



Ärztetag 2020

Medizin im digitalen Zeitalter:
Künstliche Intelligenz
und ärztliches Handeln



ERZBISTUM
PADERBORN

Inhalt

Erzbischof Hans-Josef Becker

Medizin im digitalen Zeitalter: Künstliche Intelligenz und
ärztliches Handeln

Eröffnungsworte5

Prof. Dr. med. Joachim L. Schultze

Quo vadis? Grundlagen und Potenziale Künstlicher

Intelligenz in der Medizin11

Prof. Dr. med. Johannes Weßling

Back to the future! Zum Einsatz der Künstlichen Intelligenz

am Beispiel der Radiologie19

Prof. Dr. med. Dr. phil. Thomas Heinemann

Mensch und Maschine – ethische Herausforderungen

der Digitalisierung (in) der Medizin29

Biographische Hinweise zu den Referenten38



Eröffnungsworte

Erzbischof Hans-Josef Becker

Medizin im digitalen Zeitalter: Künstliche Intelligenz und ärztliches Handeln

Sehr geehrte Damen und Herren!

Ich begrüße Sie ganz herzlich und freue mich sehr über Ihr Interesse an der Thematik unseres diesjährigen Ärztetages. Er widmet sich der „Medizin im digitalen Zeitalter“ und beinhaltet sowohl Statements zu den aktuellen Möglichkeiten im Zusammenhang mit dem Einsatz der Künstlichen Intelligenz als auch den sich daraus ergebenden medizinethischen Fragestellungen. Die Durchführung des Ärztetages war ursprünglich als Präsenzveranstaltung im Heinz Nixdorf MuseumsForum hier in Paderborn geplant. Wegen der aktuellen Entwicklung der Coronafallzahlen in Nordrhein-Westfalen steht für uns der gesundheitliche Schutz aller Beteiligten im Vordergrund, so dass wir von der lebendigen Begegnung und Kommunikation auf der Präsenzveranstaltung Abstand nehmen mussten. Um Ihnen dennoch die Inhalte des diesjährigen Ärztetages vermitteln zu können, haben wir uns für die Aufzeichnung der Referate in einem Video-Format entschieden.¹

Ihr Interesse an dieser Kooperationsveranstaltung des Erzbistums Paderborn mit der Akademie für medizinische Fortbildung der Ärztekammer Westfalen-Lippe ist für mich ein besonderer Ausdruck der Wertschätzung, die Sie dem Dialog von Medizin und Kirche entgegenbringen. Dieser Dialog unterstreicht das Bemühen, medizin-ethische Fragestellungen im Horizont des christlichen Menschenbildes zu thematisieren. Wir befinden uns gemeinsam in einem gesellschaftlichen Dialog, der sich – wie in vielen anderen Bereichen des Lebens auch – immer darum bemüht, ethisch tragfähige Positionen zu ermitteln. Für die Kirche ist der Blick in die medizinischen Arbeitsfelder natürlich kein Selbstzweck, sondern grundlegender Bestandteil unserer pastoralen Ausrichtung auf

¹ <https://www.erzbistum-paderborn.de/themen-angebote/videos>

den Menschen hin. In dieser Perspektive beteiligen wir uns an dem Dialog mit den Wissenschaften, um die hier gegebenen Fragestellungen und Probleme im Blick auf den *handelnden* Menschen und im Blick auf den *leidenden* Menschen mit zu erörtern und gemeinsam nach Lösungsmöglichkeiten zu suchen.

Unsere heutige Thematik ist der Medizin im digitalen Zeitalter gewidmet. Ein Themenfeld, das seit Jahren und wie kaum ein anderes mit einer Vielzahl an Perspektiven, Informationen und Meinungen in unser normales Leben hineinragt und es permanent beeinflusst. Eine auch nur oberflächliche Wahrnehmung der damit verbundenen Diskussion wird sich dem Reiz des Neuen kaum entziehen können. Entsprechend stark sind die Formulierungen, mit denen der Schritt ins digitale Zeitalter beschrieben wird. So geht es für viele schlichtweg um „Die Zukunft der Menschheit“ oder sogar um die „Digitale Aufrüstung des Gehirns“, um nur einige solcher Schlagwörter zu benennen. Auch wenn man nicht alle Spezifika dieser Entwicklung wirklich überblickt, wird man doch der grundlegenden Einschätzung ihres ärztlichen Kollegen Prof. Jochen A. Werner zustimmen, dass wir uns „Mitten im größten Wandel“² befinden.

Die Tatsache, dass wir unser Leben in vielen Bereichen durch technische Entwicklungen aller Art ständig beeinflussen, um es zu verbessern, gehört sicher zur naturalen Grundausstattung des Menschen. Schon immer hat der Mensch seine begrenzte Kapazität im Umgang mit den Dingen dieser Welt erkannt und seinen Geist und seinen Erfindungsreichtum eingesetzt, um Vorgänge des Lebens effizienter, sicherer und schneller erledigen zu können. Schon eine Schaufel erhöht die Leistung einer Hand zu graben um ein Vielfaches, Räder und Motoren beschleunigen unsere Fortbewegung und die Übertragung von Daten durch ein unsichtbares Netz erschließt uns die verfügbaren Informationen über diese Welt in Sekundenschnelle.

In der Medizin sind die technischen Fortschritte im Sinne der Optimierung von Diagnose und Therapie erfolgt. Die Erfindung der Anästhesie, die Arbeit mit modernen Röntgengeräten oder die Einführung der Informationstechnologie in das Gesundheitswesen sind Schritte, die die Entwicklung und Leistungsfähigkeit der Medizin in besonderer Weise geprägt haben. Nun stehen wir mit der Digitalisierung in der Medizin in einer weiteren Entwicklung, die längst

schon stattfindet und uns in den bekannten Formen wie der Telemedizin, der digitalen Bildgebung oder der elektronischen Patientenakte begegnet. Auch hier werden die begrenzten Fähigkeiten des Menschen durch ihre technische Unterstützung um ein Vielfaches erweitert. Ich glaube, dass wohl kaum jemand von uns auf die damit verbundenen Ergebnisse verzichten möchte, auch wenn wir dadurch von der technischen Funktionalität mehr und mehr abhängig werden.

Dennoch bleibt jede Technik mit einer gewissen Ambivalenz verbunden. Diese Ambivalenz verstärkt sich natürlich dort, wo wir dieser Technik selbst ein erhöhtes Potential an Entdeckung und Entscheidung zutrauen. Mit der Nachbildung kognitiver Fähigkeiten des Menschen durch Maschinen betreten wir dieses neue Kapitel.

Die dazugehörigen Stichworte wie *Künstliche Intelligenz* oder *Maschinelles Lernen* sind mittlerweile in aller Munde und gehören seit Jahren in vielen Lebens- und Arbeitsbereichen zu den unsichtbaren Helfern. So beflügeln die digitalen Technologien natürlich auch die Entwicklungen im medizinischen Bereich und das mit ihrem Einsatz verbundene Versprechen, medizinische Diagnostik zu optimieren und individuelle Therapieansätze zu ermöglichen.

Um das zu leisten, benötigen unsere digitalen Unterstützer Datenmengen in einer kaum vorstellbaren Größe. Das hat den niederländischen Professor für Technologiebewertung, Rinie van Est, zu der markanten Aussage geführt: „Während das Individuum immer durchsichtiger wird, wird die technische Umgebung immer undurchsichtiger.“³ Ein Phänomen, das uns auf Schritt und Tritt begleitet und das auch in der Medizin und im Umgang mit dem Patienten neue Fragen aufwirft. Denn wir wissen, Computer und Computerprogramme ersetzen keine Zuwendung, sie bleiben aber in den Händen des medizinischen Personals jene unerlässlichen Helfer der guten Gestaltung des Lebens. Sie sind nicht mehr, aber auch nicht weniger als Mittel zum Zweck, um Unsicherheiten in Diagnostik und Therapie nach Möglichkeit zu minimieren.

Die katholische Sozialethik kennt das Personalitätsprinzip, nach dem alles Handeln auf die Würde und Bedürfnisse der Person ausgerichtet bleiben

soll. Für Sie als Ärztinnen und Ärzte drückt sich dieser Grundsatz in dem berühmten Wort des Schweizer Arztes und Naturphilosophen Paracelsus⁴ aus: „Salus aegroti suprema lex“ – das Wohl des Patienten ist höchstes Gut. Die logische Schlussfolgerung einer solchen Prämisse kann daher auch für uns heute nur lauten: Alle eingesetzten Techniken bis hin zu den Möglichkeiten der Künstlichen Intelligenz müssen im Dienst des Menschen stehen.

Vor dem hier nur kurz skizzierten Hintergrund der durch Digitalisierung bedingten Entwicklungen und Herausforderungen in der Medizin wenden wir uns jetzt der konkreten inhaltlichen Ausgestaltung des Themas zu. Dazu begrüße ich die geladenen Experten nun ganz herzlich zu unserer heutigen Veranstaltung:

- Herrn Professor Joachim Schultze aus Bonn,
- Herrn Professor Johannes Weßling aus Münster,
- Herrn Professor Thomas Heinemann aus Vallendar.

