

### Zusammenfassung

Beschrieben wird eine Gegenüberstellung der analogen und digitalen Verfahrenstechnik zur Herstellung einer vollkeramischen Teilkrone. Verglichen werden zeitliche Faktoren und Passungsunterschiede zwischen einem konventionellen Abdruck und einem Intraoralscan mit derselben Ausgangssituation im Patientenmund, unter Verwendung des gleichen Materials zur klinischen Versorgung. Sowohl die aktiven als auch die passiven Zeiten im Workflow werden berücksichtigt. Es wird außerdem der Frage nachgegangen, ob der intraorale Scan den bisherigen Ansprüchen an Randpassung und Sitz der Krone genügt.

### Indizes

CAD/CAM, Intraoralscan, Presskeramik, Verfahrenstest, Passungskontrolle

## Analog – digital unter ökonomischen Aspekten betrachtet

**Tom Rebbe, Tobias Karpe**

Intraorale Scans ersetzen zunehmend die bisher übliche analoge Abformung. Es soll hier der Frage nachgegangen werden, ob der intraorale Scan den bisherigen Ansprüchen an Randpassung und Sitz der Krone auf dem präparierten Stumpf im Mund genügt. Durch den direkten Vergleich und das parallele Erarbeiten der gleichen Situation, einmal analog, einmal digital, ergibt sich ein Ergebnis, das zusammen mit dem Zahnarzt kontrolliert wurde (Abb. 1).

Da es eine große Auswahl an Verfahrenstechniken gibt, fiel der Entschluss auf eine alltagstaugliche Einzelzahnversorgung aus Lithiumdisilikatkeramik. Sowohl die Herstellung als auch die Passung der Versorgung im Mund des Patienten wurden diskutiert und verglichen.

Die Frage, ob ein Intraoralscan besser ist als die herkömmliche Abformvariante, ist nicht einfach zu beantworten. Beide Varianten haben ihr Pro und Kontra.

Der digitale Arbeitsablauf, etwas am Computer zu konstruieren und zu gestalten, ohne ein Modell in der Hand zu halten, ist nicht mehr wegzudenken. Durch das hohe Angebot und Wachstum im Bereich der Intraoralscanner wächst der Bedarf an reinen CAD/CAM-gesteuerten Verfahrensweisen. Dies anzubieten und umzusetzen bringt aber natürlich immense Anschaffungskosten mit sich. Bleibt die Frage offen, ob sich diese Ausgaben lohnen.

### Einleitung

### Digital oder analog



Abb. 1 Darstellung beider Modelle: digital und analog.

