

# Management & Krankenhaus



Ausgabe  
5/2022

kompakt

Sonderheft

M&K kompakt ist das Sonderheft von Management & Krankenhaus – zu besonderen Themen oder Events.



© phoniaphoto - Adobe-Stock.com

## RADIOLOGIE

CT/MRT: MEILENSTEIN IN DER KLINISCHEN CT

KI/AI: EINE NEUE ÄRA DER BILDREKONSTRUKTION

RÖNTGENSTRAHLUNG: HERZKATHETERUNTERSUCHUNGEN AUF DEM PRÜFSTAND

WILEY

# Nothilfe Ukraine



**Jetzt spenden!**

Es herrscht Krieg mitten in Europa. Millionen Kinder, Frauen und Männer bangen um ihr Leben und ihre Zukunft.

Aktion Deutschland Hilft leistet den Menschen Nothilfe. Gemeinsam, schnell und koordiniert. **Helfen Sie jetzt – mit Ihrer Spende.**



Spendenkonto: DE62 3702 0500 0000 1020 30

Spenden unter: [www.Aktion-Deutschland-Hilft.de](http://www.Aktion-Deutschland-Hilft.de)



**Aktion  
Deutschland Hilft**

Bündnis deutscher Hilfsorganisationen

# „Vielfalt leben, Zukunft gestalten“

Endlich wieder Kongresszeit

■ Aufgrund der Pandemiesituation ist der Deutsche Röntgenkongress, wie eine Vielzahl anderer Veranstaltungen, zu einem digitalen Format gewechselt. Dieses Jahr sollen die digitalen Fortbildungen mit einer Präsenzveranstaltung vom 25. bis 27. Mai kombiniert werden, um die Vorteile beider Formate zu bündeln. Die Kongresspräsidentin Dr. Kerstin Westphalen erläutert die Hintergründe.

**M&K:** Welche Faktoren haben zu dieser Entscheidung geführt und wie sehen die Mitglieder der Gesellschaft die Entwicklung?

**Dr. Kerstin Westphalen:** Ursprünglich war der Röntgenkongress im digitalen Format als Übergangslösung gedacht und Teil unseres pandemischen Krisenmanagements. Dabei war uns von Anfang an klar, dass wir den Präsenzkongress nicht 1:1 digital übersetzen können, und haben für 2020 und 2021 jeweils Programme entwickelt, die sich fast über das gesamte Jahr erstreckten. So konnten wir ein kontinuierliches Fortbildungsangebot schaffen, und zwar in einer Zeit, in der es keinerlei Präsenzveranstaltungen gab. Mit diesem spezifischen Angebot gelang es uns sogar, neue Teilnehmergruppen zu gewinnen, da nun wirklich alle, also auch Radiologen mit Kindern, problemlos teilnehmen konnten. Die Nachfrage und Begeisterung für dieses neue digitale Kongressformat waren so groß, dass wir entschieden haben,



Kongresspräsidentin des 103. Röntgenkongresses, Dr. Kerstin Westphalen

Foto: DRK Kliniken Berlin

den Deutschen Röntgenkongress auch zukünftig, das heißt in Nach-Pandemiezeiten, um einen digitalen Programmteil zu erweitern.

Dabei war uns bewusst, dass wir bei allen Vorteilen, die digitale Angebote bieten, die soziale Seite eines Kongresses, also das einander Treffen, unmittelbare Austauschen, Wiedersehen nicht wirklich ersetzen können. Ein Kongress in Präsenz ist für viele

Mitglieder der Deutschen Röntgengesellschaft nach wie vor ein (fach-)gesellschaftliches Ereignis und wichtige Motivation, um im gemeinschaftlichen Austausch einer wissenschaftlichen Gesellschaft aktiv zu sein. Darauf wollen und werden wir auch in Zukunft nicht verzichten.

*Das Motto des diesjährigen Röntgenkongresses lautet: „Vielfalt leben, Zu-*

*kunft gestalten“. Was erwarten Sie von der Radiologie der Zukunft?*

**Westphalen:** Die Radiologie der Zukunft muss ökologisch, ökonomisch und sozial nachhaltig wirken, dafür braucht sie thematische, methodische und personelle Vielfalt. Ich habe deshalb diese beiden Aspekte als Leitgedanken für den 103. Deutschen Röntgenkongress formuliert: „Vielfalt leben – Zukunft gestalten“. Aus dem Kongressmotto leiten sich unmittelbar zwei meiner Schwerpunktthemen ab: Diversity und Nachhaltigkeit.

Es gibt mittlerweile zahlreiche Studien und Erfahrungsberichte, die die positiven Wirkungen von Diversität in Arbeitskontexten belegen. Die Medizin im Allgemeinen und die Radiologie im Speziellen sollten daher aus einem gesunden Eigeninteresse dafür sorgen, dass alle Personalressourcen im Sinne einer „Talentförderung“ erschlossen und optimal gefördert werden – unabhängig von Geschlecht, Herkunft oder Alter. Hierzu gehört neben der gleichwertigen Förderung von Frauen und Männern u. a. die Schaffung neuer Arbeitsmodelle, damit jede und jeder das eigene Potential optimal einsetzen kann.

Neben dem Thema Vielfalt ist Nachhaltigkeit eine große Herausforderung für unsere Gesellschaft. Der Gesundheitssektor gehört in Deutschland zu den Branchen mit dem wohl größten Ressourcenverbrauch. Und die Radiologie trägt dazu in erheblichem Maße

Bitte umblättern ►

## Inhalt

3 „Vielfalt leben, Zukunft gestalten“

6 Meilenstein in der klinischen Computertomografie

8 Fortschritte in der Mikro-Computertomografie

9 Eine neue Ära der Bildrekonstruktion

10 Innovatives MRT-Auswertungsverfahren

14 Herzkatheteruntersuchungen auf dem Prüfstand

15 Verbindung klinischer und radiologischer Abläufe

16 TÜV Röntgenreport 2022

17 Effizientes, modulares DR System

18 Verbesserte Lebensqualität

19 Krebsforschung mit Laserblitzen

21 Zwischen Mikroskopie und Sonografie

22 Index, Impressum



bei. Mit Blick in die Zukunft müssen wir uns deshalb fragen: Wie können wir in der Radiologie klimabelastende Emissionen reduzieren, Ressourcen schützen und insgesamt mehr Nachhaltigkeitskonzepte umsetzen. An vielen radiologischen Standorten gibt es bereits Initiativen für mehr Nachhaltigkeit, auch die Industrie reagiert und entwickelt zunehmend nachhalti-

gere Produkte und Dienstleistungen, richtet sogar ihre Produktions- und Lieferketten entsprechend aus. Welche spannenden Konzepte und konkreten Lösungsansätze es bereits gibt, wird auf dem 103. Deutschen Röntgenkongress zu erleben sein.

*Die 50-jährige Geschichte der Computertomografie soll beim diesjährigen Kongress eine besondere Rolle spielen. Was ist dazu geplant?*

**Westphalen:** Als eines der wichtigsten bildgebenden Verfahren ist die Computertomografie trotz Strahlenbelastung für die moderne Diagnostik unentbehrlich. Ob Untersuchungen der Lunge, des Bauchraums oder des Kopfes – eine CT liefert schnell und präzise wichtige Informationen über Veränderungen oder Verletzungen im Körper und die inzwischen über 50 Jahre alte Technik hat uns erst den Weg zu einer modernen Diagnostik und minimalinvasiven Therapie ermöglicht und die Innovationsreise geht ja immer weiter. So wird beispielsweise das vor Kurzem zur Marktreife gebrachte Photon Counting von vielen Radiologen als der nächste große Schritt in der CT-Bildgebung behandelt. Die CT nimmt daher auch einen besonderen Platz im Kongress-

programm ein und rückt Fragen nach Anwendungsmöglichkeiten, Strahlenexposition, Kontrastmitteleinsatz und Innovationen in den Mittelpunkt.

*Gibt es besondere Angebote für junge Radiologen?*

**Westphalen:** Selbstverständlich hält der Röntgenkongress eine ganze Reihe an Veranstaltungen für unseren Nachwuchs bereit, und dies sowohl im Bereich Wissenschaft als auch im Bereich Fortbildung. Ich möchte Ihre Frage aber zum Anlass nehmen, kurz auf das vierte Schwerpunktthema des 103. Deutschen Röntgenkongresses einzugehen: die Interventionelle Radiologie. Auf diesem Gebiet gelingt der Radiologie der Schritt von der reinen Diagnose hin zur minimalinvasiven Therapie. Es passiert leider noch viel zu oft, dass jüngere Radiologen zwar Interesse an der Interventionellen Radiologie mitbringen, aber ihre Bedenken und Ängste, ob sie dieses anspruchsvolle Tätigkeitsfeld auch meistern können, sie zurückschrecken lassen. Hier müssen wir Schwellenängste abbauen und interventionelle Kenntnisse und Fertigkeiten motivierend vermitteln.

Insgesamt werden Sie auf dem 103. Deutschen Röntgenkongress viele

jüngere, insbesondere auch weibliche Radiologinnen als Referentinnen, Organisatorinnen und Vorsitzende erleben. Und das Forum Junge Radiologie mit seinen über 2.700 Mitgliedern prägt natürlich auch den Kongress und sein Programm. Außerdem möchte ich noch die Veranstaltungsreihe „FFF – Fit für den Facharzt“ erwähnen, die sich explizit an den radiologischen Nachwuchs richtet und genau das Wissen vermittelt, das angehende Fachärzte in der Facharztprüfung parat haben müssen.

*Was sehen Sie persönlich als Highlight der Veranstaltung?*

**Westphalen:** Diese Frage ist bei einem derart umfang- und abwechslungsreichen Programm wirklich schwierig zu beantworten. Dennoch freue ich mich ganz besonders darauf, dass wir Maja Göpel als Highlight-Vortragende im Rahmen der Eröffnungsveranstaltung gewinnen konnten. Sie wird über das Thema Nachhaltigkeit sprechen. Und ich bin schon sehr gespannt, was sie uns Radiologen mit auf den Weg gibt. ■■

**Autor:**

Dr. Jutta Jessen,  
Weinheim

#### Zur Person

Kongresspräsidentin **Dr. med. Kerstin Westphalen** ist seit 2011 Chefarztin am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie an den DRK-Kliniken in Berlin-Köpenick. Zuvor war sie von 2001 bis 2012 am Klinikum Ernst von Bergmann in Potsdam im Bereich Diagnostische und Interventionelle Radiologie unter Prof. Dr. J. Hierholzer tätig. Kerstin Westphalen ist Mitglied im Vorstand der Deutschen Gesellschaft für Interventionelle Radiologie und minimalinvasive Therapie (DeGIR) und Gründungsmitglied der Kommission Nachhaltigkeit@DRG in der Deutschen Röntgengesellschaft.

## 40 Jahre

### Die Kinder- und Jugendradiologie gratuliert!

Herzlichen Glückwunsch, Management & Krankenhaus!

Zu den untersuchten Patienten im Schwerpunkt Kinder- und Jugendradiologie würde „Management & Krankenhaus“ aufgrund ihres Alters von 40 Jahren eher nicht mehr gehören. Als Kommunikator medizinischer und technischer Innovationen im Gesundheitswesen ist die M&K aber ein wichtiges Medium für viele unserer Kollegen. Daher gratulieren wir der Redaktion von M&K ganz herzlich zum 40.!

Als Präsidium der Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie (GPR e. V.), der wissenschaftlichen Fachgesellschaft der kinderradiologisch tätigen Kollegen in Deutschland, Österreich und der Schweiz, wünschen wir dem Verlagsteam weitere spannende Jahre der Berichterstattung. Gerade für uns als technisch-methodisch geprägtes Fach bildet die M&K eine wichtige Informationsplattform, der wir sowohl als Leser als auch Autoren von Fachbeiträgen gerne auch in Zukunft zur Seite stehen. Mit den besten Wünschen

**Prof. Dr. Hans-Joachim Mentzel, Kinderradiologie Jena,  
Präsident der Gesellschaft für Pädiatrische Radiologie**



Besuchen Sie  
unseren Stand!  
25. – 27.05.2022  
Halle Nord,  
Stand 31



## Intelligente Gesundheitsversorgung leicht gemacht

### ***Altivity – KI im Gesundheitswesen neu definiert***

- Kompetente Gesundheitsversorgung
- Schnelle, maßgeschneiderte Behandlung
- Effiziente Arbeitsabläufe

# Meilenstein in der klinischen Computertomografie

*Konventionelle Röntgenbildung vereint mit Dunkelfeldbildung*

■ Der Prototyp eines Computertomografen vereint erstmalig die konventionelle Röntgenbildung und die Dunkelfeldbildung – mit vielversprechenden Diagnosemöglichkeiten. Die Röntgenbildung ist heutzutage aus der klinischen Anwendung nicht mehr wegzudenken. Seit der Entdeckung ionisierender Röntgenstrahlung wurde die darauf basierende Diagnostik über Jahrzehnte hinweg verfeinert. Zu den jüngsten Innovationen gehören etwa photonenzählende Detektoren und die spektrale Bildgebung in der Computertomografie (CT). Bisher basierten dabei alle klinisch angewendeten Technologien noch immer auf konventionellem Absorptionskontrast.



Nikolai Gustschin

Nun wurde ein klinisches CT-Gerät erstmalig so weiterentwickelt, dass es einen zusätzlichen Kontrastmechanismus abbilden kann: den Dunkelfeldkontrast. Vorteile dieser Modalität zeigten sich in vorklinischen Studien vor allem in der Diagnose von Lungenerkrankungen. Für die klinische Anwendung konnte die Dunkelfeld-Methodik bisher bereits in der zweidimensionalen Radiografie umgesetzt werden. Dabei wurde in einer ersten Patientenstudie eine sehr hohe Sensitivität des Dunkelfeldsignals in Bezug auf frühe Veränderungen der Alveolarstruktur der Lunge gezeigt.

## Enormes, ungenutztes Potential

Auf dem Weg von der Röntgenquelle zum Detektor wird Röntgenlicht durch



Thorax-Phantom im neu entwickelten Dunkelfeld-CT.

Foto: Astrid Eckert/TUM

das dazwischen liegende Gewebe teilweise absorbiert und somit abgeschwächt. Die Stärke der Absorption ist von Art und Struktur des Gewebes abhängig – ein Effekt, den die konventionelle Röntgenbildung nutzt. Damit sind dieser Methode, trotz stetig verbesserter Technik, fundamentale Grenzen gesetzt. Denn die intrinsischen Absorptionsunterschiede in Weichteilgewebe sind sehr gering, sodass es oft einer zusätzlichen Kontraststeigerung

durch Kontrastmittel bedarf. Damit hat die Röntgenbildung – physikalisch gesehen – ein enormes, ungenutztes Potential. Genau wie sichtbares Licht besitzt Röntgenstrahlung nicht nur Teilchen-, sondern auch Wellencharakter. Während konventioneller Absorptionskontrast mit dem Teilchencharakter der Strahlung arbeitet, nutzt die Dunkelfeldbildung den Wellencharakter, um einen zusätzlichen Bildkontrast zu erzeugen.

Beim Durchdringen von Gewebe werden die Röntgenstrahlen an feinen Strukturen gestreut. Wird nun der kleinwinklig gestreute Anteil des Röntgenlichts gemessen, können Mikrostrukturen, beispielsweise die feinen Grenzflächen zwischen Lungengewebe und Luft, abgebildet werden. Damit liefert die Kleinwinkelstreuung zusätzliche Informationen über feinste Gewebestrukturen, die im konventionellen Röntgenverfahren nicht auflösbar

wären. Im Fall von sichtbarem Licht ist dies vergleichbar mit Staubteilchen, die in einem abgedunkelten Raum erst durch Streuung in einem einfallenden Lichtstrahl sichtbar werden.

### Die Umsetzung im klinischen CT-Gerät

In der Lichtmikroskopie wird der Dunkelfeldkontrast schon seit mehr als einem Jahrhundert angewandt. Im Vergleich dazu sind die Streuwinkel bei Röntgenlicht jedoch so klein, dass sie im Detektor nicht direkt erfasst werden können. In dem neu entwickelten CT-Prototypen wird aus diesem Grund ein Interferometer mit speziellen optischen Elementen verwendet. Diese mikrostrukturierten Gitter werden zwischen Röntgenquelle und Detektor angebracht – passiert Röntgenlicht die Gitter, entsteht ein charakteristisches Muster auf dem Detektor. Platziert man nun eine Probe oder Person zwischen den Gittern, verändert sich das Muster. Dadurch sind Rückschlüsse auf die Struktur der Probe beziehungsweise das Gewebe der Person möglich.

Bisherige Dunkelfeld-CT-Geräte waren auf kleine, forschungsrelevante Dimensionen beschränkt, die für den Einsatz beim Menschen nicht ausreichen. Die Umsetzung in einem klinischen CT-System, ausgelegt für die menschliche Größe, birgt verschiedene technische Herausforderungen. Dabei stellt nicht nur die Größe, sondern auch die schnell rotierende Scan-Einheit spezielle Anforderungen an die technischen Komponenten. Durch die schnelle Rotation entstehen Vibrationen, die sich auf die fein abgestimmte Technik im Inneren des Gerätes auswirken. Für den neuen Prototypen machte man sich diese Vibrationen – nach detaillierter Analyse – zunutze, um die für die Dunkelfeldbildgebung notwendige Verschiebung der Gitter gegeneinander zu realisieren. Für die Auswertung der Röntgenaufnahmen wurden neue Algorithmen entwickelt, die die auf Vibrationen zurückzuführenden Effekte anhand von Referenzaufnahmen herausrechnen. Das Design des Interferometers wurde speziell an die Abmessungen und die Geometrie eines typischen Computertomografen angepasst. Damit konnte die Technologie durch geschickte Modifikationen eines kommerziellen klinischen Systems realisiert werden. Die Funktionalität des CT-Prototyps wurde erfolgreich mit einem anthropomorphen Thoraxphantom demonstriert.

