



M. Karl<sup>1</sup>, N. Beck<sup>1</sup>, J. R. Kelly<sup>2</sup>

# Fraktur einer Lithium-Disilikat Krone bei der Zementierung

*Fracture of a lithium disilicate crown during cementation*



OA Priv.-Doz. Dr. Matthias Karl

## Warum Sie diesen Beitrag lesen sollten? / Why should you read this article?

Das Versagen zahnärztlicher Restaurationen wird häufig „vergessen“. Anhand einer frakturierten Vollkeramik Krone werden klinische Probleme aufgezeigt und die Methode der Fraktographie vorgestellt.

*Failure of dental restorations is frequently „forgotten“. Using a fractured all-ceramic crown as an example, clinical problems are explained and fractographic methods are introduced.*

**Einführung:** Lithium-Disilikat Keramik wird weitläufig für die Anfertigung vollkeramischer Versorgungen angewendet und weist vielversprechende Erfolgsraten auf. Kritisch für die Anwendung vollkeramischer Systeme scheint die Einhaltung herstellerspezifischer Vorgaben hinsichtlich labor-technischer Verarbeitung, Design und Befestigung zu sein.

**Material/Behandlungsmethode:** Nach zirkulärer Hohlkehlpräparation eines Zahnes 27 erfolgte die Anfertigung einer Krone aus Lithium-Disilikat Keramik. Während der Zementierung mit selbstadhäsivem Zement frakturierte die Krone. Die Bruchstücke wurden anschließend fraktographisch im Rasterelektronenmikroskop untersucht.

**Ergebnisse:** Am Ausgangspunkt der Fraktur lag eine Schichtstärke der Krone von lediglich 0,4 mm vor. Fraktur-begünstigend dürften die enge Kurvatur, eine mögliche manuelle Nachbearbeitung in diesem Bereich sowie Porositäten in der Glasurmasse gewirkt haben.

**Schlussfolgerung:** Zur Realisierung erfolgreicher Vollkeramik-Restaurationen ist von zahnärztlicher Seite die strikte Einhaltung materialspezifischer Präparationsrichtlinien unabdingbar. Oftmals geforderte minimal-invasive Restaurationen mit geringen Materialschichtstärken bedürfen der adhäsiven Befestigung bevor sie belastet werden können.

(Dtsch Zahnärztl Z 2015; 70: 20–24)

**Introduction:** Lithium disilicate ceramic is frequently used for the fabrication of all-ceramic restorations and shows promising long-term results. For the successful use of all-ceramic systems, manufacturer specific guidelines with respect to processing, design and cementation have to be followed.

**Material/Treatment methods:** Following chamfer preparation of a maxillary left second molar, a single crown was manufactured from lithium disilicate ceramic. This crown fractured during cementation using self-adhesive cement. Fractographic analysis of the fracture surfaces was subsequently performed using a scanning electron microscope.

**Results:** At the fracture origin, the overall thickness of the crown was only 0.4 mm. A small radius of curvature, potentially carried out manual adjustment as well as porosities in the glaze all occurring in that area may have promoted the fracture.

**Discussion:** Strictly observing material-specific preparation guidelines seems to be a prerequisite for successful all-ceramic restorations. Frequently advocated minimally-invasive restorations with reduced material thickness require adhesive cementation prior to loading.

*Keywords: lithium disilicate ceramic; fractography; crown*

*Schlüsselwörter: Lithium-Disilikat Keramik; Fraktographie; Krone*

<sup>1</sup> Zahnklinik 2 – Zahnärztliche Prothetik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg

<sup>2</sup> Department of Reconstructive Sciences, University of Connecticut, Farmington, CT, USA

