

WIE VERÄNDERT KI DIE WELT DER KIEFERORTHOPÄDIE? DATEN SAMMELN FÜR EINE VERBESSERUNG KLINISCHER ERGEBNISSE

Von Thomas Pellissard,
COO und Mitbegründer von DentalMonitoring



© ChatGPT - KI generiert

Unser Aufmacherbild führt die beiden Schwerpunktthemen dieser Ausgabe „HVM“ und „KI“ zusammen. Wir haben ChatGPT gebeten, ein Bild zum Stichwort Mangelverwaltung zu gestalten. Bezeichnenderweise hat GPT dafür auch den Gesundheitssektor mit aufgenommen. Die zentrale Figur, so ChatGPT, „stellt die Anpassung und Analyse von Daten dar, symbolisch für das effiziente Verwalten und Zuteilen knapper Ressourcen. Der Hintergrund betont die betroffenen Sektoren und hebt die breite Auswirkung von Knappheiten sowie die Bedeutung strategischen Managements hervor“.

In unserer KI-Serie möchten wir diejenigen zu Wort kommen lassen, die KI für die Kieferorthopädie entwickeln und nutzbar machen wollen. Wir haben deshalb verschiedene Unternehmen gebeten, uns ihre Sicht auf KI in der Kieferorthopädie zu schildern und uns einen Einblick in ihre Technologie zu geben. Den Beginn macht Thomas Pellissard, COO und Mitbegründer von DentalMonitoring.

Die Technik entwickelt sich in einem noch nie dagewesenen Tempo weiter. Eine der spannendsten Entwicklungen der letzten Jahre war daher sicherlich der Aufstieg der künstlichen Intelligenz (KI). Da sie riesige Datenmengen analysieren, aus Mustern lernen und datengestützte Entscheidungen treffen kann, hält KI in vielen Branchen und Anwendungen erstaunlich schnell Einzug.

Nehmen wir ChatGPT als Beispiel. Es dauerte genau fünf Tage, um eine Million Nutzer zu erreichen, und ein paar Monate, bis es mehr als 100 Millionen Nutzer waren.¹ Zum Vergleich: Netflix brauchte dafür drei Jahre und fünf Monate, Facebook zehn Monate und Instagram 2,5 Monate.

Diese unglaublich schnelle Akzeptanz zeigt Folgendes: Die Welt ist bereit für KI, und es findet ein Wettlauf statt, um sie effektiv zu implementieren und so die Produktivität zu steigern und Unternehmen langfristig zukunftssicher zu machen.

Trotz der aktuell hohen Aufmerksamkeit, die das Thema KI erfährt, und des Hypes um KI ist es Tatsache, dass künstliche Intelligenz in den letzten zehn Jahren in fast allen Bereichen unseres Lebens allgegenwärtig war und bereits maßgeblich dazu beigetragen hat, unser Leben einfacher und sicherer zu machen. Die Gesichtserkennungsfunktion unserer Smartphones ist nicht nur praktisch, sondern erhöht auch die Sicherheit, wenn biometrische Daten zum Schutz vor unbefugtem Zugriff und Datendiebstahl genutzt werden.² Die Spotify-Funktion „Dein Mix der Woche“ ist eine personalisierte Playlist, die jeden Montag basierend auf dem Hörverlauf und den Hörgewohnheiten der jeweiligen Nutzer mit neuen Songs aktualisiert wird.

Im Gesundheitswesen hat KI die Diagnostik verändert, da sie Brustkrebs mit einer Genauigkeit von 95 Prozent erkennen kann.³ Über eine Smartwatch kann sie helfen, Anzeichen von Vorhofflimmern zu erkennen. Heute sind wir in der Lage, medizinische Rätsel zu lösen. Durch die Sequenzierung des gesamten Genoms können wir etwa eine extrem seltene Krankheit auf ein einziges Gen zurückführen – in wenigen Stunden für weniger als 1.000 Dollar. Im Vergleich dazu dauerte es bis 1990, als die Genomsequenzierung zum ersten

Mal durchgeführt wurde, 13 Jahre bis zur vollständigen Sequenzierung und kostete rund 3 Milliarden US-Dollar.⁴

