

# Zirkonrestaurationen – monolithisch, reduziert, vollverblendet?

Über die Sichtweisen von Zahntechnikern, Zahnärzten und Wissenschaft

SEBASTIAN D. HORVATH, CLAUD-PETER SCHULZ, FRANK A. SPITZNAGEL



## Einleitung

Grundlegende Ziele einer zahnärztlichen Behandlung sind ein Langzeiterfolg für die orale Gesundheit sowie ein gesteigertes Wohlbefinden des Patienten<sup>8</sup>. Insbesondere gilt dies für prothetische Behandlungen, die in der Regel aufwendig sind und einen großen Einfluss auf das Befinden der Patienten haben. Dies ist die Maxime für die tägliche klinische Arbeit der Autoren.

So einfach und klar sich diese anhört, ist eine genaue Definition dessen, was ein Erfolg ist, jedoch nicht so einfach möglich. Jeder Mensch hat andere Definitionen für Erfolgsparameter und gewichtet diese unterschiedlich. So kann es sein, dass einer Person das ästhetische Ergebnis sehr wichtig ist. Hierfür nimmt sie mögliche prothetische Komplikationen in Kauf, beispielsweise Frakturen. Für eine andere Person kann es sehr wichtig sein, dass es zu keinen Komplikationen kommt, selbst wenn das ästhetische Ergebnis nicht ganz perfekt ist.

Neben dem Ergebnis der Behandlung ist auch der Weg zu diesem Ergebnis ein wichtiger Faktor dafür, ob eine Behandlung rückblickend als Erfolg angesehen wird. Durch die Entwicklungen und neuen Möglichkeiten der digitalen Zahnmedizin haben sich hier vollkommen neue Wege eröffnet. Diese bieten in ihrer Gesamtheit viele Möglichkeiten und Verbesserungen, aber auch Herausforderungen. Auf der menschlichen Ebene muss die Innovationsgeschwindigkeit an das ganze Team angepasst sein. Alle Beteiligten müssen mit dem Ergebnis und dem Weg dahin zufrieden sein. Nur so ist eine langfristige, erfolgreiche Zusammenarbeit überhaupt möglich.

In diesem Beitrag möchten die Autoren den aktuellen Stand zum Design von Zirkonrestorationen unter Berücksichtigung verschiedener Erfolgskriterien und

des Wegs zum geplanten Ziel beleuchten. Die verschiedenen Sichtweisen sollen durch ein Autorenteam abgedeckt werden, bestehend aus einem Zahnarzt und einem Zahntechniker, die seit mehreren Jahren erfolgreich zusammenarbeiten, sowie einem wissenschaftlich tätigen Zahnarzt. Dargestellt wird dies anhand eines Patientenfalls.

## Patientenfall

Eine 41-jährige Patientin stellte sich in der Praxis des Erstautors vor. Ihr Wunsch war, die beiden Kronen an den Zähnen 11 und 21 auszutauschen. Sie störte sich an der rundlichen, massiven und ungleichmäßigen Form der beiden Zähne. Darüber hinaus an der dunkleren Farbe des wurzelkanalbehandelten Zahnes 21, an dem sie über immer wiederkehrende Schmerzen klagte. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen die extra- und intraorale Ausgangssituation.

In der Folge wird die prothetische Behandlung der Zähne 11 und 21 in Praxis und Labor dargestellt. Um die Vor- und Nachteile verschiedener Designs von Zirkonrestorationen darzustellen, wurden drei Varianten an Kronen hergestellt.

