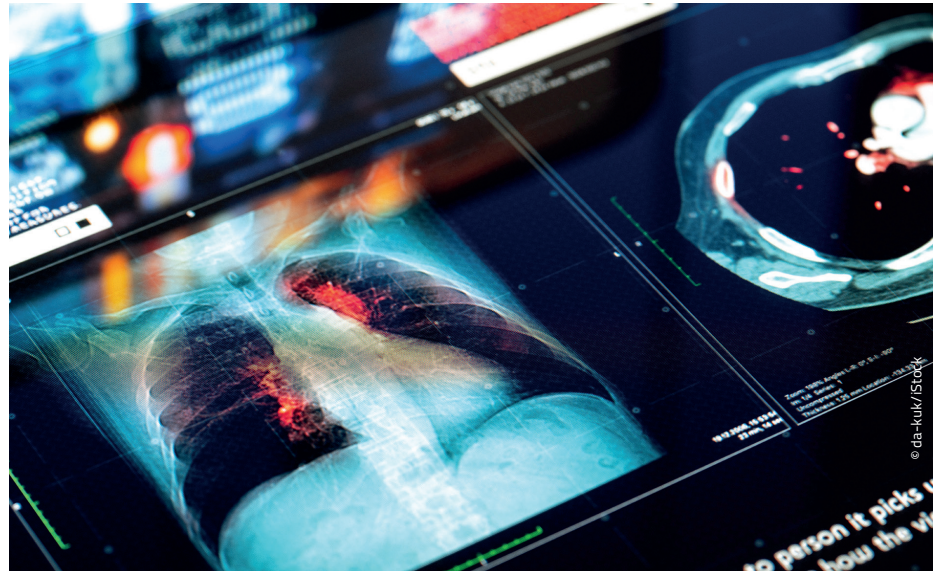


# Künstliche Intelligenz in der klinischen Praxis

J. N. Kather

Künstliche Intelligenz (KI) umfasst Methoden der Informatik, die Computer befähigen, Probleme zu bewältigen, die üblicherweise von Menschen gelöst werden. Ein prägnantes Beispiel hierfür ist der klassische Schach-Computer. Computerprogramme, die Schach spielen, adressieren ein Problem, das normalerweise menschlicher Intelligenz bedarf. Sie zählen daher zur KI. Weitere Beispiele sind die Gesichtserkennung in Fotos und die automatische Übersetzung von Texten, etwa vom Deutschen ins Englische. Diese Anwendungen benötigen normalerweise menschliche Intelligenz, können jedoch durch KI automatisiert werden. Im Bereich der Medizin existieren vielfältige Verknüpfungen zur KI und potenzielle sowie etablierte Anwendungen. Ein Beispiel sind klar definierte Aufgaben wie das Erkennen von melanomverdächtigen Läsionen in Fotos der Haut. Diese Aufgabe lässt sich prinzipiell mit KI bewältigen. Auch das Zusammenfassen von Arztbriefen und die Extraktion relevanter Informationen ist eine Tätigkeit, die KI-Systeme prinzipiell übernehmen könnten.

Aus technischer Perspektive existieren zwei Hauptansätze in der KI. Der erste Ansatz sind die Experten-Systeme. Hier wird versucht, menschliches, also vorbestehendes Expertenwissen, explizit in ein Computerprogramm zu integrieren. Ein Beispiel ist ein Schach-Computer, dem explizit Schachregeln und Strategien eingespeist werden. Diese Technik eignet sich für einfache und gut definierte Probleme, stößt jedoch bei der Auswertung weniger standardisierter Daten, wie beispielsweise Bilddaten,



KI-Systeme bieten in der Radiologie wertvolle Unterstützung.

an ihre Grenzen. Daher sind Expertensysteme heute praktisch obsolet beziehungsweise nur extrem einfachen Anwendungen vorbehalten.