Ich freue mich sehr, dass Sie dieser Tagung die inhaltlichen Schwerpunkte geben und möchte Sie zuvor mit einigen wenigen Sätzen kurz vorstellen:

Herr Prof. Dr. Joachim Schultze ist seit 2007 Professor für Genomik und Immunoregulation am Life and Medical Science Institut der Universität Bonn und zugleich Leiter des Deutschen Zentrums für Neurodegenerative Erkrankungen. Zuvor war er bereits Professor für Tumorummunologie am Klinikum der Universität Köln. Nach der ersten beruflichen Station als Arzt in der Abteilung für Hämatologie und Onkologie der Universität Freiburg führte ihn sein Weg von 1993 bis 2002 an das Dana Faber Cancer Institut der Harvard Medical School in Boston, wo er an der Entwicklung neuer Behandlungsmethoden für Krebs arbeitet. Professor Schultze ist für seine Forschung national und international vielfach ausgezeichnet worden. Sein Beitrag für uns heute ist überschrieben: „Quo vadis: Grundlagen und Potenziale Künstlicher Intelligenz in der Medizin“

Als nächstes möchte ich **Herrn Prof. Dr. Johannes Weßling** aus Münster begrüßen. Er ist seit 2010 Professor für Radiologie an der Universität Münster und leitet das Zentrum für Radiologie, Neuroradiologie und Nuklearmedizin am Clemenshos-

pital und der Raphaelsklinik. Vor seiner Habilitation im Fach Radiologie an der Universität Münster im Jahr 2007 war er mit einem Forschungsstipendium der Max Kade Stiftung an der Universität von Kalifornien tätig. Prof. Weßling erhielt 2013 den Friedrich-Wachsmann-Preis der deutschen Gesellschaft für Radiologie. Er ist Mitglied mehrerer nationaler und internationaler Gesellschaften und auch Fachvertreter „Radiologie“ der Ärztekammer Westfalen-Lippe. Sein Beitrag für uns heute lautet: „Back to the future! Zum Einsatz der Künstlichen Intelligenz am Beispiel der Radiologie.“

Unser dritter Referent ist **Herr Prof. Dr. Dr. Thomas Heinemann** von der Philosophisch-Theologischen Hochschule in Vallendar. Hier hat er seit 2011 den Lehrstuhl für Ethik, Theorie und Geschichte der Medizin inne. Prof. Heinemann hatte seine medizinische Laufbahn als wissenschaftlicher Assistent an der Medizinischen Klinik der Universität Bonn begonnen und sich als Arzt auf die Fächer Innere Medizin, Gastroenterologie und Biochemie spezialisiert. Er habilitierte sich 1999 für das Lehrgebiet Innere Medizin und Biomedizinische Ethik und promovierte wenige Jahre später zusätzlich in der Philosophie. Prof. Heinemann ist seit 2007 Vorsitzender der Ethik-Kommission der Cusanus Trägergesellschaft und seit 2009 auch des Ethik-Beirates der Malteser. Von 2012 bis 2016 war er Mitglied des Deutschen Ethikrates. Er hat sein Thema überschrieben: „Mensch und Maschine – ethische Herausforderungen in der Medizin“.

Der Planungsgruppe des Ärztetages danke ich für die diesjährige Themenstellung und freue mich nun mit Ihnen auf die inhaltlichen Ausführungen unserer Referenten. Ich wünsche uns allen interessante Informationen, spannende Fragestellungen und erhellende Einblicke in die digitale Welt der Medizin.



Prof. Dr. Joachim L. Schultze

Quo vadis: Grundlagen und Potentiale Künstlicher Intelligenz in der Medizin

1. EINLEITUNG

Die eine Künstliche Intelligenz (KI) gibt es genau so wenig wie wir bis heute nicht verstehen, was menschliche Intelligenz eigentlich ist. Zurzeit könnte man menschliche Intelligenz vielleicht als die Gesamtheit aller menschlichen kognitiven Fähigkeiten definieren, die zur Lösung eines logischen, sprachlichen, mathematischen oder sinnorientierten Problems beitragen¹. Dabei handelt es sich um ein Netzwerk von Einzelkomponenten, die dynamisch miteinander verknüpfbar sind. Trotz der vor Jahrzehnten gemachten Aussagen einflussreicher KI-Forscher zum Entstehen übermenschlicher KI (auch „Super-KI“ oder technische Singularität genannt) müssen wir heute eine solche Super-KI in den Bereich von Science-Fiction verweisen. Begriffe wie technologische Singularität, Transhumanismus oder Posthumanismus wurde von Computerpionieren² geprägt, die wenig Verständnis von Neurobiologie gehabt haben dürften und deshalb die herausragende Leistungsfähigkeit des menschlichen Gehirns unterschätzten. Rechenmaschinen oder Computer erbringen umfangreiche Rechenleistungen, solange es sich um klar definierte und logische Probleme handelt. Bei sinnorientierten oder gar moralischen Problemen bieten KI und Computer keine Lösungen an.



Alleine wenn man den Energieaufwand betrachtet, so wird schnell klar, wie weit wir von einer Super-KI entfernt sind: Bei den besten und sparsamsten Supercomputern liegt der Stromverbrauch für ein Tera-FLOP Rechenleistung in der Größenordnung von 12 Megawatt. Das Gehirn benötigt hierfür nur

¹ Deary, I. J. *Intelligence. Annu. Rev. Psychol.* 63, 453–482 (2012).

² Kurzweil, R. *Menschheit 2.0: die Singularität naht.* at <<https://www.deutsche-digitale-bibliothek.de/item/CEWTLMPF3X2EDVOTXAZNE2QCOTVQ4RU2>>

10-20 Watt. Dabei werden so unterschiedliche Dinge wie die Beobachtung eines vorbeifahrenden Fahrrads, die Bewegung eines Beines oder der Gedanke an Goethe parallel verarbeitet. Und selbst mit einer solchen Rechenleistung können heutige Supercomputer nur sehr einsilbige Modelle berechnen und die Algorithmen haben kein eigenes Verständnis³, wie und vor allem warum die Welt so funktioniert, wie wir sie vorfinden. Eine technische KI, die die Gesamtheit der menschlichen Intelligenz überflügelt, ist also in weiter Ferne, sie ist zurzeit Fiktion. Deshalb ist es wichtig, KI zu definieren, wenn es um KI in der Medizin geht.

2. DEFINITION VON STARKER UND SCHWACHER KÜNSTLICHER INTELLIGENZ

Bei KI muss grundsätzlich zwischen starker und schwacher KI unterschieden werden. Dies gilt auch für die Medizin. Starke KI wird als der menschlichen KI ebenbürtige KI angesehen, die sich aber zusätzlich durch höhere Geschwindigkeit auszeichnen würde. Eine solche KI wäre autonom und flexibel und somit der menschlichen Intelligenz überlegen. Wie bereits oben ausgeführt besteht eine solche KI zurzeit nicht.

In der Medizin kommt bisher nur die sogenannte schwache KI zum Einsatz⁴. Hierunter versteht man Rechenverfahren (Algorithmen), bei denen Prinzipien der Biologie, insbesondere neuronale Netzwerke, Verwendung finden, um in möglichst großen, komplexen und für das menschliche Gehirn nicht mehr fassbaren Datenmengen Muster zu erkennen. Bei der schwachen KI werden die Rahmenbedingungen vom Menschen vorgegeben, sie ist reaktiv.

Inzwischen sind zahlreiche Anwendungsbeispiele in der Medizin bekannt geworden, unter anderem die Erkennung von Hautkrebs mit Hilfe von KI, die mindestens genauso gute Ergebnisse bei der Diagnose erzielte, wie dies Dermatologen leisten konnten⁵. Überlegungen, die Hautkrebsdiagnostik mit

Hilfe von Applikationen auf Mobiltelefonen weiter zu optimieren, wurden bereits umgesetzt. Ein anderes Beispiel ist die Überwachung von komplexen Bereichen z.B. der Intensivmedizin, um menschliche Fehler bei der Hygiene zu minimieren⁶.

3. KONTINUIERLICHER WEG ZUR KI UNSERER ZEIT

KI ist eine Disziplin, die Ihre Anfänge bereits in den 1950er Jahren hatte. So beschäftigte sich zum Beispiel Rosenblatt mit einem probabilistischen Modell für Informationsspeicherung und Organisation im Gehirn⁷. Wenige Jahre später veröffentlichten Ledley & Lusted ihre Begründungsgrundlagen der medizinischen Diagnose basierend auf symbolischer Logik, Wahrscheinlichkeits- und Wertetheorie⁸. Seit dieser Zeit wurden kontinuierliche Fortschritte über Dekaden gemacht, die zu den heute verfügbaren Algorithmen der schwachen KI geführt haben.