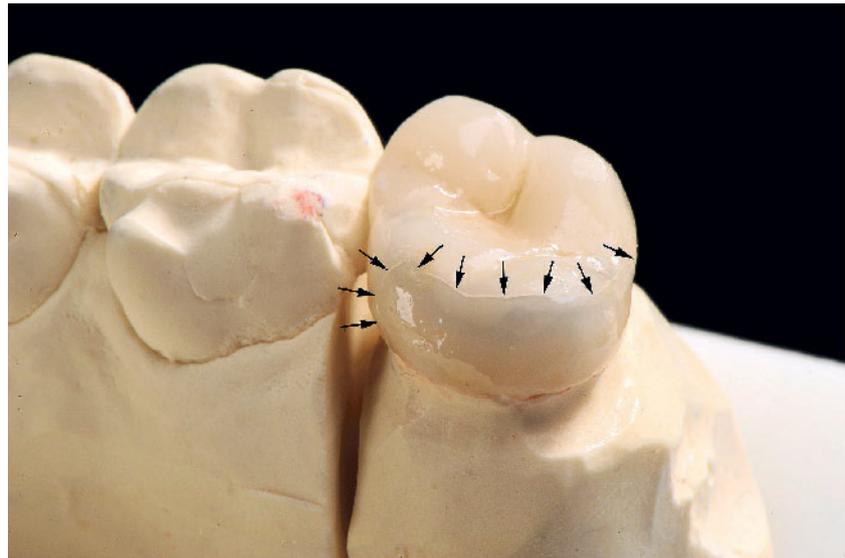
**Peer-reviewed article:** eingereicht: 01.10.2014, revidierte Fassung akzeptiert: 05.01.2015

**DOI** 10.3238/dzz.2015.0020–0024

## Einleitung

Eine breite Materialpalette steht heute für die Anfertigung prothetischer Restaurationen zur Verfügung, wobei metallfreie Versorgungen zunehmend in den Vordergrund rücken. Für die Auswahl des Restaurationsmaterials zu berücksichtigen sind die Art der Restauration, die Festigkeit des Materials, die Präparationsmöglichkeiten hinsichtlich Lage der Präparationsgrenze und Reduktionsausmaß, der ästhetische Anspruch des Patienten und die Farbe des Stumpfes im Verhältnis zur angestrebten Zahnfarbe [6]. Lithium-Disilikat Keramik stellt eine Materialklasse dar mit der ästhetische und funktionelle, vollkeramische Restaurationen möglich sind und die weitläufig angewendet wird [1, 12]. Im Vergleich zu Oxidkeramiken weist Lithium-Disilikat eine höhere Transluzenz auf, welche unnatürliche Licht-Reflexionen verhindert [3]; jedoch ist die Bruchlast im Vergleich zu monolithisch angewandter Zirkoniumdioxid-Keramik im statischen Bruchtest geringer [17, 18]. Einen zusätzlichen Einfluss scheint dabei der verwendete Zement zu haben, wobei durch adhäsive Befestigung die Bruchlast von Lithium-Disilikat gesteigert werden kann [2]. In einer Studie zum Ermüdungsverhalten zeigte sich jedoch eine höhere Beständigkeit monolithischer und verblendeter Lithium-Disilikat Kronen im Vergleich zu verblendeten Kronen aus Zirkoniumdioxid-Keramik [16]. Für Letztere wurde die Verblendkeramik als potenzielle Schwachstelle angegeben, wohingegen Gerüstfrakturen äußerst selten beschrieben wurden [16]. Unklar ist der Effekt unterschiedlicher Schichtdicken der Keramik auf die Bruchlast von Lithium-Disilikat Restaurationen. In einer In-vitro-Studie zum Vergleich unterschiedlicher Präparationsausmaße und -dicken zeigten sich nach Alterung höhere Bruchlast-Werte für dünnere palatinale Onlays als für dickere, wohingegen bei Vollkronen die Bruchlast mit der Restaurationsdicke korrelierte [5].

Lithium-Disilikat kann neben der traditionellen Presstechnik [5] auch mittels CAD/CAM-Verfahren bearbeitet werden. Aktuelle In-vitro-Studien zeigten eine hervorragende Randschlussqualität für gepresste Lithium-



**Abbildung 1** Situation der Einzelkrone 27 auf dem Sägemodell mit frakturierter palatinaler Kronenwand; die Pfeile markieren die Frakturlinie.

**Figure 1** Single crown on tooth 27 (FDA) positioned on the master cast with fractured palatal wall; arrows indicate the fracture line.

