

## 2 LITERATURÜBERSICHT

### 2.1 Vollkeramiksysteme

Sind zerstörte Zähne zu versorgen oder Fehlende zu ersetzen, wünschen sich Patienten vor allem einen Zahnersatz, der ästhetisch und funktionell sein soll, aber auch kostengünstig ist und möglichst lange seine Funktion erfüllt. Für den Zahnarzt sind neben den genannten Anforderungen eine einfache, rationelle und sichere Handhabung und Herstellung wichtig.

Keramik ist in der Zahnmedizin schon seit Jahrhunderten vertreten. Keramische Werkstoffe haben in der Zahnheilkunde nach einer etwa 200-jährigen Entwicklung einen hohen Qualitätsstandard erreicht und stellen heute einen unverzichtbaren Bestandteil dar [66].

Unter den Aspekten der Ästhetik und Biokompatibilität sind Keramiken die Werkstoffe der ersten Wahl [66].

Keramiken umfassen eine große Familie anorganischer Werkstoffe innerhalb der Gruppe der Nichtmetalle. Die Keramiken werden oft in die drei Untergruppen der Silikatkeramik, Oxidkeramik und Nichtoxidkeramik eingeteilt [35, 66].

In der 1998 veröffentlichten Norm DIN EN ISO 6872 für Dentalkeramik sind die Keramiken nach Indikation und Herstellungsverfahren in Typen und Klassen unterteilt. Als Keramiken vom Typ I gelten die Sinterkeramiken. Diese werden in acht weitere Klassen unterteilt. Typ II umfasst die Press- oder industriellen Keramiken, die zum Beispiel für die Schleif- und Frästechnik angewendet werden. Bei den Keramiken des Typ II erfolgt eine weitere Einteilung in die Klasse I für die Herstellung von Gerüsten mit nachfolgender Verblendung durch Keramiken des Typs I, und in die Klasse II für die Herstellung von Inlays und Onlays (DIN EN ISO).

Bei den Verarbeitungstechnologien ist das Pressverfahren, Erosionsverfahren, neue polymerisierbare Keramiken und CAD/ CAM/ CIM- Verfahren anzuführen [42].

Durch die Einführung von giessbaren Glaskeramiken, pressbaren und auf feuerfeste Stümpfe aufbrennbaren Keramiken liegt ein breites Spektrum von konkurrierenden vollkeramischen Systemen vor [42, 81].

Bei dem mit dem Procera- System hergestelltem Kronengerüst handelt es sich um eine hochreine Aluminiumoxidkeramik, deren Verarbeitung erst durch die computerunterstützte Herstellung und die Fertigung in einer industriellen Produktionsstelle ermöglicht wurde [3, 37].

## **2.2 CAD/ CAM- Systeme**

Bei modernen Fertigungstechniken werden hohe Ansprüche in den Bereichen Qualität und Präzision gestellt. Diese können mittels Computertechnologie realisiert werden. Der Einsatz dieser Technologie ermöglicht die Sicherung von Qualitätsansprüchen und der kontinuierlichen Qualitätskontrollen.

Die Bezeichnung CAD/ CAM (computer- aided design/ manufacturing) umschreibt die Planung und Fertigung einer Restauration mit Hilfe des Computers [96].

Bei dem CAD/ CAM- Verfahren können grundsätzlich drei Bereiche unterschieden werden:

Der erste Bereich, die so genannte Digitalisierung, umfasst die mechanische oder optische Abtastung und Datenerhebung vom präparierten Zahn. Dies kann entweder direkt am Patienten wie beim Cerec- System mit einer 3D- Kamera oder über den Umweg der Modellabtastung erfolgen [69].

Der zweite Bereich beinhaltet die Datenbearbeitung und Verarbeitung. Dies geschieht mittels des Computers und kann auch als Design und Konstruktion der Restauration beschrieben werden [3, 29].

