

Digitale R-Evolution

Zusammenfassung eines Vortrags von ZTM Vincent Fehmer und Priv.-Doz. Dr. Irena Sailer, Universität Zürich, auf dem Schweizer Zahntechnik Kongress 2012

► Annett Kieschnick

„Handwerk hat goldenen Boden“ – dieser Satz klingt in einer zunehmend digitalisierten und von vollkeramischen Materialien geprägten Welt fast schon romantisch. Weder „Hand“werk noch „Gold“ werden das Berufsbild des Zahntechnikers zukünftig prägen; „Digitalisierung“ definiert den Beruf neu. In dem hier zusammengefassten Vortrag gehen die Referenten Priv.-Doz. Dr. Irena Sailer und ZTM Vincent Fehmer auf den ersten Schritt der digitalen Prozesskette ein. Dargestellt werden die Vor- und Nachteile der intraoralen digitalen Datenerfassung im Vergleich zum konventionellen Vorgehen.

Datensätze werden in naher Zukunft die Kommunikation zwischen dem Zahnarzt und dem Zahntechniker dominieren. Das ist in einer von digitalen Abläufen geprägten Branche kein Trend mehr, sondern für das zukunftsorientierte Behandlungsteam unvermeidbar. Die Frage, ob Zahnärzte oder Zahntechniker dies wollen, stellt sich nicht. Selbst der kritischste Zahntechniker wird bestätigen, dass der Weg in die Digitalisierung geebnet ist. Für sehr viele Indika-

tionen ist der digitale Workflow praxisreif und sinnvoll einzusetzen, aber noch gilt es einige Hürden zu überwinden und Limitationen zu beseitigen. Auf Seiten der Universitäten sowie der Industrie wird auf dem Gebiet der digitalen Prozesskette intensiv geforscht und entwickelt; die vielfältigen Möglichkeiten sind bereits heute für Anwender attraktiv und versprechen zuverlässige sowie reproduzierbare Ergebnisse.

Ohne Daten kein Prozess – die „Datenerfassung“ ist der erste Schritt der digitalen Prozesskette. Derzeit werden zwei Methoden angewandt:

- konventionelle Abformung (Abb. 1). Diese, beziehungsweise das daraus erstellte Modell, wird per Scanner digitalisiert,
- digitale Datenerfassung im Mund des Patienten (Abb. 2).

Für beide Methoden bedarf es der korrekten Unterlagen – auch die digitale Datenerfassung im Mund schützt nicht vor Ungenauigkeiten.

Wo steht der Mundscanner heute?

Die digitale Datenerfassung im Mund des Patienten ist seit Jahren ein viel diskutiertes Thema und gilt bei einigen Praktikern noch immer als umstritten. In der Tat: Es gibt diverse Punkte, die kritisch betrachtet werden müssen, und auch Sachverhalte, bei denen Entwicklungsbedarf besteht. Doch die zahlreichen Vorteile überzeugen bereits heute und lassen digitale Abformsysteme zu einem wichtigen Datenerfassungs-Tool werden. Gerade hinsichtlich der IDS 2013 werden von der Industrie diverse Systeme forciert, die mit immer besseren Ergebnissen beeindruckt. Trotz aller Euphorie wird jedoch der Intraoralscan die konventionelle

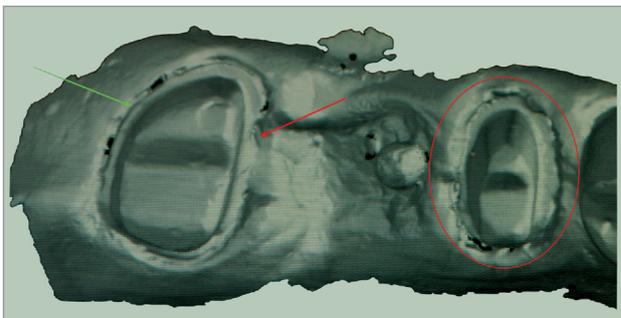
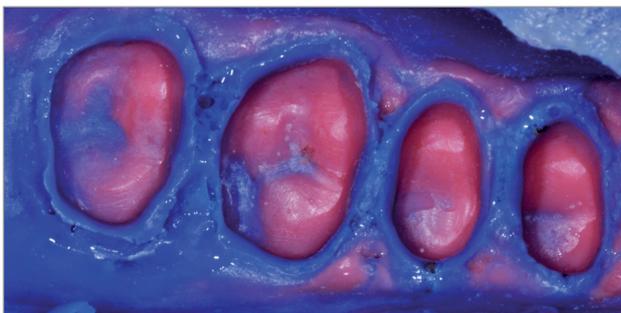


