

# Chairside-Bestimmung der Passgenauigkeit von CAD/CAM-Kronen mittels Intraoralscanner

Maximiliane Amelie Schlenz, Jonas Vogler, Bernd Wöstmann

Mit zunehmender Digitalisierung der Zahnheilkunde, nehmen auch die Anwendungsmöglichkeiten von Intraoralscannern zu. So bieten viele Hersteller heute neben der digitalen Abformung auch weitere Applikationen, wie die Überlagerung von verschiedenen Scandatensätzen in der Intraoralscannersoftware, an. Dies ermöglicht neben einem Monitoring von Zahnhartsubstanzverlusten, auch eine Chairside-Bestimmung der Passgenauigkeit von Restaurationen am Patienten.

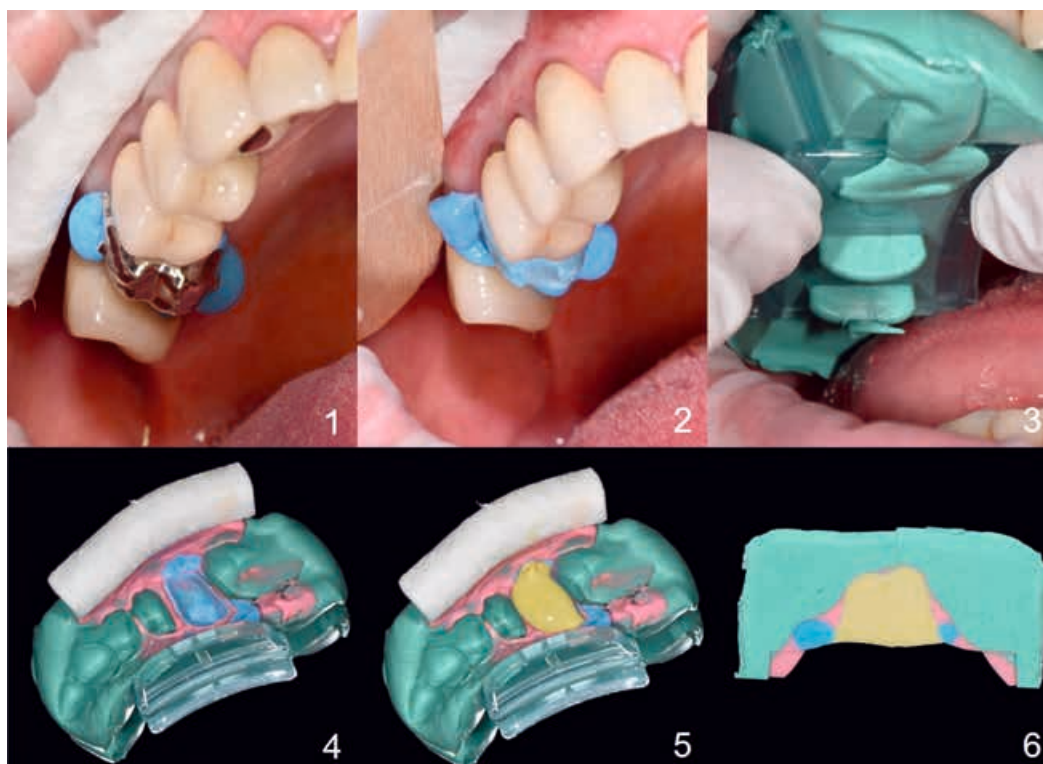


Abb. 1: Exemplarische Darstellung der Methode der konventionellen Silikon-Replika-Technik an Zahn 16: Bestimmung der Passgenauigkeit einer Messkappe aus Metall mit einem niedrig viskösen, blauen A-Silikon (1), A-Silikon-Kappe verbleibt nach Entfernung der Messkappe auf dem Zahnstumpf (2), Überabformung mit einem mittel (rosa) und hoch (grün) viskösen A-Silikon (3, 4), Stabilisierung des Stumpfolumens mit einem niedrig viskösen, gelben A-Silikon (5), Schnittfläche des Silikonkörpers zur Analyse unter dem Lichtmikroskop (6).

