

Zonen mit unterschiedlicher Höhenstrahlung (11 km Höhe, Dezember 2002, $\mu\text{Sv/h}$)

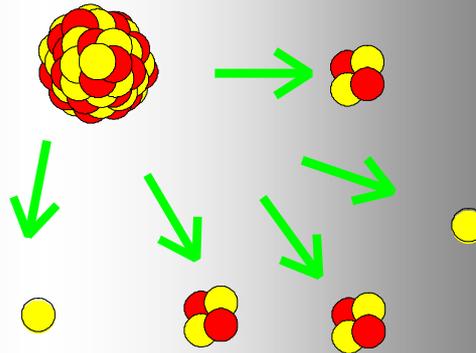


Strahlenbelastung von Patient und Personal



Zerfall von Atomen

- Es gibt stabile und zerfallende Atome.
- Beim Zerfall wird Strahlung ausgesendet.



Strahlungsarten

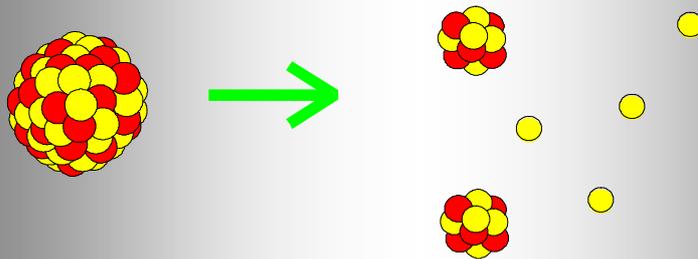
- Alphastrahlung:
2 Protonen und 2 Neutronen
Die elektrische Ladung ist positiv.
- Betastrahlung:
Elektronen mit negativer Ladung
- Neutronenstrahlung:
Neutronen mit keiner Ladung
- Gammastrahlung und Röntgenstrahlung:
keine Ladung und keine Masse
= elektromagnetische Strahlung





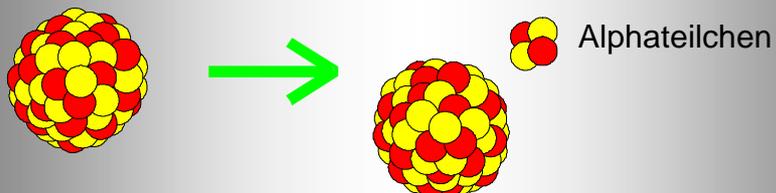
Kernspaltung von Atomen

Der Kern wird in etwa gleich große Teile gespalten und sendet Neutronen aus = Neutronenstrahlung.



Alphazerfall

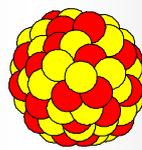
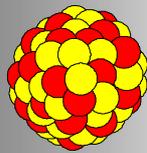
Der Kern sendet 2 Protonen und 2 Neutronen aus = Alphastrahlung.





Betazerfall

Der Kern sendet Elektronen aus = Elektronenstrahlung.

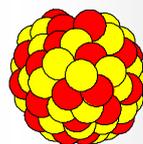
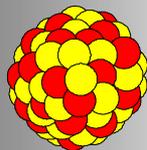


● Betateilchen



Gammastrahlung

Der Kern sendet ein Photon, eine elektromagnetische Welle aus = Gammastrahlung.

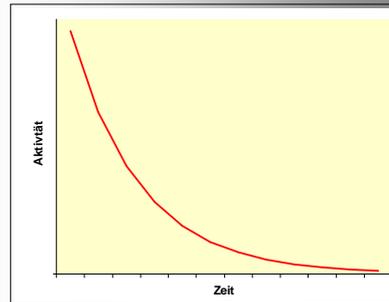


Gammastrahlung



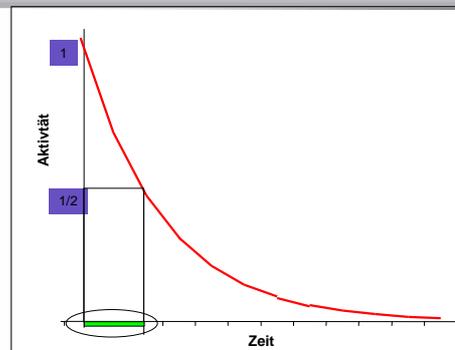
Aktivität

Aktivität: Zerfall von Atomen pro Sekunde
Maßeinheit der Aktivität ist Becquerel (Bq).
Je höher die Aktivität, umso gefährlicher ist der Stoff.



