

Autor
Wissenschaftler
Status
Aktuell
Kategorie
Grundlagen

Konstruktionsüberlegungen für industriell hergestellten vollkeramischen Zahnersatz

Gerwin V. Arnetzl, Prof. Dr. Gerwin Arnetzl

Neue Technologien bedürfen neuer Bearbeitungstechniken – ähnlich verhält es sich mit maschinell hergestelltem vollkeramischen Zahnersatz. Um keine Einbußen im Bruchverhalten von maschinell hergestellten vollkeramischen Versorgung zu erleiden, bedarf es einiger wichtiger Parameter. Aufgrund der in den vergangenen Jahren zügig vorangegangenen Entwicklungen im Bereich der Materialkunde – vor allem der vollkeramischen Werkstoffe, welche gänzlich unterschiedliche Materialeigenschaften aufweisen als herkömmliche Werkstoffe zur restaurativen Versorgung – ist es von Bedeutung, die Präparation den neuen Gegebenheiten anzupassen.

Lange Zeit wurde versucht, durch eine Verbesserung der werkstoffspezifischen Parameter von Keramik Nachteile im Bruchverhalten zu optimieren, anstatt sich mit der Konstruktion von vollkeramischem Zahnersatz auseinander zu setzen. Die derzeitige Lehrmeinung geht bei der Präparation von vollkeramischen Restaurationen davon aus, dass eine Modifikation der immer noch üblichen Standardpräparation, welche im Wesentlichen eine Kastenpräparation mit gerundeten Kanten als mechanische Retention vorsieht, die optimale sei.

Gängige Präparationsvorgaben für vollkeramische Restaurationen

Scharfe Kanten sollten zugunsten sphärischer Kavitätensegmente, insbesondere am Kavitätenboden, weitgehend vermieden werden^[1]. Die Kavitätenwände sollten divergierend gestaltet sein^[2]. Im Zuge einer substanzschonenden Rehabilitation können

Unterschnitte, die sich nach dem Entfernen der Karies zeigen, mit plastischen Füllungsmaterialien ausgeblockt werden^[3]. Bei der Präparation für ein Inlay sollte die okklusale Kastentiefe am Fissurengrund 1,5 mm und am Kavitätenrand 2 mm^[4], die Breite der okklusalen Kavität sollte ein Drittel des Höcker-Höckerabstandes^[5, 6] und im Isthmusbereich mindestens 2 mm betragen^[3].

Richtlinien für die approximale Präparation

Der Approximalkontaktpunkt sollte sowohl im Bereich der Extensionsflächen als auch im Bereich der Stufe der approximalen Kästen vollständig gelöst werden^[7]. Die approximale Präparation sollte kastenförmig, leicht divergierend und ohne Randabschrägung durchgeführt werden^[8]. Ferner sollte die approximale Präparation nach oral und vestibulär extendiert werden, um eine leichte Bearbeitbarkeit dieser Bereiche nach adhäsiver Befestigung zu ermöglichen^[4]. Die Präparationsrandbereiche sollten idealerweise scharfkantig mit der Zahnoberfläche einen Winkel von 90° aufweisen^[1, 9]. Abschrägungen, Slice-Cut und Federränder sind aufgrund einer erhöhten Frakturgefahr kontraindiziert^[7]. Die okklusalen Ränder der Inlayrestaurationen sollten nicht im Bereich von okklusalen Kontaktpunkten lokalisiert sein^[10, 11, 12].

Bei Arbeits- und Balancekontakten auf keramischen Restaurationen muss das restaurative Material eine ausreichende Schichtstärke von 1,5 mm aufweisen^[11]. Auch bei der Anwendung adhäsiver Techniken wird bislang eine Mindestschichtstärke der verbleibenden Zahnhartsubstanzwände von 2 bis 2,5 mm gefordert^[13]. Die Kavitätengeometrie vollkeramischer Inlays muss auf die werkstoffspezifischen Eigenschaften sprödharter Restaurationsmaterialien abgestimmt sein.

Vor- und Nachteile des Werkstoffs Keramik

Aufgrund des gänzlichen Fehlens plastischen Verformungsvermögens bei niederen und mittleren Temperaturen versagt Keramik im Bereich der kritischen Gefügeinhomogenitäten spontan beim Erreichen der örtlichen Materialfestigkeit. Die hohen Spannungen treten besonders im Bereich von kleinen Radien, scharfen Kanten, Stufen und Absätzen sowie im Bereich von punkt- oder linienförmigen Krafteinleitungen auf. Unter Umständen wird hier aufgrund der teilweise erheblichen Kerbwirkung die Materialfestigkeit viel früher erreicht, als es die äußere Belastung der Komponente erwarten lässt. Deshalb sollten bei der konstruktiven Gestaltung eines keramischen Bauteils als Kerben wirkende geometrische Formen (Spannungskonzentrationen) vermieden werden.

