

## Die neue Generation bildgebender Verfahren: schonender und effizienter

# Die neue Röntgen-Revolution

Blutgefäße ohne Kontrastmittel sichtbar machen, Tumore besser von gesundem Gewebe unterscheiden – und dies alles bei einer geringeren Strahlendosis und mit hoher Energieeinsparung. Darauf zielt eine neue Generation von Röntgensystemen aus den Siemens-Labors.

Was am 8. November 1895 an einem späten Freitagabend im Physikalischen Institut der Universität Würzburg geschah, kann wohl ohne Zweifel als eine der umwälzenden Entwicklungen der Medizingeschichte bezeichnet werden: Wilhelm Conrad Röntgen entdeckte eine «neue Art von Strahlen», die Materie scheinbar mühelos durchdringen konnten, und er erkannte schnell, welchen Nutzen eine solche Durchleuchtung für die Medizin haben würde. Zwei Tage vor Weihnachten gelang ihm das erste «Röntgenbild»: Es war eine Aufnahme der Hand seiner Frau, bei der nicht nur der Ehering, sondern auch die Knochen klar zu erkennen waren. Dass Röntgen im Jahr 1901 den ersten Nobelpreis für Physik erhielt, war dann nur die logische Folge seiner aussergewöhnlichen Leistung.

Aber auch die ersten industriellen Produkte liessen nicht lange auf sich warten: Schon drei Monate nach Röntgens Entdeckung erhielt die Firma Siemens & Halske am 24. März 1896 ein Patent auf eine neue Röntgenröhre, die sich «besonders zur Durchleuchtung des ganzen Körpers erwachsener Personen» eignete. Und bis heute blieb Siemens der Röntgendiagnostik treu: von mobilen Geräten über voll digitale Systeme bis zum Computertomographen für 3D-Aufnahmen hat das Unternehmen die entsprechenden Lösungen im Angebot.

### Die Schwachstellen heutiger Röntgen-Systeme

Über 90 Prozent aller bildgebenden Untersuchungen weltweit setzen heute auf Röntgenstrahlen. Doch immer noch basiert die Technik auf dem grundlegenden Prinzip, das schon vor 120 Jahren genutzt wurde: Elektronen, die in einer Kathode erzeugt und dann auf hohe Energien beschleunigt werden, prallen auf eine feste Anode – meist aus dem Schwermetall Wolfram – und setzen dadurch Röntgenstrahlen frei. Die wiederum werden von Knochen stärker absorbiert als von weichem Gewebe: Die Knochen erscheinen im Röntgenbild daher dunkel, die Weichteile hell.

So erfolgreich dieses Verfahren in der Medizintechnik ist, so hat es doch auch ein paar Schwachpunkte. Beispielsweise erzeugen die meisten der auf die Anode treffenden Elektronen vor allem Hitze. Nicht mehr als ein Prozent der Energie wird in Röntgenstrahlen umgesetzt – eine enorme Energieverschwendung. Dazu kommt: Bei vielen Anwendungen, etwa bei der Tumordiagnose, möchten die Ärzte verschiedene weiche Gewebe besser unterscheiden können. Doch erhöht man den Kontrast, wird der Patient auch einer höheren Dosis an Röntgenstrahlen ausgesetzt – was eigentlich vermieden werden sollte, weil die energiereichen Strahlen das Gewebe schädigen können. Bei der Untersuchung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen wiederum braucht man oft Kontrastmittel, um in Angiographie-Geräten die Blutgefäße im Röntgenlicht sichtbar zu machen – nun reagiert

aber fast jeder zehnte Patient allergisch auf diese Stoffe, was zu Schock und Nierenversagen führen kann. Ein Verfahren, das mit weniger oder sogar ganz ohne Kontrastmittel auskommt, wäre daher für viele Millionen Menschen ein Segen.

### Alles neu: die Röntgenquelle ebenso wie der Detektor

«Die Technologie, die wir gerade bei Siemens entwickeln, könnte uns helfen, all diese Herausforderungen zu meistern», sagt Prof. Dr. Oliver Heid, Leiter des Technologiefeldes «Healthcare Technology and Concepts» bei Siemens Corporate Technology. Heid ist Mediziner und Inhaber von rund 300 Patenten auf den unterschiedlichsten Feldern, von der Hochfrequenztechnik über Supraleitung und Materialwissenschaft bis zu Beschleunigern und Software-Lösungen. «Wir

Prof. Alessandro Olivo im Labor des University College London. Hier wird zusammen mit Siemens der Grundstein für eine weitere Revolution in der Medizinischen Diagnostik gelegt: dem Phasenkontrast-Röntgen mit Hilfe völlig neuartiger Röntgenröhren und Detektoren.



sind dabei, alles völlig neu zu denken und alles zu ändern: die Methode, wie Röntgenstrahlen erzeugt werden, ebenso wie das Verfahren, sie zu detektieren. Wenn alles klappt mit unserem Röntgensystem der nächsten Generation, wird dies eine weitere Revolution in der medizinischen Diagnostik sein», betont Dr. Heinrich Kolem, CEO für Angiographiesysteme bei Healthcare.

