Digitale dentale Technologien im Dienste der Versorgung …

Autor_Prof. Dr. Olaf Winzen

Wenn wir über digitale Technologien sprechen, haben wir oft die vermeintliche Zukunft im Sinn, die uns von der Industrie mit Hochglanzprospekten gezeigt wird. Sie beschränken sich meist auf schön gestaltete Computerprogramme und gut designte Geräte. So entpuppt sich in der täglichen Praxis manches Verfahren als untauglich für die geplante Anwendung, da es sich lediglich um einzelne Bausteine und nicht um eine vollständige Kette handelt. Der nachstehende Beitrag soll die Mängel aufdecken, die digitale Verfahrenskette in der Zahnmedizin und Zahntechnik als Lösungsansatz beschreiben und die dringende Notwendigkeit der Ausbildung in Dentaltechnologie aufzeigen.

_**Gerade die gebräuchlichen** CAD/CAM-Verfahren und Geräte in der Zahnmedizin zeigen, dass uns oft die Grundlagen des Verständnisses zwischen natürlicher Zahnoberfläche und Kiefergelenkbewegung fehlen, um diese rekonstruieren zu können. Die Kenntnis der funktionellen Bestandteile der Zahnoberfläche (Abkaumuster) ist Voraussetzung zur Wiederherstellung eines Zahnes. Die Facetten müssen mit den Bewegungen des Unterkiefers zusammenspielen, damit sie nicht nur nicht stören, sondern auch funktionieren. Dies ist bei digitaler Fertigung besonders wichtig, da eine Korrektur des Abkaumusters aufgrund hoher Präzision der antagonistischen Annäherung (Okklusion) unmöglich erscheint. Jede Korrektur würde hierbei zu einer Störung führen, da kein ausreichendes Zusammenspiel mit der Unterkieferbewegung gegeben ist. Die zu rekonstruierende Zahnoberfläche muss sich stets an der natürlichen Zahnoberfläche orientieren. Diese ist so gestaltet, dass sie bei Lateralbewegungen mit der Unterkieferbewegung korreliert (Abb. 1).

Die Korrelation der Kiefergelenkbewegung mit der Zahnoberfläche erlaubt die zu bestimmenden Facetten im Raum zu orientieren. Diese werden digitalisiert und für eine weitere Bearbeitung und Zuordnung archiviert. Durch Analyse wird es möglich, die gewonnenen Daten aus den funktionellen Bestandteilen der Zähne einem CAD-Programm so zur Verfügung zu stellen. Aufgrund dieser Analysen ist es möglich, hieraus die Zahnformen und -oberflächen zu rekonstruieren und mit dem Bewegungssimulator dem Individuum anzupassen. Die Registrierung der Unterkieferbewegungen eines Individuums schafft die Grundlage für den individuellen, virtuellen Bewegungssimulator (OFA = Occlusal Fingerprint Analyser). Dieser Bewegungssimulator ist eine eigenständige Entwicklung, der mit einer virtuellen Artikulation keine Gemeinsamkeiten hat. Er ist nicht auf die Geometrie des Artikulators beschränkt, sondern wird jeder beliebigen Kiefer- und Zahnbogengröße gerecht. Es wird kein Algorithmus verwendet, der durch seine standardisierten Daten zu einem

Abb. 1_ Digitale Verfahren, von links nach rechts: 3-D-Bildgebung und Bewegungsaufzeichnung, Oberflächenscan, virtuelle Bewegungssimulation, navigierte Implantation, CAD-Planung und CAM-Fertigung.
Abb. 2_ Occlusal Fingerprint Analyser (OFA) mit Kontaktdetektion zur virtuellen Bewegungsanalyse.

