

Forum 2020 · 35:104–108

<https://doi.org/10.1007/s12312-019-00734-6>

Online publiziert: 7. Januar 2020

© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020



T. Neumuth

Medizinische Fakultät, Innovation Center Computer Assisted Surgery (ICCAS), Universität Leipzig, Leipzig, Deutschland

## Künstliche Intelligenz – Anwendungsbereiche in der Onkologie

Die moderne Medizin wird immer stärker durch neue Technologien beeinflusst. Diese leisten wesentliche Beiträge zur Realisierung von diagnostischen und therapeutischen Ansätzen [10]: Personalisierung von Therapieansätzen, Transformation von reaktiver hin zu proaktiven Ansätzen, Möglichkeit zur frühzeitigen Erkennung von Tendenzen aus einer Vielzahl klinischer Parameter sowie Bewertung des patientensubjektiv wahrgenommenen Behandlungserfolgs.

Das frühzeitige Erkennen und die Vorhersage von Krankheitsverläufen für passgenaue Diagnose- und Behandlungsentscheidungen werden durch die Digitalisierung unterstützt. Diese Entwicklung hat jedoch auch ihre Schattenseite: Das medizinische Fachpersonal sieht sich mit einer Flut an digital verfügbaren Informationen konfrontiert. Hier können informationstechnologische Ansätze aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz (KI) einen entscheidenden Beitrag leisten. Solche Ansätze sind sinnvolle Werkzeuge, um das am Behandlungsprozess beteiligte Personal bei der sinnvollen Nutzung der anfallenden Datenflut und bei der Erkennung von Mustern und Trends in den Verläufen klinischer Parameter zu unterstützen. Vernünftig eingesetzt werden

die Entscheidungsprozesse unterstützt, indem die Grenzen der menschlichen Aufnahme- und Verarbeitungskapazität kompensiert werden. Dabei verbleibt die Entscheidungsgewalt aber letztendlich weiterhin beim menschlichen Personal.

Im Folgenden sollen die verwendeten Begriffe „KI“ und „KI-Algorithmen“ nur als Oberbegriffe verstanden werden, um die Klarheit der Darstellung nicht einzuschränken. Tatsächlich verbirgt sich hinter diesen Begriffen eine Vielzahl von informationstechnischen Konzepten und methodischen Ansätzen. Für weiterführende Informationen und Klassifikationen sei auf allgemeine Glossare, z. B. [27], verwiesen.

### Anwendungen in der Onkologie

Anwendungen der KI haben heute unterschiedliche Stadien der Praxishöhe erreicht und werden in nahezu allen Bereichen der Medizin verwendet: von den Grundlagenwissenschaften, über die translationale Forschung bis hin zur klinischen Anwendung. In den vergangenen Jahren ist die Anzahl von KI-Anwendungen im Bereich der onkologischen Medizin stetig angestiegen. Grund hierfür ist v. a. die Komplexität von Krebserkrankungen, der mithilfe dieser Technologien sinnvoll entgegengetreten werden kann. In der translationalen onkologischen Forschung wurden KI-Anwendungen beispielsweise zur Prädiktion von Proteinstrukturen [24], zur Zellklassifikationen für Mitosestadien [8], zur Vorhersage von Zellentwicklungen [3], zur Medikamentenentwicklung mit Wirksamkeits- und Sensitivitätsprä-

diktion [1] und zur Toxizitätsvorhersage [26] angewandt.

Einer der am weitesten fortgeschrittenen KI-Anwendungsbereiche ist die Unterstützung des medizinischen Fachpersonals mithilfe onkologischer Bildgebung. Dabei wird die Diagnostik bei der Detektion, Klassifizierung und beim Tracking bzw. Monitoring von Läsionen oder Tumoren durch den Einsatz von KI unterstützt. Im Rahmen der Detektion werden Unregelmäßigkeiten in Bildern, wie etwa ungewöhnliche Muster oder Abnormalitäten, durch KI-Algorithmen erkannt. Anwendungen wurden für die Erkennung von Lungenknoten [11], Prostatakarzinomen [21] oder die Detektion von Läsionen in Mammogrammen [14] beschrieben. In Studien konnte auch gezeigt werden, dass die KI-gestützte Detektion der Erkennung durch Radiologen gleichwertig ist [15].