Disilikat Kronen im Vergleich zu mittels CAD/CAM produzierten Restaurationen, bei denen das benutzte CAD/CAM-System einen großen Einfluss auf die Randschlussqualität hatte [9, 10]. Neves und Mitarbeiter fanden mittlere vertikale Randspalten von 36,8  $\mu\text{m}$ , wobei der Prozentsatz an Kronen mit vertikalen Randspalten unter 75  $\mu\text{m}$  bei 83,8 % lag. Horizontale Über- bzw. Unterkonturierung lag bei 49,2 % der untersuchten Kronen vor [10].

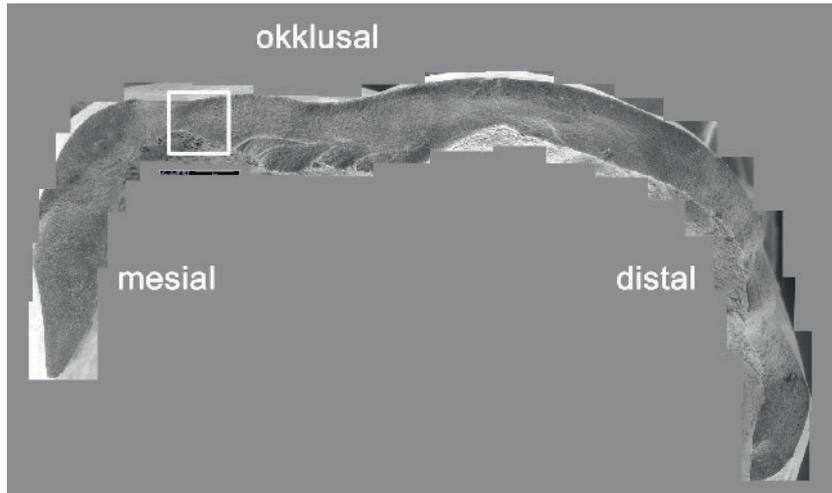
Obwohl die Datenlage zur klinischen Langzeitbewahrung von Restaurationen aus Lithium-Disilikat eingeschränkt ist, wird in einer aktuellen Übersichtsarbeit die Überlebensrate von Einzelkronen aus Lithium-Disilikat mit 100 % nach 2 Jahren, 97,8 % nach 5 Jahren und 96,7 % nach 10 Jahren angegeben [12].

Nachdem Patientensituationen kaum in Laborversuchen realistisch nachgestellt werden können, ist die Analyse klinisch frakturierter Restaurationen von hohem Wert [4, 8]. Als Standardverfahren kommt dazu die Fraktographie zum Einsatz, bei der Bruchflächen im Rasterelektronenmikroskop auf typische Frakturzeichen [14] untersucht werden, welche Aufschluss über den Ausgangspunkt der Fraktur und den Frakturmechanismus geben können [11]. Ziel dieser Arbeit

war es, eine am Patienten im Rahmen der Zementierung frakturierte Lithium-Disilikat Krone fraktographisch zu untersuchen.

