

Herzlich willkommen



Strahlenschutz in der Tierheilkunde





Wer muss unterwiesen werden?

Unterwiesen werden müssen:

Personen mit Tätigkeiten und möglichem Aufenthalt im Kontrollbereich

Sperrbereich: kein Zutritt

Personen mit anzeige- oder genehmigungspflichtigen Tätigkeiten

auch außerhalb von Kontrollbereichen



Aufzeichnungspflicht

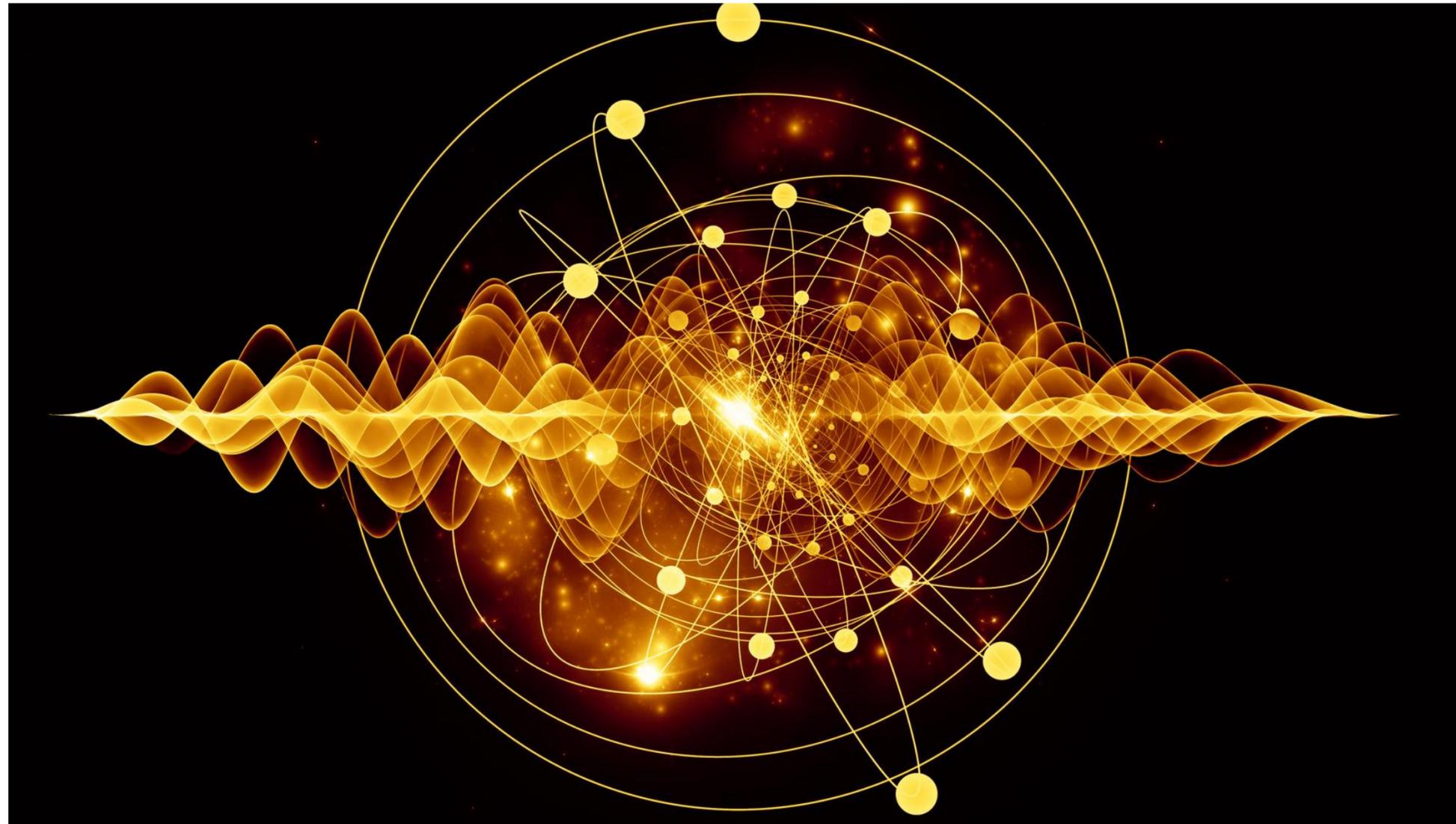
Dokumentation umfasst:

- Unterweiser
- Inhalte
- Ort und Datum
- Teilnehmer
- Unterschrift der unterwiesenen Personen

Aufbewahrungsfrist: fünf Jahre



Ionisierende Strahlung





Strahlenschutzunterweisung

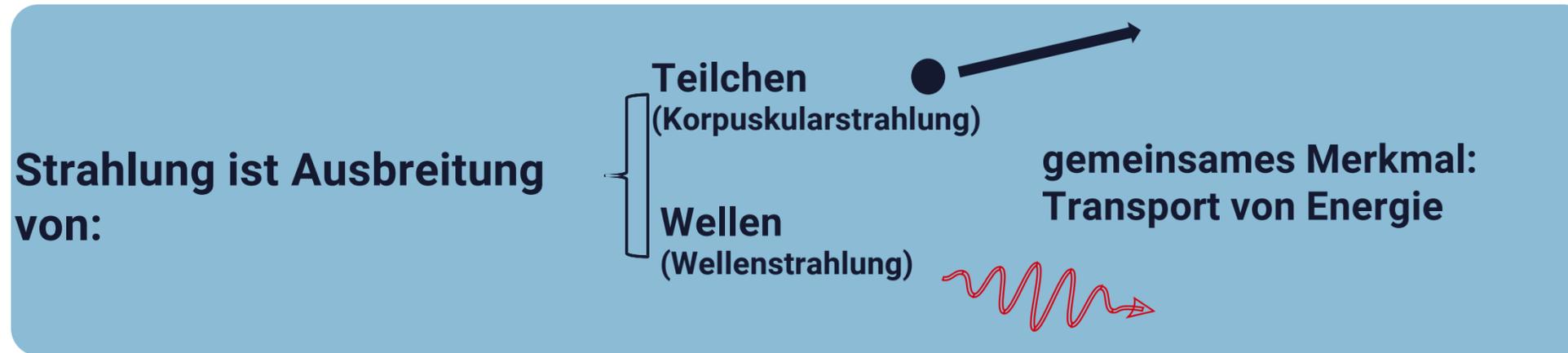
... oder was man nicht machen sollte ;)

- Ionisierende Strahlung
- Strahlenexposition des Menschen
- Grundlagen der biologischen Wirkung ionisierender Strahlung
- Dosimetrie
- Strahlenschutz
- Praktischer Umgang mit Röntgenstrahlen
- Gesetzliche Vorgaben

Ionisierende Strahlung

- Was ist Strahlung?
- Ionisierende Strahlung und andere Strahlenarten
- Beispiele für ionisierende Strahlung
- Wichtige Arten ionisierender Strahlung
- Reichweite ionisierender Strahlung
- Reichweite ionisierender Strahlung in Materie
- Was ist Röntgenstrahlung?

Was ist Strahlung?



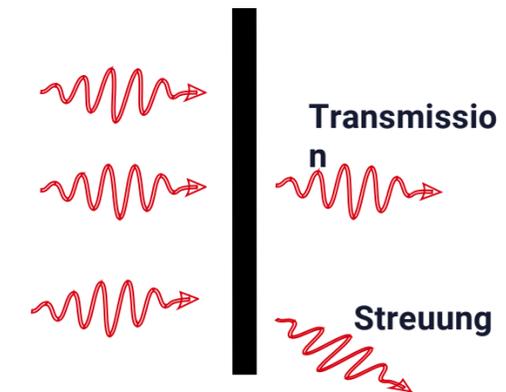
Strahlung hat immer eine Ursache (Strahlenquelle) und eine Richtung (Strahlungsrichtung).

Trifft Strahlung auf Materie, kann sie mit dieser in Wechselwirkung treten.

Beispiele für Strahlenquellen



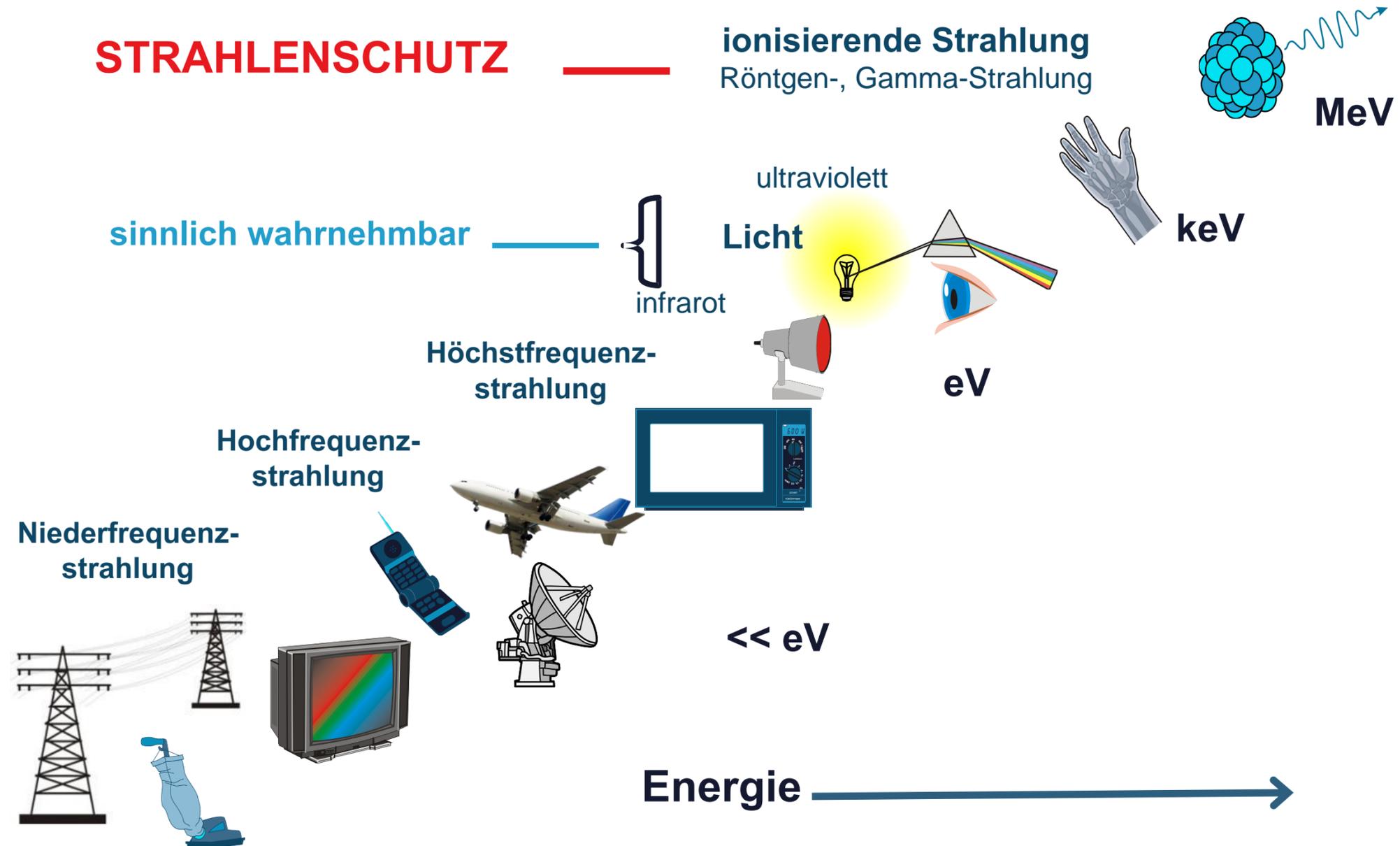
Absorption



Beispiele für Wechselwirkungen



Ionisierende Strahlung und andere Strahlenarten



Beispiele für ionisierende Strahlen

Sie alle haben unterschiedliche Ursachen,
jedoch gleiche Wirkung auf Materie.

- Röntgenstrahlung
- Kernstrahlung (Radioaktivität)
- Strahlung aus Beschleunigern
- kosmische Strahlung
- Neutronen



Wichtige Arten ionisierender Strahlung

Die für den praktischen Strahlenschutz wichtigsten Strahlenarten sind:

elektrisch geladene Teilchen	elektrisch neutrale Teilchen
Alpha-(α-)Teilchen: 2 Protonen + 2 Neutronen doppelt positiv geladen	Photonen: Röntgen- oder Gamma-Quanten <ul style="list-style-type: none">• elektromagnetische Strahlung• keine Ladungsträger• keine Ruhemasse
Beta-(β-)Teilchen: Elektron (negative Elementarladung) Positron (positive Elementarladung)	Neutronen: keine elektrische Ladung



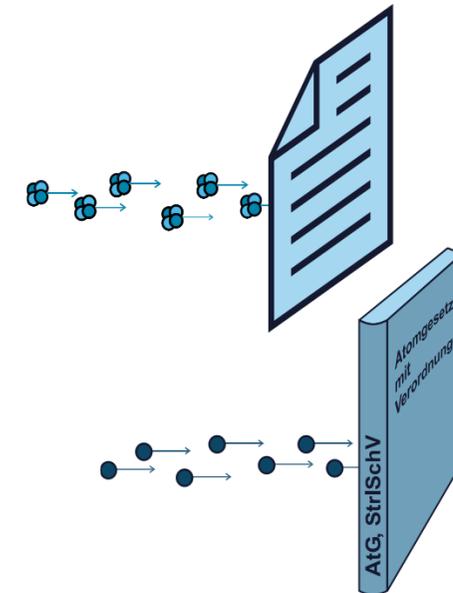
Reichweiten ionisierender Strahlung

Alpha-Strahlung

- Reichweite in Luft: wenige Zentimeter
- Reichweite in Gewebe: einige Mikrometer

Beta-Strahlung

- Reichweite in Luft: maximal wenige Meter
- Reichweite in Gewebe: wenige Millimeter



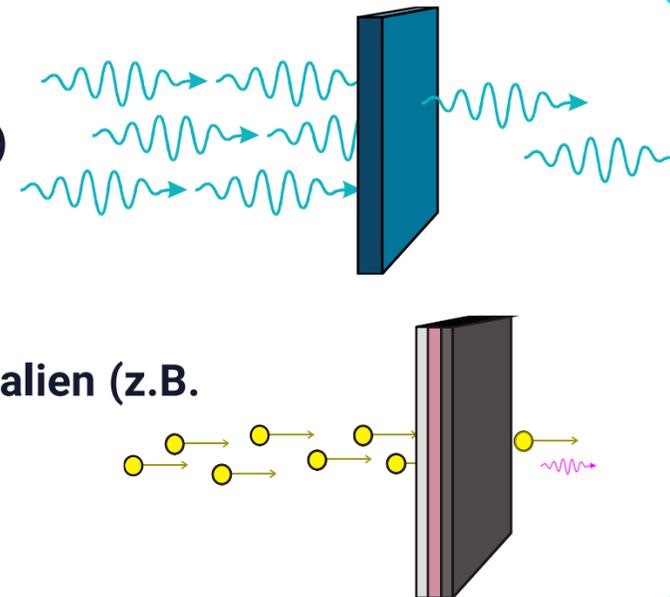
geladene Teilchen

Gamma- und Röntgenstrahlung

- Reichweite in Luft: viele Meter
- Schwächung durch Materialien hoher Dichte (z.B. Blei)