Abb. 1 und 2: Gegenüberstellung zweier Negativ-Beispiele. Sowohl bei der konventionellen Abformung (oben) als auch bei der digitalen Abformung (unten) verhindern Ungenauigkeiten im Randbereich die Anfertigung einer exakt passenden Restauration. Die Anforderungen an eine saubere Abformung müssen bei beiden Varianten eingehalten werden.

Abformung in absehbarer Zeit nicht völlig ersetzen. Die Kombination beider Verfahren wird in den kommenden Jahren die Übertragung der Mundsituation in das Labor prägen. Im Folgenden wird der Status-quo beschrieben, dies soll helfen, mit den derzeit verfügbaren Verfahren bei der jeweiligen Indikation die optimale Wahl der Datenerfassung und Modellherstellung (konventionell oder digital) zu treffen (Abb. 3).

Was ist der digitale Workflow?

Der erste Schritt einer prothetischen Maßnahme ist die Datenerfassung im Mund des Patienten. Ob „konventionell“ oder „digital“, die Mundsituation muss an den Techniker übermittelt werden. Um CAD/CAM-gestützt zu arbeiten, bedarf es eines virtuellen Modells, basierend auf digitalen Daten. Wurde eine klassische Abformung genommen, müssen die daraus erstellten Gipsmodelle mit dem Laborscanner digitalisiert werden. Die Prozesskette bis zum virtuellen Modell besteht in diesem Fall also aus DREI Arbeitsschritten: konventionelle Abformung der Mundsituation, Herstellung des Gipsmodells, Scannen des Modells. Mit der interoralen digitalen Datenerfassung kann selbiges (und teilweise exakteres) Ergebnis mit nur EINEM Schritt erreicht werden. In dem Fall werden die Daten nach dem Intraoralscan direkt aus dem Mund zum Monitor übermittelt. Abformmasse und Gipsmodell werden ersetzt. Basierend auf den erfassten Daten wird das virtuelle Gerüst für die geplante Rekonstruktion am Bildschirm generiert/modelliert (CAD) und maschinell gefertigt (CAM). Anhand der erfassten elektronischen Daten kann zusätzlich ein physisches Meistermodell hergestellt werden. Die komplett digitale Verfahrenskette verspricht vor allem im prothetischen Therapiespektrum eine Vereinfachung der Arbeitsabläufe. Durch das standardisierte Vorgehen werden unter anderem die Effizienz sowie die Ergebnisqualität erhöht.

Die digitale Datenerfassung im Patientenmund

Um die Vorteile der intraoralen digitalen Datenerfassung aufzuzeigen, ist es hilfreich, sich den konventionellen Weg beziehungsweise dessen Einflussgrößen auf das klinische Ergebnis vor Augen zu führen. Bereits die Wahl des Abformmaterials, dessen Lagerung, das Mischungsverhältnis sowie die Verweildauer im Mund können die Abformqualität erheblich beeinflussen. Der Versand der Abformung birgt weitere Fehlerquellen, ebenso die Handhabung im Labor. Bei der Modellherstellung können die Wahl des Gipses, das Mischungsverhältnis (Gips/Wasser), das Modellsystem und weitere verarbeitungstechnische Unregelmäßigkeiten große Qualitätseinbußen nach sich ziehen. Eine wirklich präzise und verlustfreie Datenübertragung von der Praxis in das Labor bedarf im konventionellen Verfahren eines hohen Aufwands und der Erfahrung auf beiden Seiten des Behandlungsteams. Und selbst wenn alle zu beeinflussenden Faktoren exakt vorgenommen werden, der Teufel steckt auch hier im Detail. Da die meisten „neuen“ Materialien nur innerhalb der digitalen Prozesskette verarbeitet werden können, ist ein digitaler Datensatz unumgänglich. Das herkömmliche Gipsmodell muss also im konventionellen Verfahren über einen Laborscanner digitalisiert werden – ein weiterer Schritt in der ohnehin schon langen Prozesskette (von der Abformung bis zum virtuellen Modell). Das Fehlerrisiko potenziert sich.