Um es auf den Bereich der Zahnmedizin zu beschränken: Die Literatur zeigt einen historisch beispiellosen Boom an Publikationen zum Thema KI, welche zwischen 2011 und 2021 im Durchschnitt um 21,6 Prozent pro Jahr zugenommen haben.⁵

Die folgenden Fachbereiche sind am stärksten betroffen:

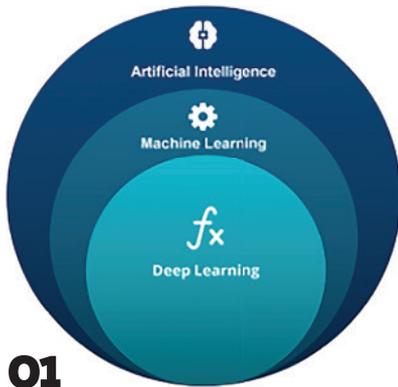
Fachbereich	prozentualer Anteil
Radiologie	26,36 %
Kieferorthopädie	18,31 %
Allgemeiner Rahmen	17,10 %
Restaurative Zahnheilkunde	12,09 %
Chirurgie	11,87 %
Ausbildung	5,53 %

KI: eine kurze Definition

Als Konzept gibt es künstliche Intelligenz schon seit einem Jahrhundert, aber die eigentliche Revolution, die diese Vision zum Leben erweckte, fand in den 1980er-Jahren statt – dank des Informatikers Geoffrey Hinton, der als Ingenieur inhielt und sich eine höchst relevante biologische Frage stellte: „Was ist Intelligenz?“ Bei seiner Arbeit lies er sich von der Struktur und der Funktion des menschlichen Gehirns inspirieren, denn ihm zufolge beruht die Architektur künstlicher neuronaler Netze auf der Struktur der Neuronen und Synapsen des Gehirns und die in neuronalen Netzen verwendeten Lernalgorithmen auf der Art und Weise, wie das Gehirn Informationen verarbeitet (Abb. 2).

Heutzutage ist KI keine einzelne Technologie, sondern ein Oberbegriff für eine Reihe von Technologien und Konzepten (Abb. 1), die häufig versuchen, das menschliche Denken zu imitieren, um komplexe Aufgaben zu lösen.

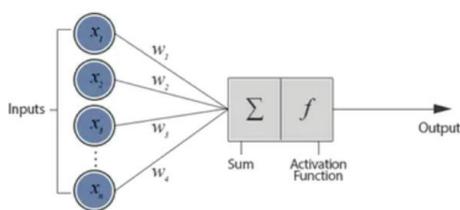
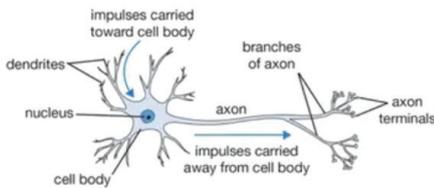
KI ist keine einzelne Technologie, sondern ein Oberbegriff



01

Abb. 1: KI-Unterbereiche.

Biologisches Neuron versus künstliches neuronales Netz



02

Abb. 2: Biologisches Neuron vs. künstliches neuronales Netz. (Quelle: Datacamp)

Wie wird KI entwickelt?

Die Entwicklung eines KI-Systems beruht auf vier wichtigen Schritten: Sammeln von Daten, Kennzeichnung, Lernen, Validierung und Verbesserung.

