

# Der gläserne Körper

ES HERRSCHT REGE BETRIEBSAMKEIT, als wir den Computertomographie-Raum am Universitätsspital Zürich betreten. Gerade wird im Hauptraum das futuristisch anmutende ringförmige Gerät für eine neue Untersuchung vorbereitet. Neben dem Eingang sitzt an einem kleinen Tisch ein Assistenzarzt vor einem Computerbildschirm und spricht seinen Befund in das Diktiergerät, Akten werden hin und her getragen, im abgedunkelten Nebenraum besprechen zwei Ärztinnen die Aufnahmen eines Patienten, und nun wird auch noch die ältere Patientin, welche in den nächsten Minuten untersucht werden soll, von den Pflegerinnen in den Raum gebracht. Es ist offensichtlich: Die Computertomographie, vor noch nicht allzu langer Zeit eine avantgardistische Untersuchungsmethode, hat heute ihren festen Platz in der alltäglichen Routine am Universitätsspital.

Das hat seinen gutem Grund. Die Methode gilt als äusserst mächtiges Diagnosewerkzeug, mit dem Patientinnen und Patienten schnell und präzise untersucht werden können. Entwickelt wurde das Verfahren in den Siebzigerjahren. Damals kam man auf die Idee, die Körper der Patienten mit Hilfe von Röntgenstrahlen in dünnen Schichten zu durchleuchten. Setzt man die verschiedenen Projektionen zusammen, lässt sich ein komplettes, hochauflösendes Schnittbild des menschlichen Körpers herstellen. Damit eröffneten sich im Vergleich zur herkömmlichen Röntgentechnik völlig neue Perspektiven für die Diagnose.

Der Pionierzeit folgte dann aber eine Phase der Stagnation. «Über längere Zeit hinweg waren im Bereich Computertomographie nur noch wenige grundlegende Fortschritte zu verzeichnen», erzählt Borut Marinček, Direktor des Instituts für Diagnostische Radiologie am Universitätsspital Zürich. Die Methode schien gegenüber der neu entwickelten Magnetresonanz-Tomographie gar ins Hintertreffen zu geraten. In den letzten drei bis vier Jahren hat sich das Blatt nun aber wieder gewendet, erlebte die Computertomographie doch eine regelrechte Revolution. «Damals wurden die so genannten Mehrzeilen-Tomographen entwickelt, die wesentlich genauere Bilder liefern als die «herkömmlichen» Geräte», meint Marinček.»

«Bei einem Mehrzeilen-Tomographen werden die Röntgenstrahlen nicht nur von einem, sondern gleichzeitig von mehreren Detektoren aufgefangen», erklärt Simon Wildermuth, Leitender Arzt am Institut für Diagnostische Radiologie, den Unterschied. «Dadurch können wir Aufnahmen mit wesentlich besserer räumlicher und zeitlicher Auflösung machen.» Die Geräte am Universitätsspital sind mit 16 Detektoren ausgerüstet. Röntgenquelle und Detektoren drehen sich dabei um den Patienten, während dieser auf einer Liegefläche durch das ringförmige Gerät geschoben wird. Drei Mal pro Sekunde rotiert die tonnenschwere Apparatur um den Patienten. Der gesamte Körper kann so innerhalb von nur 20 Sekunden durchleuchtet werden.

Diese hohe Geschwindigkeit hat enorme Vorteile. «Wenn man zum Beispiel den Brustkorb eines Patienten durchleuchten will, muss dieser die Luft anhalten, da sonst das Bild nicht scharf wird. Mit den früheren Aufnahmegeschwindigkeiten war dies für Patienten mit Atemstörungen kaum machbar», meint Wildermuth. Die hohe Geschwindigkeit ist auch bei Notfällen ein Vorteil, wenn nicht viel Zeit für eine Aufnahme zur Verfügung steht oder der Patient gar bewusstlos ist. Am Universitätsspital ist man stolz, als erstes Spital der Schweiz ein solch leistungsfähiges Diagnose-Instrument direkt auf der Notfallstation zu haben.

