


Nachhaltigkeit und Klimaschutz in der Radiologie – Ein Überblick

Sustainability and Climate Protection in Radiology – An Overview

Autorinnen/Autoren

Viktoria Palm^{1, 2, 3}, Tobias Heye⁴, Isabel Molwitz⁵ , Oyunbileg von Stackelberg^{1, 2, 3}, Hans-Ulrich Kauczor^{1, 2, 3}, Andreas G. Schreyer⁶

Institute

- 1 Clinic for Diagnostic and Interventional Radiology, Heidelberg University Hospital, Heidelberg, Germany
- 2 Translational Lung Research Center (TLRC), German Center for Lung Research (DZL), Heidelberg University, Heidelberg, Germany
- 3 Diagnostic and Interventional Radiology with Nuclear Medicine, Thoraxklinik am Universitätsklinikum Heidelberg, Germany
- 4 Department of Radiology and Nuclear Medicine, University Hospital Basel, Switzerland
- 5 Department of Diagnostic and Interventional Radiology and Nuclear Medicine, University Medical Center Hamburg-Eppendorf, Hamburg, Germany
- 6 Institute for Diagnostic and Interventional Radiology, Brandenburg Medical School Theodor Fontane, Brandenburg a. d. Havel, Germany

Key words

Sustainability, Radiology, Environmental Impact, Green Hospital, Energy Consumption of Diagnostic Imaging, Health for Future

eingereicht 31.01.2023

akzeptiert 16.04.2023

Artikel online veröffentlicht 22.06.2023

Bibliografie

Fortschr Röntgenstr 2023; 195: 981–988

DOI 10.1055/a-2093-4177

ISSN 1438-9029

© 2023. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

Korrespondenzadresse

Dr. Viktoria Palm

Clinic for Diagnostic and Interventional Radiology, Heidelberg University Hospital, Im Neuenheimer Feld, 69120 Heidelberg, Germany

Tel.: +49/622/15 63 41 42

viktoria.palm@med.uni-heidelberg.de

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund Nachhaltigkeit gewinnt in der Radiologie zunehmend an Bedeutung. Diese geht über den Klimaschutz hinaus – insbesondere die Ökonomie, Ökologie und soziale

Komponente sind zentrale Elemente. Ein Auszug aus der Studienlage über den Status Quo sowie mögliche Ansatzpunkte für Konzepte einer zukünftig nachhaltigeren Hochleistungsmedizin in der Radiologie werden im Folgenden dargelegt.

Die Drei Säulen der Nachhaltigkeit:

1. Ökologie

Mit weiterhin jährlich wachsender Anzahl an Schnittbildgebungen steht Deutschland im Pro-Kopf-Vergleich weltweit an einer der führenden Positionen. Ein MRT verbraucht jährlich ca. eine äquivalente Menge Energie wie 26 4-Personenhaushalte. Allein die Großgeräte CT und MRT tragen somit signifikant zum Gesamtenergieverbrauch des Krankenhauses bei. Hierbei macht insbesondere der Energieverbrauch im Ruhe- oder Inaktivitätszustand einen relevanten Anteil aus.

2. Ökonomie

Eine kritische Indikationsprüfung radiologischer Bildgebung ist nicht nur aufgrund des Strahlenschutzes, sondern auch im Sinne der Nachhaltigkeit und „value-based radiology“ bedeutend. In Rahmen der „Choosing Wisely“-Initiative wurden deshalb aus verschiedenen medizinischen Fachgesellschaften insgesamt 600 Empfehlungen zum Verzicht auf nicht notwendige Untersuchungen zusammengetragen, unter anderem auch für spezifische Indikationen der radiologischen Diagnostik.

3. Soziale Komponente

Die Ausrichtung radiologischer Tätigkeit auf die Bedürfnisse von Patientinnen und Patienten sowie Zuweisenden ist ein Kernaspekt der sozialen Komponente von Nachhaltigkeit. Ebenso stellt Mitarbeiterbindung über Förderung und Erhalt der Motivation, des Wohlbefindens sowie der Arbeitszufriedenheit einen essenziellen Aspekt sozialer Nachhaltigkeit dar. Darüber hinaus sind in der Lehre und Forschung nachhaltige Konzepte, wie durch das Weiterbildungscurriculum Radiologie, RADUCATION oder die Empfehlungen des International Committee of Medical Journal Editors von Relevanz.

Kernaussagen

1. Nachhaltigkeit umfasst 3 Säulen: Ökonomie, Ökologie und die soziale Komponente.
2. Radiologien haben durch die signifikante Vereinnahmung dieser Ressourcen ein hohes Optimierungspotenzial.
3. Für nachhaltige Radiologie ist ein Austausch von Medizin, Politik und Industrie nötig.
4. Diskurs, Wissensvermittlung und Veröffentlichung von Handlungsempfehlungen sind Bestandteil des Netzwerks Nachhaltigkeit der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG).

Zitierweise

- Palm V, Heye T, Molwitz I et al. Sustainability and Climate Protection in Radiology – An Overview. *Fortschr Röntgenstr* 2023; 195: 981–988

ABSTRACT

Background Sustainability is becoming increasingly important in radiology. Besides climate protection – economic, ecological, and social aspects are integral elements of sustainability. An overview of the scientific background of the sustainability and environmental impact of radiology as well as possibilities for future concepts for more sustainable diagnostic and interventional radiology are presented below.

The three elements of sustainability:

1. Ecology

With an annually increasing number of tomographic images, Germany is in one of the leading positions worldwide in a per capita comparison. The energy consumption of an MRI system is comparable to 26 four-person households annually. CT and MRI together make a significant contribution to the overall energy consumption of a hospital. In particular, the energy

consumption in the idle or inactive state is responsible for a relevant proportion.

2. Economy

A critical assessment of the indications for radiological imaging is important not only because of radiation protection, but also in terms of sustainability and “value-based radiology”. As part of the “Choosing Wisely” initiative, a total of 600 recommendations for avoiding unnecessary examinations were compiled from various medical societies, including specific indications in radiological diagnostics.

3. Social Sustainability

The alignment of radiology to the needs of patients and referring physicians is a core aspect of the social component of sustainability. Likewise, ensuring employee loyalty by supporting and maintaining motivation, well-being, and job satisfaction is an essential aspect of social sustainability. In addition, sustainable concepts are of relevance in teaching and research, such as the educational curriculum for residents in radiology, RADUCATION or the recommendations of the International Committee of Medical Journal Editors.