## Klinische Behandlung

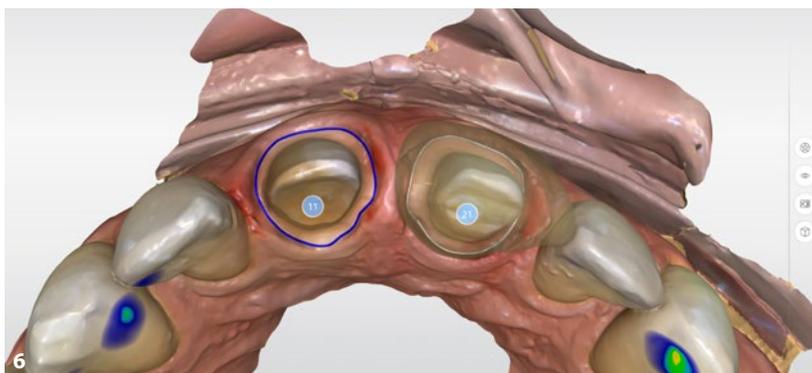
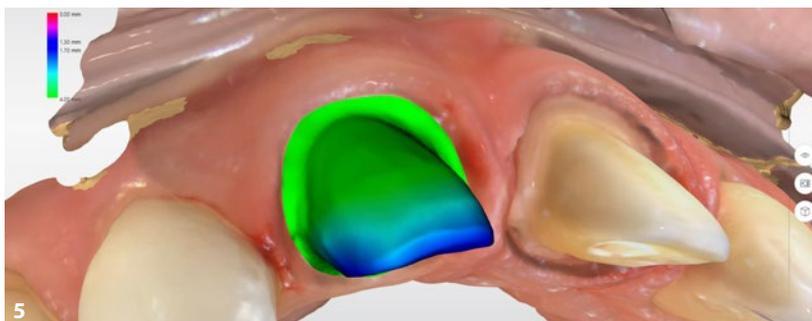
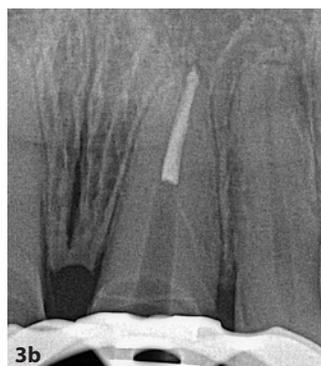
Zunächst wurden die alten Kronen entfernt und die Wurzelkanalbehandlung an Zahn 21 revidiert (Abb. 3). Mithilfe eines CAD/CAM-Systems (CEREC Primescan, Fa. Dentsply Sirona, Bensheim) wurden digitale Provisorien (Telio CAD, Fa. Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) angefertigt (Abb. 4 bis 6). Diese sind einer der größten Vorteile digitaler prothetischer Behandlungen. Durch die gute Randpassung kommt es im Vergleich zu konventionellen Provisorien zu keiner Irritation der Gingiva. Dies ermöglicht eine präzisere und einfachere Behandlung, auch

## Zusammenfassung

Durch die digitale Zahnmedizin haben sich neue Wege des Restaurationsdesigns eröffnet. Die Autoren beleuchten den aktuellen Stand des Designs von Zirkonrestorationen unter Berücksichtigung verschiedener Erfolgskriterien. Dargestellt werden das monolithische, das reduzierte und das vollanatomische Restaurationsdesign von Zirkonrestorationen anhand eines Patientenfalls. Aus ästhetischer und funktioneller Sicht lässt sich festhalten, dass im kaulastragenden Seitenzahnbereich vollanatomisch individuell bemalte Zirkonrestorationen zu empfehlen sind. Für den höchästhetischen Frontzahnbereich empfehlen die Autoren sowohl vestibulär teilblendete Restaurationen als auch ein monolithisches Design.

## Indizes

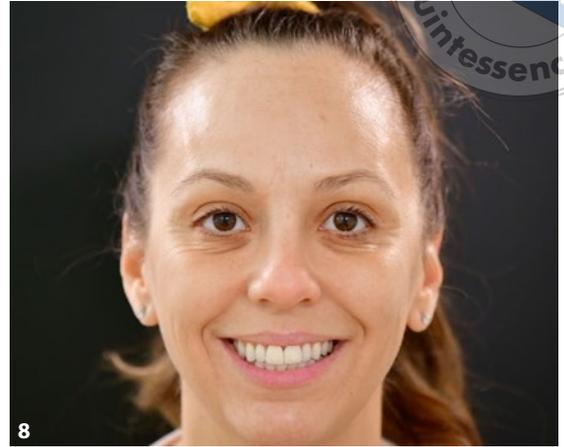
Zirkonoxid, CAD/CAM, digitaler Workflow, monolithisch, Restaurationsdesign



**Abb. 1** Ausgangssituation, extraorale Ansicht. **Abb. 2** Ausgangssituation, intraorale Ansicht. **Abb. 3a** Ausgangssituation, radiologisch; **b** Revision Wurzelkanalbehandlung Zahn 21. **Abb. 4** Provisorische Präparation der Zähne 11, 21. **Abb. 5** Digitale Überprüfung der Präparation. **Abb. 6** Digitale Planung der Langzeitprovisorien.

wenn die Provisorien mehrmals entfernt werden müssen oder über einen langen Zeitraum im Mund verbleiben.

