

Chairside Cerec-Inlays im Vergleich zu laborgefertigten Keramikinlays aus Sicht eines Neuanwenders

Cerec 3D unter die Lupe genommen

Ein Beitrag von Dr. Jan Hajt6, M6nchen/Deutschland

Mit der Einf6hrung der neuen sehr m6chtigen Cerec 3D-Software zur IDS 2003 und den damit verbundenen allgemeinen Systemverbesserungen, wie beispielsweise die Verk6rzung der Kameraverschlusszeit oder die M6glichkeit der Zusammenlegung mehrerer Aufnahmen, hat das Cerec-Verfahren einen technischen Stand erreicht, der als Quantensprung bezeichnet wurde [1]. Der gleichzeitig betriebene immense Marketingaufwand l6sst erkennen, dass sich das Verfahren durch diese Weiterentwicklung vom Image eines eher exotischen Hightech-Spielzeugs f6r Computerspezialisten zu einer von jedermann kinderleicht zu bedienenden, universellen und wirtschaftlichen Behandlungsmethode wandeln soll. Die im Vergleich zu 2002 in den USA um 43 Prozent und in Deutschland um 54 Prozent gestiegenen Verkaufszahlen f6r Cerec-Systeme [2] weisen darauf hin, dass dies auch der Fall zu werden scheint. In der Werbung wird insbesondere die spielerisch einfache Bedienung in den Vordergrund gestellt. Da Werbebotschaften aber nicht immer mit der Realit6t 6bereinstimmen, stellt sich vor allem die Frage, wie simpel und zuverl6ssig die Methode wirklich ist und welche Ergebnisse unter Praxisbedingungen realisiert werden k6nnen.

Der folgende Beitrag enth6lt einige grunds6tzliche vergleichende Erfahrungen und 6berlegungen zu konventionellen Keramikinlays und Cerec-Keramikinlays vom Standpunkt eines der Cerec-Methode gegen6ber jahrelang prinzipiell sehr kritisch eingestellten Praktikers nach relativ kurzer Erfahrung von vier Monaten als Cerec 3D-Neuanwender. Dabei sollen nur klassische Inlays und Onlays mit 6berkappung nicht aller H6cker betrachtet werden. Teilkronen mit kompletter Kaufl6che, Kronen und Veneers werden ausgeklammert. Auch das Cerec inLab-System ist nicht Gegenstand dieses Vergleiches.

Indizes: CAD/CAM, Cerec 3D, Chairside, Keramik, Keramikinlays, Kofferdam, Materialeigenschaften, Modellation, Onlay, Pr6paration, Pr6zision, Pro-CAD, Scanspray, Wirtschaftlichkeit, Zementierung

Abb. 1 a und b
Beispiele ungenügender Cerec-Restaurationen, die bei vielen qualitätsbewussten Zahnärzten und Zahntechnikern das Bild von Cerec über Jahre geprägt haben.



Cerec polarisiert

Hinsichtlich der Cerec Technologie sind sowohl Zahnärzte als auch Zahntechniker in der Regel in zwei Lager gespalten. Sie wird entweder voller Überzeugung angewandt oder verdammt.

Cerec-Kritiker verweisen gerne auf typische und allem Anschein nach nicht selten zu findende klinische Beispiele insuffizienter Cerec Versorgungen (Abb. 1). Diesen werden dann entsprechende Spitzen-Versorgungen mit geschichteten oder gepressten, laborgefertigten Keramikinlays gegenübergestellt. Cerec-Befürworter berufen sich auf Untersuchungen, die belegen, wie dauerhaft und bewährt die Methode ist [3 bis 7]. Sie heben andere Vorteile hervor, die später eingehend besprochen werden.

Stichwort Präzision

Der Dreh- und Angelpunkt der Meinungsverschiedenheit ist die Präzision. Präzision nimmt im zahnärztlichen Handeln einen ganz besonders hohen Stellenwert ein. Das liegt darin begründet, dass sie sich im Gegensatz zu Funktion und Ästhetik besser definieren und quantifizieren lässt. Dabei darf jedoch folgendes nicht außer Acht gelassen werden:

□ Präzision ist trotz allem eine indirekte Messgröße für die Qualität einer Arbeit. In erster Linie wird die Langlebigkeit einer Restauration angestrebt, die nicht in jedem Fall und bei jeder Versorgungsart ausschließlich von der Präzision abhängt. Auch eine ursprünglich sehr präzise Restauration kann unter Umständen sehr schnell degradieren und erneuerungsbedürftig werden. Typische Beispiele hierfür sind Schmelzausprengungen an okklusalen Goldinlayrändern in Kontaktbereichen, Keramikfrakturen aller Art oder ein fortschreitender Zahnhals-

defekt, der die Entfernung einer hoch präzisen Arbeit notwendig macht.

Faktoren, die die Langlebigkeit einer Versorgung in gleichem Maß beeinflussen, sind unter anderem Materialbeständigkeit, Mundhygiene, Zementierung, Einhaltung von Präparationsregeln und lokale Belastungsverhältnisse. Präzision ist zwar wichtig, aber trotzdem nicht immer entscheidend.

□ Präzision aus Menschenhand ist nicht perfekt und unterliegt individuellen Schwankungen. In puncto Präzision sind wir den Maschinen inzwischen grundsätzlich unterlegen. Aufwändige CAD/CAM-Verfahren sind in der Lage, auf wenige µm genau zu fertigen und selbst Friktionskräfte zu berechnen und einzustellen. Dort, wo man sich in der Industrie auf Präzision verlassen muss, da werden Maschinen eingesetzt. Nur die gegenüber der Individualanfertigung noch nicht erreichte Wirtschaftlichkeit verzögert den Durchbruch von CAD/CAM-Verfahren in der Zahntechnik. Um dies zu erreichen, bedarf es lediglich technischer Lösungen, die sicherlich in absehbarer Zeit gefunden werden können. Bisher sind manuell unter dem Mikroskop aufgepasste Keramikinlays genauer, als maschinell gefertigte Inlays. Das wird sich jedoch in naher Zukunft ändern. Es existieren Projekte zur Entwicklung neuer hoch genauer Intraoral-scanner und eines neuen generativen Fertigungsverfahrens mittels Lasermikrosinterns von Keramik [8] und natürlich kontinuierlich neuer Software.

□ Der technisch erreichbare Goldstandard wird nur von wenigen Kollegen unter überproportionalem Zeit- und Energieaufwand erreicht. Hinzu kommt, dass dieser Einsatz oft nicht angemessen finanziell honoriert wird und daher nur mit persönlichem

beruflichen Ehrgeiz in die Realität umgesetzt werden kann. Der größte Teil der Zahntechnik entspricht nicht diesem postulierten Goldstandard. In vielen Ländern, nicht zuletzt auch in den USA, wird Zahntechnik nicht selten von angelegenen Hilfskräften angefertigt. Auch hierzulande sieht man regelmäßig Arbeiten in Patientenmündern, die ungenau hergestellt wurden.

□ Schließlich stellt die bei Keramikinlays indizierte Adhäsivtechnik ein Verfahren dar, welches evident nicht präzisions sensitiv, sondern vielmehr von den Verarbeitungsschritten, der im Behandlungsbereich herrschenden Feuchtigkeit und nicht zuletzt auch vom Substrat, sprich vom Zahn selbst, abhängt. Cerec-Inlays werden mit hoch gefülltem Füllungskomposit befestigt, weshalb sich die Frage stellt, wie viel Passgenauigkeit beziehungsweise Fugenmaß wirklich unabdingbar ist. Schließlich ist eine der lege-artis-Alternativen zu Inlays auch die vollständige direkte Kompositfüllung. Dadurch beginnen inzwischen nicht wenige Zahnärzte die Notwendigkeit von Keramikinlays überhaupt anzuzweifeln. Das Terrain dieser Diskussion soll hier jedoch nicht betreten werden. Als Prämisse der folgenden Betrachtung soll gelten, dass Keramik grundsätzlich die höherwertige Versorgung im Seitenzahnbereich darstellt.

Cerec Inlays werden nicht nur als passgenauer, sondern auch als funktionell und morphologisch minderwertiger betrachtet. Gerade in diesem Bereich bringt die neue Software jedoch viele entscheidende Verbesserungen und es ist zu erwarten, dass weitere Verbesserungen des mathematisch errechneten Kauflächenvorschlages folgen werden. Hervorzuheben ist an dieser Stelle ein Durchbruch der mathematischen Kauflächenrekonstruktion, der Prof. Dr. Albert Mehl und Dr. Volker Blanz gelungen ist [9]. Dieses wissenschaftliche System ist in der Lage, fehlende Kauflächen naturgetreu nachzuberechnen (Abb. 2).

Die korrekte statische und dynamische Funktion einer Kaufläche lässt sich schon jetzt mit den Werkzeugen der Cerec 3D Software sehr gut anpassen [10, 11]. Damit ist die Zeit der „Badewannen“ auch bei Cerec endgültig vorbei.

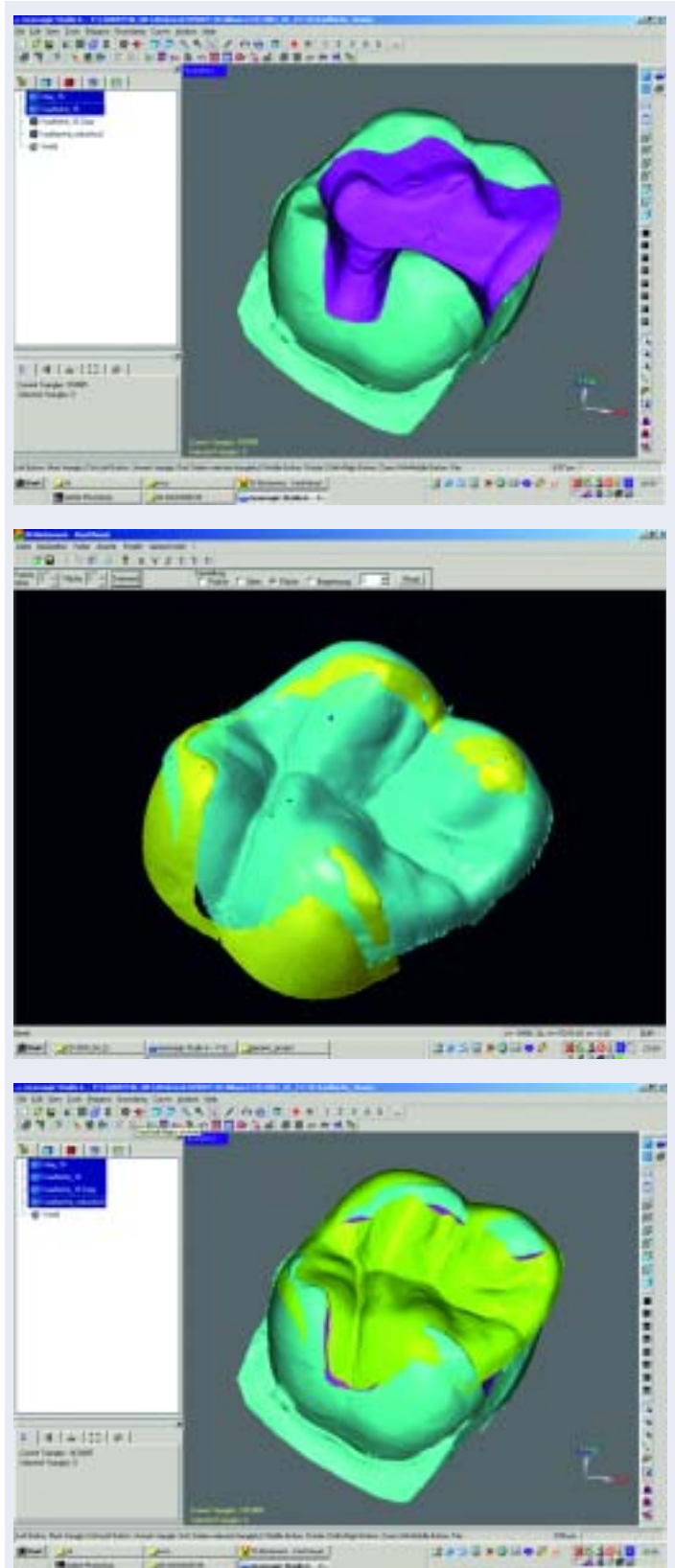


Abb. 2 a bis c Mathematische naturgetreue Kauflächenrekonstruktion nach Prof. Dr. Albert Mehl und Dr. Volker Blanz (Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Mehl und CADdental GmbH)

Systemvergleich

Wo liegen nun die konkreten Stärken und Schwächen beziehungsweise die Vor- und Nachteile der jeweiligen Herstellungsmethoden von Cerec- und laborgefertigten Inlays?

Prinzipiell ist Cerec nichts anderes, als ein Werkzeug. Bei Arbeiten, die mit Hilfe von Werkzeugen erstellt werden, hängt das Ergebnis zum einen von den Möglichkeiten des Werkzeugs und zum anderen von den Fähigkeiten des Anwenders ab. Diese beiden Bereiche dürfen nicht verwechselt und müssen getrennt betrachtet werden. Es zeigt sich relativ bald, dass beides bei Cerec in vielen Funktionen stark voneinander abhängt.

Systemimmanente Grenzen von Cerec-Inlays

Die systemimmanenten Grenzen von Cerec-Inlays sind physikalisch und technisch vorgegebene Tatsachen, die durch den Anwender überhaupt nicht zu beeinflussen sind. Diese sind im Wesentlichen:

- Auflösung der Kamera,
- wirklichkeitsgetreue Softwaremodellation,
- Genauigkeit der Fräsmaschine.

Für den Anwender ist letztendlich nur die Genauigkeit der Gesamtprozesskette von Interesse. Zu dieser gibt es keine offiziellen Angaben vom Hersteller und nur wenige

Abb. 3
Beschaffenheit der 3D-Daten bei der Cerec-Kamera (Zahn 16) (Bildraten konvertiert und mit freundlicher Genehmigung von Sirona Dental Systems)

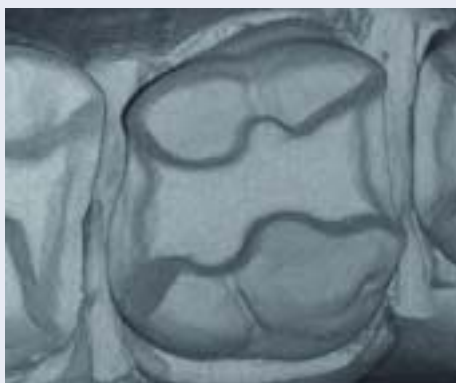


Abb. 3a Videobild, wie es bei der Aufnahme angezeigt wird

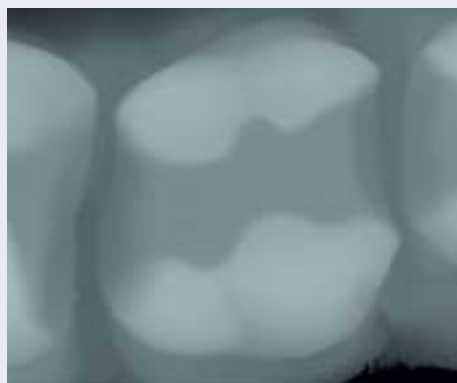


Abb. 3b Graustufenbild. Dies ist das Messbild.

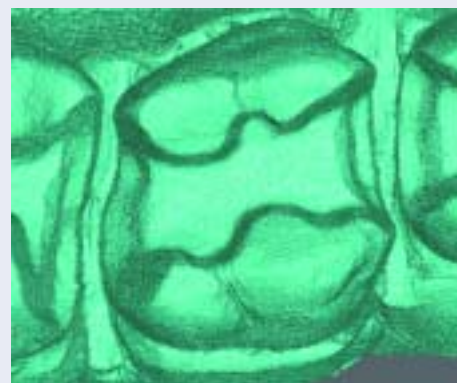


Abb. 3c Dem Messbild entsprechender 3D-Datensatz

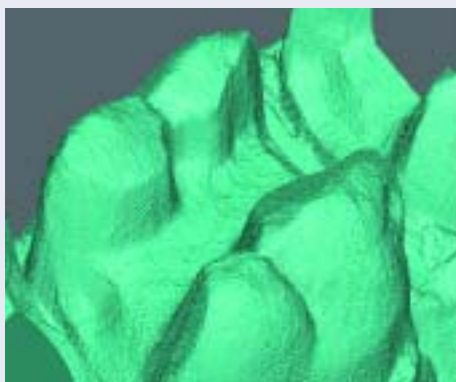


Abb. 3d Die 3D-Daten aus distoplatinaler Ansicht. Man erkennt deutlich die „Treppenstufen“, da das Objekt aus vielen kleinen Würfeln (voxel) besteht.

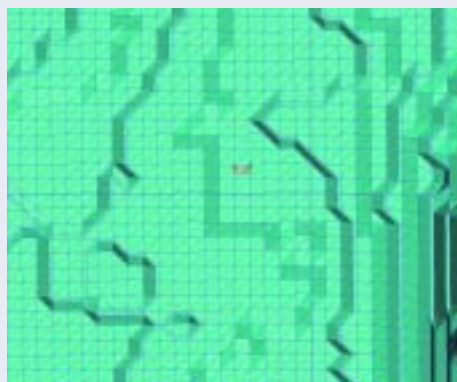


Abb. 3 e Vergrößerte Darstellung der Würfel. In diesem Fall haben die Würfel eine Kantenlänge von 50 µm. Außerdem sieht man auch Dreiecke und schräge Flächen. Dies ist demnach eine Annäherung an den eigentlichen 3D-Datensatz, der sich aus Pixel errechnet, also reine Würfel ergibt.