Abb. 1

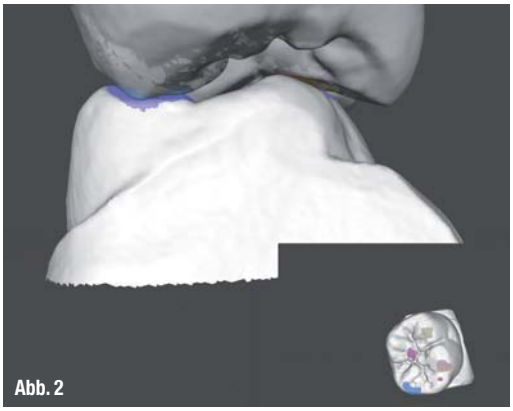


Abb. 2

mehr oder minder großen Fehler führt, sondern die tatsächliche Bewegung des Objektes im Raum wird aufgezeichnet und dargestellt (Abb. 2).
Eine Digitalisierung der funktionstragenden Anteile eines individuellen Zahnes ist heute in ausreichender Auflösung möglich, wodurch eine Zuordnung dieser Anteile zur grundlegenden biomorphologischen Form erfolgen kann. Die nächste Entwicklungsstufe, die sich gerade in der Entwicklung befindet, ermöglicht die Herstellung einer individuellen biomorphologischen Funktionskaufläche unter Einbeziehung der individuellen Unterkieferbewegung. Die sich hieraus ergebenden Daten können, sofern die Daten von der Maschine verarbeitet werden, in einer CAM direkt eingelesen werden. Auf Basis der Gebrauchsmusteranalyse nach Kullmer et al. wurde es 1997 erstmals möglich, eine natürliche Zahnoberfläche digital zu visualisieren, zu zerlegen, zu analysieren und als Zahngebrauchsmuster (tooth wear pattern) für die Zahntechnik verwendbar zu machen (Abb. 3).
Das Ergebnis ist eine funktionelle, individuelle Rekonstruktion eines Zahnes, die ohne die üblichen Einschleifarbeiten eingliederbar ist. Am Beispiel der Occluchips ist die mögliche Anwendung sehr gut verständlich, da es hier darauf ankommt, eine Reposition durchzuführen und eine neue Zahnoberfläche zu schaffen (anstelle einer Repositionsschiene), ohne die übliche Invasion mittels Teilkronen oder Onlays. Bei Patienten mit kariesfreiem Gebiss und vor kieferorthopädischer Behandlung ist diese Technik besonders vorteilhaft, da keine natürlichen Zähne oder Zahnoberflächen verändert oder beschliffen werden müssen. Als Parameter zur digitalen Rekonstruktion der funktionellen Zahnoberfläche steht nur die Kiefergelenkbewegung zur Verfügung, da es sich in der Regel um Bisserhöhungen und Neukonstruktion der Zahnoberfläche handelt (Abb. 4).
Die Abfolge der zahnärztlichen und zahntechnischen Tätigkeiten sollte also in eine digitale Form überführt und in logische Einzelschritte gegliedert werden. Damit sind die einzelnen Glieder der Tätigkeitskette reproduzierbar und können als digitale Verfahrenskette definiert werden. Diese Verfahrenskette führt zu einer Standardisierung von digitalen Verfahren, was unabdingbare Voraussetzung für eine zukünftige Versorgung ist.
Für den Bereich der Implantation existieren bereits Vorschläge zur digitalen Verfahrenskette, die einfach beschrieben, wie in der Abbildung gezeigt, aussehen können. Eine vollständige digitale Verfahrenskette ist hier gegeben, wenn anstelle des Umweges über die Implantatschablone eine navigierte Implantation direkt erfolgt (Abb. 5).
Da die Kenntnisse zur Beherrschung dieser Verfahren in der Zahnmedizin nicht vermittelt werden und auch in naher Zukunft nicht vermittelt werden können, ist es sinnvoll, dem Zahnarzt einen gut ausgebildeten Akademiker mit spezifischen Fachkenntnissen an die Seite zu stellen. Dieser Spezialist muss nicht nur eine Datei in ein Programm einlesen und auf dem Bildschirm weiterbearbeiten können, sondern er muss als Dentaltechnologe (technisch ausgerichtet) analog zum Medizintechnologen die dentale Entwicklung mitbestimmen und Restaurationen digital ermöglichen. Zur Herstellung von Restaurationen auf vorhandenen Zähnen oder Implantaten sowie zur Behandlung craniomandibulärer Erkrankungen ist es unabdingbar, patientenindividuelle Informationen in Form von Modellen und/oder datenaufzeichnenden Verfahren in den Herstellungsprozess einfließen zu lassen. Die digitale Verfahrenskette sollte jedoch frühzeitiger beginnen und moderne Diagnoseverfahren integrieren, sonst sind Fehler und Misserfolge unvermeidlich.
Der Bedarf an hochwertigen und schnell verfügbaren Restaurationen wird in der Zukunft aufgrund demografischer Faktoren weiter zunehmen. Der Anteil festsitzender Restaurationen wird ebenfalls steigen, da fehlende Zähne zunehmend durch Implantate ersetzt werden. Der Erfolg jeder Implantatversorgung hängt neben der Implantatpositionierung auch von der funktionierenden Suprakonstruktion ab. Hier entscheidet oft die Suprakonstruktion über einen langfristigen Erfolg oder Misserfolg, da Fehlbelastungen in Laterotrusion häufig zu Zugbelastungen im Zahnhalsbereich führen. Ein strukturiertes Vorgehen bei Befund, Diagnose, Planung und Therapie ist somit unabdingbare Voraussetzung für die vorhersagbare zahnärztliche Behandlung. Die hier vorgeschlagene strukturierte Verfahrenskette stellt