Halbwertszeit

Es gibt schnell und langsam zerfallende Stoffe.
Halbwertszeit:
Zeit, in der die Aktivität auf die Hälfte abgenommen hat.





Gesetzlich benannte Personen im Umgang mit ionisierender Strahlung



Der Strahlenschutzverantwortliche ...

- ist Unternehmer, Vorstand oder Geschäftsführer.
- bestellt den Strahlenschutzbeauftragten.
- trägt die Verantwortung.
- muss nicht fachkundig sein (nur wenn kein Strahlenschutzbeauftragter bestellt ist).





Der Strahlenschutzbeauftragte ...

- wird vom Strahlenschutzverantwortlichen bestellt.
- besitzt die Fachkunde.
- hat Weisungsbefugnis.
- stellt den sicheren und vorschriftsmäßigen Betriebsablauf sicher.
- ist persönlich haftbar.
- darf bei seinen Pflichten nicht behindert werden.



Fachkunde des Strahlenschutzbeauftragten

- Fachkunde ist die Voraussetzung zur Bestellung.
- Fachkunde ist die Voraussetzung für die Genehmigung.

Fachkunde:

- geeignete Ausbildung mit praktischer Erfahrung
- erfolgreiche Teilnahme am Fachkundekurs
- regelmäßige Weiterbildung





Sonstige Personen

- Kenntnisse über die Gefährdung und Schutzmaßnahmen
- regelmäßige Unterweisung

Sonstige Personen sind auch:

- Reinigungspersonal
- Personen, die Geräte warten



Strahlenwirkung

Wenn Strahlung auf Materie trifft, wird Energie übertragen.

Die übertragene Energie kann Materie verändern oder schädigen.



Direkte Ionisierung

- Alphastrahlen:
2 Protonen und zwei Neutronen
Die elektrische Ladung ist positiv  Ladung +2
- Betastrahlung:
Elektronen mit negativer Ladung  Ladung -1

**Übertragung von Energie durch geladene Alpha- oder Beta-
teilchen auf Materie.**



Indirekte Ionisierung

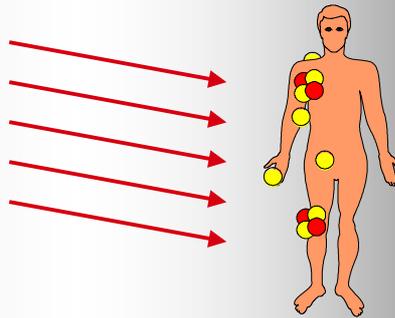
- Neutronenstrahlung:
Neutronen mit keiner Ladung 
- Gammastrahlung und Röntgenstrahlung:
keine Ladung und keine Masse 

**Das Auftreffen der ungeladenen Neutronen oder Gamma-
strahlung führt ebenfalls zur Freisetzung von Ladung in der
Materie.**



Dosis

Dosis: Wirkung der Strahlung auf einen Organismus
Maßeinheit der Dosis ist Sievert (Sv).
= ein Maß für die biologische Wirksamkeit



Dosisbegriffe

Ionendosis: Anzahl der erzeugten Ionen pro Masseneinheit

Energiedosis: die übertragene Energie pro Masseneinheit

Radiologisch bewertete Dosis: Maß für die Gefährdung durch Strahlung



Äquivalentdosis

**Äquivalentdosis: bezüglich der biologischen Gefährdung
bewertete Energiedosis
Personen- bzw. Körperdosis und Ortsdosis**