Neutronenstrahlung

- Reichweite in Luft: viele Meter
- Schwächung durch Kombination verschiedener Materialien (z.B. Paraffin + Cadmium + Blei)



ungeladene Teilchen

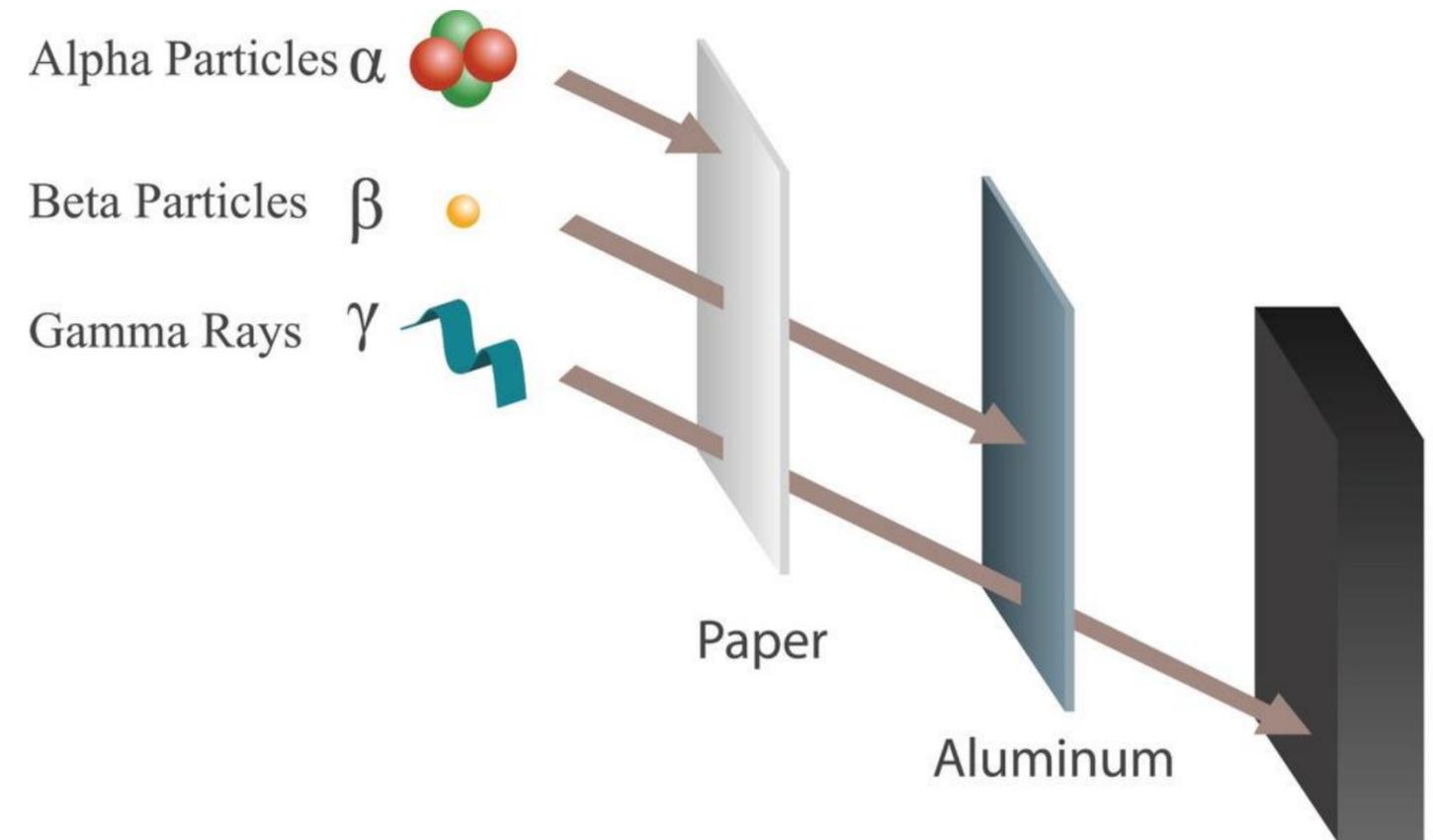


Reichweiten ionisierender Strahlung in Materie

Trifft Strahlung auf Materie, so wird deren Energie übertragen (**Wechselwirkung**).

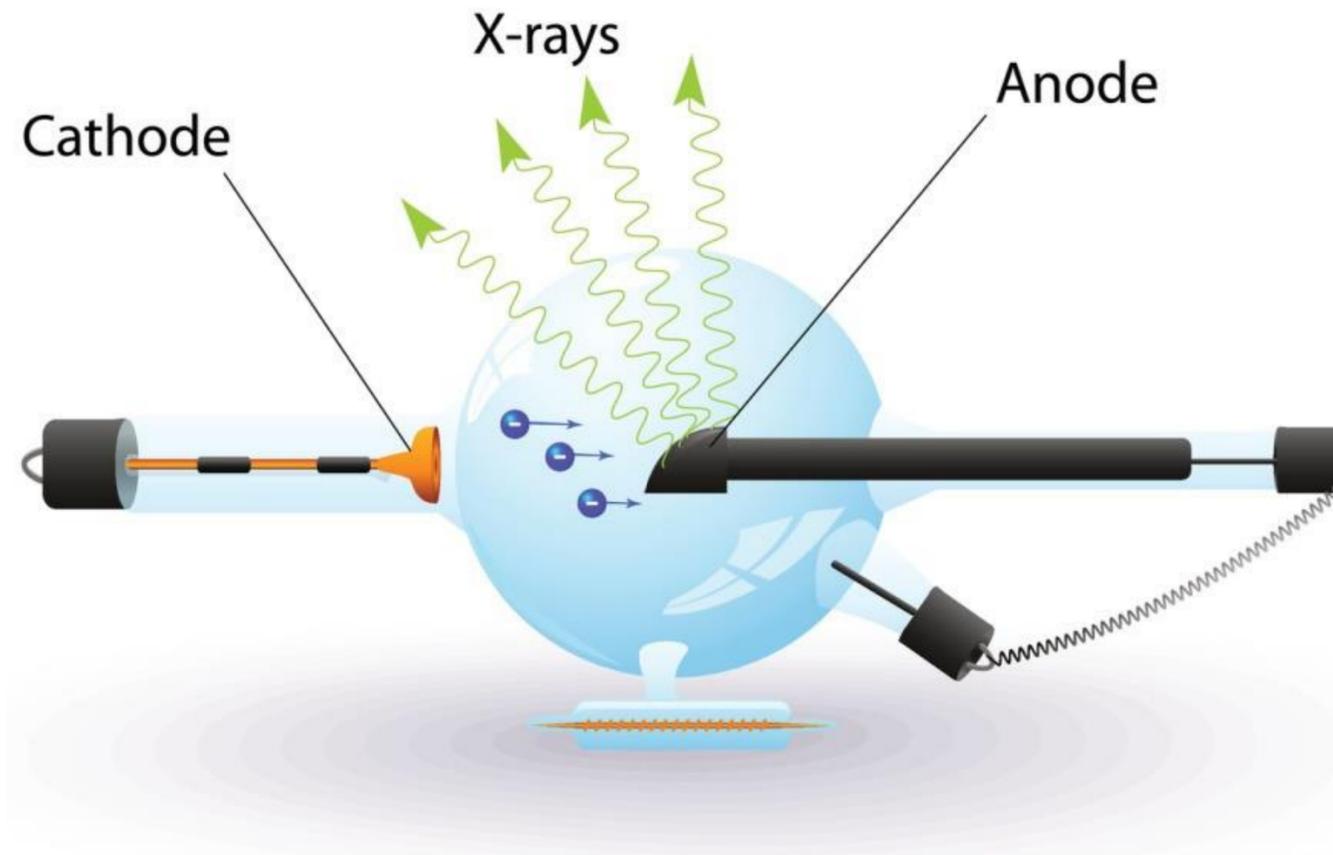
Dies verursacht Veränderungen in Ionisierungen, die zu Schädigungen führen können.

**Grobe
Abschätzung!**



Was ist Röntgenstrahlung?

X-RAY TUBE



- energiereiche **elektromagnetische Strahlung** (Photonenstrahlung)
- durchdringende Strahlung = Röntgenröhre emittiert Photonen.

Photonen:

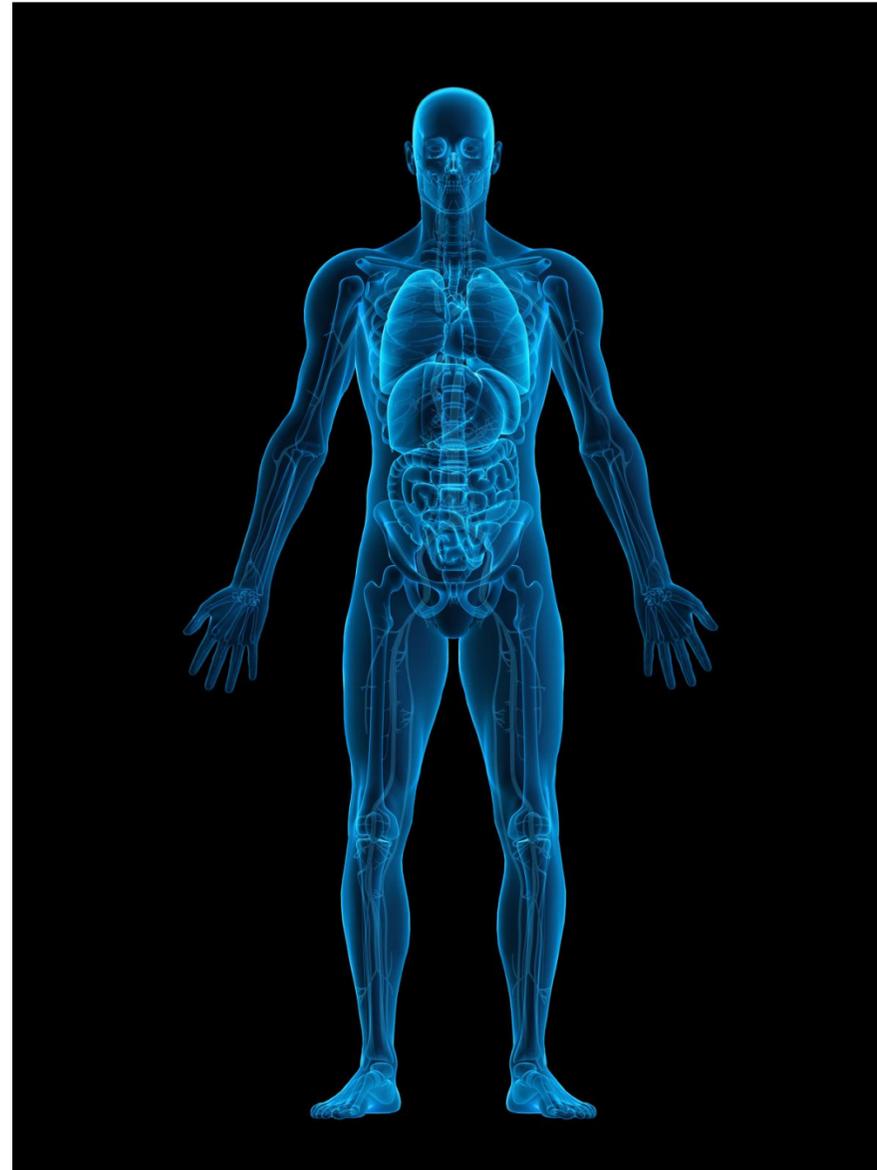
- masselose, ungeladene „Energiepakete“
- wirken (indirekt) ionisierend



Strahlung ist nicht wahrnehmbar



Strahlenexposition des Menschen



Strahlenexposition des Menschen

- Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland
- Expositionsarten
- Zivilisatorische Strahlenexposition
- Strahlenexposition bei Flugreisen
- Strahlenexpositionen bei medizinischen Anwendungen
- Strahlenexpositionen pro Untersuchung des Haltepersonals an Hund und Katze

Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland

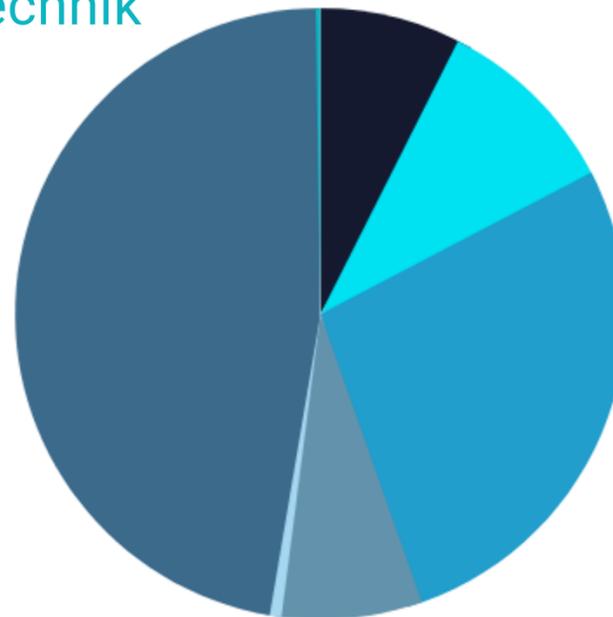
Gesamtexposition der Bevölkerung: ca. 4 mSv/a

(nach Angaben des Bundesamtes für Strahlenschutz)

Anwendung ionisierender
Strahlung in Forschung und Technik
< 0,01 mSv/a

ionisierende
Strahlung
in der Medizin,
Röntgendiagnostik
ca. 1,9 mSv/a

Anwendungen der Kerntechnik
< 0,025 mSv/a



kosmische Strahlung
ca. 0,3 mSv/a

terrestrische Strahlung
ca. 0,4 mSv/a

Inhalation von Radon
und Folgeprodukten
ca. 1,1 mSv/a

Ingestion natürlich
radioaktiver Stoffe
ca. 0,3 mSv/a

**Der Schwankungs-bereich
in der BRD:
etwa 1 bis 10 mSv/a!**

Expositionsarten

Externe Strahlenexposition

Strahleneinwirkung erfolgt von außen (γ -, Röntgen-, Neutronen-, β -Strahlung).

