



# *Radiologie*

*Charité Berlin*

*Die Druckversion  
finden Sie auf ...*

**[www.med-school.de](http://www.med-school.de)**

<b>1</b>	<b>STRAHLENPHYSIK</b>	<b>4</b>
	Strahlenarten	4
	Entstehung von Röntgenstrahlen	4
	Parameter für Abbildungsqualität und Patientenschutz	4
	Dosis	4
	Effekte	4
	Begriffe	4
<b>2</b>	<b>STRAHLENPATHOLOGIE</b>	<b>5</b>
	Expositionswege	5
	teratogene Schäden	5
	SOMATISCHE STRAHLENFOLGEN	5
	stochastische somatische Schäden	5
	deterministische somatische Schäden	5
	SPEZIELLE ORGANTOXIZITÄT	6
	hämatopoetisches System	6
	Haut und Schleimhäute	6
<b>3</b>	<b>STRAHLENSCHUTZ</b>	<b>6</b>
	rechtliche Grundlagen	6
	Ortsdosisleistung und Ortsdosis	6
	Personendosis	6
	Strahlenschutz	6
	Filmdosimeter	6
<b>4</b>	<b>RÖNTGEN</b>	<b>7</b>
	Röntgenanlage	7
	Röntgenspannung	7
	Filter	7
	Streustrahlenraster	7
	Verstärkerfolien	7
<b>5</b>	<b>SONOGRAPHIE</b>	<b>7</b>
	Abbildungs-Phänomene	7
	Doppler- und Farbduplexsonographie	7
	Indikation:	8
<b>6</b>	<b>COMPUTERTOMOGRAPHIE</b>	<b>8</b>
	Methode	8
	Stellenwert	8
	Indikation	8
<b>7</b>	<b>MAGNETRESONANZTOMOGRAPHIE</b>	<b>8</b>
	Methode	8
	Stellenwert	9
	Indikation	9
<b>8</b>	<b>ANDERE METHODEN</b>	<b>9</b>
	Angiographie	9
	DSA	9
	Blattfilmtechnik	9
	Phlebographie	9
	UNTERSUCHUNGS-TECHNIKEN	9
	PTA - perkutane transluminale Angioplastie	9
	zerebrale Angiographie	9
	obere Kavographie	10
	untere Kavographie	10
	Pulmonalis-Angiographie	10
	Angiographie - A. hepatica communis	10
	Lebervenenographie	10

Splenoportographie.....	10
Angiographie - Niere .....	10
Becken-Bein-Angiographie .....	10
Phlebographie - untere Extremität .....	10
Phlebographie - obere Extremität .....	10
<b>9 KONTRASTMITTEL .....</b>	<b>10</b>
Anwendung .....	10
Nebenwirkungen .....	11
GASTROINTESTINALTRAKT.....	11
Indikation.....	11
Methode .....	11
BRONCHOGRAPHIE .....	11
ARTHROGRAPHIE .....	11
<b>10 NEURORADIOLOGIE .....</b>	<b>12</b>
CT.....	12
MRT.....	12
Angiographie .....	12
Sonographie.....	12
Myelographie.....	12
Indikationen.....	12
<b>11 THORAX-DIAGNOSTIK .....</b>	<b>12</b>
p.a.-Aufnahme.....	12
a.p.-Aufnahme.....	13
Seitenaufnahme .....	13
RAO – rechter vorderer Schrägdurchmesser .....	13
LAO – linker vorderer Schrägdurchmesser.....	13
Liegend-Aufnahme – horizontaler Strahlengang .....	13
Thoraxdurchleuchtung .....	13
Phänomene .....	13
Kerley-Linien .....	13
LUNGE .....	13
Indikationen.....	13
Krankheitsbilder .....	13
HERZ .....	14
Herzvitien .....	14
Perikard.....	15
<b>12 ABDOMEN - DIAGNOSTIK.....</b>	<b>15</b>
Abdomenleeraufnahme.....	15
ABDOME.....	15
ERCP .....	15
<b>13 SKELETT-DIAGNOSTIK.....</b>	<b>15</b>
Methode .....	15
Reihenfolge der Beurteilung .....	15
Veränderungen der Knochendichte .....	15
SCHÄDEL.....	16
Methode .....	16
Trauma.....	16
Tumoren.....	16
WIRBELSÄULE .....	16
Methode .....	16
Trauma.....	16
entzündliche Veränderungen .....	16
metabolische Veränderungen: .....	16
tumoröse Veränderungen: .....	16
degenerative Veränderungen: .....	16
EXTREMITÄTEN.....	17

Methode .....	17
Trauma .....	17
entzündliche Veränderungen .....	17
metabolische Veränderungen .....	17
<b>14 STRAHLENTHERAPIE .....</b>	<b>17</b>
KURATIV-THERAPIE.....	17
kurative Strahlentherapie .....	17
PALLIATIV-THERAPIE.....	18
palliative Strahlentherapie.....	18
GERÄTEKUNDE .....	18
Röntgentherapie.....	18
Hochenergie-Strahlentherapie .....	18
Bradytherapie.....	18
Hyperthermie.....	18
METHODEN.....	18
Bestrahlungstechnik.....	18
<b>15 NUKLEARMEDIZIN.....</b>	<b>19</b>
Skelett-Szintigraphie .....	19
Lungen-Szintigraphie .....	19
Myokard-Szintigraphie .....	19
Nieren-Szintigraphie.....	19
Schilddrüsen-Szintigraphie .....	19

