



Medizinische Universität Graz
Postgraduate School

Masterarbeit

Wahrnehmungen und Erwartungen zu Anwendungen Künstlicher Intelligenz in der radiologischen Diagnostik

Eine fragebogenbasierte Erhebung unter Assistenzärzt*innen und Fachärzt*innen
der Radiologie in der Steiermark

eingereicht von

Dr.med.univ. et scient.med. Gabriel Adelsmayr

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Business Administration

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt im

**Universitätslehrgang MBA in Health Care and Hospital
Management**

unter der Anleitung von Betreuer

Ao.Univ.-Prof. Dr.med.univ. Helmut Schöllnast, MBA

Graz, am 25.04.2024

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, am 25.04.2024

Zusammenfassung

In dieser Masterarbeit wurden die Wahrnehmungen und Erwartungen zu Anwendungen Künstlicher Intelligenz (KI) in der Radiologie von Radiolog*innen und Ärzt*innen in Ausbildung zum Sonderfach Radiologie in der Steiermark untersucht.

Ziel der Studie war es herauszufinden, ob KI als Chance zur Verbesserung und Effizienzsteigerung oder als Bedrohung durch Ersetzbarkeit von Radiolog*innen angesehen wird.

Hierfür wurde ein Fragebogen mit 20 multiple-choice Fragen basierend auf existierenden Fachpublikationen erstellt und an intra- und extramural tätige Radiolog*innen in der Steiermark per E-Mail versendet. Die Umfrage fokussierte darauf, ob eine Ambivalenz in der Einstellung gegenüber KI-Anwendungen existiert, die möglicherweise von früheren Erfahrungen und Kenntnisstand über KI abhängt.

Die Ergebnisse der Studie zeigten eine grundsätzlich positive Einstellung der teilnehmenden Radiolog*innen gegenüber KI, mit einer hohen Bereitschaft zur Anwendung zertifizierter KI-Software in der radiologischen Diagnostik. Es herrscht eine allgemeine Erwartung, dass KI die Arbeitsbelastung und das Einkommen positiv beeinflussen wird. Trotzdem gibt es Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Leistungsfähigkeit von KI im Vergleich zu menschlichen Radiolog*innen. Eine Mehrheit der Befragten sprach sich für eine stärkere Einbindung von Radiolog*innen in die Entwicklung von KI-Technologien aus. Dies deutet auf die Notwendigkeit hin, sich im Fachbereich der Radiologie intensiver mit KI auseinanderzusetzen.

Zusammenfassend deutet die vorliegende Studie auf eine Diskrepanz zwischen der generell positiven Einstellung von Radiolog*innen zu KI und deren realer Anwendung im klinischen Alltag sowie den erwarteten zukünftigen Entwicklungen in der Performance von KI-Anwendungen in der Radiologie hin. Eine stärkere Beteiligung von Radiolog*innen in der Entwicklung und Implementierung von KI-Systemen könnte die Akzeptanz und effektive Nutzung dieser Technologien verbessern.

Abstract

In this master's thesis, the perception and evaluation of Artificial Intelligence (AI) in radiology by radiologists and medical trainees specializing in radiology in Styria were investigated.

The goal of the study was to determine whether AI is seen as an opportunity for improvement and efficiency enhancement or as a threat to the replaceability of radiologists.

For this purpose, a questionnaire with 20 multiple-choice questions, based on existing specialist publications, was created and sent to radiologists working intra- and extramurally in Styria via e-mail. The survey focused on whether there is ambivalence in the attitude towards AI applications, which may depend on previous experiences and knowledge about AI.

The results of the study showed a generally positive attitude of radiologists towards AI with a high willingness to use certified AI software in radiological diagnostics. There is a common expectation among radiologists that AI will positively influence workload and income. Nevertheless, there are uncertainties regarding the future performance of AI compared to human radiologists. A majority of respondents advocated for a stronger involvement of radiologists in the development of AI technologies. This indicates the necessity for a more intensive engagement with AI in the field of radiology.

In summary, the study points to a discrepancy between the overall positive attitude towards AI among radiologists and its real application in clinical practice, as well as future developments in the expected performance of AI applications in radiology. Greater involvement of radiologists in the development and implementation of AI systems could improve the acceptance and effective use of these technologies.

Inhalt

Abkürzungsverzeichnis	6
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis	10
1. Einleitung.....	12
1.1. Künstliche Intelligenz: Historische Entwicklungen und Begriffsdefinitionen	12
1.2. Künstliche Intelligenz in der Radiologie.....	16
1.2.1. Anwendungen der Künstlichen Intelligenz in der Radiologischen Diagnostik: Entwicklungen, Status quo und Ausblick.....	16
1.2.2. Gesundheitsökonomische Evaluierungen von Künstliche-Intelligenz- Anwendungen in der Medizin und im Speziellen im Sonderfach Radiologie..	19
1.2.3. Wahrnehmung von Künstliche Intelligenz-Anwendungen durch Radiolog*innen	23
1.3. Rechtliche und ethische Aspekte von Anwendungen Künstlicher Intelligenz unter besonderer Berücksichtigung des medizinischen Umfeldes ...	25
1.4. Implementierung neuer Technologien: Das <i>Technology Acceptance Model</i> und die <i>Unified Theory of Acceptance and Use of Technology</i>	27
2. Methoden.....	29
2.1. Fragestellung und Relevanz der Studie	29
2.2. Methoden der Datenerhebung	30
2.3. Ethische und datenschutzrechtliche Überlegungen	34
2.4. Studienpopulation	35
2.5. Statistische Methoden und Datenauswertung.....	36
3. Ergebnisse.....	37
3.1. Demografische Daten der Fragebogenteilnehmer*innen	37
3.2. Ausbildungsstand und Vorerfahrungen der Fragebogenteilnehmer*innen mit KI	39

3.3. Wahrnehmungen und Erwartungen der Fragebogenteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie.....	42
3.4. Subgruppenanalysen der Fragenkategorie „Wahrnehmungen und Erwartungen der Fragebogenteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie“	51
3.4.1. Frage 10: Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?	52
3.4.2. Frage 13: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?	53
3.4.3. Frage 14: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?.....	55
3.4.4. Frage 15: Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?	56
4. Diskussion	58
5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen	66
6. Referenzen	67

Abkürzungsverzeichnis

KI	Künstliche Intelligenz
CAD	Computergestützte Diagnose
CT	Computertomografie
DM	Digitale Mammografie
DBT	Digitale Brusttomosynthese
USD	U.S. Dollar
ICER	Inkrementelles Kosten-Effektivitäts-Verhältnis
TAM2	Technology Acceptance Model 2
UTAUT	Unified Theory of Acceptance and Use of Technology
ESR	European Society of Radiology

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Schematische Darstellung der 3 unterschiedlichen Formen maschinellen Lernens (adaptiert nach Choy et al. ⁶).....	15
Abb. 2 Relative Altersverteilung der Umfrageteilnehmer*innen	37
Abb. 3 Relative Geschlechterverteilung der Umfrageteilnehmer*innen.....	38
Abb. 4 Relative Verteilung der Arbeitsstätten der Umfrageteilnehmer*innen.....	38
Abb. 5 Relative Verteilung der Ausbildungsstände der Umfrageteilnehmer*innen	39
Abb. 6 Relativer Anteil der Umfrageteilnehmer*innen mit abgeschlossener Habilitation/ Venia Docendi.....	39
Abb. 7 Relative Verteilung der radiologischen Tätigkeitsfelder der Umfrageteilnehmer*innen.....	40
Abb. 8 Relatives Verhältnis der Selbsteinschätzung der Umfrageteilnehmer*innen zu eigenem Wissen über KI.....	40
Abb. 9 Relative Verteilung der bisherigen Anwendung von KI in der radiologischen Diagnostik unter den Umfrageteilnehmer*innen	41
Abb. 10 Relative Verteilung der Bereitschaft der Umfrageteilnehmer*innen, KI in der radiologischen Diagnostik einzusetzen	42
Abb. 11 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzt wird.....	43
Abb. 12 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob der Einsatz von KI in den nächsten 5-10 Jahren das Einkommen von Radiolog*innen verringern wird	43
Abb. 13 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren erleichtern wird	44
Abb. 14 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird	45
Abb. 15 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden	45

Abb. 16 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, wie sie bei Diskrepanz der KI-Diagnose zur eigenen radiologischen Diagnose weiter vorgehen würden	46
Abb. 17 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob sich die Umfrageteilnehmer*innen mit ihrem heutigen Wissen über KI wieder für eine Karriere als Radiolog*innen entschieden hätten.....	47
Abb. 18 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob Radiolog*innen mehr in die Entwicklung von KI-Technologien eingebunden werden sollen	47
Abb. 19 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Umfrageteilnehmer*innen selbstfinanzierte KI-Weiterbildungen besuchen würden	48
Abb. 20 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Anwendung von KI in der Radiologie gesetzlich reguliert werden sollte	49
Abb. 21 Relative Verteilung der generellen Einstellung der Umfrageteilnehmer*innen gegenüber dem Einsatz von KI in der Radiologie	50
Abb. 22 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen.....	52
Abb. 23 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen.....	52
Abb. 24 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?“ in Abhängigkeit von der Selbsteinschätzung zu KI-spezifischen Wissen der Umfrageteilnehmer*innen....	53
Abb. 25 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen	53
Abb. 26 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen.....	54
Abb. 27 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10	

Jahren verbessern wird?“ in Abhängigkeit zur Selbsteinschätzung zu KI-spezifischem Wissen der Umfrageteilnehmer*innen	54
Abb. 28 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen	55
Abb. 29 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen.....	55
Abb. 30 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?“ in Abhängigkeit zur Selbsteinschätzung zu KI-spezifischem Wissen der Umfrageteilnehmer*innen	56
Abb. 31 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen	56
Abb. 32 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?“ in Abhängigkeit von der Selbsteinschätzung zu KI-spezifischem Wissen der Umfrageteilnehmer*innen.....	57
Abb. 33 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen	57

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Absolute Altersverteilung der Umfrageteilnehmer*innen	37
Tabelle 2 Absolute Geschlechterverteilung der Umfrageteilnehmer*innen	38
Tabelle 3 Absolute Verteilung der Arbeitsstätten der Umfrageteilnehmer*innen ...	38
Tabelle 4 Absolute Verteilung der Ausbildungsstände der Umfrageteilnehmer*innen	39
Tabelle 5 Absoluter Anteil der Umfrageteilnehmer*innen mit abgeschlossener Habilitation/ Venia Docendi.....	40
Tabelle 6 Absolute Verteilung der radiologischen Tätigkeitsfelder der Umfrageteilnehmer*innen.....	40
Tabelle 7 Absolutes Verhältnis der Selbsteinschätzung der Umfrageteilnehmer*innen zu eigenem Wissen über KI.....	41
Tabelle 8 Absolute Verteilung der bisherigen Anwendung von KI in der radiologischen Diagnostik unter den Umfrageteilnehmer*innen.....	41
Tabelle 9 Absolute Verteilung der Bereitschaft der Umfrageteilnehmer*innen, KI in der radiologischen Diagnostik einzusetzen	42
Tabelle 10 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird	43
Tabelle 11 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob der Einsatz von KI in den nächsten 5-10 Jahren das Einkommen von Radiolog*innen verringern wird.....	44
Tabelle 12 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren erleichtern wird	44
Tabelle 13 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird	45
Tabelle 14 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden	46

Tabelle 15 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, wie sie bei Diskrepanz der KI-Diagnose zur eigenen radiologischen Diagnose weiter vorgehen würden.....	46
Tabelle 16 Absolute Verteilung der Umfrageergebnisse, ob sich die Umfrageteilnehmer*innen mit ihrem heutigen Wissen über KI wieder für eine Karriere als Radiolog*innen entschieden hätten.....	47
Tabelle 17 Absolute Verteilung der Umfrageergebnisse, ob Radiolog*innen mehr in die Entwicklung von KI-Technologien eingebunden werden sollen	48
Tabelle 18 Absolute Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Umfrageteilnehmer*innen selbstfinanzierte KI-Weiterbildungen besuchen würden	48
Tabelle 19 Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Anwendung von KI in der Radiologie gesetzlich reguliert werden sollte.....	49
Tabelle 20 Absolute Verteilung der generellen Einstellung der Umfrageteilnehmer*innen gegenüber dem Einsatz von KI in der Radiologie	50

1. Einleitung

1.1. Künstliche Intelligenz: Historische Entwicklungen und Begriffsdefinitionen

Als Computer und das Konzept der künstlichen Intelligenz (KI) in den 1940er und 1950er Jahren fast gleichzeitig entwickelt wurden, erkannte die Medizin schnell ihre potentielle Bedeutung und ihren Nutzen.^{1, 2} Im Jahr 1959 postulierten Kieve Brodman und Kollegen, dass "die Erstellung korrekter diagnostischer Interpretation von Symptomen ein in jeder Hinsicht logischer und so vollständig definierter Prozess sein kann, dass er von einer Maschine ausgeführt werden kann".³ Einige Jahre später schrieb William B. Schwartz: "Die wichtigste Auswirkung der Computerwissenschaft wird womöglich sein, dass sie die intellektuellen Funktionen der Ärztinnen ergänzen und in einigen Fällen weitgehend ersetzen wird können."⁴ In den späten 1970er Jahren machte sich jedoch eine Ernüchterung betreffend die vielversprechenden genannten Visionen breit, unter anderem auch der schwachen damaligen Rechenleistung der zur Verfügung stehenden Computer/ Maschinen geschuldet. Die beiden wichtigsten Ansätze in der Medizin, regelbasierte Systeme und Matching- oder Mustererkennungssysteme, stellten sich in der Praxis als nicht so erfolgreich dar, wie man erhofft hatte. Die regelbasierten Systeme machten sich die Hypothese zunutze, dass Expertenwissen aus vielen unabhängigen, situationsspezifischen Regeln besteht und dass Computer Expertenwissen simulieren können, indem sie diese Regeln in Ketten von Schlussfolgerungen aneinanderreihen. Im Gegensatz dazu versuchten die Matching-Strategien, klinische Merkmale von Patient*innen mit einer Datenbank von gespeicherten Profilen abzugleichen.⁵

In den 1990er und Anfang der 2000er Jahre konnten Maschinen bereits bestimmte medizinische Aufgaben, die sich wiederholten und daher anfällig für menschliche Fehler waren, erfolgreich ausführen, auch wenn die Computer langsam und der Speicherplatz begrenzt war. Heutzutage sind viele, durch maschinelles Lernen unterstützte medizinische Aufgaben, wie z.B. Leukozytenzählung und EKG-Auswertung, weitgehend akzeptiert und in die alltägliche Praxis der Medizin integriert. Die Ausführung dieser maschinellen Aufgaben ist nicht perfekt und erfordert oft eine qualifizierte Person zur Überwachung des Prozesses, aber in

vielen Fällen kann sie durchwegs hilfreich sein, wenn Bilder relativ schnell interpretiert werden müssen und es an lokalem Fachwissen mangelt.

Die Frage, die sich dadurch zunehmend mit den nun gigantischen technischen Fortschritten auf dem Gebiet der KI Anwendungen in der Medizin aufdrängt, lautet: Wenn KI und Algorithmen des maschinellen Lernens auf klinisch nützliche "Apps" reduziert werden können, werden sie dann in der Lage sein, sich ihren Weg durch Berge von klinischen, genomischen, metabolomischen und umweltbezogenen Daten zu bahnen, um eine präzise Diagnose zu ermöglichen?⁵

Im Folgenden soll eine Begriffsdefinition der wichtigsten Termini, welche im Rahmen von Diskussionen zu KI-Anwendungen und in der vorliegenden Arbeit verwendet werden, erfolgen:

- Künstliche Intelligenz: Ein Zweig der Computerwissenschaft, der versucht, intelligente Entitäten zu verstehen und zu entwickeln, die oft als Softwareprogramme instanziiert werden.²
- Maschinelles Lernen („machine learning“): Ein Bereich der Informatik, der Algorithmen verwendet um Muster in Daten zu erkennen.
Überwachte („supervised“) Methoden des maschinellen Lernens funktionieren mittels Eingabe-Ausgabe-Korrelation in der "Trainingsphase" und der Verwendung dieser ermittelten Korrelationen zur Vorhersage der korrekten Ausgabe in neuen Fällen. Unüberwachtes („unsupervised“) maschinelles Lernen zielt darauf ab, zugrundeliegende Muster in nicht gekennzeichneten bzw. nicht zugeordneten Daten zu erkennen und kann zum Beispiel Sub-Cluster der Originaldaten oder Ausreißer in den Daten identifizieren, oder niedrigdimensionale Darstellungen der Daten erstellen.²
Verstärktes („reinforced“) maschinelles Lernen ist Lernen an den Folgen von Interaktionen mit einer Umgebung/ Umwelt, ohne dass es explizit gelehrt wird.⁶
- Deep Learning: Ein Teilbereich der größeren Disziplin des maschinellen Lernens. Beim Deep Learning werden künstliche neuronale Netzwerke mit vielen Schichten implementiert, um Muster in Daten zu erkennen.²

- Neuronale Netzwerke: Das Konzept der neuronalen Netze ist aus dem biologischen System der Neuronen entstanden. Ein neuronales Netz im visuellen Kortex kann die Begrenzungen eines auf der Netzhaut repräsentierten Objekts erkennen.⁷

Ein künstliches neuronales Netzwerk besteht aus einer Eingabeschicht von Neuronen, einer oder mehreren "versteckten Schichten" und einer Ausgabeschicht. Jede versteckte Schicht besteht aus einer Reihe von Neuronen, wobei jedes Neuron vollständig mit allen Neuronen der vorherigen Schicht verbunden ist. Damit das Netz die richtigen Ergebnisse liefert (z. B. die korrekte Erkennung und Klassifizierung von Befunden auf Bildern), müssen die Gewichtungen der Verbindungen unter den Neuronen auf geeignete Werte eingestellt werden, die durch einen Trainingsprozess geschätzt werden.⁶

Ein neuronales Faltungsnetzwerk (convolutional neuronal network) besteht aus einer Reihe von "Faltungsschichten" und funktioniert als Merkmalslernen auf der Grundlage räumlicher Merkmale, vermittelt durch mehrere Kanäle (channels).⁷

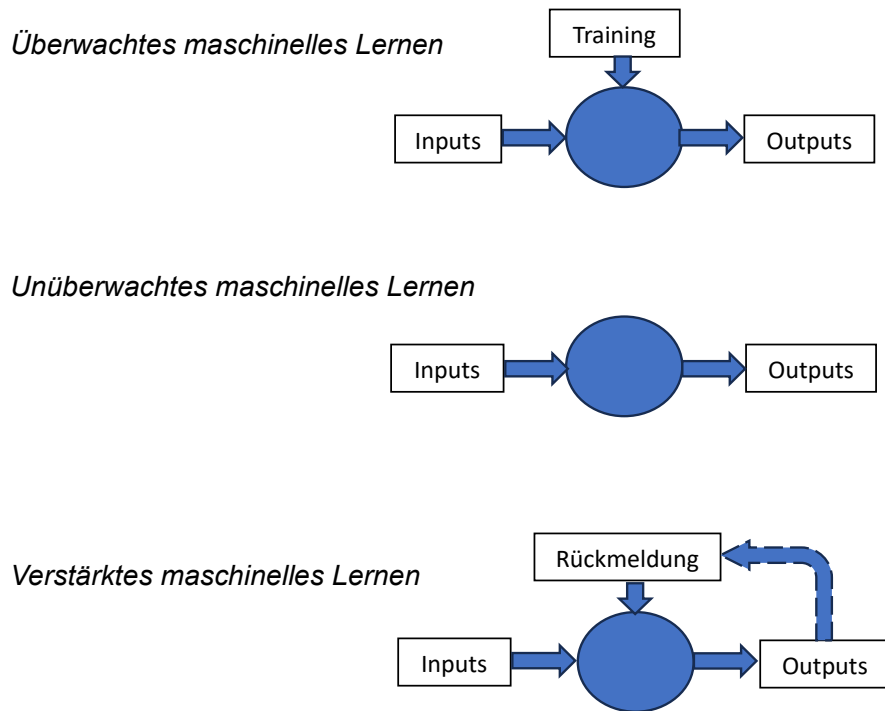


Abb. 1 Schematische Darstellung der 3 unterschiedlichen Formen maschinellen Lernens (adaptiert nach Choy et al.⁶).