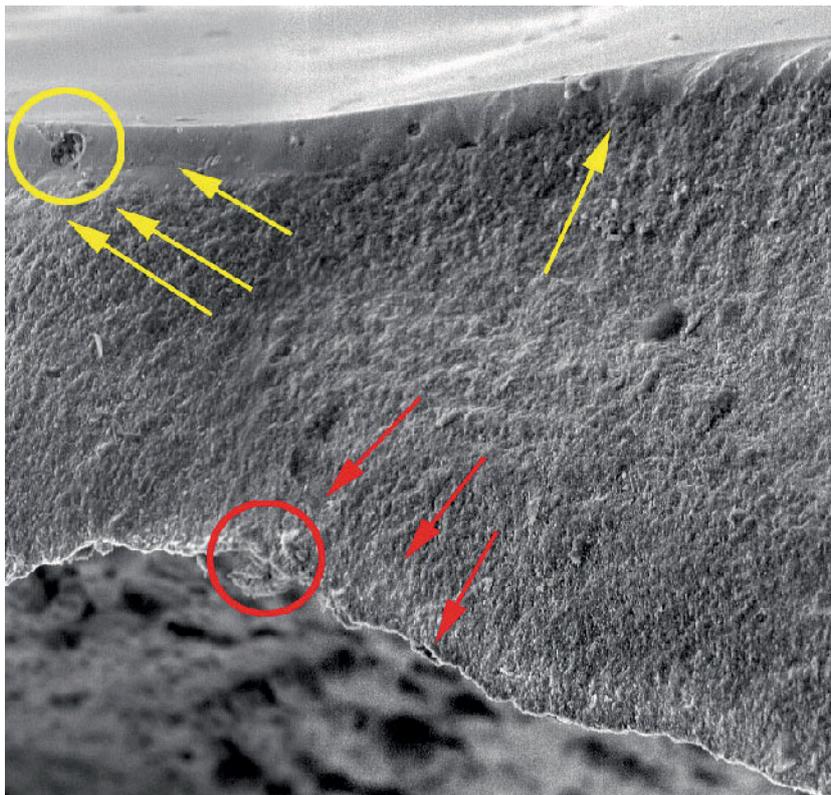
## Falldarstellung

Nach zirkulärer Hohlkehlpräparation des Zahnes 27 bei einer 40-jährigen Patientin mit ansonsten konservierend versorgtem Gebiss erfolgte die Korrekturabformung der Situation mit additionsvernetztem Silikon (Aquisil Ultra, Dentsply DeTrey, Konstanz). Im Labor wurde anschließend eine monolithische Einzelkrone aus Lithium-Disilikat Keramik (IPS e.max Press, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) mittels Presstechnik angefertigt. Die Krone wurde mit den entsprechenden Malfarben charakterisiert (IPS e.max Ceram Shades, Ivoclar Vivadent, Schaan) und glasiert (IPS e.max Ceram, Ivoclar Vivadent, Schaan). Die Einprobe der Restauration am Patienten zeigte eine zufriedenstellende Ästhetik, eine funktionell einwandfreie Kronengestaltung sowie eine hervorragende Passung, welche mittels dünnfließendem Silikon (Silasoft, Detax, Ettlingen) verifiziert wurde. Zur Zementierung wurde nach Reinigung der Stumpfoberfläche mit Alkohol bei relativer Trockenle-



**Abbildung 2a** Übersicht mehrerer Aufnahmen der Bruchfläche im Rasterelektronenmikroskop. Im eingerahmten Bereich lag der Ausgangspunkt der Fraktur (vgl. Abb. 2b).

**Figure 2a** Composition of several scanning electron microscopy images taken from the fracture surface. The fracture origin lies within the framed area.



**Abbildung 2b** Vergrößerter Ausschnitt, der den Frakturursprung zeigt. Ausgehend von Porositäten im Bereich der Glasurmasse sind sogenannte „wake hackle“ Formationen (gelbe Pfeile) zu erkennen, die eine Ausbreitungsrichtung der Fraktur zur Okklusalfäche hin andeuten. Der eingekreiste Bereich an der inneren Kronenwand markiert eine evtl. Fehlstelle assoziiert mit sogenannten „twist hackle“ Formationen (rote Pfeile), die eine Ausbreitungsrichtung zum Kronenlumen hin andeuten.

