



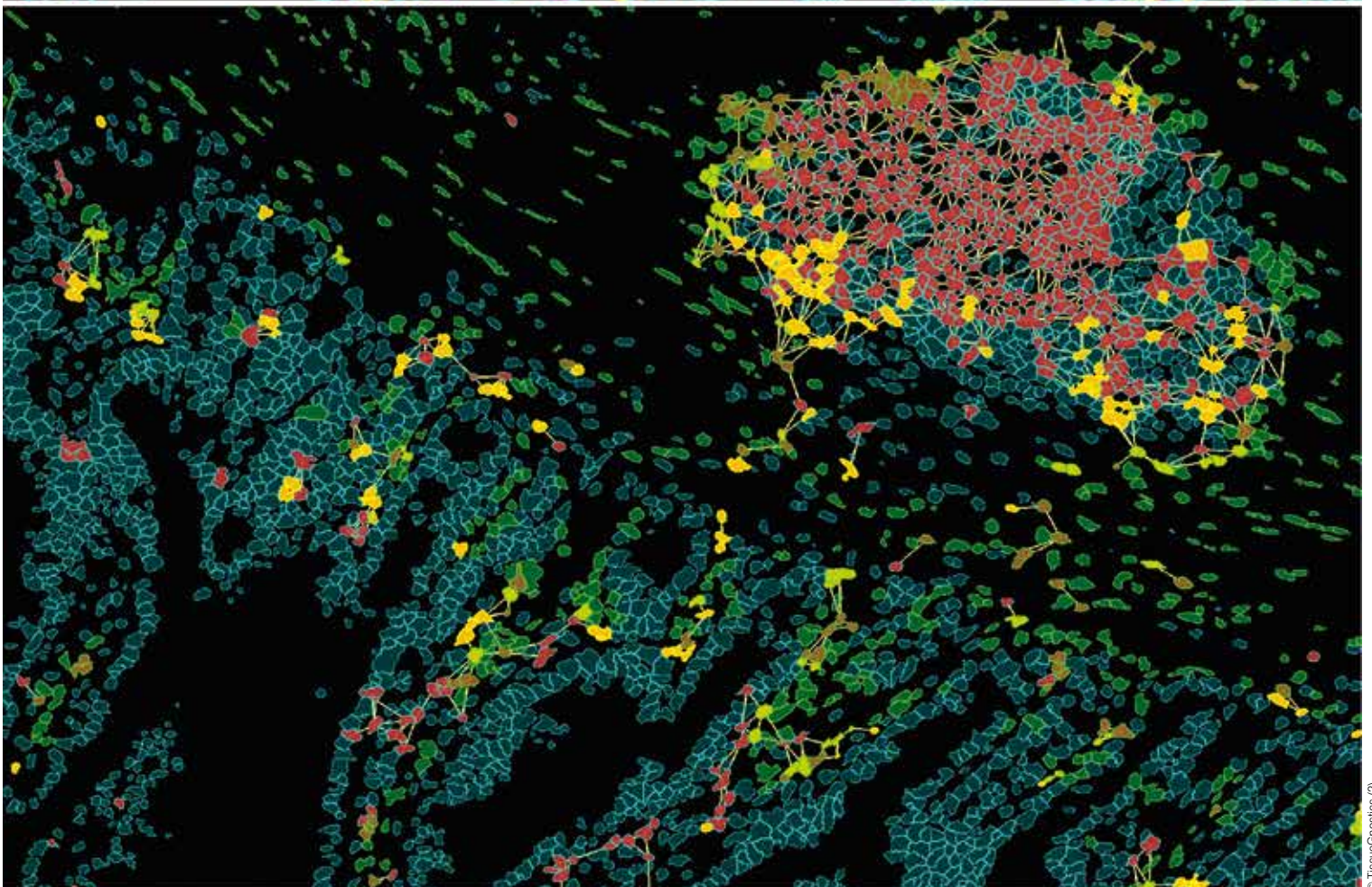
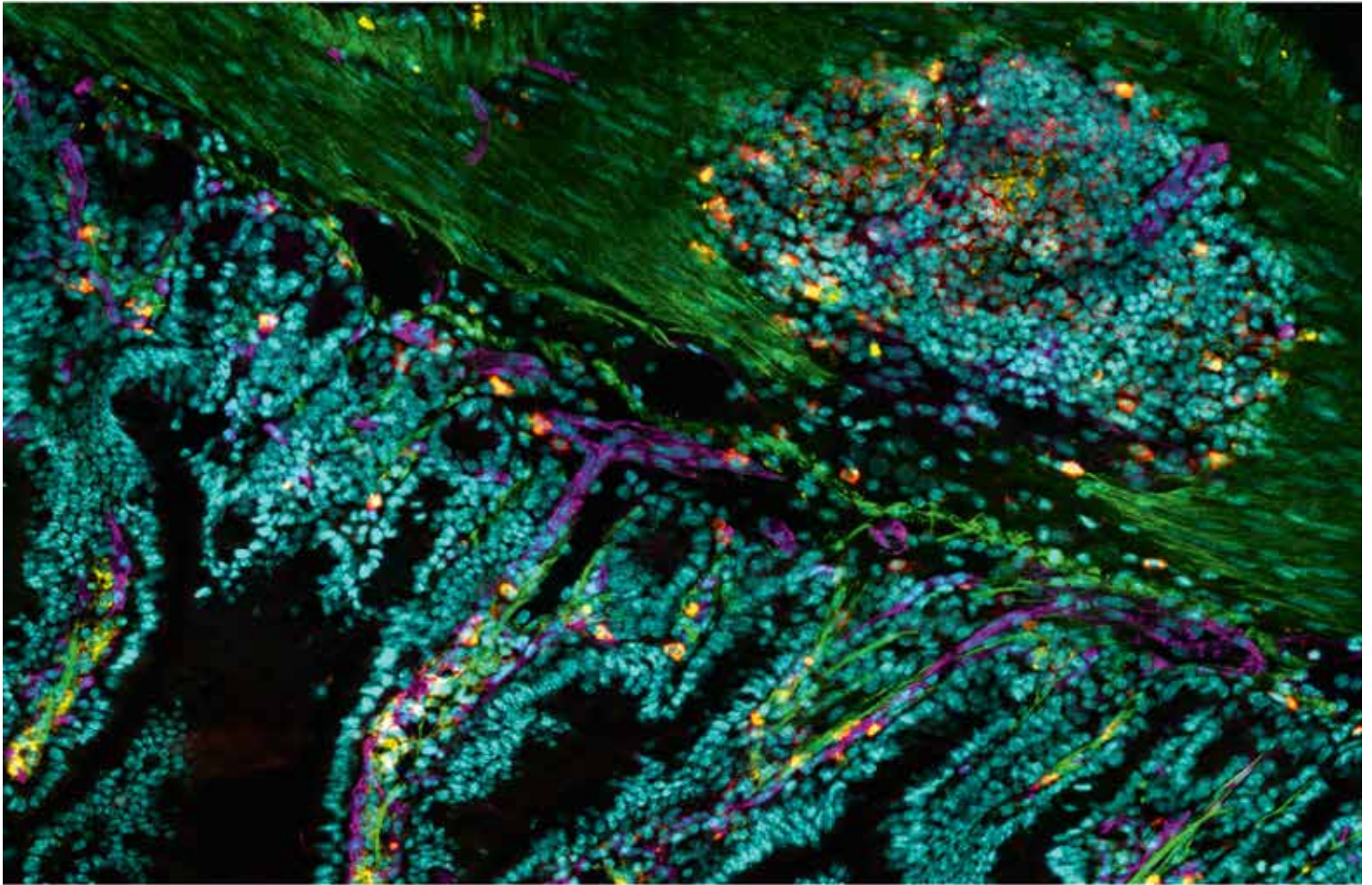
health economy

Künstliche Intelligenz in der Biomedizin

Ein globaler Ausblick

Dossier

unter Beteiligung von
TissueGnostics und anderen
führenden Experten



Gewebezytometrie der nächsten Generation Vollständig KI-gestützte Digitalisierung eines Dickdarmgewebeschnitts einschließlich räumlicher Phänotypisierung.



© Richard Stöger

Herausgeber
Oliver Jonke
lo.jonke@medianet.at

Editorial

Vorbereitung auf die Zukunft

Liebe Leserinnen und Leser!
Künstliche Intelligenz (KI), maschinelles Lernen, Deep Learning – diese Schlagworte sind heute in fast allen Lebensbereichen zu finden. Viele Versprechungen sind gemacht worden, die Erwartungen sind hoch – vielleicht manchmal zu hoch –, Erfolge beflügeln und Misserfolge sind unser ständiger Begleiter.

Einige halten KI für „den Weg in die Zukunft“, andere halten sie für einen vorübergehenden Hype, der vorbeigehen wird, wie viele andere Hypes zuvor auch. Die Wahrheit liegt wahrscheinlich irgendwo dazwischen.

In diesem Dossier gehen wir der Frage nach, welche Rolle KI in der heutigen Medizin spielt, und diskutieren mit internationalen Experten das Potenzial, wie KI die Medizin

und die globalen Gesundheitssysteme im 21. Jahrhundert verändern könnte.

Dieses Projekt wurde unter Mitwirkung führender Experten auf diesem Gebiet durchgeführt: Zunächst befragten wir Rupert Ecker (TissueGnostics GmbH Österreich und Queensland University of Technology, Australien), der dieses Dokument in Auftrag gegeben hat. Anschließend befragten wir Stefan Barth (University of Cape Town), Jyotsna Batra (Queensland University of Technology), Kim RM Blenman (Yale University), Zodwa Dlamini (Pan African Cancer Research Institute PACRI, Universität von Pretoria), Georg Dorfner (Medizinische Universität Wien), Isabella Ellinger (Medizinische Universität Wien), Manuela Geiß (Software

Competence Center Hagenberg), Yu-Chuan Jack Li (Taipeh Medical University) und Katia Ramos Moreira Leite (Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo) über ihre persönlichen Erfahrungen mit KI und ihre persönliche Meinung über das Potenzial der KI in der Medizin des 21. Jahrhunderts, über die Vor- und Nachteile der KI in der biomedizinischen Forschung und klinischen Diagnostik, wie die KI ihren Arbeitsbereich beeinflussen wird, wie sie sich die Entwicklung der KI in den nächsten zehn Jahren vorstellen und wie der Stand der Medizin im Jahr 2050 sein wird – sowie über die Frage: Wird es einen „virtuellen Arzt“ geben?