Abschließend folgt mit der computerunterstützten Fertigung die Herstellung der Restauration aus dem entsprechenden Material [73, 83].

CAD/ CAM bezeichnet die dreidimensionale Planung des Werkstückes am Bildschirm eines Computers mit anschließender automatisierter Herstellung durch eine computergesteuerte Werkzeugmaschine [8, 9].

Das primäre Ziel der Anwendung computergestützter Verfahren zur Herstellung von Zahnersatz liegt in der präzisen Duplizierung von einem dreidimensionalen Körper, meistens dem präparierten Zahnstumpf. Die Automatisierung zahntechnischer Herstellungsprozesse hat das Ziel, Passgenauigkeit und Ästhetik zu verbessern. Außerdem soll der Zeitaufwand des Fertigungsprozesses gesenkt, verarbeitungsbedingte Mängel konventioneller Fertigungstechniken beseitigt sowie die Verwendung vorgefertigter industrieller Werkstoffe ermöglicht werden [73].

Die Maschinenfertigung sollte es ermöglichen, dass ein Produkt preisgünstiger hergestellt werden kann, als dies manuell möglich wäre [93].

Bei der CAD/ CAM- unterstützender Herstellung werden technische Prozesse, wie die Herstellung von Gerüsten, aus dem zahntechnischen Labor ausgelagert [29].

## 2.3 Procera AllCeram

Das Procera- System basiert auf einem CAD/ CAM- Herstellungsverfahren. Dieses System entstand durch eine Weiterentwicklung aus dem Procera AllTitan. Anfänglich diente die Procera- Technik dazu, mittels Kopierfräsung und Funkenerosion ein Titangerüst für Kronen und Brücken herzustellen, das anschließend verblendet wurde [3, 83].

Dabei wird durch die Verwendung von Titan als Gerüstmaterial der Vorteil der Biokompatibilität der Legierung zusammen mit einem computergestützten Herstellungsverfahren kombiniert [26, 28, 29].

ANDERSSON und ODÉN entwickelten in Zusammenarbeit mit Nobel Biocare (Göteborg, Schweden) und Sandvik Hard Materials AB (Stockholm, Schweden) das Procera- AllCeram- System [2, 20].

Neben der Herstellung von Vollkeramikronen für Einzelzahnversorgungen im Front- und Seitenzahnbereich können Veneers [33, 39], kurzspannige Brücken [29], Primärteleskope [28] und individualisierte Distanzhülsen für die Implantatversorgung mit der Procera- Technik hergestellt werden.

Bei der Anfertigung von Brücken mittels des Procera- Systems werden die einzeln hergestellten Brückenanker mit dem Brückenzwischenglied in einem Sinterungsbrand bei 1200 °C unter Vakuum zusammengefügt [29, 40, 84]. Anschließend müssen die Fügespalten mit der Verblendkeramik vollständig bedeckt werden [29].

Als Unterschied dazu wird bei der Herstellung von Innenteleskopen nach der Procera- Technik die abgetastete Stumpfform mit weiteren Scannerdaten der Wachsmodellation des Primärteils kombiniert [25, 28]. Die Suprakonstruktion wird mittels Galvano- und Modellgusstechnik fertig gestellt.

Für Einzelzahnversorgungen auf Implantaten bietet sich die Procera AllCeram-Krone an, da sie mit CAD/ CAM hergestellten, individuellen Distanzhülsen oder CerAdapt- Abutments (Nobel Biocare, Göteborg/ Schweden) kombiniert werden können [15, 38, 40, 47, 63, 67, 72, 91].

Procera AllCeram- Kronen bewiesen unter Laborbedingungen identische Belastungskapazitäten auf Einzelzahnimplantaten wie InCeram- Kronen [23].

Die Kronengerüste werden mit dem Procera AllCeram- Verfahren nach dem folgendem Ablauf hergestellt [2, 40, 96].