Nach einer Wartezeit von drei Monaten wurde Zahn 21 klinisch kontrolliert. Die Patientin klagte nicht mehr über Schmerzen, sodass mit der prothetischen Behandlung gestartet werden konnte. In der Folge wurden die Provisorien entfernt und nach der Feinpräparation der beiden Zähne wurde digital abgeformt (CEREC Primescan) und die klinische Situation an den Zahntechniker übertragen. Hierfür werden vom Behandlungsteam eine Reihe an digitalen Daten erstellt (Abb. 7 bis 12, Tab. 1).



**Abb. 7** Langzeitprovisorien nach drei Monaten.  
**Abb. 8** Extraorale Ansicht mit Langzeitprovisorien.  
**Abb. 9** Extraorale Ansicht der Präparation mit OptraGate (Fa. Ivoclar Vivadent) zur Übertragung der Ebenen an den Zahntechniker. **Abb. 10** Farbnahme. **Abb. 11** Definitive Präparationen der Zähne 11, 21. **Abb. 12** Überlagerung des Scans der Langzeitprovisorien mit dem der Präparation.

**Tab. 1** Digital übertragene Daten am Tag der Abformung.

übertragene Situation	Technik	Grund
intraorale Ansicht mit Langzeitprovisorien	Foto	Übertragung Ausgangssituation
extraorale Ansicht mit Langzeitprovisorien	Video	Übertragung extraorale Ausgangssituation ins Labor. Möglichkeit, am Video die Bildausschnitte auszusuchen, in denen die benötigten Informationen enthalten sind.
extraorale Ansicht der Präparation	Video	Übertragung Ebenen. Möglichkeit, am Video die Bildausschnitte auszusuchen, in denen die benötigten Informationen enthalten sind.
Farbnahme mit Farbring als Referenz	Foto	Übertragung Zahnfarbe und Aufbau der Nachbarzähne
präparierte Zähne	Foto	Farbe der Stümpfe
Scans der Langzeitprovisorien, der präparierten Zähne und des Gegenkiefers	Intraoralscan	Langzeitprovisorien zusammen mit Video und Foto als Startpunkt des Designs.

## Digitale Modellherstellung

Mit der Übertragung des gescannten Datensatzes an ein zahntechnisches Labor und für mögliche analoge Schritte ist ein physisches Modell von großem Nutzen. Dabei stellt die digitale Modellherstellung den entscheidenden Faktor dar – denn nur bei präzisen und dimensions-treuen Modellen kann eine exakte Restauration hergestellt werden<sup>15</sup>. Allerdings korreliert die Präzision der Modelle, die oftmals im Dentalbereich stereolithographisch (SLA-Technik) hergestellt bzw. gedruckt werden, mit der Genauigkeit der Intraoralscans, der verwendeten Software und der Dicke der „Slices“ (zerlegter Datensatz in Einzelschichten)<sup>6,15</sup>.

Vorteile von additiv gefertigten Modellen sind geringe Investitions- und Fertigungskosten. Als nachteilig ist der zeitliche Aufwand der Nachbearbeitung (Postprocessing) zu sehen, zum Beispiel die Reinigung und Entfernung der Stützstrukturen<sup>6,15</sup>. Zukünftig könnten additiv hergestellte kolorierte Modelle die derzeitige Übermittlung von Farbinformationen der Zähne und umgebenden Weichgewebe mittels Farbschlüssel oder