Eine spannende Lektüre wünscht
Oliver Jonke



Dossier: Künstliche Intelligenz in der Biomedizin

Coverfoto:
© PantherMedia/popba

Inhalt

- | | | | |
|----|--|----|--|
| 4 | <i>Die nächste Generation der Biomedizin steht vor der Tür</i> | 13 | <i>KI als treibende Kraft für neue Technologien in komplexen Systemen</i> |
| 10 | <i>Intelligenz nur in sehr engem Sinne</i> | 13 | <i>Größerer Nutzen für die Patienten</i> |
| 10 | <i>Herausfordernd, spannend, unterstützend und genau</i> | 14 | <i>KI-gestützte personalisierte Medizin</i> |
| 11 | <i>KI-gestützte medizinische Versorgung</i> | 15 | <i>Künstliche Intelligenz verändert die Fassade der klinischen Genomik</i> |
| 11 | <i>Deep Learning fördert Präzisionsmedizin</i> | 15 | <i>Glossar</i> |
| 12 | <i>KI in der Therapeutikentwicklung</i> | 16 | <i>Zahlen & Fakten</i> |
| 12 | <i>KI ist der Schlüssel für die Medizin der Zukunft</i> | | |

Impressum

Medieninhaber:
medianet Verlag GmbH
1110 Wien, Brehmstraße 10/4. OG
<http://www.medianet.at>

Diese Sonderausgabe wurde von medianet unter Mitwirkung von TissueGnostics erstellt.

Konzept: Oliver Jonke (Herausgeber)
Kontakt: o.jonke@medianet.at

Lektorat: Christoph Strolz **Grafik/Produktion:** Raimund Appl, Peter Farkas **Fotoredaktion/Lithografie:** Beate Schmid **Druck:** Ferdinand Berger & Söhne Ges.m.b.H., 3580 Horn
Erscheinungsort: Wien **Stand:** Februar 2022

Für den Inhalt verantwortlich:
Rupert Ecker, TissueGnostics



Abo, Zustellungs- und Adressänderungswünsche:
abo@medianet.at
oder Tel. 01/919 20-2100

Die nächste Generation der Biomedizin steht vor der Tür

Künstliche Intelligenz verändert die Biomedizin von der präklinischen Forschung, über die Erforschung von Arzneimitteln bis hin zur klinischen Diagnostik – Ansichten und Beiträge von TissueGnostics, einem innovativen KMU mit österreichischen Wurzeln und globalem Impact.

Der Ursprung von TissueGnostics liegt in einem Bedürfnis – dem Bedürfnis von Wissenschaftlern und Diagnostikern, molekulare Marker und einzelne Zellen im Gewebe zu quantifizieren, um besser zu verstehen, warum und wie bestimmte Krankheiten wie Krebs oder Autoimmunerkrankungen entstehen und fortschreiten. Der menschliche Körper verfügt über umfangreiche Selbstkontroll- und Abwehrmechanismen, um sich sowohl gegen Veränderungen des genetischen Codes durch Mutationen als auch gegen Eindringlinge aus der Umwelt (Viren, Bakterien, Parasiten, Toxine) zu schützen.

Krankheiten treten – wie bei den meisten Katastrophen – auf, wenn mehrere dieser Sicherheitsmechanismen gleichzeitig versagen. Der gemeinsame Nenner in der biomedizinischen Forschung rund um den Globus ist das Verständnis der

molekularen und zellulären Mechanismen der Homöostase (der „inneren biologischen Stabilität“ eines Organismus) und die Suche nach potenziellen Zielen für therapeutische Maßnahmen.

Geschichte der Pathologie

Es war um 1850, als der deutsche Arzt Rudolf Ludwig Carl Virchow erkannte, dass Zellen die Quelle von Krankheiten sind. Obwohl die Geschichte der Pathologie bis in die frühen 1700er-Jahre zurückreicht, wird Virchow als Begründer der Zellularpathologie und damit als Pionier der modernen Histopathologie bezeichnet.

Nach der bahnbrechenden Arbeit von Virchow und anderer Pioniere analysierten Pathologen Gewebe, indem sie hauchdünne Schnitte von Organen anfertigten, diese unter dem Mikroskop betrachteten und Muster in den Gewebestrukturen verglichen sowie die Morphologie der Zellen beschrieben.

Seit den 1970er-Jahren stehen modernere molekulare Methoden zur Verfügung, die es erlauben, über anatomische und morphologische Beschreibungen hinauszugehen und auch subzelluläre Strukturen und spezifische Moleküle zu untersuchen (durch eine Technik, die als „Immunhistochemie“ bekannt ist) sowie den genetischen Hintergrund (durch verschiedene Methoden, die „In-situ-Hybridisierung“ bezeichnet werden) von erkrankten Zellen zu untersuchen. Solche Funktionsanalysen einzelner Zellen sind als „Zytophotometrie“ bekannt und stehen im Gegensatz zur „Anatomie“ und „Morphometrie“, die die Morphologie von Zellen und Gewebestrukturen beschreiben, aber die funktionellen Aspekte außer Acht lassen.

Die Computer- und Internetrevolution, die zu unseren Lebzeiten stattgefunden hat, betrifft „natürlich“ auch den Bereich der Medizin und der

Diagnostik. Ende der 1980er-Jahre verbreitete sich die Idee der „Telepathologie“, die sich auf die visuelle Analyse von Gewebeprobe über ein Videosignal bezog.

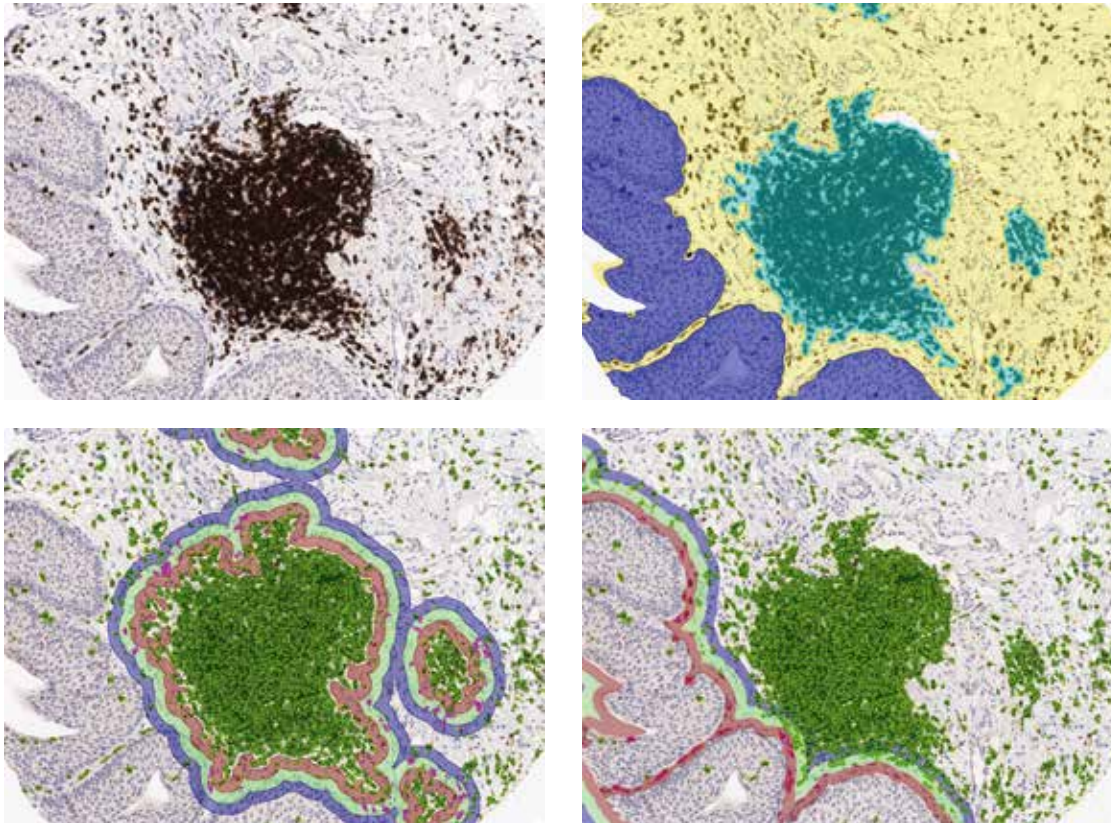
Diese Idee wurde in den späten 1990er- und frühen 2000er-Jahren dahingehend erweitert, dass die Bilder in digitaler Form erfasst und archiviert wurden – eine Technologie, die als „digitale Pathologie“ bezeichnet wird, wobei die Analyse/Diagnose immer noch visuell von einem menschlichen Experten durchgeführt wird.

Neueste Entwicklungen in der digitalen Pathologie

In den letzten zwei Jahrzehnten haben Wissenschaft und Industrie weltweit große Anstrengungen unternommen, um Lösungen für die digitale Diagnose zu entwickeln. Die Automatisierung der Laborforschung und der klinischen Routine ist ein bedeutender Fokus gewesen, wobei die Senkung

**Dr. Rupert Ecker**

Der CEO und Mitbegründer der TissueGnostics GmbH und Adjunct Professor an der Faculty of Health, School of Biomedical Sciences, Queensland University of Technology, beschreibt seine Sicht auf die Zukunft der KI in der Medizin und die Rolle von TissueGnostics in diesem wachsenden Markt.



© TissueGnostics (4)

TissueGnostics ist mit seinen Geräten und seiner Software für die Gewebezytometrie (d.h. die automatische und quantitative Analyse von molekularen Markern auf Einzelzellebene in ganzen Gewebeschnitten) ein Pionier auf diesem Gebiet und hat sich zu einem weltweit agierenden Trendsetter entwickelt, mit Niederlassungen und Büros auf allen Kontinenten.

Da es sich bei der medizinischen Diagnose um ein reguliertes Geschäft handelt und alle Systeme (sowohl Instrumente als auch reine Softwarelösungen) strengen rechtlichen und qualitativen Anforderungen genügen müssen, sind dem Einsatz von künstlicher Intelligenz in der Medizin „künstliche Grenzen“ gesetzt.