**Tabelle 2-1: Ablauf der Herstellung einer Procera AllCeram- Krone**  
(aus Zitzmann et al., 1999 [96])

<b>Praxis</b>	<b>Labor</b>
Präparation und Abformung	Modell- und Einzelstumpfherstellung, Einscannen des Gipsstumpfes und Festlegen der Gerüstdimensionen, Übermittlung der Daten, Fertigung des Gerüstkäppchens
Gerüstanprobe ( fakultativ)	Keramische Verblendung
Rohbrandeinprobe (fakultativ)	Fertigstellung
Insertion	

Nach gründlicher Untersuchung des zu versorgenden Zahnes und sich daraus ergebender Indikation einer Vollkeramikkrone, wird der Zahn für die Krone vorbereitet.

Voraussetzung ist die Präparation einer ausgeprägten Hohlkehle mit ausreichender Reduktion der Hartsubstanz und abgerundeten Übergängen ohne scharfe Kanten [29, 49]. Eine Stufenpräparation ist nicht sinnvoll, da diese von der Abtastkugel des Scanners nicht ausreichend erfasst werden kann [18, 29]. Auch proximale Rillen oder Kästen zur Verbesserung der Widerstandsform werden durch den Scanner nicht erfasst. Demgegenüber sind leichte proximale Kavitäten zur Verbesserung der Rotationssicherheit zulässig [29, 61, 96].

Eine Orientierung für die Reduktion der Zahnhartsubstanz bei der Präparation für eine PROCERA AllCeram- Krone bieten die folgenden Richtlinien (Tabelle 2).

**Tabelle 2-2: Präparationsanforderungen für vollkeramischen Zahnersatz (aus Fritz, 1999 [29])**

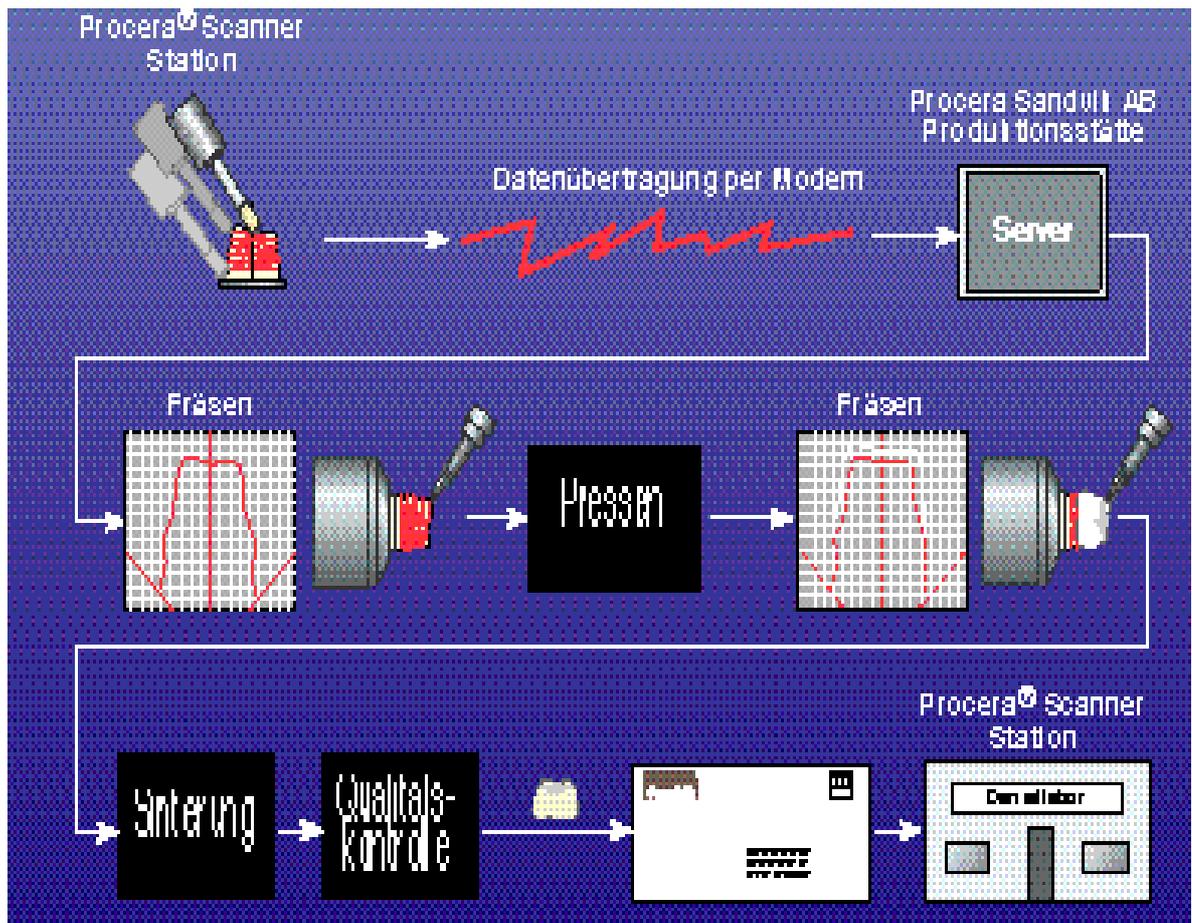
Anforderungen	Mindestabtrag (mm)
Breite der Hohlkehle	0,8- 1,0
Labiale Reduktion	1,2- 1,5
Inzisale Reduktion (Frontzahn)	2,0- 2,5
Okklusale Reduktion (Seitenzahn)	1,5- 2,0

