

# „Intraorale Scansysteme werden in der Diagnostik, Therapieplanung und Behandlung neue Möglichkeiten eröffnen“

Die Digitalisierung schreitet auch in der Kieferorthopädie zunehmend voran. Insbesondere intraorale Scansysteme erweisen sich für KFO-Praxen als zunehmend interessant. KN sprach mit Prof. Dr. Dr. Albert Mehl, Experte im Bereich der computergestützten Zahnheilkunde, über den Status quo bezüglich aktuell verfügbarer Verfahren, Messgenauigkeiten intraoraler Abformung sowie momentaner Entwicklungen.



**Abb. 1:** Guided Scanning: Die Software führt den Benutzer durch den Scanpfad und erstellt gleich das zugehörige Modell.

Mittlerweile stehen am Markt auch Intraoral-scansysteme speziell für KFO-Anwendungen zur Verfügung. Sie basieren auf unterschiedlichen optischen Messprinzipien, wie z. B. Farbcodierung, Stereophotogrammetrie oder konfokale Mikroskopie. Welches Verfahren sehen Sie hinsichtlich der Scanergebnisse im Moment als das am besten geeignetste bzw. welches würden Sie kieferorthopädischen Praxen empfehlen?

Grundsätzlich gibt es bezüglich der Genauigkeit bei den einzelnen Messprinzipien

keine Unterschiede: Jedes von den erwähnten Verfahren kann besser oder schlechter umgesetzt sein, es hängt von der jeweiligen technischen Realisierung und damit von der Erfahrung des Herstellers auf diesem Gebiet ab. Außerdem spielt auch die nachgeschaltete Datenaufbereitungssoftware, die zum Beispiel die Einzelaufnahmen zusammenlegt oder Scanartefakte und Rauschen herausfiltert, eine entscheidende Rolle. Aufgrund der enormen Qualitätssteigerung in den letzten Jahren kann man aber aufgrund der einfacheren Handhabung und der zusätzlichen Möglichkeit der Farbmodellerstellung klar puderfreie Messverfahren gegenüber den Verfahren, die noch eine Bepuderung benötigen, vorziehen.

**Wo stehen wir momentan bezüglich der Messgenauigkeit intraoraler Abformung? Wie groß sind die Abweichungen? Ist ein Intraoral-Scan hier mit einem Alginat- oder Silikonabdruck vergleichbar?**

Die Messgenauigkeit liegt bei Aufnahmen von Quadrantengröße besser als 40 Mikrometer und ist damit wirklich vergleichbar mit den besten Hochpräzisionsabformmassen inklusive Gipsmodellherstellung. Bei Gesamtkieferaufnahmen kommen die besseren Scansysteme auf Werte von 50 bis 70 Mikrometer, manchmal auch bis 100 Mikrometer, mit Abweichung über den gesam-

ten Kiefer gemessen. Diese Werte sind noch nicht ganz so gut wie bei der optimalen Anwendung von Hochpräzisionsabformungen (z. B. Zwei-Phasen-Silikonabformung etc.), aber doch signifikant besser als bei Alginatabformungen. Allerdings müssen hier zur genaueren Einschätzung noch weitere Studien durchgeführt werden. Außerdem verbessern sich durch die Weiterentwicklung ständig die Scansysteme.

**Ob puderlos oder mit Puder gescannt wird, macht heutzutage kaum noch einen qualitativen Unterschied. Welche Faktoren haben Einfluss auf das Scanergebnis und sollten beim Scanvorgang unbedingt berücksichtigt werden? Sollte immer noch trockengelegt werden?**

Das ist richtig: Es gibt in punkto Genauigkeit keinen Unterschied mehr zwischen puderfreien Messverfahren oder Verfahren, die noch Bepuderung oder Mattierungen der Zahn- bzw. Schleimhautoberfläche benötigen. Aber natürlich heißt das nicht, dass man durch eine Blut- oder Wasserlache hindurch scannen könnte. Die puderfreie Messung ist zwar schon deutlich toleranter gegenüber geringen feuchten Benetzungen im Vergleich zu Systemen mit der Notwendigkeit von mattierten Oberflächen, allerdings sollte man für ein optimales Scanresultat schon auf eine gute Trockenlegung des Scanbereiches achten. Zusätzlich fällt