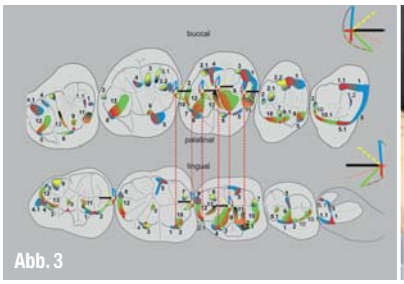


Abb. 3_ Individuelle, biomorphologische Funktionskaufläche (Bild: Dieter Schulz, Bensheim).
Abb. 4_ Funktionelle okklusale Rekonstruktion mit Occluchips.

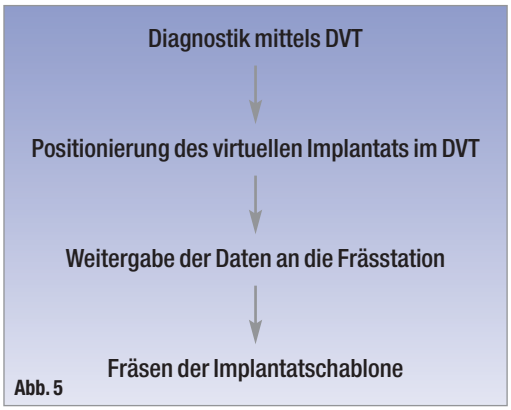


Abb. 5_ Verfahrenskette für die Implantation bis zur Herstellung der Implantatschablone.

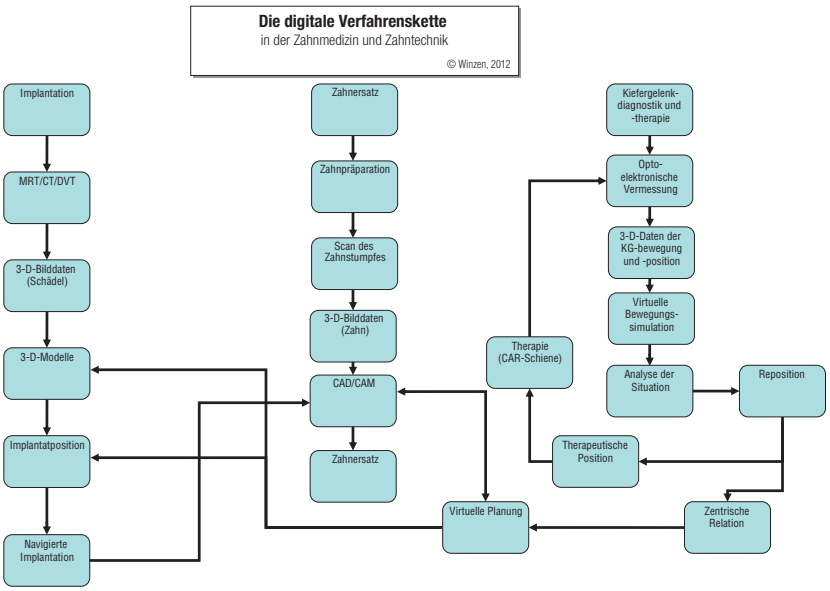


Abb. 6

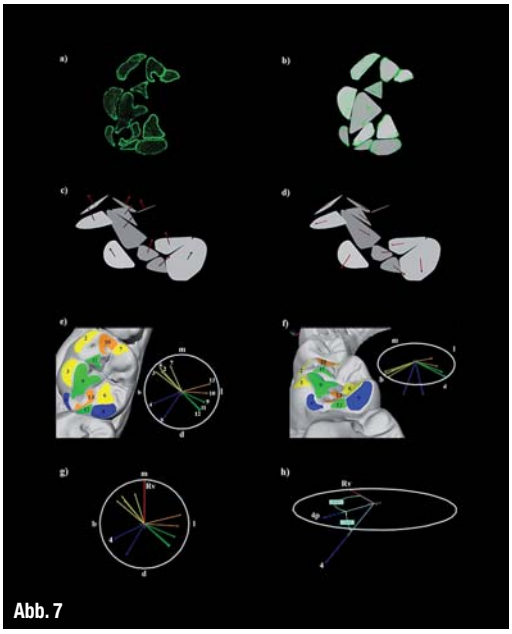


Abb. 7

Abb. 6_ Digitale Verfahrenskette in der Zahnmedizin.
Abb. 7_ Virtuelle Rekonstruktion der okklusalen Anteile nach Facettenanalyse.