Vorteile der digitalen Datenerfassung

- Kurze Prozesskette (nur ein Arbeitsschritt bis zum virtuellen Modell)
- komplette digitale Prozesskette
- wenige verfahrenstechnische Einflussfaktoren
- standardisiertes Vorgehen

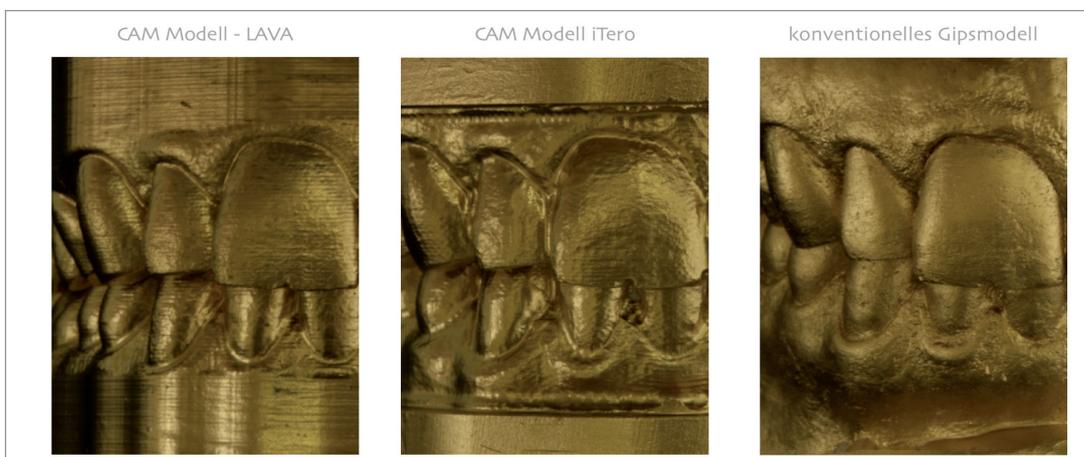


Abb. 3: Gegenüberstellung verschiedener Modelltypen. Links: CAM-Modell, hergestellt im stereolithografisch aufbauenden Verfahren (SLA) – exakte und scharfe Kantendarstellung. Mitte: CAM-Modell, hergestellt im abtragenden Verfahren. Rechts: Konventionelles Gipsmodell – weiche Darstellung der Oberfläche beziehungsweise der natürlichen Morphologie der Zähne.

- direkte Kontrolle der Präparation (Präparationsgrenze, Parallelität der Pfeilerzähne, Platzbedarf)
- Zeitersparnis/Effizienz durch direkte Generierung des virtuellen Modells
- Kommunikation zwischen dem Zahnarzt und dem Zahntechniker bekommt einen neuen Stellenwert
- hohe Akzeptanz beim Patienten (vor allem bei Patienten mit hohem Würgereiz oder Atemproblem)



Abb. 4: Direkt nach der Abformung kann der Behandler die präparierte Situation überprüfen, zum Beispiel den Präparationsrand (links), den Platzbedarf (Mitte), die Parallelität der Stümpfe (rechts).

Der entscheidende Vorteil der digitalen Datenerfassung im Mund liegt in der Möglichkeit einer direkten Qualitätskontrolle: Für den Behandler ist unmittelbar nach dem Scannen eine dreidimensionale Ansicht verfügbar. Dies bringt vor allem bei einer prothetischen Therapie viele Vorteile mit sich, zum Beispiel können die präparierten Zähne in verschiedenen Perspektiven und Detailansichten sofort auf Unzulänglichkeiten kontrolliert werden (Abb.4).