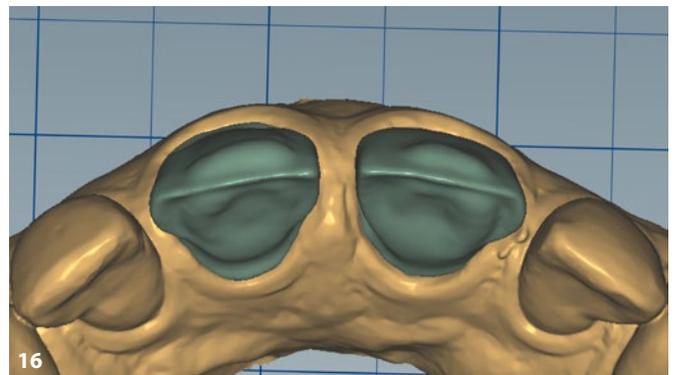
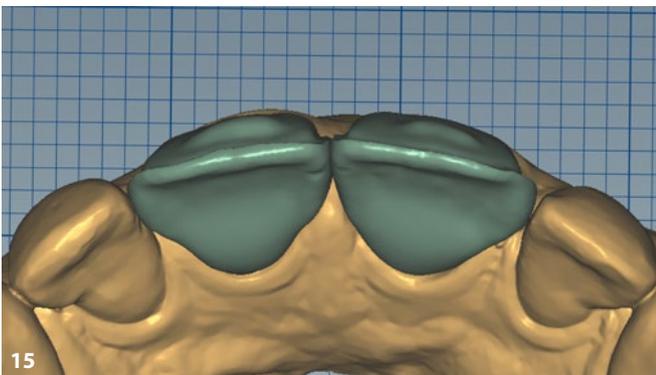
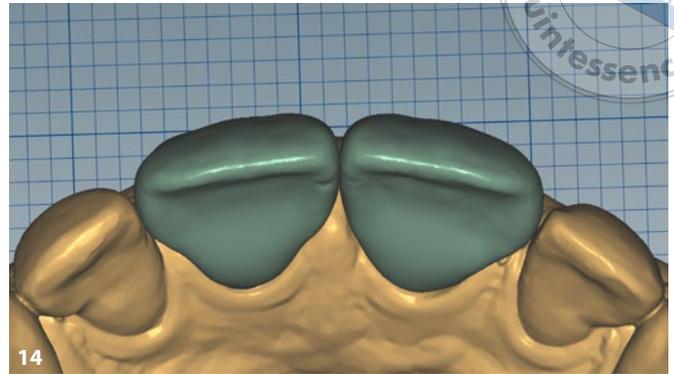
Fotografie ersetzen und das Potenzial der digitalen Wertschöpfungskette weiter beflügeln.

Die Herausforderungen an den Zahntechniker, mit digitalen Modellen zu arbeiten, zeigte sich auch in dem hier dokumentierten Patientenfall. Obwohl das Team bereits seit zwei Jahren rein digital arbeitet, kam es zu einem Problem bei der Anprobe. Für die manuelle Verblendung wurde ein gedrucktes Modell gefertigt (3D Sprint, Fa. 3D Systems, Rock Hill, USA; NextDent 5100, Fa. 3D Systems; NextDent Model 2.0 resin, Fa. 3D Systems). Bei der monolithischen und der vollverblendeten Krone zeigte sich eine Abweichung am Approximalkontakt zwischen den Zähnen 21 und 22. Durch das digitale vollanatomische Design der monolithischen Krone konnte ein korrekter Kontaktpunkt hergestellt werden, der keiner manuellen Nachbearbeitung bedurfte. Bei der vollverblendeten Restauration zeigte sich ein Spalt zwischen Krone und Nachbarzahn. Dies ist auf eine Diskrepanz zwischen dem gedruckten Modell und der klinischen Situation zurückzuführen. Die glatte Oberfläche des gedruckten Modells bietet der Restaura-

tion weniger Friktion und erschwert manuelle Korrekturen. Dies ist umso gravierender, je mehr manuell verblendet wird. Ferner korreliert die Genauigkeit des gedruckten Modells mit der Präzision des intraoralen Scans und zusätzlich noch der Software und dem Herstellungsprozess des Modells. Hier könnte ein Umdenken vonnöten sein – die CAD/CAM-designte und gefräste monolithische Restauration ist im digitalen Workflow weniger Fehlerquellen ausgesetzt als die manuell vollverblendete Krone (Abb. 13 bis 25).

## Zirkonoxid

Zirkonoxid zeichnet sich durch hervorragende mechanische Eigenschaften, eine hohe Biokompatibilität und ein breites Indikationsspektrum aus – von Einzelzahnrestorationen bis hin zu mehrgliedrigem festsitzendem und auch herausnehmbarem Zahnersatz<sup>17,20</sup>. Dabei ist Zirkon aber nicht gleich Zirkon. Die verschiedenen Generationen des Zirkons unterscheiden sich im Anteil der tetragonalen und kubischen Phase, der Transparenz und der Festigkeit (Tab. 2)<sup>14</sup>.