sowohl digitale als auch manuelle Kettenglieder dar. Die fehlenden digitalen Bestandteile können, solange diese noch nicht verfügbar sind, von heute gebräuchlichen mechanischen Geräten ersetzt werden.
Aus der Vielzahl der möglichen Befunde sollen drei Beispiele als Grundlage eines strukturierten Vorgehens dienen:
_ fehlende Wurzeln
_ Verlust natürlicher Zahnoberflächen
_ Kiefergelenkstörungen

Hieraus ergeben sich zahnärztliche Diagnosen, die zu den folgenden Therapien führen:
1. Implantationen
2. Rekonstruktion von Zahnoberflächen
3. Kiefergelenkdiagnostik und -therapie
Am Ende steht so immer die Rekonstruktion möglichst präziser Zahnoberflächen oder Zähne. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn größtmögliche Genauigkeit vorliegt und die Kontakte und Funktionsflächen im physiologischen Bereich liegen. Hierzu ist es notwendig, die zentrische Relation durch Reposition sehr genau durchzuführen, damit bei der virtuellen Rekonstruktion über die Kontaktdetektion eine störungsfreie, funktionierende Artikulation möglich wird (Abb. 6).
Zahnoberflächen können heute mit einer Präzision von bis zu 4 µm digital konstruiert und als Datensatz weitergegeben werden. Hierbei ist es sogar möglich, individuelle Zahnformen aus der Analyse der Kaufacetten zu generieren und einem funktionellen Abkaumuster zuzuordnen. Diese Abkaumuster werden dem Individuum zugeordnet und sind wie ein Fingerabdruck einmalig und reproduzierbar. Hierzu müssen punktuelle und Facettenkontakte mit einer Präzision analysierbar werden, die unter 8 µm liegt, damit diese nicht als störend empfunden werden oder durch Nonokklusion nicht funktionieren (Abb. 7).
Unsere digitalen Techniken ermöglichen mittlerweile diagnostische Schritte und Erkenntnisse, die vor Kurzem noch nicht vorstellbar gewesen wären. So ist es bereits heute möglich, eine Kontaktdetektion von bis zu 4 µm in einem virtuellen Bewegungssimulator durchzuführen, was zur Herstellung einer funktionellen Zahnoberfläche genutzt werden kann.
Dies entspricht der Präzision einer Kontaktpunkt- oder Kontaktflächendarstellung mittels Okklusionsfolie im Mund.
Die Okklusionsfolie wird hier durch einen durchscheinenden Antagonisten ersetzt, was den Vorteil hat, dass keine Überlagerungen durch unbeabsichtigte Bewegungen stattfinden (Abb. 8).
Am Beispiel der Kiefergelenkdiagnostik und -therapie (Bisshebung) soll gezeigt werden, wie digitale Prozesse in Kombination mit bestehenden mechanischen Prozessen zusammengeführt werden können. Die mechanischen Prozesse können jederzeit durch neu entwickelte digitale Verfahren ersetzt werden, ohne die Verfahrenskette neu verändern zu müssen.

Abb. 8_ Kontaktdetektion mit durchscheinendem Antagonisten.
Abb. 9_ Abkaumuster zur digitalen Verwendung, aus dem Aufwachskonzept von D. Schulz abgeleitet.