Der zweite Ansatz sind die Techniken des maschinellen Lernens. Hier zeigt man einem Computer viele Beispiele, woraufhin er aus der großen Datenmenge selbstständig die beste Lösungsstrategie erlernt. Diese Techniken sind sowohl beim Schachspielen als auch in der Bildanalyse den Expertensystemen überlegen und ermöglichen erst die Bearbeitung vieler Probleme. Heutzutage ist KI weitgehend mit Methoden aus dem maschinellen Lernen gleichzusetzen. In der technischen Umsetzung des maschinellen Lernens sind besonders jene Methoden erfolgreich, die viele Freiheitsgrade, also mathematische Parameter, aufweisen. Hierbei handelt es sich um Modelle mit hunderten Millionen oder Milliarden Parametern, also Zahlen, deren Werte sich erst durch das Training auf geeigneten Datenmengen ergeben. Diese

Modelle sind sehr komplex und oft in Architekturen mit mehreren Schichten von Untereinheiten gegliedert. Ein Modell mit vielen solchen Schichten wird als tiefes Modell bezeichnet, was auf Englisch „deep“ ist. Daher stammt der Begriff „Deep Learning“, der heutzutage praktisch synonym mit dem Begriff „KI“ steht. Da Computermodelle des Deep Learning entfernt an menschliche neuronale Netze, wie das Gehirn, erinnern, spricht man auch von tiefen künstlichen neuronalen Netzen.

KI hat das Potenzial, eine Vielzahl spezifischer Probleme in verschiedenen Bereichen zu lösen. Trotz der beeindruckenden technischen Fortschritte, bleibt die Vorstellung, dass KI sämtliche menschliche Herausforderungen bewältigen oder gar Berufe wie den ärztlichen vollständig ersetzen könnte, zum heutigen Zeitpunkt eine Illusion. Der Schlüssel zum erfolgreichen Einsatz von KI liegt in der Definition eines klaren, spezifischen und nachweislich löslichen Problems. Beispiele für solche

Probleme sind vielfältig und reichen von traditionellen Spielen wie Schach bis hin zu komplexeren Aufgaben wie der Navigation und Steuerung von Drohnen. Im Schachspiel demonstriert KI ihre Fähigkeit, etablierte Regeln und Strategien zu erlernen und anzuwenden, um menschliche Gegner herauszufordern oder zu übertreffen. Bei der Drohnensteuerung geht es darum, durch die Verarbeitung einer Vielzahl von Sensordaten in Echtzeit und das Treffen schneller Entscheidungen autonom zu navigieren. Analog dazu eröffnet KI auch im medizinischen Bereich zahlreiche Möglichkeiten, insbesondere in der Bild- und Textanalyse. In diesen Bereichen wird KI bereits jetzt in zahlreichen klinischen Anwendungen eingesetzt und ist in vielen Fällen für den klinischen Einsatz zugelassen.

Bevor wir uns im Detail den klinischen Anwendungen des Deep Learning zuwenden, ist es essenziell, die rechtlichen Rahmenbedingungen zu betrachten. KI-Methoden sind Bestandteil medizinischer Software und unterliegen strikten Regularien. Medizinische Software, ähnlich wie andere Medizinprodukte wie Herzschrittmacher, Hüftimplantate oder Insulinpumpen, darf nicht ohne Weiteres am Patienten eingesetzt werden. Sie muss bestimmte Voraussetzungen erfüllen. In rechtlicher Hinsicht wird medizinische Software als Medizinprodukt klassifiziert. Dies bedeutet, dass sie ähnliche Anforderungen erfüllen muss, wie herkömmliche Medizinprodukte. Die Anforderungen variieren je nach Risikoklasse des Medizinprodukts. Im Allgemeinen benötigen KI-Systeme in der Europäischen Union ein sogenanntes CE-Zertifikat. Sie müssen nach der Medical Device Regulation (MDR) oder der In Vitro Diagnostic Regulation (IVDR) zugelassen werden. Dies erfordert, dass die Software nach strengen Qualitätsstandards entwickelt wird. Zudem

muss eine umfangreiche Dokumentation vorgelegt werden. Diese wird von „benannten Stellen“, also privaten Organisationen, die für die Überprüfung von Qualitätsstandards bei Medizinprodukten zuständig sind, geprüft. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass alle Medizinprodukte nur für einen spezifischen medizinischen Anwendungsfall zugelassen werden. Es ist nicht möglich, ein KI-basiertes Medizinprodukt generell als Ersatz für einen menschlichen Radiologen zuzulassen. Vielmehr ist eine Zulassung nur für genau definierte

---

### „Ein in der Praxis noch ungelöstes Problem stellt die finanzielle Abrechenbarkeit solcher KI-Systeme dar.“

---

Anwendungsfälle möglich. Ein Beispiel wäre die Zulassung eines KI-Produkts für die spezifische Aufgabe, krebssuspektive Läsionen in Mammographie-Bildern zu erkennen. Solche spezifischen Anwendungsfälle definieren den Rahmen, in dem KI-Produkte in der Medizin eingesetzt und zugelassen werden können.

