

BRENDAN-SCHMITTMANN-STIFTUNG

(Herausgeber)

Gesa Kröger, M.A. Soziologie, MPH

Künstliche Intelligenz:

In welche Richtung geht die Digitalisierung im Gesundheitswesen?

Autorin:

Gesa Kröger,
Wissenschaftliche Mitarbeiterin im NAV-Virchow-Bund,
Verband der niedergelassenen Ärzte Deutschlands e.V.
Korrespondenzadresse: Chausseestr. 119 b,
10115 Berlin
E-Mail: gesa.kroeger@nav-virchowbund.de

Künstliche Intelligenz:

In welche Richtung geht die Digitalisierung im Gesundheitswesen?

Im Auftrag des NAV-Virchow-Bundes hat die Brendan-Schmittmann-Stiftung im Kontext der gegenwärtigen Diskussion um die Digitalisierung im Gesundheitswesen, die Einflüsse und die technischen Hintergründe der künstlichen Intelligenz (KI) näher dargestellt. Dabei werden zunächst Begrifflichkeiten, wie z. B. die KI und maschinelles Lernen definiert, um sie anschließend mit ihren Hauptanwendungsbereichen im Gesundheitssektor in Bezug setzen zu können. Ebenfalls werden die Bedeutsamkeit von eHealth und Big Data für die KI, deren Historie sowie ein Übergang zum künstlichen Leben erörtert. Neben den Vor- und Nachteilen der KI im Gesundheitswesen werden zudem treibende und bremsende Faktoren beleuchtet. Schlussendlich führt die Zusammenstellung der dargestellten Abschnitte in die Diskussion um die Frage, was bei der Ärzteschaft, den Patienten sowie bei der Arzt-Patienten-Beziehung durch die KI an Bedeutung verliert und was Bestand hat.

Mit Hilfe der Digitalisierung wird eine evidenzbasierte inter- und multiprofessionelle Behandlung unterstützt. Darüber hinaus ermöglicht sie ein lernendes Gesundheitssystem zu entwickeln [1]. Im Rahmen der Digitalisierung im Gesundheitswesen sollen mittels zunehmender Nutzung digitaler Geräte und einer auf der künstlichen Intelligenz-basierenden Datennutzung, medizinische Möglichkeiten ausgebaut und besser zugänglich gemacht werden. Zudem wird eine administrative und routinemäßige Entlastung der Leistungserbringer angestrebt, um so letzten Endes auch die medizinische Versorgung in ländlichen Regionen optimieren zu können. Im Verlauf dieses Artikels wird der Schwerpunkt auf die künstliche Intelligenz gelegt, da diese Ausgangspunkt für eine funktionierende Digitalisierung darstellt.

1. Künstliche Intelligenz: Definition

Die erfolgte Übersetzung der künstlichen Intelligenz, auch artificial intelligence (AI)¹ genannt, bewirkt oftmals auch falsche Gedankenverknüpfungen. So bedeutet *artificial* nicht einfach ‚künstlich‘, sondern vielmehr ‚unecht‘ und ‚erkünstelt‘. *Intelligence* hingegen umfasst nicht unbedingt nur ‚Intelligenz‘, sondern vielmehr auch ‚Information‘ und ‚Nachricht‘ [2]. Assoziiert wird die AI mit den Begriffen Bewusstsein, Selbsterkenntnis bzw. Eigenwahrnehmung, Empfindungsvermögen und Weisheit, wobei jedoch noch unklar ist, wie diese Termini zusammengehören und was für Voraussetzungen für die einzelnen Aspekte bestehen [3]. Einige der AI-Methoden in der geläufigen Informatik sind sprachverarbeitende Systeme, Roboter, Experten- und intelligente tutorielle Systeme. Der Grenzverlauf zwischen AI und herkömmlicher Informatik ist dabei mehr oder weniger fließend [2].

„Die **künstliche Intelligenz** (KI) faßt bisher dem Menschen vorbehaltene Fähigkeiten als Informationsverarbeitende Prozesse auf. Sie versucht, die Prozesse mit Computern zu simulieren und sie einer systematischen, ingenieurmäßigen Betrachtungsweise zugänglich zu machen“ [4]. „Ein System heißt [dabei] intelligent, wenn es selbstständig und effizient Probleme lösen kann. Der Grad der Intelligenz hängt vom Grad der Selbstständigkeit, dem Grad der Komplexität des Problems und dem Grad der Effizienz des Problemlösungsverfahrens ab“ [5: 3].

Die Mustererkennung sowie das Erkennen von Mustern in der Mustererkennung stellen die Basis der AI dar. Diese Basis wird permanent durch neue Daten und Netzwerkmechanismen, wie sie in der Neurologie (Neuronale Netze) zu finden sind, vorangetrieben und daher fortwährend optimiert.

¹ Im Folgenden werden Artificial Intelligence (AI) und Künstliche Intelligenz (KI) synonym verwendet.

Letzten Endes werden damit die Vorhersagen in spezifischen, den Daten entsprechenden Themen ermöglicht [6].

Das **Maschinelle Lernen**² (ML) beschreibt Regeln und erkennt Muster in großen Datenmengen, „[...] um auf der Basis künftige Daten zu prognostizieren“ [8]. ML bildet einen Teilbereich der AI ab. Unterteilt wird die AI in eine starke oder schwache Version. Nach der *Physical Symbol System Hypothesis* von Allen Newell und Herbert Simon ist Denken eine Informationsverarbeitung, die wiederum als Rechenvorgang zu verstehen ist. Die weitere Auffassung, dass Intelligenz dabei von der Trägersubstanz, dem Gehirn, unabhängig ist („intelligence is mind implemented by any patternable kind of matter“), teilen die Vertreter der **starken AI** (z. B. Roboterspezialist H. Moravec *1948) [2]. Das Ziel der **starken AI** ist es, intelligente, menschliche Prozesse zu erschaffen. Es wird hierbei eine Intelligenz erschaffen, die, wie der Mensch nicht nur kreativ nachdenken kann, sondern darüber hinaus auch Probleme lösen kann. Des Weiteren zeichnet sich diese Intelligenzform durch ein gewisses Maß an Bewusstsein bzw. Selbstbewusstsein und Emotionen aus. Nach wie vor lässt die starke Intelligenz bzw. die vorherrschende philosophische Fragestellung eine entsprechende Umsetzung visionär erscheinen. Anders verhält es sich mit der **schwachen AI**, bei der in den vergangenen Jahren erhebliche Erfolge erzielt werden konnten [9, 10]. Diese basiert nicht auf den Intelligenzkonzepten, künstlich das Bewusstsein etc. zu rekonstruieren. Vielmehr werden Systeme der Neurophysiologie des menschlichen und tierischen Gehirns bzw. die neuronalen Netze nachgebaut. In diesem Kontext hat sich als wissenschaftliche Disziplin die Neuroinformatik entwickelt. Mathematik und Informatik werden dabei für die Simulation intelligenten Verhaltens eingesetzt. Insbesondere umfasst die schwache AI Gebiete, wie Experten- und Navigationssysteme, Sprach- und Zeichenerkennung sowie Korrekturvorschläge bei Suchvorgängen. Die *schwache AI* beschäftigt sich also überwiegend mit spezifischen Anwendungsproblemen und nicht mit der Intelligenzschaffung, wie es bei der *starken AI* der Fall ist [3, 10].

