

Digital unterstützte dynamische Artikulation verbessert Rekonstruktionsberechnung

# CAD/CAM kann mehr als Keramik ausschleifen

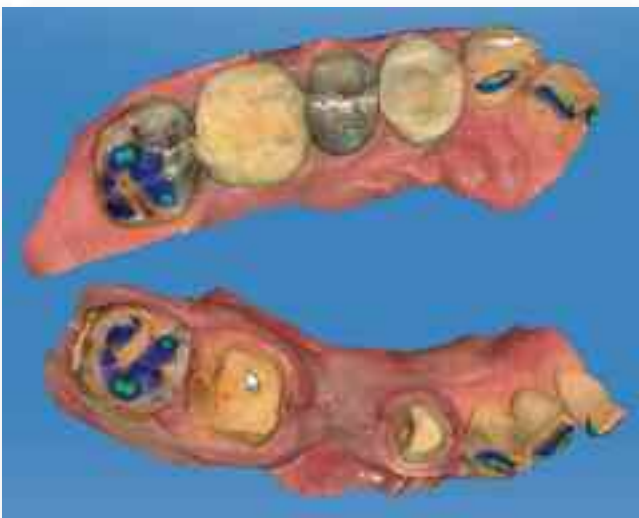
Univ.-Prof. Dr. Dr. Albert Mehl, Zahnarzt, Physiker und Humanbiologe, Abteilung für computergestützte restaurative Zahnmedizin an der Universität Zürich, wird auf dem 14. Keramiksymposium, das zusammen mit den wissenschaftlichen Gesellschaften DGÄZ, DGCZ, DGPZM, DGR<sub>2</sub>Z und der AG Keramik stattfindet, das Thema „CAD/CAM und Okklusion“ erweitern und über den „Status quo sowie über die künftigen Entwicklungen der computergestützten Restauration“ berichten.

Die digitale intraorale Abformung spielt eine zentrale Rolle in der computergestützten Zahnmedizin. Sie ermöglicht neue Behandlungsoptionen und beschleunigt den Workflow bei der Herstellung der Restauration. Dies ist jedoch nur eine Seite der Medaille. Für das stomatognathe System ist es unerlässlich, dass die Funktionstüchtigkeit wiederhergestellt wird, besonders nach dem umfangreichen Auflösen der Stützzonen durch die Präparation. Die CAD/CAM-Systeme entdecken zunehmend die Aspekte der Funktion. Zudem werden mehr und mehr umfangreiche CAD/CAM-Restaurationen vollanatomisch gefertigt. Hierfür sind Konzepte erforderlich, die die Statik und Dynamik sinnvoll integrieren und zu brauchbaren Lösungen führen.

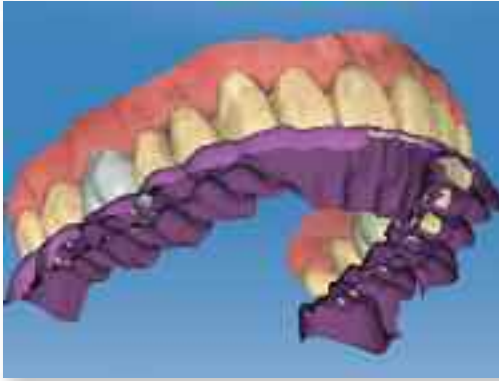
Im ersten Schritt denkt man an mechanische Artikulatoren, die in computergestützte Technik übertragen werden. Im nächsten Schritt sind aber digital gesteuerte Lösungen gefragt, die als Mehrwert eine umfassende Beurteilung der Funktionstüchtigkeit des stomatognathen Systems ermöglichen. Wenn wir bisher von dynamischer Okklusion sprechen, reduzieren wir den Sachverhalt auf die Kinematik und betrachten die Bewegungsbahnen. Dynamik schließt aber auch die Kau- und Beißkräfte mit ein. Dies erfordert die Einbeziehung der Muskelaktivitäten. Damit eröffnet sich eine Disziplin, die mit Computerunterstützung gelöst werden kann [1].