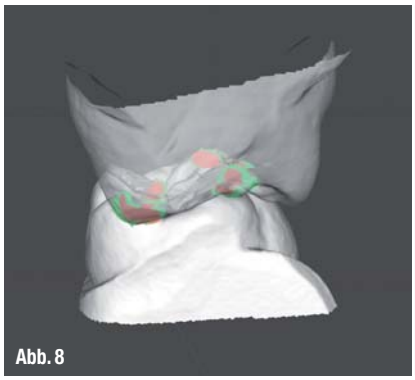


Abb. 8

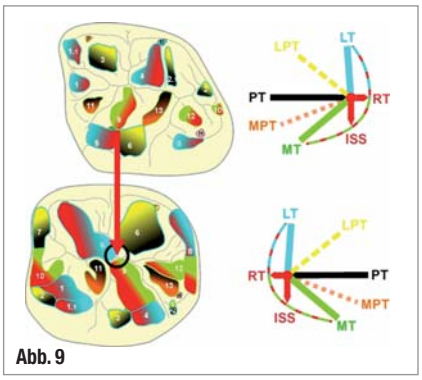


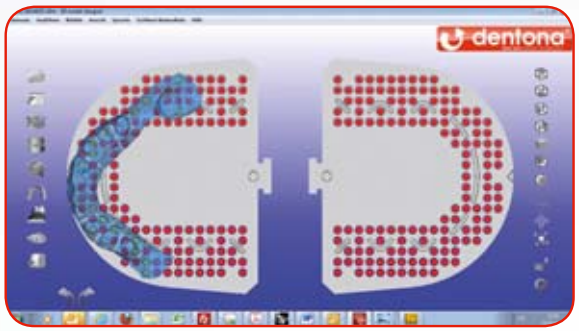
Abb. 9

dentona®
NEW WAY DENTAL TECHNOLOGY

Digitale Modellherstellung im Labor

Testen Sie 30 Tage kostenlos
FREE DOWNLOAD
www.digitale-modellherstellung.de

Ihr Technologiepaket aus 3 Bausteinen



3D modeldesigner

Erstellen Sie in nur wenigen Schritten aus den digitalen Abformdaten das **dentona®-Modell**.

3D modeldisc

der gipsbasierte Fräswerkstoff in Rondenform.

dentobase® 3D

Das innovative Modellsystem bildet die Verbindung zu allen Artikulatorsystemen.

IHRE VORTEILE

- kompatibel zu fast allen 5-Achs-Fräsmaschinen und CAM-Systemen
- zusätzliches CAM Modul bei Bedarf lieferbar
- sehr niedriger Investitionsaufwand: ab 1.950,- € zzgl. USt.

www.digitale-modellherstellung.de

Abb. 10

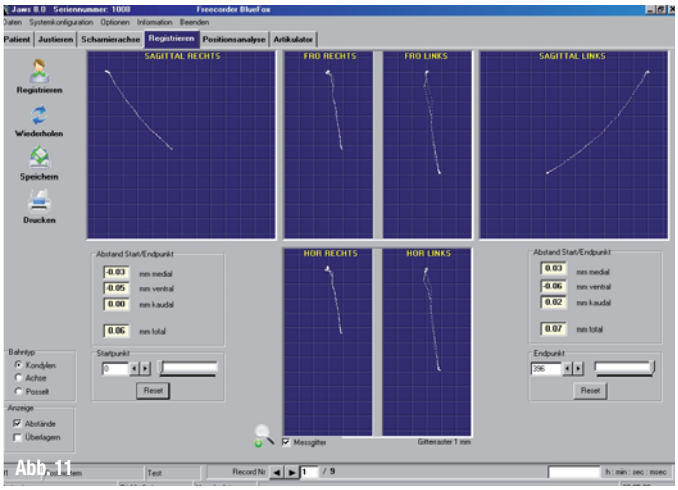


Abb. 11

Abb. 10_ Optoelektronisches Registriersystem Freecorder®BlueFox.
Abb. 11_ Protrusionsaufzeichnung dreidimensional.

Eine zahnärztliche Rekonstruktion, hierzu gehört auch die Veränderung der Zahnoberfläche zur Kiefergelenktherapie, muss die natürliche, funktionelle Rekonstruktion des stomatognathen Systems zum Ziel haben. Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn die patientenindividuellen Parameter in die Restauration einfließen. Hierzu gehören sowohl statische als auch dynamische Daten. Diese Patientendaten können durch Registrierung und Bestimmung der zentrischen Relation ermittelt werden. Um die Daten weiterverarbeiten zu können, sollten diese elektronisch erhoben werden und in einem allgemein lesbaren Format vorliegen. Außerdem wird ein Bewegungssimulator benötigt, der sämtliche patientenindividuellen Bewegungen wiedergeben kann. Aufgrund der eingeschränkten Verwendbarkeit der virtuellen Bewegungssimulation muss zurzeit auf die bekannten mechanischen Geräte (Artikulatoren) zurückgegriffen werden, die nur eine Bearbeitung der Balanceseite ermöglichen. Hierdurch kann die herzustellende Restauration einen großen Teil der für den Patienten zum Kauen nutzbaren Kontaktareale nicht aufweisen. Das zu verwendende Aufwachskonzept muss sich sowohl im virtuellen wie auch mechanischen Gerät nach der natürlichen Zahnoberfläche orientieren, wodurch sich das Aufwachskonzept nach D. Schulz „NAT und NFR" anbietet (Abb. 9).

Weiterhin muss eine CAD/CAM-Technik verwendet werden, die eine ausreichend reproduzierbare Genauigkeit der Rekonstruktion erlaubt. Zurzeit sind sowohl die Scantechniken als auch die Konstruktions- und Frästechniken in der Entwicklung, erlauben jedoch bereits eine Präzision in der Oberflächengestaltung, die eine annähernd funktionierende Zahnoberfläche mit einer Annäherung der Antagonisten ermöglichen, wie diese in der handwerklichen Zahntechnik ebenso erreichbar ist.