1.2. Künstliche Intelligenz in der Radiologie

1.2.1. Anwendungen der Künstlichen Intelligenz in der Radiologischen Diagnostik: Entwicklungen, Status quo und Ausblick

Die Fachdisziplin Radiologie ist in der Medizin eine relativ neue Richtung, die mit der Entdeckung und medizinischen Anwendung von Röntgenstrahlen durch Wilhelm Konrad Röntgen am 08.11.1895 ihre Grundsteinlegung hatte. Was als ursprüngliche Beschränkung auf einfache Röntgenuntersuchungen begann, entwickelte sich mit der Erfindung und medizinischen Anwendung der Computertomographie und Magnetresonanztomographie in den in den 1970er und 1980er Jahren als eigenständiges, mittlerweile im klinischen Routinebetrieb unentbehrliches Arbeitsfeld. Untersuchungen von Organen oder Krankheitszuständen, die davor klinisch durch erfahrene Ärzt*innen mehr oder weniger valide und reliabel durchgeführt wurden, konnten nun durch Bildgebung objektiv dokumentiert und theoretisch standardisiert beurteilt werden. Es entstand mit der Einführung der Bildgebung in der Medizin praktisch schlagartig ein immenser Wissenszuwachs, was sowohl die Interpretation der Untersuchungsbilder angeht, als auch die technische Durchführung der Untersuchungen.

Mitte der 80er Jahre begann die Radiologie die computergestützte Diagnose (CAD) als eine Möglichkeit zur Unterstützung von Radiolog*innen zu untersuchen.⁸ Seit Mitte der 2010er Jahre gibt es ein Interesse an Techniken des maschinellen Lernens in fast allen Bereichen, in denen Daten klassifiziert oder analysiert werden.

Die Arbeit der Radiolog*innen, in der die KI eingreifen kann, besteht im Wesentlichen aus drei Teilen: Der Interpretation und Analyse der Bilder, der Erstellung von Befunden und der weiterführende Beratung von bzw. Empfehlungen für die überweisenden Ärzt*innen und Patient*innen.⁹

In den letzten 15 Jahren kam es zu einer massiven Zunahme der Arbeitsbelastung von Radiolog*innen während des Bereitschaftsdienstes, wobei die steigende Anzahl von CT-Untersuchungen für diesen Anstieg hauptverantwortlich ist.¹⁰ In den nächsten Jahren wird mit einer weiteren Zunahme der Arbeitsbelastung gerechnet, auch aufgrund der zunehmenden wissenschaftlichen Fortschritte auf dem Gebiet der Radiologie. Die Ergebnisse einer Studie¹¹ zeigten, dass > 60 % der jüngsten wissenschaftlichen Erkenntnisse im Bereich der radiologischen Bildgebung direkt in

der diagnostischen Radiologie umgesetzt werden können, um die Patient*innenversorgung zu verbessern. Allerdings würden fast 50% dieser Untersuchung die Arbeitsbelastung erhöhen, während weniger als 5% die Arbeitsbelastung verringern würden. Daher wird die prognostizierte Gesamtarbeitsbelastung der diagnostischen Radiolog*innen voraussichtlich steigen. Entgegen der ursprünglichen Intention von KI-Anwendungen in der Radiologie postulierten die Autor*innen, dass die meisten aktuellen KI-Anwendungen in der medizinischen Bildgebung nicht den gewünschten Effekt der Arbeitsbelastungsreduktion haben, da sie in der Regel zusätzliche Nachbearbeitungs- und Interpretationszeit erfordern, anstatt nahtlos in den Arbeitsablauf integriert zu werden und die Aufgaben der Radiolog*innen zu übernehmen. Daraus folgerten die Autor*innen, dass es keine wissenschaftliche Grundlage für Entscheidungsträger gibt, die KI als Begründung zu nehmen, den Personalbestand in der Radiologie nicht zu erhöhen oder die Kostenerstattung für bildgebende Verfahren zu kürzen.¹¹

In der Diskussion um die prognostizierte zunehmende Arbeitsbelastung von Radiolog*innen darf auch die daraus womöglich resultierende negative Auswirkung auf die bereits beträchtliche Burn-Out Prävalenz nicht außer Acht gelassen werden.¹²

Wenn es um die Daten zum „Training“ von KI-Systemen bezüglich radiologischer Bildverarbeitung geht, gibt vor allem zwei Herausforderungen zu bewältigen: Zugang zu einer ausreichenden Datenmenge und ausreichende Datenvielfalt, die eine realistischen Auswahl der klinischen Arbeitsumfelds repräsentiert.¹³

Damit ein KI-Algorithmus klinisch nützlich sein kann, muss er mit Daten trainiert werden, die die Varianz der Patient*innenpopulation und deren Krankheitsbilder repräsentieren. Bei einer routinemäßigen Datenerhebung zeigt die Mehrheit der verfügbaren Fälle Krankheitsmuster, die als relativ einfache Fälle angesehen werden. Die Fälle von subtilen Krankheitsbildern sind hingegen relativ seltener. Es ist daher notwendig, eine ausreichend große Anzahl an subtilen Fällen im Datensatz zu haben, da gezeigt wurde, dass eine große Anzahl von ähnlichen oder einfachen Fällen zu Verzerrungen der KI-Ausgabeergebnisse führen können.¹⁴

Damit Daten zum „Training“ von KI-Systemen angewandt werden können, müssen sie außerdem von ausreichender Qualität sein und mit einheitlichen Parametern erhoben werden.⁷

Ein zusätzliches Problem bei der Verwendung von Bilddaten zur Schulung von KI-Systemen liegt darin, dass der weitverbreitete Ansatz des überwachten Lernens den Einsatz von gekennzeichneten Daten für das Training und die Validierung voraussetzt. Die Kennzeichnung („labeling“) der Bilder erfordert eine manuelle Bearbeitung durch Radiologinnen und Radiologen, was diesen Vorgang sehr zeitaufwendig und kostspielig gestaltet.⁷

Im Folgenden wird als konkretes Beispiel zur KI-Anwendungen in der Radiologie die derzeitige Studienlage zu KI-unterstützter Brustkrebserkennung vorgestellt.

KI-Systeme könnten dazu verwendet werden, verdächtige Brustläsionen auf Mammogrammen automatisch zu erkennen und zu klassifizieren, indem sie die Wahrscheinlichkeit eines bösartigen Befundes zuordnen und so Radiolog*innen beim Lesen von Bildern der digitalen Mammographie (DM, entspricht einer klassischen 2D-Röntgenaufnahme) und der digitalen Brusttomosynthese (DBT; entspricht einem speziellen Verfahren, bei dem „pseudo-3D“ Bilder durch Anwendung von 2D Röntgenaufnahmen generiert werden) unterstützen.

Die Screening-Mammographie ist eine ideale Anwendung für CAD, da hier viele Fälle von einer begrenzten Anzahl von Radiolog*innen, die in der Mammographie ausgebildet sind, befundet werden.⁷ Eine große Studie von Lehmann et al. kam allerdings zu dem Schluss, dass CADs nicht die Diagnosegenauigkeit der Mammographie verbessert.¹⁵ Ein ganzheitlicher Ansatz zur Reduktion der Arbeitsbelastung im Mammographie-Screening-Prozess besteht darin, künstliche Intelligenz nicht nur für die Identifizierung verdächtiger Brustläsionen einzusetzen, sondern vor allem auch für die Erkennung eindeutig unauffälliger Mammographien. Durch den automatisierten Ausschluss dieser Fälle aus dem Arbeitsablauf der Radiolog*innen kann eine effektive Arbeitsentlastung durch eine gezielte Triage erzielt werden. Allerdings muss die Sensitivität bei der Erkennung von Brustkrebs durch KI-Systeme sorgfältig gegen die Rückrufquote der Patientinnen abgewogen werden, um Überdiagnosen, Überbehandlungen und letztlich eine höhere Arbeitsbelastung zu vermeiden.¹⁶

In retrospektiven Studien führte der Einsatz von KI zum Ausschluss wahr negativer Mammogramme zu einer erheblichen Verringerung der Arbeitsbelastung, wobei die Leistung bei der Krebserkennung mit der von Radiolog*innen vergleichbar blieb.¹⁷

18

In einer weiteren retrospektiven Studie kamen die Autor*innen zum Schluss, dass die KI als eigenständiges Erkennungsprogramm die Radiolog*innen bei der Interpretation von digitalen Mammografie-Bildern ersetzen kann, nicht aber bei der Interpretation von DBT-Bildern, ohne die Recall-Rate deutlich zu erhöhen.¹⁹

Eine ähnliche Studie folgerte anhand ihrer Ergebnisse, dass mit Hilfe eines KI-Systems Radiolog*innen die Krebserkennung verbessern und die Bildinterpretationszeit bei der Auswertung von DBT-Untersuchungen verringern konnten.²⁰

In vielen Brustkrebsfrüherkennungsprogrammen ist es üblich, dass 2 Radiolog*innen unabhängig voneinander die Mammografien befunden und einen Konsensbefund erstellen. Eine große prospektive Studie in Schweden zeigte anhand von Mammografien, dass die Entdeckungsrate von Brustkrebs bei Erstbefundung der Bilder durch Radiolog*innen plus KI als zusätzliche Befunder nicht schlechter war im Vergleich zur Doppelbefundung durch zwei Radiolog*innen. Darüber hinaus war die Entdeckungsrate nicht schlechter, wenn eine Einzelbefundung durch die KI erfolgte, im Vergleich zu einer Doppelbefundung durch zwei Radiolog*innen.²¹

1.2.2. Gesundheitsökonomische Evaluierungen von Künstliche-Intelligenz-Anwendungen in der Medizin und im Speziellen im Sonderfach Radiologie

Die Feststellung, dass ein Lungenkrebs-Screening Leben retten kann und Empfehlungen zur erfolgreichen Implementierung eines Lungenkrebs-Screening mittels Computertomografieuntersuchung, mit besonderem Augenmerk auf die Definition der profitierenden Risikopopulation, wurde bereits unter anderem 2017 in einem Europäischen Positionspapier dargelegt.²²

Ziegelmayr et al.²³ führten im Jahr 2022 eine Untersuchung zur Cost-Effectiveness der KI-Unterstützung des computertomografischen Lungenkrebs-Screening²⁴ durch.

In ihrer Studie zeigten Ziegelmayr et al., dass ein modernes KI-Modell (neuronales 3D-convolutional network) eine kosteneffektive Methode für das Basisscreening ist. Die Studienautor*innen stellten fest, dass der Einsatz eines KI-Systems für das Screening im Vergleich zum aktuellen Low-Dose-CT-Screening bis zu einem Preis von 68 USD pro KI-System-Anwendung ein negatives inkrementelles Kosten-Effektivitäts-Verhältnis (ICER) aufweist. Das bedeutet, dass bis zu diesem Preis pro Patient*innenscan die Nutzung eines KI-Systems zu niedrigeren Kosten und gleichzeitig zu einer gesteigerten Effektivität führt.

Die Autor*innen wiesen allerdings darauf hin, dass eine Einschränkung ihrer Studie darin besteht, dass lediglich eine Kosten-Nutzen-Analyse für den initialen Screening-Scan durchgeführt wurde. In diesem Kontext erwies sich der Einsatz eines KI-Modells als kosteneffiziente Methode für das Low-Dose-CT-Screening zur Früherkennung von Lungenkrebs.²³

Ein anderes Anwendungsgebiet, für welches eine Cost-Effectiveness Analyse zu KI-Anwendungen durchgeführt wurde, ist die radiologische Erkennung von großen intrakraniellen Gefäßverschlüssen in Rahmen eines akuten Schlaganfalles.

Leeuwen et al.²⁵ konnten in ihrer Studie im Rahmen eines „early health technology assessment“ zeigen, dass KI-Software für die unterstützte Erkennung von intrakraniellen großen Gefäßverschlüssen bei ischämischen Schlaganfall das Potenzial hat, das Outcome zu verbessern und Gesamtkosten zu sparen. In dieser Studie wurde gezeigt, dass die Kostenvorteile langfristig erzielt werden und die kurzfristigen Kosten für die Software, die in der Regel von der radiologischen Abteilung oder dem Krankenhaus getragen werden, gegenzurechnen sind. Diese Beobachtung könnte einen Beitrag zur Debatte über Investitionen, finanzielle Verantwortlichkeit und Kostenerstattung für den klinischen Einsatz von KI-Technologie liefern.²⁵

Bezüglich des Einsatzes von KI in der Mammografie stellten Mayo und Leung²⁶ fest, dass die wichtigste Voraussetzung, die KI in diesem Zusammenhang erfüllen muss, die Verbesserung der Leistung der Mammographie ist. Die Sensitivität der

derzeit verfügbaren computerassistierten Erkennungssysteme („CAD“)^{27, 28} zur Detektion von verdächtigen Veränderungen in Mammografien ist akzeptabel, der größte Nachteil ist jedoch die hohe Rate an falsch-positiven Resultaten. Eine weitere Voraussetzung für den Erfolg von KI in der diagnostischen Radiologie ist, dass sie die Befundungsdauer nicht unnötig verlängern. Wenn auch nur ein kleiner Prozentsatz der Mammografie-Fälle mit 100-prozentiger Sicherheit von der KI als negativ (also nicht auffällig bzw. verdächtig) erkannt wird, kann die Arbeitszeit der Ärzt*innen für kompliziertere Fälle und andere Tätigkeiten aufgewendet werden. Und zuletzt muss die wünschenswerte KI-Anwendung nahtlos in die vorbestehenden Arbeitsabläufe integriert werden können. Die Kosten für die Bereitstellung von KI-Interpretationshilfen dürfen nicht so hoch sein, dass die Wertgleichung gegen ihre Verwendung kippt, wobei insbesondere eine Reduktion der falsch-positiven Ergebnisse ein hohes Potential zur Senkung der Gesamtkosten der Brustbildgebung hat.²⁶

Eine von Mital und Nguyen durchgeführte Studie²⁹ hat ergeben, dass der Einsatz von künstlicher Intelligenz zur Risikoeinstufung bei Frauen im Alter von 40 bis 49 Jahren für das Brustkrebs-Screening (basierend auf einer initialen Mammografie und gefolgt von Screening gemäß bestehenden Richtlinien ab 50 Jahren) im Vergleich zu Ansätzen, die auf polygenetischen Risikofaktoren, Familienanamnese, einem jährlichen Screening für alle Frauen oder gar keinem Screening basieren, kosteneffektiver ist.

Ein systematischer Review aus dem Jahr 2022 untersuchte Studien zu den gesundheitsökonomischen Evaluationen mit Fokus auf künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen. Die Autor*innen schlossen 20 Studien in ihren Review ein, wobei die häufigste untersuchte KI-Technologie die automatisierte medizinische Bildanalyse war. Die Mehrheit der eingeschlossenen Studien verglich eine KI-Anwendung mit dem Standardverfahren und kam zu dem Schluss, dass die Anwendung von KI kostensparend ist. Die Autor*innen merkten kritisch an, dass eine Limitation der einbezogenen Studien die Wahl der gesundheitsökonomischen Evaluierungsmethoden sei, da sie relativ simple Modellierungsmethoden anwandten. In diesen Limitationen der Anwendbarkeit der Studienergebnisse vermuteten die Autor*innen einen möglichen Hinderungsgrund für die raschere Implementierung von KI-Lösungen in der Praxis. Laut den Autor*innen sind die

derzeitigen gesundheitsökonomischen Evaluationen der KI nicht in der Lage, die Komplexität und klinische Anwendbarkeit zu erfassen, die für eine angemessene Entscheidungsfindung erforderlich sind. Daraus ergeben sich zwei Risiken: erstens, dass nützliche KI-Anwendungen Gefahr laufen, nicht angenommen zu werden, weil es an nachgewiesenen gesundheitlichen und wirtschaftlichen Vorteilen mangelt; und zweitens, dass suboptimale KI-Anwendungen auf der Grundlage unzureichender und begrenzter Nutznachweise implementiert werden.³⁰

Ein weiterer Review aus dem Jahr 2022 untersuchte anhand von 200 ausgewählten Studien die gesundheitsökonomischen Effekte von KI-Anwendungen auf medizinische Diagnostik und Therapie. Die Autor*innen konnten nachweisen, dass die KI die Gesundheitskosten im Vergleich zu herkömmlichen Methoden senkt. Die Kosteneinsparungen durch KI in der Behandlung sind effektiver als die Kosteneinsparungen durch KI bei der Diagnoseunterstützung. Im Vergleich zu herkömmlichen Methoden spart die KI Zeit bei Diagnose und Therapie. Die KI-gestützte Diagnose verbessert die Diagnosegenauigkeit, indem sie Subjektivität beseitigt und verringert die Wahrscheinlichkeit einer unangebrachten bzw. unnötigen Untersuchung.³¹

Bezüglich der Finanzierung von KI-Anwendungen merkten Parikh et al. ³² an, dass bei der momentan häufigen Zahlungen pro Nutzung die Gefahr besteht, dass KI-Anwendungen in einem viel höheren Umfang rückerstattet werden, als traditionelle medizinische Geräte. Laut den Studienautor*innen könnten verfahrens- oder fallbezogene Zahlungen zu einer Erhöhung der Anzahl der abrechenbaren diagnostischen Verfahren erleichtern. Alternative Finanzierungsmodelle für KI-Anwendungen sind laut Autor*innen Verzicht auf gesonderte Erstattung von KI-Anwendungen, Anreize für Ergebnisse anstatt Quantität der Anwendungen schaffen, Vormarktverpflichtungen der zukünftigen Anwender für vielversprechende neue KI-Anwendungen, zeitlich begrenzte Zusatzerstattungen für neuartige KI-Anwendungen und Belohnung der KI-Anbieter für Kompatibilität mit anderen Produkten.³²

1.2.3. Wahrnehmung von Künstliche Intelligenz-Anwendungen durch Radiolog*innen

Wie nehmen Radiolog*innen die zunehmenden Anwendungsgebiete von Künstlicher Intelligenz in ihrem Arbeitsumfeld wahr? Wird sie eher als Potential für schrittweise Verbesserung ihrer Tätigkeit gesehen, oder als „game-changer“, der das radiologische Tätigkeitsfeld relativ rasch radikal umkrempeln wird?

