

Aus der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin  
*Campus Benjamin Franklin*

DISSERTATION

Klinische Bewährung von Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen nach einem  
Zeitraum von 10 Jahren

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Zahnärztin

Marlen Simone Schneider

aus Großröhrsdorf

Gutachter/in:       1. Priv.-Doz. Dr. I. Peroz  
                          2. Prof. Dr. med. dent. P. Ottl  
                          3. Prof. Dr. med. dent. M. Walter

Datum der Promotion: 18.11.2011

**Aus Liebe und Dankbarkeit meinen Eltern Andreas und Simone Schneider.**

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Literaturübersicht .....</b>	<b>8</b>
2.1 Vollkeramiksysteme .....	8
2.2 CAD/CAM Systeme .....	13
2.3 Procera® All Ceram .....	16
2.4 Ergebnisse aus klinischen Untersuchungen .....	20
Ziel der Untersuchung .....	21
<b>3 Material und Methoden .....</b>	<b>23</b>
3.1 Probanden und klinische Vorgehensweise .....	23
3.2 Aufbau des Untersuchungsbogens .....	24
3.3 Statistische Auswertung .....	28
<b>4 Ergebnisse .....</b>	<b>31</b>
4.1 Deskriptive Statistik .....	31
4.2 Ergebnis der CDA-Bewertung .....	34
4.3 Ergebnisse zum Plaque- und Sulkus-Blutungsindex .....	35
4.4 Plaqueindex und Kronenrand .....	36
4.5 Sulkus-Blutungsindex und Kronenrand .....	37
4.6 Überlebensrate nach Kaplan-Meier .....	40
4.7 Defekt und Parafunktionen .....	43
4.8 Defekt und Lokalisation der Kronen .....	44
4.9 Defekt und Pfeileraufbau .....	45
4.10 Defekt und Art der Befestigung .....	46
4.11 Defekt und Sensibilität der Pfeilerzähne .....	46
4.12 Ergebnisse des Komplikationsprotokolls .....	47
4.13 Fragebogenauswertung .....	48
4.14 Vergleich der CDA Bewertung der untersuchten Kronen vom Jahr 2002 und 2009 .....	48
4.15 Veränderungen im Plaqueindex und Sulkus-Blutungsindex der untersuchten Kronen vom Jahr 2002 und 2009 .....	51
4.16 Vergleich der CDA Bewertung der untersuchten Kronen vom Jahr 1997 und 2009 .....	54
4.17 Veränderungen im Plaqueindex und Sulkus-Blutungsindex der untersuchten Kronen vom Jahr 1997 und 2009 .....	56
<b>5 Diskussion .....</b>	<b>60</b>
5.1 Diskussion der Methodik .....	60
5.2 Diskussion der Ergebnisse .....	62
5.2.1 Plaque, Blutung und Kronenrand .....	62
5.2.2 CDA-Bewertung .....	63
5.2.3 Überlebensrate .....	64
5.2.4 Defekte .....	66
5.2.5 Parafunktion / Bruxismus .....	69
5.2.6 Fragebogenauswertung .....	70
5.2.7 Vergleich der untersuchten Kronen vom Jahr 2002 und 2009 .....	70

5.2.8 Vergleich der untersuchten Kronen vom Jahr 1997 und 2009.....	72
5.3 Schlussfolgerungen .....	73
5.4 Klinische Konsequenzen .....	74
<b>6 Zusammenfassung.....</b>	<b>75</b>
Summary .....	76
<b>7 Literaturverzeichnis.....</b>	<b>77</b>
<b>8 Anhang .....</b>	<b>85</b>
8.1 Klinisches Untersuchungsprotokoll .....	85
8.2 Danksagung.....	90
8.3 Lebenslauf.....	91
8.4 Erklärung.....	92

# 1 Einleitung

„Wer aufhört, besser sein zu wollen, hat aufgehört, gut zu sein.“ (Oliver Cromwell)

Die Zahnmedizin definiert sich neu. Lange Zeit war der Verbund von Metall mit Keramik bei Kronen- und Brückenversorgungen als Standard unübertroffen, wenn Patienten ein „weißes Lächeln“ wünschten. Ein im Labor gegossenes Gerüst aus Metall wird anschließend mit dentaler Keramik verblendet. Jeder Arbeitsschritt für die Herstellung einer Verbund-Metall-Keramik (VMK) Krone im Labor erfolgt von Hand und fordert einen enormen Zeitaufwand. Zur Reduktion der Metalldiversität im Mund von Patienten wird der Ruf nach metallfreien Restaurationen mit hoher Biokompatibilität immer lauter.

Die Vollkeramik als Langzeitversorgung in Form von Inlays, Onlays, Kronen und Brücken funktioniert seit einigen Jahren. Stand früher die Funktion von Zahnersatz für Patient und Zahnarzt im Vordergrund, so sind es heute noch andere Anforderungen die seitens des Patienten und der Zahnmediziner an vollkeramische Versorgungen gestellt werden. Der ästhetisch anspruchsvolle Patient fordert Kronen, die dem natürlichen Zahn in Form und Farbe gleichen. Unabdingbare Voraussetzungen für eine lange Verweildauer von Kronen und Brücken im stomatognathen System sind die korrekte funktionelle Gestaltung des okklusalen Reliefs, die nötige Stabilität gegenüber auftretenden Kaukräften, Fertigung aus einem biokompatiblen Material, eine hohe Passgenauigkeit und eine ansprechende Ästhetik.

Neue innovative Systeme zur Herstellung von keramischen Inlays, Onlays, Kronen und Brücken überfluten derzeit den dentalen Markt. Es ist heute schon möglich, maßangefertigte zahnärztliche Restaurationen direkt am Patienten (chairside) in einer Behandlungssitzung ohne Abformungen herzustellen und einzusetzen. Mittels 3D Messkameras kann ein Bild des beschliffenen Zahnes am Computer erstellt werden. Anschließend wird am Bildschirm die Versorgung konstruiert. Dieser Datensatz ermöglicht es einer Schleifeinheit vollautomatisch, innerhalb von Minuten, aus einem vorgefertigten Keramikblock heraus die Restauration zu schleifen. Jedoch sind Kauflächengestaltung und eine präzise statische und dynamische Okklusion mit dieser Technologie nur schwer umzusetzen, da Unterkieferbewegungen noch nicht mit berücksichtigt werden können.

Ein anderes Verfahren, das sich in der Praxis durchsetzt, erlaubt dem Zahnarzt ohne finanziell aufwendige Neuinvestitionen optimale ästhetische Ergebnisse für metallfreien Zahnersatz zu

## Einleitung

liefern. Der Zahnarzt präpariert und formt wie gewohnt ab. Nachdem der Abdruck im Labor ausgegossen wurde, werden die Daten des Gipsstumpfes in den Computer übertragen. Mit der gesammelten Datenmenge wird anschließend aus Oxidkeramik ein Kronenkäppchen angefertigt. Dieses wird mit einer auf das Restgebiss des Patienten abgestimmten Schmelzsichtung individualisiert und fertig gestellt.

Es bleibt jedoch noch zu klären, ob sich die Vollkeramik in der klinischen Anwendung ebenso bewährt wie die bereits gut evaluierte VMK.

## 2 Literaturübersicht

### 2.1 Vollkeramiksysteme

#### Was ist eigentlich Keramik?

Der Begriff leitet sich aus dem klassischen Griechisch ab. „*Keramos*“ steht für Tonmineral und die aus ihm durch Brennen hergestellten formbeständigen Erzeugnisse. Die Technik, tonhaltige Erde durch Feuer dauerhaft zu verfestigen, gehört zu den ältesten handwerklichen Fähigkeiten des Menschen. Feldspat, Kaolin und Quarz sind die Bestandteile des dentalkeramischen Werkstoffs [1].

Feldspat ist ein gesteinsbildendes Mineral. Chemisch entspricht er einem Silikat. Um Feldspat für dentalkeramische Massen nutzen zu können, ist eine sehr hohe Reinheit des Materials notwendig. Feldspat bildet die Glasphase, in die der Bestandteil Quarz eingelagert ist [2].

Quarz (Kieselsäure) ist ein Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), das in zahlreichen Modifikationen vorliegen kann. Es ist die auf der Erdoberfläche stabile Form des Siliziumdioxids und nach den Feldspaten das zweithäufigste Mineral der Erdkruste. Die  $\text{SiO}_2$  – Moleküle bilden ein dreidimensionales Netzwerk, in dem ein Siliziumatom tetraedrisch von vier Sauerstoffatomen umgeben wird [3].

Auch hier ist ein sehr hoher Reinheitsgrad erforderlich, da Verunreinigungen die Farbe der Keramik beeinflussen können [2-4]. Die Funktion des Quarzes besteht in einer Festigkeitssteigerung und einer Transparenzerhöhung. Durch die Beimischung von Metalloxiden kann die Farbe der Keramik variiert werden. Das thermovolumetrische Verhalten des Quarzes ermöglicht eine Verringerung der thermischen Schwindung der Dentalkeramik.

Kaolin (Tonerde) oder auch Tonminerale sind quellfähige Aluminiumsilikate mit Schichtstruktur. Diese plättchenförmigen Tonkristalle sintern durch starkes Erhitzen zu einem Festkörper zusammen. Bei diesem Verfahren wird Wasser abgespalten, was zu einer erheblichen Volumenschrumpfung führt. Kaolin dient als Grundlage zur Herstellung von weißem Porzellan. Bekanntes Endprodukt ist das Meißner Porzellan. In der Dentalkeramik ist Kaolin allerdings nur in Spuren enthalten.

Ist früher die Keramik noch ausschließlich zur Herstellung von Figuren und Gefäßen genutzt worden, so wird es seit Mitte des 19. Jahrhunderts auch in Industrie und Medizin verwendet.

Kaum ein Material hat sich in den vergangenen Jahren in der Zahnheilkunde derart spürbar zu einem High-Tech-Werkstoff entwickelt. Bis vor wenigen Jahren war der Einsatz von dentalen



## Literaturübersicht

Keramiken ohne ein Gerüst aus Metall zur Stabilisierung nicht möglich. Die heutigen Hochleistungskeramiken bieten hervorragende Möglichkeiten, Inlays, Onlays, Kronen und Brücken metallfrei, d.h. ausschließlich aus Keramik zu fertigen. Diese metallfreie Verwendung von Keramik wird „Vollkeramik“ genannt.

### Einteilung der Keramiken

Vollkeramische Systeme können nach werkstoffkundlicher Zusammensetzung (Abbildung 1) [5, 6], nach Verarbeitung bzw. dem Herstellungsverfahren und nach klinischer Anwendung (Tabelle 2) eingeteilt werden [7].

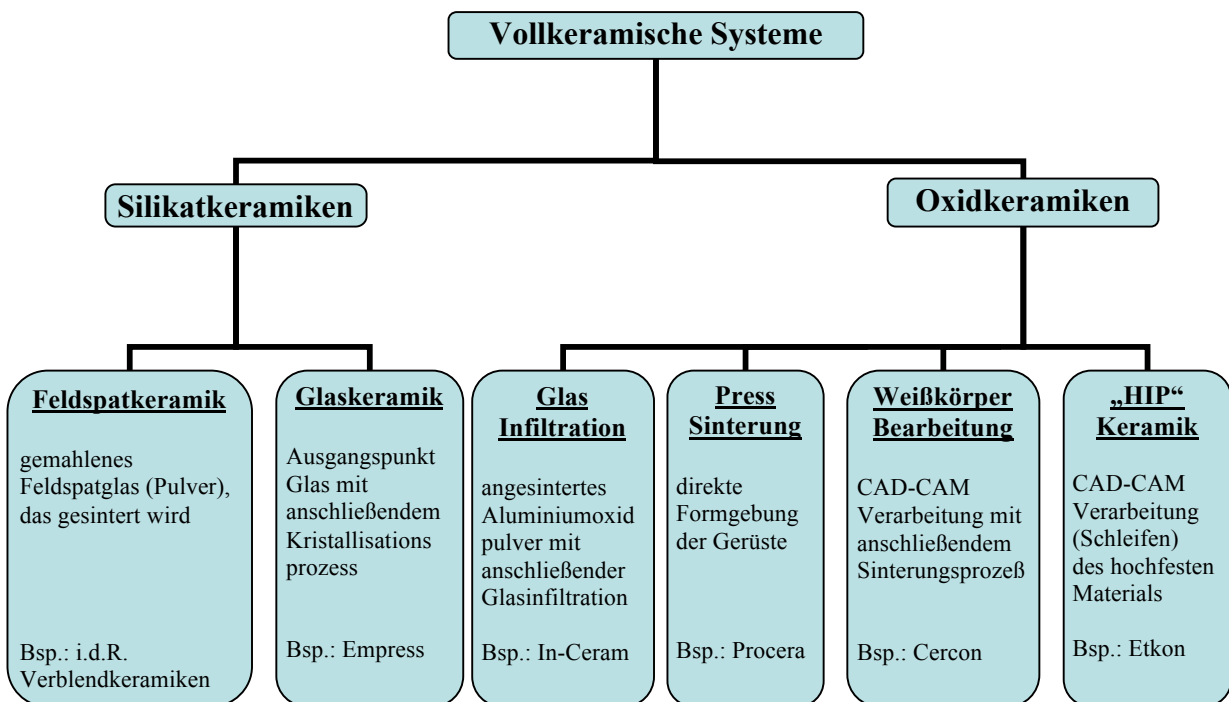


Abb.1: Einteilung der Keramiken nach werkstoffkundlicher Zusammensetzung

Einteilung der Keramiken nach Herstellungsverfahren:

- Formsinterung
- Gießen
- Heißpressen
- Kopierschleifen
- CAD/CAM/CIM

## Literaturübersicht

<b>Konventionell zementierbare Restaurationen</b>	<b>Adhäsiv zu befestigende Restaurationen</b>
Stiftaufbauten	
Einlagefüllungen	Einlagefüllungen
Kronen	Teilkronen
Brücken	Veneers

Tab.1: Einteilung der Keramiken nach ihrer klinischen Anwendung

Dentalkeramiken werden entsprechend ihrer werkstoffkundlichen Zusammensetzung in zwei Hauptgruppen unterteilt. Die erste Gruppe umfasst die Silikatkeramiken. Die Oxidkeramiken bilden die zweite Gruppe der Keramiken.

Silikatkeramiken werden oft auch als Glaskeramik bezeichnet, da neben dem kristallinen auch ein amorpher Glasanteil vorliegt. Hinsichtlich der Lichtbrechung und der Fähigkeit zur Lichttransmission sind Silikatkeramiken der natürlichen Zahnhartsubstanz sehr ähnlich. Die Lichtstrahlen, die in die Zahnoberfläche eintreten, werden durch die Lichtbrechung der Keramikschichten in das angrenzende Zahnfleisch weitergeleitet. Dadurch erhält die Gingiva wie bei den natürlichen Zähnen eine vitale, frisch-rosa Farbe. Allerdings endet die Biegefestigkeit von silikatkeramischen Werkstoffen bei 400 MPa (entspricht der Gewichtskraft von 4,8 Tonnen pro cm<sup>2</sup>) [8]. Der Indikationsbereich für Zahnersatz aus dieser Vollkeramik ist dementsprechend klein. Er umfasst Einlagefüllungen, Onlays, Teilkronen, Veneers und Kronen im Prämolarenbereich. Zudem müssen Restaurationen aus Silikatkeramik mit einer Biegefestigkeit unter 350 MPa adhäsiv befestigt werden, um eine klinisch ausreichende Festigkeit zu erzielen [9].

Für das zumeist ideale ästhetische Ergebnis glaskeramischer Restaurationen zahlt der Patient einen hohen biologischen Preis: die notwendige großzügigere Präparation der Zahnhartsubstanz.

Oxidkeramiken bestehen üblicherweise aus Oxiden (Sauerstoffverbindungen) und einem Metall. Sie haben sowohl kovalente als auch Ionenbindungen. Diese starken Bindungen, die keine relative Verschiebung der Atome zueinander zulassen, verleihen der Keramik ihre hohe Stabilität und Elastizität, ihren hohen Schmelzpunkt und die geringe Wärmeausdehnung. Aber auch der werkstoffkundlich größte Nachteil resultiert daraus: Keramik ist spröde. Das bedeutet, dass unter Belastung fast keine plastische Verformung stattfindet und die Keramik beim Erreichen der Grenze ihrer elastischen Verformbarkeit sofort bricht. Die Unempfindlichkeit gegenüber chemischen Einflüssen resultiert daraus, dass die in

## Literaturübersicht

keramischen Materialien enthaltenen Metalloxide bereits in ihrer höchsten Oxidationsstufe vorliegen und sie dadurch besonders reaktionsträge sind.

Dentale Keramiken müssen jedoch nicht nur der maximalen Kaudruckbelastung standhalten, sondern auch für eine bestimmte Lebensdauer funktionieren. Wird die Keramik unterhalb ihrer Festigkeit über lange Zeit belastet, kann ausgehend von einem kritischen Fehler, erst langsam und bei weiterer Belastung immer schneller, ein Riss wachsen, bis die Keramik letztendlich versagt. Dieses Verhalten einer Keramik wird als unterkritisches Risswachstum bezeichnet.

Glasphasefreie Oxidkeramiken sind Silikatkeramiken in ihrer Dauerfestigkeit überlegen, da das für die Zuverlässigkeit bedeutsame unterkritische Risswachstum eng mit der Schädigung durch Feuchtigkeit in der Glasphase der Keramiken korreliert [10].

Durch die Glasphasefreiheit der Oxidkeramiken verlieren diese Materialien allerdings auch die für Silikatkeramiken bekannten exzellenten optischen Eigenschaften. Hochfeste Oxidkeramiken sind nahezu opak, das bedingt, dass verfärbte Zahnstümpfe von endodontisch vorbehandelten Zähnen, anders als bei den Silikatkeramiken, abgedeckt werden können. Leider korreliert das aber auch mit dem Verlust der für Keramiken bekannten hervorragenden Transluzenzeigenschaften. Immerhin wird von den stark opaken Keramiken im Gegensatz zu Metallen noch einiges an Licht transmittiert [11].

Um anhand der Festigkeit der Keramik eine Aussage über die mögliche Eignung als Zahnersatz treffen zu können, müssen Kaukräfte, die an natürlichen Zähnen gemessen wurden, als Vergleichswerte herangezogen werden. Die mittlere Belastbarkeit von Einzelzähnen reicht von ca. 100 N bei Frontzähnen bis ca. 500 N für Molaren [12-15].

Die maximalen Belastbarkeiten liegen weit über den angegebenen Mittelwerten. Sie sind im Wesentlichen vom Alter des Patienten, vom Geschlecht, von der Beschaffenheit der Kaumuskulatur, dem Gesundheitszustand der einzelnen Zahnkronen bzw. von der Wurzelform, der Wurzelgröße und vom Wurzelquerschnitt, vom prothetischen Versorgungsgrad ebenso wie von dem parodontalhygienischen Zustand des Restzahnbestandes abhängig. Ein Vollkeramiksystem sollte diesen Kaukräften standhalten können. Ein Versagen gegenüber diesen Belastungen zeigt sich in Form von Rissen, Sprüngen, Abplatzungen oder gar im Bruch der Keramik

In wenigen Jahren wurde die Festigkeit von Oxidkeramik auf Werte gesteigert, die heute einer Belastung von 10 Tonnen pro  $\text{cm}^2$  (entspricht 98100 Newton pro  $\text{cm}^2$ ) standhalten (Zirkondioxid) und dem posterioren Kaudruck noch Reserven bieten [16].

## Literaturübersicht

Hartkernkeramiken wie diese lassen sich mit dem Funktionsprinzip der Metallkeramik vergleichen. Ein mechanisch belastbares Gerüst stabilisiert die wenig belastbare Verblendkeramik [17].

Die allgemeinen Grundsätze der Kronenpräparation gelten auch für vollkeramische Kronen [6]. Um eine ausreichende Festigkeit des keramischen Werkstoffs sicherzustellen und um die Bruchgefahr durch die Kaufunktion zu minimieren, wird eine angemessene Schichtstärke der Restauration sowohl in okklusaler als auch in axialer Dimension empfohlen. Für die okklusale Reduktion werden in der Literatur Werte zwischen 1,5 und 2,5 mm als ausreichend empfunden. Die axiale Wandstärke einer Vollkeramikkrone sollte 1,2 mm betragen [18]. Dabei wird eine Nachgestaltung der Kontur des okklusalen Reliefs empfohlen, um eine allseits gleichmäßig dimensionierte Restauration zu erhalten. Konvergenzwinkel von 4 bis 6° ergeben eine gute Retention. Je nach ausgewähltem Werkstoff sollte eine gleichmäßig zirkuläre Hohlkehle oder eine zirkulär abgerundete Stufe durchgeführt werden. Scharfe Kanten, Ecken und Innenwinkel müssen unbedingt vermieden werden. Die unterschiedlichen Festigkeiten der Gerüstkeramiken nehmen Einfluss auf die Mindestpräparationstiefe und auf die Wandstärke des Kronenkäppchens [6]. Wenn man sich an die vorgegebenen Präparationsregeln der jeweiligen Vollkeramik hält, resultiert das nach Untersuchungen von *Segal* (2001) in einer hohen Erfolgsrate für Frontzahn- und Seitenzahnkronen [19].

Unter den Aspekten der Ästhetik und der Biokompatibilität sind Keramiken die Werkstoffe der ersten Wahl [20, 21].

Dunkle Metallränder, wie sie oft bei der verblendeten Metallkeramik auf Grund des sich zurückziehenden Zahnfleischsaumes zutage treten, bleiben bei Vollkeramikronen aus.

Wissenschaftlich erhobene Daten zu vollkeramischen Einzelkronen mit Hartkerngerüst zeigen, dass diese Metallkeramikronen weitgehend ersetzen können [22].

Keramiken weisen bei ihren Einsatztemperaturen ausgesprochen korrosions- und säurefeste Eigenschaften auf. Daraus leitet sich auch die ausgezeichnete Bioverträglichkeit der Keramiken ab. Die Bedingungen im Biotop Mundhöhle bezüglich der dortigen Temperaturschwankungen sowie pH-Wert Änderungen sind nicht in der Lage, die dentalkeramischen Werkstoffe so anzugreifen, dass Bestandteile herausgelöst werden [23].

Weitere Vorteile sind die geringe Plaqueanlagerung [24-26], eine geringe Wärmeleitfähigkeit und die Röntgentransluzenz, die entscheidend für eine Diagnose von kariösen Läsionen unterhalb der Restauration ist.

### 2.2 CAD/CAM Systeme

CAD/CAM Systeme sind computergesteuerte Technologien, die eine zahnärztliche Restauration von der Planung über den Entwurf der Zeichnung bis zur Konstruktion und Herstellung fertig stellen können. Dabei bezieht sich die Abkürzung CAD (engl.: computer-aided-design) auf den computergestützten Entwurf und die Abkürzung CAM (engl.: computer-aided-manufacturing) auf die computergestützte Herstellung einer zahnärztlichen Restauration.

Inwieweit manuelle Arbeitsschritte von CAD/CAM Prozessschritten ersetzt werden, ist von System zu System unterschiedlich. Wenn Arbeitsabläufe, in die ein Zahntechniker bei der manuellen Herstellung sehr viel Zeit investieren würde, mittels CAD/CAM Technik standardisiert durchgeführt und übersprungen oder reduziert werden können, so eröffnet das eine kosteneinsparende Möglichkeit für die Herstellung von ästhetisch hochwertigem Zahnersatz.

Seit 1993 besteht die Möglichkeit, Kronen- und Brückengerüste aus industriell vorgefertigten Blöcken mit verschiedenen maschinellen Schleifverfahren (CAD/CAM, Celay etc.) herzustellen [21].

Durch industriell gefertigte homogene Rohlinge mit hohem Reinheitsgrad können verbesserte mechanische Eigenschaften der Restaurationen realisiert werden. Mit Hilfe eines standardisierten Fertigungsablaufes ist es möglich Keramiken individuell und doch mit reproduzierbaren Eigenschaften zu gestalten.

Eine weitere Verbesserung der mechanischen Eigenschaften keramischer Restaurationen wird mit dicht gesinterten Oxidkeramiken erzielt. Diese werden über feinkeramische Methoden hergestellt und in einem Hochtemperaturprozess zur festen Keramik mit einem feinkörnigen Gefüge gesintert. Dabei tritt eine lineare Schwindung von bis zu 20 Prozent auf. Die so genannte Sinterschwindung wird bei der Fertigung berücksichtigt, in dem der zu sinternde Formkörper entsprechend größer dimensioniert wird. Die Herstellung von individuellem Zahnersatz aus dicht gesinterten, oxidkeramischen Materialien ist nicht zuletzt deshalb eng mit der Etablierung der CAD/CAM-Technologie in der Zahnmedizin verbunden [27].

Heute unterscheidet man drei Konzepte für CAD/CAM Verfahren [28]:

1. Chairside-Technik: Nach der Präparation nimmt der Zahnarzt mittels einer Spezialkamera einen lichtoptischen dreidimensionalen Abdruck des Zahnstumpfes und überträgt diese Daten an einen Computer. Dieser konstruiert dann die

## Literaturübersicht

Einzelzahnrekonstruktion, welche noch am Computer durch den Zahnarzt oder den Zahntechniker nachgearbeitet werden kann. Danach wird sie aus vorgefertigten Keramikblöcken direkt in der Praxis gefräst und in der gleichen Sitzung beim Patienten eingesetzt. Einziger Vertreter hierfür ist Cerec<sup>®</sup>.

2. Labside-Technik: Nachdem die relevanten Zähne beschliffen wurden, wird ein konventioneller Abdruck vom Zahnarzt genommen. Aus diesem resultiert ein Gipsmodell, von dem die präparierten Zahnstümpfe entweder optisch oder mechanisch abgetastet werden, um ein digitales 3D-Modell zu erhalten. Auf diesem konstruiert ein Zahntechniker mit einem entsprechenden Programm die Rekonstruktion. Der Datensatz wird an eine 3D-Frässtation weitergeleitet, die letztendlich die Versorgung fertigt. Zu diesen Systemen zählen unter anderen DCS, Digident<sup>®</sup>, Cercon<sup>®</sup> und Lava<sup>™</sup>.
3. Daneben hat sich ein weiteres Vertriebsmodell etabliert: Während das Digitalisieren des Zahnstumpfes im gewerblichen Labor geschieht, wird der Datensatz danach in ein Großlabor verschickt, das die Fertigung der Rekonstruktionen mit einem Gerätepark an 3D Frässtationen übernimmt. Ein Beispiel dafür ist Procera<sup>®</sup> AllCeram.