Nicht ganz unproblematisch bei der AI ist der Aspekt der **Inferenz**, bei der die Schwierigkeit primär darin besteht, aus existierendem, neues Wissen zu generieren. Darüber hinaus stellt auch die **formale Wissensrepräsentation** eine weitere Komplikation dar, damit sie „[...] von einem Interferenzmechanismus zur Lösung von Problemen verwendet werden kann“ [2]. Die Art der Erfassung des zur Problemlösung erforderlichen Wissens ist sehr komplex, meistens schwierig und erfolgt daher zunächst über menschliche Wissensexperten. Sofern dieses Vorgehen nicht ausreicht, werden Wissensingenieure herangezogen, die das nach der Expertenbefragung gewonnene Wissen in entsprechende Formalismen umsetzen. Darüber hinaus gewinnen bei der **Wissensakquisition** zusehends mehr automatisierende Methoden an Bedeutsamkeit, während dabei insgesamt das technische Wissen meistens einfacher umzusetzen ist, als das umfangreiche, oft unstrukturierte und unspezifische Allgemeinwissen [2, 11].

1.1 AI -Hauptanwendungen im Gesundheitswesen

AI umfasst im Gesundheitswesen insbesondere klinische³ Entscheidungshilfen/-unterstützung, Apps (weltweit gibt es bislang über 318.000 Health Apps [13]), Patientenüberwachung und -coaching,

² „Maschinelles Lernen, E machine learning, [ist] eine zentrale Forschungsrichtung in der künstlichen Intelligenz mit dem Ziel, die Prinzipien des Wissenserwerbs zu untersuchen und Modelle adaptiver, lernfähiger Systeme zu entwickeln. Computersysteme sollen durch eine solche Anpassungsfähigkeit benutzerfreundlicher, effizienter und/oder effektiver gemacht werden. Künstliche neuronale Netze sind eine Art maschinellen Lernens.“ [7].

³ Eine besondere Herausforderung für AI stellt dabei z. B. bereits im Klinikgeschehen der exakte Einsatz entsprechender Maschinen dar [12].

automatische Geräte und Roboter⁴ zur OP-Assistenz oder bei der Patientenumsonde, Management des Gesundheitssystems sowie Ableitungen von Gesundheitsproblemen durch Gesundheitsdaten [14]. Insbesondere auch im Bereich der Bioinformatik, -elektronik, -physik, der Proteinstrukturanalyse, des ‚molecular modeling‘, der Roboterstationen zum Massen-Screening biologisch aktiver Substanzen, sowie bei den Chemie-Synthese-Robotern weisen die AI-Methoden eine zunehmend wichtigere Bedeutung auf [2]. AI ermöglicht u. a. mittels diverser Patientenakten, sehr präzise und personalisierte Diagnosen und Behandlungen. Auf der Basis von Kohorten-Analysen werden darüber hinaus auch patientengruppenspezifische Behandlungsentscheidungen getroffen. Die automatisierte Entdeckung von Genotyp-Phänotyp-Verbindungen wird ebenfalls möglich, wenn die vollständige, einmalige Genomsequenzierung zur Routine für jeden Patienten wird [14].

1.2 Bedeutung von eHealth und Big Data für AI

Im Rahmen der Digitalisierung, der damit verbundenen AI sowie dem darin enthaltenen maschinellen Lernen, sind eHealth und Big Data ebenfalls zentrale Aspekte.

eHealth wird seit 1999 als Überbegriff für IKT-Anwendungen (IKT = Informations- und Kommunikationstechnologien) im Gesundheitswesen verwendet und ist in umfassenden Versorgungskonzepten, wie z. B. Anwendungen der Telemedizin zu finden. Bedeutsam sind elektronisch verarbeitete Informationen, die über sichere Datenverbindungen ausgetauscht werden, die z. B. bei Behandlungs- und Betreuungsprozessen von Patientinnen und Patienten dienlich sein können. Mit eHealth wird der gesamte Einsatz elektronischer Geräte bei der medizinischen Versorgung und den gesundheitsnahen Dienstleistungen bezeichnet. Im Fokus steht eine gesundheitsbezogene Verbesserung der medizinischen und sozialen Versorgung von Patienten, infolgedessen eine Vernetzung zwischen Menschen, IT-Systemen, Organisationen und Sensoren / Antriebselementen sowie der dafür benötigten Kommunikation erfolgt. Mobile Nutzungen von Anwendungen erweitern das Spektrum bekannter eHealth-Anwendungen. Sofern in der eHealth mobile Endgeräte bzw. Geräte zur Unterstützung medizinischer Kontexte und (öffentlicher) Gesundheitsvorsorge bei den lokalisierten Anwendungsbereichen behilflich sind, werden sie meistens der sogenannten mHealth zugeordnet. Speziell Aspekte wie Kosten, Bedienbarkeit der technischen Komponenten von eHealth-Lösungen sind hinsichtlich Datenschutz und -sicherheit immer wieder anfallende Probleme. Nur fundierte Aufgaben bzw. Organisationskonzepte durch eHealth-Mitwirkende und die Konzentration auf Kernaufgaben können hier eine Qualitätsweiterentwicklung ermöglichen [15, 16, 17].

Das Erkennen von relevanten Zusammenhängen großer Datenmengen bzw. die Bestimmung der sich ergebenden, aussagekräftigen Rückschlüsse ist die Hauptaufgabe von **Big Data**. Die zur Verfügung stehenden Werkzeuge zur Informationsermittlung spielen dabei eine entscheidendere Rolle, als die großen Datenmengen selber. Es geht insbesondere um den praktischen Nutzen, der aus dem Prozedere zu ziehen ist. Im Rahmen der AI werden Computer mit diversen Algorithmen gespeist, die für das Leitthema von Bedeutung sind. Die Algorithmen verknüpfen im Gesundheitssektor dabei das Wissen von Ärzten und ermöglichen letztendlich auch eine Vernetzung zwischen unterschiedlichsten Disziplinen, wie bspw. Computerexperten, Statistikern und medizinischen Fachrichtungen [12].

⁴ Historisch gesehen sind Roboter nicht wirklich datenbasiert oder -orientiert. Im Gesundheitswesen ändert sich das jedoch, da genau hier Daten, wie eine Patientenversorgungsplattform, erforderlich sind, um die Ausführungsqualität zu verbessern, Defizite und Fehler aufzudecken, das Potenzial und schließlich das Ergebnis zu optimieren. Bislang sind chirurgische Roboter allerdings noch nicht so erfolgreich. Um entsprechend nahe Vorgehensweisen am Patienten durchführen zu können, muss zunächst eine intime Interaktion zwischen Menschen und Maschinen erfolgen, damit letzten Endes eine Zusammenarbeit zwischen ihnen erfolgen kann [14].