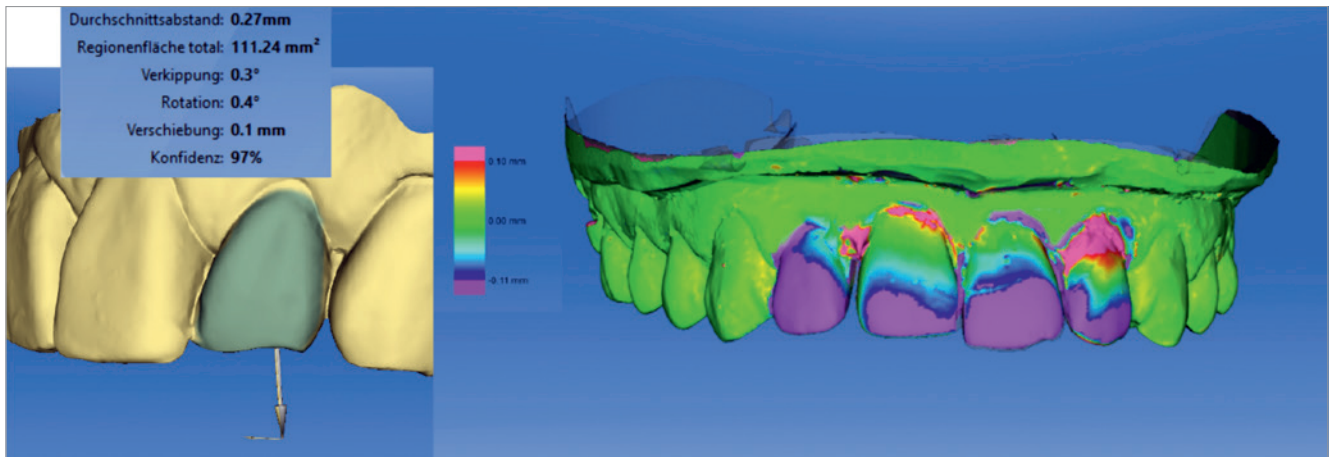


Abb. 2: Veränderungen der Zahnstellung während kieferorthopädischer Behandlungen können durch Überlagerung der Modelle visuell und metrisch sehr präzise analysiert werden.

uns immer wieder auf, dass alle Scanner für ein bestmögliches Ergebnis die Einhaltung einer gewissen Scanstrategie erfordern und man möglichst alle Flächen inklusive Approximal- und Seitenflächen mit erfassen sollte, um so den Zahnbogen zu „stabilisieren“ und Lücken zu vermeiden, die dann beim Auffüllen zu Verzerrungen führen können.

**Einige Hersteller geben an, mit ihrem System ein sogenanntes „Guided Scanning“ anzubieten, wobei jedoch oftmals nur farblich angezeigt wird, ob die Bilder tatsächlich erfasst wurden oder nicht. Wird der Anwender hingegen tatsächlich beim Scanvorgang geführt, sind nicht nur genauere Modelle, sondern auch kürzere Scanzeiten realisierbar. Woran liegt das bzw. was genau bedeutet „Guided Scanning“, wenn es richtig umgesetzt wird?**

Ich denke nicht, dass es keine großen Unterschiede zwischen den beiden erwähnten Visualisierungskontrollen gibt, wenn die optische Erfassung und die Datenbearbeitung einen gewissen Entwicklungsstand erreicht haben. „Guided Scanning“ bedeutet im eigentlichen Sinne, dass man zum einen einen gewissen Scanpfad einhalten soll und zum anderen dabei auch visuell am Monitor (oder 3D-Brille etc.) geführt wird. Der große Vorteil von „Guided Scanning“ ist, dass die Software zu jedem Zeitpunkt weiß, wo die Einzelbilder gerade aufgenommen werden. Daher kann zum Beispiel die Überlagerung der Einzelbilder im Seitenzahnbereich anders erfolgen als im Frontzahnbereich oder auf der Schleimhaut am Gaumen. Die Algorithmen können

auf die entsprechenden morphologischen Strukturen der jeweiligen Regionen angepasst und damit sowohl die Genauigkeit als auch die Sicherheit deutlich erhöht werden.