Schritt	Details	Beispiel für das Training der KI zur Erkennung von Gingivitis
Sammeln von Daten	Für den Aufbau eines KI-Systems und das richtige Training der KI werden sehr große Datenmengen benötigt. Quantität ist jedoch nicht alles – die Datenqualität ist genauso wichtig. Die gesammelten Daten müssen sauber sein. Das bedeutet, dass das System mit verschiedenen Datensätzen trainiert wird, die nicht auf eine bestimmte Kohorte beschränkt, sondern für die reale Welt repräsentativ sind. So kann ein unvoreingenommenes System geschaffen werden.	Sammlung Tausender Fotos von Gingivitis-Fällen. Die gesammelten Fotos sollten von hoher Qualität und möglichst vielfältig sein, was die Repräsentation der Bevölkerung und den Schweregrad betrifft. Je vielfältiger der Datensatz ist, desto repräsentativer ist er für die reale Welt.
Kennzeichnung der Daten	Sobald genügend Daten gesammelt wurden, müssen menschliche Expert*innen in einem manuellen Schritt Eigenschaften identifizieren, damit die Algorithmen Realbedingungen richtig verstehen können.	Zahnmediziner*innen kennzeichnen auf den Fotos manuell verschiedene Gingivitis-Merkmale und teilen sie in zwei Kategorien ein: Gingivitis / keine Gingivitis.
Lernen	Sobald die Daten gesammelt und gekennzeichnet wurden, werden sie dem neuronalen Netz hinzugefügt, damit es wiederkehrende Muster erkennen kann.	Nachdem genügend Fotos analysiert wurden, die mit „Gingivitis“ gekennzeichnet wurden, lernt das neuronale Netz, was für Gingivitis charakteristisch ist.
Validieren und verbessern	Das Modell wird sorgfältig getestet, bewertet und basierend auf neuen Daten und dem Nutzerfeedback kontinuierlich aktualisiert und verbessert.	Bewerten Sie die Analyse der KI und geben Sie an, ob sie so genau ist wie die Diagnose einer Kieferorthopädin oder eines Kieferorthopäden. Korrigieren Sie etwaige Ungenauigkeiten, um das Netz kontinuierlich zu verbessern.

Was kann KI für die Kieferorthopädie leisten?

KI kann zu einem angenehmeren Patientenerlebnis beitragen, für eine bessere und schnellere Behandlung sorgen und ein zusätzliches - oder sogar zuverlässigeres - Augenpaar werden: KI hat das Potenzial, den Behandlungsstandard zu verbessern.

Die Implementierung von KI-Technologie in der Kieferorthopädie wird den Beruf wahrscheinlich revolutionieren und sowohl Patient*innen als auch Behandler*innen zugutekommen.

KI kann Kieferorthopäd*innen bei der genauen Diagnose von Problemen wie Karies unterstützen. Es hat sich gezeigt, dass KI Karies auf Röntgenaufnahmen und Fotos mit sehr hoher Genauigkeit erkennen kann.^{6,7}

Außerdem kann KI helfen, Mundkrebs⁸ zu erkennen, der unbehandelt lebensbedrohlich sein, bei frühzeitiger Erkennung jedoch gut behandelt werden kann. Die Technologie kann auch dazu beitragen, die therapeutische Entscheidungsfindung und die Planung komplexer chirurgischer Behandlungen zu verbessern.

Darüber hinaus kann KI administrative Aufgaben wie die Befunddokumentation und die Berichterstellung automatisieren, was sowohl für Kieferorthopäd*innen als auch für Patient*innen eine Zeitersparnis bedeutet.

Letztlich hat die Einbindung von KI in der Kieferorthopädie das Potenzial, die Behandlungserfahrung der Patient*innen zu verbessern. Schließlich haben Umfragen gezeigt, dass die wenigsten Patient*innen mit den Erfahrungen, die sie bei kieferorthopädischen Behandlungen gemacht haben, zufrieden sind.⁹