Die Präparationsgrenze wird im direkt sichtbaren Bereich aus ästhetischen Gründen in der Regel 0,5 bis 0,8 mm subgingival gelegt. Voraussetzung ist ein entzündungsfreier Zustand der Gingiva [61]. Dies begünstigt nach der abschließenden Kontrolle der Präparation die sich anschließende, präzise Abformung.

Die Aufnahme der Daten erfolgt durch die mechanische Abtastung der präparierten Zahnoberfläche anhand eines konventionell hergestellten Meistermodells aus Klasse IV- Gips oder Epoxyd nach vorangegangener Abdrucknahme [3].

Dabei wird die präparierte und unpräparierte Zahnoberfläche abgetastet. Dieser Vorgang dauert zwei bis drei Minuten, wobei 20.000 bis 30.000 Messpunkte erfasst werden [62].

Die Stumpfoberfläche wird anschließend mit einem Computerprogramm berechnet [40] und nach dem Erstellen einer Sendedatei wird diese über ein handelsübliches DFÜ- Modem an die zentralisierte Produktionsstelle Sandvik AB in Stockholm/ Schweden übermittelt. In dieser Fertigungsstation wird zur Herstellung eine vorgegebene Fertigungskette eingehalten (Abbildung 1) [93].



**Abb. 2-1: Flussdiagramm zur Herstellung eines Procera- Kappchen (Quelle Nobel Biocare)**

Die übermittelte Datenmenge wird zur Herstellung eines um 20 Prozent vergrößerten Modellstumpfes aus einem feuerfesten Material verwendet [37, 40].

Diesem Stumpf wird anschließend das Aluminiumoxid aufgepresst. Durch den hohen Druck wird eine sehr hohe Packungsdichte der Aluminiumoxidteilchen erreicht. Die Außenform wird durch Fräsen des dicht gepressten Aluminiumoxidpulvers vor dem Sinterungsbrand hergestellt [61]. Die Kappe aus Aluminiumoxid wird danach bei 1600 °C gebrannt und schrumpft auf seine ursprüngliche Dimension zurück [40, 59, 96].