# 1 Strahlenphysik

## Strahlenarten

<u>direkt ionisierende Strahlung:</u>	geladene Teilchen (Elektronen, Protonen, Deuteronen, Alphateilchen) $\Rightarrow$ geben Energie durch Stöße an Materie ab
<u>indirekt ionisierende Strahlung:</u>	ungeladene Teilchen (Neutronen, Röntgenstrahlen, Gammastrahlen) $\Rightarrow$ erzeugen durch Wechselwirkung mit Atomen ein geladenes Teilchen welches durch Stöße Energie abgibt
<u>Photonenstrahlung / elektromagnetische Wellenstrahlung:</u>	Röntgenstrahlen, Gammastrahlen, UV-Strahlung, sichtbares Licht, Wärmestrahlen
<u>Korpuskularstrahlung:</u>	• geladene Teilchen: Elektronen, Protonen, Deuteronen, Alphateilchen • ungeladene Teilchen: Neutronen

## Entstehung von Röntgenstrahlen

Röntgenanlage: Generator, Röntgenröhre, Schutzgehäuse, Stativ, Patientenlagerung, Schaltgerät

Prinzip: Kathode wird mit Strom zum Glühen gebracht  $\Rightarrow$  freie Elektronen treten aus Kathoden-Material ins Vakuum aus  $\Rightarrow$  unter angelegter Hochspannung werden die negativ geladenen Elektronen zur positiv geladenen Anode beschleunigt  $\Rightarrow$  bei Auftreffen der Elektronen an Anode werden sie abgebremst  $\Rightarrow$  Abstrahlung von Röntgenstrahlung (1%) und Wärme (99%)

charakteristische Röntgenstrahlung: fremdes Elektron schlägt Elektronenloch in innerste Elektronenschale  $\Rightarrow$  bei Auffüllung des Elektronenlochs durch Elektronen aus höherer Schale wird Energie abgestrahlt

Röntgenbremsstrahlung: fremdes Elektron gerät in Nähe eines Atomkerns  $\Rightarrow$  Ablenkung und Abbremsung des Elektrons mit Abgabe von Bewegungsenergie als Strahlung (kontinuierliches Spektrum mit verschiedenen Wellenlängen), je kürzer die Wellenlänge  $\rightarrow$  je energiereicher das Photon  $\rightarrow$  je härter die Röntgenstrahlung

## Parameter für Abbildungsqualität und Patientenschutz

<u>Energiespektrum:</u>	• Bremsstrahlung: kontinuierliches Energiespektrum mit Maximum im niederenergetischen Bereich • charakteristische Strahlung: diskontinuierliches Energiespektrum (je nach Anodenmaterial)
<u>Filterung:</u>	Aufhärtung der Röntgenstrahlung durch spezielle Filter $\Rightarrow$ Verringerung des Anteils von weicher energieärmer Strahlung (geringe Durchdringungsfähigkeit $\Rightarrow$ hohe Absorption $\Rightarrow$ keine Bildinformation aber zusätzliche Strahlenbelastung)
<u>Abstandsquadratgesetz:</u>	doppelter Abstand = Reduktion der Strahlenbelastung auf 1/4
<u>Streustrahlung:</u>	Absorption der unerwünschten Streustrahlung durch Streustrahlraster

## Dosis

<u>Ionendosis:</u>	Coulomb / kg = Anzahl der Ladungen pro Gramm Luft
<u>Energiedosis:</u>	Gray (Gy) = absorbierte Energie pro Gramm Material
<u>Äquivalentdosis:</u>	Sievert (Sv) = biologische Wirksamkeit ionisierender Strahlung (abhängig von Energiedosis + Strahlungs-Art)
<u>effektive Äquivalentdosis / Effektivdosis:</u>	Sievert (Sv) = biologische Wirksamkeit ionisierender Strahlung (abhängig von Energiedosis + Strahlungs-Art + Wichtungsfaktor)
<u>relative biologische Wirksamkeit:</u>	
<u>Aktivität:</u>	Becquerel (Bq) = Anzahl der Kernzerfälle pro Sekunde
<u>Energie:</u>	Elektronenvolt (eV) = Energie geladener Teilchen
<u>Dosisleistung:</u>	Sv/h oder Gy/h = Dosis pro Zeiteinheit

## Effekte

<u>Compton-Effekt:</u>	Energie des einfallenden Photons wird umgewandelt in Compton-Elektron (Atomelektron aus äußerer Schale) + Compton-Photon (geringeres Energieniveau + veränderte Bewegungsrichtung als das Ausgangs-Photon) • v.a. harte Röntgenstrahlung
<u>Photo-Effekt:</u>	Auftreffen von Röntgenstrahlung auf Materie $\Rightarrow$ einfallendes Photon überträgt gesamte Energie auf Atom $\Rightarrow$ Elektron wird dadurch aus Atomschale gelöst (Energie dieses Elektron = Energie des Photons - Ablösearbeit) $\Rightarrow$ freiwerdendes Elektron bewirkt weiter Ionisations- + Anregungsvorgänge • v.a. weiche Röntgenstrahlung
<u>Paarbildung:</u>	Photonen mit hoher Energie (mindestens zweifache Ruheenergie eines Elektrons) können sich im Atomkernfeld in Elektron + Positron um ( $e^-$ und $e^+$ ) umwandeln, Bedeutung in Strahlentherapie (ultraharte Röntgenstrahlen)

## Begriffe

<u>linearer Energietransfer:</u>	KeV/ $\mu$ m, Energieverlust auf Flugstrecke (alpha-, beta-, Protonenstrahlung)
<u>Bewertungsfaktor:</u>	q, schädigende Wirkung der Strahlung auf exponierten Zellen

## 2 Strahlenpathologie

### Expositionspfade

externe Exposition: • terrestrische Strahlung • künstliche Strahlenquellen (Medizin, Forschung) • Reaktorunfälle, Kernwaffenversuche  
 Inhalation: natürliches Radon + Thoron (gemauerte Häuser, Bäder, Radonquellen) • Tabakrauchen  
 Ingestion: Nahrung (natürliches  $^{14}\text{C}$ , Strontium nach Strahlenunfällen)