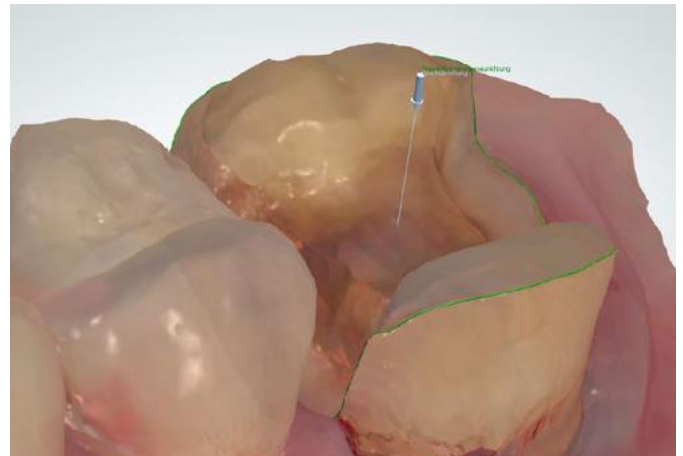


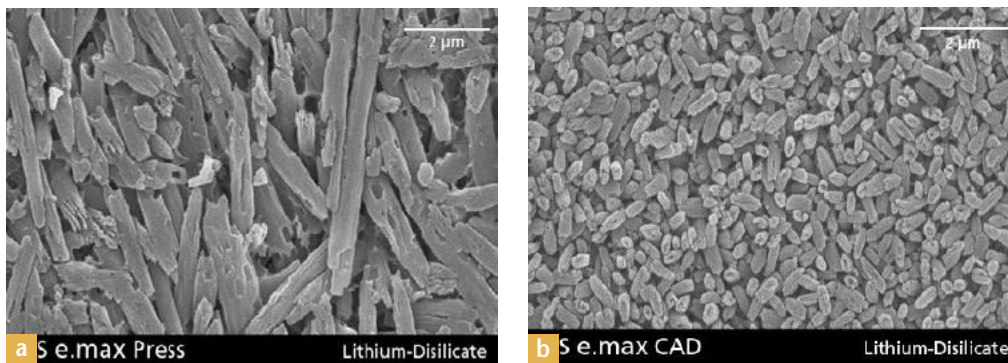
Abb. 2 Modellation der Krone am Bildschirm.

Um die Genauigkeit der Scans wiedergeben zu können, müssen die Modelle sowohl subtraktiv als auch additiv hergestellt werden können.

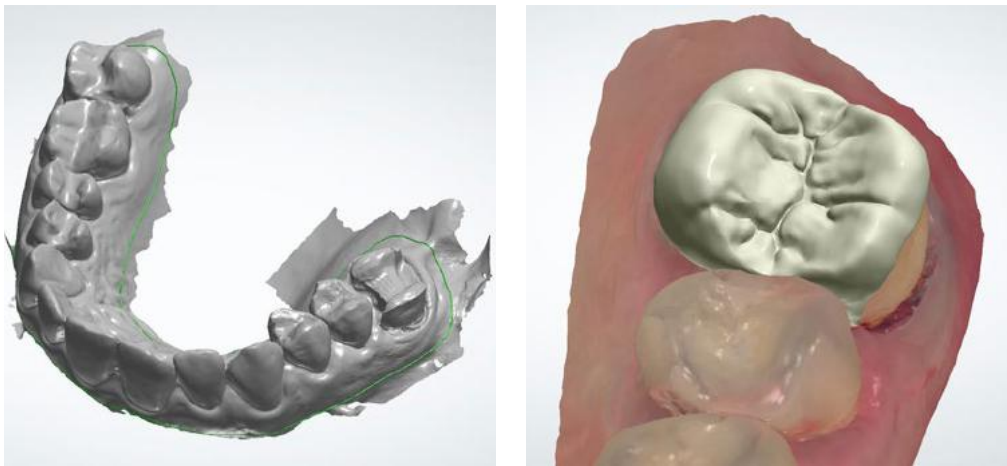
Diese Verfahrensweise bringt auch positive Aspekte mit sich, das Arbeiten am Bildschirm kann Vorteile aufweisen, wenn es z. B. um Platzverhältnisse geht oder das genaue Definieren der Präparationsgrenze (Abb. 2). Die Vor- und Nachteile der bewährten analogen Verfahren sind bekannt. Für Techniker, die ihre Arbeit vor der Einführung des Intraoralscans aufgenommen haben, ist es möglicherweise angenehmer, die Situation händisch zu begutachten und zu modellieren. Die konventionelle Methode bringt jahrelange Erfahrung und Erfolge mit sich.

**Die Materialien** Zur Verfügung standen: ein Intraoralscanner (Trios/3Shape, Kopenhagen, Dänemark) und eine konventionelle Abformung mit einem Polyether (Impregum/3M Espe, St. Paul, USA) in einem Schreinemakerslöffel, für eine Einzelzahnversorgung im Seitenzahnbereich. Geforderte Indikation war eine vollkeramische Teilkrone aus Lithiumdisilikatkeramik. Im digitalen Verfahren wurde IPS e.max CAD und im analogen Verfahren e.max Press (beide Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) verwendet.