1.3 Historie der künstlichen Intelligenz im Gesundheitswesen

1955 schrieb John McCarthy einen Antrag für ein Forschungsprojekt, „A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence“, um bei der Rockefeller Foundation Fördermittel einzutreiben. Ebenfalls von McCarthy organisiert, fand am 13. Juli 1956 eine Konferenz bzw. ein Workshop zu diesem Thema statt. Aufgrund des im Antrags erstmals erschienenen Begriffs der „artificial intelligence“, wurde dieses Event zur Gründungsveranstaltung der Künstlichen Intelligenz-Forschung [18].

Ende der 1960er wurde von Joseph Weizenbaum (1923 - 2008) ELIZA entwickelt. Dabei handelte es sich um eine simple Strategie, einen Psychiater-Patienten-Dialog äußerst erfolgreich zu simulieren, so „[...] dass Menschen auf relativ einfache Weise die Illusion eines beseelten Partners“ [2] vermittelt werden konnte. Im Laufe der Zeit konnten verschiedenste AI-Erfolge erzielt werden. Dazu gehörten z. B. Strategiespiele, mathematische Symbolverarbeitung, Robotersimulation, das Beweisen logischer und mathematischer Sätze und schlussendlich Expertensysteme. Bei letzterem wird das Wissen der Experten (z. B. durch Regeln) formal dargestellt, während die Anwendung auf bekannten Fakten erfolgt, um neue Tatsachen generieren zu können. Die Problemlösung kann durch das verwendete Wissen erklärt werden [2].

Zu Beginn der 1970er wurde eines der bekanntesten Expertensysteme, MYCIN, zur Diagnostik- und Therapieentscheidungshilfen von infektiösen Bluterkrankungen und Meningitis als valide experten-gleichgute Entscheidungshilfe evaluiert, deren Aussagekraft noch besser als die von Nicht-Experten war. Nachdem das System jedoch bei der Vorgabe von Cholera-Daten irrtümlich Therapieansätze für eine Blutinfektionserkrankung vorschlug, war die Schlussfolgerung, dass das System nicht in der Lage war, seine eigenen Kompetenzgrenzen erkennen zu können. Dieser sogenannte ‚Cliff- and Plateau-Effect‘ ist bei Expertensystemen, die auf ein schmales Wissensgebiet angesetzt und somit hoch spezialisiert sind, nicht ungewöhnlich [2; 19].

Der AI wurde in den 80ern, insbesondere im Rahmen der Expertensysteme, zunächst eine Schlüsseltechnologie zugeschrieben, in die aufgrund fehlerhafter Prognosen durch Industrie und Forschung zusehends weniger Engagement einfluss. Nachdem sich die Situation stetig verbesserte, bildeten sich diverse Subdisziplinen heraus: speziell traten hierbei z. B. Sprachen, Konzepte und Modelle zur Wissensdarstellung, -anwendung und -behandlung verschiedenster Facetten (Ungewissheit, Unbestimmtheit, Revidierbarkeit) sowie durch Maschinen bedingte Lernverfahren hervor. Ebenfalls waren erfolgreiche Anwendungen bspw. in der Robotik, Fuzzylogik⁵ sowie in künstlichen neuronalen Netzen⁶ zu finden, während speziell mit den beiden zuletzt genannten Ansätzen innerhalb der AI ein Paradigmenwandel verknüpft ist [2].

2. Künstlichen Intelligenz und künstliches Leben

Neben dem herkömmlichen, *wissensbasierten* Ansatz der AI gibt es auch eine *verhaltensbasierte* Form des künstlichen Lebens (KL), auch Artificial Life (AL) genannt. KL wird an dieser Stelle nur kurz angesprochen, da es zwar in Zusammenhang mit der künstlichen Intelligenz steht, in diesem Artikel allerdings eher eine untergeordnete Rolle spielt.

⁵ Hierbei handelt es sich um den Wechsel der herkömmlichen harten Logik (Werte liegen bei 1 und 0 bzw. werden mit wahr oder falsch bezeichnet) zur weichen Logik (Werte liegen zwischen 0 und 1 und stellen damit einen entsprechenden Gewissheitsgrad – z. B. relativ groß – dar).

⁶ Die herkömmliche Symbolverarbeitung (basiert auf der Physical Symbol System Hypothesis - s. o.), die primär Logikmethoden verwendet, wandelt sich zum Konnektionismus, der die der Funktionsweise des Gehirns entsprechende Theorie und Methodik neuronaler Netze benutzt.

Grob formuliert, kann man sagen, dass KL lernfähige Objekte untersucht, die in der Lage sind, sich einer komplexen Umwelt anzupassen [2]. Da viele der wesentlichen abstrakten Eigenschaften lebender Systeme (z. B. autonomes adaptives und intelligentes Verhalten) ebenfalls von der Kognitionswissenschaft untersucht werden, haben künstliches Leben und kognitive Wissenschaft eine wesentliche Überlappung, besser gesagt sie teilen sich einige intellektuelle Wurzeln, während ihr Subjekt sowie ihre Methoden miteinander verwandt sind. Ihre Methodik ist ähnlich, da beide existierende Naturphänomene durch Simulation und Synthetisierung erforschen. Allerdings gibt es einen interessanten Unterschied zwischen den Modellierungsstrategien traditioneller, symbolischer AI und AL [20]. Die AI-Erkenntnisse werden von der AL integriert, da nicht nur beim Menschen, sondern auch beim künstlichen Leben Kognition die Kerneigenschaft ist. KL versucht die wesentlichen, allgemeinen Eigenschaften lebender Systeme zu verstehen, indem es lebensartiges Verhalten in Software, Hardware und Biochemikalien synthetisiert. Bei der KL handelt es sich um interdisziplinäre Untersuchungen von Leben und lebensähnlichen Prozessen, wobei eine synthetische Methodologie benutzt wird. Drei breite und miteinander verwobene Zweige des künstlichen Lebens entsprechen drei verschiedenen synthetischen Methoden: **Soft artificial life** kreiert Simulationen oder andere rein digitale Konstruktionen, die lebensähnliche Verhaltensweisen aufzeigen. **Hard artificial life** produziert Hardware-Implementationen lebensähnlicher Systeme und **Wet artificial life** synthetisiert lebende Systeme aus biochemischen Substanzen [20, 21].

Wie auch bei der AI wird die AL in zwei Bereiche eingeteilt und zwar in eine **schwache bzw. moderate** und eine **starke bzw. radikale Ausprägung**. KL in der *schwachen Ausprägung* bedeutet die Erforschung natürlicher Lebenssysteme, entsprechender Prozesse sowie der Evolution mittels computergestützter Simulation [21]. Ziel der KL in seiner *radikalen Ausprägung* ist es, tatsächlich künstliche Lebensformen zu erschaffen und nicht wie bei der schwachen Ausprägung, zu simulieren [21, 22].