Optische Abtastsysteme für das computerunterstützte Ausschleifen der Restauration tolerieren keine unterschneidigen Bereiche [6]. Mechano-elektronische Abtastverfahren haben grundsätzlich eine höhere Auflösung als optische Verfahren [29].

Eine weitere Einteilung von CAD/CAM Systemen erfolgt nach der Technologie mit der sie arbeiten [30]:

1. Bei der Hartbearbeitung dicht gesinterter und „gehippter“ (HIP: Heißisostatisches Pressen; ist eine Entwicklung in der Fertigungstechnik, bei der Keramiken gleichzeitig heiß gepresst und gesintert werden; die Keramik erhält dadurch eine extreme Dichte und isotrope Eigenschaften) Oxidkeramiken wird aus einem industriell gefertigten Rohling die Restauration in Originalgröße heraus geschliffen. Das fordert einen hohen Verschleiß der bearbeitenden Werkzeuge und benötigt lange Fräszeiten. Die Hartbearbeitung induziert oberflächliche Schäden in der Keramik, welche das unterkritische Risswachstum unter der oralen Dauerbelastung begünstigen kann.
2. Eine weniger materialverschleißende Methode ist die Bearbeitung von unreifen keramischen Blockmaterialien („Grünbearbeitung“) bzw. von vorgesinterten Rohlingen („Weißbearbeitung“) mit einer anschließenden Nachbearbeitung.

## Literaturübersicht

- Restaurationen aus Infiltrationskeramik werden nach dem Ausschleifen zur Erhöhung der Festigkeit glasinfiltriert.
  - Die Herstellung von glaskeramischen Restaurationen erfordert abschließend einen Glanzbrand zur Festigkeitserhöhung.
  - Rohlinge aus teilgesinterten Blockmaterialien werden geschliffen und am Ende mit der einkalkulierten Sinterschwindung schlussgesintert.
3. Das Aufbringen von Keramikpulver oder -schlicker auf eine vergrößerte Stumpfkopie unter Druck mit anschließendem Sintern ist die einzige Methode, die ohne eine bearbeitungsbedingte Schädigung der Keramik erfolgt.

Auf die Festigkeit bezogen sind die Infiltrationskeramiken den Glaskeramiken überlegen [30]. Keramiken aus teilgesinterten Rohlingen sind nach dem Sintern den dicht gesinterten Werkstoffen ebenbürtig [30].

Die marginale Passung und die der Innenfläche mittels CAD/CAM hergestellter Kronenkäppchen bei Hohlkehlpräparation zeigt die gleiche Genauigkeit wie die konventionellen Techniken zur Herstellung von vollkeramischen Restaurationen [31, 32]. CAD/CAM-gestützte Verarbeitung senkt die Fehlerquote rapide. Im Zahntechniklabor ermöglicht die Digitaltechnik reproduzierbare Arbeitsprozesse und hat den Einsatz von Hochleistungskeramiken erschlossen [6].

CAD/CAM ist in Zahnarztpraxen und im zahntechnischen Labor angekommen. Eine Weiterentwicklung hin zur abdruckfreien Praxis, virtuellen Konstruktionsmodellen und zu 3-D-Kauflächengestaltung aus zentralen Zahnbibliotheken steht an.

### 2.3 Procera<sup>®</sup> All Ceram

Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen bestehen aus einem Käppchen dicht gesintertem, hochreinem Aluminiumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3 > 99,5\%$ ), das mit Keramik verblendet wird [33].

#### **Procera<sup>®</sup>-Methode**

---

*Matts Anderson* entwickelte in mehrjähriger Forschungsarbeit zusammen mit Nobel Biocare und Sandvik ein computergestütztes System, das als CAD/CAM Verfahren die Herstellung von Aluminiumoxidkäppchen erlaubt. Ursprünglich war die Procera<sup>®</sup>-Technologie für die Verarbeitung von Titan eingesetzt worden. Durch einige Modifikationen konnte die Anwendung zur Verarbeitung hochfester gesinteter Werkstoffe erweitert werden [34]. Nachdem der vom präparierten Zahnstumpf hergestellte herkömmliche Abdruck vom Labor mit Gips ausgegossen wurde, folgt die extraorale mechanische Vermessung durch den an einen handelsüblichen Computer angeschlossenen Scanner mittels einer Tastnadel. Bei diesem Abtastvorgang mit einer Saphirkugel werden je nach Form des Gipsstumpfes 20.000 bis 150.000 Messpunkte ermittelt und in den Computer übertragen. Der Vorteil eines mechanischen Sensors ist, dass eine Genauigkeit von bis zu  $1\mu\text{m}$  erzielt werden kann. Sofern der Zahnstumpf in der Haltevorrichtung fest eingespannt ist und nicht verrutschen kann, werden auch präparationsbedingte Kanten und Ecken sehr genau erfasst. Nachteilig sind lange Messzeiten und Fehler an Mulden, in die die Messkugel nicht vollständig hineinpasst.

Die Konstruktion des Aluminiumoxidkäppchens erfolgt im Labor am Computer. Dabei wird u.a. die Präparationsgrenze festgelegt, die Randkontur eingegeben und das individuelle Design der Gerüstkappe gestaltet. Nach dem Datentransport in eine von drei Produktionsstätten (Stockholm/Schweden, Tokio/Japan und Mahwah/USA) wird vom Computer die 15-20 prozentige Schrumpfung vorausberechnet und der Stumpf um diesen Wert 3-dimensional vergrößert, um so die spätere Sinterschrumpfung der Aluminiumoxidkeramik auszugleichen. Mit Hilfe eines computergesteuerten Verfahrens wird dann eine vergrößerte Stumpfform gefräst, auf die anschließend mit mehreren Tonnen Druck stark verdichtetes hochreines Aluminiumoxidpulver gepresst wird. Dadurch wird zum einen eine genaue Wiedergabe der Präparation erreicht und zum anderen führt der hohe Druck zu einer hohen Packungsdichte der Aluminiumoxidkörner, die für die außergewöhnlich hohen Biegefestigkeitswerte (687 MPa) der Käppchen verantwortlich ist [35]. Aus dem gepressten „Rohling“ wird die individuelle äußere Form der Kappe computergesteuert gefräst. Während



## Literaturübersicht

des Sinterungsvorganges bei 1600°C schrumpft das Käppchen anschließend auf die Form, die für die Eingliederung beim Patienten benötigt wird. Die abschließende individuelle Gestaltung der Krone wird im Labor mit einer speziell auf den Wärmeausdehnungskoeffizienten ( $WAK 7 \times 10^2 \mu\text{m}/\text{mk}$ ) der Aluminiumoxidkeramik abgestimmten Verblendkeramik (Procera<sup>®</sup>AllCeram, Fa.Ducera, Rosbach) vorgenommen [34].

---

Mit dem Procera<sup>®</sup>-System können vollkeramische Kronen mit einer Gerüstkappe aus hochreiner Aluminiumoxidkeramik hergestellt werden. Diese liegen mit Biegefestigkeitswerten von 687 MPa [35] deutlich über denen der glasinfiltrierten Aluminiumoxidkeramik InCeram mit 360 MPa [36, 37] und der gepressten Glaskeramik IPS-Empress mit 170 MPa [37]. In Untersuchungen von *Wagner* und *Zeng* weist das dicht gesinterte, hochreine Aluminiumoxid der Procera<sup>®</sup>-Kappe eine Biegefestigkeit von bis zu 610 MPa auf [35, 38, 39]. Bei Käppchenstärken von 0,5 und 0,7 mm wurden in einer In-vitro-Untersuchung vergleichbare Bruchfestigkeitswerte ermittelt [40]. Die empfohlene Schichtdicke der Aluminiumoxidkäppchen beträgt nach wie vor 0,6 mm.

Neben der Bruchfestigkeit sind auch Werte der Bruchzähigkeit für die längerfristige Prognose entscheidend. Untersuchungen von *Wagner* und *Chu* [35] zeigten dabei für Procera<sup>®</sup> ( $4,48 \text{ MPa} \times \text{m}^{1/2}$ ) und für InCeram ( $4,49 \text{ MPa} \times \text{m}^{1/2}$ ) vergleichbare Werte, die signifikant über denen für Empress ( $1,74 \text{ MPa} \times \text{m}^{1/2}$ ) liegen. Durch den abschließenden Sinterungsvorgang erhält das Procera<sup>®</sup> Käppchen seine reine, porenfreie und homogene Gefügestruktur, die den industriell gefertigten Materialien entspricht [41]. Die Gerüstkappen werden mit der dazugehörigen Verblendmasse Procera<sup>®</sup> AllCeram verblendet, wobei beide Materialien einen aufeinander abgestimmten Wärmeausdehnungskoeffizienten besitzen.

Aluminiumoxid ist eine kristalline Keramik mit einem Schmelzpunkt von 2050°C. Diese Temperatur liegt weit über den Brenntemperaturen der für Procera<sup>®</sup> entwickelten Verblendkeramik. Somit werden beim Aufbrennprozess der Keramik die Präzision und die Passgenauigkeit des Käppchens sowie der Randschluss an der Präparationsgrenze nicht beeinträchtigt [42]. Messfehler und gerätespezifische Toleranzen, die in der Fertigungskette vom Scanner bis zur Frässtation auftreten, sind für die Passgenauigkeit der Kronenkäppchen entscheidend. Der mittlere Fehler während der Herstellung von geometrischen Probekörpern liegt bei einem Procera<sup>®</sup> Scanner bis zur Frässtation bei  $\pm 10 \mu\text{m}$  [43, 44].

## Literaturübersicht

Während in den ersten Jahren für die Herstellung der keramischen Kronenkappen ausschließlich reines Aluminiumoxid zur Anwendung kam, wird seit 2001 auch Zirkondioxid verarbeitet (Procera® AllZirkon).

Heffernan et al. ordneten die Lichtdurchlässigkeit von Procera® Kappchen gleichwertig mit der von Empress und besser als bei In Ceram Alumina ein. In-Ceram Zirconia wies die gleiche Opazität auf wie ein Metallgerüst [45].

Bei Restaurationen aus dicht gesinterter Aluminiumoxidkeramik kann in ästhetisch unkritischen Bereichen, wie z.B. die Palatinalflächen der oberen Schneidezähne, auf eine Verblendung verzichtet werden, wenn die Oberfläche Hochglanz poliert ist [46]. Damit ist der erforderliche Zahnhartsubstanzabtrag mit dem von Metallkeramikronen vergleichbar. Eine Orientierung für die Reduktion der Zahnhartsubstanz bei der Präparation für eine Procera® AllCeram-Einzelkrone bieten folgende Richtlinien:

<b>Anforderung</b>	<b>Mindestabtrag (mm)</b>
Breite der Hohlkehle	0,8- 1,0
Labiale Reduktion	1,2- 1,5
Inzisale Reduktion (Frontzahn)	2,0- 2,5
Okklusale Reduktion (Seitenzahn)	1,5- 2,0

Tab.2: Präparationsanforderungen [47]

Eine konventionelle Befestigung von Zahnersatz erfolgt rein mechanisch durch einen Zement, der die Reibung zwischen dem präparierten Zahn und der Restauration erhöht. Deshalb müssen konventionell zementierbare Vollkeramikwerkstücke hohe Festigkeitseigenschaften aufweisen. Anders bei einer adhäsiven Befestigung, bei der ein kraft- und spannungsschlüssiger, stabiler und randschlüssiger Verbund zwischen Zahnstumpf und Restauration hergestellt wird. Im Einzelfall ist es mitunter notwendig, die Vollkeramikkrone durch die Möglichkeit der Farbwahl des adhäsiven Befestigungszements in Nuancen an das Restzahngebiss anzupassen. Je opaker die einzusetzende Keramik ist desto mehr schwindet allerdings diese Wirkung.

Der hohe Eigenfestigkeitswert des Aluminiumoxidgerüsts ermöglicht es dem Zahnmediziner Procera® AllCeram Kronen und Brücken konventionell mit Zink-Phosphat-Zement oder mit Glasionomermertement einzusetzen [29].

Eine adhäsive Eingliederung der oxidkeramischen Restauration wird dennoch von einigen Autoren gefordert [48, 49].

## Literaturübersicht

Allerdings muss dabei berücksichtigt werden, dass die Oberfläche dieser Hartkernkeramiken wegen der fehlenden Glasphase nicht durch Anätzen veränderbar ist. Das bedeutet, dass eine Erhöhung der Mikrorauigkeit zur Retentionsverbesserung nur durch Sandstrahlen möglich ist. Sandstrahlen erhöht ebenfalls die Haftwerte für mit Glasionomerkement eingesetzte Restaurationen. Die höchsten Haftwerte erreicht man allerdings adhäsiv mit Kompositzement und einer mit dem Rocatec System (Silikatisieren und Silanisieren) bearbeiteten Gerüstinnenfläche [49].

Zudem verbessert adhäsives Bonding die Kronenrandabdichtung von Aluminiumkäppchen [48]. Rely-X™, ein selbstadhäsiver universaler Kompositzement bietet eine sinnvolle Alternative zu Mehrschritt-Komposit-Zementen bei der Befestigung CAD/CAM gefertigter Molarenkronen hinsichtlich der Randspaltpassung zum Dentin und der Bruchfestigkeit [50]. Auch bei Frontzähnen und Prämolaren sollte die Verwendung von Kompositzement gegenüber Glasionomerkement zur Optimierung der Bruchfestigkeit bevorzugt werden. Hingegen wies in Untersuchungen von *Hagmann* die Zementart bei Molaren keinen Einfluss auf die Kronenstabilität auf [51].

Die Bruchfestigkeit der Procera® AllCeram-Einzelkronen erreichten unabhängig von der Kronenform und Zementart Werte, die die klinischen Kaukräfte, von ca. 500 N im Seitenzahnbereich um ein hohes Maß übersteigen [51].

Allerdings stuft *Rodiger* aufgrund der erreichten Bruchlastwerte den Einsatz von dreigliedrigen Brücken im Seitenzahnsegment, hergestellt auf der Basis des Procera®-Systems, als fraglich ein [52].

Procera® AllCeram Käppchen hatten in der Untersuchung von *Albert*, verglichen mit Metallkeramikkäppchen größere Randspalten [53]. Bei *Pilathadka et al.*, *Freemeyer et al.*, *Suárez* und *Kokubo* lagen die Abweichung der marginalen Passgenauigkeit der mit CAD/CAM gefertigten Procera®-Kronen aber innerhalb der tolerierbaren 100µm [29, 54-56]. Im direkten Vergleich dreier Vollkeramiksysteme in einem Laborversuch ergaben die Ergebnisse einer Randspaltmessung signifikante Unterschiede. In-Ceram Kronen wiesen eine durchschnittliche Spaltbreite von 161 µm, Procera® AllCeram Kronen 83 µm und IPS Empress Kronen 63 µm auf [57].

Vorteile des Procera<sup>®</sup> AllCeram Systems nach *Hegenbarth* [34] sind:

- Hochfester Aluminiumkern (Biegefestigkeit über 600MPa)
- Sehr gute gingivale Verträglichkeit und Biokompatibilität
- Naturnahe lichteoptische Qualität des Verblendmaterials (Fluoreszenz, Opaleszenz und Transluzenz)
- Natürliche Farbwirkung im Front- und Seitenzahnbereich
- Vorteile im „ästhetischen Grenzfall“ (devitale Zähne)
- Einsatzmöglichkeit auch im posterioren Bereich
- Ausgezeichneter Randschluss

### 2.4 Ergebnisse aus klinischen Untersuchungen

Vollkeramikronen zeigen Fünf-Jahres-Überlebensraten, die mit den Überlebensraten konventioneller Kronen vergleichbar sind [21].

Bei Procera<sup>®</sup> AllCeram mit Aluminiumoxidkappen handelt es sich um eine klinisch erfolgreiche Methode für metallfreie, ästhetische Vollkeramikronen im Front- und Seitenzahngebiet [19, 58-61].

*Freesmeyer* und Kollegen ermittelten Überlebensraten für Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen von 97,9% nach drei Jahren Verweildauer im stomatognathen System [24].

Eine ähnliche Einschätzung teilten *Fradeani* und Kollegen (2005) in ihrer Veröffentlichung. Die Überlebensrate der über einen Zeitraum von fünf Jahren beobachteten 205 Kronen betrug hier 96,7% (100% für Frontzahnkronen und 95,15% für Seitzahnkronen) [62].

Der klinische Erfolg zeigte sich dabei unabhängig von der Lokalisation des Pfeilers, der Sensibilität zum Zeitpunkt der Kroneninsertion, dem Präparationsdesign und dem zur Eingliederung verwendeten Zement [58]. Auch *Zitzmann* und Kollegen stellten in ihrer Untersuchung dar, dass der Erfolg sich unabhängig von der Lokalisation des Pfeilers, dem Kronendesign und dem verwendeten Zement einstellte [59].

Im Bereich der Gingiva der mit Procera<sup>®</sup>-Einzelzahnrestorationen versorgten Zähne wurde eine geringfügig erhöhte Blutungsneigung im Vergleich zu den kontralateralen nicht überkronten Zähnen festgestellt [63].

Zur Bewertung eines neuen Kronensystems empfiehlt sich die klare Unterscheidung zwischen rein mechanischen Misserfolgen - wie der Kronenfraktur - und biologischen Komplikationen

des Pfeilerzahnes, die primär nicht durch das Versagen des Kronensystems verursacht worden sind [63, 64].

Die Passgenauigkeit von Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen ist vergleichbar mit konventionellen und innovativen Systemen [65].

Die Studie von *Etman* (2008) zeigt eine höhere Abnutzung der Keramik von Procera<sup>®</sup>-Kronen im Bereich der okklusalen Kontaktpunkte gegenüber Metallkeramikronen. Über einen Zeitraum von zwei Jahren wies die Metallkeramik insgesamt weniger Veränderungen und eine höhere Abriebfestigkeit verglichen mit Procera<sup>®</sup>-Kronen auf [66].

Die geringsten Randspaltbreiten ermittelte *Pilathadka* bei der Eingliederung der Procera<sup>®</sup>-Krone mit Glasionomierzement [67].

### **Ziel der Untersuchung**

In immer kürzeren Zeitabständen werden auf dem Markt innovative Technologien zur Verarbeitung und neuentwickelte vollkeramische Materialien (gießfähige Keramiken, pressbare Keramiken, CAD/CAM Verfahren etc.) vorgestellt. Im Kontext dieser rasanten Fortschritte stellt die klinische Langzeitbewährung dieser Systeme ein entscheidendes Kriterium dar, welches sich diese Arbeit zum Ziel gemacht hat. Heute 2010 ist das Indikationsspektrum für die Vollkeramik wesentlich breiter als noch vor wenigen Jahren. Durch die vorliegende Untersuchung soll das Wissen über vollkeramische Kronen des Procera<sup>®</sup> AllCeram Systems durch Erkenntnisse zu Haltbarkeit, Qualität, Patientenzufriedenheit und gesundheitlichen Aspekten nach zehn Jahren in situ unter Funktion erweitert werden.

Das Ziel dieser Arbeit ist eine klinische Verlaufsuntersuchung mittels Kaplan-Meier Analysen von 74 vollkeramischen Kronen, die mit dem Procera<sup>®</sup> AllCeram System der Firma Nobel Biocare (Göteborg, Schweden) vor über 10 Jahren an der Zahnklinik Süd der Freien Universität in Berlin hergestellt und eingliedert wurden.

## Literaturübersicht

Nachfolgende Fragestellungen sollen im Rahmen dieser Arbeit untersucht und beantwortet werden:

- Qualität der Kronen nach zehn Jahren Tragedauer beurteilt anhand der CDA-Kriterien
- Vergleich des Plaqueindex und des Sulkus-Blutungsindex bei den mit Procera<sup>®</sup> Kronen versorgten Zähnen im Vergleich zu einem Kontrollzahn
- Beurteilung der Einflussparameter Lage und Kontur des Kronenrandes auf den Plaqueindex und den Sulkus-Blutungsindex
- Wie hoch ist die Überlebensrate/Langzeitstabilität (Kaplan-Meier-Analyse) von Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen nach zehn Jahren in situ?
- Bewertung der Einflussparameter Parafunktion, Lokalisation der Kronen, Pfeileraufbau, Befestigungsart und Sensibilität der Zahnstümpfe auf die Überlebensrate/ Langzeitstabilität
- Analyse möglicher Ursachen für Frakturen an Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen
- Patientenzufriedenheit hinsichtlich Qualität und Ästhetik der eingliederten Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen?
- Vergleich der 10-Jahresdaten mit den Daten zum Zeitpunkt der Eingliederung und den Daten einer Nachuntersuchung nach fünf Jahren Tragedauer

### 3 Material und Methoden

#### 3.1 Probanden und klinische Vorgehensweise

Im Zeitraum von 1997 bis 2001 wurden bei 75 Patienten 154 Einzelkronen aus Procera<sup>®</sup> AllCeram eingegliedert. Zu einem Kontrolltermin zwei Wochen nach der Eingliederung der Kronen wurden die Sensibilität, der Lockerungsgrad, der Plaqueindex sowie der Sulkus-Blutungsindex des versorgten Zahnes sowie eines Kontrollzahnes erhoben. Als Kontrollzahn wurde zumeist der gleiche Zahn der kontralateralen Kieferhälfte ausgewählt. Wenn dieser nicht vorhanden war, wurde der identische Zahn im Gegenkiefer als Kontrollzahn bestimmt. Kontrollzähne durften allenfalls mit einer Füllung versorgt sein. Zur Vergleichbarkeit der Daten wurde bei der jetzigen 10-Jahres-Nachuntersuchung auf denselben Untersuchungsbogen zurückgegriffen, der bereits zur Baseline-Untersuchung und zur 5-Jahres-Studie verwendet wurde. Dieser berücksichtigt bei den Ankerzähnen die Sensibilität, den Lockerungsgrad, die Aufbauart (plastischer Aufbau, kein Aufbau, gegossener Stift, Schraube, Cosmopoststift oder auch Implantat) sowie den verwendeten Befestigungszement. Bei den Kontrollzähnen wurde zudem dokumentiert, ob eine Füllung vorhanden war und aus welchem Material sie bestand.

Regelmäßige Recalltermine wurden mit den Patienten nicht vereinbart.

Die Rekonstruktion wurde nach CDA-Kriterien beurteilt, welche folgend beschrieben werden. Außerdem wurde ein Komplikationsprotokoll erhoben, falls Mängel identifiziert wurden.

Die Patienten beantworteten den selbst entwickelten Fragebogen, der zwischenzeitliche Interventionen an den überkronten Zähnen abfragt, sowie die Zufriedenheit mit der Rekonstruktion und der damaligen Entscheidung für eine Vollkeramikkrone.

Bereits 2002 wurden in einer vorangegangenen Dissertation die 5-Jahresdaten erhoben. In dieser ersten Nachuntersuchung konnten 44 Patienten mit 99 Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen einbezogen werden.

In der vorliegenden Nachuntersuchung aus dem Jahr 2009 wurden 36 Patienten mit insgesamt 74 Rekonstruktionen berücksichtigt. Die Patienten wurden telefonisch, teilweise mehrfach, kontaktiert und um einen Termin zur Nachuntersuchung ihrer Procera<sup>®</sup>-Kronen gebeten. Bei einigen Patienten wurden mehrere Kronen angefertigt. Jeder Kronenzahn bekam einen Kontrollzahn zugewiesen. Für 52 Kronen lagen für diese Studie die 5-Jahresdaten und für 17 Procera<sup>®</sup>-Kronen lagen die Baseline Daten zum direkten Vergleich vor.

### 3.2 Aufbau des Untersuchungsbogens

Das vollständige klinische Untersuchungsprotokoll befindet sich im Anhang unter 8.1.

#### **Allgemeines**

Neben den Personaldaten der Patienten wurde das Datum der Nachuntersuchung dokumentiert.

#### **Lokalisation**

Die überkronten Zähne bzw. die Kontrollzähne wurden hinsichtlich Vitalität und Lockerungsgrad untersucht. Die Sensibilität wurde mit Kältespray (Dichloridfluormethan) getestet und die Zahnlockerung wurde taktil durch Hin- und Herbewegen der Zahnkrone ermittelt. Die Einteilung der Schweregrade der Zahnmobilität erfolge nach *Flemmig* [68]:

- Grad 0 : physiologische Beweglichkeit
- Grad I : spürbar erhöhte horizontale Mobilität
- Grad II : sichtbare horizontale Mobilität
- Grad III : hohe horizontale Mobilität, incl. vertikaler Mobilität

Bei der Erhebung des Befundes wurde auf die Existenz von Schliffacetten speziell am Antagonisten aber auch im Restzahngebiss geachtet. Die Patienten wurden befragt, ob sie selbst bemerkt haben, dass sie knirschen oder pressen. Weitere Hinweise auf Bruxismus können Schmerzen der Kiefermuskulatur am Morgen, Hypertrophie des Musculus Masseter sowie Angaben des Schlafpartners sein. Aus Gründen der späteren Vergleichbarkeit der Probanden wurde die Frage zu Parafunktionen, auch bei keinerlei Auffälligkeiten, jedem Patienten gestellt.

#### **Indices**

Plaqueindex und Sulkus-Blutungsindex wurden für die Procera<sup>®</sup> AllCeram Krone und den Kontrollzahn mit der Sonde, der Parodontalsonde (WHO) und dem Spiegel erhoben. Für den Plaqueindex wurden am zu untersuchenden Kronenzahn vier Flächen und für den Sulkus-Blutungsindex sechs Flächen beurteilt. In die statistische Auswertung wurde jeweils der schlechteste gemessene Wert übernommen.



### Plaqueindex (PI)

Die supragingivale Plaqueverteilung auf den Zähnen ist ein guter Indikator für die Mundhygiene eines Patienten. Der Plaqueindex nach *Silness* und *Löe* (1964) bewertet die native Plaqueanlagerung bzw. die Plaquedicke in der Region der Gingiva in vier Graden [69, 70]. Die Ermittlung des Index erfolgte ohne Anfärbungen. Der PI wurde visuell und mit Hilfe einer zahnärztlichen Sonde erhoben.