### Multimodale Bildgebung für bessere Diagnose

Der Prototyp liefert in einer einzigen Messung sowohl konventionellen Ab-

sorptions- als auch Dunkelfeldkontrast. Die multimodale Kombination beider Kontrastmodalitäten kann zur besseren Gewebecharakterisierung genutzt werden – vergleichbar der Nutzung verschiedener Relaxationszeiten bei der Magnetresonanztomografie. So können patho-physiologische Veränderungen im Gewebe empfindlicher abgebildet und z.B. Lungenerkrankungen in früheren Stadien erkannt und wirksamer behandelt werden. Im breiteren Kon-

text können quantitative Informationen über die alveoläre Mikrostruktur aus der Dunkelfeld-CT dazu beitragen, Entzündungsprozesse, die durch akute Lungenverletzungen, Infektionskrankheiten oder infolge einer Strahlentherapie entstehen, besser zu verstehen. Aus vorklinischen Untersuchungen sind weitere Anwendungsmöglichkeiten bekannt, wie die verbesserte Charakterisierung von unterschiedlichen Ablagerungen und Verkalkungen sowie der tra-

bekulären Mikrostruktur von Knochen. Dies ist z.B. für die Osteoporose-Forschung relevant. Im nächsten Schritt wird eine Zulassung des Dunkelfeld-CT-Systems für die erste klinische Studie mit Patienten vorbereitet. ■■

#### Autor:

Nikolai Gustschin,  
Technische Universität München,  
Munich Institute of Biomedical Engineering  
[www.bioengineering.tum.de](http://www.bioengineering.tum.de)



Medical Monitor Solutions  
**RadiForce®**

## Intelligente Lösungen für die medizinische Bildwiedergabe

Die professionellen Monitor-Lösungen von EIZO bieten Ärzten auf der ganzen Welt perfekte Bedingungen für die hochpräzise Befundung an PACS-Stationen und Modalitäten.

Alle Modelle der RadiForce-Serie überzeugen durch eine herausragende Bildqualität, die durch die EIZO eigenen Softwarelösungen RadiCS und RadiNet Pro dauerhaft sichergestellt wird.

Vertrauen auch Sie der besonderen EIZO Qualität und profitieren Sie von unserem ausgezeichneten Kundenservice und höchster Investitionssicherheit dank einer außergewöhnlich langen Garantie von fünf Jahren.

Weitere Informationen finden Sie unter [www.eizo.de/radiforce](http://www.eizo.de/radiforce)

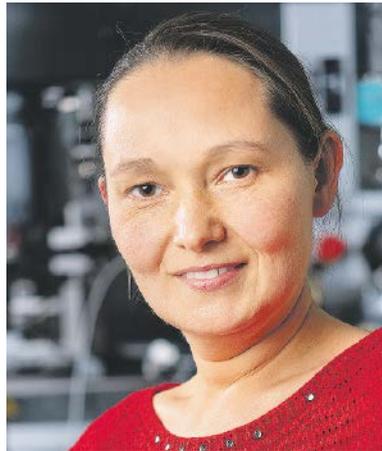


# Fortschritte in der Mikro-Computertomografie

*Bildgebung und Analyse deutlich verbessert*

■ Forschende der biomedizinischen Physik und der Biologie haben die Mikro-Computertomografie, speziell die Bildgebung mit Phasenkontrast und brillanter Röntgenstrahlung, deutlich verbessert. Dafür verwenden sie ein neu entwickeltes, mikrostrukturiertes, optisches Gitter in Kombination mit neuen Algorithmen zur Auswertung. Das neue Verfahren ermöglicht, die Mikrostruktur von Proben detaillierter abzubilden und zu analysieren und ein breiteres Probenspektrum zu untersuchen.

Mikro-Computertomografie (Mikro-CT) ist ein Verfahren für die detaillierte dreidimensionale Bildgebung der inneren Struktur von Proben mit kleinen Dimensionen. Forschende der Biologie, Medizin oder Materialwissenschaften können damit Informationen über den Aufbau und die Beschaffenheit von Gewebe- oder Materialproben gewinnen, die für Diagnosen oder weitere Analysen wichtig sind. Die Mikro-CT basiert auf Röntgenaufnahmen, die zu einem dreidimensionalen Bild zusammengesetzt werden. Je nach Art der Probe werden unterschiedliche Röntgenverfahren eingesetzt, um die Probe möglichst genau abzubilden. Entscheidende Parameter sind dabei die Auflösung, der Kontrast und die Sensitivität des verwendeten Verfahrens.



Prof. Dr. Julia Herzen Foto: René Lahn

## Röntgen mit Phasenkontrast

Für die Bildgebung von Weichgewebe ist Röntgen mit Phasenkontrast besonders gut geeignet. Die Methode nutzt die Brechung des Röntgenlichts an den Strukturen der Probe, um Kontrast für diese Strukturen zu erhalten und Weichgewebe dadurch detaillierter als beim konventionellen Röntgen abzubilden. Bei einigen Phasenkontrastverfahren modulieren optische Komponenten das Röntgenlicht auf dem Weg zum Detektor. So entsteht ein Beugungsmuster am Detektor. „Vergleicht man dieses Muster mit und ohne Probe im

Röntgenstrahl, kann man mithilfe der Brechung des Röntgenlichts an der Probe Informationen über ihre Beschaffenheit gewinnen“, sagt Julia Herzen, Prof. für Physik der biomedizinischen Bildgebung an der Technischen Universität München (TUM). Bisher wurden für die Modulation häufig ineffiziente Strukturen wie Sandpapier oder Lochmasken verwendet, inzwischen kommen auch verschiedene optische Gitter zum Einsatz. „Neue optische Gitter funktionieren ähnlich wie kleine Linsen. Sie fokussieren das Röntgenlicht zu winzigen Punkten. Dadurch sind Intensitätsunterschiede mit und ohne Probe deutlicher ausgeprägt und geringfügige Unterschiede im Gewebe können detaillierter abgebildet werden“, erklärt Prof. Herzen.

## Hoher Kontrast, hohe Sensitivität

Die Physikerin Julia Herzen und ihr Team stellen nun ein neues Verfahren für die Mikro-CT mit Phasenkontrast bei brillanter Röntgenstrahlung vor. Die Technologie basiert auf einem neu entwickelten optischen Gitter, Talbot Array Illuminator genannt. Dieses neue optische Element ist vergleichsweise einfach herzustellen, widerstandsfähig für Röntgenstrahlung und kann bei unterschiedlichen Energien eingesetzt

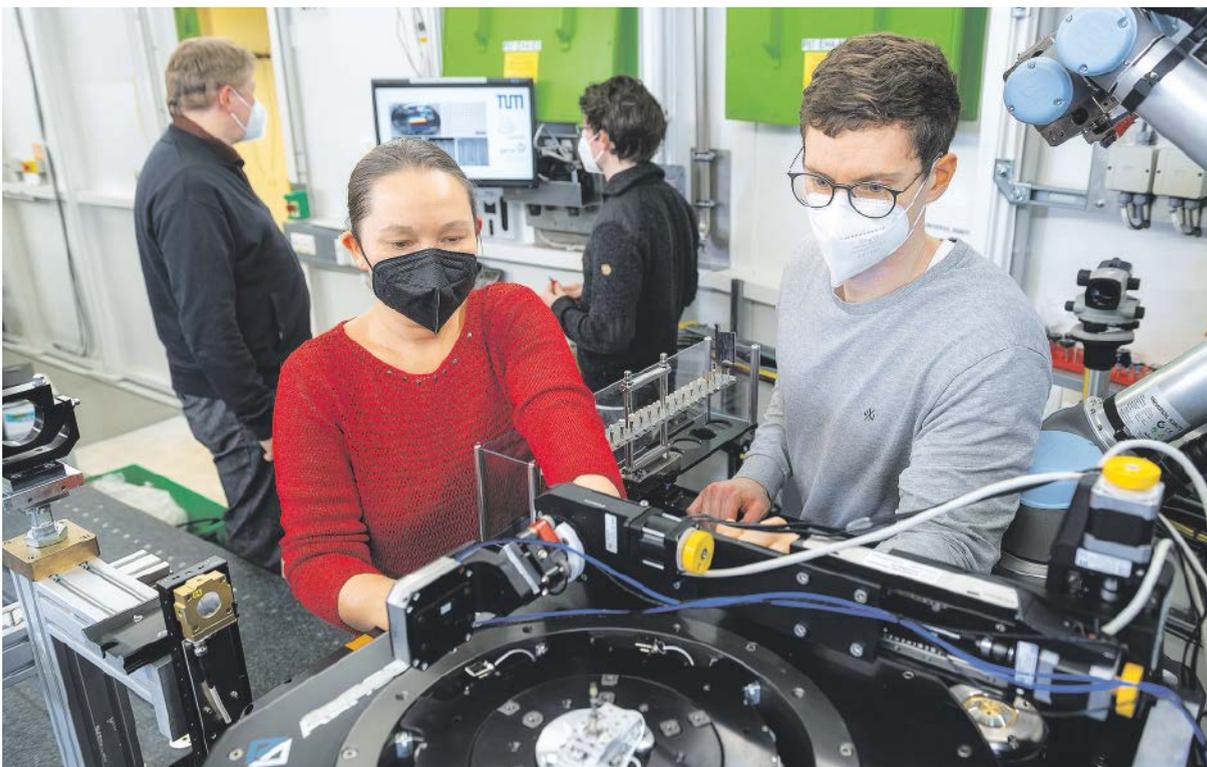
werden. Dies schafft die technisch nötigen Voraussetzungen für hohen Kontrast. Die neue Methode erlaubt eine effizientere Nutzung der Strahlendosis als bei vergleichbaren Modulatoren wie Sandpapier und eine deutliche Reduktion der Aufnahmedauer. „Durch die Kombination unseres neu entwickelten Talbot-Array-Illuminators mit neuer, darauf optimierter Auswertungssoftware konnten wir die Bildgebung und Analyse mit Mikro-CT deutlich verbessern. Die neue Technik ist sensitiver als vergleichbare Verfahren in dem Bereich. Dadurch ist es möglich, Weichgewebe bei sehr hoher Auflösung mit viel höherem Kontrast darzustellen als bisher. Eine hohe Sensitivität ist besonders wichtig, um beispielsweise feine Unterschiede innerhalb des Weichgewebes zu erkennen“, sagt Prof. Herzen, Leiterin der Studie.

## Breites Probenspektrum

Mit der neuen Technik kann ein besonders breites Spektrum von Proben untersucht werden. Forschende können damit sogar Materialien mit sehr unterschiedlicher Zusammensetzung, beispielsweise in Stein eingeschlossenes Wasser und Öl, gleichzeitig darstellen, was mit herkömmlichen Methoden bisher nicht möglich war. Dies bietet nicht nur in der Medizin und Biologie entscheidende Vorteile gegenüber konventionellen Methoden, sondern öffnet auch in den Materialwissenschaften wie zum Beispiel in der Geologie neue Anwendungsmöglichkeiten.

## Quantitative Auswertung möglich

„Im Gegensatz zu bisherigen Methoden ermöglicht unser neues Verfahren auch eine quantitative Auswertung. Wir können die Elektronendichte von Proben absolut messen und diese so miteinander vergleichen. Dafür sind keine Vorannahmen über die Proben nötig“, erläutert Prof. Herzen. Das Potential dieser neuen Option bei verschiedenen Anwendungen wird in weiteren Studien untersucht. ■■



Prof. Dr. Julia Herzen mit Team am Mikro-Computertomograf

Foto: René Lahn

## Autor:

Carolin Lerch  
Technische Universität München  
[www.tum.de](http://www.tum.de), [www.bioengineering.tum.de](http://www.bioengineering.tum.de)

# Eine neue Ära der Bildrekonstruktion

*Deep Learning wurde zum Standard*

■ Seit Mitte 2020 nutzt die Klinik für Radiologie der Charité – Universitätsmedizin Berlin einen Volumen-CT Aquilion PRISM mit der neuen KI-Technologie „AiCE“ (Advanced intelligent Clear Image Quality Engine).

Das System bietet eine fundamental neue Bildrekonstruktion mit überragender Bildqualität, einer enormen Detailschärfe bei gewohntem Bildkontrast. Von Beginn an wurde die Deep-Learning-basierte Rekonstruktion (DLR) als neuer Standard festgelegt. Das bedeutet: Wann immer möglich, erfolgt die Rekonstruktion mit AiCE. Nach einiger Erfahrung mit dem High-End-CT kann man sagen: AiCE hat für uns eine neue Ära der Bildrekonstruktion eingeläutet, die man nicht mehr missen möchte.

Initial bestand die Möglichkeit, die neue Deep-Learning-Rekonstruktion entweder für eine weitere Dosisreduktion zu nutzen oder alternativ die Bildqualität noch einmal anzuheben. Bei der Dosisreduktion waren die Canon CTs immer sehr weit vorn, in den bisherigen Untersuchungsprotokol-

len liegen sie teils deutlich unter den diagnostischen Referenzwerten des Bundesamtes für Strahlenschutz. Daher wurde sich bewusst dafür entschieden, die neue Technik für eine höhere Bildqualität zu nutzen. Das hat sich wirklich bewährt: Tagtäglich profitiert man von einer deutlichen Aufwertung der Bildqualität. Die Entscheidung für den Aquilion PRISM war richtig, was das Kollegium hier ebenso wertet. Am liebsten hätte man AiCE an allen CTs verfügbar. Auch der Übergang von den bekannten Geräten zum CT Aquilion PRISM mit der AiCE-Technologie wurde von allen Mitarbeitern als angenehm empfunden. Weder muss man sich neu „einfinden“ noch neu lernen, die Bilder zu interpretieren.

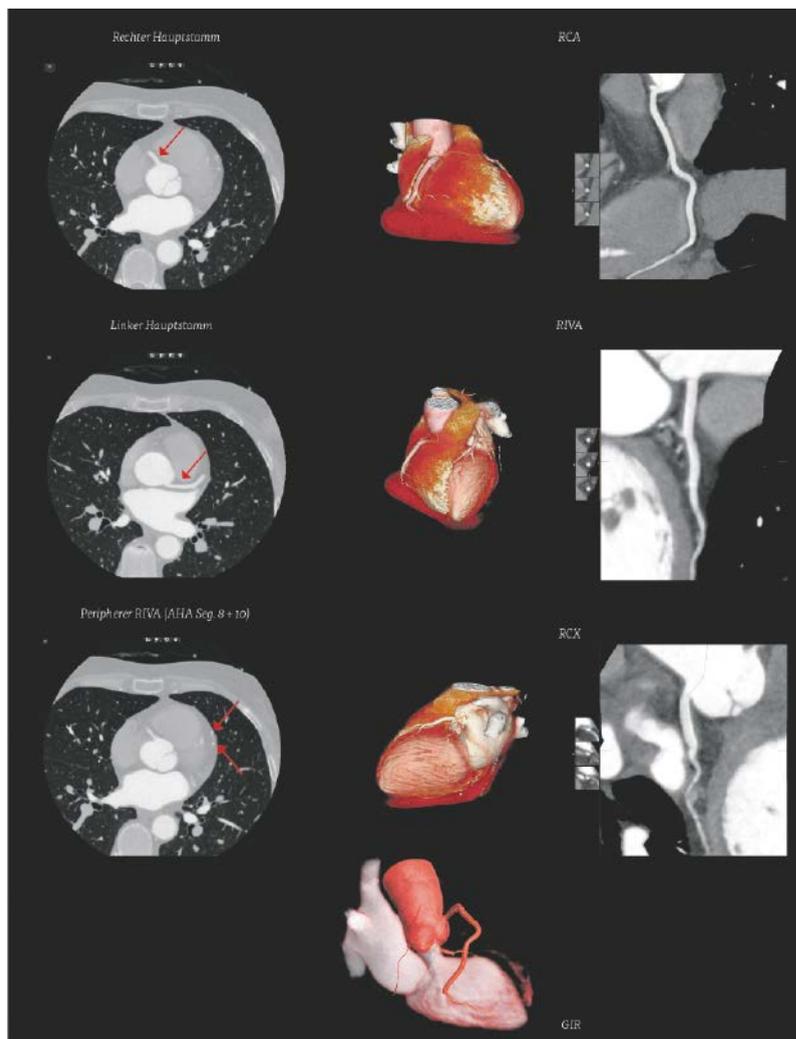
## Diagnosestellung leichter

Die Bilder sind wesentlich klarer und zeigen ein deutlich erhöhtes Signal-Rausch-Verhältnis (SNR) mit einer deutlich besseren Abgrenzung von möglichen Prozessen als bei den herkömm-



**Prof. Niehues:**  
„Wir profitieren tagtäglich von einer deutlichen Verbesserung der Bildqualität. Diese Entscheidung für den Aquilion PRISM war auch richtig, was das Kollegium hier ebenso wertet.“

Foto: Canon



Fallbeispiel: 64-jährige Patientin, Troponinämie. V. a. KHK. Frage nach KHK. 55 kg, DLP 43,9 mGy\*cm, CTDI vol. 3,7 mGy

Foto: Canon

lichen CTs. Gerade das Rauschen hat noch einmal deutlich abgenommen. In der Folge fällt die Diagnosestellung leichter. Diese Begeisterung teilen auch viele Spezialisten vieler Zuweiser und Disziplinen. So kam z.B. aus der Kardiologie die Rückmeldung, dass wir mit dem Hightech-CT im Vergleich zu anderen radiologischen Kliniken und Praxen die beste Bildgebung vorweisen können. Gerade bei Fällen, wo es um kleine Strukturen geht, Beispiel der Revaskularisierung chronischer Koronarobstruktionen (CTO): Hier gilt die CT für die Planung der Rekanalisationen mittlerweile als Standard. Hierzu wird aus der Kardiologie ausschließlich Lob und eine große Zufriedenheit zurückgespiegelt. Auch bei der Kardiagnostik wird der Volumen-CT absolut priorisiert.