Personendosis



Ortsdosis

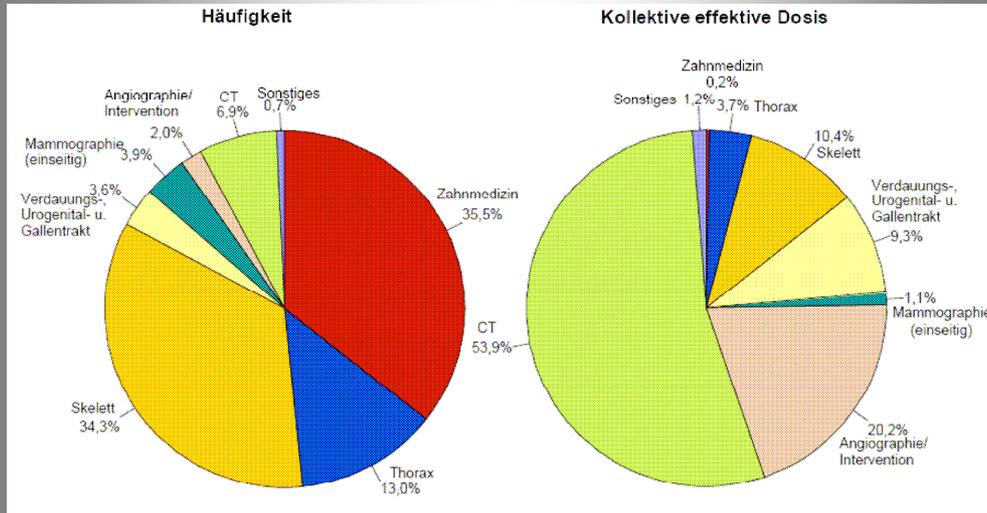


Folgen von Strahlen

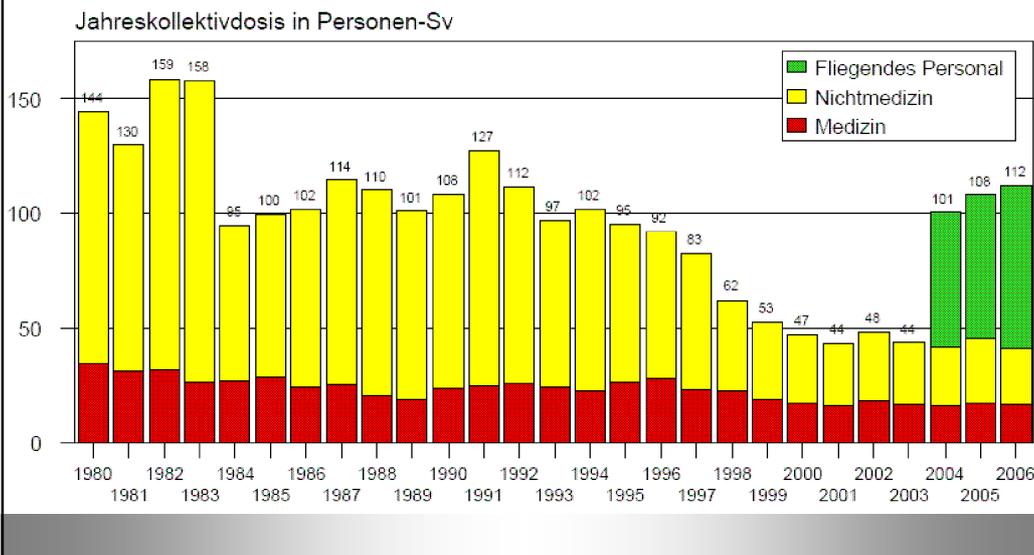
- tödliche Dosis 7.000 mSv
- Schwellenwert für akute Strahlenschäden 250 mSv
- Jahresgrenzwert für strahlenexponierte Personen 20 mSv
- durchschnittliche Belastung für Bundesbürger 4 mSv



Untersuchungen in Deutschland



Jahreskollektivdosen





Berechnung der Dosis aus der Aktivität

$$\text{Dosis} = \frac{A \times K_{\gamma} \times T}{r^2} \times \frac{1}{S_g}$$

- A = Aktivität
- K_{γ} = Konstante, repräsentativ für den Strahler
- T = Aufenthaltsdauer
- r = Abstand zur Strahlenquelle
- S_g = Abschirmungskoeffizient



Dosisleistung

$$\text{Dosisleistung} = \frac{\text{Dosis}}{\text{Zeit}}$$

z.B. mSv/h oder $\mu\text{Sv/h}$



Körperdosis und Energiedosis

Die Körperdosis kann nicht direkt gemessen werden.
Maßeinheit: Sievert (Sv)

Die Energiedosis beschreibt die Energieübertragung auf die Materie.
Maßeinheit: Gray (Gy)



Minimierungsgebot



Jede unnötige Strahlenexposition vermeiden!