In dem mehrjährigen Forschungs- und Entwicklungsprojekt, das bis 2017 läuft, haben genau die richtigen Innovatoren zueinander gefunden: neben Heid und Kolem sind das auch das Team für Komponenten und Vakuumtechnologie bei Healthcare, das von CEO Dr. Peter Molnar geleitet wird, sowie Forscher von Siemens Corporate Technology in Russland und externe Partner, beispielsweise von der Universität Oxford sowie Prof. Alessandro Olivo vom University College London, der Erkenntnisse aus Wissenschaft und klinischer Praxis ins Entwicklungsteam einbringt. Molnar, dessen Geschäftseinheit pro Jahr rund 22 000 Röntgenröhren für die Computertomographie, die Angiographie und die Röntgentechnik von Siemens produziert, betont den Wert dieser Kooperation: «Unser gemeinsames Ziel ist die wettbewerbsfähige Industrialisierung und die erfolgreiche Markteinführung des neuen Systems. Erst dann wird aus einer guten Idee eine echte Innovation.»

### Wesentlich höhere Energiedichte bei deutlich gesenktem Energieverbrauch

Was wird nun alles geändert? Es fängt schon bei der Kathode an: Hier setzt das Team nicht mehr auf 2000 Grad heiße Glühdrähte, die die Elektronen emittieren, sondern auf eine ringförmige, sogenannte kalte Kathode aus nanostrukturierter Kohlenstoff, die bei hoher Spannung und Raumtemperatur arbeitet. Der Vorteil: Sie ist energiesparender als die bisherigen Kathoden.

Die Elektronen treffen nicht mehr auf ein festes Target aus Wolfram, sondern auf eine Neuerung der Siemens-Forscher, das sie LIMA genannt haben. Die Abkürzung steht für «liquid metal jet alloy target», also einen haardünnen Strahl aus flüssigem Metall. Er besteht zu 95 Prozent aus Lithium, das sehr effektiv die Wärme abtransportiert, und zu fünf Prozent aus schweren Elementen wie etwa Wismut oder Lanthan. Sie werden benötigt, um die Elektronen abzubremsen und so die kurzweilige Röntgenstrahlung zu erzeugen. Die Energie der Elektronen, die die flüssige Metallstrahl-Anode verlassen, könnte dabei zu grossen Teilen zurückgewonnen und den Energie-Kreislauf wieder zugefügt werden. Der Effekt: Die Rönt-

genröhre braucht weniger als die Hälfte des Stroms und der Kühlung von bisherigen Geräten – was den Energieverbrauch deutlich senkt.

Doch noch wesentlich wichtiger ist, dass auf diese Weise eine viel höhere Energiedichte im Target entsteht. Bei gleicher Lichtstärke ist der Fokus der neuen Röntgenquelle 400-mal kleiner als bei den konventionellen Röntgenröhren – «Im Brennfleck ist diese Röntgenstrahlung viermilliardenfach heller als die Sonne auf der Erdoberfläche», erklärt Heid «was zu einer 20-fach höheren Bildauflösung führt.»

### Eine 20-fach bessere Auflösung als bei heutigen Systemen

Dies ist nun wiederum die Voraussetzung für ein ganz neues bildgebendes Verfahren, an dem Wissenschaftler in aller Welt schon seit Jahren tüfteln: dem Phasenkontrast-Röntgen. Beim bisherigen Absorptionsröntgen wird einfach erfasst, ob die Strahlen ein Gewebe durchdringen oder nicht. Beim Phasenkontrast-Röntgen hingegen werden auch die Brechungseigenschaften gemessen, also wie stark das Gewebe die Abfolge von Schwingungstal und Schwingungsberg – die Phase – der Strahlungswelle beeinflusst. Das ist derselbe Effekt, der bei Sonnenschein in einem wassergefüllten Swimmingpool die Lichteffekte auf dem Pool-Boden erzeugt. In der Phasenverschiebung sind viele

wertvolle Informationen enthalten, denn sie variiert je nach Art des Gewebes, durch das die Strahlung gebrochen wird. Weichteilgewebe könnten so unterschieden werden – insbesondere der Unterschied zwischen Fett und Wasser oder der Eisenanteil im Blut werden gut sichtbar, was beispielsweise wesentlich ist, um einen Tumor im Frühstadium gut vom gesunden Gewebe abgrenzen zu können.

«Um diese Phasenverschiebungen messen zu können, arbeiten wir auch an einem völlig neuen Bauteil auf der Detektionsseite», erklärt Dr. Andreas Geisler, Projektleiter für das neue Röntgensystem in Heids Team. Dabei soll ein sogenannter Wellenfront-Sensor, wie er beispielsweise in der Optik oder der Astronomie eingesetzt wird, erstmals auch für Röntgenlicht verwendet werden. Er besteht aus Millionen konkaver Metall- oder Siliziumlinsen, die eine Matrix von Brennpunkten auf dem Detektor erzeugen. Über die Verschiebung dieser Brennpunkte lässt sich die Wellenbrechung im Objekt ermitteln. Dies ist mit konventionellen Detektoren allein heute so nicht möglich.

