



98. **RÖNTGEN**  
Deutscher **KONGRESS**

24.-27. Mai 2017 im  
Congress Center LEIPZIG

8. GEMEINSAMER KONGRESS  
DER DRG UND ÖRG

KONGRESSPRÄSIDENTEN  
Ernst J. Rummeny  
Technische Universität München  
Werner Jaschke  
Medizinische Universität Innsbruck

## Themendossier Neue Techniken

- **Neue Techniken in der Radiologie**
- **In der Erprobung: Photon-Counting – die neue CT-Technologie bietet faszinierend innovative Möglichkeiten**  
*Prof. Dr. Marc Kachelrieß, Deutsches Krebsforschungszentrum (DKFZ)  
Heidelberg*
- **Im Test erfolgreich: Neues Bildgebungsverfahren für kontrollierte Gefäßerweiterung ohne Röntgenstrahlung**  
*Dr. Stefan Herz, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie,  
Universitätsklinikum Würzburg*
- **Veranstaltungstipp**
- **Der Deutsche Röntgenkongress**

98. Deutscher Röntgenkongress  
24.-27. Mai 2017, Congress Center Leipzig  
[www.roentgenkongress.de](http://www.roentgenkongress.de)

## Neue Techniken in der Radiologie

Die Radiologie gilt seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen durch Wilhelm Conrad Röntgen im Jahr 1895 als Innovationstreiber. In keiner anderen medizinischen Fachrichtung werden derartig viele Technologien im schnellen Takt erforscht, für den klinischen Alltag entwickelt sowie permanent optimiert. Und auch wenn viele entscheidende medizinische Durchbrüche in der Radiologie heutzutage im Software-Bereich erwartet werden – zu den Stichworten gehören Big-Data-Archivierung, Radiomics und maschinenbasiertes Lernen – gibt es nach wie vor aufsehenerregende, wichtige Studien für neue Geräte und zukunftsweisende Techniken.

Ein großes Potenzial versprechen beispielsweise neue Verfahren wie die Röntgen-Phasenkontrast-CT, mit der man unter anderem Weichteile und Knorpel in Gelenken besser diagnostizieren kann, oder die opto-akustische Bildgebung. Mittels dieses hybriden Verfahrens, das Laserlicht- und Ultraschallsignale kombiniert, lassen sich kleinste Gefäße und Gewebestrukturen sichtbar machen. Ebenso wird die interventionelle Onkologie, das heißt minimal-invasive Therapie-Verfahren unter Bildsteuerung bei Tumor-Operationen, durch die Möglichkeit einer 3D-Navigation im virtuellen und realen Körper sehr erweitert.

Aktuelle Beispiele für die Forschungskraft in der Radiologie zeigen zwei besondere



Prof. Dr.  
Marc Kachelrieß

Aktivitäten: Unter Prof. Dr. Marc Kachelrieß vom Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg werden neue CT-Detektoren erprobt, über die der Physiker sagt: „Die neue Technologie bietet die Chance, CT-Bilder zu produzieren, die die bisherigen Aufnahmen auch in puncto räumlicher Auflösung in den Schatten stellen.“ Ein großes Versprechen beinhaltet auch die Studie

von Dr. med. Stefan Herz vom Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Würzburg. Der

angehende Radiologe hat den Einsatz des jungen tomografischen Verfahrens Magnetic Particle Imaging, kurz MPI (übersetzt: Magnetpartikelbildgebung), das ohne Röntgenstrahlung arbeitet, für eine kontrollierte Gefäßerweiterung mittels Ballondilatation untersucht. Sein Ziel ist, damit eine Alternative zum bisherigen klassischen Verfahren, der konventionellen Angiografie unter Röntgendurchleuchtung, aufzuzeigen. Er sagt – siehe Interview: „Wir konnten zeigen, dass es, erst einmal im Gefäßmodell, technisch möglich ist, eine Ballondilatation adäquat per MPI-Gerät strahlenfrei und in Echtzeit erfolgreich durchzuführen – analog zur konventionellen Methode.“