**Wird es künftig generell möglich sein, auch Weichteile einzuscannen, sodass man komplette Kieferscans zur Verfügung hat? Wie ist hier der Stand der Entwicklungen?**

Bei vielen Scannern ist der Weichteilscan schon gut möglich, wenn man sich auf die befestigte Gingiva inklusive Gaumen beschränkt. Handelt es sich dagegen um bewegliche Schleimhaut, ist ein Scan noch nicht durchführbar. In solchen Regionen hat man aber auch bisher mit herkömmlichen Abformmassen nicht die Möglichkeit einer reproduzierbaren Abformung (und damit ist die Abformung sehr ungenau). Es ist eher die Frage zu stellen, welchen Druck man auf die beweglichen Anteile auszuüben hat, um die richtige Spannung zur Dehnung der Gewebe zu erhalten. Hier könnte man sich dann auch für die Intraoralscanner Lösungen vorstellen, die dann in Zukunft umgesetzt werden könnten. Also ja, es ist in Zukunft sicher möglich, mit der gleichen „Qualität“ wie bei der konventionellen Abformung bewegliches Weichgewebe abzuformen.

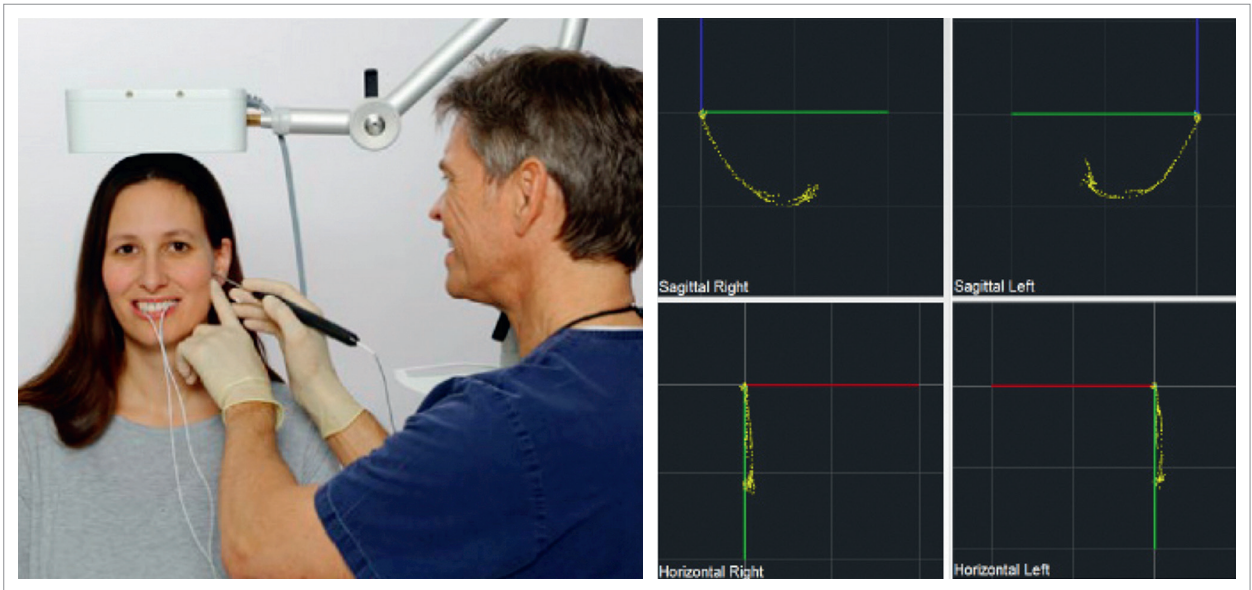
**Intraorale Scansysteme werden ständig weiterentwickelt, um sowohl den Scanprozess als auch das Handling zu vereinfachen. Momentan gibt es Bestrebungen, eine Lösung zu realisieren, die aufgrund eines entsprechenden Gerätedesigns mit einem einzigen Scanvorgang alle nötigen Infos (okklusal, bukkal, lingual) umsetzen**

**kann. Wann denken Sie, wird so eine Lösung verfügbar sein, und welche Vorteile sehen Sie?**

Das ist richtig. Eine gleichzeitige Erfassung einer oder mehrerer Zahnoberflächen von mehreren Seiten würde den Scanprozess deutlich vereinfachen und eine enorme Zeiteinsparung bieten. Ein Hersteller entwickelt schon einen Scankopf, der entfernt diesen Gedanken aufnimmt. Allerdings sind noch keine weiter fortgeschrittenen Entwicklungen bekannt, die solche Prinzipien schon mit guter Qualität umsetzen. Das Hauptproblem dabei ist, die optischen Komponenten so zu miniaturisieren, dass keine Qualitätsverluste auftreten. Einen Zeitplan für die Realisierung solch einer Lösung kann man daher vernünftigerweise noch nicht nennen.

