



Remote Monitoring: Früher exotisch, heute lässt sich jeder Zweite drauf ein!

Wie Künstliche Intelligenz die Aligner-Therapie unterstützt

Dr. Aneta Pecanov-Schröder, Bonn & Kathrin Schuldt, Hamburg

Wenn künstliche Intelligenz (KI) zum Zuge kommt, übernimmt eine Maschine „menschliche“ Aufgaben. Mit Hilfe von Deep Learning, dem mehrschichtige mathematische Operationen zugrunde liegen, ist KI z.B. in der Lage zu lernen und komplexe Daten wie Bilder zu analysieren und Rückschlüsse daraus zu ziehen [1]. Auf diese Weise können Diagnostik, Behandlungsplanung oder Verwaltungsprozesse auch in der Zahnarztpraxis effektiv unterstützt werden. Einer, für den moderner KI-Support bereits zum Praxisalltag gehört, ist Dr. Dr. Friedrich Widu aus Erding. Der Fachzahnarzt für Kieferorthopädie nutzt KI-basierte Prozesse zum einen bei der kieferorthopädischen Aligner-Fallplanung, ergänzt die Therapie darüber hinaus aber noch zusätzlich um die Möglichkeit des KI-gestützten Monitorings via Smartphone-App. Rund 50 Prozent seiner Patienten behält er auf diese Weise inzwischen besser im Blick.

Der Einsatz von KI wird Prognosen zufolge die europäischen Gesundheitsausgaben in den nächsten zehn Jahren deutlich senken – um einen dreistelligen Milliardenbetrag. Die dafür benötigten enormen Datenmengen, die mit Hilfe von KI ausgewertet werden können, müssen jedoch zunächst zusammengetragen und eingepflegt werden. Dabei werden die

Literaturhinweise zu diesem Artikel finden Sie online unter www.ortho-orofacial.com

Anwendungen aber nur so gut wie die eingespeisten Daten sind funktionieren, was häufig für Skepsis sorgt. Zudem müssen wichtige regulatorische Fragestellungen, z.B. im Datenschutz, noch allgemeingültig beantwortet werden. In einer Studie zum Thema erklärte sich dennoch gut die Hälfte der Versicherungsnehmer bereit, sich auf KI in der Medizin zukünftig verlassen zu wollen. [2] Auch in ethischer Hinsicht sollten die Bestrebungen bestenfalls auf das Wohl aller Menschen ausgerichtet sein. Da die Entwicklung im KI-Bereich gerade Fahrt aufnimmt, stellte die Weltgesundheitsorganisation jüngst sechs Richtlinien für den Einsatz von KI im Gesundheitsbereich zur Orientierung auf; darunter der Schutz der Autonomie des Menschen oder das Sicherstellen von Transparenz, Erklärbarkeit und Verständlichkeit. [3]

Mit KI die (zahn-)medizinische Versorgung verbessern

Neben der Digitalisierung in der Zahnmedizin ist mit dem KI-Einsatz ein weiterer Schritt erfolgt, Entscheidungsprozesse in der Praxis zu unterstützen. Auf KI basierende Systeme können nicht nur für die effiziente Datenanalyse genutzt werden, sie sorgen auch im Bereich der Verwaltung bereits für eine optimierte Abrechnung oder erleichtern in der Kieferorthopädie die kephalometrische Analyse. Experten sind sich einig: KI-basierte Anwendungen werden die medizinische Versorgung

Abb. 1a



Abb. 1a+b: Klinische Ausgangssituation der Patientin (46 Jahre) vor Therapiebeginn. Oberkiefer: offener Biss, Frontengstand, transversale Enge im anterioren Bereich

Unterkiefer: Frontengstand, große sagittale Stufe, Angle II/1.

