

# 3-D-Diagnostik in der KFO

## Therapeutische Vorteile

Eine genaue Befunderhebung und akkurate Planung sind wichtige Prädiktoren einer erfolgreichen kieferorthopädischen Therapie. Seit vielen Jahren werden dafür in aller Regel zweidimensionale Röntgenaufnahmen (Panoramascichtaufnahmen, Fernröntgenseitenbilder), intra- und extraorale Fotografien sowie dreidimensionale Planungsmodelle aus Gips verwendet. In den letzten Jahren zeigten virtuelle Methoden einen rasanten Einzug in die Zahnmedizin und auch in die Kieferorthopädie. Heutzutage lässt sich die gesamte kieferorthopädische Befunderhebung und Planung digital durchführen, zudem können Apparaturen und Retainer sowie auch Schablonen für chirurgische Eingriffe virtuell und individuell geplant und anschließend im CAD/CAM-Verfahren oder auch mittels 3-D-Druck hergestellt werden<sup>1</sup>. Obwohl diese Neuerungen eine erhöhte Präzision, reduzierte „chair time“ sowie eine kürzere Therapiedauer versprechen<sup>2</sup>, werden digitale Workflows bisher eher noch verhalten in die tägli-

che kieferorthopädische Routine implementiert. Mögliche Gründe könnten die relativ hohen Anschaffungskosten für Softwarelizenzen und neue Geräte darstellen. Zumal konventionelle Techniken seit vielen Jahren ebenfalls zum Erfolg geführt haben und der Mehrwert durch digitale, individuelle Planungen schwer zu quantifizieren scheint. Zudem wird initial eine größere Einarbeitungszeit benötigt. Auch die Vorstellung, weniger Zeit direkt am Patienten und mehr Zeit am Computer zuzubringen, könnte abschreckend wirken. Deshalb steht für viele Kieferorthopäden die Frage im Raum, ob und wann es therapeutische Vorteile gibt. Ist eine Implementierung digitaler Workflows in die eigene Praxis gegenwärtig schon sinnvoll?

### Digitaler Workflow

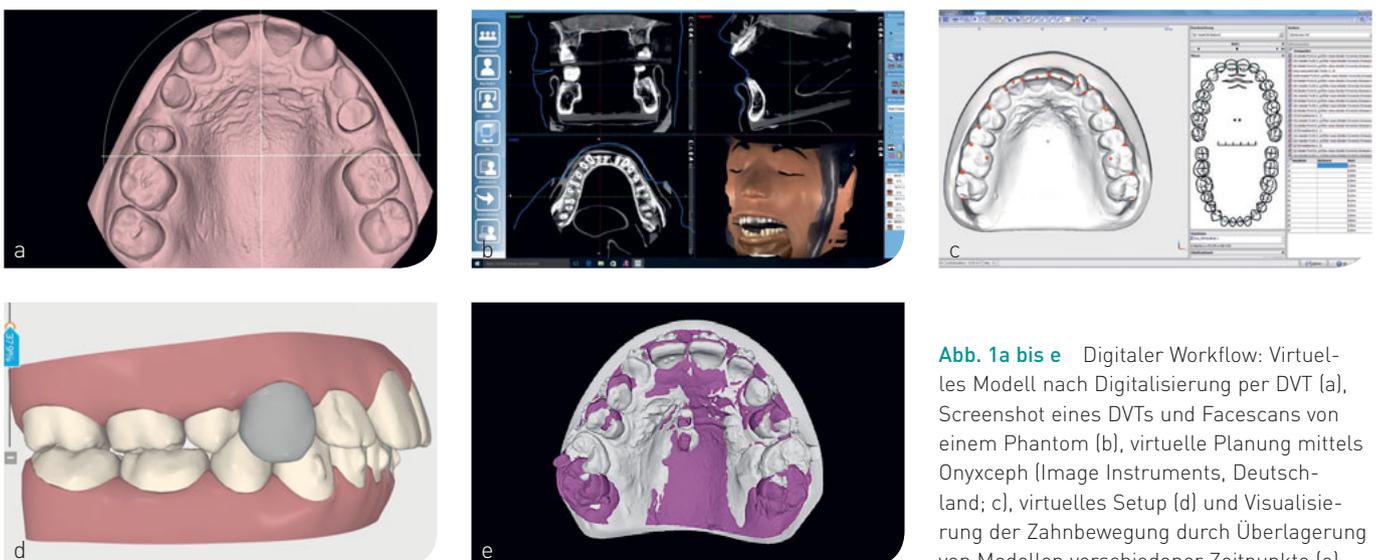
Digitale Workflows in der Kieferorthopädie umfassen drei wesentliche Schritte:

Erstens die digitale, vorwiegend dreidimensionale Erfassung der intra- und ex-

traoralen Situation. Digitale Modelle können entweder direkt per Intraoralscanner oder indirekt durch eine Digitalisierung einer konventionellen Abformung generiert werden (Abb. 1a). Statt konventioneller Gesichtsfotografien können „3-D-Facescans“ genutzt und intraorale Aufnahmen durch im intraoralen Scanner integrierte Kameras mitunter ersetzt werden. Schließlich können entweder volumetrische Röntgenaufnahmen per digitaler Volumetomographie (DVT; Abb. 1b) erzeugt oder auch zweidimensionale konventionelle Aufnahmen in den digitalen Planungsprozess integriert werden.

