

Wie KI das Gesundheitswesen menschlicher macht

DEEP MEDICINE

ERIC TOPOL



**Künstliche
Intelligenz
in der Medizin**

Behauptung aufgestellt, dass die Bevormundung mit der Zeit enden würde, da die Verbraucher und Patienten nicht einfach nur Informationslieferanten sind, sondern ihnen diese Daten auch gehören und sie einen weitaus umfassenderen Zugriff auf ihre medizinischen Daten erhalten würden und letztendlich (so sie sich dafür entscheiden) wesentlich mehr Verantwortung für ihr Wohlbefinden und ihre Betreuung übernehmen könnten.

Das vorliegende Buch steht für die nächste Phase, das dritte »D« nach Digitalisierung und Demokratisierung. Zugleich ist es auch das tiefgreifendste dieser drei. Welchen Eindruck Sie auch von meinem Interesse an neuen Technologien gewonnen haben mögen: Ich habe schon immer davon geträumt, mich für das so wichtige menschliche Element im Arztberuf einzusetzen und es zu fördern. Dieses dritte »D« des Deep Learnings stellt ein Gerüst zur Verfügung, an dem die medizinischen Wurzeln wachsen können: die Mensch-Mensch-Beziehung. Noch sind weder Digitalisierung noch Demokratisierung in der Medizin umgesetzt, aber es gibt langsame Fortschritte zu beobachten. Ich bin überzeugt davon, dass wir diesen Wandel vervollständigen und dabei die KI zu einem zentralen Bestandteil der Heilkunst machen werden. Den Höhepunkt dieses Prozesses nenne ich *Deep Medicine*.

Deep Medicine selbst besteht aus drei Bausteinen mit dem D (Abbildung 1.5):

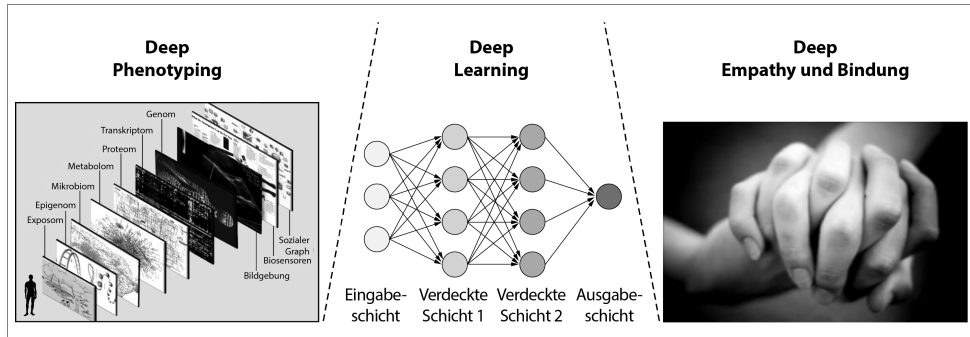


Abb. 1.5: Die drei Hauptkomponenten des Modells der Deep Medicine. (Quelle (linker Teil): nach E. Topol, »Individualized Medicine from Prewomb to Tomb«, *Cell* (2014): 157(1), 241–253.)

Zunächst ist da die Fähigkeit, jeden Einzelmenschen anhand aller relevanter Daten tiefgehend zu beschreiben, also die medizinische Essenz eines menschlichen Wesens zu digitalisieren. Zu diesen Daten können die medizinische, die soziale, die verhaltensbezogene und die familiäre Vorgeschichte gehören, aber auch die eigene Biologie: Anatomie, Physiologie und Umwelt. Unsere Biologie ist vielschichtig: DNS-Genom, RNS, Proteine, Metaboliten, Immunsystem, Mikrobiom, Epigenom und vieles mehr. In der biomedizinischen Forschergemeinde wird hier

häufig der Begriff *Deep Phenotyping* oder *tiefe Phänotypisierung* verwendet. Ein Beispiel dafür haben Sie schon kennengelernt, den Säugling mit *status epilepticus*. Deep Phenotyping erstreckt sich über so viele Arten von Daten, wie Sie sich vorstellen können, und unser gesamtes Leben, denn viele der hierbei interessanten Kriterien sind dynamisch und ändern sich kontinuierlich. Vor ein paar Jahren habe ich geschrieben, dass wir medizinische Daten »von der Empfängnis bis zum Grab« (engl. *from prewomb to tomb*) benötigen.³ Ich denke, das verdeutlicht das Konzept komplexer raum-zeitlicher Daten eindrucklich.