Angesichts dieser verbesserten Leistungen erstaunt es nicht, dass die Zahl der Computertomographie-Untersuchungen am Universitätsspital in den letzten drei Jahren stark zugenommen hat. Doch ist dieser Anstieg angesichts der steigenden Gesundheitskosten überhaupt zu begrüssen? «Man muss klar sehen, dass die Computertomographie häufig nicht ergänzend zu anderen Methoden eingesetzt wird, sondern als deren Ersatz», hält Marinček fest. «So brauchen wir sie heute zum Beispiel oft anstelle der Katheter-Angiographie. Bei diesem Verfahren muss der Patient lokal anästhesiert werden, und eine Untersuchung dauert bis zu eineinhalb Stunden. Die Computertomographie ist viel schneller, bietet mehr diagnostische Informationen und ist vor allem nichtinvasiv. Dadurch können wiederum Kosten gespart werden.»

Die Computertomographie hat in den letzten Jahren eine Revolution erlebt. Die modernen Geräte ermöglichen es, den menschlichen Körper schnell und mit hoher Präzision zu durchleuchten. Damit ergeben sich völlig neue diagnostische Möglichkeiten.

Neue diagnostische Möglichkeiten eröffnen die Mehrzeilen-Computer-Tomographen beim Herzkreislauf-System, da man mit den neuen Geräten relativ kleine Strukturen und vor allem auch Bewegungen erfassen kann. Der Apparat reagiert so schnell, dass man die Bildaufnahme genau mit der Verteilung des Kontrastmittels im Körper koordinieren kann. Und wenn gleichzeitig zur Computertomographie-Aufnahme ein Elektrokardiogramm aufgezeichnet wird, lassen sich bis zu 20 Phasen in einem Herzzyklus rekonstruieren. «Auf diese Weise können wir Fehlfunktionen der Herzklappen oder Wandveränderungen in der Aorta genau erkennen.»

Da die neuen Tomographen dünnere Schichtbilder aufzeichnen, bieten sie auch besseres Ausgangsmaterial für die dreidimensionale Rekonstruktion. So wie ein zweidimensionales digitales Bild aus quadratischen Pixel aufgebaut ist, setzt sich ein dreidimensionales Digitalbild aus quaderförmigen Einheiten zusammen. Bei den modernen Tomographen sind die Abstände der Schichten so klein, dass die Quader würfelförmig werden. In der Fachsprache nennt man das einen isotropen Datensatz. Mit diesem kann man, im Gegensatz zu den anisotropen Datensätzen der alten Geräte, beliebig orientierte dreidimensionale Bilder erzeugen. Konkret heisst das: Die abgebildeten Organe können am Bildschirm ohne Qualitätsverlust gedreht und gewendet werden und von allen Seiten mit gleicher Genauigkeit betrachtet werden. Trotzdem ist das zentrale Problem bei der Computertomographie heute die Bildverarbei-

tung. «Pro Durchgang entstehen bis zu 1500 Schnittaufnahmen. Diese Bilderflut kann ein Radiologe allein nicht mehr bewältigen», meint Wildermuth. «Die Frage ist also: wie müssen die Daten aufbereitet werden, damit man sie im klinischen Alltag sinnvoll nutzen kann?» Das Universitätsspital kann in dieser Hinsicht bereits einige Erfolge vorweisen. So kann die Ärztin auf der Notfallstation heute nach der Aufnahme aus gewissen «Menus» auswählen und gezielt einzelne Organe in dreidimensionaler Ansicht anschauen. Ein erstes Bild zeigt ihr beispielsweise die Knochen des Brustkorbs, ein weiteres die Gefässe in den unteren Extremitäten. Sofort wird für sie sichtbar, ob bei einem Notfallpatienten eine Rippe gebrochen ist oder bei einem schweren Beinbruch eine Arterie mitverletzt wurde.