Intensitätsgrade:

0 = keine Plaque

1 = hauchdünner Plaquefilm auf dem Gingivarand und den benachbarten Zahnflächen; nur durch Schaben mit der Sonde erkennbar

2 = mäßige Plaqueablagerung in Verbindung mit dem Gingivarand, mit bloßem Auge gut sichtbar; Interdentalraum nicht ausgefüllt

3 = dicke Zahnbeläge im Bereich des Gingivarandes; oft weit auf Zahnkronen übergreifend; Interdentalraum mit Belag ausgefüllt

### Sulkusblutungsindex (SBI)

Der Sulkusblutungsindex stellt eine Weiterführung des Gingivitis Index (GI) unter Berücksichtigung des Entzündungszeichens Blutung dar. Die Autoren *Mühlemann* und *Son* (1971) stützen sich dabei auf die Tatsache, dass das Initialsymptom einer Gingivitis das Auftreten von leichten Blutungen aus dem Sulkusbereich ist [71, 72]. Zur Sondierung benutzt man eine stumpfe Sonde. Neben der Blutung finden noch Farb- und Formveränderungen der Gingiva Berücksichtigung. Die Papillen und Marginalsäume werden anhand der Sechspunktmessung (mesiovestibulär, vestibulär, disto-vestibulär, distooral, oral, mesiooral) getrennt untersucht und bewertet. Da die befestigte Gingiva selten betroffen ist, kann man auf deren Einschätzung verzichten.

vereinfachte Entzündungsgradeinteilung:

0 = normal aussehende Gingiva, keine Blutung bei Sondierung

1 = geringe Farbveränderung, leichtes Ödem, Blutung bei schonungsvoller Sondierung

2 = entzündliche Farbveränderung, schweres Ödem, spontanes Bluten

Die Lage des Kronenrandes zur Gingiva ist anschließend mit Sonde und Spiegel ermittelt worden. Die klinische Kontrolle der Konturfehler von festsitzenden Restaurationen mit Hilfe

der zahnärztlichen Sonde in Kombination mit der visuellen Inspektion ist ein häufig angewandtes Verfahren in der zahnärztlichen Praxis.

### **CDA-Bewertung**

Die von *Ryge* und *Snyder* 1971 postulierte Forderung, dass es für die objektive Beurteilung klinischer Untersuchungen ebenso wichtig ist, standardisierte Methoden zu verwenden wie sie bei In-vitro-Untersuchungen angewendet werden, veranlasste die California Dental Association (CDA) 1972 ein System zur Qualitätsbewertung von zahnmedizinischen Versorgungen und Behandlungsmethoden zu entwickeln [73-76].

Die Kriterien der CDA Bewertung wurden zur Beurteilung der Qualität der Procera® Kronen verwendet und berücksichtigen:

1. Oberfläche und Farbe
2. Anatomie und Okklusion
3. die Randqualität.

Auf der Grundlage konnte entschieden werden, ob eine Krone in diesen drei Merkmalen im „klinisch akzeptablen“ Bereich oder im „klinisch nicht akzeptablen“ Bereich lag. Dazu wurde die Krone mit Luft aus der Multifunktionsspritze ausreichend getrocknet und gut ins Licht gerückt, damit eine genaue Einschätzung mit Hilfe von Spiegel, Sonde, blauer Okklusionsfolie und Zahnseide vorgenommen werden konnte. Dabei wurden sehr gute Ergebnisse mit „exzellent“ ausgezeichnet. „Gute“ Ergebnisse weichen einen gewissen Grad von der idealen Kronengestalt ab, sind aber „klinisch akzeptabel“. In der Gruppe der „klinisch nicht akzeptablen“ Kronen differenziert man zwischen einer notwendigen Korrektur bzw. einer präventiven Austauschindikation der Krone „mangelhaft“ und der sofortigen Interventionsindikation „ungenügend“. Eine Fraktur, eine Porosität im Kronenmaterial, ein Farbton in großer Disharmonie zum Restzahngebiss, eine traumatische Okklusion oder gar eine grobe Nonokklusion werden entsprechend den Kriterien nach *Ryge* als Indikator für die Erneuerungsbedürftigkeit angesehen.

Kategorien	klinisch akzeptabel		klinisch nicht akzeptabel	
	exzellent	gut	mangelhaft	ungenügend
<b>Oberfläche/ Farbe</b>	bezogen auf die Richtlinien	unebene raue Oberfläche, leichtes Missverhältnis beim Farbton zwischen Krone und Zahn	irreguläre Oberfläche nicht entsprechender Anatomie, fehlerhafter Farbton zwischen Krone und Zahn	frakturierte Oberfläche, glänzende Porosität im Kronenmaterial, Farbton in grober Disharmonie
<b>Anatomie/ Okklusion</b>	bezogen auf die Richtlinien	leicht über-/unterkonturiert, Okklusion nicht vollständig funktional, Randleiste leicht unterkonturiert, Kontaktpunkt leicht geöffnet, Form kann Speiseimpaktation verursachen	Krone über-/unterkonturiert, Okklusion ist in Mitleidenschaft gezogen, fehlerhafter Kontaktpunkt, Randüberhang, Form verursacht Speiseimpaktation und Irritation	traumatisierte Okklusion, grobe Nonokklusion
<b>Randqualität</b>	bezogen auf die Richtlinien	leichte marginale Diskrepanz entlang des Randes, Verfärbung des Randes zwischen Krone und Zahn	fehlerhafter, falscher Rand, durchdringende Verfärbung entlang des Randes	bewegliche Restauration, frakturierte Krone, kontinuierlich Karies am Rand, frakturierte Zahnstruktur

Tab.3: Kodierung der CDA- Bewertung

### Patientenbefragung

Der Patientenfragebogen beinhaltete Fragen zu zwischenzeitlichen Behandlungen an dem überkronten Zahn und ob Empfindlichkeiten bei Heißem bzw. Kaltem oder beim Kauen auftraten. Es wurde nach der allgemeinen Zufriedenheit mit der eingegliederten Procera®-Krone gefragt und ob man sich im Nachhinein noch einmal für diese kostenaufwändigere Versorgung entscheiden würde.

### Komplikationsprotokoll

Keramikdefekte wurden genau hinsichtlich der Fläche, der Größe, der Lokalisation und des Frakturzeitpunktes beschrieben. Der Verlauf der Fraktur und das eventuelle Vorkommen weiterer Sprünge in der Keramik wurden untersucht. Abschließend wurde eine Einschätzung

bezüglich einer erforderlichen Entfernung oder eines tolerierbaren bzw. korrigierbaren Defektes getroffen.

### 3.3 Statistische Auswertung

Die Anhand der klinischen Untersuchung erhobenen Daten wurden computergestützt ausgewertet. Sie wurden mittels des Textverarbeitungsprogramms Word (Microsoft) und des Tabellenkalkulationsprogramms Excel (Microsoft) aufbereitet.

#### **Deskriptive Statistik**

Patientenspezifische Daten, wie z.B. Alter zum Zeitpunkt der Eingliederung und Geschlecht wurden statistisch deskriptiv mit Hilfe von tabellarischen Auflistungen, graphischen Darstellungen und der Berechnung von statistischen Kennwerten (Mittelwert, Standardabweichung) ausgewertet.

#### **Analytische Statistik**

Die Prüfung der Verfahrensvoraussetzungen erfolgte jeweils vor der Bearbeitung der einzelnen Fragestellungen. Im Querschnittsansatz (Ergebnisse der Untersuchung 2009) tritt jedes Untersuchungsobjekt nur einmal in einer Stichprobe auf, so dass von unabhängigen Stichproben ausgegangen wurde.

Zur Untersuchung von Mittelwertsunterschieden zwischen den Teilgruppen der Stichprobe kamen aufgrund der verschiedenen Voraussetzungen unterschiedliche Testverfahren zum Einsatz.

#### Der $\chi^2$ Vierfeldertest

Im Folgenden soll das Prüfverfahren vorgestellt werden, das der Untersuchung systematischer Unterschiede im Hinblick auf die Verteilung einer zu untersuchenden Variable zwischen zwei unabhängigen Stichproben dient.

Der  $\chi^2$  Vierfeldertest ist ein Verfahren zur statistischen Analyse alternativer Daten (nominales Datenniveau mit dichotomer Ausprägung). Es wird geprüft, ob zwischen den Gruppen ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der beiden Kategorien besteht. Dies ist dann der Fall, wenn die empirischen Häufigkeiten von den erwarteten Häufigkeiten um einen bestimmten Wert abweichen. Sollte das Minimum der Erwartungshäufigkeiten kleiner als 5 sein, so wird der exakte FISHER- Test eingesetzt.

## Material und Methoden

	Stichprobe 1	Stichprobe 2	Summe
Kategorie 1	$n_{11}$	$n_{12}$	$Z_1$
Kategorie 2	$n_{21}$	$n_{22}$	$Z_2$
Summe	$S_1$	$S_2$	$N$

Für die Nullhypothese wird beim Vergleich der beiden Stichproben davon ausgegangen, dass der Unterschied zwischen den Häufigkeiten von zufälligen Faktoren verursacht wird, also nicht systematisch ist. Die Alternativhypothese besagt im Unterschied dazu, dass Differenzen auf unterschiedliche Wahrscheinlichkeiten der Ausprägung zurückzuführen sind. Zur Überprüfung der Nullhypothese werden die empirisch vorgefundenen Verteilungen verglichen und im Hinblick auf auftretende Unterschiede zwischen den Stichproben in geeigneter Weise bewertet. Sind diese Unterschiede zu groß, wird auf signifikante Unterschiede zwischen den Grundgesamtheiten aus denen sie stammen geschlossen.

Für den Einsatz des  $\chi^2$  Vierfeldertest müssen die beiden nachfolgenden Bedingungen erfüllt sein.

1. Der Gesamtstichprobenumfang  $N$  sollte mindesten 60 sein, also  $N \geq 60$ .
2. Die so genannten erwarteten Häufigkeiten sollten mindestens 5 sein. Das wird durch folgenden Formel überprüft:  $N\tilde{p}_{\min.} = (S_{\min} Z_{\min}) / N \geq 5$ .

Die Prüfgröße  $\chi^2$  wird nach folgender Vorschrift berechnet:

$$\chi^2 = N(n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21})^2 / (Z_1 Z_2 S_1 S_2)$$

Die Testgröße  $\chi^2$  wird mit dem kritischen Wert  $\chi^2_{\alpha, f}$  der tabellierten  $\chi^2$  Verteilung verglichen. Es gilt: wenn  $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha, f}$  ist, dann wird die Nullhypothese abgelehnt. Die Anzahl  $f$  der Freiheitsgrade ist bei alternativen Daten gleich 1, da bei konstanten Randsummen nur eine Häufigkeit frei wählbar ist. Das Signifikanzniveau wird auf  $\alpha = 0,05$  festgelegt. Somit ergibt sich bei zwei Stichproben mit zwei Kategorien (alternative Daten) der kritische Wert  $\chi^2_{0,05; 1} = 3,84$  [77].

Für die statistischen Auswertungen der Untersuchungen im Zeitverlauf (1997, 2002, 2009) wurde der Chi<sup>2</sup>-Vierfeldertest MC NEMAR für abhängige Stichproben verwendet. Wenn die Erwartungshäufigkeiten kleiner 5 waren, erfolgte die Angabe der exakten Signifikanz.

Weil dieser Untersuchung explorative Fragestellungen zugrunde liegen, wurde zweiseitig geprüft. Bei den Analysen wurde grundsätzlich eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% verwendet. Diese statistischen Analysen wurden mit STATA 11 und EXCEL durchgeführt.

### Kaplan-Meier-Analyse

Die Kurve zur Überlebensrate der untersuchten Kronen wurde mit Hilfe des Programms GraphPad Prism 5 erstellt. Zur Berechnung der Überlebenswahrscheinlichkeit aller untersuchten Kronen wurde die Auswertung nach Kaplan-Meier [78] angewandt.

Die Kaplan-Meier-Kurve stellt mit konkreten Werten einer Stichprobe eine Schätzung der Verweildauer der Kronen im stomatognathen System dar. Auf der x-Achse sind die Jahreszahlen angeordnet. Zu jeder Jahreszahl wird auf der y-Achse ein Schätzwert der Wahrscheinlichkeit angegeben, mit welcher die Restauration mindestens für diesen Zeitraum in Funktion bleibt.

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Deskriptive Statistik

Im Rahmen dieser klinischen Studie wurden Procera® AllCeram Kronen nach einem Zeitraum von zehn Jahren untersucht. 51 Patienten konnten telefonisch erreicht werden, die verbliebenen 24 Patienten konnten weder über eine gezielte Internetrecherche noch in den Akten der Zahnklinik ausfindig gemacht werden. 36 Patienten sind zum vereinbarten Termin erschienen. Von den 15 telefonisch erreichten Patienten ist einer ohne Angabe von Gründen der vereinbarten Nachuntersuchung ferngeblieben. Zwei Patienten konnten aus gesundheitlichen Gründen nicht in die Zahnklinik kommen, zwei Patienten sind umgezogen, ein Patient fühlte sich belästigt, zwei weitere Patienten gaben private Probleme an und wollten sich keine Zeit nehmen. Drei Patienten gaben an aus beruflichen Gründen einen Kontrolltermin nicht wahrnehmen zu können und vier Patienten hatten in der Zwischenzeit eine prothetische Neuversorgung erhalten.

Insgesamt wurden 74 Kronen bei 36 Patienten bewertet, wobei sich 42 Kronen im Frontzahnbereich und 32 Kronen im Seitenzahnbereich befanden. Es fielen 70% der Kronenversorgungen in der untersuchten Gruppe auf Frauen, demnach betrug der Männeranteil 30%. Männer und Frauen unterscheiden sich nicht signifikant im Hinblick auf die Lokalisation der Kronen im Front- vs. Seitenzahngebiet ( $\chi^2=1,6295$ ;  $p=0,202$ ). Die Versorgung mit Procera®-Kronen im ästhetisch wichtigen Frontzahnbereich umfasste in der untersuchten Gruppe den Hauptanteil der evaluierten Kronen (57%).

	Geschlecht		Position	
	Männer	Frauen	Oberkiefer	Unterkiefer
Frontzahngebiet	10	32	39	3
Seitzahngebiet	12	20	22	10
Chi <sup>2</sup>	1,6295		- <sup>1</sup>	
p- Wert	0,202		-	
exakte Signifikanz (Fisher)			<b>0,012</b>	

*Anmerkungen:* <sup>1</sup>exakter Test, absolute Zellenhäufigkeit < 5

**Tab.4:** Unterschiede in der Lokalisation Front- vs. Seitenzahngebiet für Geschlecht und Position im Ober- bzw. Unterkiefer (n=74)

## Ergebnisse

Die mit Hilfe des Fisher-Tests ermittelten Ergebnisse zeigen, dass sich die Lokalisation (Frontzahnggebiet vs. Seitzahnggebiet) der Kronen im Hinblick auf die Position im Ober- vs. Unterkiefer signifikant unterscheiden ( $p = 0,012$ ). Kronen im Unterkiefer befinden sich häufiger im Seitzahnggebiet und Kronen im Oberkiefer sind eher im Frontzahnggebiet lokalisiert. Insgesamt befanden sich die meisten untersuchten Kronen im Oberkieferfrontzahngbereich, die wenigsten im Unterkiefer Frontzahngbereich.

Das folgende Diagramm zeigt die genaue Verteilung der einzelnen Kronen und deren jeweilige Zahnposition gegliedert in Oberkiefer (OK) und Unterkiefer (UK) unabhängig vom Geschlecht.

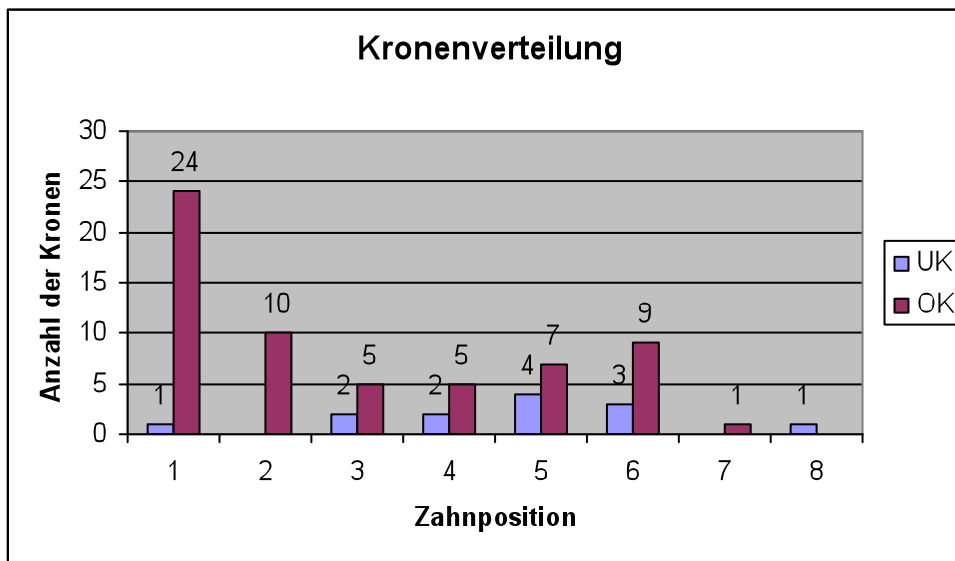


Abb.2: Lokalisation der untersuchten Kronen (n=74)

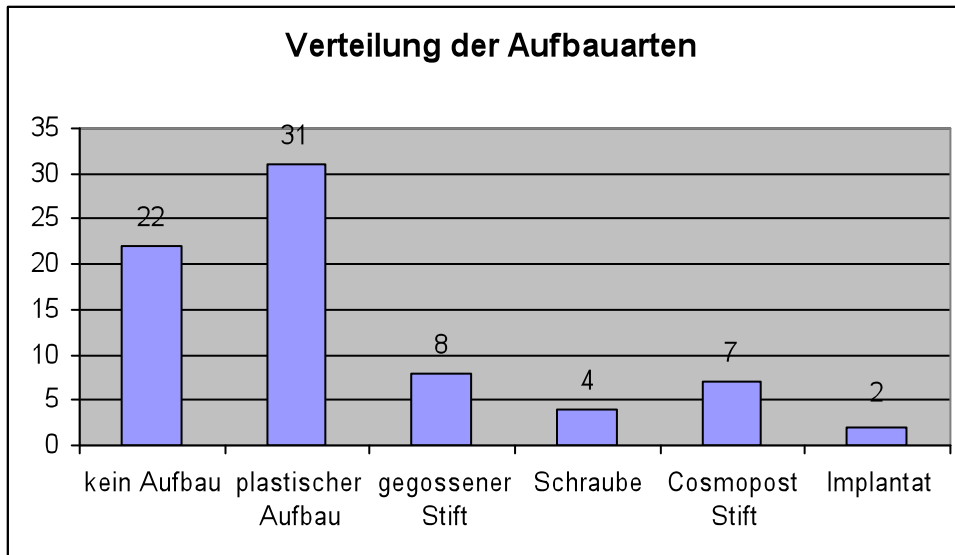
Das durchschnittliche Alter der Patienten lag bei 48 Jahren. Dabei waren der jüngste Patient 29 und der älteste 79 Jahre alt.

Die in dieser Studie untersuchten 74 Kronen befanden sich im Mittel zehn Jahre und zwei Monate in situ unter Funktion. Die Standardabweichung für die Beobachtungszeit beträgt ein Jahr und zehn Monate.

Die überkronten Zähne haben im Rahmen der Vorbehandlung unterschiedliche Arten von Aufbauten erhalten. Zwei der Kronen befanden sich auf einem enossalen Implantat.



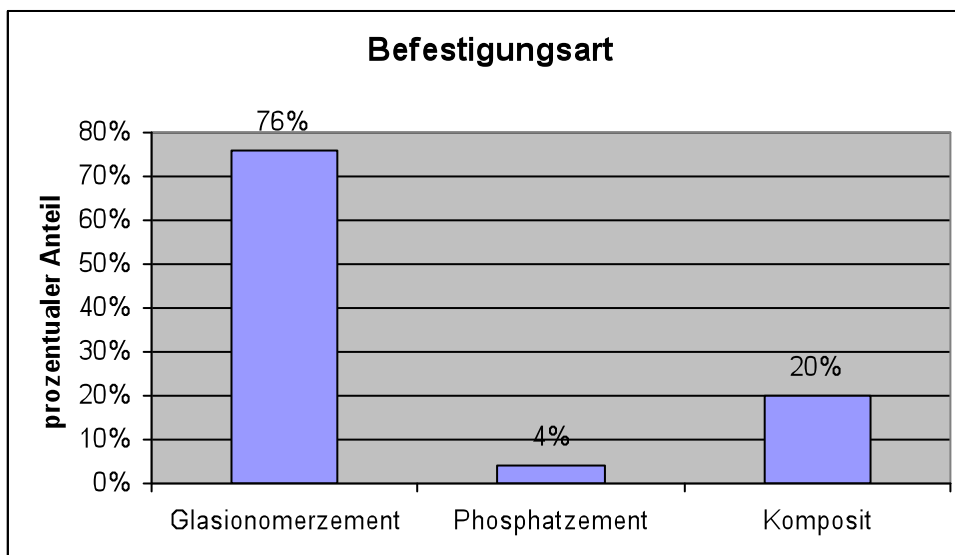
## Ergebnisse



**Abb.3:** Verteilung aller untersuchten Kronen auf die Art des Zahnaufbaus (n=74)

Drei von den insgesamt fünf total frakturierten Kronen in der untersuchten Gruppe waren Zähne, die mit einem plastischen Aufbau versorgt worden waren. Die verbliebenen zwei total frakturierten Kronen hatten keinen Aufbau erhalten.

Die Kronen wurden mit drei unterschiedlichen Befestigungsmaterialien eingesetzt. Der Hauptanteil der Kronen (n=56) wurde mit einem Glasionomerezement (Ketac cem<sup>®</sup>, Espe) eingegliedert, drei mit Zinkphosphatzement (Harvard<sup>®</sup>, Hofmann Richter) und 15 mit Komposit (Panavia<sup>™</sup> 21, Kuraray).



**Abb.4:** Verteilung der untersuchten Kronen nach der Befestigungsart (n=74); Angaben in Prozent

## 4.2 Ergebnis der CDA-Bewertung

Die CDA-Bewertung erfolgte für 65 Kronen, die im Mittel zehn Jahre in situ unter funktioneller Belastung standen. Neun Kronen von insgesamt 74 konnten nicht beurteilt werden, da sie zwischenzeitlich durch eine Neuversorgung ersetzt worden waren. Die Liegezeit der 65 beurteilten Procera® AllCeram Kronen beträgt im Mittel zehn Jahre und acht Monate. Es ergibt sich eine Standardabweichung von einem Jahr und zwei Monaten.

Im Bereich Anatomie/Okklusion mussten lediglich zwei der bewerteten Kronen (3%) in die Kategorie „ungenügend“ und somit als unbedingt erneuerungsbedürftig eingeordnet werden. Drei Procera®-Kronen (5%) wurden mit einem „mangelhaft“ versehen. Von den verbleibenden Kronen erreichten 54 (83%) ein exzellentes und sechs (9%) ein gutes Ergebnis. In der Kategorie Randqualität erhielt eine Krone ein „ungenügendes“ Ergebnis. Eine Krone wurde mit der notwendigen Aufklärung des Patienten hinsichtlich einer intensiveren Pflege dieser Kronen als „mangelhaft“ mit zurzeit noch tolerierbarem Defekt eingestuft. 48 Kronen schlossen mit einem exzellenten Ergebnis ab und 15 Kronen erhielten die Einschätzung „gut“. Hinsichtlich der Farb- und Oberflächenqualität erreichten 53 der Procera®-Kronen (82%) ein exzellentes und zwölf (18%) ein gutes Ergebnis. Somit lagen alle 65 nachuntersuchten Kronen bezüglich der Bewertung nach Oberfläche und Farbe im klinisch akzeptablen Bereich.

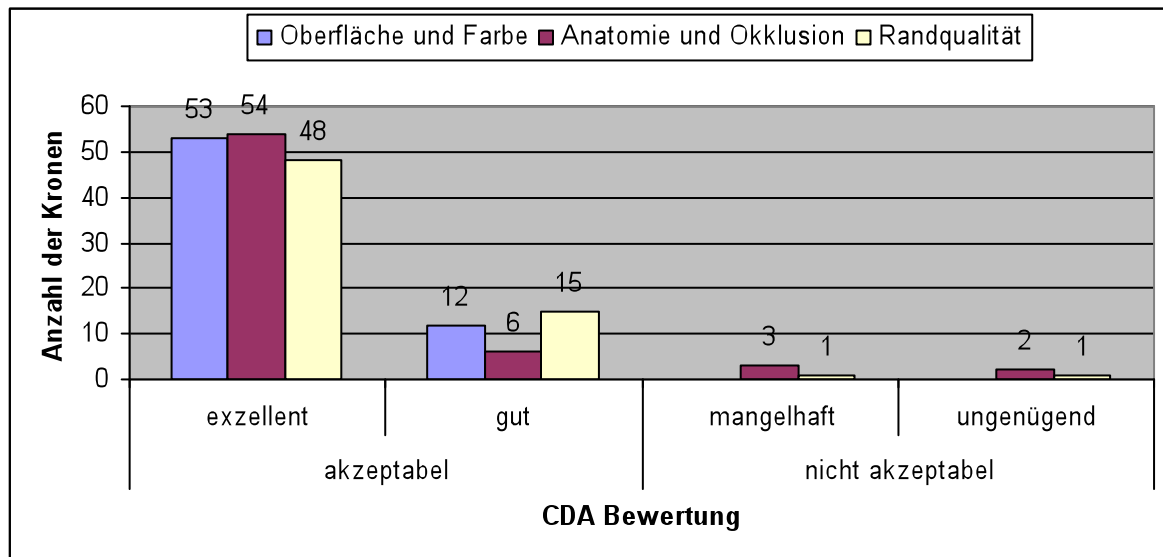


Abb.5: CDA Qualitätsbewertung für alle untersuchten Procera® AllCeram Kronen (n=65)

### 4.3 Ergebnisse zum Plaque- und Sulkus-Blutungsindex

#### Plaqueindex

Die erhobenen Daten für den Plaqueindex wurden mit den Werten des dazugehörigen Kontrollzahnes verglichen. 40% der untersuchten Procera<sup>®</sup>-Kronen zeigten im direkten Vergleich mit dem Kontrollzahn einen niedrigeren Plaquewert. Bei 58% der Kronen war die Bewertung des Plaqueindex identisch mit dem verglichenen Kontrollzahn und bei 2% wurde mehr Plaque an der Procera<sup>®</sup>-Krone als am Kontrollzahn registriert. Procera<sup>®</sup>-Kronen und die jeweiligen Kontrollzähne unterscheiden sich signifikant im Hinblick auf die Plaqueanlagerung ( $p < 0,05$ ).