Unter inkrementaler Innovation wird der Prozess der Durchführung von Verbesserungen oder Ergänzungen einer Organisation unter Beibehaltung des Kernprodukts oder des Dienstleistungsmodells des Unternehmens verstanden.³³ Im Gegensatz dazu wird unter disruptiver oder radikaler Innovation die Entwicklung und Einführung von Durchbrüchen, die das Geschäftsmodell eines Unternehmens und den sie umgebenden Markt grundlegend verändern, verstanden.³⁴

Laut einer Untersuchung beinhalten strukturelle Elemente zur Förderung inkrementeller Innovation (wobei Innovation laut den Autor*innen definiert ist, als die Entwicklung und Umsetzung kreativer Ideen zur Förderung und Weiterentwicklung der Mission einer Organisation) in der Radiologie u. a. spezielle Ressourcen für die Innovationsplanung, flexible und organische Teamstrukturen, starke zentralisierte Führungsmodelle, robuste Kommunikationssysteme und organisatorische Anreize, die Erforschung neuer Konzepte fördern.³⁵

Chockley et al.³⁶ identifizierten in einem durchwegs provokant formulierten Artikel maschinelles Lernen als zukünftige Gefahr für die Radiologie. Abgesehen von der derzeit vergleichbaren Leistung mit der menschlichen Analyse hat das maschinelle Lernen weitere Vorteile. Maschinelles Lernen wird nicht durch Müdigkeit, Ablenkung oder Emotionen beeinträchtigt, wie es bei Menschen der Fall ist. Doch wie beim Menschen wird auch maschinelles Lernen mit zunehmender Erfahrung besser werden. Maschinelles Lernen wird mit der Zeit nur besser werden durch größere Datensätze, höhere Rechenleistung und mehr Computer-"Erfahrung". Das größte Hindernis der routinemäßigen KI-Implementierung in der Radiologie ist möglicherweise nicht technischer Natur, sondern die Bereitschaft der Menschen, Diagnosen zu akzeptieren, die von einer Maschine und nicht von einer Ärztin gestellt wurden.³⁶

Eine Umfrage unter Mitgliedern der Europäischen Gesellschaft für Radiologie ergab, dass Radiolog*innen einen zukünftigen Einfluss von KI-Systemen auf ihre Arbeitsmöglichkeiten (55,6 % der Befragten) und die Arbeitsbelastung (74,7 %) annehmen. Es ist jedoch unklar, ob sich diese Auswirkungen als Zunahme oder Abnahme empfunden wird: Die Befragten prognostizieren beide Szenarien mit ähnlichen Wahrscheinlichkeiten (58,1 % gegenüber 41,9 % für Zunahme/Abnahme der Beschäftigungsmöglichkeiten, 50,8 % gegenüber 49,2 % für die Zunahme/Abnahme der Arbeitsbelastung). Diese Tatsache verdeutlicht die Unsicherheit der Radiolog*innen über ihre berufliche Zukunft unter dem möglichen Einfluss von KI-Anwendungen. Ein weiteres wichtiges Resultat dieser Umfrage war, dass 100 % der Befragten glaubten, dass Radiolog*innen in die Entwicklung und Validierung von KI-Systemen einbezogen werden sollten. Um dieses Ziel zu erreichen, schlugen sie vor, dass Fortbildungen eingeführt werden sollten, um Auszubildenden und klinischen Radiolog*innen die Vorteile, Grenzen und die klinische Nutzung von KI-basierten Systemen zu vermitteln.³⁷

Eine weitere weltweite Umfrage unter ca. 1000 Radiolog*innen zum Thema KI kam zu der Konklusion, dass begrenzte KI-spezifische Kenntnisse bei Assistenzärzt*innen und Radiolog*innen mit Unsicherheit verbunden sind, während ein mittleres bis fortgeschrittenes KI-spezifisches Wissen mit einer positiven Einstellung gegenüber KI vergesellschaftet ist. Die Autor*innen schlossen daraus, dass zusätzliche Ausbildung im KI-Bereich daher die klinische Akzeptanz dieser Methoden verbessern könnte. Des Weiteren führten die Autor*innen an, dass eine breite Nachfrage nach Einbeziehung von KI-Anwendungen in die Fachärzt*innenausbildung besteht und dass basierend auf den Umfrageergebnisse die Integration der KI-Ausbildung- einschließlich Fragen des Datenmanagements, der Ethik und Gesetzgebung- für Assistenzärzt*innen in der Radiologie ratsam zu sein scheint.^{38, 39}

1.3. Rechtliche und ethische Aspekte von Anwendungen Künstlicher Intelligenz unter besonderer Berücksichtigung des medizinischen Umfeldes

Durch den vermehrten Einsatz Künstlicher Intelligenz werden sich zwangsläufig neben rechtlichen und ethischen Fragestellungen im alltäglichen Leben auch Unklarheiten und Herausforderungen im medizinischen Bereich ergeben.

Auch wenn Patient*innen mit maschinell unterstützten Entscheidungen einverstanden sind, können sie zögern, maschinell erstellte Diagnosen zu akzeptieren. In ähnlicher Weise ist unklar, wie das System der Ärztinnenhaftung mit maschinellen Diagnosen umgehen wird. Wenn eine Maschine die falsche Entscheidung trifft und ein Patient geschädigt wird, kann die Patientin oder die Familie der Patientin Schadenersatz verlangen? Von wem kann Schadenersatz verlangt werden? - dem Krankenhaus oder die Praxis oder von der Firma, welche die KI-Software hergestellt hat?³⁶

In der Radiologie und in der Medizin im Allgemeinen sollten KI-Medizinprodukte Deep Learning nutzen, um Daten über Patient*innen bereitzustellen, ohne dafür deren persönliche Informationen auszutauschen. Derzeit wirft der Einsatz von KI zwei Problemstellungen auf, die sich auf die von den Geräten gesammelten Daten beziehen. Einerseits müssen die Daten vor denselben Stellen geschützt werden, die sie sammeln. Andererseits sind diese Daten durch Cyberangriffe auf diese Stellen sowie auf die Geräte selbst bedroht.⁴⁰

Wenn Radiolog*innen vor einer Entscheidung in der Diagnostik stehen, muss berücksichtigt werden, dass Entscheidungen von KI-Systemen auf einer anderen Basis getroffen werden. Daher sind wir nicht in der Lage vorherzusagen, wie KI-Systeme sich unter bestimmten Umständen entscheiden werden. Zusätzlich sind viele KI-Systeme so konzipiert, dass sie aus ihren Erfahrungen zu lernen, und diese sind von Natur aus unvorhersehbar.

Da es nicht möglich ist, vorherzusehen, welchen Erfahrungen ein System begegnen wird, kann man auch nicht vorhersehen, wie sich das System zukünftig entwickeln wird. Daraus ergibt sich ein Dilemma der Schuldhaftigkeit, wenn Fehler durch KI-Systeme in der Diagnostik entstehen: Werden die Entwickler*innen der KI-Systeme als fahrlässig eingestuft, weil sie das, was wir als unvorhersehbar bezeichnet haben,

nicht vorhergesehen haben? Oder wird ihnen Schuld zugewiesen, da sie die Möglichkeit einer KI-Anwendung geschaffen haben, die falsche Entscheidung trifft? In Anbetracht dessen besteht eine der Lösungsansätze darin, dass multidisziplinäre Gremien in schwierigen klinischen Fällen die medizinische Verantwortung übernehmen und die von der KI gelieferten Informationen als relevant, aber nicht immer schlüssig eingestuft werden.⁴⁰

Unter dem Gesichtspunkt, dass eine unsachgerechte bzw. unethische Nutzung von KI-Anwendungen gefährlich sein kann, müssen zukünftig Patient*innen, Ärzt*innen und die Aufsichtsbehörden zusammenarbeiten, um eine Patient*innengefährdung gemeinsam zu verhindern.⁴¹

1.4. Implementierung neuer Technologien: Das *Technology Acceptance Model* und die *Unified Theory of Acceptance and Use of Technology*

Die Implementierung von neuen Technologien, wozu auch die Anwendung Künstlicher Intelligenz in der Radiologie zählt, ist von vielfältigen Faktoren abhängig. Im Folgenden werden Modelle vorgestellt, die Erklärungen für begünstigende psychosoziale Faktoren für die Anwenderakzeptanz von neuen Technologien liefern, die auch für die Zukunft der Künstlichen Intelligenz in der Radiologie eine Rolle spielen könnten.

Die geringe Nutzung der vorhandenen und zur Verfügung stehenden technologischen Systeme wurde als ein wichtiger Faktor für das "Produktivitätsparadoxon" hervorgehoben, also die mäßigen bzw. unverhältnismäßigen Erträge von Investitionen in die Informationstechnologie. Daher bleibt das Verstehen und Schaffen von Bedingungen, unter denen Informationssysteme von Menschen bzw. Organisationen angenommen werden, ein vorrangiges Thema, wenn es um die Implementierung von insbesondere neuartigen Technologien geht.⁴²

Neben technischen Voraussetzungen wird die Implementierung und Anwendung einer technologischen Innovation letztendlich von der Bereitschaft des Endverbrauchers abhängen.

Ein Modell zur Erklärung der Bereitschaft, neue Technologien zu implementieren ist das Technology Acceptance Model (TAM)⁴³, bzw. eine Erweiterung im Rahmen des Technology Acceptance Model 2 (TAM2)⁴². TAM2 spiegelt die Auswirkungen von drei miteinander verknüpften sozialen Kräften, die auf ein Individuum einwirken, das die Möglichkeit hat ein neues System anzunehmen oder abzulehnen, wider:

1. Subjektive Norm: die Wahrnehmung einer Person, dass die meisten Menschen, die ihr wichtig sind, denken, dass sie das betreffende Verhalten ausführen sollte oder nicht.
2. Freiwilligkeit: das Ausmaß, in dem potentielle Entscheidungen der Technologieimplementierung als nicht zwanghaft empfunden werden.
3. Status („Image“): das Ausmaß, in dem die Nutzung einer Innovation

den Status eines Individuums in seinem sozialen System verbessert.

TAM2 geht davon aus, dass der Einfluss der subjektiven Norm auf die Bereitschaft zur verpflichtenden Anwendung von Technologien vor der Implementierung und während der anfänglichen Nutzung stark ist, aber mit der Zeit abnimmt. Weiters wird entsprechend der Theorie angenommen, dass der Effekt der subjektiven Norm auf wahrgenommene Nützlichkeit sich mit der Zeit abschwächt, je mehr sensorischen Input das Individuum durch die Beschäftigung mit der neuartigen Technologie erhält. Für die vorliegende Arbeit von Bedeutung ist das Ergebnis dieser Untersuchung, dass eine Relevanz der Technologie für den jeweiligen Beruf des Individuums einen positiven Effekt auf die wahrgenommene Nützlichkeit der Technologie hat. Weitere Faktoren, die sich auf die positive Wahrnehmung von Nützlichkeit eines neuartigen technologischen Systems auswirken sind Qualität und Präsentation des Systemoutputs und Benutzer*innenfreundlichkeit.

Die Autor*innen kamen zu dem Schluss, dass verpflichtende, auf Einhaltung von Vorschriften basierende Ansätze zur Einführung neuer Systeme auf Dauer weniger wirksam zu sein scheinen, als die Nutzung von sozialem Einfluss, um positive Veränderungen der wahrgenommenen Nützlichkeit des Systems zu erreichen.⁴²

Die Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT)⁴⁴ ist ein Modell, das vier Schlüsselfaktoren identifiziert, welche die Akzeptanz und Nutzung neuer Technologien beeinflussen: *Leistungserwartung* bezieht sich darauf, wie sehr eine Person glaubt, dass die Nutzung der Technologie die Arbeitsleistung verbessern wird. *Aufwandserwartung* bezeichnet die wahrgenommene Einfachheit der Nutzung. *Sozialer Einfluss* reflektiert den Grad, zu dem Individuen glauben, dass wichtige andere Personen erwarten, dass sie die Technologie nutzen. *Erleichternde Bedingungen* beziehen sich auf die Wahrnehmung der Verfügbarkeit von Ressourcen und Unterstützung für die Nutzung der Technologie. Diese Faktoren werden ergänzt durch Geschlecht, Alter, Erfahrung und Freiwilligkeit der Nutzung.

2. Methoden

2.1. Fragestellung und Relevanz der Studie

Anhand der vorliegenden Arbeit sollte die Fragestellung beantwortet werden, wie Radiolog*innen und Ärzt*innen in Ausbildung zum Sonderfach Radiologie im intra- und extramuralen Bereich der Steiermark die bestehenden und zukünftigen Anwendungen Künstlichen Intelligenz in der Radiologie wahrnehmen und wie sie diese Entwicklungen bewerten. Wird Künstliche Intelligenz in der Radiologie eher als Chance zu Verbesserung und Effizienzsteigerung, oder als Begründung einer Ersetzbarkeit von Radiolog*innen durch autonome, softwaregestützte Diagnostik beurteilt?

In Anlehnung an publizierte Arbeiten aus dem Fachbereich der Radiologie^{37, 38, 45} wurde ein Fragebogen erstellt und an intra- und extramural tätige Radiolog*innen in der Steiermark per E-Mail ausgesandt.

Eine Hauptfragestellung der Datenerhebung war, ob eine Ambivalenz hinsichtlich der Einstellung von Radiolog*innen und Ärzt*innen in Ausbildung zum Sonderfach Radiologie gegenüber der Anwendung von Künstlicher Intelligenz besteht, welche möglicherweise von Vorerfahrungen mit und Kenntnisstand über Künstliche Intelligenz-Anwendungen abhängt.

Eine fragebogenbasierte Erhebung der Einstellung von Radiolog*innen und Ärzt*innen in Ausbildung zum Sonderfach Radiologie gegenüber der Künstlicher Intelligenz als Chance oder Gefahr für ihr Arbeitsfeld wird Endverbraucher*innen-fokussierte Potentiale und Hindernisse einer Implementierung von KI im klinisch-radiologischen Routinebetrieb aufzeigen. Die Datenerhebung in einem universitären und nicht- universitären radiologischen Setting, sowie im intra- und extramuralen Bereich in ansonsten demografisch ähnlichem Befragungspool einer Versorgungsregion hat Neuheitswert.

2.2. Methoden der Datenerhebung

Die Datenerhebung erfolgte mittels eines online verfügbaren quantitativen Fragebogens, welcher mittels Google Forms erstellt wurde und insgesamt 20 multiple-choice Fragen mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten beinhaltet.

Die Fragen lauteten:

1. Frage: Ihr Alter in Jahren

Antwortmöglichkeiten: < 35; 36- 45; 46- 55; > 55

2. Frage: Ihr Geschlecht

Antwortmöglichkeiten: Weiblich; Männlich; Divers

3. Frage: Ihre Arbeitsstätte

Antwortmöglichkeiten: Universitätsklinik für Radiologie, LKH
Universitätsklinikum Graz; Anderes Landeskrankenhaus (Steiermark);
Radiologisches Institut/ Ordination(Steiermark)

4. Frage: Ihr Ausbildungsstand

Antwortmöglichkeiten: Assistenzärzt*in; Fachärzt*in

5. Frage: Abgeschlossene Habilitation/ Venia Docendi

Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein

6. Frage: Ihr Tätigkeitsfeld in der Radiologie

Antwortmöglichkeiten: Diagnostisch; Interventionell; Diagnostisch und
interventionell

7. Frage: Wie schätzen Sie Ihr spezifisches Wissen zu Künstlicher Intelligenz ein?

Antwortmöglichkeiten: Noch nie davon gehört; Schon einmal davon gehört;
Basiswissen; Guter Kenntnisstand; Sehr guter Kenntnisstand (z.B.
wissenschaftliche Arbeit mit Künstlicher Intelligenz)

8. Frage: Habe Sie schon einmal Künstliche Intelligenz-Software in der radiologischen Diagnostik angewandt?
Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher
9. Frage: Wenn Sie die Wahl hätten, würden Sie zertifizierte Künstliche Intelligenz-Software in der radiologischen Diagnostik einsetzen?
Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher
10. Frage: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz (KI) in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?
Antwortmöglichkeiten: Ja; Teilweise; Nein; Bin mir nicht sicher
11. Frage: Glauben Sie, dass sich Ihr Einkommen in den nächsten 5-10 Jahren durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Radiologie verringern wird?
Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher
12. Frage: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren erleichtern wird?
Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher
13. Frage: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?
Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher
14. Frage: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?
Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher
15. Frage: Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte Künstliche Intelligenz-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?
Antwortmöglichkeiten: Die radiologische Diagnose der Künstlichen-Intelligenz-Software; Meine eigene radiologische Diagnose; Ich würde keine

der Diagnosen übernehmen, sondern (wenn möglich) eine zusätzliche Bildgebung veranlassen; Bin mir nicht sicher

16. Frage: Hätten Sie sich wieder für eine Karriere als Radiologin/Radiologe mit Ihrem heutigen Wissen über Künstliche Intelligenz entschieden?

Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher

17. Frage: Sollten Radiolog*innen bei der Entwicklung von Künstlichen Intelligenz-Technologien mehr eingebunden werden?

Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher

18. Frage: Würden Sie freiwillig selbstfinanzierte Weiterbildungen auf dem Gebiet von Künstliche Intelligenz-Anwendungen in der Radiologie besuchen?

Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher

19. Frage: Glauben Sie, die Anwendung Künstlicher Intelligenz in der radiologischen Diagnostik sollte gesetzlich reguliert werden?

Antwortmöglichkeiten: Ja; Nein; Bin mir nicht sicher

20. Frage: Wie stehen Sie dem Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Radiologie gegenüber?

Antwortmöglichkeiten: Positiv; Eher positiv; Eher negativ; Negativ; Bin mir nicht sicher

Der Fragebogen wurde in einem Pilotdurchgang an 2 Ärzt*innen in Sonderfachausbildung Radiologie und 3 Fachärzt*innen im Sonderfach Radiologie ausgesandt und um mündliches Feedback gebeten, um die Fragen auf Verständlichkeit zu überprüfen und gegebenenfalls zu adaptieren.

Es erfolgte danach eine Aussendung des Weblinks zum Onlinefragebogen (<https://forms.gle/UzTg5gpKJcLnwZRv7>) via E-Mail an die öffentlich einsehbaren Emailadressen der in der Steiermark sowohl im niedergelassenen als auch stationären Setting. Im Emailanschreiben wurde insbesondere auf die Freiwilligkeit und Anonymität der Teilnahme an der Umfrage hingewiesen. Zwei Wochen nach

dem Aussenden der Emails mit Bitte zur Umfrageteilnahme folgte ein Erinnerungsmail mit einer nochmaligen zweiwöchigen Frist zur Umfrageteilnahme.

2.3. Ethische und datenschutzrechtliche Überlegungen

Vor Durchführung der Studie erfolgte eine Einreichung des Projektes bei der Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz, welche zu dem Projekt vor Beginn der Studieninitiierung ein positives Votum ausstellte (EK-Nr. 36-053 ex 23/24).

Eine Teilnahme an die Umfrage war freiwillig und anonym. Die Daten wurden anonymisiert gesammelt, aufbewahrt und ausgewertet. Die Durchführung der Studie erfolgte in Übereinstimmung mit dem aktuellen österreichischen Datenschutzgesetz bzw. der europäischen Datenschutzgrundverordnung. Der Prüfplan wurde der zuständigen Ethikkommission der Medizinischen Universität Graz zur Genehmigung vorgelegt.

Für die Teilnehmer*innen an der Fragebogenerhebung bestehen/ bestanden weder Risiken noch Nutzen.

2.4. Studienpopulation

Der Fragebogen wurde an insgesamt 149 Personen versandt, welche zum Umfragezeitpunkt entweder in Ausbildung oder bereites als Fachärzt*innen im Sonderfach Radiologie in der Steiermark tätig waren. 109 (73%) Personen davon waren in einem Landeskrankenhaus oder Ordensspital angestellt, die restlichen Personen waren im niedergelassenen Bereich tätig.

Alle erhobenen demografischen Daten werden in Kapitel 3.1. vorgestellt.

2.5. Statistische Methoden und Datenauswertung

Es erfolgte eine deskriptive Auswertung der erhobenen Daten und eine Gegenüberstellung der Ergebnisse in den 3 festgelegten Kategorien „Demografische Daten der Fragebogenteilnehmer*innen“, „Ausbildungsstand und Vorerfahrungen der Fragebogenteilnehmer*innen mit KI“ und „Wahrnehmungen und Erwartungen der Fragebogenteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie“. Es wurde des Weiteren eine Gruppierung der Ergebnisse aus der letzten der genannten Kategorien nach den Kategorien „Demografische Daten der Fragebogenteilnehmer*innen“, „Ausbildungsstand und Vorerfahrungen der Fragebogenteilnehmer*innen mit KI“ vorgenommen, um einen möglichen Zusammenhang dieser Daten mit Wahrnehmungen und Erwartungen der Teilnehmer*innen darzustellen. Eine Präsentation der Ergebnisse erfolgte anhand von Tabellen, Pie-Charts und Balkendiagrammen. Die Datenaufbereitung erfolgte mittels Microsoft Excel und Google Forms.

3. Ergebnisse

3.1. Demografische Daten der Fragebogenteilnehmer*innen

Insgesamt 66 Teilnehmer*innen beantworteten den Fragebogen nach Ablauf der zweiten Beantwortungsfrist. Die Frist von erstmaliger Aussendung des Fragebogens bis zur Beendigung der Teilnahmemöglichkeit betrug 4 Wochen. 1 Teilnehmer*in schloss den Fragebogen ohne gültige Antwort ab. Die Rücklaufquote des Fragebogens betrug 44%. Einzelne Fragen wurden nicht von allen Teilnehmer*innen beantwortet. Die gültig abgegebenen Antworten sind zur jeweiligen grafischen Auswertung der Frage angegeben.

Frage 1

Ihr Alter in Jahren
65 Antworten

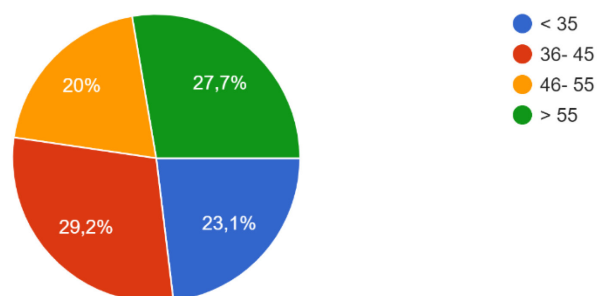


Abb. 2 Relative Altersverteilung der Umfrageteilnehmer*innen

Tabelle 1 Absolute Altersverteilung der Umfrageteilnehmer*innen

Alter in Jahren	< 35	36- 45	46- 55	> 55
Anzahl	15	19	13	18

Frage 2

Ihr Geschlecht

64 Antworten

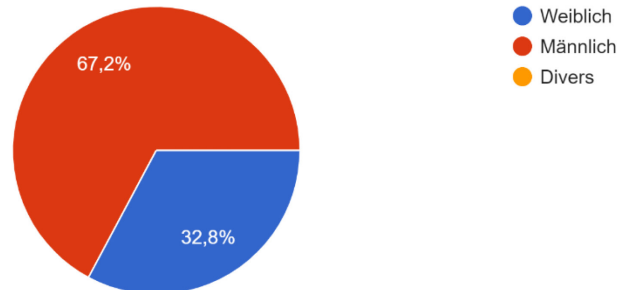


Abb. 3 Relative Geschlechterverteilung der Umfrageteilnehmer*innen

Tabelle 2 Absolute Geschlechterverteilung der Umfrageteilnehmer*innen

Geschlecht	Weiblich	Männlich
Anzahl	21	43

Frage 3

Ihre Arbeitsstätte

64 Antworten

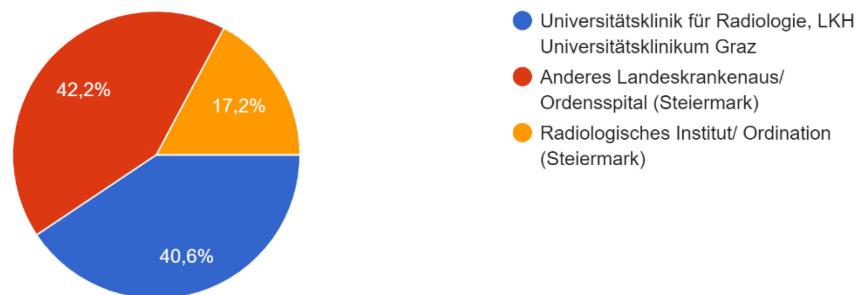


Abb. 4 Relative Verteilung der Arbeitsstätten der Umfrageteilnehmer*innen

Tabelle 3 Absolute Verteilung der Arbeitsstätten der Umfrageteilnehmer*innen

Ihre Arbeitsstätte	Universitätsklinik für Radiologie, LKH Universitätsklinikum Graz	Anderes Landeskrankenhaus/ Ordensspital (Steiermark)	Radiologisches Institut/ Ordination(Steiermark)
Anzahl	26	27	11

3.2. Ausbildungsstand und Vorerfahrungen der Fragebogenteilnehmer*innen mit KI

Frage 4

Ihr Ausbildungsstand
65 Antworten

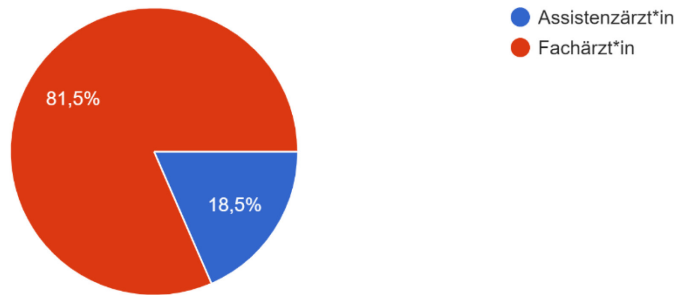


Abb. 5 Relative Verteilung der Ausbildungsstände der Umfrageteilnehmer*innen

Tabelle 4 Absolute Verteilung der Ausbildungsstände der Umfrageteilnehmer*innen

Ihr Ausbildungsstand	Assistenzärzt*in	Fachärzt*in
Anzahl	12	53

Frage 5

Abschlossene Habilitation/ Venia Docendi
65 Antworten

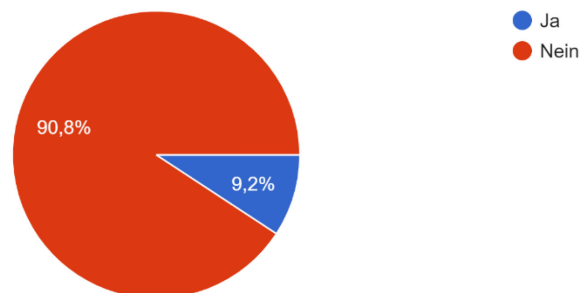


Abb. 6 Relativer Anteil der Umfrageteilnehmer*innen mit abgeschlossener Habilitation/ Venia Docendi

Tabelle 5 Absoluter Anteil der Umfrageteilnehmer*innen mit abgeschlossener Habilitation/ Venia Docendi

Abgeschlossene Habilitation/ Venia Docendi	Ja	Nein
Anzahl	6	59

Frage 6

Ihr Tätigkeitsfeld in der Radiologie

65 Antworten

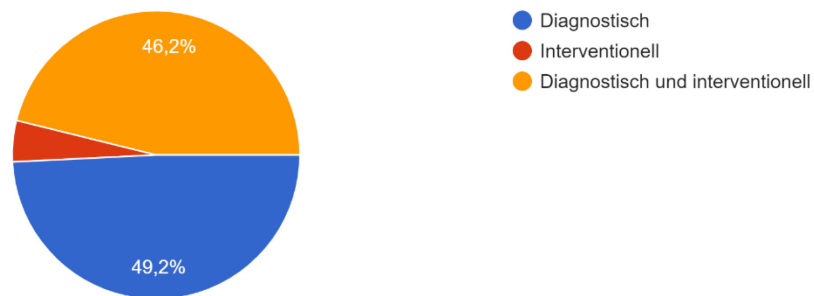


Abb. 7 Relative Verteilung der radiologischen Tätigkeitsfelder der Umfrageteilnehmer*innen

Tabelle 6 Absolute Verteilung der radiologischen Tätigkeitsfelder der Umfrageteilnehmer*innen

Ihr Tätigkeitsfeld in der Radiologie	Diagnostisch	Interventionell	Diagnostisch und Interventionell
Anzahl	32	3	30

Frage 7

Wie schätzen Sie Ihr spezifisches Wissen zu Künstlicher Intelligenz ein?

65 Antworten

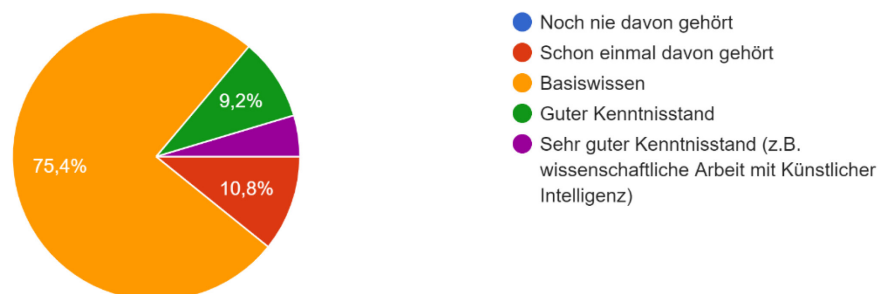


Abb. 8 Relatives Verhältnis der Selbsteinschätzung der Umfrageteilnehmer*innen zu eigenem Wissen über KI

Tabelle 7 Absolutes Verhältnis der Selbsteinschätzung der Umfrageteilnehmer*innen zu eigenem Wissen über KI

Wie schätzen Sie Ihr spezifisches Wissen zu KI ein?	Noch nie davon gehört	Schon einmal davon gehört	Basiswissen	Guter Kenntnisstand	Sehr guter Kenntnisstand
Anzahl	0	7	49	6	3

Frage 8

Habe Sie schon einmal Künstliche Intelligenz-Software in der radiologischen Diagnostik angewandt?

63 Antworten

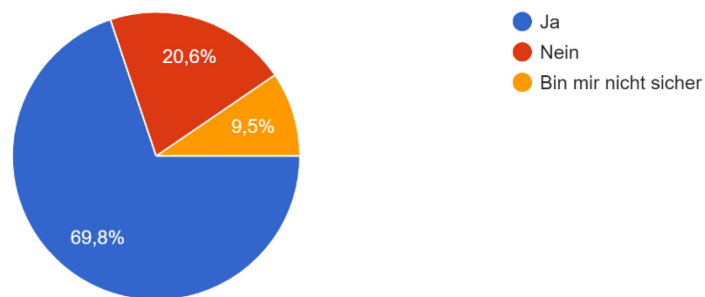


Abb. 9 Relative Verteilung der bisherigen Anwendung von KI in der radiologischen Diagnostik unter den Umfrageteilnehmer*innen

Tabelle 8 Absolute Verteilung der bisherigen Anwendung von KI in der radiologischen Diagnostik unter den Umfrageteilnehmer*innen

Haben Sie schon einmal KI-Software in der rad. Diagnostik angewandt?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	44	13	6

3.3. Wahrnehmungen und Erwartungen der Fragebogenteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie

Frage 9

Wenn Sie die Wahl hätten, würden Sie zertifizierte Künstliche Intelligenz-Software in der radiologischen Diagnostik einsetzen?

64 Antworten

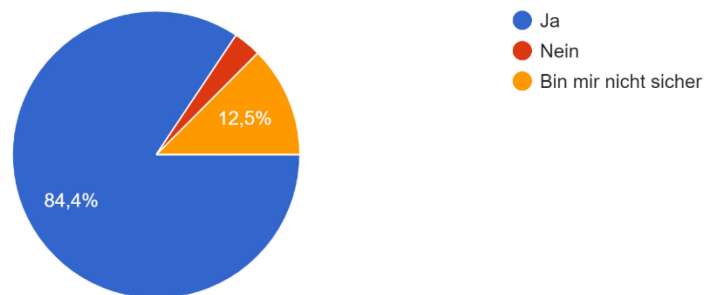


Abb. 10 Relative Verteilung der Bereitschaft der Umfrageteilnehmer*innen, KI in der radiologischen Diagnostik einzusetzen

Tabelle 9 Absolute Verteilung der Bereitschaft der Umfrageteilnehmer*innen, KI in der radiologischen Diagnostik einzusetzen

Wenn Sie die Wahl hätten, würden Sie zertifizierte KI-Software in der radiologischen Diagnostik einsetzen?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	54	2	8

Frage 10

Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz (KI) in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?

63 Antworten

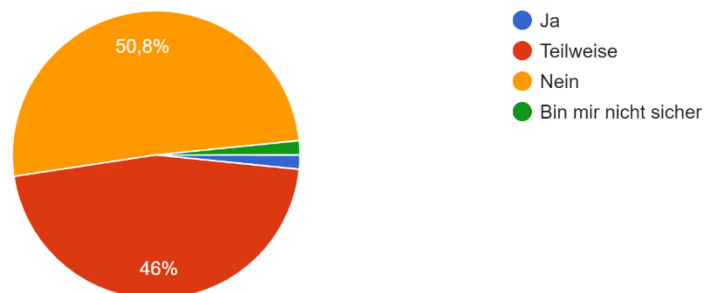


Abb. 11 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzt wird

Tabelle 10 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzt wird

Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?	Ja	Nein	Teilweise	Bin mir nicht sicher
Anzahl	1	32	29	1

Frage 11

Glauben Sie, dass sich Ihr Einkommen in den nächsten 5-10 Jahren durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Radiologie verringern wird?

65 Antworten

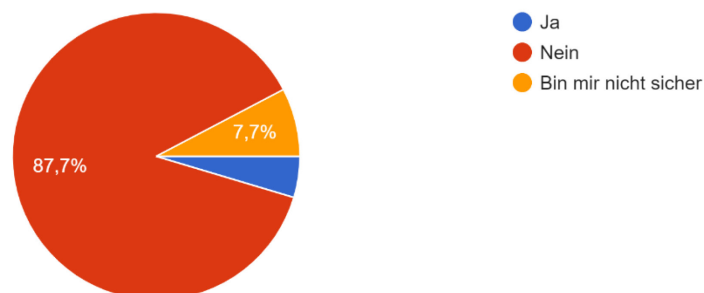


Abb. 12 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob der Einsatz von KI in den nächsten 5-10 Jahren das Einkommen von Radiolog*innen verringern wird

Tabelle 11 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob der Einsatz von KI in den nächsten 5-10 Jahren das Einkommen von Radiolog*innen verringern wird

Glauben Sie, dass sich Ihr Einkommen in den nächsten 5-10 Jahren durch den Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Radiologie verringern wird?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	3	57	5

Frage 12

Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren erleichtern wird?