<b>natürliche Strahlenexposition:</b>	60 %		
kosmische Strahlung:	0,3 mSv	Aufenthalt in Häusern:	1,3 mSv
terrestrische Strahlung	0,5 mSv	körperereigene Strahlung:	0,3 mSv
<b>künstliche Strahlenexposition:</b>	40 %		
Medizin:	1,5 mSv	Fallout:	0,01 mSv
Forschung / Technik:	0,02 mSv	kerntechnische Anlagen:	0,01 mSv
<b>mittlere effektive Dosis:</b>	<b>4 mSv</b>		

### teratogene Schäden

Allgemeines: Zeitpunkt der Exposition in Schwangerschaft entscheidet über Grad des Schadens  
 Blastogenese: innerhalb erster 9 Tage nach Konzeption höchste Strahlenempfindlichkeit (0,05 Gy) • intrauteriner Fruchttod oder normale Weiterentwicklung (Alles-oder-nichts-Gesetz)  
 Organogenese: innerhalb 10.-60. Tag nach Konzeption zeitlich abnehmende Strahlenempfindlichkeit (1 Gy) mit Organfehlbildungen  $\Rightarrow$  Anomalien, Kleinwuchs, Skelettanomalien, geistige Retardierung, Hydrozephalus, Mikro- / Anenzephalie, Mikro- / Anophthalmus, Karzinogenese, pränataler Fruchttod  
 Fetogenese: ab 8. Woche starke Abnahme der Fehlbildungsgefahr (außer Gehirn)  $\Rightarrow$  geistige Retardierung, Minderwuchs, Mikroenzephalie, Gleichgewichtsstörung, Sterilität, neonataler Fruchttod  
 postnatale Periode: bis Abschluss des Wachstums weiter abnehmende Strahlenempfindlichkeit  $\Rightarrow$  Wachstumsverzögerung, Augen-, Zahnfehlbildung, Fehlbildung der weiblichen Brust

### somatische Strahlenfolgen

#### stochastische somatische Schäden

Kanzerogenese: offenbar keine unschädliche Schwellendosis  $\Rightarrow$  Bestrahlung fördert Entwicklung maligner Tumoren in allen Organen (Magen-Darm-Trakt, Lunge, weibliche Brust, Knochenmark > Schilddrüse, Ösophagus, Leber, Niere) • mittlere Latenzzeit für Strahlenkrebs = 40 Jahre

Tumore durch kleine Strahlendosis: Leukämie (vor allem akute + chronische myeloische Leukämie), Brustkrebs (Latenz=15 Jahre), Schilddrüsenkrebs (Latenz=15 Jahre), Lungenkrebs (Zigaretten, Latenz=15 Jahre)

Tumore durch hohe Strahlendosis: Osteosarkome, Fibrosarkome, Myosarkome, Chondrosarkome

#### deterministische somatische Schäden

Allgemeines: akute oder chronische Strahlenfolgen nach Radiotherapie

Faktoren: Bestrahlungsvolumen • Dosis-Zeit-Verhältnis (Belastung: hohe Dosis + kurze Zeit > niedrige Dosis + lange Zeit)  
 • Strahlungsqualität (Belastung: niederenergetische Strahlung > hoch-energetische) • Bestrahlungstechnik (Belastung: Einzelfeldtechnik > Mehrfeld- / Bewegungsbestrahlung) • individuelle Faktoren • exogene Noxen (Arzneimittel, Alkohol, Nikotin)

akute Strahlenfolgen: • wenige Minuten bis Tage nach Strahleneinwirkung  $\Rightarrow$  rasch proliferierende und akut reagierende Gewebe (Stammzellen + Arteriolen + Venolen in Knochenmark, Lunge, Mund- und Darmepithel) • Behandlungsdauer entscheidet über akute Schäden (nicht die Einzeldosishöhe)

chronische Spätstrahlenfolgen: • Monate bis Jahre nach Exposition  $\Rightarrow$  spät-reagierende Gewebe (Stammzellen + Fibroblasten + Gefäße in Gehirn, Rückenmark, Niere, Leber, Darmwand, Haut, Bindegewebe, Muskulatur, Knochen) • Höhe der Einzeldosis entscheidet über Spätfolgen

akutes Strahlensyndrom: bei Bestrahlung von mehr als 30% des Körpers mit 1Gy (Letaldosis: 6Gy) • Prodromal-Syndrom: nach 5-15min  $\Rightarrow$  Übelkeit, Erbrechen, Schweißausbruch, Flüssigkeitsverlust • hämato-poetisches Syndrom: ab 1Gy, Latenz 2-3 Wochen, Hypoplasie des Knochenmarks, ohne Therapie Tod nach 20-60 Tagen • gastrointestinales Syndrom: ab 5Gy, Latenz 3-5 Tage, Darmepithelschäden mit Ulzera, ohne Therapie nach 10-14 Tagen • zentralnervöses Syndrom: ab 20Gy, Latenz bis 3h, Gefäßveränderungen + Neuronennekrosen, ohne Therapie Tod nach 14-36h

### spezielle Organtoxizität

Gewebe-Gefährdung: ↑↑↑↑: strahlenempfindliche Stammzellen + Endzellen (lymphatisches System) • ↑↑↑: sensible Stammzellen + relativ unempfindliche Endzellen (Hoden, Knochenmark) • ↑↑: kurzlebige Endzellen (Dünndarm) • ↑: nicht-erneuerbare Systeme (Oozyten)

### hämatopoetisches System

Knochenmark: pluripotente Knochenmarksstammzelle ist hoch sensibel (abnehmende Strahlensensibilität mit Differenzierung), Lymphozyten sind sensibel (mittlere > kleine > große), andere Zellen im peripheren Blut sind weitgehend strahlenresistent

