



# Revolution in der Zahnmedizin? Die Auswirkungen von künstlicher Intelligenz

Ein Beitrag von Prof. Dr. Falk Schwendicke

## Einführung

Künstliche Intelligenz (KI) ist auf dem Vormarsch; zahlreiche Lebensbereiche werden durch diese neue Technologie durchdrungen. KI-basierte Sprachassistenten wie Siri, Alexa und Google Assistant erleichtern die Interaktion mit digitalen Geräten; Plattformen wie Netflix, Amazon und Spotify verwenden KI, um personalisierte Empfehlungen für Filme, Produkte und Musik basierend auf unseren Vorlieben und unserem Verhalten zu geben. KI ermöglicht die Gesichtserkennung in Smartphones und Sicherheitssystemen; selbstfahrende Autos nutzen KI, um Umgebungsdaten zu analysieren und sicher zu navigieren. Übersetzungssoftware, die auf KI basiert, ermöglicht die Übersetzung von Texten und gesprochenen Sätzen in Echtzeit. Unternehmen nutzen Chatbots und virtuelle Assistenten, um den Kundenservice zu verbessern und rund um die Uhr Fragen zu beantworten. Zu guter Letzt wird KI in der Finanzbranche für Betrugserkennung und Risikobewertung

routinemäßig und kontinuierlich eingesetzt.

Auch in der Zahnmedizin hat KI erhebliche Fortschritte gemacht. Dabei stehen die Verbesserung von Diagnostik und Therapie, aber auch die Steigerung der Praxiseffizienz und Optimierung von Prozessen im Vordergrund. Hinter den meisten Anwendungen von KI steht maschinelles Lernen – ein Teilgebiet von KI, in dem Computer aus Daten Muster erlernen, ohne explizit programmiert worden zu sein. Im Folgenden werden die Anwendungsbeispiele von KI in der Zahnmedizin überblickshaft beschrieben; anschließend werden Limitationen und Herausforderungen dargestellt.

## KI in Diagnose, Behandlungsplanung und Behandlung

### Bildanalyse

Einer der wichtigsten Bereiche, in denen KI erhebliche Fortschritte gemacht hat,

ist die Interpretation von Bildmaterial wie Röntgenaufnahmen oder intraorale Scans. KI-Algorithmen können Karies, apikale Läsionen und Parodontitis mit ähnlichen oder höheren Genauigkeiten wie zahnmedizinische Experten erkennen. Dies ermöglicht eine genauere und teilweise auch frühere Diagnose; zudem werden diagnostische Verfahren, die auf Bildgebung beruhen, qualitätsgesichert. Mittelfristig erhofft man sich durch das Erkennen seltener Entitäten auf Bildern und einer besseren Differenzialdiagnose (z. B. von Mundschleimhautläsionen) eine deutliche Qualitätssteigerung der Diagnostik. Ein weiterer Faktor wird die Zeitersparnis sein, die KI-Analysen bei aufwendigen Routineaufgabe ermöglichen, z. B. bei der Bestimmung von Landmarken bei der Fernröntgenseitenbildanalyse. Auch können durch KI augmentierte Bilder besser für die Patientenkommunikation eingesetzt werden; KI-generierte Ausgaben werden von Patienten als unabhängige zweite Meinung geschätzt (Arsiwala-Scheppach et al. 2023).



© Angelov – stock.adobe.com

### **Prädiktive Analytik und Simulation**

KI als Systeme, die aus Daten lernen, nutzen Datenmuster für Vorhersagen zukünftiger Ereignisse. Eine Reihe von Studien untersuchten die Anwendung von KI für die Vorhersage zukünftiger Karies, Parodontitis oder Zahnverlusten. Dabei kommen bisher oft Daten kleinerer Kohorten zum Einsatz – wobei KI möglicherweise nicht das volle Potenzial nutzen kann, das sich auf großen Datenbanken bietet (Konzern wie Google oder Microsoft trainieren auf Datensätzen aus Millionen oder Milliarden Datenpunkten; unsere Anwendungen werden oft auf einigen Tausend Datenpunkten trainiert).

Eine Hoffnung für medizinische KI liegt in der Nutzung von bisher unerschlossenen, routinemäßig generierten Datensätzen – die also bereits vorhanden sind und daher nicht teuer neu erzeugt werden müssen. Diese Daten sind bisher aber nur bedingt verfügbar und häufig in sogenannten Datensilos eingeschlossen (siehe Seite 54). Die meisten KI-Vorhersagemodelle in der Zahnmedizin bleiben daher bisher hinter den Erwartungen zurück; die Zahnmedizin ist von einer sogenannten P4-Medizin (Personalisiert, Präzise, Präventiv, Patientenzentriert) (Hood and Flores 2012) und dem breiten Einsatz datengestützter Analytik noch weit entfernt.

Eine weitere Hoffnung für die Behandlungsplanung mittels KI liegt in der Simulation. Mittels augmentierter und virtueller Realität (AR/VR) können, ähnlich wie in zahlreichen Industriezweigen, virtuali-

sierte Patientenfälle bereits vorab analysiert, geplant und das Zielergebnis kommuniziert werden (u. a. mit dem Patienten, aber bspw. auch dem Labortechniker). AR/VR finden bisher allerdings vor allem in der zahnmedizinischen Lehre Anwendung (Joda et al. 2019).