Einleitung

Nachhaltigkeit und Klimaschutz – kann das mit der Radiologie vereinbar sein? Die Bedeutung von Nachhaltigkeit und Klimaschutz in der Radiologie wurde im Rahmen des 103. Deutschen Röntgenkongresses mit dem Titelthema „Vielfalt leben – Zukunft gestalten“ hervorgehoben. Trotz des Bewusstseins der Notwendigkeit von Nachhaltigkeit und Klimaschutz sind diese Begrifflichkeiten unter dem Aspekt zahlreicher Marketing-Kampagnen, wirtschaftlichem „Greenwashing“ sowie Demonstrationen durch „die letzte Generation“ aktuell mit ambivalenten Emotionen behaftet. Um jedoch eine thematische Differenzierung zu den zum Teil negativ assoziierten Kognitionen mit diesen Begrifflichkeiten zu ermöglichen, ist eine dezidierte, systematische und wissenschaftliche Auseinandersetzung mit Nachhaltigkeit und Klimaschutz in der Radiologie notwendig.

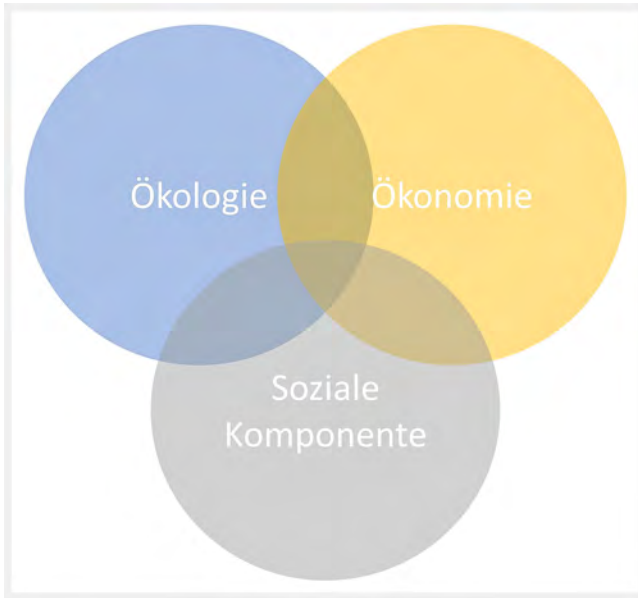
Insbesondere bezüglich des Klimaschutzes ist die Radiologie als technologiebasiertes Fach und dadurch assoziiert mit einem hohen Energiebedarf, in bedeutender Verantwortung. Maximalversorgung und Hochleistungsmedizin beanspruchen signifikante Mengen von Ressourcen. Der hohe Energieverbrauch unserer Großgeräte ist aber nicht nur ökologisch, sondern mittlerweile auch ökonomisch durch die massiv gestiegenen Energiepreise von existentieller Bedeutung.

Aktuelle Studien und Initiativen wie etwa „Health for future“ zeigten, dass das Gesundheitswesen einen signifikanten Anteil zu den weltweiten CO₂-äquivalenten Emissionen beiträgt und somit für den Klimawandel mitverantwortlich ist. Jährlich nehmen die Untersuchungszahlen in der Radiologie zu. Im Jahr 2019 wurden in Deutschland ca. 24 Mio. Schnittbilduntersuchungen durchgeführt, etwa hälftig auf CT und MRT verteilt [1, 2]. In Bezug auf die Anzahl der MRT-Untersuchungen je 1000 Einwohner befindet sich

Deutschland unter den führenden Ländern weltweit. Im Jahr 2019 belegte die Bundesrepublik mit 145 Untersuchungen je 1000 Einwohner hinter den USA Platz 2 und liegt somit fast doppelt so hoch wie der Durchschnitt der 30 OECD-Länder (OECD = Organisation for Economic Cooperation and Development) mit 79 je 1000 Einwohner [2].

Um den Begriff der „Nachhaltigkeit“ im Weiteren korrekt zu benutzen, sollte zunächst dessen Entstehung und Bedeutung erläutert werden. Aus der ursprünglichen, primären Verwendung als forstwirtschaftliches Prinzip, nach dem nicht mehr Holz gefällt werden darf als nachwachsen kann [3], wird die Nachhaltigkeit heute generalisiert als Maxime betrachtet, welche auf lang anhaltende(n) und zukunftsorientierte(n) Beständigkeit und Handlungsweisen basiert. Es existieren verschiedene Definitionen der Nachhaltigkeit – eine häufig verwendete ist das „Drei-Säulen-Modell“, in dem 3 wesentliche Elemente unterschieden werden (► **Abb. 1**): Ökologie, Ökonomie und soziale Komponente [4]. Diese Kerngebiete umfassen neben energetischen Aspekten unter anderem auch „value-based Radiology“, zukunftsorientierte Weiterbildung und Forschung sowie eine nachhaltige Beziehung zu Patientinnen und Patienten, Zuweisenden und Mitarbeitenden in der Radiologie.

Im Folgenden möchten wir eine Übersicht der aktuellen Literatur dieser 3 sich häufig überschneidenden Kernaspekte der Nachhaltigkeit in der Radiologie geben und erörtern welches Optimierungspotenzial sich ergibt.



► **Abb. 1** Die Kernaspekte der Nachhaltigkeit.

Die Drei Elemente der Nachhaltigkeit

Ökologie

Die EU gehört mit den USA, China und Indien zu den führenden Erzeugern von Treibhausgasen, welche für den Klimawandel maßgeblich entscheidend sind [5, 6]. Trotz der Bemühungen der Umsetzung der Klimaziele bis 2045 eine Nettonullemission zu erreichen, wurde 2021 ein weltweiter Anstieg der Emissionen um 6 % und somit um 2 Milliarden Tonnen auf ca. 36,3 Mrd. verzeichnet, die bisher größte, jährliche Wachstumszunahme [7]. Laut Hochrechnungen für 2022 ist die jährliche Gesamtemission gegenüber dem Vorjahr weltweit um zusätzliche 1 % angestiegen. Mitverantwortlich dafür ist der nun erneut stark zunehmende, internationale Flugverkehr. Im Jahr 2019 lag der Gesundheitssektor gemäß dem Klimabericht der „Health Care Without Harm“ jedoch noch vor dem Einfluss der Luftfahrtindustrie (3 %) und der Schifffahrtindustrie (2 %) [8]. Das Gesundheitssystem ist weltweit für 4,4 % und deutschlandweit für 5,2 % der jährlichen Treibhausgasemissionen verantwortlich [9]. Absolut sind die gesundheitssystembasierten Emissionen der EU weltweit am dritthöchsten, hinter USA und China. Bezogen auf die Emissionen pro Einwohner gehört das deutsche Gesundheitssystem zu der zweitführenden Ländergruppe, den „Major Emitters“, mit 1–0,5 t/Person [9, 10].

