

# Vollkeramische Kronen und Brücken



## S3-Leitlinie\*

AWMF-Registernummer 083–012

### Autoren

G. Meyer, S. Ahsbahs, M. Kern

### Koautoren

M. O. Ahlers, J. Beck, K. Bartsch, K. Christelsohn, B. Reiss, F. Beuer

### Erstellungsdatum

August 2014

### Überarbeitung von

Die Leitlinie „Vollkeramische Kronen und Brücken“ löst die vorhandene gleichnamige DGZMK-Stellungnahme ab.

### Nächste Überprüfung geplant

August 2019

Die Erstellung dieser Leitlinie erfolgte im Auftrag der Deutschen Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Bio-

materialien (DGPro) und der mit ihr assoziierten Deutschen Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK), beraten durch die Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlich Medizinischer Fachgesellschaften (AWMF). Die beteiligten Fachgesellschaften waren:

### Federführende Fachgesellschaften

Deutsche Gesellschaft für Prothetische Zahnmedizin und Biomaterialien (DGPro) und Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK)

### Beteiligte Fachgesellschaften

Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde (AG Keramik)  
Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlicher Medizinischer Fachgesellschaften (AWMF)

Bundeszahnärztekammer (BZÄK)  
Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Zahnheilkunde (DGÄZ)  
Deutsche Gesellschaft für Computergestützte Zahnheilkunde (DGCZ)  
Deutsche Gesellschaft für Funktionsdiagnostik und Therapie (DGFDT)  
Deutsche Gesellschaft für Implantologie (DGI)  
Internationale Gesellschaft für Ganzheitliche Zahnmedizin (GZM)  
Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV)  
Verband Deutscher Zahntechniker-Innungen (VDZI)  
Zentrum für Zahnärztliche Qualität (ZZQ)  
Patientenvertreter, gesundheitsladen köln e.V.

### Inhaltsverzeichnis

1	Priorisierungsgründe.....	124
2	Hintergrund und Zielsetzung der Leitlinie.....	124
3	Nicht in der Leitlinie behandelte Fragestellungen.....	124
4	Gegenstand und Adressaten der Leitlinie .....	124
5	Fragestellung.....	124
6	Methodik .....	124
7	Finanzierung der Leitlinie und Darlegung möglicher Interessenskonflikte .....	125
8	Indikationen und Materialklassen.....	126
9	Materialempfehlungen/Therapie.....	126
10	Risiken.....	130
11	Anwendbarkeit im zahnärztlichen Alltag .....	130
12	Anhang .....	130
13	Literatur .....	131

\* Die Leitlinie „Vollkeramische Kronen und Brücken“ gibt eine Entscheidungshilfe bezüglich der prothetischen Versorgungsmöglichkeiten mit vollkeramischen Restaurationmaterialien. Es werden Empfehlungen hinsichtlich des Materials und der Lokalität gegeben. Außerdem bietet der Text weitere Hintergrundinformationen u.a. zu keramischen Werkstoffen, deren Verarbeitung sowie Überlebensraten. Die Methodik ist ausführlich dargelegt im Leitlinienreport, verfügbar unter <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/II/083-012.html>

## 1 Priorisierungsgründe

Gründe für die Erstellung einer Leitlinie zur prothetischen Versorgung mit vollkeramischen Kronen und Brücken bestehen durch

- die Prävalenz stark zerstörter und fehlender Zähne und die Notwendigkeit der Therapie mit Kronen und Brücken
- den steten Wandel im Bereich der keramischen Werkstoffe
- die Schaffung therapeutischer Sicherheit und die Vermeidung von Komplikationen.

## 2 Hintergrund und Zielsetzung der Leitlinie

Im Jahr 2005 war etwa jeder dritte deutsche Erwachsene bereits mit einer Krone oder einer Brücke versorgt. Damit stellen diese die häufigste zahnmedizinische prothetische Versorgung in Deutschland dar [34]. In den letzten 50 Jahren wurde festsitzender Zahnersatz fast ausschließlich von metallkeramischen Techniken bestimmt [25]. Bessere ästhetische Ergebnisse, eine höhere Biokompatibilität, das dem Schmelz ähnliche thermische Ausdehnungsverhalten sowie eine verringerte Plaqueakkumulation führten zum vermehrten Einsatz vollkeramischer Kronen und Brücken [1, 5, 13, 26]. Alle alternativen Werkstoffe müssen sich an dem als Goldstandard geltenden Maßstab der hervorragenden mechanischen Stabilität festsitzenden Zahnersatzes mit Metallgerüst messen lassen [33, 48, 70].

Der klinische Einsatz vollkeramischer Systeme im Bereich der Kronen- und Brückenprothetik ist inzwischen weit verbreitet. Wissenschaftliche Studien zeigen jedoch, dass deren klinische Bewährung stark vom Einsatzbereich, den verwendeten Materialien und der Einhaltung materialspezifischer Anforderungen abhängt [9, 30, 36, 52, 53].

Diese Leitlinie zielt darauf ab, die vorhandene wissenschaftliche Evidenz zusammenzutragen und klinische Pfade zu definieren, innerhalb derer die Anwendung vollkeramischer Kronen und Brücken vergleichbare klinische Langzeitergebnisse wie bei metallbasierten Kronen und Brücken bietet. Daher basieren die gegebenen Empfehlungen auf Studien mit mindestens fünfjährigem Beobachtungszeitraum. Neueste Ent-

wicklungen wie monolithische Zirkonoxidkeramiken oder sogenannte Hybridkeramiken, die auf einem dualen Keramik-Polymernetzwerk basieren, können aufgrund fehlender klinischer Studien mit entsprechenden Beobachtungszeiträumen in dieser Leitlinie keine Berücksichtigung finden.

## 3 Nicht in der Leitlinie behandelte Fragestellungen

Im Bereich der Kronen soll sich diese Leitlinie auf Vollkronen beschränken. Teilkronen, Inlays, Onlays sowie Repositionsonlays sind nicht Gegenstand der Empfehlungen. Die Leitlinie beschränkt sich auf Zahn-getragene Kronen und Brücken. Studien mit reiner Implantatversorgung fanden keine Berücksichtigung, da nur bei einem geringen Teil der Studien ein kleiner Anteil der Kronen Implantat-getragen ist [10, 17, 59, 62, 63]. Bei den Brücken wurden neben der Betrachtung konventioneller Brücken (mit Vollkronen als Brückenpfeiler) auch Adhäsivbrücken und Inlaybrücken eingeschlossen, da Adhäsivflügel und Inlays eine Alternative zu Kronen als Brückenanker darstellen können [6, 18, 20].

Aus Mangel an Studien mit ausreichend hohen Fallzahlen und Beobachtungszeiträumen wurden nur 3-gliedrige Brücken ausgewertet. Für 4-gliedrige, einspannige Brücken gibt es bisher keine Studien mit ausreichendem Evidenzniveau, die den Leitlinienanforderungen genügen. Hinsichtlich mehr als 4-gliedriger, einspanniger Brücken gibt es bisher keine Studien mit Überlebensraten, die denen der metallkeramischen Restaurationen entsprechen.

## 4 Gegenstand und Adressaten der Leitlinie

Auf Basis der systematischen Literaturrecherche gibt die Leitlinie konsentrierte Empfehlungen für die Versorgung Zahnärztlicher Patienten mit vollkeramischen Kronen und Brücken. Die Gewichtung der Empfehlungen erfolgt über die Zuordnung eines Evidenzlevels und einem entsprechenden Empfehlungsgrad (siehe 6. Methodik).