## Einleitung

Für den Langzeiterfolg einer Restauration spielt die Passgenauigkeit eine wichtige Rolle.<sup>[1, 2]</sup> So werden im Zusammenhang mit Passungenauigkeiten im Randbereich einer Krone die Entstehung von Sekundärkaries bzw. Parodontitis diskutiert, während Passungenauigkeiten im okklusalen Bereich – insbesondere bei keramischen Restaurationen – die mechanische Festigkeit reduzieren können.<sup>[1, 3-6]</sup> In der Literatur werden zahlreiche Methoden zur Bestimmung der Passgenauigkeit von Kronen beschrieben, welche in zerstörungsfreie und destruktive Techniken eingeteilt werden.<sup>[3, 6-10]</sup> Um die Passung einer Restauration auf dem Zahnstumpf in vivo abschließend exakt zu bestimmen, bedarf es der Extraktion des entsprechenden Zahnes.<sup>[9]</sup> Diese Vorgehensweise ist sehr aufwendig und kann

aus ethischen Gründen nur an extraktionswürdigen Zähnen durchgeführt werden, welches einen Vergleich mit gesunden Zähnen erschwert. Daher wird diese Methode eher in Laboruntersuchungen angewendet, wo die Prüfkörper teilweise zur Analyse in Scheiben geschnitten werden.<sup>[10]</sup>

In den letzten Jahren hat sich deshalb die konventionelle Silikon-Replika-Technik zur Bestimmung der marginalen und internen Passgenauigkeit als nächstbeste Lösung etabliert.<sup>[7, 11-13]</sup> Hierzu werden auf Basis einer konventionellen Abformung Messkappen aus Metall oder Zirkoniumdioxid hergestellt, deren Passgenauigkeit mit einem niedrig viskösen additionsvernetzenden (A)-Silikon überprüft wird. Im Nachgang kann die Ausdehnung labortechnisch unter einem Lichtmikroskop bestimmt werden (Abb. 1).

Dieses Verfahren ist jedoch sehr aufwendig und die Anzahl der Messstellen ist durch die Schnittflächen des Silikonkörpers limitiert, so dass keine Aussage über die Abweichung im Verlauf des gesamten Randbereiches und der Mantelfläche getroffen werden kann.<sup>[14]</sup> Aus diesem Grund gibt es verschiedene Forschungsansätze die Passgenauigkeit digital zu bestimmen. Die Arbeitsgruppe um Mostafa et al. benutzte ein Micro-CT zur Analyse<sup>[15]</sup>, während Boitelle et al. eine Triple-Scan-Methode zur dreidimensionalen Auswertung mittels Laborsoftware verwendeten.<sup>[7]</sup> Weitere Studien beschäftigten sich mit der Computer-Aided-Design (CAD)-Replikatechnik, bei welcher die Passgenauigkeit über einen Vergleich zwischen dem Scandatensatz des Zahnstumpfes und dem des Zahnstumpfes mit Silikonreplika erfolgte.<sup>[6, 14]</sup> Diese neuen Methoden wurden jedoch alle für Laborversuche entwickelt.

Daher war es das Ziel unserer Arbeitsgruppe, eine neue digitale Chairside-Methode zur Bestimmung der Passgenauigkeit zu entwickeln, welche im Gegensatz zu den in der Literatur beschriebenen Methoden, in jeder Zahnarztpraxis mit einem entsprechenden Intraoralscanner schnell und unkompliziert durchgeführt werden kann.

Neben dem rein wissenschaftlichen Interesse an der Passgenauigkeit von Restaurationen ist die Bestimmung der Passgenauigkeit auch in der Zahnarztpraxis interessant. Insbesondere vor dem Hintergrund der großen Materialvielfalt und vielfältigen Workflows können so Fehler in der Prozesskette zeit- und kostensparend im Vorfeld erkannt werden, welches ein mühsames Anpassen der Restauration am Patienten bzw. eine Neuanfertigung vermeidet.