Als Zweites ist da das Deep Learning, das eine große Rolle in der Zukunft der Medizin spielen wird. Es geht nicht nur um Mustererkennung und Machine Learning als Grundlage der Diagnose, sondern um viele weitere Anwendungen, darunter virtuelle medizinische Trainer, die uns Menschen dabei unterstützen, auf Gesundheit und Wohlbefinden zu achten. Im Krankenhaus werden mit maschinellem Sehen die Sicherheit der Patienten und die Qualität insgesamt optimiert. Letztendlich wird man auf Krankenzimmer verzichten können, weil die Überwachung in den eigenen vier Wänden stattfinden kann. Obwohl die Ergebnisse des Deep Learnings im Arztberuf erhebliches Potenzial haben und immer offenkundiger werden, stehen wir doch erst am Anfang. Vor nahezu fünfzig Jahren veröffentlichte William Schwartz im *New England Journal of Medicine* den Artikel *Medicine and the Computer*.⁴ Er spekulierte, dass Computer und Ärzte in Zukunft »häufig miteinander sprechen und der Computer durchweg Notizen zum Verlauf, zu den Ergebnissen der Untersuchungen, zu Labordaten usw. anlegt, den Arzt auf die wahrscheinlichsten Diagnosen hinweist und eine angemessene, sichere Behandlung empfiehlt«. Was haben wir fünfzig Jahre später vorzuweisen? Überraschenderweise kaum etwas. Gewiss gibt es Anekdoten darüber, wie eine Google-Suche bei einer komplizierten Diagnose geholfen hat, aber das einfache Nachschlagen von Symptomen wurde nicht als fundiertes Diagnosehilfsmittel bestätigt. Vielmehr führt dies häufig zu Ungewissheit, Angst und Cyberchondrie.

KENNZAHL	1975	HEUTE
Arbeitsplätze im Gesundheitswesen	4 Millionen	> 16 Millionen (größter US-Wirtschaftszweig)
Gesundheitsausgaben pro Person	550 \$/Jahr	> 11.000 \$/Jahr
Zeit für Praxisbesuche	60 min Erstbesuch, 30 min Kontrollbesuch	12 min Erstbesuch, 7 min Kontrollbesuch
Anteil Gesundheitswesen am Bruttoinlandsprodukt	< 8 %	18 %

Tabelle 1.2: Ausgewählte Kennzahlen für das Gesundheitswesen in den USA, die sich in den letzten 40 oder mehr Jahren verändert haben

KENNZAHL	1975	HEUTE
Tageskosten Krankenhausbett (Durchschnitt)	ca. 100 \$	4.600 \$
Verschiedenes	Nichts	Abrechnungssystem für medizinische Leistungen (RVU), elektronische Krankenakte, Berechnungstools im Gesundheitswesen (IQWUG), Gesundheitswesen

Tabelle 1.2: Ausgewählte Kennzahlen für das Gesundheitswesen in den USA, die sich in den letzten 40 oder mehr Jahren verändert haben (Forts.)

Man kann sich vorstellen, dass die KI die Medizin von all ihren Leiden erlösen wird, darunter ungenaue Diagnosen und ineffiziente Abläufe (zum Beispiel bei Abrechnung und Codierungen), aber bis jetzt ist noch nichts davon Realität. Für Unternehmer bietet sich eine außergewöhnliche Gelegenheit, um mit Klinikern, Computerwissenschaftlern und Forschern in anderen Disziplinen (wie Verhaltenswissenschaft und Bio-Ethik) zusammenzuarbeiten und so KI und Gesundheitswesen auf die richtige Art und Weise miteinander zu verweben.