**Abb. 13** Scan der Präparation der Zähne 11, 21. **Abb. 14** Monolithisches Restaurationsdesign, ganze Krone aus Zirkon, keine manuelle Verblendung. **Abb. 15** Reduziertes Restaurationsdesign, Führungsflächen (Approximalkontakte und Inzisalkante) in Zirkon, bukkal minimale manuelle Verblendung. **Abb. 16** Vollverblendetes Restaurationsdesign, Gerüst aus Zirkon, zirkuläre manuelle Verblendung. **Abb. 17** Verschieden designte Zirkongerüste nach dem Sintern; links: monolithisch, Mitte: reduziert, rechts: vollverblendet (Ceramill Zolid-HT+, Fa. Amann Girrbach). **Abb. 18** Manuelle Verblendung der vollverblendeten Restauration (Creation ZI-CT, Fa. Creation Willi Geller). **Abb. 19** 3-D-gedrucktes Modell (NextDent 5100, Fa. 3D Systems).



**Tab. 2** Übersicht Zirkonoxide (TZP: tetragonal zirconia polycrystal, PSZ: partly stabilized zirconia, modifiziert nach Rosentritt et al.<sup>14</sup> und Zhang et al.<sup>20</sup>).

	3Y-TZP	4Y-PSZ	5Y-PSZ
Generation	I + II	IV	III
Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (mol%)	3	4	5
tetragonal (%)	98	75	50
kubisch (%)	0–15	25–45	>49–50
Transluzenz (%)	35	45	49
Biegefestigkeit (MPa)	900–1500	600–1000	500–900

Das klassische Zirkonoxid der 1. und 2. Generation (3 Mol% Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) ist weiß bis opak, bei einer Biegefestigkeit von ca. 900 bis 1500 MPa. Durch Steigerung der Yttrium-Dotierung und der kubischen Phase (4Y-PSZ und 5Y-PSZ – 3. und 4. Generation) nimmt die Transluzenz des Werkstoffs zu, allerdings bei Abnahme der tetragonalen Phase und dadurch der Festigkeit<sup>20</sup>. Prinzipiell lassen sich alle Generationen von Zirkonoxid mithilfe eines konventionellen Befestigungszements eingliedern, dennoch konnte gezeigt werden, dass transluzentere Zirkone der 3. und 4. Generation (4Y-, 5Y-PSZ) von einer adhäsiven

Befestigung mit einem MDP-haltigen Primer profitieren<sup>3,19</sup>.

Aufgrund der eingeschränkten optischen Eigenschaften der Zirkonoxide der 1. Generation werden diese mit einer ästhetisch anspruchsvollen Glaskeramik (meist Feldspatkeramik) individuell verblendet. Zu den Feldspatkeramiken gehören die klassischen Verblendkeramiken, die aus einer Siliziumdioxidmatrix und Metalloxiden bestehen<sup>1</sup>. Feldspatkeramiken überzeugen durch ihre hervorragenden optischen und ästhetischen Eigenschaften, bei einer niedrigen Biegefestigkeit von 60 bis 70 MPa<sup>4</sup>. Durch die Kombination einer „schwachen“ Ver-

blendkeramik und einer „festen“ Gerüststruktur können bei inneren und/oder äußeren Spannungen (zum Beispiel Kaukräfte), die die Festigkeit der Materialien übersteigen, Frakturen (Chippings) auftreten<sup>18</sup>. Dabei bestimmt die Festigkeit der Verblendkeramik die Anfälligkeit für Chipping-Frakturen des gesamten Systems.

### Monolithisches Restaurationsdesign

Als monolithisches oder vollanatomisches Design werden Restaurationen bezeichnet, die aus einem Material (ohne Verblendung) hergestellt werden. Während vollverblendete Restaurationen aus zwei Materialien bestehen, einer festen Gerüststruktur (meist 3Y-TZP Zirkonoxid) und einer schwächeren Verblendkeramik (meist einer Feldspatkeramik) und somit die Eigenschaften Festigkeit und Ästhetik unter diesen aufteilen, müssen monolithische Restaurationen (Zirkonoxidkeramiken oder hochfeste Glaskeramiken, zum Beispiel Lithiumdisilikat oder Lithiumsilikat) beides in einem Material vereinen. Als wesentlicher Vorteil von monolithischen Restaurationen gilt hierbei die präzise



**Abb. 20** Anprobe der monolithischen Restauration; korrekte Passung des Approximalkontaktes zwischen 21 und 22. **Abb. 21** Anprobe der vollverblendeten Restauration; Spalt zwischen 21 und 22.