Die meisten traditionellen **AI-Modelle** sind von oben nach unten spezifizierte, serielle Systeme, die eine komplizierte, zentralisierte Steuerung beinhalten, die ihre Entscheidungen auf Basis des Zugangs zu allen Aspekten des globalen Staates fällt. Die durch die Steuerung erfolgten Entscheidungen haben das Potenzial, alle Aspekte des kompletten Systems zu beeinflussen. Auf der anderen Seite sind viele natürlich lebende Systeme, die ein komplexes automatisches Verhalten aufweisen, gleichzeitig verstreute Netzwerke mit ‚Agenten‘ auf niedriger Ebene, die parallel miteinander interagieren. Die Entscheidung eines jeden Agenten basiert auf Informationen über seine eigene lokale Umgebung und wirkt sich direkt darauf aus. **AL-Modelle** folgen charakteristisch diesem Beispiel von Natur aus und sind von unten nach oben spezifizierte, parallele Systeme von einfachen, lokal interagierenden Agenten. Sie werden abermals wiederholt und das resultierende globale Verhalten wird beobachtet. Solche untergeordneten Modelle werden manchmal als ‚agenten- oder individuell-basiert‘ bezeichnet. Das Verhalten des gesamten Systems wird nur indirekt dargestellt. Es ergibt sich aus den miteinander erfolgenden Interaktionen von direkt dargestellten Teilen (Agenten oder Individuen) sowie ihrer physischen und sozialen Umgebung. Diese dezentralisierte Gestaltung weist wichtige Ähnlichkeiten mit einigen neueren Trends in der AI auf (u. a. Konnektionismus, Multiagent-AI und evolutionäre Berechnung) [20].

3. Die vielversprechende AI im Gesundheitswesen

Traditionelle und nicht-traditionelle Gesundheitsdaten, die durch soziale Plattformen ergänzt werden, können zur Entstehung selbst definierter Subpopulationen führen. Letztere werden jeweils von einem umliegenden Ökosystem von Gesundheitsdienstleistern verwaltet und mittels automatisierten Empfehlungs- und Überwachungssystemen (s. u.) ausgestaltet. So werden auch Daten von Wearables die **personalisierte Medizin erweitern**. Diese Aktivitäten werden kommerziell durchführbarer sein,

sobald die Leistungserbringer Wege finden, größere Populationen mit einzubeziehen, um dann eine Populations-Skala zu kreieren, durch die individualisierte Analysen und Empfehlungen gefördert und/oder gewonnen werden können. Diese Entwicklungen haben das Potenzial, das Gesundheitswesen radikal zu transformieren und medizinische Prozeduren und lebenslange Aufzeichnungen für Millionen von Menschen verfügbar zu machen. Dadurch besteht zudem die Möglichkeit, die **Zusammenarbeit zwischen dem ambulanten und dem stationären Sektor zu erleichtern** [14, 23].

Anwendungen, wie z. B. Apps oder neuartige digitale Biomarker, können zudem immense **Kosten einsparen**, indem sie teure und sperrige Analysegeräte für Kliniken und Praxen ersetzen könnten. Dass viele Gesundheits-Apps über zunehmend starke klinische Evidenz verfügen, konnte mit bislang über 570 Studien, inklusive randomisiert kontrollierten Studien (RCTs) und Meta-Analysen, die eine Liste von derartigen Top-Apps identifizieren, bestätigt werden. In einer Untersuchung des IQVIA Institutes konnte im Hinblick auf das Gesundheitssystem der U.S. ermittelt werden, dass durch den Einsatz digitaler Health Apps bei nur 5 Patientengruppen (Diabetes Prävention, Diabetes, Asthma, Herzrehabilitation und pulmonaler Rehabilitation) schätzungsweise etwa 7 Mrd. USD pro Jahr eingespart werden könnten. Das entspricht etwa 1,4% der totalen Kosten dieser Patientenpopulationen. Wenn dieses Einsparungsniveau auf die gesamten nationalen Gesundheitsausgaben hochgerechnet werden könnte, könnten jährlich Kosteneinsparungen von 46 Mrd. USD erzielt werden [13]. Auf Basis dieser Studie wären mögliche Einspareffekte in einem zweistelligen Milliardenbereich auch in Deutschland möglich [24]. Des Weiteren ermöglichen AI-ausgestattete Computer durch die Fähigkeit der gleichbleibenden Konzentrationsfähigkeit und Präzision, **schneller und kostengünstiger zuverlässigere Diagnosen** zu stellen, als Ärzte dies vermögen. Die Voraussetzung ist allerdings, dass die Algorithmen von Beginn an mit realen Daten gespeist und mit den künftigen Nutzern ausgiebig getestet werden [12, 13]. Das bedeutet z. B., dass die Algorithmen, die mittels der von den Patienten beschriebenen Symptomatik sowie durch die Erfahrungswerte der Ärzte miteinander vereint werden, zusammen mit der AI im medizinischen Kontext große Veränderungen erzielen können. Die Funktion der Ärzte basiert dabei insbesondere auf ihren eigenen Erfahrungen, speziell bei der Überwachung der automatisierten Diagnostik. Mit automatisierter Assistenz können sie hier künftig Evaluation und Ergebnisse durch die komprimierte Intelligenz bzw. durch (mit AI) entsprechend gespeiste Maschinen durchführen lassen. Die Praxiserfahrung wird dabei stets einen entscheidenden Einfluss einnehmen. Als Beispiel ist in diesem Kontext die bereits relativ lang existierende und vielversprechende, automatisierte Bildinterpretation anzubringen. Die AI-basierte automatisierte und vermehrte Bilderinterpretation gewinnt zusehends an Bedeutung. Wenn auch noch nicht ausgereift, so wird es in den kommenden Dekaden vermutlich möglich sein, durch inzwischen digital eingeleseene Scans und die durch einen Radiologen aufbereiteten Patientendaten, automatische Diagnostik zu ermöglichen. Am wichtigsten bleibt die Ermittlung einer exakten Diagnose, demzufolge muss der Radiologe immer noch das Bild begutachten, auch wenn alles hoch technologisiert ist. Der erste ‚Input‘ geht also nach wie vor noch von dem ärztlichen Personal aus bzw. AI ausgestattete Computer werden die Mediziner/-innen künftig nicht ersetzen, sondern lediglich **unterstützen**, da insbesondere spezifische Tätigkeiten, wie z. B. die zu leistenden Handarbeiten, bislang noch nicht adäquat durch AI-unterstützte Verfahren übernommen werden können [14, 25].

4. Digitalisierungstreiber und -bremser

Ärzte, Politik, Patienten, Kassen und industriegepriesene Produkte sind einerseits Digitalisierungstreiber, andererseits besitzen sie z. T. auch ‚Ausbremsfunktionen‘. Die Rahmenbedingung für eine fortschrittliche Digitalisierung setzt immer noch die **Politik**. Zu benennen ist hier z. B. das E-Health-Gesetz, das die Hoffnungen und Vorhaben bislang allerdings noch immer

nicht erfüllt hat. **Gesundheitsvorschriften** verhindern zudem eine einfache Bündelung von Daten, insbesondere zwischen ambulanten und stationären Einrichtungen. Nur sehr große Organisationen von integrierter Pflege können derartige Probleme in Angriff nehmen [14]. In diesem Kontext ist noch zu erwähnen, dass viele Patienten in Deutschland ihre Daten zwar bereitwillig zu Forschungszwecken freigeben, die neuen, hinzukommenden Verwendungszwecke nach den EU-Datenschutzgrundverordnungen jedoch erneut die Zustimmung von Patienten einfordert. Bei der Gesamtzahl der Patienten stellt dies unweigerlich ein Hemmnis dar. Die Forschung zieht so in innovationsfreudigere Länder, wie den USA, wo derartig aufwändige Verfahren nicht erforderlich sind [26]. Dringend erforderlich ist somit, dass die Aufsichtsbehörden anerkennen, dass effektives „Post-Marketing-Reporting“ eine verlässliche Absicherung gegen einige Sicherheitsrisiken darstellt. Erst dann werden weltweit schneller Erstzulassungen neuer Behandlungen und Interventionen möglich. Auch die **industrieprieseenen Produkte** erfüllen längst nicht bestehende Erwartungen, was insbesondere in der technischen Infrastruktur deutlich wird, in die der Staat insbesondere investieren muss [27].

