

Dr. Christian Ehrensberger



# Zum digitalen KFO-Workflow gesellen sich Elemente der künstlichen Intelligenz

Ein Beitrag von Dr. Christian Ehrensberger.



**Abb. 1:** Die Gründe können unterschiedlich sein: Immer mehr Erwachsene entscheiden sich für eine kieferorthopädische Behandlung. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Thomas Klerx) **Abb. 2:** Vorteile durch digitale Technologien: Nach der Röntgenaufnahme lassen sich mit geeigneten Filtern kieferorthopädisch relevante Strukturen deutlicher sichtbar machen. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Thomas Klerx) **Abb. 3:** Am Anfang des kieferorthopädischen Workflows stehen die klassische Abformung oder, immer häufiger, der Intraoralscanner. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Thomas Klerx)

Die Kieferorthopädie ist durch das prominente erste Modul der laufenden Deutschen Mundgesundheitsstudie DMS 6 stark in den Mittelpunkt gerückt. Konsequenterweise darf für die Internationale Dental-Schau (IDS) vom 25. bis zum 29. März 2025 in Köln eine Vielzahl von Innovationen und neuen Produkten erwartet werden. Die bisherigen Auswertungen der Daten des kieferorthopädischen Moduls der DMS 6 zeigen, nach einer gemeinsamen Einschätzung der Bundeszahnärztekammer, der Kassenzahnärztlichen Bundesvereinigung und der Deutschen Gesellschaft für Kieferorthopädie (DGKFO) sowie des Instituts der Deutschen Zahnärzte (IDZ), bereits heute: Bei Anwendung der einschlägigen Richtlinien liegt der theoretische Behandlungsbedarf bei den untersuchten Acht- bis Neunjährigen bei etwa 40 Prozent. Dieser Wert ist nun schon über viele Jahre konstant geblieben.

Gleichzeitig können auch Erwachsene von einer kieferorthopädischen Therapie profitieren – 75 Prozent von einem schöneren Lächeln. Und 45 Prozent der prothetischen Verfahren gewinnen durch eine vorhergehende KFO-Behandlung, die zum Beispiel die Pfeiler einer Brücke optimal ausrichtet. Seit etwa 20 Jahren kommen immer häufiger Erwachsene in die Praxen und fragen aktiv nach einer kieferorthopädischen Therapie.

Der Bedarf ist da. Nach einer Studie des Marktforschungsunternehmens Global Market Insights aus Delaware, USA, weisen 60 Prozent aller Menschen weltweit eine Zahnfehlstellung auf und 80 Prozent sind mit ihrem Lächeln unzufrieden! Gelegenheit zu einer Beschäftigung mit dem Stand der Wissenschaft bietet sich Interessenten vom 25. bis zum 28. September 2024 auf der Jahrestagung der DGKFO in Freiburg im Breisgau. Das Leitthema lautet: „Fortschritte der Kieferorthopädie durch Synergie und Vielfalt“.

Bewährte und innovative Verfahren sowie Produkte werden auf der IDS in einer weltweit einzigartigen Fülle präsentiert. Neben den klassischen Zahnspangen stehen heute für eine schonendere und ästhetisch ansprechendere kieferorthopädische Therapie Aligner, selbstligierende

Mini-Brackets, zahnfarbene Brackets aus Keramik und innenliegende Zahnspangen zur Auswahl. Jede dieser Optionen bringt eigene Vorteile mit. Die Herstellung kieferorthopädischer Apparaturen lässt sich durch digitale Technologien beschleunigen und patientenfreundlicher ge-

stalten. Das fängt beim Intraoralscan an, setzt sich bei der Vorab-Simulation des Behandlungsergebnisses fort und schließt die CAD/CAM-gestützte Herstellung von Zahnspangen und Retainern ein, teilweise im 3D-Druck. Die Vorteile einer digitalen Konstruktion schlagen sich ebenso in besonders passgenauen Retainern nieder. Sie werden zunächst am Bildschirm dreidimensional konstruiert und dann aus dem Vollen gefräst. Selbst enge Platzverhältnisse lassen sich bei dieser Vorgehensweise in geeigneter Weise berücksichtigen. Darüber hinaus können, dank einer guten lingualen Passgenauigkeit, der Tragekomfort verbessert und, dank kleinerer Klebeflächen, eine einfachere Mundhygiene ermöglicht werden.