64 Antworten

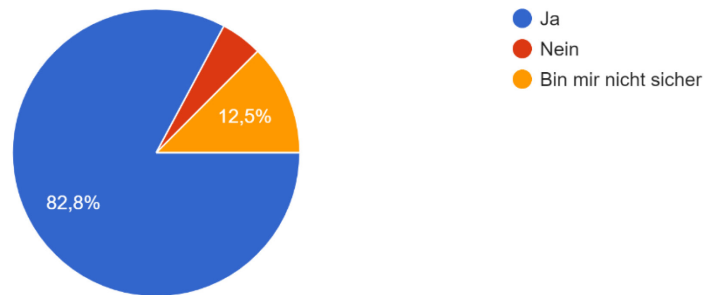


Abb. 13 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren erleichtern wird

Tabelle 12 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren erleichtern wird

Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren erleichtern wird?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	53	3	8

Frage 13

Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?

65 Antworten

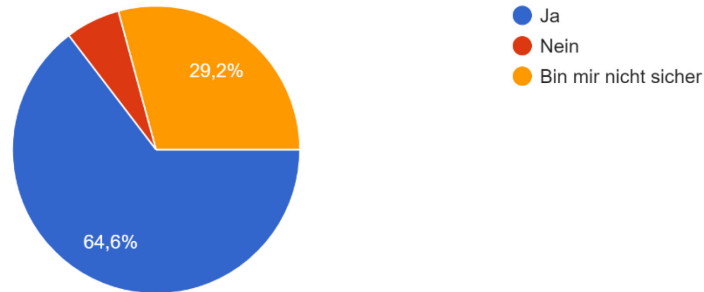


Abb. 14 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird

Tabelle 13 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird

Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	42	4	19

Frage 14

Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?

65 Antworten

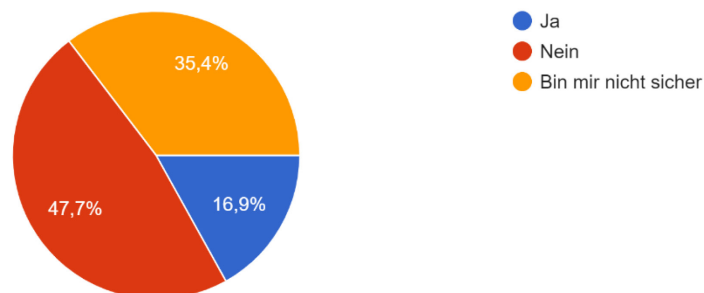


Abb. 15 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden

Tabelle 14 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, ob KI in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden

Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	11	31	23

Frage 15

Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte Künstliche Intelligenz- Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose ...n Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?

65 Antworten

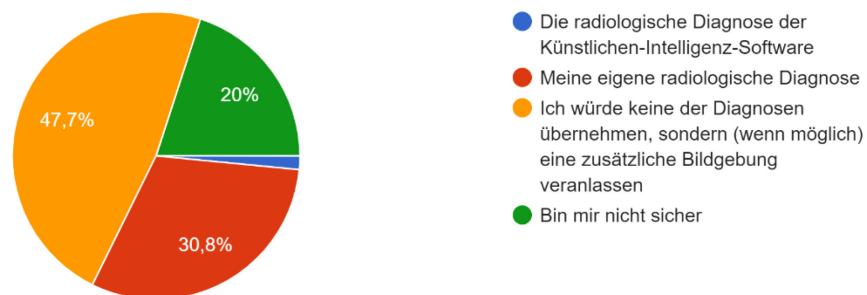


Abb. 16 Relative Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, wie sie bei Diskrepanz der KI-Diagnose zur eigenen radiologischen Diagnose weiter vorgehen würden

Tabelle 15 Absolute Verteilung der Einschätzung unter den Umfrageteilnehmer*innen, wie sie bei Diskrepanz der KI-Diagnose zur eigenen radiologischen Diagnose weiter vorgehen würden

Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?	Die radiologische Diagnose der Künstlichen-Intelligenz-Software	Meine eigene radiologische Diagnose	Ich würde keine der Diagnosen übernehmen, sondern (wenn möglich) eine zusätzliche Bildgebung veranlassen	Bin mir nicht sicher
Anzahl	1	20	31	13

Frage 16

Hätten Sie sich wieder für eine Karriere als Radiologin/Radiologe mit Ihrem heutigen Wissen über Künstliche Intelligenz entschieden?

65 Antworten

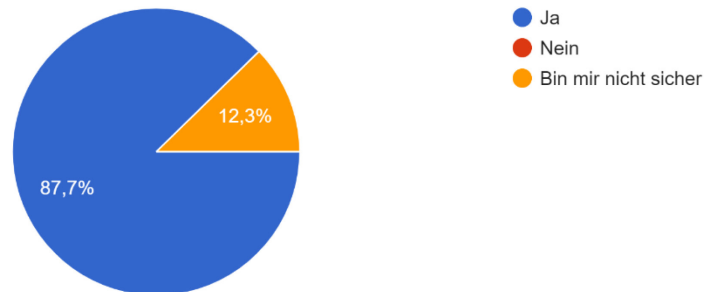


Abb. 17 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob sich die Umfrageteilnehmer*innen mit ihrem heutigen Wissen über KI wieder für eine Karriere als Radiolog*innen entschieden hätten

Tabelle 16 Absolute Verteilung der Umfrageergebnisse, ob sich die Umfrageteilnehmer*innen mit ihrem heutigen Wissen über KI wieder für eine Karriere als Radiolog*innen entschieden hätten

Hätten Sie sich wieder für eine Karriere als Radiologin/Radiologe mit Ihrem heutigen Wissen über Künstliche Intelligenz entschieden?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	57	0	8

Frage 17

Sollten Radiolog*innen bei der Entwicklung von Künstlichen Intelligenz-Technologien mehr eingebunden werden?

64 Antworten

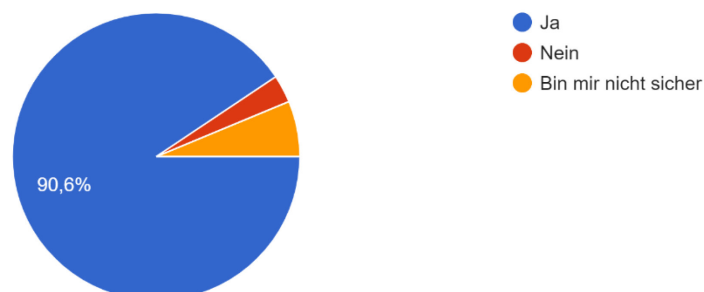


Abb. 18 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob Radiolog*innen mehr in die Entwicklung von KI-Technologien eingebunden werden sollen

Tabelle 17 Absolute Verteilung der Umfrageergebnisse, ob Radiolog*innen mehr in die Entwicklung von KI-Technologien eingebunden werden sollen

Sollten Radiolog*innen bei der Entwicklung von Künstlichen Intelligenz-Technologien mehr eingebunden werden?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	58	2	4

Frage 18

Würden Sie freiwillig selbstfinanzierte Weiterbildungen auf dem Gebiet von Künstliche Intelligenz-Anwendungen in der Radiologie besuchen?

64 Antworten

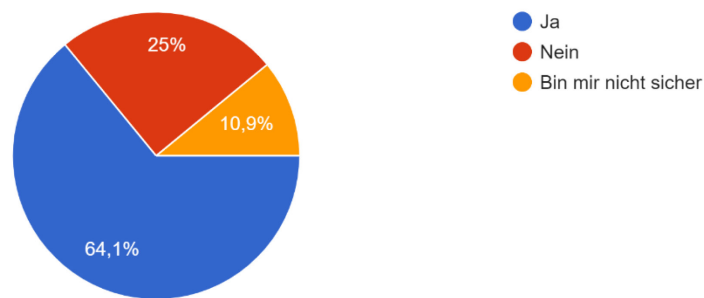


Abb. 19 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Umfrageteilnehmer*innen selbstfinanzierte KI-Weiterbildungen besuchen würden

Tabelle 18 Absolute Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Umfrageteilnehmer*innen selbstfinanzierte KI-Weiterbildungen besuchen würden

Würden Sie freiwillig selbstfinanzierte Weiterbildungen auf dem Gebiet von Künstliche Intelligenz-Anwendungen in der Radiologie besuchen?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	41	16	7

Frage 19

Glauben Sie, die Anwendung Künstlicher Intelligenz in der radiologischen Diagnostik sollte gesetzlich reguliert werden?

64 Antworten

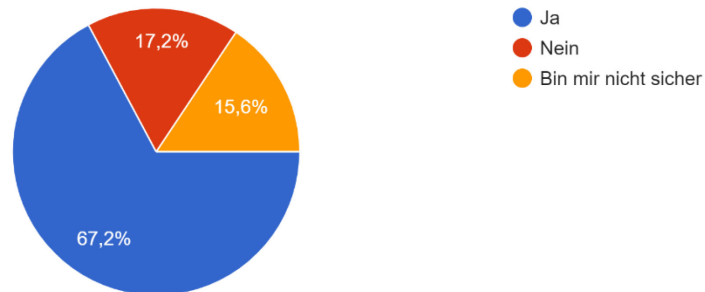


Abb. 20 Relative Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Anwendung von KI in der Radiologie gesetzlich reguliert werden sollte

Tabelle 19 Verteilung der Umfrageergebnisse, ob die Anwendung von KI in der Radiologie gesetzlich reguliert werden sollte

Glauben Sie, die Anwendung Künstlicher Intelligenz in der radiologischen Diagnostik sollte gesetzlich reguliert werden?	Ja	Nein	Bin mir nicht sicher
Anzahl	43	11	10

Frage 20

Wie stehen Sie dem Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Radiologie gegenüber?

65 Antworten

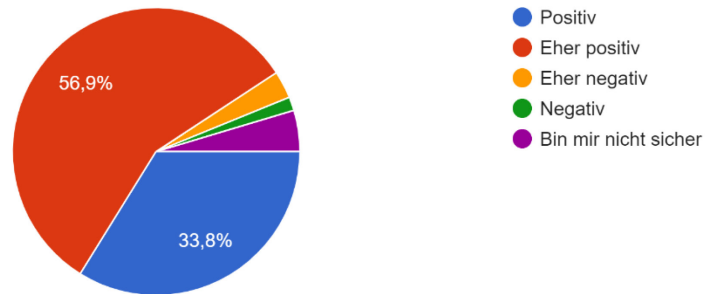


Abb. 21 Relative Verteilung der generellen Einstellung der Umfrageteilnehmer*innen gegenüber dem Einsatz von KI in der Radiologie

Tabelle 20 Absolute Verteilung der generellen Einstellung der Umfrageteilnehmer*innen gegenüber dem Einsatz von KI in der Radiologie

Wie stehen Sie dem Einsatz Künstlicher Intelligenz in der Radiologie gegenüber?	Positiv	Eher positiv	Eher negativ	Negativ	Bin mir nicht sicher
Anzahl	22	37	2	1	3

3.4. Subgruppenanalysen der Fragenkategorie „Wahrnehmungen und Erwartungen der Fragebogenteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie“

Nach deskriptiver Darstellung der Fragebogenergebnisse wurden jene Fragen aus der Kategorie „Wahrnehmungen und Erwartungen der Fragebogenteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie“ einer genaueren Analyse unterzogen, deren Ergebnisse eine auffallende Schwankungsbreite aufwiesen und für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit am relevantesten erschienen. Hierzu zählen wie aus Kapitel 3.3. zu entnehmen ist:

- Frage 10: Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?
- Frage 13: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?
- Frage 14: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?
- Frage 15: Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?

In weiter Folge wird analysiert, wie sich die Verteilung der absoluten Antworthäufigkeiten in den Subgruppen Alter, Arbeitsstätte und den subjektiven Vorkenntnissen zu KI darstellt.

3.4.1. Frage 10: Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?

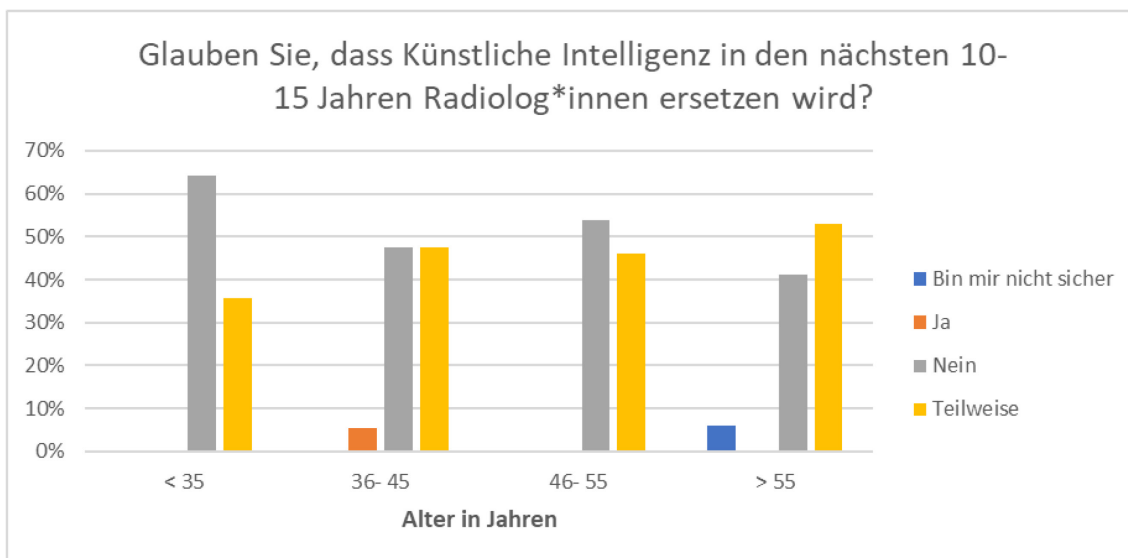


Abb. 22 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen

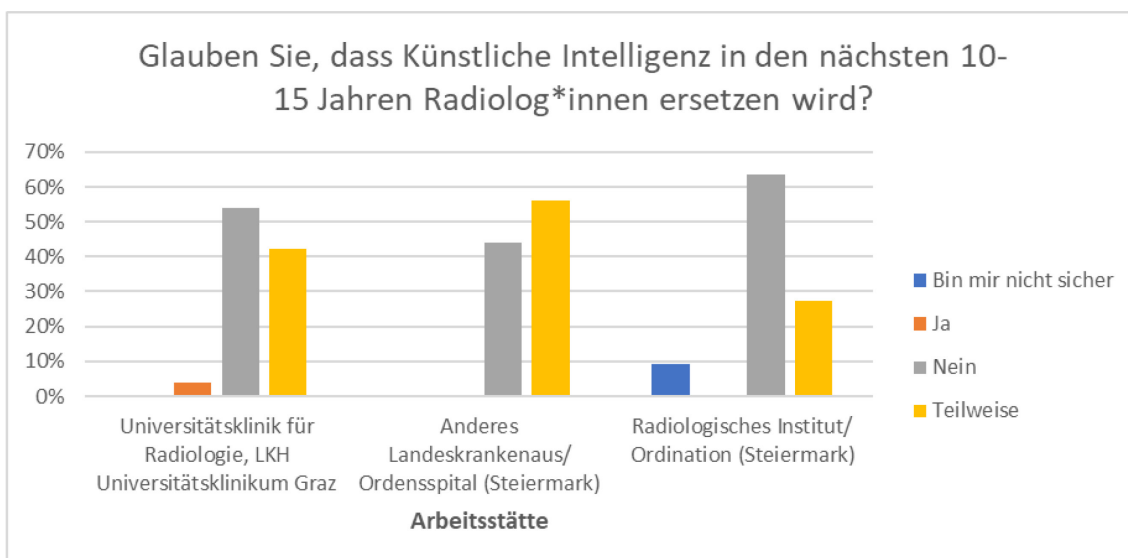


Abb. 23 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen

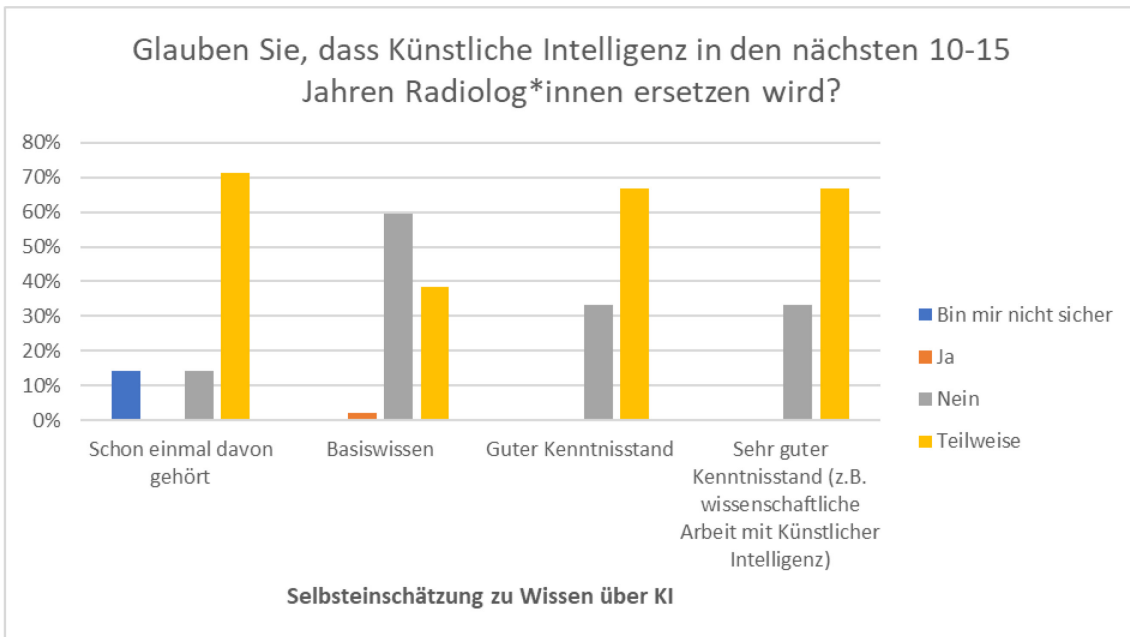


Abb. 24 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass KI in den nächsten 10-15 Jahren Radiolog*innen ersetzen wird?“ in Abhängigkeit von der Selbsteinschätzung zu KI-spezifischen Wissen der Umfrageteilnehmer*innen

