

Wie KI das Gesundheitswesen menschlicher macht

DEEP MEDICINE

ERIC TOPOL



**Künstliche
Intelligenz
in der Medizin**



Ich glaube nicht, dass Deep Learning alle Probleme der modernen Medizin heilen kann. Die Liste in [Tabelle 1.1](#) enthält aber eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten und Bereichen, in denen ein Nutzen der KI in Aussicht gestellt wurde und noch wird. Im Laufe der Zeit werden wir dank KI-Unterstützung in all diesen Bereichen Fortschritte machen. Aber es ist kein Sprint, sondern ein Marathon ohne feste Ziellinie.

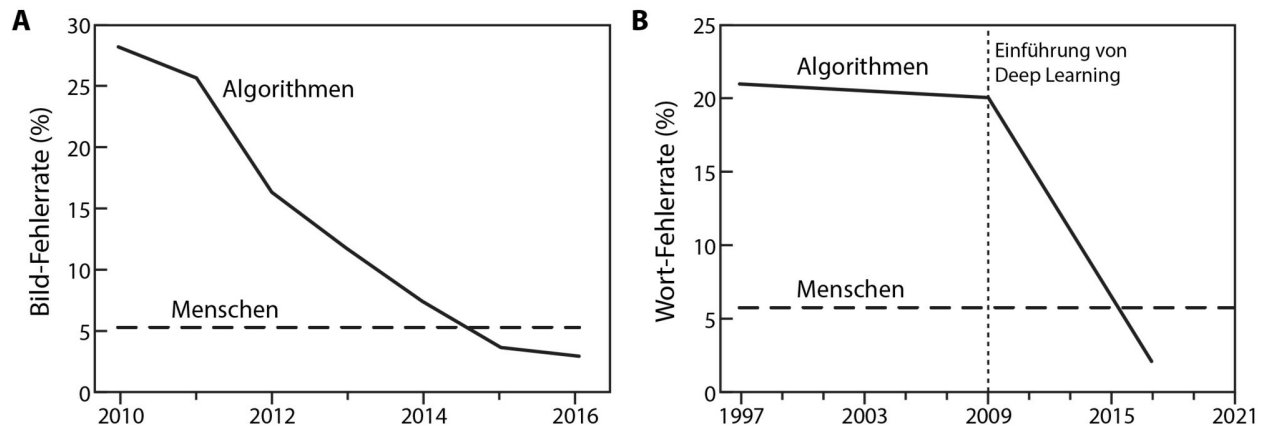


Abb. 1.3: Die zunehmende Genauigkeit der KI bei der Bild- (A) und Sprachinterpretation (B) übertrifft in genau eingegrenzten Bereichen und für von Experten gelabelte Datenmengen die menschliche Leistung. (Quellen: Bild A nach V. Sze et al., »Efficient Processing of Deep Neural Networks: A Tutorial and Survey«, Proceedings of the IEEE (2017): 105(12), 2295–2329. Bild B nach »Performance Trends in AI«, WordPress-Blog (2018): <https://srconstantin.wordpress.com/2017/01/28/performance-trends-in-ai/>.)

Die Beispiele für Deep Learning sind eng begrenzt: Eine Vorhersage zur Depressionserkrankung kann keine hautärztlichen Diagnosen ersetzen. Diese Algorithmen neuronaler Netze sind auf erkennbare Muster angewiesen – hervorragend für bestimmte ärztliche Fachgruppen, die überwiegend mit bildgebenden Verfahren arbeiten, darunter Radiologen und ihre Scans oder Pathologen und ihre Präparate. Diese Gruppen nenne ich »Ärzte mit Mustern«. Praktisch alle Kliniker haben im Alltag bis zu einem gewissen, nicht unerheblichen Maß mit Mustern zu tun, sodass auch sie von KI-Algorithmen profitieren können.

Der Großteil der veröffentlichten Beispiele für Deep Learning bietet anders als prospektive klinische Studien an Menschen nur eine *in silico* (d.h. im Computer ablaufende) Validierung. Diese Unterscheidung ist wichtig, denn die Untersuchung einer vorhandenen Datenmenge unterscheidet sich stark vom Datensammeln in einer echten klinischen Umgebung. Retrospektive *in silico* Ergebnisse stehen oft für das durch die rosarote Brille betrachtete Best-Case-Szenario und lassen sich bei einer vorausschauenden Bewertung nicht vollständig replizieren. Die Daten aus retrospektiven Studien eignen sich am besten zum Aufstellen einer Hypothese. Anschließend kann diese dann prospektiv getestet und gestützt werden, insbesondere bei unabhängiger Wiederholung.

Das Zeitalter der KI ist in der Medizin gerade erst angebrochen. Einige nennen es *Silicon Valley-dation*, da sich die Medizin so lange gegen den Einsatz künstlicher Intelligenz sträubte. Derart abweisende Haltungen sind in der Medizin nicht ungewöhnlich und sind für die Gemächlichkeit, mit der Änderungen ablaufen, verantwortlich. Das sieht man deutlich: Während in vielen Gebieten die auf der KI fußende vierte industrielle Revolution bereits im vollen Gange ist, hinkt die Medizin hinterher und steckt in der Anfangsphase der dritten Revolution fest – also beim verbreiteten Einsatz von Computern und Elektronik (**Abbildung 1.4**). Ein Beispiel: MP3-Dateien lassen sich heute praktisch auf jedem beliebigen Abspielgerät wiedergeben. Doch in der Medizin gibt es noch immer kein weit verbreitetes und anwenderfreundliches Format für elektronische Akten.