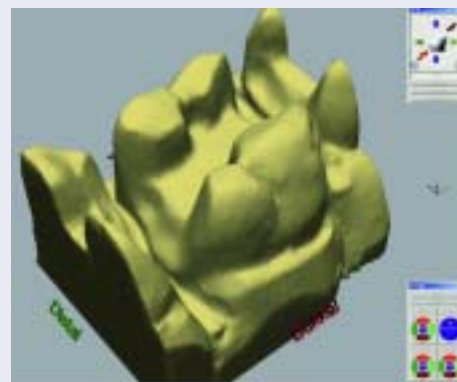


Abb. 3f Geglättete und reduzierte Darstellung derselben Daten in der Cerec 3D-Software.

Untersuchungen [12]. Für den Hersteller ist die Genauigkeit offiziell von untergeordnetem Interesse [13]: Einerseits weil man sich bewusst ist, dass klinische Erfolge nachgewiesen werden konnten, obwohl die erste Version von Cerec als sehr unpräzise angesehen werden konnte [7]. Andererseits wurde festgestellt, dass wesentlich größere Ungenauigkeiten durch den Anwender entstehen und als systemunabhängig angesehen werden müssen. Aus diesem Grund wird von Sirona auch das Qualitätssicherungsprojekt der ISCD (International Society of Computerized Dentistry) und der AG Keramik [14] unterstützt, bei welchem Anwender ihre Ergebnisse und Parameter mit denen anderer Kollegen vergleichen können.

Vom Hersteller wird mit jeder Neuentwicklung eine Erhöhung der Passgenauigkeit angestrebt und in der Tat sind in den letzten Jahren über zahlreiche Optimierungen deutliche Verbesserungen erzielt worden. Dabei werden Fehler der Aufnahmeeinheit von der Software ausgeglichen, wobei an unterschiedlichen Stellen unterschiedlich eingegriffen wird. Ebenso werden Fehler der Schleifeinheit berücksichtigt.

In der Literatur [15] oder auch von Anwendern wird häufig für die Aufnahmeeinheit eine Genauigkeit von 25 µm angegeben. Dieser Wert entspricht dem Auflösungsvermögen der CCD Kamera. Momentan sind zwei Kamertypen im Einsatz, der ältere Typ hat eine Pixelgröße von 24,905 µm x 28,934 µm. Der neuere Typ wird erst seit diesem Jahr ausgeliefert und hat eine Pixelgröße von 24,612 µm x 28,714 µm. In der dritten Dimension entspricht die Auflösung dem jeweils ersten Wert. Diese Werte repräsentieren jedoch nicht die räumliche Dimensionengenauigkeit des 3D-Scans. Abbildung 3 zeigt, wie die dem Scan zugrunde liegenden Daten beschaffen sind. Es handelt sich hierbei um kleine Würfel (voxel). Die Bildschirmdarstellung der 3D-Software ist aus Gründen der Geschwindigkeit deutlich reduziert und geglättet.

Da mit der Cerec-Kamera nur ein opakisierter Zahn vermessen werden kann, muss bei der Betrachtung der Aufnahmege- nauigkeit



Abb. 4
Scan'Spray von Dentaco

die Puderbeschichtung berücksichtigt werden. Bereits hier spielt jedoch der Anwender und die Handhabung die bestimmende Rolle. Eine wesentliche Verbesserung ist die Entwicklung des neuen Scan'Sprays von Dentaco (Abb. 4). Dieses elfenbeinfarbene Spray kann in einer deutlich geringeren Schichtdicke aufgetragen werden, als das herkömmliche Cerec Powder von Vita [16].

Die Abbildungen 5 bis 7 zeigen die 3D-Analysen einer MOD-Kavität (Zahn 16), die als Gipsstumpf mit Scan'Spray und Cerec Powder beschichtet und eingescannt wurde. Als Referenz dient ein hochgenauer 3D-Laserscan des Gipsstumpfes. Dieser Scan (Abb. 5a) wurde mit einem Dentscope Gerät (3D Alliance) erstellt und ist in allen Dimensionen genauer als 15 µm. Die Analysen der Abbildungen 6 und 7 wurden mit der Software „Geomagic Studio“ (Raindrop Geomagic, www.geomagic.com) durchgeführt.

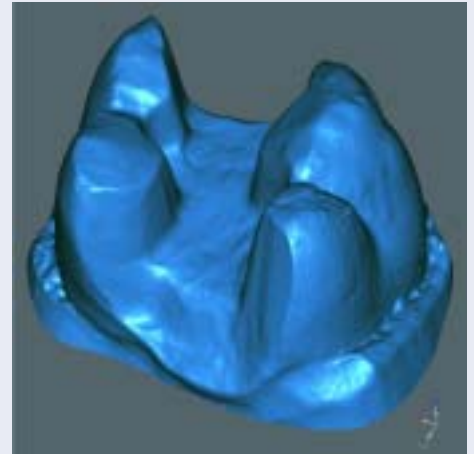


Abb. 5a Hoch genauer Referenzscan von einem Gipsstumpf einer Inlaykavität MOD (Zahn 16).

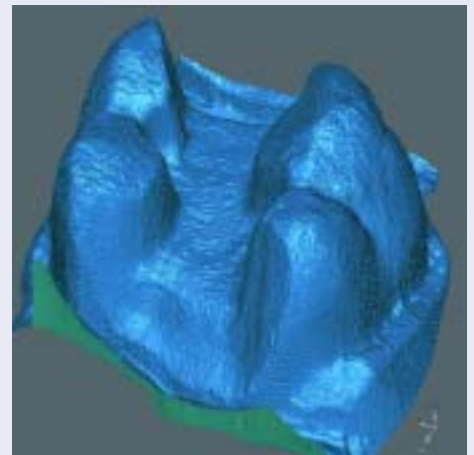


Abb. 5b Die Cerec-Scandaten desselben Stumpfes mit Scan'Spray (Dentaco)

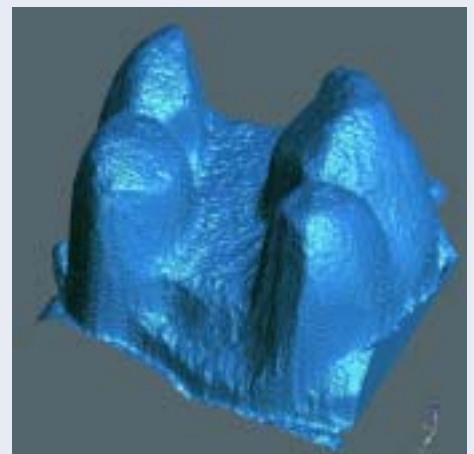


Abb. 5c Die Cerec-Scandaten des Stumpfes mit Cerec Powder (Vita)

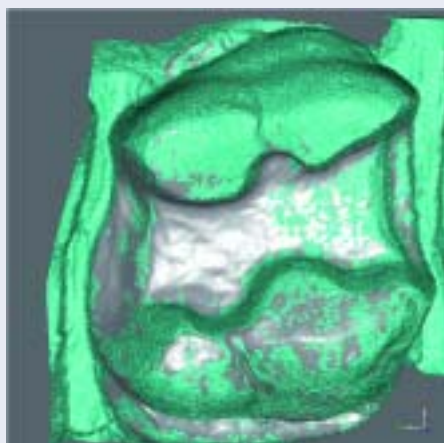


Abb. 6a Einfache Simultandarstellung der gematchten Objekte von okklusal. Cerec türkis, Referenzzahn silber

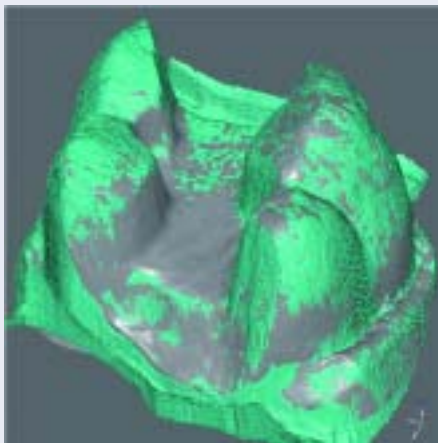


Abb. 6b Dieselbe Darstellung von distopalatal

Abb. 6
 Ein 3D-Vergleich des mit Scan'Spray beschichteten Cerec-Scans mit dem Referenzscan. Die Objekte wurden zuvor größtmöglich überlagert (matching). Es wurde also nicht versucht, den Referenzzahn so innerhalb des beschichteten Zahnes zu positionieren, dass der Abstand einer angenommenen Schichtstärke der Antireflexionsschicht entspräche. Dies wäre in dieser Software nur manuell möglich und daher geschätzt. Diese größtmögliche 3D-Überlagerung ist trotz positiver und negativer Abweichungen sinnvoll. Immerhin soll auf der Basis dieser Daten ein passgenaues Inlay hergestellt werden.

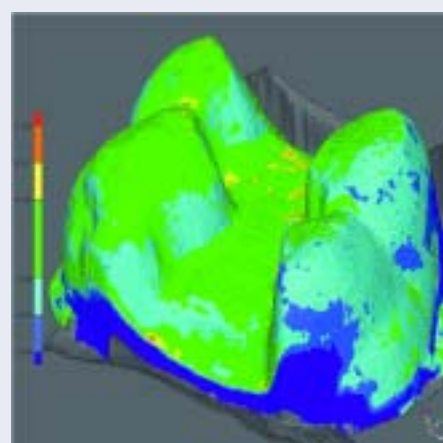
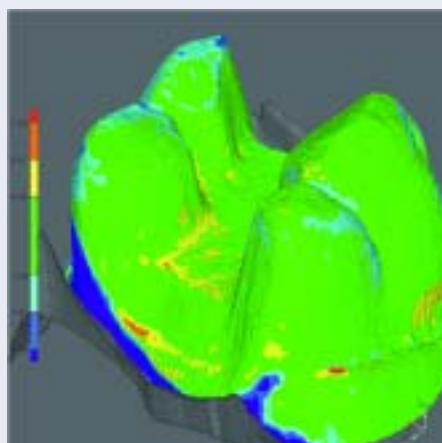
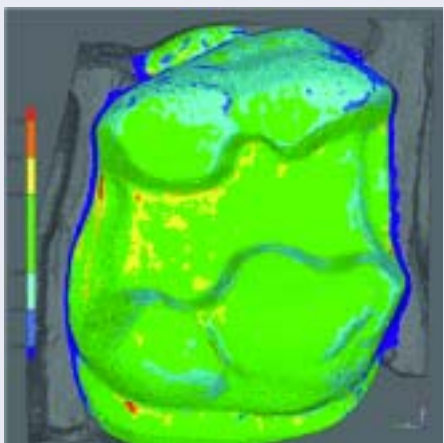


Abb. 6 c bis e Fehlfarbandarstellung des 3D-Vergleichs beider Datensätze von okklusal (c), distopalatal (d) und mesiobukkal (e). Innerhalb der Kavität befindet sich der größte Teil der Fläche im grünen Bereich von $\pm 35 \mu\text{m}$. Einige Stellen weichen bis zu $67 \mu\text{m}$ ab (hellblau und gelb). Nur an drei kleinen Stellen finden sich Abweichungen zwischen $67 \mu\text{m}$ und $100 \mu\text{m}$ (orange).

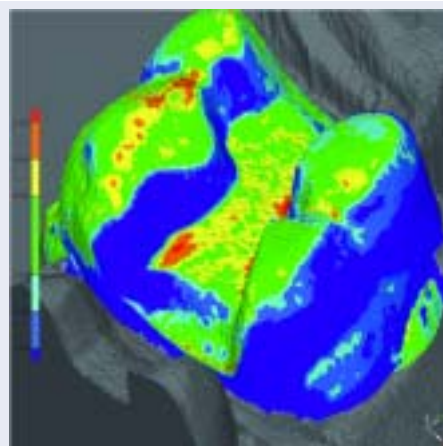
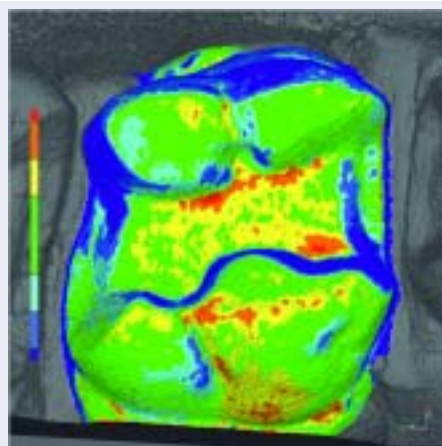
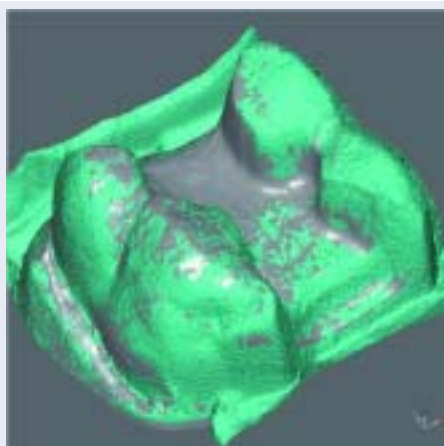


Abb. 7 3D-Vergleich des mit Cerec Powder beschichteten Cerec-Scans mit dem Referenzscan. Es wurde in derselben Weise verfahren, wie bei Abbildung 6.

Abb. 7a Einfache Simultandarstellung der gematchten Objekte von mesiopalatal. Cerec türkis, Referenzzahn silber.

Abb. 7 b und c Fehlfarbandarstellung des 3D-Vergleichs beider Datensätze von okklusal (b), mesiobukkal (c). Der Maßstab der Farbsegmente ist identisch mit dem in Abbildung 6. Es finden sich in der Kavität kaum mehr Bereiche $\pm 35 \mu\text{m}$. Abweichungen $> 100 \mu\text{m}$ (dunkelblau) sind nicht selten.

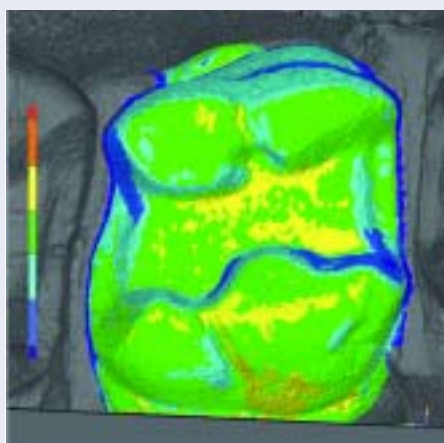


Abb. 7d Verändert man den Maßstab des Farbbalkens, dann wird ersichtlich, dass die Unterschiede zum Teil mehr als $240 \mu\text{m}$ betragen können (dunkelblau).

Es wird deutlich, dass die Verwendung von Scan'Spray wesentlich zur Verbesserung der Messgenauigkeit beiträgt. Aber auch mit diesem Spray hängt das Ergebnis vor allem vom gleichmäßigen Auftrag ab, also der Sorgfalt und der Geschicklichkeit des Anwenders. Eine gleichmäßige Beschichtung ohne Fehlstellen und ohne Verwehungen zu erzielen, ist eine der schwierigsten Aufgaben im gesamten Handling.

Die Schleifmaschine arbeitet mit unterschiedlichen Auflösungen für die Blockachse sowie die Boden- und Deckelseite. Die Blockachse hat einen Vorschub von 25 µm, die beiden anderen Achsen je 12,5 µm. Aufgrund der verschiedenen Längen der Getriebestücke ergibt sich bei der Rotation eine Schrittgröße von 20 µm auf der Deckelseite (Okklusion) und von 26 µm auf der Bodenseite. Weiter nicht zu vernachlässigende Faktoren sind die Abnutzung der Schleifer und die Toleranzen der Motoren und Lager. Letztendlich interessiert den Kliniker nur, wie genau das Endergebnis unter realen Bedingungen ist.

Diverse Untersuchungen zur Genauigkeit von Cerec 2 und 3-Inlays, Teilkronen und Kronen in vivo und in vitro ergaben Fugenbreiten und interne Spaltmaße von 50 bis 350 µm [17 bis 24]. Es ist bei diesen Werten zu berücksichtigen, dass die klinische Fugenbreite eines eingesetzten Inlays neben der Passgenauigkeit des Werkstückes entscheidend vom Gelingen der Zementierung beeinflusst wird. Die klinische Erfahrung zeigt, dass Zementierungsfehler sehr häufig die Ursache für Randspalten darstellen. Unter Berücksichtigung der relativ hohen Standardabweichungen in der Literatur, welche die Anwendungsempfindlichkeit widerspiegeln, kann man davon ausgehen, dass Kompositfugen um zirka 100 bis 150 µm klinisch realistisch sind. Dies kann zwar im Idealfall auch deutlich unterschritten, doch im Problemfall leider auch stark überschritten werden.

Abbildung 8a zeigt eine typische durchschnittlich gelungene Cerec 3D-Restaurations bei der Einprobe. Selbst als kritischer Behandler fällt es schwer, eine solche Restauration als ungenügend abzulehnen. Sofern eine korrekte adhäsive Befestigung erreicht wird, ist von einem solchen Inlay sicher eine dauerhafte Versorgung zu erwarten (Abb. 8b bis d). Die eigentlichen Schwierigkeiten bei Cerec liegen demnach nicht so sehr bei Passung und Präzision sondern in anderen Bereichen (Abb. 9 und 10).

Abb. 8 Cerec-Onlay auf 16 MODP



Abb. 8a Cerec-Onlay 16 MODP nach dem Einstellen der Approximalkontakte und vor der Politur der Okklusalfäche bei der Einprobe



Abb. 8b Dasselbe Onlay 16 MODP direkt nach der adhäsiven Befestigung unter Kofferdam ...



Abb. 8c ... und nach endgültiger Politur



Abb. 8d Röntgenkontrolle

Abb. 9 Im Vergleich dazu laborgefertigte Keramikinlays (Authentic Presskeramik) 24 OD, 25 MOD, 26 MOD (27 für Goldonlay präpariert).