Im zweiten Schritt erfolgt die virtuelle kieferorthopädische Planung am Computer oder Tablet, in welcher die Zähne softwaregestützt in die Zielposition bewegt werden und ein virtuelles Setup erstellt wird (Abb. 1c und d).

Im letzten und dritten Schritt kann dann das virtuelle Setup per CAD/CAM oder 3-D-Druck in die kieferorthopädische Therapie überführt werden. Während der Behandlung kann der Therapieerfolg durch



**Abb. 1a bis e** Digitaler Workflow: Virtuelles Modell nach Digitalisierung per DVT (a), Screenshot eines DVTs und Facescans von einem Phantom (b), virtuelle Planung mittels Onyxceph (Image Instruments, Deutschland; c), virtuelles Setup (d) und Visualisierung der Zahnbewegung durch Überlagerung von Modellen verschiedener Zeitpunkte (e).



**Abb. 2a bis c** Computergestützte Planung einer idealen Bracketpositionierung: Virtuelle Planung der Bracket Positionierung mittels Onyxceph (a), 3-D-gedruckte Schiene zum indirekten Kleben der Brackets (b) und Foto der gedruckten Schiene mit den Brackets (c).

Anfertigung und Überlagerung von digitalen Verlaufsmo-  
dellen mit den Planungs-  
modellen überwacht werden (Abb. 1e)<sup>3</sup>.

## Virtuelle Modelle

Digitale Abformungen können entweder direkt per Intraoralscanner oder indirekt per konventioneller Abformung und anschließender Digitalisierung erzeugt werden (s. Abb. 1a). Eine Digitalisierung kann entweder mit einem optischen Desktopscanner oder auch mit einem DVT erfolgen. Hierfür bieten einige Hersteller spezielle Halterungen an, die sich für Silikonabformungen oder auch Gipsmodelle eignen und den Scanprozess mit dem DVT-Gerät vereinfachen<sup>4</sup>. Unabhängig vom Digitalisierungsverfahren ist es erforderlich, dass der gesamte Zahnbestand und die Okklusion auf den digitalen Modellen abgebildet werden.

## Dreidimensionales Röntgen

Im Jahr 1997 wurden mit Einführung der digitalen Volumentomographie (DVT) erstmals dreidimensionale Röntgenaufnahmen in der Zahnmedizin möglich<sup>5</sup>. Durch verbesserte Rekonstruktionsalgorithmen und Filter konnten einige Hersteller bei Geräten neuerer Generationen (ab 2013) die minimal notwendige Dosis durch Einführung eines sogenannten Ultra-Low-Dose (ULD) -Modus noch weiter reduzieren.

Dennoch sollte gemäß der aktuellen AWMF-Leitlinie zunächst eine konventionelle Röntgendiagnostik erfolgen und

nur, falls eine rechtfertigende Indikation gestellt werden kann, ein DVT angefertigt werden. Die kieferorthopädische Planung und auch die kieferorthopädische Routinediagnostik stellen keine generelle Indikation zur DVT dar<sup>6</sup>. Zu beachten ist dabei, dass die aktuell gültige AWMF-Leitlinie zu einem Zeitpunkt entstand, an welchem die heutigen Ultra-Low-Dose-Protokolle noch nicht zur Verfügung standen.

## Planungssoftware

Heutzutage gibt es verschiedene Softwareprogramme, mit welchen sich die gesamte kieferorthopädische Befunderhebung und Planung bis hin zum virtuellen Setup virtuell durchführen lässt.

Traditionelle Messungen von Zahnbreiten, Boltondiskrepanzen, Overjet, Overbite sowie Platzanalysen können in der Regel durch Markierung von Referenzpunkten auf den digitalen Modellen halbautomatisch durchgeführt werden. Per Überlagerung von digitalen Modellen mit korrespondierenden DVTs und Gesichtsscans können Informationen verschiedener Bildgebungsmodalitäten zudem direkt verknüpft werden.

Sobald ein Patientenfall analysiert worden ist, kann im nächsten Schritt ein virtuelles Setup erzeugt werden. Hierzu werden in der Regel Zähne auf den digitalen Modellen sowie optional auch im DVT segmentiert und in die Zielposition bewegt. Diese Form der Planung kann entweder vom Kieferorthopäden selbst, aber auch von externen Technikern/Firmen durchgeführt werden.