#### Sulkus-Blutungsindex

Der Sulkus-Blutungsindex umfasst drei Untersuchungsparameter zur Beurteilung des Gesundheitszustandes der Gingiva: die Farbveränderung bzw. die Rötung des Zahnfleisches, die Blutung und das Ödem. Die gemessenen Werte an der Krone wurden direkt mit denen des Kontrollzahnes verglichen. Überwiegend ergab sich dabei für alle drei Bewertungskriterien des Sulkus-Blutungsindex, dass die gemessenen Werte an der Krone den Werten des Kontrollzahnes glichen.

Für 29% der Kronen konnte im Bestimmungsmerkmal Farbveränderung eine bessere Bewertung der Krone im Vergleich zum Kontrollzahn ermittelt werden. Eine Rötung des Zahnfleisches an einer Krone mit gleichzeitig gesundem Zahnfleisch am Kontrollzahn lag bei keinem Patienten vor. Damit ergibt sich für die Kronen, bei denen die gleiche Farbveränderung vorliegt wie beim Kontrollzahn, ein Anteil von 71%.

Ein leichtes Ödem an der Krone und keines am Kontrollzahn konnte bei 6% der Kronen aller untersuchten Patienten nachgewiesen werden. Dahingegen wiesen 42% der Kronen ein Ödem am Kontrollzahn, nicht aber an der Krone auf. In 52% der Fälle glichen die Ödemwerte der Kronen und Kontrollzähne einander.

Eine Blutung nach schonungsvoller Sondierung an der Krone und nicht am Kontrollzahn konnte nur bei 3% der Kronen beobachtet werden. Für 55% der Kronen war ein gleicher Wert bezüglich der Blutung zwischen Krone und kontralateralem Zahn festzustellen und bei 42% konnten bessere Werte für die Krone im Vergleich zum Kontrollzahn hinsichtlich einer Blutung festgehalten werden.

Für die Mehrzahl der untersuchten Kronen war somit der Sulkus-Blutungsindex (Farbveränderung, Ödem, Blutung) vergleichbar oder besser als beim Kontrollzahn. Allerdings konnte in der statistischen Analyse kein signifikanter Unterschied zwischen

## Ergebnisse

Kontrollzahn und Krone hinsichtlich der Kriterien Farbveränderung, Ödem und Blutung gezeigt werden.

	Plaueindex		Farbveränderung		Blutung		Ödem	
	0	1, 2	0	1	0	1	0	1, 2
<b>Procera Krone</b>	33	32	42	23	28	37	16	49
<b>Kontrollzahn</b>	17	48	36	29	24	41	18	47
p- Wert	<b>0,000006</b>		0,134		0,304		0,579	

Tab.5: Plaueindex und Sulkus-Blutungsindex von Krone und Kontrollzahn (n=65)

### 4.4 Plaueindex und Kronenrand

Ausgewertet wird hier der Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von Plaue und der Lage des Kronenrandes. Eine Plaueanlagerung konnte bei 32 von 65 Kronen nachgewiesen werden, die verbleibenden 33 Kronen wiesen keine erkennbaren Beläge bei der Untersuchung auf. Bei 13 Kronen mit supragingivalem Kronenrand befanden sich Plaueansammlungen und bei lediglich sechs Kronen, die einen supragingivalen Kronenrand aufwiesen, waren keine Beläge vorhanden. 19 Kronen mit sub- bzw. paragingival lokalisiertem Kronenrand wiesen Plaue am Gingivasaum auf. Bei 27 Kronen mit sub- bzw. paragingivaler Randlage der Krone wurde keine Plaueanlagerung festgestellt. Das Vorhandensein von Plaue unterscheidet sich signifikant im Hinblick auf die Position des Kronenrandes. Kein Zahnbelag befindet sich häufiger an Kronen, die eine sub- bzw. paragingivale Kronenrandlage aufweisen ( $\chi^2=3,9558$ ;  $p=0,047$ ).

	supragingivaler Kronenrand	para-/subgingivaler Kronenrand	keine Stufe	Über-/Unterkontur
	Plaue vorhanden	13	19	20
Plaue nicht vorhanden	6	27	24	9
Chi <sup>2</sup>	3,9558		0,7770	
p- Wert	<b>0,047</b>		0,378	

Tab.6: Vorhandensein von Plaue nach Lage des Kronenrandes und dem Vorliegen einer Stufe bzw. einer Über-/Unterkontur (n=65)

## Ergebnisse

Von den 44 Procera® AllCeram Kronen, die keine Stufe im Bereich des Kronenrandes aufwiesen, befand sich an 20 Kronen nachweislich Zahnbelag, an den restlichen 24 konnten keine Beläge festgestellt werden. Von 21 Kronen mit einer Unter- bzw. Überkontur im Bereich des Kronenrandes hatten zwölf Plaque entlang des Gingivasaumes und neun Kronen waren frei von sichtbaren Belägen. Aufgrund der vorgefundenen Ergebnisse des Chi<sup>2</sup> Tests kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-)Vorhandensein von Plaque im Hinblick auf die Kronenrandkontur (mit und ohne Stufe) unterscheidet ( $\chi^2=0,7770$ ;  $p=0,378$ ).

### 4.5 Sulkus-Blutungsindex und Kronenrand

#### Farbveränderung

Bei der Betrachtung der Farbveränderung der Gingiva im Vergleich zur Lage des Kronenrandes zeigten zehn Kronen (15%) mit supragingival liegendem Kronenrand eine Farbveränderung. Neun Kronen (14%) wiesen bei supragingivalem Kronenrand keine Rötung auf. Bei den Procera®-Kronen mit sub- bzw. paragingivalem Kronenrand zeigte die Gingiva bei 13 Kronen (20%) eine Rötung. Bei den verbleibenden 33 Kronen (51%) mit sub- bzw. paragingivalem Kronenrand war eine Farbveränderung des Zahnfleisches, welches an der Krone anlag, nicht nachweisbar. Aufgrund der vorgefundenen Ergebnisse des Chi<sup>2</sup> Tests kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-)Vorhandensein einer Zahnfleischrötung im Hinblick auf die Kronenrandlage (supra-, sub-/paragingival) unterscheidet ( $\chi^2=3,4929$ ;  $p=0,062$ ).

	supragingivaler Kronenrand	para-/ subgingivaler Kronenrand	keine Stufe	Über-/ Unterkontur
Rötung vorhanden	10	13	14	9
keine Rötung vorhanden	9	33	30	12
Chi <sup>2</sup>	3,4929		0,7576	
p- Wert	0,062		0,384	

Tab.7: Auftreten einer Rötung nach Kronenrandlage und dem Vorliegen einer Stufe bzw. Über-/Unterkontur (n=65)

Von den 44 Procera®-Kronen ohne eine Stufe im Bereich des Kronenrandes konnte bei 14 Kronen eine Zahnfleischrötung und bei 30 Kronen keine Farbveränderung der Gingiva ausgemacht werden. Von den 21 Kronen mit einer Über- oder Unterkontur des Kronenrandes

## Ergebnisse

lag bei neun Kronen eine Zahnfleischrötung vor. 12 Kronen waren trotz einer Über- oder Unterkontur vom Kronenrand unauffällig für das Bestimmungsmerkmal Rötung. Auch im Hinblick auf die Kronenrandkontur (keine Stufe, Über-/ Unterkontur) kann nach den Ergebnissen des Chi<sup>2</sup> Tests nicht davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-) Vorhandensein einer Zahnfleischrötung in diesem Bezug unterscheidet ( $\chi^2=0,7576$ ;  $p=0,384$ ).

### Ödem

Bei dem Vergleich der Lage des Kronenrandes mit dem Auftreten einer ödematösen Schwellung der Gingiva an dem untersuchten Kronenzahn wiesen von insgesamt 19 Kronen mit supragingival liegendem Kronenrand 15 (23%) eine Schwellung der Gingiva auf. Vier Kronen (6%) zeigten kein Ödem bei supragingivalem Kronenabschluss. Bei 34 Kronen (52%) mit subgingivaler/paragingivaler Kronenrandlage wurde eine Schwellung der Gingiva festgestellt. Zwölf (19%) dieser Kronen dagegen zeigten keine Zeichen eines Ödems. Nach dem Ergebnis des Fisher-Tests kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-) Vorhandensein eines Ödems im Hinblick auf die Kronenrandlage (supra-, sub-/paragingival) unterscheidet ( $p = 0,761$ ).

	supragingivaler Kronenrand	para-/ subgingivaler Kronenrand	keine Stufe	Über-/ Unterkontur
Ödem vorhanden	15	34	32	17
Ödem nicht vorhanden	4	12	12	4
Chi <sup>2</sup>	- <sup>1</sup>		- <sup>1</sup>	
p- Wert	-		-	
exakte Signifikanz (Fisher)	0,761		0,551	

**Anmerkungen:** <sup>1</sup>exakter Test, absolute Zellenhäufigkeit < 5

**Tab.8:** Unterschiede im Auftreten eines Ödems nach Kronenrandlage und Vorliegen einer Stufe bzw. einer Über-/Unterkontur (n=65)

Betrachtet man nun die Kontur des Kronenrandes in Bezug auf das Vorhandensein eines Ödems der Gingiva wurde bei 32 Kronen (49%) ohne Stufe eine Schwellung festgestellt. Bei zwölf Kronen (19%) ohne eine ertastbare Stufe im Bereich des Kronenrandes konnte ebenfalls kein Ödem nachgewiesen werden. Bei den 21 untersuchten Kronen mit einer Über- bzw. Unterkontur des Kronenrandes zeigten 17 Kronen (26%) eine Schwellung der Gingiva

## Ergebnisse

und vier Kronen (6%) konnten ohne Anzeichen einer ödematösen Veränderung des Zahnfleisches untersucht werden. Nach dem Ergebnis des Fisher Tests kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-)Vorhandensein eines Ödems im Hinblick auf die Kronenrandkontur (keine Stufe, Über-/ Unterkontur) unterscheidet ( $p=0,551$ ).

### Blutung

Bei 13 Kronen (20%) mit supragingivalem Kronenrand konnte auf Sondierung eine Blutung festgestellt werden, bei sechs Kronen (9%) trat keine Blutung auf. Von 46 Kronen mit sub- bzw. paragingivaler Lage des Kronenrandes wurde bei 24 Kronen (37%) eine Blutung durch die schonungsvolle Sondierung hervorgerufen. 22 Procera<sup>®</sup> Kronen (34%) blieben nach Sondierung des Zahnfleischesaumes ohne eine Blutung. Aufgrund des Ergebnisses des Chi<sup>2</sup> Tests kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-)Vorhandensein einer Blutung im Hinblick auf die Kronenrandlage (supra-, sub-/ paragingival) unterscheidet ( $\chi^2=1,4475$ ;  $p=0,229$ ).

	supragingivaler Kronenrand	para-/ subgingivaler Kronenrand	keine Stufe	Über-/ Unterkontur
Blutung ja	13	24	22	15
keine Blutung aufgetreten	6	22	22	6
Chi <sup>2</sup>	1,4475		2,6620	
p- Wert	0,229		0,103	

Tab.9: Auftreten einer Blutung nach Kronenrandlage und dem Vorliegen einer Stufe bzw. Über-/Unterkontur (n=65)

Bei dem Vergleich des Auftretens einer Blutung mit der Kontur der Kronen zeigten von insgesamt 44 Kronen, ohne eine ertastbare Stufe am Kronenrand, 22 (34%) eine Blutung nach Sondierung. Bei genau der gleichen Anzahl von Kronen (34%) war keine Blutung registriert worden. Von den 21 Kronen mit einer Über- bzw. Unterkontur wurde bei 15 Kronen (23%) ein kleiner Blutungspunkt festgestellt und sechs Kronen (9%) zeigten keine Blutungsreaktion auf die Sondierung. Aufgrund der vorgefundenen Ergebnisse des Chi<sup>2</sup> Tests kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-)Vorhandensein einer Blutung im Hinblick auf die Kronenrandkontur (keine Stufe, Über-/ Unterkontur) unterscheidet ( $\chi^2=2,6620$ ;  $p=0,103$ ).

### 4.6 Überlebensrate nach Kaplan-Meier

#### **Gesamt-Misserfolg**

Misserfolge wurden in biologische und technische untergliedert, technische Misserfolge in reparable und totale unterteilt.

Sieben Verluste sind in die Berechnung des Gesamt-Misserfolgs nicht mit eingeschlossen worden. Da fünf zahntechnische Keramikarbeiten aufgrund einer notwendigen prothetischen Neuversorgung des Restzahngebisses entfernt worden sind. Eine Krone frakturierte aufgrund äußerer Gewalteinwirkung (zum Zeitpunkt der Untersuchung noch in situ) und eine Fraktur folgte auf eine notwendig gewordene Trepanation einer Procera<sup>®</sup> AllCeram Krone im Seitenzahngebiet. Diese sieben Kronen wurden in die Bewertung nach Kaplan-Meier nicht mit einbezogen, da ein Versagen der Keramik bzw. ein Kronenverlust durch äußere Umstände (biologischer Misserfolg) bedingt war. Von zehn technischen Misserfolgen waren fünf als totale Misserfolge zu werten mit einer Fraktur der Verblendung und des Procera<sup>®</sup>-Käppchens, fünf stellten reparable Misserfolge infolge von Abplatzungen innerhalb der Verblendkeramik dar. Drei von insgesamt fünf total frakturierten Kronen sind mittlerweile durch Kronen anderer Systeme ersetzt worden. Zwei weitere total frakturierte Kronen befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung noch auf den jeweiligen Pfeilerzähnen. Eine mit der dringenden Indikation zur Neuversorgung (siehe Abbildung Nr. 8); und eine mit der Einschränkung, dass die Patientin in der Lage ist, die Totalfraktur, eine muschelförmige Abplatzung cervical, palatinal mit einer ungefähren Frakturfläche von 1mm<sup>2</sup>, mit entsprechender Aufklärung und der richtigen Putztechnik ausreichend zu pflegen. Die Gesamt-Überlebenswahrscheinlichkeit der Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen nach zwölf Jahren ist in der folgenden Abbildung dargestellt.



## Ergebnisse

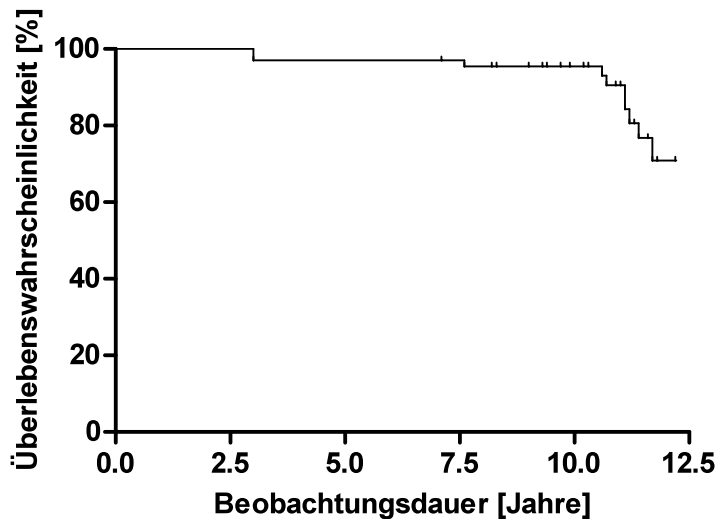


Abb.6: Überlebenswahrscheinlichkeit nach *Kaplan* und *Meier* für die untersuchten Kronen hinsichtlich des Zielkriteriums „Gesamt-Misserfolg“ (n=67)

Nach zehn Jahren ergibt sich somit für die Gesamtheit der nachuntersuchten Restaurationen (n=67) nach der Kaplan-Meier-Methode eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 95,5%. Nach elf Jahren liegt diese bei 90,5% und nach zwölf Jahren liegt die Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit in dieser untersuchten Gruppe noch bei 70,9%.

Das Gesamtergebnis ist noch einmal getrennt betrachtet worden im Hinblick auf totale und reparable Misserfolge.

### **Totaler Misserfolg**

Als totaler Misserfolg sind Kronen zu bewerten, bei denen eine Fraktur der Verblendkeramik und des Kernmaterials festgestellt worden ist. Dies ist gleichzusetzen mit dem Verlust der Krone, da eine solche Totalfraktur nicht tolerierbar oder korrigierbar ist.

Daraus resultiert eine absolute Frakturnrate von 7,5% für 67 der im Jahr 2009 untersuchten Procera<sup>®</sup>-Kronen.

Nach zehn Jahren ergibt sich somit eine Überlebenswahrscheinlichkeit der nachuntersuchten Restaurationen im Kriterium „totaler Misserfolg“ nach der Kaplan-Meier-Methode von 95,5 %.

## Ergebnisse

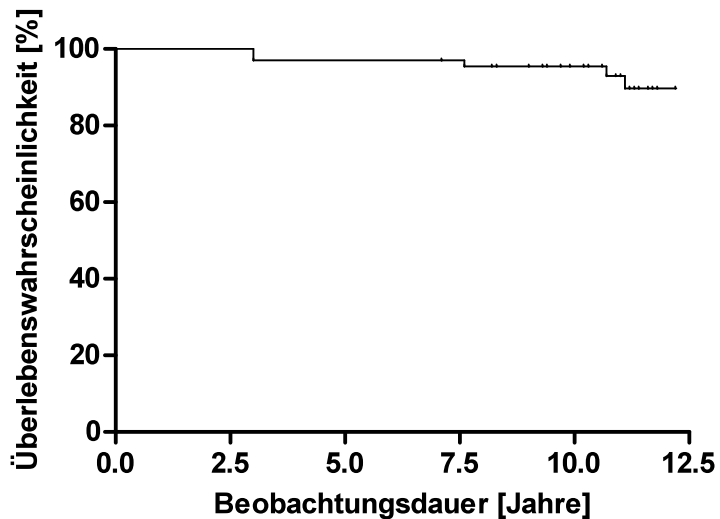


Abb.7: Überlebenswahrscheinlichkeit nach *Kaplan* und *Meier* für die untersuchten Kronen hinsichtlich des Zielkriteriums „totaler Misserfolg“ (n=67)

### Bild

Bild „totaler“ Misserfolg:



Abb.8: frakturierte Krone 23

zu Abb.8: Krone 23 nach elf Jahren in situ; vor ca. vier Monaten frakturierte palatinal die Aufbrennkeramik mit dem Keramikern der Procera<sup>®</sup>-Krone

### Reparabler Misserfolg

Innerhalb des Beobachtungszeitraumes von zwölf Jahren traten insgesamt fünf reparable Misserfolge in Form von Keramikabplatzungen auf. Diese Fehler waren so gering, dass die Restaurationen ohne oder mit kleineren Nacharbeiten in situ verbleiben konnten. Nach zehn

## Ergebnisse

Jahren lag die Überlebenswahrscheinlichkeit ohne einen reparablen Misserfolg bei 100%. Zwei Jahre später sank die Überlebenswahrscheinlichkeit auf 78,9%.

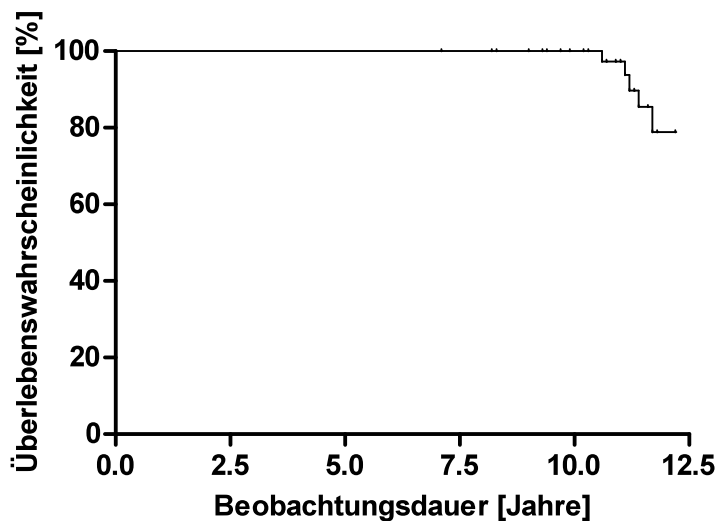


Abb.9: Überlebenswahrscheinlichkeit nach *Kaplan* und *Meier* für die untersuchten Kronen hinsichtlich des Zielkriteriums „reparabler Misserfolg“ (n=62)

### 4.7 Defekt und Parafunktionen

Die Daten aller untersuchten Kronen (n=74) wurden bezüglich der festgestellten Defekte und dem Vorhandensein von anamnestisch erhobenen Parafunktionen und dem darauf hinweisenden Befund der Schliffacetten verglichen.

33% der Patienten gaben nächtliches Knirschen oder Pressen an. 66% von allen untersuchten Patienten gaben an keinerlei Parafunktionen zu haben.

Bei 15 der 64 intakten Kronen wurde von den jeweiligen Patienten die Frage zum Bruxismus mit „JA“ beantwortet, dementsprechend gaben die Patienten der übrigen 49 der 64 intakten Kronen als Antwort auf Bruxismus ein „NEIN“ an.

Bei sieben von insgesamt zehn frakturierten Kronen konnte ein Zusammenhang zu einer Parafunktion wie Pressen oder Knirschen des Patienten und dem Defekt hergestellt werden. Bei drei der frakturierten Kronen konnten weder Parafunktionen noch darauf hindeutende Schliffacetten als Ursache für die Fraktur ausgemacht werden.

## Ergebnisse

	keine Parafunktion	Parafunktion	Summe
kein Defekt	49	15	64
Defekt	3	7	10
Summe	52	22	74

Tab.10: Häufigkeiten einer angegebenen Parafunktion mit vs. ohne Defekt (n=74 Kronen)

Fisher-Test, exakte Signifikanz **p=0,006**

Da die Erwartungshäufigkeit in einer Zelle kleiner als 5 ist, wurde der exakte Test von *Fisher* zur Berechnung eingesetzt. Das (Nicht-)Vorhandensein von Parafunktionen unterscheidet sich signifikant im Hinblick auf das (Nicht-)Auftreten eines Defektes (p=0,006).

	Schliffacetten vorhanden	Schliffacetten nicht vorhanden	Summe
keine Parafunktion	3	24	27
Parafunktion	5	4	9
Summe	8	28	36

Tab.11: Häufigkeiten der Parafunktion mit vs. ohne Schliffacetten (n=36 Patienten)

Fisher-Test, exakte Signifikanz **p=0,013**

Bei weiteren 8% der untersuchten Patienten (n=3) deuteten Schliffacetten auf Parafunktionen hin, obwohl die Patienten selbst angaben keine zu haben. Die Kronen dieser Patienten waren ohne sichtbaren Defekt. Bei insgesamt neun Patienten mit Parafunktionen waren bei fünf von ihnen Schliffacetten nachweislich vorhanden. Das (Nicht-)Vorhandensein von Parafunktionen unterscheidet sich signifikant im Hinblick auf das (Nicht-)Vorhandensein von Schliffacetten (p=0,013).

### 4.8 Defekt und Lokalisation der Kronen

Die beschädigten Procera® AllCeram Kronen wurden hinsichtlich ihrer Lokalisation im Mund der Patienten untersucht. Die Anzahl der Kronen mit den gleichen Merkmalskombinationen wurden gegenübergestellt und deren Häufigkeitsverteilung ermittelt.

Von den Kronen mit diagnostizierten Defekten befanden sich 70% im Seitenzahnbereich und dementsprechend 30% im Frontzahngebiet.

## Ergebnisse

	Frontzahngebiet	Seitzahngebiet	Summe
kein Defekt	39	25	64
Defekt	3	7	10
Summe	42	32	74

Tab.12: Häufigkeiten der Lokalisation mit vs. ohne Defekt (n=74)

Fisher-Test, exakte Signifikanz  $p=0,090$

Nach dem vorgefundenen Ergebnis des Fisher-Tests kann davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-)Vorhandensein eines Defektes im Hinblick auf die Lokalisation (Frontzahngebiet vs. Seitzahngebiet) der Kronen nicht signifikant unterscheidet ( $p=0,090$ ).

### 4.9 Defekt und Pfeileraufbau

Von den zehn Kronen mit sichtbaren Defekten befanden sich sechs Kronen auf Pfeilerzähnen, die mit einem plastischen Aufbau vor der Versorgung mit der Krone versehen worden sind. Zwei Kronen befanden sich auf einem Pfeilerzahn ohne Aufbau. Jeweils eine Krone befand sich auf je einem Zahnstumpf mit einem gegossenen Stiftaufbau und einem Cosmopoststift. Die einzelnen Aufbauarten der Pfeilerzähne konnten aufgrund der zu geringen Fallzahlen der verschiedenen Arten nicht statistisch miteinander verglichen werden.

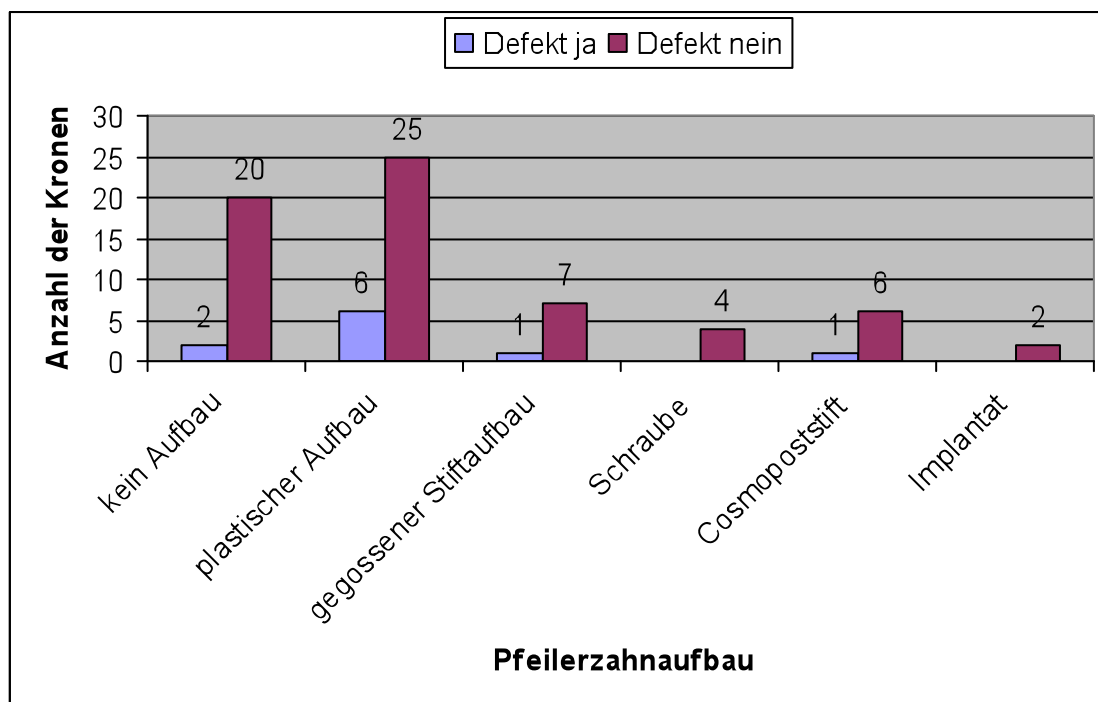


Abb.10: Verteilung aller untersuchten Kronen auf die Art des Zahnaufbaus mit und ohne Defekt (n=74)

#### 4.10 Defekt und Art der Befestigung

Sechs Kronen, bei denen ein Defekt vorlag, wurden im Jahr 1997 mit einem Glasionomierzement (GIZ) eingesetzt. Jeweils zwei Kronen, die mit einem Phosphatzement und mit einem Komposit befestigt worden sind, wiesen 2009 eine Fraktur auf.