Blutveränderungen: Lymphopenie, Linksverschiebung der Granulozyten, Granulozytopenie, Thrombozytopenie, Anämie

### Haut und Schleimhäute

Radiodermatitis: • Patho: Schaden aus Zelluntergang + gestörter Zellnachschub + Repopulation + Gefäßstörung • akute Radiodermatitis: Rötung, trockene Schuppung, Epilation, feuchte Epitheliolyse, Blutungen, Nekrosen • chronische Radiodermatitis: Pigmentverschiebung, Dauerepilation, Hautatropie, Teleangiektasien (∅ reagierende Hautgefäße), subkutane Fibrose, Ulzera, Narben

Mundhöhle / Rachen: • akute Mukositis: Geschmacksverlust, Mundtrockenheit, Verschleimung, Schleimhautrötung, oberflächliche Schleimhautdefekte, Superinfektion  
• chronische Mukositis: irreversible Speicheldrüsenschaden ⇒ Mundtrockenheit, Parodontose, Karies, Mundbodenödem

## 3 Strahlenschutz

### rechtliche Grundlagen

Röntgenverordnung: Regelung des Umgangs mit Röntgeneinrichtungen + Störstrahlern bis 3 MeV  
Strahlenschutzverordnung: Regelung des Umgangs mit offenen + geschlossenen Radionukliden + Beschleunigungsanlagen + Telegamma-Geräten

### Ortsdosisleistung und Ortsdosis

Ortsdosisleistung: Dosisleistung an bestimmten Ort (Flur, Sekretariat)  
Ortsdosis: Ortsdosisleistung x Zeit

Grenzwerte:

Sperrbereich:	> 3 mSv / h	
Kontrollbereich:	50 mSv / Jahr	
Überwachungsbereich:	15 mSv / Jahr	- betrieblich: 15mSv/Jahr - außerbetrieblich: 1,5mSv/Jahr
Staatsgebiet:	0,3 mSv / Jahr	

### Personendosis

Äquivalentdosis für Weichteilgewebe (Messung an Körperoberfläche, außerhalb des Nutzstrahlbündels)

### Strahlenschutz

Abstand: Dosisleistung nimmt mit Quadrat des Abstandes ab ( $I / r^2$ )  
Abschirmung: Art der Abschirmung ist abhängig von Strahlenart + Strahlenenergie + Quellenstärke •  $\alpha$ -Strahlung: kurze Reichweite (vollständige Absorption nach 10cm Luft) •  $\beta$ - und e-Strahlung: 2 Abschirmungsschichten (1. ⇒ Material niedriger Ordnungszahl gegen  $e^-$ , 2. ⇒ Material hoher Ordnungszahl gegen Röntgenbremsstrahlung)  
• Photonenstrahlung: nur Schwächung möglich (Bleischürzen)  
Aufenthaltszeit: Exposition so kurz wie möglich

### Filmdosimeter

am Rumpf unter der Strahlenschutzkleidung, Verpflichtung zur Expositions-dosis-Messung für beruflich strahlenexponierte Personen im Kontrollbereich (> 15mSv /Jahr) • Messung von Röntgen- + Gammastrahlen

## 4 Röntgen

### Röntgenanlage

Allgemeines: Generator, Röntgenröhre, Schutzgehäuse, Stativ, Patientenlagerung, Schaltgerät

Prinzip: Kathode wird mit Strom zum Glühen gebracht  $\Rightarrow$  freie Elektronen treten aus Kathoden-Material ins Vakuum aus  $\Rightarrow$  unter angelegter Hochspannung werden die negativ geladenen Elektronen zur positiv geladenen Anode beschleunigt  $\Rightarrow$  bei Auftreffen der Elektronen an Anode werden sie abgebremst  $\Rightarrow$  Abstrahlung von Röntgenstrahlung (1%) + Wärme (99%)

### Röntgenspannung

25-150 kV, gewählte Spannung ist abhängig von Körperdicke + Gewebedichte + Fragestellung

Hartstrahltechnik: ab 100 kV, z.B. Lungenaufnahme (kurze Belichtungszeit  $\Rightarrow$  geringe Bewegungsunschärfe, abnehmender Kontrast zwischen Rippen + Lungengewebe  $\Rightarrow$  bessere Beurteilbarkeit der Lunge, transparentere Knochenüberlagerungen, geringere Strahlenexposition)

Weichstrahltechnik:

### Filter

direkt vor Röntgenröhre angebrachter Aluminiumfilter  $\Rightarrow$  Erniedrigung des Anteils energiearmer Strahlen  $\Rightarrow$  dadurch geringere Strahlenbelastung

### Streustrahlenraster

zwischen Patient + Röntgenfilm (strahlenabsorbierendes + -durchlässiges Material in Form eines Gitters)  $\Rightarrow$  Passieren des Nutzstrahlenbündel + Absorption der Streustrahlung  $\Rightarrow$  bessere Bildqualität

### Verstärkerfolien

um den Film gelegte fluoreszierende Folien (bewirken 95% der Schwärzung), Leuchtartikel auf Folie geben bei Exposition mit Röntgenstrahlen sichtbares Licht ab • Senkung der Strahlenbelastung, Erhöhung der Unschärfe, Verminderung der Detaillierbarkeit