Durch den Sinterungsvorgang erhält das Gerüst seine reine, porenfreie und homogene Gefügestruktur, die den industriell gefertigten Materialien entspricht [42]. Anschließend wird das Käppchen herkömmlich verblendet.

Nach der Kontrolle der Passgenauigkeit im Patientenmund kann die Krone eingliedert werden. Die Innenseite wird vor dem Zementieren mechanisch durch Sandstrahlen mit 50 µm großen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>- Körnern angeraut oder durch Silikatisierung beziehungsweise Silanisierung konditioniert [5, 11, 12, 22].

Zum Eingliedern der Kronen können Phosphat-, Glasionomer- und auch chemisch- härtende Kompositzemente verwendet werden [29, 37, 61, 96]. Die für eine adhäsive Befestigung geforderte absolute Trockenlegung ist bei subgingivalen Präparationen schwer durchführbar, sodass die konventionelle Zementierung mit Glasionomerzement vorzuziehen ist [61].

Zu erzielende klinische Vorteile von HEGENBARTH [37] mit dem Procera- System sind:

**Tabelle 2-3: Vorteile des Procera- Systems (aus Hegenbarth, 1996 [37])**

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

Das verwendete reine Aluminiumoxid entspricht in der Dichte, Korngröße und Biegefestigkeit der ISO- Norm 6474- 1981 [2]. Diese ist auch Standard für chirurgische Implantate, zum Beispiel bei künstlichen Hüftgelenken [37, 61].

**Tabelle 2-4: Physikalische Eigenschaften des Procera- Gerüsts (nach Prestipino et al., 1998 [63])**

<b>Eigenschaften</b>	<b>ISO 6474 Mindestvoraussetzung</b>	<b>Procera- Gerüstkäppchen</b>
Dichtigkeit	$> 3,9 \text{ g/cm}^3$	$3,94 \text{ g/cm}^3$
Biegefestigkeit	$\geq 400 \text{ MPa}$	601 MPa
Korngröße	$\leq 7 \text{ }\mu\text{m}$	4 $\mu\text{m}$
Reinheit	$\geq 99,5 \%$	99,9 %

Dentalkeramiken sind spröde Werkstoffe. Bei einer stetigen Beanspruchung durch äußere Kräfte tritt ein Bruch plötzlich ein. Es kommt nicht wie bei Metallen zuerst zu einer plastischen Verformung [34, 37, 74].

Kleine Mikrorisse an der Oberfläche begünstigen das Versagen der Keramik. Die Beanspruchung, die auf einen dentalkeramischen Zahnersatz einwirkt, sind bei der Kautätigkeit, der Leermastikation und bei Parafunktionen Schwellbelastungen.

Bei Laboruntersuchungen zur Bruchstabilität von Procera AllCeram- Kronen im Bezug auf verschiedene Befestigungsmaterialien wurden keine signifikanten Unterschiede festgestellt [22].

Das Bruchverhalten des Verhältnisses der beiden Bestandteile der Kronen, Kernmaterial und Verblendkeramik, wurde von WAKABAYASHI ET AL. untersucht [87]. Bei einem annähernd gleichen Verhältnis zwischen Kernmaterial und Verblendung treten die Frakturen in beiden Schichten gleichermaßen auf. Die Dicke der Verblendkeramik beeinflusst somit auch das Bruchverhalten [36, 86, 88].

Beim Bruchverhalten zeigt Procera AllCeram keine signifikanten Unterschiede zu vergleichenden Vollkeramiksystemen wie InCeram [19, 90].

Die Frakturbelastung für Procera AllCeram- Kronen (194,20 kg) wies ähnliche Werte wie für ISP Empress- (222,45 kg) und Inceram- Kronen (218,8 kg) auf [56].

Die Biegefestigkeit des gesinterten Aluminiumoxids beträgt  $601 \pm 73$  MPa [2, 94]. In vergleichenden Studien wies Procera AllCeram die höheren Werte gegenüber InCeram und ISP Empress auf [24, 85, 89, 94, 95].