Die Unterkieferbewegung der Patientin und die zentrische Okklusion werden aufgezeichnet und im Computer archiviert. Hierzu wird ein optoelektronisches Aufzeichnungssystem verwendet, das eine hohe Genauigkeit aufweist und zusätzlich die Möglichkeit der computerassistierten Reposition bietet. Dieses System ermöglicht die Aufzeichnung freier Unterkieferbewegungen und lässt dem Patienten einen bisher nicht möglichen Freiraum. Indem ein Repositionsgerät (CAR-Gerät) anstelle des Patienten in dieselbe Position gebracht werden kann, sind dreidimensionale Unterkieferverlagerungen möglich (Abb. 10).

Am Beispiel der Protrusion kann der Informationsgehalt solcher Aufzeichnungen nur annähernd dar-

Abb. 12_ Das Repositionsgerät kann anstelle des Patienten mit dem System gekoppelt werden.
Abb. 13_ Die gelben Kreuze entsprechen der Bissnahme, die roten Kreuze entsprechen der Repositionsposition nach Verstellung.

Abb. 12

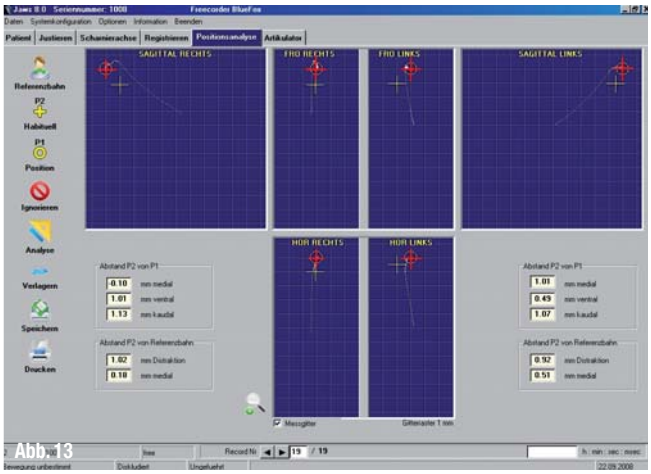
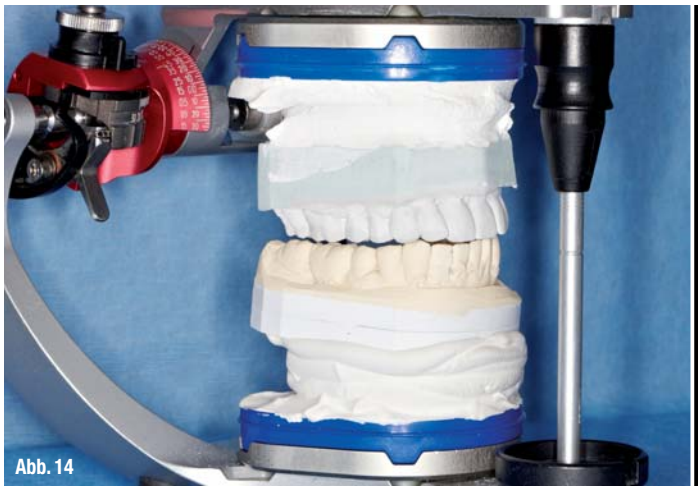
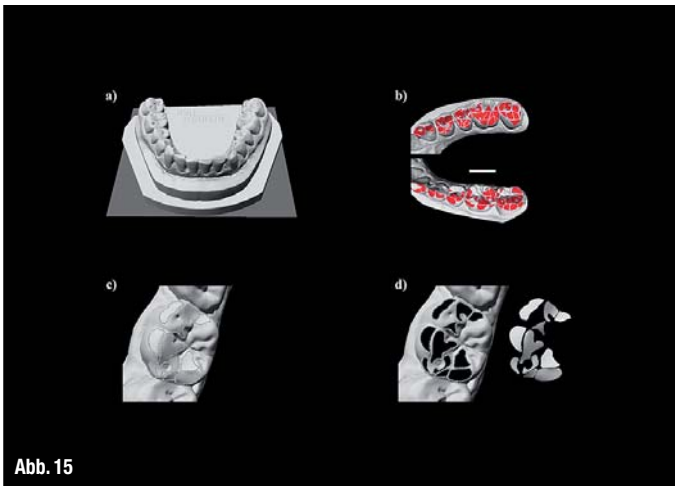


Abb. 13





gestellt werden. Es können sowohl metrische Auswertungen, wie Diagnostik von Erkrankungen und Analysen von Bewegungsbahnen und Simulation von Restaurationen, durchgeführt werden. Außerdem kann das Ausmaß der Neueinstellung des Unterkiefers, wie zum Beispiel der Bisshebung, auf 0,01 mm genau ermittelt und eingestellt werden (Abb. 11).