Dr. Stefan Herz



## In der Erprobung: Photon-Counting – die neue CT-Technologie bietet faszinierend innovative Möglichkeiten

„Die Computertomografie (CT) ist das Arbeitspferd der Radiologen“, sagt Prof. Dr. Marc Kachelrieß vom Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg. Denn die meisten radiologischen Untersuchungen mit tomografischer Bildgebung werden mit CT-Geräten gemacht. „Von Seiten der Radiologen gibt es immer neue Anforderungen bezüglich dieses Verfahrens – man möchte beispielsweise schärfere Bilder, weniger Bildfehler, höhere Kontraste oder eine geringere Strahlendosis“, erklärt der Physiker. „Und wir Forscher versuchen dann, die Wünsche umzusetzen.“ Zu einem seiner Forschungsprojekte, das er mit seiner Arbeitsgruppe leitet, gehört zurzeit die Erprobung und Weiterentwicklung einer neuen CT-Detektortechnologie.

### Sie erforschen gerade eine innovative Detektortechnologie für die Computertomografie. Erst einmal – ein Röntgendetektor hat ganz allgemein die Aufgabe...?



Prof. Dr.  
Marc Kachelrieß

Grob skizziert: Ein Röntgendetektor fängt die Röntgenstrahlen auf, also die Röntgenphotonen, die durch den Patienten durchgegangen sind und je nach Körperteil und Gewebe unterschiedlich abgeschwächt wurden. Der Detektor nimmt diese Photonen wie eine Kamera auf, Pixel für Pixel. Die Daten werden abgespeichert und können dann zu einem CT-Bild umgerechnet werden. Und da gibt es eben unterschiedliche Detektortypen. Die herkömmlichen – und eine ganz neue Technologie, die ich gerade in Zusammenarbeit mit der Firma Dectris mit meinem Team in ausgewählten CT-Anwendungen teste und versuche, weiterzuentwickeln.

### Wodurch unterscheidet sich das neue von dem herkömmlichen Verfahren?

Die neue Technik bietet optimalere Möglichkeiten, die Röntgenstrahlung zu detektieren, also aufzufangen und zu registrieren. Das Stichwort ist: Direktumwandlung. Das heißt, dass die Photonen direkt in ein elektrisches Signal umwandelt werden, welches anschließend wie bisher digitalisiert und abgespeichert wird. Wir sprechen da von einer direkten Konversion.

### Und bei den jetzigen Detektoren ist das anders?

Genau! Heutzutage benötigen die Röntgendetektoren einen Schritt mehr. Denn sie wandeln die Röntgenphotonen zunächst in sichtbares Licht – welches erst dann in einem weiteren Prozess in elektrischen Strom transformiert wird. Mit diesen sogenannten Indirektkonvertern arbeiten alle derzeitigen diagnostischen CT-Systeme auf dem Markt.



### **Welche Vorzüge hat die innovative Direktumwandlung?**

Die neuen Detektoren sind in der Lage, die einzelnen Photonen in jedem Pixel zu zählen. Daher werden sie photonenzählende Detektoren oder Photon-Counting-Detektoren genannt. Bei herkömmlichen Detektoren hingegen werden die Energien der Photonen in jedem Pixel addiert und als Energiesumme ausgelesen.

### **Klingt kompliziert. Was bringt das konkret?**

Der größte Vorteil ist, ganz einfach ausgedrückt: Der neue Detektor hat kein Elektronikrauschen mehr. Dadurch erhält man bei bestimmten Anwendungen viel bessere, klarere CT-Bilder – nämlich dann, wenn nur ganz wenige, beziehungsweise sehr abgeschwächte Photonen auf dem Detektor ankommen. Ein anschauliches Beispiel dafür ist: Wenn Sie das Ohr an einen angeschalteten Lautsprecher einer Musikanlage halten, ohne dass Musik spielt, hören Sie immer ein gewisses Grundrauschen. Das stört, wenn Sie sehr leise Musik hören möchten – dann nehmen Sie beides wahr. Fällt das Lautsprecherrauschen weg, können Sie die sehr leise Musik gleich viel besser hören. Die herkömmlichen, indirekt konvertierenden Detektoren rauschen – was wiederum bei Anwendungen mit etwas höherer Röntgendosis keine Rolle spielt. Bei lauterer Musik fällt ja auch das Lautsprecherrauschen nicht weiter ins Gewicht.