Abb. 9a Inlays bei der Einprobe



Abb. 9b Kavitäten unter Kofferdam



Abb. 9c Direkt nach Aushärtung des Komposites, vor Politur



Abb. 9d Nach der Politur in derselben Sitzung

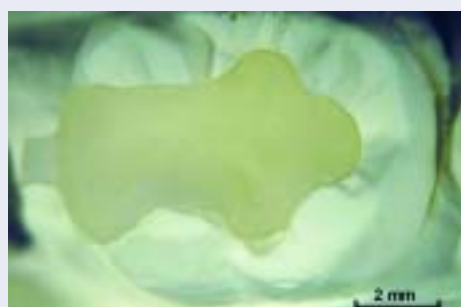


Abb. 10a Cerec-Inlay nach dem Schleifprozess auf den Gipsstumpf (Fuji-Rock, Impregumabformung) eingelegt, ohne jegliche Aufpassung in die Kavität. Kleine Fraktur bukkal im Ausläufer während des Schleifens (Lichtmikroskopaufnahme mit freundlicher Genehmigung Prof. Horst Exner, Laserinst. Mittweida).

Abb. 10 Beispiel einer maximal mit Cerec erzielbaren Passgenauigkeit in einem idealen Fall, da kein mesialer Nachbarzahn vorhanden ist.

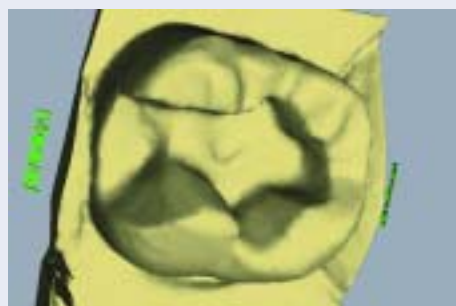


Abb. 10b Kavität in der Bildschirm-darstellung der Cerec 3D-Software



Abb. 10c Röntgenkontrolle nach der adhäsiven Befestigung



Abb. 10d Mit Tetric befestigtes, noch nicht ganz perfekt poliertes Inlay, jedoch trocken fotografiert und deshalb ein „ehrlicheres“ Bild. Es wurde aufgrund der Fraktur ein anderes Inlay zementiert.

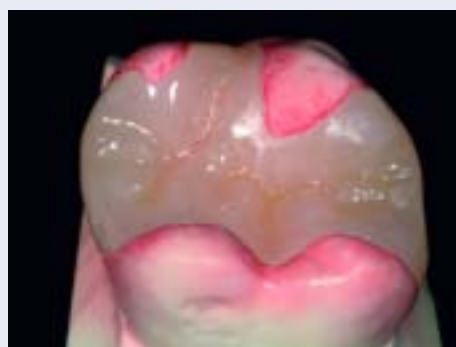


Abb. 10e Dazu zum Vergleich ein laborgefertigtes Inlay auf dem Sägestumpf und ...



Abb. 10f ... nach adhäsiver Befestigung auf getrocknetem Zahn. Die Kauflächenmorphologie ist deutlich schöner und besser. Allerdings erfordert nicht jede Restauration eine derart detaillierte Ausarbeitung.



Abb. 11a Typischer, sehr häufiger Fall eines knapp am Kofferdammgummi gelegenen zervikalen Präparationsrandes am Kastenboden, der durch das Besprühen mit Scan'Spray zugeschwemmt ist. Da die Aufnahme während der Trocknungsphase des Sprays gemacht wurde, erscheint die Oberfläche des Zahnstumpfes leicht glänzend.

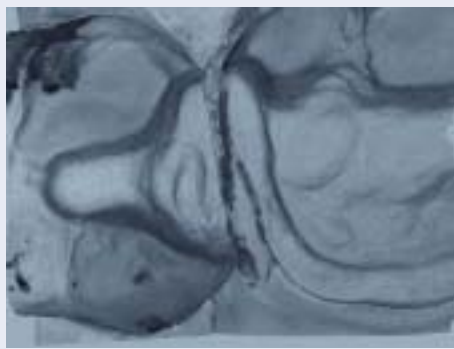


Abb. 11b In der Darstellung des Originalbildes, welches in Cerec 3D auf das 3D-Modell projiziert werden kann, erkennt man die mit der Sonde freige kratzten Ränder.

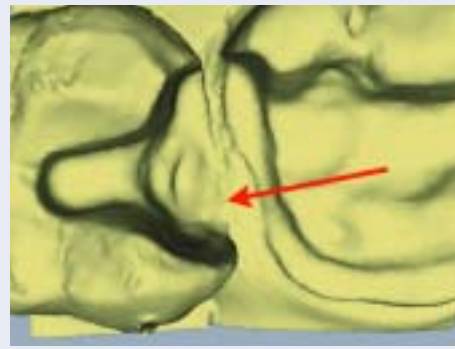


Abb. 11c Dennoch werden diese Bereiche teilweise in der Standard 3D-Ansicht nicht eindeutig dargestellt (roter Pfeil). Dieser Darstellungsmodus ist stark geglättet. Zur Eingabe des Präparationsrandes empfiehlt es sich daher, auf das Originalbild (siehe vorhergehendes Bild) umzuschalten (Leertaste).

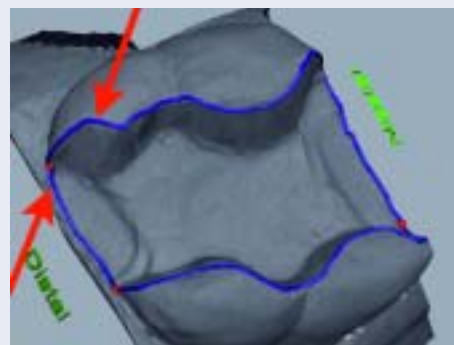
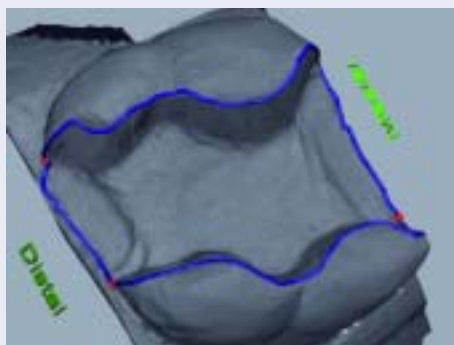
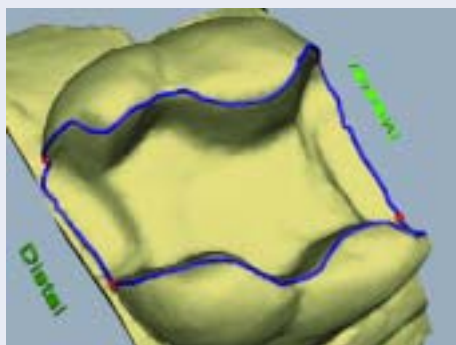


Abb. 11 d bis f Generell empfiehlt es sich zur Kontrolle der halbautomatischen Präparationsrandmarkierung auf das Graustufenbild umzuschalten. Häufig können falsch liegende Bereiche (rote Pfeile) entdeckt werden.

Anwender- und bedienungsabhängige Faktoren

Cerec ist in besonders hohem Maße anwendungsabhängig.

Die eigene Erfahrung zeigt, dass die Methode sehr hohe Ansprüche an die manuelle Geschicklichkeit sowie Konzeptsicherheit des Anwenders stellt. Cerec erfordert Erfahrung und Übung in der Adhäsivtechnik sowie die Beherrschung feinmotorisch schwieriger Handgriffe und die Kofferdampplifikation. Einige Beispiele hierfür seien näher erklärt, wobei sich die Liste sicher noch um einiges fortsetzen ließe:

1. Indikationsstellung und Fallauswahl

Dass der optische Scan subgingival gelegene Präparationsränder nicht gut erfassen kann, liegt auf der Hand. Allerdings werden auch knapp (bis zirka 0,25 mm) supra-gingival verlaufende Kanten nicht eindeutig erfasst, da durch das Besprühen mit dem opaken weißen Puder gerade diese tiefen furchenartigen Bereiche leicht zugeschwemmt werden (Abb. 11). Das bedeutet, dass der Behandler bereits im Vorfeld möglichst sicher sein sollte, dass er die interdental Präparation nur so tief legt, dass ein ausreichender Anteil vertikaler Zahnoberfläche unterhalb der Präparationsgrenze verbleibt.

Es wird zwar herstellerseitig empfohlen [24], zugeschwemmte Kastenböden am

Abb. 12
Bewegt man den Kofferdamgummi mit der Sondenspitze oder Pinzette, dann löst sich das Pulver von der beweglichen Unterlage. Die Präparationsgrenze am Kastenboden wird deutlicher markiert.

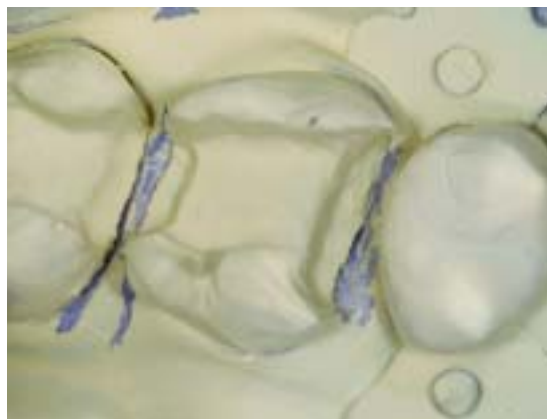


Abb. 13
Zervikaler Präparationsgrenzverlauf, wie er gerade noch optimal von der intraoralen Cerec-Aufnahmeeinheit erfasst werden kann.



Abb. 13a Präparation 25 OD, auf Zahn 26 ist eine Teilkrone geplant



Abb. 13b Mit Scan'Spray beschichtete Zähne unter Kofferdam



Abb. 13c Auf 3D-Modell projiziertes Graustufen-Videobild

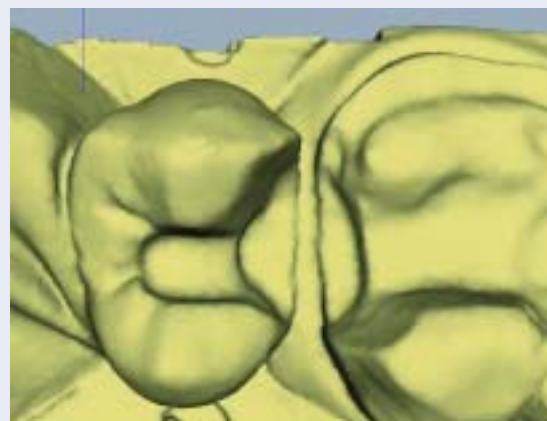


Abb. 13d Geshadete Standarddarstellung der 3D-Software.

Rand mit einer spitzen Sonde freizuschaben. Doch dies ist genau eine der typischen, äußerst schwierigen Übungen, die verbunden ist mit der großen Gefahr, wieder ungewollt Pulver von wichtigen Bereichen zu entfernen. Man benötigt dazu eine sehr sichere Hand. Alternativ kann man versuchen, den Kofferdamgummi interdental mit der Sondenspitze zu zupfen und zu „lupfen“, so dass das Pulver vom Kofferdam abspringt (Abb. 12). Die klinische Rea-

lität sieht so aus, dass der Kastenboden interdental fast immer sehr nah am Kofferdamgummi liegt. Dies ist sicher eine der Hauptschwierigkeiten der gesamten Methodik. In Abbildung 13 ist ein Fall dargestellt, dessen Randverläufe gerade noch optimal gescannt werden können. Häufig lassen sich tief gelegene interdentale Präparationsgrenzen nach Elektrotomie der Gingiva relativ gut scannen, sofern hierfür ein Kofferdam dicht angelegt werden kann.

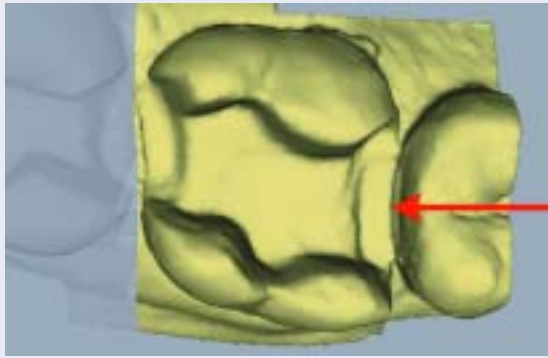


Abb. 14a Bei nah aneinander stehenden Zähnen reicht das Auflösungsvermögen der Aufnahmeeinheit nicht aus, um den Spalt darzustellen.

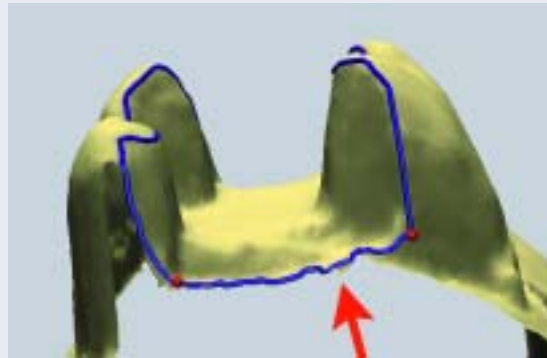


Abb. 14b In solchen Fällen ist eine definierte glatte Präparationsgrenzenmarkierung schwer möglich.



Abb. 15a Präparation im Mund (25 OD, 26 MO)



Abb. 15b Beschichtung mit Scan'Spray

Abb. 15
Problem bei ungenügender Separation

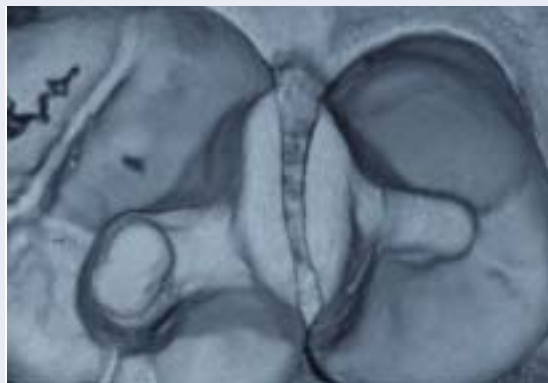


Abb. 15c Aufnahme

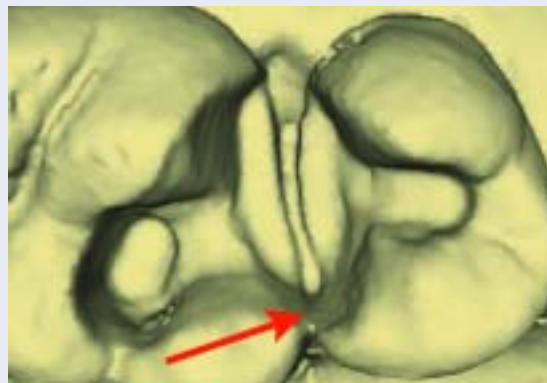


Abb. 15d
3D-Datensatz in der Cerec 3D-Software. Verschmelzung der beiden Zähne approximal (roter Pfeil)

Eine ähnliche Problematik zeigt sich bei nahe aneinander stehenden Zähnen. Bei der intraoralen Aufnahmetechnik sind geringe interdentalen Platzverhältnisse grundsätzlich problematisch, da ausschließlich einsehbare Bereiche vermessen sind und sehr enge Interdentalspalten von der Kamera nicht mehr aufgelöst werden können (Abb. 14). Weiterhin erfordern die Schichtdicke des Pulvers und die Kameraauflösung auch ein Mindestmaß an Separation der Kastenflanken, da sonst kein Spalt dazwischen erkannt wird (Abb. 15).

Während hierauf bei laborgefertigten Inlays überhaupt keine Rücksicht genommen werden muss, solange sich die Zähne nicht berühren, müsste bei Cerec in einem solchen Fall unnötigerweise gesunde Zahnschubstanz entfernt oder interdental im Schmelzbereich separiert werden.

Die in Abbildung 16 beschriebene Problematik der approximalen Unterschnitte lässt sich beheben, indem Zähne mit ausgeprägter Wölbung oder hoch liegendem Äquator durch verschiedene Aufnahmen vermessen werden. Die Software kann mehrere Auf-

Abb. 16 Problem der approximalen Unterschnitte



Abb. 16a Die intraorale Vermessung erfolgt in der Regel durch eine einzige Aufnahme aus der Einschubrichtung.

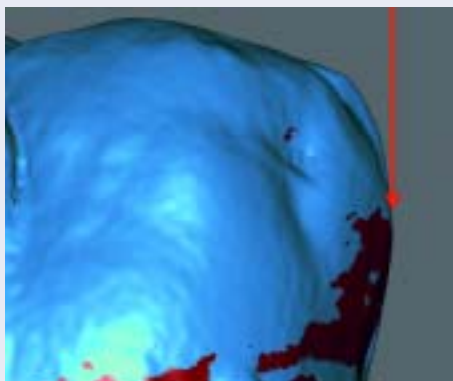


Abb. 16b Daher können untersichgehende Bereiche nicht erfasst werden (rot markiert). Innerhalb der Kavität spielt das keine Rolle, da das Befestigungsmaterial automatisch eventuell unerwünschte Unterschnitte ausblockt. Falls ein Zahn im approximalen Bereich stark gewölbt ist, kann seine Außenkontur nicht korrekt dargestellt werden. Einige Zähne, vor allem Prämolaren, sind an dieser Stelle besonders konvex (roter Pfeil = Aufnahme- richtung, kompletter 3D-Scan des Zahnes).

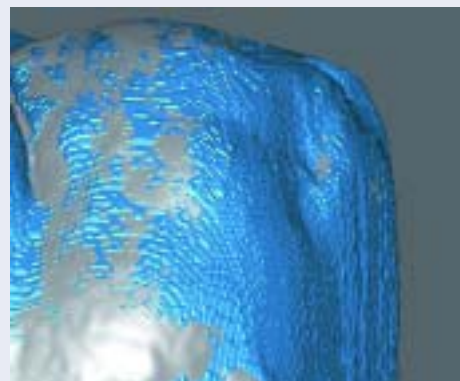


Abb. 16c Die Software ergänzt diese Stellen mit senkrechten Flächen (blau: Cerec-Scan, silber: kompletter 3D-Scan). Dieses Ausblocken erfolgt auch am unpräparierten Nachbarzahn, was bedeutet, dass die Approximalkontakte bei der Modellation nicht zu weit nach zervikal gelegt werden dürfen, da sie später zu schwach oder gar nicht vorhanden sind.