	GIZ	Phosphatzement	Komposit	Summe
kein Defekt	50	1	13	64
Defekt	6	2	2	10
Summe	56	3	15	74

Tab.13: Häufigkeiten der Defekte gegliedert nach der Befestigungsart

Fisher-Test, exakte Signifikanz **p=0,040**

In Folge des Ergebnisses des Fisher-Tests kann davon ausgegangen werden, dass sich das (Nicht-)Vorhandensein eines Defektes signifikant im Hinblick auf die Befestigungsart unterscheidet (p=0,040).

#### 4.11 Defekt und Sensibilität der Pfeilerzähne

68% der Pfeilerzähne waren zum Zeitpunkt der Kroneninsertion vital. Von zehn defekten Kronen befanden sich acht auf vitalen Pfeilerstümpfen und zwei auf endodontisch behandelten Zähnen. Diese befanden sich zum Untersuchungszeitpunkt noch in situ, da die Fraktur jeweils nur die Verblendkeramik betraf und die Procera<sup>®</sup>-Kronen mit kleineren Korrekturen - wie ein Glätten der scharfen Kanten - noch funktionieren.

Zwei der untersuchten Kronen waren auf enossalen Implantaten befestigt. Diese Kronen wiesen keine Fraktur auf.

Aufgrund des vorgefundenen Ergebnisses des Fisher-Tests kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich endodontisch behandelte vs. sensible Zähne im Hinblick auf das (Nicht-)Vorhandensein eines Defektes signifikant unterscheiden (p=0,485).

#### 4.12 Ergebnisse des Komplikationsprotokolls

Insgesamt sind 11 Komplikationsprotokolle ausgefüllt worden. Eines davon wurde nicht berücksichtigt, da die Kronenfraktur durch äußere Gewalteinwirkung verursacht wurde. Die Frakturen wurden unterteilt in Defekte, die sich nur auf die Verblendkeramik beschränkten (ohne, dass das Kernmaterial beschädigt war) und in die vollständige Fraktur beider Materialien.

	Frontzahngebiet	Seitzahngebiet	Summe
Verblendkeramik	0	5	5
Totalfraktur	3	2	5
Summe	3	7	10

Tab.14: Art des Defektes unterteilt nach Lokalisation (n= 10 Kronendefekte)

Fisher-Test, exakte Signifikanz  $p=0,167$

Aufgrund des Fisher-Test-Ergebnisses kann nicht davon ausgegangen werden, dass sich eine Fraktur (Verblendkeramik vs. Totalfraktur) im Hinblick auf die Lokalisation der Kronen unterscheiden ( $p=0,167$ ).

Alle drei frakturierten Kronen im Frontzahngebiet sind Frakturen der Verblendkeramik und des Kernmaterials. Im Seitzahngebiet sind nur zwei von sieben Frakturen Totalfrakturen. Beide Kronen sind Überkronungen der Sechsjahrmolaren des Oberkiefers. Die verbleibenden fünf Frakturen im Seitzahngebiet sind mehr oder eher weniger starke Abplatzungen der Verblendkeramik, die sich auf alle Regionen des Seitzahnbereiches beziehen.

	Defekt der Verblendkeramik	Kernfrakturdefekt	
Frontzahngebiet	erster Inzisivus	0	1
	zweiter Inzisivus	0	0
	Caninus	0	2
Seitzahngebiet	erster Prämolare	0	0
	zweiter Prämolare	2	0
	erster Molar	1	2
	zweiter Molar	1	0
	dritter Molar	1	0

Tab.15: genaue Verteilung der Lokalisation von Verblendkeramikdefekten und von Totalfrakturen (n=10)

## Ergebnisse

Die Frakturen innerhalb der Verblendkeramik waren muschelförmige Abplatzungen von einer Größe von ca. 1-2mm<sup>2</sup>. Weitere Defekte wie Sprünge oder Risse wurden bei keiner dieser Kronen festgestellt.

Bei drei von fünf total frakturierten Kronen konnten die Defekte nicht mehr in situ betrachtet werden, da sie in der Zwischenzeit durch eine neue Versorgung ersetzt worden sind.

### 4.13 Fragebogenauswertung

Alle 36 in dieser Studie befragten Patienten füllten den Bogen mit Ja/Nein-Fragen zum persönlichen Empfinden mit der/den Krone/n im Anschluss an die Untersuchung aus.

Dabei gab nur ein Patient Überempfindlichkeiten bei Heißem/Kalten an. Keiner der 36 untersuchten Patienten beantwortete die Frage zu Empfindlichkeiten beim Kauen an dem überkronten Zahn mit „Ja“.

Zwei von 36 Studienteilnehmern gaben an, dass ihnen im Bereich der Kronen vermehrt Speiseimpaktationen nach der Nahrungsaufnahme aufgefallen waren. Die anderen 34 Patienten bemerkten dies nicht.

34 der Patienten waren mit der prothetischen Versorgung zufrieden, lediglich zwei Patientinnen verneinten die Frage.

35 der an der Studie teilgenommenen Patienten würden sich wieder für die nur anteilig von der gesetzlichen Krankenkasse bezuschusste Kronenversorgung dieses Herstellungsverfahrens entscheiden. Nur eine Patientin beantwortete diese Frage mit „Nein“.

Für 33 der befragten Patienten hat sich der höhere Kostenaufwand im Vergleich zu anderen Varianten der Versorgung nach eigenem Ermessen gelohnt. Drei der Studienteilnehmer verneinten die Frage, ob sich die höheren Kosten gelohnt hätten.

### 4.14 Vergleich der CDA Bewertung der untersuchten Kronen vom Jahr 2002 und 2009

#### Kronen-Gesamt

Von einem Ausgangspatientenpool mit 75 Patienten mit entsprechend 154 eingesetzten Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen konnten im Jahr 2009 22 Patienten mit 52 Kronen nachuntersucht werden, von denen Vergleichswerte von 2002 vorliegen. Eine Bewertung nach den



## Ergebnisse

Richtlinien der CDA wurde für 52 Kronen in den Bereichen Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und Randqualität vorgenommen.

<b>CDA Bewertung</b>					
	klinisch akzeptabel		klinisch nicht akzeptabel		insgesamt
	exzellent	gut	mangelhaft	ungenügend	
<b>Oberfläche/Farbe</b>					
2002	81%	13%	0	6%	100%
2009	81%	19%	0	0	100%
<b>Anatomie/Okklusion</b>					
2002	94%	6%	0	0	100%
2009	79%	13%	2%	6%	100%
<b>Randqualität</b>					
2002	85%	15%	0	0	100%
2009	69%	29%	0	2%	100%

**Tab.16:** Vergleich der CDA Bewertungen von n=52 Kronen (alle Angaben in Prozent) im Jahr 2002 und 2009 erhobener Daten in den Kriterien Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und Randqualität

In der Bewertung für Oberfläche/Farbe blieb die Anzahl der mit „exzellent“ bewerteten Kronen nach den CDA-Richtlinien im Zeitraum von 2002 bis 2009 gleich. Bei der Auswertung dieser Kategorie konnte eine Verschiebung von im Jahr 2002 noch „klinisch nicht akzeptabel“ hin zu „klinisch akzeptabel“ bei den untersuchten Kronen im Jahr 2009 festgestellt werden. 49 Kronen waren zu beiden Untersuchungszeitpunkten im „klinisch akzeptablen“ Bereich. Im zeitlichen Verlauf ist kein signifikanter Unterschied innerhalb des „klinisch akzeptablen“ Bereiches hinsichtlich Oberfläche/ Farbe entstanden ( $p = 0,4531$ ).

Tabelle 16 zeigt in der Kategorie Anatomie/Okklusion eine deutliche Verschiebung der Verteilung von im Jahr 2002 noch „exzellent“ hin zu „gut“ im Jahr 2009. Auch waren in dieser Kategorie vier Kronen vorhanden, die eine Verschlechterung der Bewertung von „klinisch akzeptabel“ zu „klinisch nicht akzeptabel“ im Jahr 2009 zu verzeichnen hatten. Dennoch konnte kein signifikanter Unterschied im zeitlichen Verlauf hinsichtlich Anatomie/ Okklusion im klinisch akzeptablen Bereich festgestellt werden ( $p=0,1250$ ).

Bei der Auswertung der Kategorie Randqualität konnte die Verschiebung einer Krone von im Jahr 2002 noch „klinisch akzeptabel“ hin zu „klinisch nicht akzeptabel“ im Jahr 2009 festgestellt werden. 51 Kronen waren zu beiden Untersuchungszeitpunkten im „klinisch akzeptablen“ Bereich. Es ergibt sich für den Bereich Randqualität kein signifikanter

## Ergebnisse

Unterschied im zeitlichen Verlauf zwischen den CDA Bewertungen „exzellent“ vs. „gut“ in den Jahren 2002 und 2009 ( $p=0,0654$ ).

### Kronen - Einzel

Bei dem direkten Vergleich wurde nicht die Gesamtheit der Kronen, sondern jede einzelne Krone innerhalb der beiden Untersuchungen im Jahr 2002 und 2009 verglichen. Es wurde dabei beurteilt, ob die Befunde der CDA-Bewertung in den Bereichen Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und Randqualität gleich geblieben sind, sich verbessert oder verschlechtert haben.

	Anzahl der Kronen	prozentualer Anteil
<b>Oberfläche/Farbe</b>		
besser	5	10%
gleich	43	83%
schlechter	4	7%
<b>Anatomie/Okklusion</b>		
besser	0	0%
gleich	44	85%
schlechter	8	15%
<b>Randqualität</b>		
besser	2	4%
gleich	40	77%
schlechter	10	19%

Tab.17: CDA-Bewertung für n=52 Kronen vom Jahr 2002 im direkten Vergleich zum Jahr 2009

Tabelle 17 zeigt deutlich, dass der überwiegende Anteil der 52 Kronen, die 2002 und 2009 untersucht worden sind, in allen drei Beurteilungskriterien der CDA Einteilung die gleichen Bewertungen erhielten.

Bei der Beurteilung von Oberfläche/Farbe sind 83% der Kronen 2009 genauso bewertet worden wie im Jahr 2002. 10% der Kronen wurden besser eingestuft und 7% erhielten im Vergleich zu 2002 eine schlechtere Einschätzung.

Die Bewertung im Bereich Anatomie/Okklusion von 2002 zu 2009 blieb gleich. 85% der Kronen wurden genau wie im Jahr 2002 bewertet und dementsprechend 15% der Kronen schlechter eingeschätzt.

Die Randqualität wurde bei 4% der insgesamt 52 untersuchten Kronen besser eingeteilt. 77% sind in der Bewertung gleich geblieben und die verbleibenden 19% der Procera® AllCeram Kronen erhielten im Jahr 2009 ein schlechteres Ergebnis.

#### 4.15 Veränderungen im Plaqueindex und Sulkus-Blutungsindex der untersuchten Kronen vom Jahr 2002 und 2009

##### Kronen - Gesamt

Die Häufigkeiten der Plaque- und Sulkus-Blutungsindices wurden in den beiden Untersuchungen 2002 und 2009 gegenübergestellt.

		2002			2009	
		Messwert	Kronenanzahl	prozentualer Anteil	Kronenanzahl	prozentualer Anteil
<b>PI</b>	Plaque	0	22	42%	22	42%
		1	29	56%	29	56%
		2	1	2%	1	2%
		3	0	0%	0	0%

Tab.18: Plaqueindex in den Jahren 2002 und 2009 (n=52 Kronen)

Intensitätsgrad 3 beim Plaqueindex (= dicke Zahnbeläge im Bereich des Gingivarandes; oft weit auf Zahnkronen übergreifend; Interdentalraum mit Belag ausgefüllt) wurde weder im Jahr 2002 noch 2009 gemessen.

Die Plaqueintensität ergab in der Summe aller untersuchten 52 Procera® AllCeram Kronen im Jahr 2009 die gleichen Werte für die einzelnen Intensitäten, die auch 2002 gemessen wurden.

		2002			2009	
		Messwert	Kronenanzahl	prozentualer Anteil	Kronenanzahl	prozentualer Anteil
<b>SBI</b>	Farbveränderung	0	47	90%	30	58%
		1	5	10%	22	42%
	Ödem	0	50	96%	9	17%
		1	2	4%	42	81%
		2	0	0%	1	2%
	Blutung	0	27	52%	19	37%
1		25	48%	33	63%	
2		0	0%	0	0%	

Tab.19: Sulkus-Blutungsindex in den Jahren 2002 und 2009 (n= 52 Kronen)

Eine Farbveränderung des Zahnfleischsaumes um die Krone herum wurde 2009 bei 22 Kronen wahrgenommen. Bei 30 Kronen konnte keine Farbveränderung der Gingiva festgestellt werden. 2002 lagen nur bei fünf Kronen Farbveränderungen der Gingiva vor. 47 Kronen waren in diesem Merkmal im Jahr 2002 unauffällig.

## Ergebnisse

Zu verzeichnen war eine deutliche Verschiebung von 2002 noch keinem Ödem an den überkronten Zähnen hin zu einem leichten Ödem der Kronen bei der Untersuchung 2009. An einem unteren Weisheitszahn wurde 2009 in der Untersuchung Plaque mit dem Intensitätsgrad 2 (2 = mäßige Plaqueablagerung in Verbindung mit dem Gingivarand, mit bloßem Auge gut sichtbar; Interdentalraum nicht ausgefüllt) und gleichzeitig ein schweres Ödem festgestellt.

Eine Blutung nach Sondierung konnte 2002 an 25 Kronen (48%) und 2009 an 33 Procera® AllCeram Kronen (63%) nachgewiesen werden. Eine Spontanblutung mit Messwert 2 des Sulkus-Blutungsindex trat an keiner Krone während der Untersuchungen auf.

### Zusammenfassung:

	Plaqueindex		Farbveränderung		Blutung		Ödem	
	0	1, 2	0	1	0	1	0	1, 2
<b>2002</b>	22	30	47	5	27	25	50	2
<b>2009</b>	22	30	30	22	19	33	9	43
McNemar Chi <sup>2</sup>	1,23		17,86		0,82		- <sup>1</sup>	
p- Wert	0,2673		<b>&lt; 0,001</b>		0,3657		-	
exakte Signifikanz							0,0654	

**Anmerkungen:** <sup>1</sup>exakter Test, absolute Zellenhäufigkeit < 5

Tab.20: Plaqueindex, Farbveränderung, Blutung und Ödeme zu den Untersuchungszeitpunkten 2002 und 2009

Bei der Berechnung der Unterschiede für den Plaqueindex, Farbveränderungen, Blutungen und Ödemen zu den Untersuchungszeitpunkten 2002 und 2009 ergaben sich nur im Bereich Farbveränderungen der Gingiva signifikante Unterschiede. Bei der Untersuchung 2009 wurden im Vergleich zur Untersuchung 2002 signifikant mehr Kronen mit „1“ (Rötung vorhanden) bewertet.

Bei der Berechnung des *McNemar* Chi<sup>2</sup> für den Plaquewert sind die Bewertungen 1 und 2 des Plaqueindex (PI) zusammengefügt worden, da die Zahlen in den Zellen für eine Berechnung sonst geringer als fünf gewesen wären. (PI 0: keine Plaque; PI 1, 2 : Plaque vorhanden)

Für die Berechnung des Fisher-Tests (Ödem) wurden ebenfalls die Einteilung 1 und 2 der Entzündungsgrade zusammengefasst, da die Zellen für eine Berechnung sonst zu niedrige Zahlenwerte aufgewiesen hätten. ( Ödem 0: kein Ödem; Ödem 1, 2: Ödem vorhanden)

Kronen - Einzeln

Im direkten Vergleich der Kronen wurde die Bewertung der Parameter des Plaqueindex und des Sulkus-Blutungsindex der jeweiligen Krone miteinander verglichen. Ein geringerer Schweregrad gemessen im Jahr 2009 wurde mit „besser als“ und ein höherer Grad mit „schlechter als“ 2002 eingeteilt.

		Bewertung	Kronenanzahl	Prozentualer Anteil
<b>PI</b>	<u>Plaque</u>	besser	12	23%
		gleich	28	54%
		schlechter	12	23%
<b>SBI</b>	<u>Farbveränderung</u>	besser	4	8%
		gleich	28	54%
		schlechter	20	38%
	<u>Ödem</u>	besser	2	4%
		gleich	8	15%
		schlechter	42	81%
	<u>Blutung</u>	besser	11	21%
		gleich	23	44%
		schlechter	18	35%

Tab.21: direkter Vergleich von Plaqueindex und Sulkus-Blutungsindex der n=52 untersuchten Kronen vom Jahr 2002/2009

Im direkten Vergleich der einzelnen Kronen erkennt man, dass zwölf Kronen (23%) 2009 mehr Plaque aufwiesen und an genauso vielen Kronen (23%) weniger Plaque aufzufinden war. Bei der überwiegenden Kronenanzahl (54%) war die Intensität des Zahnbelages gleich der im Jahr 2002.

In der Kategorie Farbveränderung des Sulkus-Blutungsindex schnitten vier Kronen (8%) im Vergleich zu 2002 im Jahr 2009 besser ab, 28 Kronen (54%) erhielten die gleiche Bewertung wie 2002 und an 20 Kronen (38%) wurde eine schlechtere Bewertung in diesem Merkmal registriert.

Das Sulkus-Blutungsindex-Kriterium Ödem zeigt eine deutliche Verschiebung hin zu schlechteren Ödemwerten bei 42 Kronen (81%) gemessen im Jahr 2009 im Vergleich zu 2002. Eine gleiche Beurteilung der Ödemstärke erlangten acht der untersuchten Kronen (15%) und nur bei zwei Kronen (4%) konnte eine bessere Bewertung von 2002 bis 2009 festgestellt werden.

Hinsichtlich einer nach schonungsvoller Sondierung aufgetretenen Blutung kam man 2009 zu dem Ergebnis, dass der Zahnfleischsaum um die 23 Kronen (44%) herum genauso reagierte

## Ergebnisse

wie im Jahr 2002. Bei elf Kronen (21%) wurde, im Vergleich zu 2002, 2009 keine Blutung nach Sondierung bemerkt. Dahingegen trat bei 18 Kronen (35%) eine Blutung im Jahr 2009 auf, wo 2002 noch keine nachweisbar war.

### 4.16 Vergleich der CDA Bewertung der untersuchten Kronen vom Jahr 1997 und 2009

#### Kronen-Gesamt

Von dem Ausgangspatientenpool mit 75 Patienten mit entsprechend 154 eingesetzten Procera® AllCeram Kronen konnten im Jahr 2009 elf Patienten mit 17 Kronen nachuntersucht werden, von denen Vergleichswerte aus einer Untersuchung kurz nach der Eingliederung von 1997 vorliegen. Eine Bewertung nach den Richtlinien der CDA wurde für diese 17 Kronen in den Bereichen Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und Randqualität ebenfalls vorgenommen.

	CDA-Bewertung				insgesamt
	klinisch akzeptabel		klinisch nicht akzeptabel		
	exzellent	gut	mangelhaft	ungenügend	
<b>Oberfläche/Farbe</b>					
1997	100%	0	0	0	100%
2009	88%	12%	0	0	100%
<b>Anatomie/Okklusion</b>					
1997	88%	12%	0	0	100%
2009	94%	0	0	6%	100%
<b>Randqualität</b>					
1997	88%	12%	0	0	100%
2009	82%	18%	0	0	100%

Tab.22: Vergleich der CDA Bewertungen von n=17 Kronen (alle Angaben in Prozent) im Jahr 1997 und 2009 erhobener Daten in den Kriterien Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und Randqualität

In der Kategorie Oberfläche/Farbe der CDA-Bewertung sind 1997 alle (n=17) eingegliederten und dokumentierten Procera®-Kronen mit „exzellent“ bewertet worden. Zehn Jahre später haben immer noch 15 Kronen (88%) mit dem Ergebnis „exzellent“ abgeschlossen. Zwei Kronen (12%) wurden schlechter bewertet („gut“). Es gab keine Kronen in dieser untersuchten Gruppe, die eine Verschlechterung der Bewertung von „klinisch akzeptabel“ zu „klinisch nicht akzeptabel“ zu verzeichnen hatten. Aufgrund fehlender Zellenbesetzung wurde der *McNemar*-Test nicht berechnet.

## Ergebnisse

In der Bewertung für Anatomie/Okklusion vergrößerte sich die Anzahl der Kronen, die mit einem „exzellent“ bewertet worden sind, von 1997 noch 15 Kronen (88%) hin zu 16 Kronen (94%) im Jahr 2009. Damit waren 16 der untersuchten Kronen zu beiden Untersuchungszeitpunkten im „klinisch akzeptablen“ Bereich. Nur eine Krone (6%), die 1997 noch als „klinisch akzeptabel“ eingestuft wurde, wurde 2009 als „klinisch nicht akzeptabel“ eingestuft. Es deutet sich kein signifikanter Unterschied zwischen den CDA Bewertungen „exzellent“ vs. „gut“ in den Jahren 1997 und 2009 an ( $p=1,000$ ).

Bei der Beurteilung für die Kategorie Randqualität 2009 konnte eine leichte Verschiebung von „gut“ hin zu „exzellent“ innerhalb der CDA-Bewertung „klinisch akzeptabel“ verzeichnet werden. Im Jahr 1997 konnten noch 15 Kronen (88%) mit einer exzellenten Bewertung und zwei Kronen (12%) mit dem Prädikat „gut“ ausgezeichnet werden. 2009 erhielten immerhin noch 14 Kronen (82%) eine exzellente Einschätzung und drei Procera® AllCeram Kronen wurden mit „gut“ eingestuft. Alle untersuchten Kronen ( $n=17$ ) lagen im Hinblick auf die Randqualität zu beiden Untersuchungszeitpunkten im „klinisch akzeptablen“ Bereich. Es deutet sich kein signifikanter Unterschied zwischen den CDA Bewertungen „exzellent“ vs. „gut“ in den Jahren 1997 und 2009 an ( $p=1,000$ ).

### Kronen-Einzeln

Bei dem direkten Vergleich wurde nicht die Gesamtheit der Kronen, sondern jede einzelne Krone innerhalb der beiden Untersuchungen im Jahr 1997 und 2009 verglichen. Es wurde dabei beurteilt, ob die Befunde der CDA-Bewertung in den Bereichen Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und Randqualität gleich geblieben sind, besser oder schlechter bewertet wurde.

	Anzahl der Kronen	prozentualer Anteil
<b>Oberfläche/Farbe</b>		
besser	0	0%
gleich	15	88%
schlechter	2	12%
<b>Anatomie/Okklusion</b>		
besser	2	12%
gleich	14	82%
schlechter	1	6%
<b>Randqualität</b>		
besser	1	6%
gleich	14	82%
schlechter	2	12%

Tab.23: CDA-Bewertung für  $n=17$  Kronen vom Jahr 1997 im direkten Vergleich zum Jahr 2009

## Ergebnisse

Die oben stehende Tabelle 23 zeigt deutlich, dass der überwiegende Anteil der 17 Kronen, die 1997 und 2009 untersucht worden sind, in allen drei Beurteilungskriterien der CDA-Einteilung die gleichen Bewertungen erhielten, obwohl die Daten von zwei unterschiedlichen Untersuchern erhoben worden sind.

Bei der Beurteilung von Oberfläche/Farbe sind 88% der Kronen 2009 genauso bewertet worden wie im Jahr 1997. Es gab keine Krone, die im Vergleich zum Jahr 1997 als besser eingestuft worden ist. 12% der Procera® AllCeram Kronen erhielten im Vergleich zu 1997 eine schlechtere Einschätzung.

Für zwei Kronen (12%) konnte ein besserer Wert im Bereich Anatomie/Okklusion von 1997 zu 2009 registriert werden. 82% der Kronen wurden genau wie im Jahr 1997 bewertet und dementsprechend erhielten 6% der Kronen eine schlechte Beurteilung bei der Betrachtung von Anatomie und Okklusion.

Die Randqualität konnte bei 6% der insgesamt 17 untersuchten Kronen als besser eingeteilt werden. 82% sind in der Bewertung gleich geblieben und die verbleibenden 12% der Procera® AllCeram Kronen erhielten im Jahr 2009 ein schlechteres Ergebnis.

### 4.17 Veränderungen im Plaqueindex und Sulkus-Blutungsindex der untersuchten Kronen vom Jahr 1997 und 2009

#### Kronen-Gesamt

Bezüglich der Befunde für den Plaqueindex und den Sulkus-Blutungsindex wurden die Häufigkeiten der einzelnen Merkmale in den beiden Untersuchungen 1997 und 2009 ebenfalls gegenübergestellt.

			1997		2009	
		Messwert	Kronenanzahl	prozentualer Anteil	Kronenanzahl	prozentualer Anteil
<b>PI</b>	Plaque	0	11	65%	4	24%
		1	4	23%	13	76%
		2	2	12%	0	0%
<b>SBI</b>	Farbveränderung	0	10	59%	9	53%
		1	7	41%	8	47%
	Ödem	0	14	82%	1	6%
		1	3	18%	16	94%
	Blutung	0	1	6%	7	41%
		1	16	94%	10	59%

Tab.24: Gegenüberstellung von Plaqueindex und Sulkus-Blutungsindex der untersuchten Kronen n=17 im Jahr 1997 und 2009



## Ergebnisse

Intensitätsgrad 3 beim Plaqueindex (dicker Zahnbelag im Bereich des Gingivarandes; oft weit auf Zahnkronen übergreifend; Interdentalraum mit Belag ausgefüllt) wurde weder im Jahr 1997 noch 2009 gemessen und deshalb nicht in die oben stehende Tabelle 24 aufgenommen. Ebenfalls nicht aufgenommen wurde Messwert 2 (schweres Ödem), da in beiden Studien kein schweres Ödem am Gingivasaum der Kronen festgestellt worden ist. Eine Spontanblutung mit Messwert 2 des Sulkus-Blutungsindex trat ebenfalls an keiner Krone während der Untersuchungen auf und wurde daher nicht mit berücksichtigt.

