

Ein Blick ins Innere des Körpers

Verfahren der Bildgebung zeigen Gewebe und Organe ohne chirurgischen Eingriff.

Tomografen sind heute nicht mehr aus der medizinischen Diagnostik wegzudenken. Mancher chirurgische Eingriff wurde dadurch schon obsolet, mancher Tumor frühzeitig entdeckt oder so gut lokalisiert, dass man ihn behandeln konnte. Eine Kombination aus Hardware und Algorithmen liefert die Schnittbilder (Tomogramme) durch den Körper, aus denen Computer räumliche Darstellungen von Organen errechnen.

Drei Verfahren stehen dem Arzt grundsätzlich zur Verfügung. Das älteste, die Computertomografie (CT), nutzt die unterschiedliche Durchlässigkeit der Gewebearten für Röntgenstrahlen. Halbkreisförmig angebrachte Detektoren messen die Restenergie eines fächerförmigen Strahls, dessen Quelle in kleinen Schritten um den Körper fährt. Das ermöglicht die Rekonstruktion der Gewebeverteilung in Schichten von einem bis acht Millimeter Dicke. Eine Kopfuntersuchung dauert etwa zehn, die Erfassung des Unterleibs rund dreißig Minuten. Bei so genannten Spiral-CT-Geräten umläuft die Röntgenquelle auf einer Kreisbahn den Patienten, der kontinuierlich weiterbewegt wird. Die Aufnahmen erfolgen in Sekundenschnelle, so dass Atembewegungen die Messungen nicht mehr stören.

Hinweis auf neurologische Erkrankungen

Das jüngste Mitglied der Tomografen-Familie ist die Positronen-Emissionstomografie (PET). Der Arzt spritzt dem Patienten radioaktiv markierte Verbindungen, die bei Stoffwechselprozessen eine Rolle spielen. Das Besondere: Beim Zerfall der verwendeten Isotope entstehen Positronen, die Antiteilchen der Elektronen. Treffen Teilchen und Antiteilchen aufeinander, vernichten sie sich. Dabei werden zwei Photonen (Gammaquanten) einer bestimmten Energie in genau entgegengesetzter Richtung emittiert. Verzeichnen also zwei Detektoren, die einander auf einem Ring gegenüberliegen, gleichzeitig Photonen dieser Energie, muss der Ort der Aussendung und damit näherungsweise des radioaktiven Zerfalls selbst auf der Verbindungsgeraden der beiden Detektoren liegen.

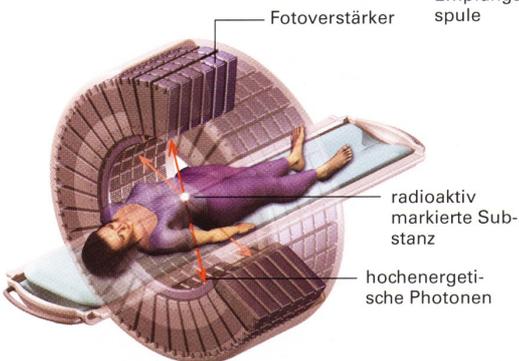
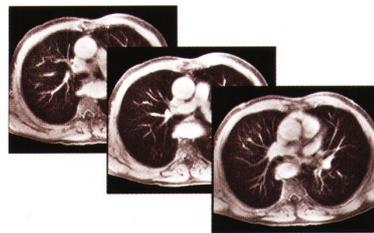
Häufig wird bei der PET radioaktiv markierte Glucose eingesetzt. Eine ungewöhnliche Konzentration des energiereichen Zuckers kann auf stoffwechselaktive Tumoren oder neurologische Erkrankungen hinweisen. Mit dem Verfahren lassen sich aber auch Wahrnehmungsprozesse abbilden, denn aktive Hirnregionen benötigen ebenfalls reichlich Energie.

