

Zentral CAD/CAM-gefertigte Keramikinlays und Onlays

| Dr. Jan Hajtó

Seit Mitte dieses Jahres werden von der biodentis GmbH in Leipzig zentral gefertigte Keramikinlays und Teilkronen aus dem Material IPS Empress CAD angeboten. Dabei erfolgt der gesamte Prozess beginnend beim Scan über die Modellierung und Fertigung bis zur Qualitätskontrolle zentral. In der Zahnarztpraxis fallen keine Investitionen für Scanner, Software oder Schleifgerät an. Im Folgenden werden einige Besonderheiten des Verfahrens dargestellt.

Das Zahntechnikerhandwerk ist im Begriff, einen grundlegenden Wandel zu vollziehen. Die kleinteilige, zeitintensive händische Anfertigung von qualitativem Zahnersatz ist in Hochlohnländern, wie dem unseren, für die Mehrzahl der Patienten bereits heute schon kaum mehr bezahlbar. Bei der Anzahl der Zähne, die einem menschlichen Gebiss gegeben sind, sind Laborkosten von mehreren hundert Euro pro Zahn für die wenigsten Patienten erschwinglich. Die Umstrukturierungen im Gesundheitswesen führen zu einem ständig weiter steigenden, von den Patienten selbst zu tragenden Kostenanteil. Am Standort Deutschland bietet die intelligente Industrialisierung die Chance, auch in Zukunft gute Qualität zu bezahlbaren Preisen anzubieten. Industrielle Prozesse können in Produktionszentren wesentlich zielgerichteter und effektiver von Fachkräften gehandhabt und stetig verbessert werden als in einzelnen Zahntechniklabors. Die für Zahntechniker angebotenen Systeme

dürften daher vielfach nur einen Übergang zu Fertigungszentren darstellen. Bereits jetzt übertrifft die Kapazität aller in Deutschland installierten dentalen CAD/CAM-Systeme den Bedarf um ein Vielfaches. Die individuelle Auslastung vieler Systeme ist daher entsprechend gering. Oder anders ausgedrückt, solche Investitionen veralten, bevor sie sich amortisieren können. Das Unternehmen biodentis verfolgt als erstes konsequent den Ansatz einer vollständig maschinellen Fertigung von vollanatomischem Zahnersatz, der zur Eingliederung direkt an den Zahnarzt geliefert wird. Der teure Handwerker für das hochindividuelle, künstlerische Einzelstück wird auch in Zukunft benötigt werden und sollte wie bei jeder anderen Einzelanfertigung dann auch deutlich höhere Preise verlangen. Die Zielgruppe kann aber nur eine sehr kleine sein. Die große Masse der Patienten wird in Zukunft kostengünstigen Zahnersatz aus industrieller Fertigung erhalten.

Durch die Verlagerung der kompletten Prozesskette in das Produktionszentrum bleibt der gewohnte zahnärztliche Behandlungsablauf erhalten (Abb. 1). Die Abformung wird zu biodentis eingesandt und dort mit einem Spezialscanner digitalisiert. Im Gegensatz zu intraoralen 3-D-Scans kann eine Abformung heutzutage die Mundsituation noch deutlich zuverlässiger und detailgetreuer erfassen. Auf Basis der so gewonnenen 3-D-Datensätze modellieren eigens dafür ausgebildete Zahntechniker mittels einer unterneh-

menseigenen Software die zu fertigenden Restaurationen (Abb. 2–5). Gegenwärtig werden Keramikinlays und Teilkronen angeboten. Einzelkronen sind zurzeit in Vorbereitung.