In der Plaqueintensität zeigte sich eine deutliche Verschiebung von 1997 zu 2009: Waren 1997 bei der überwiegenden Anzahl der Kronen keine Plaque (Intensitätsgrad 0) vorhanden so war 2009 bei den meisten Kronen ein hauchdünner Plaquefilm auf dem Gingivarand und den benachbarten Zahnflächen nachweisbar, der nur durch Schaben mit der Sonde erkennbar wurde (Intensitätsgrad 1). In der Untersuchung 2009 konnte bei keinem Patienten auf den Kronen eine mit bloßem Auge gut sichtbare, mäßige Plaqueablagerung in Verbindung mit dem Gingivarand festgestellt werden.

Eine Farbveränderung des Zahnfleischsaumes um die Krone herum wurde 2009 bei acht Kronen (47%) wahrgenommen. Bei neun Kronen (53%) konnte keine Farbveränderung der Gingiva festgestellt werden. 1997 war es eine Krone weniger: sieben Kronen (41%) wiesen eine Farbveränderung auf. Zehn Kronen (59%) waren in diesem Merkmal im Jahr 1997 unauffällig.

Zu verzeichnen war eine deutliche Verschiebung von 1997 noch keinem Ödem an den überkronen Zähnen hin zu einem leichten Ödem der Kronen bei der Untersuchung 2009. Eine Blutung nach Sondierung konnte 1997 an 16 Kronen (94%) festgestellt werden. Nur eine Krone (6%) reagierte 1997 nach schonungsvoller Sondierung ohne Blutung. Im Jahr 2009 konnte an zehn Procera® AllCeram Kronen (59%) eine Blutung nachgewiesen werden. Sieben Kronen (41%) ließen keine Blutung erkennen.

## Ergebnisse

### Zusammenfassung:

	Plaqueeindex		Farbveränderung		Blutung		Ödem	
	0	1, 2	0	1	0	1	0	1
<b>1997</b>	11	6	10	7	1	16	14	3
<b>2009</b>	4	13	9	8	7	10	1	16
McNemar Chi <sup>2</sup>	- <sup>1</sup>		0,25		- <sup>1</sup>		- <sup>1</sup>	
p- Wert	-		0,6171		-		-	
exakte Signifikanz	0,7539		-		0,0931		0,6215	

*Anmerkungen:* <sup>1</sup>exakter Test, absolute Zellenhäufigkeit < 5

Tab.25: Plaqueeindex, Farbveränderung, Blutung und Ödeme zu den Untersuchungszeitpunkten 1997 und 2009

Bei der Berechnung der Unterschiede für Plaqueeindex, Farbveränderungen, Blutungen und Ödeme zu den Untersuchungszeitpunkten 1997 und 2009 ergaben sich in keinem Bereich signifikante Unterschiede.

Bei der Berechnung der exakten Signifikanz für den Plaqueeindex sind die Bewertungen 1 und 2 des Plaqueeindex (PI) zusammengefügt worden, da die Zellen für eine Berechnung sonst zu niedrig gewesen wären. (PI 0: keine Plaque; PI 1, 2 : Plaque vorhanden)

### Kronen-Einzeln

Im direkten Vergleich der Kronen wurde die Bewertung der Parameter des Plaqueeindex und des Sulkus-Blutungsindex der jeweiligen Krone miteinander verglichen. Ein geringerer Schweregrad gemessen im Jahr 2009 wurde mit „besser als“ und ein höherer Grad mit „schlechter als“ 1997 eingeteilt.

		Bewertung	Kronenanzahl	Prozentualer Anteil
<b>PI</b>	<u>Plaquee</u>	besser	3	18%
		gleich	5	29%
		schlechter	9	53%
<b>SBI</b>	<u>Farbveränderung</u>	besser	2	12%
		gleich	12	71%
		schlechter	3	17%
	<u>Ödem</u>	besser	0	0%
		gleich	4	24%
		schlechter	13	76%
	<u>Blutung</u>	besser	7	41%
		gleich	9	53%
		schlechter	1	6%

Tab.26: direkter Vergleich von Plaqueeindex und Sulkus-Blutungsindex der n=17 untersuchten Kronen vom Jahr 1997/2009

## Ergebnisse

Im direkten Vergleich der einzelnen Kronen ist erkennbar, dass neun Kronen (53%) 2009 mehr Plaque aufwiesen und an drei Kronen (18%) weniger Plaque aufzufinden war. Bei fünf Kronen (29%) ist die Intensität des Zahnbelages zu 1997 gleich geblieben.

In der Kategorie Farbveränderung des Sulkus-Blutungsindex schnitten zwei Kronen (12%) im Vergleich zu 1997 im Jahr 2009 besser ab, zwölf Kronen (71%) erhielten die gleiche Bewertung wie 1997 und an drei Kronen (17%) wurde eine Verschlechterung in diesem Merkmal registriert.

Das Sulkus-Blutungsindex-Kriterium Ödem zeigt eine deutliche Verschiebung hin zu schlechteren Ödemwerten bei 13 Kronen (76%) gemessen im Jahr 2009 im Vergleich zu 1997. Eine gleiche Beurteilung der Ödemstärke erlangten vier der untersuchten Kronen (24%). Eine bessere Bewertung hinsichtlich des Ödems konnte im Zeitverlauf bei keiner Krone festgestellt werden.

Hinsichtlich einer nach schonungsvoller Sondierung aufgetretenen Blutung wurde 2009 festgestellt, dass der Zahnfleischsaum um neun Kronen (53%) herum genauso reagierte wie im Jahr 1997. Bei sieben Kronen (41%) wurde, im Vergleich zu 1997, 2009 keine Blutung nach Sondierung bemerkt. Dahingegen trat bei einer Krone (6%) eine Blutung im Jahr 2009 auf, die 1997 noch nicht nachweisbar war.

## 5 Diskussion

### 5.1 Diskussion der Methodik

Im Rahmen eines guten Qualitätsmanagements sind entsprechende Anforderungen an das Design einer klinischen Studie notwendig. Reliabilität, Objektivität und Praktikabilität sind essentielle Forderungen. Die Verwendung international evaluierter Parameter ermöglicht einen einheitlichen Standard und eine internationale Vergleichbarkeit.

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Langzeitbewährung von Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen nach durchschnittlich zehn Jahren in situ untersucht. Die Patientenauswahl erfolgte nicht randomisiert, sondern akquirierte sich aus Patienten, die in der Zahnklinik Süd der Freien Universität Berlin Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen als Einzelzahnrestorationen eingegliedert bekamen. Es konnte somit keine Vorauswahl bezüglich der Mundhygiene, des Alters der Patienten, des Geschlechts oder der Lokalisation der Kronen im stomatognathen System getroffen werden.

Von 1997 bis 2001 wurden insgesamt 75 Patienten behandelt, denen 154 Procera<sup>®</sup> AllCeram Einzelzahnkronen nach medizinischer Indikation eingegliedert worden sind. Im Jahr 2002 konnten für die Studie von *Freemeyer et al.* 44 Patienten erreicht und 99 Kronen beurteilt werden [24]. 2009 wurden für die vorliegende Studie noch 36 Patienten mit 74 Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen nachuntersucht (48% vom Ausgangspatientenpool). Somit konnte zu den jeweiligen Zeitpunkten nur ein Teil der Ausgangsstichprobe untersucht und befragt werden. Einige Patienten waren verzogen. Andere, die zunächst erreicht werden konnten, verweigerten die Teilnahme aus unterschiedlichen Gründen. Dies könnte zu einer unbeabsichtigten Selektion geführt haben: Möglicherweise kommen häufiger die Patienten zu Folgeuntersuchungen, die besonders an ihrer Zahngesundheit interessiert sind. Die Ergebnisse müssen daher vorsichtig interpretiert werden, denn möglicherweise nehmen Patienten, deren Krone längst defekt und/oder ersetzt worden ist oder die unzufrieden sind, nicht mehr teil.

Um den Gesundheitszustand der Gingiva und des Parodonts im Bereich der eingegliederten Kronen beurteilen zu können, sind in der Zahnheilkunde gängige Indexsysteme (PI und SBI) gewählt worden. Der Plaqueindex kommt in klinisch kontrollierten Studien häufig zur Anwendung, da dieser sich zur Untersuchung des Einflusses der Plaque auf den Entzündungsgrad der Gingiva eignet. Zudem gibt der PI erhoben an Zähnen mit und ohne Restauration Hinweise über das Plaqueakkumulationsverhalten eines Restaurationsmaterials. Der Sulkusblutungsindex eignet sich für wissenschaftliche Untersuchungen des

## Diskussion

Gingivitisbefalls bei großen Gruppen, für Prävalenz- ebenso wie für Inzidenzstudien. Der SBI ist ein Indikator für den Entzündungsgrad der Gingiva und kann so auch Auskunft über die längerfristigen Mundhygienegewohnheiten - nicht nur zum Zeitpunkt des Zahnarztbesuches (im Gegensatz zum PI) - geben. Diese Indices sind für die vorliegende Studie nach dem Muster der Messungen 1997 (zwei Wochen nach Eingliederung der Kronen) und 2002 (nach einer klinischen Untersuchung zur Bewährung von Procera® AllCeram Kronen nach einem Fünf-Jahres-Zeitraum) übernommen worden. Für den Plaqueindex wurden am untersuchenden Kronenzahn vier Flächen und für den Sulkus-Blutungsindex sechs Flächen beurteilt. In die statistische Auswertung wurde jeweils der schlechteste gemessene Wert übernommen. Die Verwendung des Mittelwertes wäre hier ebenfalls möglich gewesen. Ein mit den gleichen Kriterien bewerteter Kontrollzahn liefert Referenzwerte und gibt gleichzeitig Auskunft über die individuelle Mundhygiene des Patienten. Ein Vergleich des erhobenen Index-Wertes für die Einschätzung des Zustandes der Gingiva am Kronenzahn mit dem eines Kontrollzahnes ist eine übliche Methode, wie sie auch in anderen vergleichbaren klinischen Studien angewandt wird [79-82].

Die klinische Kontrolle einer Über- bzw. Unterkontur visuell in Kombination mit der zahnärztlichen Sonde ist ein qualitatives, schnell anwendbares, einfaches Verfahren. Der gravierende Nachteil dieser Methode ist jedoch die mangelnde Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, da diese von der individuellen Taktilität des Behandlers abhängig sind.

Einer der Hauptgründe für den Einsatz vollkeramischer Materialien in der Zahnmedizin ist das Erreichen einer optimalen Ästhetik. Die Beurteilung wurde mit der CDA-Bewertung vorgenommen. Zur Einschätzung der Qualität der Procera® AllCeram Kronen ist die Richtlinie der California Dental Association (CDA) ein in der Literatur häufig verwendetes Bewertungssystem für klinische Untersuchungen [82-85]. Auch wenn *Milleding* und Kollegen die Bewertung der CDA als ziemlich ungenau infolge subjektiver Kriterien bezeichnen, stufen sie dieses System dennoch als nützlich ein [86]. Die Baseline Daten im Jahr 1997 sowie die Ergebnisse der Untersuchungen in den Jahren 2002 und 2009 wurden durch unterschiedliche Zahnärzte erhoben. Eine Kalibrierung oder eine Schulung zur Anwendung der CDA Kriterien für alle drei Untersucher fand nicht statt. Auch die Prüfung auf intrarater Reliabilität fehlte, so dass die Objektivität für diese Ergebnisse nicht gegeben ist.

Die vom Patienten zu beantwortenden Fragen bezüglich der allgemeinen Zufriedenheit mit der prothetischen Versorgung im Anschluss an die Untersuchung wurden so formuliert, dass ausschließlich mit „Ja“ oder „Nein“ geantwortet werden konnte. Dies ermöglicht den direkten Vergleich der gegebenen Antworten miteinander.

### 5.2 Diskussion der Ergebnisse

#### 5.2.1 Plaque, Blutung und Kronenrand

Die in dieser Studie gemessenen Plaquewerte an den Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen waren niedriger dem am Kontrollzahn gemessenen Wert. Ebenso war für die Mehrzahl der in dieser Studie untersuchten Kronen der Sulkus-Blutungsindex (Farbveränderung, Ödem, Blutung) vergleichbar oder besser als beim Kontrollzahn. Der überwiegende Anteil der gemessenen Punkte am Kronenzahn konnte also als gleich oder „gesünder“ im Vergleich zum Kontrollzahn eingestuft werden. In dieser Studie konnte allerdings für den Sulkus-Blutungsindex zwischen Procera<sup>®</sup>-Krone und Kontrollzahn kein signifikanter Unterschied ermittelt werden.

Die Fachliteratur zeigt diesbezüglich bisher uneinheitliche Befunde. In der Untersuchung von *Blindl* (2004) zeigten sich signifikant weniger Plaqueanlagerungen und weniger Blutungen an den Keramikkronen im Vergleich zu den Kontrollzähnen [87]. Dahingegen zeigten *Kokubo* und Kollegen 2009, dass der Plaque- und Gingivaindex in ihrer untersuchten Gruppe tendenziell höhere Werte an Procera<sup>®</sup>-Kronen erreichte als an den Kontrollzähnen [82]. Auch *Fradeani* und Kollegen kamen zu dem Ergebnis, dass der Gingivaindex an Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen höher ausfiel im Vergleich zu einem kontralateralen Vergleichszahn [62]. *Ödman* konnte ebenso zeigen, dass in seiner evaluierten Gruppe häufiger an Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen eine Blutung auftrat als an einem Vergleichszahn [63].

Das Design einer Krone sollte keine Überkonturierung oder gar Stufen aufweisen, da sonst die Anlagerung von Plaque und damit auch die Entzündung der Gingiva begünstigt werden. Außerdem könnten adhäsiv befestigte Kronen Zahnfleischentzündungen provozieren. Da sich das Befestigungsmaterial unter Umständen schlechter finden und damit auch schwerer eliminieren lässt, im Gegensatz zum Glasionomermaterial, der in dieser Untersuchung am häufigsten verwendet wurde. In ihrer 2002 veröffentlichten Studie stellten *Gemalmaz* und Kollegen fest, dass IPS Empress Kronen häufiger Schwellungen des Zahnfleisches aufweisen, wenn ein überkonturierter Kronenrand vorliegt [25]. Das steht im Gegensatz zu der hier vorliegenden Studie, in der zwischen einer Über- oder Unterkontur bzw. einer Stufe und dem Plaqueverhalten kein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte. Dahingegen fiel in dieser Untersuchung auf, dass sich kein Zahnbelag signifikant häufiger an Kronen mit einem sub- bzw. paragingival gelegenen Kronenrand befand. Für eine Farbveränderung, ein Ödem oder eine Blutung des Zahnfleisches im Kronenbereich konnte nach den ermittelten Daten dieser Studie ebenfalls weder für die Kronenrandlage noch für die Kronenrandkontur ein Zusammenhang ermittelt werden. Allerdings wurde das Signifikanzniveau für die

Farbveränderung im Hinblick auf die Kronenrandlage knapp verfehlt. Zahlenmäßig war bei sub- bzw. paragingivalem Kronenrand (im Vergleich zu einem supragingival gelegenen Kronenrand) weniger häufig eine Rötung vorhanden.

Iatrogene Plaqueretentionsstellen sind jedoch in jedem Fall zu vermeiden.

Eine Erhöhung der Sondierungstiefen mit Blutung kann beispielsweise durch Irritationen durch das im Sulkus über lange Zeit verbliebene Befestigungsmaterial oder unregelmäßige Kronenränder verursacht werden und wäre damit eine direkte Folge der prothetischen Versorgung. *Reitemeier* und Kollegen zeigten in ihrer 2002 vorgenommenen Untersuchung, dass eine Zahnfleischblutung unter anderem mit einer subgingivalen Kronenrandlage in direktem Zusammenhang steht [80]. Für IPS Empress Kronen wurde ebenfalls festgestellt, dass bei einer subgingivalen Kronenrandlage prozentual häufiger eine Blutung nach Sondierung auftrat als bei einem Kontrollzahn [25]. Ein supragingival gelegener Kronenrand ohne Stufe hat keinen direkten Kontakt zum Zahnfleisch und beeinflusst den Gesundheitszustand des Zahnhalteapparates somit am wenigsten. Um sub- bzw. supragingivale Plaqueretentionsstellen zu vermeiden, sollten die von *Spiekermann* geforderten 100 µm klinischer Akzeptanzbereich für die Passgenauigkeit am Kronenrand angestrebt werden [88]. Konventionelle Befestigungszemente werden im Laufe der Zeit ausgewaschen und bieten somit Anlagerungsstellen für Bakterien, was eine Verschlechterung der parodontalen Verhältnisse im Bereich des Kronenrandes nach sich zieht [89]. Deshalb fordert *Mörig* beim Eingliedern von keramischen Restaurationen mit adhäsivem Befestigungszement grundsätzlich Kofferdam, um einen perfekten Randschluss zu gewährleisten gerade dann, wenn die Präparationsgrenze leicht subgingival liegt [89].

### 5.2.2 CDA-Bewertung

Mittels der Bewertung nach den CDA-Richtlinien können in einer klinischen Untersuchung Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und die Randqualität der entsprechenden Zahnkronen in den Kategorien „klinisch akzeptabel“ und „klinisch nicht akzeptabel“ beurteilt werden.

Nach einem Zeitraum von zehn Jahren konnten 4% der in dieser Studie untersuchten Kronen als „klinisch nicht akzeptabel“ und 96% der Procera® AllCeram Kronen in den drei Bewertungskriterien als „klinisch akzeptabel“ eingestuft werden. 79% dieser klinisch akzeptablen Kronen erhielten das Ergebnis „exzellent“, mit „gut“ wurden dementsprechend 17% dieser Kronen bewertet. Von den 4% der klinisch nicht akzeptablen Kronen sind 2% der Kronendefekte noch tolerierbar aber stark mangelhaft. Die verbleibenden 2% sind nicht mehr

tolerierbar und müssen dringend erneuert werden. In Ihrer 2009 veröffentlichten Studie untersuchten *Kokubo* und Kollegen das Langzeitverhalten von Procera® AllCeram Kronen nach einem Zeitraum von fünf Jahren mit dem Ergebnis, dass 98% der Procera®-Kronen eine „klinisch akzeptable“ Bewertung nach den CDA-Richtlinien erreichten [82]. Ähnliche Ergebnisse lassen sich auch bei *Odén* und Kollegen nachlesen, die schon im Jahr 1998 ein klinisch akzeptables Ergebnis für 94% der untersuchten Procera®-Kronen nach einem Fünf-Jahres-Zeitraum ermittelten. Diese erfolgreichen Ergebnisse konnten durch die vorliegende Studie repliziert werden.

Für die Bewertung des Erfolges einer vollkeramischen Arbeit im Frontzahnbereich ist allerdings eine Bewertung von Patient und Zahnarzt notwendig. Dies wurde in den CDA-Richtlinien leider nicht berücksichtigt. Ist das Auge des Zahnarztes geschulter für die ästhetischen Belange einer prothetischen Versorgung, so ist dennoch im klinischen Alltag der Eindruck des Patienten der entscheidende, da er es ist, der die Versorgung tagtäglich trägt. Damit ist die Einbindung des Patienten schon bei den ersten Schritten des Behandlungsablaufes von großer Bedeutung.

### 5.2.3 Überlebensrate

Auch heute noch müssen für die Langzeithaltbarkeit von Kronenmaterialien die klassischen Metallkeramiken und Vollgussrestorationen als Maßstab herangezogen werden. In klinischen Studien wurden hierfür Überlebensraten zwischen 79 und 92% über einen Zeitraum von zehn Jahren ermittelt [90-93]. *Sorensen* gibt für insgesamt 12000 untersuchte Arbeiten mit einer Liegedauer von bis zu 14 Jahren eine maximale Versagensrate von 4,5% für metallkeramische Kronen an [94]. In einer retrospektiven Studie von *Kerschbaum* et al. waren nach fünf Jahren noch 93,7% der Kronen in Funktion [95].

Im Bereich der vollkeramischen Kronenrestauration, auch im Seitenzahnbereich, wurden bereits in früheren Studien mit anderen Materialien durchaus gute Überlebensraten dieser Restaurationen gefunden [96-100]. Bei *Odén* und Kollegen lag die Überlebensrate von Procera® AllCeram Kronen nach einem Zeitraum von fünf Jahren bei 94% [61]. *Ödmann* und Kollegen ermittelten eine Fünf-Jahres-Überlebensrate von 97,7% und eine Überlebensrate nach zehn Jahren in situ von 93,5% [63]. Bei *Freesmeyer* und Kollegen lag die Überlebensrate von Procera®-Käppchen, die mit AllCeram (Ducera GmbH and Co.) Keramik verblendet wurden, nach drei Jahren bei 97,9% und nach fünf Jahren bei 76,6% [24]. Nach zehn Jahren ergab sich für die Gesamtheit der nachuntersuchten vollkeramischen



## Diskussion

Restaurationen der hier vorliegenden Studie eine Überlebenswahrscheinlichkeit von 95,5%. Nach elf Jahren lag die Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit in dieser untersuchten Gruppe noch bei 90,5%. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit den Ergebnissen der oben genannten Studien. Eine Besonderheit der vorliegenden Studie liegt darin, dass sie einen vergleichsweise langen Follow-up Zeitraum einbezieht. Die Studie von *Ödman* und die vorliegende Studie zeigen, dass die Überlebenswahrscheinlichkeiten von Procera® AllCeram Kronen nach zehn bzw. elf Jahren bei 93,5% bzw. 90,5% liegen. Das liegt im Hinblick auf den oben genannten Mindestmaßstab für Überlebensraten zwischen 79% und 92% im oberen Bereich [90-93]. Dabei stellt die vorliegende Studie auch eine Überlebensrate nach zwölf Jahren bereit. Hier zeigt sich allerdings eine deutliche Zunahme der Defekte (Überlebenswahrscheinlichkeit sinkt auf 70,9%). Weitere Untersuchungen müssen zeigen, ob diese deutliche Zunahme an Defekten nach zwölf Jahren replizierbar ist.

Alle aufgetretenen Frakturen sind in dieser Arbeit noch einmal getrennt im Hinblick auf totale und reparable Misserfolge betrachtet worden. Als totaler Misserfolg wurde das irreparable Versagen der Kernkeramik definiert, das dazu führte, dass die Arbeit erneuert werden musste. Die vorliegende Untersuchung ergab für alle evaluierten Procera® AllCeram Kronen eine Überlebenswahrscheinlichkeit im Kriterium totaler Misserfolg von 89,7% nach einem Zeitraum von zwölf Jahren. Ein reparabler Misserfolg war definiert als eine Versagensform, die eine Reparatur und ein weiteres Verbleiben in situ zuließ. Die ermittelte Überlebenswahrscheinlichkeit für das Kriterium reparabler Misserfolg lag nach zehn Jahren bei 100% und sank zwei Jahre später auf 78,9%. Keramikabplatzungen im Verblendbereich blieben vom Patienten oftmals unbemerkt. Das könnte die lange Überlebenswahrscheinlichkeit ohne reparablen Misserfolg in der Auswertung nach Kaplan Meier erklären. Hinzu kamen biologische Misserfolge, in denen das Versagen nicht der Keramik selbst zuzuschreiben war, sondern anderen Faktoren (z.B.: äußere Gewalt, neue prothetische Gesamtplanung, Trepanation). Die Ergebnisse dieser Arbeit lassen sich mit denen anderer Untersuchungen vergleichen und zeigen, dass vollkeramische Materialien heute hinsichtlich ihrer Langlebigkeit vergleichbar mit metallkeramischen Kronen sind.

Auch die Aluminiumoxidkeramik In-Ceram wurde gut untersucht und erzielte für Kronenrestaurationen sehr gute Überlebensraten. So findet sich bei *Pröbster* [99] für 135 hauptsächlich im Seitenzahnbereich lokalisierte Kronen eine Überlebensrate nach Kaplan und Meier von 97,2% nach sechs Jahren. Ähnlich gut fallen auch die Ergebnisse anderer Studien aus [100, 101]. Allerdings weist In-Ceram, wie generell alle Oxidkeramiken, eine geringere

Transluzenz auf als die Glaskeramiken [102] und ist somit ästhetisch, je nach Einsatzgebiet, als etwas ungünstiger zu beurteilen.

Vergleicht man die Ergebnisse dieser Studien mit den Ergebnissen der frühen Glaskeramiken, so können deutliche Verbesserungen festgestellt werden. Für Dicor-Kronen ergab sich bei *Moffa et al.* [103] eine Frakturnrate von 10,4% bereits nach drei Jahren. Für Kronen im Seitenzahnbereich lag diese sogar bei 35,5%. Ähnliche Ergebnisse finden sich auch bei *Erpenstein* [104], *Richter* [105] und *Malament* [106].

Ziel eines jeden Zahnarztes sollte es sein, zahnärztliche Restaurationen einzugliedern, die durch ihre Langlebigkeit dann letztendlich auch wirtschaftlich sind. Die materialspezifischen Schichtstärken müssen berücksichtigt und eingehalten werden (siehe Herstellerangaben), wobei tendenziell der Substanzabtrag für Kronen aus Oxidkeramiken geringer gehalten werden kann als bei silikatkeramischen Kronen [46]. Die Fortschritte moderner vollkeramischer Materialien liegen auch darin, dass nur noch wenig mehr Hartschicht geopfert werden muss als bei konventionellen Restaurationen. Dadurch sinkt die Gefahr von präparationsbedingten Pulpairritationen oder iatrogenen Eröffnungen der Pulpa und die verbliebene Zahnhartsubstanz wird nicht unnötig weiter geschwächt. Bei adäquater, systemspezifischer Vorgehensweise sind vollkeramische Einzelkronen hinsichtlich der klinischen Bewährung metallkeramischen Kronen ebenbürtig [46].

### 5.2.4 Defekte

Misserfolge können werkstoffkundlich bedingt sein, wie ein fortschreitendes Risswachstum, welches zum Versagen der überlasteten Keramik führt oder aber es sind klinische Ursachen, die zu einem Misserfolg führen, wie Verarbeitungsfehler oder eine Indikationsüberschreitung [107].