Die Herzuntersuchungen sind damit auf einem Niveau angekommen, das – Stand heute – schwer zu toppen ist. Die notwendige Dosis – schon beim zweiten Kardio-CT weniger als 1 Millisievert – ist durchgehend sehr gering. Dank der kurzen Scanzeit und der hohen zeitlichen Auflösung werden heute selbst Herzen im Volumen-CT untersucht, bei denen früher gezögert worden wäre. So z.B. bei dem Fall der 64-jährigen arrhythmisch Patientin mit V. a. KHK (vergleiche Abb.).

Auch die Rekonstruktionsgeschwindigkeit hat sich mit dem Aquilion PRISM noch mal verbessert. Da diese jedoch auch bei den alten CTs aus dem Hause Canon schon enorm schnell ist, also alle Bilder fertig rekonstruiert sind, sobald der Patient die Liege verlassen hat, merkt man diesen Unterschied kaum. Somit war die Rekonstruktionsgeschwindigkeit noch nie ein Problem, sie ist im Workflow nie ein Nadelöhr gewesen.

Fazit: Der Einsatz der Deep-Learning-Rekonstruktionstechnologie AiCE liefert extrem klare, extrem deutliche Bilder. Schon die bisherige Bildgebung mit AIDR 3D der Canon CTs hatte sich schnell etabliert und galt im Team lange als die höchste technische Stufe. Nun zeigt die AiCE-Technologie: Es geht noch besser. Das führt zwangsläufig dazu, dass man diese hohe Bildqualität gern allen Patienten zukommen lassen würde und nicht nur denen, die mit dem neuesten System untersucht werden.

## Autor:

Prof. Dr. Dr. Stefan M. Niehues,  
Klinik für Radiologie  
Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Campus Benjamin Franklin  
<https://radiologie.charite.de>

# Innovatives MRT-Auswertungsverfahren

*KI optimiert die MRT-gestützte Verlaufs- und Therapiekontrolle bei Multipler Sklerose.*

■ Dank der Zusammenarbeit der Experten des Multiple Sklerose Zentrums (MSZ) an der Klinik für Neurologie und dem Institut für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie am Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden profitieren MS-Patienten von einem weltweit innovativen Diagnose-beziehungsweise Kontroll-Regime.

Das Dresdner Team gehört zu den weltweit ersten Nutzern des Software-Prototyps „MS PATHS Image Evaluation“ (MSPie), an dessen Entwicklung es im Rahmen eines akademischen Netzwerkes direkt beteiligt ist. Alle am Uniklinikum versorgten MS-Erkrankten können so an einer entsprechenden Versorgungs-Studie teilnehmen. Dabei

werden zum ersten Mal konsequent standardisierte 3-D-Aufnahmen eines Magnetresonanztomografen (MRT) genutzt, um computergestützt kleinste Veränderungen des Zustands der Entzündung des Gehirns und des Volumenverlustes individuell zu erfassen. Hierbei hilft der Ansatz der künstlichen Intelligenz (KI). Techniken des „Machine und Deep Learnings“ tragen dazu bei, die Präzision des Analyseverfahrens kontinuierlich zu erhöhen. Die auf diese Weise erzeugten neuroradiologischen Analysen unterstützen die Beurteilung der MS-Krankheitsaktivität und deren Verlauf. Damit erleichtern sie die gezielte Entscheidung über mögliche Behandlungsoptionen. MSPie ist eine

der Facetten des auf umfassender Digitalisierung basierten Versorgungsangebots für MS-Erkrankte am Dresdner Uniklinikum, zu dem unter anderem auch die Entwicklung Digitaler Zwillinge, Apps oder die datenbasierte Mobilitätsanalyse gehören.

Wenn sich die typischen Zeichen der Multiplen Sklerose zeigen, ist es für bestimmte Therapieoptionen oftmals zu spät. Denn Symptome wie Missempfinden, Sehstörungen oder eine beeinträchtigte Motorik können Ausdruck der nicht umkehrbaren Zerstörung von Nervenzellen durch die Entzündung sein. Zehnmal empfindlicher als die klinische Untersuchung ist für die MS-Experten die Darstellung

von Entzündungsherden bzw. Nervenzelluntergängen mittels MRT-Aufnahmen von Kopf und Wirbelsäule. Doch auch die bereits seit etwa 20 Jahren genutzte magnetresonanztomografische Bildgebung lieferte bisher gerade in der Verlaufsuntersuchung keine reproduzierbaren quantitativen Daten zur Veränderung von Zahl und Volumen der Entzündungsherde (Läsionen) bzw. des verstärkten Gehirngewebeuntergangs, der Atrophie. „Vieles war im Unbestimmten-Undefinierbaren, allein der Bildeindruck des Neuroradiologen zählte“, sagt Prof. Tjalf Ziemssen, Gründer und Leiter des MS-Zentrums an der Klinik für Neurologie. „Sowohl die entzündlichen Prozesse als auch



Der auf MS spezialisierte Neuroradiologe Dr. Hagen Kitzler (l.) erläutert Frank Borchard die Veränderungen, die bei den jährlichen Kontrollen erkannt werden.

Foto: Uniklinikum Dresden, Holger Ostermeyer

der Gewebeuntergang lassen sich nun gezielt und entschieden behandeln, weil sie durch präzise quantitative Messung bestimmt und somit frühzeitig erkannt werden können.“

### Quantitative Analysen der MRT-Bildgebung

Seit einigen Jahren verfügen die auf MS spezialisierten Ärzte über mehr und mehr hochwirksame Medikamente, die am besten für den jeweiligen Patienten individuell ausgewählt werden sollten. Dafür ist unter anderem die Expertise der Neuroradiologie notwendig. Bisher erfolgte die Befundung der MRT-Bilder allein darüber, deren Bildmuster visuell-qualitativ zu beurteilen und die Änderungen der Bildbefunde im Verlauf zu beschreiben. Dieser Ansatz kann bei hoher Variation der MRT-Erscheinungsbilder der MS und bei den naturgemäß eingeschränkten Möglichkeiten der menschlichen Inaugenscheinnahme zu Einschränkungen der Präzision der Verlaufsbeurteilung führen. So ist und war es eine Herausforderung, anhand von mehreren Schnittbildern im Zeitverlauf Veränderungen der Anzahl und vor allem der Volumenänderung bestehender, durch MS hervorgerufener Schädigungen – Läsionen – mit konventionellen MRT-Bildern zu erkennen. Dabei entspricht aber das Auftreten neuer MS-Läsionen dem diagnostisch gesuchten, unerwünschten Fortschreiten der Erkrankung.

Dank der seit vielen Jahren gelebten engen Zusammenarbeit zwischen dem MSZ der Klinik für Neurologie sowie dem Institut für Diagnostische und Interventionelle Neuroradiologie und die den beiden Institutionen eigenen wissenschaftlichen Ambitionen wurden sie in das weltweit agierende Forschungsnetzwerk MS PATHS aufgenommen. Innerhalb kürzester Zeit gelang es ihnen, in einigen Teilgebieten eine führende Rolle einzunehmen. Den Ausschlag dafür gaben unter anderem die hohe Zahl und hervorragende Behandlungsqualität der am Dresdner MS-Zentrum versorgten Patienten sowie die Kooperation des Uniklinikums mit Siemens Healthineers. Damit verfügt die Neuroradiologie auch geräteseitig über eine exzellente Ausstattung mit fünf MRT, die für MS-Untersuchungen verwendet werden können inklusive eines Forschungs-MRT im „CarusNeuroImagingCenter“, die im Sinne einer patientennahen Forschung optimal genutzt wird. Mit dem Neuroradiologen Dr. Hagen H. Kitzler verfügt das Uniklinikum des Weiteren über einen Spezialisten, der dieses Potential auszuschöpfen weiß. Als Ärztlicher Leiter für den Bereich MRT-Forschung am CarusNeuroImagingCenter und Leiter einer Forschungsgruppe für die Ent-

wicklung quantitativer MRT-Techniken für die MS und neurodegenerative Erkrankungen nimmt er am Uniklinikum eine Schlüsselstellung bei den entsprechenden Forschungsprojekten ein.

### Automatisierte Datenauswertung der MRT-Bildgebung

„Mit der Umsetzung konsequent standardisierter 3-D-MRT-basierter, volumetrischer Verlaufsdiagnostik von Gewebeveränderungen chronisch-entzündlicher Erkrankungen des zentralen Nervensystems betreiben wir erstmals eine Diagnostik der sub-klinischen Erkrankungsaktivität, denn nicht jede Verschlechterung wird durch Symptome für den Neurologen erkennbar. So können wir die Zustandsänderungen der MS wesentlich besser verstehen und bestehende Erkenntnisse der Pathologie durch dynamische Aspekte sinnvoll ergänzen. Aber am wichtigsten ist, dass wir die therapieinduzierten Veränderungen dieser Dynamik nun präzise quantitativ dokumentieren können“, sagt Dr. Kitzler. „Zusammen mit innovativen Verfahren der klinischen Verlaufsbeurteilung von MS und anderer chronischer Erkrankungen entstehen in dem internationalen Forschungsverbund MS PATHS vielversprechende Ansätze, um Therapien auf der Basis eines In-vivo-Monitorings mit der MRT zu optimieren. Das ist der Schlüssel für den gezielten Einsatz hochwirksamer Medikamente beziehungsweise einer unmittelbaren Therapieeskalation beim Therapieversagen.“ Eines davon ist das Projekt „MS PATHS Image Evaluation“ (MSPie). Das Team um Dr. Kitzler in der Neuroradiologie war das erste, das im Rahmen einer Translations-Studie des MS PATHS-Netzwerkes damit begonnen hat, standardisierte Daten der MRT-Bildgebung nach der Erzeugung automatisiert auszuwerten und im klinischen Alltag zu erproben. Die dazu mit dem Kooperationspartner Siemens entwickelte Software soll jedoch nicht den Neuroradiologen bei der Auswertung ersetzen. „Vielmehr geht es darum, deren Expertise mit der maschinellen Analyse zu unterstützen, den quantitativen numerischen Befundaspekt in den Alltag zu integrieren, die Befundung zu beschleunigen, deren Präzision zu erhöhen und von humanen Einschränkungen der Inaugenscheinnahme zu entkoppeln“, sagt Dr. Kitzler. Der Befunder behält damit die Entscheidung, in dem er die automatisiert erstellten Ergebnisse in jedem Einzelfall bestätigt oder korrigiert. „Dass es dabei nicht zu viele zusätzliche radiologische Arbeitsschritte mehr gibt, haben wir in der gemeinsamen Evaluationsstudie mit der Cleveland Klinik belegt.“ Diese Arbeitsschritte der neuen Software wer-

Bitte umblättern ►



Angenehm und sicher: Das schwenkbare Haltesystem hilft den Patienten, sich möglichst eigenständig auf dem Untersuchungstisch zu platzieren – auch aus dem Rollstuhl heraus.

Febromed liefert Unterstützung für den Radiologiealltag

## Sicher und hygienisch: „get up®“

**Egal ob bei der Magnetresonanztomographie (MRT), der Computertomographie (CT), der Röntgendiagnostik oder Strahlentherapie: in der Radiologie kommt es auf die Details an. Hochspezialisierte Geräte in einem professionellen Umfeld helfen dabei, exakte Diagnosen zu stellen und präzise Therapien umzusetzen. Genau so professionell muss alles andere sein.**

Mit dem Haltesystem „get up®“ von FEBROMED helfen wir im täglichen Einsatz. Patientinnen und Patienten können sich selbstbestimmt mit unserem Haltesystem perfekt auf dem Untersuchungstisch platzieren. Das medizinische Personal wird entlastet und kann sich auf das Wesentliche konzentrieren: die Untersuchung.

### Belastung reduzieren

In der Radiologie ist ein guter Teil der Patientinnen und Patienten bewegungseingeschränkt. Das ist für das medizinische Personal oft eine große Belastung. Sie müssen Patientinnen und Patienten mit vollem Körpereinsatz umlagern – und geraten dabei in Gefahr, selbst zum medizinischen Notfall zu werden. Ganz von den körperlichen Beschwerden abgesehen

entstehen so auch Kosten für den Arbeitgeber und das Sozialsystem. „Get up®“ von FEBROMED hilft, diese Belastung bei der täglichen Arbeit auf ein Minimum zu reduzieren.

Sicherheit ist nicht nur ein Thema bei der Handhabung. Auch bei der Hygiene wurde alles bedacht. Das Haltesystem „get up®“ von FEBROMED ist leicht zu desinfizieren und erfüllt höchste Hygieneansprüche eines medizinischen Umfelds. Das Material ist extrem haltbar, eine Investition in die Sicherheit aber auch in die Wirtschaftlichkeit.



Das Haltesystem „get up“ lässt sich nicht nur an der Decke, sondern auch an der Wand montieren. Fotos: Febromed

den anhand von Methoden künstlicher Intelligenz unterstützt und optimiert.

„Einer entzündlichen Läsion im zentralen Nervensystem eines MS-Patienten können eine Vielzahl feingeweblicher Veränderungen einzeln und in Kombination zugrunde liegen. Daher forscht die Neuroradiologie überwiegend an gewebsspezifischen MRT-Einzelmessungen und prüft, ob diese Vorhersagewert als Biomarker für die MS aufweisen“, erklärt Dr. Kitzler. „Aber wir können mit hoch aufgelöster konventioneller MRT bereits sehr genau die Effekte der Krankheitsprozesse mit volumetrischen Techniken messen, die aus der Wissenschaft Eingang in den klinischen Alltag finden.“ Dies durch eine Software automatisiert erkennen zu lassen, ist ohne einen lang und vielschichtig angelegten Anpassungsprozess nicht umsetzbar. Vor der optimierten Auswertung von Befunden steht eine hoch aufgelöste und standardisierte Bildgebung mit der Magnetresonanztomografie mit notwendigerweise gleichbleibend hoher Qualität. Noch vor Jahren lieferten die Geräte nur reine Schnittbilder des Gehirns in jeweils einer Ausrichtung und hohen Abständen. Auf dieser Basis war es sehr schwer, frühzeitig die durch Entzündungen hervorgerufenen Läsionen überhaupt umfassend zu erkennen, beziehungsweise unmöglich, deren Volumenveränderungen zu beurteilen. Dank neuer, leistungsfähiger Geräte und spezifischer MRT-Protokolle lassen sich mittlerweile dreidimensional aufgelöste Bildsequenzen in klinisch akzeptabler Aufnahmezeit und Qualität erstellen. Damit kann sich die befundene Person mit multiplanarer Rekonstruktion Hirn-Schnittbilder auf unterschiedlichen Ebenen anschauen und so das Gehirn erkunden.

#### Ziel: Einsatz eines Standard-MRT-Protokolls

Damit eine Verlaufskontrolle über einen langen Zeitraum verlässlich mög-

lich wird, müssen die MRT-Aufnahmen nach standardisierten Vorgaben erstellt werden. Innerhalb des Uniklinikums, das mittlerweile über fünf infrage kommende 3-Tesla-MRT verfügt, wurde dieser Prozess der harmonisierten Aufnahme mit dem ersten Gerät bereits 2017 begonnen und nachfolgend auf alle Geräte ausgedehnt. Doch bereits eine neuroradiologische Aufnahme einer anderen Klinik oder einer Praxis bedeutet aktuell, dass die MRT-Aufnahmen nicht präzise verglichen werden können. Dr. Kitzler, der aufgrund seiner Aktivitäten in das Leitungsgremium von MS PATHS gewählt wurde, wirbt deshalb seit Längerem für eine standardisierte Datenakquisition radiologischer Kolleginnen und Kollegen: „Die Standardisierung der MRT-Akquisition würde bedeuten, dass wir gemeinsam Patienten im Verlauf immer wieder mit dem gleichen Untersuchungsprotokoll untersuchen, das eine mittlerweile klinisch benötigte quantitative MRT-Analyse möglich macht.“ Hierzu nutzen MS PATHS und das Team um Dr. Kitzler ein entsprechendes Protokoll, dessen Anforderungen minimal sind und das mit anderen Radiologen ausgetauscht werden kann. Die momentan für Siemens 3-Tesla-MRT optimierten Sequenzen werden aktuell vom Netzwerk auch an andere Gerätehersteller angepasst. „Wir haben mit der Einführung der standardisierten Verlaufs-MRT im Nebeneffekt auch Untersuchungszeit gespart und benötigen bei dem überwiegenden Teil unserer Patienten keine Kontrastmittel-Gabe mehr. Das wurde von den Patienten sehr positiv aufgenommen.“

Der Neuroradiologe wünscht sich eine größere Akzeptanz in der gesamten Region, um dies für alle sächsischen MS Patienten auch außerhalb des Dresdner MS-Zentrum zu ermöglichen. Eine dadurch präzisiertere Befundung könne in vielen Fällen die personalisierte MS-Therapie verbessern und damit den Krankheitsverlauf der MS-Betroffenen positiv beeinflussen.



Prof. Tjalf Ziemssen, Gründer und Leiter des MS-Zentrums sowie stellvertretender Direktor der Klinik für Neurologie des Dresdner Uniklinikums.

