

RADIOLOGISCHE VERFAHREN

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 übergewichtigen 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-zähler 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

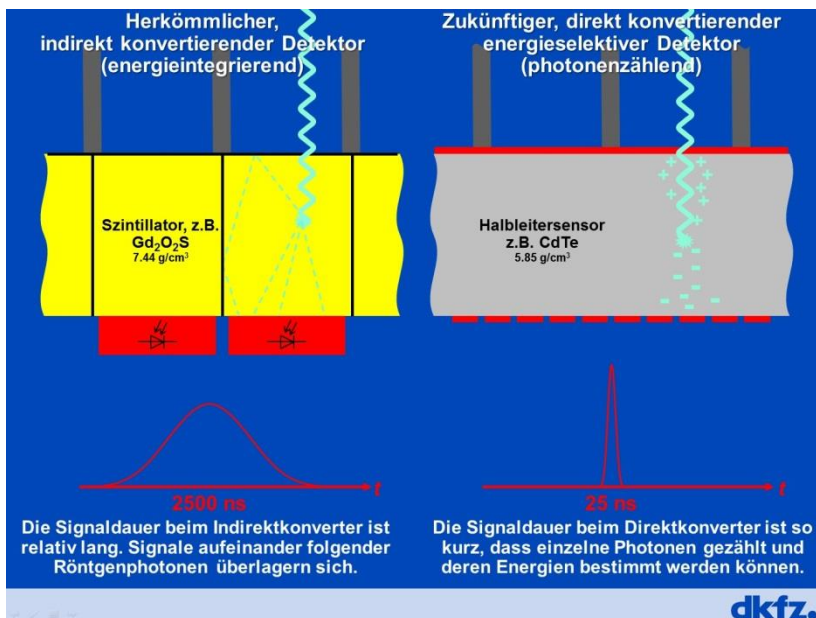


Abb. 1: Vergleich heutiger und zukünftiger Detektoren.

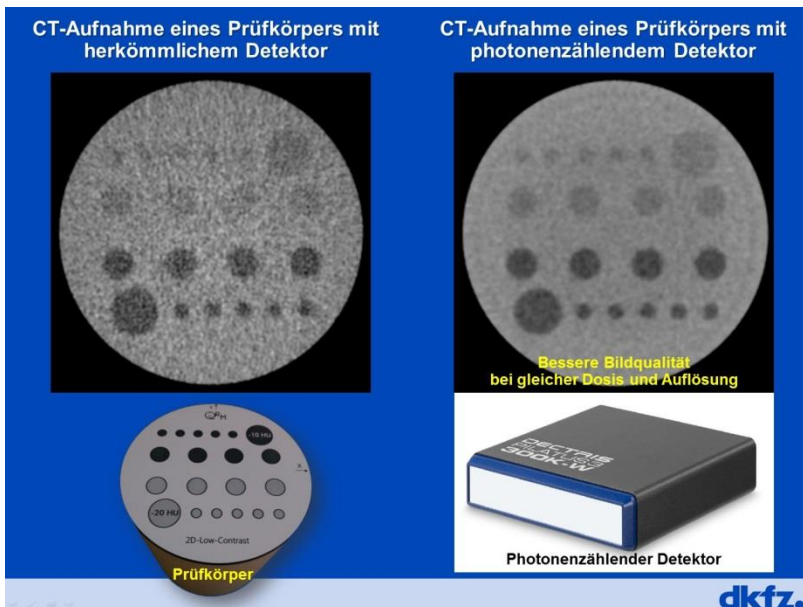


Abb. 2: Vergleich der Aufnahmen bisheriger Detektoren und Photon-Counting-Detektoren.