**Mittlerweile ist es möglich, z. B. mithilfe optoelektronischer Registrierungsverfahren Kieferbewegungen und -positionen zu erfassen sowie Kau- und Schluckbewegungen aufzuzeichnen. Die dabei gewonnenen Parameter können von großem Vorteil für die Fertigung kieferorthopädischer Apparaturen sein. Inwieweit ist es möglich, mithilfe von Intraoralscans Bewegungs- aufzeichnungen zu realisieren, sodass im Ergebnis ein individueller Artikulator zur Verfügung steht? Wie ist hier der Stand der Entwicklungen?**

Der Intraoralscanner hat den großen Vorteil gegenüber der konventionellen Abformung, dass man die Position der Sensoren für die elektronische Bewegungsaufzeichnung direkt ohne Umwege mit dem Gebiss bzw. den Zahnoberflächen in örtliche und



**Abb. 3:** Elektronische Aufzeichnung von Kieferbewegungen: Ein neues Verfahren ermöglicht einfache Handhabung mit gleichzeitig hoher Auflösung aller möglichen Kondylenbewegungen.

zeitliche Relation bringen kann. Dies erlaubt das sofortige und auch hochgenaue virtuelle Abspielen der Unterkieferbewegung mit allen Möglichkeiten der damit zusammenhängenden Analyse. Die Möglichkeit des Einsatzes eines individuellen Artikulators wird damit realisiert. Im Prinzip gibt es schon jetzt für mehrere elektronische Registriersysteme die Möglichkeit, die Bewegung in ein CAD-Programm zu integrieren. Bei manchen Herstellern müsste dazu aber noch eine einfache Schnittstelle integriert werden, um nicht über komplizierte Datentransformationen gehen zu müssen.

Ich gehe davon aus, dass zeitnah solche Möglichkeiten angeboten werden. Wir sind also nicht mehr weit davon entfernt, auch durch die Markteinführung neuer Geräte zur Bewegungsaufzeichnung, eine neue Ära der Funktionsdiagnostik oder Funktionsaufzeichnung zu starten.

**Inwieweit ist es möglich, mithilfe von Intraoralscans eine dreidimensionale Verlaufskontrolle hinsichtlich der Bewegung von Zähnen während einer kieferorthopädischen Therapie zu realisieren?**

Es gibt bereits Software, mit deren Hilfe man Kieferscans, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen worden sind, automatisch überlagern und Differenzen und Unterschiede zwischen den einzelnen

Zeitpunkten berechnen kann. Auch sind jetzt schon Zahnbewegungen und Veränderungen der Zahnreihe metrisch und visuell auswertbar. Speziell für kieferorthopädische Fragestellungen wäre es wünschenswert, wenn die Automatisierung so weit fortgeschritten ist, dass man ohne weitere Interaktion des Nutzers, z. B. Anmalen oder Ausschneiden des Zahnes, schon alle Zähne durch das Programm separiert hat und zu jedem Zahn alle relevanten Analysen und Veränderungsdaten angezeigt bekommt. An diesem Thema, genannt auch automatische Segmentierung, wird bei manchen Firmen schon seit Längerem gearbeitet.

**Wenn Sie sich die Fortschritte und Entwicklungen der letzten Jahre hinsichtlich der Digitalisierung von Prozessen sowie der Fusionsmöglichkeiten gewonnener digitaler Daten ansehen – Ist schon bald mit einem komplett virtuellen Patienten zu rechnen?**

Wenn wir uns andere Bereiche aus Medizin oder Industrie ansehen, wird sicher in naher Zukunft in der Praxis mit einheitlicher Software eine Fusion verschiedener Datensätze möglich sein. Dies wird Diagnostik und Therapieplanung nochmals deutlich verbessern. Ob man dies nun als virtuellen Patienten bezeichnet oder nicht, wir haben dann zumindest den Zugriff auf

die räumliche und zeitliche Zuordnung aller Informationen eines Patienten in einer ganz neuen Art und Weise.

**Haben Sie vielen Dank für dieses Interview.**

**Kurzvita**

Prof. Dr. med.  
dent. Dr. rer. biol.  
hum. Albert Mehl  
[Autoreninfo]

**Adresse**

Prof. Dr. Dr. Albert Mehl  
Zentrum für Zahnmedizin  
Klinik für Präventivzahnmedizin,  
Parodontologie und Kariologie  
Plattenstr. 11  
8032 Zürich, Schweiz  
Tel.: +41 44 6343272  
albert.mehl@zzm.uzh.ch  
http://www.zzm.uzh.ch/en/research/staff/  
mehl-albert.html