Nicht nur, dass Unternehmen, die solche Lösungen entwickeln, nach ISO 13485, der Verordnung über In-vitro-Diagnostika (IVDR), der Medizinprodukteverordnung (MDR) und/oder ähnlichen Regelwerken zertifiziert sein müssen, auch Haftungsfragen werden die Unternehmen in absehbarer Zeit weitgehend davon abhalten, echte digitale Diagnosen anzubieten, unabhängig davon, was technisch möglich sein wird. Stattdessen werden computergestützte Diagnosesysteme, ob sie nun auf KI basieren oder nicht, als technische Mittel zur Unterstützung menschlicher Experten als „Entscheidungsunterstützungssysteme“ eingesetzt.

Derzeit stehen wir noch vor technischen Herausforderungen, da die KI in der Medizin noch ein neues und wachsendes Feld ist. Außerdem müssen wir uns mit der Auffassung unserer Gesetzgeber auseinandersetzen – die wahrscheinlich die große Mehrheit der Patienten

Entzündliche Immunreaktionen entschlüsseln

In-situ-Analyse des Immunstatus einschließlich automatischer Gewebeklassifizierung und Distanzmessungen: Nachweis tertiärer lymphatischer Strukturen (die auf eine Immunantwort vor Ort hinweisen) und CD8+ zytotoxischer T-Zellen in Blasengewebe mit der preisgekrönten Analysesoftware StrataQuest von TissueGnostics.

der Arbeitskosten ein wichtiges, aber nicht das einzige Thema ist. Andere Triebkräfte der Entwicklung sind zumindest ebenso wichtig: (i) die Verbesserung der Datenqualität und der diagnostischen Präzision und (ii) die Bereitstellung von Qualitätsdaten für Patienten, die in einem Umfeld mit beschränkten Ressourcen leben – man denke nur an den weltweit zunehmenden Mangel an Pathologen und den begrenzten Zugang zu Gesundheitsdiensten in ruralen Gebieten und/oder Entwicklungsländern.

Um die Ursachen von Krankheiten zu verstehen und Therapien zu finden, müssen Daten und Wissen auf mehreren Ebenen integriert werden: Genetik, Proteinchemie, Interaktionen zwischen Enzymen und Hormonen, Immunreaktionen, toxikologische und pharmakologische Aspekte sowie kulturelle, soziale und Umwelteinflüsse.

Die Korrelation multiparametrischer Datensätze und die Ableitung effektiver Erkenntnisse in einem ganzheitlichen Ansatz wird jedoch schnell zu einem komplexen Unterfangen. Während die kognitiven Fähigkeiten

des menschlichen Gehirns und seine Fähigkeit, mit „unscharfen Daten“ umzugehen und in unterschiedlichsten Situationen zu interpolieren (d.h. Lösungen für nur teilweise verstandene oder in ihrer Kausalität sogar unbekannte Probleme zu finden, also eine Zwischenlösung zu finden), zweifelsohne bewundernswert sind, ist der Umgang mit Komplexität und das Erkennen multiparametrischer Zusammenhänge nicht die Stärke unserer neuronalen Schaltzentrale. Die Verarbeitung und Korrelation riesiger und komplexer Datenmengen ist jedoch genau die Stärke von KI-Systemen.

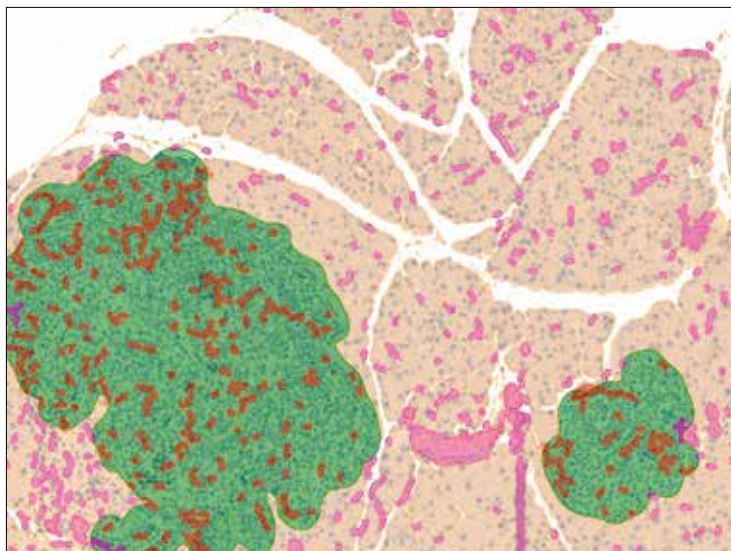
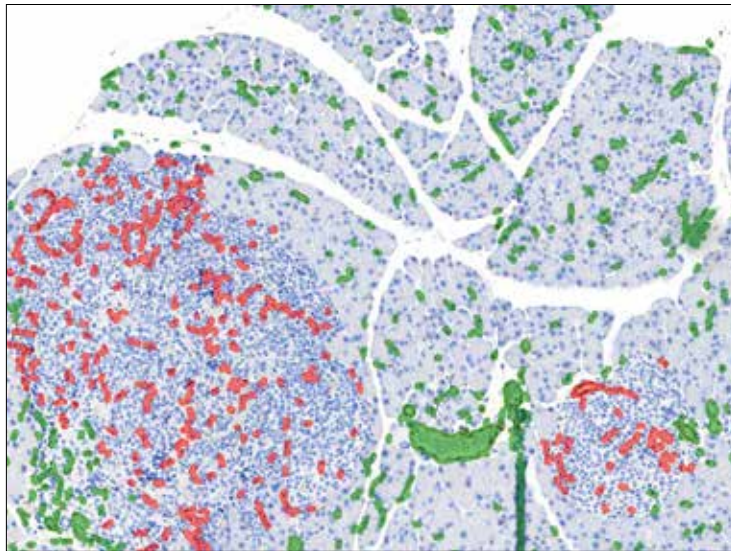
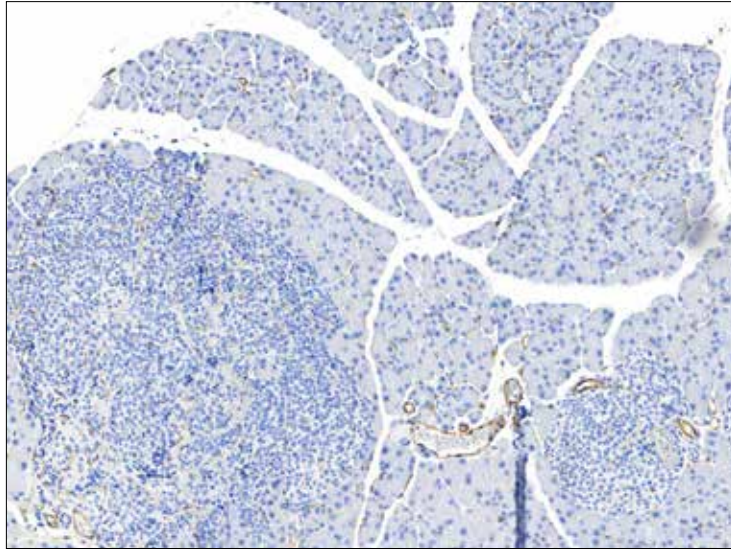
Die Kombination moderner biochemischer und genetischer Methoden mit neuesten Softwaretools und der Leistung von Computern ermöglicht den Übergang zur sogenannten Histopathologie der nächsten Generation. Während sich die klassische „digitale Pathologie“ auf die Digitalisierung von Objektträgern bezieht (die Analyse erfolgt jedoch weiterhin visuell), konzentriert sich dieser neue Ansatz auf die digitale Analyse. Das 2003 gegründete österreichische Unternehmen

vertreten –, dass diagnostische Entscheidungen von menschlichen Experten und nicht von Computern getroffen werden müssen. Diese Menschen müssen für ihre Entscheidungen Haftung übernehmen, wenn auch in unterschiedlichem Maße je nach Region, in der sie tätig sind.

Der Beitrag von TissueGnostics

Für die Zusammenarbeit mit der Wissenschaft hat sich TissueGnostics an zahlreichen kooperativen Forschungsprojekten mit Forschungseinrichtungen in ganz Europa beteiligt – darunter fünf von der EU geförderte Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Networks (ITN) wie HELICAL, ein Projekt mit Schwerpunkt auf maschineller, lerngestützter Gesundheitsinformatik, das von einer Forschungsgruppe am Trinity College in Dublin geleitet wird (<https://helicalitn.eu/about-us/>). Weitere Forschungspartner sind das Institut für Artificial Intelligence und Entscheidungsunterstützung an der Medizinischen Universität Wien und das Software Competence Center Hagenberg (SCCH) in Oberösterreich mit einem Projekt, das sich mit der Sicherheit für gemeinsam genutzte künstliche Intelligenzsysteme befasst (Projekt S3AI <https://www.s3ai.at/home.html>).

Gegenwärtig agiert TissueGnostics in einem globalen Umfeld mit hochdynamischen Technologien und einem pulsierenden Life-Science-Markt, mit neuen Akteuren, umfangreichen Investitionen und beachtlichen Erfolgen. Im September 2021 ließ die US Food and Drug Administration FDA (Behörde für Lebens- und Arzneimittel) zum ersten Mal in der Geschichte ein KI-basiertes System zur



Eine Vielzahl von Anwendungen in Forschung und Klinik

Die Histopathologie der nächsten Generation zeigt eine Gewebeklassifizierung und eine Analyse der Vaskularisierung im Pankreasgewebe. Solche Analysen sind nicht nur für ein besseres Verständnis von Diabetes, sondern auch von Alzheimer, Multipler Sklerose oder Covid-19-assoziierten Erkrankungen von Bedeutung.