Es sind faszinierende Bilder, die Wildermuth auf den Bildschirm zaubert. Doch was schön bunt daherkommt, muss nicht unbedingt am besten für diagnostische Zwecke geeignet sein. «Um herauszufinden, welches die optimale Darstellung ist, führen wir vergleichende Studien durch. Dabei zeigen wir verschiedenen Radiologen Aufnahmen von Patienten, bei denen wir dank einer Autopsie oder chirurgischen Berichten den genauen Befund kennen. Wir schauen dann, ob die Ärzte anhand unserer Bilder die richtigen Diagnosen stellen», berichtet Wildermuth.

Beim Herz zum Beispiel, so ergaben diese Studien, bewährt sich eine Darstellung, die sich an den bisherigen Standardprojektionen orientiert, weil die Ärzte mit dieser Sichtweise vertraut sind. Ver-



Prof. Dr. Borut Marincek, PD Dr. Simon Wildermuth, Institut für Diagnostische Radiologie am Universitätsspital Zürich.

## Mehrzeilen-Computertomographie

**PROJEKT:**  
Entwicklung von Methoden für die Verarbeitung von Mehrzeilen-Computertomographie-Aufnahmen, insbesondere für kardio-vaskuläre Untersuchungen.

**ZUSAMMENARBEIT:**  
Computer Vision Laboratory der ETH Zürich als NCCR CO-ME Netzwerkpartner; Siemens Medical Solutions Forchheim Germany; CT - Clinical Research & Concepts.

**VERANTWORTLICH:**  
Prof. Dr. Borut Marincek, PD Dr. Simon Wildermuth, Institut für Diagnostische Radiologie am Universitätsspital Zürich.

**E-MAIL:**  
borut.marincek@usz.ch, simon.wilderdmuth@usz.ch

**HOME PAGE:**  
<http://www.radiology-usz.ch/>

**FINANZIERUNG:**  
Universität Zürich  
Schweizerischer Nationalfonds; NCCR CO-ME, Projekt 12.



schiedentlich ist daher hin und wieder zu hören, die Bildverarbeitung bringe keinen wirklichen diagnostischen Mehrnutzen. Für Wildermuth greift diese Argumentation allerdings zu kurz. «Die Frage ist nicht, ob der Radiologe viel mehr Erkenntnisse gewinnt, sondern ob wir damit radiologische Informationen für Ärzte aus anderen Fachgebieten leichter und effizienter zugänglich machen können.»

Zudem geht es darum, die Daten auf neue Art und Weise zu verarbeiten. Das Universitätsspital verfügt beispielsweise über eine Software, mit der Blutgefässe, die im Körper viele Windungen aufweisen, auf dem Bildschirm virtuell gestreckt werden können. Der entsprechende Facharzt kann so den Durchmesser der Adern überall korrekt bestimmen und erkennt dadurch besser, wo es kritische Verengungen oder Erweiterungen gibt.

Zukunftsmusik ist hingegen noch ein Vorhaben, das Wildermuth mit seiner Gruppe im Rahmen des Nationalen Forschungsschwerpunkts COME (Computer aided and image guided medical

interventions) verfolgt. «Unser Ziel ist es, auf Grund von Computertomographie-Aufnahmen das Strömungsmuster in Arterien zu berechnen. Das ist bei Gefässerweiterungen sehr interessant, entstehen dort doch in den Arterien Wirbel und gefährlich hohe Drücke, welche die ohnehin lädierten Gefässwände zusätzlich belasten.» Wildermuth hofft, dass man mit Hilfe von solchen Berechnungen dereinst genauer abschätzen kann, ob bei einem Patienten ein Gefässeingriff angezeigt ist oder nicht.

Und wann wird die Computertomographie den nächsten Innovationsschub erleben? «Eine weitere Verbesserung der Geräte ist im Moment nicht in Sicht und auch nicht unbedingt sinnvoll», meint Marincek. «Man könnte heute schon die Auflösung der Schnittbilder vervierfachen. Aber das ergäbe Datenmengen, die nicht mehr handhabbar sind. Zudem müssen wir zuerst einmal lernen, aus den vorhanden Daten das Optimum herauszuholen.»

*Felix Würsten*

Blick in den menschlichen Körper: Dank modernster Geräte können die Radiologen am Universitätsspital Zürich den gesamten Körper innerhalb von 20 Sekunden durchleuchten.