### **Bei welchen CT-Untersuchungen ist das Null-Rauschen der neuen Detektoren besonders vorteilhaft?**

Bei Niedrigdosisanwendungen, beispielsweise bei Kindern, bei denen ich ja so gut wie keine Strahlenmenge einsetzen möchte – hier könnte man die jetzt schon geringe Dosis noch weiter minimieren. Vielleicht um zehn bis zwanzig Prozent? Auch die Untersuchung von besonders dicken Patienten funktioniert besser: Aufgrund ihres Umfangs kommen nur wenige Photonen beim Detektor an – die Leistung der Röntgenröhre ist ja begrenzt. Aber mit der künftigen Technik kann man eben auch bei sehr schwacher Durchgangsstrahlung – vergleichbar mit sehr leiser Musik – akzeptable Bilder erhalten, weil die photonenzählenden Detektoren kein zusätzliches Bildrauschen verursachen. So kann später die Dosis noch geringer sein, als bisher schon üblich.

### **Reduzierung der Röntgenstrahlen – das ist ein schlagender Benefit!**

Ja, auf jeden Fall. Dazu kommt: Neben der eben erwähnten Minderung der einzusetzenden Strahlung sinkt die Dosis wahrscheinlich zusätzlich um weitere zehn Prozent. Das liegt an der speziellen Funktionsweise der neuen Detektoren. Sie begünstigen, dass weniger Strahlung benötigt wird, um die gleiche Bildqualität wie mit herkömmlichen Geräten zu erzeugen.

Bei einer weiteren Senkung der Gesamtdosis wäre auch die Akzeptanz in der Bevölkerung für künftige Screening-Untersuchungen besser – beispielsweise für eine jährliche Lungenuntersuchung bei extrem geringer Dosis.



### **Welche weiteren Vorteile bieten die Photon-Counting-Detektoren?**

Da sind vor allem zwei zu nennen. Die neuen Direktkonverter sind auch für spektrale Bildgebung einsetzbar, die möglicherweise besser ist als bei vielen heutigen Dual-Energy-CTs. Und darüber hinaus – das halte ich für ihre spannendste Eigenschaft – lassen sich mit ihnen Bilder in einer deutlich höheren Auflösung erzeugen, als es bisher möglich ist.

### **Was bedeutet eine verbesserte spektrale Bildgebung?**

Für die Gewebecharakterisierung wird heutzutage oft die Dual-Energy-CT, auch Zwei-Spektren-CT genannt, eingesetzt. Das sind spezielle CT-Systeme, die relativ aufwändig arbeiten: mit zwei Röntgenröhren oder mit einer, die extrem schnell zwischen zwei Spannungen hin- und hergeschaltet werden muss. Damit kann beispielsweise zwischen einem kontrastmittelgefüllten Gefäß und einer im Gefäß befindlichen Kalzifikation unterschieden werden. In einem normalen CT-Bild schauen beide oft gleich hell aus. Die Photonen zählen können nun so konfiguriert werden, dass sie auch das energetisch unterschiedliche Verhalten der Gewebe aufzeichnen – dann hat man einen so genannten energieselektiven Detektor.