» Ein fortgeschrittener Anwendungsbereich ist die Unterstützung der onkologischen Bildgebung

Ähnlich der Tumorsegmentierung in radiologischen Bildern ist auch die histomorphologische Interpretation von mit Hämatoxylin-Eosin (HE) gefärbten Schnitten eine visuelle Aufgabe, die durch KI unterstützt werden kann. Im Rahmen der digitalen Pathologie wurde diese Anwendung z. B. für Mammakarzinome beschrieben [5]. Auch hier wurden bereits sehr gute Ergebnisse erreicht [6]. Weiterhin wurden im translationalen

#### Autor



**Prof. Dr. T. Neumuth**  
Universität Leipzig, Leipzig

Bereich bereits erste Arbeiten zur Korrelation von Phänotyp und Genotyp bei Lungenkrebs veröffentlicht [4].

Bei der Klassifizierung und Charakterisierung von Krebserkrankungen im Rahmen der Diagnostik und des Stagings werden KI-Algorithmen zur Segmentierung von Hirn- [12] oder Lungentumoren [22] und zur Volumenberechnung in Prostata-Magnetresonanztomogrammen [20] eingesetzt. Ebenso wurde eine Vielzahl von Anwendungen aus dem Bereich der klinischen Fotografie zur Klassifikation von Hautkrebsvarianten beschrieben [2, 7]. In diesen Bereichen wird der klinische Workflow durch den Einsatz von KI-Algorithmen partiell geändert. Infolgedessen erhöht sich die Screeningkapazität deutlich. Weiterhin ist es während der Behandlung notwendig, die Tumorgöße und -lokalisierungen im Körper nachzuverfolgen, um unbekannte Metastasen zu detektieren. Auch für diesen Bereich gibt es erste Arbeiten [13].

Die Kombination von Informationen aus klinischen Datenspeichern bildet die Basis für die Klassifizierung onkologischer Entwicklungsstadien und für eine patientenindividuelle Verlaufsprognose. Neben den Bilddatenbanken sind auch elektronische Patientenakten Informationsquellen, die für die Vorhersage von Verlauf und Morbidität mit Treffergenauigkeiten von bis zu 93 % verwendet wurden [17]. Frühzeitige Entwicklungen, wie z. B. IBM Watson, konnten dabei zwar nicht überzeugen [19], sie bilden aber eine wichtige Basis für aktuelle Entwicklungen von Entscheidungsunterstützungssystemen [16].

Neben der reinen Informationsebene zur Entscheidungsunterstützung der Onkologen kommen KI-Systeme auch zunehmend in der Therapieumsetzung, z. B. mithilfe medizintechnischer Systeme, zum Einsatz. Beispiele hierfür sind KI-gestützte Planungen für die Bestrahlungstherapie [23] oder intelligente Operationssäle mit situativer Unterstützung des Chirurgen [18].

Letztendlich sind natürlich auch der subjektiv wahrgenommene Behandlungserfolg und die Lebensqualität der Betroffenen entscheidende Erfolgskriterien. Sie stellen das Ziel der onko-

Forum 2020 · 35:104–108 <https://doi.org/10.1007/s12312-019-00734-6>  
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2020

T. Neumuth

## Künstliche Intelligenz – Anwendungsbereiche in der Onkologie

### Zusammenfassung

Die frühzeitige Erkennung und Vorhersage von onkologischen Krankheitsverläufen zur Unterstützung patientenindividueller Diagnose- und Behandlungsentscheidungen werden durch die zunehmende Digitalisierung in der Medizin unterstützt. In diesem Bereich gibt es ein großes Potenzial zur Anwendung von Technologien aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz (KI). Mittlerweile wurden KI-Anwendungen für nahezu alle Abschnitte des onkologischen Workflows, von der translationalen Forschung über die Diagnostik bis hin zur Therapieunterstützung, entwickelt. Einer der weiter fortgeschrittenen Anwendungsbereiche ist die Unterstützung der onkologischen Bildgebung. Hier wird die Diagnostik bei der Detektion, der Klassifizierung und

beim Tracking bzw. beim Monitoring von Läsionen oder Tumoren durch KI-Algorithmen unterstützt. Weiterhin sind Anwendungen aus der Entscheidungsunterstützung bei der Therapieauswahl, -planung und -umsetzung, z. B. bei der Radiotherapie oder chirurgischen Therapie, bekannt. Der Einsatz von KI-Anwendungen hat das Potenzial, die Medizin grundlegend zu transformieren. Gerade in der Onkologie können solche Systeme bei der Analyse großer Datenmengen und der Prädiktion klinischer Parameter wertvolle Unterstützung leisten.