Foto: Uniklinikum Dresden / Kirsten Lassig

Neben einer fokussierten, standardisierten diagnostischen Vorgehensweise bei der Bildgebung mahnen Prof. Ziemssen und Dr. Kitzler zudem, dass im Interesse der Patienten auch eine effiziente Kommunikation zwischen neurologischem Zuweiser und neuroradiologischem Diagnostiker notwendig ist. Am Dresdner Universitätsklinikum sind bereits entsprechende Kommunikations-Prozesse in beide Richtungen seit Langem etabliert.

#### Zwischen Ambulanzterminen wacht eine App

Mit der Konectom-App, die in Dresden als Weltpremiere im Rahmen eines Teilprojektes des etablierten internationalen Forschungsnetzwerks MS PATHS zusammen mit renommierten Partnern wie der Cleveland Klinik oder der Johns Hopkins Universität in den USA zum Einsatz kommt, führen Patienten regelmäßig digitale Funktionstests auf ihrem Smartphone durch und bekommen direkt im Anschluss ihre Ergebnisse angezeigt. Das MS-Zentrum Dresden startete bereits 2017 als erstes europäisches Zentrum im Netzwerk

und geht auch bei diesem Teilprojekt wieder voran: Die App wird in dieser Form bei MS-Patienten weltweit als Erstes in Dresden eingesetzt. Der Nutzen einer solchen App liegt klar auf der Hand: Während bisher funktionelle Fähigkeiten des Gleichgewichts oder Gehens, der Feinmotorik der Hände sowie der Konzentration nur zu den regulären meistens dreimonatlichen neurologischen Kontrollterminen erfasst werden, ermöglicht Konectom die kontinuierliche Dokumentation in den dazwischenliegenden Zeiträumen. Die diagnostische Lücke zwischen den Untersuchungsterminen kann damit hinsichtlich potentieller Funktionseinschränkungen und deren Veränderung über die Zeit geschlossen werden. Das ermöglicht dem behandelnden Neurologen, schneller und gezielter auf Krankheitsschübe oder das Fortschreiten der Erkrankung zu reagieren. Und auch für MS-Patienten zeigen sich klare Vorteile: Mithilfe der App kann die MS selbst vermessen werden, jeden Monat gibt es ein individuelles Feedback des MS Zentrums. Gerade bei einer chronischen Erkrankung wie der Multiplen Sklerose ist eine schnelle Reaktion auf neu aufgetretene neurologische Symptome und Funktionsstörungen von großer Bedeutung. Mit einer übersichtlichen Darstellung auf einem Dashboard kann der Arzt die zu Behandelnden optimal beraten.



#### Autor:

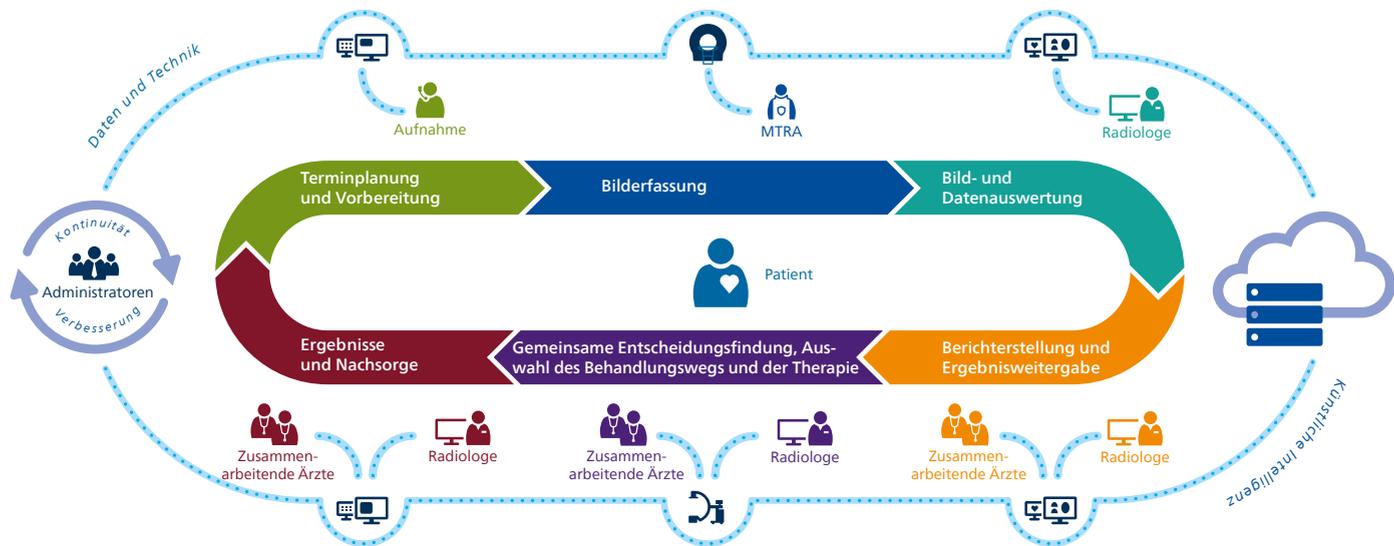
Holger Ostermeyer  
Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden,  
Technische Universität Dresden  
[www.uniklinikum-dresden.de](http://www.uniklinikum-dresden.de)

## 40 Jahre

Seit 40 Jahren informiert Management & Krankenhaus kompakt und kompetent über aktuelle Entwicklungen im Gesundheitswesen. Für die Deutsche Röntgengesellschaft sind insbesondere die Rubriken Medizin & Technik sowie IT & Kommunikation von großem Interesse und eine zuverlässige Quelle umfassender Informationen. Wir gratulieren dem Team ganz herzlich zum 40. Jubiläum, bedanken uns für die stets vertrauensvolle Zusammenarbeit und wünschen auch weiterhin viel Spaß und Erfolg bei der Arbeit. Mit Vorfreude sehen wir den kommenden Themen und praxisrelevanten Anregungen entgegen.

Prof. Dr. Jörg Barkhausen, Präsident der Deutschen Röntgengesellschaft





# Philips auf dem RöKo 2022

## 103. Deutscher Röntgenkongress

Besuchen Sie Philips in Halle Nord, Stand 08 und erleben Sie durch ein innovatives Ausstellungskonzept eine allumfassende Sicht auf den Patienten in der Radiologie. Lernen Sie durch eine systematische Betrachtung der Bildgebungsverfahren und Behandlungen die Möglichkeiten zur Verbindung und Optimierung der Arbeitsabläufe über die ganze Bildgebungseinrichtung hinweg kennen: vom Patientenmanagement über die Bilderfassung bis hin zur Befundung, Mitteilung der Untersuchungsergebnisse und zu Nachuntersuchungsterminen. So verbessern sich die Behandlungsergebnisse für Patienten, die Arbeitserfahrung für die Radiologen, MTRAs und Administratoren sowie die betriebliche und klinische Effizienz der ganzen Abteilung und darüber hinaus.

25. Mai bis 27. Mai 2022  
Halle Nord, Stand 08



[www.philips.de/roeko](http://www.philips.de/roeko)

### Unterstützung Ihrer Bildgebungsteams durch Experten per Fernzugriff in Echtzeit.

Das Philips Radiology Operations Command Center (ROCC) ist eine herstellerneutrale, modalitäts- und standortübergreifende virtuelle Telepräsenzlösung, die Fachexperten in einem Command Center mit MTRAs an Scanner-Standorten nahtlos miteinander verbindet. Erfahren Sie die Leistungsmerkmale von ROCC aus erster Hand und sehen Sie, wie es Ihnen helfen kann, Ihr Bildgebungsteam näher zusammenzubringen, während Experten und MTRAs genau dort bleiben, wo sie sind.

### Gemeinsame Nutzung von Daten und Bildern.

Unsere Philips PACS-Lösungen bieten ein optimiertes Leistungsspektrum und ermöglichen eine einrichtungsweite Bildgebung für mehrere Standorte und Fachbereiche. Wir bieten eine skalierbare, modulare Architektur, die sich leicht in bestehende Systeme integrieren lässt. Durch unterschiedliche Anwendungen, wie Patientenportal, Läsionsmanagement, Multimedia-Befunderstellung oder verschiedene Teleradiologie-Funktionen werden die Arbeitsabläufe optimiert.

### MR-Produktivität neu definiert. Schnell. Einfach. Zuverlässig.

Das Breitbandsystem MR 5300 verfügt über einen vollständig versiegelten BlueSeal Magneten. Quenchrohr? Überflüssig! SmartSpeed, eine optional erhältliche KI-unterstützte Weiterentwicklung von Compressed SENSE, kann Scans ohne Einbußen bei der Bildqualität bei nahezu allen Sequenzen und Kontrasten um bis zu 65% beschleunigen. Die Kombination von Smart Workflow-Lösungen und Breeze Spulen ermöglicht es, die Vorbereitungszeit um bis zu 30% zu verkürzen.



innovation  you

# Herzkatheteruntersuchungen auf dem Prüfstand

*Mehr Licht ins Dunkel: Röntgenstrahlung und Kontrastmittel bei Herzkatheteruntersuchungen*

■ Im Rahmen einer von der Deutschen Herzstiftung mit 40.800 Euro geförderten Studie an der Medizinischen Klinik und Poliklinik I am LMU Klinikum München unter der Leitung von Priv.-Doz. Dr. Thomas J. Stocker sollen alle in Deutschland durchgeführten Herzkatheteruntersuchungen auf den Prüfstand gestellt werden. Ihre Untersuchungen erfolgen auf Basis von Daten im Rahmen von Qualitätssicherungsverfahren des Instituts für Qualitätssicherung und Transparenz im Gesundheitswesen (IQTIG) der letzten zehn Jahre. Das Thema hat gesundheitliche und ökonomische Relevanz. Die koronare Herzkrankheit (KHK) ist mit rund 640.000 vollstationären Aufnahmen allein im Jahr 2019 (Deutscher Herzbericht 2020) der häufigste Anlass für eine Klinikeinweisung und zudem Todesursache Nummer eins in Deutschland.

Die invasive Herzkatheteruntersuchung ist in der Kardiologie längst ein etabliertes Verfahren zur Diagnostik und Therapie von Herzkranzgefäßverengungen mittels Ballondilatation und Stent-Implantation. Damit hat das Verfahren wesentlich zur Verringerung

der KHK und deren Sterblichkeit sowie ihrer Folgeerkrankungen wie Herzschwäche geführt. Weil mit der Untersuchung eine Durchleuchtung mit Röntgenstrahlung notwendig ist, besteht eine potentiell schädliche Strahlenexposition für die Patienten und das medizinische Personal, das die Untersuchung durchführt.

In der aktuellen Studie „Strahlendosis und Kontrastmittelmenge diagnostischer und therapeutischer Herzkatheteruntersuchungen“ findet eine retrospektive Auswertung aller Herzkatheteruntersuchungen seit dem Jahr 2008 bis zum Jahr 2018 statt. Es werden das Ausmaß der Strahlenexposition und die Menge des verwendeten Kontrastmittels innerhalb der klinischen Praxis analysiert. Untersucht wird auch die Entwicklung von Dosisexposition und Kontrastmittelanwendung während der letzten zehn Jahre. Darüber hinaus sollen Einflussfaktoren auf das Ausmaß der Dosis und Kontrastmittelmenge identifiziert werden. „Die Ergebnisse der Studie könnten dazu beitragen, die Patientensicherheit bei diagnostischen und therapeutischen Herzkatheteruntersuchungen zu stei-

gern sowie das Auftreten von potentiellen Folgeerkrankungen zu minimieren“, so der Kardiologe und Notfallmediziner Thomas J. Stocker, der die Ergebnisse erläutert.

**M&K:** *Sie untersuchen Daten der letzten zehn Jahre. Hat sich in diesem Zeitraum technisch nicht einiges geändert, sodass z.B. die Strahlenbelastung so-wieso zurückgeht?*

**Priv.-Doz. Dr. Thomas Stocker:** In der Tat haben innerhalb der letzten Dekade entscheidende technische Modernisierungen der Herzkatheteranlagen stattgefunden. Einerseits konnten die Hersteller die Röntgenstrahler selbst verbessern, sodass kürzere Pulswellen mit besserer Filtration abgegeben werden können. Andererseits wurden die Röntgendetektoren technisch weiterentwickelt und ermöglichen so eine bessere Detailgenauigkeit und Kontrastierung. Zudem konnten neue Algorithmen zur Bildverarbeitung und Rauschunterdrückung entwickelt werden, sodass heutzutage eine insgesamt effektivere Bildgebung möglich ist. Inwieweit die techni-

schen Verbesserungen Einzug in die klinische Routine gefunden haben, ist allerdings ungeklärt. Zudem stellen wir eine erhebliche Weiterentwicklung der Kathetereingriffe innerhalb des letzten Jahrzehntes fest. Wir sind heutzutage in der Lage, auch Menschen mit fortgeschrittenen Erkrankungen der Herzgefäße mittels der minimalinvasiven Kathetertechnik zu helfen. Mit der zunehmenden Komplexität der Eingriffe könnte allerdings auch eine Zunahme der Strahlenexposition einhergehen. Insgesamt erwarten wir einen Rückgang der Strahlenbelastung und konnten dies auch in ersten Ergebnissen der Studie beobachten.

**Was war der Anlass, dass Sie sich dieses Themas annehmen?**

**Stocker:** Ein entscheidender Auslöser für die Initiierung der Studie ist die aktuell ungeklärte Entwicklung der Strahlenbelastung innerhalb der klinischen Routine vor dem Hintergrund der technischen Verbesserung der Anlagen einerseits und der zunehmenden Komplexität der Herzkathetereingriffe andererseits.



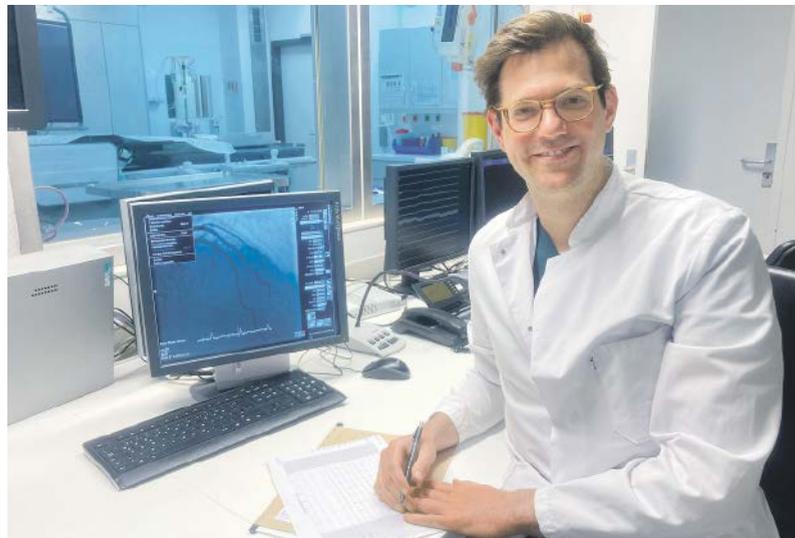
© Richman Photo — Stock-Adobe.com

Wie viele Kliniken fließen in Ihre Studie ein? Mit welchem Zahlenmaterial arbeiten Sie im Rahmen der IQTIG-Qualitätssicherungsverfahren?

**Stocker:** In die Analyse werden alle deutschen Kliniken mit diagnostischen und therapeutischen Herzkatheteruntersuchungen der Herzkranzgefäße berücksichtigt, die am nationalen Qualitätssicherungsverfahren teilnehmen. Im Hinblick auf die perkutane Koronarintervention konnten wir so rund 3,7 Mio. Eingriffe an über 800 Institutionen innerhalb der Jahre 2008 und 2018 identifiziert. In der Auswertung unserer Studie werden die wesentlichen Parameter zur Strahlenexposition, also das Dosisflächenprodukt und die Durchleuchtungszeit, sowie die verwendete Kontrastmittelmenge berücksichtigt.

Werden Sie mit den Ergebnissen auf Hersteller zugehen, um zukünftige Entwicklungen zu beeinflussen?

**Stocker:** Die Ergebnisse werden in internationalen Fachzeitschriften veröffentlicht und stehen so den inter-



Priv.-Doz. Dr. Thomas Stocker

ventionell tätigen Kardiologen, den Herstellern der Herzkatheteranlagen sowie der interessierten Öffentlichkeit zur Verfügung.

Welche Erfahrungen haben Sie persönlich mit der Thematik gemacht? Wie stark beeinflusst dies Ihren klinischen Alltag?

**Stocker:** Wir konnten in unserer Klinik den Effekt von technologischen Verbesserungen der Anlagen und der Anwendung von Dosisreduktionsstrategien auf die Strahlenbelastung in eindrucksvoller Weise beobachten. Daher wollen wir die Beobachtungen und Erfahrungen in einer großen nationalen Kohorte überprüfen. Insgesamt wollen

wir auf die Bedeutsamkeit des Themas aufmerksam machen und die Sicherheit der Herzkatheteruntersuchung für unsere Patienten weiter verbessern. ■■  
| www.herzstiftung.de/herzstiftung-und-forschung |

#### Autor:

Claudia Schneebauer, Tuttlingen

#### Zur Person

**Priv.-Doz. Dr. Thomas J. Stocker** ist Facharzt für Kardiologie und Innere Medizin am LMU Klinikum der Universität München. Er ist zudem in der kardiologischen Intensivstation am Klinikum Großhadern und als Notarzt in München tätig. Er ist Autor von mehr als 35 Veröffentlichungen in internationalen Fachzeitschriften auf dem Gebiet der vaskulären und valvulären Herzerkrankungen sowie zum Thema der Strahlenexposition in der Kardiologie.