## 5 Sonographie

Allgemeines: Querschnittsbilder durch Reflexionen von hochfrequenten Schallwellen • Ausstrahlung der Schallwellen  $\rightarrow$  Reflexion von Organen  $\rightarrow$  Registrierung des Reflexionssignals durch Schallkopf • Ausbreitung des Ultraschalls ist von unterschiedlichen Eigenschaften der Gewebe abhängig • fast keine Weiterleitung des Ultraschalls zwischen Geweben mit hohen Impedanzen (Dichtesprünge)  $\Rightarrow$  z.B. Luft / Wasser, Weichteile / Knochen  $\rightarrow$   $\emptyset$  Durchstrahlung von Knochen, Lunge, gasgefüllter Darm

Frequenz: diagnostischer Ultraschall: Frequenzen von 1-15 MHz (keine biologischen Nebenwirkungen), meist 3,5-20 MHz, Frequenz der Schallsonde wird nach Abbildungstiefe gewählt

Schnittebene: Transversalschnitt: rechter Bildrand = linke Körperhälfte, oberer Bildrand = schallkopfnaher Bereich • Longitudinalschnitt: rechter Bildrand = kaudaler Bereich, oberer Bildrand = schallkopfnaher Bereich

Darstellungen: 1-dimensionale A-Mode: • 1-dimensionale B-Mode: • M-Mode: • 2-dimensionale B-Mode:

### Abbildungs-Phänomene

Echodichte: • areflexiv: Flüssigkeit • hyporeflexiv: dunkel, Lymphome, Stauungsleber, Pankreatitis, Abszeß, Milz, Leber, Niere, Pankreas • hyperreflexiv: hell, Bindegewebe, Zwerchfell, Häm-angiome, Angiomyolipome, Verkalkung, Konkrement, Luft, Knochen

Homogenität: • homogen: Milz, Pankreas, Leber, Niere, Lymphome • mäßig inhomogen: Leberzirrhose, diffuse Metastasierung, Fettleber, Abszeß • sehr inhomogen: Metastasenleber, nekrotisierende Pankreatitis, Uterus myomatosus

Schallschattenartefakt: bandförmiger areflexiver Bereich hinter hyperreflexivem Echo (Knochen, Luft)  $\Rightarrow$  gut für Stein- und Zystendiagnostik

Schallverstärkung: hyperreflexives Echo hinter Zysten + Abszeß + nekrotisierenden Metastasen (im Vergleich zum Nachbargewebe)

### Doppler- und Farbduplexsonographie

Dopplersonographie: Messung von Strömungsgeschwindigkeiten in Gefäßen • Grenzflächen (Erys) mit Relativbewegungen zur Schallquelle verursachen Frequenzänderung des reflektierten Schallstrahls

Farbduplexsonographie: Kombination aus B-Bild und Doppler-Ultraschall, farbliche Kodierung der Flussrichtung und -geschwindigkeit in Gefäßen (rot = Schallkopf zufließendes Blut, blau = wegfließendes Blut)

- cw-Doppler: continuous Wave
- pw-Doppler: pulsed wave
- Pulsrepetitionfrequenz: umgekehrt proportional zur Tiefe des untersuchten Gewebes

**Indikation:**

Schwangerschaft und Geburt:	ektope Schwangerschaft, Fetus-Tod, Mehrlingsschwangerschaft, Plazentalokalisation, Fruchtwasser-Menge, Fetus-Wachstum, fetale Anomalien, postpartale Komplikationen
Neugeborenes:	intrakranielle Blutungen, Hydrozephalus, Nierendysplasie, Harnwegsobstruktionen, Lebererkrankung, Hüftgelenkdysplasie
Kind:	abdominelle Raumforderungen, stumpfe Bauchtraumen
Erwachsene:	stumpfe Bauchtraumen, freie Flüssigkeit, solide und zystische Raumforderungen, Lokalisation abdomineller Prozesse, röntgennegative Gallen- und Nierensteine, Aortenaneurysma, Pleuraerguss, Gelenkserguss, Schilddrüsendiagnostik, Hodendiagnostik

## 6 Computertomographie

**Methode**

Allgemeines:	Röntgenschichtaufnahme, Bildaufbau per Computer mit 3D-Rekonstruktion (konventionelle Tomographie mit 2-D) • Beschreibung: hypodens – isodens – hyperdens
Technik:	Abtastung von Körperquerschnitten mit Röntgenfächer • Röntgenröhre rotiert um die Körperlängsachse → gegenüberliegender Kranz von elektronischen Strahlendetektoren misst Intensitätsminderung der Röntgenstrahlung • nach jedem Schnittbild Verschiebung des Untersuchungstisches um einige Millimeter → Querschnittsbilder mit Dicken von 2 / 8 / 10mm (Überlagerungsfreie Abbildung der Organe)
Ablauf:	Anpassung an individuelle Patienten-Situation ⇒ Variation der Schnittabstände + Spiralzahl + Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Untersuchungsareals, Ausschnittsvergrößerung, Kontrastmittelgabe, Eingabe von Messdaten (Größe einer Raumforderung, HE-Werte)
Strahlendosis:	pro Schnitt etwa 5-10 mGy • geringere Streustrahlung als bei konventionellem Röntgen, niedrigere Strahlenbelastung für Patienten
Hounsfield-Einheiten:	Luft = -1000 HE, Wasser = 0 HE, Knochen = 1000 HE • Unterscheidung von 2000 verschiedenen Dichtewerten mit Abbildung in 20 Graustufen • Fenstereinstellung: Festlegung eines Dichtewert-Bereiches in dem die 20 Graustufen dargestellt werden ⇒ kontrastreiche Darstellung (Strukturen mit Dichtewerten oberhalb des Fensters = Abbildung als 1 helle Graustufe, unterhalb d. Fensters = 1 dunkle Graustufe)

**Stellenwert**

Vorteile:	überlagerungsfreie Querschnitte, Registrierung auch geringer Dichteunterschiede (Messung der Dichte mit Rückschluss auf Krankheitsprozess), bessere Feinauflösung als MRT, Datenspeicherung (spätere Messungen + qualitativ schlechte Rekonstruktionen in andere Ebenen)
Nachteile:	alleinige Darstellung in Transversalebene (anders als MRT), hohe Anschaffungskosten