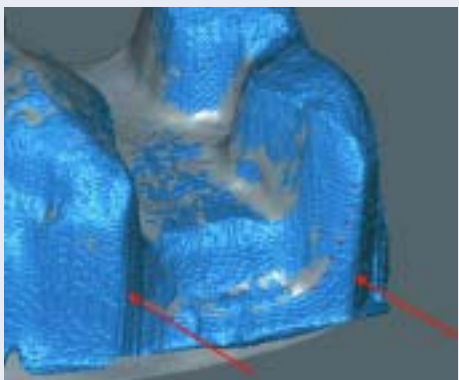


Abb. 16d Problematisch zeigt sich dadurch die Bildgebung der Präparationsgrenzen an den Kastenflanken unterhalb des Zahnäquators. Hier verlaufen die Präparationsränder in einem flachen Bereich (rote Punkte) und können demnach nur schwer erkannt werden. Durch die senkrechte Ergänzung werden falsche Kanten erzeugt (rote Pfeile). Die automatische Kantenfindung der Cerec 3D-Software liefert hier noch keine optimalen Ergebnisse. Klinisch betrachtet resultieren hier positive Stufen (überstehende Inlayränder).

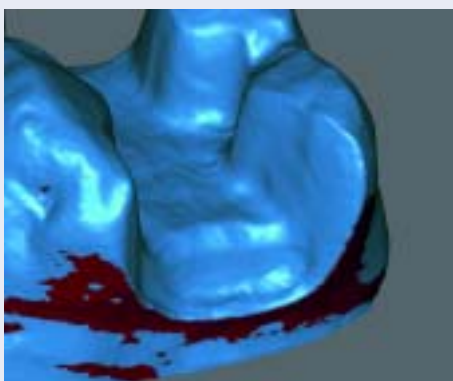


Abb. 16e Im Vergleich zu d die Originalgeometrie

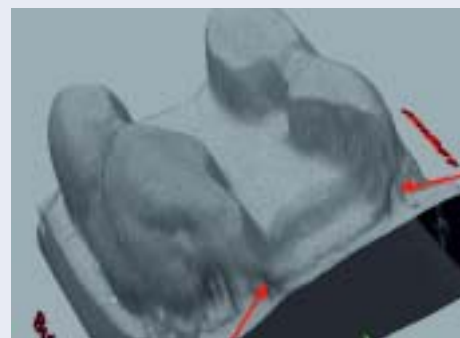


Abb. 16f Die Präparationsgrenze ist bei nicht untersichgehender Präparation auf jeden Fall vollständig erfasst. Um diese bei der Eingabe der Präparationsgrenzen besser zu erkennen, empfiehlt sich die Umschaltung auf das Messbild, das auf die 3D-Geometrie projiziert wird.

nahmen zu einem Datensatz zusammenlegen, so dass mit einer oder zwei zusätzlichen mesio- oder distoexzentrischen Aufnahmen auch die subäquatorialen Bereiche erfasst werden können. Weite Approximalräume sind hierfür Voraussetzung, da kleine Interdentalräume auch hierbei hinderlich sein können. Diese dargestellten Fallbeispiele sind typische Fälle, auf die bei laborgefertigten Inlays überhaupt keine Rücksicht genommen werden muss. Diese Probleme sind daher auch deshalb aufgetreten, weil wir durch die jahrelange eigene Praxis mit Laborinlays diese nicht vorhergesehen haben. Hier zeigen sich deutlich die wesentlichen Prinzipien bei der Arbeit mit dem Cerec-Gerät:

- ❑ Es muss maschinengerecht gearbeitet werden. Das kann sich stark von den bisher gewohnten Bedingungen unterscheiden.
- ❑ Es muss kontinuierlich mitgedacht werden und Lösungen für verschiedenste Schwierigkeiten, die zwangsläufig immer wieder auftreten, müssen gefunden werden.
- ❑ Jeder muss für sich selbst entscheiden, wo die Grenzen des Cerec liegen, und diese zugunsten der konventionellen Versorgung konsequent einhalten.

Es ist nicht richtig, jede klinische Situation durch eine einzige Methode bewältigen zu wollen, da die Zahnmedizin aus Sonderfällen und nicht aus dem einfach zu versorgenden

Regelfall besteht. In Bezug darauf stellt die Cerec-Methode ein eher limitiertes Verfahren im Vergleich zu konventionellen Versorgungen dar: Wenn beispielsweise eine Behandlung bereits mit Cerec begonnen wurde und in ihrem Verlauf unvorhergesehene Komplikationen auftreten, bietet diese Methode wenig Handlungsspielraum. Die Anwendung selbst jedoch findet in der Regel chairside statt, was die Patienten beeindruckt und damit ein nicht zu unterschätzendes Marketing-Tool darstellt.

Solche Situationen können aber auch in das Gegenteil umschlagen, falls Aufnahmen zu oft wiederholt werden müssen oder schließlich eine Umplanung zugunsten einer konventionellen Inlay-Versorgung durchgeführt werden muss. Eine abgebrochene Cerec-Behandlung wird sich auf den Zahnarzt und die hochgepreisene Technologie negativ auswirken.

Da Cerec den Behandler psychologisch in gewisser Weise nötigt, eine begonnene Behandlung auch mit Cerec zu beenden, ist die Gefahr groß, Kompromisse einzugehen. Insbesondere auch deshalb, weil man Fehler, die durch bessere Präparation hätten vermieden werden können, entweder erst nach der Modellierung am PC oder gar erst nach der Fertigstellung des Inlays feststellen kann. Es erfordert Disziplin und Anspruch an sich selbst, in einem solchen Fall die gesamte Behandlung von vorne zu beginnen. Einfacher ist es, ein Inlay, das beim Schleifvorgang beschädigt oder falsch modelliert wurde (beispielsweise bei zu schwachem Approximalkontakt) nochmals neu schleifen zu lassen. Das dauert mit einem 1,2 mm Zylinderdiamanten höchstens 18 Minuten.

Anfängern sei unbedingt geraten, eine Cerec-Behandlung nicht so zu terminieren, dass man unter Zeitdruck steht, falls etwas wiederholt werden muss. Denn das wird am Anfang häufiger vorkommen. Umso wichtiger ist die sorgfältige Auswahl der Fälle, wobei niemand dazulernt, wenn er nicht ausprobiert.

Eine realistische Alternative, mit der man die meisten Komplikationen des intraoralen Scans umgehen kann, stellt der extraorale Scan dar (Abb. 17). Mit einer konventionellen Abformung und Modellherstellung lassen sich mehr Strukturen und Feinheiten erfassen, als mit dem optischen Scan. Mit einem zurüstbaren Laserscanner lassen sich solche Modelle auch ohne Mundkamera vermessen. Allerdings bedeutet dies erheblich mehr Aufwand und die Abkehr von der

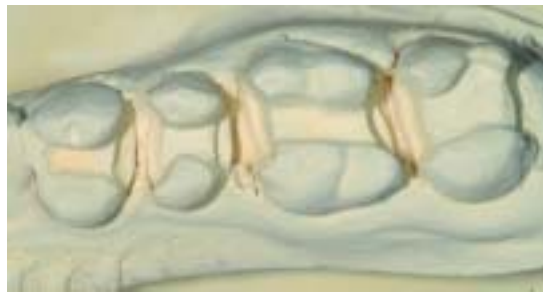


Abb. 17
Opakisiertes Gipsmodell einer Inlaystraße zum extraoralen Scan

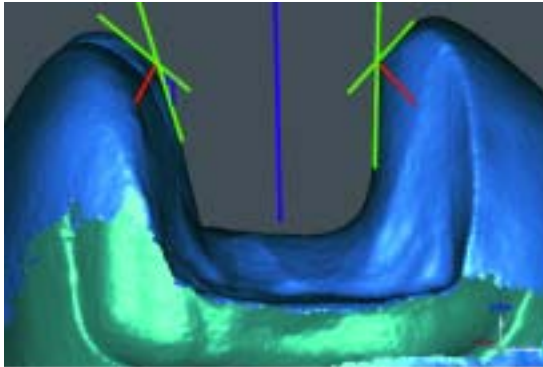


Abb. 18
An steilen inneren Abhängen der Kaufläche sind stumpfe Winkel nicht zu vermeiden (grün), da die Präparation untersichgehend ist, wenn ein 90°-Winkel präpariert wird (rot).

Chairside-Methode mit vielen Vorteilen, nicht zuletzt den wirtschaftlichen. Hierzu sind auch zwei Behandlungssitzungen und eine provisorische Versorgung nötig.

2. Präparation

Bei Cerec muss sich der Behandler stark nach den Vorgaben der Maschine richten, um Nachteile zu vermeiden. An den grundlegenden Präparationsregeln für Keramikinlays ändert sich prinzipiell nichts, doch sind zusätzlich einige Dinge zu berücksichtigen.

Die in Abbildung 16 erläuterte Problematik der approximalen Unterschnitte ist umso weniger ausgeprägt, je weniger steil man die seitlichen Kastenwände präpariert. Es empfiehlt sich also, wenn möglich, hier eher offen zu präparieren. Je tiefer der Kasten, desto mehr Substanz muss geopfert werden. Sehr tiefe Kästen sind für Cerec grundsätzlich schlechter geeignet.

Die Präparationsregel besagt, dass alle Kavitätenswände am Rand idealerweise einen Winkel von 90° zur Oberfläche bilden sollen. Dies ist nicht immer möglich, da bei steileren inneren Abhängen der Okklusalfäche automatisch stumpfe Winkel entstehen. In diesem Fall könnte nur eine untersichgehende Präparation einen 90° Winkel bilden (Abb. 18). Die Inlayränder sind an solchen Stellen spitzer auslaufend als 90°.

Bei laborgefertigten Inlays bereitet dies keine Schwierigkeiten, da sich auch federandartige Inlayränder sowohl in der Schichttechnik, als auch mit Presskeramik gut herstellen lassen. Mit Cerec können

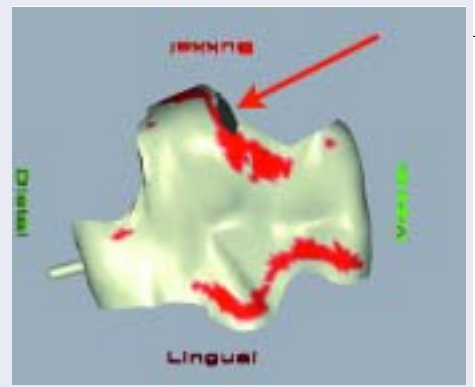
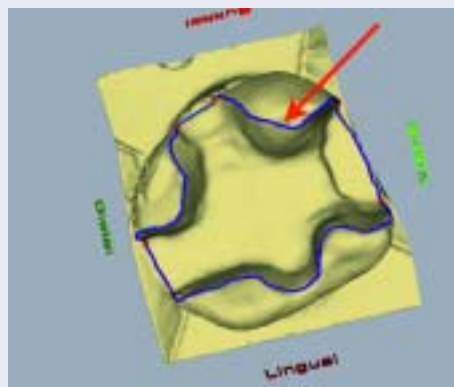
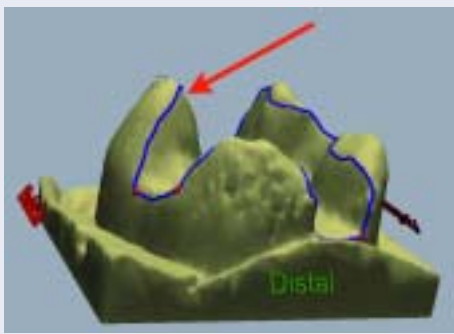


Abb. 19 a bis f Problematischer Bereich bei flachen okklusalen Präparationswinkeln (roter Pfeil). Bei der Verwendung von 1,2 mm Zylinderdiamanten (e, f) anstelle von 1,6 mm Durchmesser (c, d) können diese Probleme weitgehend vermieden werden.

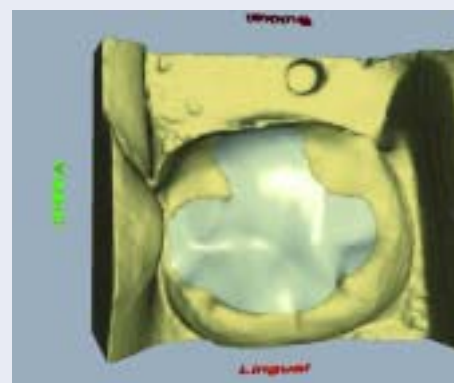
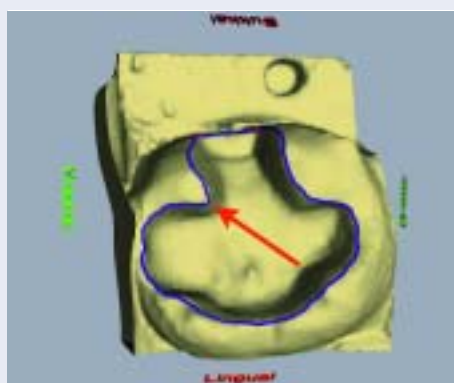
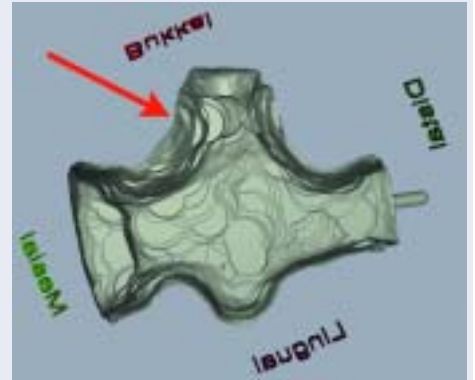
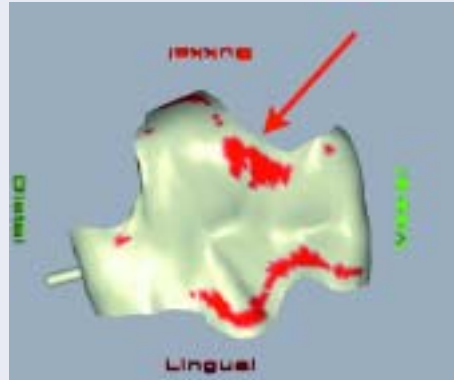
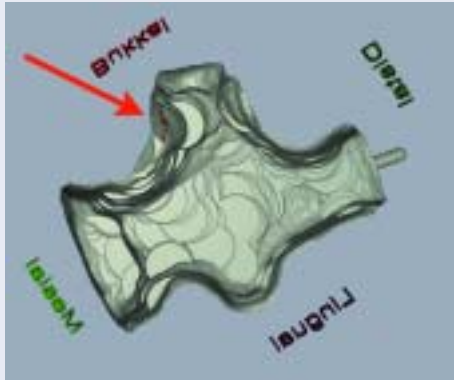


Abb. 20
Da der Zylinderdiamant in der Schleifeinheit von basal stirnseitig schleift, bestimmt sein Durchmesser Minimalstärke und Durchmesser (von okkusal gesehen) in die Präparation ragende Zahnanteile. Alles was dünner ist, wird dennoch stärker hohlgeschliffen, was nicht selten Frakturen des Inlays während des Schleifprozesses zur Folge hat.

Abb. 20a Problematische in die Präparation ragende Zahnanteile (roter Pfeil)

Abb. 20b Inlaymodellation von okkusal

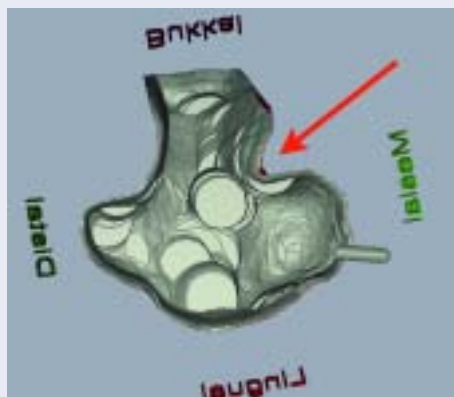


Abb. 20c Schleifvorschau mit einem 1,6 mm-Zylinderdiamanten von basal. Bei diesem Inlay brach während des ersten Schleifens mit einem 1,6 mm-Diamanten der bukkale Ausläufer an der dünnsten Stelle ab.

Abb. 20d Dasselbe Inlay mit 1,2 mm Zylinder wird wesentlich materialschonender bearbeitet.

aufgrund des Schleifmodus im Gegensatz zu seitlichen Flanken okklusale dünne Bereiche problematisch sein (Abb. 19). Es sollte auf jeden Fall versucht werden, solche Bereiche bereits bei der Präparation zu vermeiden. Diese Probleme werden wesentlich reduziert, wenn anstelle der 1,6 mm Schleifer ausschließlich die Zylinder-Diamanten mit 1,2 mm Durchmesser in der Schleifeinheit verwendet werden. Die Schleifdauer erhöht sich zwar um zirka 70 Prozent, doch die höhere Genauigkeit und die selteneren Brüche des Werkstückes während des Schleifens heben diesen Nachteil auf.