E.max CAD wird als Bläuling zum direkten Einspannen in die Fräsmaschine geliefert. Der Rohling hat vor der Gefügewandlung eine biaxiale Biegefestigkeit von 130 bis 150 MPa. Nach Umwandlung der Gefüge, wobei Lithiumdisilikatkristalle die Struktur des Material verdichten (ca. 0,2 % Schrumpfung), beträgt die biaxiale Biegefestigkeit 360 MPa. e.max Press wird als Ingots angeliefert, mit einer biaxialen Biegefestigkeit von 400 MPa. Der Rohling ist zum direkten Pressen der Muffeln vorbereitet. Er deckt eine Produktionsmenge von bis zu 0,7 Gramm Wachsgewicht ab, wodurch mehrere Einheiten produziert werden können. Im Vergleich zu einem e.max CAD-Rohling wird nur eine Einheit abgedeckt. Zu berücksichtigen ist unter anderem auch die unterschiedliche Lichtbrechung durch die Anordnung der Lithiumdisilikatkristalle, wodurch sich die Farbwirkung verändert (Abb. 3a und b). Im Resümee bedeutet das, dass die Kristalle der e.max Press-Rohlinge länger, stabiler und lichtdurchlässiger sind. Wobei eine unterschiedliche Farbwirkung entsteht.



**Abb. 3a und b** Anordnung der Kristalle bei IPS e.max Press (links) und IPS e.max CAD (rechts) (Fotos: Ivoclar Vivadent).



Die vom Behandler genommenen Scans werden kontrolliert und im System als Patientenfall angelegt. Die Überarbeitung der Scans (Zuschneiden der Modelle, Ausrichten der Okklusionsebene und Festlegen der Präparationsgrenze) erfolgen durch den Zahntechniker, über das 3Shape-Programm Model Builder (Abb. 4 und 5).

Nachdem die Scans überarbeitet worden waren, wurde die Schnittlinie für die Stümpfe angegeben, um ein Modell herstellen zu können, bei dem der Arbeitsbereich herausnehmbar gestaltet werden kann. In der Folge wurde unter höchster Präzision die Präparationsgrenze festgelegt. Durch das RealColor-Upgrade von 3Shape besteht die Möglichkeit, die höchstmöglich angestrebte Qualität aus dem Scan herauszuholen, weil das Tool ermöglicht, die Präparationsgrenze und Strukturen genau zu erkennen. Die Farben werden vom Scanner übernommen.

Die Modellation erfolgte unter Beachtung der Mindeststärke des Materials. Im Seitenzahnbereich wurde eine Stärke von mindestens 1,5 Millimeter angestrebt. Die Kontaktpunkte wurden approximal flächig (spherisch) und ausreichend kräftig gestaltet. Im Fokus stand die Anpassung an das Restgebiss. Die Form folgte der Funktion.

Nach dem Design der Krone wurde das Modell modifiziert und fertiggestellt. Hergestellt wurde es ebenfalls über den Model Builder.

Die Herstellung des Modells erfolgte in einem Arbeitsmodell, das aus einem Modellmaterial geätzt wurde, mit herausnehmbaren Stümpfen und einem Kontrollmodell (unsection),

Den digitalen Workflow erarbeiten



**Abb. 6** Der e.max CAD-Rohling wird in der Fräsmaschine Multi gefräst.



a



b



c

**Abb. 7a bis c** Ausarbeiten der Teilkrone.

das gedruckt wurde. Das Antagonistenmodell wurde ebenfalls gedruckt (Abb. 6). Der Zahnersatz wurde in einer Organical Multi-Fräsmaschine (R+K Organical CAD/CAM, Berlin) gefräst. Das e.max CAD-Material wurde ausschließlich nass beschliffen.

Die Krone wurde in fünf Schritten nachgearbeitet (Abb. 7a bis c):

- Aufpassen auf den Stumpf
- Anpassen der Approximalkontakte
- Anpassen an den Antagonisten
- Oberflächenverfeinerung
- Anfinieren der Ränder

Ausgearbeitet wurde unter höchster Vorsicht und wenig Druck, um das Material nicht zu sehr zu belasten. Mikrorisse können entstehen, die nach dem Kristallisationsbrand nicht zu sehen sind, aber zu Chipping führen können. Der Kristallisationsbrand erfolgte im