KI-gestützte Kieferorthopädie: die Zukunft der Kieferorthopädie

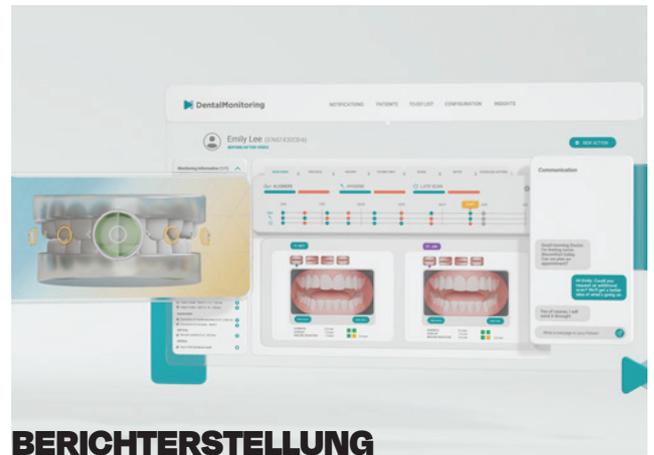
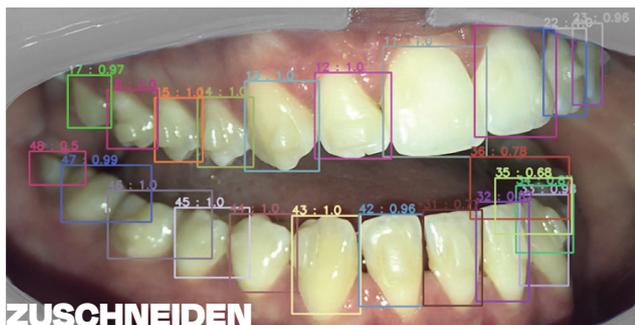
Kieferorthopädische Behandlungen dauern lange und erfordern engmaschige Nachkontrollen. Auch die Patientenmitarbeit ist von entscheidender Bedeutung. Daher sind sie sowohl für Patient*innen als auch für Kieferorthopäd*innen eine Herausforderung.

Die Integration von künstlicher Intelligenz in die telemedizinische Überwachung könnte in diesem Bereich jedoch ein Gamechanger sein. KI-gestützte Überwachungssysteme können den Behandlungsfortschritt verfolgen, die Wirksamkeit der Behandlung bewerten und Kieferorthopäd*innen bei Problemen in Echtzeit benachrichtigen.

Außerdem können Patient*innen durch diese Systeme auch zur Kooperation bei der Behandlung motiviert werden, wenn sie Erinnerungen, Belohnungen und personalisierte Behandlungspläne erhalten.

DentalMonitoring (DM): die erste KI-gestützte Fernüberwachung der Welt

Der DM-Prozess lässt sich in vier einfache Schritte unterteilen:



Zu Beginn der Behandlung laden Patient*innen die DM-App herunter und verwenden die ScanboxPro, um mit ihrem Smartphone standardisierte intraorale Bilder hoher Qualität aufzunehmen. Die Aufnahmen werden an die Plattform von DM gesendet und von der KI analysiert. Diese besteht aus zwei Ebenen:

- Die technische KI, d. h. eine Abfolge neuronaler Netze, hat den Zweck, die Fotos zu überprüfen und zu standardisieren, die Zähne zu segmentieren und sie zu kennzeichnen (Abb. 3).
- Die klinische KI analysiert mithilfe einer großen Anzahl einzigartiger neuronaler Netze über 130 klinische Parameter verschiedener Schweregrade (Abb. 4).
- Schließlich erstellt das System automatisch einen Bericht, der auf den benutzerdefinierten Einstellungen des Behandlers bzw. der Behandlerin beruht, und sendet die Informationen und Anweisungen über das Dashboard und die App an das Praxisteam und die Patient*innen. Dabei werden voreingestellte Protokolle verwendet, die von den Behandler*innen angepasst werden können.