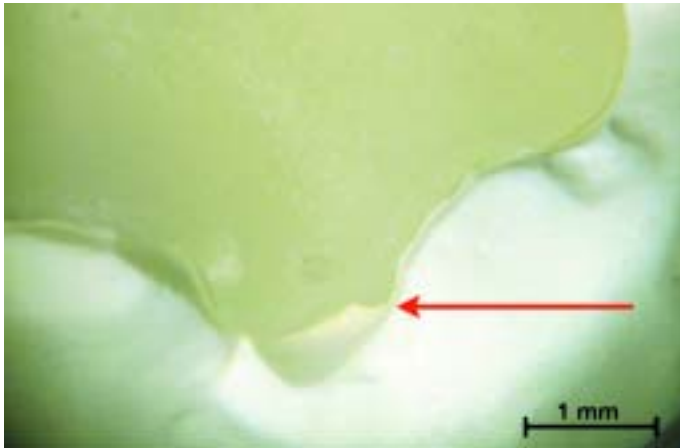


Abb. 21 Kleine Randfrakturen, die an dünn auslaufenden Randbereichen relativ häufig während des Schleifvorganges auftreten.

Diese Brüche treten vor allem dann auf, wenn aufgrund der Geometrie das Inlay von basal zu stark hohlgeschliffen werden muss (Abb. 20). In erster Linie ist darauf zu achten, dass aus okklusaler Sicht keine zu kleinen Innenradien und zu dünn belassene Höckeranteile geschliffen werden müssen. Übergänge zu Ausläufern oder Flanken von approximalen Kästen müssen sanft erfolgen, denn wenn der Radius des Zylinderdiamanten größer ist als der Richtungswechsel der Präparation oder der Dicke eines in die Präparation ragenden Zahnanteils, dann muss von der Cerec-Schleifeinheit das Inlay an dieser Stelle um einiges stärker ausgeschliffen werden, damit es störungsfrei in die Kavität passt. Auch in diesem Fall wird die Präparation wesentlich erleichtert, wenn in der Schleifeinheit ausschließlich Zylinderdiamanten mit 1,2 mm Durchmesser verwendet werden.

Generell fällt auf, dass ab und zu sehr kleine Frakturen (zirka 1 mm³) während des Schleifprozesses am Randbereich insbesondere bei Ausläufern auftreten (Abb. 21).

Wenn nach korrekter Bepuderung die richtigen Voreinstellungen erarbeitet wurden, muss kaum ein Inlay aufgepasst werden. Die Inlays lassen sich dann immer störungsfrei einsetzen. Die Parameter der Voreinstellung müssen von jedem Anwender individuell eingestellt werden, was aufwändig sein kann, da es keinerlei Anhaltspunkte gibt.



Abb. 22a Intraorale Aufnahmeinheit. Die distale Stütze ...



Abb. 22b ... ist abnehmbar.

3. Optische Konditionierung und Intraoralscan

Dieser Schritt stellt aufgrund der hier vorgestellten Erfahrungen die anspruchsvollste Komponente dar, bei der die meisten Fehler in der gesamten Prozesskette entstehen. Wie erwähnt, ist das Beschichten mit dem eher lackartigen Scan'Spray (Dentaco), dem mehr puderartigen Cerec Powder vorzuziehen. Es lässt sich einfacher und gleichmäßiger auftragen. Starke Schwankungen sind je nach Füllungszustand der Sprühdose zu erkennen. Diese muss vor der Anwendung sehr gründlich geschüttelt werden. Kofferdam ist anzuraten, insbesondere weil die Entfernung des Lacks von Gingiva und Schleimhaut recht mühsam ist.

Das Besprühen darf nicht hastig erfolgen, sondern idealerweise in drei bis fünf dünnen Schichten, die jedes Mal mit dem Luftbläser sanft zwischentrocknet werden, damit das Lösungsmittel verdunstet. Dies erfordert Geduld, zumal es nicht immer einfach ist, den korrekten Abstand des Sprühkopfes, die gewünschte Sprührichtung und den richtigen Sprühdruck zu erzielen. Vor allem im Molarenbereich gibt es hier meistens Schwierigkeiten.

Die Aufnahme mit der Intraoralkamera ist in erster Linie bei Einzelzähnen nicht besonders schwierig. Eine Ausnahme bildet ein endständiger Zahn, da hier die distale Stütze der Kamera nirgends aufgesetzt werden kann (Abb. 22). Eine freihändige Aufnahme ist nicht verwacklungsfrei zu erreichen. In

Abb. 23
Kommt die Glasfläche der Kamera mit dem bepuderten Zahn in Berührung, dann bleibt Lack haften und führt zu Messfehlern an dieser Stelle. Dies sollte unbedingt vermieden werden.



Abb. 24
Quadrantensanierung mit mehreren zusammengelegten Aufnahmen

Abb. 24a
In diesem Fall waren insgesamt sieben Aufnahmen notwendig um drei geeignete Bilder zu erhalten. Die Aufnahmen sollten im gelben Fenster der Reihe nach richtig sortiert sein, da sonst Probleme bei der Korrelation entstehen können.



schwierigen Fällen empfiehlt es sich eine individuelle Silikonstütze anzufertigen. Setzt man die Kamera mit der Glasfläche auf Höckerspitzen auf, dann verwischt man einerseits das Pulver auf dem Zahn, andererseits haftet es an der Kamera und führt zu Fehlmessungen an dieser Stelle (Abb. 23).

Im Vergleich zu Aufnahmen von Einzelbildern ist es etwas schwieriger, mehrere Aufnahmen zu erstellen, die dann zu einer Gesamtaufnahme zusammengefügt werden (Abb. 24). Voraussetzung hierfür ist, dass jede Einzelaufnahme ausreichend gut gelingt, wofür gelegentlich mehrere Versuche erforderlich sind. Weiterhin müssen sich die Aufnahmen um mindestens 8 mm überlappen [25, 26]. Es ist nicht zu vermeiden, dass durch das Aufstützen der Kamera Pulver an den Zähnen verwischt wird, was zu Fehlstellen führt. Daher ist es sinnvoll, distal zu beginnen und nach mesial zu erweitern. Sobald jedoch eine Aufnahme wiederholt werden muss, wird die Fehlstelle erfasst (Abb. 24a).

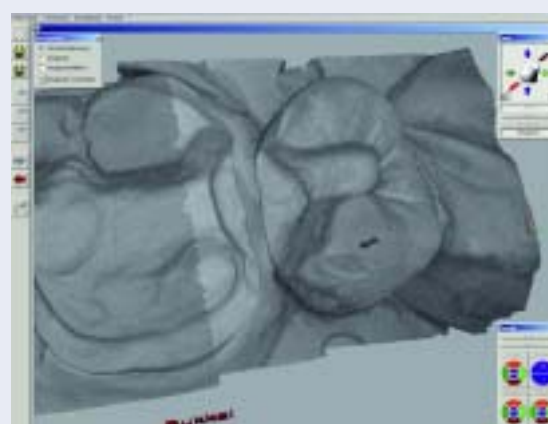
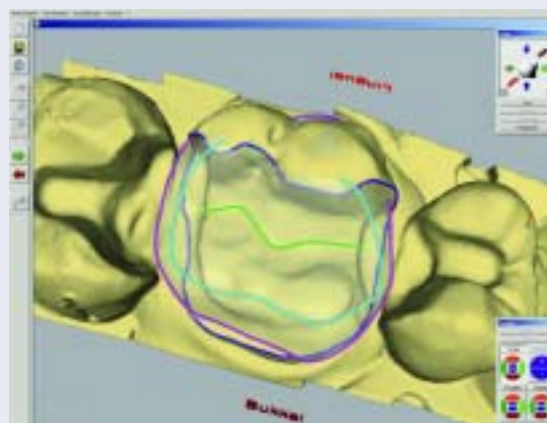


Abb. 24 b und c Die zusammengerechneten Aufnahmen in der 3D-Darstellung

Abb. 24d
Der Gesamtdatensatz



Als noch größere Schwierigkeit stellt sich die Quadrantensanierung in Kombination mit Aufnahmen des Quadranten im Originalzustand oder von Registraten dar. In diesem Zusammenhang stellt insbesondere die Möglichkeit die Antagonistenfläche mit aufzunehmen, eine wertvolle Funktion dar. Dies ist auch für Quadranten vorgesehen. Bei Versorgung von mehr als einem Zahn reagiert das System sehr empfindlich auf kleine Abweichungen der Handhabung. Die Einzelaufnahmen der Antagonistenfläche müssen sowohl miteinander als auch mit der Präparation in Übereinstimmung gebracht werden. Das Zusammenrechnen dieser Daten verzeiht keine Ungenauigkeit.

Abb. 25 Zwei Fälle, in denen erfolglos versucht wurde, mehrere Präparationen und ein Registrat zusammen aufzunehmen.



Abb. 25a Intraorale Situation der beschichteten Präparation mit dem Registrat (Metalbite, R-dental). Man erkennt die Abnutzungen am 7er durch die Kamerastütze.



Abb. 25b Die rot durchkreuzten Aufnahmen werden von der Software bereits bei der Aufnahme als nicht verwendbar gekennzeichnet. Obwohl die Antireflexionsschicht des 5ers unversehrt ist, gelingt es nicht, diesen Bereich zu scannen.

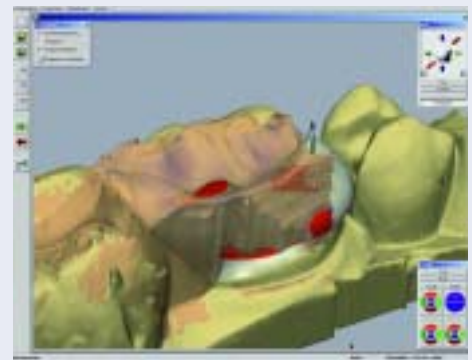


Abb. 25c Am 5er fehlt die Antagonistenfläche



Abb. 25d Keine besonders schwierig erscheinende Situation. Die Abstützung der Kamera auf dem endständigen 7er ist dennoch kompliziert.



Abb. 25e Es gelingt nicht, eine akzeptable Aufnahme des Registrates am 7er zu machen.

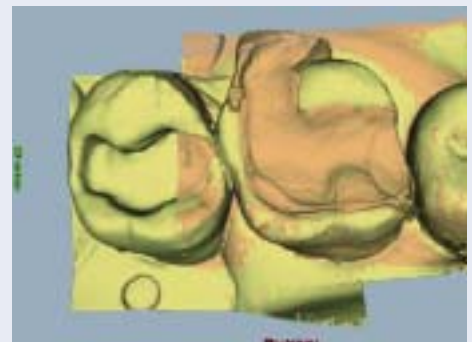


Abb. 25f Unvollständige Antagonistenfläche

ten und funktioniert nur unter optimalen Bedingungen, wie sie klinisch selten vorliegen. Bei der Anwendung direkt im Patientenmund konnten vom Autor bisher selten zufrieden stellenden Ergebnisse erreicht werden (Abb. 25). Hier ist bei zukünftigen Versionen auf jeden Fall mit Verbesserungen zu rechnen.

Diese Problematik existiert nicht, wenn ein Gipsmodell mit dem als Option erhältlichen Laserscanner vermessen wird, da hier die Positionen eindeutig fixiert sind. Hinzu kommt, dass bei so vielen Aufnahmen das System sehr lange arbeitet und erst nach einiger Wartezeit ersehen werden kann, ob die Aufnahmen gelungen sind.

4. Modellation

Grundsätzlich ist die Modellation der Inlays am Bildschirm mit der Cerec 3D-Software

einfach und schnell zu bewerkstelligen [1]. Sowohl hinsichtlich Zeitaufwand als auch Genauigkeit der Modellation ist die 3D-Software der herkömmlichen [COS] Version überlegen [27]. Die Software bietet alle notwendigen Funktionen, um Restaurationen wahrheitsgetreu dreidimensional zu gestalten. Die Bedienung ist selbst ohne tief gehende Computervorkenntnisse nicht schwer zu erlernen. Die intuitive Software ist die Grundvoraussetzung, dass Cerec für die breite Masse der Anwender überhaupt in Frage kommen kann. Perfekt ist sie jedoch noch nicht.

Mit den Vorgängerversionen, bei der man zweidimensional konstruieren musste, hat das nichts mehr gemein. Das Hauptproblem besteht allerdings darin, dass eine wirklich naturgetreue und funktionelle Modellation, für die ein Zahntechniker viel Zeit, Erfahrung und Know-how aufwendet,

Abb. 26a
Bei wenig Rest-
zahnschubstanz
können die
Modellier-
vorschläge ...

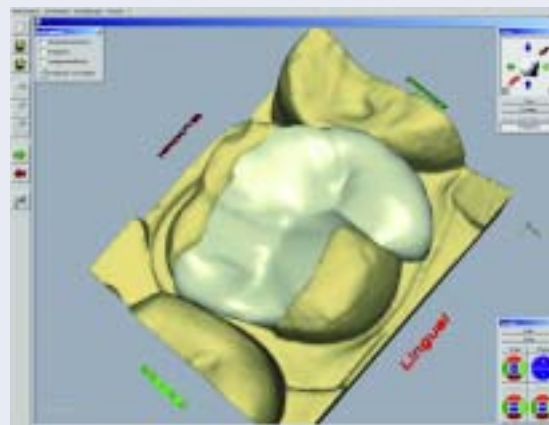
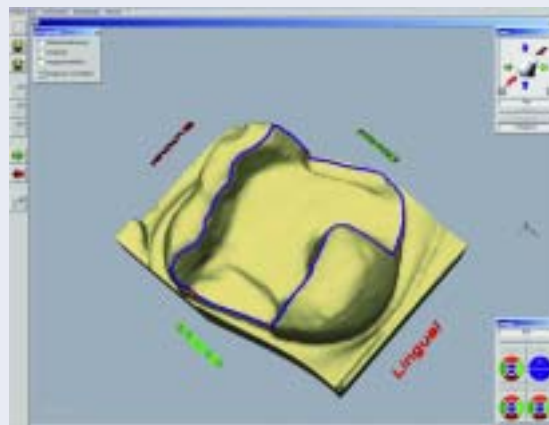


Abb. 26b
... deutlich von
dem gewünsch-
ten Ergebnis ab-
weichen ...

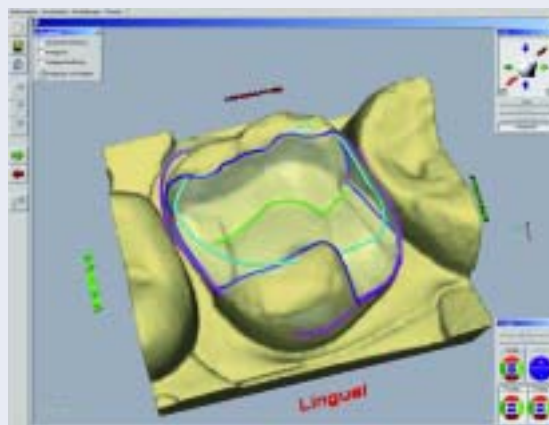
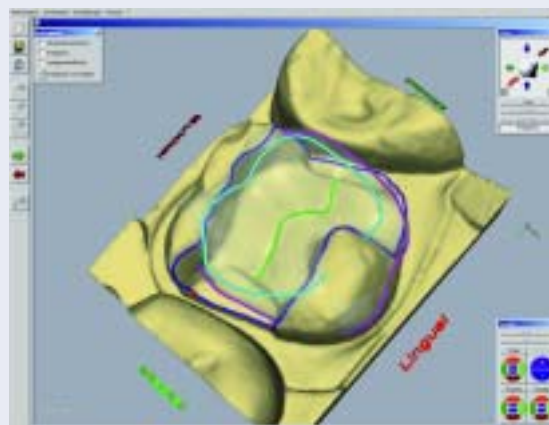
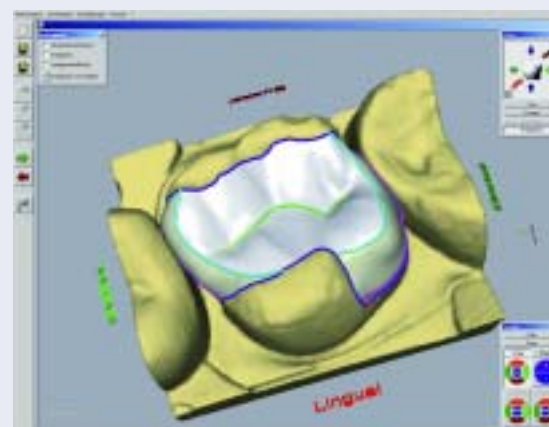
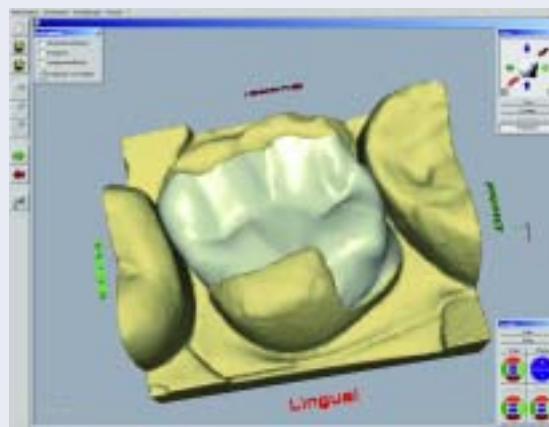


Abb. 26 c und d ... und viel Nacharbeit erfordern. Mit dem Werkzeug „Inlay Positionieren“ kann der gesamte Kauflächenvorschlag neu skaliert, rotiert und verschoben werden.

Abb. 26 e und f
Danach kann die
Form mit verschie-
denen Werkzeugen
korrigiert
werden. Diese
Werkzeuge
ermöglichen bei-
spielsweise das
Verschieben einzel-
ner Segmente
(in f weiß mar-
kiert), das Neu-
zeichnen oder
Verschieben der
bunten Konstruk-
tionslinien, das
Erhöhen oder
Abflachen indivi-
duell markierba-
rer Linien und
Bereiche oder das
punktweise virtu-
elle Aufwachsen
beziehungsweise
Glätten mit einem
Tropfenwerkzeug.



nicht in wenigen Minuten möglich ist. Weiterhin ist ein Zahnarzt gerade in der Detailtreue nicht so geübt wie ein Zahntechniker. Theoretisch ist es möglich, ein Inlay funktionell korrekt und naturgetreu zu modellieren. Dies würde aber viel Zeit in Anspruch nehmen und ist dadurch unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten problematisch.