Trotz der zuvor beschriebenen Nachteile der konventionellen Abformung ist diese momentan kein Auslaufmodell. Eine vollumfängliche digitale Datenerfassung scheidet derzeit noch an einigen Limitationen.

Nachteile der digitalen Datenerfassung

- Trockenlegung (speichel- und blutfrei)
- unter Umständen Auftrag von Scanpulver
- minimalinvasive Reconstruktionen verarbeitungstechnisch nicht umsetzbar
- komplexe (Implantat-)Rekonstruktionen verarbeitungstechnisch nicht umsetzbar
- individuell ausgeformtes Emergenzprofil nicht auf das physische Modell übertragbar

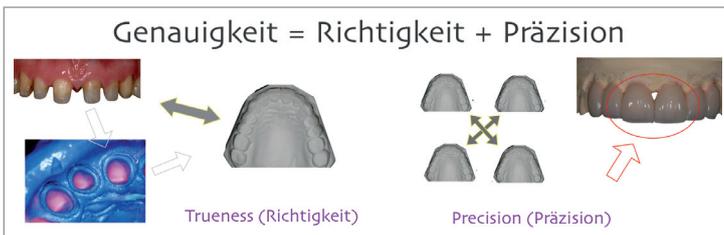


Abb. 5 und 6: „Genauigkeit“ setzt sich aus „Richtigkeit“ und „Präzision“ zusammen.

Definition „Genauigkeit“

Eine indirekte gefertigte Restauration passgenau und möglichst ohne Korrekturen klinisch einsetzen zu können, ist Ziel jedweder prothetischen Arbeit. Voraussetzungen sind die exakte Abformung (Erfassung) der Präparation und die detailgetreue Abbildung der intraoralen Situation auf einem physischen oder virtuellen Modell. Ein wichtiger Punkt bei der Datenerfassung beziehungsweise -übertragung betrifft die „Genauigkeit“. Hier sollte man sich nicht von verlockend klingenden Angeboten wie „hochpräzise Scan-Ergebnisse“ täuschen lassen und Fakten hinterfragen. „Genauigkeit“ addiert sich aus „Präzision“ und „Richtigkeit“. Im täglichen Sprachgebrauch werden diese Begriffe häufig nicht ganz korrekt angewandt. Um ein Verständnis für die Forderung „genaue Datenerfassung, genaue Abformung“ zu bekommen, ist es sinnvoll, sich die einzelnen Begriffe zu vergegenwärtigen (Abb. 5).

Präzision: Maß der Übereinstimmungen unabhängiger Messergebnisse unter festen Bedingungen. Liegen mehrere Messwerte dicht beieinander, hat die Messmethode eine hohe Präzision. Jedoch müssen die gemessenen Werte nicht richtig sein; sie könnten auch „präzise“ falsch sein. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 6 dargestellt. Präzise „ja“, aber kein Bull Eye (in diesem Fall „richtig“).

Richtigkeit: Maß der Übereinstimmung zwischen dem aus einem großen Datensatz erhaltenen Mittelwert und dem anerkannten Referenzwert.

Genauigkeit: Maß für die Übereinstimmung zwischen dem (einzelnen) Messergebnis und dem

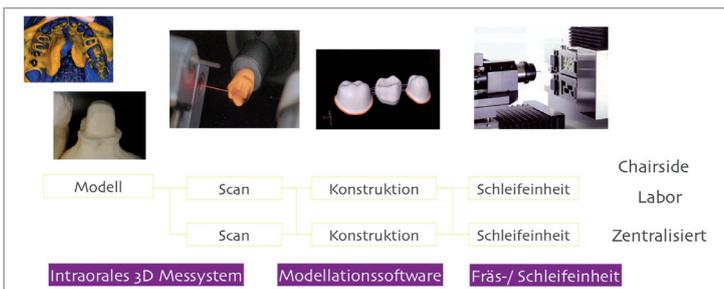


Abb. 7: Die Schnittstellen der Digitalisierung.

wahren Wert der Messgröße. Eine hohe Genauigkeit kann nur erreicht werden, wenn sowohl die Präzision als auch die Richtigkeit exakt sind.