Aluminiumoxidkappchen werden mit einer relativ schwachen Glaskeramik verblendet (Ducera GmbH and Co.). Bei einer Überbelastung frakturiert immer zuerst das Verblendmaterial. Diese Frakturen führen häufig durch eine Rissweiterleitung bis ins Basiskappchen zu einer Totalfraktur [108]. Anders verhält es sich bei der Metallkeramik, da hier die hohe Risszähigkeit des Metalls den eingeleiteten Riss an der metallkeramischen Grenzfläche stoppt. Deshalb ist es bei vollkeramischen Restaurationen besonders wichtig, die Dimension der Gerüststruktur so zu gestalten, dass die Verblendkeramik den elastischen Verformungen des Gerüsts unter den funktionellen Belastungen in der Mundhöhle standhält. Ein hohes Elastizitätsmodul, wie bei Zirkoniumoxid, ist dabei vorteilhaft [8].

## Diskussion

Die Festigkeit von keramischen Restaurationen identischer Form streut erheblich stärker als bei gleichartigen Restaurationen aus Metall. Die Zuverlässigkeit der keramischen Restaurationen wird dabei von der Verteilung der in Keramiken vorhandenen kritischen Defekte (Poren, Risse oder vergleichbare Fehlstellen) bestimmt. Die Werkstoffzusammensetzung, die Korngröße der Ausgangsmaterialien, die Fertigungsbedingungen und das Herstellungsverfahren einschließlich eventueller Korrekturen wie Einschleifen nehmen Einfluss auf die Größe und die Verteilung der Defekte in der Keramik [107].

Die hohen Biegefestigkeitswerte lassen vollkeramische Seitenzahnrestaurationen zu und ermöglichen auch die Herstellung von Implantatsuprastrukturen [109, 110].

Vergleichbar dieser vorliegenden Studie beobachteten auch *Galindo* et al. nach Trepanation einer Krone, aufgrund einer notwendig gewordenen Wurzelkanalbehandlung, eine Totalfraktur [58]. Die In-vitro-Untersuchung von *Wood* et al. belegt, dass aus der okklusalen Trepanationseröffnung eine Schwächung der Keramikkrone resultiert [111]. Nach einer Untersuchung vom *Blindl* scheinen Kavitätenpräparationen für eine endodontologische Behandlung nur für Molarenkronen zulässig zu sein [112]. Das erhöhte Risiko eines Misserfolges nach endodontischer Intervention muss als grundsätzlicher Nachteil vollkeramischer Systeme gegenüber konventionellen Verbundkeramiken angesehen werden.

### Lokalisation

Von den zehn Kronen mit diagnostizierten Defekten befanden sich sieben im Seitenzahngebiet und drei im Frontzahnbereich. In der vorliegenden Studie ergaben sich keine Verteilungsunterschiede. Allerdings muss bei der Interpretation der Ergebnisse der geringe Stichprobenumfang dieser Studie berücksichtigt werden. Das Signifikanzniveau wurde nur knapp verfehlt, tendenziell zeigten sich zahlenmäßig mehr Defekte im Seitenzahnbereich. In größeren Studien wurden ebenfalls signifikant mehr Kronenfrakturen im Seitenzahnbereich festgestellt [24, 61, 63]. Begründet liegt das wohl an dem höheren Kauddruck im Molarenbereich.

Alle zehn Frakturen wurden nochmals untersucht in Hinsicht auf die Lokalisation (Front- vs. Seitenzahngebiet) und hinsichtlich aufgetretener Defekte, die sich entweder nur auf die Verblendkeramik beschränkten ohne, dass das Kernmaterial beschädigt war oder in die vollständige Fraktur beider Materialien. Zwischen diesen Gruppen konnte in der hier vorliegenden Studie kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

### Befestigungsart

Bezüglich der Verteilung der Defekte in den Gruppen nach den verschiedenen Befestigungsarten wurde für die hier untersuchten Kronen ein signifikanter Unterschied ermittelt. Sechs Kronen, bei denen ein Defekt vorlag, wurden mit einem Glasionomerkement eingesetzt. Jeweils zwei Kronen, die mit einem Phosphatzement und mit einem Komposit befestigt worden waren, wiesen bei der Untersuchung für diese Studie eine Fraktur auf. Allerdings sollte das Ergebnis aufgrund der Ungleichverteilung der Befestigungsarten (56 Kronen mit GIZ, drei Kronen mit Phosphatzement und 15 Kronen mit einem Komposit) vorsichtig interpretiert werden. In-vitro-Untersuchungen zeigten deutlich bessere Werte für die Bruchfestigkeit von Kronen, die mit einem Glasionomerkement eingesetzt worden waren [113].

### Sensibilität

Alle fünf Kronen, die aufgrund einer totalen Fraktur des Kernmaterials und der Verblendkeramik erneuert werden mussten, befanden sich auf vitalen Zähnen. Bei drei von fünf Kronen mit einem reparablen Misserfolg waren die Zahnstümpfe zum Zeitpunkt des Eintretens des Defektes ebenfalls vital. Die Zahnfeiler von den zwei verbleibenden Kronen mit Keramikabplatzungen sind vor der Eingliederung der Procera® AllCeram Kronen wurzelkanalbehandelt worden. Hierfür wurde kein signifikanter Unterschied in der Verteilung der einzelnen Gruppen ermittelt. Von allen 74 der für diese Untersuchung evaluierten Kronen musste lediglich eine Prämolarenkrone im Oberkiefer aufgrund einer notwendig gewordenen endodontischen Behandlung trepaniert werden; mit dem Ergebnis einer darauf erfolgten Fraktur. Diese Krone war für einen Zeitraum von Februar 1998 bis Juni 2009 in situ unter Funktion. Es ist also nicht davon auszugehen, dass eine Wurzelkanalbehandlung aufgrund der Eingliederung mit einem Glasionomerkement notwendig geworden war.

Die Prüfung der Sensibilität dient vor allem der Feststellung eines möglichen Sensibilitätsverlustes nach der Befestigung. Zum einen kann so der Einfluss des Befestigungsmaterials auf die Vitalität untersucht werden, zum anderen stellt es auch eine deutliche Qualitätseinbuße und Gefahr für einen absoluten Misserfolg dar, wenn nach der Eingliederung eine Trepanation und Wurzelkanalbehandlung notwendig wird. Schmerzen im Bereich der Kronen können auch andere Ursachen als nur die Irritation der Pulpa durch Befestigungsmaterialien haben. Eine nicht absolut korrekte Okklusion, eine Randspaltbildung oder auch parodontale Probleme müssen ebenfalls in Erwähnung gezogen werden. Je nach

Behandlungsnotwendigkeit können diese Schmerzen schlussendlich ebenfalls zum Scheitern der Versorgung führen.

### 5.2.5 Parafunktion / Bruxismus

Zahlreiche Parameter können die Abrasion an einem natürlichen oder mit einem anderen Material versorgten Zahn beeinflussen. Es ist daher immer ein zahnähnliches Abrasionsverhalten von Zahnersatzmaterialien anzustreben. Ursachen für ein verstärktes Auftreten von Abrasionen können z.B. Bruxismus, Pressen, myofunktionale Störungen, falsche und exzessive Zahnputzgewohnheiten sowie Habits oder heute auch Piercings im Mundbereich sein. Hinsichtlich dieser Kriterien konnte in der vorliegenden Arbeit ebenfalls keine Vorauswahl der Patienten getroffen werden. Deutlich wurde in dieser Untersuchung, dass signifikant weniger Defekte zu verzeichnen waren, wenn keine Parafunktionen vorlagen. Das deckt sich mit dem Ergebnis in der Studie von *Freesmeyer* und Kollegen 2008 [24]. Bei sieben von insgesamt zehn frakturierten Kronen dieser Studie konnte ein Zusammenhang zu einer Parafunktion wie Pressen oder Knirschen des Patienten und dem Defekt hergestellt werden. Auch *Ödman* und Kollegen beschrieben in Ihrer 2001 veröffentlichten Untersuchung, dass zwei von vier Kernfrakturen bei Patienten mit Parafunktionen auftraten [63].

Bruxismus ist eine nächtlich auftretende parafunktionelle Aktivität des orofazialen Systems. Angaben zur Prävalenz von Bruxismus in der Bevölkerung variieren zwischen 6% und 22% [114]. Wahrscheinlich ist aber, dass Bruxismus weit häufiger auftritt als angegeben, da Erhebungen diesbezüglich auf einer Selbsteinschätzung der Patienten beruhen, Bruxismus jedoch oft eher unbewusst auftritt. Das Vorhandensein von Schliiffacetten, die auf eine eventuell vorliegende Parafunktion hindeuten könnten, sollte vom Zahnarzt vor Eingliederung einer vollkeramischen Arbeit im Patientenmund unbedingt geprüft werden. Letztlich sind sich nur 57% der Menschen mit objektiven Symptomen für Bruxismus ihrer Parafunktionen überhaupt bewusst [115]. Belastungen zwischen 500 und 800 N können bei Patienten mit Parafunktionen im Seitenzahnggebiet auftreten [116]. Die Auswirkungen von Bruxismus im stomatognathen System sind abhängig von dem Schweregrad der Parafunktion. Leichte Formen von Bruxismus sind vermutlich Teil eines normalen Verhaltens und haben daher selten ernsthafte Folgen für den Patienten. Ein exzessives Betreiben von Knirschen und Pressen über einen längeren Zeitraum hinweg kann starke strukturelle Veränderungen und funktionelle Beeinträchtigungen, auch über den Mund-Kiefer-Gesichtsbereiches hinaus, verursachen [117]. Auswirkungen dieser unbewussten nicht funktional gerichteten Kräfte sind

Zahn- und Kiefergelenksschmerzen, Zahnabrieb, Zahnlockerungen, Schmerzen der Kaumuskulatur sowie Kopfschmerzen. Aufgrund der Gefahr möglicher Frakturen von Vollkeramikronen bei Patienten mit diagnostiziertem Bruxismus sollte beim Einsatz von Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen im Seitenzahnggebiet starke Zurückhaltung geübt werden.

Die Frage zu Parafunktionen ist allen Patienten gestellt worden und nicht nur im Zusammenhang mit dem Komplikationsprotokoll und der schon eingetretenen Fraktur bzw. den sichtbaren Schliffacetten. Somit konnte der Patientenanteil ohne einen Kronendefekt aber mit einer eventuell vorliegenden Parafunktion, ohne erkennbare Schliffacetten, mit erfasst werden.

### 5.2.6 Fragebogenauswertung

94% der befragten Patienten waren mit ihrer prothetischen Versorgung im Allgemeinen zufrieden und 97% der an der Studie teilgenommenen Patienten würden sich wieder für die nur anteilig von der gesetzlichen Krankenkasse bezuschussten Kronenversorgung, dieses Herstellungsverfahrens, entscheiden.

Bemerkenswert ist, dass beide Patienten, die unzufrieden waren sowie die Patientin, die sich nicht mehr für eine Krone dieses Herstellungsverfahrens entscheiden würde, selbst im stomatologischen Bereich tätig waren (Zahnärztin, Zahnarzhelferin). Fachpersonal verneint möglicherweise diese Variante der Versorgung, weil sie mittlerweile bessere Verfahren kennen gelernt haben. Eine andere Motivation für eine solche Antwort könnte sein, dass sich Fachleute eine weitere Verbesserung wünschen.

Dafür, dass sich der Kostenaufwand gelohnt habe, entschieden sich 92% der Patienten. *Ödmann* und Kollegen erreichten in Ihrer Befragung zur Zufriedenheit der Patienten hinsichtlich der Ästhetik Ihres Zahnersatzes ein ähnlich gutes Ergebnis [63].

### 5.2.7 Vergleich der untersuchten Kronen vom Jahr 2002 und 2009

#### CDA-Bewertung

52 von den in dieser Studie untersuchten Kronen wurden im Jahr 2002 schon einmal untersucht und beurteilt.

In der Bewertung für **Oberfläche/Farbe** blieb die Anzahl der mit exzellent bewerteten Kronen (n = 42) von 2002 bis 2009 gleich. Bei der Auswertung dieser Kategorie konnte eine Verschiebung von drei Kronen von im Jahr 2002 noch „klinisch nicht akzeptabel“ hin zu

## Diskussion

„klinisch akzeptabel“ bei den untersuchten Kronen im Jahr 2009 festgestellt werden. Zu den Untersuchungszeitpunkten 2002 und 2009 führten zwei unterschiedliche Zahnärzte die Kontrollen der Kronen durch. Abweichungen könnten dadurch entstanden sein, dass der Untersucher im Jahr 2002 eher die Oberfläche der Kronen (und damit die Keramikabplatzungen) beurteilte und 2009 vorrangig die Farbe der Kronen bewertet wurde. Diese unterschiedliche Beurteilung ließe sich vermeiden, wenn man wie bei *Kokubo* und Kollegen [82] Oberfläche und Farbe der Kronen getrennt betrachten würde. Um zukünftige Untersuchungen objektiver zu gestalten, sollte man die zu beurteilenden Kriterien genauer beschreiben und oder eine Schulung der Urteiler durchführen.

Die minimal schlechteren Ergebnisse für die Kategorie **Anatomie/Okklusion** aus dem Jahr 2002 im Vergleich zu 2009 lassen sich auf zwischenzeitlich aufgetretene Frakturen zweier Kronen sowie auf die unterschiedliche Auslegung der CDA-Bewertung hinsichtlich der Keramikabplatzungen, die vom Untersucher 2009 in die Kategorie Anatomie und Okklusion aufgenommen worden sind, zurückführen.

Im Bereich **Randqualität** konnte, wie auch in der Kategorie Anatomie/Okklusion, 2009 eine Verschiebung innerhalb des klinisch akzeptablen Bereiches von „exzellent“ zu „gut“ festgestellt werden. Auch in den Untersuchungen von *Odén* und *Kokubo* zeigte sich eine Verschlechterung der Randqualität nach einem Zeitraum von fünf Jahren.

<b>Randqualität</b>	1.Untersuchung		2.Untersuchung (nach 5-7 Jahren)	
	exzellent	gut	exzellent	gut
Sweden <b>Odén</b> n = 100	95	5	76	15
Japan <b>Kokubo</b> n = 101	70	30	68	32
Berlin <b>Freemeyer</b> n = 52	85	15	69	29

Tab.27: Vergleich der bewerteten Randqualitäten unterschiedlicher Untersucher; alle Angaben in %

### Plaquesindex und Sulkus-Blutungs-Index

Die erhobenen Plaqueswerte waren in den Jahren 2002 und 2009 an den untersuchten Kronen gleich. Das lässt darauf schließen, dass sich die Zahnpflegegewohnheiten in der untersuchten Gruppe über einen Zeitraum von sieben Jahren nicht entscheidend geändert haben. Das ist

positiv zu werten, wird doch mit zunehmendem Erwachsenenalter die Feinmotorik immer schlechter und auch die visuelle Kontrolle des Putzerfolges nimmt im fortgeschrittenen Alter ab. Der Altersdurchschnitt aller untersuchten Patienten für diese Studie betrug im Mittel 51 Lebensjahre; der jüngste Patient war 29 und der älteste Patient in dieser untersuchten Gruppe zählte 79 Jahre.

Die Untersuchung des Sulkus-Blutungsindex für alle evaluierten Kronen zeigte nur im Kriterium Farbveränderung einen signifikanten Unterschied. Waren es im Jahr 2002 nur fünf Kronen, die eine Farbveränderung im Zahnfleischbereich aufwiesen, so musste 2009 an 22 von insgesamt 52 Kronen eine Rötung der Gingiva festgestellt werden. Für ein Ödem oder eine Blutung auf Sondierung wurden keine signifikanten Unterschiede in den Jahren 2002 und 2009 festgestellt. Das zeigt, dass von der Untersuchung im Jahr 2002 bis zur folgenden Kontrolle 2009 zwar eine Rötung im Bereich des Zahnfleisches der Procera<sup>®</sup>-Kronen aufgetreten war, jedoch ein Ödem oder gar eine Blutung als weitere Folgen einer Zahnfleischentzündung nicht nachweisbar waren.

### 5.2.8 Vergleich der untersuchten Kronen vom Jahr 1997 und 2009

#### CDA-Bewertung

17 Kronen, die im Jahr 2009 untersucht worden sind, wurden vom behandelnden Zahnarzt kurz nach der Eingliederung 1997 mit Hilfe der CDA-Richtlinien bewertet.

Eine Krone erhielt 2009 in der Kategorie **Anatomie/Okklusion** das klinisch nicht akzeptable Ergebnis „ungenügend“. Es handelt sich hierbei um eine Krone, die in der Untersuchung 2009 frakturiert und noch in situ vorgefunden worden ist. In den Bereichen **Oberfläche/ Farbe** und **Randqualität** waren alle untersuchten Kronen im klinisch akzeptablen Bereich zum Zeitpunkt der Eingliederung sowie zum Zeitpunkt der dritten Untersuchung für diese Studie zehn Jahre später. Allerdings bemerkt man bei der Auswertung der Ergebnisse eine leichte Verschlechterung dieser Kronen innerhalb des klinisch akzeptablen Bereiches von einer exzellenten Bewertung hin zu der Einschätzung „gut“. Diese tendenzielle Verschiebung von einer exzellenten zu einer guten Beurteilung der Kronen deutet sich auch in den Untersuchungen von Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen nach einem Fünf-Jahres-Zeitraum von *Odén* und *Kokubo* an [61, 82].



### Plaqueindex und Sulkus-Blutungs-Index

Zu keinem der beiden Untersuchungszeitpunkte 1997 und 2009 war der Intensitätsgrad 3 des Plaqueindex (dicker Zahnbelag im Bereich des Gingivarandes; oft weit auf Zahnkronen übergreifend; Interdentalraum mit Belag ausgefüllt) festgestellt worden. Jedoch konnte man nach dem Untersuchungszeitraum von zehn Jahren eine leichte Verschiebung der Plaquewerte hin zum Schlechteren erkennen. Kurz nach Eingliederung ist in den meisten Fällen kein Belag an den Procera<sup>®</sup>-Kronen nachweisbar gewesen, wohingegen zur Untersuchung für diese Studie öfter ein Plaquewert von „1“ gemessen worden ist. Das lässt sich gut mit der Motivation der Patienten erklären, noch besser auf Ihre Zahnmundhygiene zu achten, nach einer Behandlung zur Kronenpräparation beim Zahnarzt. Weitere Recalltermine fehlten leider. Weder ein schweres Ödem noch eine Spontanblutung ist an den 1997 und 2002 untersuchten Kronen festgestellt worden. Nach der Berechnung des Chi<sup>2</sup> Tests ergaben die Werte für die Bereiche des Sulkus-Blutungsindex keine signifikanten Unterschiede. Allerdings ist die Aussagekraft dieses Ergebnisses relativ zu betrachten, da die untersuchte Gruppe von 17 Kronen nach zehn Jahren unter Funktion in situ doch sehr klein ist. Weitere Untersuchungen mit größeren Gruppen sind dahingehend notwendig.

### 5.3 Schlussfolgerungen

Schlussendlich zeigen die Überlebensrate und der Kronenanteil mit festgestellten Keramikfrakturen, dass Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen mit denen anderer Vollkeramiksysteme vergleichbar sind. Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Defektes entspricht den von schon langjährig angewandten Vollkeramikronen anderer Herstellungsverfahren.

Der überwiegende Anteil der Kronen mit Defekten befand sich im Seitenzahnggebiet. Häufig wurde in diesem Zusammenhang auch eine Parafunktion diagnostiziert.

Nach einem Funktionszeitraum von zehn Jahren konnten 96% der Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen in den drei Bewertungskriterien der California Dental Association für Oberfläche/Farbe, Anatomie/Okklusion und Randqualität als „klinisch akzeptabel“ eingestuft werden.

Im Vergleich zum mitbewerteten Kontrollzahn wiesen die untersuchten Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen bei der Erhebung des Plaqueindex und des Sulkus-Blutungsindex zumeist vergleichbare und auch bessere Werte auf.

94% der befragten Patienten waren mit ihrer prothetischen Versorgung im Allgemeinen zufrieden.

## Diskussion

Einige Ergebnisse in der hier vorliegenden Studie weisen in ihrer Tendenz auf einen Unterschied in den Gruppen hin, jedoch wurde das strenge Signifikanzniveau von 0,05 knapp verfehlt. Die Erkenntnisse dieser Untersuchung sollten anhand einer größeren Stichprobe abgesichert werden.

### 5.4 Klinische Konsequenzen

Die klinische Bewährung von Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen nach einem Zeitraum von zehn Jahren in Funktion zeigt, dass 96% der Kronen entweder mit „exzellent“ oder „gut“ nach den Qualitätsrichtlinien der California Dental Association beurteilt worden sind. Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen eignen sich als Einzelzahnrekonstruktionen und sind ein Mittel der Wahl bei ästhetisch hochwertigen Vollkeramikkronen für den Front- sowie für den Seitenzahnbereich. Bei Patienten mit bekannten Parafunktionen sollten Zahnärzte aufgrund der eher gegebenen Frakturgefahr der Kronen besonders zurückhaltend sein und Kronen generell nur dann in Vollkeramik anfertigen, wenn sich die strenge Einhaltung der vorgegebenen Präparationsregeln gewährleisten lässt.

## 6 Zusammenfassung

Keramische Materialien sind als Werkstoff für den Ersatz von Zahnhartsubstanz nicht mehr wegzudenken und werden in der Zukunft ihre Stellung unter den Restaurationsmaterialien in der Zahnheilkunde weiter ausbauen. Der Einzug der CAD/CAM Technologie in die Zahnmedizin ist dabei ein entscheidender Schritt. Es ist heute möglich den Präparationsumfang für Vollkeramik so gering wie möglich zu halten- zum Wohl der Gesundheit. Patient, Zahnarzt und Zahntechniker fordern die Anwendung profitabler Systeme bei der Umsetzung eines ästhetischen Ziels: Vorbild Natur!

Der Zahnmedizin stehen für einen Zahn mit Kronenindikation unterschiedliche Arten von Vollkeramiksystemen zur Verfügung. Ein ausschlaggebendes Kriterium bei der Entscheidung für ein System ist für den behandelnden Zahnarzt die klinische Langzeitbewährung.

Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen werden seit 1997 an der Zahnklinik der Freien Universität in Berlin hergestellt, eingesetzt und evaluiert. Bei insgesamt 36 Patienten wurden 74 Kronen mit diesem Herstellungsverfahren eingegliedert und 2009, nach einem Zeitraum von zwölf Jahren unter Funktion für diese Studie nachuntersucht. Nach zehn Jahren lag die Gesamtüberlebenswahrscheinlichkeit in dieser untersuchten Gruppe bei 95,5%. Für die Ermittlung der Überlebensrate wurden alle zehn defekten Kronen gewertet. Dabei handelte es sich um fünf Defekte innerhalb der Verblendkeramik sowie um fünf totale Frakturen der Verblendkeramik und des Kernmaterials. Ein Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Defektes und dem Vorhandensein einer Parafunktion wurde deutlich.

Die an 35 Schneidezähnen, sieben Eckzähnen, 18 Prämolaren und 14 Molaren untersuchten Kronen wurden qualitativ mit den Richtlinien der CDA beurteilt. Hierbei lagen 96% aller Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen im klinisch akzeptablen Bereich. Das Ergebnis „exzellent“ erreichten 79% der Kronen und weitere 17% wurden mit „gut“ bewertet.

Für die Mehrzahl der Procera<sup>®</sup> AllCeram Kronen sind der gemessene Plaqueindex und auch der Sulkus-Blutungsindex (Farbveränderung, Ödem, Blutung) vergleichbar oder besser als beim Kontrollzahn ausgefallen. Kein Zahnbelag befand sich wesentlich häufiger an Kronen, die eine sub- bzw. paragingivale Kronenrandlage aufwiesen.

97% der an der Studie teilgenommenen Patienten würden sich wieder für eine Kronenversorgung dieses Herstellungsverfahrens entscheiden.

### Summary

Ceramic materials have become essential as a raw material for enamel and will even expand their significance among restoration materials in dentistry in the foreseeable future. A significant development is CAD/CAM technology, which has found its way into dentistry. The benefit-cost-analysis yields a positive result: On the one hand, it is possible to minimize the amount of preparation for all-ceramic for the sake of healthiness; on the other hand, patients, dentists and dental technicians are calling for the use of profitable systems in executing an ambitious aesthetic goal: the ideal of nature.

In today's dentistry a wide variety of all-ceramic systems for a tooth with crown indication are available. The decisive criteria in choosing a system is still the clinical long term durability.

Since 1997 Procera<sup>®</sup> AllCeram crowns are produced, used and evaluated at the dental clinic of the Free University of Berlin. 74 of those crowns were attached on 14 molars, 18 premolars, seven canines and 35 incisors in 36 patients and were analyzed after twelve years in use. After ten years the cumulative survival rate was 95.5 percent across the whole group. In order to assess the survival rate all ten observed malfunctions were analyzed. Of those, five were fractures within the veneering porcelain and five were total fractures, both of the veneering porcelain and the core material. A correlation between the occurrence of a malfunction and an existing bruxism could be observed.

According to CDA guidelines 96 percent of Procera<sup>®</sup> AllCeram crowns were rated satisfactory - 79 percent were rated "excellent" while 17 percent were rated "good".

For the majority of Procera<sup>®</sup> AllCeram crowns the plaque index as well as the sulcus-bleeding-index were on a comparable level - and in some cases even better - than those of the control tooth. For crowns with sub- or paragingivale crown margin a lack of dental plaque was observed significantly more often. 97 percent of the patients who took part in this study would again decide in favor of Procera<sup>®</sup> AllCeram crowns.