Die Beständigkeit des Aluminiumoxides wurde in verschiedenen Milieus mit unterschiedlichen pH- Werten untersucht, wobei keine Abgabe von Teilchen festzustellen war [1, 59].

Ebenfalls geringe Werte wurden bei Versuchen bezüglich der Abnutzung im direkten Kontakt zu Schmelz im künstlichen Speichel ermittelt [6, 7, 32, 92].

Die Veränderungen unter künstlicher Alterung innerhalb der Farbe sind so gering, dass man sie unter klinischen Bedingungen nicht feststellen könnte. Die Farbstabilität ist somit als hoch anzusehen [4].

Als ein Bewertungsmaßstab für die klinische Bewährung von Kronen kann die Passgenauigkeit angesehen werden.

Bei klinischen Untersuchungen mit Silikonunterschichtungen vor der Eingliederung der Kronen im Patientenmund wurden mittlere Spannbreiten zwischen 45 und 145  $\mu\text{m}$  ermittelt [13, 14, 27, 52].

Im Rahmen einer In vitro- Untersuchung wiesen die Kronen für Prämolaren und Molaren Randspalten geringer als 70  $\mu\text{m}$  auf [53].

Im direkten Vergleich dreier Vollkeramiksysteme in einem Laborversuch waren die Ergebnisse der Randspaltnmessungen signifikant. InCeram- Kronen wiesen eine durchschnittliche Spaltbreite von 161  $\mu\text{m}$ , Procera AllCeram- Kronen 83  $\mu\text{m}$  und ISP Empress- Kronen 63  $\mu\text{m}$  auf [82].

## 2.4 Ergebnisse von klinischen Untersuchungen

Klinische Untersuchungen sind mit sehr unterschiedlichen Kriterien durchführbar. Dies kann zum Beispiel die Untersuchung der Passgenauigkeit am Zahnstumpf vor der Eingliederung der Krone sein [13, 14, 82].

Die Verweildauer, das heißt ihre Funktionsperiode unter Praxisbedingungen, kann als ein aussagekräftiges Kriterium gewertet werden [46]. Dafür wird meist die Überlebensrate nach Kaplan- Meier ermittelt.

Klinische Untersuchungskriterien liefert das System zur Qualitätsbewertung der California Dental Association von 1970 [70, 71], welches in klinischen Untersuchungen angewendet wird.

Klinische Untersuchungen für Procera AllCeram- Kronen wurden erstmals 1998 veröffentlicht.

**Tabelle 2-5: Überblick über die publizierten Untersuchungen mit Procera AllCeram**

<b>Jahr der Veröffentlichung</b>	<b>Autoren</b>	<b>Art der Bewertung</b>	<b>Anzahl der untersuchten Kronen</b>	<b>Zeitraum der Untersuchung</b>
1998	Odén et al. [58]	Frakturnrate, CDA	100	5 Jahre
2000	Boening et al. [13]	Passgenauigkeit (Silikonunter- schichtung)	80	/ (vor der Ein- gliederung)
2001	Ödman et al. [60]	Überlebensrate, CDA	87	10 Jahre
2003	Fritz et al. [27]	Passgenauigkeit (Silikonunter- schichtung)	40	/ (vor der Ein- gliederung)

ODÉN ET AL. berichten von einer Erfolgsrate von 94 % nach 5 Jahren. Es wurden in diesem Beobachtungszeitraum an 5 von 97 Procera AllCeram- Kronen Frakturen festgestellt. Eine weitere Krone schied wegen Sekundärkaries aus [58].

Bei der klinischen Nachuntersuchung von Procera AllCeram- Kronen von ÖDMAN ET AL. über einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren lagen die Erfolgsraten bei 97,7 % nach fünf und bei 92,2 % nach zehn Jahren [60].