Die Leitlinie richtet sich an:

- Zahnärzte

- Zahntechniker
- Patienten mit dem Wunsch nach festsitzender zahnfarbener prothetischer Versorgung

## 5 Fragestellungen

Folgende Schlüsselfragen waren auf Basis der oben genannten Hintergründe zu formulieren:

1. Zeigen vollkeramische Versorgungen bei Patienten mit Bedarf an Kronen und Brücken vergleichbare Langzeitergebnisse in Bezug auf Überleben und Komplikationsfreiheit wie metallbasierte Versorgungen? (Keine Berücksichtigung von Inlays, Onlays, Repositionsonlays, Teilkronen)
2. Zeigen vollkeramische Versorgungen bei Bruxismus-Patienten mit Bedarf an Kronen und Brücken vergleichbare Langzeitergebnisse in Bezug auf Überleben und Komplikationsfreiheit wie metallkeramische Versorgungen? (Keine Berücksichtigung von Inlays, Onlays, Repositionsonlays, Teilkronen)
3. Welche materialspezifischen Fertigungsempfehlungen können evidenzbasiert ausgesprochen werden?

## 6 Methodik

Die Methodik der Leitlinienerstellung basiert auf dem Regelwerk der AWMF sowie dem Deutschen Leitlinienbewertungsinstrument (DELBI) der AWMF und des Ärztlichen Zentrums für Qualität in der Medizin (ÄZQ) und ist im Detail dem zugehörigen Leitlinienreport zu entnehmen.

### Konsensusverfahren, Evidenzklassifikation und -bewertung

Die Inhalte und Empfehlungen der Leitlinie gehen aus den Ergebnissen von insgesamt vier Konsensuskonferenzen (Januar 2013, November 2013, März 2014, Juni 2014) hervor, in denen der Leitlinienentwurf von der Arbeitsgruppe diskutiert, überarbeitet und konsentriert wurde.

### Mitglieder der Arbeitsgruppe:

Koordination: Prof. Dr. *Matthias Kern*, Kiel

**Schriftführer:** Dr. *Gunnar Meyer*, Kiel, Dr. *Sebastian Ahsbahs*, Kiel

**Literaturrecherche:** Dr. Sebastian Ahsbals, Dr. Gunnar Meyer, Prof. Dr. Matthias Kern, Kiel

**Verbände:** PD Dr. M. Oliver Ahlers (DGFDZ), Hamburg; ZTM Klaus Bartsch (VDZI), Köln; Dr. Jörg Beck (KZBV), Berlin; Prof. Dr. Florian Beuer (DGÄZ), München; Dr. Regine Chenot (ZZQ), Berlin; Zahnärztin Kerstin Christelsohn (BZÄK), Berlin; Dr. Bernd Reiss (DGCZ/AG Keramik), Malsch; Dr. Edith Nadj-Papp (GZM), Ditzingen, Dr. Christel-Maria Foch (GZM), Mannheim; Gregor Bornes, Patientenvertreter, Köln

**Beratung:** Dr. Cathleen Muche-Borowski (AWMF), Hamburg; Dr. Silke Auras, MPH (DGZMK), Leitlinienbeauftragte

Basis dieser Leitlinie sind die Ergebnisse einer systematischen Literaturrecherche, die einer Evidenzbewertung unterzogen wurden. Daraus wurden Empfehlungen abgeleitet, mit Evidenz- und Empfehlungsgraden versehen sowie konsentiert.

Die Evidenzbewertung der einbezogenen Literatur folgt den Methoden-Checklisten aus „SIGN 50 – A Guideline Developers Handbook“. Folgende Evidenzniveaus können anhand der Checkliste abgeleitet werden:

*Level of Evidence (LoE) nach SIGN 50*

- 1++ High quality meta-analyses, systematic reviews of RCTs, or RCTs with a very low risk of bias
- 1+ Well conducted meta-analyses, systematic reviews, or RCTs with a low risk of bias
- 2++ High quality systematic reviews of case control or cohort studies; High quality case control or cohort studies with a very low risk of confounding or bias and a high probability that the relationship is causal
- 2+ Well conducted case control or cohort studies with a low risk of confounding or bias and a moderate probability that the relationship is causal
- 2– Case control or cohort studies with a high risk of confounding or bias and a significant risk that the relationship is not causal
- 3 Non-analytic studies, e.g. case reports, case series
- 4 Expert opinion

Es wurden nur Studien, die ein Evidenzniveau besser als 2– haben, in der Empfehlungsfindung eingeschlossen. Eine randomisierte, kontrollierte Studie wur-

Empfehlungsgrad	Beschreibung	Formulierung	Negation
A	Starke Empfehlung	„soll“	„soll nicht“
B	Empfehlung	„sollte“	„sollte nicht“
O	Empfehlung offen	„kann“	„kann nicht“

**Tabelle 1** Einteilung der Evidenzgraduierung.

Starker Konsens	Zustimmung von > 95 % der Teilnehmer
Konsens	Zustimmung von > 75–95 % der Teilnehmer
mehrheitlicher Konsens	Zustimmung von > 50–75 % der Teilnehmer
kein Konsens	Zustimmung von < 50 % der Teilnehmer

**Tabelle 2** Klassifikation der Konsensusstärke.

de nur dann mit 1 bewertet, wenn die Randomisierung eine Relevanz für die Beantwortung der Schlüsselfragen darstellte. Retrospektive Studien wurden nicht ausgeschlossen.

*Empfehlungsfindung und -graduierung*

Die in der Leitlinie getroffenen Empfehlungen basieren auf der Auswertung von Studien sowie deren Qualitätsbewertung in Form von Evidenztabelle (siehe oben) und wurden von den Mitgliedern der Leitliniengruppe festgelegt. Weitere Informationen hierzu finden sich im Leitlinienreport.

Die Empfehlungsgraduierung (Tab. 1) orientiert sich hauptsächlich an der methodisch aufgearbeiteten Evidenz. Auf Basis der Evidenzgrade 1++ bis 4 (starke bis sehr schwache Evidenz) erfolgte für die einzelnen Aussagen im Leitlinienentwicklungsprozess die Festlegung der Empfehlungsgrade A (starke), B (abgeschwächte) oder O (offene Empfehlung). Empfehlungen, die aus Mangel an vorliegender Evidenz (keine ausreichenden Studien) nicht auf Basis von Evidenz getroffen werden konnten, sind als solche explizit gekennzeichnet. Abhängig von der Studienqualität, der Studienanzahl und der Studienergebnisse wurden die Empfehlungsgrade (*Level of Evidence*, siehe links) auf Grundlage der Evidenzgrade im Konsens erarbeitet (Tab. 2). Hieraus resultieren studienabhängig teilweise Empfehlungsgrade, die vom Evidenzgrad

abweichen. Eine methodisch sehr gute Studie kann so mit einem Evidenzgrad von 2+ bewertet sein, als Empfehlung kann jedoch ein B resultieren, wenn das Studienergebnis dies begünstigt.