## Dynamische Okklusion digital konstruiert

In den letzten Jahren sind entscheidende Fortschritte in der intraoralen, lichteptischen Scantechnik erzielt worden. Quadranten und Kiefer einschließlich der Gegenbeziehung können direkt am Patienten dreidimensional vermessen werden. Hierbei kann die statische Relation von Ober- und Unterkiefer über Bissregistrare oder Bukkalaufnahmen intraoral erfasst werden (**Abb. 1**). Diese Informationen bilden die Ausgangsbasis, um die Kauflächen-gestaltung und die Oberflächenrekonstruktion digital durchzuführen. Mit dem wissenschaftsbasierten Ansatz der Biogenerik [2] hat sich ein Verfahren herauskristallisiert, bei dem automatisch für die jeweilige individuelle Situation ein gut passender Restaurationsvorschlag berechnet wird. Damit wird die Nachbearbeitungszeit für das Modell deutlich reduziert oder kann sogar entfallen.



**Abb. 1:** Ober- und Unterkiefer werden mittels einer Bukkalaufnahme verschlüsselt. Sind die kontralateralen Eckzähne mit aufgenommen, kann eine Artikulation simuliert und dynamische Kontakte dargestellt werden. Quelle: Fritzsche



**Abb. 2: Funktionelles Bissregistrat berechnet die Bewegungen des Unterkiefers.**



**Abb. 3: Ergebnis der rein statischen Berechnung mit den okklusalen Kontaktpunkten (grün)**



**Abb. 4: Biogenerische Rekonstruktion von Zahn 24 und 25 nach intraoraler Abformung. Kontaktsituation bei Berücksichtigung nur der statischen Okklusion. Quelle: Mehl**

Eine komplette, individuelle Registrierung aller Artikulationsparameter ist nach wie vor zeitaufwendig und heute nur über Umwege in den digitalen Prozess integrierbar. Experten diskutieren, bis zu welchem Ausmaß eine individuelle Registrierung notwendig ist, um die okklusalen Interferenzen in einem vertretbaren Rahmen zu halten. Diskutiert wird auch, wann ein Gesichtsbogen angelegt und ob Mittelwertartikulatoren, teil- oder volljustierbare Artikulatoren verwendet werden sollen [3]. Den genauesten Artikulator bietet ohne Zweifel der Patient selbst. Meyer war 1959 der erste, die die Technik des funktionellen Bissregistrats (FGP, functional generated pathway) beschrieb [4]. Die Idee war, ein okklusales „Bewegungsregistrat“ direkt im Mund des Patienten aufzuzeichnen, dessen Oberfläche im Bereich der Präparation die Grenzbewegungen der Antagonisten beinhaltet (**Abb. 2 bis 4**). Mit einer Software wurde im Jahr 2004 die FGP-Technik in das CAD/CAM-Verfahren aufgenommen (Cerec, Sirona).

Verschiedene Ansätze zur Umsetzung der realen Artikulationsbewegung in einem virtuellen Artikulator sind seit einiger Zeit bekannt und teilweise auch verfügbar [5, 6]. Schwachpunkt beim digitalen Arbeitsprozess war die Integration der Information aus dem Gesichtsbogen und die nach wie vor aufwendige elektronische Registrierung. Heute eröffnet die intraorale Messtechnik mit dem lichteoptischen Scanner neue Möglichkeiten, sodass der gesamte Registrierprozess ohne großen Zeit- und Apparatenaufwand innerhalb der digitalen Prozesskette durchgeführt werden kann. Voraussetzung ist, dass eine ausreichende Restbeziehung vorhanden ist und dass sich der Restaurationsumfang im Bereich von Einzelzähnen und kleineren Brücken bewegt.

### Tipps für Kurzentschlossene

#### Zahntechniker treffen sich in Hamburg

Das 14. Keramik-Symposium, das am 5. und 6. September 2014 in Hamburg stattfindet, wird am 6. September von einem Zahntechniker-Forum begleitet. Tagungsort ist das Hotel Grand Elysee Hamburg, Rothenbaumchaussee 10, Beginn 9.00 Uhr. Die Teilnahme berechtigt auch zum Besuch der Referate der wissenschaftlichen Gesellschaften.

Info und Kontakt für Symposiums-Interessenten:  
[www.ag-keramik.de](http://www.ag-keramik.de) und [www.quintessenz.de/hamburg](http://www.quintessenz.de/hamburg)

## Digitale Umsetzung

Die einzelnen Schritte zur Integration der dynamischen Okklusion in den digitalen Rekonstruktionsprozess sind folgendermaßen:

1. Intraorale Datenerfassung mit Kiefer- und Gegenkiefer- und okklusale Zuordnung der beiden Kiefer (zum Beispiel Bissregistrat oder Bukkalscan)
2. Modellannahmen für die Artikulationsbewegung
3. Bestimmung oder automatische Berechnung der Artikulationsparameter
4. Virtuelle Simulation der Bewegung
5. Entfernen von Störkontakten auf der Restauration aufgrund der Bewegungsinformation oder durch Einbeziehen des virtuellen FGPs.