Ein größeres Interesse an KI-Lösungen in der Medizin hat sich innerhalb der letzten Dekade entwickelt und dies ist auf zahlreiche Gründe zurückzuführen. Zum einen hat der Fokus auf schwache KI zu umsetzbaren Projekten geführt. Die Algorithmen im Bereich maschinellen Lernens, KI und insbesondere neuronaler Netzwerke wurden immer besser, die notwendige Computerinfrastruktur entstand, die komplexe Berechnungen mit vielen Datenpunkten erst erlaubte und die Sammlung großer digitaler Datenmengen war auch erst durch entsprechende Datenspeicherung möglich geworden. Speziell für den medizinischen Sektor waren weitere Entwicklungen wichtig, die den vermehrten Einsatz von KI unterstützten. So ist die Wissensexplosion in der Medizin durch den einzelnen Arzt nicht mehr zu bewältigen und so sind Expertensysteme gefragt, die den Arzt bei seinem ärztlichen Handeln unterstützen, nicht nur um bessere Diagnosen zu stellen und optimierte Therapien anbieten zu können, sondern auch weil das Haftungsrisiko bei falschen Diagnosen oder Therapien aufgrund unterlassener Nutzung bestehenden Wissens immer größer wird. KI-basierte Algorithmen können hier unterstützend wirken.

3 Schrittwieser, J. et al. *Mastering Atari, Go, chess and shogi by planning with a learned model.* *Nature* 588, 604–609 (2020).

4 Frankish, K. & Ramsey, W. M. *The Cambridge Handbook of Artificial Intelligence.* 368 (Cambridge University Press, 2014).

5 Esteva, A. et al. *Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks.* *Nature* 542, 115–118 (2017).

6 Haque, A. et al. *Towards Vision-Based Smart Hospitals: A System for Tracking and Monitoring Hand Hygiene Compliance.* *PMLR* (2017).

7 Rosenblatt, F. *The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage And Organization in the Brain.* *Psychol. Rev.* 65, 386–408 (1958).

8 Ledley, R. S. & Lusted, L. B. *Reasoning foundations of medical diagnosis; symbolic logic, probability, and value theory aid our understanding of how physicians reason.* *Science* 130, 9–21 (1959)

In Umfragen (z.B. BearingPoint Umfrage) waren 2017 lediglich 12% der Bevölkerung für den Einsatz von KI zur Diagnose, während fast zwei Drittel dagegen waren. Dies änderte sich jedoch sobald man nach dem Einsatz von KI zur Diagnose durch einen Arzt fragte. Dies befürworteten fast zwei Drittel der Befragten. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine Umfrage der Bitkom im gleichen Jahr. KI-Lösungen werden also auch in der Bevölkerung im richtigen Setting nicht grundsätzlich abgelehnt.

4. ANWENDUNGSMÖGLICHKEITEN, MÖGLICHE GEFAHREN UND DEREN VERMEIDUNG

Den Anwendungsmöglichkeiten von KI in der Medizin scheinen keine Grenzen gesetzt zu sein. Ein wichtiger Bereich ist die Prozess-Optimierung in komplexen medizinischen Einrichtungen, der Einsatz von KI bei der Diagnose von Krankheiten, die Überprüfung von bereits zugelassenen Medikamenten für andere medizinisch Indikationen, die Nutzung von KI bei der Entwicklung neuer Moleküle als potentielle zukünftige Medikamente, der Einsatz bei der Beschreibung der Zellen als fundamentale Einheiten des Lebens und die Nutzung zum besseren Verständnis der molekularen Mechanismen krankheitsauslösender Prozesse.

Beim Einsatz von KI in der Medizin müssen unbedingt auch ethische Belange Berücksichtigung finden⁹. Es gilt insbesondere Verzerrungen durch die Auswahl und Gewichtung der Parameter zu vermeiden, Vorurteile und Diskriminierung müssen bei der Entwicklung von KI Algorithmen unterbunden werden. Es muss sichergestellt werden, dass die Daten, die zum Trainieren der KI-Algorithmen genutzt werden, nicht durch bestimmte Faktoren verzerrt werden, zum Beispiel durch ungleiche Verteilung des sozioökonomischen Status, oder auch der biologisch definierten Konstitution einzelner Personen. Darüber hinaus darf KI nur unter der Intention zum Einsatz kommen, die medizinische Versorgung zu verbessern. Allein die Verbesserung von Qualitätsparametern ist kein ausreichender Grund für den Einsatz von KI. Auch eine ausreichende Testung neuer Algorithmen ist von größter Bedeutung, da ansonsten die Gefahr besteht, dass KI die anfänglich angenommene Performanz im klinischen

Alltag später nicht erreichen kann. Darüber hinaus ist sicher zu stellen, dass KI-Lösungen nicht zum Ersatz des kollektiven Gedächtnisses gemacht werden dürfen. Diese Aufgabe muss uns selbst weiterhin obliegen.

Wie für Datenspeicherung, -verarbeitung und -anwendung allgemein gültig, so unterliegen auch KI-Anwendungen dem Datenschutz, der Vertraulichkeit, der Geheimhaltung und der behandelnde Arzt muss die Treuhänderschaft für die genutzten medizinischen Daten weiterhin tragen. Eine solche Regelung würde auch das Ablegen des Hippokratischen Eids durch einen KI-Algorithmus kategorisch ausschließen.

Bei der Entwicklung und Anwendung von KI-Lösungen werden einige Bereiche häufig nicht ausreichend berücksichtigt¹⁰. Jede KI-Lösung ist in erster Linie auch von der Qualität der vorhandenen Daten abhängig. Viele klinische Daten besitzen aber nicht die notwendige Qualität. Hier sind Unterschiede zwischen verschiedenen Regionen weltweit häufig sehr groß. KI-Lösungen müssen auch immer wieder an neue Gegebenheiten angepasst werden. So könnte ein sehr guter KI-Algorithmus zur Diagnose oder Prognose einer Erkrankung durch die Einführung einer neuen Therapie seine Gültigkeit verlieren, da sich die Parameter durch die neue Therapie verändern. Genau wie der behandelnde Arzt die veränderte Diagnostik durch die neue Therapie erlernen muss, müsste die KI-Lösung auf die veränderte Situation trainiert werden. Bei dem explosionsartigen Informationsgewinn in der Medizin könnten solche Adaptionen sehr häufig notwendig werden.

In diesem Zusammenhang ist es also wichtig, dass KI-Lösungen in der Medizin daran gemessen werden, wie gut sie Ereignisse in der Zukunft vorhersagen können, auch wenn sie auf alten Daten trainiert wurden. Schon jetzt ist klar, dass klassische klinische Daten alleine für KI nicht ausreichen werden, sondern wir müssen zusätzliche Informationsquellen heranziehen, von molekularen Parametern bis zu kontinuierlichen Daten, die z.B. durch sogenannte Wearables und andere einfache Sensoren zur Verfügung gestellt werden. Es wird deshalb von großer Bedeutung sein, die wesentlichen Fragen zu priorisieren, bei denen die Medizin vom Einsatz von KI wirklich profitieren wird.

5. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ UND DIE PANDEMIE

KI in der Medizin hat durch die Pandemie nochmals einen enormen Schub bekommen. Insbesondere China hat ein ganzes Programm zum Einsatz von KI zur Pandemieabwehr aufgelegt¹¹, bei dem es darum geht besser zu definieren, welche wissenschaftlichen Errungenschaften für die Abwehr von besonderer Bedeutung sind, infizierte Personen besser identifizieren und verfolgen zu können, oder Risikogruppen schneller zu identifizieren und zu schützen – alles unter dem übergeordneten Ziel, schnellstmöglich einen normalen Alltag wieder herzustellen. Bereits während der ersten Welle wurden KI-Lösungen zur Analyse der Röntgenbilder und CT-Bilder eingesetzt. Dies hat dazu beigetragen, dass überlastetes medizinisches Personal dennoch Patienten identifizieren konnte, bei denen COVID-19 am wahrscheinlichsten war. Diese Patienten konnten dann zügig weiteren Untersuchungen und Tests zugeführt werden.

Die Europäische Union hat die Entwicklung von KI-Lösungen während der Pandemie aufmerksam beobachtet¹². Seitens der EU wird davon ausgegangen, dass KI insbesondere bei der Suche nach Medikamenten eine wichtige Rolle spielen wird, die treibende Kraft für den Wissensaustausch werden wird, bei der Beobachtung und der Vorhersage der Entwicklung der Pandemie eingesetzt werden wird, das Gesundheitspersonals unterstützen wird, und ein Instrument zur Kontrolle der Bevölkerung sein kann. Die EU plant eine weitere Bewertung des Einsatzes von KI nach überstandener Pandemie.