### **Und das größte Potential der neuen Detektoren liegt in einer besonders hohen räumlichen Auflösung?**

Ja! Die neue Technologie bietet die Chance, CT-Bilder zu produzieren, die die bisherigen Aufnahmen auch in puncto räumlicher Auflösung in den Schatten stellen. Das kann bei auflösungsrelevanten Anwendungen, zum Beispiel der Diagnostik des Herzens, bei der man die Koronararterien genau erkennen möchte, bei Untersuchungen der Lunge oder des Innenohrs ein entscheidender Vorteil sein.

### **Wann werden CTs mit den neuen Photon-Counting-Detektoren dem Patienten zugutekommen?**

Das weiß noch niemand. Außerdem gibt es noch ein paar Entwicklungshürden – dazu gehören Schwierigkeiten, die einzelnen Photonen bei starker Röntgenstrahlung, die man bei manchen Anwendungen braucht, genau zu zählen. Außerdem muss die Stabilität der Detektoren und die Qualität des Sensormaterials verbessert werden. Die Systeme müssen sehr zuverlässig und auch bei verschiedenen Raumtemperaturen arbeiten und quantitativ sehr hochwertige Daten liefern. Zudem sind die Sensormaterialien sehr teuer. Es gibt bisher nur Prototypen, die erprobt werden, beispielsweise von Siemens in den USA – an der Mayo Clinic und beim National Institutes of Health (NIH). Philips hat dank EU-Förderung eine Prototypeninstallation eines photonenzählenden CTs an der Universität Lyon 1 mit der allerdings nur 16 Zentimeter große Objekte gemessen werden können. Bis die Hersteller ein Produkt anbieten, können noch Jahre vergehen. Ich denke nicht vor 2020.