«Diese Röntgensysteme der nächsten Generation sollen also nicht nur sehr effizient betrieben werden können, sondern auch bei relativ geringer Strahlendosis Weichteilkontraste gut erfassen können», sagt Geisler. Blutgefässe liessen sich auch ohne Kontrastmittel sichtbar machen,

Von links nach rechts: Prof. Alessandro Olivo (UCL), Prof. Dr. Oliver Heid (Siemens CT) und Dr. Paul Diemoz (UCL) mit einer Phasenkontrast-Komponente, mit deren Hilfe ein neues bildgebendes Verfahren ermöglicht werden soll: das Phasenkontrast-Röntgen.

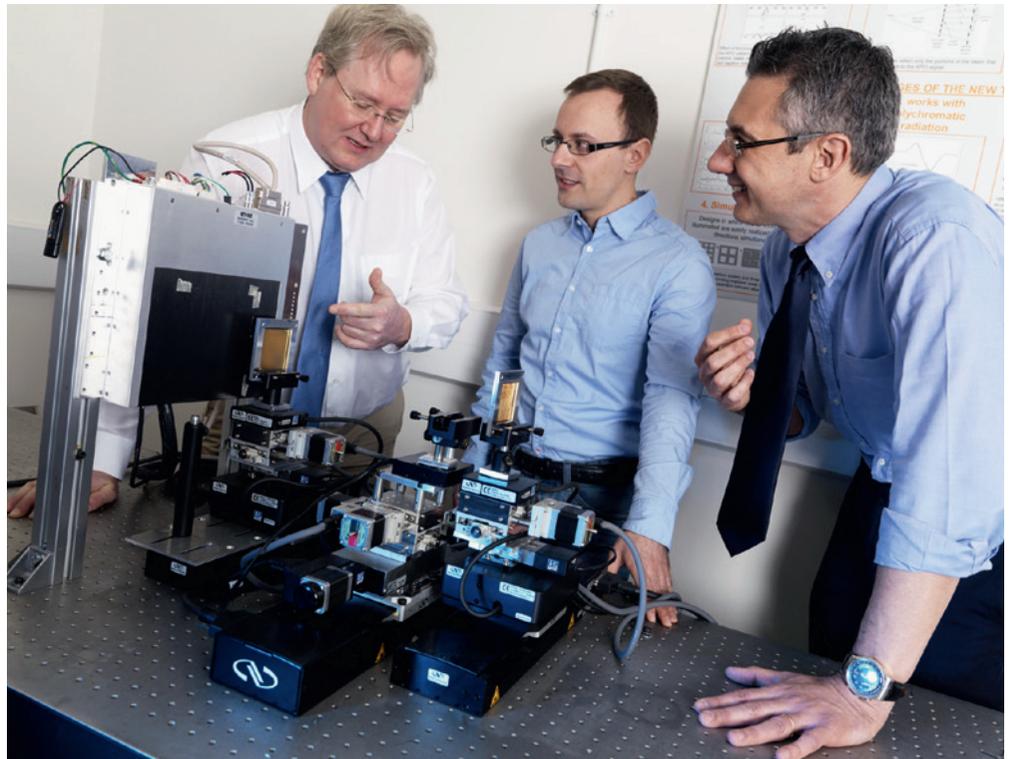


Tumore könnten dank einer 20-fach besseren Auflösung und des Phasenkontrast-Röntgens klarer erkannt werden und auch für minimal-invasive Eingriffe wäre die neue Technik ideal geeignet. «Wir wollen beispielsweise Katheter durch Magnetfelder steuern und navigieren und jederzeit über die Röntgen-Bildgebung wissen, wo sie sich im Körper genau befinden», sagt Heinrich Kolem. Mit konventionellen Röntgenröhren geht das nicht, weil sie auf Magnetfelder empfindlich reagieren – «die Röntgensysteme der neuen Generation haben diesen Nachteil nicht und sie werden zugleich diagnostisch aussagekräftigere Bilder liefern können.»

### Weitere Informationen

Siemens Schweiz AG  
Healthcare  
Freilagerstrasse 40  
8047 Zürich  
Telefon +41 585 581 599  
healthcare.ch@siemens.com  
www.siemens.ch/healthcare

Text: Eray Müller  
Fotos: Siemens



Im Phasenkontrastlabor des University College London diskutieren die Forscher die Vorteile des Phasenkontrast-Röntgens.

## Für Spitzenleistungen in der Gemeinschaftsgastronomie.



caldomet

caldomet by Berndorf Luzern  
Industriestrasse 15 · 6203 Sempach Station · www.caldomet.ch · info@caldomet.ch