Die **Ärzeschaft** mit ihren z. T. bestehenden Digitalisierungszweifeln ist ebenfalls nicht allein für das (nicht) Voranschreiten innerhalb der Digitalisierung verantwortlich zu machen. Speziell ist hierbei u. a. auf die Angst vor dem Macht- und Wissensmonopolverlust zu verweisen, die allerdings völlig unberechtigt ist, da es nach wie vor die Ärzte sind, die mit ihrer klinischen Perspektive die AI-Systeme ‚nähren‘. Es bleibt die Aufgabe des Arztes dem Patienten die Ergebnisse kundzutun, zu erklären etc. [27, 28].

Oftmals besteht in der Bevölkerung die Befürchtung, dass AI-gesteuerte Maschinen sich in Zukunft gegen die Menschheit richten könnten. „Wir erleben immer bessere KI-Systeme, die jeweils für eine bestimmte Aufgabe trainiert sind und diese zum Teil auch besser als wir Menschen erledigen. Eine Maschine, die besonders gut Krankheitsdiagnosen stellt, kann aber eben nur das und wird weder meine Reise buchen noch meine Wohnung putzen“, so Bitkom-Präsident Achim Berg [29]. Der jeweilige Computer ist folglich immer nur so gut wie der jeweilige Mensch, der ihn programmiert hat. Im Hinblick auf die Rolle der **Patienten** zeigt sich darüber hinaus, dass sie oft nicht über adäquate Kompetenzen für digitale Anwendungen verfügen (s. Kap. 5.), dabei haben sie durch ihre spezifischen Erwartungen an die Digitalisierung im Gesundheitswesen gewissermaßen die „Treiber-Rolle“ [27]. Die **Krankenkassen** mit ihrem Bestreben möglichst Kosten einzusparen, sprechen sich demgemäß im Allgemeinen auch für die Digitalisierung aus und unterstützen in diesem Kontext dessen Fortschritt [12, 14, 27].

5. Probleme und Risiken der AI

Die Weiterentwicklung des Gesundheitswesens korreliert eng mit den Herausforderungen und Potentialen einer zunehmenden Verbreitung von AI bzw. eHealth und Big Data. Das sogenannte „Zwillings“-Problem [30: 23], bestehend aus Überdiagnose und Überbehandlung, stellt die Chancen, aber auch die Risiken der Digitalisierung, wie z. B. Patientensicherheit (Datenschutz und IT-Sicherheit), des derzeitigen Gesundheitswesens dar. Risiken und regulatorische Aspekte der Digitalisierung werden von den Entwicklern des Öfteren übersehen, weshalb bereits in der Planungsphase kontextbezogener Innovationen, grundsätzliche wissenschaftliche (z. B. Wirksamkeit) und technische Aspekte sowie Datenschutz, Datensicherheit, ethische und regulatorische Angelegenheiten (z. B. Anwendbarkeit) angemessen geprüft werden sollten. Insbesondere auch Apps benötigen hier Qualitätsanforderungen hinsichtlich Sicherheit, Funktionalität, Bedienbarkeit und Transparenz, um Nachhaltigkeit dieser Innovation gewährleisten zu können. Die Beschaffenheit ihrer tatsächlichen Nutzungsintensität bzw. Effektivität, die Einhaltung des Datenschutzes, die Fehleranfälligkeit und (technische) Verlässlichkeit, die Transparenz sowie die reale Nutzung(sbereitschaft) im Alltag ist nach wie vor nicht ausreichend

ermittelt [15, 30].

Aspekte wie Kosten aber auch Bedienbarkeit technischer Komponenten von eHealth-Lösungen sind hinsichtlich Datenschutz und -sicherheit stets anfallende Probleme. Letzteres wird zudem dadurch erschwert, dass neuartige sicherere und nutzerfreundlichere Kommunikationswege zum Datenaustausch nur sehr verzögert bereitgestellt werden, wodurch unsicherere Kommunikationswege vordergründig werden. Um derartiges zu vermeiden, sollen eHealth-Strategien möglichst schnell geeignete Maßnahmen für ein digitales Gesundheitswesen errichten. Problematisch bleibt jedoch, dass sich bereits etablierte Verfahren oftmals nur schwer oder gar nicht an die neuen Bedingungen anpassen können [15].

In diesem Kontext sei auch auf die Vermessung, wie den Problemen der Reliabilität und Validität, hinzuweisen. Sowohl bei dem, was gemessen wird, aber auch bei der Art und Weise, wie die entstehenden Daten zu äußerst sensiblen Informationen über Personen gewonnen werden, ohne dabei ausschlaggebende Einflussfaktoren zu übergehen, können Probleme und somit Risiken auftreten. Ebenfalls sind auch die Konstrukte, die hinter der Reliabilität und Validität der Messungen liegen nicht gefeit vor Problemen. So werden in Apps die Rahmenbedingungen, die der Messung und der Berechnung spezifischer Maße zugrunde liegen, nicht immer hinreichend abgebildet. Als Beispiel ist hier eine Ernährungs-App anzuführen, was um bei diesem Beispiel zu bleiben, im Extremfall zu einem in keiner Weise gesundheitsförderlichen, einseitigen Ernährungs- und Gesundheitsverhalten führen kann [30]. Gefahren und Risiken durch Gesundheits-Apps sind bislang noch wenig erprobt und können u. U. in Datenmissbrauch, Fehlfunktion, -gebrauch, -diagnostik, -behandlung oder -belastung durch unsachgemäße Nutzung bestehen. Potentielle Risiken und Schäden müssen allerdings nicht nur genannt werden, sondern darüber hinaus auch zur Kenntnis von Verbrauchern bzw. Anwendern gelangen, was bislang nur selten der Fall ist [15].

