

**Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
Direktor: Prof. Dr. med. dent. Daniel Edelhoff**

---

**Retrospektive klinische Studie zum  
Langzeitverhalten von festsitzendem parodontal  
getragenen Zahnersatz über einen Zeitraum  
von bis zu zehn Jahren**

**Dissertation zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnheilkunde  
an der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München**

**vorgelegt von  
Motahareh Navab Daneshmand  
aus Esfahan  
2018**

**Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München**

**Berichterstatter:** Prof. Dr. Daniel Edelhoff  
**Mitberichterstatter:** Prof. Dr. Dr. Christoph Holberg

**Mitbetreuung durch den  
promovierten Mitarbeiter:** Dr. Jean-Marc Pho Duc  
**Dekan:** Prof. Dr. Reinhard Hickel  
**Tag der mündlichen Prüfung:** 03.05.2018

Meinem Mann und meinen Eltern in großer Dankbarkeit.

## Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>1</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2 ZIEL DER ARBEIT .....</b>	<b>6</b>
<b>3 FRAGESTELLUNGEN.....</b>	<b>8</b>
<b>4 LITERATURÜBERSICHT .....</b>	<b>9</b>
4.1 Kronen- und Brückenersatz: Einteilung und Indikationen.....	9
4.2 Langzeitergebnisse in der Literatur .....	12
4.3 Metallische Vollgussrestorationen .....	23
4.3.1 Einteilung und Einsatzgebiete .....	23
4.3.2 Edelmetall-Legierungen.....	24
4.3.3 Nichtedelmetall- Legierungen.....	24
4.4 Verblendete Restaurationen .....	26
4.4.1 Einteilung und Eigenschaften .....	26
4.4.2 Metall-Keramik-Verbund.....	26
4.5 Vollkeramische Kronensysteme .....	27
4.5.1 Einteilung und Einsatzgebiete .....	28
4.5.1.1 Klinische Anwendung .....	28
4.5.1.2 Chemische Zusammensetzung.....	29
4.5.1.2.1 Silikatkeramiken.....	29
4.5.1.2.2 Oxidkeramiken .....	30
4.5.1.2.3 Zirkoniumdioxid.....	31
4.5.2 Keramische Verbundsysteme .....	33
4.5.3 Dentale Verblendkeramiken .....	33
4.6 Befestigungsmaterialien .....	35
4.6.1 Konventionelle Befestigungsmaterialien .....	35
4.6.1.1 Zinkoxidphosphatzemente (Harvard Zement).....	35
4.6.1.2 Carboxylatzemente (Durelon) .....	36
4.6.1.3 Glasionomerezemente (Fuji Cem, Ketac Cem) .....	36
4.6.2 Adhäsive Befestigungsmaterialien .....	37
4.6.2.1 Konventionelle adhäsive Befestigung (Variolink und Panavia F 2.0).....	37

4.6.2.2 Selbstadhäsive Befestigung (RelyX Unicem) .....	39
4.7 Wurzelkanalstifte.....	41
4.7.1 Indikation und Anforderungen .....	41
4.7.2 Stiftform.....	42
4.7.3 Stiftmaterial .....	43
<b>5 MATERIALIEN UND METHODEN .....</b>	<b>44</b>
5.1 Studiendesign (Patientenkollektiv) .....	44
5.1.1 Systematische Aktenanalyse .....	44
5.1.2 Datenerfassung .....	45
<b>6 STATISTISCHE ANALYSE .....</b>	<b>49</b>
<b>7 ERGEBNISSE .....</b>	<b>51</b>
7.1 Allgemeine Daten.....	51
7.1.1 Patientenmerkmale.....	52
7.1.1.1 Geschlecht und Altersklassen .....	52
7.1.1.2 Mundhygienestatus der Patienten.....	53
7.1.1.3 Craniomandibuläre Dysfunktion (CMD)/ Bruxismus .....	53
7.1.2 Merkmale der Pfeilerzähne.....	55
7.1.2.1 Sensibilitätszustand .....	55
7.1.2.2 Stiftsystem .....	56
7.1.2.3 Zahnbeweglichkeit .....	57
7.1.2.4 Pfeiler als Klammerzahn.....	58
7.1.3 Merkmale der Restaurationen .....	58
7.1.3.1 Verteilung der Restaurationen.....	58
7.1.3.2 Materialien .....	59
7.1.3.5 Merkmale der Brücken .....	61
7.2 Analytische Statistik .....	63
7.2.1 10-Jahres-Ergebnisse.....	63
7.2.2 Risikoanalyse der Kronen.....	66
7.2.2.1 Dezementierung der Kronen (Retentionsverlust) .....	67
7.2.2.2 Verblendfraktur der Kronen .....	68
7.2.2.3 Erneuerung der Kronen .....	70
7.2.3 Risikoanalyse der Brücken .....	72
7.2.3.1 Dezementierung der Brücken (Retentionsverlust) .....	72
7.2.3.2 Verblendfraktur der Brücken .....	73
7.2.3.3 Erneuerung der Brücken .....	76

7.2.4	Risikoanalyse der Pfeilerzähne .....	79
7.2.4.1	Sekundärkaries .....	81
7.2.4.2	Pulpitische Beschwerden .....	83
7.2.4.3	Frakturen.....	86
7.2.4.4	Extraktion .....	87
<b>8</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>89</b>
8.1	Diskussion der Methodik.....	89
8.1.1	Studiendesign .....	89
8.1.2	Patientengut und Restaurationen .....	92
8.2	Diskussion der Ereignisse .....	93
8.3	Diskussion der Ergebnisse .....	94
8.3.1	Dezementierung (Retentionsverlust).....	94
8.3.2	Verblendabplatzung und intraorale Reparaturen .....	96
8.3.3	Erneuerung der Restauration .....	98
8.3.4	Sekundärkaries .....	100
8.3.5	Pulpitische Beschwerden und Wurzelkanalbehandlung .....	102
8.3.6	Fraktur der Zähne .....	104
8.3.7	Extraktion .....	105
<b>9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>107</b>
<b>10</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>111</b>
<b>11</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>121</b>
<b>12</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>122</b>
<b>13</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>	<b>124</b>
<b>14</b>	<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>127</b>

## 1 Einleitung

Funktionell und ästhetisch hochwertiger Zahnersatz gewinnt in der modernen Zahnheilkunde zunehmend an Bedeutung. Der Wunsch nach ästhetischen und stabilen Versorgungen steigt stetig, da immer mehr Patienten Wert auf gesunde und schöne Zähne legen. Eine hohe Überlebensrate sowie eine geringe Komplikationsrate sind für eine erfolgreiche Versorgung und für die Patientenzufriedenheit entscheidend. Dabei stellt sich die Frage, welche medizinischen, funktionellen und ästhetischen Anforderungen ein Zahnersatz erfüllen muss, um diesen als „funktionierend“ oder „erfolgreich“ bezeichnen zu können.

Seit einigen Jahren steigt die Anzahl neuer Restaurationsmaterialien, die in immer kürzer werdenden Zeitabständen, zum Teil ohne klinische Langzeituntersuchungen [1], auf den Markt gebracht werden. Dies erschwert die Entscheidung der Zahnärzte im Hinblick auf die geeignetste Versorgung.

Festsitzender Zahnersatz bietet die Möglichkeit, die Okklusion der fehlenden oder der geschädigten Zähne wiederaufzubauen und damit die Überlebenszeit von Zähnen mit geschädigter Zahnhartsubstanz zu verlängern. Zudem kann bei festsitzenden Versorgungen eine falsche Anwendung der Restauration ausgeschlossen und diese gut von Patienten toleriert werden [2]. Deshalb stehen Kronen und Brücken in Deutschland im Vergleich zu anderen prothetischen Versorgungsmöglichkeiten an erster Stelle [3]. Vor diesem Hintergrund steigt der Anteil an vollkeramischen Restaurationen zur Wiederherstellung koronaler Anteile von Zähnen und zum Ersatz fehlender Zähne.

Prothetische Restaurationen müssen aus verschiedenen Blickwinkeln bewertet und beurteilt werden. Dabei müssen nicht nur physiologische und psychologische Aspekte, sondern auch die Funktionsperiode sowie nicht zuletzt ökonomische Parameter beachtet werden [4-6]. Jede prothetische Behandlungsmaßnahme kann zu Komplikationen führen und das Risiko für Misserfolge erhöhen [2, 7]. Abbildung 1 enthält eine Auflistung der möglichen Komplikationen von Kronen und Brücken [2].

Komplikation	%
<b>Biologisch</b>	
Vitalitätsverlust	10-15
Sekundärkaries	10-15
Apikale Aufhellung	3-5
Extraktion Pfeilerzahn	2-7
<b>Technisch</b>	
Retentionsverlust	5-8
Fraktur Metallkeramik	5-8
Zwischengliedbruch	1
Keramikfraktur (Typ Dicor)	30

Abb. 1: Typische Komplikationen nach zehn Jahren Tragedauer [2].

Die Ereignisse während der Tragezeit der Restaurationen unterscheiden sich insbesondere in technischen (wie Abplatzung der Keramikverblendung) und biologischen (wie endodontische Behandlung nach Eingliederung) Ursachen, wobei diese sich häufig überschneiden [2].

Mögliche Ursachen für die Abplatzung einer keramischen Verblendung können technische Fehler wie zu dünne Verblendung oder biologische Ursachen wie starker Bruxismus sein.

Aufgrund der Überschneidung technischer und biologischer Ursachen, wurden diese bei der vorliegenden Studie nicht differenziert.

## 2 Ziel der Arbeit

Die vorliegende retrospektive Studie soll anhand der strukturiert geführten Patientenakten eine multidimensional vollständige Langzeitanalyse von Kronen, Brücken und jeweiligen Pfeilerzähnen präsentieren. Ziel dieser Arbeit war es, die möglichen Zusammenhänge zwischen verschiedenen erfassten Daten herauszufinden. Dazu wurden verschiedene biologische, technische und Patienten bedingte Komplikationen über einen Zeitraum von 2003 bis 2013 erfasst und ausgewertet. Verblendabplatzungen, Retentionsverluste, pulpitische Beschwerden, Sensibilitätsverluste, Sekundärkaries und parodontale Komplikationen der Pfeilerzähne gehörten zu den aufgetretenen Komplikationen.

Dabei wurden denkbare Parameter, die das Verlustrisiko der Restaurationen möglicherweise beeinflusst haben, erfasst.

Als Einflussparameter wurden insbesondere:

- Geschlecht und Alter des Patienten
- Mundhygienestatus
- Bruxismus oder craniomandibuläre Dysfunktion
- Verwendete Restaurationsmaterialien
- Art der Brücke, Brückenspanne und Anzahl der Pfeilerzähne
- Art der Verblendung
- Befestigungsmaterialien
- Sensibilitätszustand der Pfeilerzähne, Wurzelkanalbehandlung und Stiftaufbau
- Beweglichkeitsgrad

- Verwendung des Pfeilerzahnes als Verankerungselement (Klammerzahn),

in die Studie einbezogen.

### 3 Fragestellungen

Diese retrospektive Studie versucht, Erkenntnisse über die Verweildauer von Kronen und Brücken und die möglichen Einflussfaktoren zu liefern. Dabei sollten folgende Fragen beantwortet werden:

- Wie verhalten sich Vollguss-, Verblend- und Vollkeramik-Restaurationen bezüglich aufgetretener Ereignisse?
- Haben verschiedene Materialien einen Einfluss auf Komplikationen?
- Ist das Alter der Patienten beeinflussend?
- Hat die Ausgangssituation der Pfeilerzähne einen Einfluss auf den Langzeiterfolg der Restaurationen?
- Wird der Langzeiterfolg der Brückenrestaurationen von der Anzahl der Pfeilerzähne und Länge der Brücke beeinflusst?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen Mundhygienestatus der Patienten und geschehenen Ereignissen bei Pfeilerzähnen und Restaurationen?
- Besteht ein Verhältnis zwischen crandiomandibulärer Dysfunktion und eingetretenen Ereignissen in Bezug auf Verblendabplatzungen und Pfeilerfrakturen?
- Bestehen signifikante Unterschiede bezüglich der Ereignisse der Pfeilerzähne zwischen Kronen und Brücken?
- Welche Ereignisse sind innerhalb der Gewährleistungsfrist aufgetreten?

## **4 Literaturübersicht**

### **4.1 Kronen- und Brückenersatz: Einteilung und Indikationen**

Kronen können nach ihrer Funktion in drei Gruppen eingeteilt werden. Ersatzkronen sind dann indiziert, wenn verlorengegangene Zahnhartsubstanz infolge von Karies, Abrasion, Attrition, Trauma oder Erosion ersetzt werden muss. Sie werden auch aus ästhetischen Gründen bei Fehlstellungen oder bei endodontisch behandelten und verfärbten Zähnen angefertigt [8].

Schutzkronen können im Vergleich dazu bei Zahnstrukturstörungen (Amelogenesis imperfecta und Dentinogenesis imperfecta) eingesetzt werden. Die Zähne sind durch diese genetischen Erkrankungen hypersensibel und anfälliger gegenüber chemischen, physikalischen und mechanischen Belastungen [8].

Stütz- und Verankerungskronen werden bei Brücken und kombiniert-festsitzend-herausnehmbarem Zahnersatz angewendet. Je nachdem welche Zahnflächen von Kronen umfasst oder ersetzt werden, können sie in Teil-, Hülsen- und Stiftkronen eingeteilt werden. Während die Zahnkrone von einer Hülsenkrone vollständig überdeckt wird, umfasst eine Teilkrone diese nur partiell. Die Hülsenkronen differenzieren sich weiter in Metall- und Nichtmetall-Hülsenkronen (Mantelkronen). Die Metall-Hülsenkronen können in Vollguss-, Keramikverblend- und Kunststoffverblend-Kronen unterteilt werden. Zu den Nichtmetall-Hülsenkronen gehören Vollkeramik und Kunststoffmantelkronen [8].

In dieser retrospektiven Studie wurden ausschließlich Vollkronen untersucht und ausgewertet. Deshalb wird im Folgenden diese Restaurationsform weiter vertieft.

Brückenrestorationen gehören zu feststehendem parodontal getragenen Zahnersatz und werden auf präparierten Pfeilerzähnen befestigt. Zu den Bestandteilen einer Brücke gehören Brückenpfeiler und Brückenzwischenglieder. Die Brückenglieder ersetzen die verlorenen Zähne [9, 10]. Durch das Eingliedern einer Brückenrestauration soll die Kaufunktion wiederaufgebaut werden. Es wird zusätzlich verhindert, dass die der Lücke benachbarten Zähne gekippt werden oder die jeweiligen Antagonisten elongieren. Im Frontzahnbereich werden Ästhetik und Phonetik rekonstruiert. Bei Bisslageänderung oder bei zerstörten Zähnen durch Abrasion, sowie Karies kann die Kaufläche neu konstruiert werden [11].

In der Literatur herrscht keine Einigkeit über die Frage, ob jede Seitenzahnücke ersetzt werden muss. Einige Autoren konnten nachweisen, dass die Schallücke im Seitenzahnbereich bei günstigem Okklusionszustand häufig über lange Zeit unverändert bleibt [12-14]. Trotzdem sollte die Situation in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden. Die Anfertigung von Situationsmodellen kann dabei hilfreich sein [10].

Brücken werden nach der Position ihrer Brückenpfeiler in Endpfeilerbrücken (beidseitige Begrenzung durch Pfeilerzähne) und Freidendbrücken (einseitige Begrenzung durch Brückenpfeiler) eingeteilt. Die Endpfeilerbrücken werden in einspannige und mehrspannige Brücken unterteilt. Bei einspannigen Brücken ist das Zwischenglied ohne Unterbrechung zwischen den Brückenankern gespannt. Die Zwischenglieder bei mehrspannigen Brücken sind in mehreren Bögen zwischen den Brückenpfeilern gestaltet [8-11] (Abb. 2.1 und 2.2).

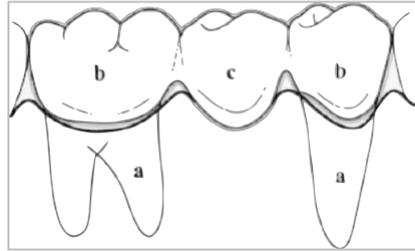


Abb. 2.1: Schematischer Aufbau einer einspannigen dreigliedrigen Endfeilerbrücke [8].  
**a** Brückenpfeiler **b** Brückenanker **c** Brückenzwischenglied.

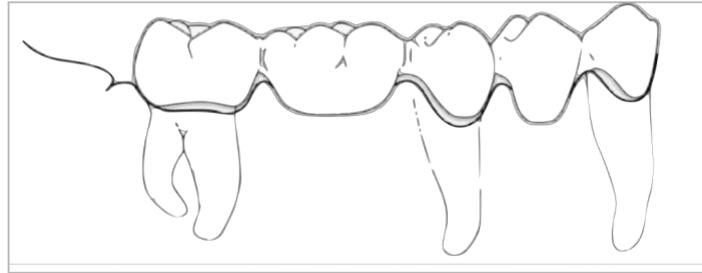


Abb. 2.2: Schematischer Aufbau einer mehrspannigen, fünf-gliedrigen Brücke [8].

Freiendbrücken oder Extensionsbrücken sind bei einseitig- oder beidseitig verkürzten Zahnreihen indiziert. Bei diesen Brücken sollte die Länge der Schaltlücke eine Prämolarenbreite nicht überschreiten. Um eine Frakturgefahr durch exzentrische Hebelkräfte zu verringern, sollen bei Extensionsbrücken zwei Brückenpfeiler miteinander verbunden werden [8-11] (Abb. 2.3).

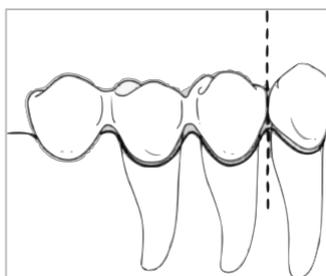


Abb. 2.3: Schematischer Aufbau einer Extensionsbrücke (Distalanhänger) [8].

In der vorliegenden Studie wurden hauptsächlich Endfeilerbrücken (einspannig und mehrspannig) untersucht.

## 4.2 Langzeitergebnisse in der Literatur

Um die Verweildauer einer Restauration zu evaluieren, können verschiedene Studientypen verwendet werden (Abb. 3).



Abb. 3 : Untersuchungsmethoden zur Untersuchung der Lebensdauer der Restaurationen [15].

In den letzten Jahren haben verschiedene Studien die Funktionsperiode der Kronen und Brücken untersucht. Dabei ist es sinnvoll, die Ergebnisse verschiedener Studien zu berücksichtigen und miteinander zu vergleichen (Tab. 1 und 2). In diesen Studien wurde häufig die Überlebensrate in den Vordergrund gestellt. Dabei zeigten sich für Vollguss- und metallkeramische Restaurationen, welche meistens als Goldstandard betrachtet wurden [16], deutlich bessere Ergebnisse als für vollkeramische Kronen. Selten wurden Nichtedelmetall-Legierungen untersucht, obwohl sie heute nicht nur in Deutschland immer häufiger im Dentalbereich verwendet werden [17].

<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>Anzahl der Restaurationen</b>	<b>Zeit in Jahren</b>	<b>Überlebensrate</b>
Westermann et al. [19]	1990	222 Kronen	8.0	88%
Kerschbaum und Gaa [20]	1987	4371 Kronen	8.0	86.7%
			10.0	79%
			15.0	59%
			25.0	29%
Leempoel [21]	1987	1711 Jacketkronen (Front) 1323VMK (Front) 2011VMK (Prämolaren) 654 VMK (Molaren) 3261 Gusskronen (Molar)	10.0	82.0%
			10.0	93.0%
			10.0	97.0%
			10.0	96.0%
			10.0	97.0%
			10.0	97.0%
Hawthorne et al. [22]	1997	399 Kronen	15.0	75%
Erpenstein und Kerschbaum [23]	1991	159 Kronen	1.0	92%
			2.0	86.4%
			2.8	77.0%
Erpenstein et al. [24]	1992	593 Kronen	5	96.2%
			10	91.3%
			15	83.7%
Fehmer et al. [25] (Metaanalyse)	2015	VMK-Kronen Vollkeramik- Kronen	7,4	95.7% 90.7%-96.6%
Ortorp et al. [26]	2012	216 Vollkeramikronen	5	88.8%
Glyn Jones [27]	1972	395 Frontzahnkronen	5	78.7%

Tab. 1: Überlebensraten von Einzelkronen.

<b>Autor</b>	<b>Jahr</b>	<b>Anzahl der Restaurationen</b>	<b>Zeit in Jahren</b>	<b>Überlebensrate</b>
Kerschbaum und Gaa [20]	1987	1669 Brücken	8.0	90.6%
			10.0	82%
			15.0	64%
			25.0	28%
Leempoel [28]	1987	1674 Brücken	12	87%
Erpenstein et al. [24]	1992	298 Brücken	5	89.4%
			10	74.7%
			15	60.4%
Deckok et al. [29]	1996	219 Brücken	19.0	70%
Tan et al. [16]	2004	Metaanalyse	10	71%
De Backer et al. [30]	2006	322 Brücken	20	66.2%
Fehmer et al. [31] (Metaanalyse)	2016	VMK- Brücken Vollkeramik-Brücken	7	94.4%
			7	90.1%
Walton [32]	2003	VMK-Brücken	15	80.0%

Tab. 2: Überlebensraten von Brücken.

Die nahezu übereinstimmenden Ergebnisse der Studien lassen schlussfolgern, dass in den ersten zehn Jahren nach Eingliederung des Zahnersatzes mit ca. 1% Verlust pro Jahr zu rechnen ist. Nach zehn Jahren kann eine Überlebensrate von 87 bis 89% nachgewiesen werden [2, 18]. Vereinzelt sind

bei den Untersuchungen vorzeitige Verluste sofort nach der Eingliederung vorgekommen. Als Risikofaktoren für vorzeitige Komplikationen nannte Kerschbaum [2] unzureichende Ästhetik, weitspannige Brücken, nicht beständige und bruchanfällige Werkstoffe, schlechte parodontale Grundlage und mangelnde Compliance der Patienten.

- Westermann et al. [19]

Westermann et al. untersuchten insgesamt 222 Kronen (Vollguss- und Teilkronen) an Prämolaren und Molaren. Die erfassten Daten wurden ähnlich wie die vorliegende Studie von der Patientenakte entnommen. Es fand keine klinische Nachuntersuchung statt. Die Erneuerung der Restaurationen und die Extraktionen wurden als Funktionsverlust betrachtet. Nach acht Jahren standen noch fast 88% der Restaurationen in Funktion. Das Verlustrisiko lag im ersten Jahr bei 0,5% und blieb für die nächsten Jahre nahezu konstant bei 1,5% pro Jahr.

- Kerschbaum und Gaa [2, 20]

Kerschbaum und Gaa publizierten 1987 eine Studie über 4371 Einzelkronen und 1669 Brücken bei 2375 privatversicherten Patienten [20]. Nach acht Jahren waren noch 86,7% der Einzelkronen und 90,6% der Brücken in Funktion. Die Restaurationen wurden zehn Jahre und 15 Jahre nach Eingliederung erneut analysiert. Nach zehn Jahren lag die Überlebensrate der Brücken bei 82% und die der Kronen bei 79%. Nach 15 Jahren standen noch 64% der Brücken und 59% der Einzelkronen in Funktion. Es wurden keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Spannweite und die Lokalisation der Brücken festgestellt. Es gab jedoch signifikante Unterschiede zwischen der Verweildauer der Brücken

und Kronen. Die Kronen präsentierten eine geringere Überlebensdauer als die Brückenkonstruktionen. Die Extensionsbrücken wiesen höhere Verlustrate auf als die Endpfeilerbrücken.

- Kerschbaum et al. [2]

Kerschbaum et al. veröffentlichten 2000 erneut die Überlebensraten der Restaurationen 25 Jahre nach der Eingliederung. Bis heute ist es die einzige Studie, die Aussagen in diesem Zeitrahmen trifft. Nach dieser Beobachtungszeit standen knapp 30% der eingesetzten Kronen und Brücken in Funktion [2]. Endpfeilerbrücken, einspannige Brücken und Brücken im Unterkiefer zeigten günstige Ergebnisse. Extensionsbrücken mit einem Ankerzahn und einem Anhänger wiesen im Gegensatz dazu die kürzeste Verweildauer auf.

- Decock et al. [2, 29]

Decock et al. lieferten in ihrer Studie ähnliche Ergebnisse. 137 Extensionsbrücken wurden 18 Jahre nach Eingliederung klinisch und röntgenologisch nachuntersucht. Nach dieser Zeit standen noch 70% der Brücken in Funktion. Während der Beobachtungszeit wiesen 30% der Brücken eine Komplikation auf. Die meisten Komplikationen traten innerhalb des ersten Jahres nach der Eingliederung auf. Die Ereignisse wurden in biologische (82%) und technische (18%) Misserfolge unterteilt. Der Retentionsverlust mit oder ohne Karies war die häufigste biologische Ursache, die zum Ersatz der Konstruktion führte. Technische Störungen beinhalteten Pfeilerfrakturen (n=4), Gerüstfrakturen (n=2) und Fraktur des Extensionsgliedes (n=1).

- Hawthorne [22]

Hawthorne führte eine retrospektive Longitudinalstudie durch und untersuchte dabei die Überlebensrate von 399 Vollgusskronen und Metallkeramikkkronen. Beim Vergleich der beiden Materialien konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Nach 15 Jahren waren noch 75% aller ursprünglich eingesetzten Kronen noch in Funktion.

- Erpenstein und Kerschbaum [23]

Sie untersuchten die Verweildauer von 159 Vollkeramikkkronen bei 82 Patienten (Durchschnittsalter = 40,8 Jahre). Die Patienten bekamen maximal sieben Restaurationen und waren parodontal gesund oder bereits therapiert. Es fand alle drei Monate ein Recall statt. Diese Studie umfasste Zeiträume zwischen 1 bis 2,8 Jahren. Kronenfrakturen mit Lösung des Fragmentes wurden als Kriterium für den Funktionsverlust nach Eingliederung betrachtet. Die erste Kronenfraktur trat 6,6 Monate nach der Eingliederung auf. Die Überlebensrate der Vollkeramikkkronen lag nach einem Jahr bei 92%, nach zwei Jahren bei 86,4% und nach 2,8 Jahren bei 77%. Die Auswertung der Ergebnisse dieser Studie belegte, dass die in diesem Zeitraum verwendeten Vollkeramikkkronen im Vergleich zu Vollguss- und metallkeramischen Kronen eine geringere Überlebensrate aufwiesen.

- Leempoel et al. [28]

Die Untersuchung dieser Studie zeigten ähnliche Ergebnisse wie die Studie von Erpenstein. Die Jacketkronen (n=1711) erzielten nach zehn Jahren eine geringere Überlebensdauer im Vergleich zu den anderen untersuchten Kronen (VMK und Gusskronen) [21]. Leempoel hat zusätzlich 1674 Brücken untersucht

und ausgewertet. 86% der Brücken waren Endpfeiler- und 14% Extensionsbrücken. Nach fünf Jahren lag die Überlebensrate bei 97,5%, nach zehn Jahren bei 91,9% und nach zwölf Jahren bei 87%. Die Brücken mit endodontisch behandelten Pfeilerzähnen zeigten eine signifikant geringere Überlebensdauer als die mit sensiblen Pfeilerzähnen. Geschlecht und Alter der Patienten, Brückenart und -länge spielten bei der Verweildauer keine Rolle.

- Tan et al. [16]

Im Rahmen der Studie von Tan et al. wurde eine Metaanalyse anhand von 19 prospektiven und retrospektiven Kohortenstudien mit einer mittleren Beobachtungszeit von mindestens fünf Jahren durchgeführt. Bei den ausgewählten Studien wurden die Patienten klinisch nachuntersucht. Bei einer Metaanalyse handelt es sich um die Aufnahme quantitativer Ergebnisse mehrerer empirischer Untersuchungen und die Analyse der Variabilität dieser Resultate [33]. Bei dieser Studie wurden biologische und technische Ereignisse wie Karies, Sensibilitätsverlust und Parodontalerkrankungen sowie Retentionsverluste, Pfeiler- und Materialfrakturen evaluiert. Die 10-Jahres-Überlebenswahrscheinlichkeit für die Restaurationen machte 89,1% aus. Das 10-Jahres Risiko für Karies und Parodontitis führte zu einem Restorationsverlust von 2,6% bzw. 0,7%. Das 10-Jahres Risiko für den Retentionsverlust betrug 6,4%, für die Pfeilerfraktur 2,1% und für die Materialfraktur 3,2%. Die Autoren kamen zum Schluss, dass innerhalb des gleichen Zeitraums die technischen Komplikationen viel höhere Risiken für die Restorationsverluste aufweisen als die biologischen Komplikationen. Die am häufigsten auftretende biologische Komplikation war der Sensibilitätsverlust

der Pfeilerzähne. Dieser kann später zu technischen Komplikationen führen. Andererseits kann ein Retentionsverlust zu Pfeilerkaries führen [16, 18].

- Erpenstein et al. [24]

In der Studie von Erpenstein et al. (1992) wurden die Daten von 593 Kronen und 298 Brücken bei 403 Patienten erfasst. Ziel dieser Untersuchung war es, anhand der Karteierhebung und klinischer Untersuchung die ungefähre Verweildauer der Restaurationen herauszufinden. In dieser Studie wurden die Erneuerung der Restaurationen und Extraktion der Ankerzähne als Totalversagen (Funktionsverlust) betrachtet. Bei 12,6% der Pfeilerzähne (n=167) wurden die Restaurationen erneuert (Kronen= 48, Brücken = 119). Die Hauptgründe waren Karies (25.75%), endodontische (10.2%) oder parodontale Ursachen (7,8%). Insgesamt wurden 28 Pfeilerzähne (2,1%) aufgrund gleicher Ursachen extrahiert. Nach fünf Jahren standen 96,2%, nach zehn Jahren 91,3% und nach 15 Jahren noch 83,7% der Einzelkronen in Funktion [24].

- De Backer et al. [30]

In der Studie von de Backer et al. wurden 322 eingegliederte Brücken bei 193 Patienten (Durchschnittsalter= 63) über einen Zeitraum von 20 Jahren evaluiert. Je Patient wurden maximal fünf Brücken akzeptiert. Die Brücken bestanden aus höchstens vier Pfeilerzähnen und sechs Brückenzwischengliedern. Sie waren mindestens drei- und höchstens neungliedrig. Die Komplikationen bei den Restaurationen wurden in irreversible (Verlust von Restauration oder Ankerzahn) und reversible (Restauration nach konservativer Therapie noch intakt) eingeteilt. Des Weiteren wurden die Ereignisse in biologische, technische und patientenbedingte Ursachen

unterteilt. Die Überlebensrate nach 20 Jahren betrug 66,2%. Die Hauptkomplikationen nach der Beobachtungszeit waren Karies und Retentionsverlust, welche 61,1% der Ausfälle ausmachten. Die Sekundärkaries war mit 22,2% (n=24) der Hauptgrund für den Restorationsverlust. Die Brücken, die dem Ante'schen Gesetz entsprachen, wiesen eine höhere Überlebensrate auf als die überspannten Brücken. Es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen drei- und vier-gliedrigen Brücken. Dennoch wurden signifikante Unterschiede zwischen endodontisch behandelten und sensiblen Pfeilerzähnen festgestellt. Die Brücken mit wurzelkanalbehandelten Pfeilerzähnen wiesen eine höhere Misserfolgsrate auf [30].

- Fehmer et al. [25, 31]

In dieser Studie wurden metallkeramische und vollkeramische Kronen- und Brückenkonstruktionen miteinander verglichen. Für die Analyse der Verweildauer der metallkeramischen Restaurationen wurden insgesamt 71 Artikel miteinander verglichen. Der durchschnittliche Beobachtungszeitraum betrug sieben Jahre. In den untersuchten Studien wurden Sekundärkaries, Sensibilitätsverlust der Pfeilerzähne, Pfeilerzahnfraktur und parodontale Erkrankungen als biologische Ereignisse bei Konstruktionen aufgezählt. Zu den technischen Komplikationen gehörten Verblendfrakturen (Chippings), Gerüstfrakturen und Retentionsverluste.