Aus dieser Perspektive wird deutlich, dass alle KI-Systeme in der Medizin eine spezifische und eng definierte Anwendung haben müssen. In den letzten zehn Jahren haben die Methoden der KI bedeutende technische Fortschritte gemacht. In der Realität dauert es regelmäßig einige Jahre, bis neue technische Entwicklungen in Medizinprodukte umgesetzt werden. Mittlerweile gibt es in der Medizin jedoch bereits hunderte zugelassene Softwareprodukte, die auf KI basieren und für den Einsatz an Patienten genehmigt sind. Der Großteil dieser Produkte konzentriert sich auf die Bild-

auswertung. In der computerbasierten Bildanalyse werden komplexe Probleme bearbeitet, die ohne den Einsatz von KI kaum automatisiert werden könnten, mit KI jedoch effektiv lösbar sind. Zudem sind diese Probleme klar umrissen und haben ein definiertes klinisches Anwendungsfeld. Medizinische Bilddaten sind generell in großer Menge und Varietät vorhanden.

Besonders die Radiologie, eine bildbasierte medizinische Disziplin, wurde einst als eines der ersten Felder gesehen, in denen Menschen durch Maschinen ersetzt werden könnten. Dies hat sich jedoch nicht bewahrheitet. Stattdessen nimmt sowohl die Anzahl als auch die Komplexität radiologischer Untersuchungen stetig zu, während die Anzahl der dort tätigen Ärztinnen und Ärzte nicht entsprechend wächst. Dies führt zu einer steigenden Arbeitslast und einem klaren Bedarf an Assistenzsystemen. KI-Systeme in der Radiologie bieten hierbei prinzipiell wertvolle Unterstützung. Sie helfen, die Effizienz zu steigern und die diagnostische Genauigkeit zu verbessern, indem sie beispielsweise radiologische Bilder schneller und präziser analysieren. Diese Systeme dienen als Assistenz für die Radiologie, indem sie Routineaufgaben übernehmen oder bei der Erkennung komplexer Muster unterstützen. Dadurch können sich Radiologinnen und Radiologen auf komplexere Fälle und Entscheidungen konzentrieren. Ein klassisches Beispiel für gut automatisierbare Tätigkeiten ist die Auswertung von Mammografie-Bildern im Bereich des Brustkrebs-Screenings sowie die Auswertung von Röntgenaufnahmen des Thorax. Für diese Anwendungen gibt es zahlreiche zugelassene Medizinprodukte, die bereits in Deutschland im klinischen Alltag Einsatz finden. Bei komplexeren Aufgaben, wie der Beurteilung von multiparametrischen MRT-Daten im Abdominal- und Beckenbe-

reich, sind KI-Systeme hingegen noch selten zu finden. In der Neuroradiologie gibt es einige KI-Systeme, die zur Erkennung und Quantifizierung von Schlaganfällen sowie anderen zerebralen Läsionen verwendet werden.

Ein in der Praxis noch ungelöstes Problem stellt die finanzielle Abrechenbarkeit solcher KI-Systeme dar. KI-Systeme sind oft teuer und stellen typischerweise Insellösungen dar. Für viele Kliniken ist es unklar, ob sich die Investition in diese Systeme wirtschaftlich lohnt. Die direkte Kostenersparnis durch KI-Systeme ist oft schwer zu quantifizieren und steht nicht immer in einem positiven Verhältnis zu den Anschaffungs- und Betriebskosten. Aus wirtschaftlicher Perspektive eignen sich KI-Systeme vor allem für Tätigkeiten mit hohem Volumen und Standardisierung, die normalerweise den zeitaufwändigen Einsatz von Expertenpersonal erfordern. Dazu gehören beispielsweise das Mammographie-Screening oder Aufgaben, bei denen spezielles Expertenwissen erforderlich ist, das nicht immer leicht verfügbar ist, wie etwa bei der Schlaganfallerkennung in der neurologischen Bildgebung.