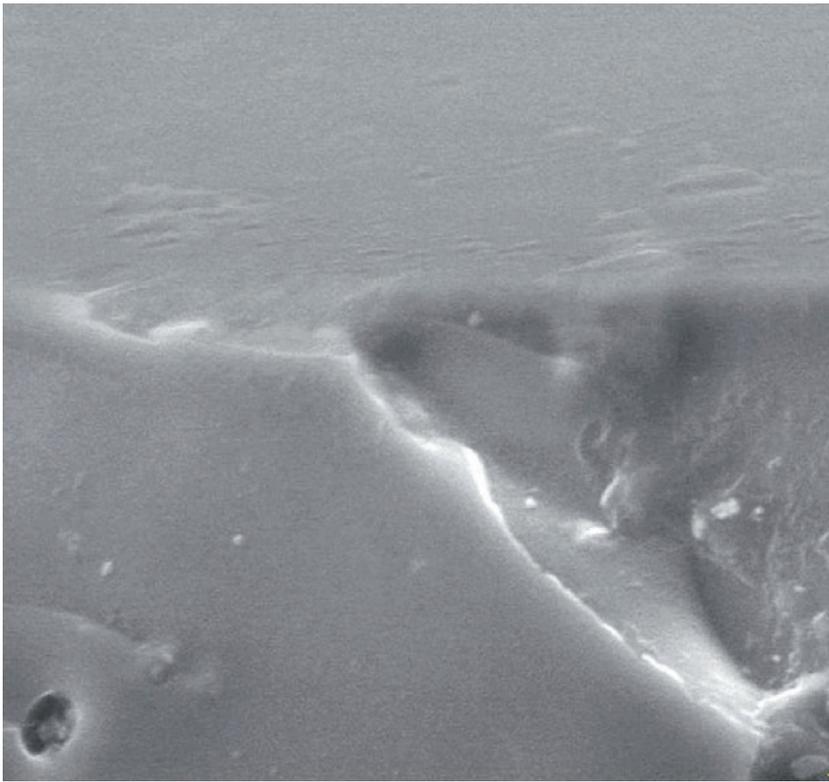
**Figure 2b** Higher resolution image showing the fracture origin. Starting from porosities within the glaze layer, ‘wake hackle’ (yellow arrows) can be seen indicating a direction of crack propagation towards the occlusal surface. The circled region at the inner crown surface depicts an area of irregularities showing ‘twist hackle’ (red arrows) indicating a direction of crack propagation towards the lumen of the crown.

gung selbstadhäsiver Zement verwendet (Speed CEM, Ivoclar Vivadent). Dazu wurde das Kronenlumen mit 5 % Flußsäure (IPS Ceramic Ätzgel, Ivoclar Vivadent) angeätzt und mit Silan (Monobond Plus, Ivoclar Vivadent) konditioniert. Während der Abbindephase des Zements wurde die Patientin angewiesen auf eine Watterolle zu beißen, was zur Fraktur der Krone unter Abspaltung der palatinalen Wandung führte (Abb. 1). Beide Bruchstücke wurden aus dem Patientenmund entfernt, weitgehend von Zementresten befreit und fraktographisch unter dem Rasterelektronenmikroskop analysiert (FEI Quanta 200, FEI, Hillsboro, OR, USA).

## Fraktographie

Fraktographie, die optische Analyse von Frakturoberflächen, wurde im vorliegenden Fall dazu verwendet, den Ursprung der Fraktur sowie deren Ausbreitungsrichtung zu identifizieren. Dazu werden im Rasterelektronenmikroskop Aufnahmen von der Bruchfläche erstellt und nach charakteristischen Mustern gesucht, welche Risse auf spröden Materialien hinterlassen, wenn der Riss beispielsweise vorübergehend stoppt, sich die Rissenergie ändert oder der Riss auf eine Fehlstelle im Werkstoff, z.B. auf eine Pore, trifft. Zwei wesentliche Muster, um die Ausbreitungsrichtung von Rissen in Dentalkeramiken zu beurteilen, sind „wake hackle“ und „twist hackle“.

„Wake hackle“ entstehen, wenn ein Riss auf eine Pore trifft, sich in unterschiedlichen Ebenen teilt und sich dann wieder vereinigt. Dabei entstehen strichförmige, von der Pore ausgehende Spuren in Richtung der Rissausbreitung. „Twist hackle“ entstehen als längere Oberflächenspuren, wenn die Fraktur so energiereich geworden ist, dass Richtungsänderungen an der Rissfront bezogen auf die Hauptzugspannungsrichtung möglich sind. Auch diese Spuren zeigen die Richtung der Rissausbreitung an, deuten aber in Richtung des Rissursprungs. Grundsätzlich werden Frakturoberflächen mit fortschreitender Rissausbreitung und zunehmender Rissenergie rauer, wohingegen am Frakturursprung häufig ein vergleichsweise glatter, oft halbkreisförmiger Bereich zu finden ist, welcher bei Gläsern und glasähnlichen Materialien als Bruchspiegel



**Abbildung 2c** Detailsicht der Porositäten in der Glasurmasse (vgl. Abb. 2b). Als „wake hackle“ werden die kleinen Porositäten mit in diesem Fall linksseitig angeordneter Linie bezeichnet.