GALERIE

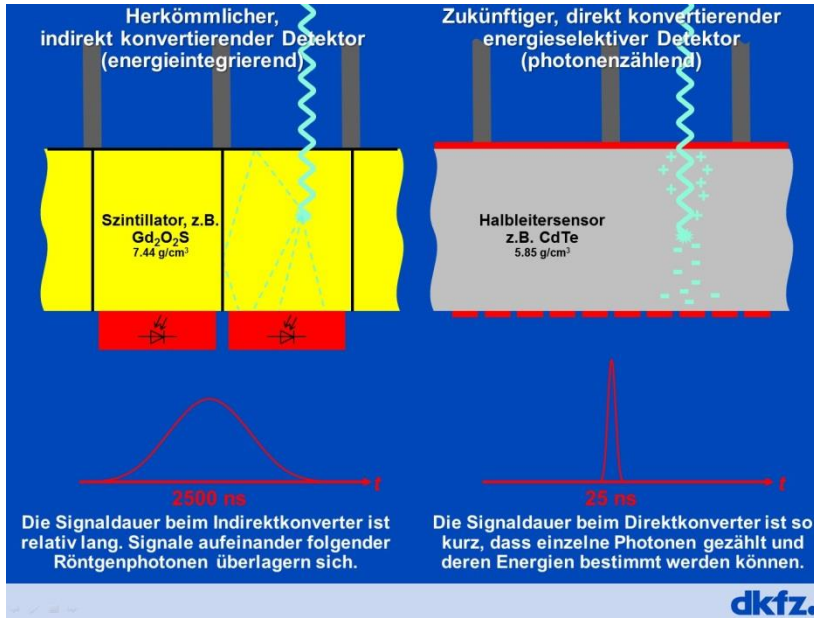


Abb. 1

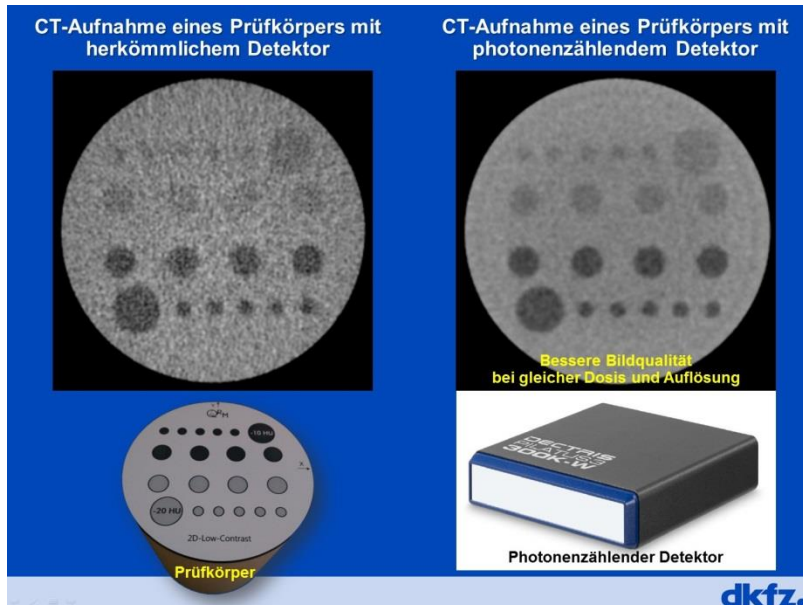


Abb. 2

## Im Test erfolgreich: Neues Bildgebungsverfahren für kontrollierte Gefäßerweiterung ohne Röntgenstrahlung

Die permanente technische Weiterentwicklung in der Radiologie zeigt sich in der ständigen Verbesserung bestehender Technologien wie Röntgen, Computertomografie (CT) und Magnetresonanztomografie (MRT) sowie in der Erforschung neuer bildgebender Methoden. Ein vielversprechendes, noch recht junges tomografisches Verfahren ist das Magnetic Particle Imaging, kurz MPI – übersetzt: Magnetpartikelbildung. Die deutschen Physiker Dr. Bernhard Gleich und Professor Jürgen Weizenecker beschrieben das Prinzip erstmals 2005 im Fachjournal „Nature“. Seitdem wurden an wenigen Forschungsstätten weltweit unterschiedliche Labor-Prototypen entwickelt und gebaut. Seit 2014 sind auch erste kommerzielle MPI-Geräte für die präklinische Forschung verfügbar. Beim MPI werden sogenannte superparamagnetischen Eisenoxid-Nanopartikel, kurz SPIOs (superparamagnetic iron oxide nanoparticles), durch ein Magnetfeld angeregt, das Antwortsignal lokalisiert und daraus die Bildinformation berechnet. Das Verfahren ist sehr schnell und sensitiv – und erlaubt eine Vielzahl interessanter Anwendungen. Im medizinischen Bereich soll das innovative, strahlungsfreie Verfahren vor allem bei der Erkennung von Gefäß-erkrankungen und in der Krebs-Diagnostik eine neue Dimension detaillierter Diagnostik ermöglichen. Dr. Stefan Herz, angehender Radiologe am Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikums Würzburg, hat jetzt untersucht, wie gut sich das MPI-Gerät für die begleitende Sichtkontrolle während einer Gefäßerweiterung (Angioplastie) mittels eines kathetergeführten Ballons (Ballondilatation) eignet.

### Wodurch zeichnet sich das Magnetic Particle Imaging aus?



Dr. Stefan Herz

MPI bietet im Vergleich zu etablierten Verfahren wie MRT oder CT viele Vorteile. Zum einen ist es sehr schnell. Innerhalb von wenigen Millisekunden habe ich ein komplettes Bild bei gleichzeitig guter Auflösung – ganz ohne Röntgenstrahlen. Darüber hinaus sind die Aufnahmen, im Gegensatz beispielsweise zur MRT, vollkommen hintergrundfrei. Das heißt: ohne Überlagerung von anderen Organen. Denn die Methode zeigt tatsächlich nur die Verteilung der im Kontrastmittel enthaltenen superparamagnetischen Eisenoxid-Nanopartikel, auch SPIOs genannt. Mit MPI lassen sich besonders gut dynamische Vorgänge in Echtzeit, beispielsweise die Durchblutung von Gefäßen, einschließlich möglicher Engstellen, darstellen und beobachten.