### **Robotik**

KI-gesteuerte chirurgische Roboter können schon heute bei zahnärztlichen Eingriffen eingesetzt werden; ihre Genauigkeit ist theoretisch hoch. Ob Roboter wirklich für wenig kostenintensive und bedingt risikoreiche Eingriffe (also nahezu alle zahnmedizinischen Behandlungen) eingesetzt werden, ist schlussendlich vermutlich eine Kostenfrage: Zurzeit ist der Einsatz teurer KI-unterstützter Robotersysteme v. a. der Bauch- oder Neurochirurgie vorbehalten.

Denkbar ist allerdings der Einsatz von Roboterassistenten am zahnärztlichen Behandlungsplatz: Roboter könnten Aufgaben wie das Anreichen von Instrumenten, das Absaugen von Speichel, das Abhalten der Wangen oder sogar die Gespräche mit Patienten übernehmen (in eine ähnliche Richtung gehen die bereits teilweise im Einsatz befindlichen Pflegeroboter: Diese entlasten weniger Ärzte, sondern das Pflege- und Pflegehilfpersonal). Vor dem Hintergrund des zunehmenden Fachkräftemangels ist ein Assistenzroboter vermutlich wahrscheinlicher in der Zahnarztpraxis von morgen anzutreffen als ein OP-Roboter.

### **KI für die Arzt-Patienten-Kommunikation**

#### **Virtuelle Konsultationen**

KI-gesteuerte virtuelle Konsultationen könnten für Erstuntersuchungen, Folgetermine und Routinekonsultationen eingesetzt werden. Dies spart sowohl den Patienten als auch den Zahnärzten Zeit und entlastet knappe Ressourcen; zudem entfällt möglicherweise der übliche „Reiseaufwand“ für den Besuch in der Praxis – was gerade vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit zahnärztlicher Therapie günstig wäre (der CO<sub>2</sub>-Ausstoß zahnärztlicher Behandlungen wird zuvorderst

durch die An- und Abreise der Patienten bestimmt). Der wohl bekannteste Anwendungsfall KI-gestützter Konsultationen ist die regelmäßige „Tele“-Reevaluation während der kieferorthopädischen Therapie, u. a. mit Alignern. Entsprechende Hersteller propagieren hier bereits heute die „virtuelle Praxis“.

### **Patientenaufklärung**

KI-basierte Aufklärungsinstrumente können Patienten helfen, ihren Gesundheitszustand und ihre Behandlungsmöglichkeiten zu verstehen. Interaktive Anwendungen und AR/VR-Simulationen können Patienten helfen, bessere Entscheidungen über Behandlungspläne zu treffen. Symptomchecker wie ADA (ADA Health, Berlin), aber auch Chatbots wie ChatGPT (OpenAI, San Francisco, USA) sind mittlerweile in der Lage, zahlreiche medizinische Fragestellungen mit hoher Genauigkeit zu beantworten; u. a. hat ChatGPT zahlreiche medizinische Examina bestanden. Dabei sind Ärzte allerdings in guter Gesellschaft – auch das juristische Staatsexamen wurde durch den Chatbot erfolgreich absolviert.

### **Terminplanung und -erinnerung**

KI-gesteuerte Terminplanungssysteme können den Praxisbetrieb optimieren, indem sie die Wartezeiten verkürzen und sicherstellen, dass die Patienten rechtzeitig an ihre bevorstehenden Besuche erinnert werden. Dies trägt zu einem reibungsloseren Patientenerlebnis bei. Entsprechende Systeme in Patientenverwaltungssystemen funktionieren zugegebenermaßen auch ohne KI zuverlässig – und während der COVID-Pandemie haben zahlreiche Praxen gezwungenermaßen Patientenflüsse digital gesteuert.

### **KI in der zahnärztlichen Dokumentation und Verwaltung**

#### **Elektronische Gesundheitsakten (EHR)**

Sprachmodelle wie ChatGPT sind in der Lage, auch unstrukturierte Daten aus einzelnen Aktennotizen, aber auch zusammenhängenden EHR auszulesen. Solche Systeme sind daher in der Lage, Patienten-

informationen auch in großen Mengen zu verstehen, zu strukturieren, zu aktualisieren und auf ihrer Basis Vorhersagen zu treffen (s. o.). Mittels ihrer generativen Komponente (Generierung von Texten, aber auch Bildern, Videos oder Sprache) können Alltagsaufgaben wie die Rechnungsstellung, das Schreiben von Arztbriefen oder Überweisungen oder das Recallmanagement übernommen werden (Büttner et al. 2024).