## Intraoralscanner passen der Kieferorthopädie wie angegossen

Intraoralscanner haben sich in weiten Teilen der Zahnheilkunde etabliert. In der Kieferorthopädie erreichen sie eine besonders hohe Bedeutung. Denn mit der „Abformung ohne Abformmasse“ lässt sich ein möglicher Behandlungsbedarf feststellen und dem Patienten direkt am Behandlungsstuhl anschaulich erläutern. Auch Genauigkeit und Reproduzierbarkeit „passen“: Die Abweichungstoleranzen liegen bei einer Ganzkieferabformung in einem Korridor zwischen 50 bis 80 µm und damit niedriger als bei einer Alginatabformung.<sup>2</sup> Später sind die Behandlungserfolge anhand von überlagerten 3D-Bildern zu verschiedenen Zeitpunkten unmittelbar ersichtbar. Gleichzeitig stellt der Intraoralscan den Einstieg in den digitalen Workflow dar.

## Zu digitalen Tools tritt künstliche Intelligenz

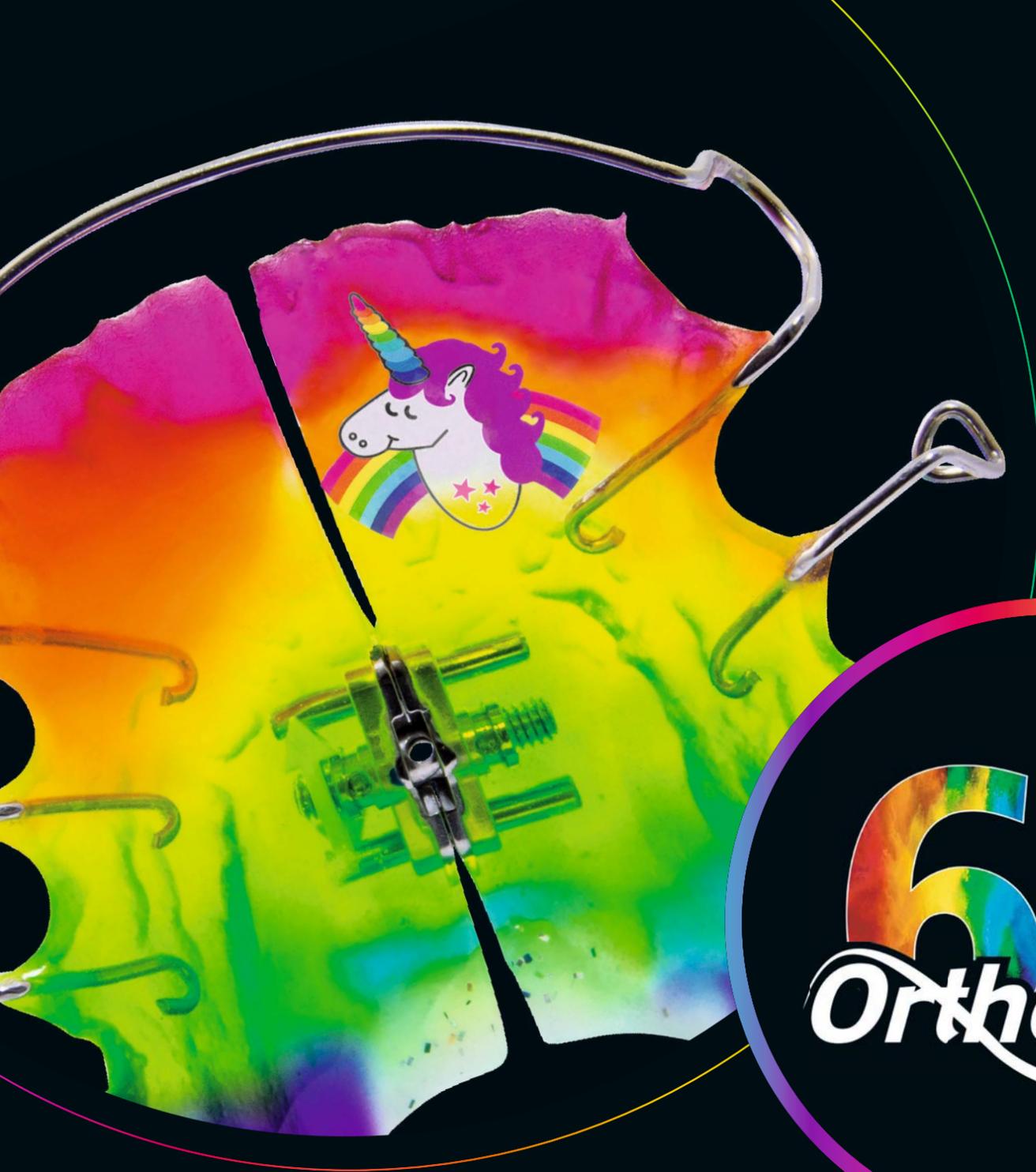
Verfahren aus dem KI-Bereich greifen schon zu diesem frühen Punkt innerhalb einer kieferorthopädischen Therapie. Zum Beispiel werden sogenannte gefaltete neuronale Netzwerke (convolutional neural network, CNN) zur Segmentierung und Klassifizierung von Zähnen aus intraoralen Scans eingesetzt.