ADVERTORIAL

# Verbindung klinischer und radiologischer Abläufe

DeepUnity – die universelle klinische Plattform

DeepUnity ist eine ganzheitliche Lösung für die Krankenhaus-IT – samt aller Services rund um das Bild sowie die Administration und Weitergabe an Ärzte und Patienten. Herkömmliche IT-Lösungen sind häufig speziell für bestimmte Bereiche und Abteilungen entwickelt worden. DeepUnity überwindet diese Grenzen: Das System verbindet vielmehr klinische mit radiologischen Abläufen und wird damit zum übergreifenden Healthcare Content Management.



© Foto: Dedalus HealthCare

## Alles in einem System

DeepUnity Insight ist der Kern des neuen Systems. Es umfasst klinische und radiologische Anwendungen wie das Bilddatenmanagement (PACS), einen Viewer und einen Media Viewer. In einer tief integrierten Umgebung, etwa zusammen mit ORBIS als Krankenhaus-Informationssystem und dem Radiologie-Informationssystem ORBIS RIS, gewährleistet der Einsatz von

DeepUnity Insight effiziente Abläufe. Durch die hohe Standardkonformität und flexible Kontextschnittstellen kann DeepUnity Insight aber auch mit Informationssystemen anderer Anbieter einfach und sicher integriert werden.

## Befundung leicht gemacht

DeepUnity Diagnost unterstützt bei der optimalen Abbildung des gesamten radiologischen Befund-Workflows. Auch hier ist die Integration mit unterschiedlichen Informationssystemen gewährleistet, vor allem durch die Einhaltung medizinischer Standards wie DICOM,

HL7 und IHE. In der maximal integrierten Umgebung mit ORBIS als Klinik-Informationssystem und ORBIS RIS als Radiologie-Informationssystem schafft der Einsatz von DeepUnity Diagnost extrem effiziente Arbeitsabläufe. Dabei bildet es durch die tiefe Integration mit ORBIS RIS eine Einheit für den radiologischen Arbeitsplatz und mit ORBIS KIS/KAS für die Befund- und Bildverteilung im gesamten Klinikbetrieb.

## Fotodokumentation integrieren

DeepUnity Capture ermöglicht eine mobile medizinische Fotodokumentation. Mit dem Smartphone oder Tablet lassen sich alle Formen von Wunden oder Fotodokumentationen festhalten und dem Patienten zuordnen. Die App kann sowohl auf Android- als auch auf iOS-basierten Endgeräten verwendet werden und bietet dem Endanwender einen auf den Ablauf der medizinischen Fotodokumentation ideal zugeschnittenen Funktionsumfang. Von der Auswahl eines Patienten über eine DICOM Worklist oder das Scannen des Patienten-Barcodes hin bis zur manuellen Suche kann der Patientenkontext komfortabel hergestellt werden. Die

erstellten Fotoaufnahmen werden im PACS gespeichert und sind im Rahmen von Verlaufskontrollen jederzeit einsehbar. Durch diese unmittelbare Zuordnung der Fotodokumentation zu einem Patienten und der Ablage im DICOM-Format kann ein im höchsten Maße standardisiertes Vorgehen realisiert werden.

## Der Blick fürs Wesentliche

Der DeepUnity Viewer übernimmt eine zentrale Rolle. Er bietet den Anwendern einen einheitlichen Zugriff auf DICOM-Bilder, Befunde, Arztbriefe, Wunddokumentationen und Videos – webbasiert, unabhängig von ihrem Ursprung und egal, in welchem System sie archiviert werden. Im nächsten Schritt wird die Funktionalität insbesondere im Bereich der NON-DICOM-Daten maßgeblich erweitert. Dies ermöglicht den Anwendern Zugriff auf Bilder aus unterschiedlichen Quellen und hebt damit die Begrenzungen zwischen den Fachabteilungen auf.

| www.dedalusgroup.de |



© utah51 — Stock-Adobe.com

# Röntgenreport 2022

Unabhängig geprüfte Röntgengeräte

■ Der TÜV-Verband veröffentlicht in diesem Jahr den Röntgenreport zum ersten Mal. Der Report gibt einen Überblick über den Zustand der unabhängig geprüften Röntgengeräte in Deutschland. Über alle Einsatzbereiche der Technik hinweg fanden die unabhängigen Sachverständigen 2021 bei 15.841 Prüfungen an Röntgengeräten insgesamt 2.424 Mängel, die meisten davon waren nicht schwerwiegend. Erfasst wurden Mängel an Geräten, die in der

Human- oder Dentalmedizin, der Tiermedizin sowie im technischen Bereich angewendet werden. Bei den humanmedizinischen und auch bei den dentalmedizinischen Röntgeneinrichtungen stufen die Prüfer knapp 80 % der Mängel als nicht sicherheitsrelevant ein. Das ist die gute Nachricht dieses ersten Reports. Doch 19% beziehungsweise 16% der Mängel an human- und dentalmedizinischen Einrichtungen zählten zur Kategorie 1 „schwerwiegen-

de Mängel“ und machten eine erneute Prüfung notwendig. Auffallend ist auch, dass eine Mehrzahl der Mängel bei den wiederkehrenden Prüfungen gefunden wurde. Das zeigt, wie wichtig eine stringente Qualitätssicherung, eine fortwährende Wartung und regelmäßige Überprüfung für die Sicherheit und Qualität von Röntgengeräten in Deutschland sind.

an der Schutzausrüstung sowie an der Bildempfängertechnik.

Die von den TÜV-Organisationen geprüften Röntgengeräte unterteilen sich in die Anwendungsbereiche Humanmedizin (2.970 Prüfungen), Dentalmedizin (9.111), Veterinärmedizin (984) und technische Anwendungen (2.776). Im TÜV-Röntgenreport sind Gerätetypen abgebildet, bei denen besonders häufig Mängel auftreten, um daraus Verbesserungsvorschläge für den Strahlenschutz abzuleiten. Die Mängel werden in die Kategorien „schwerwiegend“, „erheblich“ und „einfach/formal“ eingeteilt. Bei den humanmedizinischen Röntgengeräten sind 19% der im Jahr 2021 festgestellten Mängel als „schwerwiegend“ eingestuft worden. Ein Weiterbetrieb der Anlagen ist dann in der Regel nicht möglich. Schwerwiegende Mängel müssen behoben und die Geräte erneut geprüft werden. 75% der Mängel an humanmedizinischen Geräten waren der Kategorie „erheblich“ zuzuordnen. Die Beseitigung erheblicher Mängel kann von den Sachverständigen ohne erneuten Ortstermin bestätigt werden. Weitere 6% waren „einfache/formale“ Mängel.

## Sicherheitsniveau Bereich hoch

„Viele Mängel an Röntgengeräten lassen sich vermeiden, wenn Kliniken und Arztpraxen die Vorschriften des Strahlenschutzes gewissenhaft einhalten und die Geräte regelmäßig gewartet und geprüft werden“, sagte Dr. Alexander Schröder, Strahlenschutzexperte des TÜV-Verbands, bei der Vorstellung des ersten Röntgenreports.

„Insgesamt ist das technische Sicherheitsniveau im Bereich der Röntgendiagnostik hoch und kein Patient muss sich Sorgen machen, wenn eine Untersuchung ansteht.“

Röntgengeräte müssen einwandfrei funktionieren, um die Belastung der Patienten mit Röntgenstrahlung zu minimieren und Fehldiagnosen zu vermeiden. Laut Strahlenschutzgesetz muss die Sicherheit der Geräte daher vor der Inbetriebnahme, bei wesentlichen Änderungen der Anlage sowie wiederkehrend alle fünf Jahre von unabhängigen Sachverständigen überprüft werden. Probleme an den Geräten betreffen vor allem Mängel

Im Jahr 2021 wurden von den TÜV-Sachverständigen 2.970 Geräte für humanmedizinische Anwendungen geprüft und dabei insgesamt 795 Mängel festgestellt. Am weitesten verbreitet sind fest installierte Geräte. Bei den 958 geprüften sogenannten stationären Aufnahmeplätzen sind bei 74 Geräten (7,7%) Mängel an den digitalen Speich-

Verteilung der Prüfungen nach Anwendungsbereichen der Geräte

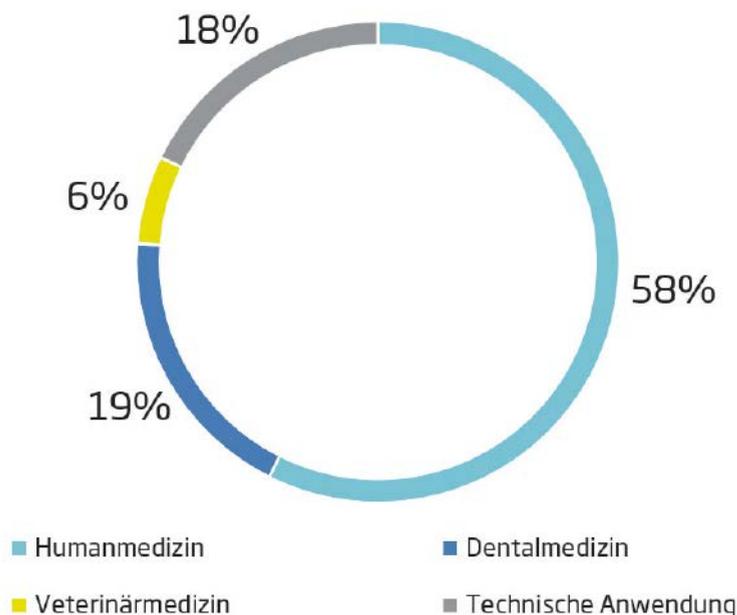


Foto: TÜV-Verband, Röntgenreport 2022

erfolien oder den analogen Film-Folien-Systemen festgestellt worden. „Bei langjähriger Nutzung der Geräte können Kratzer, Knicke oder Schmutz die Qualität der Röntgenbilder beeinträchtigen. Diese sogenannten Artefakte können im schlimmsten Fall zu Fehldiagnosen führen“, sagte Schröder. Bei 35 Geräten (3,7%) sind Mängel an der Persönlichen Schutzausrüstung festgestellt worden. So können beispielsweise als Folge von Alterung und unsachgemäßer Handhabung die Wirkung von Schutzschürzen beeinträchtigt werden.

### Mobile C-Bögen im Einsatz

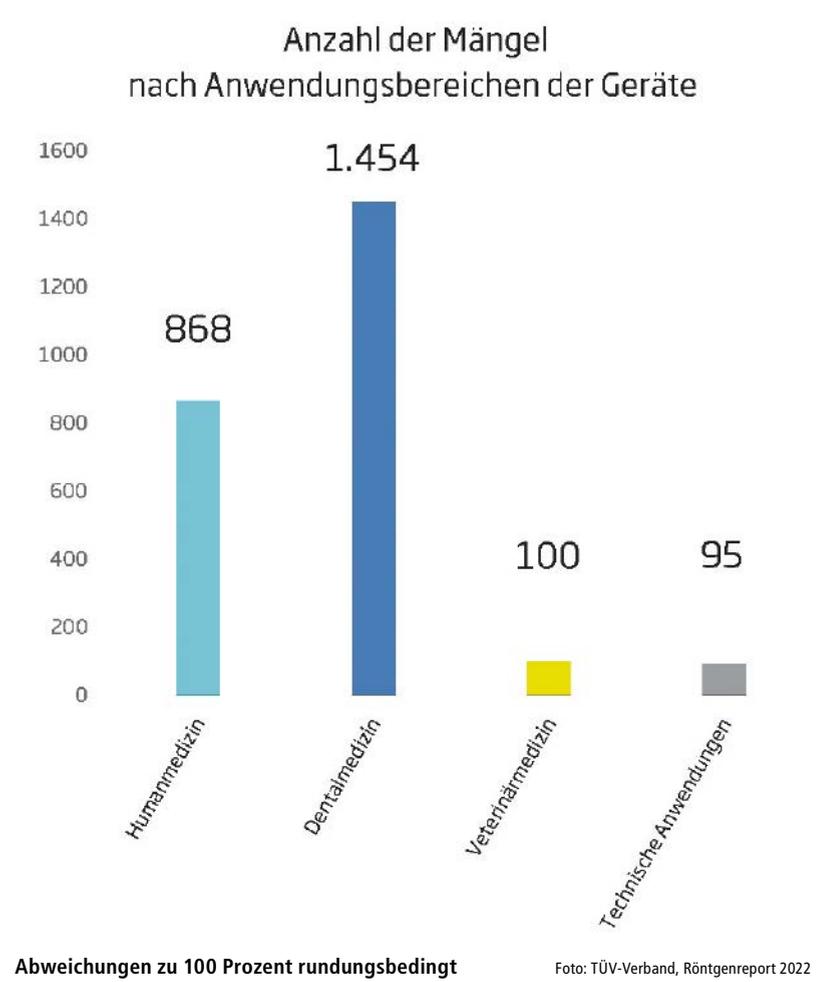
Neben fest installierten Geräten sind vor allem in Krankenhäusern mobile C-Bögen im Einsatz, die flexibel an verschiedenen Stellen wie Operationssälen oder in anderen Röntgenräumen verwendet werden können. Bei C-Bögen sind Röntgenquelle und Bildempfänger an einem C-förmigen Arm angebracht, was ihn sehr beweglich macht. So kann bei Untersuchungen und durchleuchtungsgeführten Eingriffen nahezu jede Körperstelle der Patienten erreicht werden.

Anders als bei anderen Geräten werden die Röntgenbilder zwar dargestellt und gespeichert, aber nicht auf Folienmaterial ausgegeben. An den 739 geprüften C-Bögen haben die TÜV-Sachverständigen insgesamt 296 Mängel festgestellt. Bei 55 Geräten (7,4%) wurden Mängel am Bildwiedergabesystem gefunden. Schröder: „Da die Röntgenbilder beim C-Bogen in Echtzeit auf einem Bildschirm wiedergegeben werden, müssen die Monitore der Geräte in einwandfreiem Zustand sein.“

Die mit Abstand meisten Röntengeräte sind in Zahnarztpraxen in Gebrauch. Unterschieden werden Dental-Tubus-Geräte, mit denen einzelne Zähne aufgenommen werden, und Panoramaschichtaufnahme-Geräte für Röntgenbilder des gesamten Gebisses. Im Jahr 2021 wurden 5.358 Dental-Tubus-Geräte geprüft und dabei insgesamt 882 Mängel festgestellt. Die schlanken Geräte sind entweder mobil oder werden an Wand, Decke oder direkt am Behandlungsstuhl angebracht. An 353 Geräten haben die Sachverständigen Mängel an den Patientenschutzmitteln festgestellt (6,6%). In der Regel fehlt der vorgeschriebene Schilddrüsenschutzschild, den Patienten bei der Röntgenaufnahme unter dem Kinn festhalten müssen, oder andere Patientenschutzmittel. Darüber hinaus wurden 3.753 Panoramaschichtaufnahme-Geräte geprüft und insgesamt 572 Mängel festgestellt. Bei 58 Geräten (1,5%) sind Mängel an den digitalen Speicherfolien oder den analogen Film-Folien-Systemen entdeckt worden, die wie bei den humanmedizinischen Geräten zu Artefakten auf den Röntgenbildern führen können.

### Mammografie und CT

Nicht gesondert behandelt werden im TÜV-Röntgenreport Geräte für Mammografie und Hochdosisgeräte für Computertomografie (CT) und Strahlentherapien, da die Mängelquoten hier sehr niedrig sind. Bei 300 Prüfungen von CT-Geräten im Jahr 2021 sind nur 18 Mängel festgestellt worden. In zwei Fällen waren die Mängel allerdings schwerwiegend, da der bauliche Strah-



lenschutz für die Anlagen nicht ausreichend war. „Viele Mängel können nur durch eine Prüfung vor Ort entdeckt werden“, sagte Schröder. „Die Kombination aus regelmäßigen Wartungen und externen Prüfungen durch unabhängige Sachverständige gewährleistet einen optimalen Schutz der Patienten, des medizinischen Personals und der

Bevölkerung vor gesundheitsschädlicher Strahlung.“

**Autor:**  
Maurice Shahd,  
TÜV-Verband e. V.,  
Berlin  
www.tuev-verband.de



## Effizientes, modulares DR-System

ADVERTORIAL

■ Mit der Einführung des neuen, modularen Valory Systems komplettiert Agfa ihr umfassendes Portfolio für die digitale Radiografie mit einem effizienten, modularen DR-System, welches ein exzellentes Preis-Leistungs-Verhältnis aufweist und standardmäßig mit einer Drei-Jahres-Garantie geliefert wird. Das System kann auf individuelle Bedürfnisse und Budgets zugeschnitten werden und unterstützt alle allgemein-radiografischen Untersuchungen sowie optional auch orthopädische Langformataufnahmen. Das Valory System kann wahlweise mit einer deckengeführten Röhre oder einer bodenmontierten Röhre auf einer Laufschiene ausgestattet werden. Hinsichtlich der Bildqualität geht Agfa keine Kompromisse ein: Das Valory System ist mit der Goldstandard-Bildverarbeitungs-



Das Valory System von Agfa

Foto: Agfa

software Musica ausgestattet und garantiert einfachste Bildgebung und signifikant weniger Wiederholaufnahmen. Als DR-Detektoren kommen die robusten Dura-line-Detektoren zum Einsatz, die eine unerreichte Akkulaufzeit von bis zu 15 h, einen Ingressionsschutz der Klasse IP67 oder ein Limit der Fallhöhe von 1,0 m bieten. Die benutzerorientierte Teil-Automatisierung des Valory Systems, wie z.B. durch Autozentrier- oder Nachlauf-Funktion, wird die Anwender begeistern. Darüber hinaus kommen im Valory System vereinfachte Belichtungstechniken zum Einsatz, die auf neuesten wissenschaftlichen Studien basieren.

| www.agfa.com |

# Verbesserte Lebensqualität

## Erfolge der Strahlentherapie bei Bestrahlung von Knochenmetastasen

■ Von der neueren stereotaktischen Körperbestrahlung werden gegenüber der konventionellen Strahlentherapie oft Vorteile erwartet, was jedoch zurzeit nicht ausreichend gesichert ist. Eine Studie verglich die zwei verschiedene Formen der Strahlentherapie zur Behandlung schmerzhafter Knochenmetastasen. Es zeigte sich, dass beide Bestrahlungsformen über drei Monate vergleichbar gute Ergebnisse brachten; in den meisten untersuchten Bereichen der Lebensqualität gab es keine klinisch relevanten Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen. Beide verbesserten die Lebensqualität der Betroffenen.