Demgegenüber ist die hohe Druckbelastbarkeit eine besondere Stärke keramischer Materialien. Eine keramikgerechte Konstruktion nutzt diese Eigenschaft nahezu optimal aus und hält jene Bereiche möglichst klein, in denen sie zug- oder biegebelastet wird. Insbesondere sollten in den zugbelasteten Bereichen starke Spannungskonzentrationen vermieden werden.

Konstruktionsvorgaben für technische Keramik

Aufgrund der adhäsiven Eingliederung erscheint eine Retentionsform der Präparation nicht notwendig. Es sollten Präparationsformen, welche die Materialeigenschaften von Keramik positiv beeinflussen, stärker in Betracht gezogen werden. Laut des Verbands der Keramischen Industrie e.V.^[14] gilt Folgendes:

- Druckspannungen sind von Vorteil, weshalb Druckspannungen in der Konstruktion stets zu bevorzugen sind.
- Zugspannungen konstruktiv in Druckspannungen umwandeln.
- Spannungsspitzen und Materialanhäufungen vermeiden. Spannungsspitzen im keramischen Bauteil sind durch weiche Übergänge an Absätzen und Kanten sowie durch große Radien auszuklammern.

- Beim Kontakt mit anderen Materialien (Schmelz, Dentin) ist auf eine große Kontaktfläche zu achten (Flächenkontakt statt Punkt- oder Linienkontakt).
- Kerbspannungen minimieren.
- Auf eine einfache Bauteilgeometrie achten.
- Plötzliche Querschnittsveränderungen vermeiden.
- Auf möglichst gleichmäßige Wanddicken achten.
- Dünne Wandteile und Stege vermeiden.

Ungünstige keramikbezogene Konstruktionen

Werden diese Gesetzmäßigkeiten auf die derzeit gültigen Präparationsrichtlinien für vollkeramischen Zahnersatz angewandt, wird deutlich, dass bei Präparationen wenig auf die Werkstoffeigenschaften des Werkstoffs Keramik geachtet wird. Durch eine nicht keramikgerechte Konstruktion beziehungsweise Präparation treten u. a. Zugspannungen an der Unterseite des Keramikkörpers auf (Abb. 1a). Dieser Bereich ist ohnehin eine potentielle Schwachstelle der Konstruktion, da die Schichtstärke der Keramik an diesem Punkt meist sehr gering ist.

Der Übergang zwischen Kastenboden und Kastendach ist aus mehreren Gründen ungünstig. Zum einen wird durch die übliche Präparation eine plötzliche Querschnittsänderung in der Keramik herbeigeführt (Abb. 1c). Darüber hinaus ist in diesem Bereich die Keramik aufgrund der Kanten ohnehin stark beansprucht (Abb. 1b). Ein weiteres Problem ergibt sich aus der Tatsache, dass die Zentralfissur (Abb. 3a) in diesem Bereich direkt über der Kante des Kastenelements liegt. Eine allzu verspielte Formgebung wie sie in Abb. 1d und 2d dargestellt wird, ist für die Keramik ebenfalls unvorteilhaft und sollte zugunsten einfacherer Geometrien überdacht werden.

Günstige keramikbezogene Konstruktionen

Werden hingegen die einfachen Grundregeln für keramikgerechtes Konstruieren umgesetzt, finden sich gänzlich andere Präparationsformen. Diese ver-

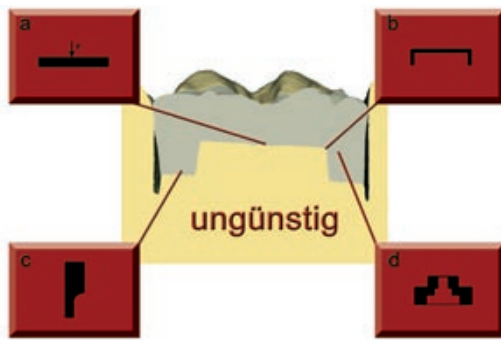


Abb. 1a, b, c, d: Faktoren für eine ungünstige Keramikkonstruktion.