6. SWARM LEARNING, EIN EUROPÄISCHER WEG DER KÜNSTLICHEN INTELLIGENZ

Medizin ist inhärent dezentral, im Prinzip ist jeder Patient eine eigene große Datenquelle. Medizinische Traditionen, insbesondere das Patienten-Arzt-Privileg verhindern es, Daten mit anderen zu teilen. Dieses wichtige Prinzip wird in Europa durch die strengsten Datenschutzprinzipien weltweit geschützt. Gleichzeitig baut die Medizin traditionell auf dem Lernen voneinander auf, der unerfahrene Arzt lernt vom erfahreneren Kollegen. Heutige Entwicklungen in den Datenwissenschaften und der Informationsgesellschaft laufen diesen medizinischen Traditionen diametral entgegen. Hier sollen Daten offen, immer

verfügbar und von allen geteilt und nutzbar sein. Entsprechende KI-Anbieter sind deshalb nicht ganz unerwartet die großen IT-Riesen (in den USA Google, Amazon, Facebook, Apple und in China Alibaba, Baidu, Tencent). In der Tat sind die Entwicklung und Anwendung von KI-Lösungen inzwischen auf wenige große Datenmonopolisten in der Welt konzentriert.

Aus europäischer Sicht erscheint es deshalb von besonderer Bedeutung, nach alternativen Wegen zum Einsatz von KI zu suchen, um den Anschluss im Wettrennen um die besten Ansätze der KI nicht zu verlieren. Ein alternativer Ansatz, der insbesondere für den medizinischen Bereich von Bedeutung werden könnte, ist das sogenannte Swarm Learning¹³. Beim Swarm Learning kommen neue Technologien zum Einsatz, die die Bildung von Netzwerken (Schwarm) gleichberechtigter Partner unter völligem Verzicht auf zentrale Instanzen (Staat oder KI-Unternehmen) ermöglicht. Beim Swarm Learning werden KI-Lösungen in demokratischer Weise gemeinsam entwickelt, angewandt und weiterentwickelt. Hier können europäische Ideen und Wertekataloge, sowie das gleichberechtigte Miteinander von Partnern bei der Entwicklung von KI-Lösungen umgesetzt werden. Diese neue Art der Anwendung von KI haben das DZNE und Hewlett Packard Enterprise (HPE) bereits erfolgreich im medizinischen Sektor anwenden können¹⁴. Swarm Learning könnte ein wichtiges Element bei der Entwicklung von KI-Lösungen darstellen, die unseren europäischen Grundwerten entsprechen.

KI-Lösungen werden die Medizin der Zukunft stark beeinflussen. Die enormen Investitionen in den USA und China in diesem Bereich erlauben es uns nicht mehr, uns einfach dieser Entwicklung zu entziehen. Vielmehr wird es zwingend notwendig sein, eigene Lösungen zu entwickeln, die auf unserem europäischen Wertekanon aufbauen. Da diese europäischen Lösungen auch mit den weltweit gültigen medizinischen Traditionen viel besser im Einklang stehen, hat Europa hier zurzeit eine einmalige Chance. Wir haben uns zumindest schon dem Swarm Learning verschrieben.



Prof. Dr. Johannes Weßling

Back to the future! Zum Einsatz der Künstlichen Intelligenz am Beispiel der Radiologie

1. DER TRAUM VON INTELLIGENTEN MASCHINEN

Der Traum von intelligenten Maschinen, die sich autonom bewegen und den Menschen simulieren können, übt seit Menschengedenken eine Faszination aus. Bereits vor 2000 Jahren schrieb Heron von Alexandria¹ in seinem Buch der Maschinen (Automata) von selbstständig öffnenden Tempeltüren und Leonardo da Vinci konstruierte im Mittelalter Roboter mit Arm- und Kopfbewegungen. Der fortwährende Erfinderdrang hat unseren Lebensalltag seither in vielen Bereichen – von der Spülmaschine bis zum Industrieroboter – automatisiert. Gleichwohl fokussierten diese Entwicklungen zumeist darauf, menschliche Handlungen zu automatisieren. Für die Simulation menschlicher Denkvorgänge fehlte es nicht an Visionen und Ideen, wohl aber an Möglichkeiten, diese zu realisieren.



Mit der „Künstlichen Intelligenz“ versuchen wir, die rationale bzw. kognitive Intelligenz auf Maschinen zu simulieren. Ihren Ursprung kann man sehr exakt auf das Jahr 1956 am Dartmouth College in New Hampshire, USA rückverfolgen. John McCarthy berief die erste Konferenz zum Thema „Lernen, Zufall, Fehleranfälligkeit, Regelwerke und technische Umsetzung“² ein. Der Begriff der Künstlichen Intelligenz (früher Kybernetik) wurde geboren und setzt seit den 90-er Jahren immer wieder neue Schlagzeilen. 1997 gewinnt „deep blue“ gegen den damaligen Schachweltmeister Kasparov, 2005 fährt erstmals ein

¹ Vgl. https://de.wikipedia.org/wiki/Heron_von_Alexandria.

² McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31. 1955. *AI Magazine*, 27(4), 12. <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>.

autonomes Fahrzeug 200 km durch die Wüste, 2011 gewinnt der IBM Watson über einen Menschen in der Quiz-Show Jeopardy, 2011 halten mit Siri und Alexa sprachgesteuerte Assistenzsysteme Einzug, 2016 gewinnt Googles AlphaGo gegen den weltbesten Go-Spieler.

Vielmehr als von ihren singulären Fähigkeiten sind wir davon beeindruckt, dass KI-Systeme eben nicht nur von Menschenhand Einprogrammiertes wiedergeben, sondern selbstständig dazulernen und verbessern können und sie darüber hinaus neues Wissen generieren können. Mit ihrem kommerziellen Durchbruch in 2010 dringen KI-Systeme immer weiter in unser Leben vor. Gar mancher geht davon aus, dass die KI uns im Intellekt ein- und überholen wird. An diesem Punkt der sog. Singularität – so Annahme und Befürchtung zugleich – könne sich die KI ohne unser Zutun weiterentwickeln und verselbstständigen. Das Thema KI ist somit inhärent auch von der Angst des Menschen getragen, überflüssig werden zu können.

Die Entwicklungen der KI sind zweifelsohne rasant und verheißungsvoll. Allzu oft werden KI-Systeme und ihre Ergebnisse aber unzureichend kritisch reflektiert und ihre Fähigkeiten tendenziell überschätzt. Bei den meisten Anwendungen von KI, so auch in der Medizin, handelt es sich um schwache KI, d.h. Künstliche Intelligenz mit dem Anspruch der Simulation von Intelligenz für einfache „single task“ Aufgaben. Auch wenn wir Superintelligenz vermuten, ist – um Vergleichbarkeit herzustellen – der IQ der meisten heutigen KI-Systeme in etwa mit dem eines 6-9-jährigen Kind zu vergleichen. Unzweifelhaft wird die KI im Lauf der Zeit intelligenter werden. Ob sich dieser Prozess linear oder in exponentieller Weise vollziehen wird, ist derzeit nicht abzusehen.

Hiervon abzugrenzen ist die starke KI. Derartige Konstrukte wären in der Lage, einen Willen oder Emotionen sowie Intuition auszuprägen. Sie besäßen ein Bewusstsein – oder auf der letzten humanen Intelligenzstufe – sogar ein eigenes Selbstbewusstsein. Derartige Systeme sind nicht konstruierbar, aber zweifelsohne geeignet für Sciencefiction Romane.

2. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ – LERNEN IM MATHEMATISCHEN RAUM

Für die Medizin ist ein Teilbereich der KI, das maschinelle Lernen, von besonderer Bedeutung. Insbesondere das erst vor einigen Jahren eingeführte „Deep Learning“, das auf komplexen (tiefen) künstlichen neuronalen Netzen beruht. Diese Computer-Algorithmen sind von der neurobiologischen Funktionsweise und Vernetzung echter Nervenzellen im Gehirn inspiriert. Viele KI-Anwendungen in der Medizin und insbesondere in der bildbasierten Diagnostik basieren auf einem speziellen Typ von Netzalgorithmen, die als „Convolutional Neural Networks (CNN)“ bekannt sind.

In der Medizin lernen diese Systeme auf unterschiedliche Art und Weise: Beim überwachten Lernen (supervised learning) werden die Systeme auf klassische Erkennung bekannter und für richtig erachtete Muster trainiert. Derart geschult, können sie beispielsweise verdächtige Lungenkrebsherde in einem Thorax erkennen.

Beim nicht überwachten Lernen (unsupervised learning) werden keine strengen Muster vorgegeben, sondern man versetzt das System in die Lage, neue Zusammenhänge z. B. in Bilddaten herauszufinden. Beim „reinforcement learning“ bekommen die Systeme wiederum ein Feedback, d. h. sie können aus ihren Fehlern lernen und sich hierdurch stetig verbessern. Auf diese sehr biologische Art und Weise wurde beispielsweise AlphaGo trainiert, in dem es immer wieder das Brettspiel Go gegen sich selbst bzw. die zuletzt gewonnene Partie gespielt hat.