### Chairside-Passgenauigkeitsuntersuchung

Für die Bestimmung der Passgenauigkeit kann entweder die definitive Kronenrestauration oder eine separat angefertigte Messkappe mit anatomisch reduzierter Form verwendet werden (Abb. 2). Hierzu wird im Anschluss an die Präparation eine erste digitale Abformung mittels Intraoralscanner durchgeführt. Bei der Auswahl des Restaurationswerkstoffs gibt es keine Limitation; so können neben keramischen Computer-Aided-Design / Computer-Aided-Manufacturing (CAD/CAM)-Materialien auch Metalle oder Komposite verwendet werden. Sofern die Präparationsgrenze nicht vollständig optisch sichtbar ist, wird die Doppelfadentechnik zur Retraktion angewendet. In der darauffolgenden Behandlungssitzung wird nun die Passgenauigkeit mittels Intraoralscanner überprüft. Zur Darstellung des Zementspaltes wird ein dünnfließendes A-Silikon (z. B. Fit Test C & B, VOCCO) verwendet, welches speziell zur Passungskontrolle prothetischer Restaurationen entwickelt wurde. Damit das Silikon auf dem Zahnstumpf und nicht in der Restauration verbleibt, wird eine dünne Schicht Puderspray (z. B. CEREC Optispray, Dentsply Sirona) in das Lumen der Restauration bzw. Messkappe appliziert und drei Sekunden auf den Zahnstumpf gedrückt. Nach dem Abbinden des Silikons wird die Restauration bzw. Messkappe vorsichtig entfernt und das vollständige Verbleiben des Silikons auf dem Stumpf kontrolliert. Anschließend erfolgt der zweite Intraoralscan mit dem Silikonkäppchen auf dem präparierten Zahnstumpf.



Abb. 2: Bestimmung der Passgenauigkeit der Restauration anhand der definitiven Kronenrestauration (a) oder einer Messkappe mit anatomisch reduzierter Form (b).