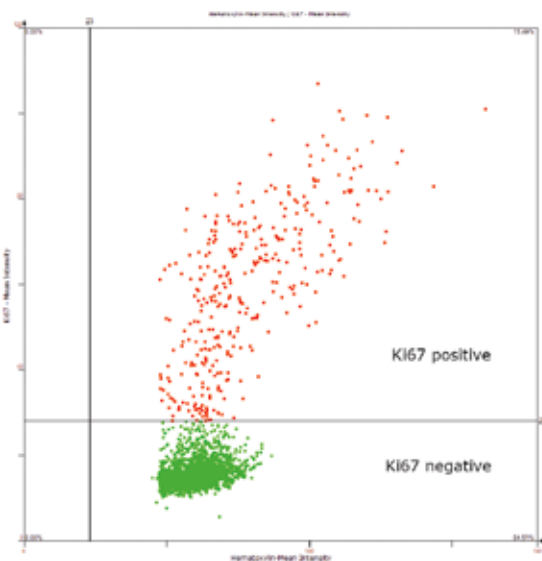
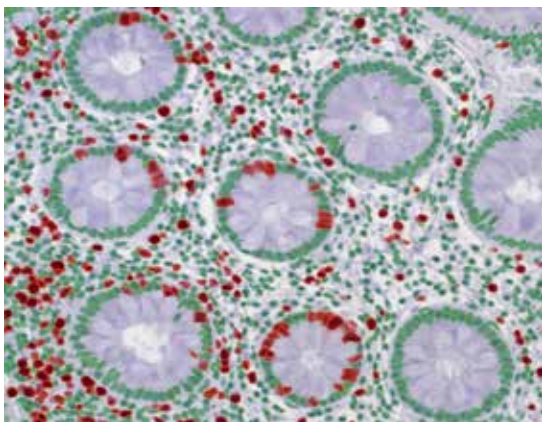
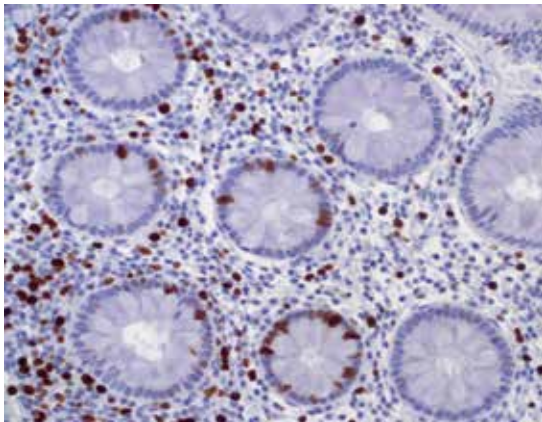
Entscheidungsunterstützung für die Diagnose von Prostatakrebs zu. Dies war ein wegweisendes Ereignis, das die Beschleunigung des globalen Entwicklungstrends zur KI-gestützten Präzisionsmedizin widerspiegelt und als Referenz für künftige Anwendungen dienen wird.

Aktuelle Herausforderungen

Zwei aktuelle Forschungsbereiche innerhalb der KI, die für die künftige Ausweitung der KI in der Medizin von entscheidender Bedeutung sind, betreffen (i) die Frage, wie Computer voneinander lernen können, und (ii) das Verständnis dafür, warum eine bestimmte KI-Technologie eine bestimmte Leistung erbringt.

Ein wesentlicher Unterschied zwischen biologischer und virtueller Intelligenz besteht darin, dass der Mensch sein ganzes Leben lang lernt und neues Wissen auf vorhandenem Wissen aufbaut, selbst wenn dieses Wissen zu ganz unterschiedlichen Bereichen gehört, während das Erlernen von Wissen aus einem anderen Bereich für ein KI-basiertes System in der Regel einen Neuanfang bedeutet. Die Anwendung eines bestehenden Algorithmus für maschinelles Lernen auf ein anderes Problem bedeutet, dass die Trainingsphase (das „Lernen“) von vorne beginnt – so als würde man einen Menschen wieder in den Kindergarten schicken, wenn er mit einem neuen Problem konfrontiert wird. Die biologische Intelligenz funktioniert nicht auf diese Weise, aber die künstliche Intelligenz schon.

Das zweite wichtige Thema, das insbesondere aus regulatorischer Sicht ansteht, betrifft die Tatsache, dass die meisten KI-Technologien wie maschinelles Lernen und Deep Lear-



Analyse einzelner Zellen

Einschließlich der Erkennung Ki67-positiver Zellen in IHC-gefärbtem Dickdarmgewebe unter Verwendung von StrataQuest.

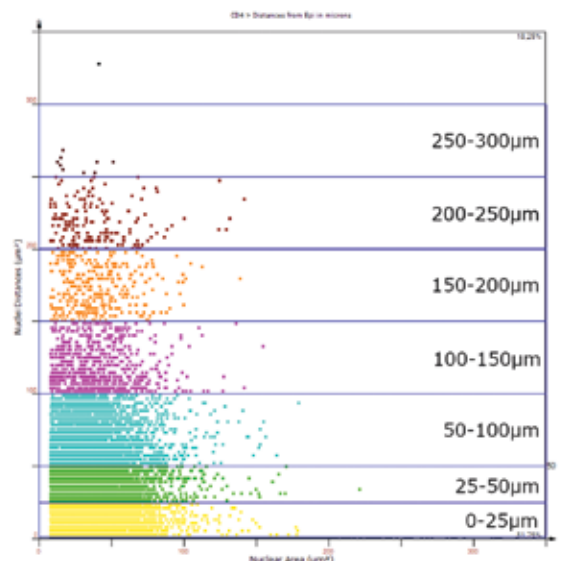
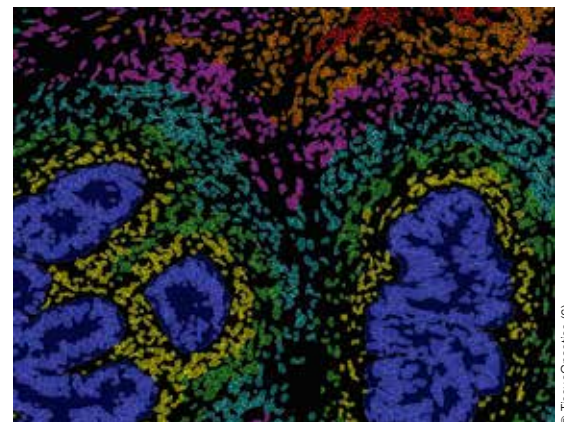
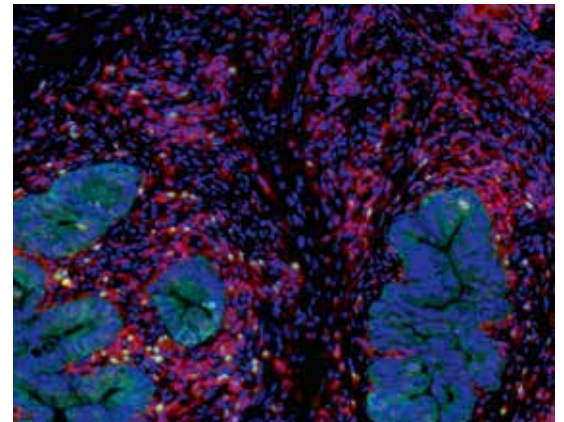
ning eine Art „Blackbox“ sind – menschliche Anwender definieren die Eingabe und beobachten die Ausgabe, verstehen aber nicht wirklich, warum das System eine bestimmte Ausgabe liefert. Das ist zumindest eine Herausforderung für die Entwicklungsbehörden und in gewissem Maße verunsichernd für die Patienten.

Bevor wir unser gesamtes Leben, einschließlich persönlicher Sicherheit und gesundheitsbezogener Entscheidungen, auf künstliche Intelligenz aufbauen – sollten wir dann nicht zumindest verstehen, wie KI funktioniert? Während die meisten von uns intuitiv mit „ja, natürlich“ antworten würden, könnten einige argumentieren, dass wir im Laufe der Menschheitsgeschichte biologische Intelligenz aufgebaut und uns auf sie verlassen haben und noch immer nicht ganz verstehen, wie sie funktioniert.

In Anbetracht des Status quo in allen Aspekten hinsichtlich verfügbarer Technologien, rechtlicher und regulatorischer Rahmenbedingungen, der Patientensicherheit, der gesellschaftlichen Akzeptanz und der gegebenen Unterschiede zwischen biologischer und künstlicher Intelligenz erscheint – zumindest derzeit – eine Kombination aus Computerleistung und menschlicher Gehirnleistung als der vorteilhafteste und buchstäblich kongenialste Ansatz.

Zukunft der digitalen Pathologie

Die Entwicklungslinie von Virchows Erkenntnis, dass Zellen die Quelle von Krankheiten sind, bis hin zu KI-gestützten Systemen zur Entscheidungsunterstützung wird jedoch mit



Analyse des Tumor-Immune-Microenvironments (TIME)

Einschließlich eingehender Phänotypisierung und Distanz-Messungen von IF-gefärbtem Darmkrebsgewebe (StrataQuest IF Immune Status in Situ App).

unserer Generation nicht zu Ende gehen oder in eine „finale Reifephase“ eintreten. Was wir heute miterleben, ist zweifellos spannend, aber nicht mehr als eine Momentaufnahme in der Geschichte.

Irgendwann – möglicherweise im späten 21. Jahrhundert – werden wir vielleicht virtuelle Ärzte haben, aber bis dahin ist es noch ein sehr langer Weg! Das Thema ist nicht nur ein technisches, sondern hat auch starke psychologische, kulturelle und soziale Aspekte. Die Frage lautet nicht „Werden Computer jemals in der Lage sein, Patienten zu diagnostizieren?“, denn wir gehen davon aus, dass die Antwort „Ja“ lautet – die erste Frage lautet „Werden die Patienten wollen/akzeptieren, von einem Computer diagnostiziert zu werden?“

Die heutige Computertechnologie würde ausreichen, um ein Passagierflugzeug ohne Piloten zu fliegen – dennoch sitzen in jedem Flugzeug zwei menschliche Piloten. Die Akzeptanz von Computern, die unser Leben kontrollieren, nimmt allgemein zu – in einigen Städten (z.B. in Singapur) sind die U-Bahnen vollständig computergesteuert, es gibt keinen Zugführer mehr, aber in anderen Teilen der Welt wird diese Idee weniger akzeptiert und die Umsetzung hinkt hinterher.

TissueFAXS Zytometer

Hochflexible Bildgebungs- und Analyseplattformen für IF/IHC-gefärbte Proben.