3.4.2. Frage 13: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?

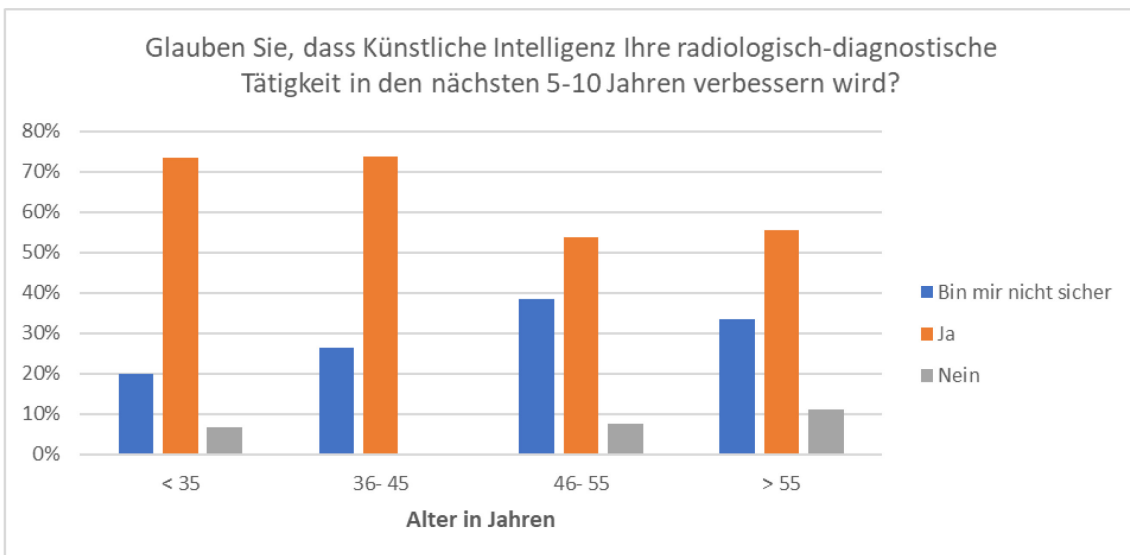


Abb. 25 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen

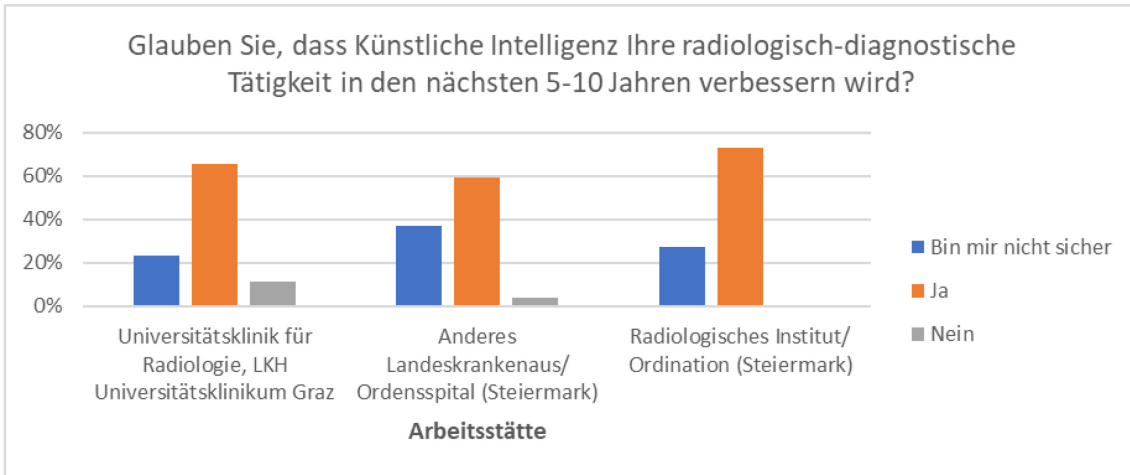


Abb. 26 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen

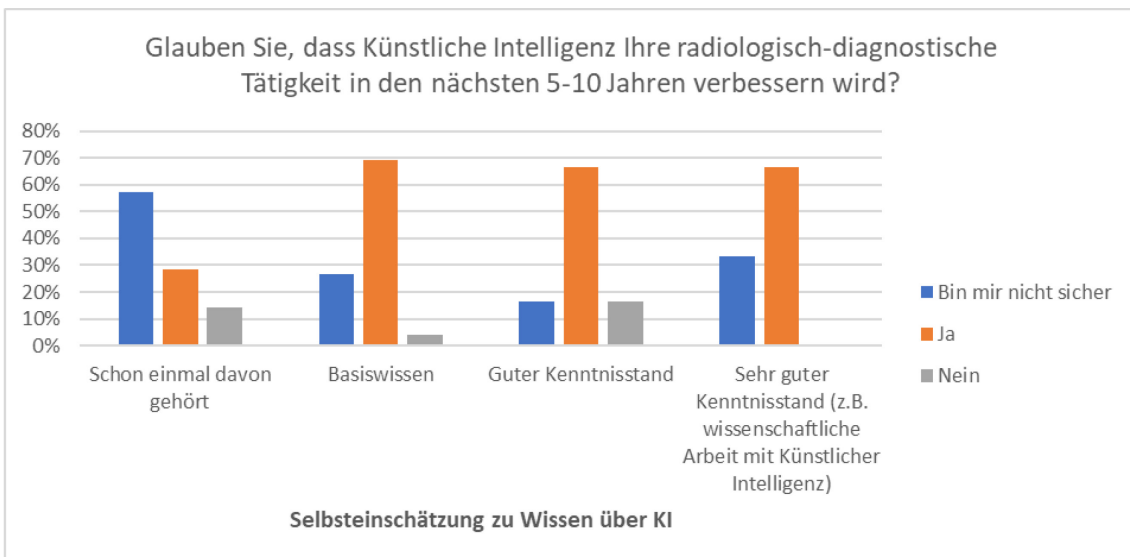


Abb. 27 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz ihre radiologisch-diagnostische Tätigkeit in den nächsten 5-10 Jahren verbessern wird?“ in Abhängigkeit zur Selbsteinschätzung zu KI-spezifischem Wissen der Umfrageteilnehmer*innen

3.4.3. Frage 14: Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?

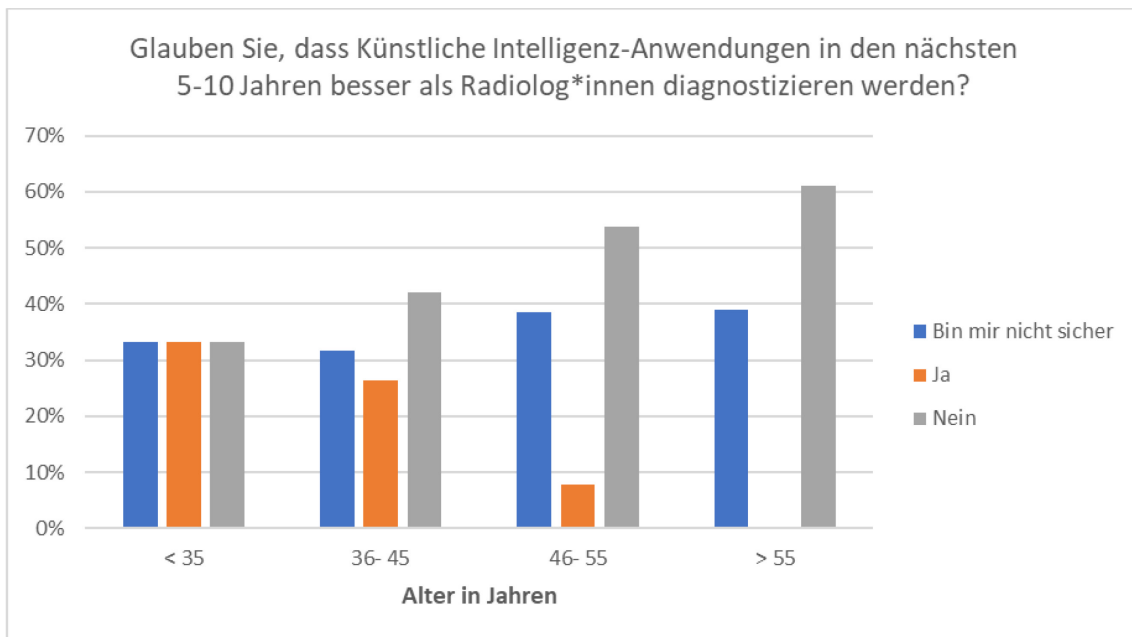


Abb. 28 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen

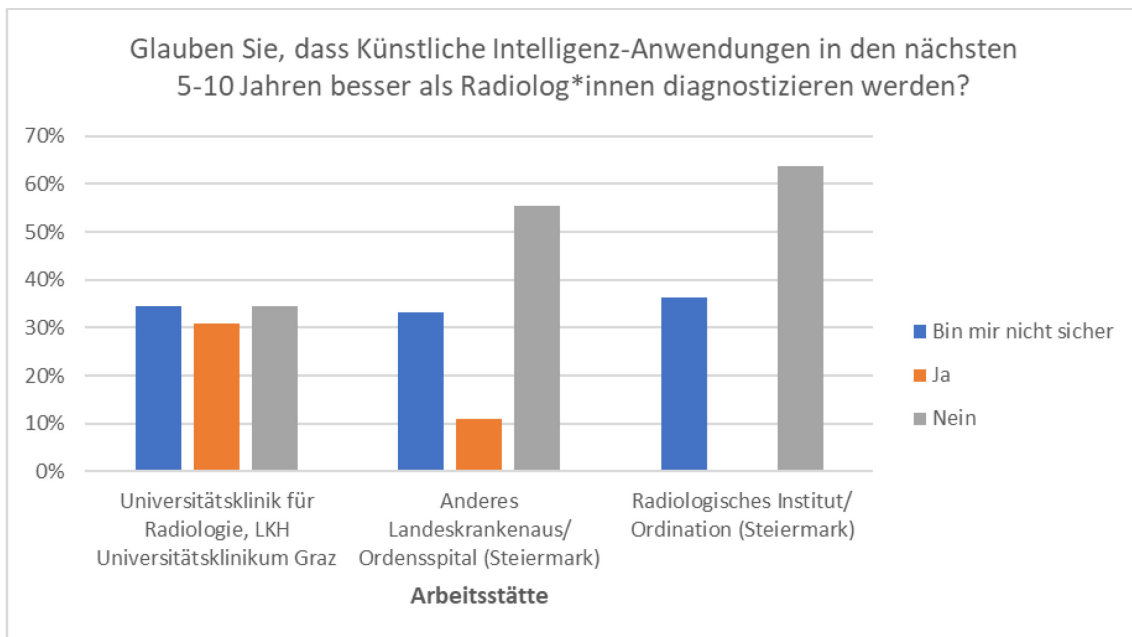


Abb. 29 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen

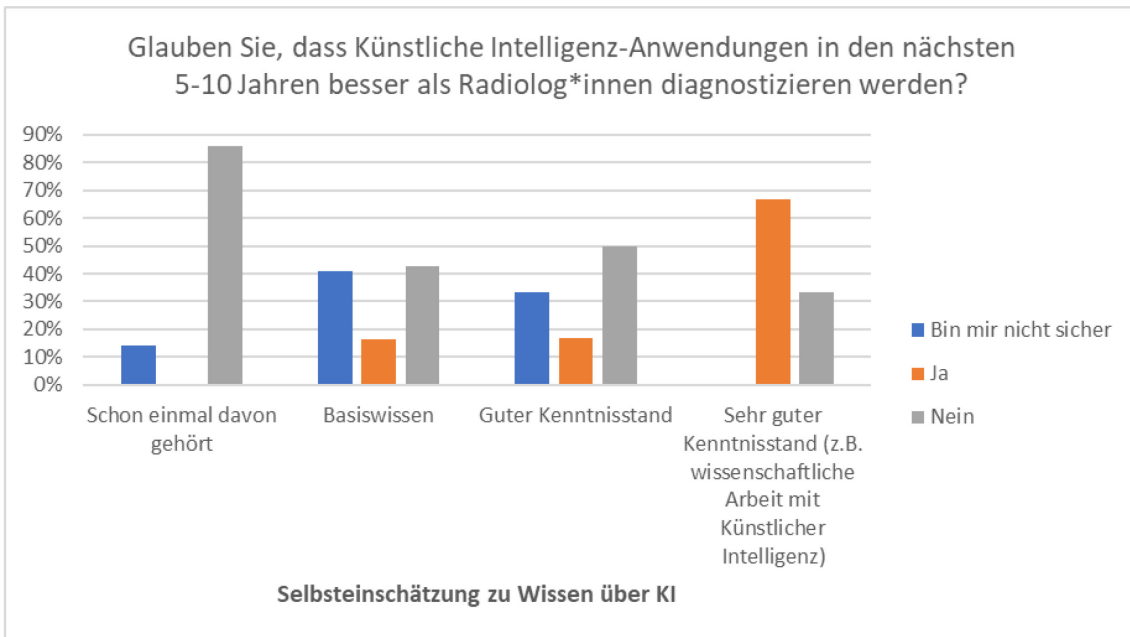


Abb. 30 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Glauben Sie, dass Künstliche Intelligenz-Anwendungen in den nächsten 5-10 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren werden?“ in Abhängigkeit zur Selbsteinschätzung zu KI-spezifischem Wissen der Umfrageteilnehmer*innen

3.4.4. Frage 15: Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?

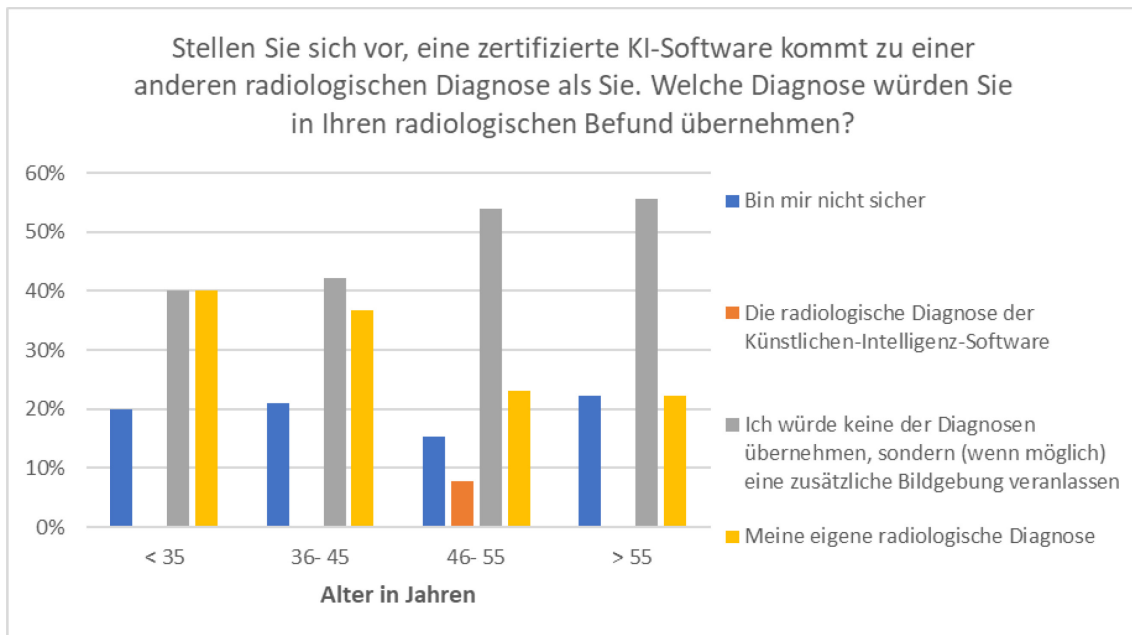


Abb. 31 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?“ in Abhängigkeit vom Alter der Umfrageteilnehmer*innen

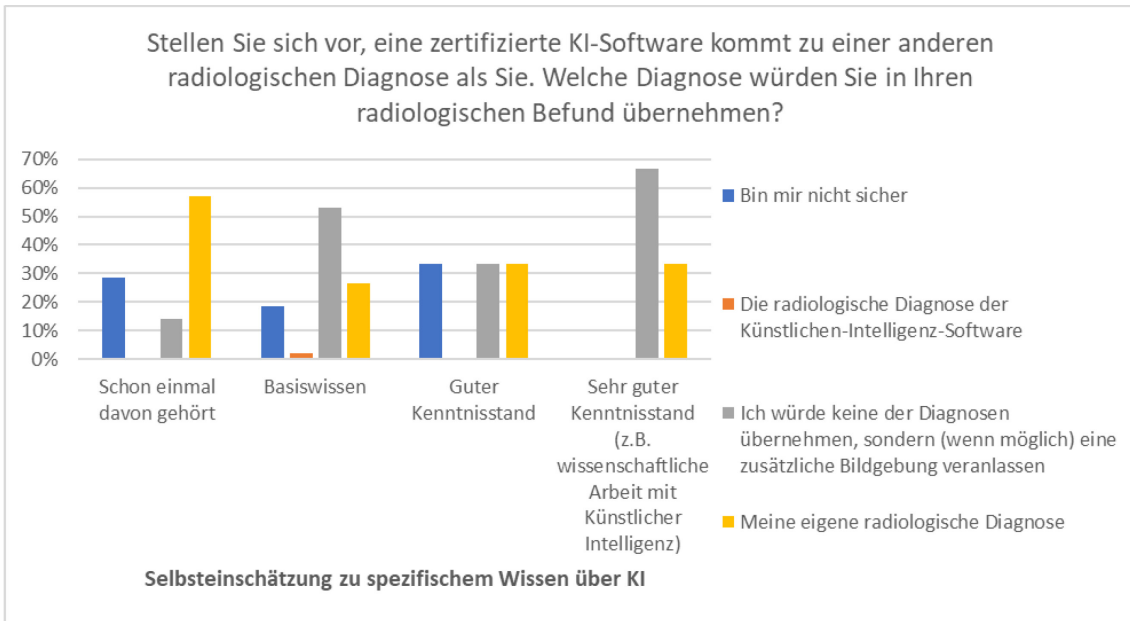


Abb. 32 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?“ in Abhängigkeit von der Selbsteinschätzung zu KI-spezifischem Wissen der Umfrageteilnehmer*innen