Der Energieverbrauch der radiologischen Großgeräte trägt maßgeblich zum Gesamtenergieverbrauch der Krankenhäuser bei. Exakte Angaben des Energieverbrauchs der Radiologie anteilig des Verbrauches der Krankenhäuser sind schwierig, da dieses von der Gesamtgröße der Radiologie sowie dem Verhältnis dessen zum Krankenhaus abhängig ist. T. Heye et al. zeigten für 4 MRTs und 3 CTs einen jährlichen Gesamtverbrauch von 1107 450 kWh mit im Jahr 2015 korrespondierenden Energiekosten von \$199 341 [11]. Bei einem Gesamtverbrauch des Krankenhauses von 27 905 332 kWh waren diese Geräte für 4 % dessen verantwortlich [11]. Der prozentuale Anteil der gesamten Radio-

logie am Energieverbrauch des Klinikums ist, mit weiteren in diese Studie nicht eingeschlossenen Geräten, somit als deutlich höher einzuschätzen.

Ogleich die Durchführung von Untersuchungen den höchsten Energiespitzenverbrauch aufweist, trägt das Zeitintervall zwischen den Untersuchungen bei der CT im System-on-Zustand zu 2/3 des Gesamtverbrauchs bei [11]. Der kontinuierliche Grundstromverbrauch der meisten Großgeräte im System-on-Zustand ohne Aktivität in der Bildakquisition ist ursächlich für den hohen Anteil der nicht produktiven Phasen am Gesamtverbrauch. Ferner trägt bei der MRT der System-off-Zustand aufgrund der kontinuierlichen Heliumkühlung zu ungefähr 1/3 des Gesamtstromverbrauchs bei [11].

Daraus ergibt sich ein signifikantes Potenzial für Energieeinsparungen radiologischer Großgeräte, insbesondere für CT, MRT, PET-CT, Angiografieanlagen oder Hybrid-Anlagen wie CT/Angio oder PET-MRT. Diese sollten während nicht produktiver Phasen in der Nacht oder am Wochenende ausgeschaltet werden. Abgesehen von den Geräten für den Notfallbetrieb, ergibt sich eine mögliche Einsparung von 20–60 % des Geräteverbrauchs je nach Betriebszeiten und System-off-Stromverbrauch. Geräte mit geringer Auslastung oder längeren, inaktiven Zeitintervallen während der produktiven Betriebszeit, wie z. B. Angiografie- und Durchleuchtungsanlagen, können auch tagsüber ausgeschaltet werden, da die Einschaltzeit bis zur Betriebsbereitschaft häufig weniger als 5 Minuten beträgt. Sonografiegeräte verfügen meist über einen Standby-Modus, dieser sollte mit einem niedrigen Zeitwert für die automatische Aktivierung eingestellt werden.

Heye et al. konnten ebenfalls zeigen, dass die Wärmeabgabe des MRTs signifikant unterhalb der Menge der zugeführten Kälte lag, sodass ein Großteil der Kühlung ungenutzt bleibt. Hierbei bietet eine individuelle Abstimmung des Herstellers mit der Energie- und Gebäudetechnik eines Instituts oder Krankenhauses zur Ausgestaltung der Kühlanlagen, des notwendigen Stromangebots und der Befeuchtungs- und Belüftungssteuerung der Betriebsräume weitere Möglichkeiten zur Energieeinsparung. Letztendlich werden weiterführende Studien und der Diskurs von Klinik, Wissenschaft und Industrie zeigen, wie der ungenutzte Ruhezustand und die berechnete MRT-Kühlung optimiert werden können, um den Energieverbrauch der Großgeräte zu reduzieren.

Überdies ist auch ein positiver Effekt auf den Energieverbrauch durch eine verbesserte Ökonomie mit kritischer Indikationsstellung sowie spezifischer Anpassung des Untersuchungsprotokolls zu erwarten. Insbesondere bei der MRT führt jede Verkürzung der Untersuchungszeit, durch Protokolloptimierung oder Einsatz von Deep-learning-Sequenzen, zu einer Reduktion des Energieverbrauchs pro Untersuchung und somit zu einer Steigerung der Energieeffizienz.

Ökonomie

Nach Angaben der Weltgesundheitsorganisation (WHO) werden jedes Jahr schätzungsweise 3,6 Mrd. diagnostische Untersuchungen weltweit durchgeführt [12]. Laut Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) wurden für das Jahr 2018 etwa 130 Millionen Röntgenanwendungen und etwa 18 Millionen CT-Untersuchungen registriert, die Tendenz steigend [13]. Eine kritische Indikationsprüfung der Notwendigkeit der radiologischen Bildgebung nach

dem Leitsatz „How does it change management?“ ist nicht nur im Rahmen des Strahlenschutzes, der individuellen Indikationsstellung für Kontrastmittel und für die diagnostische Aussagekraft, sondern auch im Sinne der Ökonomie, Nachhaltigkeit und „value-based radiology“ von großer Bedeutung [14–16]. „Value-based radiology“ basiert auf dem Konzept, durch die Radiologie einen Mehrwert für Patienten, das Gesundheitssystem und die Gesellschaft zu schaffen, anhand wissenschaftlich basierter Handlungsempfehlungen. Einer der Schlüsselaspekte ist hierbei die volumenbasierte Praxis zu reduzieren und den Fokus primär auf die Aspekte der medizinischen Bedeutung und den nachhaltigen Nutzen der radiologischen Untersuchung zu legen.

In diesem Kontext haben medizinische Fachgesellschaften in den USA seit 2012 ihre Mitglieder aufgefordert, diagnostische Tests oder medizinische Verfahren zu benennen, deren Notwendigkeit in ihrem Fachgebiet hinterfragt und diskutiert werden sollte [17, 18]. Inzwischen haben 80 medizinischen Fachgesellschaften aus 20 Ländern insgesamt 600 „Choosing Wisely“-Handlungsempfehlungen zur Vermeidung überbeanspruchter Tests und Behandlungen veröffentlicht.