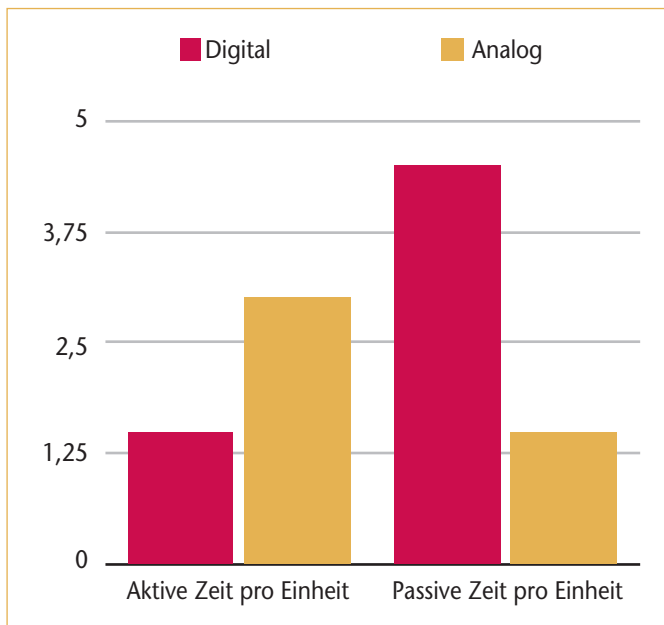


Abb. 8 Aktive und passive Zeit im analogen und im digitalen Verfahren im Vergleich.

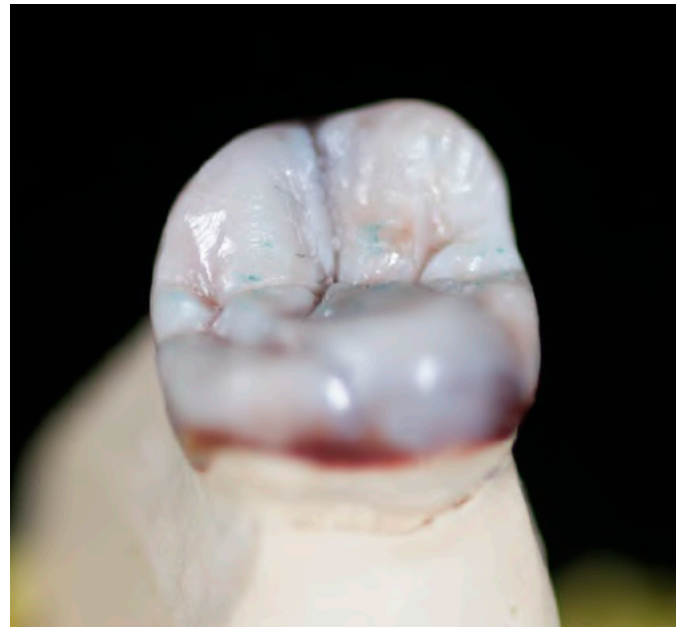


Abb. 9 Wachmodellation der Krone im analogen Workflow.

Keramikofen bei 850° und dauerte ca. 30 Minuten. Dabei entstand minimaler Schwund durch die Verdichtung der Struktur der Kristalle (0,2 % Verdichtung). Zusätzlich wurde eine Krone im digitalen Workflow hergestellt, ohne sie aufzupassen (nur kristallisiert und bemalt), um zu testen, wie die direkte Passung aus der Maschine funktioniert (Abb. 8).

Die Abformung aus einem einphasigen Polyether wurde kontrolliert und der Auftrag im System erfasst. Zur weiteren Arbeitsvorbereitung gehörten: Modellherstellung, Freilegen der Präparationsgrenze, Artikulation.