Den dritten und wichtigsten Baustein nenne ich *Deep Empathy*, eine tiefe Empathie und ein Verständnis, eine Bindung zwischen Patient und Arzt. In den mehr als vier Jahrzehnten seit Beginn meines Medizinstudiums war ich Zeuge eines Rückgangs der menschlichen Facette in der Medizin (siehe auch Tabelle 1.2). In dieser Zeitspanne ist aus dem Gesundheitswesen nicht nur irgendein Big Business geworden, sondern Ende 2017 sogar das größte Business überhaupt. Es ist heute der größte Arbeitgeber Amerikas und hat sogar den Einzelhandel überflügelt. Die Gesundheitsausgaben sind in jeder Hinsicht explodiert. Und trotz der vielen Beschäftigten und der Pro-Kopf-Ausgaben haben Ärzte immer weniger Zeit für ihre Patienten – ob in der Praxis oder im Krankenhaus. Ärzte haben zu viel zu tun. Für völlig überzogene 5.000 Dollar pro Tag im Krankenhaus sieht man den Arzt nur ein paar Minuten lang – und auch die werden gesondert in Rechnung gestellt. Ärzte hatten so viel mit der Patientenbetreuung zu tun, dass sie die Veränderungen im Gesundheitswesen einfach ignoriert haben, darunter die Einführung elektronischer Krankenakten, Managed Care sowie die Organisation von Krankenkassen und Abrechnungssystemen. Mittlerweile leidet der bisher größte Anteil an Ärzten und Pflegekräften unter Burn-out und Depressionen, weil er sich nicht mehr richtig um die Patienten kümmern kann – obwohl das für viele der ausschlaggebende Punkt bei der Berufswahl war.

In der modernen Gesundheitsfürsorge mangelt es in erster Linie an Fürsorge. Uns Ärzten bleibt im Normalfall nicht genug Zeit, uns hinreichend um die Patienten

zu kümmern. Und Patienten merken, dass es an Fürsorge ihnen gegenüber mangelt. Schon 1927 schrieb Francis Peabody: »The secret of the care of the patient is caring for the patient.«⁵ (Das Geheimnis der Fürsorge ist es, sich um den Patienten zu sorgen.) Die größte Gelegenheit, die die KI bietet, ist nicht eine Reduzierung von Fehlern oder der Arbeitslast oder ein Heilmittel gegen Krebs. Es ist die Gelegenheit, die kostbare und so sehr geschätzte Bindung und das Vertrauen zwischen Patienten und Ärzten – den menschlichen Kontakt – wiederzubeleben. Durch die miteinander verbrachte Zeit wäre eine sehr viel eingehendere Kommunikation und der Aufbau einer tieferen Beziehung möglich. Gleichzeitig könnten wir auf ganz neue Weise an die Auswahl und Ausbildung von Ärzten herangehen. Wir feiern »brillante« Doktoren seit Jahrzehnten. Doch mit dem Einzug der Maschinen schaffen wir für alle Kliniker die Grundlage für bessere Diagnosemöglichkeiten und einen umfassenden Fundus medizinischen Wissens. Im Laufe der Zeit werden alle Ärzte KI und Algorithmen im Arbeitsalltag nutzen. Indem wir das medizinische Wissen überall verbreiten, können wir uns einem neuen Mehrwert widmen: Der Suche nach und der Ausbildung von Ärzten, die sich durch besondere emotionale Intelligenz hervortun. Mein Freund und Kollege Abraham Verghese, den ich als einen der größten Humanisten in der Medizin schätze, hat diese so wichtigen Punkte im Vorwort dieses Buches bereits betont. Falls Sie es nicht sorgfältig gelesen haben, sollten Sie dies jetzt nachholen. Es fasst gut zusammen, welchen Nutzen Deep Medicine bietet.

Um den konzeptuellen Rahmen für Deep Medicine zu schaffen, möchte ich zuerst zeigen, wie die medizinische Praxis heute aussieht und warum wir dringend neue Lösungen für Probleme wie Fehldiagnosen, Fehler, schlechte Ergebnisse und aus dem Ruder laufenden Kosten benötigen. Dabei spielt auch die Art der Diagnosefindung eine Rolle. Um den Nutzen und die Risiken der KI besser zu verstehen, werde ich mit Ihnen Präzedenzfälle erkunden. Dazu befassen wir uns mit Spielen, aber auch mit selbstfahrenden Autos. Ebenso bedeutsam – wenn nicht sogar noch wichtiger – ist eine Untersuchung der Haftungsfragen rund um die KI: menschliche Vorurteile oder Neigungen, die mögliche Zementierung oder Verstärkung von Ungleichheiten, die Black-Box-Funktion und Bedenken hinsichtlich Datenschutz und Sicherheit. Die Weitergabe von zig Millionen persönlichen Daten von Facebook an das Unternehmen Cambridge Analytica, das dann eine KI auf Einzelpersonen ansetzte, führt uns deutlich vor Augen, was hier schief laufen kann.