„Nach einer Studie des Marktforschungsunternehmens Global Market Insights aus Delaware, USA, weisen 60 Prozent aller Menschen weltweit eine Zahnfehlstellung auf und 80 Prozent sind mit ihrem Lächeln unzufrieden.“

Des Weiteren erscheint es aussichtsreich, die Wachstumsanalyse für Kinder auf der Grundlage von KI-gestützten Vorhersagen zu bereichern und dadurch ihre Treffsicherheit zu stärken. Das macht die kieferorthopädische Therapie erfolgssicherer, denn das voraussichtliche Wachstum von Schädel und Kiefer werden in die Planungen einbezogen. Es handelt sich hier um ein Paradebeispiel für die Anwendung einer künstlichen Intelligenz, weil sie mit vielen Daten gefüttert und vorab trainiert werden kann (Körperwachstum, Alter, Zeitpunkt des Stimmbruchs bzw. der ersten Menstruation, Handwurzel Aufnahme).<sup>3</sup> Die benötigten Apparaturen lassen sich im Computer-Aided Design am Bildschirm (CAD)

**Abb. 4:** Eine Stärke der künstlichen Intelligenz besteht im Segmentieren und Klassifizieren von Zähnen aus intraoralen Scans mithilfe sogenannter gefalteter neuronaler Netzwerke. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Oliver Wachenfeld) **Abb. 5:** Erst analog, dann digital: Eine klassische Abformung wird später mit einem Intraoralscanner digitalisiert, um anschließend am Bildschirm im CAD-Verfahren weiterzuarbeiten. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Harald Fleissner)





## EIN FEST VOLLER FARBEN!

Wir feiern sechs Jahrzehnte mit einem starken Produkt, das den Markt revolutioniert hat! Es wurden Millionen **Zahnspangen aus Orthocryl®** auf der ganzen Welt gefertigt. Mit unseren bunten Farben und Ihrer Kreativität wird jede Zahnspange zu einem einzigartigen Kunstwerk. Doch das Wichtigste sind die Kinderlachen, die uns Tag für Tag begleiten und uns zeigen, dass wir mit unserer Arbeit nicht nur Zähne, sondern auch Herzen erreichen.

Feiern Sie mit uns **60 Jahre Orthocryl®** und lassen Sie uns gemeinsam weiterhin für strahlende Gesichter sorgen!