Überwachung erfolgt durch

- Messung der Ortsdosis(-leistung) und
- Personendosimeter

Kontamination

- Hautkontakt mit radioaktiven Stoffen
- geringfügig

Interne Strahlenexposition

Strahleneinwirkung erfolgt durch Inkorporation von Radionukliden.

Inkorporationspfade sind:

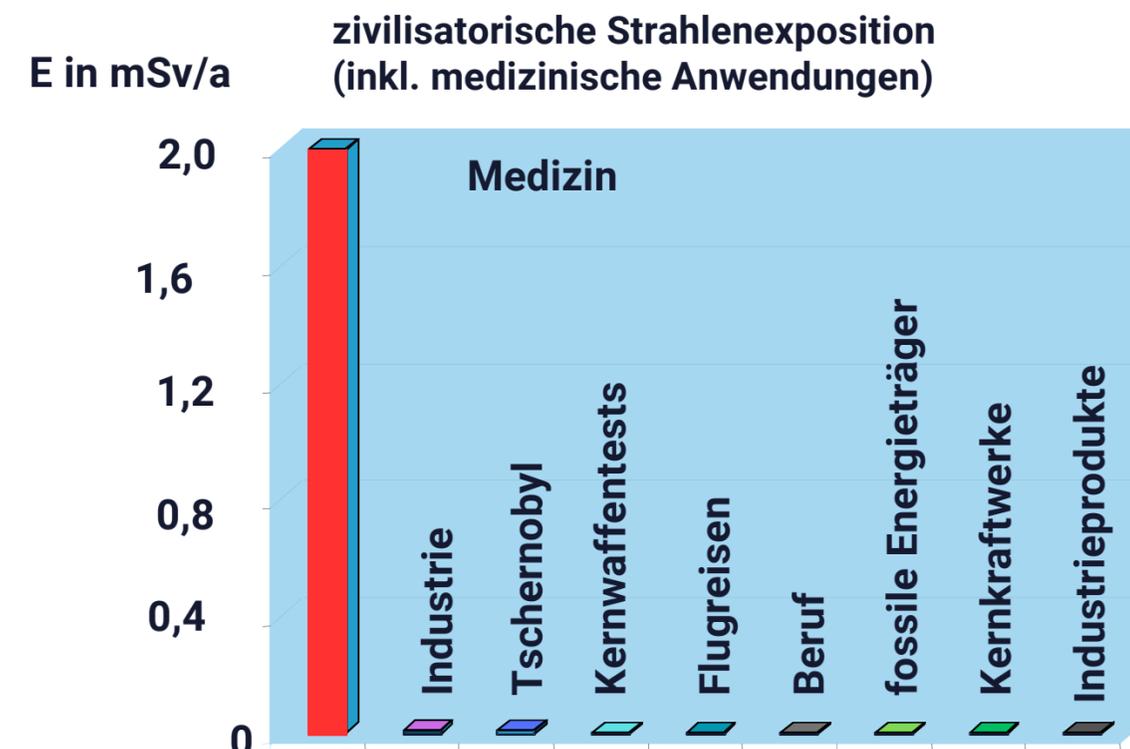
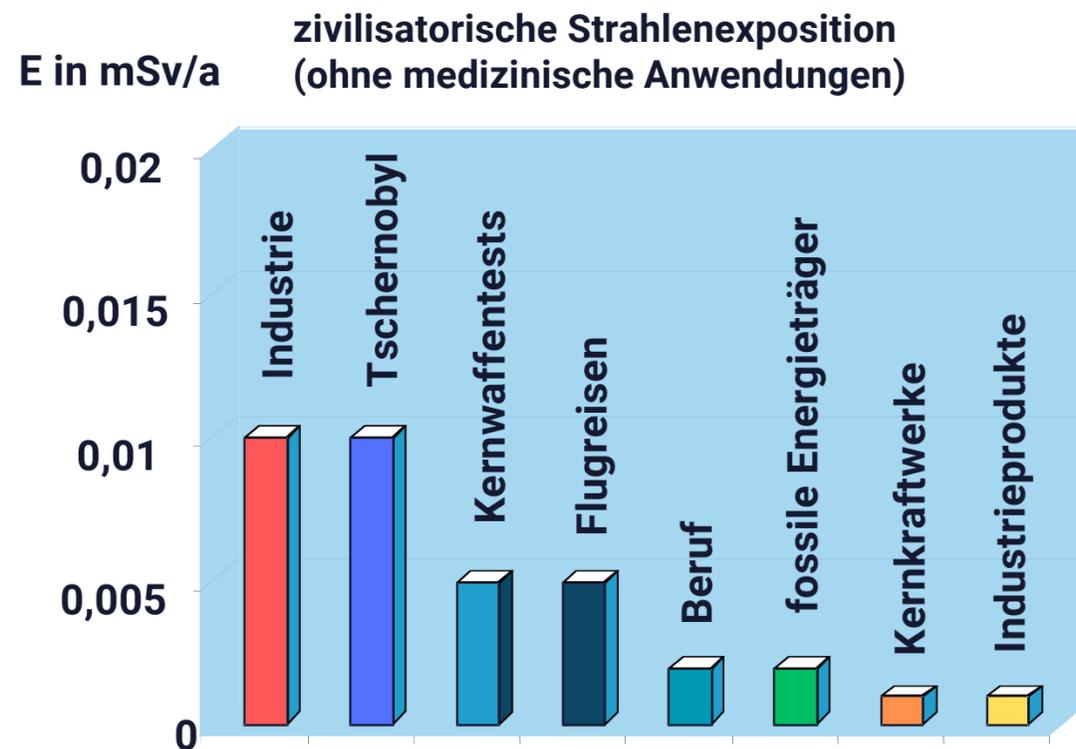
- **Einatmen** (Inhalation)
- Aufnahme mit der **Nahrung** (Ingestion)
- Aufnahme über Wunden oder
- **Resorption** durch die Haut

Die Strahlenexposition ist durch die inkorporierte Aktivität in Bq gegeben.



Zivilisatorische Strahlenexposition

Gesamtexposition aus zivilisatorischen Quellen: pro Jahr etwa 2 mSv



Durch medizinische Anwendungen werden in Deutschland 98 % der zivilisatorisch bedingten Strahlenexposition verursacht!



Strahlenexposition bei Flugreisen

Strahlenexposition durch kosmische Strahlung bei Flugreisen (Start von Frankfurt a.M.):

Reiseziel	Effektive Dosis in μSv
Rom	3–6
Gran Canaria	10–18
Rio de Janeiro	17–18
Johannesburg	18–30
Singapur	28–50
New York	32–75
San Francisco	45–110

(Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz)



Strahlenexpositionen bei medizinischen Anwendungen

Beispiele für Strahlenexpositionen bei medizinischen Anwendungen:

Röntgendiagnostik		Nuklearmedizin	
Untersuchungsart	effektive Dosis	Untersuchungsart	effektive Dosis
Zahnaufnahme	≤ 0,01 mSv	Schilddrüse, Niere	< 1 mSv
Mammografie	0,4-0,6 mSv	Skelett, Herz	1-5 mSv
Thorax	0,2-0,6 mSv	PET	5-10 mSv
Magen	6-12 mSv	Tumorszintigrafie	1-10 mSv
CT Kopf	2-4 mSv		
CT Bauchraum	10-25 mSv	Strahlentherapie	
		Tumorthherapie	Herddosis
Arteriografie	10-20 mSv	zur gezielten Zellabtötung bei der Tumorbekämpfung	ca. 30-70 Gy!!!!
		ständige Dosisoptimierung erforderlich!	

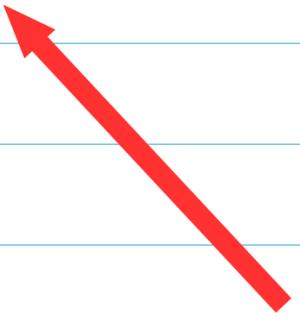


Strahlenexpositionen pro Untersuchung des Haltepersonals an Hund und Katze

Strahlenexpositionen pro Untersuchung des Haltepersonals bei Untersuchungen an Hund und Katze

Messort	HT median in μSv	HT max in μSv	$2.350 \times \text{HT median}$ in μSv	Anteil Jahresgrenzwert in % (Kategorie B)
Augenlinse	2,8	44,0	6.580	43,9
Schilddrüse	0,9	48,3	2.115	1,4
Rumpf	< 0,1	5,4	< 235	< 1
Hand rechts	< 0,1	7,6	< 235	< 1
Hand links	< 0,1	5,9	< 235	< 1
Gonaden	< 0,1	7,7	< 235	< 1
Unterschenkel	< 0,1	2,5	< 235	< 1

Achtung: Hohe Strahlenexpositionen der Augenlinse sind möglich!



(Quelle: Niehaus, H.: Untersuchung zur Strahlenexposition von Tierbetreuungsperson und Haltepersonal bei der Radiografie von Hund und Katze, Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover, 2006)



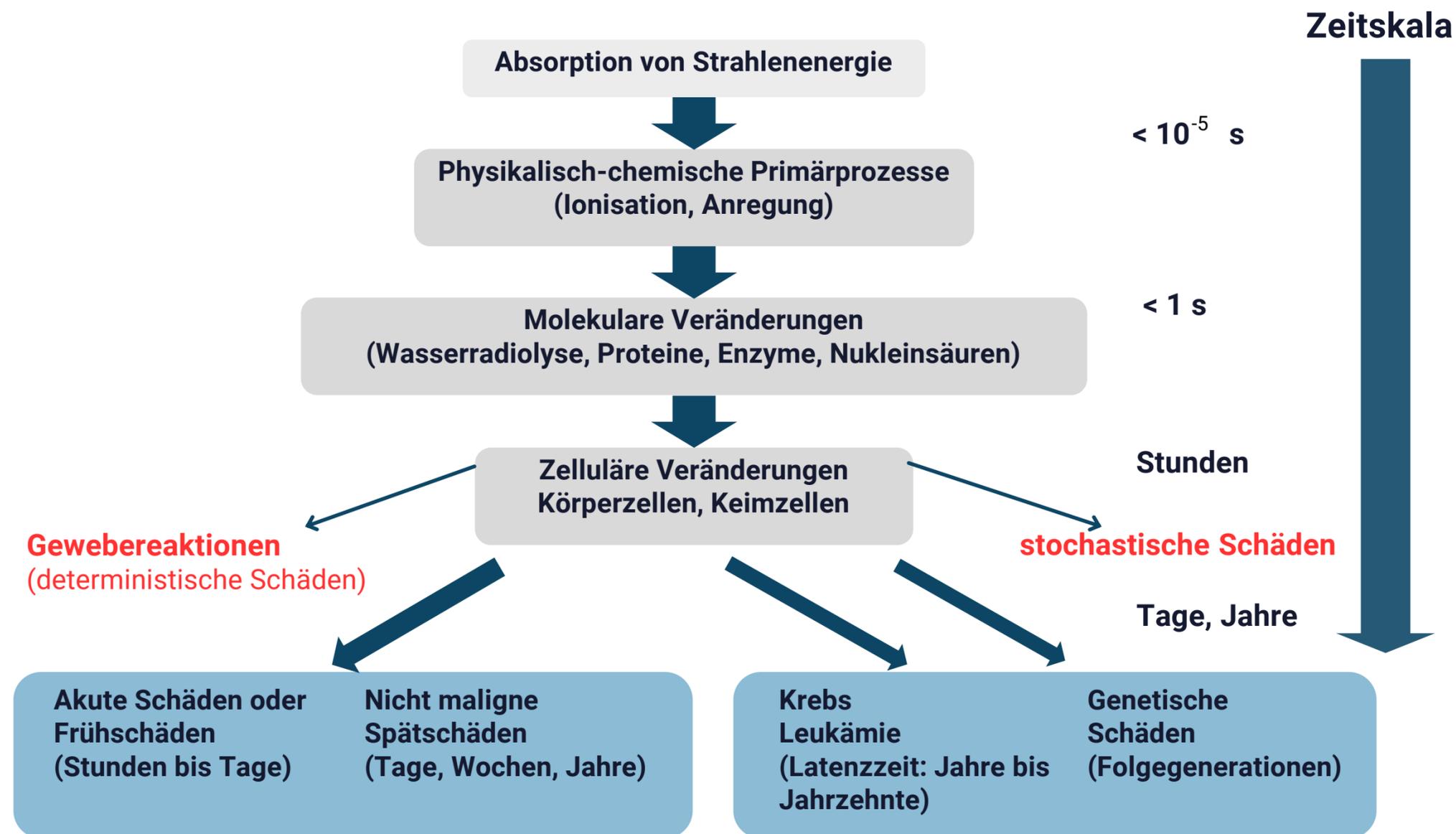
Grundlagen der biologischen Wirkung ionisierender Strahlung



Grundlagen der biologischen Wirkung ionisierender Strahlung

- Reaktionskette der biologischen Strahlenwirkung
- Strahlenwirkung auf molekularer Ebene
- Unterscheidung der Strahlenschäden
- Stochastische Schäden
- Abschätzung des stochastischen Risikos
- Deterministische Strahlenschäden
- Gewebereaktionen
- Dosis-schwellwerte für Gewebereaktionen
- Schutzmaßnahmen zur Reduktion der Augenlinsendosis
- Strahlenschäden
- Vergleich mit Risiken des Alltags
- Was heißt eigentlich Restrisiko?

Reaktionskette der biologischen Strahlenwirkung



Strahlenwirkung auf molekularer Ebene

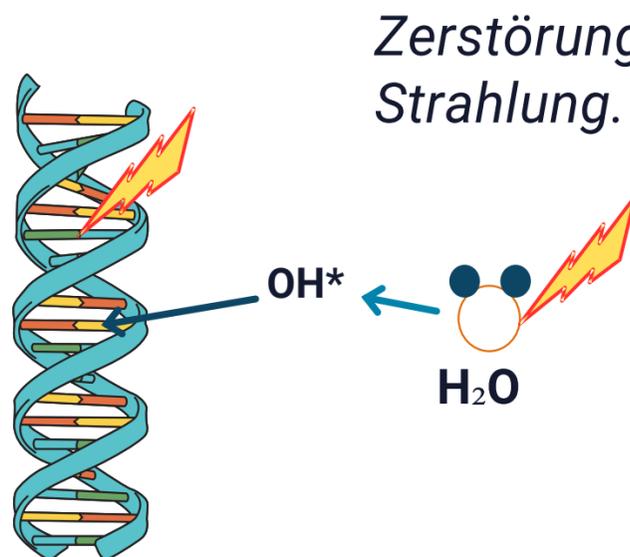
Zwei prinzipielle Wirkungsmechanismen der Strahlenbiologie:

- **Direkte Strahlenwirkung**

Veränderungen durch direkte Wechselwirkung der Strahlung mit der biologischen Struktur

- **Indirekte Strahlenwirkung**

durch indirekte Wechselwirkung über die von der Strahlung im Zellwasser erzeugten freien Radikale (Radikalreaktionen, Folgereaktion, biologisch-chemische Reaktionskette)



Wasserradiolyse:

Erzeugung freier Radikale (z.B. eines OH-Radikals) durch Wechselwirkung der Strahlung mit dem Zellwasser.