Allen Lernformen gemeinsam ist, dass KI-Systeme immer auf Daten lernen. Dies bedeutet aber auch, dass Fehler in den Datensätzen mitgelernt werden und die Systeme nicht vorurteilsfrei sind. Immer haben die Ergebnisse einen statistischen Charakter, über deren Grenzen der Zuverlässigkeit die KI selbst keine Auskunft erteilen kann. Ein erkannter Zusammenhang kann Anlass zur weiteren Forschung geben, niemals aber per se als kausaler Zusammenhang fehlgedeutet werden.

Zudem lassen sich spezifische KI-Anwendungen nicht einfach unbesehen auf andere Orte und Zusammenhänge übertragen. Ein in Deutschland entwickelter Bilderkennungs-Algorithmus muss in Spanien noch nicht so gut funktionieren. Länderspezifische Unterschiede in den Patientengruppen oder Untersuchungsprotokollen können die neuronalen Netze bereits empfindlich irritieren, ohne dass sie uns mitteilen, wie sie ihre Entscheidungen im Einzelnen treffen. Die Ergebnisse der KI dürfen somit niemals als Wahrheit angesehen und unkritisch in den klinischen Alltag implementiert werden. KI muss sich vielmehr von der heutigen „black-box“ zu einer transparenteren „open box“ entwickeln. Idealerweise lassen die Algorithmen als sog. „explainable artificial intelligence“ nachvollziehen, welche Bildstrukturen für das Ergebnis maßgeblich waren.

KI-Systeme durchlaufen vor Zulassung und Einsatz in der Medizin einen mehrstufigen Prozess, in dem die Modelle an großen Trainingsdatensätzen trainiert, an weiteren Testdatensätzen weiter optimiert und zuletzt validiert werden müssen. Dies ist auch für selbstlernende Systeme ein grundsätzliches Erfordernis.

KI bewegt sich im mathematischen Raum. In einem mathematischen Raum können die auf Statistik und formaler Logik basierenden KI-Systeme aber nicht alle Aspekte der (physikalischen) Realität modulieren. Die Grenzen der Mathematik und der logischen Erkenntnistheorie sind damit auch die Grenzen jeder formalen KI. Dem sog. Gödel-Theorem und den Gesetzen der logischen Erkenntnistheorie folgend, können KI Systeme nicht korrekt und vollständig zur gleichen Zeit sein. Ist das System korrekt, kann es nicht vollständig sein und vice versa. Insofern dürfen KI-Systeme nicht als Perfektionsmaschinen überschätzt bzw. die kritische Distanz in der Bewertung der Ergebnisse unterschritten werden.

Mehrstufige Adjustierungsprozesse sind für jede einzelne Fähigkeit (single-task) eines KI-Systems – z. B. erkennen von Lungenrundherden – erforderlich. KI-Systeme, die voll automatisiert Thorax- und Abdomendatensätze nach diversen Pathologien (multi-tasks) durchsuchen, sind in dieser Form nicht existent. In der gegenwärtigen Medizin sind Ärzte gleichwohl mit ca. 55.000

verschiedenen Diagnosen konfrontiert. Eingedenk ihrer Spiel- und Unterarten sowie Variationsbreite ist ein flächendeckender und zeitnaher Einsatz von KI-Systemen deshalb nicht realistisch.

3. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ – ANWENDUNGEN IN DER RADIOLOGIE

Aus Sicht der Radiologie folgt auf der das Fach begründenden physikalischen Revolution (Entdeckung der Röntgenstrahlung) und der nachfolgenden chemischen Revolution (molekulare, funktionelle Bildgebung) mit der KI nun die mathematische Revolution. „*Radiology serves as the canary in the coal mine*“ beschreibt so treffend der Internist Robert M. Wachter in seinem Buch „*The Digital Doctor: Hope, Hype and Harm at the Dawn of Medicine’s Computer Age*“.

Tatsächlich nimmt die Radiologie als digitales Fach in der Medizin und mit Blick auf die KI eine Vorreiterrolle ein. Blickt man auf die in 2020 von der FDA (Food and Drug Administration, USA) zugelassenen Medizinprodukte im Bereich der Künstlichen Intelligenz, so lassen sich zwar die meisten Innovationen der Radiologie zuordnen³. Ein substanzieller Anteil verteilt sich allerdings gleichmäßig auch auf andere Fachbereiche wie Kardiologie, Onkologie, Neurologie etc. So darf vorweggenommen werden, dass die Entwicklungen der KI wohl sämtliche Bereiche der Medizin durchdringen werden.

Bereits heute haben KI-Produkte auf Ebene der radiologischen Bilderzeugung in der Computertomographie Anwendung gefunden. Sog. „Filtersysteme“ verbessern die Bildqualität oder erlauben eine weitere Reduzierung der Strahlenexposition. In der Magnetresonanztomographie werden durch KI-Systeme die Sequenzparameter auf den individuellen Patienten optimiert und die Untersuchungszeiten weiter reduziert. Auf Ebene der der radiologischen Bild Diagnostik unterstützen KI-Systeme bei der automatischen Vermessung von Tumorbefunden, z.B. bei Lebermetastasen und ihrer Verlaufskontrolle unter Therapie, der systematischen Volumetrie von Hirnarealen in der Demenzdiagnostik, in der Schlaganfalldiagnostik bei der Quantifizierung betroffener Hirnareale und – mit aktuellem Bezug – in der systematischen Analyse von COVID Manifestationen im Lungen-CT. Die KI-Systeme fungieren hier zumeist

als Unterstützersysteme, Radiologen bleiben im „driver seat“ und überprüfen die Ergebnisse der eingesetzten KI. Die Unterstützung durch KI betrifft in der nahen Perspektive insbesondere einfache, redundante wie ermüdende und fehleranfällige Tätigkeiten und könnte helfen, Konzentrationsverluste zu reduzieren und die radiologische Kompetenz auf Charakterisierung, Differentialdiagnose und Patientenmanagement zu fokussieren.

In China trifft wiederum eine Flut von radiologischen Bildern auf eingeschränkte radiologische Personalressourcen und verhindert die gebotene zeitnahe Befundung. In diesen Szenarien kann der Einsatz von KI-Systemen als „Vorfilter“ und zur Priorisierung sinnvoll sein. Auf konventionellen Röntgenaufnahmen werden auffällige Areale (Frakturen, Pneumothorax, Infiltrate etc.) farbmarkiert und so gezielt der Blick der Radiologen auf relevante Befunde mit Dringlichkeit zur Befundung gelenkt.

Dilemmata anderer Art sehen wir in Ländern an, wo es nicht darum geht, Gesundheitssysteme zu entlasten – sondern die Versorgung überhaupt erst sicherzustellen. In Subsahara-Afrika teilen sich bis zu 1,6 Millionen Menschen den Zugang zu einem CT-Gerät, gegenüber 25 Tsd. in den Wohlstandsländern. So werden beispielsweise KI-basierte Programme für die Früherkennung von Tuberkulose in zahlreichen Gesundheitsprojekten etwa in Sierra Leone, Nigeria, Malawi, Pakistan und Bangladesch eingesetzt⁴. Der Algorithmus erkennt anhand eines einfachen Röntgenbilds der Lunge, ob eine Person infiziert ist und einer weiteren Diagnostik bedarf oder nicht. Das spart oft Ressourcen und erlaubt eine rasche Therapie. Überall dort, wo es an ärztlicher Kompetenz mangelt, kann es also strategisch sinnvoll sein, mit Künstlicher Intelligenz klinisches Denken zu imitieren und ärztliche Entscheidungswege nachzubauen. „*Alles, was ein Arzt mit einem Blick vernünftig beurteilen kann, lässt sich heute ebenso mit KI diagnostizieren*“⁵ fasste der Autor Martin Lindner in einem Artikel der Neuen Zürcher Zeitung am 31. Juli 2019 den Entwicklungsstand der KI treffend zusammen.

Vielmehr von Interesse wird es aber sein, die KI dort einzusetzen, wo der vernünftige Blick des Arztes zur Diagnosestellung und Therapieentscheidung

allein nicht mehr ausreicht. Im Themenfeld „Radiomics“ widmet sich die Radiologie gezielt der Information im Bild, die durch das menschliche Auge nicht offensichtlich erfasst werden kann. Bildpunkte beispielsweise innerhalb eines Tumors werden mit komplexen statistischen Analyseverfahren auf Beziehungen untereinander untersucht und relevante Zusammenhänge quantifiziert und visualisiert. Auf diese Weise lassen sich ohne Biopsie (virtuelle Biopsie) beispielsweise erste Hinweise auf eine heterogene Zusammensetzung von Tumoren (sog. subklonale Heterogenität) gewinnen. Radiogenomics wiederum korreliert diese Bildinformationen mit molekulargenetischen Befunden. KI wird hier hilfreich sein, dem Radiologen diese komplexen Datenanalysen aus dem unsichtbaren „Tumorinneren“ zur Verfügung zu stellen.

Es sind diese „unsichtbaren“ und komplexen Informationen, die zunehmend den Weg in die personalisierte Patientenversorgung ebnen. So verbergen sich unter der Tumorentität „Lungenkrebs“ bereits heute mehr als hundert verschiedene Unterformen mit unterschiedlichen pathologischen Mechanismen und unterschiedlichen therapeutischen Konsequenzen.