Im Gegensatz zu diesen beiden Methoden kommt die seit den 1980er Jahren gebräuchliche Kernspinn- beziehungsweise Magnetresonanztomografie (MRT) ohne Röntgenstrahlung oder Radioaktivität aus. Der Patient wird vielmehr einem starken Magnetfeld ausgesetzt, das die Kerne der Wasserstoffatome in seinen Geweben wie winzige Stabmagnete ausrichtet. Ein elektromagnetischer Puls kippt die Minimagnete aus ihrer Lage; bei der Rückkehr in den Ausgangszustand (Relaxation genannt) senden die Protonen ihrerseits ein »Radiosignal« aus. Daraus berechnet ein Computer die gewebeabhängige Dichteverteilung der Wasserstoffkerne. Ein drittes Magnetfeld mit zu- oder abnehmender Stärke (Gradientenfeld) modifiziert die Feldstärke entlang der Körperachse, um eine räumliche Zuord-

nung der empfangenen Radiosignale zu ermöglichen. Dieses Verfahren eignet sich vor allem für Weichteilgewebe, die sich im CT nur relativ kontrastarm darstellen lassen.

Der Artikel basiert auf einem Beitrag von **Mark Fischetti**.

Tomografen liefern Schnittbilder durch den Körper (hier die Herzregion).

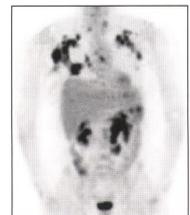


Kühlsystem
Sender für das Radiosignal

Empfangsspule

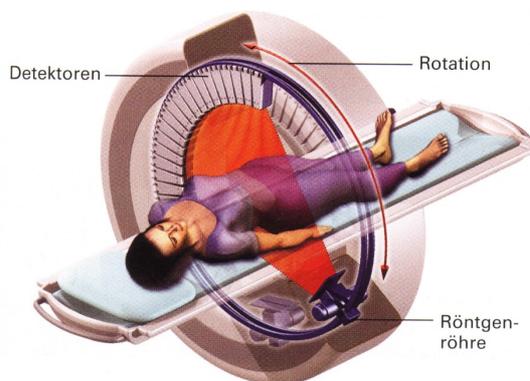
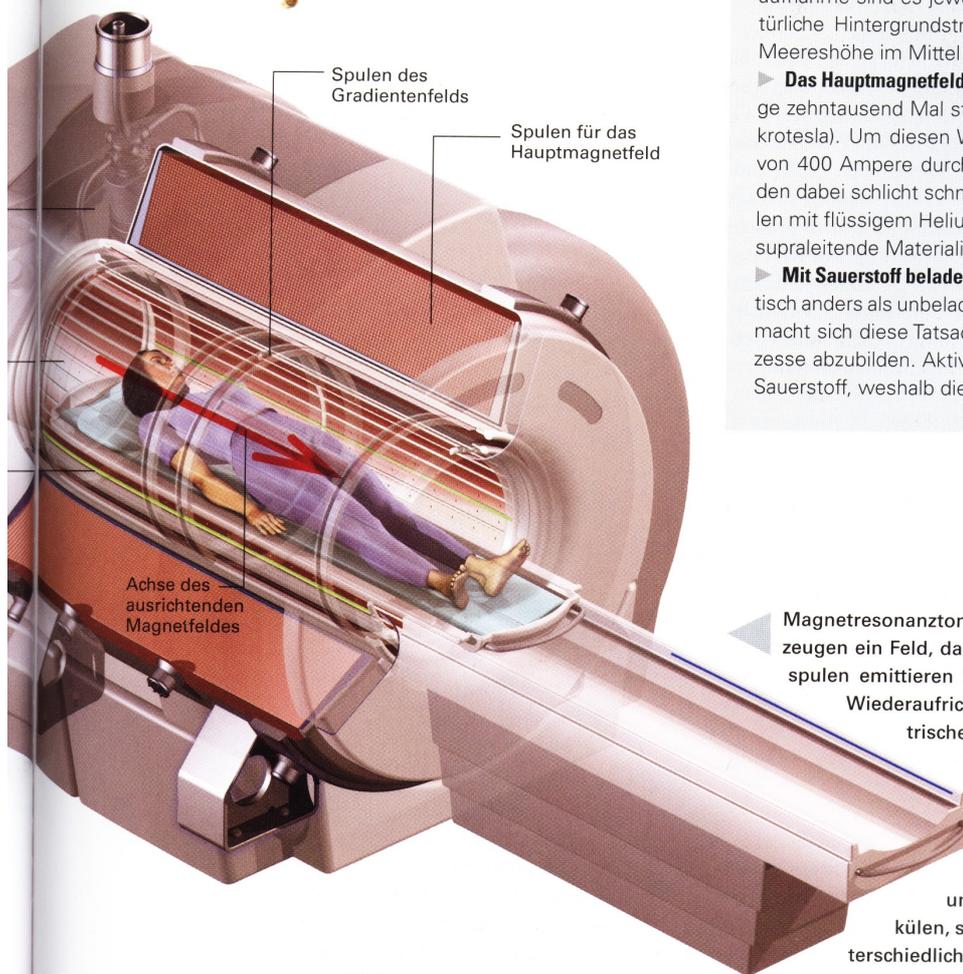
Positronen-Emissionstomografie (PET): Mit radioaktiven Isotopen werden stoffwechselaktive Moleküle wie der Zucker Glucose markiert. Beim radioaktiven Zerfall entstehen zwei Gammaquanten einer ganz bestimmten Energie, die in entgegengesetzten Richtungen davonfliegen. Registrieren entsprechende Fotoverstärker diese simultan, definiert das eine Linie durch den Aussendungsort. Viele sich schneidende Linien ergeben ein Bild der Stoffwechselrate.