### Schlüsselwörter

Präzisionsmedizin · Rechnergestütztes Denken · Problemlösung · Computerunterstützte Entscheidungsfindung · Algorithmen

## Artificial intelligence—applications in oncology

### Abstract

The increasing digitalization in medicine supports early detection of cancer and prediction of oncologic disease course, to enable patient-specific diagnosis and treatment decisions. There is huge potential for the application of artificial intelligence (AI) technologies in this area. Applications have now been developed for almost every section of the oncology workflow, from translational research to diagnostics and treatment support. One of the more advanced areas of application is support of oncological imaging. Here, diagnostics for detection, classification, and monitoring of lesions and tumors are supported by AI algorithms. In addition,

decision support applications for treatment selection, planning, and implementation, e.g., for radio- or surgical therapy, are known. The use of AI applications has the potential to fundamentally transform medicine. Particularly in oncology, such systems can provide valuable support in the analysis of large amounts of data and prediction of clinical parameters.

### Keywords

Precision medicine · Computer reasoning · Problem solving · Computer-assisted decision-making · Algorithms

logischen Behandlung dar und müssen deshalb messbar sein und zu den vorangegangenen diagnostischen und therapeutischen Schritten und Entscheidungen in Beziehung gesetzt werden [25].

## Einsatzszenarien für die Kooperation von Mensch und KI

Der Einsatz von KI-Algorithmen hat einen Einfluss auf die Tätigkeiten des beteiligten Personals. Das wirft u. a. die Frage auf, welche Rolle das Personal in KI-unterstützten Workflows einnehmen

wird und welche neuen Kooperations-szenarien vorstellbar sind.

Ausgehend vom Entwicklungsstand und von der Leistungsfähigkeit von KI-Algorithmen sind 5 Klassen vorstellbar (Abb. 1):

1. Die KI-Performanz ist der menschlichen überlegen. Sie arbeitet zuverlässiger, akkurater. Daher können Arbeitsaufgaben direkt an die KI delegiert und durch diese vollständig ausgeführt werden. In diese Klasse können z. B. Ansätze zur KI-gestützten automatisierten Auswertung von Bilddaten eingeordnet werden.

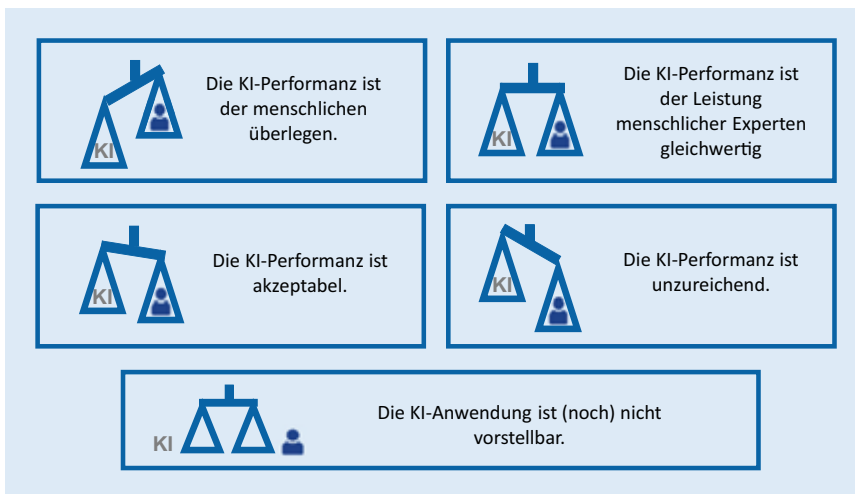


Abb. 1 ▲ Mensch-Computer-Interaktion für verschiedene Künstliche-Intelligenz-Performanz-Stufen

- Die KI-Performanz ist der Leistung menschlicher Experten gleichwertig, daher werden Arbeitsaufgaben an die KI delegiert. Der Mensch prüft das Arbeitsergebnis und bestätigt es.
- Die KI-Performanz ist akzeptabel, deswegen erledigt die KI die Mehrheit der Aufgaben. Das Personal überprüft und korrigiert die Ergebnisse.
- Die KI-Performanz ist noch unzureichend. Daher übernimmt die KI nur einzelne Subroutinen, die ihr vom Menschen zugewiesen werden.
- Weiterhin gibt es eine Reihe von Aufgaben, für die gegenwärtig ein Einsatz von KI nicht absehbar ist. Dies ist dann der Fall, wenn sich die Mensch-Mensch-Interaktion fundamental von der Mensch-Computer-Interaktion unterscheidet. In diese Klasse gehören z. B. das Mensch-zu-Mensch-Rapporting oder die emotionale Patientenunterstützung.