**Indikation**

Neuroradio:	intrakranielle Blutungen, intrakranielle Tumoren, Schädel-Hirn-Trauma
Thorax:	Staging von Bronchialkarzinomen, Lungenmetastasen, Aortenaneurysma
Abdomen:	Tumoren, Verletzungen
Skelett:	Kopfverletzungen, Schultergürtel- und Beckenverletzungen, Tumorstaging

## 7 Magnetresonanztomographie

**Methode**

Allgemeines:	Erzeugung von Querschnittsbildern in frei wählbaren Raumrichtungen • Ø Röntgenstrahlen • Anlage eines starken Magnetfeldes um Patienten ⇒ Anregung des Gewebes durch Radiowellenimpuls ⇒ Bildkonstruktion anhand zurückgesandtem Signal
<u>Magnet-Phänomene:</u>	positiv geladener Wasserstoff ist im Körper ungeordnet ausgerichtet ⇒ einwirkendes Magnetfeld größerer Stärke ordnet Felder in eine Richtung • Protonen (H+) drehen sich mit hoher Geschwindigkeit um eigene Achse ⇒ Magnetfeld bewirkt Beschleunigung + Gleichschaltung auf 42 Mio Umdrehungen / sec (42 MHz) • Impulse mit 42 MHz lösen Resonanz aus
<u>Relaxation:</u>	angeregte Objekte verlieren eingestrahlte Energie und bewegen sich in Gleichgewichtszustand zurück ⇒ dabei Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen
<u>T1:</u>	longitudinale Relaxationszeit = 500 msec, zeigt wie schnell Gewebe relaxiert (Dephasierung der Magnetisierung), Gewebeabhängig (festes Gewebe = kurze Zeit, flüssiges Gewebe = lange Zeit)

T2: transversale Relaxationszeit = 50 msec, zeigt wie schnell Spins dephasieren, Gewebeabhängig

### Stellenwert

Vorteile: hoher Weichteilkontrast, Darstellung anhand biochemischer + physikalischer Eigenschaften, Darstellung pathologischer Körperfunktionen (Blutfluss, Liquorfluss, Organkontraktionen), Abbildung von knochenumschlossenen Strukturen (Gehirn, Rückenmark), frei wählbare Schnittebene, keine Röntgenstrahlen, geringerer Kontrastmittel-Einsatz nötig (KM mit weniger Nebenwirkungen)

Nachteile: hohe Kosten, Kontraindikationen (Herzschrittmacher, Metalleinlagerung, intrakraniale OP-Clips), Klaustrophobie + adipöse Patienten, schlechte Darstellung von Verkalkungen (anders CT), hohe Anfälligkeit für Bewegungsartefakte, hoher Zeitaufwand

### Indikation

Gehirn: primäre + metastatische Tumoren, nichtmaligne Erkrankung (Ischämie, Multiple Sklerose, Strahlen)

Rückenmark: Tumoren, Syringomyelie, Bandscheibenveränderung, Osteomyelitis

Herz-Kreislauf: Aortendissektionen, Veränderungen an großen Gefäßen

Becken: Tumoren des Endometriums + Zervix + Prostata

Muskel- + Skelettsystem: Knochentumoren, Gelenkveränderung, Weichteiltumore (Hämangiome, Sarkome)

## 8 andere Methoden

### Angiographie

Arten: • Übersichtsangiographie: Gabe des Kontrastmittels in Aorta abdominalis oder thoracica → Darstellung der großen Arterien + kleiner Abgänge • selektive Angiographie: Gabe des KM in spezielle Arterie → Darstellung des jeweiligen Organsystems • superselektive Angiographie: Darstellung von arteriellen Ästen 2. + höherer Ordnung

Indikation: Arteriosklerose, Aortenaneurysma, Dissektion, Embolie, Stenosen, Verschluss, Gefäßverletzung, Tumoren (präoperativ), Gefäßanomalie)

Punktionstechnik: • Seldinger Technik: femorale + brachiale + axilläre Punktion ⇒ Einführen von Führungsdraht (20-30cm), Einführen Katheters über Ende des Drahtes ⇒ Spritzen des KM

• direkte perkutane Punktion: Karotispunktion, lumbale Aortographie, häufig Komplikation.

Komplikationen: • Punktion: Thrombose, Hämatom, Blutung, Dissektion, Embolie, Fistel, Infektion, Pseudoaneurysma, Vasospasmus • Kontrastmittel: Allergie, renale Dysfunktion, Hyperthyreose

### DSA

Allgemeines: digitale Subtraktionsangiographie, Subtraktion eines Leer-Bildes von Kontrastmittel-Bild (via Computer mit Möglichkeit zu Kontrast- und Helligkeitsbearbeitung), intraarterielle + intravenöse KM-Gabe • Vorteile: weniger Kontrastmittel, schnelle Durchführbarkeit • Nachteile: geringerer Kontrast, Bewegungsartefakte

### Blattfilmtechnik

Allgemeines: konventionelle Röntgentechnik an Durchleuchtungsanlage (bis 6 Bilder / sec) • Vorteile: hohe örtliche Auflösung, geringe Bewegungsartefakte, großer Bildausschnitt • Nachteile: mehr Kontrastmittel, Ø Bild-Nachverarbeitung

### Phlebographie

Punktionstechnik: Punktion einer Vene distal der Untersuchungsregion, Einführen eines Katheters über femoralen oder brachialen Zugang

Methode: DSA, konventionelle Röntgentechnik an BV-TV-Anlage (meist Kippstellung)