In den meisten Fällen besteht die Behandlung von metastasierten Tumoren in der systemischen Therapie der zugrunde liegenden Krebserkrankung. Es kommt aber vor, dass der Primärtumor gut unter Kontrolle gebracht werden konnte, nicht aber einzelne Metastasen. Gerade Knochenmetastasen gehen oft mit Schmerzen einher, die die Lebensqualität der Patienten stark beeinträchtigen können. Die Metastasen zerstören den Knochen in den befallenen Bereichen, sodass die Stabilität abnimmt und es zu Knochenbrüchen kommen kann. Besonders gefährlich sind Wirbelkörpermetastasen, da Frakturen entsprechend zu Lähmungen führen können.

### Fraktionierte konventionelle Radiotherapie

Bei Knochenmetastasen stellt die Strahlentherapie eine hocheffektive Therapie zur lokalen Schmerzkontrolle und Wachstumshemmung der Metastasen dar. Die moderne Radiotherapie bietet hier verschiedene hocheffektive Behandlungsoptionen. In den meisten Fällen wird diese als eine fraktionierte konventionelle Radiotherapie (cRT) über 3–4 Wochen verabreicht, sodass jeden Tag eine einzelne „Bestrahlungssitzung“ erfolgt. Um hier möglichst schonend, aber langfristig effektiv zu sein, kann sich das bis zum Erreichen der notwendigen Gesamtdosis über mehrere Wochen erstrecken. Die Fraktionierung ist notwendig, um Nebenwirkungen zu minimieren bzw. dem gesunden Gewebe in der Tumorumgebung Zeit zur Erholung zu geben. Moderne Techniken der Präzisionsbestrahlung ermöglichen heute, in wenigen Sitzungen auch höhere Strahlendosen zu applizieren (Hypofraktionierung), ohne umliegende Strukturen

zu belasten. Durch eine noch präzisere Positionierungstechnik können in manchen Fällen mit der stereotaktischen Körperbestrahlung („Stereotactic Body Radiotherapy“/SBRT) noch höhere Einzeldosen verwendet werden, sodass sich die Zeitdauer von mehrere Wochen auf wenige Tage verkürzt. Entscheidend sind bei der Stereotaxie die präzise Definition bzw. Festlegung des Zielvolumens und die genaue Positionierung der Strahlen. Die Bestrahlungsplanung erfolgt daher mittels Bildgebung (CT, MRT) in 3-D-Technik und die Bestrahlung selbst erfolgt ebenfalls bildgebungsgeführt. Es kommt aber nicht jede Metastase für eine stereotaktische Bestrahlung infrage, da dies von der Größe und auch der Nähe zu kritischen Strukturen abhängt.

„Wir sehen häufig hervorragende Erfolge der Strahlentherapie bei der Bekämpfung von Metastasen“, erklärt Prof. Univ.-Prof. Dr. Stephanie E. Combs, Pressesprecherin der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie (DEGRO). „Die Strahlentherapie ist eine wichtige Behandlungssäule in der metastasierten Situation, kann in Einzelfall sogar mit dem Ziel der Kuration eingesetzt werden. Gerade mit der stereotaktischen Strahlentherapie haben wir die Chance, eine pseudokurative Therapie bei metastasierten Krebserkrankungen anzubieten.“

Die VERTICAL-Studie, eine Phase-II-Studie, verglich in einer präspezifizierten Sekundäranalyse der PRESENT-Studie die konventionelle Strahlentherapie mit der stereotaktischen Körperbestra-

hlung zur Behandlung schmerzhafter Knochenmetastasen. Insgesamt wurden 110 Patienten zu gleichen Teilen randomisiert in zwei Gruppen entweder mit cRT (1x8 Gy, 5x4 Gy oder 10x3 Gy) oder SBRT (1x18 Gy, 3x10 Gy oder 5x7 Gy) behandelt. Einschlusskriterien waren beispielsweise  $\leq 2$  schmerzhaftes Knochenmetastasen, ein Karnofsky-Index (Score von 0–100, der die Alltagsbeeinträchtigung von Krebspatienten misst, z.B. Aktivität und Selbstversorgung) von  $\geq 50$  Punkten, ein Schmerzscore von  $\geq 3$  Punkten (von 0–10) und eine zu erwartende Überlebensdauer von  $\geq 3$  Monaten. Erfasst wurden über den Verlauf von drei Monaten Veränderungen der allgemeinen Lebensqualität (QoL), physische Funktionen und emotionales Befinden sowie funktionelle Störungen und psychosoziale Aspekte anhand QLQ-Fragebögen („European Organization for Research and Treatment of Cancer QoL Questionnaire Core 15 Palliative Care and QLQ Bone Metastases 22 modules“).

### Palliative Strahlentherapie verbessert Lebensqualität

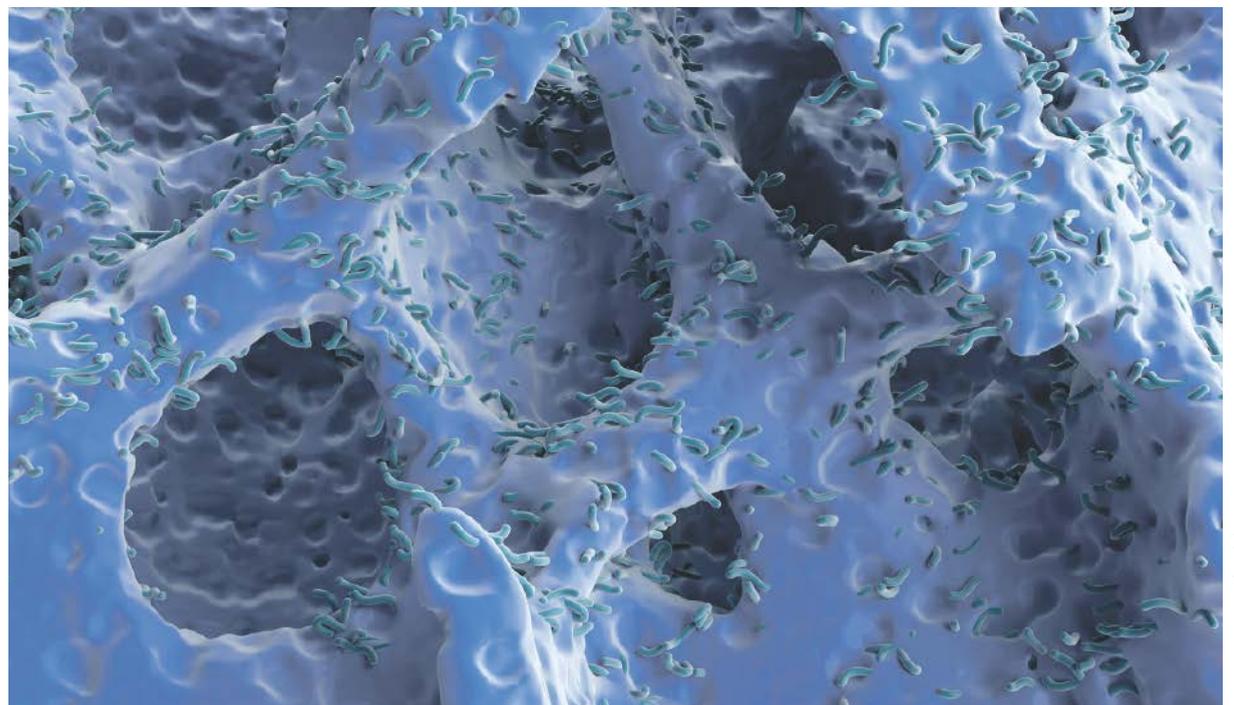
Im Ergebnis verbesserte die palliative Strahlentherapie bei schmerzhaften Knochenmetastasen alle Domänen der selbst berichteten Lebensqualität, und zwar sowohl in der cRT- als auch in der SBRT-Gruppe ähnlich gut. Funktionelle Störungen (25,5 vs. 14,1 Punkte;  $p=0,04$ ) und psychologische Aspekte (cRT 12,2 vs. SBRT 7,3;  $p=0,04$ ) verbesserten sich über drei Monate in der

cRT-Gruppe etwas stärker als in der SBRT-Gruppe. Insgesamt gab es nach 12 Wochen jedoch keine klinisch relevanten Unterschiede zwischen den Gruppen in allen untersuchten Bereichen.

„Die Strahlentherapie bietet heute verschiedene hocheffektive Behandlungsmethoden bei Knochenmetastasen“, konstatiert Prof. Dr. Cordula Petersen, Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie (DEGRO). „Mit der stereotaktischen Körperbestrahlung können sehr hohe Strahlendosen mit maximaler Präzision appliziert werden; sie ist daher eine schnelle und wirksame Methode in bestimmten Situationen und ausgewählten Fällen, insbesondere bei schmerzhaften Metastasen. Dabei müssen immer Risiken und Therapieziele (z.B. Symptomkontrolle oder Prognoseverbesserung sowie Aufwand und Behandlungsdauer) für die individuelle Situation der Betroffenen abgewogen werden. So kann bei erwarteter längerer Lebensdauer bei der SBRT auch die Langzeittoxizität eine Rolle spielen. Die konventionelle Bestrahlung behält dennoch für viele Betroffene ihren Stellenwert und kann auch hier bei entsprechender Fraktionierung eine langfristige Perspektive geben.“ ■■

### Autor:

Dr. Bettina Albers,  
Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie,  
Berlin  
[www.degro.org](http://www.degro.org)



# Krebsforschung mit Laserblitzen

Die Strahlentherapie zählt zu den wichtigsten Methoden der Krebsbehandlung.

■ Meist erfolgt sie durch Röntgenstrahlung am Elektronenlinearbeschleuniger. Alternativ dazu lassen sich auch Protonen verwenden, aus konventionellen Kreisbeschleuniger wie z.B. am Universitätsklinikum Dresden oder künftig durch neuartige Laserbeschleuniger. Über den Hintergrund dieser neuen Methode berichtet Priv.-Doz. Dr. Elke Beyreuther, Institut für Strahlenphysik am HZDR.

**M&K:** Bitte erklären Sie das Prinzip der Tumorbestrahlung mit Laser-Protonen. Worin unterscheidet es sich im Vergleich zur bekannten Bestrahlung mit Röntgenlicht?

**Priv.-Doz. Dr. Elke Beyreuther:** Die Tumorbestrahlung mit Laser-Protonen unterscheidet sich von der klassischen Bestrahlung mit Röntgenstrahlung in mehrfacher Hinsicht: Zum einen handelt es sich um Protonenstrahlung, die im Vergleich zur Röntgenstrahlung eine energieabhängige Reichweite mit der maximalen Energiedeposition im Bragg Peak am Ende ihrer Reichweite hat. Röntgenstrahlung hingegen ist durch ein Maximum der Dosisdeposition am Strahleintritt, d.h. kurz unter der Hautoberfläche, und eine kontinuierliche Abnahme der Dosisdeposition mit zunehmender Tiefe charakterisiert. Durch Ausnutzung der energieabhängigen Reichweite bieten Protonen den Vorteil, Tumoren auch in der Nähe von dahinter liegenden Risikoorganen zu bestrahlen, da der steile Dosisabfall hinter dem Bragg Peak hier eine deutliche Schonung ermöglicht. Laser-Protonen unterscheiden sich von konventionell im Zyklotron oder Synchrotron beschleunigten Protonen in der Strahlerzeugung und, damit verbunden, in einigen Strahleigenschaften.

Zur Erzeugung und Beschleunigung der Laser-Protonen wird intensives Laserlicht eines Hochleistungslasers, wie z.B. des Draco Lasers am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, auf eine Plastikfolie von wenigen 100 Nanometern Dicke fokussiert. Durch die starken Lichtintensitäten im Fokusbereich wird ein intensiver Protonenpuls erzeugt und von der Folienrückseite weg beschleunigt. Der ganze Prozess findet auf wenigen  $\mu\text{m}$  Länge und in unter einer ns ( $10^{-9}$  s) statt. Aufgrund der Erzeugung mit hochintensiven Laserpulsen werden Laser-Protonen in ns-kurzen Protonenpulsen mit hoher Intensität, d.h. hoher Protonenzahl, appliziert. Im Unterschied zu klassischen



Priv.-Doz. Dr. Elke Beyreuther

Foto: HZDR

Linear- und Ringbeschleunigern, die Elektronen-, Röntgen- oder Protonenstrahlen nahezu kontinuierlich abstrahlen, werden Laser-Protonenpulse mit Pulsabständen von mehreren Sekunden erzeugt. Gründe hierfür sind u. a. die

Wiederholrate des Hochleistungslasers und der darauf abgestimmten Strahlführung mit gepulsten Magneten. Letztere sind notwendig, da Laser-Protonen mit einer breiten Energieverteilung erzeugt werden. Die Magnete werden zur

## Zur Person

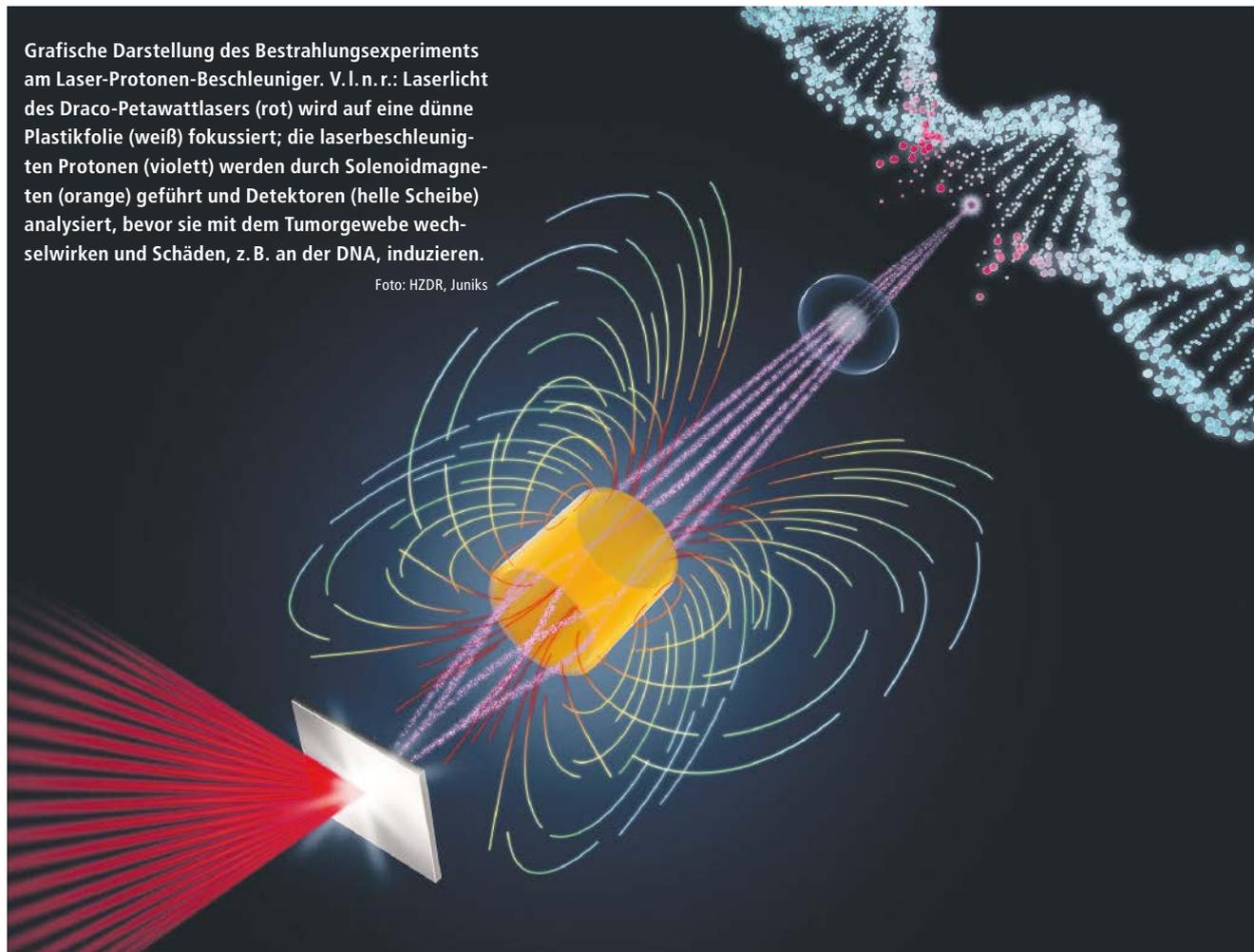
Nach ihrem Studium der „Angewandten Naturwissenschaften“ promovierte **Frau Dr. Elke Beyreuther** 2010 am Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf über „Strahlenbiologische Zellexperimente an unkonventionellen Strahlenquellen“. Seitdem fokussiert sich Frau Beyreuther auf strahlenbiologische Untersuchungen des Normalgewebes am klinischen Protonenstrahl sowie die Charakterisierung der Strahlenreaktion nach Bestrahlung mit sehr hohen Dosisleistungen.