Auf der Ebene gewonnener Daten stehen den Vorteilen auch Nachteile gegenüber. So ist die Datenqualität ausschlaggebend, um angestrebte Vorteile der Daten überhaupt nutzen zu können. Die Gewinnung, Kombination und Analyse von Patientendaten führt neben einem Informationsmehrwert, der die Fürsorge und die Forschung verbessern kann, dadurch allerdings gleichzeitig auch zu der Möglichkeit, gruppenspezifisch oder individuell zu diskriminieren. Gute Daten benötigen folglich einen entsprechend großen Schutz vor Missbrauch und Diebstahl. Anonymisierung und Pseudonymisierung spielen dabei somit stets eine zentrale Rolle, führen bei dem Vorgehen von methodischen Big Data-Analysen aufgrund der zu vermeidenden Kombination von Daten jedoch zwangsweise zu Problemen. Befürchtungen, dass ein individuelles Gesundheitsmonitoring durch permanente Verhaltens- und Körperfunktionsmessungen zu einer unerwünschten Entsolidarisierung der Menschen führen, sind in Deutschland jedoch weitgehend unbegründet. Die PKV könnte bereits jetzt differenziertere Prämien berechnen, tut dies aber nicht, da es nicht sinnvoll ist. Bei vielen Krankheiten sind die kausalen Zusammenhänge noch unbekannt, wodurch eine rationale Differenzierung nicht möglich ist. Das bedeutet, dass sich immer noch ergeben kann, dass z. B. Versicherte mit günstigen Tarifen letztendlich teurer sind als gedacht. Der GKV ist es prinzipiell aus guten Gründen untersagt, nach Risiken zu differenzieren. Legal können sie mögliche individuelle Risikoprofile durch Big Data also nicht nutzen, wodurch die Nutzung und der Missbrauch ausgeschlossen sind [15, 30].

6. Was verliert bei der Ärzteschaft, den Patienten sowie bei der Arzt-Patienten-Beziehung durch die AI an Bedeutung und was hat Bestand?

Bei den also nicht zwangsläufig qualitätsgeprüften digitalen Informationen muss berücksichtigt werden, dass bei den partizipierenden Patienten eine patientenbezogene Versorgungsvariabilität vorliegt, die einen bedeutsamen Einfluss auf den Behandlungsprozess hat. Der informierte Patient

erhält folglich zusehends mehr Einfluss auf die Behandlungsqualität, welche mit der Versorgungsvariabilität, den verfügbaren medizinischen Informationen und der eigenen Fähigkeit diese zu verstehen, korreliert. Die dafür erforderliche Gesundheitskompetenz ist allerdings nicht bei allen gleichermaßen vorhanden. Der mündige Patient muss also im Zeitalter der Digitalisierung ein weiteres, primäres Ziel im Gesundheitswesen werden [15, 30].

Auch professionelle Anwender verfügen nur selten über ausreichend detaillierte Kenntnisse, die im Hinblick auf die Digitalisierung bspw. neben medizinischen auch technische, rechtliche oder ethische Aspekte beinhalten [15, 30]. Die **neue Generation der medizinischen Fachkräfte** nutzt aufgrund des zunehmenden Arbeitsdrucks die neuen technischen Hilfen (Apps und mobile Unterstützungen). Jede Hilfe ist insbesondere für die grundversorgenden Kliniker notwendig, auch wenn dies im Gegenzug neue Lernmethoden etc. mit sich bringt. Um diesen Prozess nachhaltig fördern zu können, besteht allerdings die Notwendigkeit eines kooperativen Gesundheitswesens, das Ratschläge und Lehrmethoden nicht durch regulatorische, legale und soziale Barrieren unwirksam macht. Um die Vorteile umsetzen zu können, müssen Kliniker zudem von Anbeginn involviert und in die Materie eingeführt werden, damit sie sichergehen können, dass das System gut entwickelt wurde und sicher ist [14].

Oftmals wird von den Patienten bemängelt, dass die behandelnden Ärzte nicht genügend Zeit für sie aufbringen würden. Langfristig ist es recht wahrscheinlich, dass die Patienten online eine schnellere, längere und ausführlichere Behandlung erhalten könnten. Nur eine höhere Kontaktzeit mit mehr als den durchschnittlichen 6 Minuten, kann dem entgegenwirken. Dafür muss das Versorgungssystem aber zunächst unbedingt abgeändert werden. Auch wenn der Zeitfaktor ein gewisses Risikopotential für die ärztliche Funktion darstellt, so können zwischenmenschliche Kontakte, wie die Privatsphäre, die verbale Kommunikation und der Blickkontakt nur durch das persönliche Aufsuchen des Arztes gewährleistet werden. Im Internet gibt es sicher schnelle und auch gute Informationen, das Zwischenmenschliche geht allerdings verloren. Um diesen Wettbewerbsvorteil beibehalten zu können, ist es sinnvoll, wenn die Ärzteschaft die Mündigkeit und Gesundheitskompetenz des Patienten unterstützt. Infolgedessen ist es notwendig, auch wenn es für viele Ärzte unbequem erscheint, bereits informierte Patienten zu tolerieren, zu akzeptieren und letzten Endes auch dahin weitergehend zu unterstützen. Nur so kann auch eine *partnerschaftliche Arzt-Patienten-Beziehung* Bestand haben [1]. Andererseits kann auch argumentiert werden, dass durch die AI bzw. deren Anwendungen Behandlungszeit beim Arzt eingespart werden kann, was ggf. zu einer verminderten Kommunikation führen kann. Kommunikation ist für ein gutes Arzt-Patienten-Verhältnis, eine adäquate Therapie sowie eine Fehlervermeidung bekanntermaßen zwingend erforderlich.

Bei den Patienten kommt die AI-gesteuerte Digitalisierung insbesondere ihrer Selbstbestimmung zu Gute. Im Folgenden werden die drei dafür maßgeblichen Voraussetzungen dargestellt.

1. *Kompetenzen [1]*: Insbesondere die **ältere Bevölkerungsgeneration** ist vergleichsweise spät mit der neuen Technologie in Berührung gekommen. Als Ergebnis wird es ein wachsendes Interesse und Markt für verfügbare und ausgereifte Technologien zur Unterstützung physischer, emotionaler, sozialer Aspekte sowie der mentalen Gesundheit geben. Speziell die Bereiche der Lebensqualität und Unabhängigkeit, der Gesundheit und des Wohlfühlens sowie von Behandlungen und Empfehlungen sind dabei zu benennen. Hierbei wird eine Explosion an preisgünstigen Technologien mit substantiellen Möglichkeiten für Ältere in ihren Vier-Wänden erwartet. AI wird auf jeden Fall mehrere Gebiete vereinen müssen, um ein brauchbares und anwenderfreundliches System für ältere Menschen schaffen zu können: ‚Natural Language Processing‘, Erklärungen, Lernen, Wahrnehmung, Roboter und Aspekte aus dem privaten Umkreis stellen wichtige Aspekte für wesentlich ältere Menschen dar [14]. Aber auch für die anderen Bevölkerungsgruppen gilt, je eher ihnen die Digitalisierung und die damit

einhergehenden technologischen Parameter vermittelt werden, desto adäquatere Kompetenzen werden damit ermöglicht [1].