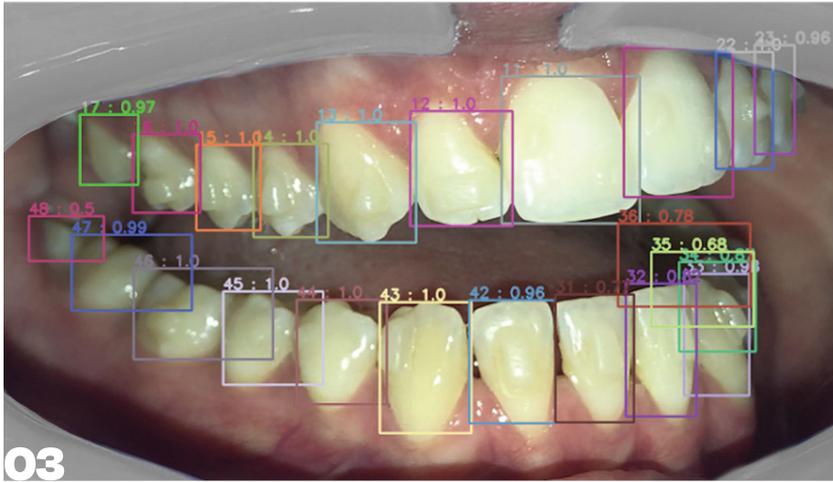
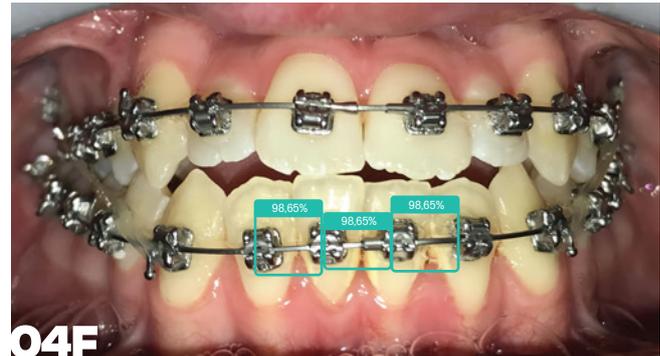
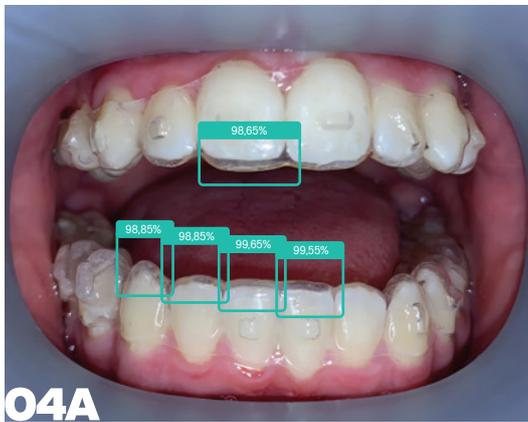


Abb. 3: Segmentierung und Kennzeichnung von Zähnen. - **Abb. 4:** Beispiele für klinische Situationen, die von der KI erkannt werden. - **Abb. 4B:** Gelöster Drahtbogen. - **Abb. 4C:** Gelöstes Bracket. - **Abb. 4D:** Fehlendes Attachment. - **Abb. 4E:** Unregelmäßigkeit der Schleimhaut. - **Abb. 4F:** Zahnstein. - **Abb. 5:** 3D-Überwachungsdiagramm.



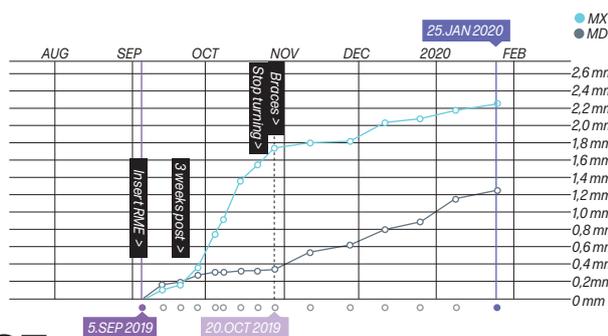
3D-Überwachungstechnologie – ein Novum in der Welt der Kieferorthopädie

Zum ersten Mal in der Geschichte der Kieferorthopädie können STL-Dateien aus der Ferne generiert werden. Dazu werden einfach Fotos verwendet, die mit dem Smartphone aufgenommen wurden. Diese Technologie, die seit fünf Jahren von DentalMonitoring entwickelt wird, nutzt Optimierungsalgorithmen, um mit dem Smartphone des Patienten generierte 2D-Bilder in 3D-Modelle umzuwandeln. Dafür nutzen sie die ursprüngliche STL-Datei, die auf die DM-Plattform hochgeladen wurde.