Digitaler Workflow

Für den Zahntechniker manifestiert sich der Wandel zur industriellen individuellen Massenfertigung in einer neuen Art des Arbeitens. Die Arbeit des Zahntechnikers wird bei dem biodentis-Verfahren nicht entbehrlich, sondern wandelt sich durch die Nutzung neuer digitaler Werkzeuge. Dies bedeutet, dass die eigentliche zahn-technische Qualifikation, nämlich das Wissen um Zahnanatomie, Okklusion und Funktion in den Vordergrund rückt. Digitales Arbeiten ermöglicht ein sehr schnelles und unmittelbares Verwirklichen des geplanten Ergebnisses. Die Tücken und physikalischen Limitierungen bei der Arbeit mit realen Materialien fallen weg. Neue Kompetenzen wie das Wissen um Statik, Versagensmechanismen, Computerkenntnisse, aber auch die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Arbeiten, werden in den Vordergrund der zahn-technischen Tätigkeit rücken. Handwerk als Lehrberuf wird zunehmend von dentaler Technologie dominiert und vielleicht in Zukunft höhere Qualifikationen, z.B. in Form eines (Aufbau-)Studiums erfordern.

Der wesentliche Vorteil der digitalen Modellierung liegt in der hohen Geschwindigkeit. Digitales Handwerk bedeutet eine Interaktion mit dem Objekt mit kontinu-

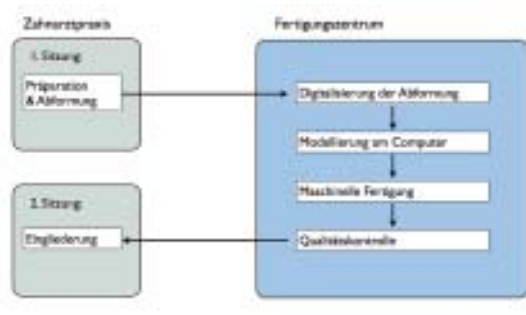


Abb. 1: Der Gesamtprozess bei der biodentis-Methode.

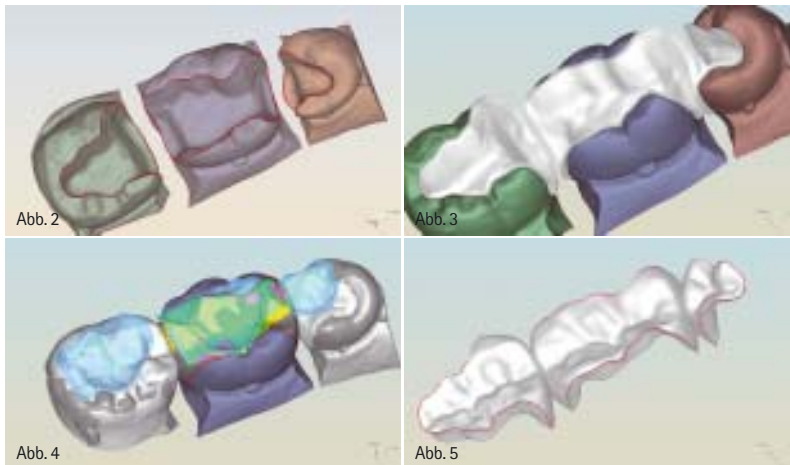


Abb. 2: Markierte Präparationsgrenzen auf den digitalen Modellen der Zähne 45 bis 47. – Abb. 3: Die automatisch generierten Innenflächen der Inlays. Hierbei werden Parameter für den Gesamtabstand, Randfuge sowie für die Fräserradiuskorrektur berücksichtigt. – Abb. 4: Modellation der Kauflächen mit Fehlerfarbendarstellung zum Antagonisten. – Abb. 5: Die fertig modellierten Restaurationen.

ierlicher, gleichzeitiger visueller Rückmeldung und unmittelbarer Kontrolle des Ergebnisses. Die Modellierdauer für eine bio-dentis-Restauration unter Berücksichtigung aller notwendigen Parameter beträgt im Durchschnitt ca. 10–15 Minuten. Die Fertigung selbst erfolgt durch Maschinen. Dieser Zeitvorteil ermöglicht einen deutlichen Kostenvorteil.