### **Versicherungen**

KI wird in einigen Ländern mittlerweile routinemäßig eingesetzt, um die Integrität von zahnärztlichen Abrechnungsansprüchen zu überprüfen. Durch die Analyse von Mustern und Unstimmigkeiten in Abrechnungsdaten, aber auch Röntgenbildern etc. sollen KI-Algorithmen potenziell betrügerische Aktivitäten (wie die Manipulation der Bilder) erkennen und so Patienten und Versicherungsanbieter schützen. Ebenso werden in den USA KI-Systeme eingesetzt, um Patientebildmaterial automatisch auszulesen und die Angemessenheit von durchgeführten Therapien zu bewerten. Dies zu bewerten ist eine Aufgabe des Berufsstandes.

### **Herausforderungen**

#### **Datenschutz und Sicherheit**

Da KI in der Zahnmedizin in hohem Maße auf Patientendaten angewiesen ist, sind Datenschutz und -sicherheit von größter Bedeutung. Die Sicherstellung des Schutzes von Patientendaten vor unbefugtem Zugriff ist eine Herausforderung, der sich Zahnärzte und KI-Entwickler stellen müssen, gerade weil zahnmedizinische Daten vor dem Hintergrund ihrer forensischen Wertigkeit besondere Anforderungen an den Datenschutz stellen.

#### **Generalisierbarkeit**

Eng zusammenhängend mit Fragen des Datenschutzes ist das Problem der Generalisierbarkeit: Zahlreiche KI-Anwendungen sind bisher nicht auf ihre Fähigkeit untersucht, in anderen Bevölkerungsgruppen als jene, in denen die KI entwickelt wurde, auch gute Ergebnisse zu liefern. Hohe Datenschutzhürden erschwe-

ren das Zusammenführen verschiedener Datenquellen. Zudem werden zahnmedizinische Daten in der Praxis in unterschiedlichen „Silos“ gespeichert, die nicht zwingend miteinander verbindbar sind; auch sind die daraus resultierenden Daten oft nicht interoperabel. Ansätze wie „multimodales“ Lernen (Zusammenfügen verschiedener Datentypen) und die Optimierung der Generalisierbarkeit von KI-Modellen werden hierdurch erschwert (Schwendicke et al. 2020).

### **Ethische Herausforderungen**

Der ethische Einsatz von KI in der Zahnmedizin ist von entscheidender Bedeutung. Zahnärzte und KI-Entwickler müssen sicherstellen, dass KI zur Verbesserung der Patientenversorgung eingesetzt wird und nicht, um menschliche Elemente der Gesundheitsversorgung zu ersetzen und Profite zu optimieren. KI sollte als ein Werkzeug gesehen werden, das das zahnärztliche Fachpersonal ergänzt und nicht ersetzt. Weitere ethische Forderungen an KI in der Medizin betreffen Aspekte von Fairness, Transparenz, Erklärbarkeit und Verantwortlichkeit (s. u.) (European Commission 2019).

### **Regulatorischer und rechtlicher Rahmen**

Die Anwendung von KI kommt mit einer Reihe von regulatorischen und rechtlichen Fragestellungen. Viele KI-Produkte zur Unterstützung von Diagnostik und Therapie sind Medizinprodukte, die mittlerweile nach der europäischen Medical Device Regulation (MDR) reguliert und durch sogenannte Benannte Stellen (wie TÜV oder DEKRA) zertifiziert werden müssen. Nutzer medizinischer KI-Produkte sollten, auch aus haftungsrechtlichen Gründen, die Zertifizierung dieser Produkte vor dem klinischen Einsatz kritisch prüfen.

Hinsichtlich der rechtlichen Einordnung von KI-Systemen muss betont werden, dass diese in der Zahnmedizin Assistenzcharakter haben: Sie unterstützen den Behandler und wirken nicht autonom. Die Verantwortung für jegliche Entscheidungen, die auf einer KI-Detektion (o. Ä.) beruhen, bleibt beim Behandler (außer bei grobem Vorsatz durch den Hersteller).

Nutzer von KI sollten deshalb jegliche KI-Ausgaben kritisch hinterfragen und auch die zugrunde liegende Logik überprüfen. Hierfür sollten KI-Systeme gewählt werden, die eine sog. Erklärbarkeit aufweisen, also deren innere Logik dem Nutzer erschließbar ist (Samek et al. 2019).

### **Schlussfolgerungen**

KI wird signifikante Auswirkungen auf die Art und Weise haben, wie zahnmedizinische Versorgung in der Zukunft erbracht und erlebt wird. Hierbei werden Diagnose, Behandlungsplanung und Therapie, vor allem aber auch die Arbeitsflüsse und weitergehenden Prozesse in der Praxis betroffen sein. Nutzer von KI sollten kritisch die Datengrundlage der Anwendungen hinterfragen, den Zulassungsstatus prüfen und KI-Ausgaben nach ihrer medizinischen Logik und gegen die vorhandene Evidenz bewerten.

Falk Schwendicke



#### **PROF. DR. FALK SCHWENDICKE**

Univ.-Prof. Dr. Falk Schwendicke, MDPH  
Poliklinik für Zahnerhaltung  
und Parodontologie  
Ludwig-Maximilians-Universität  
München  
Goethestraße 70  
80336 München  
Tel.: +49 89 440059300  
Falk.Schwendicke@med.uni-muenchen.de  
<https://www.lmu-klinikum.de/zep>