(Abbildung: Dr. Dr. F. Widu, Erding)

Abb. 1b



rationalisieren und dabei zum Beispiel das Personal bei Routineaufgaben entlasten, die Gesundheit einer breiteren Bevölkerung zu geringeren Kosten verbessern und letztlich eine personalisierte, prädiktive, präventive und partizipative Zahnmedizin ermöglichen. [1]

Diese Aussichten intensivieren auch Forschungsbestrebungen wie beispielhaft ein aktuelles Projekt der Universitäten Duisburg-Essen und München belegt, das mit Hilfe eines künstlichen neuronalen

Vorteile des Remote Monitorings

- zusätzliche Kontrollmöglichkeit zu den Praxisterminen
- erhöht die Sicherheit der Behandlung
- sofortiges Reagieren bei Bedarf (z.B. schlechte Mundhygiene, Attachment verloren, Aligner sitzt schlecht)
- Frühwarnsystem für unerwünschte Entwicklungen, die auf visueller Einschätzung basieren
- schnellere Reaktionsmöglichkeit kann zur Verkürzung der Behandlung beitragen
- steigert die Patientencompliance
- zusätzliche Kommunikationsebene zwischen Arzt und Patient
- modernes Tool als Zeichen einer zeitgemäßen Behandlung

Netzwerks die Karieserkennung anhand intraoraler Aufnahmen untersuchte. Auch Studienergebnisse der Charité berichten davon, wie sich mit einem lernfähigen KI-Netzwerk die Erkennung apikaler Läsionen auf Panoramaröntgenaufnahmen zukünftig unterstützen lässt. [4,5]

Remote-Verlaufskontrolle erhöht Compliance

Bereits seit 2016 setzt der Kieferorthopäde Dr. Dr. Widu aus Erding als einer der ersten bei seinen Aligner-Patienten auf die Smartphone-App von DentalMonitoring als Fernüberwachungstool: „Aktuell der größte Gewinn in der Kieferorthopädie, den man auf den Einsatz von KI zurückführen kann“, weiß der erfahrene Kieferorthopäde, der bereits

insgesamt rund 8000 Patienten erfolgreich durch eine Alignertherapie begleitet hat. „Früher war das exotisch, heute lässt sich jeder Zweite drauf ein. Bald wird es selbstverständlich sein, dass der Patient Rückmeldungen über den Behandlungsfortschritt gibt.“

Besonders großen Nutzen brachte diese Möglichkeit in Corona-Zeiten, weil man auf diese Weise Termine in der Praxis reduzieren und den Abstand der Kontrolltermine etwas dehnen konnte, erzählt Dr. Widu. Seither steige auch die Akzeptanz stetig. Dabei gibt er zu bedenken: „Es ist aber nicht hilfreich, dauerhaft Termine auf ein Minimum zu reduzieren. Die Einsparung muss verantwortungsbewusst vertretbar sein. Es gibt schließlich auch unerwünschte Entwicklungen, die sich nicht visuell beurteilen lassen – wie Kiefergelenksknacken oder Dinge, die erst durch ein Patientengespräch relevant werden.“ In komplexen Fällen bestellt er die Patienten deshalb alle sechs bis acht Wochen in die Praxis und möchte daran trotz Fernkontrolle weiter festhalten.

„Das Remote Monitoring sehe ich eher als eine sinnvolle Ergänzung, den Patienten zwischen den einzelnen Terminen genauer im Blick zu behalten. Außerdem erhöht die regelmäßige Aufnahme der eigenen Zähne die Motivation beim Patienten, die Aligner wie empfohlen zu tragen.“ Wie funktioniert die Fernüberwachung? Die Vorgehensweise in Widus Praxen ist im Regelfall folgende: „Nach dem fachmännischen Scannen der Ausgangssituation durch den Kieferorthopäden oder das Praxispersonal erstellt der Computer mittels KI-basierter Software einen entsprechenden Behandlungsvorschlag, der sich bei Bedarf noch individualisieren lässt. Dann fließen z.B. weitere Befunde aus der klinischen Untersuchung, den Röntgenbildern, der Modellvermessung und dem Patientengespräch mit ein.“

Abb. 2: Situation nach Übertragung der Patientendaten in die kieferorthopädische Planungssoftware ClinCheck® (Invisalign) zu Beginn der Alignerbehandlung mit Timeline (39 Aligner geplant, siehe unterer Bildrand). Die Planung umfasste eine IPR an fünf Stellen (siehe weiße Kästchen mit Ziffern) sowie 17 Attachments in Woche 6.