Das American College of Radiology hat unter anderem den Verzicht der folgenden Untersuchungen postuliert:

1. Verzicht auf die native Phase der Abdomen-CT, mit Ausnahme der Abklärung von Leber-/Nierenläsionen, Hämaturie, Nebennierenläsionen (nativ > 10 HE), postinterventionell bei V. a. Endoleak und Blutungssuche [19–25].
2. Verzicht der spätvenösen Kontrastmittelpphase in der Abdomen-CT, ausgenommen bei unklaren/r Neben-/Nierenläsionen und Hämaturie, CT-Urogramm sowie V. a. Hepatozelluläres Karzinom und Cholangiozelluläres Karzinom [20, 22, 26–33].
3. Verzicht von Follow-up-Untersuchungen bei asymptomatischer, nicht obstruktiver Kurzsegment-Dünndarmintussuszeption (≤ 3.5 cm) [34–37].
4. Verzicht auf die diagnostische Sonografie bei inzidentellen Schilddrüsenknoten in der CT/MRT, ausgenommen dem Vorliegen von Malignitätskriterien der Läsionen sowie dem Überschreiten altersadaptierter Größengrenzwerten oder Lymphknotenvergrößerungen [38–46].
5. Verzicht auf die Verlaufskontrolle bei unkomplizierten Ovarialzysten in prämenopausalen Frauen < 5 cm oder postmenopausal < 3 cm [47–51].
6. Verzicht auf eine präoperative Röntgen-Thorax-Aufnahme bei jungen Patienten (< 70J.) ohne den klinischen Verdacht auf kardiopulmonale Vorerkrankungen [52–58].
7. Verzicht auf die CT-Angiografie bei V. a. Lungenarterienembolie sofern eine niedrige Prätestwahrscheinlichkeit (Wells-Score < 2) oder negative D-Dimere vorliegen [59–63].
8. Verzicht auf die radiologische Diagnostik bei Kopfschmerzen ohne entsprechende Risikofaktoren oder neurologischen Verdacht auf eine strukturelle Störung [64–67].

Zudem legt der radiologische Befund den Grundstein für die weitere diagnostisch-therapeutische Kaskade. Eine zusätzliche, zum Teil unnötige, Diagnostik fordert nicht nur im Sinne der Nachhaltigkeit personelle und energetische Ressourcen, sondern führt auch zu einer vermeidbaren, finanziellen Belastung der Krankenkassen und individuellen Belastung der Patienten. Aus diesem

Grund sind bei der Beschreibung von Pathologien die Darlegung der exakten Charakterisierung nach etablierten Klassifikationen mit den daraus resultierenden, wissenschaftlich belegten Handlungsempfehlungen (gem. Bi-RADS, Ti-RADS, Bosniak-Kriterien, Fleischner-Kriterien, etc.) in radiologischen Befunden bedeutend. Hierdurch kann ein signifikanter Beitrag dazu geleistet werden, ob und in welchem Intervall Verlaufsbildgebung oder weitere, klinische Diagnostik erfolgen sollte bzw. vermieden werden kann.

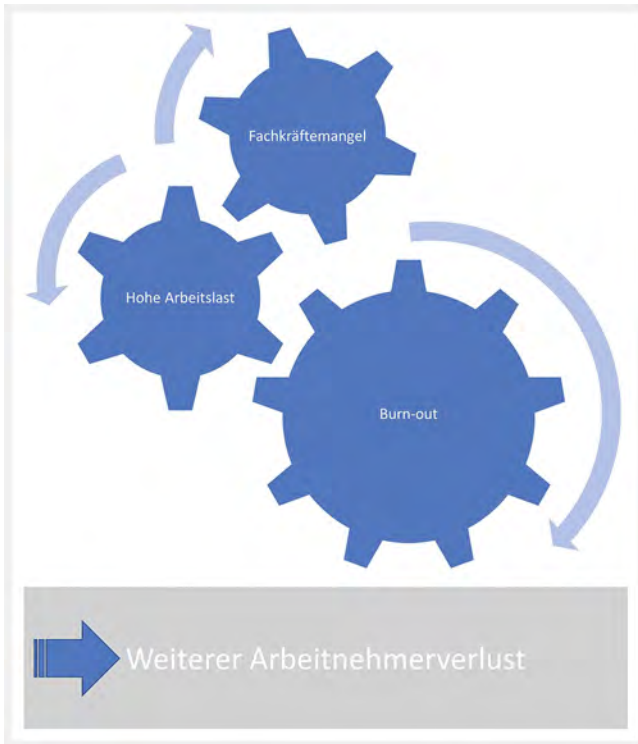
Eine somit nachhaltigere Medizin, von der Patienten langfristig profitieren, trägt nicht nur durch Optimierung der Ressourcen insgesamt zu einer verbesserten Gesundheitsversorgung bei, sondern beeinflusst zugleich die soziale Komponente der Nachhaltigkeit positiv.

Soziale Komponente

Unter der sozialen Komponente von Nachhaltigkeit wird neben der nachhaltigen Beziehung zu Patientinnen und Patienten sowie Zuweisenden auch die Gewinnung, Bindung, Motivation und das Erhalten des Wohlbefindens sowie der Arbeitszufriedenheit von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verstanden. Dies ist umso relevanter, als dass bereits seit über 20 Jahren eine zunehmende Personalknappheit in der Radiologie deutlich steigenden Untersuchungszahlen gegenübersteht [68–70]. Auch ist die Radiologie einer der Fachbereiche mit erhöhtem Risiko für Burn-out [71, 72]. So zeigt sich bereits unter radiologischen Assistenzärztinnen und Assistenzärzten eine hohe Prävalenz von Burn-out-Prädiktoren [73, 74]. Neben der Gewinnung und Bindung ärztlichen Personals stellt insbesondere auch die nachhaltige Steigerung der Attraktivität des Berufsbildes der Medizinischen Technologin bzw. des Technologen für Radiologie (MT-R) eine aktuelle Herausforderung dar. So wird im Abschlussbericht des Deutschen Krankenhausinstituts zum „Fachkräftemangel und Fachkräftebedarf in MTA-Berufen“ von 2019 angegeben, dass in 46 % der Krankenhäuser Probleme bestünden, offene Stellen für MT-R zu besetzen (versus 23 % 2011) [75]. Für 2030 sei, basierend auf sofortigem Bedarf, Renteneintritten und zunehmenden Fallzahlen, von einem Mehrbedarf an 12 740 MT-Vollzeitstellen, davon 52 % MT-R, auszugehen.

Entsprechend ist die nachhaltige Sicherstellung der Arbeitszufriedenheit und Gesundheit sowohl des ärztlichen Personals und als auch der MT-Rs von existenzieller Bedeutung für die Radiologie (► **Abb. 2**).