Präparation und Abformung

Die Indikationsstellung und Präparation von Keramikinlays/-Onlays und Teilkronen erfolgt nach den bekannten Regeln. Als Besonderheit beim bio-dentis-Verfahren müssen alle Abformungen mithilfe mundgeschlossener Abformungen („Scheufel-löffel“ bzw. „Triple Tray“) erfolgen (Abb. 6). Dieses sogenannte Dual-Arch-Verfahren ist in den USA sehr verbreitet und bietet eine ganze Reihe von Vorteilen:

- Es ist sehr rationell durchzuführen. Präparation und Antagonisten werden in einer Abformung erfasst. Es wird nur halb so viel Zeit benötigt.¹
- In der statischen Okklusion ist es, einen korrekten Schlussbiss während der Abformung vorausgesetzt, das präziseste

aller Verfahren.²⁻⁵ Zwei starre Gipsmodelle lassen sich niemals in dieser Genauigkeit der Mundsituation entsprechend zusammensetzen. Die Zahnbeweglichkeit, die Unterkieferverwindung und die Modellfehler verhindern dies. Zwei antagonistische Zahnreihen aus Gips müssen immer radiert werden (nach Shimstockprotokoll oder Registrat), um mit der tatsächlichen maximalen Interkuspitation im Mund übereinzustimmen.

- Materialersparnis. Es wird halb so viel Abformmaterial benötigt.¹
- Es ist für den Patienten angenehmer als zwei Kompelttabformungen.^{1,6}

In der Literatur finden sich eine Reihe von Anwenderberichten, die die Praktikabilität und Vorteile der Dual-Arch-Abformung beschreiben.^{5,7-14} Dementgegen stehen allein Bedenken einer möglicherweise geringeren Präzision. Der Stellenwert der Passgenauigkeit relativiert sich allerdings im Falle von Keramikinlays und -Onlays aus verschiedenen Gründen:

- Die Cerec Literatur belegt, dass selbst Keramikinlays mit Randspalten von bis zu

308 ± 95 µm (Cerec I) bzw. 207 ± 63 µm (Cerec II) hervorragende klinische Resultate aufwiesen.¹⁵⁻²¹

- Vergleicht man indirekte Keramikrestaurationen, die adhäsiv mit Komposit eingesetzt werden, mit direkten Kompositfüllungen, die als lege artis-Versorgung gelten, dann spielt die Frage, ob eine Klebefuge 50 oder 150 Mikrometer betragen darf, eine untergeordnete Rolle.
- Die bei Keramikinlays indizierte Adhäsivtechnik stellt ein Verfahren dar, welches evident nicht so sehr „präzisions-sensitiv“ als vielmehr verarbeitungs-sensitiv, feuchtigkeitssensitiv und substrat(= dentin)sensitiv ist.

Trotzdem bietet eine passgenaue Restauration deutliche Vorteile. Eine gute Passung ermöglicht eine zuverlässige und eindeutige Positionierung sowie eine einfache Überschussentfernung ohne unbeabsichtigte Kompositunterschüsse bei der adhäsiven Zementierung. Daher ist eine möglichst hohe Präzision in der Herstellung auf jeden Fall anzustreben. Es kann ein enger Zusammenhang zwischen der Randspaltbreite und dem Verschleiß des Befestigungsmediums nach adhäsiver Befestigung einer Restauration nachgewiesen werden. Der vertikale Substanzverlust des Befestigungszements steigt linear mit der Breite des Randspaltes unabhängig vom verwendeten Material.^{22,23} Es herrscht in der Literatur selbst bei zementierten Versorgungen keine Einigkeit darüber, welcher Wert für die Größe des Randspaltes mit klinischer Relevanz als korrekt anzusehen sei. Der klinisch als akzeptabel anzusehende Wert für den Randspalt liegt nach Autorenmeinung allgemein zwischen 20 µm und 200 µm.²⁴⁻²⁹ Aus eigener Sicht erscheinen bei adhäsiven Keramikrestaurationen circa 100 µm Randfuge als vertretbar. In der Literatur finden sich in der Mehrzahl übereinstimmende In-vitro-Ergebnisse zu der Genauigkeit von Quetschbissabformungen gegenüber löffelgestützter Komplettabformungen. Die Größenordnung liegt im Schnitt bei ± 50 µm mit allerdings großen Standardabweichungen. Hierbei wurden immer Strecken auf Gipsmodellen vermessen. An einigen eigenen intraoral erstellten Abformungen wurden stichprobenartig 3-D-Vergleiche durchgeführt (Abb. 6). Diese Untersuchung erhebt keinen wis-

tipp.