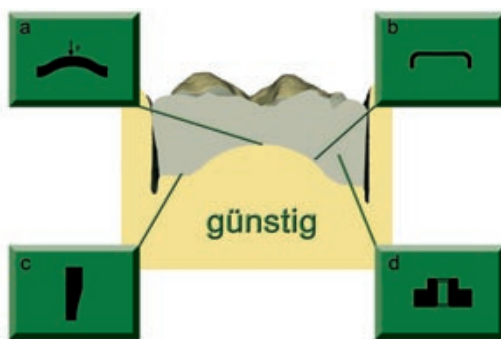


Abb. 2a, b, c, d: Faktoren für eine günstige, keramikgerechte Konstruktion.

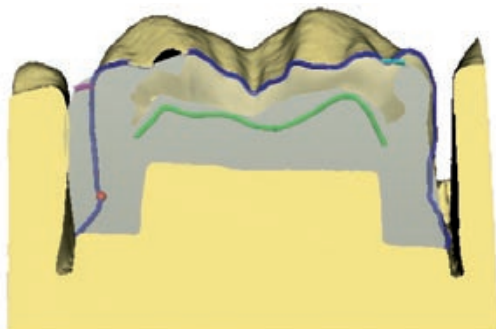


Abb. 3a: Lage der Zentralfissur bei traditioneller Präparation.

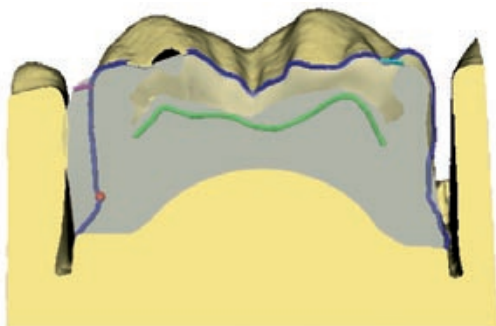


Abb. 3b: Lage der Zentralfissur bei keramikgerechter Präparation.

einen durch ihre runde Formgebung gleich mehrere Aspekte einer keramikgerechten Konstruktion in sich.

Zum einen werden durch die konvex ausgeformte Präparation Zugspannungen in Druckspannungen übergeführt (Abb. 2a). Aufgrund der runden Formgebung der Präparation, speziell im Bereich des ehemaligen Kastens (Abb. 2c), werden plötzliche Querschnittsänderungen ebenso vermieden wie scharfe Kanten (Abb. 2b), geringe Auflageflächen und kleine Radien.

Durch die runde konvexe Gestaltung ist auch die Wandstärke in allen kritischen Bereichen der Restauration größer. Vor allem im Bereich des ehemaligen Kastensegments (Abb. 2b und 3b), wo die tiefste Stelle der Zentralfissur zum Liegen kommt, kann eine große Zunahme im Volumen der Keramik erreicht werden. Werden die allgemein gültigen Gesetze der Statik als Grundlage für die Bruchlastuntersuchung von vollkeramischen Restaurationen herangezogen, führt dies zwangsläufig zu der Schlussfolgerung, dass jedes Verfahren, welches Zugspannungen in der Keramik minimiert und in Druckspannungen umwandelt, automatisch dessen Bruchverhalten positiv beeinflusst.

Tiefe Fissuren: Ja oder Nein?

Um einem vorzeitigen Bruch der Keramik aufgrund von Spannungsspitzen in Folge von Kerbspannungen vorzubeugen, muss auf eine allzu tief gestaltete Zentralfissur verzichtet werden.

Warum bricht Keramik, wie sie bricht?

Vollkeramischer Zahnersatz bricht in der Regel an einer spezifischen Stelle. Beim Inlay handelt es sich um den Übergang zwischen Kasten und Boden der Kavität. Dieses Bruchmuster (Abb. 4) zeigt sich aus den bereits angesprochenen Gründen. Darüber hinaus könnte das Versagen der Keramik in diesem Bereich aber auch in direktem Zusammenhang zu der Zentralfissur stehen. Ein allzu verspieltes Fissurenrelief mit einer tief verlaufenden Zentralfissur führt dazu, dass die Fissur die Konstruktion schwächt. Dies liegt daran, dass die tiefste Stelle der Fissur meist in einem Bereich liegt, der ohnehin sehr problematisch



Abb. 4: Typisches Bruchmuster von vollkeramischen Restaurationen.

für die vollkeramische Konstruktion ist: Nach den klassischen Präparationsregeln für vollkeramischen Zahnersatz befindet sich hier meist die Ecke (scharfe Kante) des retentiven Elements (Abb. 3a).