Die jährliche Komplikationsrate der Brückenkonstruktionen lag bei 1,15% und die hochgerechnete 5-Jahres-Überlebensrate bei 94,4%. Im Vergleich dazu zeigten die Untersuchungsergebnisse bei Vollkeramikbrücken eine jährliche

Misserfolgsrate zwischen 2,08% und 3,05% und eine Überlebensrate von 85,9% bis 90,1%. Die unterschiedlichen Keramikarten wurden anhand verschiedener Studien untereinander verglichen. Die Überlebensrate der Brücken aus Zirkoniumdioxid lag höher (90,1%) als die Überlebensraten der Konstruktionen aus verstärkter Glaskeramik (85,9%) und glasinfiltrierter Aluminiumoxid-Keramik (86,2%).

Wie man diesen Ergebnissen entnehmen kann, wiesen die klassischen metallkeramischen Brückenkonstruktionen nach einer Beobachtungszeit von mindestens drei Jahren eine höhere Überlebensrate auf als vollkeramische Brückenkonstruktionen. Im Vergleich dazu ergab die Analyse der Ergebnisse bei Vollkeramikronen eine ähnlich hohe Überlebensrate (5-Jahres-Überlebensrate von 90,7 % bis 96,6 %) wie bei metallkeramischen (95,7 %) Einzelkronen. Beim Vergleich verschiedener Keramikarten untereinander konnten bei leuzit- und lithiumdisilikatverstärkte Glaskeramiken sowie bei glasinfiltrierten Aluminiumoxid-Keramiken beinahe identische Überlebensraten (5-Jahres-Überlebensrate von 94,6% bis 96,6%) wie bei metallkeramischen Kronen berichtet werden. Es wurden bei Zirkoniumdioxid-Kronen und -Brücken mehr Verblendfrakturen berichtet als bei anderen Keramikarten.

- Ortorp et al. [26]

In dieser retrospektiven Studie wurden 216 Vollkeramikronen aus Zirkoniumdioxid fünf Jahre nach ihrer Eingliederung nachuntersucht. Die meisten Kronen wurden im Prämolaren- oder Molarenbereich platziert. Mit Ausnahme eines Zahnes waren alle extrahierten Zähne vor der Kroneneingliederung wurzelkanalbehandelt. 16 Kronen wurden mit Zinkoxid-

Phosphat-Zement (Phosacem) und 200 Kronen mit selbstadhäsivem Kompositzement (RelyX Unicem) befestigt. Nach der Beobachtungszeit standen noch 88,3% der Kronen in Funktion. Hauptkomplikationen waren Extraktion der Pfeilerzähne (7; 3%), Wurzelfrakturen (1; 0,5%), endodontische oder parodontale Probleme (6; 3%), Verblendfrakturen (6; 3%), Retentionsverluste (15; 7%) und endodontische Behandlung nach Eingliederung des Zahnersatzes (9; 4%). Es wurde keine Fraktur des Zirkoniumdioxid-Gerüsts verzeichnet.

- Glyn Jones [27]

In dieser Studie wurden 395 Frontzahnkronen (Keramik- und Kunststoffmantelkronen, Keramik- und Kunststoffverblendkronen) untersucht. Die 5-jahres Überlebensrate der Kronen lag bei 78,7%.

- Näpänkanqas et al. [34]

Die Autorengruppe untersuchte klinisch und röntgenologisch 195 metallkeramische Brücken bei 132 Patienten (Durchschnittsalter =56,8) in einem Beobachtungszeitraum von zehn Jahren. Es handelte sich um 84 weibliche (64%) und 48 männliche (36%) Patienten. Von Insgesamt 195 Brückenkonstruktionen waren 157 kurzspannig (3± 5-gliedrig) und 47 langspannig (≥6-gliedrig). Die 10-Jahres-Verweildauer betrug 84%. Insgesamt wiesen kurzspannige Brücken eine längere Überlebensdauer auf als langspannige Brücken. Es traten 49 Komplikationen auf. Diese wurden nach Schweregrad in vier Gruppen eingeteilt. Die Gruppe eins umfasste geringgradige Komplikationen (kleine Kariesläsionen und Keramikfrakturen). Die Gruppe zwei wies moderate Komplikationen, wie Wurzelkanalbehandlung,

periapikale Entzündungen und Retentionsverluste auf. Zu der Gruppe drei gehörten schwere Komplikationen wie Wurzelstiftinsertion, Extraktion des Pfeilerzahnes und Funktionsschaden der Brücke. Die vierte Gruppe enthielt intensive Komplikationen (Extraktion des Pfeilerzahnes und Entfernung der Brücke). Die allgemeine 10-Jahres-Überlebensrate lag bei 84%. Von den 49 Komplikationen waren 18 kleine (Gruppe 1), zwölf moderate (Gruppe 2), acht schwere (Gruppe 3) und elf umfangreiche Komplikationen (Gruppe 4).

- Walton [32]

Walton untersuchte 515 metallkeramische Brücken (1209 Pfeilerzähne). Diese wurden in dem Zeitraum von 1984 bis 1997 in einer Praxis eingesetzt. Die Restaurationen wurden 1993 und 1998 klinisch nachuntersucht. Bei der zweiten Untersuchung waren 80% der Restaurationen noch in Funktion. Eine Neuanfertigung war bei 9% der Restaurationen erforderlich. Pfeilerfraktur mit 38% war der häufigste Grund für die Erneuerung der Restauration. Die Komplikationen betrafen 11% Karies, 13% Retentionsverlust und 27% parodontale Erkrankungen.

### **4.3 Metallische Vollgussrestaurationen**

#### **4.3.1 Einteilung und Einsatzgebiete**

Zur Herstellung von Zahnersatz werden häufig metallische Werkstoffe wie Edelmetall- und Nichtedelmetall-Legierungen verwendet. Die Vollgusskronen wurden in den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts sehr häufig angewendet [35]. Diese Restaurationen finden aus ästhetischen Gründen ihren Einsatz vornehmlich im Seitenzahnbereich. Im Gegensatz zu Keramiken haben Metalle eine gewisse Plastizität und Verformbarkeit. Die metallische Bindung verursacht bestimmte materialspezifische Eigenschaften wie Glanz, hohe Dichte, thermische und elektrische Leitfähigkeit [36]. Durch die hohe Wärmeleitfähigkeit können thermische Reize über das Dentin auf die Pulpa übertragen werden. Das kann zu unangenehmen Schmerzen führen. Vollgussrestaurationen können durch Gusstechnik, digitalgestützte maschinelle Verfahren, Metallsinter-Technik sowie Funkenerosion hergestellt werden [11, 37].

Metallische Werkstoffe finden in der Zahnheilkunde in verschiedenen Bereichen Verwendung. Sie werden zur Herstellung von Implantaten, Bändern und Drähten für kieferorthopädische Geräte, Wurzelstifte, Modellguss-, Kronen- und Brückengerüste verwendet [10].

Durch Zusammenschmelzen bestimmter Metalle werden Legierungen entwickelt, um spezifische Werkstoffeigenschaften, wie Korrosionsbeständigkeit, höhere Härte und verbesserte Aufbrennfähigkeit der jeweiligen Basismetalle zu vereinigen. Dentallegierungen werden nach ihren chemischen Hauptbestandteilen in Edelmetall- und edelmetallfreie Legierungen eingeteilt [38].

### **4.3.2 Edelmetall-Legierungen**

Die Edelmetall (EM)-Legierungen werden in Gold- (hochgoldhaltig und goldreduziert), Palladium- und Silber- Legierungen eingeteilt. Gold- und Palladiumlegierungen werden vorwiegend als EM-Legierungen angewendet [39]. Die Biokompatibilität dieser Legierungen wird von der Literatur als gut bezeichnet. Sie weisen bezüglich der Korrosionseigenschaften positive Ergebnisse auf [40]. Allerdings ist zu beachten, dass die Reduktion der EM-Bestandteile und die Zugabe von Nickel, Cadmium, Kupfer oder Zink eine erhöhte Korrosion bewirken [39, 41].

Die EM-Legierungen können als Einlagefüllungen zur Herstellung von Kronen und Brücken sowie im Frontzahnbereich als aufbrennfähige Legierungen für keramische Verblendungen, Stiftstumpaufbau, Verankerungselemente wie Doppelkronen, Stege und Geschiebe verwendet werden. Zu den Eigenschaften der EM-Legierungen können Biokompatibilität, Mundbeständigkeit, geringes Allergierisiko, passgenaue Herstellung, gute Verarbeitbarkeit, Langlebigkeit, hohe Festigkeit und hohe Kosten gezählt werden [39, 41].

### **4.3.3 Nichtedelmetall- Legierungen**

Die Nichtedelmetall (NEM)-Legierungen lassen sich in Nickel-Chrom-, Kobalt-Chrom- und Eisen-Legierungen einteilen. Wie bei Edelmetalllegierungen werden auch die NEM-Legierungen bei der Herstellung von Kronen, Brücken, Stiftstumpaufbauten und Verankerungselementen verwendet. Zusätzlich werden sie aufgrund ihres hohen Elastizitätsmoduls bei der Herstellung von Modellgussprothesen und Klammern eingesetzt. Die NEM-Legierungen zeichnen sich durch eine geringere Wärmeleitfähigkeit, eine hohe Steifigkeit und einen sehr hohen Elastizitätsmodul, eine zufriedenstellende

Korrosionsresistenz und niedrigere Materialkosten als bei Edelmetall-Legierungen aus. Bei nickelhaltigen Legierungen besteht die Gefahr allergischer Reaktion und einer erhöhten Korrosionsrate [42, 43]. Die Bearbeitung wird durch die hohe Härte erschwert. Gleichzeitig ist die Verarbeitung beim Aufbrennen der Verblendkeramik mühevoll [44].

## **4.4 Verblendete Restaurationen**

### **4.4.1 Einteilung und Eigenschaften**

Verblendkronen bestehen aus einem Metallgerüst, welches partiell (vestibulär) bzw. vollständig mit Keramik oder Kunststoff überzogen ist. Zunächst wird das Gerüst hergestellt und im Anschluss verblendet. Schon seit 50 Jahren wird der Zahnersatz aus metallkeramischen Materialien angefertigt [45].

Die Einführung der Metallkeramik-Systeme im Jahr 1962 erweiterte die Anwendungsgebiete der festsitzenden Restaurationen. Sie haben in der Prothetik ein großes Einsatzspektrum gefunden. Hierbei können die günstigen Eigenschaften beider Werkstoffe, wie die hohe Stabilität des Metallgerüsts, die ästhetische Gestaltung und die gute Biokompatibilität der Keramik kombiniert werden. So konnte eine universal verwendbare Technik entwickelt werden, die auch heute noch als Goldstandard angesehen wird[2].

### **4.4.2 Metall-Keramik-Verbund**

Der Metallkeramik-Verbund kommt durch mechanische und chemische Haftung zustande. Für den mechanischen Verbund wird die Oberfläche des Metallgerüsts angeraut. Dadurch entstehen Unterschnitte im Gerüst, in welche die Keramikmasse hineinfließt und sich verankert. Dadurch wird eine mechanische Haftung an dem Metall erreicht und die Oberfläche vergrößert. Der chemische Verbund wird mit Hilfe von Sauerstoff-Brücken zwischen der Oxidschicht auf der Vollkeramik und dem Metallgerüst generiert [10]. Ein guter Verbund ist ausschlaggebend für eine erfolgreiche Versorgung. Aufgrund der geringen Abrasionsbeständigkeit von Kunststoffverblendungen und der höheren Tendenz zu Verfärbungen werden definitive festsitzende Restaurationen meistens mit Keramikmasse verblendet [11].

#### 4.5 Vollkeramische Kronensysteme

Metallfreie Kronen und Brücken haben Vorteile gegenüber Vollguss- oder metallkeramischen Restaurationen. In erster Linie haben Keramikrestaurationen im Vergleich zu Metallkeramik-Restaurationen aufgrund der zahnähnlichen Lichttransmission und Transluzenz der Gerüststruktur bessere ästhetische Eigenschaften (Abb. 4.1-4.2) [46, 47]. Weitere Vorteile sind ein teilweise substanzschonenderer Abtrag [48], eine gute Biokompatibilität und Mundbeständigkeit [49], eine minimale thermische Leitfähigkeit [48], eine gute Abrasionsfestigkeit, sowie eine minimale Plaqueanlagerung [49-53].

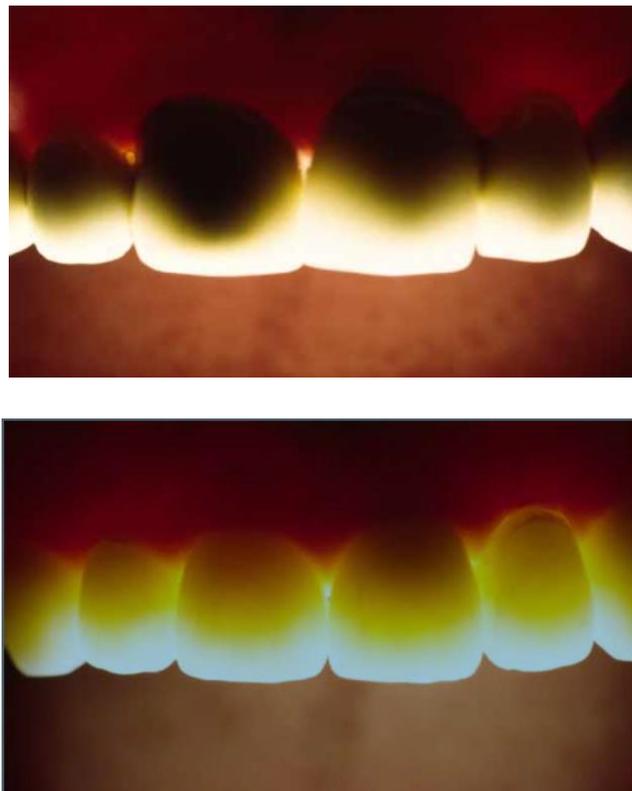


Abb. 4.1 und 4.2: Metallkeramik- (oben) und Vollkeramik-Restaurationen (unten) im Durchlicht (Fotos: Prof. Dr. D. Edelhoff).

Im Vergleich zu Metall-Legierungen haben Keramiken jedoch eine niedrigere Bruchzähigkeit und Biegefestigkeit. Allerdings lässt sich die geringere

Bruchfestigkeit vollkeramischer Restaurationen mit Hilfe adhäsiver Befestigung in gewissen Grenzen ausgleichen [49]. Während Keramiken unter Druckspannungen sehr gut belastbar sind, reagieren diese empfindlich auf Zugspannungen [49].

Es wird eine kaum überschaubare Vielfalt an Keramiksystemen auf dem Markt angeboten. Zuweilen sind deren Angaben zu den Indikationsbereichen nicht immer durch klinische Studien nachgewiesen. Laut publizierten klinischen Studien ist es von Bedeutung, für jedes Einsatzgebiet die richtige Keramik auszuwählen. Grundkenntnisse der Werkstoffe sollen dem Behandler in jedem Fall bekannt sein [53].

#### 4.5.1 Einteilung und Einsatzgebiete

Dentalkeramiken werden nach ihrer klinischen Anwendung und chemischen Zusammensetzung eingeteilt [49, 53].

##### 4.5.1.1 Klinische Anwendung

Die Dentalkeramiken finden ihren Einsatz bei der Herstellung von Einlagefüllungen, Teilkronen, Veneers, Kronen, Brücken und Stiftaufbauten (Abb.5).

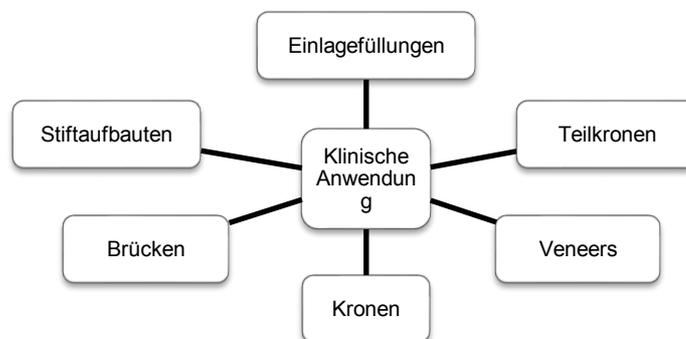


Abb. 5: Schematische Einteilung der Dentalkeramiken nach klinischer Anwendung nach [53].

### 4.5.1.2 Chemische Zusammensetzung

Dentalkeramiken lassen sich in Oxidkeramiken und Silikatkeramiken einteilen (Abb. 6).

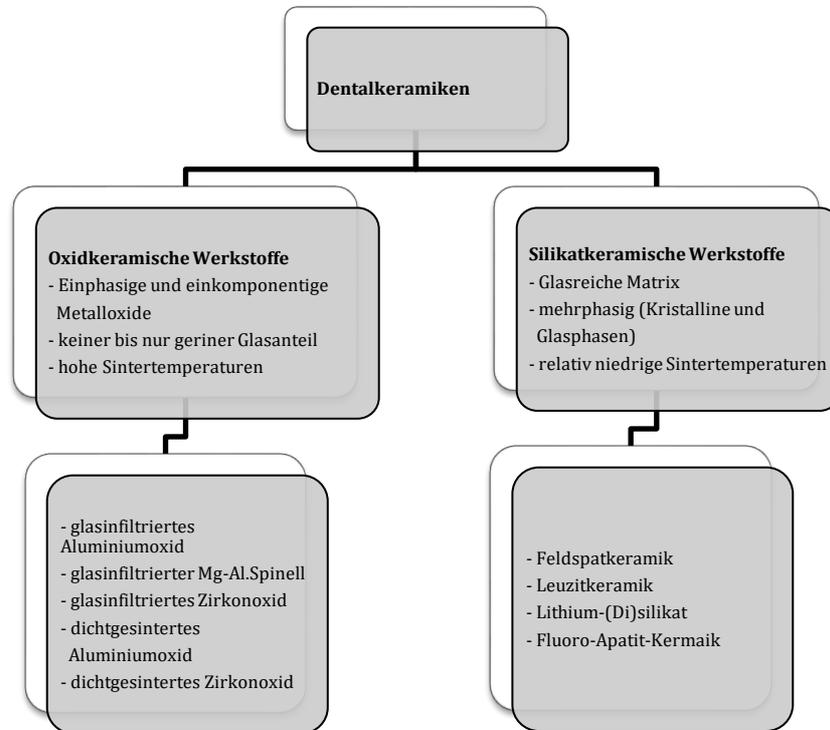


Abb. 6: Schematische Einteilung der Dentalkeramiken nach chemischem Aufbau, nach [49, 53] und P. Pospiech 2014

#### 4.5.1.2.1 Silikatkeramiken

Silikatkeramiken bestehen aus einer Keramik auf Feldspat-Basis oder einer Glasmatrix, in die spezifische Kristalle (Leuzit, Lithiumdisilikat, teilweise zirkonoxidverstärktes Lithiumdisilikat u.a.) eingelagert sind. Silikatkeramiken sind transluzent, lichtleitend und plaqueabweisend. Die Biegefestigkeit kann 100 bis 450 MPa aufweisen, während die Bruchzähigkeit meist weniger als 2,5 MPa · √m beträgt.

Lithiumdisilikat und zirkonoxidverstärktes Lithiumdisilikat weisen zurzeit die höchsten Biegefestigkeiten (360-420 MPa) auf. Sie eignen sich für die Herstellung von Einlagefüllungen, Teilkronen und Einzelkronen im Frontzahnbereich und für Verblendungen. Ebenfalls können Einzelkronen im

Seitenzahnbereich, kleine dreigliedrige Brücken, implantatgetragene Kronen und okklusale Veneers aus Lithiumdisilikat und zirkonoxidverstärkter Lithiumdisilikat-Keramik angefertigt werden [49]. Silikat-Keramiken können konventionell oder adhäsiv befestigt werden. Es ist besonders zu beachten, dass eine adhäsive Befestigung dieser Restaurationen zusätzliche Stabilität hinsichtlich der Bruchfestigkeit verleihen kann [49]. Zudem verhindert eine adhäsive Befestigung einen vorzeitigen Retentionsverlust, da sie die bei vollkeramischen Restaurationen erwünschte passive Passung und damit die fehlende primäre Friktion kompensieren. Kunststoff-modifizierte Befestigungsmaterialien weisen darüber hinaus ästhetische Vorteile (Farbanpassung) und eine geringere Löslichkeit im Bereich der Befestigungsfuge auf.

#### **4.5.1.2.2 Oxidkeramiken**

Diese Keramiken sind einphasig und bestehen teils aus einfachen Oxiden (Aluminiumoxid- oder Zirkoniumdioxid) und teils aus komplexen Oxiden, wie beispielsweise Spinell ( $MgO \cdot Al_2O_3$ ). Sie haben keine oder nur eine sehr geringe Glasphase und bestehen damit fast ausschließlich aus einer kristallinen Phase [49, 54]. Aus Zirkoniumdioxid ( $ZrO_2$ ) - Keramik können Kronen- und Brückengerüste für den Front- und Seitenzahnbereich, Primärkronen bei Doppelkronensystemen und vollanatomische Kronen und Brücken hergestellt werden. Mit bis zu ca. 1200 MPa weisen Oxidkeramiken deutlich höhere Biegefestigkeitswerte als Silikatkeramiken auf [51, 55-58]. Sie sind wie Silikatkeramiken plaqueabweisend. Uneingefärbt sind sie meist weiß und haben eine relativ hohe Opazität. Für ein optimales ästhetisches Ergebnis können sie eingefärbt oder verblendet werden [37, 49, 59, 60]. Unter

glasinfiltrierter Oxidkeramik versteht man ein bei 1200° gesintertes poröses Oxidkeramikgerüst, welches mit Lanthanglas infiltriert wird [49, 54]. Die Festigkeit ist abhängig von der Anzahl an Oxiden in der Keramik. Polykristalline Oxidkeramiken sind Hochleistungskeramiken aus Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid, welche keine Glasphase besitzen [60]. Dennoch haben sie im Vergleich zu dicht gesintertem Zirkoniumdioxid eine niedrigere Biegefestigkeit und Bruchzähigkeit [61].

#### **4.5.1.2.3 Zirkoniumdioxid**

Zirkoniumdioxid ist eine Hochleistungskeramik, welche eine hohe Biegefestigkeit im Bereich von 900-1200 MPa und eine hohe Bruchzähigkeit (5-9 MPa $\sqrt{m}$ ) besitzt [62]. Zirkoniumdioxid mit einer Biegefestigkeit von ca. 1000 MPa scheint sich auch für die Konstruktion von kleineren Brücken und Einzelkronen im Seitenzahnbereich (Hochrisikozone [63]) zu bewähren.

Aufgrund ihrer werkstoffspezifischen Eigenschaften lassen sich diese Keramiken im gesinterten Zustand nur schwer verarbeiten. Dies bedeutet einen hohen Zeitaufwand. Die maschinelle Fertigung wird im Sinne der Computer gesteuerten Schleifsysteme (Computer Aided Manufacturing, CAM und Computer Aided Design/ Computer Aided Manufacturing, CAD/CAM) angewendet.

Die hergestellten Kronen und Brücken werden meistens mit einer passenden Keramik verblendet. Dabei sollte, je nach Indikationsbereich, die passende Keramik mit geeigneten werkstoffspezifischen Eigenschaften ausgewählt werden. Für die Materialwahl spielen verschiedene Faktoren (Abb.7), wie Ästhetik, Lokalisation im Mund und Oberflächenbearbeitung wichtige Rollen [64]. Bei der Wahl des geeigneten Materials für eine Brückenrekonstruktion

müssen die jeweiligen physikalischen Parameter, sowie die Brückenspanne und die Anzahl der zu ersetzenden Zähne, berücksichtigt werden [65].

Zu den ästhetischen Parametern gehören Transluzenz und Helligkeit der Restzähne und weiterhin der Verfärbungsgrad der zu versorgenden Zähne [65]. Bei transluzenten unverfärbten Zähnen empfiehlt sich der Einsatz von Lithiumdisilikat-Keramik, während bei opaken, hellen und verfärbten Zähnen Zirkoniumdioxid-Keramik besser geeignet ist [49].

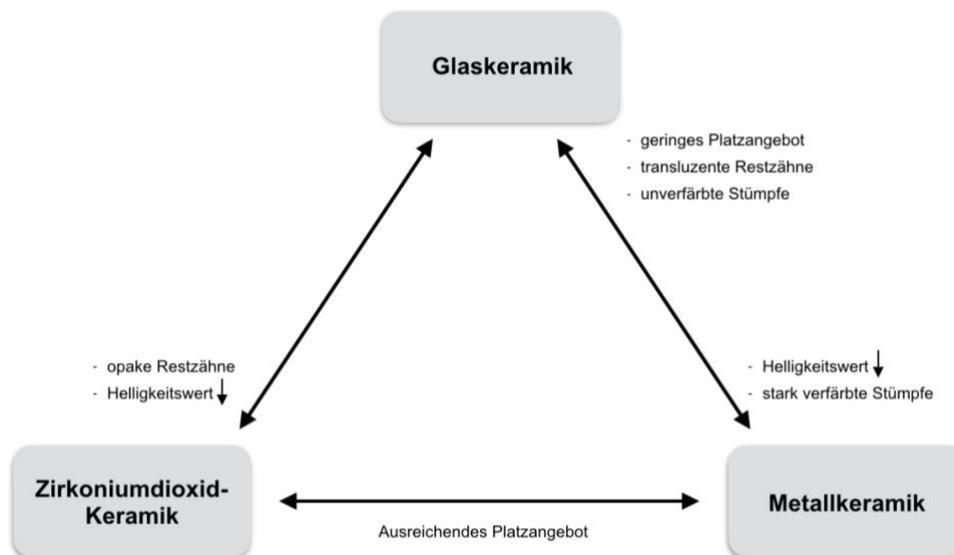


Abb. 7: Entscheidungsmatrix zur Materialwahl nach [65].

Ein Verzicht auf die Verblendung ist bei beiden Werkstoffen möglich. Vollanatomische monolithische („Einstück“ [63]) Kronen und Brücken sind verblendfreie Restaurationen, bei denen keine Gefahr von Verblendfrakturen besteht [49, 63]. Aufgrund guter Lichtdurchlässigkeit von Lithiumdisilikat-Keramiken und gleichzeitig hoher Stabilität (Biegefestigkeit ca. 400 MPa) können diese monolithisch [66-68] im Seitenzahnbereich und im sichtbaren Bereich für die Herstellung der Einzelkronen eingesetzt werden. Sie werden gepresst oder mittels CAD/CAM-Verfahren gefräst [69]. Aufgrund der geringen

Transluzenz und des reflektiven Charakters von  $ZrO_2$  werden monolithische Restaurationen im weniger sichtbaren Bereich eingesetzt [49, 70]. Es ist zu beachten, dass die monolithischen Restaurationen aus  $ZrO_2$  im Bereich von Antagonistenkontakten sorgfältig poliert werden sollen. Andernfalls kann laut In-vitro-Studien die Rauigkeit der Keramikoberfläche im Zusammenhang mit der Härte von  $ZrO_2$  zur erheblichen Schädigung der Antagonisten führen [70].

#### **4.5.2 Keramische Verbundsysteme**

Zweikomponenten-Systeme [71] bestehen aus Gerüst und Verblendung. Der Kern wird aus einer hochfesten Vollkeramik konventionell oder maschinell hergestellt und anschließend manuell mit einer Aufbrennkeramik verblendet. Die Verblendung sorgt für ein gutes ästhetisches Ergebnis [71]. Um eine Verblendfraktur zu verhindern, müssen verschiedene Parameter wie maximale Schichtstärke der Verblendung, ausreichende Unterstützung der Verblendung durch die Gerüstform, sowie Präparationsrichtlinien (keine scharfkantigen oder tangential auslaufenden Präparationen) beachtet werden.

Der Verbund zwischen Metallgerüst und Verblendkeramik entsteht über eine chemische und mikromechanische Haftung. Ähnlich wie bei dem Metall-Keramik-Verbund muss der Wärmeausdehnungskoeffizient (WAK) der Verblendkeramik und des Keramikgerüsts angepasst werden. Infolgedessen kommt es zu einer guten Stabilität der Verblendung. Um den WAK-Wert der Verblendkeramik zu erhöhen, können Keimbildner zur Beschleunigung der Bildung von Leuzitkristallen zugegeben werden [36, 72].

#### **4.5.3 Dentale Verblendkeramiken**

Dentale Verblendkeramiken setzen sich zu 60 bis 80 Massenprozent aus Kali- und Natronfeldspaten zusammen. Bestimmte Bestandteile führen zu gewissen

physikalischen Eigenschaften. Quarz erhöht (um 15 bis 25%) die Transparenz und Festigkeit der Verblendkeramik [73]. Leuzit-Kristalle bewirken eine Festigkeitssteigerung der Verblendkeramik [74-76]. Ein weiterer Bestandteil der Verblendkeramiken sind Metalloxide, welche als Trübungszusatz der Verblendung Transparenz und Opaleszenz verleihen [73].

## **4.6 Befestigungsmaterialien**

Mit einem Befestigungsmaterial wird der Zahnersatz mit dem Zahn verbunden [77]. Dabei wird die Befestigungsfuge zwischen Zahn und Restauration aufgefüllt [78]. Festsitzende Restaurationen können nach bestimmten Richtlinien entweder konventionell oder adhäsiv befestigt werden.

### **4.6.1 Konventionelle Befestigungsmaterialien**

#### **4.6.1.1 Zinkoxidphosphatzemente (Harvard Zement)**

Die Zinkoxidphosphatzemente sind aus einem Pulver (zu 80-90 Gewichtsprozent aus Zinkoxid) und einer Anmischflüssigkeit (Orthophosphorsäure, Wasser, Zink und Aluminium) zusammengesetzt [79]. Dieser Zement zeigt eine hohe Druckfestigkeit (80-140 MPa) und eine sehr geringe Zugfestigkeit (5-8 MPa) [80] und wurde in der Vergangenheit vorwiegend zum definitiven konventionellen Einsetzen von prothetischen Restaurationen verwendet [81]. Weiterhin wurde er auch als Unterfüllungsmaterial verwendet. Beim Abbindevorgang kommt es zu einer exothermen sauren Reaktion, welche in Einzelfällen eine Reizung der Pulpa und Hypersensibilisierung der Stümpfe verursachen kann. Deshalb sollte das Anmischen von beiden Komponenten auf einer leicht gekühlten Glasplatte durchgeführt werden, um die Wärme, die durch die Abbindereaktion (exotherm) produziert wird, abzuleiten [79].

Das Pulver-Flüssigkeits-Verhältnis kann die Verarbeitungszeit, die Druckfestigkeit und die Neutralisationszeit beeinflussen. Während mehr Pulver in der Mischung eher vorteilhaft ist, ergibt eine zu dünnflüssige Mischung eine geringere Druckfestigkeit und längere Abbinde- und Neutralisationszeit. Der

Zinkoxidphosphatzement ist in der Anschaffung günstig und die Handhabung einfach. Nach dem Abbinden lassen sich Zementreste leicht entfernen [79, 82].

#### **4.6.1.2 Carboxylatzemente (Durelon)**

Die Carboxylatzemente entstehen aus der Reaktion zwischen einem Pulver (Zinkoxid) und einer Flüssigkeit (Polyacrylsäure 40-50 Gewichtsprozent). Diese sind im Vergleich zu Phosphatzementen pulpaverträglicher. Sie besitzen jedoch eine höhere Schrumpfung und eine geringere Festigkeit [79, 83]. Sie haften nicht an Gold und Platin und sollten deshalb zum Befestigen von Goldrestorationen nicht angewendet werden. Wie bei Phosphatzementen muss das richtige Mischverhältnis beachtet werden. Ein höherer Pulveranteil führt zu besseren Eigenschaften [79].

#### **4.6.1.3 Glasionomerezemente (Fuji Cem, Ketac Cem)**

Die Glasionomerezemente bestehen, wie Phosphatzemente und Carboxylatzemente, auch aus zwei Komponenten (Pulver und Flüssigkeit). Diese können entweder manuell oder als fertige Kapselprodukte maschinell angemischt werden. Die Aushärtung findet über eine Säure-Base-Reaktion statt [84].