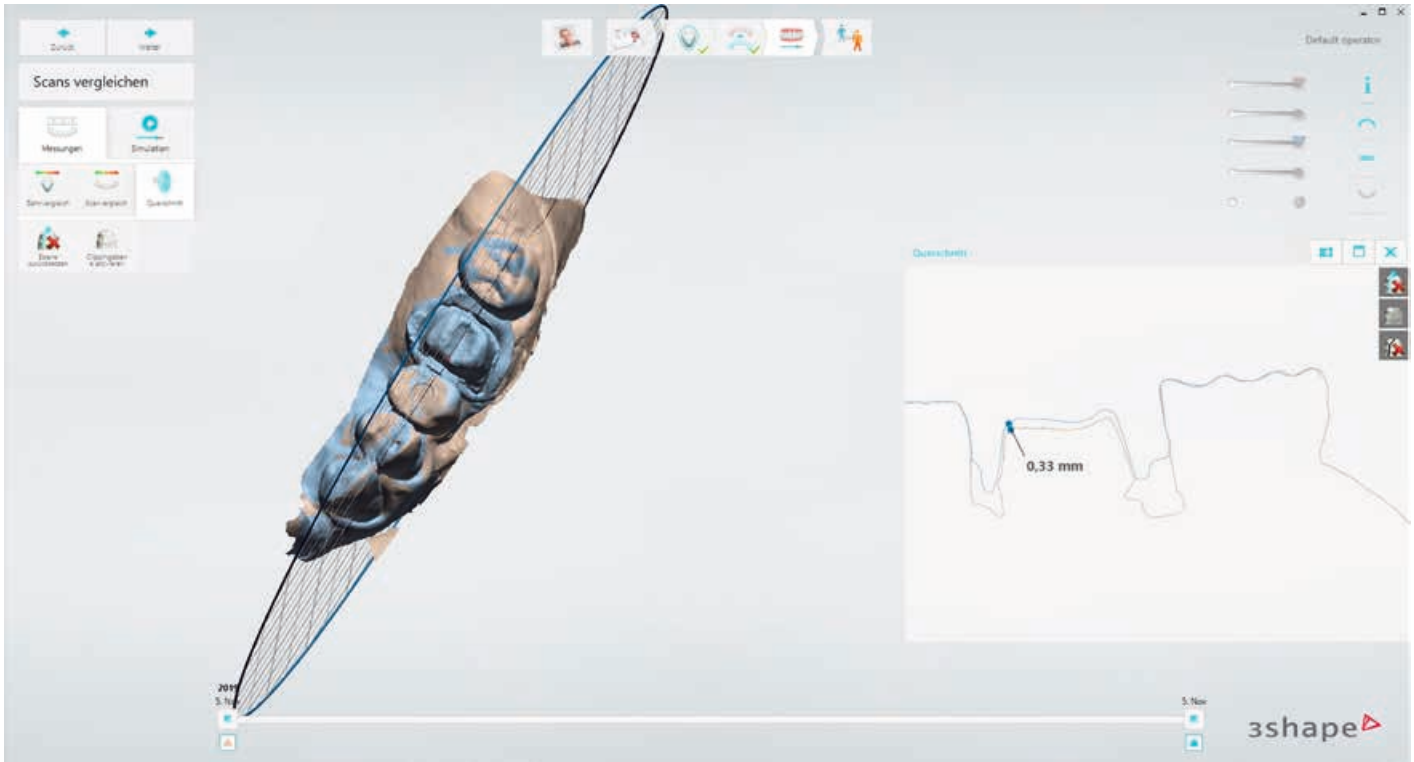


Abb. 3: Beispiel zur Bestimmung der Passgenauigkeit mit der Monitoring-Applikation des Intraoral-scanners TRIOS 3 (3Shape): Scandatensatz der Präparation (beigefarben), Scandatensatz mit Silikon auf dem präparierten Zahnstumpf zur Darstellung des Zementspalts (blau).