**Figure 2c** High resolution image showing the porosities within the glaze layer (cf. Fig. 2b). The small porosities associated with (in this case) a line towards the left side are called ‘wake hackle’.

(Abb. 1, 2a–c: M. Karl)

bezeichnet wird. Für weitergehende Information zur Fraktographie sei auf einschlägige Literatur verwiesen [13, 15]

## Ergebnisse

Der Ausgangspunkt der Fraktur konnte im Bereich des mesiopalatinalen Höckers lokalisiert werden (Abb. 2a–c). Dort zeigte sich eine Gesamtschichtstärke der Krone von lediglich ca. 0,4 mm. Neben einer frakturbegünstigenden Fehlstelle im Kronenlumen ließen sich zudem Porositäten im Bereich der Glasurmasse ausmachen. Fraktographisch gingen von den Porositäten sogenannte „wake hackle“ aus, während „twist hackle“ im Bereich der genannten Fehlstelle nachweisbar waren.

## Diskussion

Im vorliegenden Patientenfall kam es zur Fraktur einer Lithium-Disilikat Kro-

ne beim Einsetzvorgang. Hauptursache der Fraktur scheint eine zu geringe Schichtstärke der Keramik gewesen zu sein, die deutlich unterhalb der vom Hersteller angegebenen Mindestschichtstärke für Seitenzahnkronen lag. Allerdings lag die Schichtstärke im für Veneers/Thin Veneers empfohlenen Wandstärkenbereich [7], sodass eine Fraktur durch die Handhabung bei der Zementierung möglicherweise vermeidbar gewesen wäre. Ähnlich dem Vorgehen bei der Veneerbefestigung hätte eine okklusale Belastung der Krone erst nach abgeschlossenem adhäsivem Einsetzen erfolgen sollen. Entscheidend für die Funktion solch dünnwandiger Restaurationen scheint eine Unterstützung durch Zahnschmelz zu sein, der für einen ausreichend hohen Haftverbund zu adhäsivem Befestigungszementen sorgt. Wie wiederholt gezeigt werden konnte, hängt die Belastbarkeit glaskeramischer Systeme auch vom verwendeten Einsetzzement ab [2]. Der Einfluss der Keramik-Schichtstärke auf die Frakturfestig-

keit erscheint nach neueren Untersuchungen unklar, wobei höhere Wandstärken nicht zwingend zu einer stärkeren mechanischen Belastbarkeit führen müssen [5].

Im Frakturbereich ließ sich im Kronenlumen eine Fehlstelle identifizieren, an der möglicherweise nach Sinterung der Krone rotierend gearbeitet worden war und so die Frakturentstehung begünstigte. Aufgrund der stattgefundenen Zementierung konnte jedoch eine nachträgliche Bearbeitung in diesem Bereich nicht mehr zweifelsfrei nachgewiesen werden. Zusätzlich führte die spitzwinklige Präparation am Übergang okklusales Plateau/vertikale Wandung zur Spannungskonzentration. Im Bereich der Verblendung waren mehrere Porositäten zu beobachten, welche zu einer weiteren Schwächung der Struktur führten, jedoch normalerweise erst unter Funktion zum Versagen führen. Die gefundenen Frakturzeichen „wake hackle“ und „twist hackle“ [4, 8, 14] weisen darauf hin, dass eine Rissausbreitung sowohl Richtung Kronenlumen als auch Richtung Okklusalfäche stattgefunden hatte.

## Schlussfolgerung

Entscheidend für die sichere Anwendung ästhetischer Restaurationen ist die strikte Einhaltung der vom Hersteller vorgegebenen Verarbeitungshinweise insbesondere hinsichtlich der vom behandelnden Zahnarzt zu realisierenden Präparationsformen [6]. Bei indikationsgerechtem Vorgehen sind vielversprechende Erfolgsraten unter Anwendung von Lithium-Disilikat Keramik möglich [12].