Vorteilhaft an Glasionomerezemente sind die hohe Biokompatibilität, ein dichter Randschluss, die Abgabe von Fluoridionen und eine einfache Handhabung [84]. Da aufgrund der Polyacrylsäure eine geringe chemische Bindung mit der Zahnhartsubstanz zustande kommt, ist eine Vorbehandlung des Zahnes mit einer Säure oder einem Dentinadhäsiv nicht notwendig [85].

Ketac Cem wurde 1980 auf den Markt gebracht und wird häufig als „Goldstandard“ für die konventionelle Eingliederung von Restaurationen verwendet. Laut verschiedener In-vitro-Studien weist Ketac Cem im Vergleich

zu den anderen Zemententypen bessere Haftwerte auf [86]. Tabelle 3 zeigt die Einteilung der verschiedenen Zemente mit den jeweiligen Komponenten:

Pulver	Säure	
	Phosphorsäure	Polyacrylsäure
Zinkoxid	Phosphatzement	Carboxylatzement
Siliziumoxid	Silikatzement	Glasionomerezement

Tab. 3: Einteilung klassischer Zemente nach [84]

## 4.6.2 Adhäsive Befestigungsmaterialien

### 4.6.2.1 Konventionelle adhäsive Befestigung (Variolink und Panavia F 2.0)

Bei der konventionellen adhäsiven Befestigung ist eine Vorbehandlung des Zahnes erforderlich. Dadurch entsteht zwischen den Befestigungsmaterialien und der Zahnschmelz ein mikroretentiver, mechanischer Verbund zum Zahnschmelz und ein mechanisch-chemischer Verbund zum Dentin [87]. Die Vorbehandlung des Zahnes wird in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik hauptsächlich mit der Total Etch (37%ige Phosphorsäure) and Rinse Technik mit Syntac Classic (Schmelz-Dentin-Adhäsivsystem) durchgeführt. Syntac Classic ist ein Haftvermittler, welcher für direkte und indirekte Restaurationen verwendet wird und einen chemisch stabilen Verbund zwischen Komposit und Zahn etabliert. Die Voraussetzung für die Anwendung dieses Systems ist eine sichere Trockenlegung, im besten Fall mit Kofferdam [87]. Kronen aus Silikatkeramik sollten adhäsiv befestigt werden [88]. Restaurationen aus Lithiumdisilikat-Keramik können adhäsiv [87] oder konventionell befestigt werden. Durch die adhäsive Befestigung steigt die Belastbarkeit der meisten glaskeramischen Restaurationen [89]. Die Oberfläche der Silikatkeramik wird

nach Flusssäureätzung mit 5%iger Flusssäure angeraut. Danach wird eine dünne Schicht Silan aufgetragen, um zwischen der hydrophoben Oberfläche des Befestigungsmaterials und der hydrophilen Keramikoberfläche einen zuverlässigen Verbund zu erzielen [90, 91]. Da Aluminiumoxid- und Zirkoniumdioxid-Keramiken keine Glasmatrix aufweisen, ist eine chemische Konditionierung der Oberfläche mit Flusssäure nicht effektiv [88, 89, 91]. Deshalb muss die Keramikoberfläche möglichst schonend mechanisch vorbehandelt werden. Durch tribochemische Silikatisierung wird eine Silikatschicht auf die Keramikoberfläche gestrahlt, an die ein anschließend aufzutragendes Haftsilan aufgetragen wird. Infolgedessen kommt ein dauerhafter chemischer Haftverbund zwischen Keramik und Befestigungskunststoff zustande [89, 91, 92]. Bei Verwendung eines modifizierten Kompositklebers (Panavia F 2.0) besteht die Möglichkeit, die Keramikoberfläche mit Aluminiumoxid-Partikeln (50 µm bei 1-2,5 bar) zu strahlen. Durch das im Ceramic Primer integrierte MDP (10-Methacryloyoxydecyl dihydrogen phosphat) Monomer entsteht eine chemische Bindung an die Metalloxide (Al oder Zr), die hohe Haftkräfte aufweist [91, 92]. Dualhärtende Komposit-Befestigungsmaterialien werden häufig zur adhäsiven Befestigung von festsitzendem Zahnersatz verwendet. Sie sind aus einer Kunststoffmatrix (Hauptbestandteil Bis-Phenol-Glycidyl-A-Methacrylat) und anorganischen Füllstoffen (SiO<sub>2</sub>, Quarzen, Gläser) zusammengesetzt. Zu den materialspezifischen Eigenschaften gehören Abrasionsfestigkeit, hohe mechanische Belastbarkeit und eine sehr geringe Löslichkeit. Ein adhäsiver randspaltfreier und bakteriendichter [93] Verbund soll der vollkeramischen Restauration und dem Zahn Stabilität verleihen [94-96]. Da diese Materialien

eine zahnähnliche Farbe und Transluzenz besitzen, resultiert eine gute Ästhetik [72]. Variolink II und Panavia F 2.0 sind zwei Materialien, die zur adhäsiven Befestigung der Restaurationen eingesetzt werden können.

Variolink II ist ein licht- bzw. dualhärtendes röntgenopakes Befestigungskomposit, welches zur adhäsiven Befestigung von metallfreien Restaurationen, vor allem Glaskeramik-Restaurationen und Komposite, verwendet wird [97]. Die Polymerisationsreaktion erfolgt durch Lichthärtung (photochemische Aushärtung) oder durch Selbsthärtung (redoxinitiierte Polymerisation) [98].

Panavia F 2.0 ist ein dualhärtendes (licht- und selbsthärtender), röntgenopakes Komposit-Befestigungsmaterial mit selbstätzendem Primer. Im Vergleich zu Variolink II hat Panavia F 2.0 ein größeres Einsatzspektrum. Damit können, laut Herstellerangaben, Glaskeramik-, Zirkoniumdioxid-, Komposit- und auch Metallrestaurationen volladhäsiv befestigt werden [99].

#### **4.6.2.2 Selbstadhäsive Befestigung (RelyX Unicem)**

RelyX Unicem wurde 2002 als selbstadhäsiver, dualhärtendes Befestigungsmaterial auf den Markt gebracht. Im Gegensatz zu der volladhäsiven Befestigung muss die Zahnhartsubstanz laut Herstellerangaben nicht separat vorbehandelt (wie Ätzen, Primern und Bonden) werden [100]. Es genügt eine Reinigung der Zahnoberfläche mit Bimsstein und ein anschließendes Absprühen mit Wasser. Außerdem ist eine relative Trockenlegung ausreichend [87], da das Material während der Abbindereaktion eine gewisse Feuchtigkeit in gingivanahen Bereichen toleriert [87]. Fast alle dentalen Werkstoffe von den Edelmetall- oder Nichtedelmetall-Legierungen bis hin zu den Silikat- oder Oxidkeramiken können bei retentiver Präparation mit

RelyX Unicem eingesetzt werden [87]. Das Material ist auch zur Befestigung von Wurzelstiften freigegeben. Die Härtung läuft über zwei Abbindemechanismen; eine radikalische Polymerisations- und eine Säure-Basen-Reaktion. Die Polymerisationsreaktion kann mit Licht angeregt werden, wobei die Reaktion auch ohne Lichtinitiatoren ablaufen kann [87, 101, 102].

Bei hohen Kaukräften und bei nicht ausreichender Stumpflänge oder ungenügender Retention ist eine adhäsive Befestigung von Restaurationen indiziert [89]. Die instabile Silikatkeramik kann durch die adhäsive Befestigung eine höhere Stabilität und Widerstandsfähigkeit erhalten [87]. Ein weiterer Vorteil dieser Befestigungsart ist die Versiegelung der Dentinwunde [103] und die Vermeidung von Hypersensibilität. In Tabelle 4 sind die Eigenschaften der konventionellen und Komposit-Befestigungsmaterialien zusammengefasst dargestellt:

Klassifizierung	Konventionelle Zemente	Komposite
Aushärtungsmechanismus	Neutralisationsreaktion	Radikalische Polymerisation, licht- oder chemisch initiiert
Vorteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Einfache Verarbeitung</li> <li>• Einfache Überschussentfernung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Substanzschonende, Präparation möglich [104-106]</li> <li>• Guter Verbund zum Zahn</li> <li>• Hohe Festigkeit</li> <li>• Geringe Löslichkeit</li> <li>• Hohe Abrasionsbeständigkeit</li> <li>• Gute Ästhetik</li> <li>• Geringe Hypersensibilität nach dem Eingliedern [107]</li> </ul>
Nachteile	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Retentive Präparation nötig</li> <li>• Höhere Löslichkeit durch hydrophile Eigenschaft</li> <li>• Geringer Verbund zum Zahn</li> <li>• Geringe Abrasionsbeständigkeit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entfernung der Überschüsse nach Polymerisation schwerer</li> <li>• Schwierige Wiederentfernbarkeit der Restauration</li> </ul>
Produktbeispiele	Ketac Cem, Harvard Zement, Durelon	Variolink II, RelyX Unicem, Panavia F 2.0

Tab. 4: Vergleich der konventionellen und Kompositzemente nach [108].

## **4.7 Wurzelkanalstifte**

### **4.7.1 Indikation und Anforderungen**

Für eine stabile, funktionelle und ästhetische Rekonstruktion eines endodontisch behandelten Zahnes muss ausreichend Zahnhartsubstanz vorhanden sein [109-112]. Ein Stiftaufbau zur besseren Verankerung der Stumpfaufbauten ist dann indiziert, wenn der Zahn im koronalen Anteil einen ausgeprägten Hartsubstanzdefekt aufweist [112]. Allerdings muss beachtet werden, dass Dentin durch Vorbohrungen für Wurzelstifte abgetragen und infolgedessen der Zahn geschwächt wird [113]. Die endodontisch behandelten Zähne werden nach Größe des Defektes in drei Kategorien eingeteilt [113]. Ein geringer bis mittlerer Destruktionsgrad definiert sich als eine zentral liegende Zugangskavität mit intakten und stabilen zirkulären Kronenwänden (3-4 Wände) [114]. Mit Hilfe der Adhäsivtechnik in Verbindung mit Kompositen lassen sich die endodontisch behandelten Zähne direkt aufbauen und bei Notwendigkeit einer prothetischen Restauration anschließend vorbereiten. Somit besteht keine Indikation für einen Stiftaufbau [115, 116]. Bei Vorhandensein von großen sowie ausgeprägten Substanzdefekten (0-2 stehende Wände) spielen Stiftaufbauten eine wichtige Rolle [114]. Um die Überlebensrate der mit Stiftaufbauten versorgten Zähne zu erhöhen, beziehungsweise der Wurzel mehr Stabilität zu verleihen, soll mindestens 1,5 bis 2 mm Zahnhartsubstanz apikal des Aufbaus („Ferrule Design“ oder „Fassreifeneffekt“) vorhanden sein [113, 114, 117, 118]. Um das Wurzelkanalsystem apikal zu versiegeln, sollte 3-4 mm von dem Wurzelkanalfüllmaterial im Kanal bleiben [119, 120].

#### 4.7.2 Stiffform

Wurzelstifte lassen sich nach ihrer Form in zylindrische, konische und zylindrisch-konische Stifte [114] und nach Retentionsprinzip, in aktive und passive Stifte [113] einteilen. Zylindrische Stifte besitzen im Vergleich zu konischen Stiften bessere Retentionswerte [121]. Dies kann wiederum mit einer erhöhten Perforationsgefahr und Wurzelsprengungen verbunden sein, wenn konische Stifte unter Spannung also unter aktiver Passung eingesetzt werden. Konische Stifte haben durch ihre Form eine gute Passgenauigkeit. Die Wurzel wird im apikalen Bereich geringer geschwächt [122]. Als Nachteil können geringere Retention und ein höherer Substanzabtrag im koronalen Bereich genannt werden [123]. Zylindrisch-konische Stifte sind apikal parallel und koronal konisch und besitzen eine anatomisch ähnliche Form wie der Wurzelkanal. Sie verfügen über eine bessere Retention als konische Stifte und eine geringere Retention als herkömmliche Schraubensysteme mit aktiver Passung.

Aktive Stifte oder Schraubensysteme verfügen über die höchste Retention [124-126] im Wurzelkanal. Zu den Nachteilen werden Spannungsrisse und Wurzelfrakturen infolge des Einschraubens der Stifte in den Kanal sowie erhöhte Perforationsgefahr gezählt [114]. Vor diesem Hintergrund werden solche Stiftsysteme in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik selten verwendet (Bsp. BKS- Schrauben).

Passive Stifte haben im Gegensatz zu den aktiven Stiften keine Schraubengewinde und folglich eine deutlich geringere Retention. Diese wird erst durch eine adhäsive oder konventionelle Befestigung erreicht.

### 4.7.3 Stiftmaterial

Die Wurzelstifte werden aus verschiedenen Materialien hergestellt. Seit langem werden Metalllegierungen wie Titanlegierungen/Reintitan und Edelmetall-Legierungen für Wurzelstifte genutzt. Gezogenes Reintitan wurde aufgrund hoher Härte und Biegefestigkeit als Material für konfektionierte Stifte verwendet. Bei ausreichender Restzahnschubstanz zur Befestigung des Aufbaus kann ein konfektionierte Titanstift mit Retentionskopf in den Kanal inseriert werden. Titan ist biokompatibel, hart, biegestabil und korrosionsresistent. Halbkonfektionierte Stiftsysteme können im Gegensatz zu individuellen Stiften sofort „chairside“ in den Kanal inseriert werden [127]. Sie bestehen aus einem konfektionierte Stift und einem plastischen Aufbau. Das heißt, der Stift wird eingesetzt und in der gleichen Sitzung der Aufbau direkt im Mund modelliert. Individuell gegossene Stiftaufbauten sind bei stark beschädigten Zähnen oder sehr weiten Kanallumen indiziert [114]. Als Material können Nichteidmetall- und Edelmetall-Legierungen verwendet werden.

Glasfaserverstärkte Kompositstifte und Keramikstifte wurden als Alternative zu Metallstiften und für ein besseres ästhetisches Ergebnis vor allem bei vollkeramischen Restaurationen hergestellt [128-131]. Glasfaserverstärkte Kompositstifte und Zirkonoxidkeramikstifte gehören zu passiven Stiften und besitzen eine konische beziehungsweise zylindrisch-konische Form. Die Glasfaserstifte haben eine ähnliche Elastizität wie Dentin [132].

Diese Stifte können bei einer Notwendigkeit aus dem Kanal herausgebohrt werden. Die Zirkoniumdioxid-Keramikstifte haben wiederum eine hohe Härte und Sprödigkeit. Diese Eigenschaften können eine Fraktur des Stiftes oder sogar der Zahnwurzel verursachen [133, 134].

## 5 Materialien und Methoden

### 5.1 Studiendesign (Patientenkollektiv)

#### 5.1.1 Systematische Aktenanalyse

Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wurden insgesamt Daten von 508 Patienten erfasst. Die Patienten wurden im Zeitraum von 2003 bis 2013 mit festsitzenden Restaurationen im Studentenkurs in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität versorgt. Bei den Patienten (n=508) handelt es sich um 274 Frauen (54%) und 234 (46%) Männer (Abb. 8).

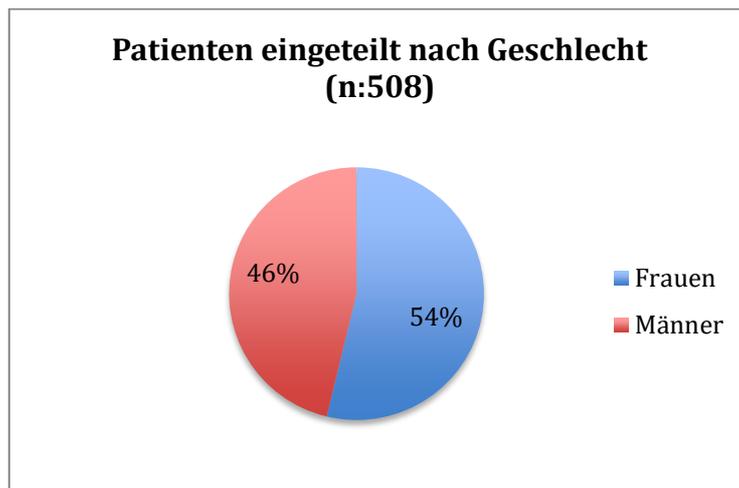


Abb. 8: Patientenzahl eingeteilt nach Geschlecht.

Insgesamt wurden 1323 Restaurationen, davon 373 Brücken und 950 Einzelzahnkronen anhand der Behandlungsdokumentationen nachuntersucht (Abb. 9).

Ausgeschlossen waren implantatgetragene Suprakonstruktionen. Die Ereignisse der neuangefertigten Restaurationen wurden nicht dokumentiert.

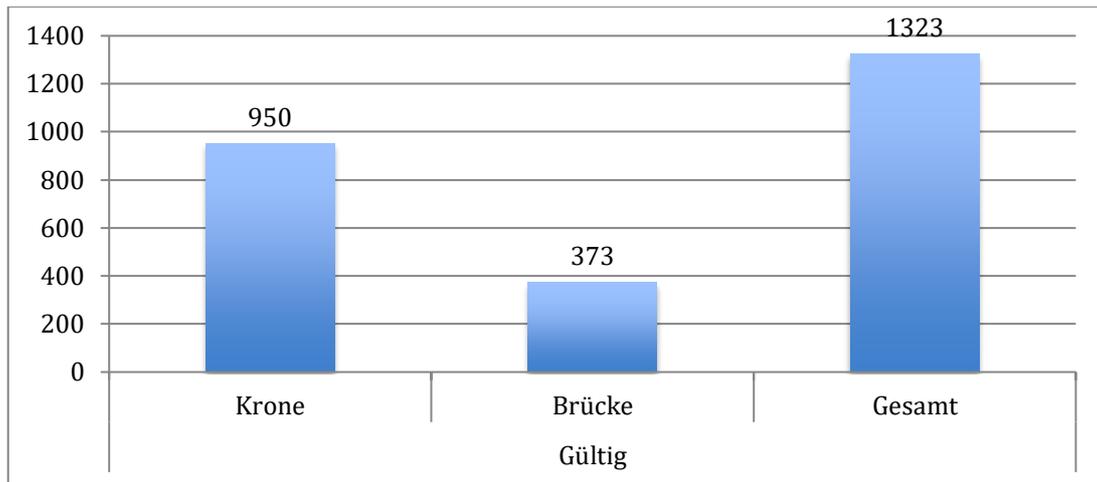


Abb. 9: Anzahl der eingegliederten Restaurationen.

Die Behandlung fand im Rahmen der Studentenkurse unter der Betreuung von Assistenz Zahnärzten und Oberärzten der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der LMU München statt.

Die Versorgungen wurden im Hauslabor oder in qualifizierten zahntechnischen Laboren angefertigt. Die Eingliederung der Restaurationen wurde durch Studierende der klinischen Kurse I und II durchgeführt. Alle Reparatur- und Nachsorgemaßnahmen, sowie Erneuerungen der Restaurationen wurden in der Datenbank aufgenommen. Ebenso wurden die Nachbehandlungen an den Pfeilerzähnen erfasst.

### 5.1.2 Datenerfassung

Die Datenerfassung erfolgte durch Auswertung der Patientenakten. Für jeden Patienten wurde eine Patientenakte angelegt. In der Akte wurden Anamnese, Ausgangsbefunde, Behandlungsabläufe und Röntgenbilder der Patienten, sowie verwendete Materialien dokumentiert. Ab Beginn der Behandlung und nach Eingliederung des Zahnersatzes wurden alle Behandlungsmaßnahmen in den Patientenakten dokumentiert. Auch jeder Klinikbesuch des Patienten aufgrund Weiterbehandlung, Nachsorgemaßnahmen oder Recall-

Untersuchung wurde vermerkt. Bei dem Recall-Programm (Nachsorge-Programm) handelt es sich um eine halbjährliche Nachuntersuchung der Patienten zur Nachkontrolle des eingegliederten Zahnersatzes.

Bereits zu Beginn der Studie wurde der Personenbezug zu den gespeicherten Daten durch ein rein numerisches Verfahren aufgehoben (Pseudonymisierung). Jedem Patienten wurde randomisiert eine Studiennummer zugeteilt, unter der seine Untersuchungsdaten gespeichert sind.

Die Daten, die einen Rückschluss auf die Patienten ermöglichten, wurden nach erfolgter Datensammlung im Programm unwiderruflich gelöscht (Anonymisierung).

Ein Rückschluss von den Zahnparametern auf den Patienten ist somit ausgeschlossen. Die Anonymisierung ist irreversibel.

Da es sich um eine retrospektive Studie nach Aktenlage ohne Patientenkontakt handelt, bestanden keinerlei Nachteile, Risiken bzw. Belastungen für die Patienten durch die Studie.

Für die Durchführung dieser Studie wurde ein Ethikantrag gestellt. Der Antrag wurde von der Ethikkommission (Antragsnummer 524-14) genehmigt.

Für jeden Patienten wurde ein Datensatz angelegt. Folgende Parameter wurden anhand der Patientenakten in der Datenbank erfasst:

- Geschlecht und Alter des Patienten
- Fallnummer für die statistische Auswertung
- Mundhygienestatus
- Bruxismus oder craniomandibuläre Dysfunktion und durchgeführte Schienentherapie (Bruxismus- oder Funktionsschiene)

Für jede Restauration wurden folgende Daten im Einzelnen dokumentiert:

- Versorgungsart: Krone oder Brücke
- Eingliederungsdatum der Restauration
- Bei Brücken:
  - Art der Brücke: Endpfeilerbrücke (einspannig, zweispannig oder mehrspannig) oder Extensionsbrücke (Freiendbrücke)
  - Pfeileranzahl und Brückenlänge
- Verwendete Materialien: Edelmetall oder Nichtedelmetall, Verblend-Metall-Keramik (Gerüst aus Edelmetall- oder Nichtedelmetall-Legierung) und Vollkeramik
- Art der Verblendung: teilverblendet, vollverblendet und gemischt (bei Brücken)
- Befestigungsmaterialien (Ketac Cem, Harvard Zement, Durelon, Panavia F 2.0, RelyX Unicem und Variolink II).

Für jeden Pfeilerzahn wurden folgende Parameter als Ausgangsbefund im Einzelnen erfasst:

- Sensibilitätszustand der Pfeilerzähne zum Zeitpunkt der Eingliederung der Restauration und bereits erfolgte Wurzelkanalbehandlung
- Beweglichkeitsgrad
- Stiftaufbau und verwendetes Stiftsystem (parapulpäre Stifte, Glasfaserstifte, Radix-Anker und gegossener Stiftaufbau,)
- Verwendung des Pfeilerzahnes als Verankerungselement.

Im Einzelnen wurden folgende Daten der Nachsorgemaßnahmen in der Funktionsperiode der Restaurationen und der Pfeilerzähne berücksichtigt:

- Das jeweilige Datum der Nachsorgemaßnahme
- Dezementierung von Kronen und Brücken
- Fraktur in der Verblendkeramik und Verblendungsreparaturen
- Neuanfertigung der Restauration
- Sekundärkaries
- Aufgetretene pulpitisches Beschwerden nach der Eingliederung
- Endodontische Behandlung nach der Eingliederung
- Fraktur des Pfeilerzahnes
- Erhöhter Beweglichkeitsgrad
- Extraktion des Pfeilerzahnes

Wenn eines der genannten Parameter eingetroffen war, wurde dies als ein „Ereignis“ definiert.

## 6 Statistische Analyse

Die erfassten Daten wurden zunächst mit Hilfe von Microsoft Access erfasst. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS-Statistik-Programm (Version 23). Die Vorgehensweise bei der statistischen Analyse wurde von einem Statistiker anerkannt.

Jede eingegliederte Restauration wurde als eine statistische Einheit berücksichtigt. Zur Analyse der Abhängigkeiten wurden der exakte Test nach Fisher und der Mann-Whitney-U-Test verwendet.

Der exakte Test nach Fisher ist ein Signifikanztest. Dieser Test kann auch bei einer geringen Anzahl von Stichproben (Einzelhäufigkeiten  $< 5$ ) verwendet werden, um zuverlässige Ergebnisse zu liefern. Dazu werden die Werte in eine 2x2-Kontingenztafel eingetragen. Durch den Test werden Zellhäufigkeiten bei gleichbleibender Zeilen- und Spaltenanzahl kombiniert. Dadurch ergeben sich bei gleichbleibenden Randsummen bedingte Wahrscheinlichkeiten für die Zellhäufigkeiten. Es wird von einem Extremfall gesprochen, wenn ein Feld zu 0 wird. Die Ergebnisse der Wahrscheinlichkeiten werden addiert. Wenn die Wahrscheinlichkeit  $p$  unter 0,05 liegt, wird die Nullhypothese ( $H_0$  = kein Zusammenhang oder gleiche Anteile an Erfolgen in beiden Gruppen) abgelehnt.

Zur Ermittlung von zeitlichen Komplikationsunterschieden zwischen den Kronen- und Brückenkonstruktionen wurde der nicht parametrische Mann-Whitney-U-Test verwendet. Dieser Test findet seinen Einsatz bei dem Vergleich zweier unabhängigen Stichproben. Wenn die Wahrscheinlichkeit  $p$  unter 0,05 (kritischer Wert) liegt, wird die Nullhypothese abgelehnt. In solchen Fällen ist von unterschiedlichen Medianen der Datenmengen auszugehen [135]. Um die

zeitlichen Unterschiede jeweiliger Komplikationen besser darstellen zu können, wurden außerdem Boxplot-Darstellungen angewendet.

## 7 Ergebnisse

### 7.1 Allgemeine Daten

Zu Beginn der Studie wurden die zu analysierenden Daten des Patientengutes dargestellt. Die Patienten wurden im Durchschnitt  $4,9 \pm 2,7$  Jahre beobachtet (Minimum: 0,23 Jahre, Maximum 10,76 Jahre). Die Anzahl der eingesetzten Kronen und Brücken pro Jahr ist in der Abbildung 10 dargestellt.

Im Jahr 2008 wurde die größte Anzahl von Brücken (17,7%) eingesetzt. Die meisten Kronen (15,5%) wurden im Jahr 2010 eingegliedert. Da im Jahr 2013 die Eingliederungen nur bis Oktober, dem Ende des Sommersemesters 2013 erfasst wurden, ist die Anzahl der eingesetzten Kronen im Vergleich zu den Vorjahren relativ gering.

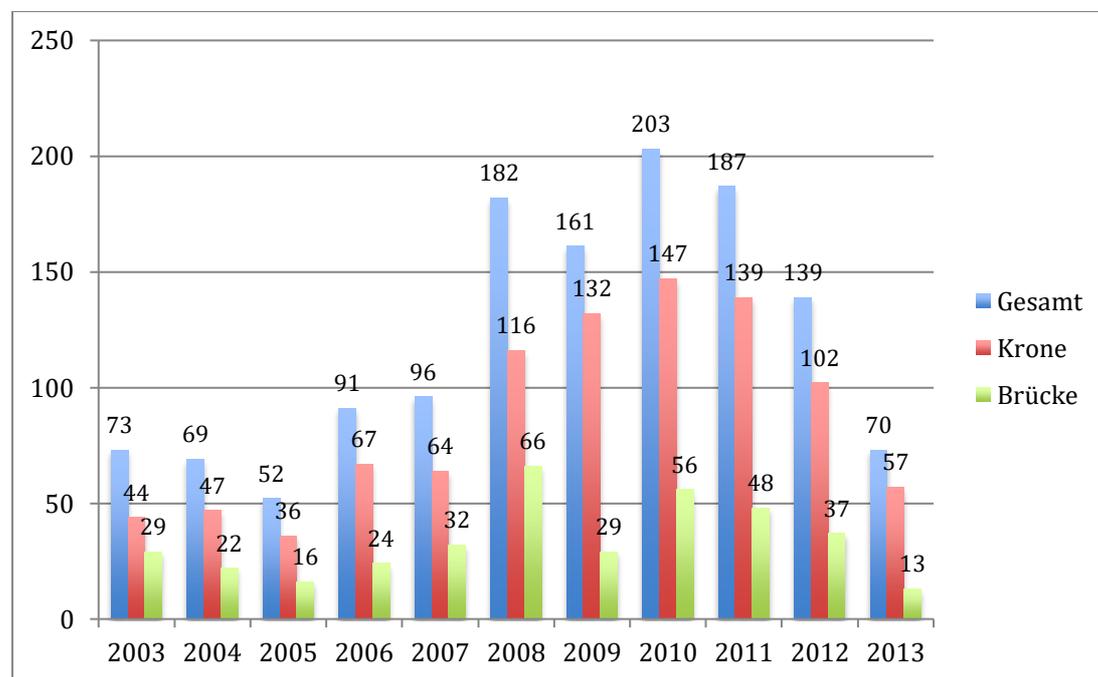


Abb.10: Anzahl der eingegliederten Kronen und Brücken pro Jahr.

## 7.1.1 Patientenmerkmale

### 7.1.1.1 Geschlecht und Altersklassen

In dieser Studie wurden 274 (54%) Frauen und 234 (46%) Männer aufgenommen. Patientinnen erhielten 720 Restaurationen (514 Kronen, 206 Brücken) und männliche Patienten 603 (437 Kronen, 166 Brücken) (Abb. 11).

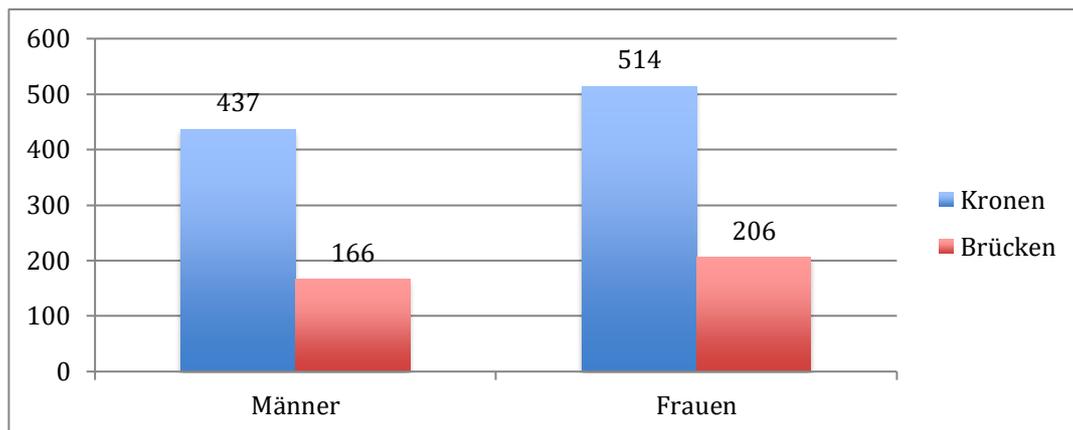


Abb. 11: Anzahl der eingesetzten Kronen und Brücken eingeteilt nach Geschlecht.

Zum Zeitpunkt der Eingliederung der Restaurationen betrug das Durchschnittsalter der Patienten  $55,46 \pm 13,48$  Jahre. Die Gruppe der 60 bis 70-jährigen war mit 27,5% am stärksten vertreten, gefolgt von der Gruppe der 50 bis 60-jährigen mit 26,5%. Die Gruppe der Personen unter 30 Jahren hatte mit fünf Prozent den geringsten Anteil (Tab. 5).

Alter	Männer %	Frauen %	Gesamt %	Restauration
<30	5%	5%	5%	4%
30 – 40	11%	11%	11%	10%
40 – 50	19%	18%	18,5%	16%
50 – 60	24%	29%	26,5%	26%
60 – 70	28%	27%	27,5%	32%
70 – 80	11%	9%	10%	11%
> 80	2%	1%	1,5%	1%

Tab. 5: Altersstruktur der Patienten eingeteilt nach Geschlecht und Anzahl der eingesetzten Restaurationen.

### 7.1.1.2 Mundhygienestatus der Patienten

Der Mundhygienestatus wurde nach einer subjektiven Einschätzung von Studierenden erhoben. 70% der Patienten zeigten eine sehr gute und gute Mundhygiene und 24% eine befriedigende Mundhygiene. Sechs Prozent wiesen einen unzureichenden Mundhygienestatus auf (Abb. 12).

