminate veneers. Period of study from 3 to 11 years. *Med Oral*, 531-537
- Granell-Ruiz M, Granell-Ruiz R, Fons-Font A, Roman-Rodriguez J, Sola-Ruiz M (2014): Influence of bruxism on survival of porcelain laminate veneers. *Med Oral*, 426-432

- Gresnigt MMM, Kalk W, Özcan M (2013): Clinical longevity of ceramic laminate veneers bonded to teeth with and without existing composite restorations up to 40 months. *Clin Oral Investig* 17, 823–832
- Gresnigt MMM, Cune MS, Roos JG de, Özcan M (2016): Effect of immediate and delayed dentin sealing on the fracture strength, failure type and Weibull characteristics of lithiumdisilicate laminate veneers. *Dent Mater* 32, 73-81
- Gresnigt MMM, Cune MS, Jansen K, van der Made SAM, Özcan M (2019a): Randomized clinical trial on indirect resin composite and ceramic laminate veneers: Up to 10-year findings. *J Dent* 86, 102–109
- Gresnigt MMM, Cune MS, Schuitemaker J, van der Made SAM, Meisberger EW, Magne P, Özcan M (2019b): Performance of ceramic laminate veneers with immediate dentine sealing: An 11 year prospective clinical trial. *Dent Mater* 35, 1042–1052
- Guess PC, Stappert CFJ (2008): Midterm results of a 5-year prospective clinical investigation of extended ceramic veneers. *Dent Mater* 24, 804–813
- Guess PC, Selz CF, Voulgarakis A, Stampf S, Stappert CFJ (2014): Prospective clinical study of press-ceramic overlap and full veneer restorations: 7-year results. *Int J Prosthodont* 27, 355–358
- Gurel G, Sesma N, Calamita MA, Coachman C, Morimoto S (2013): Influence of Enamel Preservation on Failures Rates of Porcelain Laminate Veneers. *Int J Periodont Rest* 33, 31–39
- Gurram R, Krishna CHV, Reddy KM, Reddy GVKM, Shastry YM (2014): Evaluating the fracture toughness and flexural strength of pressable dental ceramics: an in vitro study. *J Indian Prosthodont Soc* 14, 358–362
- Hong N, Yang H, Li J, Wu S, Li Y (2017): Effect of Preparation Designs on the Prognosis of Porcelain Laminate Veneers: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Oper Dent* 42, 197-213
- Kappert, HF., Eichner, K (2008): *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung: Bd. 2: Werkstoffe unter klinischen Aspekten*, 6. Auflage; Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2008
- Kelly JR, Benetti P (2011): Ceramic materials in dentistry: historical evolution and current practice. *Aust Dent J*, 84–96
- Kern M (2016): Biomechanische Merkmale im Fokus. *ZWL* 5, 24–30
- Kern M, Edelhoff D (2014): Minimalinvasive vollkeramische Restaurationen. *ZWR* 123, 352-350
- Kern M, Kohal RJ, Mehl A, et. al: *Vollkeramik auf einen Blick: Leitfaden zur Indikation, Werkstoffauswahl, Vorbereitung und Eingliederung von vollkeramischen Restaurationen*, 5. Auflage, Ettligen 2012

- Kihn PW, Barnes DM (1998): The clinical longevity of porcelain veneers: A 48-month clinical evaluation. *J Am Dent Assoc* 129, 747–752
- Kreulen CM, Creugers NH, Meijering AC (1998): Meta-analysis of anterior veneer restorations in clinical studies. *J Dent* 26, 345–353
- Kunzelmann K-H (2014): Entscheidungsweg: Befestigungstechniken für vollkeramische Systeme. *ZWR* 123, 220–223
- Layton DM, Walton TR (2007): An up to 16-year prospective study of 304 porcelain veneers. *Int J Prosthodont* 20, 389–396
- Layton DM, Walton TR (2012): The up to 21-year clinical outcome and survival of feldspathic porcelain veneers: accounting for clustering. *Int J Prosthodont* 25, 604–612
- Layton DM, Clarke M (2013): A systematic review and meta-analysis of the survival of non-feldspathic porcelain veneers over 5 and 10 years. *Int J Prosthodont* 26, 111–124
- Layton DM, Clarke M, Walton TR (2012): A systematic review and meta-analysis of the survival of feldspathic porcelain veneers over 5 and 10 years. *Int J Prosthodont* 25, 590–603
- Lohbauer U, Nikolaenko SA, Petschelt A, Frankenberger R (2008c): Resin tags do not contribute to dentin adhesion in self-etching adhesives. *J Adhes Dent* 10, 97–103
- Lohbauer U, Belli R, Wendler M: Keramische Materialien; In: Rosentritt M, Ilie N, Lohrbauer U (Hrsg.): *Werkstoffkunde in der Zahnmedizin: Moderne Materialien und Technologien*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 2018, 239-309
- Lühns A-K, Guhr S, Günay H, Geurtsen W (2010): Shear bond strength of self-adhesive resins compared to resin cements with etch and rinse adhesives to enamel and dentin in vitro. *Clin Oral Investig* 14, 193–199
- Magne P, Douglas WH (2000): Interdental design of porcelain veneers in the presence of composite fillings. Finite element analysis of composite shrinkage and thermal stresses. *Int J Prosthodont* 13, 118–124
- Magne P, Belser U: *Bonded porcelain restorations in the anterior dentition: A biomimetic approach*. 1. Auflage; Quintessence Publishing, Chicago 2002
- Magne P, Magne M (2006): Use of Additive Waxup and Direct Intraoral Mock-up for Enamel Preservation with Porcelain Laminate Veneers. *Eur J Esthet Dent* 1, 10–19
- Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH (2018): Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: A review. *Dent Mater* 34, 13–28
- Morimoto S, Albanesi R, Sesma N, Agra C, Braga M (2016): Main Clinical Outcomes of Feldspathic Porcelain and Glass-Ceramic Laminate Veneers: A Systematic Review and Meta-Analysis of Survival and Complication Rates. *Int J Prosthodont* 29, 38–49