(Abbildung: Dr. Dr. F. Widu, Erding)



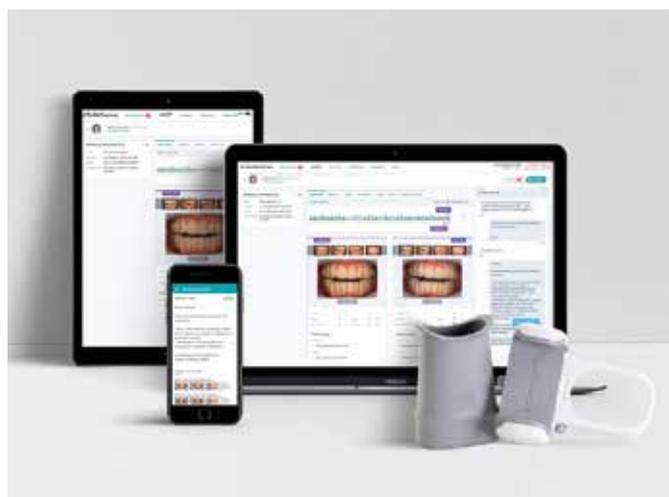


Abb. 3: Benötigtes Equipment für die Remote Control: an das Smartphone koppelbare Scanbox und dazugehörige App (DentalMonitoring), um intraorale Bilder aufzunehmen.

(Abbildung: DentalMonitoring)



Abb. 4a



Abb. 4b

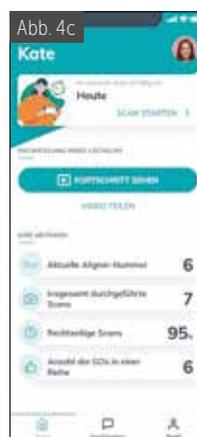


Abb. 4c

Abb. 4a: Bei der KI-gestützten Remote Control via DentalMonitoring macht der Patient mit Hilfe von Scanbox und Smartphone-App regelmäßig intraorale Aufnahmen und lädt sie zur Begutachtung auf ein Internetportal hoch. (Abbildung: DentalMonitoring)

Abb. 4b: Remote Control im Praxisbeispiel: Der Patient erstellt zusätzlich zu den Praxisterminen regelmäßig mit Hilfe der Scanbox kurze Videos seiner Zähne, die in einzelne Bilder gegliedert auf das Online-Portal von DentalMonitoring zur präzisen Analyse mithilfe von KI geladen werden. (Abbildung: Dr. Dr. F. Widu, Erding)

Abb. 4c: Patienten schätzen die direkte Rückmeldung der App über ihren Behandlungsfortschritt. (Abbildung: DentalMonitoring)

Eine weitere Kommunikationsebene – Im Einverständnis mit der europäischen Datenschutzverordnung

Die für die Remote Control benötigte Scanbox Pro und den Zugang zur Smartphone-App (s. Abb. 3) erhalten die Patienten auf Wunsch direkt beim ersten Termin, wo auch die Handhabung erklärt und erprobt wird. Vor der Verwendung erklären sich die Patienten mit dieser Art der Datenspeicherung einverstanden (nach DSGVO-Richtlinien). In regelmäßigen Abständen (i.d.R. alle 1 bis 2 Wochen) erstellen sie dann Aufnahmen der eigenen Zahnsituation (s. Abb.4a,b). Es entsteht eine Videoaufnahme, die in einzelne Bilder gegliedert wird. Diese Bilder werden anschließend auf ein Online-Portal des Unternehmens hochgeladen und mithilfe künstlicher Intelligenz schnell und präzise analysiert. Dabei stützt sich die KI auf eine umfangreiche Bilddatenbank, die sich auf einem sicheren HDS (Hébergeurs de Données de Santé) Web-Server, der nach französischem Recht für die Gesundheitsdatenspeicherung akkreditiert ist, befindet. Dort werden die Bilder mithilfe der KI ausgewertet und bei DentalMonitoring in Paris von einem Zahnarzt freigegeben. Sie verbleiben damit unter der europäischen Datenschutzver-