**7 Finanzierung der Leitlinie und Darlegung möglicher Interessenskonflikte**

Die Leitlinienentwicklung wurde gleichermaßen anteilig durch die Bundeszahnärztekammer (BZÄK), die Deutsche Gesellschaft für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (DGZMK) und die Kassenzahnärztliche Bundesvereinigung (KZBV) finanziert. Dies beinhaltet die Honorierung der Literaturrecherche, die Planung und Durchführung der Konsensuskonferenzen sowie die Reisekosten des Patientenvertreter. Die Reisekosten der Mandatsträger wurden von den jeweiligen beteiligten Fachgesellschaften übernommen. Alle Mitglieder der Leitliniengruppe legen Interessenskonflikte offen (siehe Leitlinienreport). Die möglichen Interessenskonflikte, die bei der Erstellung der Studien möglicherweise Einfluss ausüben hätten können, erscheinen den Konferenzteilnehmern durch die Studienqualität und deren Publikation (Reviewverfahren vor Publikation) über das Evidenzniveau ausreichend berücksichtigt.

## 8 Indikation und Materialklassen

Kronen oder Brücken ersetzen als festsitzender Zahnersatz verlorene Zahnhartsubstanz oder Zähne. Als Indikation für Kronen- und Brückenprothetik werden genannt [21, 65]:

- Ersatz von Defekten durch Trauma, Karies, Attrition, Abrasion oder Erosion
- bei Schwächung und/oder unvollständiger Anlage der Zahnhartsubstanz
- Durchführung von Bisslageveränderungen, Form- und Stellungsveränderungen

Als Kontraindikationen werden angeführt [65]:

- periapikale Entzündungen; bestehende Parodontopathien; insuffiziente Wurzelfüllungen müssen vor prothetischer Versorgung therapiert werden.
- ist keine ausreichende Menge an Zahnhartsubstanz vorhanden, so sind im Rahmen der Vorbehandlung entsprechende Maßnahmen zu treffen (z.B. apikale Verschiebelappen, kieferorthopädische Zahnextrusion, parodontale Therapie)
- Jugendliche, unter 18 Jahren, aufgrund des in der Regel großen Pulpenkavums (Ausnahme: Adhäsivbrücken)

Als Ziel der Versorgung gelten die kaufunktionelle und ästhetische Rehabilitation sowie die Prophylaxe vor weiterem Verlust an Zahnhartsubstanz. Es stehen verschiedene keramische Materialklassen für unterschiedliche Indikationen zur Auswahl. Keramiken lassen sich anhand der Glasphase in zwei Hauptgruppen einteilen: Silikatkeramiken und glasinfiltrierte Keramiken besitzen eine Glasphase, dicht gesinterte Oxidkeramiken besitzen keine Glasphase [9, 16, 21].

Die im Folgenden zur Anwendung kommenden Materialklassen dienen als Orientierung und zur Einordnung für die Leitlinienerstellung. Es muss darauf hingewiesen werden, dass sich die Zusammensetzung der Materialien innerhalb einer Materialklasse herstellerabhängig unterscheidet, was zu klinisch relevanten Auswirkungen in der Ergebnisqualität führen kann, ohne dass dies durch eine Differenzierung in Studien abgebildet sein muss.

### Silikatkeramik

Silikatkeramiken bestehen aus einer Glasmatrix mit eingelagerten Kristallen,

sind lichtleitend und adaptieren die Umgebungsfarbe. Sie können gepresst oder aus vorgefertigten Keramikblocks gefräst werden und sind dimensionsstabil beim Brennen. Auch als Verblendkeramik können sie eingesetzt werden. Lithiumdisilikatkeramik hat eine gesteigerte Festigkeit mit einer Biegefestigkeit bis maximal 400 MPa [9, 14].

### Oxidkeramiken mit Glasphase

Ein poröses Gerüst aus Aluminiumoxidkristallen oder mit zirkonoxid-dotiertem Aluminiumoxid wird durch die Infiltration von Glas verfestigt. Keramiken mit Glasphase sind semi-lichtbrechend und weisen eine Biegefestigkeit bis maximal 650 MPa auf [7]. Historisch gesehen sind sie Vorstufen der dichtgesinterten Oxidkeramiken [23].

### Dichtgesinterte Oxidkeramiken ohne Glasphase

Das Gerüst ist rein kristallin aus Aluminiumoxid oder Zirkoniumdioxid, yttrium-dotierten, tetragonalen Zirkoniumdioxid-Polykristallen [4, 42]. Oxidkeramiken sind weiß bis opak und kaum lichtleitend. Zirkonoxidgerüste schrumpfen durch die Endsinterung etwa um 15–20 % und weisen eine Biegefestigkeit bis über 1.000 MPa auf [35, 57, 58].

### Behandlungsablauf

Bei allen Versorgungen mit prothetischen Restaurationen ist eine vorangegangene Diagnostik und Planung im Rahmen eines synoptischen Behandlungskonzeptes unabdingbar. Der Mundgesundheitszustand muss als Ganzes gesehen, diagnostiziert und therapiert werden. Aus der Behandlungsplanung leiten sich präprothetische Maßnahmen ab, die hinsichtlich der Präparationsanforderungen berücksichtigt werden müssen. Bei einer geplanten Bisshebung muss okklusal die Zahnhartsubstanz ggf. geringfügiger reduziert werden. Liegen die Restaurationen im nicht sichtbaren Bereich, ist eine supragingivale Präparation möglich [65].

### Patienteninformation, Entscheidungsfindung und Anforderungen an das Selbstmanagement der Patienten

Die Entscheidung für eine Zahnersatzversorgung muss stets mit dem Patienten gemeinsam getroffen werden. Hierzu muss der Patient über Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Versorgungs-

formen sowie die damit verbundenen möglichen Risiken und Komplikationen aufgeklärt werden. Auch Kostenunterschiede der verschiedenen Versorgungsformen sollen angesprochen werden. Des Weiteren muss der Patient über Alternativtherapien aufgeklärt werden und es soll eine gemeinsamen Abwägung erfolgen.

Ein nicht zu vernachlässigender Punkt ist außerdem die Anforderung an das Selbstmanagement des Patienten. Dieser muss befähigt sein, adäquate Mundhygiene zu betreiben sowie regelmäßig Nachsorgetermine wahr zu nehmen.

## 9 Materialempfehlungen/ Therapie

Der folgende Abschnitt bezieht sich auf die in Kapitel 5 genannten Schlüsselfragen.

Zur Schlüsselfrage 1 (**Zeigen vollkeramische Versorgungen bei Patienten mit Bedarf an Kronen und Brücken vergleichbare Langzeitergebnisse in Bezug auf Überleben und Komplikationsfreiheit wie metallkeramische Versorgungen?**) wurden Empfehlungen gegeben, die mit auf der Bewertung der Literatur basierenden Evidenzgraden (Levels of Evidence = LoE) und Empfehlungsgraden versehen wurden. Als relevantes Outcome wurde Restaurationsüberleben statt Restaurationserfolg definiert. Die Parameter für einen Restaurationserfolg sind in der Literatur uneinheitlich und konnten daher nicht herangezogen werden.