Krebszellen mit hohem Stoffwechsel wachsen in Lymphknoten ein (dunkle Bereiche, oben links und rechts).





Ein Vorfall der Bandscheibe (Kreis) drückt auf das Rückenmark.



WUSSTEN SIE SCHON?

- ▶ **Die Magnetresonanztomografie (MRT)** begann unter anderem Namen: Im Englischen ursprünglich als *nuclear magnetic resonance* (NMR) bezeichnet, sollte die Umbenennung jede Assoziation mit radioaktiver Strahlung verhindern. Die deutsche »Kernspinresonanz« war zwar weniger negativ beladen, der Name wurde dann aber dem Amerikanischen folgend angepasst.
- ▶ **Die Strahlenbelastung einer CT-Untersuchung** liegt bei 3 bis 10 Millisievert (mSv). Bei einer konventionellen Röntgenaufnahme sind es jeweils 0,3 mSv. Zum Vergleich: die natürliche Hintergrundstrahlung beträgt in Deutschland auf Meereshöhe im Mittel 2,5 mSv pro Jahr.
- ▶ **Das Hauptmagnetfeld der MRT** ist mit meist 1,5 Tesla einige zehntausend Mal stärker als das Feld der Erde (50 Mikrotelsa). Um diesen Wert zu erreichen, fließt ein Strom von 400 Ampere durch die Spulen. Kupferleitungen würden dabei schlicht schmelzen. Deshalb kühlt man die Spulen mit flüssigem Helium auf 4,2 Kelvin ab und verwendet supraleitende Materialien.
- ▶ **Mit Sauerstoff beladenes Hämoglobin** verhält sich magnetisch anders als unbeladenes. Die funktionelle MRT (fMRT) macht sich diese Tatsache zu Nutze, um dynamische Prozesse abzubilden. Aktive Gehirnregionen benötigen mehr Sauerstoff, weshalb die Blutzufuhr steigt.

RECHTS OBEN (MRT): SPL. P. MARAZZI; RECHTS UNTEN (CT): SPL. DU CAINE MEDICAL IMAGING, LTD.; LINKS OBEN (MRT): SPL. ZEPHYR; LINKS UNTEN (PET): NMI PHILADELPHIA; MIT FRDL. GEN. VON BREASTCANCER.ORG; ILLUSTRATIONEN: GRIFF WASSON

◀ **Magnetresonanztomografie (MRT):** Starke Magnete erzeugen ein Feld, das Wasserstoffkerne ausrichtet. Radiospulen emittieren einen Puls, der sie dann kippt. Das Wiederaufrichten (Relaxation) induziert eine elektrische Spannung in Empfangsspulen. Zur räumlichen Zuordnung des Signals dient ein drittes, in der Körperachse wachsendes Magnetfeld (Gradientenfeld). Die Relaxationsrate variiert in Fett, Proteinen und anderen wasserstoffreichen Molekülen, sodass sich verschiedene Gewebe unterschiedlich darstellen lassen.

◀ **Computertomografie (CT):** Eine Röhre sendet Röntgenstrahlung durch den Körper. Detektoren messen deren Schwächung durch Absorption und Reflexion. Röhre und Detektoren rotieren, um ein Tomogramm aufzunehmen. Die Liege verschiebt den Patienten einige Zentimeter und der Prozess wiederholt sich.