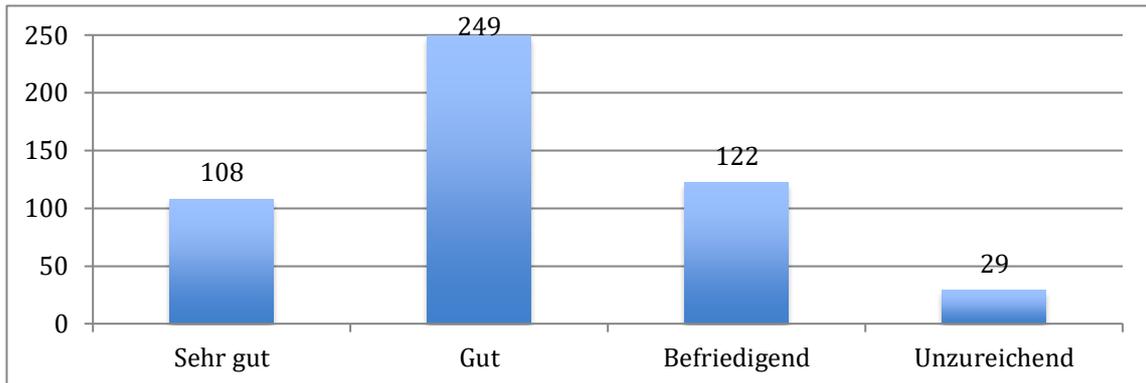


Abb. 12: Überblick über den Mundhygienestatus der Patienten zum Zeitpunkt der Eingliederung der Restauration.

### 7.1.1.3 Craniomandibuläre Dysfunktion (CMD)/ Bruxismus

Im Rahmen dieser Studie wurde zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns bei 162 von 508 Probanden eine craniomandibuläre Dysfunktion (CMD) oder auch Bruxismusaktivitäten diagnostiziert (Abb. 13). Die Diagnose erfolgte durch Befragung sowie durch einen klinischen CMD-Kurzbefund (Abb. 14).

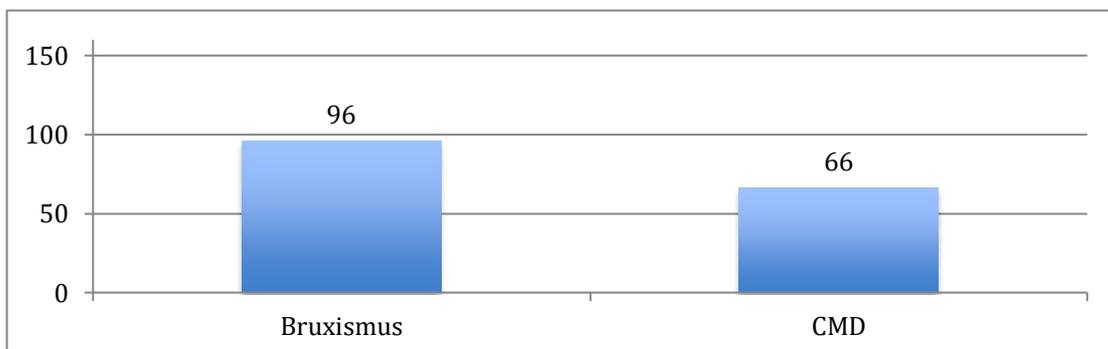


Abb. 13: Überblick über die craniomandibuläre Dysfunktion bei Patienten (n= 162).

<b>CMD-Kurzbefund</b>	
Schmerzen im Bereich der Kiefergelenke	<input type="checkbox"/>
Mundöffnung asymmetrisch	<input type="checkbox"/>
Mundöffnung eingeschränkt	<input type="checkbox"/>
Gelenkgeräusche	<input type="checkbox"/>
Muskelpalpation schmerzhaft	<input type="checkbox"/>
Gleithindernisse und vorzeitige Kontakte	<input type="checkbox"/>
CMD <input type="checkbox"/> unwahrscheinlich ( $\leq 1$ ) <input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> wahrscheinlich ( $\geq 2$ )	

Abb. 14: CMD-Kurzbefund.

Bei einer Funktionsstörung des Kauystems spricht man von einer craniomandibulären Dysfunktion (CMD) [136] mit typischen pathophysiologischen Folgeerscheinungen [137]. CMD lässt sich durch Schmerzen und Funktionseinschränkungen im Bereich der Kiefermuskulatur oder auch der Kiefergelenke charakterisieren [136]. Bruxismus (eine Untergruppe der CMD) wird als Parafunktion mit Knirschen, Pressen und Reiben ohne funktionelle Einschränkungen bezeichnet. Bei Bruxismus-Patienten ist die Kaumuskulatur hyperaktiv und folglich verspannt. Die Ursache für solche Parafunktionen ist noch nicht eindeutig geklärt [138].

In dieser Studie wurden 52 von 162 CMD- und Bruxismus-Patienten mit einer Aufbiss-Schiene behandelt. Vor der Eingliederung der Restauration wurden 36 Patienten mit einer Bruxismusschiene und 16 mit einer Funktionsschiene versorgt (Abb.15).

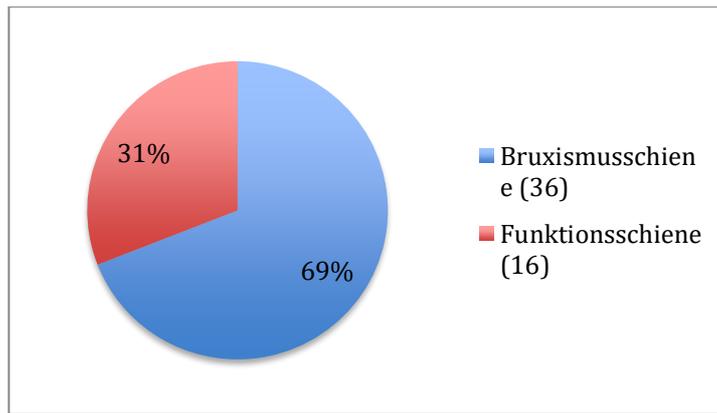


Abb. 15: Anzahl der verschiedenen Aufbissschienen.

### 7.1.2 Merkmale der Pfeilerzähne

Im Folgenden werden verschiedene Parameter bezüglich der Anzahl, der Art und des Zustandes der Pfeilerzähne zum Zeitpunkt der Eingliederung ausgewertet. Abbildung 16 stellt die Anzahl der Pfeilerzähne bei Kronen- und Brückenversorgungen dar.

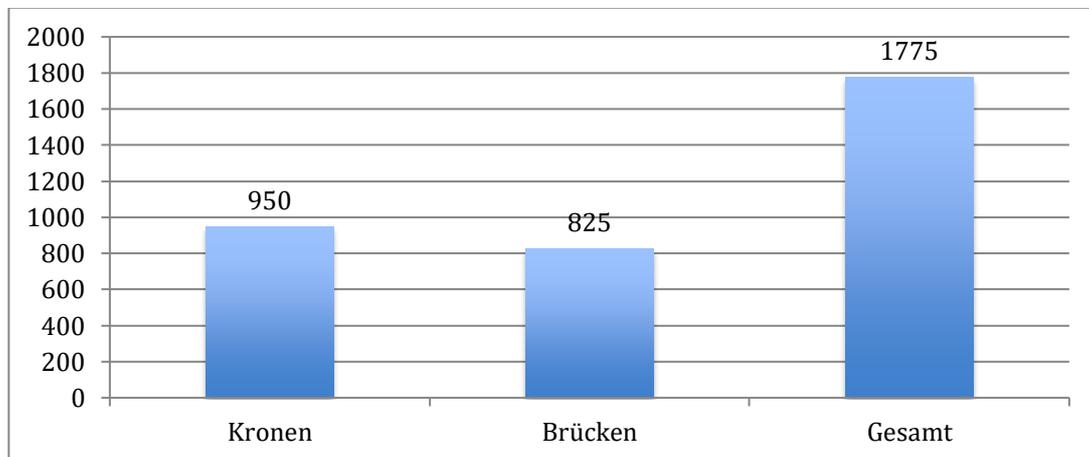


Abb. 16: Anzahl der Pfeilerzähne bei Kronen- und Brückenversorgungen (n=1775).

#### 7.1.2.1 Sensibilitätszustand

Der Sensibilitätszustand der Pfeilerzähne zum Zeitpunkt der Eingliederung der Restauration wurde mit Kältespray überprüft. Eine schnelle Temperaturschwankung verursacht eine Flüssigkeitsverschiebung in den

Dentintubuli und es kommt folglich zu einer Pulpareizung. Insgesamt wurden 1775 Zähne vor dem Einsetzen der Restaurationen auf ihre Sensibilität geprüft. Von diesen wiesen 67% eine positive und 33% eine negative Sensibilität auf. Alle Zähne mit einer negativen Sensibilität waren bereits zum Zeitpunkt der Eingliederung wurzelkanalbehandelt (Abb. 17).

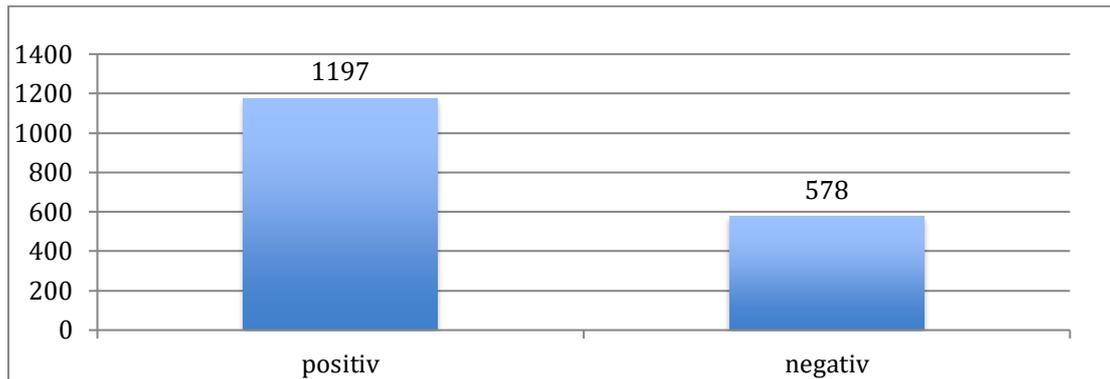


Abb. 17: Sensibilitätszustand der Pfeilerzähne vor der Befestigung der Restaurationen (n= 1775).

Von 578 endodontisch behandelten Zähnen waren 380 (65,7%) zum Zeitpunkt der Eingliederung mit einem Stiftaufbau versorgt.

### 7.1.2.2 Stiftsystem

Die verschiedene Anzahl der Stiftsysteme (gegossener Stiftaufbau, Radix-Anker, Glasfaserstift, parapulpärer Stift) wird in der Abbildung 18 veranschaulicht.

Von insgesamt 380 Wurzelkanalstiften wurden 76,3% Glasfaserstifte, 16,3% Radix-Anker und 6,6% gegossene Stiftaufbauten eingesetzt. Nur in 0,8% der Fälle wurden parapulpäre Stifte dokumentiert.

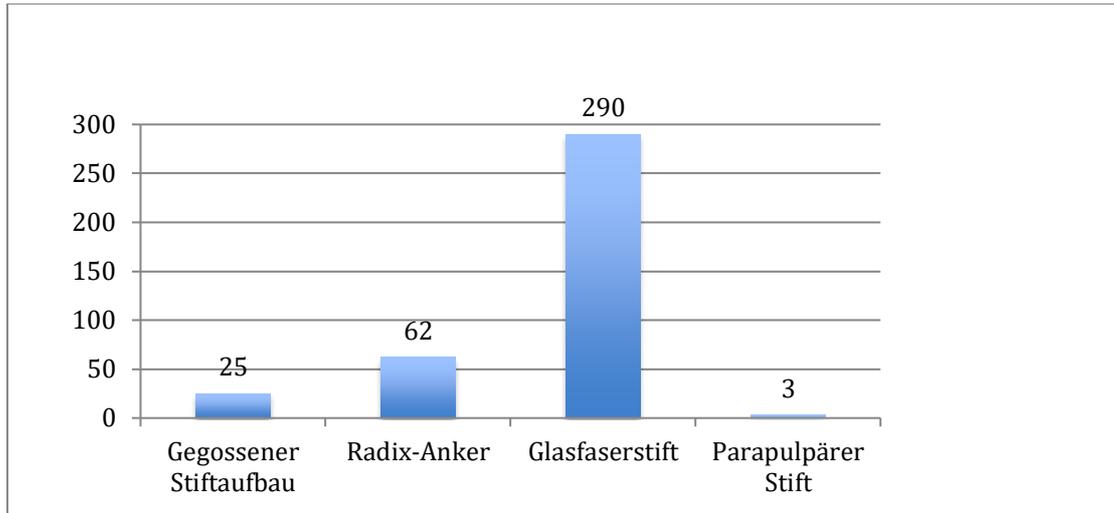


Abb. 18: Anzahl der verschiedenen inserierten Wurzelstifte (n=380).

### 7.1.2.3 Zahnbeweglichkeit

Beweglichkeitsgrade der Pfeilerzähne wurden visuell entsprechend der Angaben der Deutschen Gesellschaft für Parodontologie erfasst [139] :

Grad 0: physiologische, nicht erhöhte Zahnbeweglichkeit

Grad I: erhöhte Zahnbeweglichkeit, spürbar oder sichtbar bis 1 mm horizontal

Grad II: erhöhte Zahnbeweglichkeit, sichtbar über 1 mm horizontal

Grad III: erhöhte Zahnbeweglichkeit, beweglich auf Lippen- und Zungendruck und/oder in axialer Richtung.

Den Beweglichkeitsgrad der Pfeilerzähne stellt die Abbildung 19 dar.

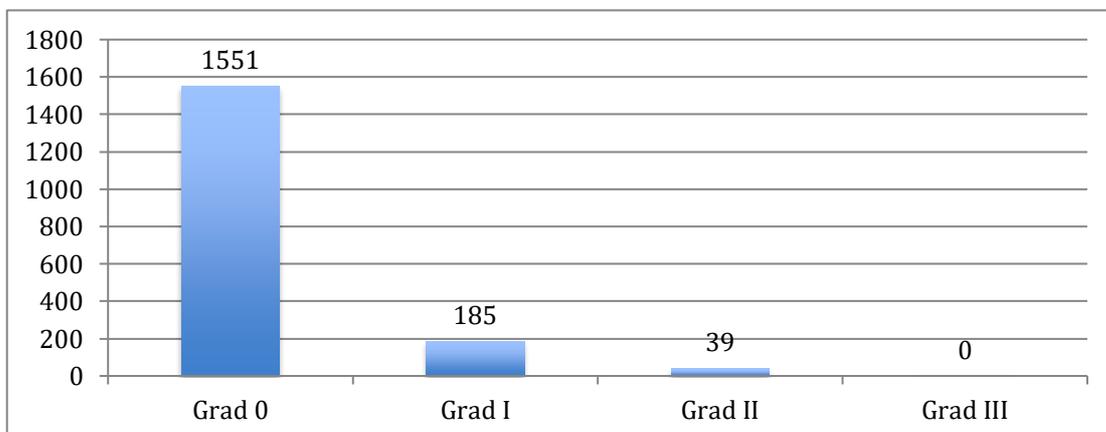


Abb. 19: Lockerungsgrad der Pfeilerzähne (n=1775).

Während 87,4% aller Pfeilerzähne keine Beweglichkeit aufwiesen, zeigten 10,4% einen Lockerungsgrad I und nur 2,2% einen Lockerungsgrad II (Abb. 17).

#### **7.1.2.4 Pfeiler als Klammerzahn**

Teilprothesen können als herausnehmbarer Zahnersatz durch gebogene oder gegossene Klammern an den Zähnen verankert werden. Handgebogene Klammern werden meistens für die Anfertigung der provisorischen Prothesen angewendet. Diese Klammern können preisgünstig und schnell hergestellt werden, jedoch können sie sich unter Kaufunktion verbiegen. Gussklammern dienen als Halte- und Stützelemente bei Modellgussprothesen. Diese werden vom Zahntechniker im Labor in Gusstechnik angefertigt und umfassen den Zahn körperlich [80]. Es wurden 138 (8%) der versorgten Pfeilerzähne als Verankerung bei herausnehmbaren Teilprothesen verwendet. An 133 Zähnen wurden Gussklammern und nur an 5 Zähnen handgebogene Klammern verankert.

### **7.1.3 Merkmale der Restaurationen**

#### **7.1.3.1 Verteilung der Restaurationen**

Die Abbildung 20 stellt die Verteilung der Restaurationen auf Ober- und Unterkiefer dar. Im Oberkiefer wurden tendenziell mehr Restaurationen (53%) eingegliedert, als im Unterkiefer (47%).

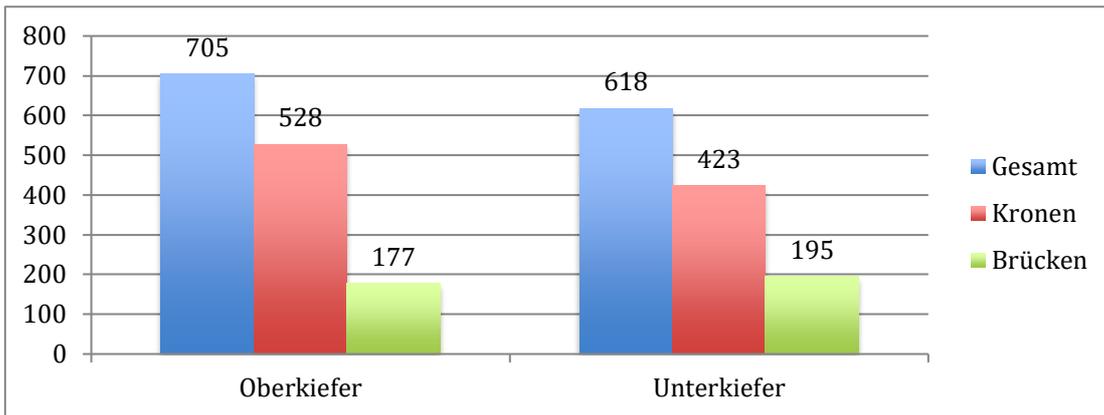


Abb. 20: Kieferlokalisation der Restaurationen (n= 1323).

Die weiteren Ergebnisse dieser Studie werden in Übereinstimmung zur Literaturübersicht dargestellt.

### 7.1.3.2 Materialien

679 (71%) aller Kronen und 344 (92%) aller Brücken waren als metallkeramische Restaurationen angefertigt worden. Vollguss-Kronen und -Brücken nahmen mit einer Anzahl von 180 (19%) und 21 (6%) den zweiten Platz ein, gefolgt von Vollkeramik-Kronen (n= 91) und Vollkeramik-Brücken (n= 8) (Abb. 21).

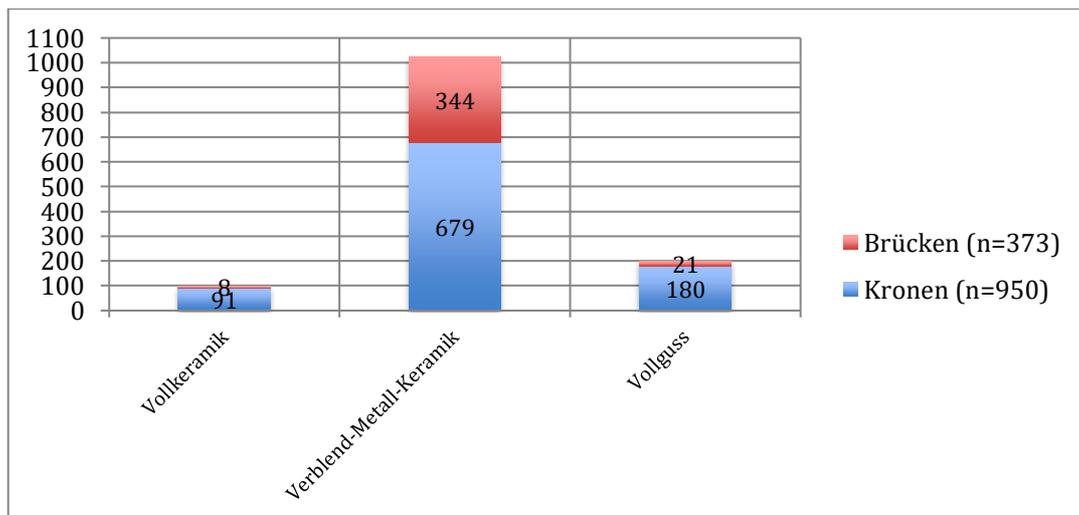


Abb. 21: Anzahl der verschiedenen Restaurationsarten (n= 1323).

Tabelle 6 stellt die einzelnen Unterteilungen der verschiedenen Materialien dar.

Materialien					
Kronen			Brücken		
VMK (n= 679)	Vollguss (n=180)	Vollkeramik (n= 91)	VMK (n=344)	Vollguss (n=21)	Vollkeramik (n= 8)
Edelmetall- Gerüst: 563 (83%)	Edelmetall- Gerüst: 137 (76%)	Zirkonium- dioxid- Gerüst: 39 (43%)	Edelmetall- Gerüst: 292 (85%)	Edelmetall- Gerüst: 13 (62%)	Zirkonium- dioxid- Gerüst 8 (100%)
Nichtedelmetall- Gerüst: 116 (17%)	Nichtedelmetall- Gerüst: 43 (24%)	IPS e.max Press: 42 (46%)	Nichtedelmetall- Gerüst: 51 (15%)	Nichtedelmetall- Gerüst: 8 (38%)	
		IPS e.max CAD: 10 (11%)			

Tab. 6: Anzahl und Prozentzahl der verschiedenen Materialien der Restaurationen (n= 1323).

### 7.1.3.3 Art der Verblendung

Die VMK-Kronen wurden mit Verblendkeramik teil- oder vollverblendet. Bei den Brücken waren Brücken-Anker und -glied/er voll-, teil- oder gemischtverblendet. Die Abbildung 22 veranschaulicht die Art der Verblendung der verschiedenen Restaurationen.

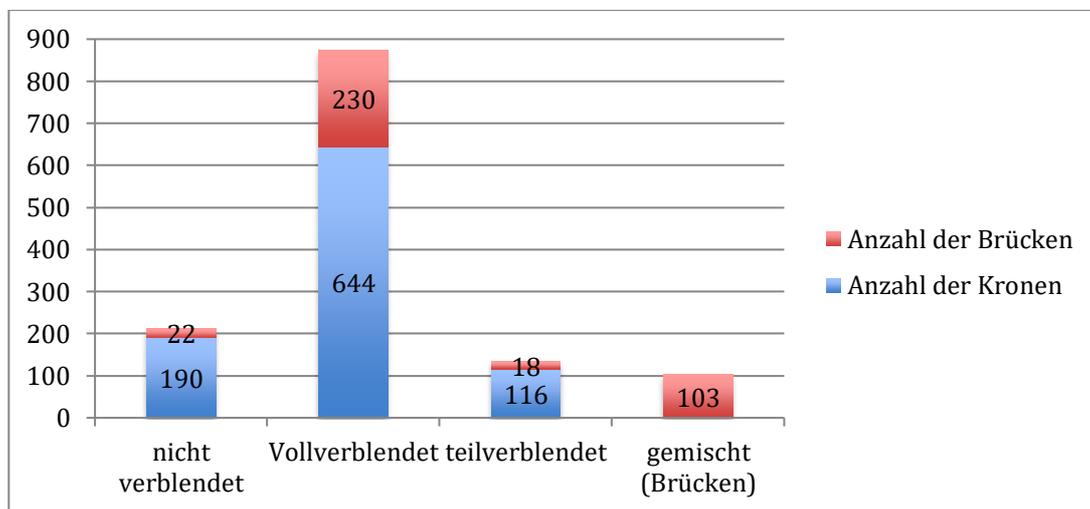


Abb. 22: Art der Verblendung der Restaurationen (n= 1323).

### 7.1.3.4 Befestigungsmaterialien und Art der Zementierung

Zur definitiven Eingliederung der Restaurationen wurden Ketac Cem, Harvard Zement, Durelon, Panavia F 2.0, RelyX Unicem und Variolink II verwendet (Abb. 23). Ketac Cem und RelyX Unicem sind in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik zwei gängige Materialien zur definitiven Befestigung der festsitzenden Restaurationen.

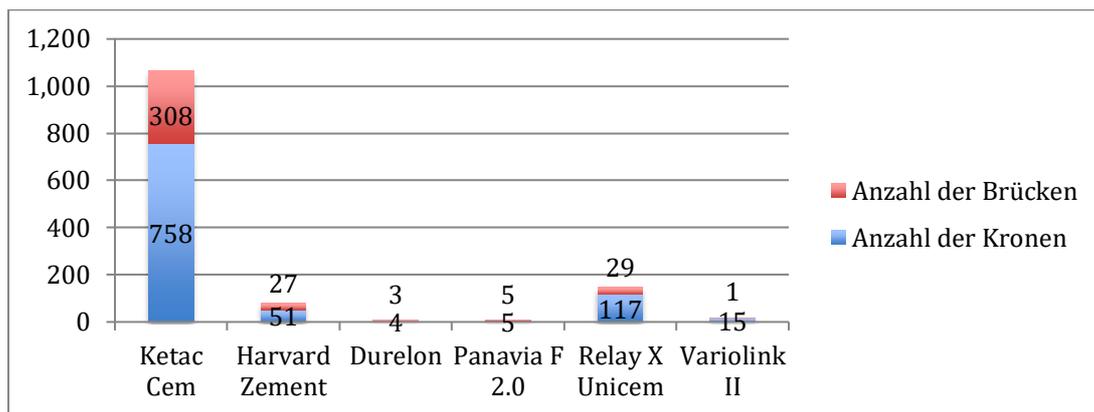


Abb. 23: Verwendete Befestigungsmaterialien (n= 1323).

### 7.1.3.5 Merkmale der Brücken

Der größte Anteil der Brücken (89%) war einspannig. Sieben Prozent der Brücken waren mehrspannig. Extensionsbrücken traten nur zu vier Prozent auf. Abbildung 24 gibt einen Überblick über die Anzahl der Pfeilerzähne pro Brücke.

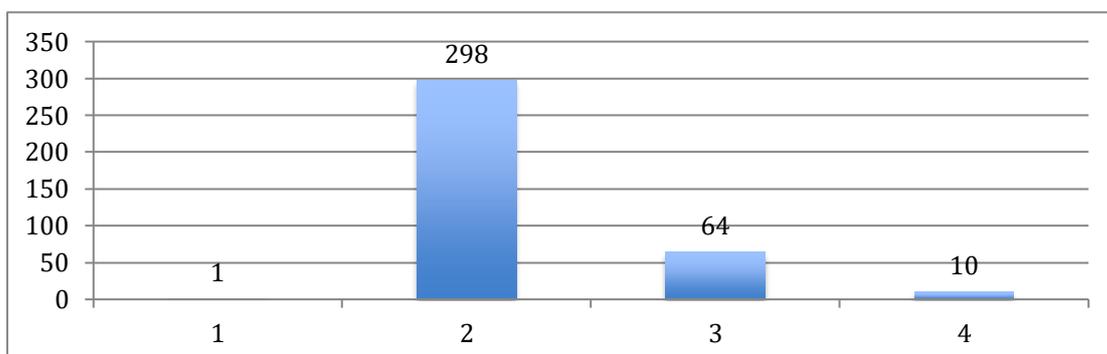


Abb. 24: Anzahl der Brücken mit 1 bis 4 Pfeilerzähnen (n= 373).

Wie man aus Abbildung 24 entnehmen kann, wurden die meisten Brücken (80%) auf zwei Pfeilerzähnen angefertigt. Zu 17% waren drei Pfeilerzähne in die Brückenrestauration eingebunden. Nur drei Prozent der Brückenkonstruktionen bestanden aus vier Pfeilerzähnen und eine einzige Brücke aus einem Pfeilerzahn. Die eingesetzten Brücken waren zwei- bis sieben-gliedrig. Abbildung 25 gibt Auskunft über die Länge der eingegliederten Brücken.

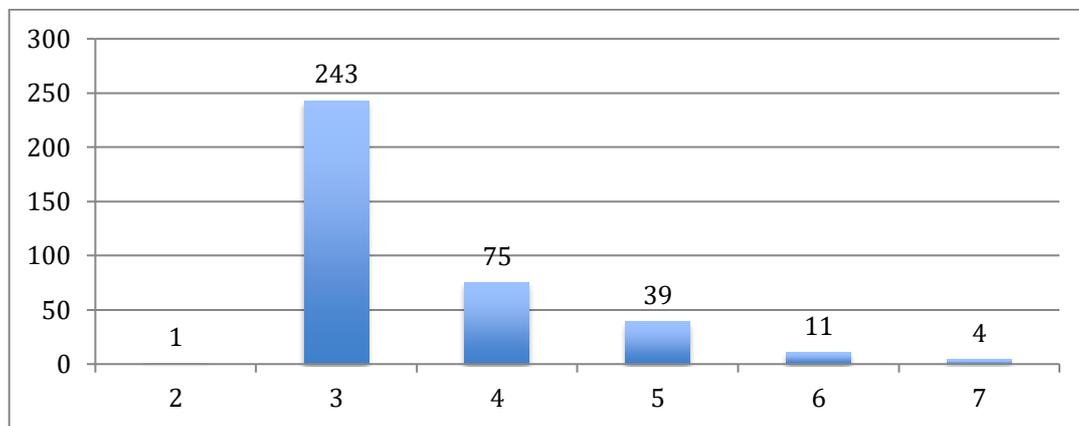


Abb. 25: Anzahl der Brücken in Abhängigkeit der Brückenglieder (n= 373).

Gut 65,1% der Brücken waren dreigliedrig, gefolgt von viergliedrigen Brücken (20,1%) und fünfgliedrigen Brücken (10,4%). Selten wurden zweigliedrige (0,3%), sechs- (3,0%) und sieben-gliedrige (1,1%) Brücken angefertigt. Im Folgenden werden die einzelnen Wiederherstellungsmaßnahmen und Pfeilerbehandlungen mit deren Eintrittsdaten dargestellt.

## 7.2 Analytische Statistik

### 7.2.1 10-Jahres-Ergebnisse

Bevor in den nächsten Punkten genauer auf die Analyse einzelner Ereignisse eingegangen wird, soll zunächst ein Überblick über die aufgetretenen Komplikationen der Kronen und Brückenrestorationen innerhalb des Beobachtungszeitraumes gegeben werden. Die aufgetretenen Komplikationen wurden anhand des folgenden Boxplot-diagramms (Abb. 26) graphisch dargestellt.