### Vollkeramische Einzelkronen im Frontzahnbereich

Für die Herstellung von vollkeramischen Einzelkronen im Frontzahnbereich wird die Verwendung von folgenden Materialien evidenzbasiert oder konsensbasiert wie folgt empfohlen (s. Tab. 3):

Die empfohlenen Materialien zeigen bei vollkeramischen Einzelkronen im Frontzahnbereich in den untersuchten Studien zufriedenstellende Überlebensraten und **sollten** hier ihre Anwendung finden (starker Konsens). Silikatkeramiken (leuzitverstärkt) lieferten über einen Beobachtungszeitraum von 5 bzw. 11 Jahren eine Überlebensrate

Vollkeramische Einzelkronen im Frontzahnbereich: Folgende Materialien sollten verwendet werden:				
Material	LoE	Empfehlungsgrad	Abstimmungsergebnis	Literatur
Silikatkeramik (leuzitverstärkt), monolithisch	2+	B	(7/7) starker Konsens	[9, 72]
Silikatkeramik, monolithisch	4	-	(7/7) starker Konsens	-
Lithiumdisilikatkeramik, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[11, 63, 66]
Lithiumdisilikatkeramik, monolithisch	4	-	(7/7) starker Konsens	-
Aluminiumoxidkeramik ohne Glasphase, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[10, 27, 37, 38, 62, 69, 73]
Aluminiumoxidkeramik mit Glasphase, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[28, 46, 56, 63]
Zirkonoxidkeramik, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[26, 36, 40]
Zu folgenden Materialien kann bisher keine Aussage getroffen werden:				
Zirkonoxidkeramik, monolithisch				
Hybridkeramik, monolithisch				

**Tabelle 3** Vollkeramische Einzelkronen im Frontzahnbereich: Materialempfehlung.

Vollkeramische Einzelkronen im Seitenzahnbereich: Folgende Materialien sollten verwendet werden:				
Material	LoE	Empfehlungsgrad	Abstimmungsergebnis	Literaturverweis
Silikatkeramik (leuzitverstärkt), monolithisch	2+	B	(7/7) starker Konsens	[9, 72]
Silikatkeramik, monolithisch	4	-	(7/7) starker Konsens	-
Lithiumdisilikatkeramik, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[11, 32, 63, 66]
Lithiumdisilikatkeramik, monolithisch	4	-	(7/7) starker Konsens	-
Aluminiumoxidkeramik ohne Glasphase, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[10, 27, 37, 38, 62, 69, 73]
Aluminiumoxidkeramik mit Glasphase, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[28, 46, 56, 63]
Folgende Materialien können nur eingeschränkt empfohlen werden:				
Zirkonoxidkeramik, verblendet	2+	0	(7/7) starker Konsens	[26, 36, 40, 67]
Zu folgenden Materialien kann bisher keine Aussage getroffen werden:				
Zirkonoxidkeramik, monolithisch				
Hybridkeramik, monolithisch				

**Tabelle 4** Vollkeramische Einzelkronen im Seitenzahnbereich: Materialempfehlung.

von 100 % bzw. 98,9 % [9, 72]. Für Silikatkeramiken ohne Leuzitverstärkung gibt es keine Literatur. Verblendete Lithiumdisilikatkeramiken zeigten bei einer Beobachtungsdauer von 5, 8 oder 10 Jahren Überlebensraten zwischen 93,8 % und 96,8 % [11, 63, 66]. Verblendete Aluminiumoxidkeramiken ohne Glasphase kamen bei Beobachtungszeiträumen von 5 bis 10 Jahren auf eine Überlebensrate zwischen 96,7 % und 100 % [10, 27, 37, 38, 62, 69, 73]. Aluminiumoxidkeramiken mit Glasphase lieferten ähnliche Ergebnisse [28, 46, 56, 63]. Verblendete Zirkonoxidkeramiken hatten eine Überlebensrate zwischen 88,3 % und 99,4 % nach 5 Jahren Beobachtungsdauer [26, 36, 40]. Da monolithische (Lithiumdi-)silikatkeramik höhere Festigkeiten aufweist als verblendete Lithiumdisilikatkeramik und erfolgreich für Frontzahnbrücken verwendet wurde, wurde ein starker Expertenkonsens für ihre Empfehlung ausgesprochen. Die Überlebensraten der genannten vollkeramischen Frontzahnkronen sind vergleichbar mit denen von Frontzahnkronen aus Metallkeramik [24, 70, 71].

Vollkeramische Einzelkronen im Seitenzahnbereich

Für die Herstellung von vollkeramischen Einzelkronen im Seitenzahnbereich wird die Verwendung von folgenden Materialien evidenzbasiert oder konsensbasiert wie folgt empfohlen (s. Tab. 4):

Für Einzelkronen im Seitenzahnbereich konnten die oben genannten Keramiken gute Langzeitergebnisse liefern und **sollten** hier ihre Anwendung finden (starker Konsens). Monolithische leuzitverstärkte Silikatkeramiken lieferten nach 11 Jahren Beobachtungszeit eine Überlebensrate von 84,4 % [9, 72]. Verblendete Lithiumdisilikatkeramiken kamen in einem Zeitraum nach 10 Jahren sogar auf eine Überlebensrate von 95,8 % [11, 32, 63, 66]. Verblendete Aluminiumoxidkeramiken ohne Glasphase wiesen nach 5 bis 10 Jahren studienabhängig Überlebensraten von über 97 % auf [38, 62, 73]. Verblendete Aluminiumoxidkeramiken mit Glasphase lieferten nach 5 Jahren ähnlich hohe Überlebensraten [56, 63]. Für verblendete Zirkonoxidkeramiken kann aufgrund der Datenlage nur eine offene Empfeh-

lung ausgesprochen werden. Die Überlebensraten nach 5 Jahren variieren stark zwischen 79 % und 98 % [26, 67]. Diese Keramik **kann** im Seitenzahnbereich zur Anwendung kommen (starker Konsens).

Da monolithische (Lithiumdi-)silikatkeramik höhere Festigkeiten aufweist als verblendete Lithiumdisilikatkeramik und erfolgreich für Seitenzahnbrücken verwendet wurde, wurde ein (starker) Expertenkonsens für ihre Empfehlung als Krone für den Seitenzahnbereich ausgesprochen.

Die Überlebensraten der genannten vollkeramischen Seitenzahnkronen sind vergleichbar mit denen von Seitenzahnkronen aus Metallkeramik [24, 70, 71].

### Vollkeramische 3-gliedrige Brücken im Frontzahnbereich

Für die Herstellung von vollkeramischen Brücken im Frontzahnbereich wird die Verwendung von folgenden Materialien evidenzbasiert oder konsensbasiert wie folgt empfohlen (s. Tab. 5):

Für Zirkonoxidkeramik bei vollkeramischen 3-gliedrigen Brücken im Frontzahnbereich kann eine evidenzbasierte Empfehlung ausgesprochen werden. Nach bis zu 6 Jahren Beobachtungsdauer liefern die Studien Überlebensraten von 88,9 % bis zu 100 % [26, 29, 35, 72]. Daher **sollte** diese Keramiken für 3-gliedrige Brücken im Frontzahnbereich eingesetzt werden. Auch monolithische Lithiumdisilikatkeramikbrücken lieferten hohe Überlebensraten nach 10 Jahren (die Fallzahl in der Studie ist jedoch zu gering) [22]. Aufgrund der Datenlage kann nur eine offene Empfehlung ausgesprochen werden. Die schlechteren Daten für verblendete Lithiumdisilikatkeramik basieren auf Ergebnissen einer alten Lithiumdisilikatkeramik, die nicht mehr im Handel erhältlich ist (IPS Empress II) [30, 32, 60]. Verblendete, unverstärkte Aluminiumoxidkeramik mit Glasphase lieferte nach 10 Jahren Beobachtungszeit eine Überlebensrate von 82,9 % [39]. Diese Keramiken **können** für 3-gliedrige Brücken im Frontzahnbereich eingesetzt werden. Empfehlungen für Bereiche überspannende Brücken vom Front- zum Seitenzahnbereich können evidenzbasiert nicht ausgesprochen werden. Hierzu lie-