Anschließend können wir uns der neuen Medizin widmen, die sich die KI zunutze macht. Wir untersuchen, wie die Mustererkennung die Arbeit von Radiologen, Pathologen und Dermatologen verändern wird, also der Ärzte mit Mustern. Doch

die KI wird sich auf alle medizinischen Disziplinen auswirken, »Kliniker ohne Muster« und Chirurgen eingeschlossen. Ein Bereich, der besonders von neuen Ansätzen profitieren wird, ist die psychische Gesundheit, denn hier ist die Diskrepanz zwischen der enormen Belastung beispielsweise durch Depressionen und der begrenzten Anzahl von Fachleuten, die bei derartigen Erkrankungen Hilfe leisten oder ihnen vorbeugen können, besonders eklatant. Deshalb dürfte die KI gerade auf diesem Gebiet eine wesentliche Rolle spielen.

Doch die KI und insbesondere das Deep Learning wird nicht nur den Arztberuf verändern. Quasi nebenher wird es auch zu einem Wandel in der biomedizinischen Wissenschaft kommen, zum Beispiel bei der Suche nach neuen Medikamenten. Mit KI können Erkenntnisse aus komplexen Datenmengen gewonnen werden: Millionen vollständiger Genomsequenzen, die Feinheiten des menschlichen Gehirns oder die integrierte Übertragung der Daten von mehreren Biosensoren zur Echtzeitanalyse. Diese Anstrengungen haben zunächst nichts mit der eigentlichen Patientenbetreuung zu tun, aber natürlich wirkt sich die Essenz aus Fortschritten in der Grundlagenforschung und Arzneimittelentwicklung stark auf das Gesamtfeld aus.

KI kann auch andere Lebensbereiche revolutionieren, die einem Klinikbesuch in irgendeiner Weise vorgeschaltet sind. Unsere Ernährung sticht dabei hervor. Zu den unerwarteten und praxistauglichen Errungenschaften des Machine Learnings gehört aktuell die Schaffung einer wissenschaftlichen Basis für individuelle Ernährungsweisen. Das dürfte ein spannendes Thema sein: Wissen, welche Nahrungsmittel im Einzelnen für eine ganz bestimmte Person am besten sind. Wir können bei Gesunden ohne Diabetes vorhersagen, welche Nahrungsmittel zu einem Anstieg des Blutzuckers führen werden. Derartige Fortschritte sind allgemeinen Ernährungsempfehlungen für alle Menschen deutlich überlegen. Denn weder die klassische Ernährungspyramide noch Mode-Diäten wie Atkins oder South Beach fußen auf einer soliden, evidenzbasierten Grundlage. Wir werden uns beim Thema der künftigen intelligenten Ernährung mit faszinierenden Daten und Prognosen befassen. Viele dieser Dinge, die man selbst anpacken kann, werden Teil eines virtuellen medizinischen Trainers oder Beraters sein. Ein solcher Trainer dürfte eher per Sprache gesteuert werden – ähnlich Siri, Alexa und Google Home –, aber vermutlich nicht wie eine Blechdose oder eine Zickzacklinie auf einem Bildschirm aussehen. Ich vermute ja, dass es eine Art virtueller menschlicher Avatar oder ein Hologramm sein wird oder, je nach persönlichen Vorlieben, auch ein Text-Interface oder eine E-Mail-Nachricht. Der virtuelle medizinische Trainer ist die Ausprägung des Deep Learnings für alle Daten einer Person, zentral gesammelt, ständig auf den neusten Stand gebracht, mit allen biomedizinischen Erkenntnissen verknüpft und in der Lage, Rückmeldungen und Empfehlungen zu geben. Derartige Systeme werden zu Beginn auf bestimmte Krankheitsbilder zu-