**Interessenkonflikt:** Die Autoren erklären, dass kein Interessenkonflikt im Sinne der Richtlinien des International Committee of Medical Journal Editors besteht.

### Korrespondenzadresse

OA Priv.-Doz. Dr. Matthias Karl  
Zahnklinik 2  
Friedrich-Alexander-Universität  
Erlangen-Nürnberg  
Glückstrasse 11  
91054 Erlangen  
Matthias.Karl@uk-erlangen.de

## Literatur

- Anunmana C, Champirat T, Jirajariya-vej B: Tensile strength of bilayered ceramics and corresponding glass veneers. *J Adv Prosthodont* 2014;6:151–156
- Bindl A, Lüthy H, Mörmann WH: Thin-wall ceramic CAD/CAM crown copings: strength and fracture pattern. *J Oral Rehabil* 2006;33:520–528
- Censi R, Vavassori V, Borgonovo AE, Re D: Esthetic rehabilitation of a severely compromised anterior area: combined periodontal and restorative approach. *Case Rep Dent* 2014;doi: 10.1155/2014/658790
- Du Q, Swain MV, Zhao K: Fractographic analysis of anterior bilayered ceramic crowns that failed by veneer chipping. *Quintessence Int* 2014;45:369–376
- Guess PC, Schultheis S, Wolkewitz M, Zhang Y, Strub JR: Influence of preparation design and ceramic thicknesses on fracture resistance and failure modes of premolar partial coverage restorations. *J Prosthet Dent* 2013;110:264–273
- Hatai Y: Extreme masking: achieving predictable outcomes in challenging situations with lithium disilicate bonded restorations. *Int J Esthet Dent* 2014;9: 206–222
- Ivoclar Vivadent. IPS e-max Press Verarbeitungsanleitung Stand 06/2009; Seite 16
- Lohbauer U, Amberger G, Quinn GD, Scherrer SS: Fractographic analysis of a dental zirconia framework: a case study on design issues. *J Mech Behav Biomed Mater* 2010;3:623–629
- Mously HA, Finkelman M, Zandparsa R, Hirayama H: Marginal and internal adaptation of ceramic crown restorations fabricated with CAD/CAM technology and the heat-press technique. *J Prosthet Dent* 2014;112:249–256
- Neves FD, Prado CJ, Prudente MS et al.: Micro-computed tomography evaluation of marginal fit of lithium disilicate crowns fabricated by using chairside CAD/CAM systems or the heat-pressing technique. *J Prosthet Dent* 2014 doi: 10.1016/j.prosdent.2014.04.028
- Øilo M, Gjerdet NR: Fractographic analyses of all-ceramic crowns: a study of 27 clinically fractured crowns. *Dent Mater* 2013;29:e78–e84
- Pieger S, Salman A, Bidra AS: Clinical outcomes of lithium disilicate single crowns and partial fixed dental prostheses: a systematic review. *J Prosthet Dent* 2014;112:22–30
- Quinn GD (Hrsg.): Fractography of ceramics and glasses. National Institute of Standards and Technology Special Publication 960–917. U.S. Government Printing Office, Washington DC 2007
- Scherrer SS, Quinn JB, Quinn GD, Kelly JR: Failure analysis of ceramic clinical cases using qualitative fractography. *Int J Prosthodont* 2006;19:185–192
- Scherrer SS, Quinn GD, Quinn JB: Fractographic failure analysis of a Procera AllCeram crown using stereo and scanning electron microscopy. *Dent Mater* 2008;24:1107–1113
- Silva NR, Bonfante EA, Martins LM et al.: Reliability of reduced-thickness and thinly veneered lithium disilicate crowns. *J Dent Res* 2012;91:305–310
- Sun T, Zhou S, Lai R, Liu R, Ma S, Zhou Z, Longquan S: Load-bearing capacity and the recommended thickness of dental monolithic zirconia single crowns. *J Mech Behav Biomed Mater* 2014;35:93–101
- Zesewitz TE, Knauber AW, Northdurft FP: Fracture resistance of a selection of full-contour all-ceramic crowns: an in vitro study. *Int J Prosthodont* 2014;27: 264–266