© TissueGnostics (2)

Es wird wahrscheinlich mehrere Jahrzehnte dauern, bis wir in Flugzeugen ohne menschliche Piloten fliegen werden. Bis KI-Systeme die technische Reife, die regulatorische Klarheit, aber auch die soziale Akzeptanz erreichen, dass wir einen virtuellen Hausarzt auf unser Mobiltelefon laden können, oder welches Kommunikationsmittel wir bis dahin auch immer haben werden, könnte es fast oder sogar mehr als ein Jahrhundert dauern. Die meisten unserer derzeitigen Erwartungen werden sich jedoch nicht erfüllen, da in der Zukunft disruptive Technologien auftauchen werden, die uns noch nicht bekannt sind! Diese Technologien werden jedoch die Entwicklung in einer

heute noch nicht absehbaren Weise beschleunigen und/oder in eine andere Richtung lenken.

Da der menschliche Geist der Schöpfer der KI ist, sollten wir aus philosophischer Sicht auch über die Frage nachdenken, ob künstliche Intelligenz ein „natürliches Phänomen“ ist – zumindest ist es der menschliche Geist.

Wir können davon ausgehen, dass sich die Entwicklung so fortsetzen wird, wie sie es in der Geschichte der Menschheit immer getan hat. Künstliche Intelligenz ist unvermeidlich – und unaufhaltsam.

Dr. Rupert Ecker ist Mitbegründer und CEO des österreichischen Medizintechnikunternehmens TissueGnostics GmbH

und Adjunct Professor an der Faculty of Health, School of Biomedical Sciences, an der Queensland University of Technology.

Dr. Rupert Ecker erklärt, dass die analytischen Lösungen von TissueGnostics es erlauben, mehrere Marker im Gewebe auf Einzelzellebene zu quantifizieren und damit ein wesentliches Werkzeug für die Präzisionsmedizin darstellen.

Daher ist TissueGnostics aktiv an akademischen Kooperationen beteiligt und führt sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene Forschungs- und Entwicklungsprojekte durch, um Lösungen an den Grenzen der Wissenschaft und der biomedizinischen Technologie anzubieten.



Intelligenz nur in sehr engem Sinne

••• Von Georg Dorffner

Ich arbeite seit Mitte der 1980er-Jahre mit neuronalen Netzen als Technik des maschinellen Lernens. Damals galten sie noch nicht als künstliche Intelligenz, aber heute ist KI fast ein Synonym für sie. So habe ich das Gefühl, dass ich mich im Herzen der KI befinde. Das Potenzial neuronaler Netze, insbesondere im Zusammenhang mit Deep Learning, ist groß, wenn es um das Erkennen und Aufspüren komplexer Muster geht, aber man muss die inhärenten Grenzen datenbasierter Ansätze berücksichtigen, d.h. die Systeme können nur so gut sein wie die Daten, die sie verwenden.

Zweifellos kann die KI als wertvolles Instrument zur Unterstützung des medizinischen Personals zu einer besseren Diagnose, Behandlung und Überwachung von Krankheiten beitragen. Sie kann auch da-



© Foto Wilke

zu beitragen, Diagnose- oder Überwachungsexpertise in Bereichen zu verbreiten, in denen nicht genügend Experten zur Verfügung stehen.

KI-Systeme sollten jedoch nicht dazu verwendet werden, medizinisches Personal zu ersetzen, auch nicht in scheinbar simplen Fällen, da die menschliche Komponente in der medizinischen Versorgung so wichtig ist, dass sie beibehalten werden muss. Medizin

ist viel mehr als nur Mustererkennung.

In meinem gesamten Berufsleben arbeite ich an der KI in der Medizin, also kann sie es nicht mehr beeinflussen, als sie es bereits getan hat. Die KI wird als Werkzeug in der Medizin weiterhin eine große Rolle spielen.

Einiges von dem, was derzeit im Bereich der KI geschieht, muss als Hype betrachtet werden, da die Möglichkeiten

datenbasierter Ansätze überschätzt werden. Dieser Hype wird in den nächsten Jahren abklingen, und KI-Anwendungen werden dort eingesetzt, wo sie am nützlichsten sind. Die Medizin im Jahr 2050 wird weitgehend durch halbautomatische Diagnose- und Überwachungsverfahren gekennzeichnet sein, die hoffentlich eine sichere und nützliche Datenspeicherung und -verarbeitung für jeden Patienten ermöglichen, aber sie wird immer noch auf menschliche Fähigkeiten der Kommunikation, Empathie und Kreativität angewiesen sein, um ein Gesundheitssystem auf hohem Niveau aufrechtzuerhalten.

Dr. Georg Dorffner ist außerordentlicher Professor am Institut für Artificial Intelligence, Zentrum für Medizinische Statistik, Informatik und Intelligente Systeme, Medizinische Universität Wien, Österreich.

Herausfordernd, spannend, unterstützend und genau

••• Von Katia Ramos
Moreira Leite

Aufgrund der weltweit sinkenden Zahl von Pathologen und der immer komplexeren Arbeitsbelastung besteht die Notwendigkeit, neue Technologien in der chirurgischen Pathologie zu entwickeln. Der Einsatz von KI ist unvermeidlich und wird bald Teil der täglichen Laborroutine sein.

Derzeit arbeiten wir an einer Studie, in der KI-Algorithmen zur Diagnose und zum Grading von Prostatakrebs auf der Grundlage von H&E-Proben eingesetzt werden. Durch die Arbeit mit KI-Algorithmen haben wir die Möglichkeit, die

Schwierigkeiten beim Erlernen der korrekten Bewertung der Läsionen zu beobachten. Eine Herausforderung besteht darin, dass KI-Algorithmen immer von Fachleuten des jeweiligen Wissensgebiets trainiert werden sollten. Dies bezieht sich auf Subspezialisten, denn es gibt eine Vielzahl von Aspekten, die berücksichtigt werden müssen, um eine korrekte Diagnose für eine bestimmte Krankheit zu stellen. Außerdem muss eine angemessene Anzahl von Bildern ausgewählt, mit Anmerkungen versehen und dem System vorgelegt werden, damit es lernt, anhand welcher Muster die Krankheiten erkannt werden müssen.

Das potenzielle langfristige Ziel eines solchen KI-basierten Algorithmus ist es, Pathologen bei ihrer Routinearbeit zu unterstützen. Die KI hat das Potenzial, sowohl beim Screening als auch bei Vorschlägen zur Diagnose eingesetzt zu werden, um Pathologen beim Handling von Patienten mit komplexeren Krankheiten zu unterstützen. Dies würde auch die Nutzung der Leistungsfähigkeit der KI-Algorithmen zur Analyse von morphologischen, immunhistochemischen und molekularen Daten zur Klassifizierung von Neoplasmen einschließen.

Die KI wird als zukünftige Notwendigkeit angesehen und sie wird Teil unserer Arbeit sein. Wir setzen die KI bereits



Z.N.G.

für das Screening der Zytologie von Gewebeproben ein, aber KI-gestützte Technologien werden immer leichter verfügbar sein und zu einem wesentlichen Bestandteil unserer Labore werden.

Katia Ramos Moreira Leite ist Assistenzprofessorin an der Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, Brasilien.

KI-gestützte medizinische Versorgung

••• Von *Zodwa Dlamini*

Die KI verbessert die Präzisionsonkologie und ist in Ländern mit niedrigem und mittlerem Einkommen (LMICs) anwendbar; sie verbessert weltweit die Frühdiagnose, die Prävention und die therapeutischen Ansätze zur Verbesserung der Therapieergebnisse und fördert den Abbau gesundheitlicher Ungleichheiten. Die KI ist für die Gesundheitssysteme förderlich, da sie mehr Gesundheitsdaten als bisher analysieren kann und Diagnostiktechniken verbessert. Sie kann ausgefeilte Berechnungen durchführen und das Ergebnis mit minimalem oder sogar ohne menschliches Eingreifen be-

stimmen. Die KI wird die Entdeckung von Krebsmedikamenten verbessern und verspricht einen effizienteren Umgang mit großen Datenmengen, die bei moderner Arzneimittelforschung anfallen. Es wird die Krebsdiagnostik, -prävention und -behandlung am Ort der Behandlung verbessern. Die KI wird die Automatisierung der Gesundheitssysteme in LMICs verbessern und den Mangel an gut ausgebildeten Gesundheits- und Fachkräften, der in Entwicklungsländern ein großes Problem darstellt, lindern. Das Pan African Cancer Research Institute (PACRI) hat sich zum Ziel gesetzt, Forschung von Weltrang zu betreiben, um Krebs in der afrikanischen Re-

gion und weltweit zu verstehen, zu verhindern und zu heilen. Das PACRI fördert interdisziplinäre Forschung mithilfe eines Kooperationsmodells, um neue Erkenntnisse in die Produktentwicklung zu übertragen, und bietet eine klinische Versorgung, die das Leben von Krebspatienten verbessert. Im PACRI geht es darum, die Grenzen der Präzisionsonkologie und Krebsprävention zu erweitern und neue Ansätze für die Frühdiagnose und Therapeutika zu entwickeln, um Therapieerfolge zu verbessern, gesundheitliche Ungleichheiten zu verringern und die Gesundheitssysteme in unterversorgten und sozioökonomisch benachteiligten Gemeinden in



z.Vg.

Südafrika und der afrikanischen Region zu stärken.

Prof. Zodwa Dlamini ist Gründungsdirektorin des PACRI, Universität von Pretoria, Südafrika.

DL fördert Präzisionsmedizin

••• Von *Isabella Ellinger*

Als Zellbiologin möchte ich die zellbiologischen Grundlagen menschlicher Krankheiten verstehen. Die quantitative Analyse von Mikroskopiebildern von Zellen und Geweben unterstützt meine Forschung und ermöglicht in klinischen Anwendungen die Erkennung, Diagnose und Prognose von Krankheiten. Als Teil eines interdisziplinären Projektteams wende ich derzeit Deep Learning, einen der vielversprechendsten Zweige der KI, auf histologische Bilder an, um die Erkennung, Klassifizierung und Segmentierung von Zellkernen und, darauf aufbauend, von Zellen im Gewebeverband zu verbessern. Der große Vorteil an Deep Learning-Methoden wie Convolutional Neural Networks (CNNs) ist, dass sie komplexe Merkmale, die Menschen möglicherweise nicht erfassen, erkennen und effizient extrahieren können.

Vorteile: Die KI kann nicht nur die Informationsextraktion

aus Mikroskopiebildern verbessern, sondern auch verschiedene Arten von Daten verbinden, einschließlich Bildern, Daten aus Omics-Technologien oder sogar elektronischen Gesundheitsakten. Dies hilft, unsere Vision der Präzisionsmedizin voranzutreiben.