Weiterführende Informationen werden auf folgenden Fortbildungsveranstaltungen (Referenten: Prof. Lothar Pröbster, Prof. Gerhard Riegl, Dr. Jan Hajtő) sowie auf www.bio-dentis.com angeboten:

14.11.07 Mannheim – Dorint Kongress Hotel, Friedrichsring 6, 68161 Mannheim

05.12.07 München – Europäische Akademie für zahnärztliche Fortbildung, Fallstr. 34, 81369 München

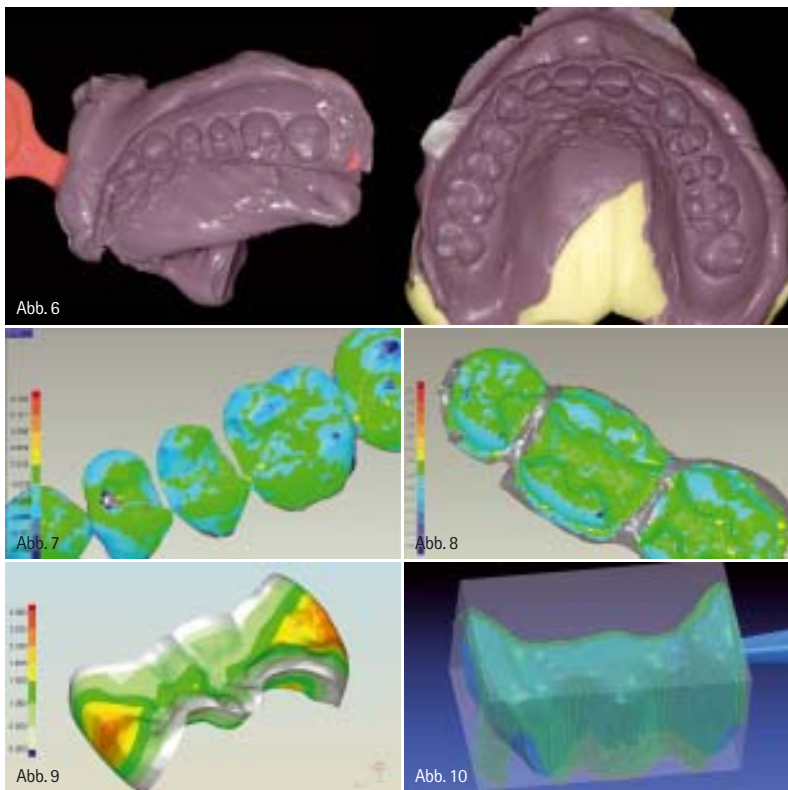


Abb. 6: Präparation einer Inlaystraße 14 od, 15 mod, 16 mo. Links: Abformung mit Premiere Triple-Tray Einweglöffel (Impregum). Rechts: Dieselbe Situation mit abgedämmtem Rimlocklöffel aus Metall (Optosil, Bayer; Impregum, 3M ESPE). Es wurden von beiden Abformungen Sägemodelle (Pindex) aus Superhartgips (Fuji-Rock, GC) hergestellt. – Abb. 7: 3-D-Differenzanalyse der referenzierten Zahnreihe: Mittlere Abweichung: 29 μm (Standardabweichung 33 μm). Software: Geomagic Studio 9. – Abb. 8: 3-D-Vergleich einer Inlaypräparation. Ein biodentis-Abdruckscan im Vergleich zu einem Laserscan des Gipsmodells (Scanner: etkon ES-1). Die Abweichungen bewegen sich in einer Größenordnung von $\pm 30 \mu\text{m}$. – Abb. 9: Kontrolle der Materialstärken über Farbgradienten. – Abb. 10: Beispiel einer Fräsbahnberechnung für eine Inlayunterseite.