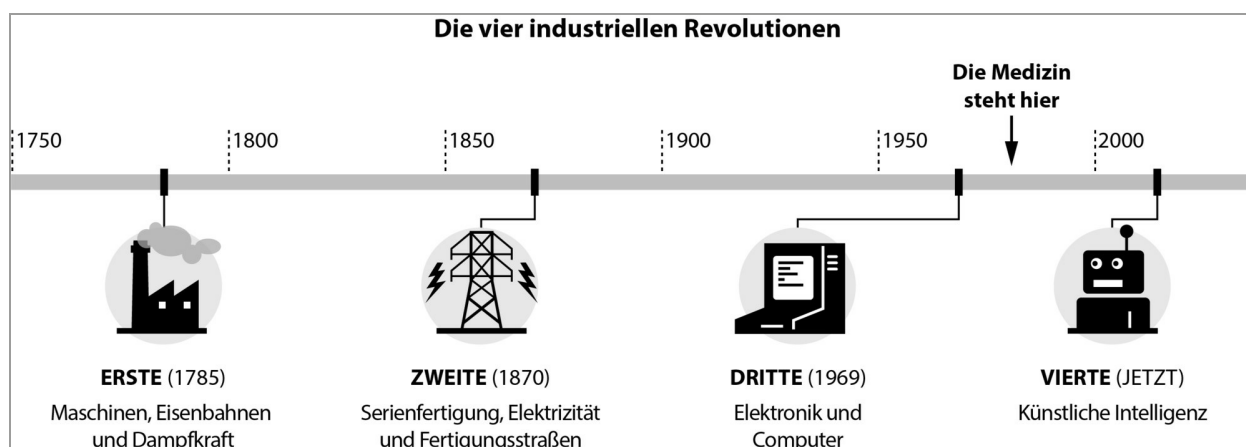


Abb. 1.4: Die vier industriellen Revolutionen. (Quelle: nach A. Murray, »CEOs: The Revolution Is Coming«, Fortune (2016): <http://fortune.com/2016/03/08/davos-new-industrial-revolution>.)

Ich weise hier nicht zum ersten Mal darauf hin, wie schwer sich die Medizin damit tut, neue Technologien zu nutzen. Dies ist bereits mein drittes Buch zur Zukunft der Medizin. In *Creative Destruction of Medicine* habe ich gezeigt, wie wir mithilfe von Sensoren, Sequenzierung, Bildgebung, Telemedizin und vielen anderen technologischen Chancen den Menschen digital erfassen und einen digitalen Wandel in der Medizin auslösen konnten. In *The Patient Will See You Now* habe ich Argumente dafür geliefert, wie die Medizin demokratischer werden kann. Ich habe die 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 Höhenpunkt dieses Prozesses nenne ich *Deep Medicine*.

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

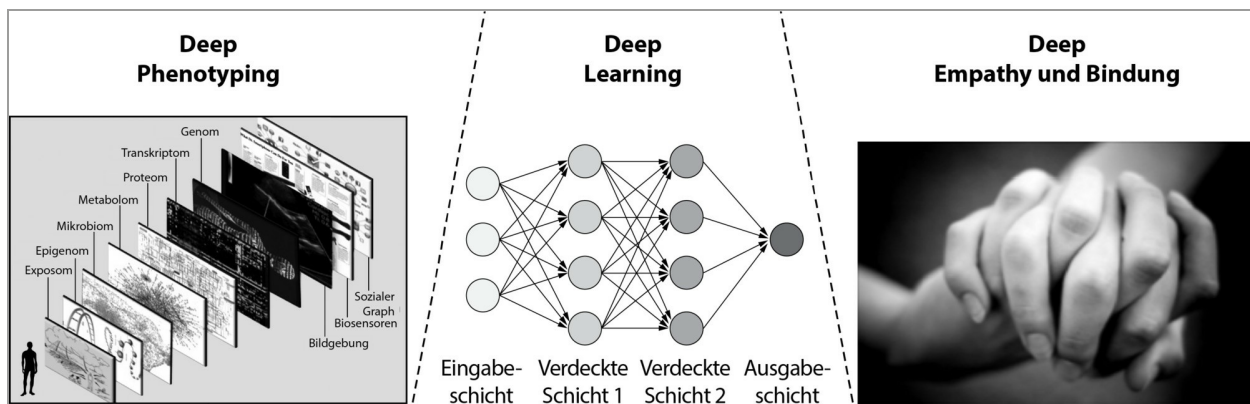


Abb. 1.5: Die drei Hauptkomponenten des Modells der Deep Medicine. (Quelle (linker Teil): nach E. Topol, »Individualized Medicine from Prewomb to Tomb«, *Cell* (2014): 157(1), 241–253.)

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 eindrücklich.

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 maschinellm 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 %

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

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