**Abb. 22** Fertiggestellte Restaurationen; links: monolithisch, Mitte: reduziert, rechts: vollverblendet. **Abb. 23** Anprobe der monolithischen Restaurationen. **Abb. 24** Anprobe der reduzierten Restaurationen. **Abb. 25** Anprobe der vollverblendeten Restaurationen.

zeit- und kosteneffiziente Herstellung im CAD/CAM-Verfahren, bei geringen technischen Komplikationen (Chipping-Frakturen). Durch Einführung von Rapid-Sintertechnologien (zum Beispiel Speedfire, Fa. Dentsply Sirona) ist es sogar möglich, monolithische Zirkonoxidrestaurationen chairside in einer Behandlungssitzung herzustellen, ohne dass deren Festigkeit durch den beschleunigten Sinterprozess beeinträchtigt wird<sup>7</sup>. Ein modellfreies Arbeiten in einem volldigitalen Workflow ist somit möglich.

Langzeitdaten stehen derzeit noch aus, jedoch konnten in ersten klinischen Studien nach drei Jahren Beobachtungszeit Überlebensraten von 100 Prozent für monolithische Kronen<sup>2</sup> und 96,7 Prozent für vollanatomische Brücken<sup>5</sup> im Front- und Seitenzahnbereich beobachtet werden.

### Reduziertes Restaurationsdesign

Teil- oder nur minimal verblendete (Mircoveneering) Restaurationen werden vor allem im ästhetisch anspruchsvollen Oberkieferfrontzahnbereich eingesetzt. Hierbei werden alle Führungs- und Funktionsflächen im Zirkon gefasst, lediglich der bukkale und oder inzisale Teil der Restauration wird verblendet. Als Vorteil gilt die Kombination aus einer hochfesten Gerüststruktur mit den hervorragenden ästhetischen Eigenschaften der Verblendkeramik, bei geringen technischen Komplikationen. Zur Herstellung von teilverblendeten Restaurationen wird jedoch im Kontrast zu monolithischen Restaurationen ein aus Gips oder stereolithographisch (3-D-Druck) hergestelltes Modell benötigt.

Klinische 3-Jahres-Kurzzeitdaten berichten von einer Überlebensrate von 98,5 Prozent für teilverblendete Zirkonkronen<sup>2</sup> (eine kleinere Verblendungsfraktur) und 93,8 Prozent für teilverblendete 3- und mehrgliedrige Brücken<sup>5</sup> (8,8 Prozent Verblendungsfrakturen) im Front- und Seitenzahnbereich.

### Vollverblendetes Restaurationsdesign

Vollverblendete Restaurationen bestehen aus einem anatomisch designten Zirkongerüst und einer zugehörigen Verblendkeramik. Zur korrekten Herstellung der Rekonstruktion und für das Auftragen der Verblendmasse ist ein Modell unerlässlich. Die Leistungsfähigkeit der Verblendkeramik trägt dabei entschei-



**Tab. 3** Übersicht Designs und Empfehlung der Autoren für zahngetragene Restaurationen.

	monolithisch	teilverblendet	vollverblendet
Gerüst	nein – vollanatomisch	ja	ja
Verblendung	nein	ja – rein vestibulär	ja – zirkulär
Führungsf Flächen	monolithisch	im Gerüst – monolithisch	rein in der Verblendkeramik
Ästhetik	moderat bis hoch	moderat bis hoch	hoch
Chippinggefahr	keine	gering	hoch
Indikation	Front- und Seitenzahnbereich	Front- und Seitenzahnbereich (bis 2. Prämolare)	Frontzahnbereich

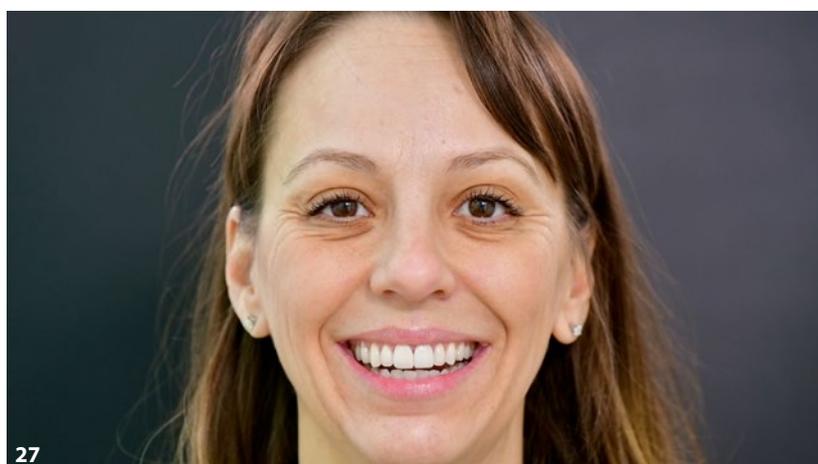
dend zum klinischen Langzeiterfolg von vollverblendeten Restaurationen bei<sup>10</sup>.