Aktuelle Studien haben die Genauigkeit der digitalen Datenerfassung beziehungsweise der Übertragung auf das Modell untersucht. Die Ergebnisse sind vielversprechend und bei richtiger Interpretation überzeugend. Insbesondere im Quadranten-Scan ist die Genauigkeit der digitalen Abformung mindestens gleichwertig zur konventionellen zu bewerten. Bei der Abformung des gesamten Kiefers zeigt sich die digitale Variante (noch) unterlegen. ABER: Bei der konventionellen Abformung gibt es im Gegensatz zur digitalen Erfassung große Abweichungen zwischen den einzelnen Ergebnissen. Das Können des Behandlungsteams, das Material und viele weitere – nicht immer zu beeinflussende – Kriterien treffen in einer langen und fehleranfälligen Prozesskette aufeinander. Aufgrund dieser nicht abschätzbaren Schwankungen ist teilweise die digitale Datenerfassung des ganzen Kiefers besser zu bewerten als die klassische Abformung.

Vorgehen bei der digitalen Datenerfassung im Patientenmund

Bereits heute wird eine Vielzahl von Versorgungen und Materialien über computergesteuerte und maschinelle Prozesse erarbeitet. Es gibt kaum ein Labor, das nicht von diesen Möglichkeiten profitiert. Die Konstruktion wird auf einer CNC-Fräsmaschine vollautomatisch hergestellt und – je nach Verfahren – manuell nachbearbeitet. Die CAD/CAM-gestützte Fertigung hat sich trotz anfänglicher Unkenrufe etabliert und ist aus der Dentaltechnik

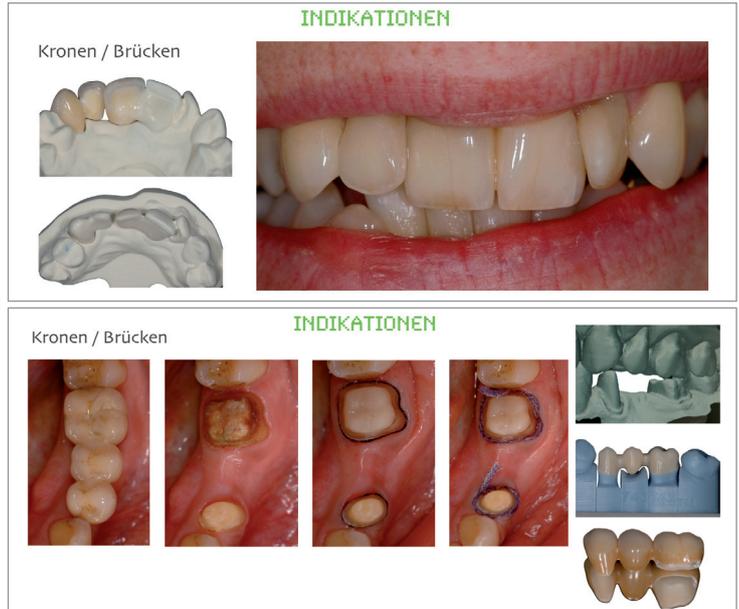


Abb. 8 und 9: Indikationen für die digitale Datenerfassung im Mund: Kronen und Brücken lassen sich in einem komplett digitalen Workflow fertigen.