ordnung (DSGVO). Das Unternehmen DentalMonitoring ist ein Pionier in der Fernüberwachung im zahnmedizinischen und kieferorthopädischen Bereich und gibt an, dass bisher über eine halbe Million Patienten in mehr als 50 Ländern mehr als eine Milliarde intraorale Aufnahmen auf die DentalMonitoring-Plattform geladen haben. [6,7,8]

„Mit Hilfe des Fernmonitorings wird der Patient auch außerhalb der Vor-Ort-Termine rundum gut betreut. Die automatische Analyse der Fotos zeigt z.B. an, ob der Aligner noch passt, auch unerwünschte Zahnbewegungen lassen sich frühzeitig erkennen.“ Den Patienten sieht Dr. Widu dann wie gewohnt alle sechs bis acht Wochen meist zur Routinekontrolle in der Praxis – aber auch, um z.B. eine behandelungsoptimierende approximale Schmelzreduktion (ISR, interproximal reduction) durchzuführen, Attachments anzubringen oder zu entfernen oder für eine präzise Fortschrittskontrolle mit zusätzlichen Scans. Zwischenzeitlich erhält der Behandler von der DentalMonitoring-App regelmäßig Rückmeldungen zum Verlauf. „Wenn zwischendurch Handlungsbedarf besteht, meldet das System etwa „Attachment verloren“, „mangelnde Mundhygiene“ oder „Alig-

Abb. 5: Die DentalMonitoring-App gibt regelmäßig Einblick in den Verlauf der Behandlung zwischen den Terminen in der Praxis. (Abbildung: DentalMonitoring)

PROTOKOLL	FÄLLIG AM	HOCHGELADEN AM	
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-07-13 10:22 GMT+2	2021-07-12 06:32 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-07-10 07:30 GMT+2	2021-07-10 10:25 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-07-07 07:22 GMT+2	2021-07-07 07:41 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-06-30 07:26 GMT+2	2021-06-30 08:43 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-06-23 07:25 GMT+2	2021-06-23 08:19 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-06-16 06:26 GMT+2	2021-06-16 06:38 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-06-09 07:11 GMT+2	2021-06-09 06:58 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-06-02 06:15 GMT+2	2021-06-02 07:13 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-05-26 00:00 GMT+2	2021-05-26 06:21 GMT+2	Scan ansehen
Aligner-Protokoll 7 Tage - Ludwig 2 Kiefer	2021-05-19 10:55 GMT+2	2021-05-19 09:09 GMT+2	Scan ansehen

ner passt nicht“ zurück. Es ist nämlich möglich, dass dem Patienten letzteres gar nicht auffällt.“ Dann nehmen Dr. Widu und sein Team Kontakt zum Patienten auf und bestellen ihn früher als geplant ein. Das Feedback der Smartphone-App direkt an den Patienten (in Abstimmung mit dem Behandler) beinhaltet beispielsweise, dass der Aligner gewechselt oder auch einige Tage länger getragen werden soll. Darüber hinaus liefert die App die Möglichkeit des direkten Austauschs zwischen Arzt und Patient, was in Widus Praxen aber nur in Spezialfällen vorkommt. „Die meisten sind mit der Rückmeldung des Systems über den Behandlungsfortschritt zufrieden (z.B. s. App-Oberfläche in Abb. 4c) und schätzen insgesamt nicht nur die Dokumentationsmöglichkeit in Echtzeit, sondern auch die Funktion der App als Frühwarnsystem, wenn etwas eben nicht wie geplant läuft. Mit dem DentalMonitoring entsteht sozusagen

eine weitere Kommunikationsebene während der Behandlung zwischen Arzt und Patient.“