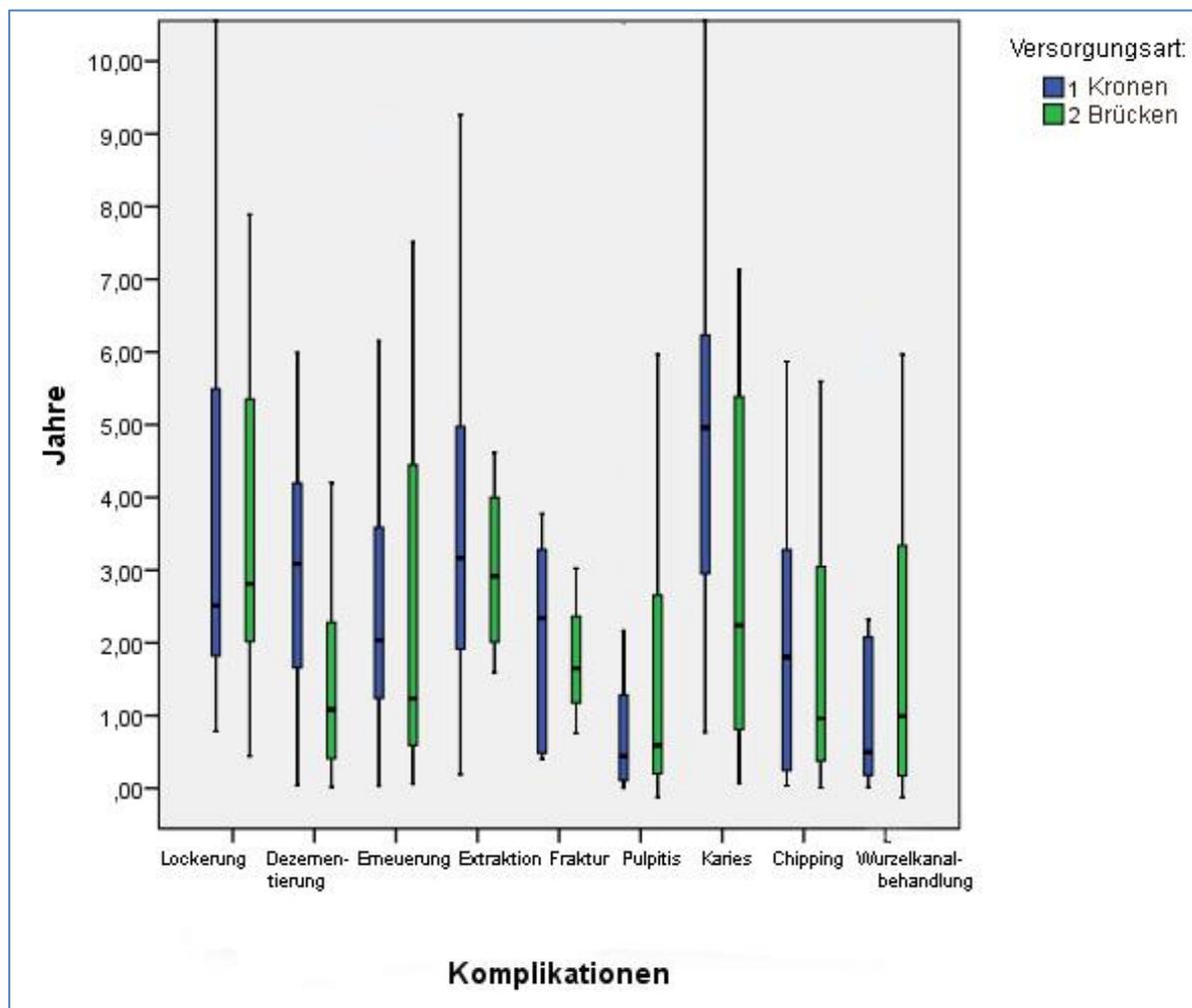


Abb. 26: Boxplots der aufgetretenen Komplikationen bei Kronen und Brücken.

Es ist zu erkennen, welche Komplikationen nach welchem Zeitraum aufgetreten sind. Die Ereignisse von Kronen und Brücken kamen hauptsächlich in den ersten fünf Jahren nach der Eingliederung vor. Tabelle 7 zeigt, dass die Medianwerte der Ereignisse „Erneuerung der Restaurationen“, „Fraktur der Pfeilerzähne“, „pulpitische Beschwerden“, „Verblendfrakturen“ und „Wurzelkanal-behandlungen“ innerhalb der zweijährigen Gewährleistungszeit lagen.

Komplikationen	Median	Interquartilsabstand (IQR)
Lockerung	2,81	4,98
Dezementierung	2,32	3,36
Erneuerung der Restaurationen	1,80	3,09
Extraktion	3,15	3,06
Fraktur der Pfeilerzähne	1,93	2,36
Pulpitis	0,55	1,77
Sekundärkaries	4,68	3,35
Verblendfraktur	0,97	2,87
Wurzelkanalbehandlung	0,80	3,14

Tab. 7: Schema zur tabellarischen Darstellung der aufgetretenen Ereignisse bei 1323 Restaurationen berechnet in Jahren.

Die Bestimmung von zeitlichen Unterschieden der aufgetretenen Komplikationen zwischen den Brücken- und Kronenkonstruktionen erfolgte mittels eines Mann-Whitney-U-Tests (Tab. 8). Signifikante Unterschiede ( $p < 0,05$ ) zeigten sich bei „Retentionsverlust“ und „Sekundärkaries“. Diese traten signifikant bei Brückenrestaurationen früher auf als bei Kronenrestaurationen.

Komplikationen	Signifikanz (Mann-Whitney-U-Test)
Lockerung	1,000
Dezementierung	0,007
Erneuerung	0,467
Extraktion	0,715
Fraktur	1,000
Pulpitis	0,193
Sekundärkaries	0,039
Verblendfraktur	0,849
Wurzelkanalbehandlung	0,896

Tab. 8: Vergleich der Ereignisse der Kronen und Brücken und deren Signifikanz gemäß Mann-Whitney-U-Test.

Bei den 1323 eingesetzten Kronen und Brücken wurde bei 223 Restaurationen mindestens ein Ereignis dokumentiert. Das entspricht einem Anteil von 17%. An 86% der Kronen und an 77% der Brücken wurden im Beobachtungszeitraum keine Ereignisse oder Wiederherstellungsmaßnahmen erfasst.

Tabelle 9 veranschaulicht die Art und die Anzahl der Ereignisse bei den Restaurationen und den jeweiligen Pfeilerzähnen. Der häufigste Grund für Komplikationen (Ereignisse) war Dezementierung (20,0%). Erneuerung der Restaurationen war die Ursache von 15,9% der Ereignisse. Verblendfrakturen und pulpitische Beschwerden machten demzufolge rund 14,0% der aufgetretenen Komplikationen aus. Davon wurden zehn Kronen und 19 Brücken intraoral repariert. Sekundärkaries trat bei den Pfeilerzähnen in 12,8% und Wurzelkanalbehandlung nach Eingliederung in 9,0% der Fälle auf. Eine Extraktion der Pfeilerzähne war in 6,5% der Fälle der Grund für die

Komplikationen. Pfeilerfrakturen (2,9%) und Lockerung der Zähne (4,6%) kamen am seltensten vor.

Ähnlich wie die Studien von Westermann et al. [19] und Erpenstein et al. [24] wurden in der vorliegenden Studie Erneuerung der Restaurationen und Extraktion der Pfeilerzähne als Funktionsverlust betrachtet. Diese machten 22,4% aller Komplikationen aus und hatten einen Anteil von 8,8% bezogen auf alle Restaurationen.

Pfeilerzähne (n=1775) Restaurationen (n=1323)	Anzahl der Komplikationen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Rel. Häufigkeit der Ereignisse an der Gesamtanzahl der Zähne [%]	Anzahl der Restaurationen	Rel. Häufigkeit der Ereignisse an der Gesamtanzahl der Restaurationen [%]
Dezementierung	104	20,0	5,8	104	7,9
Verblendabplatzung	76	14,5	4,3	76	5,7
Erneuerung der Restauration	83	15,9	4,7	83	6,3
Sekundärkaries	67	12,8	3,8	63	4,8
Pulpitische Beschwerden	72	13,8	4,0	65	4,9
Wurzelkanalbehandlung	47	9,0	2,6	47	3,5
Fraktur der Pfeilerzähne	15	2,9	0,8	15	0,8
Extraktion	34	6,5	1,9	32	2,4
Lockerung	24	4,6	1,3	21	1,6
Gesamtanzahl der Ereignisse	522	100		506	

Tab. 9: Art und Anzahl der Komplikationen der Restaurationen und Pfeilerzähne.

## 7.2.2 Risikoanalyse der Kronen

Die folgenden Tabellen stellen den Anteil der Ereignisse an der Gesamtanzahl der Restaurationen und die Verhältnisse zwischen den verschiedenen Parametern dar.

### 7.2.2.1 Dezementierung der Kronen (Retentionsverlust)

- Dezementierung in Abhängigkeit von den verwendeten Befestigungsmaterialien

758 (79,8%) Kronen wurden mit Ketac Cem und 117 (12,2%) mit RelyX Unicem eingesetzt (Tab. 10). In dem Beobachtungszeitraum lösten sich 5,9% der mit Ketac Cem eingesetzten Kronen und 6,8% der mit RelyX Unicem eingesetzten Kronen vom Stumpf. Bei der Beobachtung dieser zwei am häufigsten verwendeten Befestigungsmaterialien (Ketac Cem und RelyX Unicem) konnten im exakten Test nach Fisher ( $p= 0,6778$ ) keine signifikant unterschiedlichen Resultate festgestellt werden. Der Unterschied zwischen Ketac Cem und den restlichen Befestigungsmaterialien ( $p= 0,6168$ ; exakter Test nach Fisher) war statistisch nicht signifikant. Das gleiche Ergebnis wurde für RelyX Unicem festgestellt ( $p= 0,6813$ ; exakter Test nach Fisher).

Die relative Häufigkeit der dezementierten Kronen an der Gesamtanzahl der eingesetzten Kronen mit jeweiligem Material betrug bei Harvard Zement 5,9% und bei Variolink II 13,3%. Die eingesetzten Kronen mit Durelon und Panavia F 2.0 standen laut der Dokumentation noch in Funktion. Es ergab im exakten Test nach Fisher keine signifikanten Unterschiede zwischen diesen einzelnen Materialien und den anderen Befestigungsmaterialien. Bei der adhäsiven Befestigung der Kronen wurde auch kein signifikanter Unterschied zwischen Variolink II und Panavia F 2.0 ( $p= 1,0000$ ) in Bezug auf die Dezementierung festgestellt.

Material	Eingesetzte Kronen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Dezementierte Kronen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl der eingesetzten Kronen mit dem Material [%]
Ketac Cem	758	79,8	45	5,9
RelyX Unicem	117	12,3	8	6,8
Harvard Zement	51	5,4	3	5,9
Durelon	4	0,4	0	0
Variolink II	15	1,6	2	13,3
Panavia F 2.0	5	0,5	0	0
Gesamt	950	100	58	6,1

Tab. 10: Anzahl der eingesetzten und dezementierten Kronen eingeteilt nach Befestigungsmaterial.

### 7.2.2.2 Verblendfraktur der Kronen

- Verblendfraktur in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien und der Verblendungsart

Von 950 eingesetzten Kronen waren insgesamt 760 Kronen mit Keramik verblendet. 644 Kronen (84,7%) wurden vollverblendet und 116 Kronen (15,3%) nur vestibulär verblendet. Die restlichen 140 Kronen waren nicht verblendet. Bei 40 Kronen wurden Keramikabplatzungen festgestellt. Dabei waren 37 von 40 Kronen vollverblendet und nur drei vestibulär verblendet. 16 Kronen wiesen ein Edelmetall-, 15 ein Zirkoniumdioxid-, zwei ein Lithiumdisilikat- und sieben ein Nichtedelmetall-Gerüst auf (Tab. 11).

Die Vollkeramikronen aus Lithiumdisilikat zeigten signifikant weniger Verblendabplatzungen als die Vollkeramikronen aus Zirkoniumdioxid-Gerüst ( $p=0.0007$ ; exakter Test nach Fisher). Ähnlich lieferten die VMK-Kronen mit einem Edelmetall-Gerüst signifikant weniger Verblendabplatzungen als die mit einem Nichtedelmetall-Gerüst ( $p=0.0053$ ; exakter Test nach Fisher).

Der Unterschied zwischen vollkeramischen und metallkeramischen Kronen (VMK) war in Bezug auf Verblendfrakturen statistisch signifikant. Das bedeutet,

dass die vollkeramischen Kronen signifikant mehr Verblendfrakturen als die metallkeramischen Kronen ( $p=0.0001$ ; exakter Test nach Fisher) aufwiesen.

Die teilverblendeten Restaurationen bestanden ausschließlich aus VMK Kronen mit Edelmetall- (52,6%) und Nichtedelmetall-Gerüst (47,4%). Zwischen diesen beiden Materialien zeigte sich in Bezug auf Keramikabplatzungen kein signifikanter Unterschied ( $p= 1,0000$ ; exakter Test nach Fisher).

Der Unterschied der Verblendfraktur in Abhängigkeit von der Verblendungsart (voll- oder teilverblendet) zeigte sich als nicht signifikant ( $p= 0,2550$ ; exakter Test nach Fisher).

Verblendungsart	Anzahl der Kronen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Abgeplatzte Verblendungen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
<b><u>Vollverblendet</u></b>	<b><u>644</u></b>	<b><u>84,7</u></b>	<b><u>37</u></b>	<b><u>5,7</u></b>
IPS-e.max Press	36	5,6	2	5,5
IPS- e.max CAD	10	1,6	0	0
Zirkoniumdioxid/e.max	39	6,1	15	38,5
VMK (EM-Gerüst)	502	78,0	16	3,2
VMK (NEM-Gerüst)	57	8,9	7	12,2
<b><u>Teilverblendet</u></b>	<b><u>116</u></b>	<b><u>15,3</u></b>	<b><u>3</u></b>	<b><u>2,6</u></b>
VMK (EM-Gerüst)	61	52,6	2	3,3
VMK (NEM-Gerüst)	55	47,4	1	1,8
Gesamt	760	100	40	

Tab. 11: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach Verblendungsart.

- Verblendfraktur in Abhängigkeit von der craniomandibulären Dysfunktion (CMD) und dem Bruxismus

Bei den Patienten mit CMD-Beschwerden kam es bei acht Kronen (12,1%) zu Verblendfrakturen. Bei den Patienten mit Bruxismus zeigten 26 Kronen Frakturen (27,1%). Bei den Patienten ohne CMD und Bruxismus waren 6 Kronen von Verblendabplatzungen betroffen (Tab. 12).

CMD/Bruxismus	Anzahl der Kronen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Abgeplatzte Verblendungen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
CMD	66	13,0	8	12,1
Bruxismus	96	18,9	26	27,1
Kein CMD/Bruxismus	346	68,1	6	1,7
Gesamt	508	100	40	

Tab. 12: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach CMD/Bruxismus.

Die Tabelle 13 zeigt, dass bei den Patienten ohne CMD und Bruxismus signifikant weniger Frakturen in der Keramikverblendung auftraten als bei den Patienten mit CMD und Bruxismus.

	P values (exakter Test nach Fisher)
CMD $\leftrightarrow$ Kein CMD/Bruxismus	0,0004
Bruxismus $\leftrightarrow$ Kein CMD/Bruxismus	0,0001

Tab. 13: Zusammenhang zwischen CMD/ Bruxismus und Verblendfraktur.

### 7.2.2.3 Erneuerung der Kronen

- Erneuerung in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien

Von Insgesamt 950 Kronen wurden 45 erneuert, darunter vier Vollkeramikronen (n=91), 32 VMK-Kronen (n=679) und neun Vollgusskronen (n=180) (Tab. 14).

Material	Anzahl der Kronen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der erneuerten Kronen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
<b><u>Vollkeramik</u></b>	<b><u>91</u></b>	<b><u>9,6</u></b>	<b><u>4</u></b>	<b><u>4,4</u></b>
IPS-e.max Press	42	46,2	1	2,4
IPS- e.max CAD	10	11,0	0	0
Zirkoniumdioxid/e.max	39	42,9	3	7,7
<b><u>VMK</u></b>	<b><u>679</u></b>	<b><u>71,5</u></b>	<b><u>32</u></b>	<b><u>4,7</u></b>
VMK (EM-Gerüst)	563	82,9	24	4,3
VMK (NEM-Gerüst)	116	17,1	8	6,9
<b><u>Vollguss</u></b>	<b><u>180</u></b>	<b><u>18,9</u></b>	<b><u>9</u></b>	<b><u>5,0</u></b>
EM-Gerüst	137	76,1	6	4,4
NEM-Gerüst	43	23,9	3	7,0
Gesamt	950	100	45	

Tab. 14: Anzahl der erneuerten Kronen eingeteilt nach Kronenmaterial.

In Bezug auf die Erneuerung der Kronen gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen Vollkeramik-, VMK- und Vollgusskronen.

Bei den erneuerten Kronen war der Unterschied zwischen den Lithiumdisilikat- und den Zirkoniumdioxid-Kronen nicht signifikant ( $p=0.3099$ ; exakter Test nach Fisher). Ähnlich war zwischen VMK-Kronen mit EM- und NEM-Gerüst ( $p=0.2295$ ; exakter Test nach Fisher), sowie die Vollgusskronen mit EM- und NEM-Gerüst ( $p=0.4478$ ; exakter Test nach Fisher) kein signifikanter Unterschied nachzuweisen.

- Erneuerung in Abhängigkeit vom Mundhygienestatus

Die von Studierenden ausgefüllten Befundbögen lieferten Informationen über den Mundhygienestatus der Patienten. 108 Patienten (21%) hatten eine sehr gute und 122 Patienten (24%) eine gute Mundhygiene. Etwa die Hälfte der Patienten (49%) hatte zum Zeitpunkt des Behandlungsbeginns eine befriedigende Mundhygiene. Nur bei 6% der Patienten (29) wurde eine schlechte Mundhygiene festgestellt (Tab. 15).

Mundhygienestatus	Anzahl der Probanden	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der erneuerten Kronen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Sehr gut	108	21,3	5	4,6
Gut	122	24,0	9	7,4
Befriedigend	249	49,0	23	9,2
schlecht	29	5,7	8	27,6
Gesamt	508	100	45	

Tab. 15: Anzahl der erneuerten Kronen eingeteilt nach Mundhygienestatus.

Ein statistisch signifikanter Unterschied wurde zwischen den Patienten mit einer sehr guten und guten Mundhygiene nicht festgestellt ( $p=0.4220$ ; exakter Test nach Fisher). Der Unterschied zwischen den Patienten mit einem sehr guten und einem befriedigenden Mundhygienestatus war ebenfalls nicht

signifikant ( $p=0.1973$ ; exakter Test nach Fisher). Im Gegensatz dazu wurden die Kronen signifikant häufiger bei den Patienten mit einem schlechten Mundhygienestatus erneuert als bei denen mit einem sehr guten ( $p=0.0010$ ; exakter Test nach Fisher), guten ( $p=0.0052$ ) und befriedigenden Mundhygienestatus ( $p=0.0078$ ; exakter Test nach Fisher).

Beim Vergleich der Gruppen mit einem guten und einem befriedigenden Mundhygienestatus lag die Wahrscheinlichkeit  $p$  bei 0.6944 und war somit nicht signifikant.

### **7.2.3 Risikoanalyse der Brücken**

Im Folgenden sind wie bei den Kronen-Restaurationen die statistischen Tabellen mit der Häufigkeitsverteilung der einzelnen Parameter abgebildet.

#### **7.2.3.1 Dezementierung der Brücken (Retentionsverlust)**

- Dezementierung in Abhängigkeit von den verwendeten Befestigungsmaterialien

Von insgesamt 373 Brücken wurde der größte Anteil (82,6%) mit Ketac Cem, 7,8% mit RelyX Unicem und 7,2% mit Harvard Zement eingesetzt. Nur ein geringer Anteil von Brücken wurde mit Durelon (0,8%), Variolink II (0,3%) und Panavia F 2.0 (1,3%) befestigt (Tab. 16).

Der Vergleich zwischen Ketac Cem und den restlichen Befestigungsmaterialien ergab einen signifikanten Unterschied zwischen Ketac Cem und Harvard Zement ( $p=0,0001$ ; exakter Test nach Fisher). Der Unterschied zwischen RelyX Unicem und Harvard Zement ( $p=0.0001$ ) war ebenfalls signifikant. Das bedeutet, dass bei den eingesetzten Brücken mit Harvard Zement häufiger Retentionsverluste auftraten als bei den eingesetzten Brücken mit RelyX Unicem und Ketac Cem.

Material	Eingesetzte Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Dezementierte Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl der eingesetzten Brücken mit dem Material [%]
Ketac Cem	308	82,6	31	10,1
RelyX Unicem	29	7,8	1	3,4
Harvard-Zement	27	7,2	13	48,0
Durelon	3	0,8	1	33,3
Variolink II	1	0,3	0	0
Panavia F 2.0	5	1,3	0	0
Gesamt	373	100	46	

Tab. 16: Anzahl der dezementierten und eingesetzten Brücken eingeteilt nach dem verwendeten Befestigungsmaterial.

Im Gegensatz dazu stellte Harvard Zement keinen signifikanten Unterschied zu Durelon dar ( $p=1,0000$ ; exakter Test nach Fisher). Allerdings war in der vorliegenden Studie die Stichprobe zu klein.

Die mit Variolink II und Panavia F 2.0 eingesetzten Brücken standen im Beobachtungszeitraum noch in Funktion. Dementsprechend war kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden adhäsiven Befestigungsmaterialien nachweisbar.

### 7.2.3.2 Verblendfraktur der Brücken

- Verblendfraktur in Abhängigkeit von den verwendeten Materialien und der Verblendungsart

Von insgesamt 373 befestigten Brücken waren 351 teil- bzw. vollverblendet. Bei 36 der mit Keramik verblendeten Brücken wurde eine Verblendabplatzung dokumentiert. Davon waren 28 voll- und acht vestibulär verblendet (Tab. 17).

Es stellt sich die Frage, ob zwischen dem Restaurationsmaterial und der Verblendfraktur ein Zusammenhang besteht. Zur Überprüfung wurde bei den vollverblendeten Gruppen (Vollkeramik $\leftrightarrow$ VMK, Zirkoniumdioxid $\leftrightarrow$ EM,

Zirkoniumdioxid<->NEM, EM<->NEM) ein exakter Test nach Fisher durchgeführt. Es konnte statistisch kein signifikanter Zusammenhang zwischen den verschiedenen Materialien und dem Chipping in der Verblendung ( $p > 0,05$ ) nachgewiesen werden. Ebenfalls zeigte sich bei vestibulär- bzw. gemischt-verblendeten Restaurationen kein signifikanter Unterschied zwischen Edelmetall- und Nichtedelmetall-Gerüsten ( $p=1.0000$ ; exakter Test nach Fisher).

Material	Anzahl der Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Abgeplatzte Verblendungen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
<b><u>Vollverblendet</u></b>	<b><u>230</u></b>	<b><u>65,5</u></b>	<b><u>28</u></b>	<b><u>12,1</u></b>
Zirkoniumdioxid (verblendet mit e.max)	8	3,5	3	37,5
VMK (EM-Gerüst)	198	86,1	21	10,6
VMK (NEM-Gerüst)	24	10,4	4	16,7
<b><u>Vestibulär-/gemischt-verblendet</u></b>	<b><u>121</u></b>	<b><u>34,5</u></b>	<b><u>8</u></b>	<b><u>6,6</u></b>
VMK (EM-Gerüst)	92	76,0	6	6,5
VMK (NEM-Gerüst)	29	24,0	2	6,9
Gesamt	351	100	36	

Tab. 17: Anzahl der abgeplatzten Verblendungen eingeteilt nach Verblendungsart.

Mit einer Wahrscheinlichkeit von  $p= 0,1378$  im Fisher-Test konnte bei der Verblendungsart kein signifikanter Unterschied zwischen den vollverblendeten und den teilverblendeten Restaurationen ermittelt werden (Tab. 18).

Verblendungsart	Anzahl der Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Abgeplatzte Verblendungen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Vollverblendet	230	65,6	28	12,2
Teilverblendet	121	34,4	8	6,6
Gesamt	351	100	36	

Tab. 18: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach Verblendungsart.

- Verblendfraktur in Abhängigkeit von der craniomandibulären Dysfunktion (CMD) und dem Bruxismus

Insgesamt gab es 21 Verblendfrakturen bei den Patienten mit CMD (12 Fälle) oder Bruxismus (9 Fälle). Bei den Patienten ohne CMD und Bruxismus wurden 15 Keramikfrakturen dokumentiert (Tab. 19).

CMD/Bruxismus	Anzahl der Probanden	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Abgeplatzte Verblendungen	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
CMD	66	13	12	18,2
Bruxismus	96	19	9	9,4
Kein CMD/Bruxismus	346	68	15	4,3
Gesamt	508	100	36	

Tab. 19: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach CMD/Bruxismus.

Zur Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen den Risikofaktoren „CMD und Bruxismus“ und dem Ereignis „Verblendfraktur“ wurde ein exakter Test nach Fisher durchgeführt. Wie man der Tabelle 20 entnehmen kann, lag die exakte Signifikanz in der Gruppe CMD <-> kein CMD/Bruxismus bei  $p=0,0003$  und war damit signifikant. In diesem Fall konnte ein Zusammenhang zwischen CMD und Keramikabplatzung gezeigt werden.

	P values
CMD ↔ Kein CMD/Bruxismus	0,0003
Bruxismus ↔ Kein CMD/Bruxismus	0,0719

Tab. 20: Zusammenhang zwischen CMD/ Bruxismus und Verblendabplatzungen.

### 7.2.3.3 Erneuerung der Brücken

- Erneuerung in Abhängigkeit von den Materialien

Von insgesamt 373 Brücken wurden 38 im Beobachtungszeitraum erneuert. Beim Vergleich der dokumentierten Materialien (Tab. 21) bestand im exakten Test nach Fisher in Bezug auf die Erneuerung der Brücken kein signifikanter Unterschied zwischen Vollkeramik- und VMK-Brücken ( $p=0.1670$ ), sowie Vollkeramik- und Vollguss-Brücken. Im Gegensatz dazu gab es einen signifikanten Unterschied zwischen VMK- und Vollgussbrücken ( $p=0.0444$ ). Es wurden häufiger Vollguss-Brücken erneuert als VMK-Brücken. Es konnte jedoch bei metallkeramischen und Vollguss-Brücken kein signifikanter Unterschied zwischen Edelmetall- und Nichtedelmetall-Gerüsten festgestellt werden.

Material	Anzahl der Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der erneuerten Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
<b><u>Vollkeramik</u></b>	<b><u>8</u></b>	<b><u>2</u></b>	<b><u>2</u></b>	<b><u>25</u></b>
Zirkoniumdioxid (verblendet mit e.max)	8	2	2	25
<b><u>VMK</u></b>	<b><u>344</u></b>	<b><u>92</u></b>	<b><u>31</u></b>	<b><u>9,0</u></b>
VMK (EM-Gerüst)	292	84,9	23	7,9
VMK (NEM-Gerüst)	52	14,8	8	15,7
<b><u>Vollguss</u></b>	<b><u>21</u></b>	<b><u>6</u></b>	<b><u>5</u></b>	<b><u>23,8</u></b>
EM-Gerüst	13	61,9	2	15,4
NEM-Gerüst	8	38,1	3	37,5
Gesamt	373	100	38	

Tab. 21: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Brückenmaterialien.

- Erneuerung in Abhängigkeit von der Anzahl der Pfeilerzähne

Von 298 Brücken mit zwei Pfeilerzähnen wurden 20 erneuert. 13 Fälle von 64 Brücken mit drei Pfeilerzähnen und fünf Fälle mit vier Pfeilerzähnen wurden auch neu angefertigt (Tab. 22).

Die Brücken mit zwei Pfeilerzähnen wurden signifikant seltener erneuert als die Brücken mit drei ( $p=0.0028$ ; exakter Test nach Fisher) und vier ( $p=0.0005$ ; exakter Test nach Fisher) Pfeilerzähnen. Dagegen gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den Brücken mit drei und vier Pfeilerzähnen ( $p=0.0564$ ; exakter Test nach Fisher).

Anzahl der Pfeilerzähne	Anzahl der Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der erneuerten Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Ein-Pfeilerzahn	1	0,3	0	0
Zwei Pfeilerzähne	298	80	20	6,7
Drei Pfeilerzähne	64	17	13	20,3
Vier Pfeilerzähne	10	2,7	5	50
Gesamt	373	100	38	

Tab. 22: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Pfeileranzahl.

- Erneuerung in Abhängigkeit von der Brückenlänge

Von 243 der dreigliedrigen Brückenkonstruktionen war eine Neuanfertigung bei 17 Fällen notwendig. Bei viergliedrigen Brücken waren es 17 Fälle und bei  $\geq 5$ -gliedrigen 14 Fälle (Tab. 23). In Bezug auf die Erneuerung der Brückenkonstruktionen ergab die statistische Auswertung keinen signifikanten Unterschied zwischen drei- und viergliedrigen Brücken ( $p=0.4643$ ). Dagegen wurden signifikant häufiger vier- ( $p=0.0156$ ; exakter Test nach Fisher) und  $\geq 5$ -gliedrige ( $p=0.0002$ ; exakter Test nach Fisher) Brücken erneuert als dreigliedrige.

Größe der Brücke	Anzahl der Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der erneuerten Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
2-gliedrig	1	0,3	0	0
3-gliedrig	243	65,1	17	7,0
4-gliedrig	75	20,1	7	9,3
≥5-gliedrig	54	14,5	14	26,0
Gesamt	373	100	38	

Tab. 23: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach der Brückenlänge.

- Erneuerung in Abhängigkeit von der Art der Brücke

Von Insgesamt 373 Brücken waren 89% einspannig, sieben Prozent waren mehrspannig. Extensionsbrücken (Freiendbrücken) machten einen Anteil von vier Prozent aus (Tab. 24). Nur der Unterschied zwischen Extensions- und einspannigen Brücken war statistisch signifikant. Die Extensionsbrücken wurden deutlich häufiger erneuert als die einspannigen Brücken ( $p=0.0437$ ; exakter Test nach Fisher). Es bestand jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen einspannigen und mehrspannigen ( $p=0.0867$ ), sowie Extensions- und mehrspannigen Brücken ( $p=0.7010$ ).

Größe der Brücke	Anzahl der Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der erneuerten Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Einspannig	332	89	29	8,7
mehrspannig	26	7	5	19,2
Extensionsbrücke	15	4	4	26,7
Gesamt	373	100	38	

Tab. 24: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach der Art der Brücken.

- Erneuerung in Abhängigkeit vom Mundhygienestatus

Von insgesamt 38 erneuerten Brücken wurden vier bei den Patienten mit einer sehr guten, 14 mit einer guten, 15 mit einer befriedigenden und fünf mit einer schlechten Mundhygiene neuangefertigt (Tab. 25).

Die Wahrscheinlichkeit im exakten Test nach Fisher zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Probanden mit einem sehr guten und guten

( $p=0.6011$ ), sowie befriedigenden und schlechten ( $p=0.5423$ ) Mundhygienestatus. Jedoch wurden die Brücken signifikant seltener bei den Patienten mit einem sehr guten und guten Mundhygienestatus erneuert als bei denen mit einem befriedigenden und schlechten Mundhygienestatus.

Mundhygienestatus	Anzahl der Probanden	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der erneuerten Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Sehr gut	108	21	4	3,7
Gut	249	49	14	5,6
befriedigend	122	24	15	12,3
schlecht	29	6	5	17,2
Gesamt	508	100	38	

Tab. 25: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Mundhygienestatus.

#### 7.2.4 Risikoanalyse der Pfeilerzähne

Insgesamt traten 259 Ereignisse bei 1775 Pfeilerzähnen auf (Tab. 26):

Pfeilerzähne (n=1775)	Anzahl der Ereignisse	Rel. Häufigkeit [%]	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Sekundärkaries	67	25,9	3,8
Pulpitische Beschwerden	72	27,8	4,1
Wurzelkanalbehandlung	47	18,1	2,6
Fraktur der Pfeilerzähne	15	5,8	0,8
Extraktion	34	13,1	1,9
Beweglichkeitsgrad $\geq$ II	24	9,3	1,4
Gesamt:	259	100	

Tab. 26: Anzahl der Ereignisse bei den restaurierten Pfeilerzähnen.

Die Ereignisse „pulpitische Beschwerden“ und „Sekundärkaries“ mit 67 (25,9%) und 72 (27,8%) Fällen waren die am häufigsten erfassten Komplikationen an den Pfeilerzähnen. Bei 29 von 72 Zähnen mit Schmerzen wurde röntgenologisch eine apikale Aufhellung festgestellt. Insgesamt wurden 47 Zähne nach Eingliederung der Restauration wurzelkanalbehandelt. 15 Zähne sind nach der Versorgung vertikal oder horizontal abgebrochen.

Extraktionen der Pfeilerzähne (34 Fälle) nahmen einen Anteil von 13,1% der Ereignisse an. Bei 24 Zähnen (9,3%) wurde ein erhöhter Beweglichkeitsgrad (Grad  $\geq$  II) diagnostiziert.