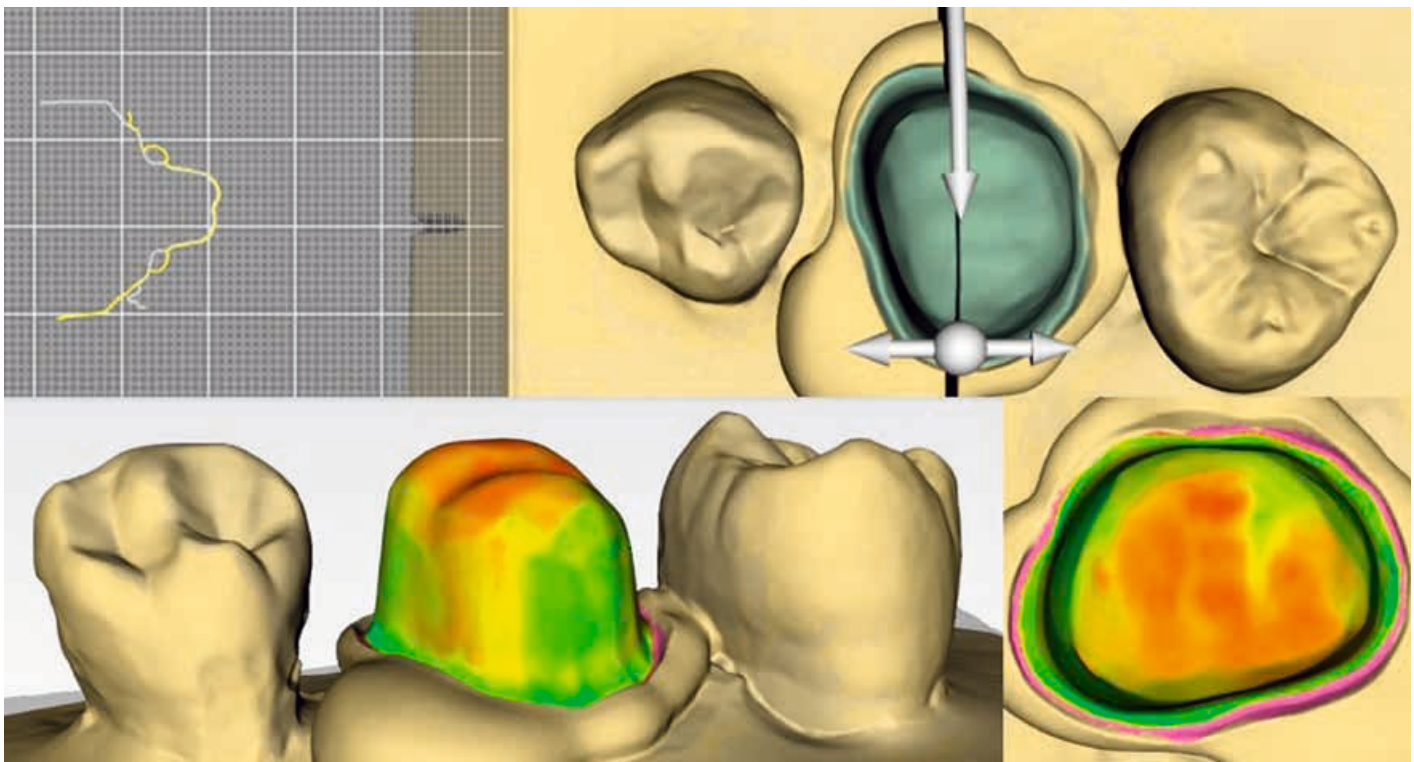


Abb. 4: Beispiel zur Bestimmung der Passgenauigkeit mit der OraCheck-Applikation des Intraoral-scanners Primescan (Dentsply Sirona): Darstellungsoptionen Schnittbild (oben) und Farbmodell (unten, von grün nach rot zunehmender Zementspalt).

Für die Bestimmung der Passgenauigkeit werden nun beide intraoralen Scandatensätze in der systemimmanenten Software des Intraoral-scanners überlagert. Beispielsweise kann beim Intraoral-scanner TRIOS 3 (3Shape) hierfür die Applikation „Monitoring“ verwenden werden. Diese ermöglicht die Anfertigung von Schnittbildern und ein exaktes Vermessen des Zementspalts in Millimetern bis zu zwei Nachkommastellen (Abb. 3).

Andere Intraoral-scanner arbeiten neben Schnittbildern mit Farbmodellen. So können beispielsweise mit dem Primescan (Dentsply Sirona) die beiden Scandatensätze angefertigt werden und über die Softwareapplikation „OraCheck“ überlagert und analysiert werden (Abb. 4).

### Vergleich mit anderen Untersuchungsmethoden

Der Vorteil der digitalen Chairside-Passgenauigkeitsuntersuchung mittels Intraoral-scanner im Vergleich zum herkömmlichen Fit-Test in der Zahnarztpraxis am Patienten (Abb. 5) liegt im exakten Vermessen bzw. der Detektion von Passungenauigkeiten, denn häufig reißt der Silikonfilm aus oder löst sich aus der Restauration.

Um zu untersuchen, ob die neue digitale Intraoral-scanner-basierte Chairside-Methode (D-IOS) auch mit der Genauigkeit der konventionellen Silikon-Replika-Technik (CV-SR, Abb. 1) und einer digitalen Replikamethode mit Laborsoftware (D-GOM) vergleichbar ist, wurden zwei Studien durch unsere Arbeitsgruppe durchgeführt.<sup>[16, 17]</sup> Sowohl in der Labor- als auch in der klinischen Studie konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei untersuchten Methoden im Hinblick auf die Analyse der Passgenauigkeit gefunden werden ( $p < 0,05$ ; Abb. 6).



Abb. 5: Exemplarische Darstellung des herkömmlichen Fit-Test zur Kontrolle der Passgenauigkeit in der Zahnarztpraxis am Patienten (roter Pfeil markiert ausgerissenes Silikon aufgrund zu geringem Zementspalt).