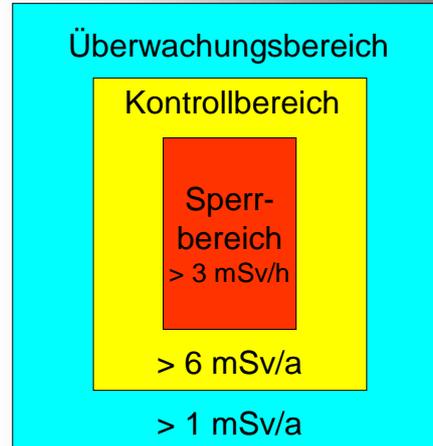


Jede unvermeidbare Strahlenexposition so gering wie möglich halten!



Strahlenschutzbereiche

- Überwachungsbereich
> 1 mSv pro Jahr
- Kontrollbereich
> 6 mSv pro Jahr
- Sperrbereich (nur StrlSchV)
Dosisleistung > 3 mSv/h



Kennzeichnung von Strahlenschutzbereichen

Kontrollbereiche und Sperrbereiche müssen deutlich gekennzeichnet werden.





Kennzeichnung von Strahlenschutzbereichen

Kontrollbereiche müssen deutlich gekennzeichnet werden.

Kein Zutritt – Röntgen



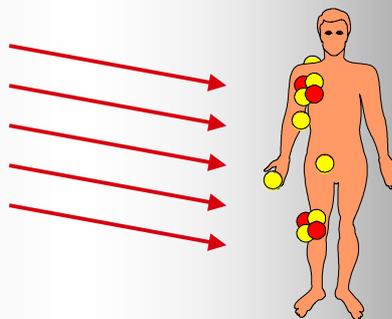
Kontrollbereiche nach RöV sind abzugrenzen!



Expositionswege

Strahlung von außen kann einen Körper schädigen.

- kosmische Strahlung
- erdgebundene Strahlung
- künstliche Strahlung (Röntgenstrahlung)
- Gamma-, Beta- oder Neutronenstrahlung

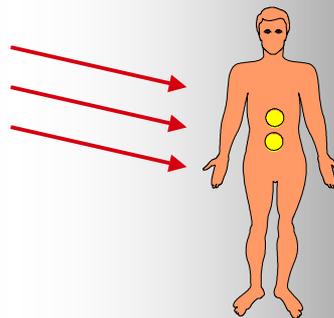




Expositionswege

Zu Strahlung von innen kommt es, wenn radioaktive Stoffe in den Körper gelangen.

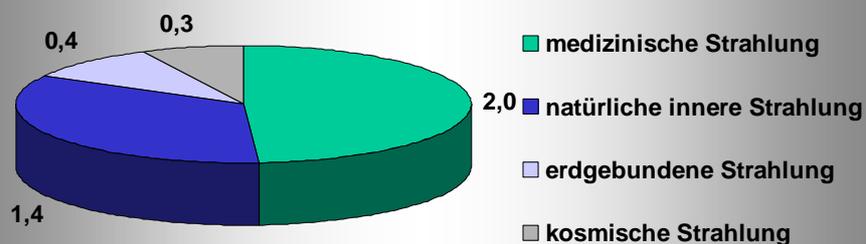
- Einatmen von Staub
- Verschlucken von Materie
- Eindringen durch Hautwunden



Strahlenexposition eines Menschen



durchschnittliche Dosisleistung ca. 4,1 mSv pro Jahr





Ursachen von Strahlung



50 % der Strahlung sind natürlich.
50 % sind menschenverursacht.



98 % der menschenverursachten Strahlung ist auf die
Medizin zurückzuführen.



Die 3 A's des Strahlenschutzes

Minimierung der Gefährdung durch folgende 3 Grundregeln:

Abstand halten

Aufenthaltsdauer beschränken

Abschirmung verwenden



Abstand halten

Je größer der Abstand ist, umso weniger Strahlung trifft auf die Materie.



A



Abstand

Die Dosis nimmt mit der zweiten Potenz des Abstands ab =
quadratisches Abstandsgesetz.