Neben der Radiologie beschäftigen sich auch andere medizinische Disziplinen wie die Histopathologie intensiv mit Bilddaten. In Europa sind zahlreiche KI-Systeme zugelassen, die repetitive und klar definierte Tätigkeiten in der Histopathologie automatisieren. Beispiele hierfür sind die Quantifizierung von Immunhistochemien in der Tumorphathologie und das Zählen von Zellen in verschiedenen Anwendungsbereichen. Eine grundlegende Voraussetzung dafür ist jedoch die Digitalisierung der Bilddaten, damit KI-Systeme sie auswerten können. In Deutschland ist dieser Digitalisierungsprozess in der Pathologie noch nicht weit verbreitet. Die Einführung von KI-Systemen in der

Pathologie könnte jedoch einen zusätzlichen Anreiz für die weitere Digitalisierung von Pathologieinstituten bieten. Allerdings müssen auch hier praktische Fragen, wie die Kostenerstattung, geklärt werden.

In der Gastroenterologie gibt es aktuell vier in Deutschland zugelassene KI-Systeme, die automatisch Polypen in Koloskopie-Videos erkennen. Diese Systeme weisen eine hohe Genauigkeit auf, die mit der von menschlichen Experten vergleichbar ist. Jedoch fehlt es an klinischer Evidenz, die zeigt, dass solche Systeme klare klinische Endpunkte oder die Untersuchungszeit verbessern können.

Ein weiteres Diskussionsthema in diesem Zusammenhang ist das sogenannte „Deskilling“, also der Verlust von Fähigkeiten bei menschlichen Untersuchern, die zunehmend mit KI-Systemen arbeiten. Dies ist vergleichbar mit dem Verlust der Fähigkeit, Landkarten zu lesen, da viele Menschen primär Navigationssysteme beim Autofahren verwenden. Medizinische Fachgesellschaften und Universitäten müssen daher sicherstellen, dass auch im KI-Zeitalter ein hohes Ausbildungsniveau aufrechterhalten wird.

Ein weiteres Beispiel für den Einsatz von KI-Systemen findet sich in der Dermatologie. Hier gibt es zahlreiche für professionelle Anwender zugelassene Systeme für das automatische Hautkrebs-Screening. Es existieren auch KI-Systeme, die sich an Patientinnen und Patienten richten und es ihnen ermöglichen, beispielsweise mit einem Smartphone Hautkrebs-Screening durchzuführen. Dies steht stellvertretend für das breite Feld der patientenfokussierten KI-Systeme, die sich direkt an Patienten richten, statt an professionelle Anwender. Diese Entwicklung zeigt das wachsende Potenzial von KI in der

Medizin, nicht nur als Hilfsmittel für Fachpersonal, sondern auch als direktes Werkzeug für Patienten, um ihre eigene Gesundheitsvorsorge zu unterstützen. Medizinische Chatbots und Anwendungen im Bereich der körpernahen elektronischen Geräte (Wearables), wie die Erkennung von Vorhofflimmern mittels Smartwatches, sind weitere Beispiele hierfür.

Es wird deutlich, dass wir vermutlich erst am Anfang einer umfassenden Entwicklung stehen. Im technischen Bereich hat KI in den letzten fünf bis zehn Jahren eine explosionsartige Verbreitung erfahren. Sie findet zunehmend Einsatz in alltäglichen Elektroniksystemen. Die Medizintechnik folgt typischerweise dem Consumer-Markt mit einigen Jahren Verzögerung, was auch für die KI gilt. Wir müssen uns darauf einstellen, dass KI-Systeme in unserer beruflichen Tätigkeit eine zunehmend größere Rolle spielen werden. Dies betrifft sowohl Systeme, die professionelle Anwendungen unterstützen, als auch solche, die von Patientinnen und Patienten direkt genutzt werden. Daher ist es ratsam, dass wir uns alle grundlegende Fähigkeiten im Beurteilen und Analysieren solcher KI-Systeme aneignen. Insgesamt zeigt sich, dass KI ein wesentlicher Bestandteil der Zukunft der Medizin sein wird und ein Verständnis ihrer Funktionsweise und Anwendungen für medizinisches Personal unverzichtbar ist. ■



Prof. Dr. med. Jakob Nikolas Kather, M.Sc.  
Lehrstuhl für Clinical Artificial Intelligence  
Else Kröner Fresenius Center for Digital Health  
Technische Universität Dresden  
E-Mail jakob\_nikolas.kather@tu-dresden.de