Nachteile: KI-basierte (bio-)medizinische Werkzeuge sollten nicht darauf abzielen, medizinisches Fachpersonal oder Forscher zu ersetzen.

In den letzten Jahren wurden neue Modellsysteme wie dreidimensionale multizelluläre Sphäroide entwickelt, die als präklinische In-vitro-Modelle z.B. für die Krebsforschung verwendet werden können. Die Kombination solcher nahezu physiologischer Modellsysteme mit Bildgebungstechnologien und KI verspricht, unser Verständnis von Krankheiten von der Grundlagenforschung bis hin zu klinischen Anwendungen zu beschleunigen. Diese Art der Forschung erfordert jedoch eindeutig interdisziplinäre Forschungsteams. Die Arbeit in

und die Leitung von multidisziplinären Teams muss zu einer wesentlichen Forschungscompetenz werden, die die Universitäten in die Ausbildung der Studenten aufnehmen sollten.

Die Kombination von Mikroskopen und KI zur Beantwortung (bio-)medizinischer Fragen hat großes Potenzial. Neben den Forschungsanwendungen werden kleine und gleichzeitig intelligente Geräte entwickelt, welche die Arbeit von Ärzten, Pathologen und anderen medizinischen Fachkräften unterstützen. Dazu gehören beispielsweise Mikroskope, die eine simultane KI-gestützte Bildanalyse mit Echtzeitdarstellung der Ergebnisse für die Diagnose von Gewebebiopsien ermöglichen, oder KI-Systeme, die auf mobilen Geräten für Point-of-Care-Tests arbeiten.

Ich glaube, dass solche intelligenten Geräte, wenn ihre diagnostische Zuverlässigkeit anhand umfangreicher Datensätze validiert wurde, das Potenzial haben, den Zugang zur medizinischen Versorgung zu



z.Vg.

verbessern, die Prävention von Krankheiten zu unterstützen und das Gesundheitssystem zu entlasten. Die Erstellung der erforderlichen umfassenden Datensätze und validierter Algorithmen erfordert konzentrierte und globale Anstrengungen.

Assoc. Prof. Isabella Ellinger ist Zellbiologin und Leiterin der Forschungsgruppe „Pathophysiologie der menschlichen Plazenta“, Medizinische Universität Wien, Österreich.

KI in der Therapeutikaentwicklung

•• Von Stefan Barth

In enger Zusammenarbeit mit dem Institute for Advanced Simulation am Forschungszentrum Jülich (Deutschland) haben wir Hochleistungsrechnersimulationen dynamischer Proteininteraktionen eingesetzt, um die rekombinanten Immuntherapeutika, die wir entwickeln, rational zu verbessern. Vor Kurzem haben wir eine Zusammenarbeit mit der Computational Biology Group an der Universität Kapstadt begonnen, die darauf abzielt, Daten aus verschiedenen öffentlichen Quellen durch Anwendung statistischer Methoden, maschinellen Lernens und prädiktiver Modellierung zu analysieren und zu integrieren, um die am

besten geeigneten Angriffspunkte für die Immuntherapie zu ermitteln.

Offensichtliche Vorteile sind die Verwendung solcher computergestützter Plattformen, um (1) die Anzahl der biologischen Assays für Proof-of-Concept-Analysen zu reduzieren und (2) auf große Datensammlungen zuzugreifen, um konsolidierte Interpretationen über differenziell exprimierte Antigene abzuleiten, die durch geeignete Qualitätskontrollinstrumente bestätigt werden. Der unmittelbare Nachteil ist in beiden Fällen die Notwendigkeit, diese Daten durch geeignete biologische Referenzen zu bestätigen.

Die KI wird die rationale Entwicklung von zielgerichteten Therapien der nächsten Gene-

ration stark beeinflussen, die auf dem zunehmenden Wissen über pathophysiologische Veränderungen, die zu Krankheiten führen, sowie auf dem Design von Medikamenten der nächsten Generation mit erhöhter Effektivität basieren.

Die weitere Nutzung der KI im Bereich der medizinischen Biotechnologie wird einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung besserer zielgerichteter Therapeutika mit höherer Leistung und weniger Nebenwirkungen leisten und zur Identifizierung von Patienten beitragen, die am besten von solchen zielgerichteten Therapien profitieren, was zu einer deutlichen Verringerung von Behandlungsfehlern und damit zu einer Senkung der Gesamt-



kosten der Behandlung führen wird.

Prof. Dr. Dr. Stefan Barth hält den südafrikanischen Forschungslehrstuhl für Krebsbiotechnologie an der Universität von Kapstadt, Südafrika.

KI: Schlüssel für Medizin der Zukunft

•• Von Yu-Chuan Jack Li

Ich habe mich der Entwicklung der nächsten Generation von KI im Bereich der Patientensicherheit und Prävention („Earlier Medicine“) verschrieben und bin derzeit Präsident der International Medical Informatics Association (IMIA). KI könnte uns helfen, all das Wissen zu verwalten, das wir uns mit unserer begrenzten Gehirnkapazität zu merken versuchen. Die KI ist in der Lage, die Komplexität von Krankheiten zu erfassen und Ärzten geeignete Behandlungsmethoden aufzuzeigen.

Riesige Datenmengen müssen eingegeben werden, um KI und neuronale Netze zu trainieren. Wenn wir Daten mit Bias eingeben, werden die Ergebnisse verzerrt. Einer der Nachteile ist also die Frage, wie man an hochwertige und multidimensionale Big Data kommt. Mit anderen Worten, wie kann das Datenformat zwischen Krankenhäusern, Instituten und sogar auf weltweiter Ebene standardisiert



werden. Der zweite Punkt ist die Frage des Datenschutzes. Obwohl wir medizinische Daten entidentifizieren können, stellen Ihre persönlichen Genomdaten auch Ihre Familie dar. Was ist, wenn Verwandte diese Daten nicht preisgeben wollen?

Vorteile: Erstens kann die KI die Frühdiagnose verbessern und zu einer Präventivmedizin beitragen. Ich habe einige KI-Module mit lokalen und hochqualitativen Datensätzen durchgeführt und überprüft, dass sie funktionieren und für die Pati-

enten wertvoll sind. Zweitens kann die KI die Entwicklung neuer Medikamente beschleunigen. So könnten beispielsweise aus Tausenden von Verbindungen die infrage kommenden Arzneimittel und Strukturen ermittelt werden, was den Prozess möglicherweise von zehn Jahren auf ein Jahr verkürzt.

Als Dermatologe habe ich eine KI-basierte Software namens MoleMe entwickelt, um das Risiko von Muttermalen am menschlichen Körper zu ermitteln. Die Arbeit wurde im renommierten Fachmagazin *Journal of Immunology* publiziert.

Die Ärzte hoffen, dass die Patienten rechtzeitig in die Klinik kommen.

MoleMe hilft beim Screening von Muttermalen und erspart Ärzten und Patienten Zeit.

Wir können das Format medizinischer Datensätze voraussichtlich innerhalb von zehn Jahren standardisieren, um die Nutzung hochwertiger, multidimensionaler Big Data für das Training von KI zu erleichtern

und wertvolle Ergebnisse zu erzielen. Ich denke, dass wir im Jahr 2050 eine „Earlier Medicine“ erreichen können, die Früherkennung, Frühdiagnose und gegebenenfalls Therapien in frühen Stadien der Krankheitsentstehung umfasst. In einer „KI-optimierten und präventiven Welt“ werden die Menschen ein gesünderes Leben führen, da Krankheiten früh erkannt werden und somit zu geringen Kosten heilbar sind, zumindest im Vergleich zu den hohen Investitionen, die für teure Therapien bei Krankheiten im Spätstadium erforderlich sind. Die Kosten der KI sind vergleichsweise niedrig und garantieren Effizienz bei der Früherkennung und Diagnose von Krankheiten, sodass die Patienten ein längeres und gesünderes Leben führen können.

Yu-Chuan Jack Li MD, PhD, ist Distinguished Professor am Graduate Institute of Biomedical Informatics, Taipei Medical University.

KI als Chance in der Medizin

••• Von *Manuela Geiß*

Derzeit arbeite ich in Projekten über (i) Objektdetektion durch inkrementelles und schnelles Lernen mit wenigen Daten, (ii) Erklärbarkeit (Verständnis, warum ein KI-System tut, was es tut) und (iii) KI auf eingebetteten Geräten. Ich sehe ein großes Potenzial für KI, vor allem im Zusammenhang mit Biologie und Medizin, da hier riesige und schnell wachsende Datenmengen anfallen, die aufgrund ihrer Komplexität, der Störanfälligkeit und verborgener Zusammenhänge oft nur schwer zu verstehen sind. Man sollte jedoch nie vergessen, dass KI nicht immer die optimale Lösung ist, sondern dass es Aufgaben gibt, für die herkömmliche deterministische Algorithmen besser geeignet sind.

Pro und Kontra

+ Verarbeitung großer Datenmengen, Aufdecken von Mustern in Daten, die dem

menschlichen Auge sonst verborgen bleiben würden.

- + Unterstützung für Ärzte; nicht als Ersatz, sondern als Unterstützung bei sich wiederholenden Aufgaben. Gut in Arbeitsabläufe integriert, kann KI die Arbeit des Arztes beschleunigen und ihm mehr Zeit für seine Patienten lassen.
- + Die Leistung von KI-Algorithmen ist oft mit der von Menschen vergleichbar, aber Algorithmen werden nie müde.
- Die Wahrung der Privatsphäre wird ein wichtiges Thema sein, da Fehler hier große Probleme mit sensiblen Patientendaten verursachen können.
- Medizinische Daten sind oft verzerrt (z.B. Geschlecht). Einige Verzerrungen könnten unerkannt bleiben, sodass die resultierenden Modelle nicht für alle Anwendungen geeignet sind. (Z.B. könnten Medikamente, die auf der Grundlage von Patientendaten aus westlichen Ländern entwickelt wurden, in afrika-

nischen Bevölkerungen nicht wirken oder schädlich sein.)

KI wird neue Einblicke in biologische Fragestellungen liefern, die seit Jahren eine Herausforderung darstellen. (Ein prominentes Beispiel ist der Deepminds Deep Learning-Algorithmus „AlphaFold 2“ für die Vorhersage von 3D-Proteinstrukturen.) Insbesondere werden Erklärungsmethoden dringend benötigt. Ohne Erklärbarkeit und Verlässlichkeit von KI-Methoden wird fehlendes Vertrauen in diese Methoden ihre Anwendung in vielen Bereichen, insbesondere in der Medizin, stark einschränken.