Die Tabellen 27 und 28 veranschaulichen die aufgetretenen Komplikationen bei Pfeilerzähnen eingeteilt in Kronen und Brücken. In Abhängigkeit von der Restaurationsart zeigte sich im exakten Test nach Fisher kein signifikanter Unterschied zwischen den Kronen- und Brückenrestorationen ( $p=0.4785$ ).

Pfeilerzähne (n=950)	Anzahl der Maßnahmen	Rel. Häufigkeit [%]	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Pulpitische Beschwerden	38	22,4	4
Wurzelkanalbehandlung	30	17,6	1,6
Sekundärkaries	50	29,4	5,3
Fraktur	11	6,5	1,2
Extraktion	25	14,7	2,6
Lockerung (Beweglichkeitsgrad $\geq$ II)	16	9,4	1,7
Gesamt:	170	100	

Tab. 27: Ereignisse bezogen auf die nachuntersuchten Kronen.

Pfeilerzähne (n= 825)	Anzahl der Maßnahmen	Rel. Häufigkeit [%]	Anzahl der Brücken	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Pulpitische Beschwerden	34	36	27	4
Wurzelkanalbehandlung	17	18	17	2,1
Sekundärkaries	17	18	13	2,1
Fraktur	3	3	3	0,4
Pfeiler–Stift–Fraktur	1	1	1	0.1
Extraktion	9	10	7	1,1
Lockerung (Beweglichkeitsgrad $\geq$ II)	8	5	5	
Gesamt:	89	100	73	

Tab. 28: Ereignisse bezogen auf die nachuntersuchten Brücken.

Mit Hilfe vom exakten Test nach Fisher wurden die Unterschiede der einzelnen aufgetretenen Komplikationen zwischen den Brücken- und

Kronenkonstruktionen analysiert (Tab. 29). Diese Ergebnisse erwiesen sich jedoch, bis auf die pulpitischen Beschwerden der Pfeilerzähne ( $p=0.0227$ ), als nicht signifikant. Das heißt, die pulpitischen Beschwerden traten häufiger bei den Pfeilerzähnen der Brücken auf, als bei den Pfeilerzähnen der Kronen.

	<b>Signifikanz (exakter Test nach Fisher)</b>
Pulpitische Beschwerden	<b>0.0227</b>
Wurzelkanalbehandlung	0.2473
Sekundärkaries	0.1977
Fraktur	1.0000
Extraktion	0.5514
Lockerung (Beweglichkeitsgrad $\geq$ II)	0.8089

Tab. 29: Unterschied zwischen Brücken und Kronen in Bezug auf Komplikationen.

#### 7.2.4.1 Sekundärkaries

- Sekundärkaries in Abhängigkeit vom Mundhygienestatus

Um festzustellen, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Zähnen mit Sekundärkaries und dem Mundhygienestatus der Patienten besteht, wurde der exakte Test nach Fisher durchgeführt.

Mundhygienestatus	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der Pfeilerzähne mit Sekundärkaries	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Sehr gut	108	21,3	8	7,4
Gut	249	49,0	30	12,0
Befriedigend	122	24,0	19	15,6
schlecht	29	5,7	10	34,5
Gesamt	508	100	67	

Tab. 30: Anzahl der Zähne mit Sekundärkaries eingeteilt nach Mundhygienestatus der Patienten.

Es konnte kein signifikanter Einfluss bezüglich der Sekundärkaries zwischen den Probanden mit einem sehr guten und guten ( $p=0.2618$ ), sehr guten und befriedigenden ( $p=0.0655$ ) und guten und befriedigenden ( $p=0.41$ ) Mundhygienestatus nachgewiesen werden.

Dagegen zeigten die Patienten mit einem schlechten Mundhygienestatus im Beobachtungszeitraum signifikant häufiger Sekundärkaries als die mit einem sehr guten (0.0006; exakter Test nach Fisher), guten (0.0033; exakter Test nach Fisher) und sogar befriedigenden (0.0333; exakter Test nach Fisher) Mundhygienestatus (Tab. 30).

- Sekundärkaries in Abhängigkeit vom Geschlecht

Bei Männern waren 38 Zähne von Karies betroffen und bei Frauen 29 Zähne.

Beim Vergleich des Geschlechtes der Patienten bestand kein signifikanter

Unterschied zwischen den beiden Gruppen (Tab. 31).

Geschlecht	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der Pfeilerzähne mit Sekundärkaries	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Männer	797	44,9	38	4,8
Frauen	978	55,1	29	3,0
Gesamt	1775	100	67	

Tab. 31: Anzahl der Zähne mit Sekundärkaries eingeteilt nach Geschlecht der Patienten.

- Sekundärkaries in Abhängigkeit von den verwendeten Befestigungsmaterialien

Bei der Gegenüberstellung von Befestigungsmaterialien und Sekundärkaries (Tab. 32) zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den zwei gängigen Befestigungsmaterialien in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik, Ketac Cem und RelyX Unicem ( $p=0.3942$ ). Die eingesetzten Restaurationen mit Harvard Zement wiesen signifikant häufiger Sekundärkaries auf als diejenigen, die mit Ketac Cem ( $p=0,0004$ ; exakter Test nach Fisher) und RelyX Unicem ( $p= 0,0012$ ; exakter Test nach Fisher) eingesetzt wurden. Es konnte wiederum kein signifikanter Unterschied zwischen Harvard Zement und Durelon ( $p= 0,5974$ ; exakter Test nach Fisher) festgestellt werden.

Bei adhäsiv befestigten Restaurationen wurde keine Sekundärkaries an Pfeilerzähnen dokumentiert. Deshalb war ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden verwendeten adhäsiven Befestigungsmaterialien nicht nachweisbar.

Material	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der Pfeilerzähne mit Sekundärkaries	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Ketac Cem	1430	80,6	50	3,5
RelyX Unicem	191	10,8	4	2,1
Harvard Zement	114	6,4	13	11,4
Durelon	10	0,5	0	0
Variolink II	13	0,7	0	0
Panavia F 2.0	17	1,0	0	0
Gesamt	1775	100	67	

Tab. 32: Anzahl der Zähne mit Sekundärkaries eingeteilt nach Befestigungsmaterialien.

#### 7.2.4.2 Pulpitische Beschwerden

- Pulpitische Beschwerden in Abhängigkeit von der Sensibilität

55 von 72 Zähnen mit Ereignis „pulpitische Beschwerden“ waren zum Zeitpunkt der Eingliederung der Restauration positiv sensibel. Die restlichen 17 Zähne hatten eine negative Sensibilität und waren bereits endodontisch behandelt (Tab. 33).

Sensibilitätszustand	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der Pfeilerzähne mit pulpitischen Beschwerden	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Sensibilität +	1197	67,4	55	4,6
Sensibilität –	578	32,6	17	2,9
Wurzelkanal-behandelt	578	32,6	17	2,9
Gesamt	1775	100	72	

Tab. 33: Anzahl der Zähne mit pulpitischen Beschwerden eingeteilt nach ihrem sensibilitätszustand.

Ein signifikanter Unterschied bestand hier nicht, ob die Zähne zum Zeitpunkt der Eingliederung auf den Sensibilitätstest positiv oder negativ reagierten ( $p=0,1227$ ; exakter Test nach Fisher).

- Pulpitische Beschwerden in Abhängigkeit von der Lockerung (Beweglichkeitsgrad)

Von 72 Zähnen mit Ereignis „pulpitische Beschwerden“ wiesen 51 (70,8%) Lockerungsgrad 0, 16 (22,2%) Lockerungsgrad I und fünf (6,9%) Lockerungsgrad II auf (Tab. 34).

Lockerungsgrad	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der Pfeilerzähne mit pulpitischen Beschwerden	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Grad 0	1543	86,9	51	3,3
Grad I	193	10,9	16	8,3
Grad II	39	2,2	5	12,8
Gesamt	1775	100	72	

Tab. 34: Anzahl der Zähne mit pulpitischen Beschwerden eingeteilt nach dem Lockerungsgrad.

Schmerzen kamen signifikant häufiger in der Gruppe mit Lockerungsgrad II vor als mit Lockerungsgrad 0 ( $p=0,0106$ , exakter Test nach Fisher). Es konnte

jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen den Zähnen mit Lockerungsgrad I und II festgestellt werden ( $p=0.3635$ ).

- *Pulpitische Beschwerden in Abhängigkeit von den Befestigungsmaterialien*

Bei der Gegenüberstellung von Befestigungsmaterialien und Schmerzen (Tab. 35) zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen Ketac Cem und RelyX Unicem ( $p=0.0838$ ; exakter Test nach Fisher). Die Schmerzen kamen in der Gruppe der mit Harvard Zement eingesetzten Restaurationen signifikant häufiger vor als in der Gruppe der mit Ketac Cem eingesetzten Restaurationen ( $p= 0.0001$ ; exakter Test nach Fisher). Ebenfalls zeigten die Pfeilerzähne beim Befestigungsmaterial Durelon, häufiger pulpitisches Beschwerden als bei Ketac Cem ( $p=0.0382$ ; exakter Test nach Fisher).

Material	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der Pfeilerzähne mit pulpitisches Beschwerden	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Ketac Cem	1430	80,6	44	3,1
RelyX Unicem	191	10,8	11	5,8
Harvard Zement	114	6,4	14	12,3
Durelon	10	0,5	2	20
Variolink II	13	0,7	1	7,7
Panavia F 2.0	17	1,0	0	0
Gesamt	1775	100	72	

Tab. 35: Anzahl der Zähne mit pulpitisches Beschwerden eingeteilt nach Befestigungsmaterialien.

- *Pulpitische Beschwerden in Abhängigkeit von der Verwendung des Pfeilerzahnes als Klammerzahn*

Nur drei von 72 Zähnen mit Ereignis „pulpitische Beschwerden“ wurden als Verankerung für herausnehmbare Teilprothesen verwendet. Somit gab es

keinen signifikanten Unterschied zwischen Zähnen mit und ohne Klammer ( $p=0,3640$ ).

### 7.2.4.3 Frakturen

- Frakturen in Abhängigkeit von der Wurzelkanalbehandlung

Die endodontisch behandelten frakturierten Zähne ( $n=8$ ) machten 53,3% von insgesamt 15 frakturierten Zähnen (Tab. 36) aus.

Pfeilerzähne ( $n=1775$ )	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der frakturierten Zähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Sensibilität +	1197	67,4	7	0,6
Endodontisch behandelt	578	32,6	8	1,4
	1775	100	15	

Tab. 36: Anzahl der frakturierten Zähne eingeteilt nach Sensibilitätszustand.

Der Unterschied zwischen den sensiblen und wurzelkanalbehandelten Zähnen in Bezug auf Zahnfrakturen war trotzdem nicht signifikant ( $p=0,0991$ ; exakter Test nach Fisher).

- Frakturen in Abhängigkeit von den Wurzelstiften

Von 578 endodontisch behandelten Zähnen waren zum Zeitpunkt der Eingliederung bereits 380 mit einem Stiftaufbau versorgt. Von acht frakturierten und endodontisch behandelten Zähnen waren fünf Zähne mit Wurzelstiften versorgt (Tab. 37).

Wurzelkanal- behandelte Pfeilerzähne	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der frakturierten Zähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Ohne Wurzelstift	198	34,3	3	1,5
Mit Wurzelstift	380	65,7	5	1,3
	578	100	8	

Tab. 37: Anzahl der frakturierten Zähne eingeteilt nach Wurzelstiftversorgung.

Zwischen den beiden Gruppen (Zähne ohne und mit Wurzelstift) gab es in Bezug auf Frakturen keinen signifikanten Unterschied ( $p=1,0000$ ; exakter Test nach Fisher).

- Frakturen in Abhängigkeit von den Wurzelstiftsystemen

Die verschiedene Anzahl der Stiftsysteme (gegossener Stiftaufbau, Radix-Anker, Glasfaserstift und parapulpärer Stift) und die relative Häufigkeit der frakturierten Zähne wurde in Tabelle 38 zusammengefasst. Zur Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs zwischen den Stiftsystemen und der Fraktur der Zähne wurde der exakte Test nach Fisher durchgeführt. Nur die mit gegossenen Stiftaufbauten versorgten Zähne wiesen signifikant häufiger Frakturen auf als die mit Glasfaserstift versorgten Zähne.

Wurzelstifte	Anzahl der Pfeilerzähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]	Anzahl der frakturierten Zähne	Rel. Häufigkeit an der Gesamtanzahl [%]
Glasfaserstift	290	76,3	2	0,7
Radix Anker	62	16,3	1	1,6
Gegossener Stift	25	6,6	2	8
Parapulpärer Stift	3	0,8	0	0
Gesamt	380	100	5	

Tab. 38: Anzahl der frakturierten Zähne eingeteilt nach der Art der Wurzelkanalstifte.

Von insgesamt 15 frakturierten Zähnen war nur ein Zahn als Verankerung bei einer Modelgussprothese verwendet worden. Somit konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den Pfeilerzähnen mit und ohne Verankerung festgestellt werden ( $P= 0,4773$ ).

#### 7.2.4.4 Extraktion

Die Extraktion eines Pfeilerzahns wurde in der vorliegenden Studie als Totalversagen (Funktionsverlust) definiert. Innerhalb des gesamten

Untersuchungszeitraumes wurden 34 Pfeilerzähne bei 32 Restaurationen extrahiert. Die Pfeileranzahl lag bei einer Gesamtzahl von 1775. Somit belief sich die Extraktionsrate auf 1,9%. Die Sekundärkaries machte 61,8% (21) der Extraktionsgründe aus. Als zweithäufigster Extraktionsgrund war die Lockerung der Pfeilerzähne zu nennen (20,6%; 7). Zu 17,6% (6) wurden die Pfeilerzähne aufgrund von Frakturen extrahiert. Wie die Tabelle 7 zeigt, wurden nicht erhaltungswürdige Pfeilerzähne durchschnittlich nach dem dritten Beobachtungsjahr aus unterschiedlichen Gründen extrahiert.

## **8 Diskussion**

### **8.1 Diskussion der Methodik**

#### **8.1.1 Studiendesign**

Klinische Studien der analytischen Epidemiologie werden in Longitudinalstudien, Fall-Kontroll-Studien und Querschnittstudien eingeteilt [141-144]. Die Studien werden weiter in retrospektive und prospektive Studien eingeteilt. Um die Lebenserwartung einer Restauration zu evaluieren, können retrospektive Langzeitstudien durchgeführt werden. Bei diesen Studien werden die Parameter und die Kollektivgröße vorbestimmt. Dabei unterscheidet man Querschnittstudien von Longitudinalstudien. Während bei einer Querschnittstudie die Restauration nach einer bestimmten Tragedauer nachuntersucht wird, werden diese bei einer Longitudinalstudien über einen längeren Zeitraum beobachtet. Anhand der Querschnittsstudien können die Zusammenhänge zwischen Variablen bestimmt werden, jedoch ohne zeitliche Entwicklung. Im Gegensatz dazu können die retrospektiven Langzeitstudien zeitliche Entwicklungen und daraus wichtige Erkenntnisse wiedergeben [145, 146], allerdings ohne kausale Schlussfolgerungen [147]. Diese können anhand prospektiver Studien festgestellt werden. Bei diesen Untersuchungen wird eine Untersuchungsgruppe mit einer Kontrollgruppe verglichen. Dadurch können die definierten Parameter als Ursache von Veränderungen evaluiert werden [147].

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive klinische Studie. Die Restaurationen und ihre Pfeilerzähne (Kohorte) wurden retrospektiv (rückblickend) verfolgt und auftretende Ereignisse erfasst. Retrospektive Studien sind ohne hohe Kosten durchführbar. Jedoch können sie zeitaufwendig

sein. Bei solchen Studien können kausale Zusammenhänge zwischen verschiedenen Parametern aufgedeckt werden [148]. Retrospektive Langzeitstudien aus Kliniken und Praxen basierend auf Karteikartendokumentationen können einen beinahe vollständigen Überblick über die Verweildauer der Restaurationen liefern [2].

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie könnten zum einen durch verschiedene Faktoren wie die Entscheidungen der betreuenden Assistenz-Zahnärzte, Behandlungskompetenz der Studierenden, Qualität der zahntechnischen Labore oder die individuelle Ausgangssituation der Patienten selbst beeinflusst werden. Zum anderen wurden alle Studienteilnehmer von Studierenden im Rahmen der klinischen Kurse in der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik behandelt, wodurch die Behandlungsabläufe vorgegeben waren und die einzelnen Schritte von Assistenz Zahnärzten und Oberärzten kontrolliert wurden. Aus diesem Grund bestand in dieser Studie eine gewisse Homogenität der Rahmenbedingungen.

Die ausgewerteten Daten wurden aus Patientenakten gewonnen. Deshalb können Unvollständigkeiten der Dokumentationen zu einer Verminderung der Aussagekraft der Studie führen. Daher sind eine vollständige Karteikartendokumentation und eine korrekte Erfassung der Daten notwendig, um die möglichen Fehlerquellen zu vermeiden. Analog, wie bei der vorliegenden Studie wurde die Datenerfassung in der Studie von *Westermann et al.* [19] auch anhand der Patientenakten ohne eine klinische Nachuntersuchung durchgeführt. Die vorliegende Arbeit unterscheidet sich jedoch von einigen anderen klinischen Studien [30, 149]. Bei diesen Studien

wurden die Patienten regelmäßig klinisch nachuntersucht. Durch die regelmäßigen klinischen Nachuntersuchungen können die aufgetretenen Komplikationen, die Zusammenhänge und der Zustand des Zahnersatzes besser evaluiert werden. Zum Beispiel kann ein Zahn aus unterschiedlichen Gründen extrahiert worden sein. Eine auftretende apikale Parodontitis infolge einer nicht erfolgreichen endodontischen Behandlung, Lockerungen aufgrund ungünstiger Belastung durch Verankerungselemente oder Karies können die Gründe einer Extraktion sein. Die Restaurationen werden zum Teil bei sichtbaren Goldrändern oder Verblendungsverfärbungen im Frontzahnbereich aus ästhetischen Gründen erneuert. Weiterhin kommt es manchmal aufgrund einer neuen Zahnersatzplanung zur Neuanfertigung der Konstruktionen. Wird beispielsweise der Nachbarzahn extrahiert, so kann infolgedessen auch der Pfeilerzahn als Brückenpfeiler neu überkront werden. Die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Variablen können somit nicht ohne regelmäßige Nachkontrolle festgestellt werden.

In der vorliegenden Studie erfolgte die statistische Auswertung mit SPSS-Statistik-Programm (Version 23). Jede eingegliederte Restauration wurde als eine statistische Einheit berücksichtigt.

Die Ereignisdaten wurden analysiert, um die möglichen Zusammenhänge zwischen den aufgetretenen Ereignissen und den erfassten Parametern zu evaluieren. Da in dieser Studie keine Nachuntersuchung stattfand, wird nicht von einer Überlebenswahrscheinlichkeit, sondern von einer Ereignisrate und in manchen Fällen von einer Misserfolgsrate oder Funktionsverlustrate gesprochen.

### 8.1.2 Patientengut und Restaurationen

Es wurden die Daten von insgesamt 508 Patienten ausgewertet. Zum Zeitpunkt der Eingliederung des Zahnersatzes wies die Altersverteilung der Patienten einen Mittelwert von  $55,46 \pm 13,48$  Jahren auf.

Ähnlich wie die Studie von *de Backer et al.* [30] war die Gruppe zwischen 60 und 70 Jahren am stärksten vertreten (27,5%). Dieses Ergebnis liegt über den Altersangaben in der Literatur. Die meisten Patienten in der Studie von *Leempoel et al.* [28] waren in der Gruppe von 31-50 Jahren eingeordnet. In der Studie von *Kerschbaum et al.* [17, 20] waren die Patienten durchschnittlich 30 Jahre alt. In der vorliegenden Studie nahm die Gruppe  $\leq 30$  Jahre mit fünf Prozent den geringsten Anteil an. Das lässt sich damit begründen, dass sich mehr ältere Patienten in den Studentenkursen der Universitätsklinik behandeln lassen als Berufstätige, da sie zeitlich wesentlich flexibler sind.

In dieser Studie waren 54% weibliche und 46% männliche Patienten vertreten. Auch *de Backer et al.* [30] untersuchten mehr Frauen (62%) als Männer (38%). Ebenso gab es in der Studie von *Leempoel et al.* [28] und *Kerschbaum* [20] mehr weibliche als männliche Patienten. Ein Grund dafür könnte sein, dass Frauen generell aus ästhetischen Gründen und einem stärkeren Gesundheitsbewusstsein früher zum Zahnarzt gehen.

Die Restaurationen wurden im Zeitraum von 2003 bis 2013 an der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik an der Ludwig-Maximilians-Universität im Studentenkurs eingesetzt. Bei manchen Patienten fand eine Nachuntersuchung (Recall) im Rahmen des Studentenkurses statt. Die Restaurationen wurden durchschnittlich 57 Monate beobachtet. Mehrere

Probanden haben mehr als eine Restauration erhalten. Diese Mehrfacheingliederungen wurden in die Datenbank aufgenommen. Ähnlich wurden in der Studie von *Erpenstein et al.* [23] die Patienten mit einer bis sieben eingegliederten Restaurationen untersucht. In der Studie von *de Backer et al.* [30] wurden bis zu fünf Restaurationen je Patient dokumentiert. Das hat allerdings den Nachteil, dass ein Patient mit diagnostizierter CMD und mehreren eingegliederten Kronen die Statistik in Bezug auf Verblendfrakturen negativ beeinflussen könnte.

## **8.2 Diskussion der Ereignisse**

Die Auswahl der Ereignisse fand aus den gewonnenen Informationen im Zuge der Datensammlung statt, da am Anfang der Untersuchung unklar war, welche Ereignisse während der Tragezeit vorkommen würden. Aufgrund der Überschneidung der technischen und biologischen Ursachen, wurden diese bei der vorliegenden Studie anders als im Vergleich zu einigen Studien [16, 25, 29-31] nicht getrennt betrachtet [2]. Eine Sekundärkaries kann als Beispiel durch mangelhafte Mundhygiene (biologische Ursache), durch Mundtrockenheit bei Einnahme bestimmter Medikamente oder Bestrahlung [150], aber auch durch einen schlechten Randschluss der Restauration (technische Ursache) entstanden sein [2, 151]. Es wurden alle ausgewählten aufgetretenen Ereignisse an einem Pfeilerzahn oder einer Restauration während der Tragezeit in dem Beobachtungszeitraum erfasst und ausgewertet.

Es muss beachtet werden, dass ein Ereignis nicht immer als Funktionsverlust beurteilt werden sollte. Eine Restauration kann nach einer erfolgreichen Wurzelkanalbehandlung nach Eingliederung weiterhin in Funktion stehen. Ebenfalls kann eine Krone, wenn die Kronenrandkaries mit Hilfe einer

adhäsiven Füllung beseitigt wird, in situ bleiben. Eine noch „in situ“ verbliebene Restauration kann allerdings nicht immer als vollwertig bezeichnet werden [2]. Als Funktionsverlust (Totalversagen) wurde in dieser Studie die Erneuerung der Restauration und die Extraktion der Pfeilerzähne beachtet.

### **8.3 Diskussion der Ergebnisse**

Der Vorteil dieser Studie lag darin, dass verschiedene umfangreiche Parameter in Bezug auf Patientenmerkmale, Zustand der Pfeilerzähne und Restaurationen erfasst wurden. Die Zusammenhänge zwischen den eingetretenen Ereignissen und den unterschiedlichen Parametern wurde einzeln überprüft.

#### **8.3.1 Dezementierung (Retentionsverlust)**

In der vorliegenden Studie war die häufigste Komplikation (20%) die Dezementierung der Restauration. Dieses Ereignis wird häufig in der Literatur als Hauptursache für Misserfolge angegeben. Die Dezementierungen können auch zu nachfolgender Karies führen [152-157]. Von insgesamt 950 Kronen haben sich 58 (6,1%) und von 373 Brücken 46 (12,3%) im Beobachtungszeitraum vom Stumpf abgelöst. Ähnliche Ergebnisse lieferte *Glyn Jones* [27] (13,7%) und *Walton* [32] (13%). In der Studie von *de Backer et al.* [30] wird von 15,3% und in der Studie von *Näpänkangas et al.* [149] von 6,6% Retentionsverlust berichtet. *Ortorp* [26] errechnete die Häufigkeit eines Retentionsverlustes mit 7%. Wie *Decock* [29] in seiner Untersuchung nachweist, war Retentionsverlust (40%) die häufigste biologische Komplikation, die zur Wiederherstellung der Versorgung führte (ohne Karies = 12 Fälle, mit Karies = 6 Fälle).

In dieser Untersuchung wurde bei Kronen hinsichtlich des Retentionsverlustes kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Befestigungsmaterialien festgestellt. Die relative Häufigkeit der dezementierten Kronen betrug bei dem Befestigungsmaterial Harvard Zement (Zinkoxidphosphatzement) 5,9% und bei RelyX Unicem 6,8%. In der Studie von Ortorp et al. [26] waren es 12,5% und 6,6%. Bei den Brücken hingegen konnte im exakten Test nach Fisher ein signifikanter Unterschied zwischen Ketac Cem und Harvard Zement ( $p=0,0001$ ), sowie zwischen RelyX Unicem und Harvard Zement ( $p=0,0001$ ) nachgewiesen werden. Hieraus ergab sich, dass im Beobachtungszeitraum bei den Brücken, die mit Harvard Zement eingesetzt wurden, signifikant häufiger Retentionsverluste eintraten als bei den Brücken die mit Ketac Cem und RelyX Unicem befestigt waren.

Der Harvard-Zement (Zinkoxidphosphat-Zement) besitzt eine geringe Zugfestigkeit (5-8 MPa). Beim Zementieren der Restauration mit diesem Material entsteht so gut wie kein adhäsiver Verbund mit der Zahnhartsubstanz. Deshalb zeigt dieses Material sehr geringe Haftwerte, wenn dieses auf glatte und polierte Zahnoberflächen verwendet wird. Ketac Cem (Glasionomer-Zement) haftet besser an der Zahnhartsubstanz als Harvard Zement. Jedoch weist dieses Material geringere Haftkräfte auf, als die (selbst)adhäsiven Befestigungszemente [158]. Diese Aussagen konnten durch die dargestellten Ergebnisse bei Brückenkonstruktionen bestätigt werden. Im Vergleich dazu, gab es hinsichtlich der konventionellen und adhäsiven Befestigung keine signifikanten Unterschiede bei der Dezementierung. Die Ursache könnte darin begründet sein, dass bei kurzen und konisch präparierten Stümpfen die adhäsive Befestigung bevorzugt wurde. Das heißt, es bestanden schwierige

Bedingungen für adhäsive Variante.

Im Mann-Whitney-U-Test konnte ein signifikanter Unterschied im Hinblick auf Dezementierung zwischen Kronen und Brücken festgestellt werden. Die Dezementierungen traten signifikant früher bei Brückenrestorationen auf als bei Kronenrestorationen.

In Bezug auf die Dezementierung spielen verschiedene Faktoren, wie die mechanischen Eigenschaften und das Anmischverhältnis der Befestigungsmaterialien sowie der Vorgang der Eingliederung eine Rolle. Zusätzlich muss der Pfeilerzahn so präpariert werden, dass sowohl die abziehenden Kräfte (Retentionsform), als auch die extraaxialen Kräfte (Widerstandsform) nicht zum Retentionsverlust der Restauration führen. Die Retention der Krone erhöht sich mit zunehmendem Stumpfumfang und geringerem Präparationswinkel. Die Widerstandsform wird durch die Stumpfhöhe beeinflusst. Je höher der präparierte Zahn, desto größer wird die Widerstandsform [80, 159].

Da die Behandlung im Studentenkurs stattgefunden hat, könnten die noch geringe klinische Erfahrung der Studierenden beim Präparieren oder auch eine fehlerhafte Trockenlegung des Pfeilerzahnes beim Abformen und bei der Eingliederung der Restauration die Gründe für die hohe Anzahl an Retentionsverlusten sein.

### **8.3.2 Verblendabplatzung und intraorale Reparaturen**

Die Verblendabplatzungen traten in 76 Fällen von insgesamt 522 (14,6%) Ereignissen auf. Von 40 Kronen mit Keramikfrakturen wurden 10 und von 36 Brückenkonstruktionen 19 intraoral repariert.

In der Studie von *de Backer et al.* [30] waren die Restaurationsfraktur und die beeinträchtigte Ästhetik die Ursachen für 18,1% der Misserfolge. Das 10-Jahres Risiko für die Materialfrakturen betrug in der Metaanalyse von *Tan et al.* 3,2%. Die Analyse von *Erpenstein* und *Kerschbaum* [23] ergab 9,45% für Vollkeramikfrakturen. In dieser Studie wurden die Kronenfrakturen mit Lösung des Fragmentes als Kriterium für den Funktionsverlust nach Eingliederung betrachtet. In der Studie von *Kerschbaum* und *Voß* wurde bei 358 metallkeramischen Restaurationen nach einer Beobachtungszeit von 4,5 Jahren von 2,2% Keramikschäden berichtet [160]. Verblendfrakturen nahmen in der Studie von *Ortorp* [26] bei 216 Vollkeramikronen 3% der Komplikationen ein.

In Bezug auf die verwendeten Materialien zeigten in der vorliegenden Studie die verblendeten Vollkeramikronen aus Lithiumdisilikat signifikant weniger Verblendabplatzungen als die verblendeten Vollkeramikronen mit einem Gerüst aus Zirkoniumdioxid. Insgesamt zeigten die vollkeramischen Kronen signifikant häufiger Chippings als die metallkeramischen Kronen. Die Materialauswahl hat bei Brücken im Hinblick auf Verblendabplatzungen keine Rolle gespielt. Es gab ebenfalls bei allen Restaurationen keine signifikanten Unterschiede, ob die Restaurationen vollverblendet oder nur vestibulär verblendet waren.

Die Metaanalyse von *Fehmer et al.* [25] zeigte bei Zirkoniumdioxid-Kronen und -Brücken mehr Verblendfrakturen als bei anderen Keramikarten.

Die Abplatzung der Keramikverblendung auf Metall- oder Keramikgerüst sollte im Zusammenhang mit verschiedenen Parametern beurteilt werden. So kommt es zu einer schnellen Verblendfraktur, wenn die Keramikschulter nicht vom

Gerüst unterschützt wird oder wenn das Gerüst zu dünn, nicht anatofom und die Verblendung zu dick (mehr als 1,5 mm) gestaltet wird. Es entsteht durch ungleichmäßige Schichtstärke der Verblendung Zugspannung in der Verblendung. Außerdem kann es zu einer schnellen Rissbildung und Keramikfrakturen kommen, wenn das Gerüst oder die Verblendung vom Zahntechniker oder vom Behandler ohne Wasserkühlung und mit grobkörnigen Diamanten beschliffen wird [49].

Als weitere Gründe für ein Versagen der Verblendkeramik können auch craniomandibuläre Dysfunktionen (CMD) oder Bruxismus genannt werden [161]. Diese These konnte durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bestätigt werden. Es kam in der Verblendkeramik bei den Patienten mit CMD und Bruxismus signifikant häufiger zu einer Fraktur (Chipping) als bei Patienten ohne CMD und Bruxismus. In der Literatur wird bei vorliegendem Bruxismus ein Verzicht auf die Verblendung im lasttragenden Bereich empfohlen. Ebenfalls sollten monolithische Restaurationen vorgezogen werden, also Restaurationen die aus einem Material ohne separate Verblendung gefertigt werden [161].

### **8.3.3 Erneuerung der Restauration**

Innerhalb der gesamten Beobachtungszeit wurden 83 Restaurationen, davon 45 (4,7%) Kronen und 38 (10,2%) Brücken, erneuert. Dieses Ereignis zählte zur zweithäufigsten aufgetretenen Komplikation (15,9%). *Walton* errechnete [162] bei 515 Restaurationen einen Prozentsatz von 9% Neuanfertigungen. In der Studie von *Erpenstein* et al. [24] wurden bei 12,6% der Pfeilerzähne die Restaurationen (Kronen= 48, Brücken= 119) erneuert.