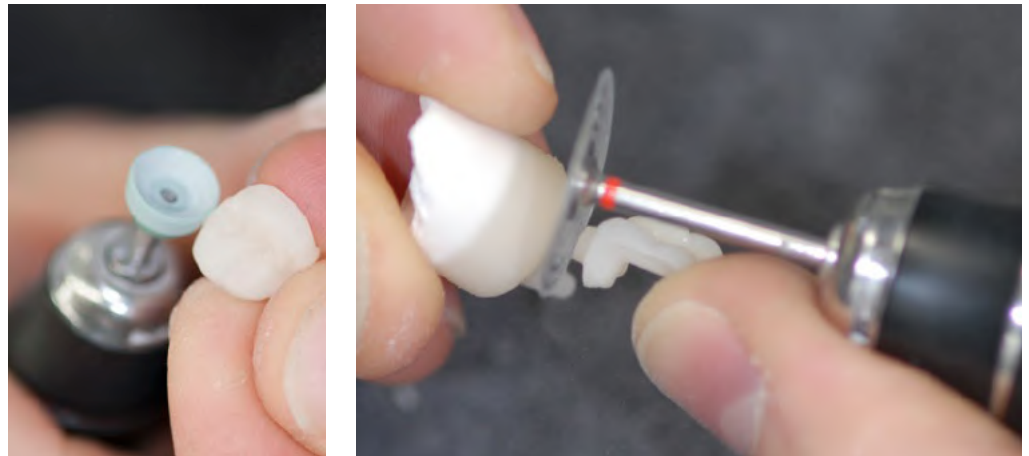
Nachdem alles nochmals kontrolliert wurde, wurde die zu erarbeitende Krone in Wachs modelliert (Abb. 9), angestiftet, eingebettet, gepresst und ausgebettet, alles unter Einhaltung der Herstellerangaben.<sup>1,2</sup>

Nachgearbeitet wurde diese Krone ebenfalls in fünf Schritten (Abb. 10a und b):

- Aufpassen auf den Stumpf
- Anpassen der Approximalkontakte
- Anpassen an den Antagonisten
- Oberflächenverfeinerung
- Anfinieren der Ränder

Das Finish erhielten die Kronen aus beiden Verfahren mit der vom Hersteller angegebenen Malfarbe und Glasur (Abb. 11a und b). Den jeweiligen Zeitaufwand der beiden Fertigungsverfahren zeigt Tabelle 1.

Den analogen Workflow erarbeiten



**Abb. 10a und b** Nachbearbeiten der Krone im analogen Workflow.



**Abb. 11a und b** Charakterisieren der Kronen aus dem digitalen und dem analogen Workflow.

**Tab. 1** Zeitaufwand im digitalen und im analogen Fertigungsverfahren.

	digital	analog
Arbeitsvorbereitung	ca. 15 Minuten: Scans begutachten und bearbeiten, Präparationsgrenzen festlegen	ca. 70 Minuten: Abdruck kontrollieren/vorbereiten, ausgießen, aushärten, beschleifen/sägen, Präparationsgrenze freilegen, einartikulieren
Kronenmodellation	ca. 15 Minuten	ca. 30 Minuten
Fertigungsprozess	ca. 4 Stunden: Fräsen und Drucken der Modelle/Krone	ca. 1,5 Stunden: anstiften, einbetten, ausbrennen, pressen, ausbetten
Aufpassen/Ausarbeiten	ca. 10 Minuten: Stumpfpassung/Kontaktpunkte	ca. 10 Minuten: Stumpfpassung/Kontaktpunkte
Kristallisationsbrand	ca. 30 Minuten	—
Fertigstellung	ca. 50 Minuten: Farb-/Glasurbrand, polieren, kontrollieren	ca. 50 Minuten: Farb-/Glasurbrand, polieren, kontrollieren
Endergebnis	ca. 6 Stunden	ca. 4 Stunden

Nach Beendigung der zahntechnischen Arbeit wurde das medizinische Endprodukt zum Behandler geschickt, wo eine Passungskontrolle mit ästhetischen Aspekten durchgeführt wurde (Abb. 12). Die Passungskontrolle wurde vom Behandler nach Holmes durchgeführt (Abb. 13).



Abb. 12 Anprobe der Krone im Mund.



Abb. 13 Unterspritzen der Krone mit Silikon.

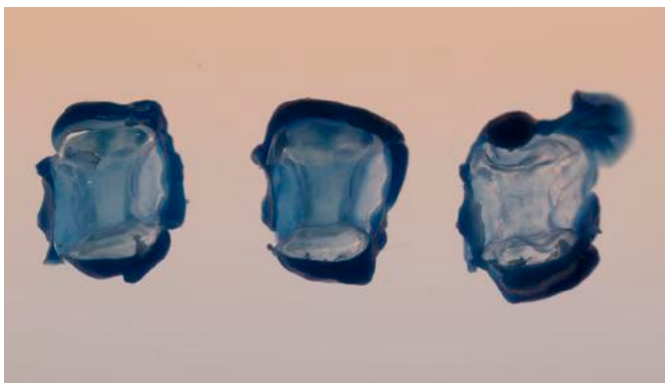


Abb. 14 Überprüfen der Passgenauigkeit der Krone mit Fit Checker von GC (Leuven, Belgien). Von links nach rechts: digital unbearbeitete, digital bearbeitete, analoge Krone.