Im Vergleich dazu lag die Überlebensrate für die Vollkeramikkrone des InCeram- Systems in einer Untersuchung mit 95 Kronen in einem Zeitraum von 54 Monaten bei 100 % [64, 65].

SCOTTI ET AL. untersuchten 63 InCeram- Kronen, die durchschnittlich 37,5 Monaten in situ waren und ermittelten eine Überlebensrate von 98,4 %. Bei einer Krone wurde eine Fraktur festgestellt [75].

In einer Studie mit 546 InCeram- Kronen über einen Zeitraum von bis zu 6 Jahren lag die Überlebensrate bei 99,1 % [76].

Innerhalb einer klinischen Untersuchung von 110 IPS Empress- Kronen lag die Frakturrate bei 6 % nach durchschnittlich 3,6 Jahren in Funktion [79].

Für 74 Einzelzahnversorgungen des IPS Empress- Systems wurde eine Überlebensrate von 95 % nach 12 bis 41 Monaten in situ veröffentlicht [30].

Bei den aufgeführten Studien befanden sich die untersuchten Kronen sowie im Frontzahn- als auch im Seitenzahnggebiet. Die Auswertung der diagnostizierten Frakturen wurde hinsichtlich der Lokalisation der Kronen durchgeführt.

Der prozentuale Anteil der Procera AllCeram- Kronen, die Frakturen auswiesen, lag bei den Schneidezähnen bei 1,2 % beziehungsweise bei 0 %, für Prämolaren bei 2,3 % beziehungsweise 4 % und für Molaren bei 3,5 % und 7 % der untersuchten Kronen [58, 60]. Bei den 1,2 % für die Schneidezähne handelt es sich um einen Zahn, dessen Krone durch externe Krafteinwirkung beschädigt wurde [60].

Im Rahmen einer Untersuchung mit InCeram- Kronen wurden für den Frontzahnbereich Überlebensraten von 98,8 % und für den Seitenzahnbereich von 99,2 % ermittelt [76].

Bei einer klinischen Untersuchung mit IPS Empress- Kronen wurden keine signifikanten Unterschiede ( $P > 0,05$ ) zwischen Front- und Seitenzähnen im Bezug auf das Auftreten von Frakturen festgestellt [78].

ODÉN ET AL. diagnostizierten zwei der insgesamt fünf Frakturen innerhalb der Verblendkeramik der Procera AllCeram- Kronen und drei Frakturen mit Beteiligung des Kernmaterials [58].

Bei ÖDMAN ET AL. zeigten vier Procera AllCeram- Kronen Frakturen innerhalb der Verblendkeramik und ebenso viele Kronen Frakturen mit Beteiligung des Kernmaterials [60].

Vergleichend dazu wurden innerhalb einer Studie von SEGAL bei 546 untersuchten InCeram- Kronen zwei Frakturen des Kernmaterials und drei Frakturen mit intaktem Kern festgestellt. Dabei traten die Frakturen bei zwei mittleren Schneidezähnen, einem Prämolaren und zwei Molaren auf [76].

Die aufgeführten klinischen Untersuchungen von Procera AllCeram verwendeten das CDA- System mit den drei Unterkategorien Oberfläche/ Farbe, Anatomie/ Okklusion und Randqualität.

Nach einem Untersuchungszeitraum von 5 Jahren wurden 77 % der Kronen bei Oberfläche/ Farbe mit „exzellent“ bewertet, 65 % bei Anatomie/ Okklusion und 76 % bei Randqualität [58]. Die abschließende Einschätzung der 100 Procera AllCeram- Kronen ergab sich aus den niedrigsten Bewertungen innerhalb der drei Parameter. Diese ergab für 55 % der Kronen „exzellent“ und für 36 % der Kronen „akzeptabel“ [58].