## Aktuelle Herausforderungen

Der aktuelle Entwicklungsstand der Technologie lässt das Potenzial der KI-Technologien in der Onkologie bereits erahnen. Eine noch zu lösende Herausforderung ist die Nachvollziehbarkeit und Erklärbarkeit: Es muss jederzeit belegbar sein, wie ein Analyseergebnis oder eine KI-Entscheidung zustande gekommen ist. Nahezu alle leistungsfähigen medizinischen KI-Anwendungen arbeiten gegenwärtig mit Algorithmen,

deren innere Struktur autonom durch den Computer erstellt wird. Deren Komplexität ist für den Menschen nicht mehr nachvollziehbar und eine Ergebnispersonalisierung somit nicht nachweisbar.

## » Noch zu lösende Herausforderungen sind die Nachvollziehbarkeit und die Erklärbarkeit

Beim Einsatzumfeld der Algorithmen gibt es zusätzlich eine Reihe praktischer und regulatorischer Herausforderungen, die für einen breiten KI-Einsatz angesprochen werden müssen. So werden die onkologischen Daten durch verschiedene Modalitäten erhoben und in verschiedenen Datenspeichern abgelegt. Zusätzlich sind diese noch über verschiedene Einrichtungen, wie z. B. niedergelassene Onkologen, Krankenhäuser, Labore, Radiologen, Rehabilitationseinrichtungen, verteilt. Aus regulatorischer Sicht gibt es aktuell keine konsistente Möglichkeit, auf alle diese Daten zuzugreifen und sie für eine umfassende Entscheidung zur Verfügung zu stellen. Das hierdurch entstehende Risiko ist eine Entscheidungsfindung unter unvollständiger Informationslage.

Die KI-basierten Systeme unterliegen den Anforderungen des Medizinproduktegesetzes. Während die US Food and Drug Administration ihre Anforderun-

gen an die Zulassung von KI-basierten Medizinprodukten zumindest in einer Handlungsempfehlung formuliert hat [9], sind europäische Ausgestaltungshinweise, insbesondere auch mit Blick auf autonom lernende KI-Systeme, noch nicht verfügbar.

Im klinischen Bereich ist es wichtig, das beteiligte Personal an den durch die KI verursachten Änderungen des Behandlungsprozesses zu beteiligen und entsprechend auszubilden. Wenn KI-Systeme die Durchführung diagnostischer und therapeutischer Maßnahmen übernehmen, werden die Überwachung der korrekten Anwendungen der Technologien durch Informationsinterpretation und die Patientenbetreuung zunehmend an Gewicht gewinnen.

## Fazit

Der Einsatz von KI hat das Potenzial, die Medizin grundlegend zu transformieren. Gerade in der Onkologie können solche Systeme beim Umgang mit großen Datenmengen wertvolle Unterstützung leisten, etwa bei der Analyse und Prädiktion klinischer Parameter. Die aktuellen Herausforderungen liegen im technologischen und regulatorischen Bereich, sind jedoch alle lösbar.

## Korrespondenzadresse

**Prof. Dr. T. Neumuth**  
Medizinische Fakultät, Innovation Center  
Computer Assisted Surgery (ICCAS), Universität  
Leipzig  
Simmelweisstr. 14, 04103 Leipzig, Deutschland  
thomas.neumuth@medizin.uni-leipzig.de

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** T. Neumuth gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

## Literatur

- Artemov AV, Putin E, Vanhaelen Q et al (2016) Integrated deep learned transcriptomic and structure-based predictor of clinical trials outcomes. bioRxiv:095653