Die Entwicklung von KI in den nächsten zehn Jahren wird durch die Integration von KI in industrielle Prozesse und medizinische Bereiche vorangetrieben, was Themen wie Erklärbarkeit, Privatsphäre und KI auf Endgeräten, aber auch Fragen zu ethischen und rechtlichen Regelungen, beinhaltet. Ich glaube, dass die Medizin im Jahr 2050 weitgehend mit



z.Vg.

KI verflochten sein wird, z.B. in Form von Ärzten, die durch KI unterstützt werden (Diagnose und Behandlung, Telemedizin, Verwaltungsabläufe usw.), intelligenten Krankenhäusern und der Selbstüberwachung des Körpers durch Edge-Geräte.

Insbesondere wird KI die Gesundheitsversorgung in armen Regionen erheblich verbessern und einen breiteren Zugang zu medizinischen Behandlungen in der ganzen Welt ermöglichen.

Dr. Manuela Geiß ist Senior Data Scientist und Researcher am Software Competence Center Hagenberg GmbH, Österreich.



z.Vg.

••• Von *Kim Blenman*

Seit mehr als einem Jahrzehnt setzen wir KI in der Pathologie ein, um einzelne Zellen, Zellpopulationen, Strukturen und die Gewebearchitektur zu identifizieren. Wir kombinieren diese Komponenten, um Krankheitsmechanismen und therapeutische Reaktionen besser in deren

Großer Nutzen für Patienten

natürlichen Gewebekontext zu verstehen. KI hat unsere Sichtweise auf die Pathologie verändert und hat hohes Potenzial, einen Einfluss auf die Patientenversorgung zu haben, und weiters, die großartige Arbeit, welche Pathologen bereits als Teil ihrer Routine leisten, zu erweitern. Menschen haben eine limitierte Fähigkeit, Muster in großen Mengen von hochkomplexen Daten zu erkennen. KI-Tools können diese Muster möglicherweise isolieren und sie in einem Kontext präsentieren, der für das menschliche Gehirn erfassbar ist. Um KI in der biomedizinischen Forschung und Medizin einzusetzen, müssen wir validierte Algorithmen haben, welche konsistente, genaue, zuverlässige und reprodu-

zierbare Ergebnisse liefern. Wir müssen bewährte Verfahren entwickeln, die zumindest Prozesse, Mechanismen und Vorlagen/Checklisten zur Harmonisierung von Studiendesigns, Training, Bewertung, statistischer Analyse, minimalen Metadaten und anderen Ergebnissen umfassen, die für den Einsatz der KI-Tools entscheidend sind. Wir verwenden eine begrenzte Anzahl von Informationen, die wir von unseren Patienten sammeln. KI könnte es uns potenziell ermöglichen, tiefer zu graben, mehr zu sammeln, mehr zu analysieren und damit einen größeren Nutzen für Patienten zu erzielen. Derzeit steckt die KI für die Pathologie noch in den Kinderschuhen. Einige der Limitationen für KI-Tools in der Patholo-

gie sind heute, dass sie tendenziell langsam sind (begrenzter Durchsatz), sperrig (große Dateien) und eine begrenzte statistische Leistung aufweisen (Genauigkeit, Präzision, Abruf/Sensitivität, Spezifität usw.). In den nächsten zehn Jahren wird sich dies voraussichtlich ändern, da wir bessere Möglichkeiten finden werden, unsere Algorithmen zu erstellen und auszuführen, unsere Daten zu speichern und unsere Ergebnisse zu testen. Im Jahr 2050 werden alle Bereiche der Medizin mindestens eine KI-Komponente in ihren Arbeitsabläufen haben.

Dr. Kim Blenman ist Assistenzprof. der Medizinischen Onkologie und Computer Science, Yale School of Medicine, USA.

KI-gestützte personalisierte Medizin

••• Von Lukas Fischer,
Manuela Geiß und
Bernhard A. Moser

Die personalisierte Medizin aus der Perspektive von Data Science und KI. Die fortschreitende Digitalisierung und KI haben das Potenzial, unser Gesundheitssystem durch eine verstärkte Patientenstratifizierung auf der Grundlage des individuellen biomedizinischen Profils und der Lebensumstände des Patienten zu verändern. Während die etablierte Medizin bei der Behandlung von Krankheiten aufgrund mangelnder Informationen oft nur nach dem Prinzip „Versuch und Irrtum“¹ vorgehen kann, wird die personalisierte Medizin einen prinzipientreueren Ansatz ermöglichen, indem sie die in den Daten enthaltenen Anhaltspunkte nutzt. Auf diese Weise wird die geplante personalisierte Medizin Fehlbehandlungen reduzieren und somit Medikamententoxizität, schwerwiegende Nebenwirkungen, reaktive Behandlungen und Fehldiagnosen verhindern oder abmildern. Maßgeschneiderte diagnostische und therapeutische Strategien, die sich aus der Datenanalyse ergeben, werden sich nicht nur auf die Behandlung auswirken, sondern auch auf die Vorbeugung und auf proaktive Behandlungsschemata, was zu geringeren Kosten und einer Verbesserung der Lebensqualität führt.

In diesem Zusammenhang werden die Digitalisierung und KI tiefgreifende Auswirkungen auf die gesamte Kette der Informationsverarbeitung, über die Veredelungspyramide von den Rohdaten bis hin zum hochgradigen Wissensgewinn haben, insbesondere

- von der Datenerfassung (z.B. Einzelzell-Omics, die genomische, epigenomische und proteomische Daten liefert;



© Software Competence Center Hagenberg

Mikroskopiezellbilder; Röntgenbilder usw.),

- hin zur Datenfusion in verschiedenen Maßstäben (molekular, mikroskopisch) und Modi (aufgrund unterschiedlicher Sensortechniken, z.B. Fluoreszenz unter der visuellen Auflösung versus Dunkelfeldmikroskopie),
- ihrer Analyse (z.B. Zellkernsegmentierung),
- bis zur Erstellung einer endgültigen medizinischen Bewertung (z.B. Wahrscheinlichkeit eines bösartigen Tumors).

So ist die personalisierte Medizin in erster Linie eine Frage der Datenwissenschaft, die nicht darauf abzielt, neue Medikamente für Patienten zu entwickeln, sondern Individuen in Subpopulationen zu strukturieren, die sich in ihren Eigenschaften unterscheiden, z.B. in Bezug auf ihr Ansprechen auf ein Therapeutikum für ihre spezifische Krankheit oder in Bezug auf eine phänotypische Ausprägung.

Herausforderungen und künftige Forschung

Jede Stufe dieser Informationsverarbeitungskette birgt spezifische Herausforderungen in Bezug auf die Erleichterung der Datenanalyse durch ma-

schinelles Lernen und schlussfolgernde Modelle, um den Wissensgewinn auf höherer Ebene aus dem Input auf niedrigerer Ebene zu synthetisieren.

Während die Modellsynthese auf höheren Ebenen eher mit der menschlichen Denkweise zusammenhängt, werden die Herausforderungen deutlicher, je höher wir in der Pyramide der Informationsverarbeitung aufsteigen. In diesem Zusammenhang besteht die Notwendigkeit, das sogenannte Narrow Machine Learning (ML) in Richtung **Relational ML**^{2,3} zu erweitern. Während Narrow ML darauf beschränkt ist, Modelle aus statistisch unabhängig und identisch verteilten (i.i.d.) Stichproben zu erstellen, zielt Relational ML darauf ab, auch kontextuelle Daten in Form von verknüpften Daten und Beziehungen zu berücksichtigen.

Auf der Ebene der Datensammlung, d.h. am unteren Ende der Pyramide, stehen wir vor allem vor Problemen im Zusammenhang mit dem Datennachweis, wie dem Phänomen der Datenverschiebung, z.B. aufgrund unterschiedlicher Lebensbedingungen oder der Genetik, dem Ungleichgewicht der verschiedenen Subpopulationen, dem Ungleichgewicht

der Datenqualität oder der Verfügbarkeit von Metadaten, z.B. aufgrund der Kosten, die durch die zeitaufwendige Annotation entstehen. Die größere Datenmenge kann daher einen paradoxen Effekt haben, wenn die Datenstichprobe gegen die Annahme unabhängiger und identisch verteilter Daten verstößt. Eine Datensatzverschiebung kann bei der Durchführung von Teststrategien wie der Kreuzvalidierung zu einer irreführenden Parameterabstimmung führen. Daher hängt die Entwicklung von Systemen des maschinellen Lernens weitgehend von den Fähigkeiten des Datenwissenschaftlers ab, solche Probleme zu untersuchen und zu lösen. Das ML-Teilgebiet des **Transfer-Lernens** befasst sich mit solchen Problemen, indem es das Wissen in der Quelldomäne nutzt, um die Leistung eines Algorithmus in einer verwandten (vermutlich verschobenen) Zieldomäne zu verbessern.

Am SCCH konzentrieren wir uns auf den gesamten Lebenszyklus der Software- und KI-Systementwicklung und befassen uns insbesondere mit (i) der Überwachung der Sicherheit, (ii) der KI-Modellierung, (iii) der Systementwicklung und (iv) Audit und Zertifizierung. Derzeit besteht das interdisziplinäre Team aus etwa 100 Forschern: Mathematikern, Daten- und Softwarewissenschaftlern.

Ein besonderer Schwerpunkt liegt auf datenschutzkonformen, übertragbarem und erklärbarem maschinellem und Deep Learning.

SCCH, www.scch.at, wurde 1999 von der Johannes Kepler Universität Linz (JKU) als österreichische außeruniversitäre RTO gegründet und nimmt am COMET-Programm der Österreichischen Forschungsförderungsgesellschaft (FFG) teil (<https://www.ffg.at/comet>).