In einer Studie, die 2019 im AJO-DO10 veröffentlicht wurde, wurden gemäß den vom American Board of Orthodontics festgelegten Standards keine klinisch signifikanten Unterschiede zwischen STL-Dateien, die aus DM-Scans generiert wurden, und den von einem erstklassigen Intraoral-scanner generierten STL-Dateien festgestellt. Die Studie kam zu dem Schluss, dass die mit der DM-Smartphone-App generierten digitalen Zahnmodelle genau genug sind, um für klinische Anwendungen verwendet zu werden.

Die Technologie erfordert lediglich eine mit einem Intraoral-scanner generierte STL-Datei der Ausgangssituation. Wenn Patient*innen eine Aufnahme ihrer Zähne zu Hause anfertigen (DM-Scan), werden die Fotos verwendet, um eine neue aktualisierte STL-Datei mit den neuen Zahnpositionen zu erstellen. Bei jedem neuen DM-Scan wird die genaue Position der Zähne berechnet, sodass die Zahnbewegungen quantifiziert werden können (Abb. 5).

Dies ist besonders interessant, um die Kinetik der Behandlung mit festsitzenden Apparaturen zu verfolgen. So lässt sich beispielsweise herausfinden, ob die Drähte passiv geworden sind oder ob die Expander nicht mehr funktionieren und aktiviert werden müssen. Darüber hinaus können Kieferorthopäd*innen mit dieser Technologie aus der Ferne STL-Dateien für verschiedene Anwendungsfälle erstellen. Dazu gehören Korrekturen während der Aligner-Therapie und der Übergang zwischen der aktiven Behandlungsphase und der Retentionsphase (Retainer können im Voraus hergestellt werden und für den Tag bereitliegen, an dem das Debonding erfolgt) usw. (Abb. 5).



05

Die KI von DM hilft Behandlern, die beste Entscheidung zu treffen

Die kieferorthopädische Fachwelt ist sich einig, dass zur Behandlung von Patient*innen mehr gehört als die Verfolgung der Zahnbewegungen. DM hat neuronale Netze entwickelt, die in der Lage sind, über 130 klinische Situationen (einschließlich Hygiene, Zahnfleischerkrankungen, Behandlungen und Zahnbewegungen) in Echtzeit zu analysieren. So können Behandler*innen die Behandlung ganzheitlich überwachen und den Zeitpunkt der Behandlung mit dem Behandlungsbedarf abstimmen. All diese Innovationen basieren auf Daten und sind der mittlerweile größten zahnmedizinischen Bilddatenbank mit über 1,5 Milliarden Bildern zu verdanken, die es für die Kieferorthopädie gibt.

Fazit

Künstliche Intelligenz ist ein sehr leistungsfähiges Werkzeug, das die Art und Weise verändern wird, wie Kieferorthopäd*innen ihre Patient*innen behandeln. Sie bietet die Möglichkeit, große Datenmengen effizient zu analysieren und so fundiertere Entscheidungen zu treffen und Behandlungspläne zu erstellen, die die klinischen Ergebnisse erheblich verbessern können. Aufgrund ihrer Fähigkeit, umfangreiche Datenmengen zu nutzen, kann KI die Genauigkeit klinischer Entscheidungen erhöhen, Patient*innen individuellere Behandlungen bieten, den Workflow optimieren und wertvolle Zeit sparen. Daher bietet KI Behandler*innen eine einzigartige Gelegenheit, den Standard der Patientenversorgung zu verbessern, ohne die Kontrolle über die Behandlung zu verlieren. ■

Bilder: © Thomas Pellissard

KONTAKT

Thomas Pellissard

ist COO-Leiter und Mitbegründer des 2014 gegründeten Unternehmens DentalMonitoring. 2010 schloss er sein Ingenieurstudium ab. Nach seinem Studium lernte er Philippe Salah kennen und fing bei HARMONY Lingual System an. In dem Unternehmen, das auf wettbewerbsfähige linguale kieferorthopädische Produkte spezialisiert ist, entwickelte er eine vollautomatisierte Lieferkette. Nach der Übernahme von HARMONY durch American Orthodontics im Jahr 2011 begann er mit der Entwicklung von DentalMonitoring, wobei der Schwerpunkt auf Innovation lag. Bis heute hat seine Arbeit zur Anmeldung von über 250 Patenten geführt.