Anschließende Reaktion des Radikals mit anderen Biomolekülen ggf. mit der DNS und Erzeugung eines Einzelstrangbruchs.

Wasser: häufigstes Target ☒ wichtigste Art der Wechselwirkung



Unterscheidung der Strahlenschäden

Strahleneffekte am Menschen:

- **Gewebereaktionen** durch Absterben vieler Zellen
- **Blutbildveränderungen**
- **Stochastische Schäden** durch Veränderung der genetischen Information an einzelnen Zellen



Stochastische Schäden

Veränderung der genetischen Information durch Strahlung:

- ▶▶ Spätschäden
- ▶▶ dosisabhängige Wahrscheinlichkeit (Risiko)

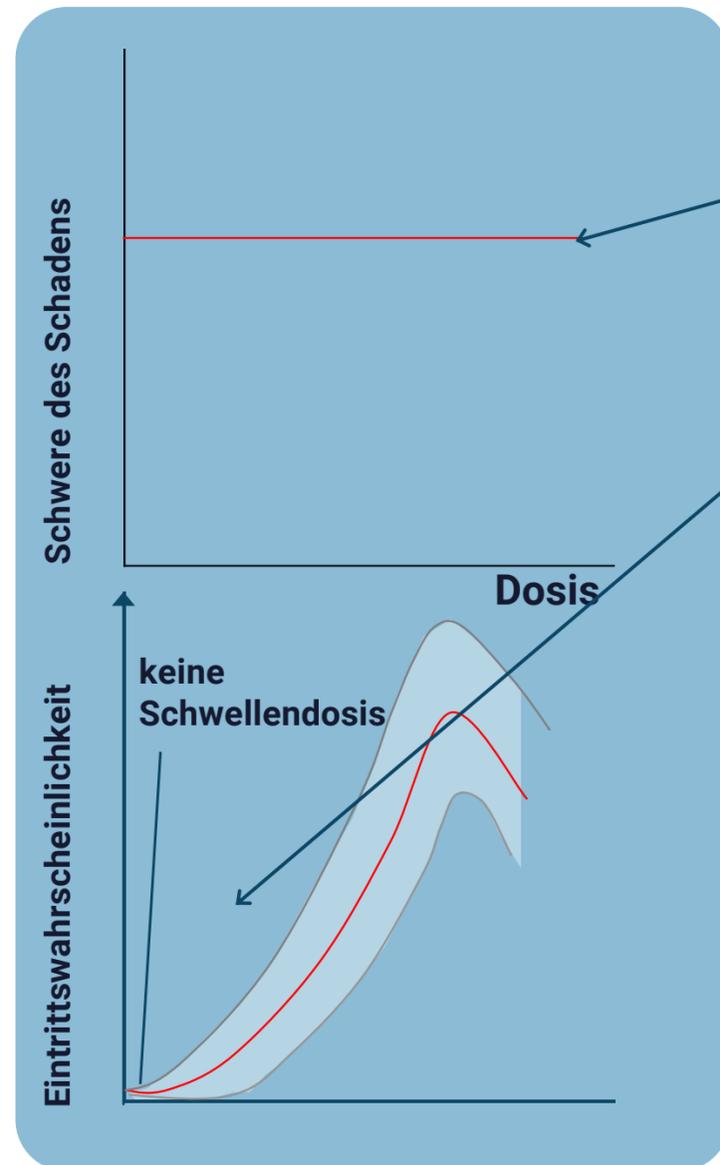
Mögliche Schadensformen:

- Krebs
- Leukämie
- Erbschäden

Stochastische Strahlenwirkungen sind solche, bei denen die Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Strahleneffekt, nicht aber dessen Schweregrad von der Energiedosis abhängt.

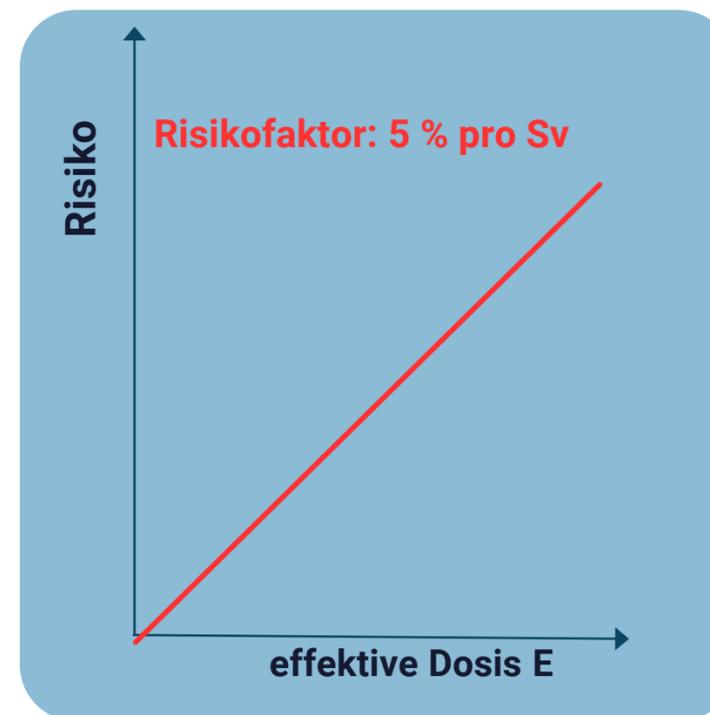


Abschätzung des stochastischen Risikos



Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung

- Schwere des Schadens ist dosisunabhängig
- Eintrittswahrscheinlichkeit \sim Dosis
- Keine Schwellendosis



Für Zwecke des praktischen Strahlenschutzes erfolgt die Abschätzung des stochastischen Risikos durch eine lineare Risikofunktion ohne Schwellenwert.

$$R(E) = R_0 \times E$$

$R_0 = 5 \%$ pro Sv

E: effektive Dosis in Sv



Deterministische Schäden

▶▶ Schäden die nur oberhalb eines Schwellenwertes der Dosis auftreten

- Abtötung oder Fehlfunktion zahlreicher Zellen

Mögliche Schadensformen:

- Rötung, Verbrennung
- Haarausfall, Blutarmut,
- Unfruchtbarkeit, Fehlbildungen und Fehlentwicklungen des Gehirns beim Ungeborenen
- Gewebsnekrosen, Strahlentod

Deterministische Strahlenwirkung sind solche Wirkungen, bei denen der **Schweregrad des Strahlenschadens eine Funktion der Dosis** ist. Bei vielen deterministischen Wirkungen besteht eine **Dosischwelle**, unterhalb derer **keine klinischen Symptome** auftreten.



Dosischwellenwerte für Gewebereaktionen (nach ICRP 118)

Gewerbeat und Effekt	Dosischwellenwerte
	Energiedosis aus einzelner Exposition in Gy
Hoden: dauernde Sterilität	3,5–6,0
Eierstöcke: Sterilität	2,5–6,0
Augenlinse: Katarakt	0,5 (früher 5)
Unterdrückung der Blutzellbildung	0,5
Missbildung bei Bestrahlung in utero	> 0,1
Hautrötung (Erythem)	3,0–5,0
Kreislaufkrankungen	> 0,5 (1 % n. 10 Jahren)

Latenzzeiten sind umgekehrt proportional zur Dosis.



Hautreaktion an einem Patienten infolge einer kumulierten Hautdosis von etwa 20 Gy nach Koronarangiografie und zwei Angioplastien

Akuter Strahlenschaden durch Röntgenstrahlung:
Die Dosis am Unterarm betrug etwa **100 Gy!!!**



Schutzmaßnahmen zur Reduktion der Augenlinsendosis



- Abstand zur Strahlenquelle halten
- Unbedingt einen Schutz für die Augen verwenden:
 - Betastrahlung: Abschirmung aus Plexiglas
 - Röntgenstrahlung: Abschirmung mithilfe von Bleiglasfenstern oder Bleiglasschutzbrillen
 - Brille!



Strahlenschäden



3 Wochen post Expos.

Goiania 1987

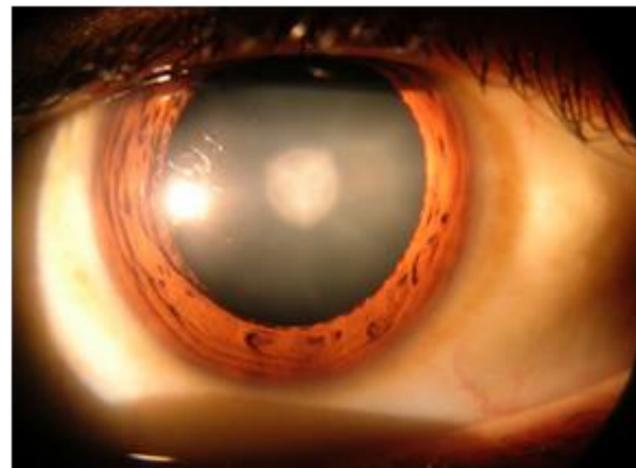
7 Wochen post Expos.



20 a nach Chernobyl



Strahlenkatarakt



Intervention/DL/Herzkatheter



6-8 Wochen

16-21 Wochen

18-21 Monate

Sonnenbrand



Vergleich mit Risiken des Alltags

Krebs allgemein:
ca. 25 %

Raucherkrebs:
ca. 8 %
(für Raucher)



Straßenverkehr: ca. 0,01 % pro Jahr

Beruflich strahlenexponierte Personen haben gegenüber vergleichbaren Berufsgruppen **kein erhöhtes Risiko**, wenn die Dosisgrenzwerte **nicht** überschritten werden.



Strahlenkrebs:
0,005 % pro mSv



Was heißt eigentlich „Restrisiko“?

Restrisiko

Risiko, das übrig bleibt, wenn man alle technischen Mittel einsetzt, um ein bestehendes Risiko zu minimieren

Das Risiko wird auch bei Beachtung aller Regeln und Vorsichtsmaßnahmen niemals null.

→ Verbleibendes Risiko = Restrisiko

Es gilt der Grundsatz **ALARA**

(as low as reasonably achievable).

So viel wie nötig, so wenig wie möglich!



Dosimetrie



Dosimetrie

- Dosisbegriffe
- Pflicht zur Ermittlung der Körperdosis
- Zu überwachende Personen
- Übersicht: Dosisbegriffe im Strahlenschutz
- Überwachung der externen Exposition
- Charakteristische Werte für die effektive Dosis
- Charakteristische Werte für hohe Dosen
- OSL Dosimeter
- Ringdosimeter

Dosisbegriffe

Die Dosisbegriffe für den Strahlenschutz leiten sich aus den physikalischen Dosisbegriffen ab, indem

- Umstände der Exposition,
- Strahlenart,
- exponiertes Gewebe oder Organ

berücksichtigt werden.



Pflicht zur Ermittlung der Körperdosis



An Personen in Strahlenschutzbereichen ist die Körperdosis zu ermitteln:

- Personendosimetrie!
- §§ 64 bis 66 StrlSchV

Dosisbeiträge durch:

- externe Bestrahlung
- Kontamination
- Inkorporation



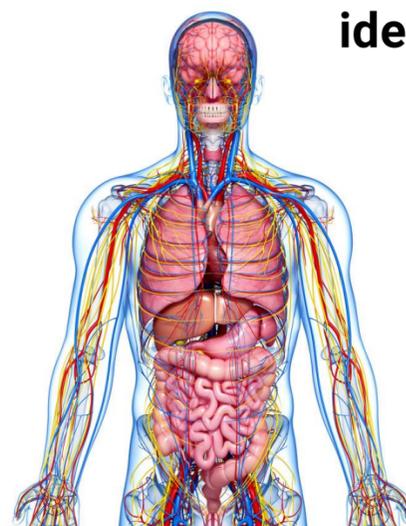
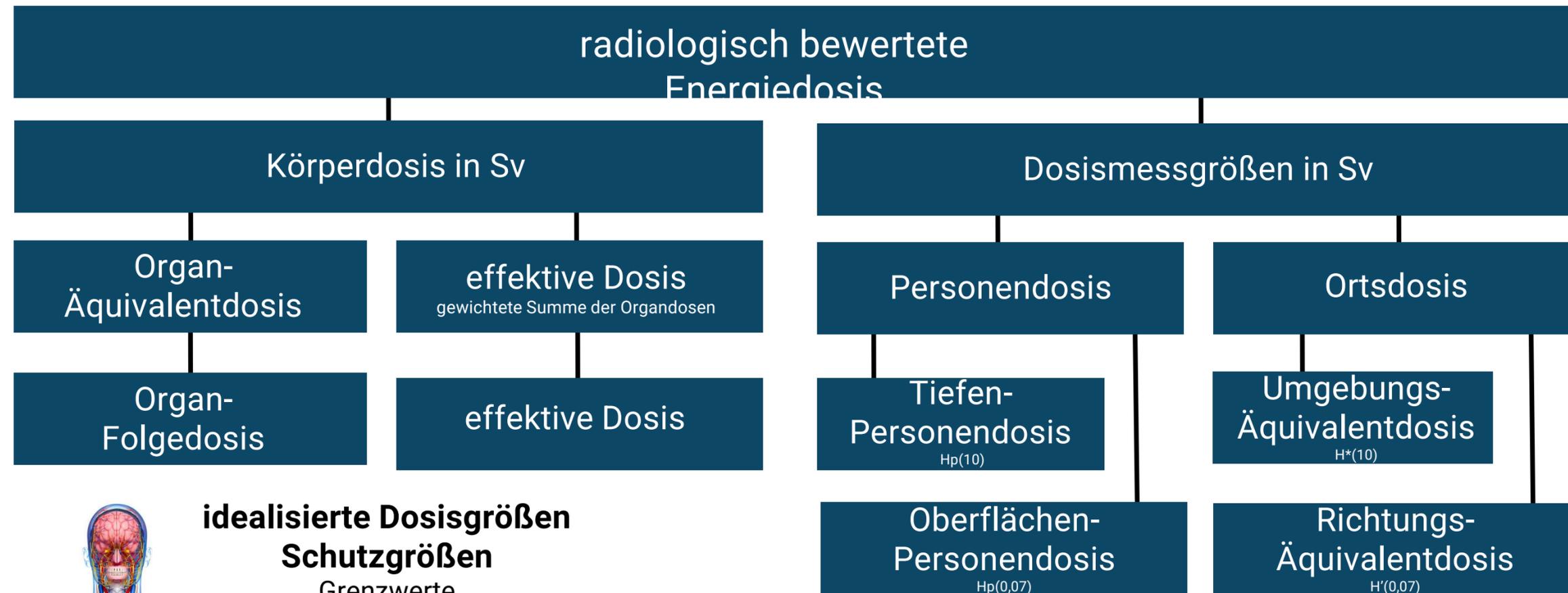
Zu überwachende Personen

Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten:

- In der Regel wird die Personendosis gemessen (Duldungspflicht).
- Darüber hinaus muss Personen in Kontrollbereichen auf ihr Verlangen ein direkt ablesbares Dosimeter zur Verfügung gestellt werden.
- Das Erfordernis zur Dosisüberwachung ist nicht zwingend an berufliche Strahlenexposition gebunden.