senschaftlichen Anspruch, gibt jedoch einigen Aufschluss über Größenordnung und Art der Abweichungen. Die Abb. 7 zeigt das Ergebnis der eigenen Untersuchung. Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Größenordnung der durch die Abformmethodik bedingten Abweichungen in einem Bereich liegen, der klinisch vertretbar ist. Bisher konnte jede angefertigte biodentis-Restauration ohne Aufpassarbeiten eingegliedert werden. Approximale Korrekturen sind von Fall zu Fall notwendig, da diese zur Sicherheit grundsätzlich etwas stärker modelliert werden. Eine Hauptforderung besteht darin, dass alle Restaurationen ohne weitere Korrekturen eingegliedert werden können. Dies wird durch eine abgestimmte Prozesskette und Korrekturmechanismen wie z.B. die Fräsradiusinnenkorrektur gewährleistet. Es hat sich bei den bisherigen Arbeiten gezeigt, dass es unter alltäglichen Praxisbedingungen offensichtlich nicht immer möglich ist, ideale materialgerechte Präparationen zu erzielen. Scharfe Kanten

oder Ecken innerhalb der Präparationen kommen daher immer wieder vor, können aber softwareseitig ausgeglichen werden.

Digitalisierung und Modellierung

Ein Spezialscanner tastet die Abformungen hochauflösend ab und erzeugt die Ausgangsdaten. Die Qualität der Daten ist vergleichbar der Qualität eines üblichen Dentalscanners für Gipsmodelle. Selbst höhere Auflösungen sind mit dem Spezialverfahren zwar technisch möglich, führen jedoch zu sehr großen Datenmengen und bringen im klinischen Endergebnis keinen Vorteil. Einige Arbeitsschritte der Modellierung am Computer sind in den Abb. 2–5 dargestellt. Die Software verfügt darüber hinaus über eine Vielzahl von weiteren Funktionen, die hier nicht dargestellt werden können. Da das Programm von Spezialisten bedient wird, ist nicht so sehr eine einfache oder intuitive Bedienbarkeit, sondern maximale Flexibilität vorrangig. In der Zahnmedizin haben wir es fast ausschließlich mit Sonderfällen und nicht mit



Abb. 11: Einprobe zweier Inlays an den Zähnen 46 und 47 im Mund. Die Inlays weisen eine sehr gute Passung auf und können ohne weitere Korrekturen eingegliedert werden. – Abb. 12: Einprobe des Inlays an Zahn 47 unter dem Mikroskop (20-fache Vergrößerung). Die Passung lässt keine Wünsche offen. – Abb. 13: bio-dentis-Inlays an den Zähnen 17 (mo), 16 (modp) und 15 (od) bei der Nachkontrolle.

dem idealen Regelfall zu tun. Eine Dentalsoftware muss in der Lage sein, jeden noch so unwahrscheinlichen Sonderfall zu lösen. Auch dies ist ein Grund, weshalb auf das zahntechnische Know-how eines Softwareoperators nicht verzichtet werden kann. Dentalsoftware ermöglicht es im Sinne eines Wissensdepots unter anderem verschiedene Okklusionskonzepte, behandler-spezifische Einstellungen und Modellvarianten zu hinterlegen. Diese Informationen stehen allen Bedienern gleichermaßen zur Verfügung. Das zahntechnische Ergebnis wird dadurch weniger vom Vorhandensein oder Fehlen der Kompetenz eines Einzelnen abhängig. Nicht zuletzt auch aus didaktischer Sicht bietet eine solche Dentalsoftware vielseitige neue Möglichkeiten.