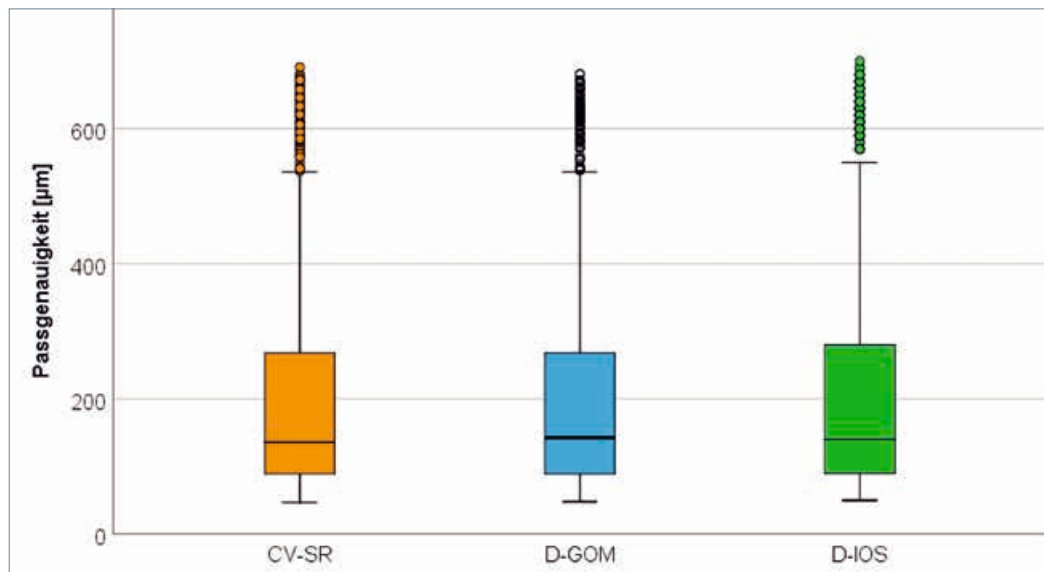


Abb. 6: Methoden zur Bestimmung der Passgenauigkeit

Allerdings zeigte sich, dass alle untersuchten Kronen eine signifikant höhere Passgenauigkeit im okklusalen Bereich im Vergleich zu den marginalen und axialen Messpositionen zeigten ( $p < 0,05$ ). Außerdem wurde der in der Konstruktionssoftware voreingestellte Zementspalt von 80 µm nur im marginalen Bereich erreicht (Abb. 7). Dies ist zwar im Hinblick auf die Vermeidung von Sekundärkaries und Parodontitis ein positives Ergebnis, da in der Literatur ein Zementspalt von weniger als 120 µm als klinisch akzeptabel beschrieben wird<sup>[1-3, 7, 8]</sup>, allerdings ist auch eine gute Passgenauigkeit im okklusalen Bereich – insbesondere für Keramikrestorationen – notwendig. May et al. zeigten eine Verdopplung der Bruchlast für Kronen mit einem okklusalen Zementspalt von 50 µm im Vergleich zu 500 µm und auch Rezende et al. beschrieben eine zunehmende Stresskonzentration für Kronen mit großem Zementspalt.<sup>[5, 18]</sup>