**Abb. 6:** Zahnbögen mit klassischen Brackets: Steter Druck verschiebt die Zähne in die richtige Position. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Harald Fleissner)



konstruieren. Dabei bleibt es dem Behandler überlassen, ob er alles selbst in die Hand nimmt oder Teile an ein zahntechnisches Labor oder einen anderen externen Dienstleister gibt.

#### Fortsetzung des digitalen Workflows im 3D-Druck

Zur Umsetzung von virtuell konstruierten Modellen in reale Objekte dienen in der Kieferorthopädie immer häufiger additive Fertigungsverfahren. Dies betrifft unter anderem physische Modelle. In einem volligitalen Workflow sind sie zwar nicht zwingend erforderlich, können jedoch bei teildigitaler Vorgehensweise oder aus forensischen Gründen notwendig bleiben.

Aktuelle 3D-Drucker kommen auf sechs Zahnkranzmodelle in horizontaler Anordnung in circa zehn Minuten. Für eine weitere Steigerung der Geschwindigkeit dürften verbesserte Nesting-Verfahren und innovative Harze sorgen. Dabei wird sich in Zukunft öfter eine Nachbearbeitung erübrigen. Die Möglichkeiten des 3D-Drucks erstrecken sich über Modelle hinaus auch auf Aligner und Schienen.

Wie beim CAD können auch beim 3D-Druck externe Dienstleister beauftragt werden (einschl. industrieller Fertigungsservice-Ange-

bote). Der Behandler verfügt über die Option, selbst die virtuellen Anteile des Workflows zu übernehmen und am Schluss die Modelle, Retainer, Brackets oder Aligner andernorts ausdrucken zu lassen.

Aligner stellen gerade zur Behandlung von Erwachsenen eine Chance dar, denn diese schätzen die Ästhetik ebenso wie die Möglichkeit zum Herausnehmen. Das erleichtert das Essen und verbessert die Mundpflege während der Therapie. Die Indikationen erstrecken sich auf leichte bis mittelschwere Zahnfehlstellungen und schließen unter anderem einen tiefen Überbiss ein. Die Konstruktion der Aligner erfolgt auf der Grundlage des Intraoralscans und der damit kombinierten Röntgenaufnahme.

Zur besseren Kraftübertragung kann ein Aligner in der Weise konstruiert werden, dass er einen Teil der Gingiva bedeckt. Moderne Software macht auch hier eine individuelle Fallplanung möglich.

Alternativ zum volligitalen Vorgehen lassen sich kieferorthopädische Modelle klassisch herstellen – ebenfalls mit weiterentwickelten Materialien. Sie bringen die Leistungsstärke von Polyethern immer besser mit der Schnellabbindung von A-Silikon (ca. zwei Minuten) zusammen.

Während der Behandlungsphase kann der Patient zu Hause mit der sogenannten Vibrationstherapie einen leichten Druck auf die Zähne ausüben, die verlagert werden sollen. Er wendet dazu täglich zehn bis 20 Minuten ein „Soft-Pulse“-Gerät an und beschleunigt damit die Prozesse zum notwendigen Knochenaufbau.

#### Gegen Kollateralschäden

Wie bei jeder Therapie gilt es, unerwünschte Nebenwirkungen zu vermeiden. Ein Risiko besteht in einer Demineralisierung von Zahnschmelz an den Randbereichen von Brackets. An diesen Stellen kann sich Initialkaries bilden. Dem lässt sich durch Fluoridlack entgegenwirken – oder auch durch das sogenannte Peptid P11-4 und noch besser durch eine Kombination der Wirkstoffe in einem Zwei-Komponenten-Lack. Dieser schafft eine verbesserte Remineralisation im Vergleich zur alleinigen Anwendung von Fluoriden, wie eine Studie der Philipps-Universität Marburg und des Fraunhofer-Instituts für Mikrostruktur von Werkstoffen und Systemen IMWS ergeben hat.<sup>4</sup>

#### So lassen sich die Brackets wieder abtrennen

Am Schluss einer jeden kieferorthopädischen Behandlung wartet stets eine typische Problemstellung auf ihre Lösung: Die Therapie mit Brackets ist beendet, und nun müssen sie wieder entfernt werden. Beim herkömmlichen Vorgehen besteht ein nicht verschwindendes Risiko von Beschädigungen der Zahnoberfläche oder Bracket-Frakturen. Für keramische Brackets gibt es eine lasergestützte Alternative (ReversFix-Technologie; UKU und ILM\*, Ulm)<sup>5</sup>: Die Laserstrahlen interagieren mit dem Befestigungszement und lösen ihn zerstörungsfrei ab. Reibungslos kann der „letzte Akt“ kaum verlaufen.