Ferner beinhalten die sozialen Aspekte der Nachhaltigkeit die Beziehung zu den Patientinnen und Patienten bzw. zu den zuweisenden ärztlichen Kolleginnen und Kollegen, wie in einem aktuellen narrativem Review unserer Arbeitsgruppe dargelegt [4]. Gegenwärtig wird die Arbeit der Radiologie von Zuweiserinnen und Zuweisern mehrheitlich geschätzt. Verbesserungspotential liegt vor allem in der Optimierung radiologischer Befunde durch (teil-)strukturierte Befundung. Für die Mehrheit der Patientinnen und Patienten steht darüber hinaus der Wunsch einer Befundbesprechung mit den Radiologinnen und Radiologen im Fokus. Vorhandene Studien zum Thema der Patientenzentriertheit beschränken sich jedoch zum großen Teil auf Erhebungen des Ist-Zustandes ohne konkret umsetzbare Lösungsvorschläge für das Problem einer einerseits bereits bestehenden, hohen Arbeitsbelastung und andererseits dem Patientenwunsch nach intensiviertem Arzt-



► **Abb. 2** Circulus Vitiosus von Fachkräftemangel und hoher Arbeitslast gefolgt von Burn-out sowie zusätzlichem Arbeitnehmersverlust.

kontakt. Diesem Wunsch zu entsprechen und als primärer Ansprechpartner von den Patientinnen und Patienten wahrgenommen zu werden, ist jedoch aufgrund der zu erwartenden Integration künstlicher und artifizieller Intelligenz in den radiologischen Alltag, von größter Bedeutung.

Darüber hinaus betreffen soziale Komponenten von Nachhaltigkeit auch die radiologische Lehre in Studium und Weiterbildung. Nachhaltig muss diese hinsichtlich der Gewinnung von Nachwuchs, Steigerung der Arbeitszufriedenheit von Assistenzärztinnen und -ärzten und effizienter Nutzung von Lehrressourcen sein. So gaben Weiterzubildende an, neben persönlicher Befundsupervision insbesondere von strukturierter Lehre und festen Rotationen zu profitieren [76, 77]. Dies ist jedoch, solange die Lehre in der Weiterbildung in Deutschland keine Abbildung in der leistungsorientierten Mittelvergabe findet, von standortabhängigen Strukturen und dem persönlichen Engagement der Weiterbildenden abhängig. Für eine langfristige und nachhaltige Weiterbildungsstruktur für Lernende und Lehrende, hat das Forum Junge Radiologie (FJR) gemeinsam mit den AGs der DRG, der Deutschen Gesellschaft für Interventionelle Radiologie und minimalinvasive Therapie (DeGIR), Deutschen Gesellschaft für Neuro-radiologie (DGNR) und Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie (GPR) 2021 das Weiterbildungscurriculum Radiologie erstellt [78]. Um die Vorteile der durch die COVID-19-Pandemie katalysierten Anzahl digitaler Lehrformate zu nutzen, welche nachhaltig, zeiteffizient und standortunabhängig verwendet werden können, wurde 2022 zudem RADUCATION entwickelt [79, 80]. Auf RADUCATION stehen digitale, durch die Taskforce Weiterbildung des FJR synergistisch gesammelte und aktualisierte Weiterbil-

dungsformate für die Lernziele des Weiterbildungscurriculums Radiologie zur Verfügung [81].

Abschließend sind auch in der Forschung und Wissenschaft zukunftsorientierte Konzepte als Teil der dritten Säule der Nachhaltigkeit von zunehmender Relevanz. So forderte das International Committee of Medical Journal Editors (ICMJE) bereits 2017, dass aus ethischer Verpflichtung gegenüber Studienteilnehmerinnen und -teilnehmern bei Registrierung von Studien zu definieren sei, wie generierte Daten der wissenschaftlichen Gemeinschaft zur Verfügung gestellt würden [82]. Dies ermögliche neben Transparenz und Kontrollfunktion die nachhaltige Nutzung generierter Daten für sekundäre Analysen. Auch die Verpflichtung der ICMJE zur Studienregistrierung vor Einschluss von Probanden zwecks Vermeidung eines Selektionsbias der Ergebnisse dient der nachhaltigen Ressourcennutzung und dem Probandenschutz, in dem mehrfache Studien identischer Fragestellungen und Methodik vermieden werden.

Ausblick

94% der Patienten wünschen sich ein nachhaltigeres Krankenhaus [83]. Nachhaltigkeit in der Medizin und in der Radiologie hat somit eine zunehmende Bedeutung unter Einbindung der Ökonomie, Ökologie und der sozialen Komponente. Aufgrund einer signifikanten Vereinnahmung der Ressourcen dieser verschiedenen Qualitäten profitiert somit nicht nur der Klimaschutz, sondern auch das Gesundheitswesen, die Patienten & Mitarbeiter sowie die Wissenschaft von zukunftsorientierten, nachhaltigen Konzepten in der Radiologie.

Neben potenziellen, finanziellen Einsparmöglichkeiten durch Prozessoptimierung und Reduktion des Energieverbrauchs, sind zum Teil für eine größere Umstrukturierung auch entsprechende Kosten einzukalkulieren. Mit Fokus auf den Klimaschutz hat KLUK-Green im Rahmen der Ausbildung von Klimamanagern ermittelt, dass allerdings bereits eine 40%ige Emissionsreduktion mit nicht oder gering investiven Maßnahmen erreicht werden kann. Neben den bereits genannten Aspekten gibt es viele weitere, alltägliche Möglichkeiten für eine nachhaltigere Radiologie [84]. Der 10-Punkteplan der DRG gibt hierfür einen Einblick in nichtinvestive, nachhaltige Handlungsempfehlungen [85].

Da jedoch viele Aspekte der Nachhaltigkeit in der Radiologie bisher unzureichend untersucht wurden, steht das Netzwerk Nachhaltigkeit der DRG in einem dynamischen Diskurs von Medizin, Politik und Industrie, um diese Prozesse voranzutreiben. Die Sensibilisierung, der Austausch mit Wissenschaft und Wirtschaft sowie die Wissensvermittlung und Veröffentlichung dieser Erkenntnisse sind ebenfalls zentraler Bestandteil des Netzwerks und können online eingesehen werden [86].

Das Ziel ist es somit gemeinsam, unter Einbindung der verschiedenen Instanzen, zukunftsorientierte, nachhaltige Konzepte für die Radiologie zu entwickeln, wovon gleichermaßen Patienten, Mitarbeiter, die Radiologie sowie das Gesundheitswesen und die Umwelt profitieren.

„Die Zukunft soll man nicht voraussehen wollen, sondern möglich machen.“

Antoine de Saint-Exupéry
(Aus „Die Stadt in der Wüste“, 2009)

Interessenkonflikt

Isabel Molwitz war als Vorsitzende des Forums Junge Radiologie an der Entwicklung des Weiterbildungscurriculums Radiologie sowie von RADUCATION aktiv beteiligt.

Dr. med. Viktoria Palm war als Mitglied des Forums Junge Radiologie bei der inhaltlichen Ausgestaltung von RADUCATION aktiv beteiligt. Diese Arbeit wurde durch ein Vollzeit-Forschungsstipendium von Dr. med. Viktoria Palm durch die medizinische Fakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg unterstützt.