Vollkeramische 3-gliedrige Brücken im Frontzahnbereich: Folgendes Material sollte verwendet werden:				
Material	LoE	Empfehlungsgrad	Abstimmungsergebnis	Literaturverweis
Zirkonoxidkeramik, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[26, 29, 35, 72]
Lithiumdisilikatkeramik, monolithisch	3	-	(7/7) starker Konsens	[22]
Folgende Materialien können nur eingeschränkt empfohlen werden:				
Lithiumdisilikatkeramik, verblendet	2+	0	(7/7) starker Konsens	[30, 32, 60]
Unverstärkte Aluminiumoxidkeramik mit Glasphase, verblendet	2+	0	(7/7) starker Konsens	[39]
Zu folgenden Materialien kann bisher keine Aussage getroffen werden:				
Zirkonoxidkeramik, monolithisch				
Hybridkeramik, monolithisch				

**Tabelle 5** Vollkeramische 3-gliedrige Brücken im Frontzahnbereich: Materialempfehlung.

Vollkeramische 3-gliedrige Brücken im Seitenzahnbereich: Folgende Materialien können verwendet werden:				
Material	LoE	Empfehlungsgrad	Abstimmungsergebnis	Literaturverweis
Mit Zirkonoxid verstärkte Aluminiumoxidkeramik mit Glasphase, verblendet	2+	0	(7/7) starker Konsens	[7, 23]
Zirkonoxidkeramik, verblendet	2+	0	(7/7) starker Konsens	[26, 35, 45, 47, 52, 53, 61, 72]
Lithiumdisilikatkeramik, monolithisch*	2+	0	(7/7) starker Konsens	[22, 30]
*Anmerkung: Herstellerfreigabe nur zum Ersatz der ersten Prämolaren, nicht für weiter posterior fehlende Zähne.				
Folgende Materialien können evidenzbasiert nicht empfohlen werden und sollten nicht verwendet werden:				
Lithiumdisilikatkeramik, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[32]
Nicht verstärkte Aluminiumoxidkeramik mit Glasphase	2+	B	(7/7) starker Konsens	[39, 68]
Zu folgenden Materialien kann bisher keine Aussage getroffen werden:				
Zirkonoxidkeramik, monolithisch				
Hybridkeramik, monolithisch				

**Tabelle 6** Vollkeramische 3-gliedrige Brücken im Seitenzahnbereich: Materialempfehlung.

gen zu wenige Daten vor. Die Datenlage für mehrgliedrigere Brücken ist bisher für eine Empfehlung ungenügend. Eine Studie zeigt erhöhte Misserfolge bei

weitspannigen Brücken aus verblendeter Zirkonoxidkeramik [54]. Die Überlebensraten der genannten vollkeramischen Frontzahnbrücken sind vergleich-

bar mit denen von Metallkeramik [24, 43].

Vollkeramische 3-gliedrige Brücken im Seitenzahnbereich

Für die Herstellung von vollkeramischen Brücken im Seitenzahnbereich wird die Verwendung von folgenden Materialien evidenzbasiert oder konsensbasiert wie folgt empfohlen (s. Tab. 6):

Bei vollkeramischen 3-gliedrigen Brücken im Seitenzahnbereich beliefen sich die Überlebensraten für verblendete mit Zirkonoxid verstärkte Aluminiumoxidkeramik nach 5 Jahren auf 90 % bis 96,8 % [7, 23]. Verblendete Zirkonoxidkeramiken lieferten über einen gleichen Zeitraum ähnliche Ergebnisse [26, 35, 45, 53, 61, 72]. Monolithische Lithiumdisilikatkeramik kann eingeschränkt nur zur Verwendung bis zum Ersatz des ersten Prämolaren empfohlen werden (\*da für den Ersatz von weiter posterior fehlenden Seitenzähnen keine Herstellerfreigabe vorliegt) [22, 30]. Daher **können** diese Keramiken für 3-gliedrige Brücken im Seitenzahnbereich ihren Anwendungsbereich finden. Die Überlebensraten für verblendete Lithiumdisilikatkeramik und unverstärkte Aluminiumoxidkeramik zwischen 65–82,9 % lassen keine evidenzbasiert Empfehlung zu und **sollten nicht** angewandt werden [32, 39, 68]. Die Datenlage für mehrgliedrigere Brücken ist bisher für eine Empfehlung ungenügend.

Die Überlebensraten der vollkeramischen Seitenzahnbrücken sind nur teilweise vergleichbar mit denen von Seitenzahnbrücken aus Metallkeramik [43].

Vollkeramische einflügelige Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich

Für die Herstellung von vollkeramischen, einflügeligen Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich (Abb. 1a–c) wird die Verwendung von folgenden Materialien evidenzbasiert oder konsensbasiert wie folgt empfohlen (s. Tab. 7):

Bei der aktuellen Studienlage können vollkeramische einflügelige Adhäsivbrücken nur im Frontzahnbereich empfohlen werden. Bei einer Beobachtungszeit von 10 Jahren lieferte verblendete Aluminiumoxidkeramik hier eine Überlebensrate von 94,4 %, verblendete

Vollkeramische einflügelige Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich: Folgende Materialien sollten verwendet werden:				
Material	LoE	Empfehlungsgrad	Abstimmungsergebnis	Literaturverweis
Aluminiumoxidkeramik mit Glasphase, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[20]
Zirkonoxidkeramik, verblendet	2+	B	(7/7) starker Konsens	[50, 51]

**Tabelle 7** Vollkeramische einflügelige Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich: Materialempfehlung.

Vollkeramische Inlaybrücken im Seitenzahnbereich: Von der Anwendung vollkeramischer Inlaybrücken aus Lithiumdisilikatkeramik im Seitenzahnbereich wird evidenzbasiert abgeraten. Sie soll nicht angewandt werden:				
Material	LoE	Empfehlungsgrad	Abstimmungsergebnis	Literaturverweis
Lithiumdisilikatkeramik, monolithisch	2+	A	(7/7) starker Konsens	[12]

**Tabelle 8** Vollkeramische Inlaybrücken im Seitenzahnbereich: Materialempfehlung.

Zirkonoxidkeramik nach 5 Jahren sogar 100 % [20, 50]. Damit scheinen einflügelige vollkeramische Adhäsivbrücken sogar metallkeramischen zweiflügeligen Adhäsivbrücken überlegen [44] und **sollten** daher bei richtiger Indikation als Therapieoption angesehen werden.

Vollkeramische Adhäsivbrücken im Seitenzahnbereich

Die Anwendung vollkeramischer Systeme für die Herstellung von vollkeramischen Adhäsivbrücken im Seitenzahnbereich kann evidenzbasiert nicht empfohlen werden, da hierzu keine Daten vorliegen (starker Konsens).