Die Berechnung der dynamischen Okklusion ist heute mit der bio-dentis-Software noch nicht möglich. Dies stellt eine der großen Herausforderungen der Zukunft dar. Dabei ist weniger die Programmierung der Berechnungen als vielmehr die Realisierung einer praktikablen Schnittstelle zur Behandlung die größere Aufgabe, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass in absehbarer Zeit die Mehrzahl aller Praxen mit elektronischen Aufzeichnungsgeräten ausgestattet sein wird. Mögliche Arbeitsvorkontakte oder Hyperbalancekontakte in der dynamischen Okklusion sind deshalb beim heutigen Stand der Technik vom Zahnarzt zu überprüfen. Möglich ist es hingegen bereits jetzt, die fertigen Restaurationen genauestens hin-

sichtlich der Mindestschichtstärken zu kontrollieren (Abb. 9). Dies ist ein wichtiges Mittel zur Qualitätssicherung und so nur bei digitaler Arbeitsweise möglich.

Fertigung

Nach der Berechnung der vollständigen Inlay- oder Teilkronengeometrie werden die Datensätze in Fräsbahnen umgerechnet. Gerade beim Erarbeiten und der weiteren Optimierung von effizienten, materialschonenden und präzisen Fräsbahnstrategien liegt ein wesentlicher Vorteil der zentralen Fertigung. Systemlösungen lassen nur die Fertigung nach fest installierten voreingestellten Parametern zu. Auf Basis dieser Fräsprogramme werden die Restaurationen anschließend auf hochpräzisen Mehrachsfräsaufbereitern aus Empress Rohlingen geschliffen. Keramik erfordert als sprödes Material eine möglichst materialschonende Bearbeitung. Bei Keramikinlays und Onlays stellen Keramikfrakturen die häufigste Komplikation dar.^{15,30} Keramikfrakturen gehen in der Regel von vorhandenen Materialfehlern oder Oberflächendefekten aus. Zwischen der Rauheit der Oberfläche und Festigkeit der Keramik besteht eine lineare Abhängigkeit.^{31,32} 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 von aus Blöcken geschliffenen Keramiken. Diese lassen aufgrund ihrer homogenen Struktur

nach evtl. notwendigen Einschleifmaßnahmen im Mund deutlich besser polieren als manuell geschichtete Inlays. Die sehr homogene porenfreie Struktur von industriell hergestellten Fräsrohlingen trägt in besonderem Maße zur hohen Dauerfestigkeit solcher Restaurationen bei. Hinzu kommt, dass bei der maschinellen Bearbeitung über die genaue Einstellung von Parametern wie Materialabtrag, Vorschub, Schleifgeschwindigkeit im Gegensatz zur händischen Bearbeitung jederzeit ein konstant materialschonendes Verfahren gewährleistet werden kann.

Durch die hervorragenden optischen Eigenschaften der HT (High Translucency) IPS Empress CAD Blöcke adaptieren sich die monochromatischen Restaurationen ästhetisch sehr gut an den umgebenden Zahn. Selbst Teilkronen wirken bei korrekter Farbwahl vor der Behandlung durch einen ausgeprägten Chamäleon-Effekt sehr natürlich. Im Endergebnis sind mit der bio-dentis-Methode wirtschaftlich dauerhafte und ästhetische Vollkeramikversorgungen realisierbar (Abb. 13).

Literaturliste ist beim Verlag erhältlich.

autor.

Dr. med. dent. Jan Hajtő ist seit 1995 als niedergelassener Zahnarzt in der Gemeinschaftspraxis Hajtő und Cacaci in München mit den Schwerpunkten komplexe ästhetische Zahnmedizin und fest-sitzenden Versorgung mit Vollkeramik tätig. Er publiziert und referiert regelmäßig zu den Themen Ästhetik, Keramik, Kommunikation und CAD/CAM und ist Autor des Buches „Anteriores – Natürlich schöne Frontzähne“, Teamwork Media Verlag, 2006. Dr. Jan Hajtő ist technischer Verantwortlicher und Mitgesellschafter der bio-dentis GmbH.

kontakt.

Dr. med. dent. Jan Hajtő
Weinstraße 4, 80333 München
E-Mail: dr.jan.hajtő@t-online.de
www.praxis-hc.de

bio-dentis GmbH
Kreuzstraße 5, 04103 Leipzig
Tel.: 03 41/35 52 73-0
E-Mail: info@bio-dentis.com
www.bio-dentis.com