Referenzen

- [1] CT – Computertomographie-Untersuchungen in ausgewählten OECD-Ländern 2019. Statista. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/172707/umfrage/computertomographie-untersuchungen-ct-in-ausgewaehlten-laendern-europas/>
- [2] MRT – Magnetresonanztomographie-Untersuchungen in ausgewählten OECD-Ländern 2019. Statista. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/172709/umfrage/magnetresonanztomographie-untersuchungen-mrt-in-ausgewaehlten-laendern-europas/>
- [3] Carlowitz HC von. Sylvicultura oeconomica: Anweisung zur wilden Baum-Zucht. TU Bergakademie Freiberg; 2000
- [4] Schreyer AG, Schneider K, Dendl LM et al. Patient Centered Radiology – An Introduction in Form of a Narrative Review. *Fortschr Röntgenstr* 2022; 194: 873–881. doi:10.1055/a-1735-3552
- [5] Global CO₂ Emissions Rebounded to Their Highest Level in History in 2021 | UNFCCC. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://unfccc.int/news/global-co2-emissions-rebounded-to-their-highest-level-in-history-in-2021>
- [6] tagesschau.de. Studie: CO₂-Emissionen steigen 2022 weiter an. tagesschau.de. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.tagesschau.de/wissen/klima/co2-ausstoss-carbon-project-101.html>
- [7] World Energy Outlook 2021 – Analysis. IEA Paris 2021; Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>
- [8] Healthcare's climate footprint. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/healthcares-climate-footprint>
- [9] Lenzen M, Malik A, Li M et al. The environmental footprint of health care: a global assessment. *The Lancet Planetary Health* 2020; 4: e271–e279. doi:10.1016/S2542-5196(20)30121-2
- [10] Pichler PP, Jaccard IS, Weisz U et al. International comparison of health care carbon footprints. *Environ Res Lett* 2019; 14: 064004. doi:10.1088/1748-9326/ab19e1
- [11] Heye T, Knoerl R, Wehrle T et al. The Energy Consumption of Radiology: Energy- and Cost-saving Opportunities for CT and MRI Operation. *Radiology* 2020; 295: 593–605. doi:10.1148/radiol.2020192084
- [12] To X-ray or not to X-ray? Im Internet (Stand: 25.01.2023): <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/to-x-ray-or-not-to-x-ray>
- [13] Bundesamt für Strahlenschutz. Röntgendiagnostik–Nutzen und Risiken. 2016
- [14] Silva CF, von Stackelberg O, Kauczor HU, Hrsg. Value-based Radiology: A Practical Approach. Cham: Springer International Publishing; 2020
- [15] Brady AP, Visser J, Frija G et al. Value-based radiology: what is the ESR doing, and what should we do in the future? *Insights Imaging* 2021; 12: 108. doi:10.1186/s13244-021-01056-9
- [16] Fuchsjaeger M, Derchi L, Brady A. Value-Based Radiology: A New Era Begins. In: Silva CF, von Stackelberg O, Kauczor HU Value-based Radiology: A Practical Approach. Cham: Springer International Publishing; 2020: 3–11
- [17] Choosing Wisely. Im Internet (Stand: 01.12.2022): 2014 <https://www.choosingwisely.org/>
- [18] Chen C, Tam KW, Kuo KN. Choosing wisely in health care. *Journal of the Formosan Medical Association* 2018; 117: 754–755. doi:10.1016/j.jfma.2018.06.015
- [19] Abdominal CT with unenhanced CT | Choosing Wisely. Im Internet (Stand: 01.12.2022): 2017 <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/acr-abdominal-ct-with-unenhanced-ct-followed-by-iv-contrast-enhanced-ct/>
- [20] Johnson PT, Mahesh M, Fishman EK. Image Wisely and Choosing Wisely: Importance of Adult Body CT Protocol Design for Patient Safety, Exam Quality, and Diagnostic Efficacy. *J Am Coll Radiol* 2015; 12: 1185–1190. doi:10.1016/j.jacr.2015.02.021
- [21] Strother MK, Robert EC, Cobb JG et al. Reduction in the number and associated costs of unindicated dual-phase head CT examinations after a quality improvement initiative. *Am J Roentgenol* 2013; 201: 1049–1056. doi:10.2214/Am J Roentgenol.12.10393
- [22] Guite KM, Hinshaw JL, Ranallo FN et al. Ionizing radiation in abdominal CT: unindicated multiphase scans are an important source of medically unnecessary exposure. *J Am Coll Radiol* 2011; 8: 756–761. doi:10.1016/j.jacr.2011.05.011
- [23] Fulwadhva UP, Wortman JR, Sodickson AD. Use of Dual-Energy CT and Iodine Maps in Evaluation of Bowel Disease. *Radiographics* 2016; 36: 393–406. doi:10.1148/rg.2016150151
- [24] Artigas JM, Martí M, Soto JA et al. Multidetector CT angiography for acute gastrointestinal bleeding: technique and findings. *Radiographics* 2013; 33: 1453–1470. doi:10.1148/rg.335125072
- [25] Geffroy Y, Rodallec MH, Boulay-Coletta I et al. Multidetector CT angiography in acute gastrointestinal bleeding: why, when, and how. *Radiographics* 2011; 31: E35–E46. doi:10.1148/rg.313105206
- [26] Chan MG, Cassidy FH, Andre MP et al. Delayed imaging in routine CT examinations of the abdomen and pelvis: is it worth the additional cost of radiation and time? *Am J Roentgenol* 2014; 202: 329–335. doi:10.2214/Am J Roentgenol.12.10468
- [27] Rodolfino E, Devicienti E, Miccò M et al. Diagnostic accuracy of MDCT in the evaluation of patients with peritoneal carcinomatosis from ovarian cancer: is delayed enhanced phase really effective? *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2016; 20: 4426–4434
- [28] Monzawa S, Ichikawa T, Nakajima H et al. Dynamic CT for detecting small hepatocellular carcinoma: usefulness of delayed phase imaging. *Am J Roentgenol* 2007; 188: 147–153. doi:10.2214/Am J Roentgenol.05.0512
- [29] Iannaccone R, Laghi A, Catalano C et al. Hepatocellular carcinoma: role of unenhanced and delayed phase multi-detector row helical CT in patients with cirrhosis. *Radiology* 2005; 234: 460–467. doi:10.1148/radiol.2342031202
- [30] Lim JH, Choi D, Kim SH et al. Detection of hepatocellular carcinoma: value of adding delayed phase imaging to dual-phase helical CT. *Am J Roentgenol* 2002; 179: 67–73. doi:10.2214/ajr.179.1.1790067
- [31] Keogan MT, Seabourn JT, Paulson EK et al. Contrast-enhanced CT of intrahepatic and hilar cholangiocarcinoma: delay time for optimal imaging. *Am J Roentgenol* 1997; 169: 1493–1499. doi:10.2214/ajr.169.6.9393152
- [32] Abdominal CT with delayed post-contrast phase | Choosing Wisely. 2017. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/acr-abdominal-ct-with-delayed-post-contrast-phase-after-the-venous-phase/>
- [33] Loyer EM, Chin H, DuBrow RA et al. Hepatocellular carcinoma and intrahepatic peripheral cholangiocarcinoma: enhancement patterns with quadruple phase helical CT—a comparative study. *Radiology* 1999; 212: 866–875. doi:10.1148/radiology.212.3.r99se32866
- [34] Olasky J, Moazzez A, Barrera K et al. In the era of routine use of CT scan for acute abdominal pain, should all adults with small bowel intussusception undergo surgery? *Am Surg* 2009; 75: 958–961

