

### **Frage**

**Welche alternativen Techniken gibt es zur Röntgenuntersuchung ?**

### **Kurzantwort**

Die bildgebende Diagnostik besteht hauptsächlich aus der konventionellen Röntgendiagnostik, der Durchleuchtung sowie in zunehmendem Ausmass aus der Computer-Tomographie (CT). Daneben haben in den letzten Jahren der Ultraschall (US) und die Magnet-Resonanz (MR) an Bedeutung gewonnen. Diese Methoden haben den Vorteil, dass sie keine ionisierenden Strahlen anwenden. Die verschiedenen Techniken vermitteln unterschiedliche Informationen über das untersuchte Gewebe und haben deshalb nicht die gleiche Aussagekraft.

### **Illustration**



MRI (Magnet-Resonanz-Bild) der Lendenwirbelsäule. Grosse Dichten an Wasserstoff-Atomen werden hell dargestellt.



Beispiel der Ultraschall-Diagnostik in der Schwangerschaft. Sichtbar sind Grenzflächen verschiedener Gewebedichten.

### **Erklärung**

#### Ultraschall

Bei Ultraschall (oder Sonographie) werden Schallwellen an den Grenzflächen von unterschiedlichen Gewebedichten teilweise reflektiert. Diese Reflexionen werden registriert und ergeben transversale Bildscheiben. Die Frequenz liegt zwischen 3 und 20 MHz. Der Schallkopf liegt an der Körperoberfläche und sorgt für eine räumliche (meist divergente) Ausbreitung der Schallwellen. Eine gute Ankopplung an das Gewebe ist wichtig, damit an der Oberfläche keine grossen Verluste entstehen. Die Ausbreitung der Ultraschallwellen ist von den Eigenschaften des Gewebes abhängig. Infolge von Wechselwirkungen kommt es zu Energieverlusten. Die Schallwellen werden von den unterschiedlichen Organen modifiziert und reflektiert. Das reflektierte Signal wird vom gleichen Schallkopf (piezoelektrischer Kristall) registriert, der auch die Schallwellen aussendet. Aus der Zeitdifferenz kann die Weglänge bzw. die Tiefe der Reflexionsstelle bestimmt werden. Die Signale werden elektronisch zu einem Bild verarbeitet.

Die Dichteunterschiede zwischen verschiedenen Gewebearten bestimmen das Ultraschallbild. An den Grenzflächen zwischen Luft und Wasser sowie zwischen Weichteilgewebe und Knochen ist fast keine Weiterleitung des Ultraschalls möglich, so dass Knochen und gasgefüllte Organe (gut belüftete Lunge und gasgefüllter Darm) nicht durchdrungen werden können. Das geometrische Auflösungsvermögen liegt je nach Frequenz zwischen 0.2 und 1 mm. Nachteile der Ultraschalldiagnostik sind die beschränkte Eindringtiefe und die Einschränkung auf bestimmte Gewebearten.

Eine spezielle Anwendung bildet die Dopplersonographie. Die Strömungsgeschwindigkeit in (Blut-) Gefässen kann mit Hilfe der Frequenzänderung, die ein reflektierter Schallstrahl an der Grenzfläche erfährt, gemessen werden (Dopplereffekt). Die Flussrichtung und -geschwindigkeit in Gefässen kann farblich kodiert werden. Diese Darstellung wird Farbduplex-Sonographie genannt.

### Magnet-Resonanz (MR)

Bei der Magnet-Resonanz-Tomographie oder -Imaging (MRT oder MRI) wird die Dichte von Wasserstoff-Atomen in frei wählbaren Schnittebenen dargestellt. Das Untersuchungsverfahren ist besonders geeignet in der Neuroradiologie und bei Weichteiltumoren. Die Wasserstoff-Atome im Körper sind schwache Magnete mit willkürlichen Ausrichtungen. Sie drehen sich wie ein Kreisel um ihre eigene Achse (Spin), wobei die Drehgeschwindigkeit von der unmittelbaren Umgebung abhängt. Ein von aussen einwirkendes sehr starkes und möglichst homogenes Magnetfeld richtet die Atome aus. Das Magnetfeld beträgt üblicherweise 1.5 Tesla (etwa 10'000 mal stärker als das Erdmagnetfeld). Es wird nun elektromagnetische Energie in Form von Hochfrequenzimpulsen eingestrahlt, wodurch die Atomkerne angeregt und ausgelenkt werden. Durch ihre Bewegungen strahlen sie dabei ein Hochfrequenzsignal ab, welches von einem Antennensystem empfangen wird. Danach richten sie sich wieder im magnetischen Feld aus. Die empfangenen Signale stammen prinzipiell immer aus dem gesamten angeregten Volumen. Um ein Signal örtlich zuordnen zu können, wird eine zeitliche und in der Stärke variable Änderung des lokalen Magnetfeldes durch Gradientenimpulse erzeugt. Dadurch werden nur die Protonen angeregt, an deren Ort die durch den Gradienten erzeugte Feldstärke entspricht.

Nachteile der MR-Tomographie sind die teuren Geräte mit grossem Platzbedarf und die notwendige Abschirmung der Untersuchungsräume. Für den starken Permanentmagneten müssen spezielle Sicherheiten eingehalten werden. Nur Atomkerne mit ungerader Nukleonenzahl stehen für die Magnet-Resonanz-Tomographie zur Verfügung. Ausser Wasserstoff (H-1) kämen noch Sauerstoff (O-17), Fluor (F-19), Natrium (Na-23) oder Phosphor (P-31) in Frage. Wasserstoff hat im menschlichen Körper jedoch die grösste Häufigkeit. Bei der MR-Spektroskopie werden in bestimmten Körperabschnitten die Resonanzfrequenzen gemessen, die von den chemischen Bindungen beeinflusst werden. Daher lassen sich aus dem Frequenzspektrum von einem Gewebevolumen quantitative Aussagen über das Vorkommen verschiedener Bindungen bzw. Substanzen machen.

### Optische Systeme (Licht)

In der Endoskopie werden Körperhöhlen diagnostisch betrachtet mit Hilfe von röhrenförmigen Instrumenten, welche mit einer Lichtquelle und einem optischen System ausgerüstet sind. Es stehen z.B. flexible Endoskope mit Faseroptik zur Verfügung. Endoskope können mit einer technischen Einrichtung ausgestattet sein, um kleine operative Eingriffe vorzunehmen, so z.B. die Elektrokoagulation, Biopsien (Gewebeentnahmen), Gewebsdurchtrennung.

Es sind von der Anwendung dieser nichtionisierenden Strahlen im diagnostischen Bereich keine biologischen Nebenwirkungen bekannt. Eine Ausnahme bildet die Einwirkung der Hochfrequenzfelder bei der Magnet-Resonanz auf Fremdkörper, wie Metallclips und Gelenkprothesen, welche erwärmt werden können. Ebenso sollten Patienten mit Herzschrittmacher ausgeschlossen werden.

**Jakob Roth, Basel, Oktober 2005**

### **Stichworte**

Ultraschall, Magnetresonanz (MR), MR-Tomographie (MRT), MR-Imaging (MRI), MR-Spektroskopie (MRS), Endoskopie, nicht-ionisierende Strahlung