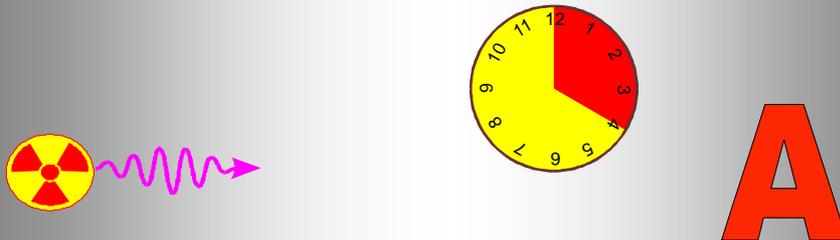
doppelter Abstand = 4-mal geringere Dosis
dreifacher Abstand = 9-mal geringere Dosis





Aufenthaltsdauer beschränken

Je kürzer man sich in der Reichweite einer Strahlenquelle aufhält, umso weniger Strahlen treffen auf die Materie.



Aufenthaltsdauer

Je kürzer die Aufenthaltsdauer, umso geringer ist die Dosis.

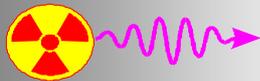


halbe Zeit = halbe Dosis
viertel Zeit = viertel Dosis



Abschirmung verwenden

Je stärker eine Strahlung durch eine Abschirmung absorbiert wird, umso weniger Strahlen treffen auf die Materie.

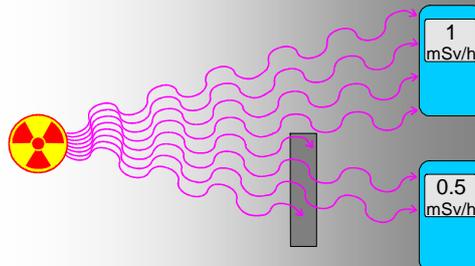


Abschirmung

Die Halbwertsdicke bezeichnet die Dicke eines Abschirmmaterials, durch die die Dosis auf die Hälfte reduziert wird.

Beispiele für Halbwertsdicken:

Material	Energie		
	0,25 MeV	1 MeV	5 MeV
Aluminium	2,4 cm	4,3 cm	9,3 cm
Kupfer	0,8 cm	1,4 cm	2,6 cm
Blei	0,4 cm	0,9 cm	1,5 cm





Abschirmung von Alphateilchen

Alphastrahlung:
2 Protonen und zwei Neutronen
Die elektrische Ladung ist positiv.



**Reichweite der Alphateilchen: Die Energie in MeV
entspricht der Reichweite in cm in der Luft.**



Alphateilchen müssen nicht abgeschirmt werden.



Abschirmung von Betateilchen

Betastrahlung:
Elektronen mit negativer Ladung



**Reichweite der Betateilchen:
wenige Meter in der Luft, bis zu einem Zentimeter im
Gewebe**



Betateilchen werden durch wenige Zentimeter Aluminium
oder Plexiglas wirkungsvoll abgeschirmt.



Abschirmung von Gammastrahlung

Gammastrahlung:
keine Ladung und keine Masse
= elektromagnetische Strahlung



Dosisleistung der Gammastrahlung:

- In der Luft wird Gammastrahlung nicht geschwächt,
- in 50 cm Gewebe auf ein Zehntel reduziert.



Gammastrahlung wird durch Stoffe mit hoher Ordnungszahl effektiv geschwächt, z.B. Blei.

Aber: „Wegen der im Vergleich zur Röntgendiagnostik wesentlich höheren Energie der in der nuklearmedizinischen Diagnostik verwendeten Gammastrahlung ist ein Schutz durch Bleischürzen nicht möglich.“
„...für die Umgebung (Personal) können Bleischürzen verwendet werden. 0,5 mm Blei schwächen die Strahlung bei den meisten Untersuchungen z.B. auf 1/3.“



Abschirmung von Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlung:
keine Ladung und keine Masse
= elektromagnetische Strahlung



Das Verhalten von Röntgenstrahlung ist abhängig von:

- Abschirmmaterial
- Energie der Strahlung
- Filterung



Röntgenstrahlung wird durch Stoffe mit hoher Ordnungszahl und hoher Dichte geschwächt.