Diese Verfahrensweise sieht wie folgt aus: Es wird zwischen dem marginal gap und dem internal gap unterschieden, was den Randspalt und den Zementspalt meint. Um die marginale Diskrepanz zu untersuchen, wird ein dünnfließendes Silikon in die Krone gegeben und mit gleichmäßiger Kraft auf den Stumpf zurückgesetzt. Anschließend wird das Silikon mit einem dünnen Film höherviskösem Silikon benetzt, um es aus der Krone entfernen zu können und nicht zu zerstören oder zu verformen. Die Unterschichtung wird nun in Einzelteile geschnitten, wobei die Schnitte rechtwinklig zur Präparationsgrenze verlaufen, um eine tatsächliche Distanz zwischen Kronenrand und Präparationsgrenze zu erhalten. Die Messung erfolgt unter einem Lichtmikroskop oder mithilfe von rasterelektronenmikroskopischen Aufnahmen (Abb. 14).

Strukturunterschiede zeigen die Diskrepanz bzw. die unterschiedlichen Stärken des Materials und spiegeln somit die Passung auf dem Stumpf wieder. Laut einer Studie der Charité Berlin wird eine Passung von 20 bis 100  $\mu\text{m}$  angestrebt (Tab. 2).<sup>3</sup>

Das Ergebnis der Untersuchung und der praktischen Auswertung spaltet sich in zwei Kategorien auf:

**Fazit**

**Tab. 2** Vor- und Nachteile des digitalen und des analogen Verfahrens zur Herstellung einer Krone.

digital	analog
<b>Vorteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• direkte Kontrolle am Bildschirm,</li> <li>• schnelles Erkennen von Fehlern am PC</li> <li>• angenehm für den Patienten</li> <li>• sauberes Arbeiten</li> <li>• farbliche Wiedergabe</li> <li>• direkte Kommunikation mit Behandler möglich</li> </ul>	<b>Vorteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• direkte physische „Ist“-Situation</li> <li>• kein Dimensionsverlust beim Modellieren</li> <li>• genauere Passung (keine Fräserradiuskorrektur)</li> <li>• Bisskontrolle</li> <li>• feineres Modellieren</li> <li>• Bewegungskontrolle</li> </ul>
<b>Nachteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Scanverzug</li> <li>• ungenaue Bisskontrolle</li> <li>• Dimensionsverlust beim Konstruieren</li> <li>• Passung durch Fräserradiuskorrektur</li> </ul>	<b>Nachteile:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Abdruckverzug</li> <li>• Blasen im Abdruck</li> <li>• Würgereiz durch Abdrucklöffel</li> <li>• unangenehm für Patienten</li> <li>• kein direktes Ergebnis</li> </ul>

- die zeitlich-ökonomische Gegenüberstellung der Fertigung (siehe Zeitdiagramm)
- die klinische Passung im Mund des Patienten (okklusale Passung, Randschluss)
- Aus technischer wie aus behandelnder Sicht ist der digitale Workflow günstiger, was den zeitlichen Faktor und die Passung betrifft. Der Behandler kalkuliert bei einer Teilkrone ca. anderhalb Stunden Arbeitszeit im konventionellen Arbeitsablauf ein, ohne Nachsorge. Im digitalen Verfahren reduziert sich die Zeit um durchschnittlich 30 Minuten. Im Resümee bedeutet das, dass über 30 Prozent Zeitersparnis durch geringere Einschleifmaßnahmen und bessere Passung generiert werden. Was aus wirtschaftlicher Sicht interessant ist. Auch im digitalen Workflow von der Laborseite aus ist die aktive Arbeitszeit um ca. 50 Prozent geringer bei einer konventionellen, analog gefertigten Krone.