Die Häufigkeit von Verblendungsfrakturen wird bei Einzelzahnkronen mit 6,6 bis 12 Prozent<sup>9,11,12</sup> und bei Brücken mit 9,1 bis 33,2 Prozent<sup>13,16</sup> nach drei bis zehn Jahren im Front- und Seitenzahnbereich angegeben.

Aufgrund der hohen berichteten technischen Komplikationen gilt es je nach Indikationsstellung, ein vollverblendete Restaurationsdesign gegenüber dem monolithischen oder teilverblendeten Restaurationsdesign abzuwägen (Tab. 3).

### Behandlungsergebnis

Die Abbildungen 26 und 27 zeigen das klinische Behandlungsergebnis. Die Patientin entschied sich für das monolithische Restaurationsdesign. Hauptfaktor für die Entscheidung war die Zahnform. Darüber hinaus gefielen ihr die glatte Oberfläche und die gleichmäßige Struktur des Zahnes, ohne starke Farbunterschiede über die Zahnfläche hinweg. Als Zirkonoxid wurde bei allen Restaurationen das Material Ceramill Zolid HT+ (Fa. Amann Girrbach, Pforzheim) verwendet, ein Zirkonoxid der 4. Generation. Die manuelle Verblendung der Kronen mit reduziertem und vollverblendetem Design erfolgte mit der Verblendkeramik Creation ZI-CT (Fa. Creation Willi Geller, Meiningen, Österreich). Die monolithischen Kronen wurden mit Ceramill Stain & Glaze (Fa. Amann Girrbach) individualisiert. Eingegliedert wurden die Restaurationen mit einem kunststoffmodifizierten Glasionomerzement (Ketac Cem Plus, Fa. 3M ESPE, Seefeld).



**Abb. 26** Behandlungsergebnis zehn Tage nach Insertion. Die Patientin entschied sich für die monolithischen Restaurationen. Zu beachten ist die Gingiva zwischen den Zähnen 11 und 21, die im Vergleich zur Anprobe am Insertionstag bereits stärker geschlossen ist und sich in den folgenden Monaten vollständig schließen wird.

**Abb. 27** Behandlungsergebnis, extraorale Ansicht.

## Schlussfolgerungen

Die Patientin entschied sich in diesem Fall für die monolithischen Restaurationen. Nicht aus funktionellen Gründen oder der Angst vor Komplikationen, sondern weil sie ihr am besten gefielen. Insbesondere aus dem Kreis der Fachleute hätten sich sicherlich viele für eine individueller gestaltete Variante entschieden. Dies zeigt erneut, wie unterschiedlich Beteiligte Zielparameter definieren und beurteilen.

Aus ästhetischer und funktioneller Sicht lässt sich festhalten, dass im kau-lasttragenden Seitenzahnbereich voll-anatomische, individuell bemalte Zirkonrestaurationen zu empfehlen sind. Für den hochästhetischen Frontzahnbereich empfehlen die Autoren sowohl teilverblendete Restaurationen (alle Führungsflächen und Kontakte in der Gerüststruktur) als auch monolithische Designs. Bei der Wahl des Zirkons gilt es je nach Indikationsstellung zwischen transluzenteren und ästhetischen Materialien (3. und 4. Generation) und dem klassischen hochfesten Zirkon (1. und 2. Generation) zu unterscheiden.

Die Kombination aus transluzenten Zirkonen und additiven Fertigungstechniken mit farbgetreuen Modellen könnte in Zukunft den rasanten Vormarsch des volldigitalen Workflows weiter ausbauen.