Aus diesem Grund wäre zu diskutieren, inwieweit ein ausgeprägtes Fissurenrelief von Vorteil für die Keramik ist und ob ein solches aus ästhetischen Gründen im Seitenzahnbereich überhaupt benötigt wird. Wie aus der Statik bekannt ist, führt jede Maßnahme, die einen Werkstoff an seiner dünnsten Stelle stärkt, zu einer Belastbarkeitssteigerung. Aus dieser Tatsache resultieren Überlegungen mit der Tendenz, die Zentralfissur so weit anzuheben, dass die Keramik gestärkt wird statt sie durch ausgeformte Fissuren zu schwächen – jedoch ohne dabei okklusale Interferenzen zu verursachen.

Schlussfolgerung

Diesem Beitrag liegt die Annahme zugrunde, dass nicht nur werkstoffkundliche Aspekte, sondern auch konstruktive Variationen Einfluss auf das Festigkeitsverhalten von vollkeramischen Restaurationen haben^[15, 16, 17, 18]. Zahnärztliche Werkstoffe müssen so beschaffen sein, dass sie über einen vertretbaren Zeitraum den Beanspruchungen im Mund standhalten, ohne die Form zu ändern oder zerstört zu werden^[17, 19, 20, 21, 22].

Die Schwierigkeit besteht darin, sich von alten Präparationsvorgaben zu lösen, und den Werkstoff und dessen spezifische Eigenschaften in der Konstruktion beziehungsweise Präparation zu bedenken. Denn unabhängig von den Materialeigenschaften eines gewissen Materials, kann seine Belastungsfähigkeit durch die richtige, beziehungsweise falsche, Formgebung entscheidend beeinflusst werden.

Eine Präparation kann dann als ideal angesehen werden, wenn eine Abstützung der Restauration im Randbereich sowie auch inzisal mit einer gleichmäßigen Belastungsverteilung ohne Maxima erreicht wird. Konstruktiv sollte hier bedacht werden, dass es für eine Steigerung der Bruchfestigkeit von keramischen Werkstoffen enorm leistungssteigernd ist, wenn die Gesetzmäßigkeiten für technische Keramik eingehalten werden und auf ein allzu tiefes Fissurenrelief verzichtet wird. ■

Literatur

^[1] **Dumfahrt, H.; Schaffer, H.; Manhartberger, C.:** Die Anwendung moderner keramischer Materialien in der Inlay-Onlay-Technik. In: *Z Stomatol* 86/4 (1989), S. 223-232.

^[2] **Esquivel-Upshaw, J. F.; Anusavice, K. J.; Yang, M. C.; Lee, R. B.:** Fracture resistance of all-ceramic and metal-ceramic inlays. In: *Int J Prosthodont* 14/2 (2001), S. 109-114.

^[3] **Jackson, R. D.:** Indirect resin inlay and onlay restorations: a comprehensive clinical overview. In: *Pract Periodontics Aesthet Dent* 11/8 (1999), S. 891-900.

^[4] **Banks, R. G.:** Conservative posterior ceramic restorations: a literature review. In: *J Prosthet Dent* 63/6 (1990), S. 619-626.

^[5] **Joynt, R. B.; Wiczowski, G.; Klockowski, R.; Davis, E. L.:** Effects of composite restorations on resistance to cuspal fracture in posterior teeth. In: *J Prosthet Dent* 57/4 (1987), S. 431-435.

^[6] **Cöttert, H. S.; Sen, B. H.; Balkan, M.:** In vitro comparison of cuspal fracture resistances of posterior teeth restored with various adhesive restorations. In: *Int J Prosthodont* 14/4 (2001), S. 374-378.

^[7] **Fradeani, M.; Barducci, G.:** Versatility of IPS Empress restorations. Part II: Veneers, inlays, and onlays. In: *J Esthet Dent* 8/4 (1996), S. 170-176.

^[8] **Krejci, I.; Lutz, F.; Fullemann, J.:** Tooth-colored inlays/overlays. Tooth-colored adhesive inlays and overlays: materials, principles and classification. In: *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 102/1 (1992); S. 72-83.

^[9] **Jackson, R. D.; Ferguson, R. W.:** An esthetic, bonded inlay/onlay technique for posterior teeth. In: *Quintessence Int* 21/1 (1990), S. 7-12.

^[10] **Broderson, S. P.:** Complete-crown and partial-coverage tooth preparation designs for bonded cast ceramic restorations. In: Quintessence Int. 25/8 (1994), S. 535-539.