nicht mehr wegzudenken. Die Software und die Fräsmaschinen wurden in den vergangenen Jahrzehnten permanent verbessert und den Anforderungen der Praktiker angepasst. Allerdings sind zwei der wichtigsten Behandlungsschritte im Praxisalltag gleich geblieben: Abformung und Modellherstellung. An diesem Punkt sei nochmals auf die lange Prozesskette des klassischen Übertragungsweges hingewiesen (Abb. 7). Zahlreiche Einflussgrößen können das klinische Ergebnis negativ beeinflussen. Für viele Indikationen ist die digitale Abformung dem konventionellen Weg zu bevorzugen, zum Beispiel für Kronen, Brücken oder Einzelzahnimplantate (Abb. 8 und 9). Derartige Restaurationen lassen sich

GIPS GUT - ALLES GUT

WIEGELMANN DENTAL



Hersteller seit 1932

günstige Preise – hohe Präzision

Qualität von unserer Mischtrommel bis in ihren Anmischbecher

FINEST
PLASTER
SINCE 1932

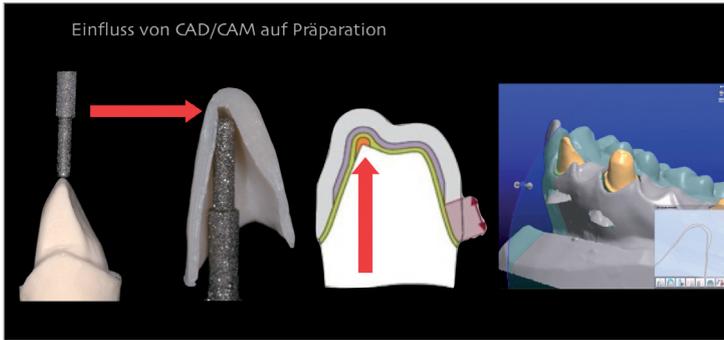


Abb. 10: Die computergestützte Fertigung verlangt besondere Präparationskonzepte, die der Behandler unbedingt berücksichtigen sollte. Die Kontrolle der Präparation erfolgt direkt nach dem Scan, eventuell unter Einbezug des Zahntechnikers.

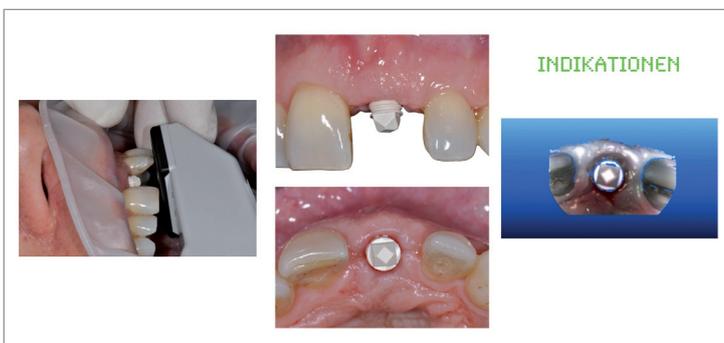


Abb. 11: Indikation für die digitale Datenerfassung im Mund: Einzelzahnimplantate.

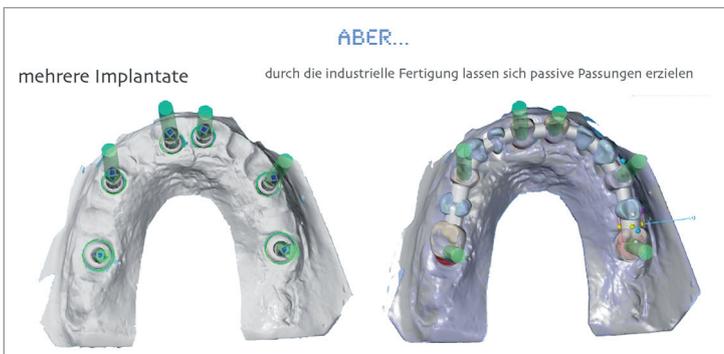


Abb. 12: Komplexe Implantatrekonstruktionen werden konventionell abgeformt und können zu einem späteren Zeitpunkt digitalisiert werden. Somit kann auch in diesen Fällen auf die Vorteile der industriellen Fertigung zurückgegriffen werden.