¹ T. Ching, et al. Opportunities and obstacles for deep learning in biology and medicine. J. R. Soc. Interface. 2018. <http://doi.org/10.1098/rsif.2017.0387>

² Paulheim, H., 2017. Knowledge graph refinement: a survey of approaches and evaluation methods. Semantic Web 8(3), 489–508

³ M. Nickel, K. Murphy, V. Tresp, E. Gabrielovich. A Review of Relational Machine Learning for Knowledge Graphs. Proc. IEEE 104(1): 11–33 (2016)

Künstliche Intelligenz verändert die Fassade der klinischen Genomik

Gastkommentar

••• Von *Jyotsna Batra*

Die Analyse der gesamten genetischen Information eines Individuums (Genomik) ist zu einem konstitutiven Bestandteil der Biomedizin und Pharmakologie geworden. Die Anwendungen der Genomik im Bereich der Krankheitsdiagnostik und der therapeutischen Ausrichtung sind im letzten Jahrzehnt sprunghaft angestiegen. Der weltberühmte Fall von Angelina Jolie hat die genetische Untersuchung des BRCA-Gens auf Brustkrebs weithin bekannt gemacht. Während wir an der Front der Einzelgenmutationen sehr erfolgreich waren, macht die Integration und Interpretation gigantischer Datensätze, die durch aktuelle weltweite Sequenzierungs-/Genotypisierungsprojekte erzeugt werden, die Analyse fehleranfällig, wenn sie mit statistischen Standardansätzen angegangen wird, und sie ist mit menschlicher Intelligenz nicht durchführbar. Bei den KI-basierten Computer-Vision-Ansätzen wurden Fortschritte erzielt, und sie haben die FDA-Zulassung



z.Vg.

für eine Vielzahl klinischer Diagnosen erhalten, insbesondere für bildgebungsbasierte Diagnosen. Eine molekulare Diagnose aus einer Kombination von genomischen und phänotypischen Daten unter Verwendung der KI steckt jedoch noch in den Kinderschuhen, hat aber ein enormes Potenzial. Mehrere KI-gestützte Tools wurden vorgeschlagen, um die Identifizierung genetischer Varianten aus den neuesten Sequenzierungsdaten

der nächsten Generation sowie die Annotation des Genoms und die Klassifizierung der Varianten im Hinblick auf ihre Pathogenität zu unterstützen, damit möglicherweise gezielte Therapien für bestimmte Krankheiten durchgeführt werden können. So wurden beispielsweise KI-Algorithmen erfolgreich auf Varianten mit bekannter Pathogenität trainiert, wobei die Daten durch artenübergreifende Informationen ergänzt wurden.

In ähnlicher Weise haben Deep Learning-basierte Ansätze unsere Fähigkeit zur Erkennung von DNA-DNA- und DNA-Protein-Interaktionen sowie zur Annotation von regulatorischen Elementen erheblich verbessert und ermöglichen die Vorhersage des Einflusses genetischer Variationen auf diese Elemente, einschließlich der nicht-kodierenden RNAs. Dennoch sind für die umfassende Implementierung von KI in der klinischen Genomik in Hochrisikosituationen vorsichtige Ansätze bei der Auswahl der Methoden und die Berücksichtigung regulatorischer und ethischer Herausforderungen im Zusammenhang mit der Beschaffung und dem Datenschutz der zum Training der Algorithmen verwendeten Daten erforderlich.

A/Prof. Jyotsna Batra ist Laborleiterin des Molecular Genetics Lab am Translational Research Institute, Principal Research Fellow und Advanced Queensland Industry Research Fellow an der School of Biomedical Sciences, Queensland University of Technology, Brisbane, Australien.

Glossar

Deep Learning (tiefes Lernen)

Eine Art des maschinellen Lernens auf der Grundlage künstlicher neuronaler Netze, bei der mehrere Verarbeitungsebenen verwendet werden, um schrittweise höherwertige Merkmale aus Daten zu extrahieren.

Digitale Pathologie

Die digitale Pathologie, auch bekannt als Whole Slide Imaging (WSI) oder virtuelle Pathologie, kann als digitale Erfassung von gefärbten großflächigen Gewebeschnitten für eine digitale Visualisierung definiert werden.

Histologie

Die Untersuchung der mikroskopischen Struktur von Geweben.

Immunphänotypisierung

Ein Verfahren, bei dem Antikörper zur Identifizierung von Zellen auf der Grundlage von Antigenen oder Markern auf der Oberfläche der Zellen eingesetzt werden.

Künstliche Intelligenz

Theorie und Entwicklung von Computersystemen, die in der Lage sind, Aufgaben auszuführen, die normalerweise menschliche Intelligenz erfordern, wie z.B. visuelle Wahrnehmung, Spracherkennung, Entscheidungsfindung und Übersetzung diverser Sprachen.

Maschinelles Lernen

Einsatz und Entwicklung von Computersystemen, die in der Lage sind, zu lernen und sich anzupassen, ohne explizite Anweisungen zu befolgen, indem sie Algorithmen und statistische Modelle verwenden, um Muster in Daten zu analysieren und Schlussfolgerungen daraus zu ziehen.

Präzisionsmedizin

Medizinische Versorgung mit dem Ziel, die Effizienz oder den therapeutischen Nutzen für bestimmte Patientengruppen zu optimieren, insbesondere durch die Erstellung von genetischen oder molekularen Profilen.

Gewebezytometrie = Digitale Pathologie der nächsten Generation

Gewebezytometrie kann als die In-situ-Identifizierung und Quantifizierung der Expression molekularer Marker, zellulärer Phänotypen, mRNA, multizellulärer Gewebestrukturen usw. in der nativen Gewebeumgebung definiert werden. Die Gewebezytometrie ist in Bezug auf die phänotypische und funktionelle Analyse der Durchflusszytometrie gleichwertig, hat aber den Vorteil, dass die Integrität des Gewebes erhalten bleibt.

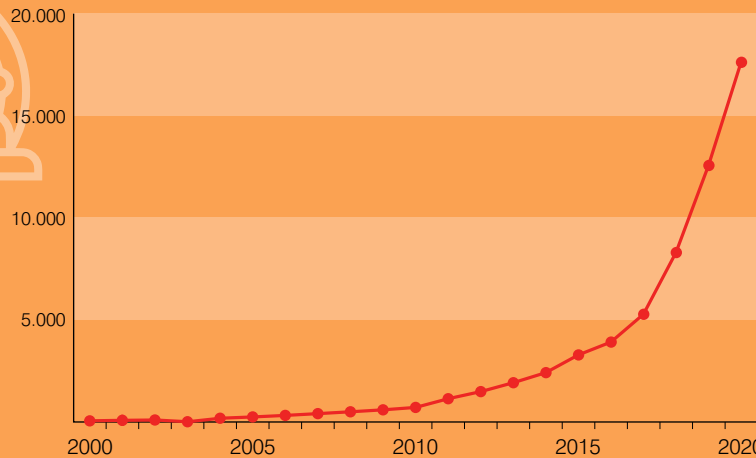
Zahlen & Fakten

Künstliche Intelligenz (KI) im Kontext des Gesundheitswesens oder der Biomedizin kann man als Modelle maschinellen Lernens bzw. Deep Learnings charakterisieren, d.h. als Algorithmen, die auf die Erkennung von Mustern spezialisiert sind.

2 Mrd. \$

Allein die USA werden in den nächsten fünf Jahren voraussichtlich mehr als das Vierfache des 2019 für KI-assoziierte medizinische Forschung ausgegebenen Betrags (2 Mrd. \$) investieren.

SUCHANFORDERUNGEN: MASCHINELLES LERNEN



98% Sensitivität

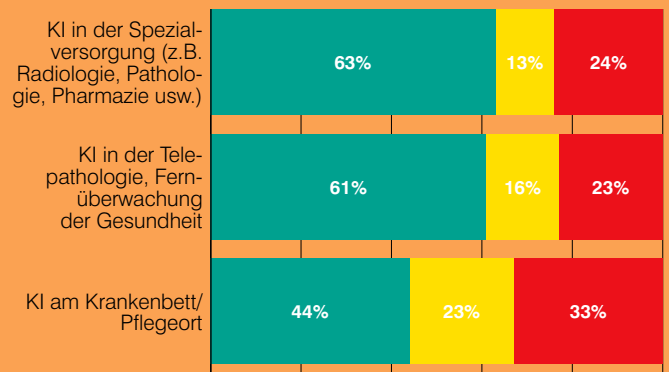
Die Universität von Pittsburgh hat 2020 einen KI-Algorithmus entwickelt, der Prostatakrebs mit einer Sensitivität von 98% und einer Spezifität von 97% erkennt.

10%

Die Bedeutung der KI in der Radiologie nimmt stetig zu, wie die Zahl der Verweise in wissenschaftlichen Publikationen zeigt. Zwischen 2015 und 2018 sehen wir einen Anstieg von 0 auf 10% aller Publikationen auf dem Gebiet der Radiologie, in denen die Verwendung von KI erwähnt wird.

WO LIEFERT KI BEREITS HEUTE EINEN MEHRWERT?

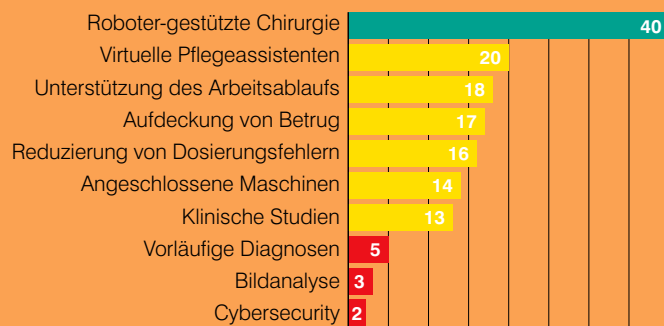
● Stimme zu ● Neutral ● Stimme nicht zu



150 Mrd. \$

Das Beratungsunternehmen Accenture prognostiziert, dass die KI-Medizinbranche auf mindestens 6,6 Mrd. \$ anwachsen wird, mit einer massiven jährlichen Wachstumsrate von 40%. Dies wird wahrscheinlich dazu führen, dass sich Technologien der künstlichen Intelligenz durchsetzen, was zu jährlichen Einsparungen von schätzungsweise 150 Mrd. \$ führen wird.

TOP 10 KI-ANWENDUNGEN IM GESUNDHEITSWESEN



Die 10 wichtigsten KI-Anwendungen im Gesundheitswesen und der Wert, den sie bis 2026 erzeugen werden, in Mrd. \$

CHRONISCHE KRANKHEITEN, DIE AM MEISTEN VON KI PROFITIEREN DÜRFTEN