- [35] Rea JD, Lockhart ME, Yarbrough DE et al. Approach to management of intussusception in adults: a new paradigm in the computed tomography era. *Am Surg* 2007; 73: 1098–1105
- [36] Warshauer DM, Lee JK. Adult intussusception detected at CT or MR imaging: clinical-imaging correlation. *Radiology* 1999; 212: 853–860. doi:10.1148/radiology.212.3.99au43853
- [37] Follow up for jejunojejunal intussusception | Choosing Wisely. 2017. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/acr-follow-up-for-jejunojejunal-intussusception-in-adults/>
- [38] Vaccarella S, Franceschi S, Bray F et al. Worldwide Thyroid-Cancer Epidemic? The Increasing Impact of Overdiagnosis. *N Engl J Med* 2016; 375: 614–617. doi:10.1056/NEJMp1604412
- [39] Hoang JK, Langer JE, Middleton WD et al. Managing incidental thyroid nodules detected on imaging: white paper of the ACR Incidental Thyroid Findings Committee. *J Am Coll Radiol* 2015; 12: 143–150. doi:10.1016/j.jacr.2014.09.038
- [40] Ahmed S, Horton KM, Jeffrey RB et al. Incidental thyroid nodules on chest CT: Review of the literature and management suggestions. *Am J Roentgenol* 2010; 195: 1066–1071. doi:10.2214/Am J Roentgenol.10.4506
- [41] Nguyen XV, Choudhury KR, Eastwood JD et al. Incidental Thyroid Nodules on CT: Evaluation of 2 Risk-Categorization Methods for Work-Up of Nodules. *AJNR Am J Neuroradiol* 2013; 34: 1812–1817. doi:10.3174/ajnr.A3487
- [42] Tanpitukpongse TP, Grady AT, Sosa JA et al. Incidental Thyroid Nodules on CT or MRI: Discordance Between What We Report and What Receives Workup. *Am J Roentgenol* 2015; 205: 1281–1287. doi:10.2214/Am J Roentgenol.15.14929
- [43] Wu CW, Dionigi G, Lee KW et al. Calcifications in thyroid nodules identified on preoperative computed tomography: patterns and clinical significance. *Surgery* 2012; 151: 464–470. doi:10.1016/j.surg.2011.07.032
- [44] Bahl M, Sosa JA, Eastwood JD et al. Using the 3-tiered system for categorizing workup of incidental thyroid nodules detected on CT, MRI, or PET/CT: how many cancers would be missed? *Thyroid* 2014; 24: 1772–1778. doi:10.1089/thy.2014.0066
- [45] Hobbs HA, Bahl M, Nelson RC et al. Journal Club: incidental thyroid nodules detected at imaging: can diagnostic workup be reduced by use of the Society of Radiologists in Ultrasound recommendations and the three-tiered system? *Am J Roentgenol* 2014; 202: 18–24. doi:10.2214/Am J Roentgenol.13.10972
- [46] Ultrasound for incidental thyroid nodules | Choosing Wisely. 2017. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/acr-ultrasound-for-incidental-thyroid-nodules/>
- [47] Levine D, Brown DL, Andreotti RF et al. Management of asymptomatic ovarian and other adnexal cysts imaged at US: Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference Statement. *Radiology* 2010; 256: 943–954. doi:10.1148/radiol.10100213
- [48] ACR – Follow-up imaging for adnexal cysts | Choosing Wisely. <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/american-college-radiology-follow-up-imaging-for-adnexal-cysts/>
- [49] Patel MD, Ascher SM, Paspulati RM et al. Managing Incidental Findings on Abdominal and Pelvic CT and MRI, Part 1: White Paper of the ACR Incidental Findings Committee II on Adnexal Findings. *Journal of the American College of Radiology* 2013; 10: 675–681. doi:10.1016/j.jacr.2013.05.023
- [50] Timmerman D, Valentin L, Bourne TH et al. Terms, definitions and measurements to describe the sonographic features of adnexal tumors: a consensus opinion from the International Ovarian Tumor Analysis (IOTA) Group. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2000; 16: 500–505. doi:10.1046/j.1469-0705.2000.00287.x
- [51] American College of Obstetricians and Gynecologists. ACOG Committee Opinion: number 280, December 2002. The role of the generalist obstetrician-gynecologist in the early detection of ovarian cancer. *Obstet Gynecol* 2002; 100: 1413–1416. doi:10.1016/s0029-7844(02)02630-3
- [52] Gómez-Gil E, Trilla A, Corbella B et al. Lack of clinical relevance of routine chest radiography in acute psychiatric admissions. *Gen Hosp Psychiatry* 2002; 24: 110–113. doi:10.1016/s0163-8343(01)00179-7
- [53] Archer C, Levy AR, McGregor M. Value of routine preoperative chest x-rays: a meta-analysis. *Can J Anaesth* 1993; 40: 1022–1027. doi:10.1007/BF03009471
- [54] Grier DJ, Watson LJ, Hartnell GG et al. Are routine chest radiographs prior to angiography of any value? *Clin Radiol* 1993; 48: 131–133. doi:10.1016/s0009-9260(05)81088-8
- [55] Munro J, Booth A, Nicholl J. Routine preoperative testing: a systematic review of the evidence. *Health Technol Assess* 1997; 1: 1–62
- [56] Gupta SD, Gibbins FJ, Sen I. Routine chest radiography in the elderly. *Age Ageing* 1985; 14: 11–14. doi:10.1093/ageing/14.1.11
- [57] Suh RD, Genshaft SJ, Kirsch J et al. ACR Appropriateness Criteria® Intensive Care Unit Patients. *Journal of Thoracic Imaging* 2015; 30: W63. doi:10.1097/RTI.0000000000000174
- [58] ACR – Avoid admission or pre-op chest x-rays | Choosing Wisely. 2012. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/american-college-radiology-admission-preop-chest-x-rays/>
- [59] Kirsch J, Brown RKJ. Expert Panels on Cardiac and Thoracic Imaging et al. ACR Appropriateness Criteria® Acute Chest Pain-Suspected Pulmonary Embolism. *J Am Coll Radiol* 2017; 14: S2–S12. doi:10.1016/j.jacr.2017.02.027
- [60] Torbicki A, Perrier A, Konstantinides S et al. Guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism: the Task Force for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2008; 29: 2276–2315. doi:10.1093/eurheartj/ehn310
- [61] ACR – Avoid imaging for suspected PE | Choosing Wisely. 2012. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/american-college-radiology-imaging-for-suspected-pulmonary-embolism-without-moderate-or-high-pretest-probability/>
- [62] Neff MJ. ACEP Releases Clinical Policy on Evaluation and Management of Pulmonary Embolism. *afp* 2003; 68: 759–760
- [63] Stein PD, Woodard PK, Weg JG et al. Diagnostic pathways in acute pulmonary embolism: recommendations of the PIOPED II Investigators. *Radiology* 2007; 242: 15–21. doi:10.1148/radiol.2421060971
- [64] Frishberg B, Rosenberg J, Matchar D et al. Evidence-Based Guidelines in the Primary Care Setting: Neuroimaging in Patients with Nonacute Headache. *American Academy of Neurology*. 2000
- [65] Silberstein SD. Practice parameter: evidence-based guidelines for migraine headache (an evidence-based review): report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2000; 55: 754–762. doi:10.1212/wnl.55.6.754
- [66] Edlow JA, Panagos PD, Godwin SA et al. Clinical policy: critical issues in the evaluation and management of adult patients presenting to the emergency department with acute headache. *Ann Emerg Med* 2008; 52: 407–436. doi:10.1016/j.annemergmed.2008.07.001
- [67] ACR – Avoid imaging for uncomplicated headache | Choosing Wisely. 2012. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.choosingwisely.org/clinician-lists/american-college-radiology-imaging-for-uncomplicated-headache/>
- [68] Hawkins J. Addressing the shortage of radiologists. *Radiol Manage* 2001; 23: 26–28
- [69] Bhargavan M, Kaye AH, Forman HP et al. Workload of radiologists in United States in 2006–2007 and trends since 1991–1992. *Radiology* 2009; 252: 458–467. doi:10.1148/radiol.2522081895
- [70] Bruls RJM, Kwee RM. Workload for radiologists during on-call hours: dramatic increase in the past 15 years. *Insights Imaging* 2020; 11: 121. doi:10.1186/s13244-020-00925-z
- [71] Shanafelt TD, Boone S, Tan L et al. Burnout and satisfaction with work-life balance among US physicians relative to the general US population.