2. *Informiertheit über entscheidungs- und handlungsrelevante Aspekte z. B. hinsichtlich eigener Gesundheitsdaten und allgemeinen Gesundheitsinformationen.* Die elektronische Patienten- oder Gesundheitsakte ermöglicht mittels der an diesem Ort gebündelten, relevanten Informationen möglicherweise lebensrettende Maßnahmen, Partizipation und eine verbesserte Therapietreue. Allerdings stehen, wie gesagt, besonders in Deutschland Datenschutzaspekte entgegen, die den gesamten Digitalisierungsprozess (s. Kap. 1.2, 4) hemmen. Die Gesundheitskompetenz besitzt die Schlüsselfunktion bei gesundheitsspezifischen Entscheidungen und Belangen und umfasst dabei die Motivation und Fähigkeit, sich entsprechende Informationen zu beschaffen, sie zu verstehen, zu beurteilen und anzuwenden [1].
3. *Präferenz und Wertehierarchien.* Die Digitalisierung selbst kann für eigens gesetzte Wertehierarchien riskant sein, da durch spezifische Verfahren, z. B. durch kommerziell gesteuerte Empfehlungen, bestimmte Dinge für den User als irrelevant erscheinen, wodurch lästige Aspekte, die aber dennoch von großer Wichtigkeit sind, als irrelevant erscheinen und dementsprechend vernachlässigt werden [1].

7. Fazit / Schlussfolgerungen

Die **künstliche Intelligenz** beschäftigt sich mit der Realisation von Denk- und Bewusstseinsprozessen in künstlichen Materialien, wie z. B. in Computern. Richtig programmierte Computer werden im Rahmen der **starken AI** als intelligent verstanden und sind mit geistigen Prozessen vergleichbar. Bei der **schwachen AI** hingegen dienen die Computer als Untersuchungsinstrument kognitiver Prozesse, wodurch Intelligenz als Simulation in Erscheinung tritt. Die natürliche, evolutionsbedingte Intelligenz ist der AI durch verschiedene Algorithmen um Effizienz und kognitive Leistungen nach wie vor um Einiges voraus. Im Gegensatz zur AI strebt das **künstliche Leben** primär die Reproduktion des uns bekannten und bislang unbekanntes Lebens an. Sowohl AI als auch KL gehen hierbei jedoch mit einer ähnlichen Methodik vor.

Data hat nach wie vor die Schlüsselrolle bei der AI-,Aktivierung' und wird insbesondere bei der Patientenüberwachung, mobilen Apps, klinischen EHR, Robotern (med.) gewonnen. Daraus eine Ableitung bzgl. Diagnosen und Behandlung für Patienten und Patientenpopulationen zu ermitteln, bleibt durch veraltete Regelungen und Anreizstrukturen jedoch schwierig.

eHealth und Big Data im Gesundheitssektor werden zwar staatlich gefördert, bislang allerdings insbesondere im Rahmen der Technologie. Wichtig ist dabei jedoch eine Versorgungsprozess-orientierung und der Ausbau der Entwicklung ressourcenübergreifender Maßnahmen. Nur so können Doppelstrukturen vermieden und Synergien realisiert werden. Adaptionsfähige eHealth-Strategien müssen sich hierzulande mehr auf Funktionen und Ergebnisse konzentrieren, anstatt spezifische Lösungsansätze zu entwickeln. Unbedingt muss dabei beachtet werden, wer den Zugang zu den Daten besitzt und wie gut dieser gegen Weitergabe an Dritte oder Missbrauch gesichert ist. Insbesondere eHealth-Anwendungen müssen als Medizinprodukte noch spezifischer klassifiziert werden. Darüber hinaus mangelt es bei ihnen nach wie vor insbesondere an Überprüfungen bei der Planung, Implementierung (z. B. rechtliche Hürden, mangelnde Wissensverbreitung und zielgruppenspezifischer Einsatz) und Wartung.

eHealth-Lösungen und die digitale Allgemeinbildung in Deutschland müssen zudem insbesondere durch die Unterstützung von Ministerien, Behörden und Organisationen gerecht zugänglich gemacht werden. Es ist daher, wie bereits angesprochen, eine zwingende Investition, sowohl für die Patienten

als auch für das komplette medizinische Personal, Schulungen im Kontext der Digitalisierung durchzuführen. Für einen erfolgreichen Einsatz von AI-basierenden Anwendungen müssen die Voraussetzungen eingehalten werden, dass AI mehr Vertrauen und Verständnis von Ärztinnen und Ärzten, Pfleger/-innen sowie Patientinnen und Patienten entgegengebracht wird. Im Gesundheitssektor erfolgt eine noch unzureichende Aufklärung über die AI bspw. im Rahmen der Social Media. Letztere muss auch mehr gefördert werden, damit die Gesundheitsprobleme abgeleitet werden können. Erforderlich ist zunächst eine zielgruppenspezifische Aufklärung, die thematisiert, um was es sich bei der AI handelt und welche Gefahren tatsächlich bestehen. Insgesamt bleibt zu vermeiden, dass einseitige Schuldzuweisungen möglicher ‚Digitalisierungsbremser‘ erfolgen. Vielmehr sollte ein konstruktiver Dialog verantwortungsvoller Akteure über den weiteren Einsatz erfolgen. Es gilt dabei die potentiellen Chancen der AI zu erkennen und dabei zu überdenken und zu berücksichtigen, zu welchem Zweck und Nutzen AI künftig entwickelt werden soll. Dabei ist stets zu bedenken, dass AI der Gesellschaft dient und im Rahmen der ethischen Bewertung entsprechende Richtlinien bewahren muss.

Bei der AI gibt es speziell im Gesundheitssektor noch einige Barrieren, u. a. die bereits akzeptierten Methoden und Standards für die Privatsphärensicherung, die überwunden werden müssen, damit sich AI-Wissenschaft und Innovationen im Gesundheitswesen entfalten können. So könnten z. B. schneller und routinierter nicht-vorhergesehene negative Effekte von erprobten Medikamenten verbreitet werden. Allerdings werden dabei insbesondere bei den mobilen Apps, die die medikamentöse Interaktion analysieren, aus Datenschutzgründen oftmals der Zugriff auf die dafür relevanten Patientendaten geblockt. Die Politik sollte insgesamt erschwerende Regulatoren und kommerzielle Hindernisse abbauen und mehr Gelder für AI-Forschung zur Verfügung stellen. Verbesserungen von Methoden AI-gestützter Interaktion mit medizinischen Fachkräften und Patienten werden weiterhin eine kritische Herausforderung bleiben. Erst wenn man die Hindernisse, wie schlechte Mensch-Computer-Interaktionsmethoden und die inhärenten Schwierigkeiten und Risiken der Implementierung von Technologien in solch großen und komplexen Systemen, die die Verwirklichung des Versprechens der AI im Gesundheitswesen verlangsamt haben, reduziert oder entfernt und mit Innovationen kombiniert, können Gesundheitserfolge und Lebensqualität für Millionen von Menschen in der Zukunft signifikant verbessert werden.

Die gesteigerte Komplexität des weiterreichenden Einsatzes von Technologie in medizinischen Abläufen ist insgesamt durchaus zwiespältig zu betrachten: Je höher die Anzahl elektronischer Elemente in einem Verbund von Systemen ist, desto höher wird die Wahrscheinlichkeit für spontane Ausfälle und Fehlfunktionen des Gesamtverbunds. Elektronische Kontrollmechanismen werden menschliche Kontrollen somit jedoch vorerst nicht ersetzen können.