Unabhängig vom verwendeten Artikulationsmodell lassen sich alle Bewegungen virtuell genauso durchführen wie im mechanischen Artikulator. Dabei werden die Randbedingungen der Kiefergelenkbewegung berücksichtigt und die Kiefer in jeder neuen Position auf Kollision geprüft – das heißt, es soll eine Berührung stattfinden, aber es darf keine Durchdringung eintreten. Daraus folgt, dass jede Bewegung unter Zahnkontakt erfolgt. Der gesamte Bereich der Kieferkontaktbewegungen kann automatisch abgefahren werden. Die einzelnen Positionen des Unter- beziehungsweise Oberkiefers können abgespeichert und als Bewegungsfilm abgespielt werden. Jede neu hinzugekommene Kieferposition kann mit der vorherigen Position überlagert und dabei die neu hindurchdringenden Punkte in diese Fläche übernommen werden.

Voraussetzung für die mittelwertige Artikulation ist die Kenntnis der ungefähren Lage der Okklusionsebene. Diese wird idealerweise aus den Konstruktionspunkten im Unterkiefer, das heißt aus dem Inzisalpunkt und den beiden distobukkalen Höckerspitzen der 7-er Molaren, bestimmt. Eine weitere Möglichkeit ist, eine Regressionsebene auf die Zahnreihen zu „legen“, zum Beispiel

in Richtung der Einschubachse. Ebenso ist es bei Teilkieferaufnahmen aufgrund von Plausibilitätsannahmen wie Kieferformen und Zahnstellung möglich, automatisiert die Konstruktionspunkte für die Okklusalebene zu bestimmen. Die Lage der Kondylen für die mittelwertige Artikulation sind üblicherweise durch das Bonwill-Dreieck und durch die Höhe über der Okklusionsebene oder alternativ durch den Balkwill-Winkel vorgegeben. Hinzu kommen noch die sagittale Gelenkbahnneigung und der Bennett-Winkel. Eine weitere Stufe der Individualisierung ist die Implementierung des teiljustierbaren Artikulators. Hierbei werden folgende Parameter ermittelt:

- Die Position der Gelenke (x-, y-, z-Koordinaten),
- die sagittale Gelenkbahnneigung und
- der Bennett-Winkel.

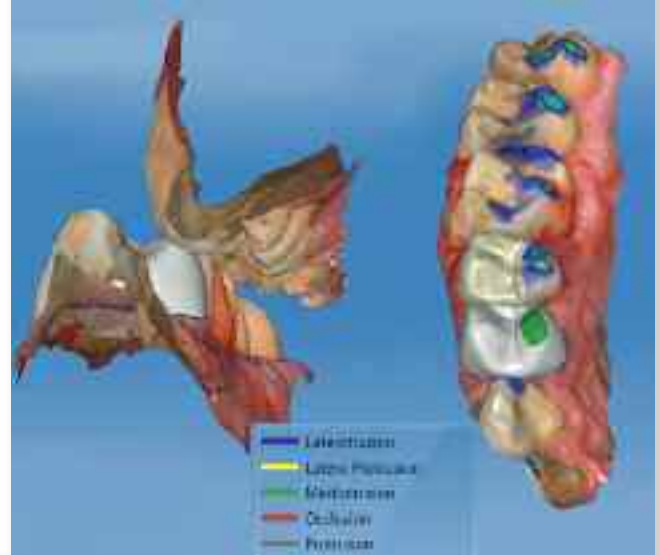
Damit können alle beliebigen Positionen der Kiefergelenke simuliert werden.

Neben der Verwendung des virtuellen Artikulators für die Restaurationsgestaltung lässt sich auch der Einfluss des Kiefergelenks untersuchen. Diese Parameter können schrittweise verändert und für die jeweiligen Bewegungsmuster in Form des virtuellen FGPs abgespeichert werden. Studien belegen, dass bei guter Restbeziehung und unter Beibehaltung der Eckzahnführung nur in 20 Prozent der Fälle die Abweichungen im gesamten Restaurationsbereich größer sind als 100 µm [7, 8]. Selbst unter der Annahme, dass diese Abweichungen in einigen Fällen eintreten, sind diese Werte im Vergleich zu den normal notwendigen Einschleifmaßnahmen als unproblematisch einzustufen.