Nach Anfertigung präziser Modelle, Auswertung der Daten und Korrelation des CAR-Gerätes mit dem Aufzeichnungs gerät wird die neu zu bestimmende Position mit gekoppeltem Computer auf dem Bildschirm eingestellt (Abb. 12). Hierbei werden die roten Kreuze als neue Position durch Verstellung des CAR-Gerätes eingestellt und eine neue Bissnahme unter Computerkontrolle angefertigt.

Diese Bissnahme hat mit der bisher bekannten Methodik keine Gemeinsamkeiten, da durch die dreidimensionale Reposition sowohl eine neue Startposition für die Bewegung des Unterkiefers wie auch ein neues Bewegungsmuster resultieren (Abb. 13).

Diese Bissnahme kann zum Artikulieren in der zentrischen Relation genutzt und gleichzeitig als zentrische Relation mit den Modellen gescannt werden. Dieser Schritt ist notwendig, da die digitale Verfahrenskette zurzeit im Punkt „direktes Scannen" noch mangelhaft ist und einen Umweg über den Scan der Modelle und der Bissnahme notwendig macht. Die Daten werden ausgelesen und an die CAD/CAM-Station weitergegeben (Abb.14).

Die herzustellenden funktionellen Anteile der Kaufläche sind deutlich zu erkennen. Sie werden in mehreren Schritten präzise bestimmt und als Facetten definiert. Danach werden sie dem Zahnbogen und der biomorphologischen Zahnform zugeordnet. Nach räumlicher Zuordnung der funktionellen Anteile zur gewählten Referenzebene können diese Daten zum Fräsen verwendet werden (Abb. 15).

Nach Fräsen der Occluchips werden diese in den Artikulator übertragen. Die statische Position wird überprüft und eingeschliffen. Anschließend werden die Bewegungen kontrolliert und überarbeitet. Hierbei wird besonderer Wert auf eine Führung der funktionellen Anteile gelegt. Diese Arbeit wird zukünftig durch die präzise, individuelle Bewegung überflüssig, da das „Einschleifen" durch Veränderung der Form im virtuellen Modell erfolgt. Dieser Entwicklungsschritt stellt einen nächsten Wendepunkt in der Geschichte der digitalen Rekonstruktion dar, da eine Formveränderung der okklusalen Anteile (Einschleifen oder Aufwachsen) in der virtuellen Zahnoberfläche beliebig oft vorgenommen werden kann, was eine spätere Korrektur auf ein Minimum beschränkt oder sogar überflüssig macht (Abb. 16).

Die Occluchips können sowohl ästhetischen wie auch funktionellen Erfordernissen gerecht werden. Zur besseren Handhabung beim Einsetzen werden diese paarweise verblockt und erst nach der Befestigung getrennt. Hierbei kann sowohl auf bestehenden Restaurationen im Sinne von Langzeitprovisorien wie auch auf natürlichen Zähnen temporär zementiert werden.

So ist jede Art von weiterer Behandlung möglich, was gerade bei kariesfreien Gebissen den Vorteil hat, dass einzelne Occluchips entfernt werden und eine Bisshebung kieferorthopädisch durchgeführt werden kann. Es handelt sich so um eine wirkliche

Abb. 14_ Repositionsposition (= therapeutische Position) im Artikulator.
Abb. 15_ Virtualisierung eines Modells und Extraktion der funktionellen Anteile.

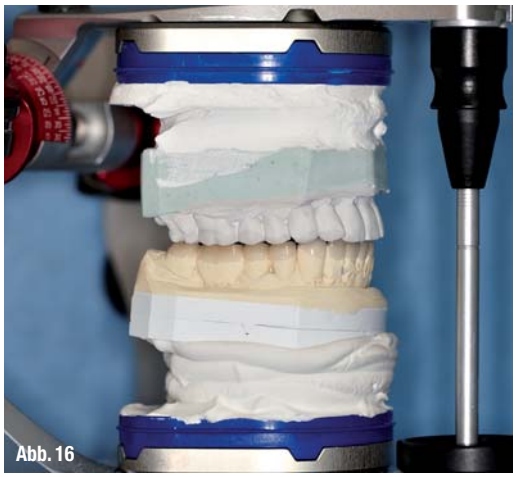


Abb. 16_ Occluchips zur Überprüfung im Artikulator.