- Nawareg MMA, Zidan AZ, Zhou J, Chiba A, Tagami J, Pashley DH (2015): Adhesive sealing of dentin surfaces in vitro: A review. *Am J Dent* 28, 321–332
- Novais VR, Raposo LHA, Miranda RRd, Lopes CdCA, Simamoto PC, Soares CJ (2017): Degree of conversion and bond strength of resin-cements to feldspathic ceramic using different curing modes. *J Appl Oral Sci* 25, 61–68
- Oesterreich D (2018): Bruxismus als Risikofaktor einer craniomandibulären Dysfunktion (CMD). Bundeszahnärztekammer.
https://www.bzaek.de/fileadmin/PDFs/b14/bruxismus_zahneknirschen_cmd.pdf;
abgerufen am: 14.03.2019
- Onisor I, Bouillaguet S, Krejci I (2007): Influence of different surface treatments on marginal adaptation in enamel and dentin. *J Adhes Dent* 9, 297–303
- Oztürk E, Bolay S (2014): Survival of porcelain laminate veneers with different degrees of dentin exposure: 2-year clinical results. *J Adhes Dent* 16, 481–489
- Pashley EL, Comer RW, Simpson MD, Horner JA, Pashley DH, Caughman WF (1992): Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. *Oper Dent* 17, 13–20
- Petridis HP, Zekeridou A, Malliari M, Tortopidis D, Koidis P (2012): Survival of ceramic veneers made of different materials after a minimum follow-up period of five years: A systematic review and meta-analysis. *Eur J Esthet Dent* 7, 138–152
- Peumans M, van Meerbeek B, Yoshida Y, Lambrechts P, Vanherle G (1999): Porcelain veneers bonded to tooth structure: an ultra-morphological FE-SEM examination of the adhesive interface. *Dent Mater* 15, 105–119
- Peumans M, van Meerbeek B, Lambrechts P, Vanherle G (2000): Porcelain veneers: a review of the literature. *J Dent* 28, 163–177
- Peumans M, de Munck J, Fieuws S, Lambrechts P, Vanherle G, van Meerbeek B (2004): A prospective ten-year clinical trial of porcelain veneers. *J Adhes Dent* 6, 65–76
- Pilathadka S, Vahalová D (2007a): Contemporary all-ceramic materials, Part-1. *Acta Med* 50, 101–104
- Pilathadka S, Vahalová D (2007b): Contemporary all-ceramic systems, Part-2. *Acta Med* 50, 105–107
- Pini NP, Aguiar FHB, Lima DANL, Lovadino JR, Terada RSS, Pascotto RC (2012): Advances in dental veneers: materials, applications, and techniques. *Clin Cosmet Investig Dent* 4, 9–16
- Pjetursson BE, Sailer I, Zwahlen M, Hämmerle CHF (2007): A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part I: Single crowns. *Clin Oral Impl Res* 18, 73–85