^[11] **Dietschi, D.; Spreaficio, R.:** Adhäsive metallfreie Restaurationen – Aktuelle Konzepte für die ästhetische Versorgung im Seitenzahnbereich. Berlin: Quintessenz, 1997, S. 27-99.

^[12] **Yatani, H.; Watanabe, E. K.; Kaneshima, T.; Yamashita, A.; Suzuki, K.:** Etched porcelain resin-bonded onlay technique for posterior teeth. In: J Esthet Dent 10/6 (1998), S. 325-332.

^[13] **Güß, P. C.:** Einfluss unterschiedlicher Präparationsformen auf die Überlebensrate und Bruchfestigkeit vollkeramischer Prämolarenteilkronen. Universitätsklinik für Zahn-, Mund und Kieferheilkunde der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2003.

^[14] **Verband der Keramischen Industrie e.V.:** Brevier Technische Keramik. Selb: Selbstverlag, 2003, S. 160-173.

^[15] **Oh, W.; Götzen, N.; Anusavice, K. J.:** Influence of Connector Design on Fracture Probability of Ceramic Fixed-partial Dentures. In: J Dent Res 81/9 (2002), S. 623.

^[16] **Filser, F.; Lüthy, H.; Kocher, P.; Schärer, P.; Gauckler, L. J.:** Vollkeramischer Zahnersatz im Seitenzahnbereich. Bewertung von Werkstoffen hinsichtlich Bruchlast und Zuverlässigkeit. In: Quintessenz Zahntech 28/1 (2002), S. 48.

^[17] **Schwickerath, H.:** The load limit of bridge constructions in interdependence of the material and construction. In: Dtsch Zahnärztl Z 29 (1974), S. 859.

^[18] **Tinschert, J.; Schimmang, A.; Fischer, H.; Marx, R.:** Belastbarkeit von zirkonoxidverstärkter In-Ceram Alumina-Keramik. In: Dtsch Zahnärztl Z 54 (1999), S. 695.

^[19] **Schwickerath, H.:** Fatigue resistance of ceramics. In: Dtsch Zahnärztl Z 41 (1986), S. 264-266.

^[20] **Kelly, J. R.; Tesk, J. A.; Sorensen, J. A.:** Failure of all-ceramic fixed partial dentures in vitro and in vivo: Analysis and modeling. In: J Dent Res 74 (1995), S. 1253.

^[21] **Schwickerath, H.:** Neue Dentalkeramiken im Vergleich. Abnahme der Ausgangsfestigkeit 50 Prozent. In: ZWR 4 (1992).

^[22] **Schwickerath, H.:** Neue Keramiksysteme unter Dauerbeanspruchung. In: Quintessenz Zahntech 20 (1994), S. 1495-1499.

Cand. med. dent.
Gerwin V. Arnetzl
Graz, Österreich



■ 1998 Graduation am Brophy College Prep. Phoenix, Arizona (USA)

■ Inhaber zweier zahnmedizinischer Patente
■ Ordentliches Mitglied des Österreichischen Patentinhaber- und Erfinderverbandes
■ Vorstandsmitglied der Österreichischen Gesellschaft für computerisierte Zahnheilkunde
■ Gründungsmitglied der Arbeitsgemeinschaft Gerostomatologie der ÖGZMK
■ einjähriges Volontariat Department für orale Chirurgie der Med. Universität Graz
■ Prüfartz für klinische Studien an der Universität Heidelberg
■ Autorentätigkeit im Bereich CAD/CAM-Technologie

Kontakt
vincent@arnetzl.at

Prof. Dr. med. dent.
Gerwin Arnetzl
Graz, Österreich



■ 1983 Promotion zum Dr. med. univ. an der Karl-Franzens-Universität Graz
■ seit 1988 Zulassung zum Facharzt für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
■ 1988-1994 Univ. Ass. an der Klinik für ZMK, Graz
■ 1994 Habilitation
■ seit 1995 Leiter der Arbeitsgruppe Restaurative Zahnheilkunde und Adhäsivprothetik, Klinische Abteilung für Zahnersatzkunde Uni-Klinik Graz
■ seit 1996 wissenschaftlicher Leiter der ÖGZMK / Zweigverein Steiermark
■ 2002 Präsident der ÖGCZ
■ seit 2003 Generalsekretär der ÖGZMK
■ Vorstandsmitglied der ISCD

Kontakt
gerwin.arnetzl@meduni-graz.at