Die drei A des Strahlenschutzes

Abstand
halten

Aufenthaltsdauer
beschränken

Abschirmungen
verwenden



Patientenschutzmittel in der Röntgendiagnostik

Schutzkleidung

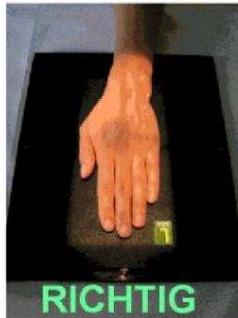


Gonadenschutz





Patientenpositionierung und Einblendung



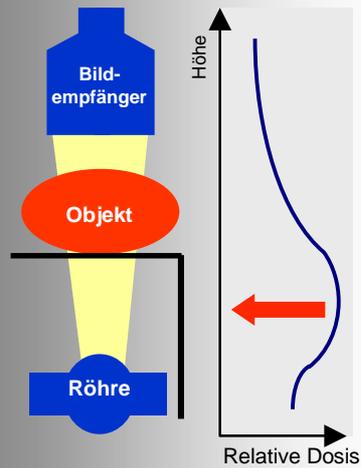
Schutzkleidung für Röntgenpersonal



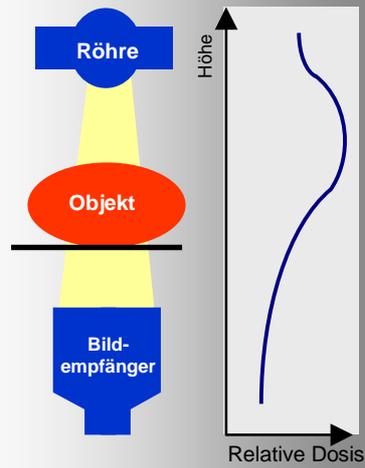


Positionierung der Röhre

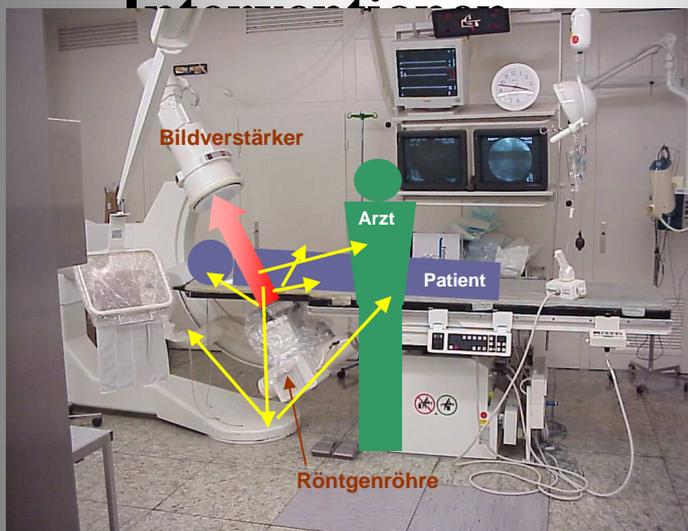
Untertischposition



Obertischposition



Strahlenexpositionssituation bei Interventionen



Nutzstrahlung



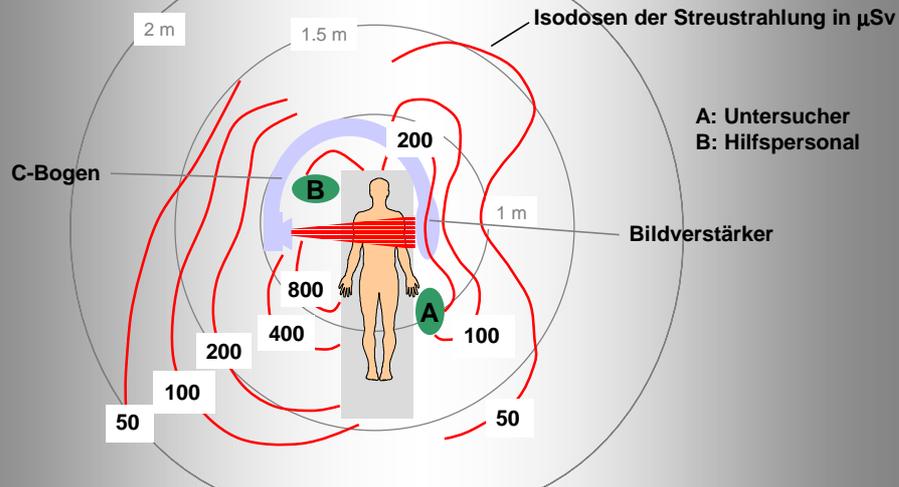
Streustrahlung



Die Strahlenexposition
des Patienten und des
Arztes ist inhomogen.