Für vollkeramische Adhäsivbrücken im SZ-Bereich liegen bisher keine ausreichenden Publikationen vor.

Vollkeramische Inlaybrücken im Seitenzahnbereich (s. Tab. 8)

Die Verwendung von Vollkeramik zur Fertigung von Seitenzahn-Inlaybrücken kann evidenzbasiert noch nicht empfohlen werden. Seitenzahn-Inlaybrücken aus Lithiumdisilikatkeramik **sollen** daher nicht angewandt werden. Die Anwendung anderer vollkeramischer Systeme für die Herstellung von voll-

keramischen Inlaybrücken im Seitenzahnbereich kann evidenzbasiert nicht empfohlen werden.

Zur Schlüsselfrage 2 (**Zeigen vollkeramische Versorgungen bei Bruxismus-Patienten mit Bedarf an Kronen und Brücken vergleichbare Langzeitergebnisse in Bezug auf Überleben und Komplikationsfreiheit wie metallkeramische Versorgungen?**) konnte folgender **starker Expertenkonsens (9/9)** erzielt werden:

Aufgrund der aktuellen Studienlage lässt sich diese Frage nicht abschließend bewerten [55]. Patienten mit Bruxismus wurden in einer großen Anzahl von Studien explizit ausgeschlossen [8, 10–12, 27, 28, 30, 41, 47, 49, 50, 53, 60, 62]; nur in wenigen (3) Studien wurden Patienten mit Bruxismus explizit eingeschlossen [2, 36, 38]. Da die Diagnose Bruxismus klinisch schwer zu stellen ist, bzw. von einer hohen Dunkelziffer ausgegangen werden muss, waren höchstwahrscheinlich in allen Studien Patienten mit Bruxismus vertreten.

Grundsätzlich ist die erhöhte mechanische Belastung bei Patienten mit Bruxismus ein Risikofaktor für jede dentale Restauration. Daher sollte bei Patienten mit Bruxismus geprüft



**Abbildung 1a** Vollkeramische Adhäsivbrücke aus verblendeter Zirkonoxidkeramik.



**Abbildung 1b** Vollkeramische Adhäsivbrücke von labial.



**Abbildung 1c** Vollkeramische Adhäsivbrücke von oral. (Abb. 1a–c: M. Kern)

werden, ob alternativ eine Behandlung mittels Restaurationen aus Metall möglich und akzeptabel ist. Ist eine keramische Versorgung ausdrücklich gewünscht, sollte bei Patienten mit Bruxismus geprüft werden, ob alternativ eine Behandlung mittels monolithischer Restaurationen (siehe vorher beschriebene Empfehlungen) möglich und akzeptabel ist,

da diese in Laboruntersuchungen tendenziell besser als verblendete Restaurationen abschneiden. Zu monolithischen Zirkonoxidkeramiken liegen zurzeit keine ausreichenden klinischen Studien vor. In jedem Fall sollten die Patienten vor der Behandlung über das erhöhte Verlustrisiko durch Bruxismus und über eventuelle Einschränkungen der Indikation von Seiten des Herstellers aufgeklärt werden. Strikte Behandlungsprotokolle und genaue Beachtung der Funktion, sowie die Einbeziehung einer Kunststoffschuttschiene können bei dentalem Bruxismus vor mechanischem Versagen der Restauration schützen.

Zur Schlüsselfrage 3 (**Welche materialspezifischen Fertigungsempfehlungen können evidenzbasiert ausgesprochen werden?**) konnte folgender starker Expertenkonsens (9/9) erzielt werden:

Bei der Präparation für vollkeramische Kronen und Brücken mit Kronenankern sollte sich der Behandler bezüglich Retentions- und Widerstandsformen an den Richtlinien, die grundsätzlich für Kronen gelten, orientieren [19].

Die Herstellerangaben und die geltenden Vorgaben des Medizinproduktegesetzes (MPG) sind einzuhalten. Insbesondere sollten bei der Versorgung

mit vollkeramischen Kronen und Brücken folgende Punkte beachtet werden: die Präparationsanforderungen, die Mindestschichtstärken, die Verbinderquerschnitte, das Gerüstdesign, die Materialverarbeitung und die Materialbehandlung, auch infolge von Korrekturen, wie z.B. nachträglichem Beschleifen, sowie die Befestigungsart (vollkeramische Kronen und Brücken sollten nicht provisorisch befestigt werden, da andernfalls während der Phase der provisorischen Befestigung durch einen Dezentementierung bzw. bei der Entnahme aus dem Mund Mikrorisse entstehen können, die später zum Versagen der Restauration führen können). Dies spiegelt sich auch in den untersuchten Studien wider. Ein Großteil der Misserfolge war auf unzureichende Materialdimensionierung oder sonstiges Materialversagen zurückzuführen [10, 15, 17, 30, 36, 52, 53, 64].

Die Herstellerangaben und die geltenden Vorgaben des MPG sind einzuhalten. Insbesondere sollten bei der Fertigung von vollkeramischen Kronen und Brücken die Präparationsanforderungen, die Mindestschichtstärken, die Verbinderquerschnitte, das Gerüstdesign, die Materialverarbeitung und die Befestigungsart, sowie die Materialbehandlung, auch infolge von Korrekturen, wie z.B. nachträglichem Beschleifen, beachtet werden. **Starker Expertenkonsens**

## 10 Risiken

Wie bei anderen zahnärztlichen Eingriffen beeinflussen mögliche Behandlungskomplikationen die Patientenentscheidung und sind bei der Behandlungsplanung mit einzubeziehen. Bei der Risikobewertung muss die Versorgung mit vollkeramischen Kronen und Brücken gegen die Standardtherapie mit metallbasierten Kronen und Brücken abgewogen werden. Risikofaktoren für Komplikationen bei der Therapie können sich aus allgemeinmedizinischen Gründen ergeben. Treten vollkeramische Adhäsivbrücken im Frontzahnbereich in Konkurrenz zu klassischen Brücken, so können die Risiken für den Zahn durch eine substanzschonendere Präparation reduziert werden [18, 20].

## 11 Anwendbarkeit im zahnärztlichen Alltag

Auch bei vollkeramischen Versorgungen spielt bei der Wahl der Therapieform die Behandlungserfahrung des Zahnarztes eine entscheidende Rolle. Die eingeschlossenen Studien zeigen, dass die erreichten Überlebensraten nicht nur unter universitären Bedingungen, sondern auch im Alltag niedergelassener Kollegen erreicht werden können [9, 10, 26, 35, 40].

## 12 Anhang

Im Anhang ist in vier Tabellen (Einzelkronen, Brücken, Adhäsivbrücken und Inlaybrücken) eine Literaturübersicht zu den unterschiedlichen Indikationen sor-

tiert nach Materialklassen aufgeführt (s. unter <http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/083-012.html>). Im Anschluss folgen die Evidenztabelle zu allen eingeschlossenen Studien. Die Tabellen sowie die komplette Leitlinie und der Leitlinienreport sind bei der AWMF verfügbar unter (<http://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/083-012.html>). 