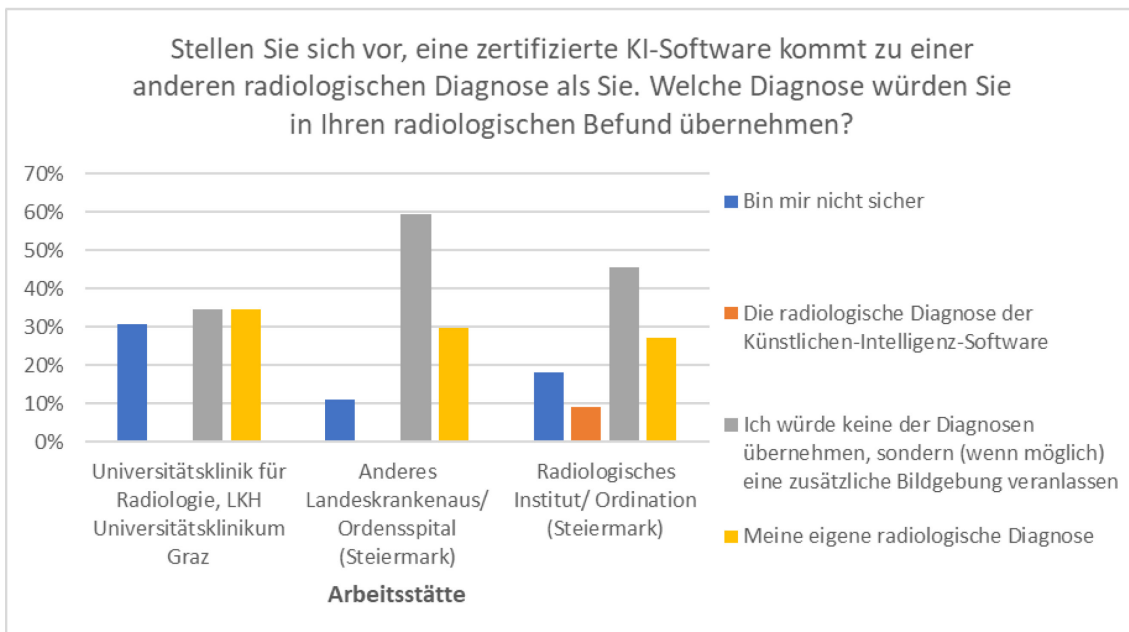


Abb. 33 Verteilung der Umfrageergebnisse zu „Stellen Sie sich vor, eine zertifizierte KI-Software kommt zu einer anderen radiologischen Diagnose als Sie. Welche Diagnose würden Sie in Ihren radiologischen Befund übernehmen?“ in Abhängigkeit von der Arbeitsstätte der Umfrageteilnehmer*innen

4. Diskussion

Die Umfrageergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden 3 Kategorien zugeordnet: „Demografische Daten der Fragebogenteilnehmer*innen“, „Ausbildungsstand und Vorerfahrungen der Fragebogenteilnehmer*innen mit KI“ und „Wahrnehmungen und Erwartungen der Fragebogenteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie“. Die Umfrageteilnehmer*innen rekrutierten sich vorwiegend aus dem stationären Krankenhaussektor und fachärztlichen Personal. Augenscheinlich herrscht eine überwiegend positive Einstellung der Umfrageteilnehmer*innen gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie und auch zukünftige Einflüsse von KI-Anwendungen in der Radiologie, wie beispielsweise auf das Gehalt, werden eher positiv eingeschätzt. Demgegenüber bestehen Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Performance von KI-Anwendungen im Vergleich zu menschlichen Radiolog*innen. Diese mögliche Diskrepanz zwischen der angegebenen positiven Zukunftsprognose der Radiologie als Fachdisziplin und KI-Anwendungen als potentielle Konkurrenz im diagnostischen Ablauf wird im Folgenden beleuchtet werden, wie auch Erklärungsmodelle für die zukünftige Akzeptanz und Implementierung von KI im radiologischen Routinebetrieb.

In einer internationalen Umfrage⁴⁶ unter 675 Teilnehmern zeigte sich, dass 55,6% einen Einfluss von KI auf Jobmöglichkeiten erwarteten, wobei 58,1% eine Zunahme und 41,9% eine Abnahme prognostizierten. 74,7% erwarteten eine Veränderung der Gesamtbelastung durch radiologische Befunderstellung, 50,8% davon erwarteten eine Verringerung und 49,2% das Gegenteil. Alle Teilnehmer sahen eine Rolle für Radiolog*innen in der Entwicklung und Validierung von KI-Anwendungen, wobei 64,3% eine Aufsicht über alle Entwicklungsstufen befürworteten. 57,8% waren nicht in Forschungsprojekte zur KI-Entwicklung involviert. 47,6% nutzten keine KI-Anwendungen in der klinischen Praxis, 20,4% verwendeten sie und 30,4% planten dies. 68,6% wollten sich über Vor- und Nachteile von KI-Anwendungen informieren, 58,1% über deren klinische Nutzung und 33,8% darüber, wie man KI effektiv nutzen kann.

Wesentlich positiver als in der zitierten Umfrage reagierten die Teilnehmer*innen der vorliegenden Umfrage auf die Frage nach der Erwartung, dass der Einsatz von KI die radiologisch-diagnostische Tätigkeit der Radiolog*innen erleichtern wird (83%).

Ein möglicher Grund für diese Diskrepanz könnte sein, dass in der erwähnten Studie ca. 42% der Teilnehmer*innen in KI-Forschungsprojekten involviert sind, wohingegen es in der Umfrage des Autors nur 4,6 % der Teilnehmer*innen sind, welche hohe Expertise bzw. wissenschaftliche Forschungserfahrung im Bereich KI besitzen. Eine mögliche Schlussfolgerung dieser Ergebnisse wäre, dass eine verhältnismäßig geringere KI-Expertise mit höheren Erwartungen an das Leistungsvermögen von KI-Anwendungen in der Radiologie vergesellschaftet ist, wohingegen Experten auf dem Gebiet der KI deren reale Schwächen und Limitationen stärker in ihre Einschätzungen einfließen lassen.

Ähnlich wie in der zitierten Studie ist mit ca. 91 % ein Großteil der Teilnehmer*innen in vorliegender Arbeit der Meinung, Radiolog*innen sollten mehr in die Entwicklung von KI-Technologien eingebunden werden. Dies deckt sich mit Ergebnissen einer weiteren Umfrage, in der eine Mehrheit (79%) angab, dass Radiolog*innen die Führung in der Entwicklung von KI-Technologien übernehmen sollten, was insbesondere auf Männer und diejenigen mit grundlegendem oder fortgeschrittenem KI-Wissen zutrif.³⁸

Was die Bereitschaft zu Weiter- bzw. Fortbildungen auf dem Gebiet der KI anbelangt, kommen beide Umfragen zu ähnlichen Ergebnissen (ca. 64 % der Teilnehmer*innen in der vorliegenden Arbeit würden eigenfinanzierte Weiterbildungen zu KI-Anwendungen in der Radiologie besuchen).

In einer Umfrage⁴⁵ mit 690 teilnehmenden Radiolog*innen der European Society of Radiology (ESR), wurden Erfahrungen mit KI-basierten Algorithmen in der klinischen Praxis erfasst. Von den Befragten hatten 276 praktische Erfahrung mit diesen Algorithmen und waren in 229 Institutionen aus 32 Ländern tätig, hauptsächlich in akademischen Einrichtungen (52%), regionalen Krankenhäusern (37%) und privaten Praxen (11%). Die technische Integration der KI-Software in IT-Systeme und Arbeitsabläufe war größtenteils problemlos, nur 17,8% der Befragten berichteten über Integrationsprobleme. KI-Algorithmen wurden in der klinischen Praxis hauptsächlich zur Unterstützung bei der Interpretation oder zur Priorisierung von Arbeitsabläufen eingesetzt. Häufige Anwendungsbereiche waren die Erkennung spezifischer Befunde, wie Lungenembolien, Hirnblutungen oder kolorektaler Polypen, sowie die Unterstützung bei der Bildnachbearbeitung und quantitativen Auswertung. Die Mehrheit der Befragten (75,7%) empfand die

Ergebnisse der KI-Algorithmen als zuverlässig. Viele nutzten Qualitätskontrollmechanismen, wie das Erfassen von Diagnoseabweichungen zwischen Radiolog*innen und Algorithmen. Etwa ein Drittel der Befragten gab an, in ihren Berichten zu erwähnen, dass KI bei der Diagnostik angewandt wurde und 17,3% informierten die Patient*innen darüber. Nur 22,7% der Befragten, die KI-Algorithmen nutzten, berichteten über eine Arbeitsentlastung, während 69,8% keine Reduktion ihrer Arbeitsbelastung feststellten.

Verglichen mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit scheinen sich Erwartungen an die Implementierung und Arbeitserleichterung durch KI in der radiologischen Diagnostik und die realen Auswirkungen im Routinebetrieb nicht zu decken. In der vorliegenden Umfrage gaben knapp 83 % der Teilnehmer*innen an, dass sie erwarten, dass der Einsatz von KI die radiologisch-diagnostische Tätigkeit der Radiolog*innen erleichtern wird. Die Ergebnisse der zitierten Studie und der vorliegenden Arbeit weisen darauf hin, dass zwar die Implementierung von KI im radiologischen Routinebetrieb gut funktioniert, sich die erhoffte bzw. erwartete Arbeitsbelastungsreduktion jedoch Großteils nicht erfüllte.

In einer internationalen Umfrage³⁸ unter 1086 Fachkräften im Bereich Radiologie zeigte sich, dass eine Minderheit (21%) nur grundlegend von KI gehört hatte, wobei dieses Wissen signifikant seltener bei Personen mit wissenschaftlichem Hintergrund und bei kardiothorakalen Subspezialisten zu finden war. Andererseits hatten 16% der Befragten fortgeschrittenes Wissen oder waren aktiv in Forschung und Entwicklung von KI involviert. Die Angst, durch KI ersetzt zu werden, war bei 38% der Teilnehmer vorhanden, besonders ausgeprägt bei Männern und Personen mit grundlegendem KI-Wissen. Diese Angst nahm mit zunehmendem Alter und höherem KI-Wissen ab. Fast die Hälfte der Befragten äußerte Bedenken bezüglich ihrer beruflichen Zukunft, wobei diese Zweifel eng mit der Angst vor Ersetzung durch KI verbunden waren. Insgesamt zeigte sich, dass eine offene und proaktive Einstellung zu KI bei fast der Hälfte der Befragten vorhanden war, wobei männliches Geschlecht, höheres KI-Wissen und jüngeres Alter als positive Prädiktoren identifiziert wurden.

Soweit mit dieser Studie vergleichbar, zeigte sich in der Umfrage der vorliegenden Arbeit eine unterschiedliche Selbsteinschätzung, was das KI-spezifische Wissen anbelangt, wobei nur 4,6 % einen sehr guten Kenntnisstand angaben, ca. 11 %

schon einmal von KI gehört haben und ca. 75 % über Basiswissen verfügen. Anhand dieser Ergebnisse wird verdeutlicht, dass zwar ein Wunsch nach einer aktiven Rolle der Radiolog*innen in der Entwicklung von KI-Technologie geäußert wird (über 90% der Teilnehmer*innen), bei jedoch nur etwa 14 % der Teilnehmer*innen guter bzw. sehr guter Kenntnisstand zu KI besteht. Interessanterweise würden demgegenüber nur 64 % der Teilnehmer*innen eigenfinanzierte Fortbildungen zu KI besuchen wollen.

Insgesamt scheint im Vergleich unter den Teilnehmer*innen der vorliegenden Umfrage eine positivere Grundstimmung gegenüber KI in der Radiologie zu herrschen. Immerhin ca. 90 % der Teilnehmer*innen stehen dem Einsatz von KI in der Radiologie sehr oder eher positiv gegenüber, trotzdem knapp die Hälfte einen teilweisen oder vollständigen Ersatz der Radiolog*innen durch KI in den nächsten 10-15 Jahren prognostizierten.

In einem wissenschaftlichen Artikel³⁶ aus dem Jahr 2016 definierten die Autoren maschinelles Lernen als vermutlich größte Bedrohung für die Zukunft der Radiologie. Die Autoren heben hervor, dass in der Radiologie maschinelles Lernen zahlreiche Vorteile bietet, da es komplexe Datenmengen verarbeiten und Muster in Bildern erkennen kann, die menschlichen Radiolog*innen möglicherweise entgehen. Weiters sind Computer nicht von Ermüdung oder Emotionen beeinflusst und verbessern sich stetig. Dies hat den Autoren zufolge Auswirkungen auf die berufliche Zukunft von Radiolog*innen. Studierende und neue Fachkräfte im Bereich der Radiologie müssen sich auf eine sich verändernde Landschaft einstellen, in der die Nachfrage nach Bildinterpretation abnehmen und damit auch die Einkommen sinken könnten. Dies führt zu der Frage, ob Radiologie in Zukunft als eigenständige Spezialisierung bestehen wird.

Betreffend die Einschätzung von Einflüssen von KI auf die Zukunftsentwicklungen in der Radiologie waren die Umfrageteilnehmer*innen in der vorliegenden Arbeit durchwegs positiv gestimmt. 51 % der Teilnehmer*innen waren der Meinung, dass KI-Anwendungen Radiolog*innen nicht ersetzen und 46 % dass sie teilweise ersetzt werden. Interessant ist hier ein möglicher Zusammenhang mit dem Alter: Personen unter 35 Lebensjahre sind eher der Meinung, dass KI Radiolog*innen nicht ersetzen wird, wohingegen Personen älter als 55 Lebensjahre stärker von einem zumindest teilweisen Ersatz der Radiolog*innen durch KI. Der überwiegende

Anteil war außerdem der Meinung, dass sich in den kommenden 10-15 Jahren das Einkommen durch KI-Einsatz nicht verringern wird. Der Großteil der Teilnehmer*innen (88%) würde sich auch mit dem derzeitigen Wissen über KI wieder für eine Karriere als Radiolog*in entscheiden. Diese Ergebnisse scheinen aber in einem möglichen Konflikt zu jenen Fragen zu stehen, die die Performance von zukünftigen KI-Anwendungen im Vergleich zu menschlichen Radiolog*innen evaluierten. Immerhin 17 % der Umfrageteilnehmer*innen glaubten, KI-Anwendungen würden in den nächsten 10-15 Jahren besser als Radiolog*innen diagnostizieren können, und 35 % waren sich hinsichtlich einer Prognose zu dieser Fragestellung nicht sicher. Ca. zwei Drittel der Teilnehmer*innen waren der Meinung, dass KI-Anwendungen die radiologische Diagnostik in den kommenden 10-15 Jahren verbessern werden und ca. die Hälfte der Teilnehmer*innen würde der Diagnose einer KI zumindest soweit vertrauen, dass im Falle einer Diskrepanz zur eigenen Diagnose ein weiteres Bildgebungsverfahren veranlasst werden würde. Direkte Schlüsse aus diesen Ergebnissen zu ziehen, scheint aufgrund der multiplen Einflussfaktoren und der überschaubaren Stichprobengröße schwierig. Eine Tendenz lässt sich jedoch anhand der Umfrageergebnisse erahnen: die zukünftige Performance von KI-Anwendungen in der radiologischen Diagnostik wird zwar als vielversprechend angesehen mit deutlich zu erwartenden Einflüssen auf den Routinebetrieb, trotzdem wird der Einsatz von KI nicht als direkte Bedrohung der Fachdisziplin Radiologie perzipiert. Als mögliche Schlussfolgerung ließe sich hieraus die Hypothese formulieren, dass die Einschätzung des Einflusses von KI-Anwendungen auf den Fachbereich Radiologie von Radiolog*innen unrealistisch erscheint und ob nicht durch die ständig fortschreitende Verbesserung der Fähigkeiten von KI eine realistische Bedrohung für die radiologische Routinetätigkeit, wie sie momentan vorherrscht, besteht. Weiters könnte auch die sehr optimistische Einschätzung des Einflusses von KI-Anwendungen auf das zukünftige Einkommen der Umfrageteilnehmer*innen unrealistisch sein, zieht man eine Analyse in Betracht, die besagt, dass KI die jährlichen Gesundheitskosten in den USA bis 2026 um bis zu 150 Milliarden US-Dollar senken wird können ⁴⁷. Die entscheidende Frage, die dadurch aufgeworfen wird und die Zukunftsprognose des Fachbereichs Radiologie wesentlich beeinflussen wird, lautet: Was hindert letztlich Shareholder (und auch Stakeholder) im Gesundheitswesen daran, KI

weitläufig zu implementieren, wenn dadurch sehr wahrscheinlich die diagnostische Performance erhöht und die Kosten gesenkt werden können?

Eine gewichtige Rolle spielen bestimmt rechtliche Rahmenbedingungen, wie sie im Kapitel 1.3. der vorliegenden Arbeit präsentiert wurden. Weitere mögliche Erklärungsmodelle für die Akzeptanz und Implementierung neuartiger Technologien, die auf psycho-sozialen Faktoren basieren, wurden im Kapitel 1.4. der vorliegenden Arbeit vorgestellt. Da die Umfrage dieser Masterarbeit die individuellen Erwartungen und Wahrnehmungen gegenüber KI-Implementierungen in der radiologischen Diagnostik zum Thema hatte, wird nachfolgend ein Fokus auf gängige psycho-soziale Erklärungsmodelle gelegt. Das TAM2⁴² analysiert die Annahme neuer Systeme durch Individuen basierend auf drei sozialen Faktoren: Subjektive Norm (Wahrnehmung des sozialen Drucks, ein Verhalten auszuführen), Freiwilligkeit (Grad der Nicht-Zwanghaftigkeit bei Technologieentscheidungen) und Status (wie die Nutzung einer Innovation den sozialen Status verbessert). Es wird angenommen, dass der Einfluss der subjektiven Norm auf die Bereitschaft zur Nutzung von Technologien anfangs stark ist, aber im Laufe der Zeit nachlässt. Ebenso schwächt sich der Einfluss der subjektiven Norm auf die wahrgenommene Nützlichkeit ab, je mehr Erfahrung ein Individuum mit der Technologie sammelt. Die Relevanz der Technologie für den Beruf des Einzelnen und Faktoren wie Qualität, Präsentation und Benutzer*innenfreundlichkeit des Systems erhöhen die wahrgenommene Nützlichkeit. Die Autoren schlussfolgerten, dass sozialer Einfluss effektiver ist als verpflichtende Ansätze, um die wahrgenommene Nützlichkeit und damit die Annahme neuer Systeme zu fördern. Die UTAUT⁴⁴ nennt 4 Schlüsselfaktoren, welche die Akzeptanz und Nutzung neuer Technologien beeinflussen: Leistungserwartung, Aufwandserwartung, sozialer Einfluss und erleichternde Bedingungen.