Auswahl geeigneter Energiefenster für die Bestrahlung bestimmter Volumina eingesetzt.

Zusammenfassend unterscheiden sich Laser-Protonen von den bekannten Röntgen- und Protonenstrahlen durch die Applikation in sehr kurzen, aber intensiven Strahlpulsen, d.h., Dosen von einigen Gray werden in wenigen ns appliziert. Die Bestrahlung ist weitgehend vergleichbar zu Bestrahlungen an konventionellen Strahlenquellen:

Grafische Darstellung des Bestrahlungsexperiments am Laser-Protonen-Beschleuniger. V.l.n.r.: Laserlicht des Draco-Petawattlasers (rot) wird auf eine dünne Plastikfolie (weiß) fokussiert; die laserbeschleunigten Protonen (violett) werden durch Solenoidmagneten (orange) geführt und Detektoren (helle Scheibe) analysiert, bevor sie mit dem Tumorgewebe wechselwirken und Schäden, z.B. an der DNA, induzieren.

Foto: HZDR, Juniks



Nach Auswahl der Energiefenster erfolgt der Transport der Strahlen zum eigentlichen Bestrahlungsort, wobei geeignete Systeme zur Strahlüberwachung und Kontrolle der Dosisapplikation eingesetzt werden. Neben den aus der Klinik bekannten Transmissions-Ionisationskammern kommen dabei u.a. Flugzeitspektrometer zur Kontrolle der Energie der Strahlpulse zum Einsatz. Der große Unterschied zur konventionellen Röntgen- und Protonenquelle besteht tatsächlich in der gepulsten Applikation und damit Summation der Dosis mit Einzelpulsen gegenüber der kontinuierlichen Bestrahlung mit Röntgenstrahlung und konventionellen Protonen.

*Welche technischen Herausforderungen stellt die neue Methode?*

**Beyreuther:** Eine große Herausforderung ist die kontrollierbare, präzise Applikation einer definierten Dosis im Zielvolumen. Der Beschleunigungsmechanismus führt zu Fluktuationen in der Protonenzahl und -energie, die während der Bestrahlung bestimmt werden müssen, um die Pulszahl so anzupassen, dass die geplante Gesamtdosis möglichst genau erreicht wird. Die Herausforderung besteht hierbei in der Dosismessung während der Bestrahlung, da die kommerziell erhältlichen Messsysteme nicht für die sehr hohen Dosisleistungen geeignet sind. Ionisationskammern z.B., die standardmäßig für die klinische Dosimetrie eingesetzt werden, zeigen bei den Dosisleistungen der Laser-Protonen starke Sättigungseffekte, d.h., nicht jeder Energieeintrag wird in Dosis übersetzt. Es wird letztendlich weniger Dosis angezeigt, als auf die Kammer eingestrahlt wurde. Um diese Effekte auszugleichen, ha-

ben wir uns bei der Bestrahlung der Tumoren auf dem Mausohr mehrerer komplementärer Messsysteme bedient. Protonenenergie und -intensität wurden während der Bestrahlung für jeden Schuss bestimmt, um so fortlaufend die noch notwendige Pulsanzahl abzuschätzen. Zusätzlich wurde die Tumordosis retro-spektiv mit kalibrierten radiochromischen Filmen ausgelesen.

*Welche Vorteile bietet die Methode? Gibt es Tumorarten, die sich besonders für die Behandlung mit dieser Technik eignen?*

**Beyreuther:** Die Protonen-Energien, die momentan für Laser-Protonen erreicht werden, ermöglichen die Anwendung dieser in der präklinischen Forschung z.B. zur Untersuchung der strahlenbiologischen Wirkung gepulster Protonen mit hoher Dosisleistung. Der Vorteil ist hier, dass mit Laser-Protonen Dosisleistungen erreicht werden können, die jene am konventionellen, klinischen Protonenbeschleuniger um mehrere Größenordnungen übersteigen. Die Verwendung von Strahlpulsen hoher Dosisleistung wird seit einigen Jahren intensiv für die präklinische Behandlung von Patienten diskutiert. Ausgangspunkt hierfür war die Beobachtung, dass Bestrahlungen mit Dosisleistungen im Bereich von 100 Gy/s reduzierte Nebenwirkungen im Normalgewebe zeigen bei gleichzeitig effektiver Behandlung von Tumoren. Zum Vergleich, in der konventionellen Strahlentherapie werden Dosisraten von wenigen Gy/min eingesetzt. Dieser Flash-Effekt, d.h. die Normalgewebeschonung durch hohe Dosisleistungen, und die dafür notwendigen Parameter werden seit einigen Jahren für alle klinisch eingesetzten Strahlenarten

intensiv in präklinischen Studien untersucht. Für Protonen war man bisher auf den Parameterbereich der klinischen Beschleuniger beschränkt; mit den Laser-Protonen kann man diesen Bereich deutlich erweitern und somit umfassend untersuchen. Welche Tumorarten besonders gut mit hohen Dosisleistungen bzw. Laser-Protonen behandelt werden können, lässt sich momentan nicht abschätzen. Für präklinische Experimente mit Laser-Protonen haben wir einen subkutanen Tumor auf dem Ohr verwendet, da dieser einfacher zu lokalisieren und positionieren ist als ein Tumor innerer Organe.

*Welche Besonderheit weisen die laserbeschleunigten Protonenpulse auf? Wie wird sichergestellt, dass für die Tumorbehandlung die richtige Protonendosis verabreicht wird?*

**Beyreuther:** Wie bereits diskutiert, sind laserbeschleunigte Protonenpulse zeitlich sehr kurz, bündeln aber eine sehr hohe Zahl von Protonen. Daraus resultiert ihr enorme Intensität, die sie so geeignet für Bestrahlungsexperimente mit hoher Dosisleistung machen. Jeder so erzeugte Protonenpuls ist einzigartig und Schwankungen in Intensität und Energiespektrum sind nicht gänzlich auszuschließen. Die Pulse können derzeit mit einem zeitlichen Abstand im Bereich von Sekunden erzeugt und transportiert werden. Somit handelt es sich dabei nicht um einen kontinuierlichen Strahl, der bei der Verabreichung der Dosis zum richtigen Zeitpunkt gestoppt werden muss, sondern um diskrete Einzelpulse. Die Dosis, die von diesen Einzelpulsen übertragen wird, muss so klein gewählt werden, dass mit der schrittweisen Applikation der Pulse die Genauigkeit der vorgegebenen

Dosis hinreichend gut erreicht wird. Dabei muss jeder Einzelpuls präzise dosimetrisch vermessen werden, um den korrekten Zeitpunkt der Beendigung der Bestrahlung zu finden.

*In welchem Entwicklungsstadium befindet sich die Methode in Bezug auf eine spätere klinische Anwendung, wo sehen Sie Untersuchungsschwerpunkte für die Weiterentwicklung der Methode?*

**Beyreuther:** Wie schon oben beschrieben, werden Laser-Protonen momentan für präklinische Untersuchungen subkutaner Tumoren eingesetzt. Einen Untersuchungsschwerpunkt sehe ich momentan in der Strahlenwirkung von Protonenpulsen hoher Dosisleistung – sowohl strahlenbiologisch im Tiermodell als auch im Hinblick auf physikalische Messsysteme und radiochemische Prozesse. Die momentan erreichbaren Protonenenergien sind hierfür ausreichend. Um jedoch näher an den klinischen Bereich zu kommen, müssten die Protonenenergien deutlich gesteigert werden – von momentan ca. 70–100 MeV auf 200 MeV und darüber. Für präklinische Untersuchungen und klinische Studien müssen diese Energien zudem über einen langen Zeitraum stabil bereitgestellt werden können. Hier sind technische Weiterentwicklungen vonseiten der Laser und der Strahlführung, aber auch physikalisches Verständnis der Beschleunigungsmechanismen und zugrunde liegenden Prozesse nötig. ■■

**Autor:**

Dr. Jutta Jessen,  
Weinheim

40 Jahre

**Herzlichen Glückwunsch** zu 40 Jahren fundierter und kritischer Information rund ums Krankenhaus und speziell aus der Welt der Radiologie! Weiterhin viel Erfolg!

**Prof. Dr. Thomas Kahn, Universität Leipzig**



# Zwischen Mikroskopie und Sonografie

## Die optische Kohärenztomografie

■ Die optische Kohärenztomografie (oder kurz OCT für Optical Coherence Tomography) ist ein optisches Bildgebungsverfahren, das 1991 am MIT in Massachusetts erstmals vorgestellt wurde. Die OCT ist in der Lage, hochauflösende tomografische Daten, also Tiefenschnittbilder, von Gewebe oder allgemein transparenten oder semi-transparenten Proben zu erzeugen. Hierbei können Auflösungen in axialer und lateraler Richtung von 1–20 µm erreicht werden, je nachdem, welche Systemkomponenten verwendet werden. Die OCT ist somit in der Lage, Strukturen unter der Oberfläche einer Probe aufzulösen, die ca. 4–60-mal kleiner sind als der Durchmesser eines menschlichen Haares. Hierbei arbeitet die OCT ohne die Verwendung von ionisierender Strahlung, wie sie beispielsweise beim Röntgen verwendet wird, und ist daher für Patient und Arzt vollkommen ungefährlich. Als Anregungsmedium verwendet die OCT Licht des nahinfraroten Spektrums und ist hiermit in der Lage, abhängig von der Probenbeschaffenheit, bis zu mehrere Millimeter in Gewebe hineinzusehen. Wenn man Auflösungsvermögen und Eindringtiefe unterschiedlicher medizinischer Bildgebungsmethoden miteinander vergleicht, schließt die OCT die Lücke zwischen der Mikroskopie und der Sonografie.

Das Funktionsprinzip der OCT ist dabei vergleichbar mit dem der Sonografie. Bei der Sonografie wird eine Ultraschallwelle in das Gewebe gesendet und die an Grenzschichten im Gewebe reflektierte Welle detektiert. Über den gemessenen zeitlichen Versatz zwischen Aussenden der Welle und



Enno Hachgenei

Detektion der reflektierten Welle kann die Tiefe ermittelt werden, in der sich die reflektierende Struktur im Gewebe befindet. Bei der OCT hingegen wird Licht zur Anregung verwendet, die Lichtwelle wird ebenfalls an Grenzschichten und anderen streuenden Strukturen zurückgeworfen. Über die Ermittlung der Laufzeitunterschiede der Wellen kann auf die Tiefe der reflektierenden Struktur geschlossen werden. Dies ist aufgrund der sehr hohen Lichtgeschwindigkeit jedoch auf direktem Wege nicht möglich, daher verwendet die OCT einen interferometrischen Aufbau, der die Ermittlung des Laufzeitunterschieds auf indirekte Weise hochpräzise ermöglicht. Die OCT kommt im Gegensatz zur Sonografie ohne Koppelmedium aus.

### Medizinische Anwendungsgebiete

Im medizinischen Alltag kommt die OCT vorwiegend in der Augenheilkunde zum Einsatz. Die für sichtbares



Niels König

und nahinfrarotes Licht transparenten Eigenschaften des menschlichen Auges bieten perfekte Bedingungen für die Anwendung der OCT als diagnostisches Werkzeug. Die OCT erlaubt es, sowohl den vorderen als auch den hinteren Augenabschnitt hochaufgelöst darzustellen und hierdurch einen enormen diagnostischen Mehrwert für eine ganze Reihe von Erkrankungen zu leisten. Die OCT ist zum Beispiel dazu in der Lage, die Netzhaut mit ihren einzelnen zellulären Schichten darzustellen.

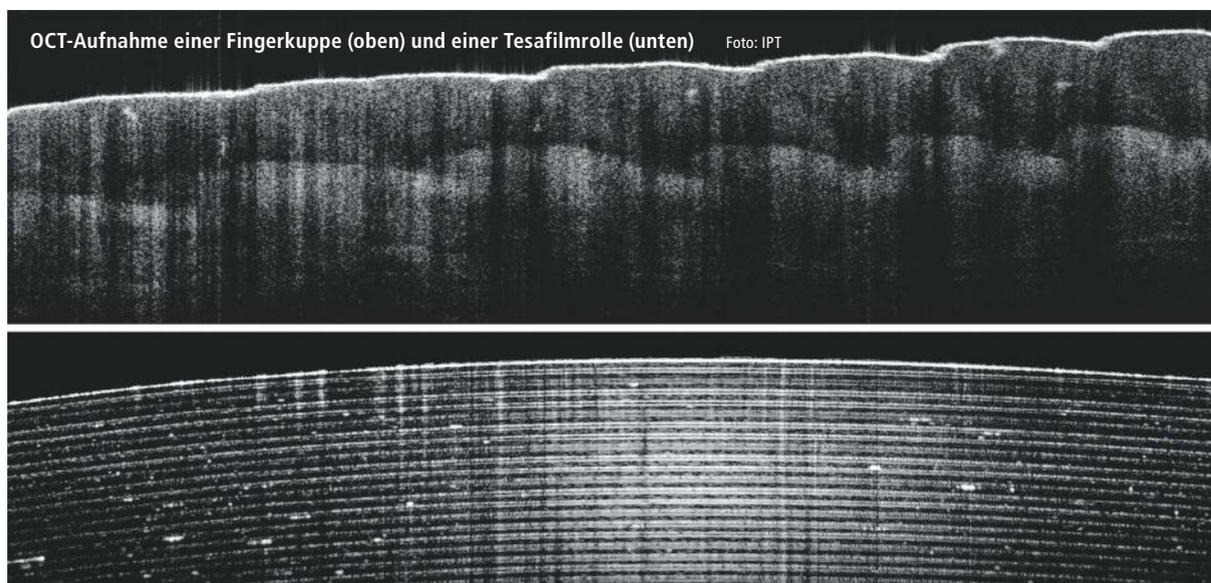
Die OCT kommt standardmäßig als Diagnoseverfahren für Glaukome (grüner Star) zum Einsatz, bei dem die obersten Netzhautschichten in ihrer Dicke abnehmen und es zu Gesichtsfeldausfällen bis hin zum Erblinden kommen kann. Durch eine frühzeitige Diagnose mittels OCT-Untersuchung kann das Glaukom in der Regel medikamentös behandelt werden. Weitere Netzhauterkrankungen, bei denen die OCT zur Diagnose eingesetzt wird, sind die altersbedingte Makuladegeneration,

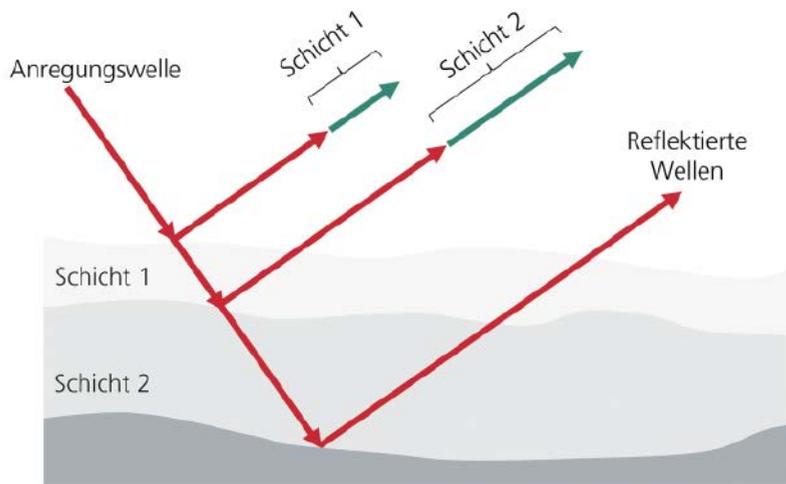
bei der sich die Makula, der Bereich der Retina des schärfsten Sehens, aufgrund von Stoffwechselstörungen krankhaft verändert, und die diabetische Retinopathie, bei der die Netzhaut, ausgelöst durch eine Diabeteserkrankung, aufgrund von Durchblutungsstörungen unterversorgt wird und hierdurch Schaden nehmen kann. Oftmals ist es bei diesen Erkrankungsarten auch notwendig oder angeraten, die Blutgefäße des Auges zu untersuchen. Dies wird durch die sogenannte OCT-Angiografie ermöglicht, hiermit lassen sich Auffälligkeiten oder Veränderungen in der Ausprägung der Blutgefäße des Auges untersuchen und über längere Zeiträume verfolgen. Die OCT wird zudem routinemäßig in der Vorbereitung einer Katarakt (grauer Star) OP eingesetzt, um die Länge des Auges sehr genau zu bestimmen und die getrübe Linse zu untersuchen. Seit 2019 sind OCT-Untersuchungen für einige Implikationen eine Regelleistung der gesetzlichen Krankenkasse, da sie den Goldstandard der diagnostischen Verfahren darstellt.

Neben der Augenheilkunde findet die OCT im Klinikalltag bisher auch vereinzelt Anwendung in der kardiovaskulären Bildgebung, bei der sie über einen Katheter eingesetzt und dazu verwendet werden kann, Bildgebung im Blutgefäß selbst zu betreiben, um zum Beispiel Ablagerungen, Engstellen oder die Gewebemorphologie darzustellen oder die Lage von Stents zu kontrollieren. Darüber hinaus gibt es zugelassene Systeme für die Anwendung in der Gastroenterologie und der Dermatologie. Dieselbe Akzeptanz und Verbreitung wie in der Ophthalmologie hat die OCT in diesen Bereichen jedoch noch nicht erlangen können.