Eine Schwäche in Bezug auf die Modellation stellt die uniforme Zahndatenbank dar.

Sie führt häufig zu unzureichenden Kauflächenvorschlägen. Je weniger restliche Zahnhartsubstanz vorhanden ist oder je stärker der Zahn vom Standardzahn der Software abweicht, umso mangelhafter ist die vom Computer vorgeschlagene Kaufläche (Abb. 26 a, b). Eine ausreichende Anzahl ausgefeilter Modellationswerkzeuge ist zwar vorhanden, um diesen Kauflächenvorschlag zu skalieren, zu rotieren und zu verschieben, sowie weitere gezielte Korrekturen vorzunehmen (Abb. 26 c-e), was jedoch verhältnismäßig zeitraubend ist.

Abb. 27 In der 3D-Software lässt sich die Kaufläche an ein virtuelles statisches oder FGP-Registret anpassen.

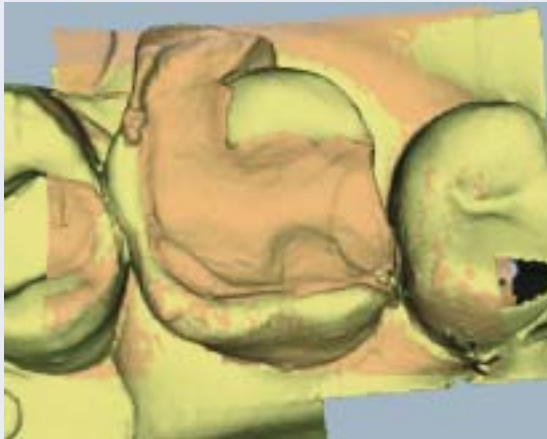


Abb. 27a Präparation mit eingeblendeter räumlich korrekt zugeordneter transparenter Antagonistenfläche.

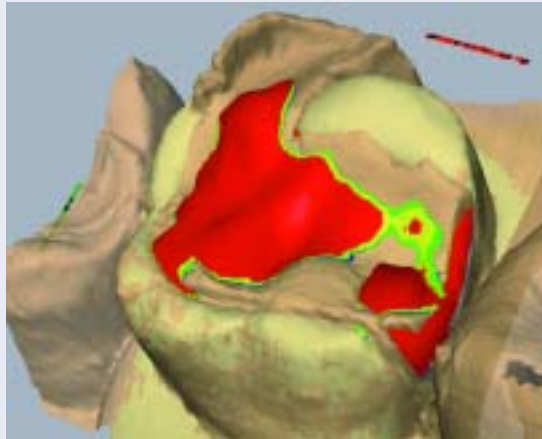


Abb. 27b Der Kauflächen-vorschlag durchdringt die Gegenkaufläche bei dieser flachen Kaufläche sehr stark. Ohne eine vorherige Korrektur am Bildschirm, müssten die roten Bereiche im Mund massiv eingeschliffen werden. In diesem Fall betrifft das fast die gesamte Kaufläche (Die Farben bedeuten: rot = Durchdringung >100 µm; gelb = Durchdringung 50 bis 100 µm; grün = Durchdringung 0 bis 50 µm; blau = Distanz 0 bis 100 µm; weiß = Distanz > 100 µm).

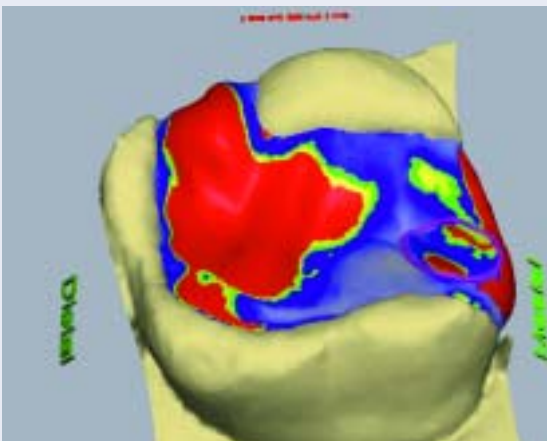


Abb. 27c Durch gezieltes Absenken von ausgewählten Bereichen (violett umrandet) und durch die Nutzung anderer Werkzeuge lässt sich die Kaufläche adaptieren.

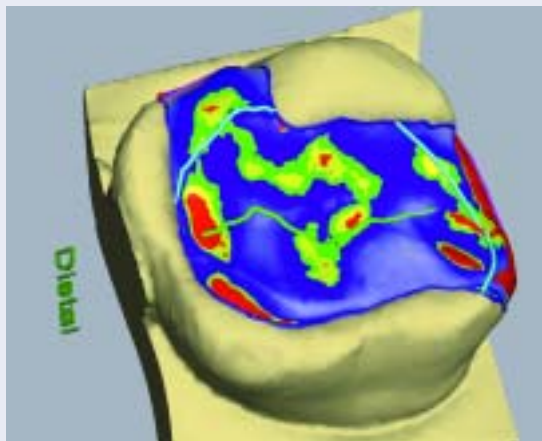


Abb. 27d Fertig angepasste Okklusion, die Farbkodierung gibt den Abstand zur Gegenfläche an.

Eine wesentliche Hilfe bei der Modellation der Kaufläche stellt die Möglichkeit dar, die Gegenbezahnung mittels eines statischen oder funktionellen Registrates mit aufzunehmen und einzublenden [28]. Es ist sinnvoll, diese Option bei jeder Modellation zu nutzen, da der Systemvorschlag in der Regel stark von der tatsächlichen Okklusion abweicht (Abb. 27).

Das System orientiert die Präparation und die Antagonistenfläche aus zwei unterschiedlichen Aufnahmen räumlich exakt zueinander. Voraussetzung hierfür ist, dass auf beiden Aufnahmen ausreichend identische Oberflächen vorhanden sind. Hierzu muss das Registret bis auf die Kavitäten ausmaße mit einem Skalpell zurechtgeschnitten werden. Außerdem ist es wichtig, dass auf beiden Aufnahmen (Präparation und Antagonistenfläche) der zu behandelnden Region mesial und distal ausreichend

unversehrte identische Referenzoberflächen erfasst werden.

Während dieses Verfahren bei Einzelzähnen in der Regel problemlos funktioniert, ist es bei mehreren Zähnen (Quadrantensanierung) wie oben beschrieben kaum zu bewerkstelligen (siehe Abb. 28).

Es erfordert Erfahrung, auf welche Stärke die Okklusion eingestellt wird, da oft das Registret in die mit Pulver beschichtete Kavität nicht mehr vollständig eingepasst werden kann. Wenn die Kontakte zur Sicherheit nicht exakt auf Null eingestellt sondern minimal verstärkt werden, um sicher keine Infraokklusion zu erhalten, und eine solche Bisserrhöhung zusätzlich hinzukommt, dann können wieder größere Einschleifkorrekturen notwendig werden. Diese Situation zeigt sich bei dem in Abbildung 28 gezeigten Fall.

Abb. 28 Ein Behandlungsfall mit Erfassung der Antagonistenfläche unter Zuhilfenahme eines FGP-Registrates (so genannte Korrelation)



Abb. 28a Alte Amalgamfüllungen bei einer 37-jährigen Patientin an den Zähnen 46 und 47

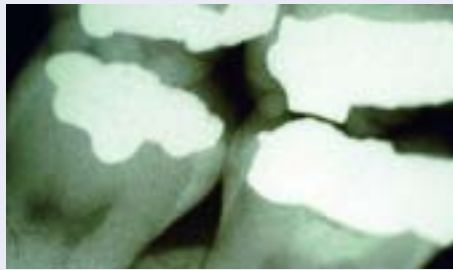


Abb. 28b Röntgenaufnahme zeigt Approximalkaries interdental 46 und 47



Abb. 28c Kavitäten 46 MOD und 47 MO, nach Amalgamentfernung und Kontrolle mittels Kariesdetektor



Abb. 28d Kavitäten nach dentinadhäsiver Unterfüllung (TetricFlow) und Elektrotomie interdental, da die zervikalen Präparationsgrenzen an den Kastenböden genau auf Gingivaniveau lagen.



Abb. 28e FGP-Registral (Metalbite, R-Dental). Es ist bereits so weit wie möglich mit einem Skalpell zurückgeschnitten. Im Gegensatz zu einem statischen Registral lässt man den Patienten Kaubewegungen während des Aushärtens durchführen. Die Antagonisten sollten mit Vaseline isoliert werden. Das Registral wird nach der Präparation erstellt, aber erst nachdem die Zahnstümpfe mit Pulver versehen wurden in die Kavität eingebracht und vermessen.



Abb. 28f Die Präparationen nach Kofferdamapplikation. Die interdentalen Präparationsgrenzen liegen ausreichend frei.



Abb. 28g Aufbringen der Antireflexionschicht mit Scan'Spray. Bei Molaren ist es aufgrund des erschwerten Zugangs deutlich schwieriger, einen gleichmäßigen Auftrag zu erzielen.



Abb. 28h Nach dem ersten Scan wird das Registral wieder eingesetzt und aufgenommen. Es lässt sich aufgrund der Pulverbeschichtung oder leichter Dimensionsveränderungen nicht 100-prozentig exakt reponieren.



Abb. 28i Wie bereits beschrieben, gelingt es kaum, bei mehr als einer Präparation die Antagonistenfläche zu korrelieren. Obwohl die Pulverbeschichtung auf Zahn 47 leicht ungleichmäßig war, traten hier keine Komplikationen auf. Diese zeigten sich interessanterweise nur im Bereich des unversehrt bepuderten Zahnes 36. Möglicherweise ist die Kavität zu groß und die Anzahl identischer Oberflächen nicht ausreichend. Weiterhin könnte sich auch die Anwesenheit einer Kofferdamklammer als eindeutige Referenz auswirken.

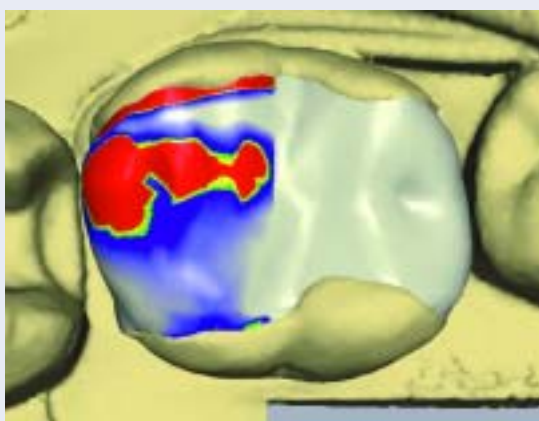
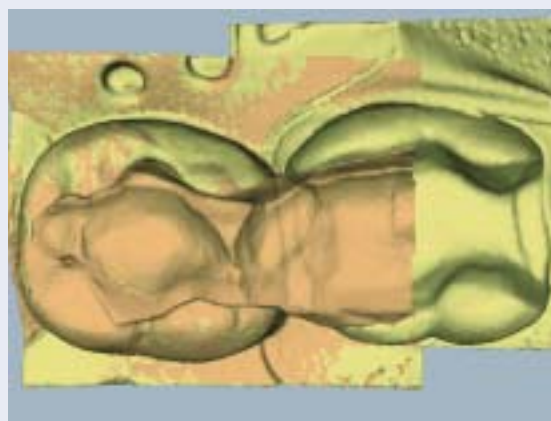


Abb. 28 j und k In der Folge fehlt am 6er der mesiale Anteil der Gegenkaufäche. Diese würde hilfreich sein, da der Kauflächenvorschlag deutlich zu hoch ist.

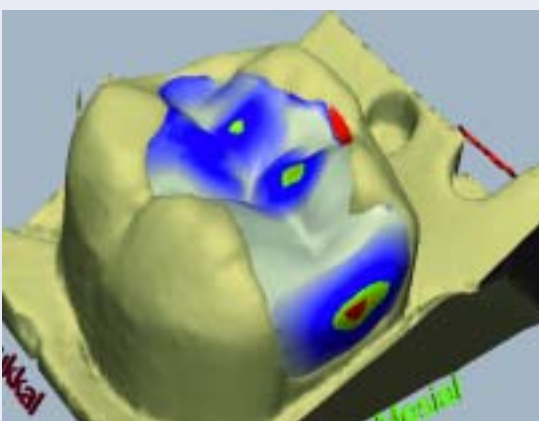
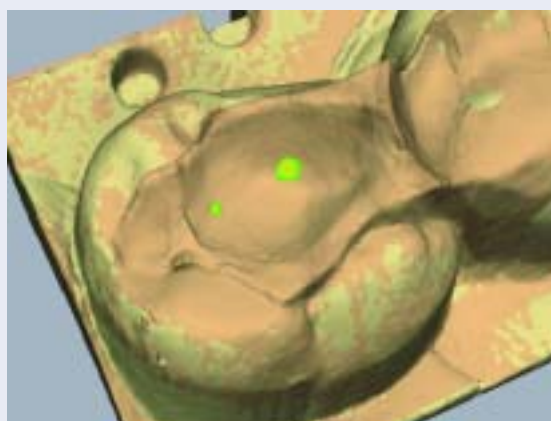


Abb. 28 l und m Sehr schwach eingestellte Kontaktpunkte am Zahn 47



Abb. 28n Gefertigte Inlays bei der Einprobe in situ. Kaufäche, noch nicht poliert



Abb. 28o Inlays direkt nach der Zementierung. Es musste aufgrund des zu hohen Registrates deutlich eingeschliffen werden. Eine bessere Kaufächensmorphologie ist unter solchen Bedingungen im Mund (zumindest vom Autor) nicht erzielbar, dazu fehlt chairside die notwendige Zeit. (vgl. hierzu auch Abb. 10).



Abb. 29a Inlay auf Zahn 25 OD wurde bereits adhäsiv befestigt, auf 26 MO noch nicht.



Abb. 29b Beide Inlays adhäsiv befestigt, direkt nach Abnahme des Kofferdams. Verletzung der Gingiva durch Soflex-Scheiben.



Abb. 29c Kontrolle nach vier Tagen

5. Adhäsive Befestigung

Das klinische Vorgehen beim adhäsiven Befestigen von Cerec-Inlays unterscheidet sich nicht von dem bei laborgefertigten Keramikinlays. Stellt das adhäsive Kleben von Keramikinlays unter Kofferdam eine der schwierigeren Aufgaben eines Zahnarztes dar, so werden diese Schwierigkeiten bei Cerec-Inlays noch verstärkt. Der wesentliche Grund liegt in der größeren Spielpassung, also der bereits erwähnten schlechteren Präzision gegenüber perfekt angefertigten Laborinlays. Während letztere immer einen eindeutigen Sitz und eine definierte Endposition aufweisen, haben Cerec-Inlays meist einen kleinen Spielraum in der Kavität. Auch gestaltet sich die Entfernung der Überschüsse des Befestigungsmaterials schwieriger, da leichter Randspalten entstehen können.

In unserer Praxis hat sich das selektive Ätzen des Schmelzes mit 35-prozentiger Phosphorsäure (Ultraetch, Ultradent) und die Verwendung eines selbstkonditionierenden Primers (A.R.T. Bond, Coltène Whaledent) nach der modifizierten „Dual Bond Technik“ [29, 30] gegenüber dem Total-Etch, bei dem auch das Dentin mit Phosphorsäure geätzt wird, besser bewährt. Insbesondere dann, wenn das Dentin sofort nach der Präparation initial mit Dentinadhäsiv und einem Flow-Komposit versiegelt wird. Kofferdam ist unabdingbar. Deshalb ist es ein entscheidendes Kriterium für die Indikationsstellung, ob es überhaupt möglich ist, an dem zu versorgenden Zahn Kofferdam anzulegen.

Laut Mörmann [31] werden Cerec-Inlays in der Abteilung für zahnfarbene und Computerrestaurationen in Zürich mit Komposit eingesetzt, nachdem zuvor eine dünne Schicht Bond in der Kavität ausgehärtet wurde.

Unter dem Aspekt, dass eine gehärtete Bonding-Schicht Dicken von 60 bis 350 µm aufweisen kann [32, 33], scheint es als sicherer, das Bonding gemeinsam mit dem Komposit zu härten. Dadurch besteht nicht die Gefahr, das Inlay nicht mehr vollständig inserieren zu können. Dies entspricht auch dem üblichen Vorgehen bei laborgefertigten Inlays.

Generell werden von uns Keramikinlays mit ausschließlich lichterhärtendem Füllungskunststoff eingesetzt. Während sich bei laborgefertigten Inlays als Einsetzkomposit ein relativ weiches Produkt (Prodigy, Kerr) bewährt hat (siehe Abb. 31), wird für Cerec-Inlays aufgrund der größeren Fuge ein Material festerer Konsistenz empfohlen (beispielsweise Tetric, Ivoclar Vivadent). Dies ist auch nach der bisherigen eigenen Erfahrung durchaus sinnvoll. Das Inlay lässt sich problemlos mit einem Ultraschallansatz eingliedern und das Komposit kann sauber und ohne Spaltbildung entfernt werden. Das zähere Material ist von Vorteil, da ein Cerec-Inlay infolge der größeren Fuge beim Befestigen leichter verrutschen kann als ein Laborinlay. Gerade zweiflächige Inlays können unbeabsichtigt in die Kavität hineingleiten, so dass negative Stufen zum Beispiel am zervikalen Kastenboden entstehen.

Diese größere Spielpassung erschwert es wesentlich, mehrere Inlays gleichzeitig einzusetzen, was bei Laborinlays sehr gut möglich ist. Das gleichzeitige Befestigen ist rationeller, für den Patienten angenehmer und auch für die Zähne atraumatischer als das einzelne Kleben. Cerec-Inlays jedoch sollten aus den genannten Gründen einzeln zementiert werden (Abb. 29).