- Arch Intern Med 2012; 172: 1377–1385. doi:10.1001/archintern-med.2012.3199
- [72] Shanafelt TD, Hasan O, Dyrbye LN et al. Changes in Burnout and Satisfaction With Work-Life Balance in Physicians and the General US Working Population Between 2011 and 2014. *Mayo Clin Proc* 2015; 90: 1600–1613. doi:10.1016/j.mayocp.2015.08.023
- [73] McNeeley MF, Perez FA, Chew FS. The emotional wellness of radiology trainees: prevalence and predictors of burnout. *Acad Radiol* 2013; 20: 647–655. doi:10.1016/j.acra.2012.12.018
- [74] Guenette JP, Smith SE. Burnout: Prevalence and Associated Factors Among Radiology Residents in New England With Comparison Against United States Resident Physicians in Other Specialties. *American Journal of Roentgenology* 2017; 209: 136–141. doi:10.2214/Am J Roentgenol.16.17541
- [75] Blum K. Fachkräftemangel und Fachkräftebedarf in MTA-Berufen. Projekt des Deutschen Krankenhausinstituts (DKI) im Auftrag des Dachverbandes für Technologen/-innen und Analytiker/-innen in der Medizin Deutschland (DVTA), Düsseldorf 2019.
- [76] Oechtering TH, Panagiotopoulos N, Völker M et al. Work and Training Conditions of German Residents in Radiology – Results from a Nationwide Survey Conducted by the Young Radiology Forum in the German Roentgen Society. *Fortschr Röntgenstr* 2020; 192: 458–470. doi:10.1055/a-1047-1075
- [77] Oechtering TH, Panagiotopoulos N, Völker M et al. Work and Training Conditions of German Residents in Radiology – Results from a Nationwide Survey Conducted by the Young Radiology Forum in the German Roentgen Society. *Fortschr Röntgenstr* 2020; 192: 458–470. doi:10.1055/a-1047-1075
- [78] Molwitz I, Frisch A, Adam G et al. Vision, Development, and Structure of the First German Specialist Training Curriculum for Radiology. *Fortschr Röntgenstr* 2022; 194: 829–832. doi:10.1055/a-1825-9935
- [79] Molwitz I, Othman A, Brendlin A et al. Digitale Lehre mit, durch und nach COVID-19. *Radiologe* 2021; 61: 64–66. doi:10.1007/s00117-020-00794-z
- [80] Weiterbildungs-Curriculum Radiologie der Deutschen Röntgengesellschaft | RADUCATION. Im Internet (Stand: 25.01.2023): <https://raducation.de/>
- [81] Molwitz I, Eisenblätter M. [Digital Tools for facilitation of structured curriculum-based training in radiology]. *Radiologie (Heidelb)* 2022. doi:10.1007/s00117-022-01075-7
- [82] Taichman DB, Backus J, Baethge C et al. Sharing Clinical Trial Data – A Proposal from the International Committee of Medical Journal Editors. *N Engl J Med* 2016; 374: 384–386. doi:10.1056/NEJMe1515172
- [83] Homepage | Practice Greenhealth. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://practicegreenhealth.org/>
- [84] KLIK green zieht Bilanz: Mit über 1.600 Maßnahmen in rund 200 Krankenhäusern Richtung Klimaneutralität. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.kgnw.de/presse/aktuelles/2022-04-07-klick-green-projekt-abschluss>
- [85] DRG. Zehn-Punkte-Plan für mehr „Nachhaltigkeit@DRG“ | Nachhaltigkeit@DRG. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.nachhaltigkeit.drg.de>
- [86] DRG. Herzlich willkommen | Nachhaltigkeit@DRG. Im Internet (Stand: 01.12.2022): <https://www.nachhaltigkeit.drg.de>