Bisherige universitäre Studien zeigen, dass für viele klinische Situationen eine Vorgehensweise gewählt werden kann, die einen hohen Automatisierungsgrad erlauben. Vorteilhaft ist dies besonders bei der Restauration von Einzelzähnen und bei der Konstruktion kleinerer Brücken, die im Chairside-Verfahren konstruiert und angefertigt werden. Hierzu werden die virtuellen Modelle von Ober- und Unterkiefer in habitueller Okklusion durch Bukkalscans registriert. Durch Aktivieren von Ikonen werden die Konstruktionspunkte für die Okklusalebene eingegeben. Dieser Prozess lässt sich auch über wissenschaftliche Modelle automatisieren und liefert bei fehlenden Konstruktionspunkten oder Teilkieferaufnahmen die Information zur Okklusionsebene. Daraus können die Kiefergelenkpositionen für die mittelwertige Artikulation berechnet werden. Unter Berücksichtigung der Kiefergelenksbahnen wird die Bewegung unter Kollision berechnet und das virtuelle FGP eingblendet. Das virtuelle FGP kann zusätzlich zur statischen Antagonistsituation bei der Berechnung des biogenerischen Vorschlags oder zur Kontrolle nach rein statischer Anpassung beim Restaurationsvorschlag eingblendet werden, sodass der Benutzer noch Veränderungen vornehmen kann. Im Ergebnis wird erkennbar, dass es größere Bereiche gibt, in denen die Artikulation zu Störkontakten führt, während die statische Okklusion gut passt (Abb. 5).

## Zusammenfassung

Ein intraoral generiertes, funktionelles Bissregistrat aus Wachs oder Silikon lichtoptisch abzuformen und auf diese Weise mit



**Abb. 5: Störkontakte bei Durchführung der Artikulation (dynamische Okklusion). Auf den Restaurationen kann anhand der Farben die Bewegung, die zur Störung führt, detektiert werden – hier auf Zahn 24 ein Kontakt bei der Mediotrusion (System Omnicam, Cerec-Software 4.2.x).** Quelle: Mehl

der Präparationsaufnahme zu referenzieren, ist schon seit geraumer Zeit möglich, um die dynamische Okklusion in den digitalen Arbeitsprozess zu integrieren [9]. Der Nutzen ist, dass dieses FGP direkt alle möglichen, individuellen Parameter berücksichtigen kann. Das Problem ist jedoch, dass es kein Material gibt, das präzise die Bewegung aufzeichnen kann. Viskosität und plastische Eigenschaften der Elastomere lassen nicht zu, dass bei Kollision mit dem Gegenkiefer sofort das Material an dieser Stelle verdrängt wird, gleichzeitig die direkte Nachbarschaft durch Wegdrücken oder Nachfließen von Material unbeeinflusst bleibt. Das virtuelle FGP dagegen kann exakt berechnet werden. Damit lassen sich aus der Überlagerung vom statischen und funktionellen Registrat die Berührungspunkte bestimmen, die als mögliche Kandidaten für die okklusalen Kontaktpunkte bei der Konstruktionsberechnung infrage kommen. Dieser Aspekt kann im konventionellen Verfahren aufgrund der Ungenauigkeit der elastomeren Abformung nicht exakt umgesetzt werden [10]. Außerdem bietet das automatisierte, virtuelle FGP einen enormen Zeitvorteil.

Aus Studienergebnissen mit Einzelzahnrestorationen und mit kleineren Brücken konnte die Erkenntnis gewonnen werden, dass der Einfluss der individuellen Einstellung am teiljustierbaren Artikulator gegenüber der mittelwertigen Artikulation nicht wesentlich ist. Die Konsequenz daraus ist, dass auch der Gesichtsbogen keinen allzu großen Einfluss hat und daher durch eine Automatisierung in der Software ersetzt werden kann.

## Manfred Kern, Arbeitsgemeinschaft für Keramik in der Zahnheilkunde – Schriftführung, Ettlingen

*Dieser Bericht basiert auf der Publikation von Prof. Dr. Dr. Albert Mehl, Universität Zürich: A new concept for the integration of dynamic occlusion in the digital construction process. Int J Comput Dent 2012;15:109-123.*

*Das Literaturverzeichnis kann unter [leserservice@dzw.de](mailto:leserservice@dzw.de) angefordert werden – oder, noch einfacher, als PDF im ePaper unter [www.dzw.de](http://www.dzw.de) heruntergeladen werden.*