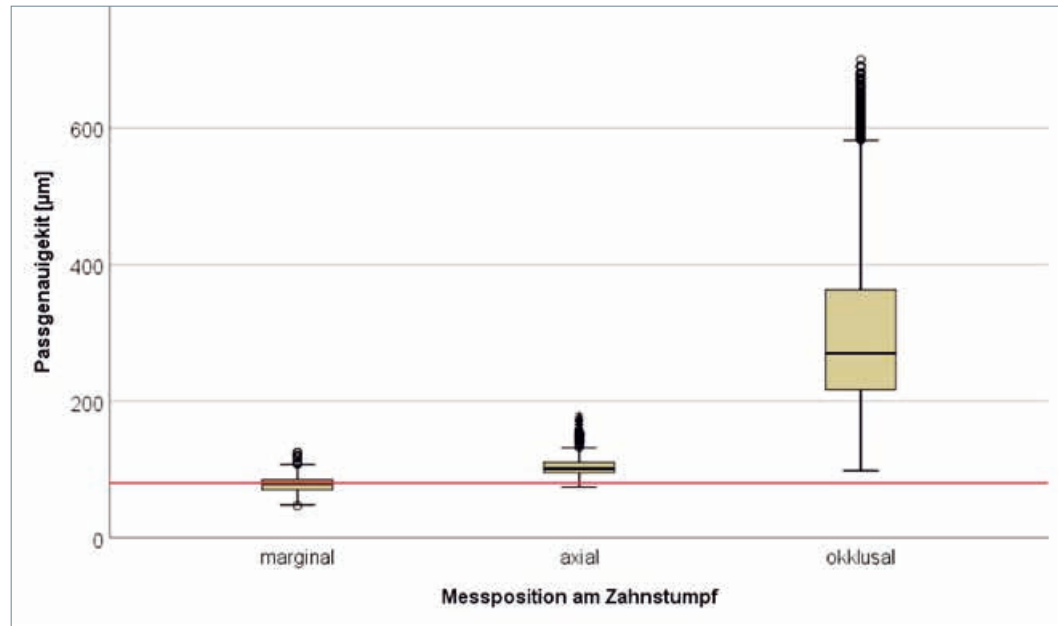


Abb. 7: Boxplot-Diagramm der Passgenauigkeit in Bezug auf die marginale, axiale und okklusale Messposition (rote Linie markiert den voreingestellten Zementspalt von 80 µm).

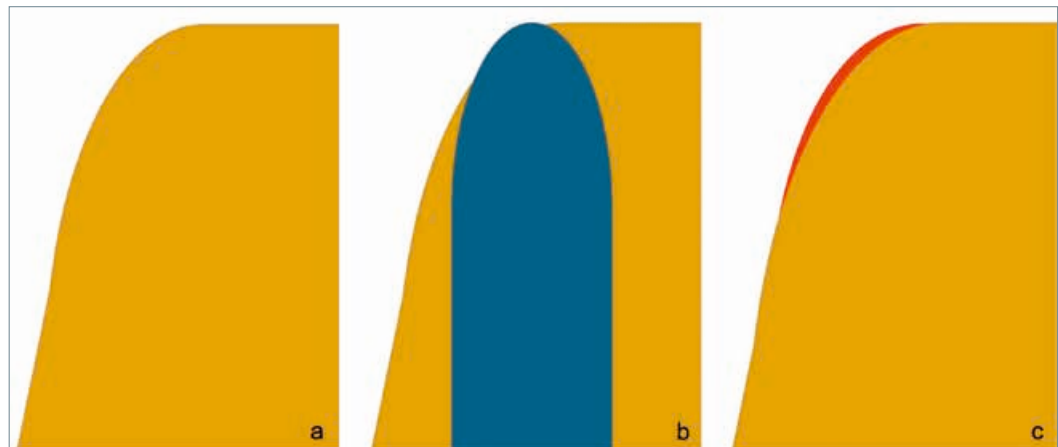


Abb. 8: Schematische Darstellung der Fräserradiuskorrektur: Zu fräsende Geometrie (a), Radius des Fräsinstruments (blau) ist größer als zu fräsende Geometrie (b), wodurch eine Fräserradiuskorrektur entsteht (rot).

Die hohen Passungenauigkeiten im okklusalen Bereich deuten darauf hin, dass der Radius des Fräsinstruments größer war als die zu fertigende Geometrie. Somit kommt es zu einer Fräserradiuskorrektur (Abb. 8) und das Lumen der Krone wird zu groß ausgefräst.

### Ausblick

Mittlerweile gibt es bei vielen Intraoralscannern die Möglichkeit, seine Präparation im Hinblick auf Hinterschnitte, Distanz zum Gegenkiefer und Präparationswinkel zu analysieren. Hier wäre es denkbar eine computergestützte Analyse der CAM-Strategie mit der Präparation zu überlagern, um gegebenenfalls Kanten zu glätten, sodass Passungenauigkeiten in den für das Fräsinstrument schwer zugänglichen okklusalen Bereichen reduziert werden. Zudem wäre eine automatische Analyse der Passgenauigkeit mit Hilfe von künstlicher Intelligenz hilfreich, denn auch wenn mit Hilfe der Intraoralscanner-basierten Chairside-Methode die Bestimmung der Passgenauigkeit im Vergleich zu den herkömmlichen Methoden deutlich vereinfacht ist, kostet die Analyse Zeit, sodass diese im Praxisalltag nicht routinemäßig Anwendung finden kann.