Eine Studie⁴⁸ aus dem Jahr 2021 untersuchte mögliche Erklärungen der Verhaltensabsicht und des Nutzungsverhaltens von KI-Produkten in den Bereichen Mobilität, Haushalt und Gesundheit. Die Ergebnisse zeigten, dass die Leistungserwartung, der Komfort/ Bequemlichkeit und insbesondere die Gewohnheit eine entscheidende Rolle für die beabsichtigte Nutzung und das Nutzungsverhalten von Produkten mit KI spielten. Die Autoren schlossen daraus, Unternehmen sollten sowohl in der Kommunikation als auch in der Produktentwicklung darauf achten, dass KI-Produkte am Ende der

Wertschöpfungskette einen spürbaren Nutzen erbringen. Konkret sollten KI-Produkte den Kunden helfen, Aufgaben schneller zu erledigen, die Produktivität zu steigern und ihnen bei wichtigen Zielen zu helfen. Marketing muss besonders den Nutzen für den Kunden hervorheben, wobei der Faktor Bequemlichkeit eine besondere Rolle spielt. KI-Produkte haben einen hohen Bequemlichkeitswert, wenn sie sich selbst steuern und kontrollieren, einfach zu bedienen sind, Zugang zu vielen Informationen haben und proaktiv, ohne menschliches Eingreifen, den Nutzer*innen helfen, bessere Entscheidungen zu treffen. Schließlich zeigten die Ergebnisse, dass die Gewohnheit den größten Einfluss auf die Verhaltensabsicht bei KI-Produkten hat. Ein Gewohnheitseffekt tritt jedoch nur auf, wenn viele KI-Produkte verwendet werden und Unternehmen diesen Nutzen kommunizieren.

Ein rezenter integrativer Review⁴⁹ untersuchte Faktoren, die die Akzeptanz von KI-Technologien im Krankenhaussetting beeinflussen. Die Wahrnehmungen der Auswirkungen von KI auf Fehlerhäufigkeit, Warnempfindlichkeit und Zeitressourcen waren unterschiedlich. Im Gegensatz dazu wurden Angst vor Verlust der (beruflichen) Autonomie und Schwierigkeiten bei der Integration von KI in klinische Arbeitsabläufe einstimmig als Hindernisse berichtet. Andererseits förderte Schulung für die Nutzung von KI die Akzeptanz dieser Technologie. Die unterschiedlichen Ergebnisse könnten durch Unterschiede in der Anwendung und Funktionsweise der verschiedenen KI-Systeme sowie durch interprofessionelle und interdisziplinäre Unterschiede erklärt werden. Um die Akzeptanz von KI unter Gesundheitsfachkräften zu fördern, ist es laut Autoren ratsam, Endnutzer*innen in die frühen Entwicklungsstadien von KI einzubeziehen sowie bedarfsgerechte Schulungen für den Einsatz von KI im Gesundheitswesen anzubieten und eine angemessene Infrastruktur bereitzustellen.

In der Umfrage zur vorliegenden Arbeit war die Bereitschaft, zertifizierte KI-Software in der radiologischen Diagnostik anzuwenden mit 84 % der Antworten sehr hoch, nur 3 % wollten diese nicht anwenden. Diese positive Bereitschaft KI-Anwendungen einzusetzen drückt sich auch in der positiven generellen Einstellung gegenüber KI-Anwendungen aus, da nur ca. 5 % der Teilnehmer*innen eine eher negative oder negative Einstellung gegenüber KI-Anwendungen in der Radiologie hatten. Immerhin 70 % der Befragten gaben an, schon einmal KI in der radiologischen Diagnostik angewandt zu haben, somit kann von einer gewissen praktischen Erfahrung mit KI-Anwendungen ausgegangen werden. Longitudinale Erhebungen

der Einstellungen von Radiolog*innen zu KI wären hilfreich, um herauszufinden, ob sich diese im Laufe einer zunehmenden Implementierung von KI im Routinebetrieb und der sich daraus möglicherweise ergebenden Konkurrenzsituation zu menschlichen Radiolog*innen ändert. Entscheidend könnte dafür auch sein, wie sehr Radiolog*innen in den Entwicklungsprozess von KI-Anwendungen eingebunden werden, zumindest unter den Teilnehmer*innen der vorliegenden Umfrage herrscht ein großer Wunsch danach (91 % der Teilnehmer*innen). Da laut TAM2⁴² sozialer Einfluss effektiver ist als verpflichtende Ansätze, um die wahrgenommene Nützlichkeit und damit die Annahme neuer Systeme zu fördern, könnten radiologische Fachgesellschaften eine zunehmende Rolle in der zukünftigen Implementierung von KI-Systemen im radiologischen Routinebetrieb spielen.

5. Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Die vorliegende Arbeit untersuchte die Wahrnehmungen und Erwartungen von Radiolog*innen gegenüber Künstlicher Intelligenz (KI) in der Radiologie, basierend auf demografischen Daten, Ausbildungsstand und Vorerfahrungen mit KI. Die Ergebnisse zeigten eine überwiegend positive Haltung gegenüber KI, jedoch bestehen Unsicherheiten bezüglich der zukünftigen Leistungsfähigkeit von KI im Vergleich zu menschlichen Radiolog*innen. Trotz einer erwarteten positiven Auswirkung von KI auf die Arbeitsbelastung und das Einkommen, decken sich diese Erwartungen nicht immer mit den realen Erfahrungen im klinischen Alltag und wissenschaftlichen Prognosen. Eine Mehrheit der Befragten befürwortet eine stärkere Einbindung von Radiolog*innen in die Entwicklung von KI-Technologien, was die Notwendigkeit einer intensiveren Beschäftigung mit dieser Technologie im radiologischen Bereich andeutet.

Die Ergebnisse legen nahe, dass die Integration von KI in die Radiologie komplex ist und von verschiedenen Faktoren wie der individuellen Einstellung, der subjektiven Norm und der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle beeinflusst wird. Die Akzeptanz von KI unter Radiolog*innen könnte durch frühzeitige Einbindung in Entwicklungsprozesse, angepasste Schulungen und eine angemessene Infrastruktur gefördert werden. Die Bereitschaft zur Anwendung zertifizierter KI-Software in der radiologischen Diagnostik war unter den Studienteilnehmer*innen hoch, was die positive Einstellung gegenüber KI-Technologien widerspiegelt.

Schlussfolgernd deutet die Studie auf eine Diskrepanz zwischen der positiven Einstellung zu KI und der realen Anwendung im klinischen Alltag und den zukünftigen Entwicklungen der Performance von radiologischen KI-Anwendungen hin. Eine stärkere Beteiligung von Radiolog*innen an der Entwicklung und Implementierung von KI-Systemen könnte die Akzeptanz und effektive Nutzung dieser Technologien in der radiologischen Praxis verbessern. Denn mit zunehmendem Fokus auf ökonomische Effizienz- und Effektivitätssteigerung im Gesundheitswesen könnte die Implementierung von KI-Technologien parallel dazu einer Konsequenz folgen, die sich unabhängig vom radiologischen Fachdiskurs ergibt.

6. Referenzen

1. Turing AM. Computing machinery and intelligence. *Mind* 1950; 59: 433-460.
2. Yu KH, Beam AL and Kohane IS. Artificial intelligence in healthcare. *Nat Biomed Eng* 2018; 2: 719-731. 20181010. DOI: 10.1038/s41551-018-0305-z.
3. Brodman K, Van Woerkom AJ, Erdmann AJ, Jr. and Goldstein LS. Interpretation of symptoms with a data-processing machine. *AMA Arch Intern Med* 1959; 103: 776-782. DOI: 10.1001/archinte.1959.00270050098015.
4. Schwartz WB. Medicine and the computer. The promise and problems of change. *N Engl J Med* 1970; 283: 1257-1264. DOI: 10.1056/nejm197012032832305.
5. Haug CJ and Drazen JM. Artificial Intelligence and Machine Learning in Clinical Medicine, 2023. *N Engl J Med* 2023; 388: 1201-1208. DOI: 10.1056/NEJMra2302038.
6. Choy G, Khalilzadeh O, Michalski M, et al. Current Applications and Future Impact of Machine Learning in Radiology. *Radiology* 2018; 288: 318-328. 20180626. DOI: 10.1148/radiol.2018171820.
7. Mun SK, Wong KH, Lo SB, et al. Artificial Intelligence for the Future Radiology Diagnostic Service. *Front Mol Biosci* 2020; 7: 614258. 20210128. DOI: 10.3389/fmolb.2020.614258.
8. Doi K. Computer-aided diagnosis in medical imaging: historical review, current status and future potential. *Comput Med Imaging Graph* 2007; 31: 198-211. 20070308. DOI: 10.1016/j.compmedimag.2007.02.002.
9. Halsted MJ and Froehle CM. Design, implementation, and assessment of a radiology workflow management system. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 191: 321-327. DOI: 10.2214/ajr.07.3122.
10. Bruls RJM and Kwee RM. Workload for radiologists during on-call hours: dramatic increase in the past 15 years. *Insights Imaging* 2020; 11: 121. 20201123. DOI: 10.1186/s13244-020-00925-z.
11. Kwee TC and Kwee RM. Workload of diagnostic radiologists in the foreseeable future based on recent scientific advances: growth expectations and role of artificial intelligence. *Insights Imaging* 2021; 12: 88. 20210629. DOI: 10.1186/s13244-021-01031-4.

12. Guenette JP and Smith SE. Burnout: Prevalence and Associated Factors Among Radiology Residents in New England With Comparison Against United States Resident Physicians in Other Specialties. *AJR Am J Roentgenol* 2017; 209: 136-141. DOI: 10.2214/ajr.16.17541.
13. Yamashita R, Nishio M, Do RKG and Togashi K. Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights Imaging* 2018; 9: 611-629. 20180622. DOI: 10.1007/s13244-018-0639-9.
14. Hosny A, Parmar C, Quackenbush J, et al. Artificial intelligence in radiology. *Nat Rev Cancer* 2018; 18: 500-510. DOI: 10.1038/s41568-018-0016-5.
15. Lehman CD, Wellman RD, Buist DS, et al. Diagnostic Accuracy of Digital Screening Mammography With and Without Computer-Aided Detection. *JAMA Intern Med* 2015; 175: 1828-1837. DOI: 10.1001/jamainternmed.2015.5231.
16. Fuchsjäger MH and Adelsmayr G. Artificial Intelligence as an Assistant in Breast Cancer Screening. *Radiology* 2022; 302: 543-544. 20211214. DOI: 10.1148/radiol.212675.
17. Rodriguez-Ruiz A, Lång K, Gubern-Merida A, et al. Can we reduce the workload of mammographic screening by automatic identification of normal exams with artificial intelligence? A feasibility study. *Eur Radiol* 2019; 29: 4825-4832. 20190416. DOI: 10.1007/s00330-019-06186-9.
18. Yala A, Schuster T, Miles R, et al. A Deep Learning Model to Triage Screening Mammograms: A Simulation Study. *Radiology* 2019; 293: 38-46. 20190806. DOI: 10.1148/radiol.2019182908.
19. Romero-Martín S, Elías-Cabot E, Raya-Povedano JL, et al. Stand-Alone Use of Artificial Intelligence for Digital Mammography and Digital Breast Tomosynthesis Screening: A Retrospective Evaluation. *Radiology* 2022; 302: 535-542. 20211214. DOI: 10.1148/radiol.211590.
20. van Winkel SL, Rodríguez-Ruiz A, Appelman L, et al. Impact of artificial intelligence support on accuracy and reading time in breast tomosynthesis image interpretation: a multi-reader multi-case study. *Eur Radiol* 2021; 31: 8682-8691. 20210504. DOI: 10.1007/s00330-021-07992-w.
21. Dembrower K, Crippa A, Colón E, et al. Artificial intelligence for breast cancer detection in screening mammography in Sweden: a prospective, population-based, paired-reader, non-inferiority study. *Lancet Digit Health* 2023; 5: e703-e711. 20230908. DOI: 10.1016/s2589-7500(23)00153-x.

22. Oudkerk M, Devaraj A, Vliegenthart R, et al. European position statement on lung cancer screening. *Lancet Oncol* 2017; 18: e754-e766. DOI: 10.1016/s1470-2045(17)30861-6.
23. Ziegelmayer S, Graf M, Makowski M, et al. Cost-Effectiveness of Artificial Intelligence Support in Computed Tomography-Based Lung Cancer Screening. *Cancers (Basel)* 2022; 14 20220329. DOI: 10.3390/cancers14071729.
24. Christe A, Leidolt L, Huber A, et al. Lung cancer screening with CT: evaluation of radiologists and different computer assisted detection software (CAD) as first and second readers for lung nodule detection at different dose levels. *Eur J Radiol* 2013; 82: e873-878. 20130925. DOI: 10.1016/j.ejrad.2013.08.026.
25. van Leeuwen KG, Meijer FJA, Schalekamp S, et al. Cost-effectiveness of artificial intelligence aided vessel occlusion detection in acute stroke: an early health technology assessment. *Insights Imaging* 2021; 12: 133. 20210925. DOI: 10.1186/s13244-021-01077-4.
26. Mayo RC and Leung JWT. Impact of Artificial Intelligence on Women's Imaging: Cost-Benefit Analysis. *AJR Am J Roentgenol* 2019; 212: 1172-1173. 20190219. DOI: 10.2214/AJR.18.20419.
27. Chan HP, Samala RK and Hadjiiski LM. CAD and AI for breast cancer- recent development and challenges. *Br J Radiol* 2020; 93: 20190580. 20191216. DOI: 10.1259/bjr.20190580.
28. Geras KJ, Mann RM and Moy L. Artificial Intelligence for Mammography and Digital Breast Tomosynthesis: Current Concepts and Future Perspectives. *Radiology* 2019; 293: 246-259. 20190924. DOI: 10.1148/radiol.2019182627.
29. Mital S and Nguyen HV. Cost-effectiveness of using artificial intelligence versus polygenic risk score to guide breast cancer screening. *BMC Cancer* 2022; 22: 501. 20220506. DOI: 10.1186/s12885-022-09613-1.
30. Voets MM, Veltman J, Slump CH, et al. Systematic Review of Health Economic Evaluations Focused on Artificial Intelligence in Healthcare: The Tortoise and the Cheetah. *Value Health* 2022; 25: 340-349. 20211216. DOI: 10.1016/j.jval.2021.11.1362.
31. Khanna NN, Maindarkar MA, Viswanathan V, et al. Economics of Artificial Intelligence in Healthcare: Diagnosis vs. Treatment. *Healthcare (Basel)* 2022; 10 20221209. DOI: 10.3390/healthcare10122493.

32. Parikh RB and Helmchen LA. Paying for artificial intelligence in medicine. *NPJ Digit Med* 2022; 5: 63. 20220520. DOI: 10.1038/s41746-022-00609-6.
33. Varadarajan R. Fortune at the bottom of the innovation pyramid: The strategic logic of incremental innovations. *Business Horizons* 2009; 52: 21-29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2008.03.011>.
34. Moore R. *Radical Innovation: How Mature Companies Can Outsmart Upstarts*: Richard Leifer, Christopher M. McDermott, Gina Colarelli O'Connor, Lois S. Peters, Mark Rice and Robert W. Veryzer, Jr.; Harvard Business School Press; 224 pp.; US\$29.95; 0-87584-903-2. *Journal of Business Research* 2002; 55: 529-530.
35. Rubin GD and Abramson RG. Creating Value through Incremental Innovation: Managing Culture, Structure, and Process. *Radiology* 2018; 288: 330-340. 20180703. DOI: 10.1148/radiol.2018171239.
36. Chockley K and Emanuel E. The End of Radiology? Three Threats to the Future Practice of Radiology. *J Am Coll Radiol* 2016; 13: 1415-1420. 20160918. DOI: 10.1016/j.jacr.2016.07.010.
37. Impact of artificial intelligence on radiology: a EuroAIM survey among members of the European Society of Radiology. *Insights Imaging* 2019; 10: 105. 20191031. DOI: 10.1186/s13244-019-0798-3.
38. Huisman M, Ranschaert E, Parker W, et al. An international survey on AI in radiology in 1,041 radiologists and radiology residents part 1: fear of replacement, knowledge, and attitude. *Eur Radiol* 2021; 31: 7058-7066. 20210320. DOI: 10.1007/s00330-021-07781-5.
39. Huisman M, Ranschaert E, Parker W, et al. An international survey on AI in radiology in 1041 radiologists and radiology residents part 2: expectations, hurdles to implementation, and education. *Eur Radiol* 2021; 31: 8797-8806. 20210511. DOI: 10.1007/s00330-021-07782-4.
40. Pesapane F, Volonté C, Codari M and Sardanelli F. Artificial intelligence as a medical device in radiology: ethical and regulatory issues in Europe and the United States. *Insights Imaging* 2018; 9: 745-753. 20180815. DOI: 10.1007/s13244-018-0645-y.
41. Kruskal JB, Berkowitz S, Geis JR, et al. Big Data and Machine Learning-Strategies for Driving This Bus: A Summary of the 2016 Intersociety Summer

- Conference. *J Am Coll Radiol* 2017; 14: 811-817. 20170331. DOI: 10.1016/j.jacr.2017.02.019.
42. Venkatesh V and Davis FD. A Theoretical Extension of the Technology Acceptance Model: Four Longitudinal Field Studies. *Management Science* 2000; 46: 186-204. DOI: 10.1287/mnsc.46.2.186.11926.
43. Davis FD, Bagozzi RP and Warshaw PR. User Acceptance of Computer Technology: A Comparison of Two Theoretical Models. *Management Science* 1989; 35: 982-1003.
44. Venkatesh V, Morris MG, Davis GB and Davis FD. User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly* 2003; 27: 425-478. DOI: 10.2307/30036540.
45. European Society of R. Current practical experience with artificial intelligence in clinical radiology: a survey of the European Society of Radiology. *Insights Imaging* 2022; 13: 107. 20220621. DOI: 10.1186/s13244-022-01247-y.
46. European Society of R. Impact of artificial intelligence on radiology: a EuroAIM survey among members of the European Society of Radiology. *Insights Imaging* 2019; 10: 105. 20191031. DOI: 10.1186/s13244-019-0798-3.
47. Bohr A and Memarzadeh K. Chapter 2 - The rise of artificial intelligence in healthcare applications. In: Bohr A and Memarzadeh K (eds) *Artificial Intelligence in Healthcare*. Academic Press, 2020, pp.25-60.
48. Gansser OA and Reich CS. A new acceptance model for artificial intelligence with extensions to UTAUT2: An empirical study in three segments of application. *Technology in Society* 2021; 65: 101535. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101535>.
49. Lambert SI, Madi M, Sopka S, et al. An integrative review on the acceptance of artificial intelligence among healthcare professionals in hospitals. *npj Digital Medicine* 2023; 6: 111. DOI: 10.1038/s41746-023-00852-5.