„Die Kieferorthopädie erweist sich als prädestiniert, die Chancen digitaler Technologien in Praxis-Anwendungen umzusetzen“, sagt Mark Stephen Pace. „Daher erwarte ich mir gerade in diesem Teilgebiet der Zahnheilkunde von der IDS 2025 einen großen Schub.“

#### Literatur

- <https://www.gminsights.com/industry>
- <https://henryschein-mag.de/digitale-kfo>, Zugriff am 29.2.2024
- <https://www.kfoseefeld.de/neuigkeiten/kieferorthopaedie/behandlungsplanung-basiert-auch-auf-wachstumsanalyse>
- [https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/allgemeine-zahnheilkunde/story/selbstorganisierendes-peptid-staerkt-nachweislich-den-zahnschmelz\\_10046.html](https://www.zmk-aktuell.de/fachgebiete/allgemeine-zahnheilkunde/story/selbstorganisierendes-peptid-staerkt-nachweislich-den-zahnschmelz_10046.html), Zugriff am 31.2.2024
- ReversFix-Technologie vom \*Universitätsklinikum Ulm (UKU) und dem Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Messtechnik (ILM), siehe auch: <https://www.quintessence-publishing.com/deu/de/news/zahnmedizin/restaurative-zahnheilkunde/laserlicht-loest-kronen-veneers-und-brackets>, Zugriff am 31.2.2024

**Abb. 7:** Kieferorthopädie mit hohem Tempo: robotergestützte Fertigung von Alignern. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Oliver Wachenfeld) **Abb. 8:** Viele Wege führen zu Alignern – hier: Tiefziehfolien in unterschiedlichen Stärken, wie sie für die Herstellung von Alignern mit und ohne Attachments verwendet werden. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Harald Fleissner) **Abb. 9:** Zahnstellungskorrektur durch Distalisierung: Nach Einsatz 30 aufeinander abgestimmter Aligner in 15 Monaten Behandlung sind die Erfolge bereits gut sichtbar. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Harald Fleissner) **Abb. 10:** Das Ein- und Ausschleusen von Daten zwischen Praxis und Labor, zum Zentralfertiger oder zum industriellen Fertigungsservice ist heute in der Kieferorthopädie das A und O. (Foto: © Koelnmesse/IDS Cologne/Harald Fleissner)



**Dr. Christian Ehrensberger**  
Schwanthalerstraße 27  
60594 Frankfurt am Main

INTRODUCING

UNIVERSAL  
**POWER  
BAR**<sup>®</sup>  
CLASS II APPLIANCE



## EINDEUTIGE VORTEILE

PowerBar<sup>®</sup> ist eine festsitzende, funktionelle, direkt zu klebende Apparatur, die dazu dient, Klasse-II-Malokklusionen durch effiziente segmentale Zahnbewegungen in Klasse-I-Stellungen zu überstellen. Das universelle Design ermöglicht die Verwendung auf der linken oder rechten Seite des Oberkieferbogens. Der durch ein Kugelgelenk frei bewegliche Steg ermöglicht die Rotationskontrolle der Molaren und die Öffnung von Lücken zwischen seitlichen Schneidezähnen und Eckzähnen bzw. zwischen Eckzähnen und Prämolaren. Wenden Sie sich für weitere Informationen an Ihren Gebietsverkaufsleiter.



©2024 AMERICAN ORTHODONTICS CORPORATION  
FREECALL: 0800 0264 636 | WWW.AMERICANORTHO.COM