Übersicht: Dosisbegriffe im Strahlenschutz



idealisierte Dosisgrößen
Schutzgrößen
Grenzwerte

Messgrößen
Dosimeter



Überwachung der externen Exposition

Personendosimeter

- zum Tragen am Körper
- repräsentative Körperstelle

misst die Dosis über längeren Zeitraum hinweg

- Integration meist über einen Monat
- nicht sofort ablesbar (passiv)
- ansonsten: sofort ablesbar



Charakteristische Werte für die effektive Dosis

unterster Schwellenwert für Strahlenwirkungen (Gewebereaktionen)	200 mSv
Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen	20 mSv
Computertomografie	2 bis 20 mSv
mittlere jährliche Strahlenexposition der Bevölkerung in der BRD aus natürlichen und zivilisatorischen Quellen	1 bis 10 mSv
Jahresgrenzwert für Einzelpersonen der Bevölkerung	1 mSv
Röntgenaufnahme „Schädel“ (eine Ebene)	0,1 mSv
Flugreise (ca. 1 h)	0,01 mSv



Charakteristische Werte für hohe Dosen

Schwellenwerte für akute Schäden <i>Frühschäden</i>	etwa 0,2 Gy
„Strahlenkater“ <i>vollständige Erholung</i>	etwa 1 bis 2 Gy
LD ₅₀ <i>letale Dosis 50 % (30 d)</i>	etwa 4 Gy
tödliche Dosis <i>kann kaum überlebt werden</i>	etwa 7 bis 10 Gy

keine effektive Dosis



OSL Dosimeter

- Optisch Stimulierte Lumineszenz
Keramikedektoren aus Beryllium-Oxid
- Trageweise
 - Rumpfbereich
 - Brustbereich
 - Hüftbereich



Ringdosimeter



- Thermolumineszenz Detektoren
- Trageweise
 - Innen- bzw. Außenseiten der Zeige-, Mittel- oder Ringfinger der haltenden Hand



Strahlenschutz



Strahlenschutz

- Dreiteilung der Expositionspfade
- Technische Schutzmaßnahmen
- Strahlenschutzbereiche
- Zutritt zu Kontrollbereichen
- so nicht
- Schutz vor Röntgenstrahlung
- Der Abstand
- Persönliche
- Mobile Abschirmungen
- Strahlenschutz fängt mit "A" an
- Schutz bei beruflicher Strahlenexposition
- Schwangere Frauen
- Besondere Regelungen für Frauen
- Besondere Regelungen für Jugendliche
- Strahlenschutz der Tierbegleitperson
- Drei Säulen im Strahlenschutz
- Schutz der Beschäftigten
- Störfall
- Verdacht auf Strahlenunfall
- Bergung Verunfallter
- Verhalten im Ernstfall

Dreiteilung der Expositionspfade: prinzipielle Unterscheidung



externe/äußere Exposition

- Strahlenquelle/Zielscheibe räumlich getrennt

Kontamination

- äußerlicher Kontakt mit einer Strahlenquelle
- Oberflächenkontamination
- Personenkontamination

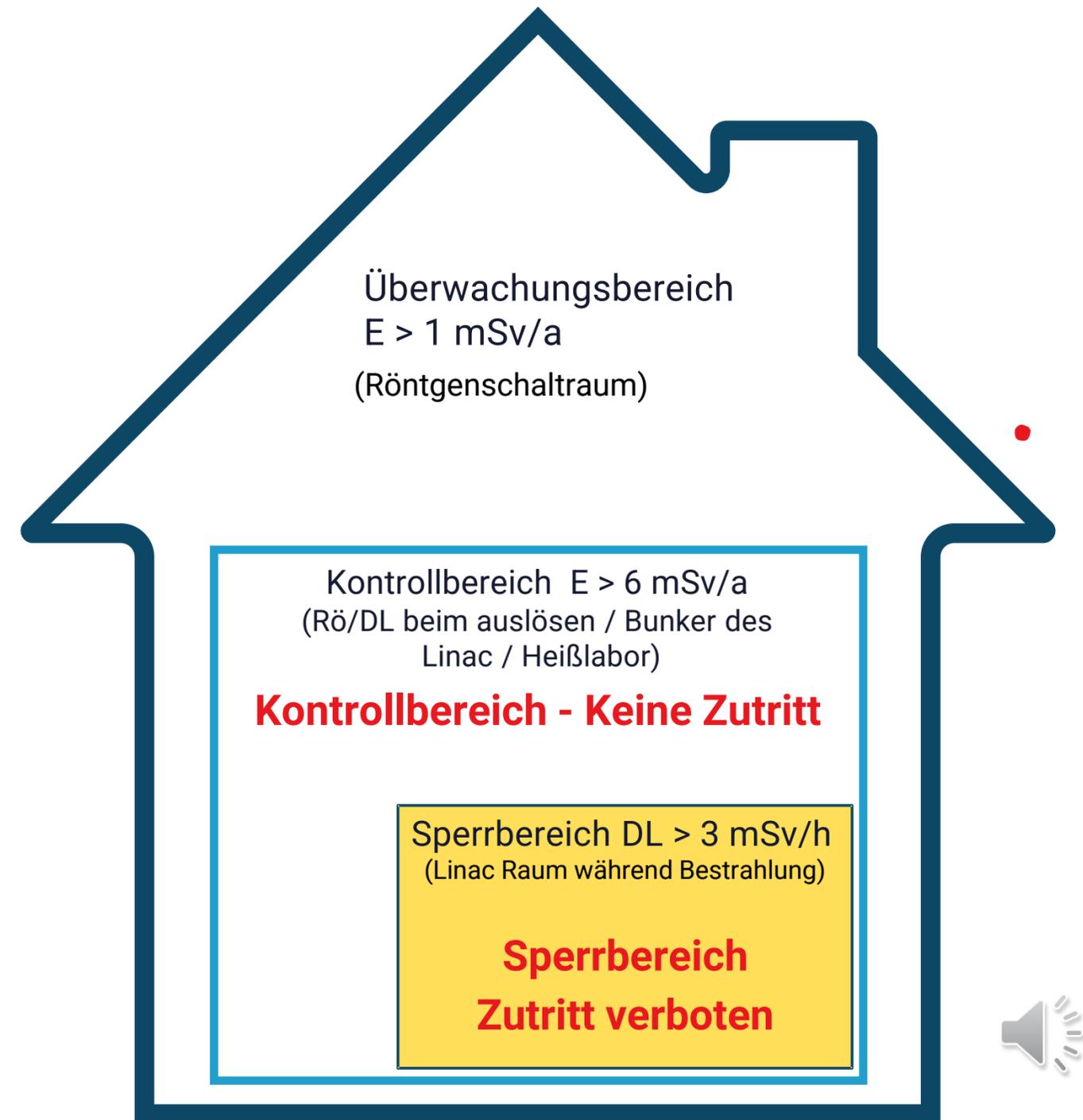
Inkorporation/innere Exposition

- innere Bestrahlung
- Person wird selbst zur Strahlenquelle.



Technische Schutzmaßnahmen

- Baulicher Strahlenschutz
- Abschirmungen
- Nutzung umschlossener radioaktiver Quellen
- Fester Einbau
- Bauartzulassung



Strahlenschutzbereiche (1)

Überwachungsbereich (Personendosis):

- Jahresdosis > 1 mSv möglich
- Augenlinse > 15 mSv
- Haut, Extremitäten > 50 mSv

Kontrollbereich (Personendosis):

- Jahresdosis > 6 mSv bis zum Grenzwert
- Haut, Extremitäten > 150 mSv bis zum Grenzwert

Sperrbereich (Ortsdosisleistung):

- Dosisleistung > 3 mSv/h möglich
- Zutritt nur wenn unbedingt erforderlich
- nur unter Kontrolle eines SSB oder einer vom SSB beauftragten Person
- kein Zutritt für Schwangere

Kontrollbereiche sind abzugrenzen und zu kennzeichnen!





Strahlenschutzbereiche (2)

Besonderheit bei Röntgenröhren:

- Röntgenräume beim Betrieb der Röhren
- Temporäre Kontrollräume
- Transportable Röhren





Zutritt zu Kontrollbereichen

**Besucher haben grundsätzlich
keinen Zutritt zum Kontrollbereich!
Zutrittskontrolle!**

Personen darf der Zutritt zu Kontrollbereichen nur erlaubt werden, wenn es einen betrieblichen Grund für die Aufenthalt gibt

- im Sinne der darin vorgesehenen Betriebsvorgänge,
- für Patienten, Probanden zur Behandlung,
- zum Zwecke der Ausbildung.



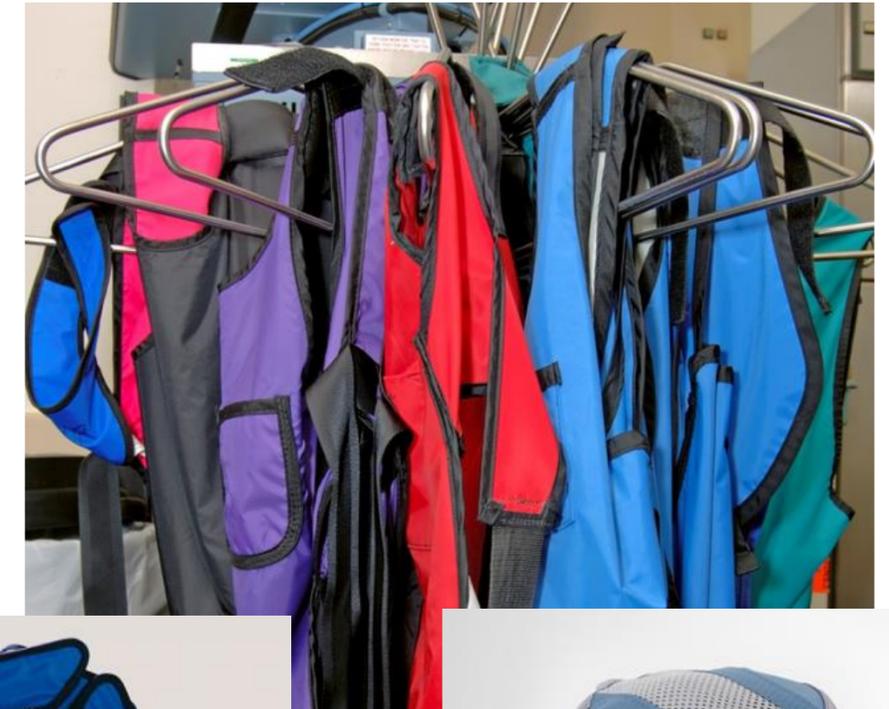
So nicht!



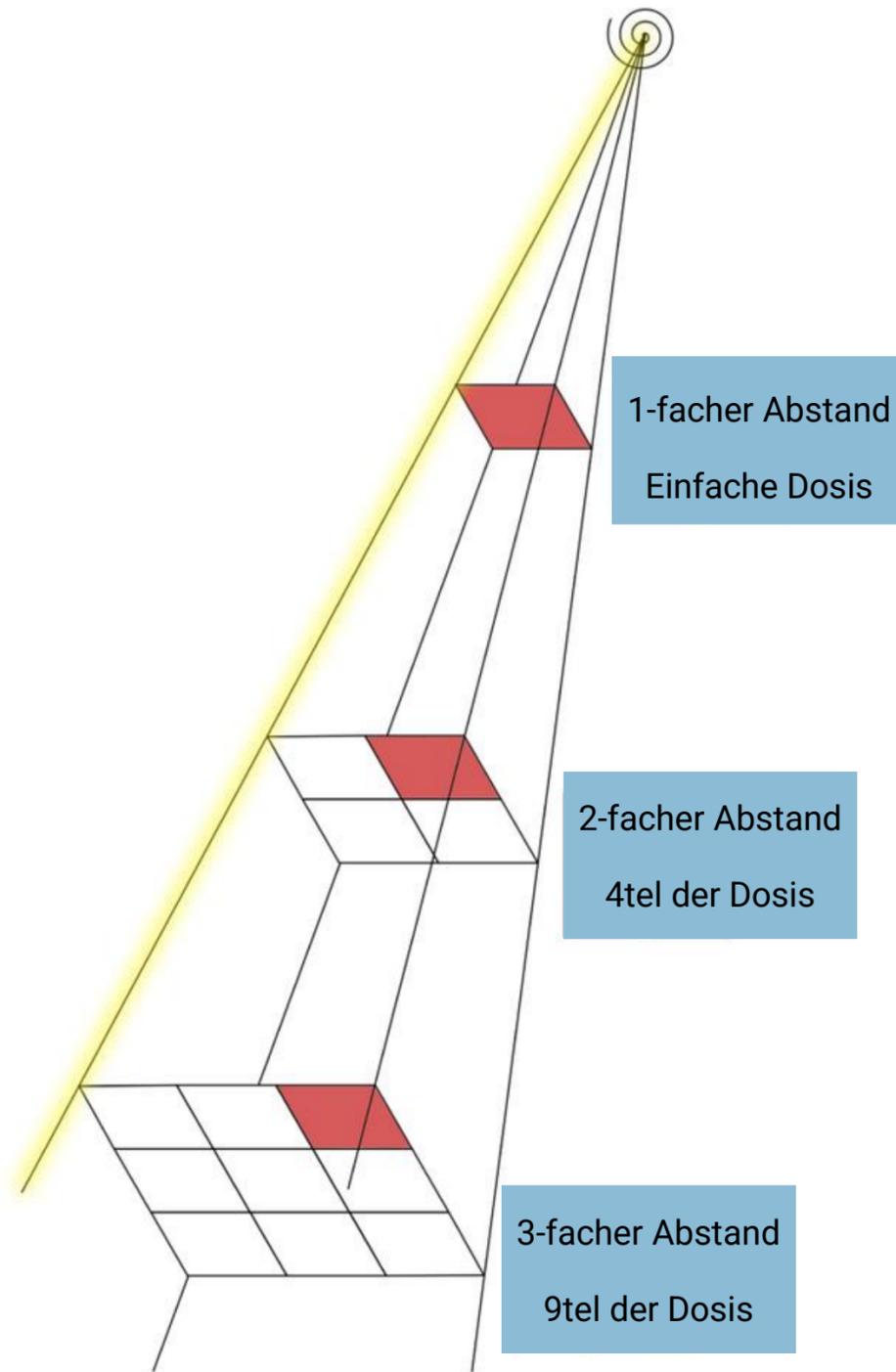
Schutz vor Röntgenstrahlung

„3-A-Regel“ des Strahlenschutzes:

- Abstand halten
- Aufenthaltsdauer beschränken
- Abschirmungen verwenden
 - Röntgenschürzen
 - Schilddrüsenchutz
 - Schutzbrille
 - baulicher Strahlenschutz



Der Abstand



- doppelter Abstand
→ Reduktion auf 1/4

- zehnfacher Abstand
→ Reduktion auf 1/100

- Divergenz der Punktquellen
- Allg. Dosisberechnung $1/r^2$

Abstandsquadratgesetz

Z



Mobile Abschirmungen



Verschiebbare Trennwand mit
Bleiabschirmung



Mobile Bleiabschirmung (5 cm)





Strahlenschutz fängt mit „A“ an

- **Abstand**

möglichst großen Abstand halten

- **Aufenthalt**

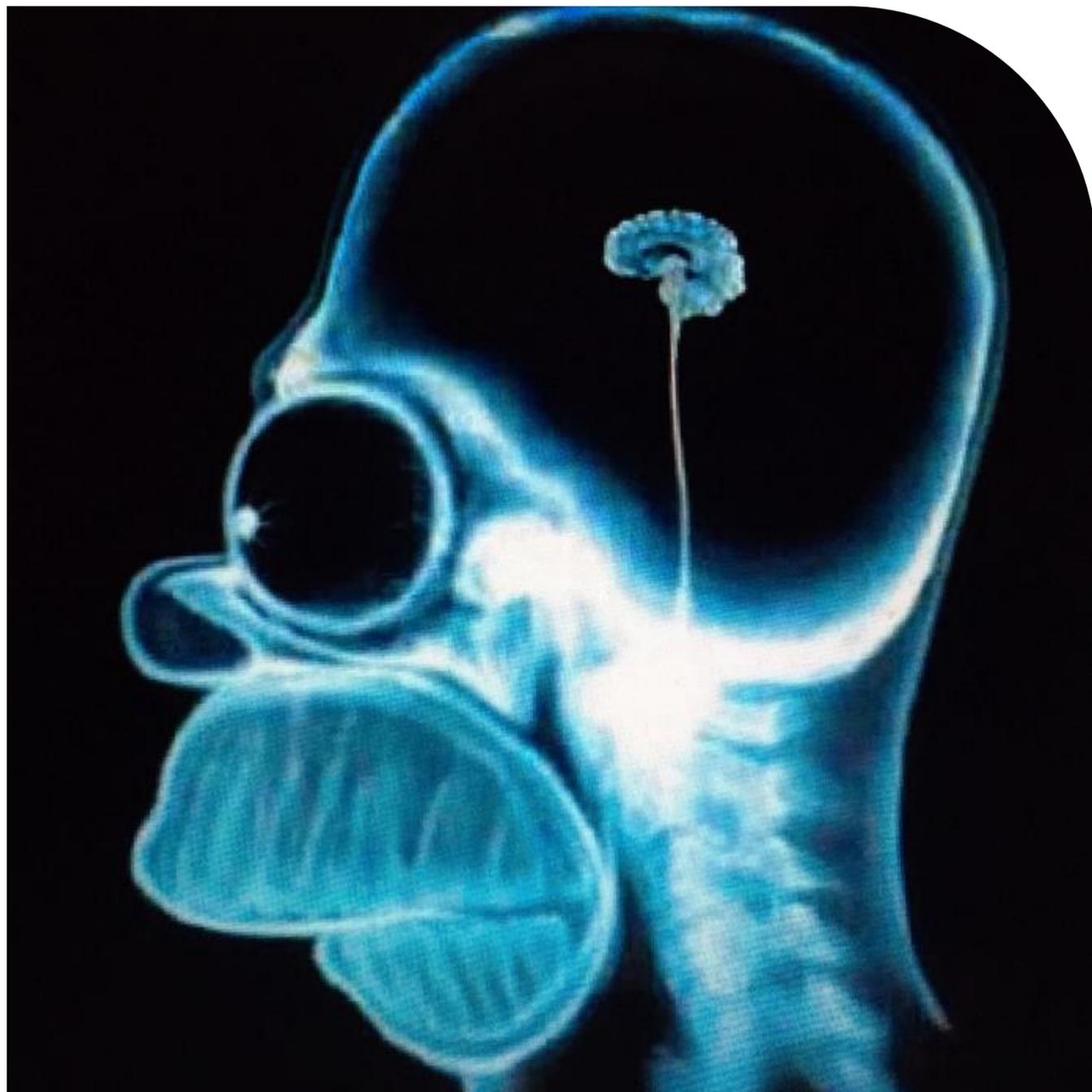
möglichst kurzen Aufenthalt im Strahlenfeld

- **Abschirmung**

Abschirmung benutzen

+ viele weitere A wie ALARA





"1 Gramm Hirn
wiegt mehr, als
1 Tonne Blei!"

Schutz bei beruflicher Strahlenexposition



Strahlenschutzprinzipien:

- Rechtfertigung
- Dosisbegrenzung
- Minimierungsgebot:
 - Vermeidung unnötiger Strahlenexposition und Dosisreduzierung
- Optimierung der Verfahren





Schwangere Frauen

Schwangere Frauen dürfen prinzipiell in Strahlenschutzbereichen tätig sein.

Zu beachten ist aber **unbedingt**:

- Kein Zutritt zu Sperrbereichen
- Inkorporation muss ausgeschlossen sein
- Dosis ist wöchentlich zu ermitteln
- Grenzwerte für das ungeborene Leben beachten

Schwangerschaft so früh wie möglich mitteilen!



Besondere Regelungen für Frauen

Zutritt zum Kontrollbereich für Schwangere:

Nur mit **ausdrücklicher** Gestattung des SSB

- zur Durchführung oder Aufrechterhaltung der [...] Betriebsvorgänge;
- zur Ausbildung;
- Begrenzung auf 1 mSv während der Schwangerschaft und Dokumentation der Dosis des ungeborenen Kindes.

Als Helferin mit Zustimmung eines fachkundigen Arztes nur bei **zwingenden** Gründen

- **kein Zutritt als Tierhalterin**
- StrlSchV: kein Zutritt zum Sperrbereich (Ausnahme: als Patientin)

Schwangerschaft so früh wie möglich mitteilen!

(am besten bei Anna, notfalls auch bei Anita)



Besondere Regelungen für Jugendliche

Dosisgrenzwerte (Schutz) bei beruflicher Strahlenexposition

Personen unter 18 Jahre:

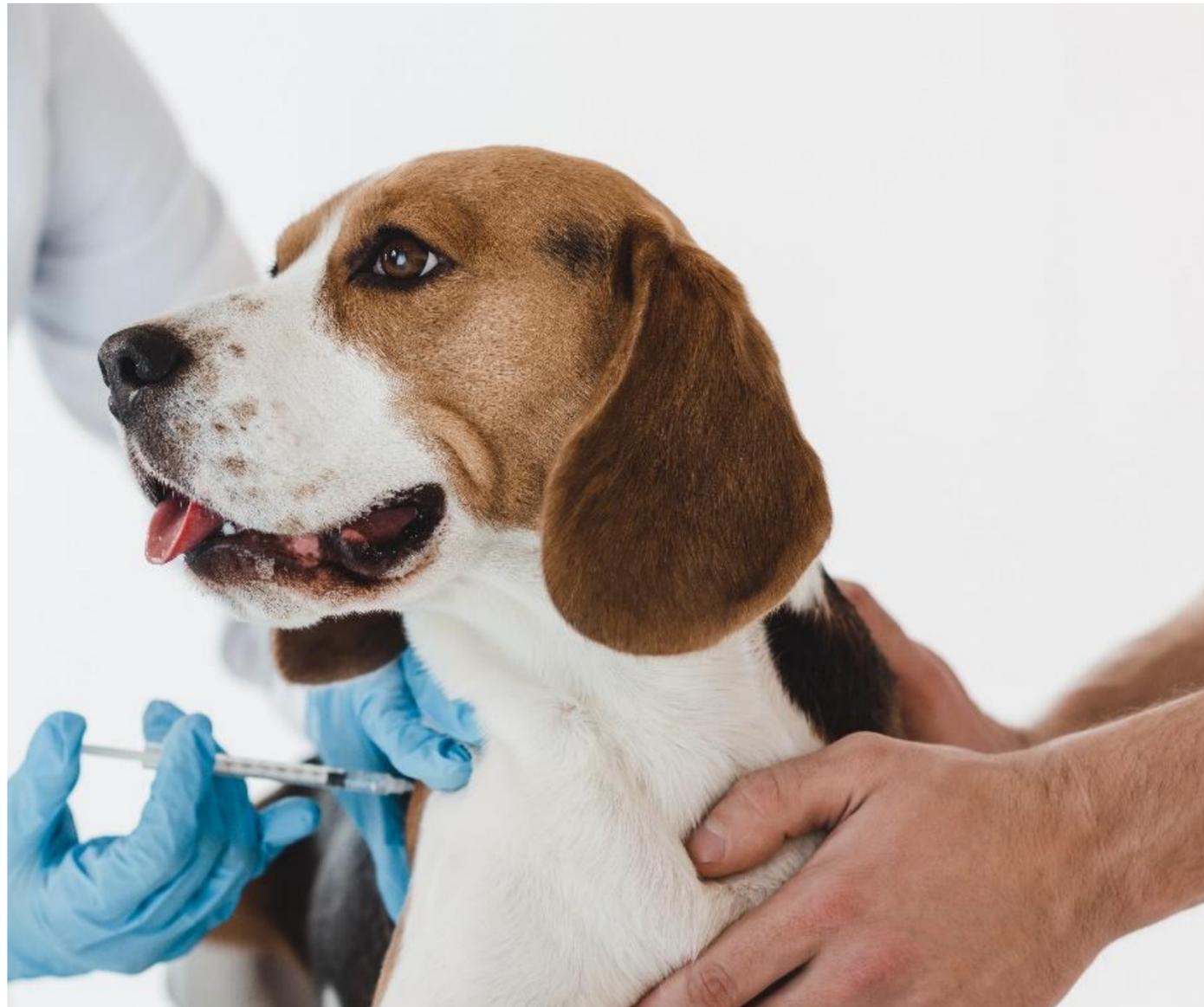
- effektive Dosis: < 1 mSv/a
- Augenlinse: < 15 mSv/a
- Haut, Hände, Unterarme, Füße und Knöchel: < 50 mSv/a

Für Azubis und Studenten zwischen 16 und 18 Jahren kann die Behörde, wenn dies zur Erreichung des Ausbildungsziels notwendig ist, den Zutritt erlauben unter folgenden Auflagen:

- effektive Dosis: < 6 mSv/a
- Augenlinse: < 45 mSv/a
- Haut, Hände, Unterarme, Füße und Knöchel: < 150 mSv/a



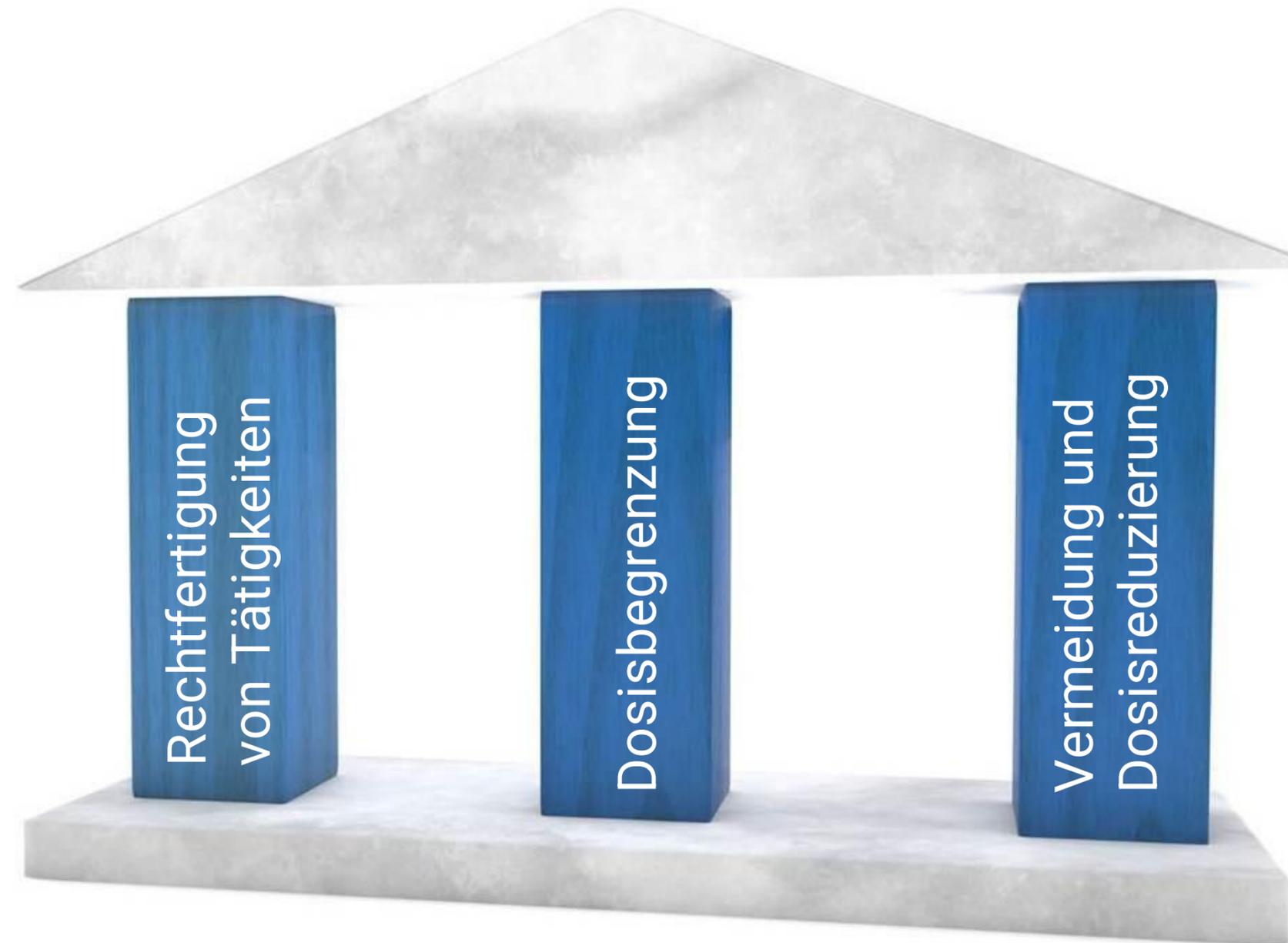
Strahlenschutz der Tierbegleitpersonen



- § 144 StrlSchV erlaubt Tierbegleitpersonen Überwachungs- oder Kontrollbereiche zu betreten, wenn ihr Aufenthalt dort erforderlich ist.
- Schwangere und Personen unter 18 Jahren dürfen nicht als Tierbegleitpersonen handeln.
- Tierbegleitpersonen sind vor Betreten des Kontrollbereichs über mögliche Gefahren zu unterrichten.
- Die Körperdosen sind zu ermitteln und die Ergebnisse zu dokumentieren.
- Die Strahlenexposition sollte 100 μSv (Mikrosievert) pro Anwendung nicht überschreiten.