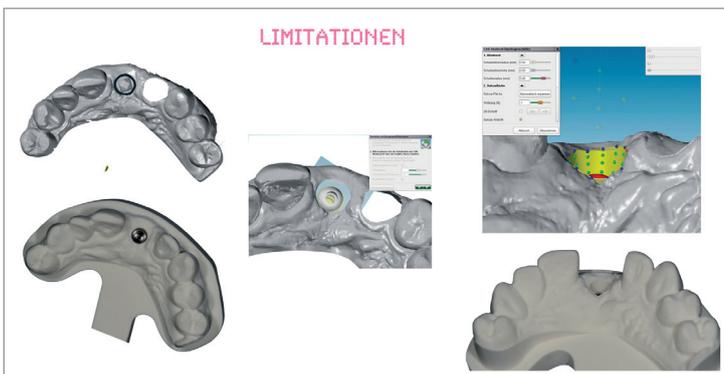


Abb. 13: Individuell ausgeformtes Emergenzprofil lässt sich noch nicht auf das im CAM-Verfahren gefertigte Modell übertragen.

im digitalen Workflow wunderbar realisieren. Die Anforderungen an die Präparation einer maschinell gefertigten Restauration sind hinlänglich bekannt; das Wissen um deren Relevanz und die korrekte Anwendung ist von großer Bedeutung für das Ergebnis: Kanten müssen abgerundet, Mindeststärken eingehalten, Stümpfe konisch gestaltet werden et cetera (Abb. 10).

Ein Intraoralscanner – gleich von welchem Hersteller – ist kein Garant für Erfolg! Die klinischen Vorbereitungen für die digitale Datenerfassung ähneln dem konventionellen Vorgehen. Nur gut erkennbare, klare Präparationsformen und -grenzen sind erfassbar und führen zur präzisen dreidimensionalen Darstellung (s. a. Abb. 2). So ist zum Beispiel das Legen eines Retraktionsfadens auch beim digitalen Vorgehen unerlässlich. Werden die grundlegenden Kriterien an die Abformung eingehalten, übermittelt der Behandler die Daten verlustfrei an den Techniker. Dieser kann theoretisch sofort mit der virtuellen Modellation beginnen. So macht Zahntechnik Spaß. Denn während sich im herkömmlichen Verfahren Abform- oder Präparationsfehler erst auf dem Modell oder im schlechtesten Fall bei der fertigen Arbeit offenbaren, lässt sich mit der digitalen Datenerfassung im Mund sofort eine Kontrolle vornehmen. Mangelhafte Abform- oder Präparationsergebnisse können einfach wiederholt oder die Stümpfe gegebenenfalls nachpräpariert werden (Einschubrichtung, Mindeststärken, Präparationsrichtlinien). Diese Möglichkeit erhöht die Qualität beziehungsweise die Standardisierung der Ergebnisse um ein Vielfaches (Abb. 11). Nichts wird dem Zufall überlassen.

Limitationen der digitalen Datenerfassung im Patientenmund

Die optische Datenerfassung im Mund des Patienten steht am Anfang einer rasanten Entwicklung. Derzeit gibt es limitierende Faktoren, welche Forschung und Entwicklung beschäftigen. Zum Beispiel steckt die Anwendung des Intraoralscanners in der Implantatprothetik (Abb. 12) noch in den Kinderschuhen, obgleich die Vorstellung der digitalen Datenerfassung im Mund gerade in diesem Bereich spannende Perspektiven bietet. Außerdem ist es heute noch nicht möglich, ein individuell ausgeformtes Emergenzprofil auf digitalem Weg exakt an das Labor zu übermitteln (Abb. 13) oder die intraoralen Daten für komplexe Implantatrestaurationen direkt in ein virtuelles Modell („Passive Fit“) umzusetzen. Des Weiteren können optische Erfassungssysteme bislang noch nicht durch Schleimhaut, Blut oder Speichel scannen. Von der Gingiva verdeckte Präparationsgrenzen sind somit nicht zu erfassen. Eine weitere Einschränkung stellt das Handling bei der Trockenlegung und Puderung der zu erfassenden Areale dar. Die komplett digitale