## Literatur

- Anusavice KJ, Phillips RW, Shen C, Rawls HR. Phillips' science of dental materials. 12th ed. St. Louis: Elsevier/Saunders, 2013.
- Bömcke W, Rammelsberg P, Stober T, Schmitter M. Short-Term Prospective Clinical Evaluation of Monolithic and Partially Veneered Zirconia Single Crowns. *J Esthet Restor Dent* 2017;29:22–30.
- Franco-Tabares S, Wardecki D, Nakamura K et al. Effect of airborne-particle abrasion and polishing on novel translucent zirconias: Surface morphology, phase transformation and insights into bonding. *J Prosthodont Res* 2021;65:97–105.
- Giordano R, McLaren EA. Ceramics overview: classification by microstructure and processing methods. *Compend Contin Educ Dent* 2010;31:682–684, 686, 688 passim; quiz 698, 700.
- Habibi Y, Dawid MT, Waldecker M, Rammelsberg P, Bömcke W. Three-year clinical performance of monolithic and partially veneered zirconia ceramic fixed partial dentures. *J Esthet Restor Dent* 2020;32:1–8.
- Javaid M, Haleem A. Current status and applications of additive manufacturing in dentistry: A literature-based review. *J Oral Biol Craniofac Res* 2019;9:179–185.
- Kaizer MR, Gierthmuehlen PC, Dos Santos MB, Cava SS, Zhang Y. Speed sintering translucent zirconia for chairside one-visit dental restorations: Optical, mechanical, and wear characteristics. *Ceram Int* 2017;43:10999–11005.
- Kois JC. New challenges in treatment planning: Shifting the paradigm toward risk assessment and perceived value. Part 1. *J Cosmet Dent* 2011;26:62–69.
- Monaco C, Llukacej A, Baldissara P, Arena A, Scotti R. Zirconia-based versus metal-based single crowns veneered with overpressing ceramic for restoration of posterior endodontically treated teeth: 5-year results of a randomized controlled clinical study. *J Dent* 2017;65:56–63.
- Naenni N, Bindl A, Sax C, Hammerle C, Sailer I. A randomized controlled clinical trial of 3-unit posterior zirconia-ceramic fixed dental prostheses (FDP) with layered or pressed veneering ceramics: 3-year results. *J Dent* 2015;43:1365–1370.
- Nejatidanesh F, Moradpoor H, Savabi O. Clinical outcomes of zirconia-based implant- and tooth-supported single crowns. *Clin Oral Investig* 2016;20:169–178.
- Rinke S, Kramer K, Burgers R, Roediger M. A practice-based clinical evaluation of the survival and success of metal-ceramic and zirconia molar crowns: 5-year results. *J Oral Rehabil* 2016;43:136–144.
- Rinke S, Wehle J, Schulz X, Burgers R, Rodiger M. Prospective Evaluation of Posterior Fixed Zirconia Dental Prostheses: 10-Year Clinical Results. *Int J Prosthodont* 2018;31:35–42.
- Rosentritt M, Kieschnick A, Stawarczyk B. Kleine Werkstoffkunde für Zahnärzte – Teil 3: Zirkonoxide. *Zahnärztl Mitt* 2019;109:74–77.
- Schweiger J, Edelhoff D, Schubert O, Erdelt K, Trimpl J, Gueth JF. Digitale Modellherstellung – eine Übersicht. *Quintessenz Zahntechnik* 2019;45:40–61.
- Sola-Ruiz MF, Agustin-Panadero R, Fons-Font A, Labaig-Rueda C. A prospective evaluation of zirconia anterior partial fixed dental prostheses: Clinical results after seven years. *J Prosthet Dent* 2015;113:578–584.
- Spitznagel FA, Boldt J, Gierthmuehlen PC. CAD/CAM Ceramic Restorative Materials for Natural Teeth. *J Dent Res* 2018;97:1082–1091.
- Stawarczyk B, Keul C, Eichberger M, Figge D, Edelhoff D, Lumkemann N. Three generations of zirconia: From veneered to monolithic. Part I. *Quintessence Int* 2017;48:369–380.
- Thammajaruk P, Inokoshi M, Chong S, Guazzato M. Bonding of composite cements to zirconia: A systematic review and meta-analysis of in vitro studies. *J Mech Behav Biomed Mater* 2018;80:258–268.
- Zhang Y, Lawn BR. Novel Zirconia Materials in Dentistry. *J Dent Res* 2018;97:140–147.



**Dr. Sebastian D. Horvath**  
Privatpraxis  
Bahnhofstraße 24  
79798 Jestetten  
E-Mail: kontakt@drhorvath.de

**ZTM Claus-Peter Schulz**  
Zahntechnik Gebrüder Schulz  
Lange Straße 68  
76530 Baden-Baden  
E-Mail: mail@zahntechnik-schulz.de

**Dr. Frank A. Spitznagel**  
Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
Medizinische Fakultät und  
Universitätsklinikum Düsseldorf  
Heinrich-Heine-Universität  
Düsseldorf  
Moorenstraße 5  
40225 Düsseldorf  
E-Mail: frank.spitznagel@med.uni-duesseldorf.de