## Untersuchungs-Techniken

### PTA - perkutane transluminale Angioplastie

Allgemeines: Therapie von Gefäßverengung + -verschlüssen

Technik: zunächst Angiographie ⇒ perkutanes Einführen eines Ballonkatheters → unter Röntgenkontrolle + Kontrastmittel-Gabe Sondierung + Dilatation von Stenose bzw. Verschluss (initiale Heparin-Injektion, anschließende Antikoagulation)

Indikation: symptomatische Stenose bzw. Verschluss von Extremitätenarterie (AVK IIb, III, IV), Nierenarterienstenose, Stenose bzw. Verschluss von Koronargefäßen

Komplikation: Gefäßverschluss (Thrombose, Intimahyperplasie), Dissektion, Embolie in Peripherie, Gefäßverletzung, Punktionskomplikation, Kontrastmittelreaktion, Organverlust (Nieren-PTA)

### zerebrale Angiographie

Allgemeines: meist DSA • Indikation: Stenose, Aneurysma, a-v-Fisteln, Tumoren, Sinusvenenthrombose, Hirntod-Diagnostik, Interventionen, Kontrolle nach Gefäß-OP, Subarachnoidalblutung, akuter Hirninfarkt, akutes Trauma

Carotis-Angiographie: selektive Darstellung nach femoralem Zugang, Direktpunktion der A. carotis  
Vertebralis-Angiographie: selektive Darstellung nach femoralem Zugang, Gegenstromangiographie über A. brachialis

#### **obere Kavographie**

meist DSA-Technik, simultane Kontrastmittel-Gabe über Cubital- oder Handvene beider Arme • Indikation: unklare Thrombose, Raumforderung

#### **untere Kavographie**

Einbringen des Katheters in V. iliaca communis oder V. cava inferior → Aufnahme in Atemstillstand + Valsalva-Manöver • Indikation: unklare Thrombose, Kompression der V. cava inferior, präoperativ bei Retroperitoneal-Tumor

#### **Pulmonalis-Angiographie**

DSA-Technik, Einführen eines Katheters über V. femoralis oder V. mediana cubiti bis vor rechten Vorhof → Kontrastmittel-Gabe → Aufnahme bei maximaler Inspiration + Atemanhalten → Darstellung von Truncus pulmonalis + li-re A. pulmonalis • Indikation: akute Lungenembolie, pulmonale Hypertonie, Aneurysma, a-v-Fisteln, Gefäßanomalie, Tumoreninfiltration

#### **Angiographie - A. hepatica communis**

transfemorale Punktion und superselektive Sondierung der A. hepatica communis über Truncus coeliacus ⇒ Anfertigung von Serienangiogrammen • Indikation: präoperativ vor Leber-OP, unklarer Leberbefund

#### **Lebervenographie**

direkte Sondierung über V. cava inferior • Indikation: präoperativ vor Leber-OP, posthepatischer Block, unklarer Leberbefund

#### **Splenoportographie**

Indikation: präoperativ vor Leber-OP, prähepatischer Block, unklare Leberbefunde, Beurteilung von portokavalen Anastomosen

indirekte: Darstellung der Pfortader über A. lienalis (A. lienalis → Milz → V. lienalis → V. portae)

direkt: Punktion der Milz von lateral mit Kontrastmittel-Gabe

#### **Angiographie - Niere**

zunächst Übersichtsangiographie mit Darstellung beider Nieren in arterieller + parenchymatöser + venöser Phase (Katheter kranial von L2), danach selektive Darstellung der einzelnen Nierenarterien (a.p. + links + rechts) • Indikation: unklare Raumforderung, renovaskulärer Hypertonus, Gefäßverletzung, PTA bei Nierenarterienstenose

#### **Becken-Bein-Angiographie**

meist als Blattfilmangiographie (Verschiebetechnik), transfemorale Punktion (am besseren Bein) mit Einführen des Katheters bis 2cm vor Aortenbifurkation → Leeraufnahme (Ausschluss von Artefakten) → Kontrastmittel-Gabe, DSA-Technik bei schlechter Darstellung einer Gefäßebene • Indikation: Arteriosklerose, Aneurysma der Aorta abdominalis, Embolie, Thromboembolie, plötzlicher Gefäßverschluss, PTA

#### **Phlebographie - untere Extremität**

Punktion an distaler Vene des Fußrückens → Kontrastmittel-Gabe bei angelegtem Stauschlauch am Knöchel (∅ Abfluss in oberflächliche Venen) → Röntgenaufnahme bei 45°-Neigung → nach Untersuchungsende Spülen mit Kochsalz (KM-Venenreizung) • Indikation: V.a. tiefe Beinvenenthrombose, Varikosis (präoperativ), vor Venenentnahme bei Bypass-OP, unklare Beinschwellung

#### **Phlebographie - obere Extremität**

Punktion an Vene des Handrückens oder Unterarmvene → Kontrastmittel-Gabe und liegende Aufnahme • Indikation: V.a. Armvenenthrombose, Paget-von-Schroetter-Syndrom, unklare Armschwellung, präoperativ

## 9 Kontrastmittel

- Darstellung von normalerweise schlechtdifferenzierbaren Weichteildichten Strukturen durch Gabe von röntgendifferentem Material
- röntgenpositive KM: Jod- oder Bariumhaltig • röntgennegative KM: Luft, CO<sub>2</sub>

#### **Anwendung**

CT, Urographie, Angio: nicht-ionische Kontrastmittel, leicht hyperosmolar

Kinder: nicht-ionische Kontrastmittel, isoosmolar

Pyelographie, Zystographie, Miktionsurethrographie, Arthrographie, Sialographie, Dakryographie, Fisteln: ionische Kontrastmittel (billig, geringe systemische Aufnahme)