- Pröbster L, Groten M (2006): Vollkeramische Restaurationssysteme für die zahnärztliche Praxis. *Ästh Zahnmed* **2**, 8–15
- Rinke S: Vollkeramik: Ein Praxiskonzept. 1. Auflage; Quintessenz Verlag, Berlin 2011
- Rinke S, Lange K, Ziebolz D (2013): Retrospective study of extensive heat-pressed ceramic veneers after 36 months. *J Esthet Restor Dent* **25**, 42–52
- Rinke S, Pabel A-K, Schulz X, Rödiger M, Schmalz G, Ziebolz D (2018): Retrospective evaluation of extended heat-pressed ceramic veneers after a mean observational period of 7 years. *J Esthet Restor Dent* **30**, 329–337
- Sailer I, Makarov NA, Thoma DS, Zwahlen M, Pjetursson BE (2015): All-ceramic or metal-ceramic tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs)? A systematic review of the survival and complication rates. Part I: Single crowns (SCs). *Dent Mater* **31**, 603–623
- Santos MJ, Mondelli RFL, Navarro MF, Francischone CE, Rubo JH, Santos GC (2013): Clinical evaluation of ceramic inlays and onlays fabricated with two systems: five-year follow-up. *Oper Dent* **38**, 3–11
- Schmalz G, Geurtsen W (2001): Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK: Keramik-Inlays und -Veneers. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK. https://www.dgzmk.de/uploads/tx_szdgzmkdocuments/Keramik-Inlays_und_Veneers.pdf; abgerufen am: 13.03.2019
- Schmidt KK, Chiayabutr Y, Phillips KM, Kois JC (2011): Influence of preparation design and existing condition of tooth structure on load to failure of ceramic laminate veneers. *J Prosthet Dent* **105**, 374–382
- Schmitter M, Kares-Vrincianu A, Kares H, Bermejo JL, Schindler H-J (2015): Sleep-associated aspects of myofascial pain in the orofacial area among Temporomandibular Disorder patients and controls. *Sleep Med* **16**, 1056–1061
- Shaini FJ, Shortall ACC, Marquis PM (1997): Clinical performance of porcelain laminate veneers. A retrospective evaluation over a period of 6.5 years. *J Oral Rehabil* **24**, 553–559
- Smales RJ, Etemadi S (2004): Long-term survival of porcelain laminate veneers using two preparation designs: A retrospective study. *Int J Prosthodont* **17**, 323–326
- Soares CJ, Soares PV, Pereira JC, Fonseca RB (2005): Surface Treatment Protocols in the Cementation Process of Ceramic and Laboratory-Processed Composite Restorations: A Literature Review. *J Esthet Restor Dent* **17**, 224–235
- Souza Melo G de, Batistella EÂ, Bertazzo-Silveira E, Simek Vega Gonçalves TM, Mendes de Souza BD, Porporatti AL, Flores-Mir C, Luca Canto G de (2018): Association of sleep bruxism with ceramic restoration failure: A systematic review and meta-analysis. *J Prosthet Dent* **119**, 354–362

- Stappert CFJ, Stathopoulou N, Gerds T, Strub JR (2005): Survival rate and fracture strength of maxillary incisors, restored with different kinds of full veneers. *J Oral Rehabil* 32, 266–272
- Swift EJ, Friedman MJ (2006a): Porcelain Veneer Outcomes, Part I. *J Esthet Restor Dent* 18, 54–57
- Swift EJ, Friedman MJ (2006b): Porcelain Veneer Outcomes, Part II. *J Esthet Restor Dent* 18, 110–112
- Tian T, Tsoi JK-H, Matinlinna JP, Burrow MF (2014): Aspects of bonding between resin luting cements and glass ceramic materials. *Dent Mater* 30, 147-162
- van den Breemer CRG, Gresnigt MMM, Cune MS (2015): Cementation of Glass-Ceramic Posterior Restorations: A Systematic Review. *Biomed Res Int* 2015, 1–15
- Walls AW (1995): The use of adhesively retained all-porcelain veneers during the management of fractured and worn anterior teeth: Part 1. Clinical technique. *Br Dent J* 178, 333–336
- Walls AWG, Steele JG, Wassell RW (2002): Crowns and other extra-coronal restorations: Porcelain laminate veneers. *Br Dent J* 193, 73–82
- Walter RD, Raigrodski AJ (2008): Critical appraisal: clinical considerations for restoring mandibular incisors with porcelain laminate veneers. *J Esthet Restor Dent* 20, 276–281
- Wang Y-j, Raffaelli O, Zhang L, Chen J-h, Ferrari M (2007): Effect of different bonding procedures on micro-tensile bond strength between a fiber post and resin-based luting agents. *J Oral Sci* 49, 155–160
- Ziegler A, Lange S, Bender R (2002): Überlebenszeitanalyse: Eigenschaften und Kaplan-Meier Methode. *Dtsch Med Wochenschr* 127, 14–16
- Ziegler A, Lange S, Bender R (2004): Überlebenszeitanalyse: Die Cox-Regression. *Dtsch Med Wochenschr* 129, 1–3

Danksagung

An erster Stelle möchte ich mich bei meinem Erstbetreuer, PD Dr. Sven Rinke, für die freundliche und engagierte Betreuung bedanken, die eine reibungslose und effiziente Zusammenarbeit ermöglichte.

Ein weiterer Dank gilt meinem Zweitbetreuer Prof. Dr. Michael Hülsmann, der mir mit konstruktiven Ratschlägen stets zur Seite stand und zuverlässig für Treffen mit dem Betreuungsausschuss zur Verfügung stand.

Ich möchte mich bei allen bedanken, die zur Realisierung dieser Doktorarbeit beigetragen haben.