In Bezug auf die Erneuerung der Kronen konnte in vorliegender Studie kein signifikanter Unterschied zwischen Vollkeramik-, VMK- und Vollguss-Kronen festgestellt werden. Im Vergleich dazu wurden signifikant mehr Vollguss-Brücken erneuert als VMK-Brücken. Die Metaanalyse von *Fehmer* et al. [25] zeigte bei Vollkeramikronen eine ähnliche Überlebensrate wie bei metallkeramischen Einzelkronen (5-Jahres-Überlebensrate von 90,7% bis 96,6%). Im Vergleich dazu lieferten die Brückenrestorationen nach einem Beobachtungszeitraum von mindestens drei Jahren eine höhere Überlebensrate als vollkeramische Brückenrestorationen.

In Abhängigkeit der Pfeileranzahl wurden die Brücken mit drei und vier Pfeilerzähnen signifikant häufiger erneuert als diejenigen mit zwei Pfeilerzähnen. Im Hinblick auf die Brückenlänge kam es bei vier- und  $\geq 5$ -gleiderigen Brücken häufiger zu einer Erneuerung als bei den dreigliedrigen Brücken. Ebenfalls war der Unterschied im exakten Test nach Fisher zwischen einspannigen und Extensionsbrücken statistisch signifikant. Das deutet darauf hin, dass die Extensionsbrücken deutlich häufiger erneuert wurden als die einspannigen Brücken. In der Studie von *Kerschbaum* und *Gaa* [20] wurden keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Spannweite der Brücken festgestellt. In der Studie von *Leempoel* [28] spielten Brückenart und -länge bei der Verweildauer keine Rolle. *Kerschbaum* [20] fand in seiner Studie heraus, dass Pfeileranzahl und Art der Brücke einen Einfluss auf die Tragedauer der Restauration haben. In seiner Studie war das Verlustrisiko bei mehrspannigen Brücken um 50% höher als bei einspannigen Brücken. Endpfeilerbrücken, einspannige Brücken und Brücken im Unterkiefer zeigten günstige Ergebnisse. Extensionsbrücken mit einem Ankerzahn und einem Anhänger wiesen

dagegen die kürzeste Verweildauer auf.

Die Restaurationen wurden in der vorliegenden Studie aus verschiedenen Gründen neuangefertigt. Die Hauptgründe für die Neuanfertigung waren laut Patientenakten Sekundärkaries und Keramikabplatzungen an der Verblendung.

Die Restaurationen wurden auch zum Teil aufgrund der Extraktion der Nachbarzähne und eine dadurch entstehende neue Versorgungssituation erneuert. Ein weiterer Grund war die Unzufriedenheit der Patienten mit Ästhetik der Vollguss- oder Metallkeramik-Restauration und Wunsch nach zahnfarbenen Versorgungen. In der Studie von *Walton* [32] war die Pfeilerfraktur mit 38% der häufigste Grund für die Erneuerung der Restaurationen. Die Komplikation Karies betrug 11%, Retentionsverlust 13% und parodontale Erkrankungen 27%. *Näpänkangas* [149] berichtete von 1% an Erneuerungen der Restaurationen aus ästhetischen Gründen.

#### **8.3.4 Sekundärkaries**

In der vorliegenden Studie kam die Komplikation „Sekundärkaries“ in 67 von 522 der aufgetretenen Fälle (12,8%) vor. Auch hier wurden die Daten anhand der eingetragenen Dokumentationen erfasst. In der Studie von *de Backer et al.* [30] waren die Hauptkomplikationen nach einer Beobachtungszeit von 20 Jahren Karies und Retentionsverlust (61,1%). Sekundärkaries war mit 22,2% (n=24) der Hauptgrund für die Verlustrate. In der Metaanalyse von *Goodacre* [163] war Sekundärkaries das häufigste Ereignis (18%). In der Untersuchung von *Erpenstein et al.* [24] war Karies ebenfalls der Hauptgrund für Restorationsverluste (25,75%).

Für die entstandene Randkaries können einerseits technische Faktoren, wie ein zu großer Randspalt oder überkonturierte Kronenränder verantwortlich sein. Andererseits können biologische Faktoren, wie Mangel an Mundhygiene, Speichelfluss aufgrund Einnahme bestimmter Medikamente oder Bestrahlung, Hygienefähigkeit und Compliance der Patienten eine wichtige Rolle spielen [164, 165]. In der vorliegenden Studie wiesen die Patienten mit einem schlechten Mundhygienestatus im Beobachtungszeitraum signifikant häufiger Sekundärkaries auf als die mit einem sehr guten, guten und sogar befriedigenden Mundhygienestatus. Einschränkend muss jedoch angemerkt werden, dass der Mundhygienestatus der Patienten nur nach einer subjektiven Einschätzung der Studierenden und ohne Verwendung eines Index erhoben wurde. Beim Vergleich des Geschlechtes der Patienten wurde in Bezug auf Sekundärkaries hingegen kein signifikanter Unterschied nachgewiesen.

In Abhängigkeit des Befestigungsmaterials zeigten die eingesetzten Restaurationen mit Harvard Zement signifikant häufiger Sekundärkaries, als diejenigen, die mit Ketac Cem und RelyX Unicem eingesetzt wurden. Ein Grund für die häufigere Sekundärkaries beim Harvard Zement kann der geringere Haftwert an Dentin, im Vergleich zu Ketac Cem und RelyX Unicem sein [166]. In der Literatur wird von einem engen Zusammenhang zwischen Retentionsverlust und Sekundärkaries gesprochen [167].

Der Grund für die geringeren Werte für Sekundärkaries in der vorliegenden Studie könnten einerseits die häufige Kontrolle der einzelnen Schritte durch zuständige Assistenzärzte und Oberärzte sein. Andererseits ist es möglich, dass sich die Patienten nach Eingliederung des Zahnersatzes nicht mehr in der

Klinik vorgestellt haben und somit das Schicksal der Restaurationen nicht mehr nachvollziehbar war.

### **8.3.5 Pulpitische Beschwerden und Wurzelkanalbehandlung**

Die Komplikation „pulpitische Beschwerden“ an den restaurierten Pfeilerzähnen wurde mit 72 Ereignissen bei 522 Fällen (13,8%) dokumentiert. Das entspricht einem prozentualen Wert von 4% bei 1775 Pfeilerzähnen. *Holm et al.* [168] berichteten bei insgesamt 289 festsitzenden Restaurationen über 7% an Fällen mit endodontischen Komplikationen innerhalb der Beobachtungszeit von 30 Jahren. In der Studie von *de Backer et al.* [30] waren es bei 322 festsitzenden Restaurationen nur 2,9%. In der Studie von *Näpänkangas* [34] kam es bei 1% der Pfeilerzähnen zu pulpitischen Beschwerden. In der Literatur wird von einer apikalen Parodontitis bei 4% der Zähne fünf Jahre nach der Überkronung berichtet. Nach zehn Jahren trat in der Studie bei 15% der Fälle ein Vitalitätsverlust auf [169]. In der Metaanalyse von *Goodacre* [163] nahmen pulpitische Beschwerden 11% der aufgetretenen Komplikationen ein. Diese Werte sind vergleichbar mit den Werten der vorliegenden Studie.

Chemische und physikalische Noxen können zu einer postoperativen reversiblen oder irreversiblen Pulpaschädigung führen. Zu den chemischen Noxen gehören Aufbaumaterialien und dazugehörige Bondingsysteme, sowie Abform- und Befestigungsmaterialien [170]. Wenn beispielsweise die Aufbaufüllung aufgrund fehlerhafter Anwendung des Bondingsystems nicht suffizient am Dentin haftet oder sich aufgrund der Polymerisationsschrumpfung ablöst, bildet sich ein Spalt zwischen Zahn und Füllung. Folglich kommt es zu

einer Überempfindlichkeit des Zahnes [171]. Als physikalische Noxe kann die Präparation des Zahnes genannt werden. Die Zahnpräparationen ohne ausreichende Wasserkühlung können aufgrund der Reibungswärme [172] und bei einer Dentinschicht von <1,5 mm einen schweren Pulpaschaden verursachen [173].

Pulpitische Beschwerden traten in der vorliegenden Studie im Durchschnitt hauptsächlich im ersten Jahr nach der Eingliederung auf. Der Grund dafür kann die Schädigung der Pulpa während Präparation, Stumpfaufbau des Zahnes, Abformung oder Einsetzen der Restauration sein. Wenn die pulpitischen Beschwerden erst nach längerer Tragedauer auftreten, können tiefe kariöse Läsionen oder auch retrograde Infektionen die Auslöser sein [174, 175].

In der vorliegenden Studie war der Beweglichkeitsgrad der Zähne ein Kausalfaktor für die pulpitischen Beschwerden. Schmerzen kamen signifikant häufiger bei den Zähnen mit Lockerungsgrad II vor, als bei Zähnen mit Lockerungsgrad 0.

Zudem wurde beim Vergleich verschiedener Befestigungsmaterialien in Bezug auf pulpitische Schmerzen zwischen Harvard Zement und Ketac Cem ein signifikanter Unterschied festgestellt. Bei Verwendung von Harvard Zement und Durelon kam es signifikant häufiger zu pulpitischen Beschwerden als bei Ketac Cem. Als Gründe dafür können eine Wärmeentwicklung und eine saure Reaktion während der Abbindephase genannt werden. Diese können die Pulpa reizen und folglich eine Hypersensibilität des Zahnes verursachen [79]. Laut Studien kann auch Ketac Cem (Glasionomerezement) zu einer Überempfindlichkeit führen [176-178]. In anderen Studien konnte dagegen in

der Häufigkeit des Auftretens von Hypersensibilitäten zwischen Phosphatzement und Glasionomierzement kein Unterschied festgestellt werden [176-178].

Von 72 Zähnen mit pulpitischen Beschwerden waren 17 bereits zum Zeitpunkt der Eingliederung wurzelkanalbehandelt. Nach der Eingliederung der Restauration wurden 47 Zähne mit pulpitischen Beschwerden endodontisch behandelt. In vorliegender Studie hatte die fehlende Sensibilität keinen Einfluss auf eine erhöhte Komplikationsrate bezüglich der Schmerzen.

Die Verwendung der Pfeilerzähne als Klammerzahn für gegossene oder handgebogene Klammer hat die Ergebnisse nicht beeinflusst. Die pulpitischen Beschwerden traten insgesamt bei Brückenrestaurationen häufiger auf als bei Kronenrestaurationen.

### **8.3.6 Fraktur der Zähne**

Die Komplikation Fraktur der Pfeilerzähne trat in 15 von 522 Fällen auf (2,9%). In der Studie von *de Backer et al.* [30] gehörte die Pfeilerzahnfraktur mit 8,3% zu den häufigsten Gründen für den Restorationsverlust. *Tan et al.* [16] berichten in ihrer Metaanalyse von 2,6% in einem Beobachtungszeitraum von zehn Jahren. In der Studie von *Walton* war die Pfeilerfraktur (38%) der häufigste Grund für die Erneuerung der Restaurationen.

In der vorliegenden Studie waren acht von 15 frakturierten Fällen zum Versorgungszeitpunkt endodontisch behandelt und fünf Zähne mit Wurzelstiften versorgt. In der Studie von *Leempoel* [28] zeigten die Restaurationen mit endodontisch behandelten Zähnen signifikant geringere Überlebensdauer als die mit vitalen Pfeilerzähnen. In der vorliegenden Studie

waren Wurzelkanalbehandlung und Wurzelstifte keine signifikanten Kausalfaktoren in Bezug auf die Fraktur der Zähne. Trotzdem konnte ein signifikanter Unterschied zwischen Glasfaserstiften und gegossenen Stiftaufbauten festgestellt werden. Die gegossenen Stiftaufbauten haben das Frakturrisiko signifikant erhöht. Allerdings ist vor diesem Hintergrund zu berücksichtigen, dass von Seiten des prothetischen Behandlungskonzeptes unserer Poliklinik gegossene Stiftaufbauten vornehmlich in stark vorgeschädigten endodontisch behandelten Zähne eingesetzt werden und damit schlechtere Ausgangsbedingungen für die Überlebensrate bestehen. In dieser Studie hat die Verwendung des Zahnes als Pfeilerzahn für eine handgebogene oder gegossene Klammer das Frakturrisiko nicht erhöht.

### 8.3.7 Extraktion

Die Komplikation Extraktion des Pfeilerzahnes als Funktionsverlust trat in der vorliegenden Studie bei 32 Restaurationen (34 Zähne) auf. Das entspricht einem Anteil von 6,5% bei 522 aufgetretenen Fällen und 1,9% bei 1775 Pfeilerzähnen. Die Restaurationen wurden durchschnittlich 4,9 Jahre ohne klinische Nachuntersuchung beobachtet. Das könnte der Grund für die geringe Prozentzahl an Extraktionen sein. In der Studie von *Näpänkangas* [149] waren neun Restaurationen (11%) von insgesamt 82 metallkeramischen Restaurationen nach 18 Jahren nicht mehr in Funktion. *Erpenstein et al.* [24] berichten über 2,1% Extraktionen, *Ortorp et al.* [179] über 3%. Laut erfasster Einträge in den Patientenakten waren Sekundärkaries, Fraktur und erhöhter Lockerungsgrad die Hauptgründe für die Extraktion der Pfeilerzähne. Bei der Sekundärkaries lag der prozentuale Anteil höher (61,8%) als bei der Fraktur (17,6%) und einem Lockerungsgrad  $\geq$  II (20,6%).

In dieser Studie zählten Retentionsverlust, Verblendfraktur, Sekundärkaries, pulpitische Beschwerden und Frakturen der Pfeilerzähne zu den Komplikationen. Die Erneuerung der Restaurationen und die Extraktionen der Pfeilerzähne wurden als Totalversagen bezeichnet. Die potentiellen Einflussfaktoren wurden anhand der Patientenakten erfasst und ausgewertet. Zu den Einflussparametern gehörten Mundhygienestatus der Patienten, craniomandibuläre Dysfunktionen und Bruxismus. Des Weiteren waren Befestigungs- und Restaurationsmaterialien sowie Wurzelstiftsysteme in Bezug auf die Komplikationen ausschlaggebend. Bei Brückenrestaurationen waren die Anzahl der Pfeilerzähne, Brückenlänge und –art bei aufgetretenen Komplikationen entscheidend. Bei Brücken wurden jedoch mehr „Vollguss“- als „VMK“-Konstruktionen erneuert.

## 9 Zusammenfassung

Die vorliegende retrospektive klinische Studie erfasste anonymisierte Daten von 508 Patienten mit 950 Kronen und 373 Brücken, die im Zeitraum von 2003 bis 2013 im Rahmen der klinischen Studentenkurse I und II der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Ludwig-Maximilians-Universität in München eingesetzt wurden. Auf dieser Datengrundlage wurde eine Langzeitanalyse nach verschiedenen Parametern durchgeführt. Das Patientenkollektiv setzte sich aus 274 Frauen und 234 Männern zusammen. Die Patienten waren im Durchschnitt ca. 56 Jahre alt.

Anhand der geführten Patientenakten wurden die Komplikationen und die möglichen Risikofaktoren ausgewertet. Die Restaurationen wurden im Durchschnitt  $4,9 \pm 2,7$  Jahre beobachtet (Minimum: 0,23 Jahre, Maximum 10,76 Jahre). Für die Auswertung wurden der exakte Test nach Fisher sowie der Mann-Whitney-U-Test angewendet.

Insgesamt traten 522 Ereignisse bei 223 Restaurationen auf. An 86% der Kronen und an 77% der Brücken wurden im Beobachtungszeitraum keine Ereignisse erfasst. „Dezementierungen“ (20,0%) und „Erneuerungen“ (15,9%) von festsitzenden Restaurationen waren die Hauptgründe für Komplikationen. „Verblendfrakturen“ und „pulpitische Beschwerden“ machten rund 14,0% der aufgetretenen Komplikationen aus. Eine „Sekundärkaries“ trat bei 12,8% der Fälle auf und eine „Wurzelkanalbehandlung“ nach Eingliederung musste bei 9,0% der Fälle durchgeführt werden. Seltener konnten „Extraktionen“ (6,5%), „Lockerung“ der Zähne (4,6%) und „Pfeilerfrakturen“ (2,9%) als Komplikationen identifiziert werden. Die Ereignisse kamen hauptsächlich in den ersten fünf

Jahren nach der Eingliederung vor. Die Komplikationen „Retentionsverlust“ und „Sekundärkaries“ erschienen signifikant früher bei Brücken als bei Kronen.

Die denkbaren Zusammenhänge zwischen den unterschiedlichen Parametern und den aufgetretenen Ereignissen wurden einzeln analysiert. Hinsichtlich des Retentionsverlustes wurde bei Kronen kein signifikanter Unterschied zwischen den verschiedenen Befestigungsmaterialien festgestellt. Im Vergleich dazu zeigten die mit RelyX Unicem und Ketac Cem eingesetzten Brücken signifikant bessere Ergebnisse, als diejenigen, die mit Harvard Zement eingesetzt wurden. Zwischen der „adhäsiven“ und „konventionellen“ Befestigung der Restaurationen konnten keine signifikanten Unterschiede im Hinblick auf die Dezementierung nachgewiesen werden.

Die Vollkeramikkronen aus „Lithiumdisilikat“ zeigten signifikant weniger Verblendabplatzungen (Chippings) als die Vollkeramikkronen mit „Zirkoniumdioxid“-Gerüst. Insgesamt lieferten die „vollkeramischen Kronen“ signifikant mehr Verblendfrakturen als die „metallkeramischen Kronen“. Die verwendeten Materialien haben bei Brücken im Hinblick auf Verblendabplatzungen keine Rolle gespielt. Bei den Patienten mit „craniomandibulärer Dysfunktion“ und „Bruxismus“ kam es signifikant zu mehr Verblendfrakturen als bei den Patienten ohne CMD und Bruxismus.

In Bezug auf die Erneuerung der Kronen konnte kein signifikanter Unterschied zwischen „Vollkeramik“- , „VMK“- und „Vollguss“-Kronen festgestellt werden. Bei Brücken wurden jedoch mehr „Vollguss“- als „VMK“-Konstruktionen erneuert. Die Brücken mit „drei“ und „vier“ Pfeilerzähnen wurden signifikant häufiger erneuert als diejenigen mit „zwei“ Pfeilerzähnen. Bei „vier“- und „≥ 5-gliedrigen“ Brückenkonstruktionen kam es signifikant häufiger zu einer

Neuanfertigung als bei „drei-gliedrigen“ Brückenvarianten. Die „einspannigen“ Endpfeiler-Konstruktionen zeigten eine höhere Verweildauer als die „Extensionsbrücken“.

In der vorliegenden Studie kam es bei den Patienten mit einem „schlechten“ Mundhygienestatus signifikant häufiger zu einer Erneuerung der Restauration und Sekundärkaries als bei denjenigen mit einem „guten“ und „sehr guten“ Mundhygienestatus. Die mit Harvard Zement eingesetzten Restaurationen zeigten signifikant häufiger Sekundärkaries, als diejenigen, die mit Ketac Cem und RelyX Unicem eingesetzt wurden.

Beim Vergleich des Geschlechtes der Patienten zeigte sich in Bezug auf Sekundärkaries kein signifikanter Unterschied.

Bei Verwendung von Harvard Zement und Durelon als Befestigungsmaterial kam es in der vorliegenden Studie signifikant häufiger zu pulpitischen Beschwerden als bei Ketac Cem. Die „Sensibilität“ der Pfeilerzähne zum Zeitpunkt der Eingliederung hatte keinen Einfluss auf die Komplikationsrate bezüglich der pulpitischen Schmerzen. Die Verwendung des Zahnes als „Klammerzahn“ hat das Risiko für pulpitische Beschwerden und Fraktur der Pfeilerzähne nicht erhöht. In Bezug auf die Pfeilerfraktur waren „Wurzelkanalbehandlung“ und „Wurzelstifte“ keine signifikanten Kausalfaktoren. Als Hauptgründe für die Extraktion der Pfeilerzähne wurden „Sekundärkaries“ (61,8%), „erhöhter Lockerungsgrad“ (20,6%) und „Pfeilerfraktur“ (17,6%) in den Patientenakten erfasst.

Auf der Grundlage der aus den Studentenkursen gewonnenen Daten, konnten wichtige Rückschlüsse auf das Langzeitverhalten gezogen werden. Die

Ergebnisse dieser retrospektiven Studie waren weitestgehend mit der in der wissenschaftlichen Fachliteratur verfügbaren klinischen Studien vergleichbar. Trotz der aufgetretenen Komplikationen kann ein festsitzender parodontal getragener Zahnersatz auf Basis dieser Studie auch bei Durchführung durch Studierende der Zahnmedizin empfohlen werden.

## 10 Literaturverzeichnis

1. Esquivel-Upshaw J., R.W., Oliveira E., Yang M., Clark A. E., Anusavice K., *Randomized, controlled clinical trial of bilayer ceramic and metal-ceramic crown performance*. J Prosthodont, 2013. **22**(3): p. 166-73.
2. Kerschbaum T., *Langzeitüberlebensdauer von Zahnersatz. Eine Übersicht*. Quintessenz, 2004. **55**: p. 1113-1126.
3. Micheelis W.S., U., *Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV), Ergebnisse zu oralen Erkrankungsprävalenzen, Risikogruppen und zum zahnärztlichen Versorgungsgrad in Deutschland 2005*. (IDZ) IdDz ed Vol Mateialienreihe, 2005. **Band 31 2006**.
4. Kerschbaum T., S.M., Teeuwen U., *Verweildauer von kunststoff- und metallkeramisch verblendeten Kronen und Brücken*. Dtsch Zahnärztliche Z, 1997. **52**: p. 404-406.
5. Öwall B., K.A.F., Carlsson G.E., *Prosthodontics - Principles and Management Strategies*. 1996, London: Mosby-Wolfe.
6. Muir Gray J.A., *Evidenced-based healthcare Churchill Livingstone, New York*. 1997.
7. Gente, M., *Empfehlungen zur Verringerung des Risikos des Vitalitätsverlustes bei Überkronung*. DZZ, 2007. **62**(8): p. 532-533.
8. Strub J.R., K.M., Türp J.C., Witkowski S., Heydecke G., Wolfart S., *Curriculum Prothetik Band II*, ed. 4. 2011, Berlin: Quintessenz Verlag.
9. Hupfaut L., B.N., Fuch P., Fuhr K., Jung T., Koeck B., Lehmann K., Marxkors R., Reiber T., Schramm-Scherer B., Tetsch P., Weber H., *Festsitzender Zahnersatz*. 1987: Urban & Schwarzenberg.
10. Strub J.R., K.M., Türp J.C., Witkowski S., Heydecke G., Wolfart S., *Curriculum Prothetik. Artikulatoren, Ästhetik, Werkstoffkunde, festsitzende Prothetik*. 4 ed. Vol. II. 2011, Berlin: Quintessenz Verlag. 463-484.
11. Lehmann K.M., H.E., *Zahnärztliche Propädeutik*, ed. 10. 2005, Marburg und Freiburg: Urban & Fischer.
12. Love W.D., A.R.L., *Tooth movement into edentulous area*. J Prostet Dent, 1971. **25**: p. 271-278.
13. Marxkors R., M.P., *Folgen nach Entfernung von 6-Jahr-Molaren bei Kindern und jugendlichen*. Zahnärztliche Welt, 1985. **94**: p. 776-781.
14. Cretsi P., H.R., DiFebo G., *Movement and tipping of teeth after loss of first molars*. J Dent Res, 2005. **84**.
15. Albrecht P., *Retrospektive Longitudinalstudie zur Verweildauer von Brücken-Zahnersatz anhand von Mitglieder-Akten einer Betriebskrankenkasse 2008*, Medizinische Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin
16. Tan, K., et al., *A systematic review of the survival and complication rates of fixed partial dentures (FPDs) after an observation period of at least 5 years*. Clin Oral Implants Res, 2004. **15**(6): p. 654-66.
17. Kerschbaum, T., *Verweilzeit- und Risikofaktoren-analyse von festsitzendem Zahnersatz*. Dtsch Zahnärztl Z, 1991. **46**: p. 20-24.
18. Heydecke G, R.E., Seedorf H, *Festsitzender Zahnersatz für zahnbegrenzte Lücken*. Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW), 2008.

19. Westermann, W., Kerschbaum, Th., Hain, H., *Verweildauer von ausgedehnten Amalgamfüllungen*. Dtsch Zahnärztl Z, 1990. **45**: p. 743-747.
20. Kerschbaum, T. and M. Gaa, *Longitudinale Analyse von festsitzendem Zahnersatz privatversicherter Patienten*. Dtsch Zahnärztl Z, 1987. **42**(4): p. 345-51.
21. Leempoel, P.J., et al., [*Patients with crowns in general practice: a descriptive study of crown types in specific patients*]. Ned Tijdschr Tandheelkd, 1987. **94**(6): p. 241-4.
22. Hawthorne W, S.R., *Factors influencing long-term restoration survival in three private dental practices in Adelaide*. Australian Dental Journal 1997. **42**(1): p. 59-63.
23. Erpenstein H., K.T., *Frakturnrate von Dicor -Kronen unter klinischen Bedingungen*. Deutsche zahnärztliche Zeitschrift, 1991. **46**(2): p. 124-8.
24. Erpenstein H., K.T., Fischbach H., *Verweildauer und klinische Befunde bei Kronen und Brücken*. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 1992. **47**(5): p. 315-19.
25. Fehmer V., S.I., Thoma D.S. , Zwahlen M., Pjetursson B. E. , *Zahngetragene Vollkeramik- oder Metallkeramikrekonstruktion? Eine systematische Übersichtsarbeit zu den Überlebens- und Komplikationsraten von Einzelkronen*. Quintessenz Zahntechnik, 2015. **41**(9): p. 1112-1120.
26. Ortorp A., K., M. L., Carlsson, G. E., *A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting*. J Dent, 2012. **40**(6): p. 527-30.
27. Jones, J.C., *The success rate of anterior crowns*. Br Dent J, 1972. **132**(10): p. 399-403.
28. Leempoel, P.J., et al., *The survival rate of bridges. A study of 1674 bridges in 40 Dutch general practices*. J Oral Rehabil, 1995. **22**(5): p. 327-30.
29. Decock, V., et al., *18-year longitudinal study of cantilevered fixed restorations*. Int J Prosthodont, 1996. **9**(4): p. 331-40.
30. De Backer H., V.M.G., De Moor N., Van den Berghe L., De Boever J., *A 20-Year Retrospective Survival Study of Fixed Partial Dentures*. Int J Prosthodont 2006. **19**(2): p. 143-153.
31. Fehmer V., P.B.E., Sailer I., Zwahlen M., Thoma D.S. , *Zahngetragene Vollkeramik- oder Metallkeramikrekonstruktionen?* Quintessenz Zahntechnik, 2016. **42**(5): p. 574-584.
32. Walton, T.R., *An up to 15-year longitudinal study of 515 metal-ceramic FPDs: Part 2. Modes of failure and influence of various clinical characteristics*. Int J Prosthodont, 2003. **16**(2): p. 177-82.
33. Stamm H., S.T.M., *Metaanalyse. Eine Einführung*. Rainer Hampp Verlag.
34. Näpänkangas R., S.-K.M., Raustia A.M., *Longevity of fixed metal ceramic bridge prostheses: a clinical follow-up study*. J Oral Rehabil, 2002. **29**(2): p. 140-145.
35. Strub, J.R., Kern, M., Türp, J.C., Witkowski, S., Heydecke, G., Wolfart, S., *Metalle in der Zahnmedizin und ihre Verarbeitung aus klinischer Sicht*. Curriculum Prothetik Band II. 1994, Berlin,

Chicago, London (usw.): Quintessenz. 675- 700.

36. Kinnen B., *Klinische Bewährung von Kronen und Brücken aus einer Lithium-Disilikat-Glaskeramik nach 60-monatiger Beobachtungsdauer*, in *Medizinische Fakultät*. 2007, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.
37. Strub J.R., K.M., Türp J.C., Witkowski S., Heydecke G., Wolfart S., *Curriculum Prothetik, Artikulatoren, Ästhetik, Werkstoffkunde, Festsitzende Prothetik*, ed. 4. Vol. II. 2011, Berlin: Quintessenz Verlag.
38. Ludwig, K., *Lexikon der zahnmedizinischen Werkstoffkunde*. 2005, Berlin: Quintessenz Verlag.
39. Freifrau von Maltzahn N., W.N., Borchers L., Stiesch M., *Biokompatibilität von Zahnersatz*. Quintessenz, 2012. **63**(10): p. 1281-1288.
40. Wataha, J.C., *Biocompatibility of dental casting alloys: a review*. J Prosthet Dent, 2000. **83**(2): p. 223-34.
41. Wataha J.C., S.G., Lockwood P.E., Bouillaguet S., Hoddaido M.N., *Konzepte zur Biokompatibilität*. Zahnärztl Mitt, 2001. **16**: p. 34-39.
42. Schmalz G. and Garhammer P., *Biological interactions of dental cast alloys with oral tissues*. Dent Mater, 2002. **18**(5): p. 396-406.
43. Geurtsen, W., *Biocompatibility of dental casting alloys*. Crit Rev Oral Biol Med, 2002. **13**(1): p. 71-84.
44. Wirz J., *Basler Lehrmeinung zur Anwendung von Metallen und Legierungen in der Mundhöhle*. Quintessenz Zahntechnik, 1995. **46**: p. 393-396.
45. Kerschbaum T., *Metallkeramik - ein halbes Jahrhundert im Dienste der Patienten*. . Zahnärztliche Mitteilungen, 2006. **96**: p. 2716-2722.
46. Raigrodski A. J., C.G.J., *The safety and efficacy of anterior ceramic fixed partial dentures: A review of the literature*. J Prosthet Dent, 2001. **86**(5): p. 520-5.
47. Sorensen J.A., *The IPS Empress 2 system: defining the possibilities*. Quintessence Dent Technol, 1999. **22**: p. 153-163.
48. Rosenstiel S.L., L.M.F., Fujimoto J., *Contemporary Fixed Prosthodontics*, ed. 4. 2006, St. Louis, Missouri: Mosby Elsevier.
49. Kern M., et al., *Vollkeramik auf einen Blick*., ed. 6. 2015, Ettlingen. 190.
50. Chan, C. and H. Weber, *Plaque retention on teeth restored with full-ceramic crowns: a comparative study*. J Prosthet Dent, 1986. **56**(6): p. 666-71.
51. Eichner K., K.H.F., *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung*. 2000, Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
52. Kosyfaki, P., M. del Pilar Pinilla Martin, and J.R. Strub, *Relationship between crowns and the periodontium: a literature update*. Quintessence Int, 2010. **41**(2): p. 109-26.
53. Pröbster L., *Sind vollkeramische Kronen und Brücken wissenschaftlich anerkannt?* Wissenschaftliche Stellungnahme der DGZMK, 2003.
54. Rinke, S., et al., *An 18-year retrospective evaluation of glass-infiltrated alumina crowns*. Quintessence Int, 2011. **42**(8): p. 625-33.
55. Lauer, H.C., *Vollkeramische Restaurationen in der Hand des Generalisten*. ZM, 2003. **9**(40).
56. Luthy, H., et al., *Strength and reliability of four-unit all-ceramic posterior bridges*. Dent Mater, 2005. **21**(10): p. 930-7.