Die drei Säulen im Strahlenschutz





Schutz der Beschäftigten

- beruflich exponierte Personen:
20 mSv pro Jahr
(ggf. zulässig: 100 mSv in fünf Jahren)
 - Kategorie A bis 20 mSv
 - Kategorie B bis 6 mSv
(drei Zehntel von 20 mSv)
- Bevölkerung: 1 mSv pro Jahr
- Jugendliche: 1 mSv pro Jahr
- Berufslebensdosis:
400 mSv im gesamten Berufsleben

Dosisgrenzwerte dürfen nicht überschritten werden!



Störfall

Ereignisablauf, bei dessen Eintreten der Betrieb der Anlage oder die Tätigkeit aus sicherheitstechnischen Gründen nicht fortgeführt werden kann und vorsorglich Schutzvorkehrungen vorzusehen sind.



Verdacht auf Strahlenunfall

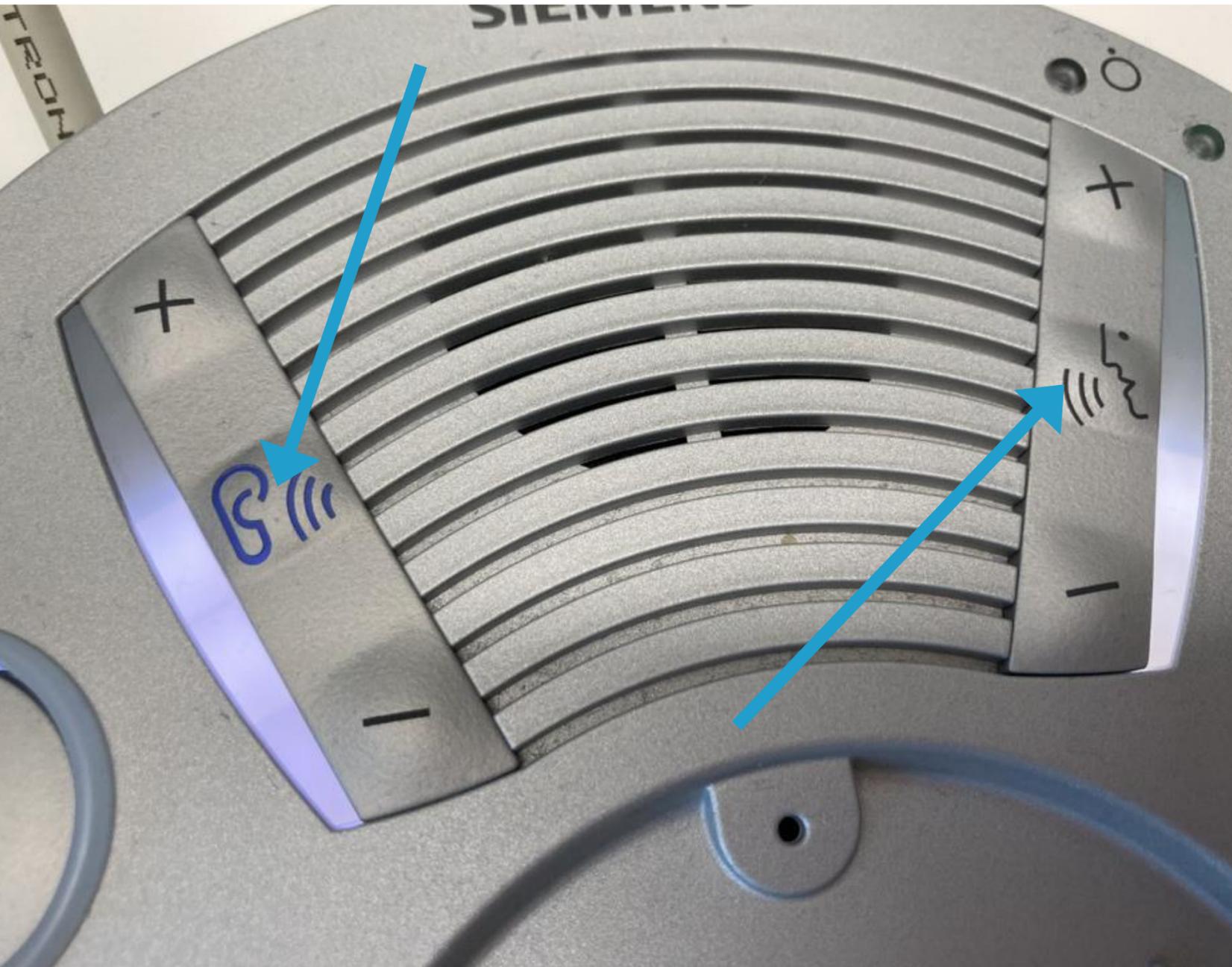


Bei Verdacht einer erhöhten Strahleneinwirkung

- Gefahrenbereich absperren
 - Gefahrenbereich sofort verlassen
 - Strahlung messen
 - Strahlenschutzbeauftragten verständigen
 - Maßnahmen einleiten, z.B. Bergung
- Verunfallter



Bergung Verunfallter



Bei der Bergung Verletzter aus dem Bereich erhöhter Strahlung:

- **Immer Selbstschutz** beachten!
- Nach Möglichkeit das Strahlenfeld reduzieren
- Persönliche Schutzmaßnahmen ergreifen
 - Schutzkleidung
 - Dosimeter



Verhalten im Ernstfall (betriebliches Schadensereignis)



Sofortmaßnahmen:

- Strahlenquelle sichern
- Erste Hilfe leisten
- Alarmieren nach Alarmplan



Unmittelbar danach:

- Befragung der beteiligten Mitarbeiter
- Messungen vor Ort
- Auswerten der nicht amtlichen Dosimeter
- Einsenden der amtlichen Dosimeter



Folgemaßnahmen:

- Meldung an den Strahlenschutzverantwortlichen
- Anzeige bei zuständiger Behörde und BG

- Ermittlung der Unfallursachen
- Anpassung der Schutzmaßnahmen



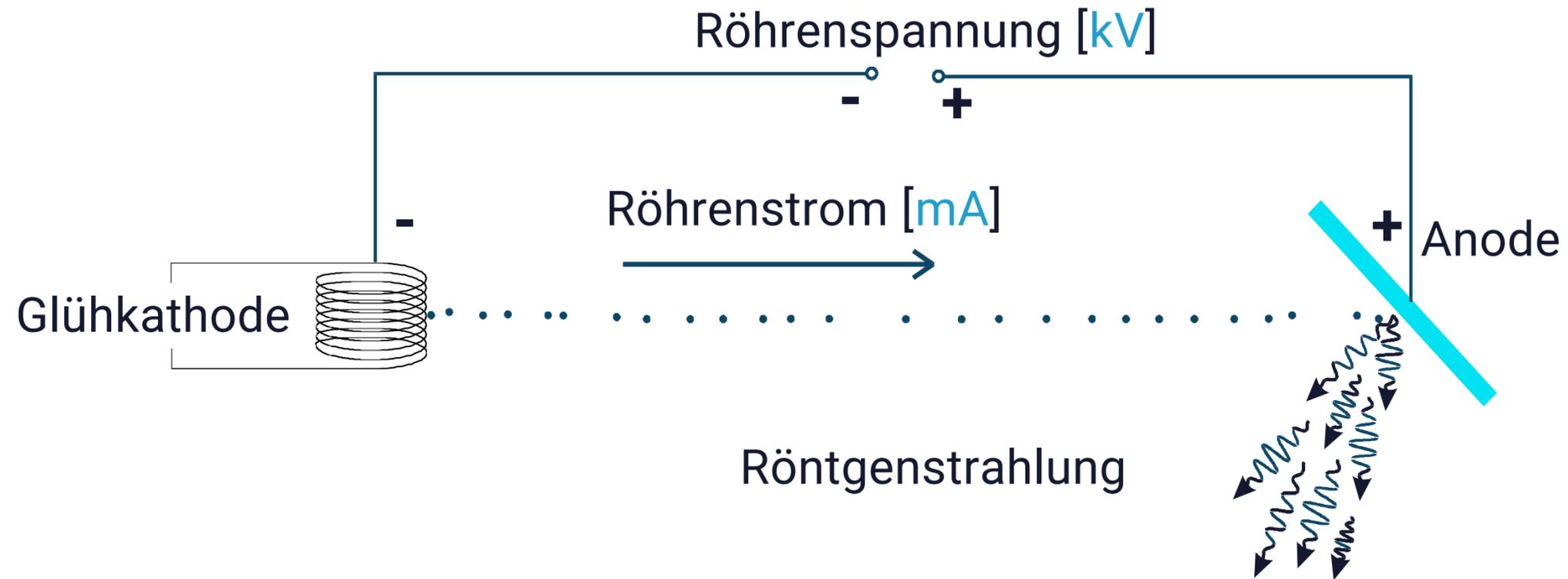
praktischer Umgang mit Röntgenstrahlung



praktischer Umgang mit Röntgenstrahlung

- Funktionsprinzip einer Röntgenröhre
- Entstehung von Röntgenstrahlung
- Röntgen und Dosimeter
- Entstehung des Strahlenfelds in der Umgebung einer Röntgenanlage
- Mobile Röntgenanlagen
- Expositionssituation am Beispiel des C-Bogens
- Typische Raumdosis in Tischhöhe pro Untersuchung
- Ortsdosisleistung senkrecht zur Tischebene
- Prinzipieller Aufbau des CT-Systems
- Isodosen im Streustrahlungsfeld der CT-Anlage
- Warum ist die Strahlenexposition beim CT erhöht?
- Persönliche Schutzmaßnahmen bei CT-Untersuchungen
- Persönliche Schutzmaßnahmen

Funktionsprinzip einer Röntgenröhre



Röhrenspannung: je höher, desto höher die Strahlungsenergie

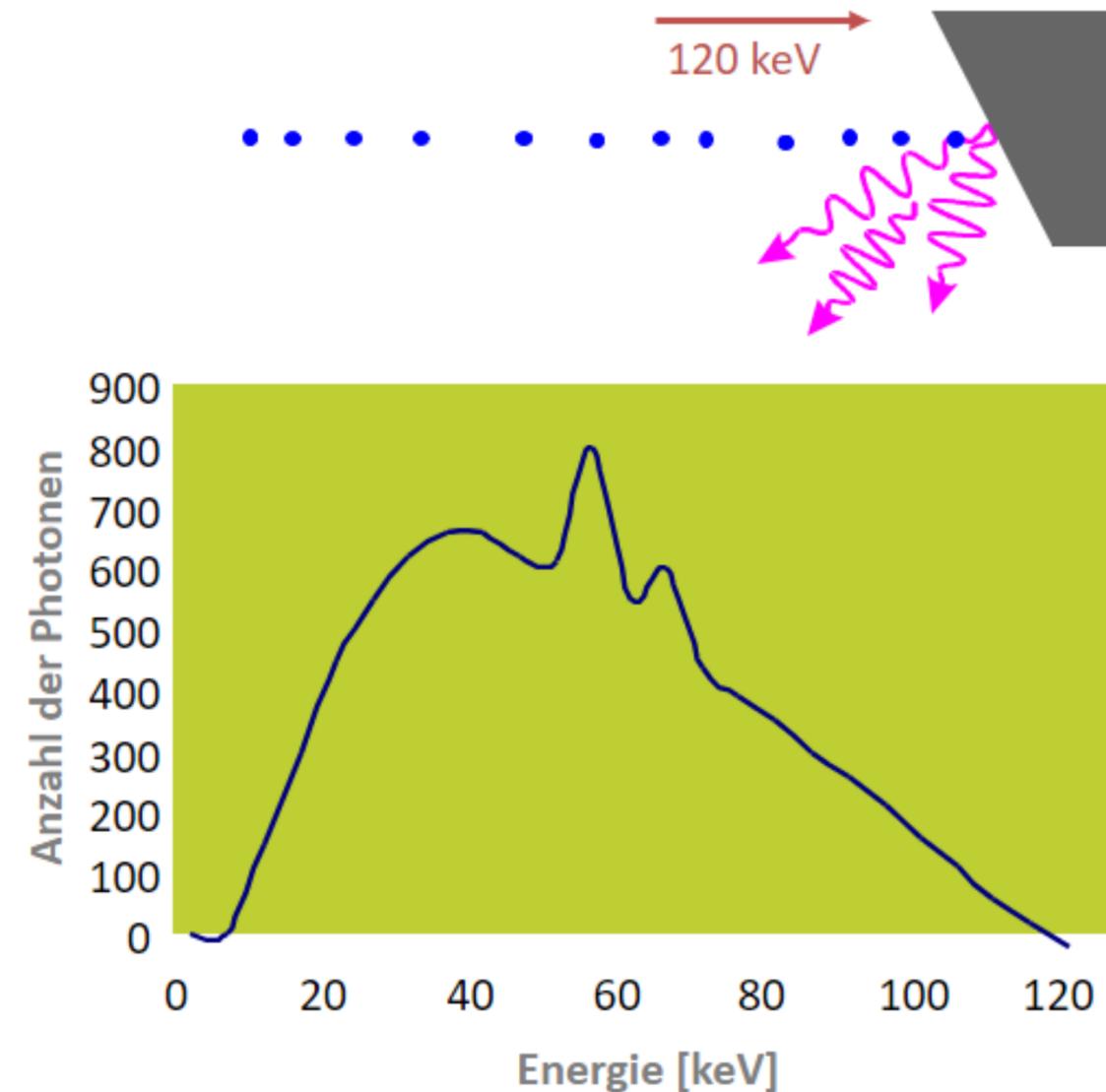
Anodenmaterial: bestimmt die Energie der charakteristischen Röntgenstrahlung

Röhrenstrom: beeinflusst den Photonenfluss pro Zeit, aber nicht die Strahlenqualität!