**Ansprechpartner (LL-Sekretariat):**

Dr. med. dent. Gunnar Meyer  
Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Pro-  
däeutik und Werkstoffkunde  
Christian-Albrechts-Universität Kiel  
Arnold-Heller-Straße 16  
24105 Kiel  
gmeyer@proth.uni-kiel.de

**Leitlinienkoordination:**

Prof. Dr. Matthias Kern  
Klinik für Zahnärztliche Prothetik, Pro-  
däeutik und Werkstoffkunde  
Christian-Albrechts-Universität Kiel  
Arnold-Heller-Straße 16  
24105 Kiel

**13 Literatur**

- Anusavice KJ: Degradability of dental ceramics. *Adv Dent Res* 1992;6: 82–89
- Beier US, Kapferer I, Dumfahrt H: Clinical long-term evaluation and failure characteristics of 1,335 all-ceramic restorations. *Int J Prosthodont* 2012;25: 70–78
- Bindl A, Richter B, Mörmann W: Survival of ceramic computer-aided design/manufacturing crowns bonded to preparations with reduced macroretention geometry. *Int J Prosthodont* 2005;18: 219–224
- Christel P, Meunier A, Heller M, Torre JP, Peille CN: Mechanical properties and short-term in-vivo evaluation of yttrium-oxide-partially-stabilized zirconia. *J Biomed Mater Res* 1989;23: 45–61
- Denry I, Kelly JR: State of the art of zirconia for dental applications. *Dent Mater* 2008;24:299–307
- Edelhoff D, Sorensen JA: Tooth structure removal associated with various preparation designs for anterior teeth. *J Prosthet Dent* 2002;87:503–509
- Eschbach S, Wolfart S, Bohlsen F, Kern M: Clinical evaluation of all-ceramic posterior three-unit FDPs made of In-Ceram Zirconia. *Int J Prosthodont* 2009;22:490–492
- Fradeani M, Aquilano A, Corrado M: Clinical experience with In-Ceram Spinell crowns: 5-year follow-up. *Int J Periodontics Restorative Dent* 2002;22: 525–533
- Fradeani M, Redemagni M: An 11-year clinical evaluation of leucite-reinforced glass-ceramic crowns: a retrospective study. *Quintessence Int* 2002;33: 503–510
- Fradeani M, D'Amelio M, Redemagni M, Corrado M: Five-year follow-up with Procera all-ceramic crowns. *Quintessence Int* 2005;36:105–113
- Gehrt M, Wolfart S, Rafai N, Reich S, Edelhoff D: Clinical results of lithium-disilicate crowns after up to 9 years of service. *Clin Oral Invest* 2013;17: 275–284
- Harder S, Wolfart S, Eschbach S, Kern M: Eight-year outcome of posterior inlay-retained all-ceramic fixed dental prostheses. *J Dent* 2010;38:875–881
- Haselton DR, Diaz-Arnold AM, Hillis SL: Clinical assessment of high-strength all-ceramic crowns. *J Prosthet Dent* 2000;83:396–401
- Höland W, Schweiger M, Frank M, Rheinberger V: A comparison of the microstructure and properties of the IPS Empress 2 and the IPS Empress glass-ceramics. *J Biomed Mater Res* 2000;53: 297–303
- Ichim I, Li Q, Li W, Swain MV, Kieser J: Modelling of fracture behaviour in biomaterials. *Biomater* 2007;28:1317–1326
- Kelly JR: Dental ceramics: current thinking and trends. *Dent Clin North Am* 2004;48:513–530
- Keough B, Kay HB, Sager RD, Keen E: Clinical performance of scientifically designed, Hot Isostatic-Pressed (HIP'd) zirconia cores in a bilayered all-ceramic system. *Compend Contin Educ Dent* 2011;32:58–68
- Kern M: Klinische Langzeitbewährung von zwei- und einflügeligen Adhäsivbrücken aus Vollkeramik. *Quintessenz* 2005;56:231–239
- Kern M: Misserfolge vermeiden – adäquate Retentions- und Widerstandsform von Brückenpfeilern. *Quintessenz* 2011;62:1017–1023
- Kern M, Sasse M: Ten-year survival of anterior all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses. *J Adhes Dent* 2011; 13:407–410
- Kern M, Kohal RJ, Mehl A, Pospiech P et al.: Vollkeramik auf einen Blick. 5. Auflage, Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde e.V., Ettlingen 2012
- Kern M, Sasse M, Wolfart S: Ten-year outcome of three-unit fixed dental prostheses made from monolithic lithium disilicate ceramic. *J Am Dent Assoc* 2012;143:234–240
- Kern T, Tinschert J, Schley JS, Wolfart S: Five-year clinical evaluation of all-ceramic posterior FDPs made of In-Ceram Zirconia. *Int J Prosthodont* 2012;25: 622–624
- Kerschbaum T: Langzeitüberlebensdauer von Zahnersatz. Eine Übersicht. *Quintessenz* 2004;55:1113–1126
- Kerschbaum T: Metallkeramik – ein halbes Jahrhundert im Dienste der Patienten. *Zahnärztl Mitt* 2006;96:2716–2722
- Kerschbaum T, Faber FJ, Noll FJ et al.: Komplikationen von Cercon-Restaurationen in den ersten fünf Jahren. *Dtsch Zahnärztl Z* 2009;64:81–89
- 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;36:786–79
- Kokubo Y, Tsumita M, Sakurai S, Suzuki Y, Tokiniwa Y, Fukushima S: Five-year clinical evaluation of In-Ceram crowns fabricated using GN-I (CAD/CAM) system. *J Oral Rehabil* 2011;38: 601–607
- Lops D, Mosca D, Casentini P, Ghisolfi M, Romeo E: Prognosis of zirconia ceramic fixed partial dentures: a 7-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2012; 25:21–23
- Makarouna M, Ullmann K, Lazarek K, Boening KW: Six-year clinical performance of lithium disilicate fixed partial dentures. *Int J Prosthodont* 2011;24: 204–206
- Malament K, Socransky S: Survival of Dicor glass-ceramic dental restorations over 20 years: Part IV. The effects of combinations of variables. *Int J Prosthodont* 2010;23:134–140
- Marquardt P, Strub JR: Survival rates of IPS empress 2 all-ceramic crowns and fixed partial dentures: results of a 5-year prospective clinical study. *Quintessence Int* 2006;37:253–259
- McLean J: Evolution of dental ceramics in the twentieth century. *J Prosthet Dent* 2011;85:61–66
- Micheelis WS, Schiffner U: Vierte Deutsche Mundgesundheitsstudie (DMS IV). Ergebnisse zu oralen Erkrankungsprävalenzen, Risikogruppen und zum zahnärztlichen Versorgungsgrad in Deutschland 2005. (IDZ) IddZ ed Vol Materialienreihe Band 31 2006
- Molin MK, Karlsson SL: Five-year clinical prospective evaluation of zirconia-based Denzir 3-unit FPDs. *Int J Prosthodont* 2008;21:223–227
- Monaco C, Caldari M, Scotti R: Clinical evaluation of 1,132 zirconia-based single crowns: A retrospective cohort study from the AIOP Clinical Research Group. *Int J Prosthodont* 2013;26: 435–442