57. Rosentritt, M., et al., *Fracture performance of computer-aided manufactured zirconia and alloy crowns*. Quintessence Int, 2009. **40**(8): p. 655-62.
58. Tinschert, J., et al., *Fracture resistance of lithium disilicate-, alumina-, and zirconia-based three-unit fixed partial dentures: a laboratory study*. Int J Prosthodont, 2001. **14**(3): p. 231-8.
59. Tinschert J., N.G., *Oxidkeramiken und CAD/CAM-Technologien, Atlas für Klinik, Labortechnik und Werkstoffkunde.*, ed. Auflage. 2007.
60. Marxkors R., M.H., Geis-Gerstorfer J., *Taschenbuch der zahnärztlichen Werkstoffkunde*. 2008, Köln.
61. Tinschert J., N.G., Doose B., Fischer H., Marx R., *Seitenzahnbrücken aus hochfester Strukturkeramik*. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 1999. **54**: p. 545-550.
62. Strub J.R., K.M., Türp J.C., Witkowski S., Heydecke G., Wolfart S., *Curriculum Prothetik. Kombinierte und abnehmbare Prothetik, Implantologie, Nachsorge, Lebensqualität. Band III*, ed. Auflage. 2011, Berlin: Quintessenz Verlag.
63. Hajtó J., *Vollkeramik in der Praxis: Ästhetisch und wirtschaftlich*. Zahnmedizin. Restaurative Zahnheilkunde, 2011. **10**.
64. Fehmer V., G.P., Sailer I., *Monolithische Kronen: Lithiumdisilikat versus Zirkonoxidkeramik*. Quintessenz, 2014. **65**(6): p. 683-691.
65. Fehmer V., H.C.H.F., Sailer I., *Kriterien für die Auswahl rekonstruktiver Materialien*. Quintessenz Zahntechnik, 2013. **39**(4): p. 462-470.
66. Guess, P.C., et al., *Monolithic CAD/CAM lithium disilicate versus veneered Y-TZP crowns: comparison of failure modes and reliability after fatigue*. Int J Prosthodont, 2010. **23**(5): p. 434-42.
67. Kim, J.H., et al., *Fracture load of monolithic CAD/CAM lithium disilicate ceramic crowns and veneered zirconia crowns as a posterior implant restoration*. Implant Dent, 2013. **22**(1): p. 66-70.
68. Silva, N.R., et al., *Comparative reliability analyses of zirconium oxide and lithium disilicate restorations in vitro and in vivo*. J Am Dent Assoc, 2011. **142 Suppl 2**: p. 4s-9s.
69. Hajtó J., G.U., Frei S., *Keramik: GESCHICHTET ODER MONOLITHISCH*. Quintessenz Zahntechnik, 2014. **40**(9): p. 1114-1122.
70. Kern M., „Vollzirkon“ eine prospektive Versorgung? *Zirkoniumdioxid-Monolithen für verblendfreie Kronen und Brücken*. Digital dentistry, 2012. **4**.
71. Schwartz J.C., *Die Vielseitigkeit von Lithium-Disilikat*. ZWP Online, 2012.
72. Thaller C., *In- vitro Vergleich der Bruchfestigkeit und Randschlussverhalten von CAD-CAM- gefertigten Zirkoniumdioxidkronen, lasergesinterten und gegossenen Metallkeramikkkronen.*, in *Medizinische Fakultät*. 2008, Regensburg. p. 142.
73. Tholey M.J., T.N., *Das Brennen von dentaler Verblendkeramik*. Quintessenz Zahntechnik, 2009. **35**(8): p. 1018-1029.
74. Claus H., *Bedeutung des Leuzits für die Dentalkeramik*. ZWR, 1981. **90**: p. 44-46.

75. Claus H., *Das Gefüge und Mikrogefüge der Dentalkeramik in Abhängigkeit von den Brennbedingungen*. Quintessenz Zahntechnik, 1990. **16**: p. 1479-1495.
76. Mc Lean J.W., H.T.H., *The Reinforcement of Dental Porcelain with Ceramic Oxides*. Br Dent J, 1965. **119**: p. 251-267.
77. Dörfer C., S.J., Staehle H.J., *Befestigungskunststoffe*, In: Meiners H., Lehmann K.M. *Klinische Materialkunde für Zahnärzte*. 1998, München, Wien: Hanser-Verlag.
78. Patyk A., H.M., Rinke S., *Untersuchung zur Partikelgröße zahnärztlicher Befestigungszemente*. Dtsch Zahnärztl Z, 1993. **48**: p. 372-375.
79. Hellwig E., K.J., Attin T., *Einführung in die Zahnerhaltung*, ed. Auflage. 2009, Freiburg, Gießen und Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag Köln.
80. Gernet W., B.R., Schwenzer E., *Zahnärztliche Prothetik*, ed. Auflage. 2011: Thieme Verlag.
81. Gorodovsky, S. and O. Zidan, *Retentive strength, disintegration, and marginal quality of luting cements*. J Prosthet Dent, 1992. **68**(2): p. 269-74.
82. Windeler, A.S., *Powder enrichment effects on film thickness of zinc phosphate cement*. J Prosthet Dent, 1979. **42**(3): p. 299-303.
83. Naumann M., *Kleben oder Zementieren?* Zahnärztl Prax 2000. **4**: p. 298-308.
84. Von Holger A., J.H.A., Häßler C., Kroszewsky K., *Arbeitsbuch Zahnärztliche Werkstoffkunde. Taschenbuch*. 1. 2006: Books on Demand.
85. Kappert H.F., E.K., *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung*., ed. Auflage. 2008, New York: Thieme Verlag.
86. Zumstein Th.A., E.C.-P., Willershäusen B., Frankenberger R., Mendoza D.B., Casanellas J.M., Morano G., *3M ESPE Ketac Cem, Glasionommerzement*. 3M ESPE.
87. Reich S., *Selbstadhäsive versus konventionelle adhäsive Befestigung*. Quintessenz, 2012. **63**(12): p. 1587-1593.
88. Kern M., L.R., Reich S., Tinschert J., Pospiech P., *Wissenschaftliche Stellungnahme: Vollkeramische Restaurationen*. Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), 2007.
89. Blöcker T.O., M.C., *Adhäsive Befestigung von Zirkonoxidrestaurationen*. ZWP Online, 2011. **5**.
90. Janda R., *Vollkeramiken: Zusammensetzung, Eigenschaften, Anwendung, Wertung*.
91. Schmitt, J., Wichmann, M., Hamel, J., *Vollkeramische Restaurationen-Kleben oder Zementieren?* ZWR, 2007. **16**: p. 595-600.
92. Blatz, M.B., Sadan, A., Kern, M., *Adhäsive Befestigung hochfester Vollkeramikrestaurationen*. Quintessenz, 2004. **55**: p. 33-41.
93. Brannstrom, M. and K.J. Nordenvall, *Bacterial penetration, pulpal reaction and the inner surface of Concise enamel bond. Composite fillings in etched and unetched cavities*. J Dent Res, 1978. **57**(1): p. 3-10.
94. Derand, T., *Stress analysis of cemented or resin-bonded loaded porcelain inlays*. Dent Mater, 1991. **7**(1): p. 21-4.

95. Haller, B., et al., [*Ridge stabilization with adhesive inlays in MOD cavities*]. Dtsch Zahnarztl Z, 1990. **45**(10): p. 660-3.
96. Roulet, J.F. and S. Herder, [*Ceramic as filling material for posterior tooth cavities*]. Zahnarztl Mitt, 1989. **79**(8): p. 908-13.
97. <http://www.ivoclarvivadent.com/en/products/luting-material/adhesive-luting-composite/vaiolink-ii>. *Variolink II*.
98. Janda R., *Chemie und Physik zahnärztlicher Kunststoffe*. In: Eichner K., Kappert H.F. (Hrsg.): *Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Band I: Grundlagen und Verarbeitung.*, ed. Auflage. 1996, Heidelberg: Hüthig Verlag.
99. dental, K., *Panavia F2.0, Beschreibung*. Produktinformation, 2016.
100. *Technical data sheet: Expertise RelyX Unicem*. 3M Espe AG. 2002.
101. Behr M., R.M., *Zemente in der Zahnmedizin*. Quintessenz, 2003. **54**(8): p. 829-837.
102. Seltmann T., *Microtensile-Untersuchungen zu einem selbstadhäsiven Universalzement 2007*, Friedrich-Alexander-Universität: Erlangen-Nürnberg.
103. Gerth, H.U., et al., *Chemical analysis and bonding reaction of RelyX Unicem and Bifix composites--a comparative study*. Dent Mater, 2006. **22**(10): p. 934-41.
104. Ahlers, M.O., et al., *Guidelines for the preparation of CAD/CAM ceramic inlays and partial crowns*. Int J Comput Dent, 2009. **12**(4): p. 309-25.
105. Edelhoff, D. and J.A. Sorensen, *Tooth structure removal associated with various preparation designs for posterior teeth*. Int J Periodontics Restorative Dent, 2002. **22**(3): p. 241-9.
106. Edelhoff, D. and J.A. Sorensen, *Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth*. J Prosthet Dent, 2002. **87**(5): p. 503-9.
107. Kern, M., et al., *Clinical comparison of postoperative sensitivity for a glass ionomer and a zinc phosphate luting cement*. J Prosthet Dent, 1996. **75**(2): p. 159-62.
108. Völkel T., *Variolink II, Vaiolink Veneer. Wissenschaftliche Dokumentation*. 2005.
109. Gutmann J. L., *The dentin-root complex: anatomic and biologic considerations in restoring endodontically treated teeth*. J Prosthet Dent, 1992. **67**(4): p. 458-67.
110. Morgano S. M., *Restoration of pulpless teeth: application of traditional principles in present and future contexts*. J Prosthet Dent, 1996. **75**(4): p. 375-80.
111. Rinke S., H.A., *Postendodontische Frontzahnversorgung*. Quintessenz, 1999a. **50**: p. 893-903.
112. Rinke S., H.A., *Postendodontische Seitenzahnversorgung. Praxisbezogene Kriterien zur Material und Systemauswahl*. Quintessenz, 1999b. **50/10**: p. 1035-1047.
113. Edelhoff D., H.D., Kern M., Weigl P., *Aufbau endodontisch behandelte Zähne. Gemeinsame Stellungnahme der DGZMK, der DGZPW und der DGZ*. Deutsche Gesellschaft für Zahn- Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), 2003.

114. Strub J.R., K.M., Türp J.C., Witkowski S., Heydecke G., Wolfart S., *Curriculum Prothetik. Geschichte, Grundlagen, Behandlungskonzept, Vorbehandlung*. 4 ed. Vol. I. 2011, Berlin: Quintessenz - Verlag. 221.
115. Cathro P. R., C.N.P., Hood J. A., *Impact resistance of crowned endodontically treated central incisors with internal composite cores*. Endod Dent Traumatol, 1996. **12**(3): p. 124-8.
116. Dean J. P., J.B.G., Sarkar N., *In vitro evaluation of a carbon fiber post*. J Endod, 1998. **24**(12): p. 807-10.
117. Fokkinga W.A., K.C.M., Bronkhorst E.M., Creugers N.H., *Up to 17-year controlled clinical study on post-and-cores and covering crowns*. Dent, 2007. **35**: p. 778-786.
118. Libman W.J. and Nicholls J.I., *Loaded fatigue of teeth restored with cast posts and cores and complete crowns*. Prosthodont, 1995. **8**: p. 155-161.
119. Portell, F.R., et al., *The effect of immediate versus delayed dowel space preparation on the integrity of the apical seal*. J Endod, 1982. **8**(4): p. 154-60.
120. Magura, M.E., et al., *Human saliva coronal microleakage in obturated root canals: an in vitro study*. J Endod, 1991. **17**(7): p. 324-31.
121. Peutzfeldt, A., A. Sahafi, and E. Asmussen, *A survey of failed post-retained restorations*. Clin Oral Investig, 2008. **12**(1): p. 37-44.
122. Fernandes, A.S. and G.S. Dessai, *Factors affecting the fracture resistance of post-core reconstructed teeth: a review*. Int J Prosthodont, 2001. **14**(4): p. 355-63.
123. Johnson, J.K. and J.S. Sakumura, *Dowel form and tensile force*. J Prosthet Dent, 1978. **40**(6): p. 645-9.
124. Shillingburg H.T., K.J.C., *Restauration von wurzelbehandelten Zähnen*. 1982, Chicago, Rio de Janeiro, Tokio: Quintessenz Verlag Berlin.
125. Millstein, P.L., et al., *Effects of cementing on retention of a prefabricated screw post*. J Prosthet Dent, 1987. **57**(2): p. 171-4.
126. Cohen, B.I., et al., *Retention of three endodontic posts cemented with five dental cements*. J Prosthet Dent, 1998. **79**(5): p. 520-5.
127. Nergiz, I., Schmage, P., *Wurzelstifte im Wandel der Zeit* Endodontie Journal, 2004. **1**: p. 10-17.
128. Butz F., L.A.M., Heydecke G., Strub J.R., *Survival rate and fracture strength of endodontically treated maxillary incisors with moderate defects restored with different post-and-core systems: An vitro study*. Int J Prosthodont, 2001. **14**: p. 58-64.
129. Kern M., S.M., Strub J., *Erste klinische Erfahrungen mit Wurzelstiften aus Zirkonoxidkeramik*. Dtsch Zahnärztl Z, 1998. **53**: p. 266-268.
130. Signore A., B.S., Barone M., Kaiteas V., *Chemische und biomechanische Eigenschaften konfektionierter faserverstärkter Kunststoffwurzelstifte*. Zahn Prax 2001. **4**: p. 344-351.
131. Schönbrodt M., S.P., Nergiz I., Platzer U., *Haftfestigkeit zahnfarbener Wurzelstifte in Abhängigkeit von der Oberflächenbehandlung und dem Befestigungskomposit*. Dtsch Zahnärztl Z, 2003. **58**: p. 55-59.
132. Monticelli F, G.C., Ferrari M., *Micromorphology of the fiber post-resin core unit: a scanning electron microscopy evaluation*. Dent Mater, 2004. **20**: p. 176-183.

133. Rosentritt M., F.C., Behr M., Lang R., Handel G., *Comparison of in vitro fracture strength of metallic and tooth-coloured posts and cores*. J Oral Rehabil, 2000. **27**: p. 595-601.
134. Nothdurft F.P., G.W., Pospiech P.R., *In-vitro-Untersuchungen zu vollkeramischen Stiftaufbauten aus Zirkonoxid*. Dtsch Zahnärztl Z, 2003. **58**(451-456).
135. Sachs L., *In Angewandte Statistik, Anwendung statistischer Methoden*. 2004: Springer Verlag.
136. Ahlers M. O., J.H.A., *Klinische Funktionsanalyse als Grundlage der Diagnostik-Kaskade*. Quintessenz, 2007. **58**(5): p. 451-464.
137. Roknic R., *Neurofeedback bzw. Biofeedback versus Aufbiss-Schienenherapie bei CMD-Patienten mit chronifizierter myogener Leitkomponente*, in *Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie*. 2010, Philipps-Universität Marburg.
138. Türp J.C., S.H.J., *Chronische Myoarthropathien des Kausystems*. Schmerz. 2004: p. 109-117.
139. Hellwig E., K.J., Attin T., *Einführung in die Zahnerhaltung. Prüfungswissen Kariologie, Endodontologie und Parodontologie*, ed. ü.u.e. Auflage. 2009, Freiburg, Gießen und Zürich: Deutscher Zahnärzte Verlag Köln.
140. Gail M.H., B.J., *Encyclopedia of Epidemiologic Methods*. 2000, Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto: John Wiley & Sons.
141. Gordis L., *Epidemiologie*. 2001, Marburg: Kilian.
142. Kreienbrock L., S.S., *Epidemiologische Methoden*. 1997, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
143. Rothman K.J., G.S., *Modern Epidemiology*. 1998, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
144. Wahrendorf J., *Grundbegriffe der Epidemiologie*. 1991, Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
145. Käyser AF, C.N., Plasmans PJ, Postema N, Snoek PA (Hrsg), *Kronen- und Brückenprothetik: Behandlungsplanung, Indikation, Ausführung, Langzeitbewährung*. Deutscher Ärzte-Verlag, 1997.
146. WPGS. *Querschnittsstudien und Längsschnittstudien als Forschungsansätze (letzter Stand: 20.12.2010)*. <http://www.wpgs.de/content/view/390/347/>.
147. Kerschbaum T., *Zur Bedeutung von Nachuntersuchungen in der zahnärztlichen Prothetik*. Deutsche Zahnärztliche Zeitschrift, 1983. **38**(11): p. 990-997.
148. Klug S.J., B.R., Blettner M., Lange S., *Wichtige epidemiologische Studientypen* Dtsch Med Wochenschr, 2004. **129**.
149. Napankangas, R. and A. Raustia, *An 18-year retrospective analysis of treatment outcomes with metal-ceramic fixed partial dentures*. Int J Prosthodont, 2011. **24**(4): p. 314-9.
150. Dohle A.K., *Mundtrockenheit – Teil 2: Diagnostik und therapeutische Maßnahmen*. ZWP Online, 2016.
151. Müller H.P., *Parodontologie*. 2006: Thieme Verlag.
152. Schwartz N.L., W.L.D., Berry T.G., Stewart J.L., *Unserviceable crowns and fixed partial dentures: Life-span and cause for loss of serviceability*. J Am Dent Assoc, 1970. **81**: p. 1395-1401.

153. Walton J.N., G.F.M., Agar J.R., *A survey of crown and fixed partial denture failures: Length of service and reasons for replacement*. J Prosthet Dent, 1986. **56**: p. 416-421.
154. Valderhaug J.A., *A 15-year clinical evaluation of fixed prosthodontics*. Acta Odontol Scand, 1991. **49**: p. 35-40.
155. Karlsson S., *Failures and length of service in fixed prosthodontics after long-term function. A longitudinal clinical study*. Swed Dent J, 1989. **13**: p. 185-192.
156. Parker M.H., G.R.B., Gardner F.M., Calverley M.J., *Quantitative determination of taper adequate to provide resistance form: Concept of limiting taper*. J Prosthet Dent, 1988. **59**: p. 281-288.
157. Trier A.C., P.M.H., Cameron S.M., Brousseau J.S., *Evaluation of resistance form of dislodged crowns and retainers*. J Prosthet Dent, 1998. **80**(405-409).
158. Hajtó J., *Retention und Widerstandsform bei zementierten Kronen und Brücken – Teil 1*, in ZMK. 2010: [http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/prothetik/story/retention-und-widerstandsform-bei-zementierten-kronen-und-bruecken--teil-1\\_339.html](http://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/prothetik/story/retention-und-widerstandsform-bei-zementierten-kronen-und-bruecken--teil-1_339.html).
159. Strub J.R., K.M., Türp J.C., Witkowski S., Heydecke G., Wolfart S., *Curriculum Prothetik Band II. Artikulatoren, Ästhetik, Werkstoffkunde, festsitzende Prothetik*, ed. 4. 2011, Berlin: Quintessenz Verlag.
160. Kerschbaum T. and V. R., *Zum Risiko durch Überkronung*. Deutsche zahnärztliche Zeitschrift 1979. **34**(10): p. 740-3.
161. Schmitter M., *Bruxismus und festsitzender Zahnersatz*. Quintessenz, 2017. **68**(1): p. 23-33.
162. Walton T.R., *An up to 15-year longitudinal study of 515 metal ceramic FPDs: Part 2. Modes of failure and influence of various clinical characteristics*. J Prosthodont, 2003. **16**(2): p. 177-182.
163. Goodacre C.J., B.G., Rungcharassaeng K., Kan J.Y.K., *Clinical complications in fixed prosthodontics*. J Prosthet Dent 2003. **90**(1): p. 31-41.
164. Valderhaug J, E.J.E., Jokstad A., *Oral hygiene, periodontal conditions and carious lesions in patients treated with dental bridges. A 15-year clinical and radiographic follow-up study*. J Clin Periodontal, 1993. **20**(7): p. 482-489.
165. Hämmerle C.H., U.M.C., Fantoni P.C., Brägger U., Bürgin W., Lang N.P., *Long-term analysis of biologic and technical aspects of fixed partial dentures with cantilevers*. Int J Prosthodont, 2000. **13**(5): p. 409-415.
166. Zumstein Th.A., S.J.R., *Zementhaftung*. Mschr. Zahnheilkunde, 1981. **91**(4): p. 196-205.
167. Karlsson S., *A clinical evaluation of fixed bridges, 10 years following insertion*. J Oral Rehabil, 1986. **13**(5): p. 423-432.
168. Holm C., T.P., Tillberg A., Molin M., *Longevity and Quality of FPDs: A Retrospektive Study of Restorations 30, 20 and 10 Years after Insertion*. Int J Prosthodont, 2003. **16**(3): p. 283-289.
169. Kerschbaum T., *Das Risiko des Vitalitätsverlustes nach einer Überkronung*. DGZMK-Statement, 1998. **2**(83).

170. Witzany Ch., *Retrospektive Studie drei- und viergliedriger metallkeramischer Brücken auf Basis einer hochgoldhaltigen Edelmetall-Legierung. Häufigkeit von Sekundärkaries, Pulpitis, Parodontitis und Lockerung der Zementierung*. 2013, Universität Regensburg.
171. Haller B., *Die postoperative Hypersensibilität* ZM, 2009. **99**(6): p. 44-51.
172. Kim S., T.H.O., *Pulpal reaction to caries and dental procedures*. In: Cohen S., Burns R.C.: *Pathways of the pulp.*, ed. 6. 1994, St. Louis: Mosby.
173. Swerdlow H., S.H.R., *Reaction of human dental pulp to cavity preparation. I. effect of water spray at 20,000 rpm*. J Am Dent Assoc, 1958. **56**: p. 317.
174. G.J., C., *Tooth preparation and pulp degeneration*. J Am Dent Assoc, 1997. **128**(3): p. 353-354.
175. B., H., *Die postoperative Hypersensibilität*. ZM, 2009. **99**(6): p. 44-51.
176. Bebermeyer R.D., B.J.H., *Comparison of patient-perceived postcementation sensitivity with glass-ionomer and zink phosphat cements*. Quintessenz 1994. **25**: p. 209-214.
177. Metz J.E., B.W.W., *Performance of a glass ionomer luting cement over 8 years in a general practice*. J. Prosthet Dent 1994. **71**: p. 13-15.
178. Kern M., K.B., Schaller H.G., Strub J.R., *Clinical Comparison of postoperative sensitivity for glass ionomer and a zinc phosphate luting cement*. J Prostet Dent, 1996. **75**: p. 159-162.
179. Svanborg, P., et al., *A 5-year retrospective study of cobalt-chromium-based fixed dental prostheses*. Int J Prosthodont, 2013. **26**(4): p. 343-9.

## 11 Abkürzungsverzeichnis

EM = Edelmetall

NEM = Nichtedelmetall

ZrO<sub>2</sub> = Zirkoniumdioxid

CAD = Computer Aided Design

CAM = Computer Aided Manufacturing

WAK = Wärmeausdehnungskoeffizient

CMD = Craniomandibuläre Dysfunktion

VMK = Verblend-Metall-Keramik

IQR = Interquartilsabstand

## 12 Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Typische Komplikationen nach zehn Jahren Tragedauer [2]
- Abb. 2.1: Schematischer Aufbau einer einspannigen dreigliedrigen Endpfeilerbrücke [8]
- Abb. 2.2: Schematischer Aufbau einer mehrspannigen, fünf-gliedrigen Brücke [8]
- Abb. 2.3: Schematischer Aufbau einer Extensionsbrücke (Distalanhänger) [8]
- Abb. 3: Untersuchungsmethoden zur Untersuchung der Lebensdauer der Restaurationen [15]
- Abb. 4.1: Metallkeramik-Restaurationen im Durchlicht (Fotos: Prof. Dr. D. Edelhoff)
- Abb. 4.2: Vollkeramik-Restaurationen im Durchlicht (Fotos: Prof. Dr. D. Edelhoff)
- Abb. 5: Schematische Einteilung der Dentalkeramiken nach klinischer Anwendung nach [53]
- Abb. 6: Schematische Einteilung der Dentalkeramiken nach chemischem Aufbau, nach [49, 53] und P. Pospiech 2014
- Abb. 7: Entscheidungsmatrix zur Materialwahl nach [65]
- Abb. 8: Patientenanzahl eingeteilt nach Geschlecht
- Abb. 9: Anzahl der eingegliederten Restaurationen
- Abb.10: Anzahl der eingegliederten Kronen und Brücken pro Jahr
- Abb. 11: Anzahl der eingesetzten Kronen und Brücken eingeteilt nach Geschlecht

- Abb. 12: Überblick über den Mundhygienestatus der Patienten zum Zeitpunkt der Eingliederung der Restauration
- Abb. 13: CMD-Kurzbefund
- Abb. 14: Überblick über die craniomandibuläre Dysfunktion bei Patienten (n= 162)
- Abb. 15: Anzahl der verschiedenen Aufbissschienen
- Abb. 16: Anzahl der Pfeilerzähne bei Kronen- und Brückenversorgungen (n=1775)
- Abb. 17: Sensibilitätszustand der Pfeilerzähne vor der Befestigung der Restaurationen (n= 1775)
- Abb. 18: Anzahl der verschiedenen inserierten Wurzelstifte (n=380)
- Abb. 19: Lockerungsgrad der Pfeilerzähne (n=1775)
- Abb. 20: Kieferlokalisierung der Restaurationen (n= 1323)
- Abb. 21: Anzahl der verschiedenen Restaurationsarten (n= 1323)
- Abb. 22: Verblendungsart der Restaurationen (n= 1323)
- Abb. 23: Verwendete Befestigungsmaterialien (n= 1323)
- Abb. 24: Anzahl der Brücken mit 1 bis 4 Pfeilerzähnen (n= 373)
- Abb. 25: Anzahl der Brücken mit verschiedenen Brückenlängen (n= 373)
- Abb. 26: Boxplots der aufgetretenen Komplikationen bei Kronen und Brücken

### 13 Tabellenverzeichnis

- Tab. 1: Überlebensraten von Einzelkronen
- Tab. 2: Überlebensraten von Brücken
- Tab. 3: Einteilung der Zemente nach [84]
- Tab. 4: Vergleich der konventionellen und Kompositzementen nach [108]
- Tab. 5: Altersstruktur der Patienten eingeteilt nach Geschlecht und Anzahl der eingesetzten Restaurationen
- Tab. 6: Anzahl und Prozentzahl der verschiedenen Materialien der Restaurationen (n= 1323)
- Tab. 7: Schema zur tabellarischen Darstellung der aufgetretenen Ereignisse bei 1323 Restaurationen berechnet in Jahren
- Tab. 8: Vergleich der Ereignisse der Kronen und Brücken mittels Mann-Whitney-U-Test
- Tab. 9: Art und Anzahl der Komplikationen der Restaurationen und Pfeilerzähne
- Tab. 10: Anzahl der eingesetzten und dezementierten Kronen eingeteilt nach Befestigungsmaterial
- Tab. 11: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach Verblendungsart
- Tab. 12: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach CMD/Bruxismus
- Tab. 13: Zusammenhang zwischen CMD/ Bruxismus und Verblendfraktur
- Tab. 14: Anzahl der erneuerten Kronen eingeteilt nach Kronenmaterial
- Tab. 15: Anzahl der erneuerten Kronen eingeteilt nach Mundhygienestatus
- Tab. 16: Anzahl der dezementierten und eingesetzten Brücken eingeteilt nach Befestigungs-material

- Tab. 17: Anzahl der abgeplatzten Verblendungen eingeteilt nach Verblendungsart
- Tab. 18: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach Verblendungsart
- Tab. 19: Anzahl der Verblendfrakturen eingeteilt nach CMD/Bruxismus
- Tab. 20: Zusammenhang zwischen CMD/ Bruxismus und Verblendabplatzungen
- Tab. 21: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Brückenmaterialien
- Tab. 22: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Pfeileranzahl
- Tab. 23: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Brückenlänge
- Tab. 24: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Art der Brücken
- Tab. 25: Anzahl der erneuerten Brücken eingeteilt nach Mundhygienestatus
- Tab. 26: Anzahl der Ereignisse bei den restaurierten Pfeilerzähnen
- Tab. 27: Ereignisse der Kronen
- Tab. 28: Ereignisse der Brücken
- Tab. 29: Unterschied zwischen Brücken und Kronen in Bezug auf Komplikationen
- Tab. 30: Anzahl der Zähne mit Sekundärkaries eingeteilt nach Mundhygienestatus der Patienten
- Tab. 31: Anzahl der Zähne mit Sekundärkaries eingeteilt nach Geschlecht der Patienten
- Tab. 32: Anzahl der Zähne mit Sekundärkaries eingeteilt nach Befestigungsmaterialien

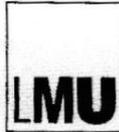
- Tab. 33: Anzahl der Zähne mit pulpitischen Beschwerden eingeteilt nach ihrem sensibilitätszustand
- Tab. 34: Anzahl der Zähne mit pulpitischen Beschwerden eingeteilt nach Lockerungsgrad
- Tab. 35: Anzahl der Zähne mit pulpitischen Beschwerden eingeteilt nach Befestigungsmaterialien
- Tab. 36: Anzahl der frakturierten Zähne eingeteilt nach Sensibilitätszustand
- Tab. 37: Anzahl der frakturierten Zähne eingeteilt nach Wurzelstiftversorgung
- Tab. 38: Anzahl der frakturierten Zähne eingeteilt nach zementierten Wurzelstifte

## **14 Danksagung**

Bei Herrn Prof. Dr. D. Edelhoff und Herrn Dr. J.-M. Pho Duc möchte ich mich für die Überlassung des Themas, die Korrektur und die freundliche Unterstützung bedanken.

Besonders bedanke ich mich bei Herrn Dr. K. Erdelt für die mühevollen Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Ein großes Dankeschön gilt meinem Mann, der mich in den letzten Jahren so toll unterstützt hat.



LUDWIG-  
MAXIMILIANS-  
UNIVERSITÄT  
MÜNCHEN

ETHIKKOMMISSION BEI DER LMU MÜNCHEN



Ethikkommission · Pettenkoferstr. 8 · 80336 München

Herrn  
Dr. med. dent. Jean Marc Pho-Duc  
Zahnklinik  
Goethestr. 70  
80336 München

Vorsitzender:  
Prof. Dr. W. Eisenmenger  
Telefon+49 (0)89 440055191  
Telefax+49 (0)89 440055192  
Ethikkommission@  
med.uni-muenchen.de  
[www.ethikkommission.med.uni-muenchen.de](http://www.ethikkommission.med.uni-muenchen.de)

Anschrift:  
Pettenkoferstr. 8a  
D-80336 München

25.11.2014 Hb /sc

Unser Zeichen: **524-14** (bitte bei Schriftwechsel angeben)

**Beratung nach geltendem Fakultätsrecht**

**Titel:** Retrospektive Risikoanalyse von zahngestütztem festsitzendem und herausnehmbarem  
Zahnersatz über einen Zeitraum von zehn Jahren  
**Antragsteller:** Dr. med. dent. Jean Marc Pho-Duc, Zahnklinik, Goethestr. 70, 80336

Sehr geehrter Herr Dr. Pho-Duc,

die Ethikkommission hat Ihren Antrag vom 11.11.2014 auf der Basis der vorgelegten Unterlagen geprüft.

Die Ethikkommission (EK) erhebt keine Einwände gegen die Durchführung der Studie.

Allgemeine Hinweise:

- Änderungen im Verlauf der Studie sind der EK zur erneuten Prüfung vorzulegen.
- Schwerwiegende unerwartete Ereignisse im Rahmen der Studie sind der EK mitzuteilen.
- Das Ende der Studie ist anzuzeigen und das Ergebnis vorzulegen.
- Die ärztliche und juristische Verantwortung bei der Durchführung der Studie verbleibt uneingeschränkt bei Ihnen und Ihren Mitarbeitern.

Die Ethikkommission wünscht Ihnen für Ihr Vorhaben viel Erfolg.

Mit freundlichen Grüßen

Prof. Dr. W. Eisenmenger  
Vorsitzender der Ethikkommission

---

Mitglieder der Kommission:  
Prof. Dr. W. Eisenmenger (Vorsitzender), Prof. Dr. E. Held (stellv. Vorsitzender), Prof. Dr. C. Bausewein, PD Dr. Th. Beinert, Prof. Dr. B. Emmerich, Prof. Dr. H. U. Gallwas, Prof. Dr. K. Hahn, Dr. B. Henrikus, Dr. V. Mönch, Prof. Dr. H. H. Müller, Prof. Dr. D. Nowak, Prof. Dr. R. Penning, Prof. Dr. K. Pfeifer, Dr. Ch. Zach

## Eidesstattliche Versicherung

Hiermit erkläre ich, Motahareh Navab Daneshmand, an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema:

„Retrospektive klinische Studie zum Langzeitverhalten von feststehendem parodontal getragenen Zahnersatz über einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren“

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 09.05.2018

Ort, Datum

Motahareh Navab Daneshmand

Unterschrift Doktorandin/Doktorand