Within the limits of this study, the following conclusions were drawn: The ten-year clinical observations (using the California Dental Association's quality guidelines as a benchmark) supported the conclusion that Procera<sup>®</sup> AllCeram crowns may be used in all areas of the mouth. According to the results of this study, Procera<sup>®</sup> All Ceram crowns will be an acceptable option for aesthetic dental restorations. However, dentists and dental technicians should be especially attentive in cases involving the posterior regions because of the potential for fractures and chipping.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] Rosenblum MA, Schulman A. A Review of All-Ceramic Restorations. JADA. 1997;128:297- 307.
- [2] Eichner K. Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung. Heidelberg: Dr. Alfred Hüthig Verlag 1985.
- [3] Lindemann W. Dentalkeramik- mineralogisch betrachtet. ZMK. 2000;5:280-5.
- [4] Brostow W. Einstieg in die moderne Werkstoffwissenschaft. München, Wien: Hanser-Verlag 1984.
- [5] Pospiech P, Tinschert J, Raigrodski A. Keramik- Vollkeramik Kompendium. 3M Espe 2005.
- [6] Kern M, Kohal RJ, Mehl A, Pospiech P, Frankenberger R, Reiss B, et al. Vollkeramik auf einen Blick. Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde eV. 2010.
- [7] Pröbster L. Sind vollkeramische Kronen- und Brücken wissenschaftlich anerkannt? DGZMK. 2005 (wissenschaftliche Stellungnahme).
- [8] Kappert HF. Zur Festigkeit von Dentalkeramiken. Zahnärztl Mitt. 2003;7:42-6.
- [9] Lauer H-C. Vollkeramische Restaurationen in der Hand des Generalisten. Zahnärztl Mitt. 2003;9.
- [10] Tinschert J, Natt G, Mohrbotter N, Spiekermann H, Schulze KA. Lifetime of alumina- and zirconia ceramics used for crown and bridge restorations. J Biomed Mater Res B Appl Biomater. 2007; 80(2):317-21.
- [11] Kelly JR. Dental ceramics: current thinking and trends. Dent Clin North Am. 2004;48(2):513-30.
- [12] Duyck J, Van Oosterwyck H, De Cooman M, Puers R, Vander Sloten J, Naert I. Three-dimensional force measurements on oral implants: a methodological study. J Oral Rehabil. 2000; 27(9):744-53.
- [13] Hagberg C. Electromyography and bite force studies of muscular function and dysfunction in masticatory muscles. Swed Dent J Suppl. 1986;37:1-64.
- [14] Helkimo E, Carlsson GE, Helkimo M. Bite force and state of dentition. Acta Odontol Scand. 1977;35(6):297-303.
- [15] Körber KH, Ludwig K. Maximale Kaukraft als Berechnungsfaktor zahntechnischer Konstruktionen. Dent Labor 1983;31:55-60.
- [16] Kern M, Pröbster L. Ist die Technik schneller als unsere Lernfähigkeit? ZWL 2004(3):38-44.

## Literaturverzeichnis

- [17] Fischer J. Mikrostruktur und Verstärkungsmechanismen dentalkeramischer Werkstoffe. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH 1996.
- [18] Erpenstein H, Kerschbaum T. Frakturnrate von Dicor-Kronen unter klinischen Bedingungen. Dtsch Zahnärztl Z. 1991; 46(2):124-8.
- [19] Segal BS. Retrospective assessment of 546 all-ceramic anterior and posterior crowns in a general practice. J Prosthet Dent. 2001;85(6):544-50.
- [20] Pröbster L. Zum heutigen Stand vollkeramischer Restaurationen. Zahnärztl Mitt 1997(20):44-50.
- [21] Kaiser M, Wassermann A, Strub J-R. Klinische Langzeitresultate von VITA In- Ceram® Classic: Eine systematische Übersichtsarbeit. Schweiz Monatsschr Zahnmed. 2006(116):120-8.
- [22] Sadan A, Blatz MB, Lang B. Clinical considerations for densely sintered alumina and zirconia restorations: Part 1. Int J Periodontics Restorative Dent. 2005;25(3):213-9.
- [23] Pospiech P. Biokompatibilität keramischer Systeme. Quintessenz Zahntech 2005; 31 (12):1337-43.
- [24] Freesmeyer WB, Meier AF, Fritz H, Roggensack M. Klinische Untersuchung zur Bewährung von Procera AllCeram- Kronen. Dtsch Zahnärztl Z. 2008; 63(4):249-57.
- [25] Gemalmaz D, Ergin S. Clinical evaluation of all-ceramic crowns. J Prosthet Dent. 2002;87(2):189-96.
- [26] Malament KA, Socransky SS, Thompson V, Rekow D. Survival of glass-ceramic materials and involved clinical risk: variables affecting long-term survival. Pract Proced Aesthet Dent. 2003;Suppl:5-11.
- [27] Binder JR. Die Qual der Wahl- Materialvielfalt bei vollkeramischem Zahnersatz. ZWL. 2004;3:47-52.
- [28] Kern M, Mehl A. Neue Perspektiven für CAD/CAM in der Zahnheilkunde? Quintessence Zahntech. 2002;28(11):2-8.
- [29] Freesmeyer WB, Fritz H. Randspaltuntersuchung bei Procera AllCeram-Kronen. Zahnmed Diss FU Berlin. 2002.
- [30] Rudolph H, Quaas S, Luthardt R. Die Wahl eines geeigneten CAD/CAM - Systems. ZWP. 2008; 8(4):4-8.
- [31] Bindl A, Mörmann WH. Marginal and internal fit of all-ceramic CAD/CAM crown-copings on chamfer preparations. J Oral Rehabil. 2005;32(6):441-7.
- [32] Freesmeyer WB, Wilde T, Roggensack M, Wulfes V. CAD/CAM-gefertigte Kronen im direkten Vergleich. dental-labor 1995;43(1):61-4.

## Literaturverzeichnis

- [33] Andersson M, Odén A. A new all-ceramic crown. A dense-sintered, high-purity alumina coping with porcelain. *Acta Odontol Scand.* 1993;51(1):59-64.
- [34] Hegenbarth EA. Das Procera-System: Ästhetik, Präzision und Stabilität eines neuen vollkeramischen Verfahrens. *Quintessenz Zahntech.* 1996; 22:1098-114.
- [35] Wagner WC, Chu TM. Biaxial flexural strength and indentation fracture toughness of three new dental core ceramics. *J Prosthet Dent.* 1996;76:140-4.
- [36] Kappert HF, Knode H, Schultheiss R. Festigkeitsverhalten der In-Ceram-Keramik bei mechanischer und thermischer Wechsellast im Kunstspeichel. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1991;46:129-31.
- [37] Schwickerath H. Neue Keramiksysteme unter Dauerbeanspruchung. *Quintessenz Zahntech.* 1994; 20:1495-9.
- [38] Zeng K, Odén A, Rowcliffe D. Flexure tests on dental ceramics. *Int J Prosthodont.* 1996; 9:434-9.
- [39] Zeng K, Odén A, Rowcliffe D. Evaluation of mechanical properties of dental ceramic core materials in combination with porcelains. *Int J Prosthodont.* 1998;11:183-9.
- [40] Abed HM, Razzoog ME, Lang BR, Yaman P. The effect of alumina core thickness on the fracture resistance of all-ceramic crowns. *J Dent Res.* 1997;76(63):Abstr 394.
- [41] Kappert HF, Krah M. Dentalkeramiken- eine Übersicht. *Quintessenz Zahntech.* 2001;27:668-704.
- [42] Procera Klinisches Handbuch. Nobel Biocare. 1996.
- [43] Andersson M, Carlsson L, Persson M, Bergman B. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *J Prosthet Dent.* 1996;76(2):187-93.
- [44] Persson M, Andersson M, Bergman B. The accuracy of a high-precision digitizer for CAD/CAM of crowns. *J Prosthet Dent.* 1995;74(3):223-9.
- [45] Heffernan MJ, Aquilino SA, Diaz-Arnold AM, Haselton DR, Stanford CM, Vargas MA. Relative translucency of six all-ceramics systems. Part I: core materials. *J Prosthet Dent.* 2002;88(1):4-9.
- [46] Luthardt R, Tinschert J, Pospiech P, Reich S, Kern M. Vollkeramische Restaurationen. Wissenschaftliche Mitteilung der Deutschen Gesellschaft für zahnärztliche Prothetik und Werkstoffkunde (DGZPW). *Zahnärztl Mitt.* 2009;63:1186-8.
- [47] Fritz H, Freesmeyer WB, Döring K, Bader G. Herstellung einer vollkeramischen Brücke unter Anwendung einer CAD/CAM- Technik. *Quintessenz Zahntech.* 1999;25:1289-99.

- [48] Blatz MB, Oppes S, Chiche G, Holst S, Sadan A. Influence of cementation technique on fracture strength and leakage of alumina all-ceramic crowns after cyclic loading. *Quintessence Int.* 2008;39(1):23-32.
- [49] Blixt M, Adamczak E, Lindén LA, Odén A, Arvidson K. Bonding to densely sintered alumina surfaces: effect of sandblasting and silica coating on shear bond strength of luting cements. *Int J Prosthodont.* 2000;13(3):221-6.
- [50] Mörmann W, Wolf D, Ender A, Bindl A, Göhring T, Attin T. Effect of two self-adhesive cements on marginal adaptation and strength of esthetic ceramic CAD/CAM molar crowns. *J Prosthodont.* 2009;18(5):403-10.
- [51] Hagmann E, Marinello CP, Zitzmann NU. Bruchfestigkeit von Procera® AllCeram in Abhängigkeit des Gerüstdesigns. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2006(116):25-32.
- [52] Rodiger O, Kappert HF, Marinello CP. In-vitro-Bruchlasttests von 3-gliedrigen Seitenzahnbrücken hergestellt im Procera®-Verfahren. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2004(114):207-13.
- [53] Albert FE, El-Mowafy OM. Marginal adaptation and microleakage of Procera AllCeram crowns with four cements. *Int J Prosthodont.* 2004;17(5):529-35.
- [54] Pilathadka S, Slezák R, Srinivasan V, Ivancáková R. Precision of marginal adaptation of the incisor and molar Procera allceram crown copings. *Prague Med Rep.* 2008;109(1):71-82.
- [55] Suárez MJ, González de Villaumbrosia P, Pradíes G, Lozano JF. Comparison of the marginal fit of Procera AllCeram crowns with two finish lines. *Int J Prosthodont.* 2003;16(3):229-32.
- [56] Kokubo Y, Ohkubo C, Tsumita M, Miyashita A, Vult von Steyern P, Fukushima S. Clinical marginal and internal gaps of Procera AllCeram crowns. *J Oral Rehabil.* 2005;32(7):526-30.
- [57] Suleiman F, Chai J, Jameson LM, Wozniak WT. A comparison of the marginal fit of In-Ceram, IPS Empress and Procera crowns. *Int J Prosthodont.* 1997;10:478-84.
- [58] Galindo ML, Hagmann E, Marinello CP, Zitzmann NU. Klinische Langzeiterfahrungen mit Procera®- AllCeram-Vollkeramikronen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 2006(116):804-9.
- [59] Zitzmann NU, Galindo ML, Hagmann E, Marinello CP. Clinical evaluation of Procera AllCeram crowns in the anterior and posterior regions. *Int J Prosthodont.* 2007;20(3):239-41.



## Literaturverzeichnis

- [60] Andersson M, Razzoog ME, Odén A, Hegenbarth EA, Lang B. A new way to achieve an all-ceramic crown. *Quintessence Int.* 1998(29):285-95.
- [61] Odén A, Andersson M, Krystek-Ondracek I, Magnusson D. Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent.* 1998;80(4):450-6.
- [62] Fradeani M, D'Amelio M, Redemagni M, Corrado M. Five-year follow-up with Procera all-ceramic crowns. . *Quintessence Int.* 2005;36(2):105-13.
- [63] Ödman P, Andersson B. Procera All Ceram crowns followed for 5 to 10.5 years: a prospektive clinical study. *Int J Prosthodont.* 2001(14):504-9.
- [64] Naert I, Van der Donck A., Beckers L. Precision of fit and clinical evaluation of all-ceramic full restorations followed between 0.5 and 5 years. *J Oral Rehabil.* 2005;32(1):51-7.
- [65] Böning KW, Wolf BH, Schmidt AE, Kästner K, Walter MH. Clinical fit of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent.* 2000;84(4):419-24.
- [66] Etman MK, Woolford M, Dunne S. Quantitative measurement of tooth and ceramic wear: in vivo study. *Int J Prosthodont.* 2008;21(3):245-52.
- [67] Pilathadka S, Slezák R, Vahaloá D, Kudiyirickal MG, Sukumar S. Influence of different luting agents on the marginal discrepancy of Procera Allceram alumina crown copings--an experimental study. *Acta Medica (Hradec Kralove).* 2008;51(1):13-8.
- [68] Flemmig TF. *Parodontologie. Ein Kompendium.* Stuttgart: Thieme 1993.
- [69] Silness J, Loe H. Periodontal disease in pregnancy. II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand.* 1964;22:121-35.
- [70] Silness J. Periodontal conditions in patients treated with dental bridges. *J Periodontal Res.* 1970;5:60-8.
- [71] Mühlemann HR, Son S. Gingival sulcus bleeding--a leading symptom in initial gingivitis. *Helv Odontol Acta.* 1971;15(2):107-13.
- [72] Saxer UP, Mühlemann HR. Motivation and education. *Schweiz Monatsschr Zahnmed.* 1975;85:905-19.
- [73] Ryge G. Clinical criteria. *Int Dent J.* 1980;30(4):347-58.
- [74] Ryge G. The California Dental Association Quality Evaluation System, a standard for self assessment. *Quality Evaluation of Dental Restorations.* 1989:273-90.
- [75] Cvar JF, Ryge G. Reprint of criteria for the clinical evaluation of dental restorative materials.1971. *Clin Oral Investig.* 2005;9(4):215-32.
- [76] Association CD. *Quality evaluation for dental care. Guidelines for the assessment of clinical quality and professional performance.* . Los Angeles 1977.

## Literaturverzeichnis

- [77] Clauß G, Finze F-R, Partzsch L. Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner: Grundlagen. Frankfurt am Main 1999.
- [78] Kaplan EL, Meier P. Non parametric estimation from incomplete observations. J Am Stat Assoc. 1958;53:457-65
- [79] Kancyper SG, Koka S. The influence of intracrevicular crown margins on gingival health: preliminary findings. J Prosthet Dent. 2001;85(5):461-5.
- [80] Reitemeier B, Hänsel K, Walter MH, Kastner C, Toutenburg H. Effect of posterior crown margin placement on gingival health. J Prosthet Dent. 2002;87(2):167-72.
- [81] Smedberg JL, Ekenbäck J, Lothigius E, Arvidson K. Two-year follow-up study of Procera-ceramic fixed partial dentures. Int J Prosthodont. 1998;11(2):145-9.
- [82] Kokubo Y, Sakurai S, Tsumita M, Ogawa T, Fukushima S. Clinical evaluation of Procera AllCeram crowns in Japanese patients: results after 5 years. J Oral Rehabil. 2009;36(11):786-91.
- [83] Glantz PO, Ryge G, Jendresen MD, Nilner K. Quality of extensive fixed prosthodontics after five years. J Prosthet Dent. 1984;52(4):475-9.
- [84] Tsumita M, Kokubo Y, Ohkubo C, Sakurai S, Fukushima S. Clinical evaluation of posterior all-ceramic FPDs (Cercon): a prospective clinical pilot study. J Prosthodont Res. 2010;54(2):102-5.
- [85] Vanoorbeek S, Vandamme K, Lijnen I, Naert I. Computer-aided designed/computer-assisted manufactured composite resin versus ceramic single-tooth restorations: a 3-year clinical study. Int J Prosthodont. 2010;23(3):223-30.
- [86] Milleding P, Haag P, Neroth B, Renz I. Two years of clinical experience with Procera titanium crowns. Int J Prosthodont. 1998;11(3):224-32.
- [87] Bindl A, Mörmann WH. Survival rate of mono-ceramic and ceramic-core CAD/CAM-generated anterior crowns over 2-5 years. Eur J Oral Sci. 2004;112(2):197-204.
- [88] Spiekermann H. Zur marginalen Paßform von Kronen und Brücken. Dtsch Zahnärztl Z. 1986;41:1015-9.
- [89] Mörig G. Langzeiterfahrungen mit adhäsiv befestigten Keramikrestorationen. Quintessence 2000(9):891-900.
- [90] Schlösser R, Kerschbaum T, Ahrens FJ, Cramer C. Überlebensrate von Teil- und Vollgußkronen. Dtsch Zahnärztl Z. 1993;48(11):696-8.
- [91] Erpenstein H, Kerschbaum T, Fischbach H. Verweildauer und klinische Befunde bei Kronen und Brücken - Eine Langzeitstudie. Dtsch Zahnärztl Z. 1992;47:315-9.
- [92] Kerschbaum T, Leempoel P. Kronen und Brücken. München: Hanser 1989.

## Literaturverzeichnis

- [93] Kerschbaum T, Paszyna C, Klapp S, Meyer G. Verweilzeit- und Risikofaktorenanalyse von festsitzendem Zahnersatz. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1991;45:20-4.
- [94] Sorensen JA. Restaurationen mit Vollkeramik-Kronen. 1997.
- [95] Kerschbaum T, Seth M, Teeuwen U. Verweildauer von kunststoff- und metallkeramisch verblendeten Kronen und Brücken. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1997;52(6):404-6.
- [96] Fradeani M, Redemagni M. An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *Quintessence Int.* 2002;33(7):503-10.
- [97] Fradeani M, Aquilano A. Clinical experience with Empress crowns. *Int J Prosthodont.* 1997;10(3):241-7.
- [98] Sjögren G, Lantto R, Granberg A, Sundström BO, Tillberg A. Clinical examination of leucite-reinforced glass-ceramic crowns (Empress) in general practice: a retrospective study. *Int J Prosthodont.* 1999;12(2):122-8.
- [99] Pröbster L. Klinische Langzeiterfahrungen mit vollkeramischen Kronen aus In-Ceram. *Quintessenz.* 1997;48(12):1639-46.
- [100] McLaren EA, White SN. Survival of In-Ceram crowns in a private practice: a prospective clinical trial. *J Prosthet Dent.* 2000;83(2):216-22.
- [101] Pröbster L. Four year clinical study of glass-infiltrated, sintered alumina crowns. *J Oral Rehabil.* 1996;23(3):147-51.
- [102] Tinschert J, Natt G, Spiekermann H. Aktuelle Standortbestimmung von Dentalkeramiken. *dental-praxis.* 2001;2001(9/10):293-309.
- [103] Moffa JP, Lugassy AA, Ellison JA. Clinical evaluation of castable ceramic material: Three-year study. *J Dent Res.* 1988;67(Abstr.Nr. 43):118.
- [104] Erpenstein H, Kerschbaum T. Frakturanfälligkeit von glas- und galvanokeramischen Kronen. *Dtsch Zahnärztl Z.* 1995;50(9):668-70.
- [105] Richter E-J. Klinische Erfahrungen mit der Dicor-Glaskeramik. Berlin: Quintessenz Verlags-GmbH 1996.
- [106] Malament KA, Socransky SS. Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 14 years: Part I. Survival of Dicor complete coverage restorations and effect of internal surface acid etching, tooth position, gender, and age. *J Prosthet Dent.* 1999;81(1):23-32.
- [107] Luthardt R. Ästhetische Restaurationen aus Zirkoniumdioxidkeramik. *Zahnärztl Mitt.* 2005;95(21):62-6.
- [108] Vult von Steyern P. All-ceramic fixed partial dentures. Studies on aluminum oxide- and zirconiumdioxide-based ceramic systems. *Swed Dent J Suppl.* 2005(173):1-69.

## Literaturverzeichnis

- [109] Hegenbarth EA. Die Anwendung des Procera-CAD/CAM- Systems bei metallfreien Suprastrukturen auf Einzelimplantaten. *Quintessenz Zahntech.* 1997;23:294-307.
- [110] Hegenbarth EA, Ottl PJ, Lauer H-C. Individuelle CAD/CAM-hergestellte Gerüstkrappen aus Aluminiumoxidkeramik für CeraOne-Abutments. *Implantologie* 1997;5:147-58.
- [111] Wood KC, Berzins DW, Luo Q, Thompson GA, Toth JM, Nagy WW. Resistance to fracture of two all-ceramic crown materials following endodontic access. *J Prosthet Dent.* 2006;95:33-41.
- [112] Bindl A, Richter B, Mörmann WH. Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macroretention geometry. *Int J Prosthodont.* 2005;18(3):219-24.
- [113] Dwan A, Yaman P, Razzoog ME, Wang RF. Effect of cement on fracture resistance of all-ceramic crowns. *J Dent Res.* 1996;75.
- [114] Lobbezoo F, Lavigne GJ. Do bruxism and temporomandibular disorders have a cause-and-effect relationship? *J Orofac Pain.* 1997;11(1):15-23.
- [115] Hanamura H, Houston F, Rylander H, Carlsson GE, Haraldson T, Nyman S. Periodontal status and bruxism. A comparative study of patients with periodontal disease and occlusal parafunctions. *J Periodontol.* 1987;58(3):173-6.
- [116] Kelly JR. Clinical failure of dental ceramic structures: insights from combined fractography, in vitro testing and finite element analysis. *Ceram Trans.* 1995;48:125-37.
- [117] Molina OF, dos Santos Junior J., Nelson SJ, Nowlin T. Profile of TMD and Bruxer compared to TMD and nonbruxer patients regarding chief complaint, previous consultations, modes of therapy, and chronicity. *Cranio.* 2000;18(3):205-19.

## **8 Anhang**

### 8.1 Klinisches Untersuchungsprotokoll

Klinisches Protokoll: Nachuntersuchung von Procera® AllCeram

**ALLGEMEINES**

Klinik  Patientennummer  Patientenalter   
 Name  Vorname  weiblich  männlich   
 Telefonnummer   
 Untersucher  Datum der Untersuchung

**LOKALISATION**

**Procera® - Krone**

**Kontrollzahn**

Sensibilität

(sens, desen, WF)

Lockerung

(0, 1, 2, 3)

Aufbau

Füllung

(keine, plastisch, geg. Stift, Schraube, Cosmopost)

(keine, zahnfarbend, Amalgam, Gußfüllung)

Evtl. Veränderungen am

Kontrollzahn:

zementiert am:

**INDEX**

vom:

	<b>Procera-Krone</b>	<b>Kontrollzahn</b>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<b>PI</b>	m v d o	m v d o
0 = Stärke, Lokalisation, Erkennbarkeit o.B 1 = hauchdünn, Gingiva / benachbarte Zahnflächen, mit Sonde 2 = mäßig, Gingivarand / IDR normal, mit bloßem Auge 3 = dick, weit auf Zahnkronen / in IDR	<input type="text" value="2"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="2"/> <input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>
<b>SBI</b>	mv v dv do o mo	mv v dv do o mo
<b>Farbveränderung</b>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>
0 = keine Farbveränderung 1 = Farbveränderung		
<b>Ödem</b>	mv v dv do o mo	mv v dv do o mo
0 = kein Ödem 1 = leichtes Ödem 2 = schweres Ödem	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>
<b>Blutung</b>	mv v dv do o mo	mv v dv do o mo
0 = keine Blutung 1 = Blutung nach Sondierung 2 = spontane Blutung	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/> <input type="text" value="0"/>

## BEWERTUNG

Procera<sup>®</sup> - Krone

### CDA- Code:

Oberfläche und Farbe

Anatomie/ Okklusion

Randqualität

### Lage des Kronenrandes:

Mesial  (supragingival, para-

Distal  gingival, subgingival)

Vestibulär

Oral

### Unter- /Überkontur:

Mesial  ( Unterkontur, keine

Distal  Stufe, Überkontur)

Vestibulär

Oral

Existieren Schliffacetten am Antagonisten?  (ja/ nein)

War eine mehrfache Anfertigung erforderlich?

## **PATIENTENBEFRAGUNG:**

1. Sind zwischenzeitlich Behandlungen an dem überkronten Zahn durchgeführt worden?

Ja             Nein

Wenn ja, welche?

Neuanfertigung             Rezementierung  
 WKB                             WSR  
 PA                                 Sonstige

2. Sind Überempfindlichkeiten bei Heißem/ Kalten aufgetreten?

Ja             Nein

3. Bemerken Sie Empfindlichkeiten beim Kauen an dem überkronten Zahn?

Ja             Nein

4. Sind mögliche Speiseimpaktationen aufgetreten?

Ja             Nein

5. Sind Sie allgemein mit Ihrer prothetischen Versorgung zufrieden?

Ja             Nein

6. Würden Sie sich wieder für eine nur anteilig von den gesetzlichen Krankenkassen bezuschusste Leistung entscheiden?

Ja             Nein

7. Hat sich der Kostenaufwand in Ihrer Meinung nach für Sie gelohnt?

Ja             Nein



## KOMPLIKATIONSPROTOKOLL

Procera® - Krone:

(nur ausfüllen, wenn Defekt aufgetreten)

### Keramikdefekte:

1. Anamnese bezüglich Parafunktionen:  Ja  Nein
2. Lokalisation des Keramikdefektes?   
(Flächenbezeichnung, Randbereich, Glattfläche, Beziehung zur Okklusal/  
Inzisalfäche)
3. Art der Fraktur?  ( muschelförmig, etc.)
4. Ungefähre Frakturfläche in mm<sup>2</sup>:
5. Hauptsächlicher Frakturverlauf?  
Aufbrennkeramik  Kern
6. Wann erfolgte die Fraktur (Patientenbefragung)?
7. Sind Sprünge in der Keramik vorhanden (getrockneter ZE)?  Ja  Nein
  - Anzahl:
  - Jeweilige Lokalisation:
  - Jeweilige Länge:
8. Weitere Keramikdefekte ( z. B. Poren)?  Ja  Nein
9. Defekt tolerierbar/ korrigierbar?  Ja  Nein
10. Entfernung erforderlich?  Ja  Nein

## 8.2 Danksagung

Herrn Professor Dr. Wolfgang B. Freesmeyer danke ich für die Überlassung des Dissertationsthemas und das damit entgegengebrachte Vertrauen in eine Absolventin der TU Dresden.

Frau Dr. Ingrid Peroz gilt mein ganz besonderer Dank, da Sie die Betreuung meiner Arbeit nach dem Tod von Herrn Prof. Freesmeyer ohne Zögern übernahm.

Dr. Harry Fritz danke ich für die Anfangsplanung und die hilfreiche Unterstützung vor dem Entstehen dieser Arbeit.

Mein herzlicher Dank gilt ebenfalls Herrn Dr. Markus Roggensack für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung.

Für ihr freundliches Engagement während der Korrekturphase möchte ich mich bei Frau Susanne Strampp bedanken.

Während der Phase der quantitativen Erfassung und statistischen Auswertung gilt mein herzlicher Dank Frau Julia Martini.

Herrn Sebastian Bohry sei gedankt für die tatkräftige Unterstützung, die aufbauenden Worte und die unendliche Geduld während des Entstehens dieser Arbeit.

Mein Dank gilt den Patienten, die sich freundlicherweise als Probanden zur Verfügung stellten und sich auch zu einer dritten freiwilligen Untersuchung in der Zahnklinik bereitwillig einfanden.

### 8.3 Lebenslauf

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## 8.4 Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Diese Dissertation ist bisher keiner anderen Fakultät vorgelegt worden.

Ich erkläre, dass ich bisher kein Promotionsverfahren erfolglos beendet habe und dass eine Aberkennung eines bereits erworbenen Doktorgrades nicht vorliegt.

Datum

Unterschrift