Unabhängig davon, ob die Planung konventionell oder virtuell erfolgt, müssen die Zahnbewegungen sorgfältig vom Kieferorthopäden geplant werden. Denn bis heute ist es auch bei digitaler Planung nicht möglich, die Wirkungen der kieferorthopädischen Apparaturen exakt zu berechnen und einen Computer die Planung übernehmen zu lassen. Planungen eines externen Technikers müssen ebenfalls vom Kieferorthopäden geprüft und bei Bedarf angepasst werden.

## Indirektes Kleben von Brackets

Digitale Planungssoftware erlaubt es, Bracketpositionen am Computer zu planen. Die automatische Positionierung eines Brackets auf der Zahnkrone erfolgt unter Berechnung des Fazialachsenpunktes und Berücksichtigung der Kronenachse, kann jedoch vom Kieferorthopäden/Techniker noch individuell justiert werden. Alternativ besteht die Möglichkeit auf die von der Software vorgeschlagene Position zu verzichten und die Brackets direkt an der Zielposition zu platzieren (Abb. 2a). Im Anschluss kann dann mithilfe der Planungssoftware eine Schablone zum indirekten Kleben per 3-D-Drucker hergestellt werden (Abb. 2b und c). Eine Überlagerung der Planungsmodelle mit einer korrespondierenden DVT-Aufnahme erlaubt es in diesem Schritt, die tatsächliche Wurzelposition zu berücksichtigen. Je nach Auflösung kann auch ein DVT für die Planung ausreichen<sup>7</sup>.



## Fazit

Es gibt bereits eine Vielzahl von Bereichen, in welchen virtuelle Planungen in der Kieferorthopädie genutzt werden können. Da die für eine DVT-Aufnahme erforderliche Strahlendosis zunehmend sinkt und auch Aufnahmen im Ultra-Low-Dose-Modus durch verbesserte Rekonstruktionsalgorithmen stetig in der Qualität besser werden, wird der Indikationsumfang für DVT-Aufnahmen aller Voraussicht nach steigen. Somit könnten konventionelle zweidimensionale Aufnahmen immer mehr durch volumetrische Aufnahmen ersetzt werden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine sorgfältige virtuelle Planung die Präzision einer Intervention erhöhen und somit das Risiko von Nebenwirkungen verringern kann. Durch Erweiterung des Indikationsspektrums für DVT-Aufnahmen und durch eine Entwicklung von Tools zur zuverlässigen Prognose von Zahnbewegungen ist zu erwarten, dass der therapeutische Nutzen virtueller Planungen zukünftig steigen wird.

## Literatur

1. Jheon AH, Oberoi S, Solem RC, Kapila S. Moving towards precision orthodontics: An evolving paradigm shift in the planning and delivery of customized orthodontic therapy. *Orthodontics & Craniofacial Research* 2017;20:106–113.
2. Breuning KH, Kau CH (Hrsg.). *Digital planning and custom orthodontic treatment*. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2017.
3. Becker K, Wilmes B, Grandjean C, Vasudavan S, Drescher D. Analysis of treatment effects of skeletally anchored mesialization of molars using digitized casts and two surface matching approaches. *Journal of Orofacial Orthopedics* 2017:in-press.
4. Becker K, Schmücker U, Schwarz F, Drescher D. Accuracy and eligibility of cbct to digitize dental plaster casts in-preparation. *Clin Oral Investig* 2007: under review.
5. Mozzo P, Procacci C, Tacconi A, Martini PT, Andreis IA. A new volumetric ct machine for dental imaging based on the cone-beam technique: Preliminary results. *European radiology* 1998;8:1558–1564.
6. Deppe H, Betz W, Beuer F et al. S2k-Leitlinie. *Dentale Digitale Volumentomographie*. AWMF, 2013.
7. El-Timamy AM, El-Sharaby FA, Eid FH, Mostafa YA. Three-dimensional imaging for indirect-direct bonding. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics* 2016;149:928–931.



### Dr. Kathrin Becker, M. Sc.

Poliklinik für Kieferorthopädie  
Universitätsklinikum Düsseldorf  
E-Mail:

kathrin.becker@med.uni-duesseldorf.de

### Dr. Rebecca Jungbauer

Poliklinik für Kieferorthopädie  
Universitätsklinikum Regensburg

### Prof. Dr. Benedict Wilmes

Poliklinik für Kieferorthopädie  
Universitätsklinikum Düsseldorf

### Prof. Dr. Dieter Drescher

Poliklinik für Kieferorthopädie  
Universitätsklinikum Düsseldorf