### Was sind das für Partikel – die SPIOs?

Superparamagnetisch bedeutet, dass sich die Eisenoxid-Partikel durch ein Magnetfeld stark magnetisieren lassen, aber nach Abschalten des Magnetfeldes keine Restmagnetisierung mehr aufweisen.



Ihre Größe liegt im Bereich von etwa fünf bis dreißig Nanometer, umgerechnet 0,000005 bis 0,00003 Millimeter, für das menschliche Auge nicht sichtbar. Das Kontrastmittel ist unproblematisch für den Menschen. Es war bereits für MRT-Untersuchungen der Leber zugelassen, hat sich aber in diesem Bereich nicht durchgesetzt.

### **Um was genau ging es bei Ihrer MPI-Studie?**

Ganz verkürzt gesagt: Unsere Idee war, zu erproben, ob die klassische Behandlung von Engstellen in Gefäßen mittels Ballondilatation auch unter Magnetic-Particle-Imaging-Sicht durchzuführen ist – analog zur bisher eingesetzten, konventionellen Angiografie. Denn die belastet sowohl den Patienten wie auch den Untersucher mit Röntgenstrahlung. Deswegen tragen bei dieser Methode auch die behandelnden Ärzte Bleischürzen, um sich zu schützen.

### **Das war die Kurzfassung – jetzt bitte etwas ausführlicher.**

Bei der konventionellen Angiografie wird unter Röntgendurchleuchtung ein Kontrastmittel in die Arterien injiziert und so das Gefäßsystem sichtbar gemacht. Erkennt der Arzt im dargestellten Gefäßbaum eine Engstelle, eine Stenose, kann er sofort therapieren. Für solche Fälle hat sich das minimalinvasive Verfahren der Ballondilatation, die sogenannte PTA, als Standardbehandlung etabliert: PTA steht für perkutane (durch die Haut) transluminale (durch das Gefäß) Angioplastie (Gefäßerweiterung). Dabei wird ein zu Beginn noch zusammengefalteter kleiner Ballon über einen biegsamen Führungsdraht in das Gefäß eingebracht. An der Engstelle angekommen, wird der Ballon aufgeblasen und auf diese Weise das Blutgefäß geweitet. So werden heutzutage standardmäßig Herzinfarkte oder auch die arterielle Verschlusskrankheit behandelt.

### **Wie sind Sie bei Ihrem Versuch vorgegangen?**

Das Gerät für unsere Grundlagenforschung hat Dr. Patrick Vogel, ein Physiker, mit dem ich sehr eng zusammenarbeite, konstruiert. Das Gerät wurde für die Bildgebung bei einer Maus entwickelt. Allerdings arbeiten wir aktuell noch mit Gefäßmodellen. Für unseren Versuch haben wir eine Stenose aus Kunststoff gebaut und die im ersten Schritt ganz konventionell unter Röntgen-Durchleuchtung aufgedehnt. Für den MPI-Angiografie-Test beschichteten wir Führungsdraht und Ballonkatheter mit einem Lack, dem wir SPIOs, wie sie auch im MPI-Kontrastmittel enthalten sind, beigemischt hatten. So konnten wir in der MPI-Darstellung genau erkennen, an welcher Stelle man mit den Instrumenten im Gefäßsystem hantiert – und sie kontrolliert zur Engstelle führen. Dort haben wir dann unter MPI-Sichtkontrolle eine Ballondilatation durchgeführt.





### **Und welches Ergebnis hat Ihr Vergleich der zwei Verfahren?**

Unsere Versuche zeigen, dass es, erst einmal im Gefäßmodell, technisch möglich ist, eine Ballondilatation adäquat per MPI-Gerät strahlenfrei und in Echtzeit erfolgreich durchzuführen – analog zur konventionellen Methode unter Röntgendurchleuchtung. Bezüglich Dauer und Endergebnis der Intervention unterscheiden sich beide Verfahren in unserer Studie nicht wesentlich. Und auch wenn die konventionelle Angiografie als Referenzmethode noch deutlich schärfere Bilder liefert, empfiehlt sich MPI als vielversprechender Ansatz für eine strahlenfreie Alternative.