Magen-Darm-Trakt: • Bariumsulfat in wässriger Suspension (nicht-resorbierbar, gleichmäßige Benetzung der Schleimhaut, Darstellung feiner Reliefveränderungen • Doppelkontrasttechnik: medikamentöse

Verbesserung der Schleimhautbenetzung durch Sekretionsstop (Atropin, Buscopan), per Os oder rektale Gabe von Luft oder CO<sub>2</sub>

intravenöse Cholegraphie: nicht-ionische Kontrastmittel mit Elimination über Leber und Gallenwege (hohe Plasmaeiweißbindung verhindert renale Ausscheidung), starke Nebenwirkungen (strenge Indikationsstellung, langsame + überwachte Infusion)

Bronchographie: nicht-ionische Kontrastmittel, KM-Suspension (mit Jodverbindungen), Doppelkontrast durch gleichzeitige Luftgabe, durch Zähflüssigkeit kein Vordringen in Alveolen

MR-Kontrastmittel:

### Nebenwirkungen

Allgemeines:

Kontrastmittel-Allergie:

• Schmerz und Hitzegefühl bei intravasaler Injektion • schwere systemische NW anaphylaktische Unverträglichkeitsreaktion, bei Risikopatienten vorher Gabe von Histaminrezeptor-Antagonisten oder Kortikoidprämedikation • Stadien: Stadium I (Hautreaktion, leichte Allgemeinbeschwerden), Stadium II (gastrointestinale Symptome, schwere Kreislaufreaktionen), Stadium III (anaphylaktischer Schock), Stadium IV (Herz-Kreislauf-Stillstand)

akutes Nierenversagen: renale Elimination von parenteral applizierten Jodhaltigen Kontrastmittel muss mit Flüssigkeitszufuhr oder Diurese unterstützt werden • bei latenter Nierenerkrankung Gefahr des Nierenversagens (vorherige Bestimmung der Nierenfunktion über Serumkreatinin)

Hyperthyreose und thyreotoxische Krise: jodinduziert, latent oder manifest hyperthyreote Patienten produzieren bei Gabe von Jodhaltigen KM vermehrt Schilddrüsenhormone ⇒ symptomatische Hyperthyreose bis thyreotoxische Krise (25% letal)

### Gastrointestinaltrakt

#### Indikation

Ösophagus: Fisteln, Stenosen, Entzündungen, Ösophagusvarizen, Tumoren, Divertikel, Hiatushernie

Magen: Entzündungen, Tumoren, Vernarbungen, Lage- und Formvarianten, Verdrängung durch Nachbarorgane, atrophische und hyperplastische Veränderungen

Dünndarm: Pankreaskopf-Erkrankung, Stenosen, Entzündungen, Stoffwechselerkrankungen, Tumoren, lymphatische Systemerkrankungen, Meckel-Divertikel

Dickdarm: Tumoren, Entzündungen, Lageanomalien, Fisteln, Verlagerung bei Hernie, p.o. Verdrängung

#### Methode

Allgemeines: Nüchternheit bei Untersuchung des oberen GIT • Prallfüllung: Beurteilung von Form + Außenkonturen + Dehnbarkeit + Rigidität + Peristaltik + Impressionen • Schleimhautfaltenrelief: geringe KM-Gabe für Darstellung von Ulzerationen + submuköse Raumforderungen + Tumorfaltenabbrüche • Doppelkontrast: nach Prallfüllung Entfaltung des Organs, Darstellung von diskreten Schleimhautveränderungen + Polypen

Ösophagus: • KM: Bariumsulfat, Gastrografin, Isovist, Hytrast • möglichst Nüchtern • Cave: Perforation, Ruptur, Aspiration • Prallfüllung: Belichtung im Moment der KM-Passage • Schleimhautrelief: Belichtung nach der KM-Passage • Doppelkontrast: Luft schlucken

Magen: • absolute Nüchternheit: ∅ Essen, ∅ Trinken, ∅ Rauchen, ∅ Medikamente, Untersuchung vor 10 Uhr wegen Nüchternsekrets • Schleimhautrelief: wenig KM • Prallfüllung: 2 Becher KM • Doppelkontrast: Gabe von Brausepulver, in Hypotonie (Gabe von Buscopan oder Glukagon ⇒ ∅ Kontraktionen), ohne Hypotonie (bei Funktionsprüfungen)

### Bronchographie

Indikation: Bronchienerkrankung, angeborene Bronchienfehlbildung

Methode: Lokalanästhesie des Nasen-Rachen-Raums ⇒ unter Durchleuchtung Einführen eines Bronchialkatheters in Hauptbronchus ⇒ Injektion des Kontrastmittels (Hytrast, ∅ Vordringen in Alveolarraum) ⇒ Röntgenaufnahme ⇒ Absaugen und Abhusten des KM • abnehmende Bedeutung durch Bronchoskopie, CT

Befunde: • Bronchiektase: zylinder- oder sackförmige Bronchuserweiterung • neoplastische oder entzündliche Stenosen

### Arthrographie

Indikation: • Kniegelenk: Meniskusläsion • Sprunggelenk: Knorpeldefekte, freie Gelenkkörper, fibulotalare Bandruptur • Hüftgelenk • Schultergelenk: Ruptur der Rotatorenmanschette • Ellenbogengelenk: Osteochondrosis dissecans, Kapselbandruptur • Handgelenk

Methode: Injektion des Kontrastmittels (jodhaltige KM, wasserlösliche KM, Luft) ⇒ Durchleuchtung in mehreren Ebenen • nur bei Versagen anderer klinischer Untersuchungen und Nativdiagnostik

Zugriff auf das komplette Skript und die  
Möglichkeit zum Ausdrucken erhalten  
sie nach der Anmeldung bei  
[www.med-school.de](http://www.med-school.de).