Innerhalb der 87 Procera AllCeram- Kronen, die sich zwischen fünf und zehn Jahren in Funktion befanden, wurden von ÖDMANN ET AL 37 % der Kronen mit „exzellent“ und 55 % mit „akzeptabel“ in der Kategorie „Randqualität“ befunden

[60]. Insgesamt stellten sie keine Veränderung der Randqualität der Kronen über den Untersuchungszeitraum fest [60].

In einer vorliegenden Untersuchung mit IPS Empress- Kronen erhielten 63 % der nach durchschnittlich 24 Monaten untersuchten Kronen eine „exzellente“ Bewertung im Bereich Oberfläche/ Farbe, 76 % bei Anatomie/ Okklusion und 64 % bei Randqualität [30].

Bei den Untersuchungen von Procera Titan- Kronen mit dem CDA- System waren die Veränderungen innerhalb des Untersuchungszeitraumes bei den drei Kategorien gering [50, 51].

NILSON ET AL. veröffentlichten 1994 eine klinische Studie mit Procera Titan- Kronen, bei denen sie über einen Zeitraum von 26 bis 30 Monaten 47 Kronen unter Anwendung des CDA- Systems untersuchten [57]. Dabei stellten sie fest, dass innerhalb des Bereiches Oberfläche/ Farbe eine deutliche Verschiebung von „exzellent“ zu „akzeptabel“ festzustellen war. Auch in der Kategorie Anatomie/ Okklusion wurde diese Beobachtung gemacht. Bei der Randqualität war keine Veränderung der Verteilung sichtbar [57].

In klinischen Untersuchungen werden bei Bewertung des Zustandes der Gingiva die Plaquewerte und Blutungswerte der Krone mit denen eines Kontrollzahn verglichen.

In der Studie von ÖDMAN ET AL. wiesen 39 % der Flächen der untersuchten Procera AllCeram- Kronen eine Blutung nach Sondierung auf, im Gegensatz zu 27 % bei den Kontrollzähnen [60].

IPS Empress- Kronen wiesen signifikant weniger Plaqueanlagerungen auf als die zum Vergleich mit untersuchten Kontrollzähne ( $P < 0,05$ ) [30].

Bei SJÖGREN ET AL. wiesen die untersuchten IPS Empress- Kronen keine signifikanten Unterschiede bei dem Auftreten von Plaque und Blutung bei Sondierung gegenüber den Kontrollzähnen auf ( $P > 0,05$ ) [78].

Bei den von GEMALMAZ ET AL. untersuchten IPS Empress- Kronen war das Auftreten von Blutungen nach Sondierung bei subgingival gelegenen Kronenränder signifikant höher als bei den Kontrollzähnen [30].

Bei Procera Titan Kronen wiesen nach einem Untersuchungszeitraum von zwei Jahren deutlich weniger Kronen sowie Kontrollzähne Zeichen einer Gingivitis auf [54]. Dafür verwendeten MILLEDING ET AL. die Kriterien der „Gingival Soft Tissue Status“.

**Tabelle 2-6: Kriterien zur Bewertung des Parodontalzustandes [54]**

Klinisch gesund	Befestigte Gingiva, keine Blutung bei Untersuchung
Verfärbung	Diffuse oder lokalisierte Verfärbungen entlang des Kronenrandes bzw. Gingivasaumes
Gingivitis	Blutung verursacht durch Untersuchung, Gingivasaum ödematös
Pathologischer Taschenbefund	TT > 4 mm

Bei der Patientenbefragung im Rahmen der klinischen Untersuchungen, zeigten sich in der Studie von ÖDMANN ET AL. bei Procera AllCeram- Kronen 92 % der befragten Patienten mit dem ästhetischen Ergebnis zufrieden [60].

Ein gleiches Ergebnis stellten MILLEDING ET AL. in ihrer Untersuchung mit Procera Titan- Kronen fest, bei der 91 % der befragten Patienten nach einem Zeitraum von durchschnittlich zwei Jahren der Ästhetik ihrer prothetischen Versorgung zufrieden waren [54].