Die erforderlichen Informationen wie Bildgebung, Biopsie, Liquid Biopsie, Molekulargenetik etc. speisen sich aus verschiedenen Fachbereichen und müssen sinnvoll zusammengeführt und auswertbar aufbereitet werden. Die Komplexitätszunahme bringt die behandelnden Ärztinnen und Ärzte dabei an ihre Leistungsgrenzen. Einer immer weiter individualisierten, personalisierten und maßgeschneiderten Medizin („*orphanization of medicine*“) steht der Versuch gegenüber, die Komplexitätszunahme über evidenzbasierte Leitlinien standardisieren und kategorisieren zu wollen. Ständig wachsendes Wissen auf der einen und leitlinienkonforme Vereinfachung von Entscheidungsprozessen auf der anderen Seite. Diese offensichtliche Diskrepanz könnte die KI durch entsprechende Datenanalysen überbrücken und so verantwortliches Handeln dort ermöglichen, wo bisherige Leitlinien relativiert werden müssen. Hoch individualisierte Patientendaten im kleinen Maßstab vor Ort bedürfen in diesem Sinne des Datenabgleiches mit weltweiten Datenbanken im großen Maßstab, um ausreichend vergleichbare Fälle für sichere Entscheidungen heranziehen zu können. In diesen Szenarien darf die KI als Hilfsmittel betrachtet werden oder – aus der Perspektive einer interdisziplinären Fallkonferenz – als

4 Vgl. <https://thirona.eu>

5 <https://www.nzz.ch/wissenschaft/ki-in-der-medizin-hilfe-bei-einfachen-und-repetitiven-aufgaben-ld.1497525>.

Mitglied im Team, das seine IT-kodierte Wissenswelt und statistischen Korrelationsergebnisse mit an den Tisch bringt.

4. KÜNSTLICHE INTELLIGENZ – KONVERGIERENDE DATEN(T)RÄUME

Deep learning und Datamining – so lässt sich heute absehen – werden die Medizin in ihrer Gesamtheit revolutionieren. Ihr Zusammenwirken sollte gerade dort eine integrative Wirkung entfalten, wo immer die Trennung medizinischer Datenräume derzeit ein sinnvolles Zusammenführen medizinischer Informationen behindert. Mit der KI verbindet sich daher auch die Hoffnung auf eine Konvergenz von Datenräumen und Disziplinen.

Konvergierende Datenräume in virtuellen Formaten (Cloudlösungen) sind unweigerlich ein Appell an den sicheren Umgang mit den Gesundheitsdaten. Ohne Zweifel gilt es, den Zugriff durch nicht legitimierte Dritte zu verhindern. Googles Projekt „Nightingale“⁶ mit Zugang zu Gesundheitsdaten von Millionen Amerikanern gibt berechtigten Anlass zur Sorge. Ebenso wie Angebote von Drittanbietern, die Patienten bereits heute rein KI basierte Zweitmeinungen offerieren und damit direkt in das Vertrauensverhältnis zwischen Arzt und Patient eingreifen. Mit den großen Tech-Unternehmen trifft digitale Kompetenz und Knowhow auf einen digital unterentwickelten Gesundheitssektor. Umso mehr gilt es deshalb, den ethischen, rechtlichen und politischen Rahmen im Umgang mit KI und Gesundheitsdaten festzulegen.



Prof. Dr. Dr. Thomas Heinemann Mensch und Maschine – ethische Herausforderungen der Digitalisierung (in) der Medizin

1. EINFÜHRUNG UND PROBLEMSTAND

Das Erheben, Sammeln und Archivieren von Daten ist kein neues Phänomen. Staaten müssen Daten über ihre Bürgerinnen und Bürger erheben und zur Verfügung haben, um eine öffentliche Verwaltung zu realisieren. Versicherungsgesellschaften benötigen Daten über ihre Kundschaft, um Risikoberechnungen durchführen zu können. Und Suchmaschinen im Internet sowie sogenannte soziale Medien sammeln Daten, um Informationen zur Verfügung zu stellen, aber auch um persönliche Profile ihrer Kundinnen und Kunden zu erstellen, Werbung zielgenau platzieren und Kaufverhalten beeinflussen zu können.



Relativ neu ist das Sammeln und Speichern von Daten in Form von Binary Digits (Bits). Komplexe und ganz unterschiedliche Daten werden mit Hilfe eines binären Codes, mit den Ziffern 0 und 1, verschlüsselt und auf Speichermedien archiviert. In dieser Form sind die Daten schnell abrufbar, unmittelbar verfügbar, lassen sich rasch und unkompliziert anordnen und sind in dieser Form miteinander vergleichbar.

Solche Prozesse werden von Maschinen, von Computern, durchgeführt. Die rasche Entwicklung in der Informationstechnologie (IT) erlaubt, sehr große Mengen verschiedenster Daten zu speichern und mit hoher Geschwindigkeit zu analysieren. Diese technischen Möglichkeiten, die bei Weitem die Fähigkeiten des menschlichen Gehirns übersteigen, werden unter dem Begriff der Digitalisierung behandelt. Die Speicherung und Analyse sehr umfangreicher

Datenmengen mit hoher Geschwindigkeit werden als Big Data bezeichnet. Überdies können Computer Daten mittels Algorithmen prozessieren und analysieren, die ihrerseits so programmiert sind, dass sie sich selbst durch permanentes automatisiertes, kontextualisiertes „Lernen“ verbessern. Diese Fähigkeit wird Artifizielle Intelligenz (AI) oder Künstliche Intelligenz (KI) genannt.

Es liegt auf der Hand, dass auch die Medizin von einer Digitalisierung von Daten und insbesondere von Big Data und Künstlicher Intelligenz in erheblichem Maße profitieren kann. Ein wichtiges Beispiel hierfür ist die Onkologie: Im Bereich der Behandlung von Tumoren kann durch die Möglichkeit der Verarbeitung großer Datenmengen mittlerweile eine passgenaue und individualisierte Therapie für eine Patientin / einen Patienten ermöglicht werden, wodurch unerwünschte Nebenwirkungen reduziert und Therapieerfolge optimiert werden können. Hierfür sind Daten notwendig, die von der individuellen Patientin / dem individuellen Patienten für ihre/seine Therapie erhoben werden müssen, aber ebenfalls Daten, die von möglichst vielen Patientinnen und Patienten etwa mit offenkundig „gleicher“ Diagnose erforderlich sind, um ihre Daten zu vergleichen, Zusammenhänge zu analysieren, Unterschiede herauszufinden und mögliche Kausalitäten aufzudecken. Solche Daten betreffen z. B. das Genom, das Transkriptom, das Proteom von Tumorzellen, aber auch die Lebensweise der Patientin / des Patienten, Behandlungsarten usw. Es geht also um ganz unterschiedliche Datensätze, die miteinander in Relation gebracht werden können.

Dieser Fortschritt in der Diagnostik und Therapie kann allerdings auch mit einer Kehrseite verbunden sein: Im Zusammenhang mit Big Data und insbesondere mit KI ist davon auszugehen, dass das betroffene Individuum selbst nicht mehr nachvollziehen kann, welche Daten von ihm erhoben, in welcher Weise analysiert und mit welchen Ergebnissen und Sekundärdaten diese prozessiert werden. Die Frage, wie ihre/seine Diagnosen und Prognosen eigentlich zustande kommen, wie sich Therapievorschlüsse begründen und wer oder was die Therapie aufgrund welcher Kriterien anleitet und die Prognose erstellt, wird für die Patientin / den Patienten undurchsichtig. Der Computer weiß mehr über die Patientin / den Patienten als sie/er selbst. Und mit dem gleichen Problem könnte zudem die behandelnde Ärztin / der behandelnde

Arzt konfrontiert sein, wenn Big Data und KI tatsächlich zu einer stark individualisierten Medizin führen, die im Hinblick auf Diagnose und Therapie durchaus wünschenswert wäre. Die individuelle Patientin / der individuelle Patient kann zudem auch kaum mehr nachverfolgen, wo ihre/seine Daten gespeichert werden und wem diese zugänglich sind. Und überdies muss sie/er sich auf eine geeignete Sicherung ihrer/seiner Daten vor unbefugtem Zugriff verlassen können.

Die Digitalisierung in der Medizin birgt aber eine weitere problematische Dimension: Was sich als Digitalisierung (in) der Medizin darstellt, ist in erster Linie ein dem digitalen Paradigma angelehntes Verständnis der individuellen Patientin / des individuellen Patienten. Die erhobenen Daten sollen der Ärztin / dem Arzt ein Bild geben von der Patientin / dem Patienten, von ihrer/seiner Konstitution, von möglichen Abweichungen von einem bzw. ihrem/seinem Normalzustand.