Abb. 29d Röntgenkontrolle

Abb. 29 Gerade bei zweiflächigen Cerec-Inlays empfiehlt es sich, diese einzeln zu zementieren, da durch den weniger definierten Sitz und den größeren Spielraum eine versehentliche Verschiebung leichter möglich ist als bei laborgefertigten Inlays.



Abb. 30a Gereinigte Kavitäten unter Kofferdam



Abb. 30b Inlays direkt nach Lichthärtung des Komposits, noch vor der Politur

Abb. 30
Adhäsive Befestigung laborgefertigter Keramikinlays

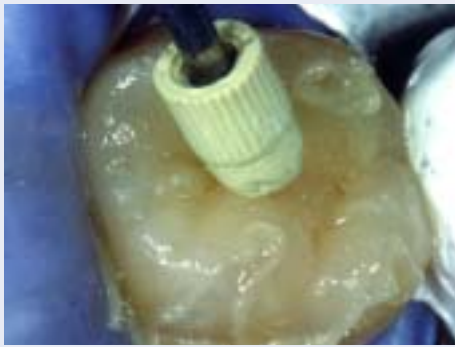


Abb. 31a Das drucklose Aufsetzen eines Ultraschallansatzes vergrößert die Fließfähigkeit des Komposits (Thixotropie). In diesem Fall handelt es sich um relativ weiches Prodigy (Kerr), aber auch mit Tetric (Ivoclar Vivadent) oder anderen Materialien ist dieser Effekt zu erzielen.

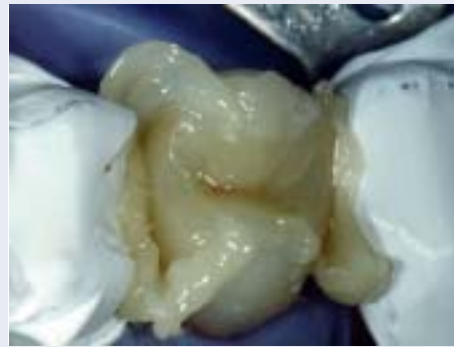


Abb. 31b Es sollte mit viel Kunststoff zementiert werden. Füllungskunststoffe vermengen sich mit dem Bond und quellen geleeartig aus der Fuge. Auch größere Überschüsse lassen sich mit einer spitzen Sonde und Schaumstoffpellets sauber entfernen.

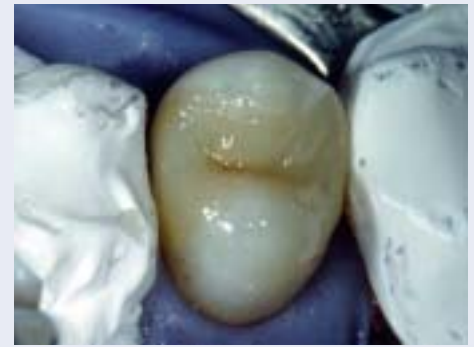


Abb. 31c Vor dem Härten sollten die Überschüsse weitgehend entfernt werden.

Abb. 31
Adhäsive Befestigung laborgefertigter Keramikinlays

Es hat sich bewährt, das Komposit okklusal für zirka 5 bis 10 Sekunden anzuhärten. Interdental, wo die Intensität schwächer ist, bleibt der Kunststoff dann wachsartig und kann sehr einfach durch Schaben entfernt werden. Generell wird versucht, den Kunststoff vor der definitiven Aushärtung so gründlich wie möglich zu entfernen, da das nach vollständiger Härtung nur noch durch Beschleifen möglich ist (Abb. 30 und 31). Zur Überschussentfernung eignen sich besonders gut Schaumstoffpellets sowie interdental Superfloss und Zahnseide. Während der Überschussentfernung sollte das Inlay mit einem Instrument gegen Verrutschen gesichert werden.

Insgesamt ist die Eingliederung von Cerec-Inlays auch deshalb etwas arbeitsintensiver und zeitaufwändiger, da das Scan'Spray gründlich entfernt und auch die Okklusalfäche nach dem Eingliedern komplett poliert werden muss. Einschleifmaßnahmen sind in der Regel auch umfangreicher als bei Inlays, die im Artikulator angefertigt wurden. Das Einstellen der approximalen Kontaktpunkte ist Aufgabe des Zahnarztes, daher ist von

diesem ein gewisses Maß an Bereitschaft zur zahntechnischen Arbeit gefordert.

Häufig weisen Zahntechniker darauf hin, dass geschichtete Keramikinlays eine genauere Farbanpassung erlauben, als monochrome eventuell bemalte Presskeramikinlays oder einfarbige Cerec-Inlays. Dies spielt nach eigener Erfahrung lediglich bei weit nach vestibulär aufgezogenen oberen ersten Prämolaren oder bei vollkeramischen Teilkronen eine Rolle. In allen anderen Fällen sind die Patienten mit den einfarbigen Inlays völlig zufrieden. Letztendlich arbeiten wir nicht für ein Makrofoto sondern für unsere Patienten. Wählt man tendenziell einen etwas helleren Rohling aus (meist A1), dann kommt es durch den Chamäleoneffekt zu einer sehr guten Farbangleichung im umgebenden Zahn. Die von Zahntechnikern so geliebte, eingemalte Fissurenkaries stoßen bei den Patienten immer auf Unverständnis oder gar Ablehnung. Die uncharakterisierten Cerec-Inlays entsprechen eher der Idealvorstellung des Laien von einem schönen Zahn. Aus diesen Gründen kann die Farbthematik nicht als wirkliches Argument gegen Cerec gelten.

Vorteile von Cerec-Inlays

1. Material

Keramik ist spröde. Im Gegensatz zu Metallen findet bei Überbeanspruchung keine plastische Verformung statt, sondern eine Fraktur. Bis der kritische Punkt des Bruches erreicht ist, zeigt sich zunächst wie bei Metallen eine elastische Verformung (Diagramm 1).

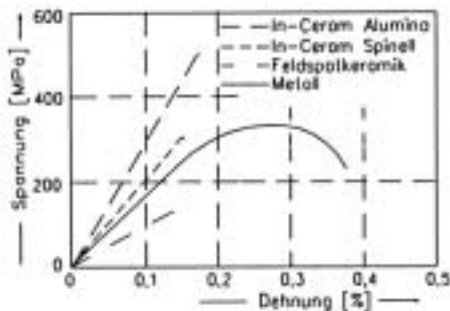


Diagramm 1 Spannungs-Dehnungskurven. Die Keramik bricht im Gegensatz zum Metall nach einem linearen Anstieg der Spannung abrupt. (Mit freundlicher Genehmigung Prof. Rudolf Marx [33])

Besonders problematisch vom klinischen Standpunkt aus ist die Tatsache, dass die Festigkeiten verschiedener Proben desselben keramischen Materials nicht normal verteilt sind, wie etwa bei Metallen, sondern asymmetrisch sehr breit gestreut sind. Diese Art der Verteilung nennt sich „weibullverteilt“, oder R-Kurven-Verhalten (Diagramm 2). Wie der Kurve zu entnehmen ist, muss bei Keramik mit einer klei-

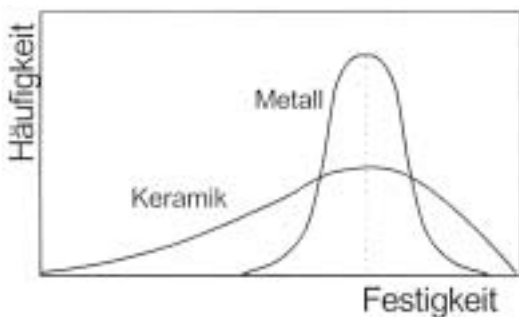


Diagramm 2 Festigkeitsspektrum von Keramik gegenüber Metall. Das Spektrum des Metalls entspricht einer Gaußverteilung. Zu sehen ist, dass mit einer geringen Wahrscheinlichkeit, Keramik bei einer Belastung von nahezu Null trotzdem frakturieren kann (Mit freundlicher Genehmigung Prof. Rudolf Marx [33]).

nen Wahrscheinlichkeit auch damit gerechnet werden, ein Exemplar vorzufinden, welches bereits bei einer Belastung von nahezu Null frakturiert.

Hinzu kommt, dass Keramik ermüdet. Die Ursache liegt darin, dass vorhandene Mikrorisse langsam wachsen, ohne dass es jedoch sofort zu einem Bruch kommt. Dieses so genannte subkritische Risswachstum kann durch Wasser um mehr als das Millionenfache beschleunigt werden. Jede Dentalkeramik verliert im Laufe der ersten vier Jahre zirka die Hälfte der Ursprungsfestigkeit [34]. Die klinische Konsequenz ist, dass Keramik im Mund immer wieder, trotz korrekter adhäsiver Befestigung frakturiert. Bei Keramikinlays und Teilkronen zeigen sich Brüche meist innerhalb der ersten zwei bis drei Jahre nach der Eingliederung (Abb. 32).

Keramikfrakturen gehen in der Regel von vorhandenen Oberflächendefekten aus. Zwischen Rauheit der Oberfläche und Festigkeit besteht eine lineare Abhängigkeit [34, 35]. Daher ist bei der Keramikbearbeitung eine sorgfältige Politur oder Glasur von besonderer Bedeutung. Eine hohe Oberflächengüte trägt maßgeblich zur Lebensdauer einer Keramikversorgung im Mund bei. Hier zeigt sich ein Vorteil der Cerec-Rohlinge (Abb. 33). Laborgefertigte Inlays lassen sich nach eventuell notwendigen Einschleifmaßnahmen im Mund nicht so gut polieren wie Cerec-Inlays, da diese wesentlich homogener in ihrer Struktur sind (Abb. 33).

Die Homogenität der Keramikstruktur äußert sich bei Cerec-Rohlingen in einer engen Streuung der Festigkeitswerte (Diagramm 3). Dies bedeutet eine größere Sicherheit hinsichtlich des Frakturrisikos als bei manuell gefertigten Inlays.

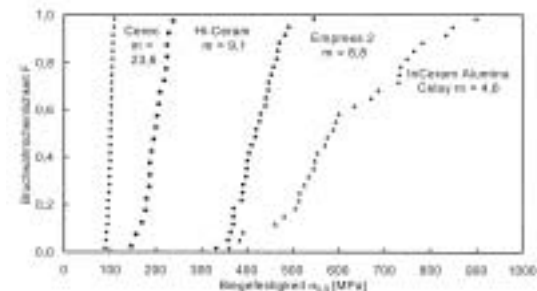


Diagramm 3 Weibullplot für vier Keramiken mit stark unterschiedlicher Streuung. Cerec-Rohlinge (ganz links) weisen eine sehr enge Verteilung (hohe Weibullkonstante m) auf. Dies liegt an der homogenen Struktur infolge der industriellen Fertigungsweise. (Mit freundlicher Genehmigung Prof. Rudolf Marx [33])



Abb. 32 Beispiele typischer Frakturformen laborgefertigter Keramikinlays. Diese sind allesamt eigene, unter Kofferdam entsprechend dem klinischen Protokoll korrekt adhäsiv befestigte Inlays.

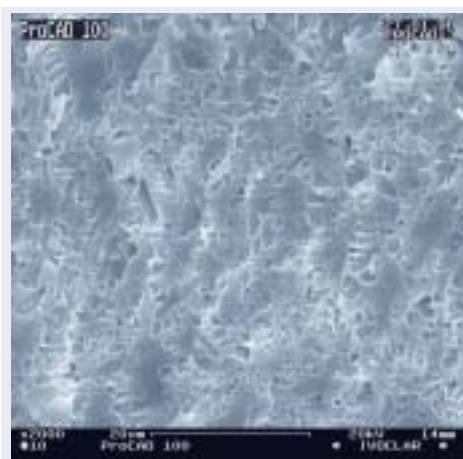


Abb. 33a REM-Aufnahme der Struktur des leuzitverstärkten ProCAD-Materials (Ivoclar Vivadent). Der Maßstab entspricht 20 µm (Mit freundlicher Genehmigung Ivoclar Vivadent).



Abb. 33b Aufgrund seiner homogenen Struktur lässt sich das Material sehr gut polieren. Mit Soflexscheiben (schwarz bis hellblau) polierte Approximalfläche eines Inlays.



Abb. 33c Die ProCAD Keramik entspricht im Wesentlichen dem IPS Empress-Material.



Abb. 34 a bis c Kulanzanfertigung eines Cerec-Inlays bei einem frakturierten laborgefertigten Keramikinlay. Auf ausgeprägte Fissuren wurde bei dem Cerec-Inlay aus Stabilitätsgründen verzichtet. Dies stellt eine für alle Beteiligten unkomplizierte, schnelle, kostengünstige und hochwertige Reparaturmöglichkeit dar.

Jede Keramikfraktur stellt den Behandler vor ein Problem. Eine Reparatur mit Komposit ist ein Kompromiss. Eine Neuanfertigung eigentlich korrekt, doch wer trägt die Kosten? Wenn der Zahnarzt seine Arbeit auf Kulanz durchführen möchte, spielt dann auch der Zahntechniker mit? War vielleicht die Restauration vom Zahnarzt

doch nicht korrekt eingeschliffen oder hat vielleicht der Techniker einen Fehler gemacht oder liegt ein reiner Materialfehler vor? In solchen Situationen bietet Cerec einen wirklichen Ausweg, da der Zahnarzt ohne zusätzliche Laborkosten eine Keramikversorgung anbieten kann (Abb. 34).

In diesem Zusammenhang sei nochmals hervorgehoben, dass eine industrielle oder automatisierte Fertigung nicht zu unterschätzende Möglichkeiten der Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle bietet. Alle Parameter der Präparation und Modellation bleiben abgespeichert und können im Falle einer Fraktur bei der Versagensanalyse herangezogen werden. Unterschreitungen von Mindestschichtstärken werden bereits bei der Modellation farblich markiert (Abb. 35) und führen als unmittelbares Feedback dazu, dass die Präparation zielgerichtet angepasst werden kann. Diese Informationen und Kontrollen sind bei laborgefertigten Inlays nicht unmittelbar vorhanden. Nicht zuletzt aus forensischer Sicht ist diese Art der realen 3D-Dokumentation von großem Wert.

2. Chairside-Verfahren

Da mit Cerec 3D die gesamte Arbeit chairside erfolgt, bietet sie zweifellos mehrere medizinische und wirtschaftliche Vorteile. Alle Patienten ziehen eine Behandlung ohne provisorische Versorgung einer Behandlung mit zwei Sitzungen vor. Da Provisorien bei Inlays nicht zusätzlich berechnet werden können sondern im Honorar für Inlays enthalten sind, ist dies auch für den Zahnarzt ein großer Vorteil. Bei Keramikinlays sind zwei Arten von Provisorien gebräuchlich. Entweder konventionelle Kunststoffprovisorien, vorzugsweise moderne Komposit-Kartuschensysteme (zum Beispiel Luxa-temp, DMG), die mittels Überabformung hergestellt werden, oder vereinfachte direkt in der Kavität belassene Provisorien aus weichen bleibenden Kunststoffen (zum Beispiel InlayTemp, Ivoclar Vivadent).

Beide Methoden haben mehrere Nachteile: Da bei Keramikinlays in der Regel eine Unterfüllung oder Kavitätenversiegelung mittels Dentinbonding und Komposit erfolgt, kann sich das Provisorienmaterial chemisch mit der Unterfüllung verbinden. Eine solche Unterfüllung nach dem Prinzip des Dual-Bondings ist auf jeden Fall ratsam, da zum einen das Dentin so früh wie möglich versiegelt und geschützt wird, zum Beispiel vor der Phosphorsäure bei der Schmelzätzung oder vor Noxen während der provisorischen Phase.

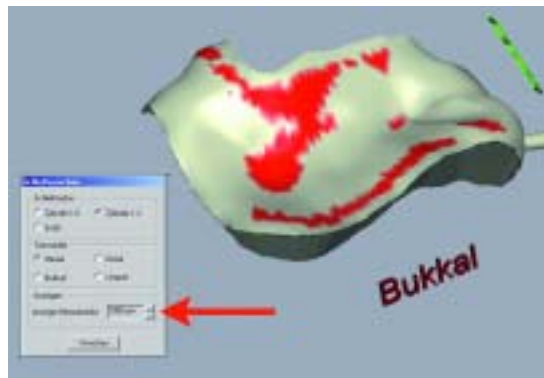


Abb. 35
Unterschreitungen von Mindestschichtstärken werden von der Software angezeigt.

Zum anderen weil so auf sehr einfache Weise absolut abgerundete Innenkanten geschaffen werden, die präparativ kaum so kantenfrei geschliffen werden können (Abb. 36). Scharfe Kanten in der Präparation können zu ungünstigen Spannungsspitzen in der Keramik führen und so Frakturen begünstigen.

Es herrscht Uneinigkeit darüber, ob bei adhäsiven Versorgungsvorrichtungen mit eugenolhaltigen Zementen befestigt werden können oder nicht, da diese Zemente eventuell die Polymerisation beeinträchtigen. Non-Eugenol Zemente sind schmieriger und bewirken starke makroskopische Verunreinigungen der Kavitätenfläche, die nur sehr schwer zu entfernen sind. In unserer Praxis lösen wir das Problem, indem wir mit IRM (Dentsply DeTrey) zementieren. Dieses ist zwar eugenolhaltig, wird aber relativ fest und lässt sich daher rückstandslos wieder entfernen. Andererseits sind die Provisorien oft sehr schwer wieder zu entfernen.