Abb. 17

Abb. 18

Abb. 17_ Ästhetik und Funktion gehören zusammen.
Abb. 18_ Fertige Restauration vor der Eingliederung.

minimalinvasive Rekonstruktion und maximale Substanzschonung der natürlichen Zähne (Abb. 17–19).

_Fazit

Die vorgestellten digitalen Verfahren und die daraus resultierenden Möglichkeiten sollten dringend weiterentwickelt, in eine funktionierende Verfahrenskette eingebunden und dem Praktiker zugänglich gemacht werden. Bisher sind einzelne Bestandteile verfügbar, werden jedoch noch nicht in ein schlüssiges Gesamtkonzept eingebunden, wodurch noch auf mechanische Geräte zurückgegriffen werden muss.
Aufgrund der demografischen Entwicklung stehen wir in Kürze vor einer neuen Herausforderung. Diese Herausforderung umfasst die flächendeckende Versorgung der Bevölkerung mit bezahlbaren Rekonstruktionen. Digitale dentale Technologien sind bei richtiger Anwendung und Einbindung in eine Verfahrenskette die Chance für die Zahntechnik, bezahlbaren Zahnersatz in Deutschland zu fertigen und so im Dienste der Bevölkerung eine hochqualitative Versorgung zu gewährleisten. Dieser Aufgabe ist die Zahntechnik gewachsen, wenn der Beruf des Dentaltechnologen endlich in Deutschland flächendeckend angeboten wird.
Das Bindeglied zwischen Zahnmedizin und Zahntechnik ist der technisch orientierte Dentaltechnologe, der in der Lage ist, die digitalen Daten, die in der Zahnarztpraxis am Patienten gesammelt werden, weiterzuverarbeiten.
Die so teilweise neu zu entwickelnden Verfahren müssen in den zahnmedizinischen und zahntechnischen Arbeitsprozess integriert, Synergismen genutzt und damit Kosten gesenkt werden. Nur so wird das Zahntechniker-Handwerk und die Zahnmedizin dauerhaft den zukünftigen Herausforderungen gewachsen sein.
Eine älter werdende Bevölkerung mit eigenen Zähnen und durch Implantate ersetzten Zähnen verlangt nach preiswerten Versorgungen. Die technischen Möglichkeiten müssen ausgeschöpft werden und technische Geräte, die teilweise bereits vorhanden sind, einer gemeinsamen Plattform und einem gemeinsamen Dateiformat zugeführt werden, damit eine zahnmedizinische Versorgung möglich wird, die den Anforderungen der Zukunft gewachsen ist. Erste Erfolge zeigen, dass dies zum Nutzen aller Beteiligten möglich ist und in den Laboralltag integriert werden kann.
Der Studiengang der Dentaltechnologie ist die einzige Möglichkeit, dieser Aufgabe zu begegnen und dem Zahnarzt und dem Zahntechniker einen kompetenten Partner an die Seite zu stellen, so wie dies in der Medizin schon lange erfolgreich durch den Medizintechniker praktiziert wird. So wird die Herausforderung zum Innovationsmotor, die auch zukünftig die Versorgung bezahlbar macht._

Abb. 19_ Restauration eingegliedert; Bisshebung 6 mm.

Abb. 19

_Kontakt

digital dentistry

Prof. Dr. Olaf Winzen
Craniomedizin Frankfurt
Zentrum für Kopfdiagnostik
und Zahnheilkunde
Kaiserstr. 35
60329 Frankfurt am Main
Tel.: 069 27137895
www.craniomed.org

Infos zum Autor

FORTBILDUNGSPUNKTE 12 FORTBILDUNGSPUNKTE

Digitale Dentale Technologien

7./8. Februar 2014 Dentales Fortbildungszentrum Hagen

Thema
Die Verarbeitung verschiedener Materialien im digitalen Workflow

Impressionen DDT 2013

Veranstalter/Anmeldung:

OEMUS MEDIA AG
Holbeinstraße 29
04229 Leipzig

Tel.: 0341 48474-308
Fax: 0341 48474-390
event@oemus-media.de
www.oemus.com

Wissenschaftliche Leitung:

Dentales Fortbildungszentrum Hagen GmbH
Handwerkerstraße 11
58135 Hagen

Tel.: 02331 6246812
Fax: 02331 6246866
www.d-f-h.com

Faxantwort 0341 48474-390

Bitte senden Sie mir das Programm zum Symposium
Digitale Dentale Technologien am 7./8. Februar 2014 in Hagen zu.

E-Mail (bitte eintragen)

Stempel

DD 2/13