Herstellung (CAD/CAM) von Zahnersatz verspricht eine Vereinfachung der Arbeitsabläufe und eine Standardisierung der Qualität. Aber nicht alle Rekonstruktionen können CAD/CAM-gestützt gefertigt werden. So wird zum Beispiel bei minimalinvasiven Frontzahnrestaurationen auch in Zukunft der konventionelle Weg Mittel der Wahl bleiben (Abb. 14). Der digitale Workflow limitiert sich bei dieser Therapie in zwei entscheidenden Punkten:

- 1. Material:** Die Mindestwandstärken können aus verarbeitungstechnischen Gründen nicht gewahrt werden. Farbliche Charakterisierungen der Nachbarzähne können nur teilweise berücksichtigt werden.
- 2. Modell:** Die Oberflächenstruktur eines aus der digitalen Erfassung generierten Modells bietet nicht die gleichen Informationen wie das konventionelle Gipsmodell (s. Abb. 3).

Fazit

Die optische Abformung kann momentan die konventionelle Abformung nicht vollständig ersetzen, aber die aktuell verfügbaren Systeme sind für zahlreiche Indikationen praxisreif. Die ästhetischen Möglichkeiten sowie die werkstoffkundlichen Vorteile der modernen Materialien sind bekannt – ebenso der Fakt, dass sich die meisten dieser Materialien nur im digitalen Prozess herstellen lassen. Mit dem Intraoralscan können die Daten ohne den Umweg „Modell“ an das Labor kommuniziert werden. Gegebenenfalls erfolgt eine unmittelbare Abstimmung mit dem Zahntechniker. Effizienter und

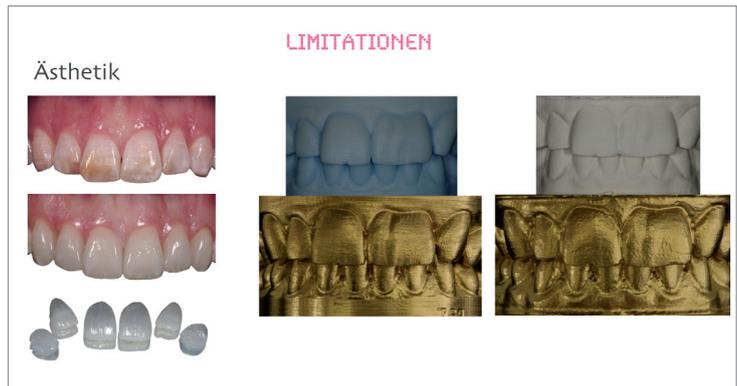


Abb. 14: Minimalinvasive Rekonstruktionen sind auf diesen Modellen im Moment noch nicht umsetzbar.

genauer als im komplett digitalen Workflow lassen sich CAD/CAM-gestützt gefertigte Restaurationen in vielen Indikationen nicht realisieren und es gibt Limitationen. Die im Labor und vor allem in der Zahnarztpraxis immer weiter vordringende Digitalisierung definiert die zahnärztlich-zahntechnische Schnittstelle neu. An der digitalen intraoralen Datenerfassung wird in absehbarer Zeit kein Weg vorbeiführen.

Vielen Dank an ZTM Vincent Fehmer und Priv.-Doz. Dr. Irena Sailer für die gute Kooperation und die Bereitstellung des Bildmaterials für diesen Beitrag.

ZT ANNETT KIESCHNICK

Freie Fachjournalistin
Helmholtzstr. 27, 10587 Berlin
Tel.: 030 39404833
E-Mail: ak@annettkieschnick.de
www.annettkieschnick.de



Qualität seit 1888

Dentalgipse
Dubliermassen
Einbettmassen
Strahl- und
Poliermittel
CAD-CAM
Technologie

ERNST HINRICHS GmbH
info@hinrichs-dental.de
www.hinrichs-dental.de

Wir sagen Danke für

MADE IN GERMANY

1925 Jahre

ERNST HINRICHS
Innovation, Qualität & Zuverlässigkeit