**Dr. med. dent. Maximiliane Amelie Schlenz, M.Sc.**

- 2010 – 2015 Studium der Zahnheilkunde an der Justus-Liebig-Universität Gießen
- 12 / 2015 Approbation als Zahnärztin
- 2016 Vorbereitungsassistentin in Zahnarztpraxis
- seit 05 / 2016 Wissenschaftliche Mitarbeiterin / Zahnärztin der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik der Justus-Liebig-Universität Gießen / des Universitätsklinikums Gießen
- 2018 Promotion zum Dr. med. dent. an der Justus-Liebig-Universität Gießen (summa cum laude)
- 2019 Master of Science (M.Sc.) in Zahnärztlicher Prothetik, Universität Greifswald
- Tätigkeitsschwerpunkt: Digitale Prothetik, Biomaterialwissenschaften, Implantatprothetik

### Kontakt

Justus-Liebig-Universität Gießen  
 Zentrum für ZMK-Heilkunde –  
 Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik  
 Schlangenzahl 14  
 D-35392 Gießen  
 maximiliane.a.schlenz@dentist.med.uni-giessen.de

### Literaturverzeichnis

1. Pimenta, M.A., et al., Evaluation of marginal and internal fit of ceramic and metallic crown copings using x-ray microtomography (micro-CT) technology. *J Prosthet Dent*, 2015. 114(2): p. 223-8.
2. Neves, F.D., 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. 112(5): p. 1134-40.
3. Boitelle, P., et al., A systematic review of CAD/CAM fit restoration evaluations. *J Oral Rehabil*, 2014. 41(11): p. 853-74.
4. Nakamura, T., et al., Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. *Int J Prosthodont*, 2003. 16(3): p. 244-8.
5. Rezende, C.E., et al., Effect of cement space on stress distribution in Y-TZP based crowns. *Dent Mater*, 2017. 33(2): p. 144-151.
6. Lee, D.H., Digital approach to assessing the 3-dimensional misfit of fixed dental prostheses. *J Prosthet Dent*, 2016. 116(6): p. 836-839.
7. Boitelle, P., et al., Evaluation of the marginal fit of CAD-CAM zirconia copings: Comparison of 2D and 3D measurement methods. *J Prosthet Dent*, 2018. 119(1): p. 75-81.
8. Tsiou, E.A., S.E. Northeast, and R. van Noort, Evaluation of the marginal fit of three margin designs of resin composite crowns using CAD/CAM. *J Dent*, 2007. 35(1): p. 68-73.
9. Wostmann, B., et al., Influence of margin design on the fit of high-precious alloy restorations in patients. *J Dent*, 2005. 33(7): p. 611-8.
10. Ji, M.K., et al., Evaluation of marginal fit of 2 CAD-CAM anatomic contour zirconia crown systems and lithium disilicate glass-ceramic crown. *J Adv Prosthodont*, 2015. 7(4): p. 271-7.
11. Reich, S., et al., Clinical fit of all-ceramic three-unit fixed partial dentures, generated with three different CAD/CAM systems. *Eur J Oral Sci*, 2005. 113(2): p. 174-9.
12. Bosniac, P., P. Rehmann, and B. Wostmann, Comparison of an indirect impression scanning system and two direct intraoral scanning systems in vivo. *Clin Oral Investig*, 2019. 23(5): p. 2421-2427.
13. Kuhn, K., et al., Comparison of an analog and digital quantitative and qualitative analysis for the fit of dental copings. *Comput Biol Med*, 2015. 57: p. 32-41.
14. Mai, H.N., et al., Effects of image and education on the precision of the measurement method for evaluating prosthesis misfit. *J Prosthet Dent*, 2018. 119(4): p. 600-605.
15. Mostafa, N.Z., et al., Marginal Fit of Lithium Disilicate Crowns Fabricated Using Conventional and Digital Methodology: A Three-Dimensional Analysis. *J Prosthodont*, 2018. 27(2): p. 145-152.
16. Schlenz, M.A., et al., Chairside measurement of the marginal and internal fit of crowns: a new intraoral scan-based approach. *Clin Oral Investig*, 2020. 24(7): p. 2459-2468.
17. Schlenz, M.A., et al., New Intraoral Scanner-Based Chairside Measurement Method to Investigate the Internal Fit of Crowns: A Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health*, 2020. 17(7): p. 2182.
18. May, L.G., et al., Effects of cement thickness and bonding on the failure loads of CAD/CAM ceramic crowns: multi-physics FEA modeling and monotonic testing. *Dent Mater*, 2012. 28(8): p. e99-109.