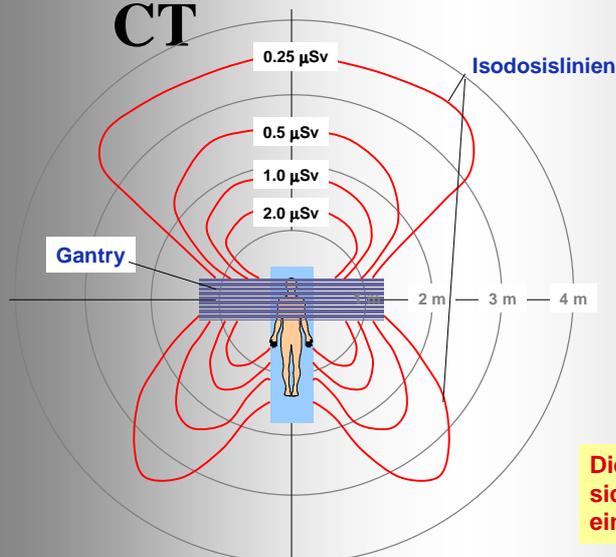
Raumisodosen in Tischhöhe



Streustrahlung trägt zur Strahlenexposition des Untersuchers bei.



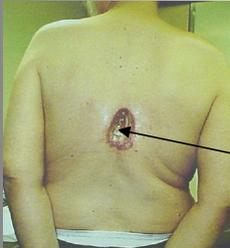
Isodosen im Strahlungsfeld eines CT



Die Dosisangaben beziehen sich auf 250 mAs für eine einzelne Schicht von $d = 1 \text{ cm}$.

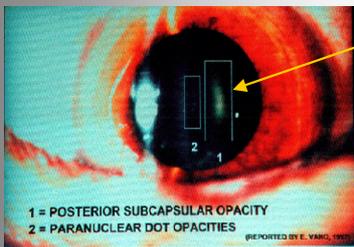


Beispiele für Schäden als Folge interventioneller Maßnahmen



Beispiel eines strahleninduzierten Hauteffekts an einem Patienten infolge kumulierter Hautdosis von etwa 20 Gy nach Koronarangiografie und 2 Angioplastien

Geschwürbildung 21 Monate nach der ersten Anwendung



1 = POSTERIOR SUBCAPSULAR OPACITY
2 = PARANUCLEAR DOT OPACITIES
REPORTED BY E. YABO, MD

Katarakt am Auge eines interventionell tätigen Arztes nach wiederholter Anwendung einer Röntgenröhre in „Über-Tisch“-Anordnung



Maßnahmen zur Dosisreduzierung für den Patienten bei interventionellen Röntgenuntersuchungen

Die Strahlzeiten sind so niedrig wie möglich zu halten.

Der Röhrenstrom ist so niedrig und die Röhrenspannung so hoch wie möglich zu halten.

Der Abstand der Röntgenröhre zum Patienten ist so groß wie möglich und der Abstand des Bildverstärkers zum Patienten so gering wie möglich zu halten.

Die Feldgröße auf dem Patienten sollte so klein wie möglich sein.

Bei längeren Untersuchungen lässt sich die Hautdosis durch Ändern des Einfallwinkels des Röntgenstrahls verringern.



Beachte: Reduzierung der Patientendosis reduziert die Strahlenexposition des Personals!!!



Faktoren für unnötige Strahlenexpositionen

- Auf vorhandene Röntgenuntersuchungen wird nicht zurückgegriffen.
- Eingefahrene Verhaltensweisen behindern die Anwendung von Alternativverfahren.
- Anordnung zur Röntgenuntersuchung, ehe die gesamte klinische Diagnostik erschöpft ist.
- Untersuchungen zur Ausschlussdiagnostik oder bei Bagatellverletzungen
- Röntgenuntersuchungen bringen Honorare ein.