Die gummiartigen direkten Provisorien haben den Hauptnachteil, dass sie nicht selten durch okklusale Belastung nach approximal gequetscht werden können und so unkontrollierbar die Approximalkontakte aufdehnen können. Auch diese können sich mit Unterfüllungskomposit chemisch verbinden, was problematischer ist, als bei indirek-



Abb. 36
Impregumabformung einer Inlaystraße. Mittels einer Dentinversiegelung mit Dentinadhäsiv und einem Flow-Komposit direkt bei der Präparation lassen sich materialgerechte glatte abgerundete Innenkanten erzielen.

ten Provisorien, bei denen die Kavitäten vorher mit Vaseline isoliert werden. Schließlich sind diese Provisorien weniger dicht, da sie nur aufgelagert sind.

Es muss davon ausgegangen werden, dass kein Provisorium wirklich dicht ist. Ein gewisses Maß an Micro-Leakage ist unvermeidbar und führt unter den Provisorien oft zur Geruchsentwicklung. Diese bakterielle Kontamination kann zu postoperativen Sensibilitäten oder im ungünstigsten Fall zu einer Pulpitis führen. Die sofortige Versorgung einer Kavität in einer Sitzung ist aus medizinischer Sicht einer längeren Provisorienphase vorzuziehen und ist eine der wesentlichen Stärken des Cerec-Verfahrens. Die Zähne, die mit eigenen bisher angefertigten Cerec-Inlays versorgt wurden, wiesen bisher in keinem Fall Empfindlichkeiten nach der Behandlung auf.

3. Unabhängigkeit

In der Unabhängigkeit des Zahnarztes von einem Zahntechniker kann ein großer Vorteil liegen. In den letzten zehn Jahren der eigenen Zusammenarbeit mit diversen Zahntechnikern ist jede Situation schon vorgekommen, über die sich ein Zahnarzt ärgern kann. Dies waren beispielsweise Terminverschiebungen, verloren gegangene Unterlagen, Krankheit, Verlust auf dem Postweg, Fraktur in der Nacht vor Eingliederung, falsche Farbe, schwarze Fissurenkaries auf den Inlays, die der Patient nicht wollte, Schichtkeramik statt Presskeramik

und umgekehrt. Perfekte Passung und Funktion, die immer gegeben waren, sind also nicht ausreichend.

Dies ist menschlich und soll keineswegs kritisiert werden, zumal auch in der eigenen Praxis Fehler gemacht werden. Auch wenn so etwas nur einmal vorkommt, behindert es einen reibungslosen Arbeitsablauf erheblich. Bei Cerec ergeben sich diese Komplikationen nicht, dafür liegt alle Verantwortung beim behandelnden Zahnarzt.

4. Wirtschaftlichkeit

Cerec ist ein sehr wirtschaftliches Instrument. Selbst bei wenigen Inlays im Monat lohnt sich die Finanzierung und ein positiver Effekt auf den Praxisumsatz ist zu verzeichnen. Der ganze Laborumsatz fällt dem Zahnarzt zu. Es ist sicher nicht gerechtfertigt, für ein Cerec-Inlay dasselbe zu verlangen, wie für ein Laborinlay. Aber selbst wenn deutlich weniger berechnet wird, kann mehr als ausreichend Zeit für eine Cerec-Versorgung eingeplant werden. Dieser Freiraum sollte genutzt werden, denn die investierte Zeit und Sorgfalt wirkt sich direkt auf die Qualität der Versorgung aus. Das Arbeiten mit Cerec ist auch ein relativ entspanntes, abwechslungsreiches und angenehmes Arbeiten.

In der eigenen Praxis werden Cerec-Versorgungen zu zirka 2/3 der Kosten eines Laborinlays angeboten, was von den Patienten sehr dankbar angenommen wird und die Fallzahl entsprechend erhöht.

Wann Cerec-Inlays, wann Laborinlays?

Die Eigenschaften des Cerec-Systems sind für die Versorgung von ein, zwei oder maximal drei Zähnen gleichzeitig sehr gut (Tab. 1). Bei einer größeren Zahl von Zähnen ist die Präparation und Abformung rationeller. Idealerweise sollten die Antagonistenkaufflächen einigermaßen funktionell sein. Aufgrund der momentanen Limitierungen der Software hinsicht-

lich der Kauflächenvorschläge, Registraterfassung und gnathologischer Funktionalität ist Cerec auch weniger in solchen Fällen geeignet, wo besondere funktionelle Anforderungen bestehen. Generell gilt, Situationen zu vermeiden, die beim Intraoralscan schwierig sein könnten, wie beispielsweise zu tief subgingival liegende Ränder.

Laborgefertigte Keramikinlays bieten sich eher an, wenn eine umfassende Versorgung gleichzeitig an mehreren Zähnen stattfinden soll. Wenn beispielsweise antagonistische Kauflächenbeziehungen neu gestaltet werden müssen. Auch in Fällen, in denen ohnehin abgeformt wird, beispielsweise für Kronen oder Goldgussteilkronen stellt sich die Frage, ob es nicht einfacher ist, die Keramikinlays mit abzuformen. Andererseits kann gerade die recht häufige Situation einer Seitenzahnbrücken- oder Kronenversorgung mit einem von distal gut zugänglichen Keramikinlay am mesialen Nachbarzahn sehr einfach, zuverlässig und kostensparend versorgt werden.

Aufgrund der Möglichkeit, Cerec-Inlays wesentlich günstiger anzubieten als Laborinlays, sind viele Patienten bereit, sich diese alternativ zu direkten Füllungen machen zu lassen. Gerade die Option, vier mit Amalgam versorgte Quadranten nach und nach über die Jahre immer wieder durch ein oder zwei Cerec Inlays ersetzen zu lassen, ist für die meisten Patienten, für die eine Komplettsanierung mit Laborinlays finanziell nicht möglich ist, eine gut kalkulierbare Strategie. Natürlich sollten solche Gebisse funktionell und gnathologisch in Ordnung sein.

Umgekehrt ist es besser, eine große Gesamtsanierung, die möglichst zügig erfolgen soll und nicht so kostenkritisch ist, mit zwei Präparationsterminen für Ober- und Unterkiefer, einem Bissnahmetermin und einem oder zwei Einsetzterminen als Laborarbeit zu planen (Abb. 37).

Insbesondere in der heutigen Zeit, in der selbst Privatversicherungen bei Laborleistungen willkürliche Einheitspreise vorgeben wollen, wird es immer schwieriger, Patienten mit teurer Highend-Zahnmedizin zu versorgen. Es ist davon auszugehen, dass sich diese Tendenz in Zukunft verstärken wird.

Wie ausführlich dargestellt wurde, treten immer wieder individuelle Situationen auf, bei denen das Cerec-System an Grenzen stößt. Es spricht nichts dagegen, zumindest anzustreben, jeden Fall mit Cerec zu lösen. Es ist sicher nicht jeder Fall immer optimal lösbar. Jeder Behandler muss für sich selbst die Indikation abwägen und entscheiden,

Unter Berücksichtigung aller in dem Artikel erwähnten Faktoren entscheiden wir uns in unserer Praxis indikationsbedingt für Cerec-beziehungsweise laborgefertigte Keramikinlays.

Indikation	Cerec-Inlays	Laborgefertigte Keramikinlays
Inlay an einem Einzelzahn	++	o
Inlays an bis zu drei nebeneinander liegenden Zähnen	++	+
Inlays an mehr als drei nebeneinander liegenden Zähnen	-	++
Funktionell anspruchsvoller Kiefer	-	++
Mittelfristige Gesamt-rehabilitation in Einzelschritten	++	-
Kurzfristige Gesamt-rehabilitation in einer Behandlungsphase	-	++

Tab. 1 Übersicht über die indikationsbezogene Wahl der Versorgungart

in welchem Fall lieber laborgertigte Inlays angefertigt werden sollen.

Fazit

Ein kommerzielles Unternehmen muss sich auch an seinen Werbeaussagen messen lassen. Die Cerec-Werbung behauptet: „Spielend leichtes Konstruieren“ und „in puncto Sicherheit, Präzision und einfachster Bedienung unschlagbar“. Dies ist sicherlich übertrieben und daher zu relativieren. Cerec 3D ist bestimmt einfacher zu bedienen als frühere Versionen, aber mit Sicherheit nicht unschlagbar – ansonsten könnte die Weiterentwicklung jetzt eingestellt werden. Die Konstruktion mit der Software mag noch relativ einfach sein, aber das Prozedere außerhalb des Rechners ist, wie gezeigt wurde, eher anspruchsvoll. Auch das Konstruieren ist in vielen Fällen noch verbesserungswürdig, insbesondere in Bezug auf die Kauflächenvorschläge.

Bei sorgfältiger Fallauswahl, Anwendung und kritischer Hinterfragung jedes Falles stellt Cerec heute sicher eine Methode dar,



Abb. 37a Sägmodell des Oberkiefers



Abb. 37b Sägmodell des Unterkiefers

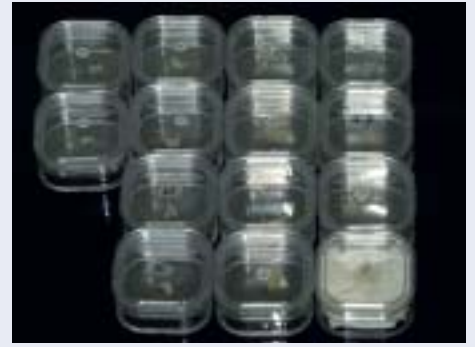


Abb. 37c Inlays verpackt angeliefert in der Praxis



Abb. 37 d und e Im ersten Quadrant: Präparation vor dem Einsetzen und bei der Nachkontrolle



Abb. 37 f und g Die Versorgung im vierten Quadranten



Abb. 37
Ein typischer Fall für laborgefertigte Keramikinlays. Alle Inlays zusammen wurden in zwei Sitzungen befestigt.



Abb. 37 h und i Die Versorgung im zweiten Quadranten



Abb. 37 j und k Die Versorgung im dritten Quadranten



mit der qualitätsorientierte Zahnärzte in den meisten Fällen dauerhafte vollkeramische Versorgungen realisieren können, ohne dabei unglücklich zu werden.

Cerec ersetzt laborgefertigte Inlays nicht vollständig, sondern stellt eine sehr nützliche Alternative derselben dar. Als Werkzeug ist es in besonderem Maße anwenderabhängig. An einem schlechten Ergebnis

ist im Zweifel der Zahnarzt und nicht die Maschine schuld. Der Einstieg in die Arbeit mit Cerec war sicher noch nie so leicht wie heute, es kann aber davon ausgegangen werden, dass es in Zukunft noch einfacher werden wird. Jeder Behandler muss letztendlich für sich selbst entscheiden, ob er sich mit dieser Technologie auseinandersetzen will. Dieser Beitrag wollte hierzu eine gewisse Entscheidungshilfe bieten. □

Produktliste

Indikation

Abformmaterial
CAD/CAM
Gips
Keramik
Keramik
Konditionierungsspray
Komposit
Komposit
Kunststoff-Provisorium
Kunststoff-Provisorium
Phosphorsäure
Primer
Registral
Scanner
Software
Zement

Name

Impregum
Cerec 3D
Fuji-Rock
Authentic
ProCAD
Scan'Spray
Prodigy
Tetric
Luxatemp
InlayTemp
Ultraetch
A.R.T. Bond
Metalbite
Dentascopie Gerät
Geomagic Studio
IRM

Hersteller/Vertrieb

3M Espe
Sirona
GC
anaxdent
Ivoclar Vivadent
Dentaco
Kerr
Ivoclar Vivadent
DMG
Ivoclar Vivadent
Ultradent
Coltène Whaledent
R-dental
3D Alliance
Raindrop Geomagic
Dentsply DeTrey

Kontaktadresse:

Dr. Jan Hajtó
Spezialist für Ästhetische
Zahnmedizin (DGÄZ)
Weinstr. 4
D-80333 München
Fon +49 (0) 89.
24 23 99 10
hajto@iconz.de
www.praxis-hc.de
www.veneer-kurs.de
www.my-smile.de

Literatur

[1] Schenk O: Das klassische Cerec-Inlay: Mit Cerec 3D Schritt für Schritt konstruiert. Int J Comp Dent, 6, 67-73, 2003.

[2] Sirona Geschäftsbericht 2003, Hrsg: Sirona Beteiligungs- und Verwaltungs-GmbH, Fabrikstr. 31, D-64625 Bensheim, S. 10.

[3] Felden A, Schmalz G, Federlin M, Hiller KA: Retrospective clinical investigation and survival analysis on ceramic inlays and partial ceramic crowns: results up to 7 years. Clin Oral Invest, 2, 161-167, 1998.

[4] Sjögren G, Molin M, Van Dijken JWV: A 5-year clinical evaluation of ceramic inlays (Cerec) cemented with a dual cured or chemically cured resin composite luting agent. Acta odontol scand, 56, 263-267, 1998.

[5] Martin N, Jedynakiewicz NM: Clinical performance of Cerec ceramic inlays: a systematic review. Dent Mater, 15, 54-61, 1999.

[6] Reiss B, Walther W: Clinical long-term results and 10 year Kaplan-Meier survival analysis of Cerec CAD/CAM inlays. Int J Comp Dent, 3, 9-23, 2000.

[7] Posselt A, Kerschbaum T: Langzeitverweildauer von 2328 chairside hergestellten Cerec-Inlays und -Onlays. Int J Comp Dent, 6, 231-248, 2003.

[8] Exner H, Regenfuß P, Hartwig L, Klötzer S, Ebert R: Selective Laser Micro Sintering with a Novel Process, LPM 2003, 4th International Symposium on Laser Precision Microfabrication, June 21-24, 2003, Munich, Proceedings of SPI, Vol. 5063, S. 145-151.

[9] Mehl A, Blanz V, Hickel R: Biogeneric Tooth – a New Mathematical Approach of CAD Reconstruction of Occlusal Surfaces. J Dent Res 82, Abstr 1354, 2003.

[10] Fritzsche G: Korrelation und Funktion bei Cerec 3D: Was ist neu? Int J Comp Dent, 6, 83-88, 2003.

[11] Reiss B: Okklusale Kauflächengestaltung mit Cerec 3D. Int J Comp Dent, 6, 333-342, 2003.

[12] Benz C, Mehl A, Hickel R: The accuracy of the new Cerec-camera. J Dent Res 74, 934 Abstr 187 (1995).

[13] Persönliche Mitteilung Dr. Schneider bzw. Dr. Pfeiffer, Sirona Dental Systems.

[14] AG Keramik in der Zahnheilkunde e.V., www.agkeramik.de; International Society of Computerized Dentistry, www.iscd.org.

[15] Wiedehahn K: Frontzahnästhetik mit Cerec. Cosmetic dentistry, 2, 47-51, 2004.

[16] Kurbad A: Die optische Konditionierung von Cerec-Präparationen mit Scan Spray. Int J Comp Dent, 3, 269-279, 2000.

[17] Mörmann WH, Schug J: Grinding precision and accuracy fit of Cerec 2 CAD/CAM inlays. J Am dent assoc, 128, 47-53, 1997.

[18] Martin N, Jedynakiewicz NM: Interface dimensions of Cerec 2 MOD inlays. Dent Mater, 16, 68-74, 2000.

[19] Estafan D, Dussetschleger F, Agosta C, Reich S: Scanning electron microscope evaluation of Cerec II and Cerec III inlays. Gen Dent, 51, 450-454, 2003.

[20] Nakamura T, Dei N, Kojima T, Wakabayashi K: Marginal and internal fit of Cerec 3 CAD/CAM all-ceramic crowns. Int J Prosthodont, 16, 244-248, 2003.

[21] Bindl A, Mörmann WH: Clinical and SEM evaluation of all-ceramic chair-side CAD/CAM-generated partial crowns. Eur J Oral Sci, 111, 163-169, 2003.

[22] Schultz BS: Passgenauigkeit, marginale Adaptation und okklusale Abrasion von CEREC Inlays. Inaugural-Dissertation, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universität Zürich (2001).

[23] Lenzen JR: Bewährung von computergestützt hergestellten Keramikinlays nach der Cerec-Methode in einer zahnärztlichen Praxis. Med Diss, Köln, 1994.

[24] Sturdevant JR, Bayne SC, Heymann HO: Margin gap size of ceramic inlays using second generation CAD/CAM equipment. J Esthet Dent, 11, 206-214, 1999.

[25] Cerec Handbuch, Abschnitt 4, S. 30. Sirona Dental Systems.

[26] Ender A, Wiedehahn K, Mörmann WH: Die Quadrantenbehandlung mit der Cerec-3D-Software. Int J Comp Dent, 6, 89-94, 2003.

[27] Reich S, Peltz I, Estafan D, Wichmann M: Die Möglichkeiten der CAD/CAM generierten Funktionsgestaltung von Kauflächen. Abstract KV # 11, 53. Jahrestagung der DGZPW, 2004.

[28] Fritzsche G: Korrelation und Funktion bei Cerec 3D: Was ist neu? Int J Comp Dent, 6, 83-88, 2003

[29] Fehér A, Schärer P: Ein klinisches Kompendium Band IV Restaurative Zahnmedizin, KBM, Zürich, 2000.

[30] Paul SJ, Schärer P: The dual bonding technique: a modified method to improve adhesive luting procedures. Int J Periodontics Restorative Dent, 17(6), 536-45, 1997.

[31] Mörmann WH, persönliche Mitteilung.

[32] Peter A, Paul SJ, Luthy H, Schärer P: Film thickness of various dentine bonding agents. J Oral Rehabil. 1997 Aug; 24(8): 568-73.

[33] Pashley EL, Comer RW, Simpson, MD, Horner JA, Pashely DH, Caughman W: Dentin permeability: sealing the dentin in crown preparations. Oper Dent, 17(1), 13-20, 1992.

[34] Marx R: Vollkeramische Kronen und Brückenmaterialien. Restaurationsmaterialien, CC&A, Eichenach 2003. www.medizinische-werkstoffe.de

[35] Fischer H, Schäfer M, Marx R: Einfluss der Oberflächenrauheit verschiedener Verblendkeramiken auf die Festigkeit. Abstract KV # 8, 53. Jahrestagung der DGZPW, 2004.