2. Brinker TJ, Hekler A, Enk AH et al (2019) Deep learning outperformed 136 of 157 dermatologists in a head-to-head dermoscopic melanoma image classification task. *Eur J Cancer* 113:47–54
3. Buggenthin F, Buettner F, Hoppe PS et al (2017) Prospective identification of hematopoietic lineage choice by deep learning. *Nat Methods* 14:403–406
4. Coudray N, Ocampo PS, Sakellaropoulos T et al (2018) Classification and mutation prediction from non-small cell lung cancer histopathology images using deep learning. *Nat Med* 24:1559–1567
5. Dong F, Irshad H, Oh E-Y et al (2014) Computational pathology to discriminate benign from malignant Intraductal proliferations of the breast. *Plos One* 9:e114885
6. Ehteshami Bejnordi B, Veta M, van Johannes van Diest P et al (2017) Diagnostic assessment of deep learning algorithms for detection of lymph node metastases in women with breast cancer. *JAMA* 318:2199–2210
7. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA et al (2017) Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 542:115–118
8. Eulenberger P, Köhler N, Blasi T et al (2017) Reconstructing cell cycle and disease progression using deep learning. *Nat Commun* 8:1–6
9. Food, Administration D (2019) Proposed regulatory framework for modifications to artificial intelligence/machine learning (AI/ML)-based software as a medical device (saMD)
10. Hood F (2011) Predictive, personalized, preventive, participatory (P4) cancer medicine. *Nat Rev Clin Oncol* 8:184–187
11. Huang X, Shan J, Vaidya V (2017) Lung nodule detection in CT using 3D convolutional neural networks. In: 2017 IEEE 14th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2017), 379–383
12. Işın A, Direkoğlu C, Şah M (2016) Review of MRI-based brain tumor image segmentation using deep learning methods. *Procedia Comput Sci* 102:317–324
13. Khorasani R, Erickson BJ, Patriarche J (2006) New opportunities in computer-aided diagnosis: change detection and characterization. *J Am Coll Radiol* 3:468–469
14. Kooi T, Litjens G, van Ginneken B et al (2017) Large scale deep learning for computer aided detection of mammographic lesions. *Med Image Anal* 35:303–312
15. Lehman CD, Wellman RD, Buist DSM et al (2015) Diagnostic accuracy of digital screening mammography with and without computer-aided detection. *JAMA Intern Med* 175:1828–1837
16. Lemke HU, Cypko M, Berliner L (2012) Information integration for patient-specific modelling using MEBNs: example of laryngeal carcinoma. *Int J Comp Assist Radiol Surg* 7(S1):246–248
17. Miotto R, Li L, Kidd BA, Dudley JT (2016) Deep patient: an unsupervised representation to predict the future of patients from the electronic health records. *Sci Rep* 6:26094
18. Pirllich M, Stöhr M, Neumuth T, Dietz A (2019) The intelligent ENT operating room of the future. *Laryngorhinootologie* 98:1–14. <https://doi.org/10.1055/a-0751-3537>
19. Somashekhar SP, Sepúlveda M-J, Puglielli S et al (2018) Watson for Oncology and breast cancer treatment recommendations: agreement with an expert multidisciplinary tumor board. *Ann Oncol* 29:418–423
20. Tian Z, Liu L, Fei B (2018) Deep convolutional neural network for prostate MR segmentation. *Int J Comput Assist Radiol Surg* 13:1687–1696
21. Tsehay YK, Lay NS, Roth HR et al (2017) Convolutional neural network based deep-learning architecture for prostate cancer detection on multiparametric magnetic resonance images. In: Armato SG, Petrick NA (Hrsg), *Proceedings of SPIE, Orlando*, id 1013405. <https://doi.org/10.1117/12.2254423>
22. Vivanti R, Joskowicz L, Karaaslan OA, Sosna J (2015) Automatic lung tumor segmentation with leaks removal in follow-up CT studies. *Int J CARS* 10:1505–1514
23. Wang C, Zhu X, Hong JC, Zheng D (2019) Artificial intelligence in radiotherapy treatment planning: present and future. *Technol Cancer Res Treat*. <https://doi.org/10.1177/1533033819873922>
24. Wang J, Cao H, Zhang JZH, Qi Y (2018) Computational protein design with deep learning neural networks. *Sci Rep* 8:1–9
25. Zebralla V, Pohle N, Singer S et al (2016) Introduction of the screening tool oncofunction for functional follow-up of head and neck patients. *Laryngorhinootologie* 95:118–124. <https://doi.org/10.1055/s-0035-1549858>
26. Zitnik M, Agrawal M, Leskovec J (2018) Modeling polypharmacy side effects with graph convolutional networks. *Bioinformatics*. <https://doi.org/10.1093/bioinformatics/bty294>
27. Künstliche Intelligenz. <https://www.spektrum.de/lexikon/neurowissenschaft/kuenstlicheintelligenz/6810>. Zugriffen: 04. November 2019