Aber haben wir von uns selbst die Vorstellung und das Bild einer digitalen Datenwolke? Begreifen wir uns selbst als ein Set digitaler Bits, als Nullen und Einsen, oder nicht eher als analoge, kontinuierliche und diachron identische Lebewesen? Ein untergründiges Unbehagen richtet sich auf die Möglichkeit, dass die Medizin durch eine konsequente Digitalisierung ihrer Arbeitsweisen ein Menschenbild entwickeln könnte, das unserem bisherigen anthropologischen Selbstverständnis nicht entspricht und einer Patientin / einem Patienten, die/der umfassende medizinische – d. h. ärztliche und pflegerische – Hilfe sucht, nicht Genüge tut. Die Medizin könnte durch ein digitalisiertes Verständnis von Krankheit eben konsequent die Krankheit selbst, verstanden als eine Normabweichung, in den Fokus nehmen und die Patientin / den Patienten als eine Person, die an einer Krankheit leidet, vernachlässigen. Die in diesem Zusammenhang aufgeworfenen Fragen betreffen das Selbstverständnis und das praktische Handeln in der Medizin – und sind somit ethische Fragen.

Nachfolgend sollen ethische Grundlagen der Medizin skizziert werden (2.). Auf dieser Grundlage folgt eine Behandlung besonders ethisch relevanter Herausforderungen, die mit einer konsequenten Einfügung der Digitalisierung in die Medizin verbunden sind (3.). Abschließend wird ein kurzes Fazit gezogen (4.).

2. MEDIZINETHISCHE GRUNDLAGEN

Jede ärztliche und pflegerische Handlung an einer Patientin / einem Patienten bedarf einer Legitimation. Besteht diese nicht, handelt es sich um eine Körperverletzung, die entsprechend geahndet werden kann. Jeder ärztliche Eingriff begründet ein Arzt-Patient-Verhältnis. Dieses bezeichnet das besondere Vertrauens- und Pflichtenverhältnis, das zwischen einer Ärztin / einem Arzt und einer Patientin / einem Patienten besteht. Es stellt einen – auch rechtlich – geschützten Raum dar, in welchem in gegenseitigem Vertrauen unter anderem höchst private Informationen ausgetauscht werden und die ärztliche Beratung und Behandlung stattfindet. Das Verhältnis zwischen Ärztin/Arzt und Patientin/Patient ist insbesondere durch drei Kriterien charakterisiert, welche die Voraussetzung für die Legitimität ärztlichen Handelns darstellen:

- (1)** Die medizinische Handlung muss notwendig sein, d. h.: Die durchzuführende Handlung muss erforderlich und auch geeignet sein. Daher ist sie in der Regel eine etablierte Praxis, um einen Behandlungserfolg herbeizuführen.
- (2)** Die medizinische Handlung muss dem Nutzen der/des betroffenen und zu behandelnden individuellen Patientin/Patienten dienen. Erst wenn beide Kriterien erfüllt sind, liegt eine medizinische Indikation für diese Handlung vor.
- (3)** Die Patientin / der Patient muss in die medizinische Handlung eingewilligt haben. Einwilligen kann eine Patientin / ein Patient allerdings nur, wenn sie/er vorher umfassend über die Ziele der Handlung, die durchzuführenden Maßnahmen und die damit verbundenen Risiken und Nebenwirkungen aufgeklärt wurde. Eine Einwilligung auf dieser Basis wird als informierte Einwilligung (englisch: informed consent) bezeichnet.

Diese drei Kriterien korrespondieren mit vier Prinzipien, die in den 1980er-Jahren von den US-amerikanischen Bioethikern Tom Beauchamp und James Childress zu einer umfassenden Theorie ausgearbeitet worden sind. Diese Prinzipien haben eine breite Akzeptanz und Verbreitung als wichtiger Orientierungsrahmen für ärztliches und pflegerisches Handeln gefunden. Sie lauten wie folgt:

(1) Das Prinzip der Selbstbestimmung bzw. des Respekts vor der Selbstbestimmung der Patientin / des Patienten: Es richtet sich gegen eine Bevormundung durch die Behandelnde / den Behandelnden und zielt auf die Ermöglichung einer informierten und freien Entscheidung der Patientin / des Patienten in der Behandlungssituation ab.

(2) Das Prinzip des Wohltuns bzw. der Fürsorge benennt die ärztliche Verpflichtung, Krankheiten zu vermeiden, zu heilen und das Leid der Patientin / des Patienten zu lindern (Prävention, Diagnostik, Therapie und Palliation).

(3) Das Prinzip des Nichtschadens fordert die Verhältnismäßigkeit der mit dem Eingriff verbundenen Belastungen, Risiken und Nebenwirkungen und verlangt damit hohe qualitative Standards und deren individuelle Anpassung an die jeweilige Situation der Patientin / des Patienten.

(4) Das Prinzip der Gerechtigkeit fokussiert die Gleichbehandlung der Patientinnen und Patienten sowie den gerechten Zugang zur Gesundheitsversorgung.

Festzuhalten ist, dass gegenwärtig in der Medizinethik und auch im Medizinrecht das Prinzip der Selbstbestimmung eine sehr starke Betonung erfährt.

3. ETHISCHE HERAUSFORDERUNGEN DURCH EINE DIGITALISIERUNG (IN) DER MEDIZIN

Vor dem Hintergrund der vier dargelegten Prinzipien der biomedizinischen Ethik zeichnen sich im Hinblick auf die Digitalisierung (in) der Medizin u. a. folgende Problemfelder ab:

(1) Prinzip der Selbstbestimmung

Eine Einwilligung der Patientin / des Patienten auf Datenerhebung erscheint wenig sinnvoll, da es zweifelhaft ist, dass der Patientin / dem Patienten der Umfang und die Bedeutung der zu bestimmenden einzelnen Parameter hinreichend vermittelt werden können. Es bleibt auch fraglich, ob die behandelnde Ärztin / der behandelnde Arzt im Einzelfall selbst noch weiß, der Patientin /

dem Patienten erklären und selektiv anordnen kann, welche Daten genau von der Patientin / dem Patienten erhoben werden. Ohnehin würde der Grundsatz der Beschränkung von Untersuchungen auf das notwendige Minimum den Möglichkeiten und Zielsetzungen von Big Data entgegenstehen.

Auch eine spezifische Zweckbindung der Einwilligung bezüglich der Prozessierung der Daten ist kaum zielführend, weil zum Zeitpunkt der Materialgewinnung oft noch nicht feststeht, welche Daten schlussendlich benötigt, bestimmt und in welcher Weise prozessiert werden. Zudem sind bei der Erfassung der Daten zukünftige Anwendungen oft nicht vorhersehbar. Patientinnen und Patienten müssten daher z. B. Generaleinwilligungen (sog. waiver) geben, was ihre informelle Selbstbestimmung eher auf einen formalen Akt reduzieren würde, oder gegebenenfalls für jeden in Zukunft aus ihren Materialien zu bestimmenden Parameter erneut befragt werden und ihre Einwilligung erteilen, was aus praktischen Gründen als kaum durchführbar erscheint.

Die Logik von Big Data macht es notwendig, Daten auch zu fremdnützigen Forschungszwecken zu verwenden und gegebenenfalls in weitere Labore weiterzureichen. Eine solche Erwartung an die Patientin / den Patienten würde jedoch den Rahmen des Arzt-Patient-Verhältnisses übersteigen. Insbesondere wäre es problematisch, wenn das diesbezügliche Einverständnis der Patientin / des Patienten zur Voraussetzung für die Durchführung einer Diagnostik und Therapie gemacht würde. Das Angebot einer nur anonymisierten Datenweitergabe in den Forschungsbereich würde zum einen den Bedarfen der Forschung nicht entgegenkommen. Zum anderen aber ist eine durchgreifende Anonymisierung von Patientinnen- und Patientendaten als Voraussetzung für die Weitergabe von Daten vor dem Hintergrund von Big Data und KI und den damit verbundenen Möglichkeiten einer Re-Identifizierung nicht mehr zu garantieren.

Die Logik von Big Data und KI steht daher mit der Logik des Prinzips der Selbstbestimmung, speziell der informationellen Selbstbestimmung, sowie mit dem normativen Rahmen des Arzt-Patient-Verhältnisses nicht ohne Weiteres in Einklang. Überdies kann die Digitalisierung in der Medizin einer gelingenden Kommunikation mit der Patientin / dem Patienten auf unterschiedlichen Ebenen entgegenstehen und zudem zu einer Depersonalisierung der Informationsvermittlung führen, was mit dem Konzept einer informierten Einwilligung nur schwer zu vereinbaren ist.

(2) Prinzip des Wohltuns bzw. der Fürsorge

Die Logik von Big Data erlaubt im Prinzip nicht mehr, die Daten einer individuellen Patientin / eines individuellen Patienten exklusiv für diese/diesen zu verwenden. Für eine optimale, d. h. verantwortbare Behandlung ist zunehmend eine individuelle Stratifizierung der Patientin / des Patienten notwendig, die ihrerseits einer Forschung bedarf, in welche Patientendaten eingehen müssen. Damit stellt sich die Frage, ob die grundsätzliche Trennung von Patientinnen- und Patientenbehandlung und Forschung an Probanden weiterhin aufrechterhalten ist. Die Behandlung von Patientinnen und Patienten wäre demnach immer auch mit einem Fremdnutzen verbunden, was dem Prinzip der Fürsorge zunächst entgegensteht.