Eine Aligner-Behandlung mit grundsätzlich nur sehr wenigen Praxisterminen hält der erfahrene Kieferorthopäde bei unkomplizierten Fällen zwar für denkbar, mag sie aber nicht verantworten und betont: „Eine persönliche Betreuung der kieferorthopädischen Behandlung gehört aus einer Vielzahl von Gründen für mich einfach dazu. Ich möchte die Patienten rundum gut versorgen, möchte die Kaumuskeln, das Kiefergelenk im Blick haben und schauen, ob Kauebene und Zahnbogen im Laufe der Therapie noch zum Gesicht passen.“ Dabei ist es für den erfahrenen Kieferorthopäden selbstverständlich, den Patienten ganzheitlich zu betrachten und zu bewerten. „Und ich möchte auch wissen, wie er sich dabei fühlt. Das kann die KI nicht leisten, sie lässt den

Praxisbeispiel

Eine Patientin, 46 Jahre, kam mit dem Wunsch nach einer umfassenden Korrektur ihrer Zahnfehlstellungen in Dr. Widus Praxis. Festgestellt wurde in diesem Zuge ein frontal offener Biss im Oberkiefer mit großer sagittaler Frontzahnstufe, Distalbiss (Angle II/1). Nach eingehender Besprechung der Behandlungsoptionen erfolgte eine Vorbehandlung alio loco (Extraktion der Zähne 14 und 24 sowie der Zähne 34 und 44). Abbildungen 1a und b zeigen den Zustand nach Abschluss der Vorbehandlung zu Beginn der kieferorthopädischen Therapie mit Invisalign®-Alignern.

Abb. 2 liefert einen Blick auf die virtuelle Darstellung der Situation nach Übertragung der Patientendaten via Intraoralscan in die kieferorthopädische Planungssoftware ClinCheck®. Insgesamt wurde mit 39 Alignern geplant, die i.d.R. alle zwei Wochen gewechselt wurden. Für den Fall, dass es in der Zeit zwischen den regulären Praxis-

Kontrollterminen aufgrund der visuellen Beurteilung der vom Patienten hochgeladenen Bilder zu Abweichungen kommt, die Handlungsbedarf erfordern, sendet die App entsprechende Anweisungen. Daraus können ggf. kleinere Verschiebungen der Therapiedauer resultieren. Bei dieser Patientin waren zur Optimierung der Therapie eine IPR in fünf Approximalräumen und zusätzlich 17 Attachments nötig, die in der sechsten Behandlungswoche beim Einsetzen des dritten Aligners in der Praxis aufgebracht und später auch wieder entfernt wurden. Abbildungen 6 a und b zeigen den Behandlungserfolg nach insgesamt einem Jahr und fünf Monaten (insgesamt 39 Aligner). Zu Therapieende erhielt die Patientin abschließend Retainer für den Oberkiefer und Unterkiefer zum Erhalt der erreichten Ergebnisse. Wegen eines Retainerbruches wurde zehn Monate später ein Refinement notwendig, das mit acht Alignern im Oberkiefer erfolgte und zu einem erfolgreichen Ergebnis führte.