### Aktuelle Forschungsgebiete

Das Forschungsfeld rund um die OCT ist mit einer Vielzahl von Forschungsgruppen mit unterschiedlichen Schwerpunkten weltweit hochgradig aktiv. Jährlich werden mittlerweile über 5.000 wissenschaftliche Publikationen zum Thema OCT veröffentlicht, woran das große Interesse der Forschungscommunity und das große verbleibende Potential, das in der OCT gesehen wird, eindrücklich verdeutlicht wird. Eines der prominentesten und potentiell vielversprechendsten Themen, mit denen sich OCT-Forschergruppen beschäftigen, ist dabei die Fähigkeit der OCT, zwischen Gewebetypen zu unterschei-





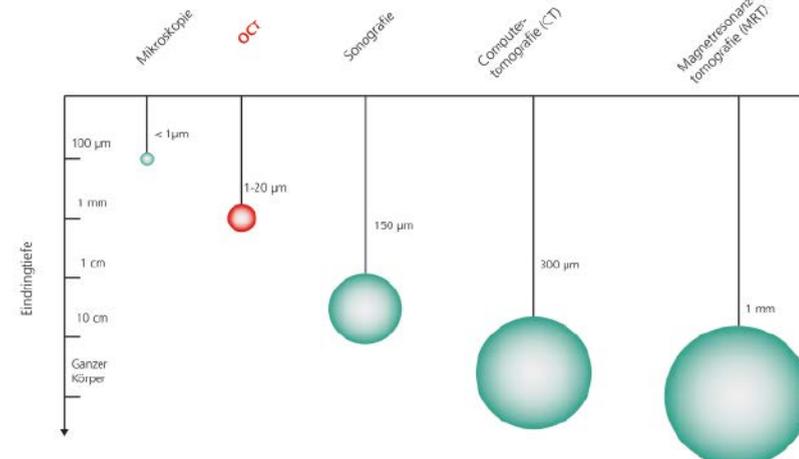
Prinzip der optischen Kohärenztomografie

Foto: IPT

den und somit als Werkzeug der digitalen Pathologie Anwendung zu finden. Die OCT ist aufgrund ihrer sehr hohen Auflösung und vergleichsweise hohen Eindringtiefe (im Vergleich zu mikroskopischen Verfahren) in der Lage, pathologisch verändertes Gewebe, zum Beispiel Tumorgewebe, von gesundem Gewebe zu unterscheiden. Diese Fähigkeit der OCT konnte von einer Vielzahl von Forschenden für unterschiedlichste klinische Bereiche (HNO, Gastroenterologie, Neurochirurgie, Viszeralchirurgie, Dermatologie etc.) nachgewiesen werden. Die große Hoffnung in diesem Gebiet besteht darin, mit der OCT intraoperativ Tumorränder zu erkennen und somit eine vollständige Entfernung des Tumors zu ermöglichen oder die OCT grundsätzlich zur Differenzierung

von gutartigen Veränderungen und bösartigen Veränderungen zum Beispiel in der Dermatologie einzusetzen. Vielfach wird in diesem Zusammenhang auch die Kombination der OCT als bildgebendes Verfahren mit dem sogenannten maschinellen Lernen (ML), einer Unterkategorie der künstlichen Intelligenz, als Analysemethode untersucht. Es konnte für verschiedenste Anwendungsfälle gezeigt werden, dass die Kombination von OCT und ML in der Lage ist, als Diagnoseunterstützung für den Arzt zu dienen und für eine Reihe von Implikationen in klinischen Studien vergleichbare oder sogar bessere Diagnosegenauigkeiten als klinisches Fachpersonal erreichen kann.

Neben der Ophthalmologie und der Onkologie gibt es noch eine ganze



Vergleich der Auflösungen

Foto: IPT

Reihe weiterer Anwendungsgebiete, in denen sich Forschende mit den Potentialen der OCT befassen. So bietet sich die OCT zum Beispiel aufgrund der kontaktlosen und nicht-invasiven Akquisitionsmethode zum Beispiel auch für die Laboranwendung mit lebenden Zellen an. Hier könnte Sie einen Mehrwert im Bereich der immer weiter verbreiteten 3-D-Zellkulturen leisten, die unter anderem in der pharmakologischen Forschung eingesetzt werden.

### Neue VDI-Richtlinie zur OCT

Kürzlich wurde ein Entwurf für eine VDI/VDE Richtlinie zur OCT veröffentlicht (VDI/VDE 5565 Optical coherence tomography (OCT) – Process descriptions). Die Richtlinie soll dazu dienen,

zentrale Begrifflichkeiten, Charakteristika und Definitionen im Zusammenhang mit der (für medizinische Verhältnisse) nach wie vor relativ jungen Bildgebungsmodalität OCT zu vereinheitlichen. Die Richtlinie bezieht sich hierbei sowohl auf die medizinische als auch die industrielle Verwendung der OCT als bildgebendes Verfahren. Erarbeitet wurde die Richtlinie unter anderem vom Fraunhofer IPT in Aachen in sehr enger Zusammenarbeit mit einer Reihe von deutschen OCT-Experten. ■■

### Autoren:

Enno Hachgenei und Niels König,  
Optische Messtechnik und Bildgebende Verfahren,  
Abteilung Produktionsmesstechnik  
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT  
Aachen, [www.ipt.fraunhofer.de](http://www.ipt.fraunhofer.de)

## Index

Agfa	17	Eizo Europe	7
Canon	5	Febromed	11
Charité Berlin	9	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie	21
Dedalus HealthCare	15	Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf	19
Deutsche Gesellschaft für Interventionelle		LMU Klinikum der Universität München	14
Radiologie und minimalinvasive Therapie	3	Philips	13
Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie	18	Technische Universität München	6, 10
Deutsche Herzstiftung	14	TÜV-Verband	16
Deutsche Röntgengesellschaft	3	Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden	
DRK Kliniken Berlin	3	an der TU Dresden	10

**Hinweis:** Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Substantiven die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.

## Impressum

**Herausgeber:**  
Wiley-VCH GmbH  
**Publishing Director:**  
Steffen Ebert  
**Geschäftsleitung Wiley Corporate Solutions:**  
Roy Opie, Dr. Helko Baumgartner, Steffen Ebert  
**Chefredakteurin/Produktmanagerin:**  
Ulrike Hoffrichter M.A., Tel.: 06201/606-723,  
[ulrike.hoffrichter@wiley.com](mailto:ulrike.hoffrichter@wiley.com)  
**Anzeigenleiter:** Dipl.-Kfm. Manfred Böhler,  
Tel.: 06201/606-705, [manfred.boehler@wiley.com](mailto:manfred.boehler@wiley.com)  
**Redaktion:**  
Dr. Jutta Jessen  
Tel.: 06201/606-726, [jutta.jessen@wiley.com](mailto:jutta.jessen@wiley.com)  
**Freie Redakteure:**  
Justine Holzwarth, Köln  
Claudia Schneebecker, Tuttingen  
**Wiley GIT Leserservice:** 65341 Eltville  
Tel.: +49 6123 9238 246 · Fax: +49 6123 9238 244  
E-Mail: [WileyGIT@vservice.de](mailto:WileyGIT@vservice.de)  
Unser Service ist für Sie da von Montag bis Freitag  
zwischen 8:00 und 17:00 Uhr  
**Mediaberatung:**  
Dipl.-Kfm. Manfred Böhler,  
Tel.: 06201/606-705, [manfred.boehler@wiley.com](mailto:manfred.boehler@wiley.com)  
Mehtap Yildiz,  
Tel.: 06201/606-225, [myildiz@wiley.com](mailto:myildiz@wiley.com)  
**Anzeigenvertretung:** Dr. Michael Leising  
Tel.: 05603/895565, [leising@leising-marketing.de](mailto:leising@leising-marketing.de)  
**Redaktionsassistent:** Christiane Rothermel  
Tel.: 06201/606-746, [christiane.rothermel@wiley.com](mailto:christiane.rothermel@wiley.com)  
**Herstellung:** Jörg Stenger (Herstellung);  
Kerstin Kunkel (Anzeigenverwaltung);  
Ruth Herrmann (Satz, Layout);  
Ramona Scheirich (Litho)  
**Sonderdrucke:** Christiane Rothermel  
Tel.: 06201/606-746, [christiane.rothermel@wiley.com](mailto:christiane.rothermel@wiley.com)  
**Wiley-VCH GmbH**  
Boschstraße 12, 69469 Weinheim,  
Tel.: 06201/606-0, Fax: 06201/606-790,  
[mk@wiley.com](mailto:mk@wiley.com), [www.givtravel.com](http://www.givtravel.com)

**Bankkonten**  
J.P. Morgan AG, Frankfurt  
Konto-Nr. 6161517443, BLZ: 501 108 00  
BIC: CHAS DE FX, IBAN: DE55501108006161517443  
Druckauflage: 25.000

M&K kompakt ist ein Sonderheft von Management & Krankenhaus

**Originalarbeiten**  
Die namentlich gekennzeichneten Beiträge stehen in der Verantwortung des Autors. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Redaktion und mit Quellenangaben gestattet. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Abbildungen übernimmt der Verlag keine Haftung.

Dem Verlag ist das ausschließliche, räumlich, zeitlich und inhaltlich eingeschränkte Recht eingeräumt, das Werk/den redaktionellen Beitrag in unveränderter Form oder bearbeiteter Form für alle Zwecke beliebig oft selbst zu nutzen oder Unternehmen, zu denen gesellschaftsrechtliche Beteiligungen bestehen, sowie Dritten zur Nutzung zu übertragen. Dieses Nutzungsrecht bezieht sich sowohl auf Print- wie elektronische Medien unter Einschluss des Internets wie auch auf Datenbanken/Datenträger aller Art.

Alle etwaig in dieser Ausgabe genannten und/oder gezeigten Namen, Bezeichnungen oder Zeichen können Marken oder eingetragene Marken ihrer jeweiligen Eigentümer sein.

**Druck:** DSW GmbH & Co. KG  
Flomersheimer Straße 2-4, 67071 Ludwigshafen  
Printed in Germany

ISSN 0176-053 X

### EU-Datenschutzgrundverordnung (EU-DSGVO)

Der Schutz von Daten ist uns wichtig: Sie erhalten die Zeitung M&K Management & Krankenhaus auf der gesetzlichen Grundlage von Artikel 6 Absatz 1 lit. f DSGVO („berechtigtes Interesse“). Wenn Sie diesen Zeitschriftenentwurf künftig jedoch nicht mehr von uns erhalten möchten, genügt eine kurze formlose Nachricht an Fax: 06123/9238-244 oder [wileygit@vservice.de](mailto:wileygit@vservice.de). Wir werden Ihre personenbezogenen Daten dann nicht mehr für diesen Zweck verarbeiten. Wir verarbeiten Ihre Daten gemäß den Bestimmungen der DSGVO. Weitere Infos dazu finden Sie auch unter unserem Datenschutzhinweis:

<http://www.wiley-vch.de/de/ueber-wiley/impressum#datenschutz>

WILEY

2 CH Intensive therapy

1



# Management & Krankenhaus

Zeitung für Entscheider im Gesundheitswesen

März - 3/2022 46. Jahrgang

**Themen** Besondere Krisenprävention dank KI Mehr als ein paar Katzen FOC bei Gelenk-implantationen

**Management & Krankenhaus kompakt**  
Ausgabe 7-8/2022  
Sonderheft

M&K kompakt ist das Sonderheft von Management & Krankenhaus – zu besonderen Themen oder Events.

## Parameter-Analytik für die Infektionsdiagnostik

Diegenetischen Tests sind ein zentraler Bestandteil der Infektionsdiagnostik. Sie ermöglichen die Identifizierung von Erregern und die Bestimmung von Resistenzgenen. Durch die Analyse von Parametern wie der Sequenzlänge oder der GC-Gehalte können Infektionen schneller und genauer diagnostiziert werden.

**Resistenz-Entwicklungen**  
Die Resistenzentwicklung ist ein globales Gesundheitsproblem. Durch die Analyse von Resistenzgenen können Infektionen schneller und genauer diagnostiziert werden.

**Parameter-Analytik**  
Die Parameter-Analytik ermöglicht die Identifizierung von Erregern und die Bestimmung von Resistenzgenen. Durch die Analyse von Parametern wie der Sequenzlänge oder der GC-Gehalte können Infektionen schneller und genauer diagnostiziert werden.



**BAUEN, EINRICHTEN & VERSORGEN**

PLANEN UND BAUEN: NEUE WEGE DENKEN  
ZUTRITTLÖSUNGEN: DIGITAL UND CLEVER STEUERN  
NACHHALTIGKEIT: RESSOURCEN SCHONEN

WILEY



## Seien Sie dabei in der M&K kompakt

# Bauen, Einrichten & Versorgen

## in M&K 7/8 2022 plus Sonderverteilung an Architekten, Innenarchitekten und Objekteinrichter

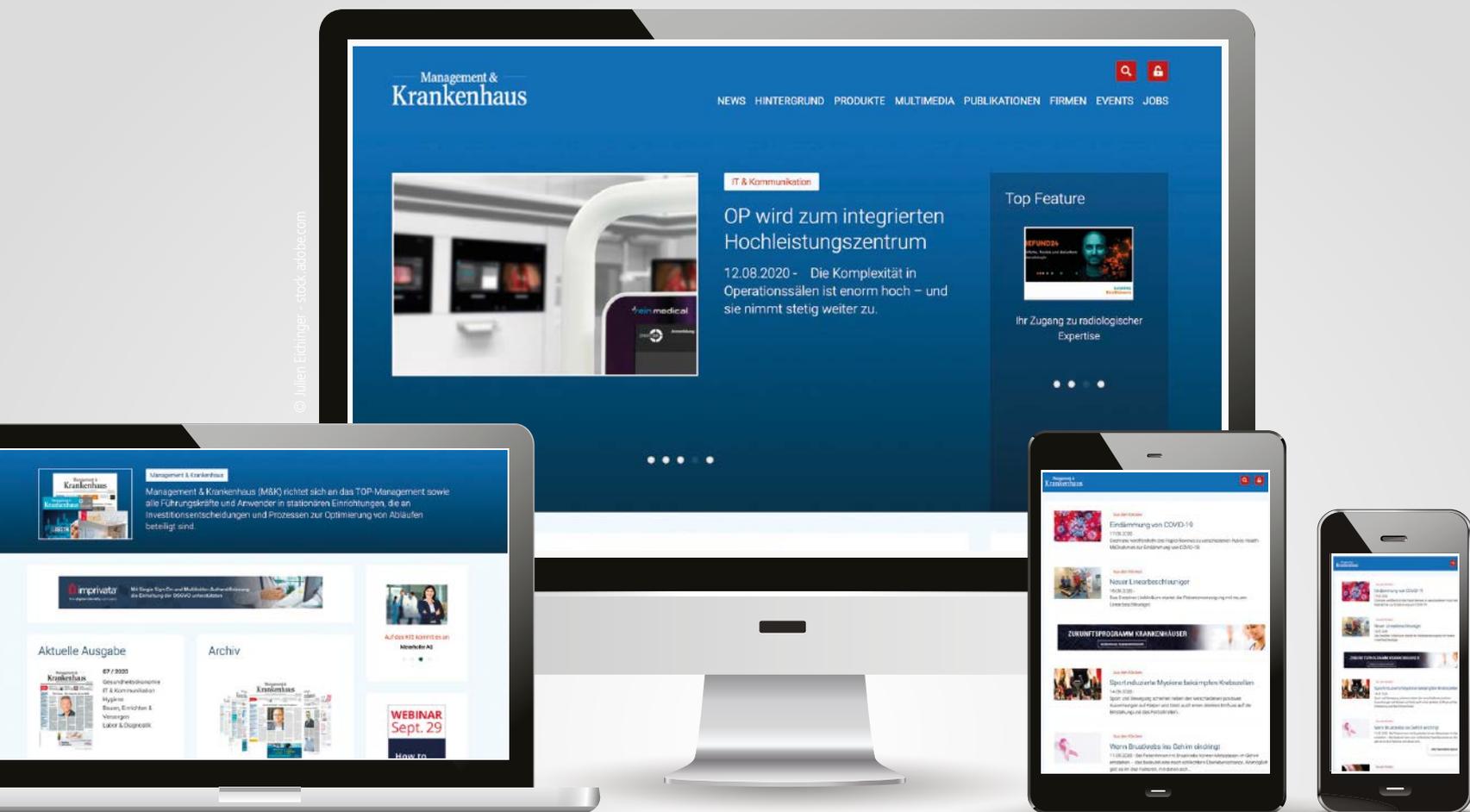
M&K kompakt: 25.000 Exemplare als Sonderheft / Vollbeilage

**Ihre Mediaberatung**  
**Manfred Böhler** +49 6201 606 705  
**Mehtap Yildiz** +49 6201 606 225  
**Dr. Michael Leising** +49 3603 893565

mboehler@wiley.com  
 myildiz@wiley.com  
 leising@leising-marketing.de

**Termine**  
**Erscheinungstag:** 03.08.2022  
**Anzeigenschluss:** 01.07.2022  
**Redaktionsschluss:** 10.06.2022

www.management-krankenhaus.de



© Julien Eichinger - stock.adobe.com

## Unser Online-Portal für Ihren **Informationsvorsprung**

**management-krankenhaus.de:** das Online-Portal für Nachrichten, Meinungen und Informationen für das Top-Management und alle Führungskräfte und Anwender in stationären Einrichtungen.

Auf **management-krankenhaus.de** finden Sie – wie mehr als 100.000 weitere Leser im Monat – tagesaktuelle Nachrichten, informative Expertenartikel, Interviews und wichtige Brancheninformationen aus den Themengebieten: Bauen, Einrichten & Versorgen, Gesundheitsökonomie, Gesundheitspolitik, Hygiene, IT & Kommunikation, Labor & Diagnostik sowie Medizin & Technik.



Besuchen Sie das Portal von Management & Krankenhaus und abonnieren Sie unsere Newsletter, um immer gut informiert zu sein.

*management-krankenhaus.de*

Management &  
**Krankenhaus**