37. Odén A, Andersson M, Krystek Ondracek I, Magnusson D: Five-year clinical evaluation of Procera AllCeram crowns. *J Prosthet Dent* 1998;80:450–456
38. Odman P, Andersson B: Procera All-Ceram crowns followed for 5 to 10.5 years: A prospective clinical study. *Int J Prosthodont* 2001;14:504–509
39. Olsson KG, Furst B, Andersson B, Carlsson GE: A long-term retrospective and clinical follow-up study of In-Ceram Alumina FPDs. *Int J Prosthodont* 2003;16:150–156
40. Örtorp A, Kihl ML, Carlsson GE: A 5-year retrospective study of survival of zirconia single crowns fitted in a private clinical setting. *J Dent* 2012;40:527–530
41. Passia N, Stampf S, Strub JR: Five-year results of a prospective randomised controlled clinical trial of posterior computer-aided design-computer-aided manufacturing ZrSiO<sub>4</sub>-ceramic crowns. *J Oral Rehabil* 2013;40:609–617
42. Piconi C, Maccauro G: Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomater* 1999;20:1–25
43. Pjetursson BE, Brägger U, Lang NP, Zwahlen M: Comparison of survival and complication rates of tooth-supported fixed dental prostheses (FDPs) and implant-supported FDPs and single crowns (SCs). *Clin Oral Implants Res* 2007;18(Suppl 3):97–113
44. Pjetursson BE, Tan WC, Tan K, Brägger U, Zwahlen M, Lang NP: A systematic review of the survival and complication rates of resin-bonded bridges after an observation period of at least 5 years. *Clin Oral Implants Res* 2008;19:131–141
45. Raigrodski AJ, Yu A, Chiche GJ, Hochstedler JL, Mancl LA, Mohamed SE: Clinical efficacy of veneered zirconium dioxide-based posterior partial fixed dental prostheses: five-year results. *J Prosthet Dent* 2012;108:214–222
46. Rinke S, Tsigaras A, Hüls A, Roediger M: An 18-year retrospective evaluation of glass-infiltrated alumina crowns. *Quintessence Int* 2011;42:625–633
47. Rinke S, Gersdorff N, Lange K, Roediger M: Prospective evaluation of zirconia posterior fixed partial dentures: 7-year clinical results. *Int J Prosthodont* 2013;26:164–171
48. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CHF: A systematic review of the survival and complication rates of all-ceramic and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. *Clin Oral Implants Res* 2007;18:86–96
49. Sailer I, Bonani T, Brodbeck U, Hämmerle CH: Retrospective clinical study of single-retainer cantilever anterior and posterior glass-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses at a mean follow-up of 6 years. *Int J Prosthodont* 2013;26:443–450
50. Sasse M, Kern M: CAD/CAM single retainer zirconia-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses: clinical outcome after 5 years. *Int J Comput Dent* 2013;16:109–118
51. Sasse M, Kern M: Survival of anterior cantilevered all-ceramic resin-bonded fixed dental prostheses made from zirconia ceramic. *J Dent* 2014;42:660–663
52. Sax C, Hämmerle CH, Sailer I: 10-year clinical outcomes of fixed dental prostheses with zirconia frameworks. *Int J Comput Dent* 2011;14:183–202
53. Schmitt J, Goellner M, Lohbauer U, Wichmann M, Reich S: Zirconia posterior fixed partial dentures: 5-year clinical results of a prospective clinical trial. *Int J Prosthodont* 2012;25:585–589
54. Schmitter M, Mussotter K, Rammelsberg P, Gabbert O, Ohlmann B: Clinical performance of long-span zirconia frameworks for fixed dental prostheses: 5-year results. *J Oral Rehabil* 2012;39:552–557
55. Schmitter M, Boemick W, Stober T: Bruxism in prospective studies of veneered zirconia restorations – a systematic review. *Int J Prosthodont* 2014;37:127–133
56. Segal BS: Retrospective assessment of 546 all-ceramic anterior and posterior crowns in a general practice. *The Journal of Prosthetic Dentistry* 2001;85:544–550
57. Seghi RR, Daher T, Caputo A: Relative flexural strength of dental restorative ceramics. *Dent Mater* 1990;6:181–184
58. Seghi RR, Denry IL, Rosenstiel SF: Relative fracture toughness and hardness of new dental ceramics. *J Prosthet Dent* 1995;74:145–150
59. Silva NR, Tompson VP, Valverde GB, Coelho PC, Powers JM, Farah JW: Comparative reliability analysis of zirconium oxid and lithium disilicate restorations in vitro and in vivo. *J Am Dent Assoc* 2011;142:45–51
60. Sola-Ruiz ME, Lagos-Flores E, Roman-Rodriguez JL, Highsmith Jdel R, Fons-Font A, Granell-Ruiz M: Survival rates of a lithium disilicate-based core ceramic for three-unit esthetic fixed partial dentures: a 10-year prospective study. *Int J Prosthodont* 2013;26:175–180
61. Sorrentino R, De Simone G, Tete S, Russo S, Zarone F: Five-year prospective clinical study of posterior three-unit zirconia-based fixed dental prostheses. *Clin Oral Investig* 2012;16:977–985
62. Sorrentino R, Galasso L, Tete S, De Simone G, Zarone F: Clinical evaluation of 209 all-ceramic single crowns cemented on natural and implant-supported abutments with different luting agents: a 6-year retrospective study. *Clin Implant Dent Relat Res* 2012;14:184–197
63. Steeger B: Survival analysis and clinical follow-up examination of all-ceramic single crowns. *Int J Comput Dent* 2010;13:101–119
64. Strub JR, Stiffler S, Schäfer P: Causes of failure following oral rehabilitation: Biological versus technical factors. *Quintessence Int* 1988;19:215–222
65. Strub JR, Kern M, Türp J, Wittkowski S, Heydecke G, Wolfart S: Curriculum Prothetik II. Artikulatoren – Ästhetik – Werkstoffkunde – Festsitzende Prothetik. 4. Auflage, Quintessenz, Berlin 2011
66. Valenti M, Valenti A: Retrospective survival analysis of 261 lithium disilicate crowns in a private general practice. *Quintessence Int* 2009;40:573–579
67. Vigolo P, Mutinelli S: Evaluation of zirconium-oxide-based ceramic single-unit posterior fixed dental prostheses (FDPs) generated with two CAD/CAM systems compared to porcelain-fused-to-metal single-unit posterior FDPs: a 5-year clinical prospective study. *J Prosthodont* 2012;21:265–269
68. Vult von Steyern P: All-ceramic fixed partial dentures. Studies on aluminum oxide- and zirconium dioxide-based ceramic systems. *Swed Dent J Suppl* 2005;173:1–69
69. Walter MH, Wolf BH, Wolf AE, Boening KW: Six-year clinical performance of all-ceramic crowns with alumina cores. *Int J Prosthodont* 2006;19:162–163
70. Walton TR: A 10-year longitudinal study of fixed prosthodontics: Clinical characteristics and outcome of single-unit metal-ceramic crowns. *Int J Prosthodont* 1999;12:519–526
71. Walton TR: The up to 25-year survival and clinical performance of 2,340 high gold-based metal-ceramic single crowns. *Int J Prosthodont* 2013;26:151–160
72. Wolleb K, Sailer I, Thoma A, Menghini G, Hämmerle CH: Clinical and radiographic evaluation of patients receiving both tooth- and implant-supported prosthodontic treatment after 5 years of function. *Int J Prosthodont* 2012;25:252–259
73. Zitzmann NU, Galindo ML, Hagmann E, Marinello CP: Clinical evaluation of Procera AllCeram crowns in the anterior and posterior regions. *Int J Prosthodont* 2007;20:239–241