Literatur

- [1] Woopen, C. (2017): „Digitalisierung im Gesundheitswesen“. Vortrag auf dem 120. Deutschen Ärztetag 2017, Freiburg im Breisgau, 24.05.2017. www.bundesaerztekammer.de/fileadmin/user_upload/downloads/pdf-Ordner/120.DAET/120DAETVortragWoopen.pdf
- [2] Leven, F. J. (1999): „Künstliche Intelligenz“. Lexikon der Biologie. www.spektrum.de/lexikon/biologie/kuenstliche-intelligenz/37676 Letzter Zugriff: 21.8.2017
- [3] Universität Oldenburg (2008/2009): „Schwache KI und starke KI“. Lehrveranstaltung Informatik und Gesellschaft. www.informatik.uni-oldenburg.de/~iug08/ki/Grundlagen_Starke_KI_vs_Schwache_KI.html Letzter Zugriff: 22.8.2017
- [4] Universität Paderborn (2003/2004): „Was ist künstliche Intelligenz?“ www2.cs.uni-paderborn.de/cs/ag-klbue/de/courses/ss05/gwbs/ai-intro-ss05-slides.ps.nup.pdf Letzter Zugriff: 22.8.2017
- [5] Mainzer, K. (2016): „Künstliche Intelligenz – Wann übernehmen die Maschinen?“ Springer Verlag Berlin Heidelberg.
- [6] Lobo, S. (2017): „Künstliche Intelligenz. Wenn Maschinen über Menschen entscheiden.“ Kolumne vom 22.3.2017 auf Spiegel-Online www.spiegel.de/netzwelt/web/sascha-lobo-ueber-kuenstliche-intelligenz-a-1139901.html Letzter Zugriff: 29.8.2017
- [7] Lexikon der Neurowissenschaft (2000): „Maschinelles Lernen“. www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/maschinelles-lernen/7439 Letzter Zugriff: 30.9.2017
- [8] Vogels, W.; Karlstetter F. (2017): „Künstliche Intelligenz und Maschinelles Lernen im eigenen Geschäft nutzen“. Gastkolumne am 18.10.2017 in Cloud Computing Insider. www.cloudcomputing-insider.de/kuenstliche-intelligenz-und-maschinelles-lernen-im-eigenen-geschaeft-nutzen-a-653419/ Letzter Zugriff: 11.11.2017
- [9] WSF (2008): „Begriffsbestimmung ‚Künstliche Intelligenz‘“ www.info-wsf.de/index.php/Begriffsbestimmung_%22Kuenstliche_Intelligenz%22 Letzter Zugriff: 22.8.2017
- [10] Wikipedia (2017): „Künstliche Intelligenz“ https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstliche_Intelligenz Letzter Zugriff: 22.8.2017
- [11] Enzyklo.de (2017): „Inferenzmechanismus“ www.enzyklo.de/Begriff/Inferenzmechanismus Letzter Zugriff: 30.8.2017
- [12] Klameth, S. (2017): „Stellen Computer bald die besseren Diagnosen?“ In: Sächsische Zeitung Dresden am 30.8.2017, Seite 22.
- [13] IQVIA Institute (2017): „The growing value of digital health. Evidence and impact on human health and the healthcare system“. Institute Report vom 7.11.2017. www.iqvia.com/institute/reports/the-growing-value-of-digital-health
- [14] Stanford University – Stone, P. et al. (2016): „Artificial intelligence and life in 2030. One hundred year study on artificial intelligence. Report of the 2015 study panel.“ https://ai100.stanford.edu/sites/default/files/ai_100_report_0831fnl.pdf
- [15] Kröger, G. (2017): „eHealth und Big Data im Gesundheitswesen: Analyse zur PWC-Studie und des Charismha-Projekts“. Brendan-Schmittmann-Stiftung.
- [16] PWC-Studie: BMG (2016): „Weiterentwicklung der eHealth-Strategie: Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit“. Berlin.
- [17] Charismha-Studie: Albrecht, U.-V. (2016): „Chancen und Risiken von Gesundheits-Apps (Charismha)“. Medizinische Hochschule Hannover.
- [18] McCarthy, J. et al. (2006): „A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence“. In: AI Magazine No. 4.
- [19] Berger, R. (2016): „Think agility. When is a company innovative? When it thinks like a challenger and acts like a champion!“ www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUKEwiQh_2EvM3YAhUB7BQKHcOQDTcQFgg4MAI&url=https%3A%2F%2Fwww.rolandberger.com%2Fpublications%2Fpublication_pdf%2Frb_leporello_interview_bouee_rose_2016_07_04_final.pdf&usq=AOvVaw3YOTZfJiLzUWSFMEPZg6FQ Letzter Zugriff: 11.11.2017
- [20] Bedau, M. A. (2003): „Artificial life: organization, adaption and complexity from the bottom up“ In: Trends in Cognitive Sciences. Vol. 7, No. 11: 505-512.

[21] Aguilar, W. et al. (2014): "The past, present and future of artificial life" In: Frontiers In / Robotics and AI. Vol. 1, Article 8.

[22] Sauermost, R. et al. (1999): „Künstliches Leben“. Lexikon der Biologie
<http://www.spektrum.de/lexikon/biologie/kuenstliches-leben/37679> Letzter Zugriff: 26.10.2017

[23] Rauscher, M. (2017): „Wer versorgt uns morgen? Schlaglichter auf (neue) Strukturen und Akteure“. Hartmannbund Magazin Heft 2: 6- 8.

[24] Mum (2017): „Apps sparen Milliarden ein“. In: Der Spiegel. Nr. 47: 68.

[25] Heller, P. (2016): Studie zur Zukunft der künstlichen Intelligenz. Der Roboter putzt, der Mensch lebt vom Grundeinkommen.“ Spiegel Online. www.spiegel.de/netzwelt/web/kuenstliche-intelligenz-noch-wird-die-menschheit-nicht-bedroht-a-1111324.html Letzter Zugriff: 21.8.2017

[26] Mucic, M. (2017): „Deutschland digitalisieren“. In: Frankfurter Allgemeine. Nr. 262: 22.

[27] Schnack, D. (2017): „An die eigene Nase fassen“. In: Ärztezeitung. Nr. 197:2.

[28] ISS (2017): „Big Data – eher Chance denn Bedrohung“. In: Ärztezeitung online. 1.11.2017
www.aerztezeitung.de/praxis_wirtschaft/e-health/article/946471/kuenstliche-intelligenz-big-data-eher-chance-denn-bedrohung.html Letzter Zugriff: 1.11.2017

[29] MM (2017): „Deutsche erhoffen sich genauere Diagnosen“. In: änd Ärztenachrichtendienst Verlags-AG. 19.11.2017.

[30] Sachverständigenrat für Verbraucherfragen - Gigerenzer, G. et al. (2016): „Digitale Welt und Gesundheit. eHealth und mHealth – Chancen und Risiken der Digitalisierung im Gesundheitsbereich.“
www.svr-verbraucherfragen.de/wp-content/uploads/Digitale-Welt-und-Gesundheit.pdf