Menschen außen vor. Die KI darf im Rahmen der Therapie aber gern unterstützen. Deshalb bleiben die Praxistermine bei uns im Regelfall im empfohlenen Turnus auch bestehen.“

Fazit und Ausblick

Dr. Widu sieht enormes Potenzial im zukünftigen Einsatz von KI in der Kieferorthopädie: „Meiner Meinung nach stehen wir hier kurz vor dem wirklichen Durchbruch“. Gleichzeitig gibt er aber zu bedenken, dass die KI zunächst mit qualitativ hochwertigen Daten, z.B. zur Wurzelanatomie, gefüttert werden müsse, um die gewünschten Ergebnisse zu erhalten. „Dann ließen sich KI-unterstützt Zahnbewegungen oder Kieferausformungen im Zuge der Fallplanung sicher noch präziser bestimmen. Interessant wäre es, wenn die KI zukünftig auch lernen kann, welches Vorgehen der Behandler innerhalb der Fallplanung präferiert. Vorstellbar wäre auch, bei bestimmten Diagnosen gleichzeitig Röntgenbefunde mit einfließen und daraufhin gezielt Therapievorschlüsse erstellen zu lassen.“

Neben der Fülle an Optimierungsmöglichkeiten, die der höhere Technikeinsatz birgt, werde es für einige Menschen bald nicht mehr zu umgehen sein, sich auf eine Remote Control einzulassen, so Widu und verweist dabei auf den Fachkräftemangel insbesondere in ländlichen Regionen. Eine Steigerung des Einsatzes von KI in der Zahnmedizin wie in Bereichen von Routineaufgaben, Datenverarbeitung, Verwaltung, Abrechnung, Diagnostik oder auch Forschung und Ausbildung verspricht auf lange Sicht eine Verbesserung der Versorgung der Patienten bei gleichzeitiger Kostenersparnis. So können zukünftig größere Datenmengen analysiert, in komplexere Zusammenhänge gebracht und gleichzeitig individueller betrachtet werden.

Teilweise sind KI-gestützte Neuerungen wie die Analyse von Röntgenbildern, die optimierte Fallplanung bei kieferorthopädischen Therapien oder die Möglichkeit der Remote-Control via Smartphone-App und Scanbox wie in den Praxen



Dr. Dr. Friedrich Widu

ist nach dem Studium der Zahnmedizin und der Weiterbildung im Bereich Kieferorthopädie (Universitäten Bonn, Aachen und Düsseldorf) seit 2001 als Fachzahnarzt für Kieferorthopädie in eigenen SmileforYou-Praxen in Eislingen, Göppingen, Erding und Markt Schwaben (Landkreis Ebersberg) niedergelassen. Der zertifizierte Invisalign-Behandler erlangte 2010 zudem eine Spezialisierung im Bereich der Lingualtechnik (Universität Diderot Paris, Prof. Dr. Dr.h.c. Dirk Wiechmann) und entwickelte das 2Clear-Bracketsystem, das eine Verkürzung der Behandlungszeit verspricht und mit einem Alignereinsatz zum Ende der Therapie verknüpft ist. 2017 gründete Dr. Widu die ersten Praxen (Berlin, Hamburg), die ausschließlich auf die Therapie mit Alignern setzten. Insgesamt blickt Dr. Widu auf ca. 5000 Invisalign-Behandlungsfälle und ca. 1000 auf Grundlage eines Eigendruckverfahrens zurück.

von Dr. Widu heute schon im Praxisalltag angekommen. Dabei schafft die von ihm angebotene zusätzliche Fernkontrolle der Therapie vor allem eine zusätzliche Sicherheit, gewährt schnelleres Eingreifen bei unerwünschten Entwicklungen oder Zwischenfällen und sorgt für eine bessere Akzeptanz und Mitarbeit bei den Patienten. Dr. Widu stellt fest: „Ich sehe beim Dental Monitoring enormes Potenzial und kann die Anwendung deshalb den Kollegen nur empfehlen. Außerdem wird der Markt eine solche Anwendung früher oder später schlicht verlangen.“ ■



Abb. 6 a+b: Dokumentation (klinisch und virtuell) des Behandlungsergebnisses nach der kieferorthopädischen Behandlung mit 39 Alignern unter zusätzlicher Remote Control. (Abbildung: Dr. Dr. F. Widu, Erding)