Im Hinblick auf das Arzt-Patient-Verhältnis kann eine Digitalisierung (in) der Medizin, etwa in Form der Telemedizin, eine Aufsplitterung des Behandlungsverhältnisses auf mehrere Ärztinnen und Ärzte und zudem auch auf Forschende fördern. Dies ist zwar keine gänzlich neue Entwicklung, jedoch könnte eine solche Entwicklung durch eine Digitalisierung intensiviert werden und wesentliche Pflichten der Ärztin / des Arztes, wie z. B. die Behandlungsverantwortung und die ärztliche Schweigepflicht, relativieren. Zudem wäre mit der Einbindung mehrerer Ärztinnen und Ärzte in das Behandlungsverhältnis eine systematische Weitergabe von Daten verbunden.

(3) Prinzip des Nichtschadens

Ein wesentliches Kriterium des Nichtschadens ist im Hinblick auf die Digitalisierung ein hinreichender Datenschutz, der geeignet ist, die Privatheit einer Patientin / eines Patienten sicherzustellen. Die Logik von Big Data scheint einem Datenschutz entgegenzustehen, da – wie oben dargelegt – eher eine unbeschränkte Erlaubnis für die Verwendung von individuellen Daten selbst für unbestimmte Zwecke vonnöten ist. Ferner hat das Individuum in der Regel weder Kontrolle über den Verbleib seiner Daten, wie etwa ihre Speicherung in anderen Ländern und damit anderen Rechtsräumen, noch über die hieraus gewonnenen Sekundärdaten, noch über eine verlässliche Löschung seiner Daten, selbst wenn diese zugesagt worden ist. Zudem steigt mit Big Data und KI die Wahrscheinlichkeit einer Re-Identifizierung des Individuums

anhand seiner anonymisierten Daten. Diesbezüglich müssen Instrumente entwickelt werden, welche die Privatheit des Individuums sicherstellen, ohne eine Digitalisierung im Prinzip zu verhindern.

Schaden kann in diesem Bereich vor allem durch mangelhafte Datenqualität und die darauf beruhenden Fehlinterpretationen und Fehlbehandlungen entstehen. Insofern müssen Datenquellen und Datenprozesse standardisiert und vor Einbezug in Behandlungsszenarien einer Kontrolle unterzogen werden. Dies betrifft insbesondere auch die Möglichkeit, dass unterschiedlichste Daten miteinander korreliert werden und aus statistischen Signifikanzen fälschlich auf Kausalitäten geschlossen wird. Das kann zu problematischen Behandlungskonzepten führen.

(4) Prinzip der Gerechtigkeit

Mit Blick auf das Gerechtigkeitsprinzip sind bezüglich Big Data im Gesundheitsbereich vor allem vier Problemfelder relevant:

- (a)** Es muss ein gleicher und gerechter Zugang zu behandlungsrelevanten Datensammlungen im Forschungsbereich sichergestellt werden.
- (b)** Der Etablierung monopolartiger Strukturen in Bezug auf Datensammlungen und der medizinischen Datenprozessierung muss entgegengewirkt werden.
- (c)** Die Einbeziehung von Gesundheits-Apps und verschiedenen der privaten Selbstvermessung dienenden Geräten in die Tarifgestaltung von Krankenversicherungen, die gerade bei solcherart identifizierten Nichtrisikogruppen zu einer Entsolidarisierung gegenüber dem Modell einer Solidargemeinschaft in der gesetzlichen Krankenversicherung führen kann, muss transparent reguliert werden.
- (d)** Die Gerechtigkeit im Hinblick auf die Befähigung für einen verantwortlichen Umgang mit gesundheitsbezogenen Daten und ihr Verständnis, etwa in Form von gesundheitsfördernden Hinweisen oder Hilfsangeboten und einer diesbezüglichen Gesundheitskompetenz der Patientinnen und Patienten, muss gewährleistet sein.

4. FAZIT

Die obige Analyse erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie lässt aber bereits erkennen, dass wesentliche Elemente der gegenwärtigen Medizinethik durch eine Digitalisierung herausgefordert werden, da sich die Medizin durch eine konsequente und durchgreifende Digitalisierung in ihrem Anspruch, ihrer Methodik und ihrer Zielsetzung sehr erheblich verändern würde. Damit ist kein Votum gegen eine Digitalisierung (in) der Medizin verbunden, die für die moderne Medizin ohne Zweifel erforderlich ist. Jedoch ist die Notwendigkeit aufgezeigt, dass die Digitalisierung (in) der Medizin frühzeitig einer hinreichenden normativen Einhegung bedarf, damit die Medizin auch in Zukunft ihrem Selbstverständnis sowie der Autonomie und selbstbestimmten Entscheidung von Patientinnen und Patienten gerecht werden kann.

Die Referenten:

ERZBISCHOF HANS-JOSEF BECKER

geboren 1948 in Belecke/Möhne; Studium der Pädagogik, Erste und Zweite Staatsprüfung für das Lehramt an der Grund- und Hauptschule; Studium der Philosophie und Theologie in Paderborn und München; Priesterweihe 1977. Nach Tätigkeit in der Gemeindeseelsorge 1995 Leiter der Zentralabteilung Pastorales Personal im Erzbischöflichen Generalvikariat Paderborn; 2000 Bischofsweihe zum Weihbischof in Paderborn. Am 31.07.2002 Wahl zum Diözesanadministrator und am 3. Juli 2003 Ernennung zum Erzbischof von Paderborn. Erzbischof Becker ist Vorsitzender der Kommission VII (Erziehung und Schule) der Deutschen Bischofskonferenz.

JOACHIM L. SCHULTZE, PROF. DR. MED.

geboren 1965 in Heidenheim an der Brenz; Studium der Medizin an der Universität Tübingen, Promotion und Approbation 1991. Nach Weiterbildung an der Uniklinik Freiburg 1993 als Instructor in Medicine beim Dana-Farber Cancer Institute der Harvard Medical School in Boston. Seit 2002 Professor für Tumormimmunologie an der Universität Köln; seit 2007 Inhaber der Professur für Genomics and Immunoregulation am LIMES-Institut der Universität Bonn und Direktor des Forschungsbereichs Systemmedizin am Deutschen Zentrum für Neurodegenerative Erkrankungen. Mitglied zahlreicher nationaler und internationaler Fachgesellschaften, u. a. der Deutschen Gesellschaft für Hämatologie und Onkologie und der American Society of Immunology.

THOMAS HEINEMANN, PROF. DR. MED. DR. PHIL.

geboren 1958 in Bonn; Studium der Humanmedizin und der Philosophie an der Universität Bonn. Promotion 1986 in Medizin und 2005 in Philosophie. Approbation als Arzt für Innere Medizin 1991, für Gastroenterologie 1998 und 2001 für Biochemie. Mehrjährige Forschungsaufenthalte an der Rockefeller University in New York und am Kekulé-Institut für Organische Chemie der Universität Bonn. 1999 Habilitation für das Lehrgebiet Innere Medizin. 2006 Apl. Professor an der Medizinischen Fakultät der Universität Bonn für Innere Medizin und Biomedizinische Ethik. Zugleich bis 2010 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wissenschaft und Ethik. 2011 Berufung auf den Lehrstuhl für Ethik, Theorie und Geschichte der Medizin an der Phil.-Theol. Hochschule Vallendar. Mitglied nationaler Fachgesellschaften und von 2012 bis 2016 Mitglied im Deutschen Ethikrat.

JOHANNES WESSLING, PROF. DR. MED.

geboren 1971 in Münster (Westf.); Studium der Humanmedizin an der Universität Münster. 1999 Promotion und bis 2004 Assistenzarzt in der Abteilung für Klinische Radiologie; 2005 Forschungsstipendium der Max-Kade-Stiftung an der Universität von Kalifornien und 2007 Habilitation für das Fach Radiologie. 2010 Ernennung zum Professor für Radiologie an der Universität Münster und seit 2018 Leitung des Zentrums für Radiologie, Neuroradiologie und Nuklearmedizin am Clemenshospital und an der Raphaelsklinik Münster. Mitglied nationaler und internationaler Gesellschaften und Fachvertreter „Radiologie“ der Ärztekammer Westfalen-Lippe. 2013 Auszeichnung mit dem Felix-Wachsmann-Preis der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG); 2016-2018 Präsident des Radiologiekongresses Ruhr.



IMPRESSUM

HERAUSGEGEBEN VON
Erzbistum Paderborn
Körperschaft des öffentlichen Rechts
vertreten durch den
Generalvikar Alfons Hardt

Erzbischöfliches Generalvikariat
Bereich Pastorale Dienste
Domplatz 3 | 33098 Paderborn

REDAKTION
Dr. Werner Sosna

FOTOS
shutterstock.com