### **Wann könnte Magnetic Particle Imaging zum Einsatz beim Patienten kommen?**

Das ist noch ein langer Weg. Zurzeit sind noch viele Hürden zu bewältigen – es gibt viele Forschungsfelder. So wird beispielsweise daran gearbeitet, die Eisenoxid-Nanopartikel für das Kontrastmittel weiter zu optimieren. Auch kann man so ein Kleintier-Gerät nicht einfach auf Menschengröße skalieren. Man braucht hierfür deutlich stärkere Magnetspulen.

### **Wo steht Deutschland bezüglich der MPI-Erforschung im weltweiten Vergleich?**

Deutschland spielt hier eine herausragende Rolle! Entwickelt wurde die Technologie bereits von zwei deutschen Physikern im Philips Research Laboratory in Hamburg. Darüber hinaus gibt es hierzulande sehr viele Forschungsgruppen, die alle sehr stark sind, etwa eine Gruppe am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf und an der Universität zu Lübeck sowie die Arbeitsgruppe von Professor Dr. Volker C. Behr an der Universität Würzburg, der ich angehöre. International leistet vor allem die University of California in Berkeley hervorragende MPI-Forschung.



## Veranstaltungstipp

**25.05.2017:**

Zukunft der CT-Diagnostik (Highlight 203), Vorsitz: Prof. Dr. Willi Kalender, Prof. Dr. Mathias Prokop  
08:30 bis 09:30 Uhr, Raum Hellmann

## Deutscher Röntgenkongress

Die Deutsche Röntgengesellschaft (DRG) ist eine der traditionsreichsten medizinischen Fachgesellschaften. Ihre Aufgabe ist die Förderung der Radiologie in der medizinischen Anwendung, in der Forschung und in der Lehre. Jährlich richtet die DRG den Deutschen Röntgenkongress (RöKo) aus. Er ist der größte deutschsprachige Kongress der medizinischen Bildung mit rund 7.000 Besuchern, die sich über neueste Forschungsergebnisse und deren Auswirkungen und Anwendungen in Klinik und Praxis informieren können. Der RöKo trägt außerdem den Anforderungen nach kontinuierlicher Fortbildung durch zahlreiche Workshops und Refresherkurse Rechnung.

Von 2016 bis 2020 findet der Kongress im Congress Center Leipzig (CCL) statt. Die Sachsenmetropole bildet dabei mit ihrer kulturellen Vielfalt, wirtschaftlichen Prosperität und einer über 500-jährigen Messetradition den idealen Rahmen für eine medizinische Fachdisziplin, die sich durch Modernität, Traditionsbewusstsein, Facettenreichtum und Innovationsfreude auszeichnet.

Der 98. Deutsche Röntgenkongress / 8. Gemeinsame Kongress der DRG und ÖRG (24. bis 27. Mai 2017) steht unter dem Motto „Alles im Blick“ und fokussiert auf ausgewählte radiologische Schwerpunktthemen: Onkologische Bildgebung, Interventionelle Onkologie, Neue Techniken und Big Data.

[www.roentgenkongress.de](http://www.roentgenkongress.de)

#roeko2017

### PRESSEKONTAKT

Deutsche Röntgengesellschaft e.V.  
Pressestelle  
Dr. Hans-Georg Stavginski | Anne-Katrin Hennig  
Ernst-Reuter-Platz 10, 10587 Berlin  
Fon: +49 (0)30 916 070 43 | 49 (0)30 916 070 26  
[stavginski@drg.de](mailto:stavginski@drg.de) | [hennig@drg.de](mailto:hennig@drg.de)  
[www.drg.de](http://www.drg.de)



**DEUTSCHE RÖNTGENGESELLSCHAFT**  
Gesellschaft für medizinische Radiologie e.V.