Test in situ:

- Die digital unbearbeitete Krone hatte im Mund eine sehr gute Passung, jedoch waren die Kontakte okkusal stark überkonturiert.
- Die digital nachgearbeitete Krone hatte eine gute Passung und sowohl sehr gute proximale als auch okklusale Kontaktergebnisse.
- Die konventionell analog gefertigte Krone wies eine zu gute Innenpassung auf (Verhältnis Innenpassung/Kontakte, erschwertes Einpassen). Jedoch zeigte sich ein erhöhter Zeitaufwand beim Einschleifen der okklusalen und approximalen Kontakte (Modelle wurden einartikuliert, eine Splitcastkontrolle vorgenommen und die Modelle selektiv eingeschliffen).

Die Wahl fiel schließlich auf die analoge Krone, jedoch nur aus ästhetischen Gründen, da die farbliche Wiedergabe besser war als bei den CAD-Kronen, was wiederum auf die Kristallstruktur zurückweist. Ansonsten wäre die nachgearbeitete CAD-Krone die wirtschaftlichere und passgenauere Arbeit (Abb. 15).

Für eine detaillierte wirtschaftliche Aufstellung und Kostenanalyse empfehlen die Autoren den Beitrag von Clemens Schwerin in der Quintessenz Zahntechnik, Ausgabe September 2017.<sup>4</sup>



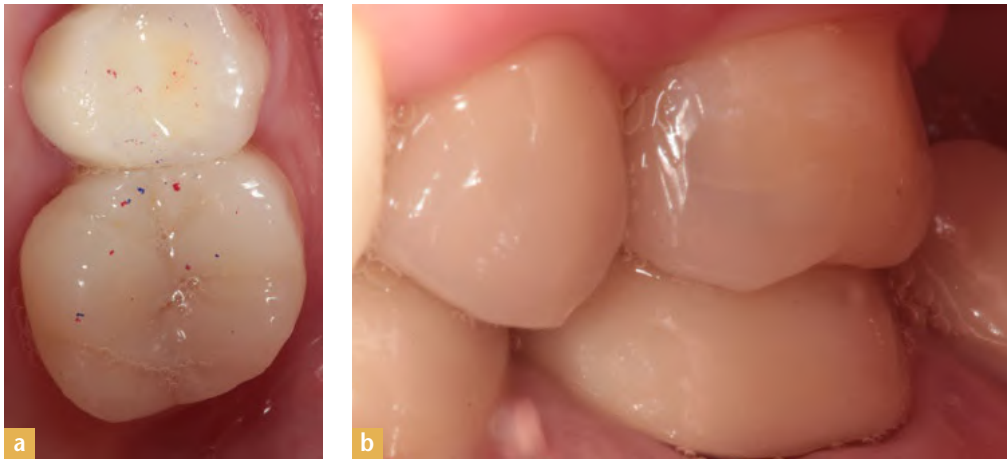


Abb. 15a und b Klinisch eingegliederte Krone.

Die Autoren bedanken sich bei ZA Karl-Heinz Nagel, Hannover, für die enge Zusammenarbeit und das Beisteuern der klinischen Fotos sowie für die Ausübung und Kontrolle der Passung im Mund des Patienten, und bei Rübeling & Klar Dentallabor Berlin, für die Bereitstellung der Maschinen und Materialien.

### Danksagung

1. IPS e.max CAD Monolithic Solutions Labside. Gebrauchsinformation. Schaan: Ivoclar Vivadent, 2017.
2. IPS e.max Press. Verarbeitungsanleitung. Schaan: Ivoclar Vivadent, 2007.
3. Lachmann K. In-vitro-Untersuchung zur Passgenauigkeit von Kronen, die mit verschiedenen CAD/CAM-Systemen gefertigt wurden. Dissertation. Berlin: Medizinische Fakultät Charité, 2010.
4. Schwerin C: Make or Buy? Eigenfertigung oder Fremdfertigung? Eine Kostenübersicht und Analyse. Quintessenz Zahntech 2017;43:1201-1209.

### Literatur



**Tom Rebbe**

Dentalstudio Hermann  
Flingerstraße 11  
40213 Düsseldorf  
E-Mail: tom.rebbe@web.de



**Tobias Karpe**

Rübeling & Klar Dentallabor  
Ruwersteig 43  
12681 Berlin