Entstehung von Röntgenstrahlung

Treffen energiereiche Elektronen auf Materie, so wird deren Energie zu einem gewissen Teil in **Photonenenergie** (Röntgenstrahlung) umgewandelt

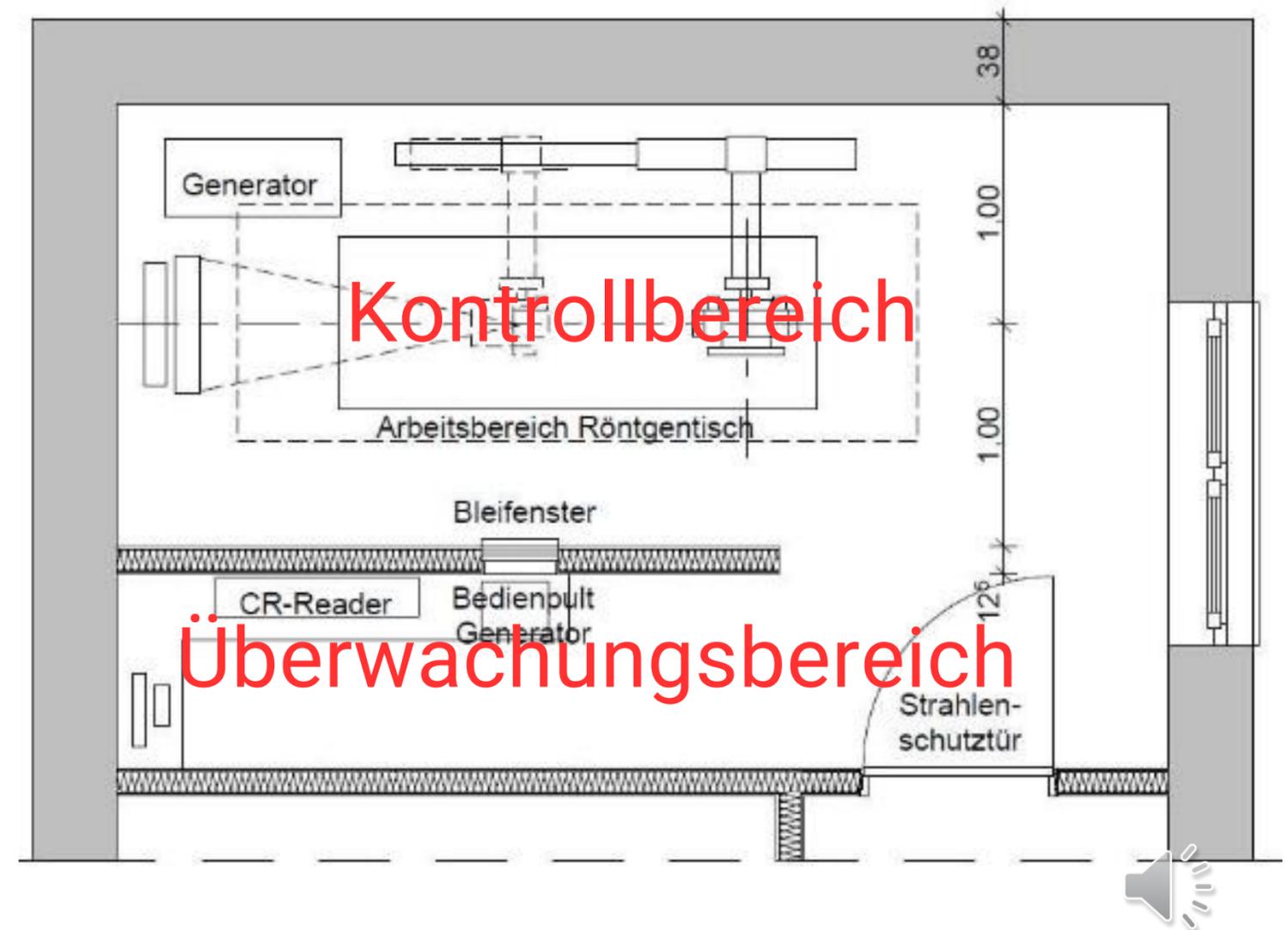


Röntgen und Dosimeter

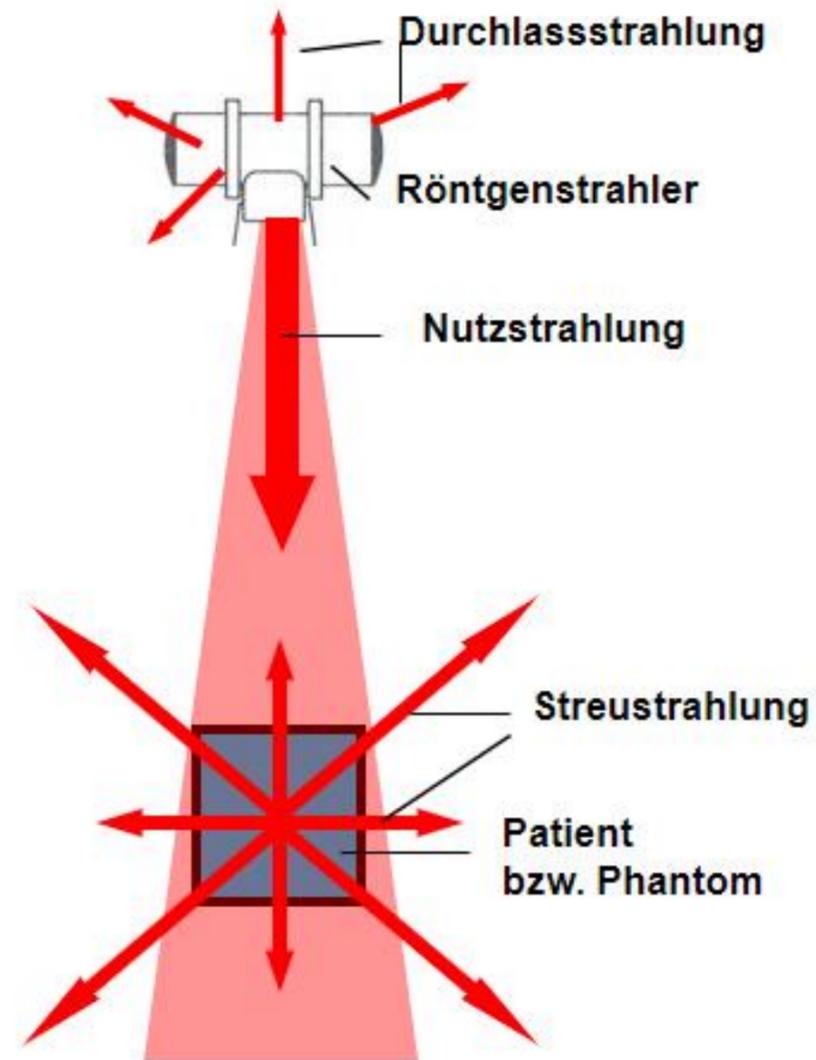
- §64 Pflicht zur Ermittlung der Körperdosis zu überwachenden Personen

§64 (1) Der SSV hat dafür zu sorgen, dass an Personen, die sich in einem Strahlenschutz-bereich aufhalten, die Körperdosis nach Maßgabe des § 65 Absatz 1 ermittelt wird. Ist für den Aufenthalt in einem Überwachungsbereich für alle oder für einzelne Personen zu erwarten, dass im Kalenderjahr eine effektive Dosis von 1 Millisievert, eine höhere Organ-Äquivalentdosis als 15 Millisievert für die Augenlinse und eine lokale Hautdosis von 50 Millisievert nicht erreicht werden, so kann er für diese Person auf die Ermittlung der Körperdosis verzichtet werden.

- Bei Personen, die betriebsbedingt eine Aufgabe im Kontrollbereich wahrzunehmen haben
- Aber nicht Personen die sich nicht im Kontrollbereich sondern außerhalb - im Überwachungsbereich - aufhalten

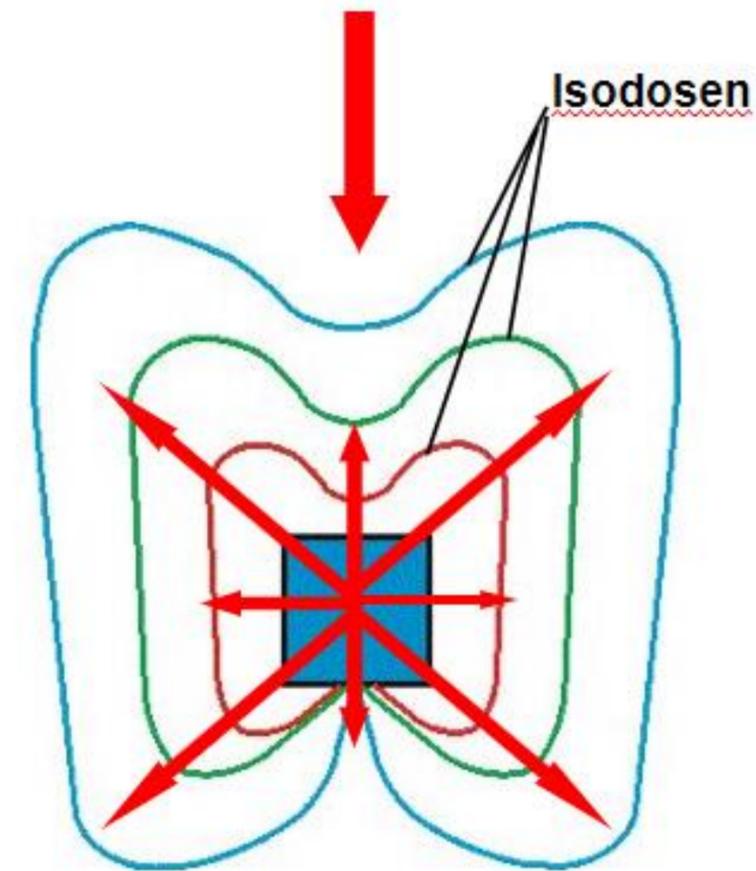


Entstehung des Strahlenfelds in der Umgebung einer Röntgenanlage



Entstehung der Streustrahlung im Phantom bzw. im Patienten

Einfallrichtung der Primärstrahlung



Typische „Schmetterlingsform“ der Isodosen der Streustrahlung



Mobile Röntgenanlagen

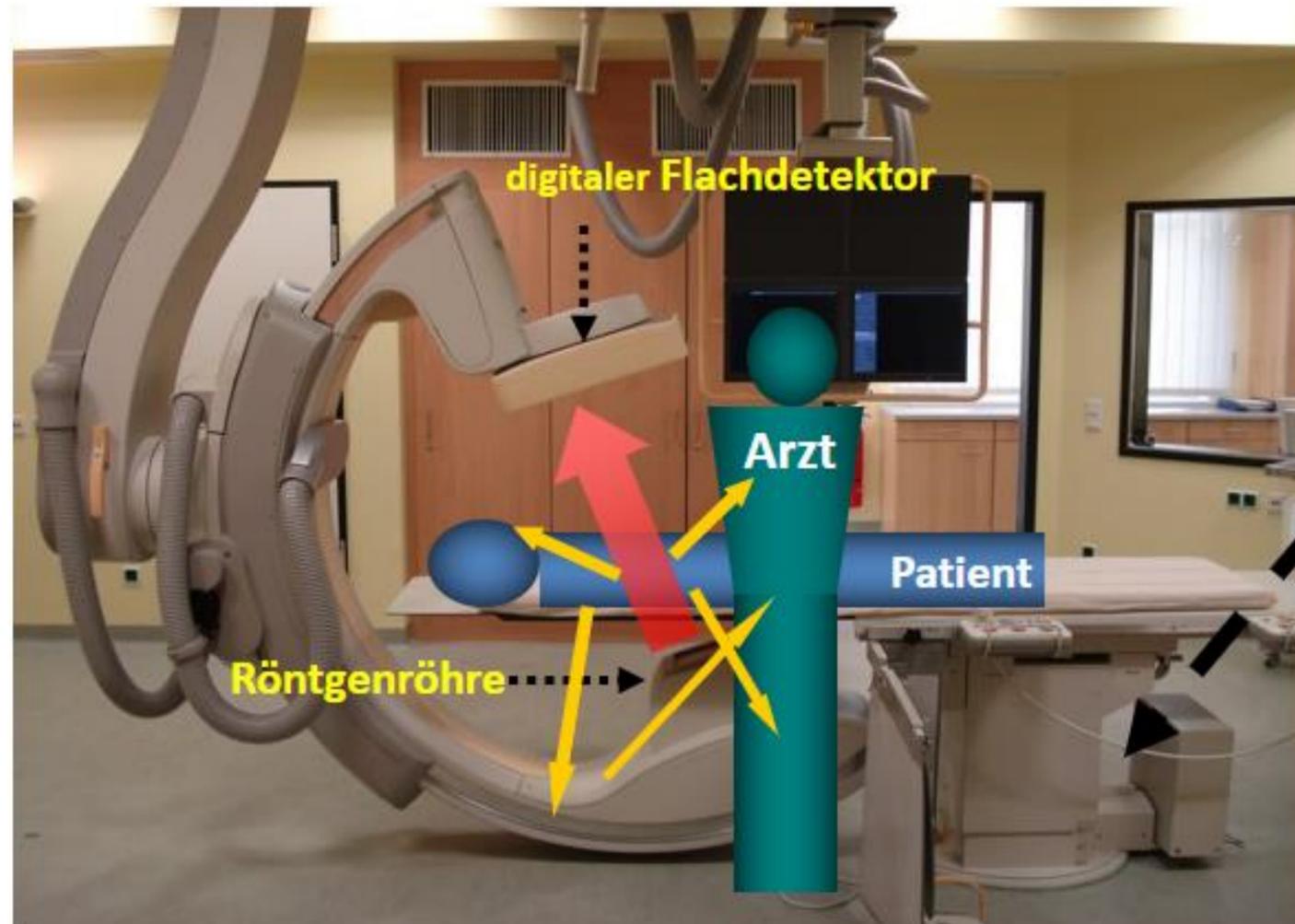


- Beispiel: „C-Bogen“
 - Bild: Detektor und Röhre sind wie ein „C“ verbunden.
- transportable Röhre und Detektor
 - ortsveränderliche Einrichtung, die in verschiedenen Anlagenumgebungen betrieben werden kann
 - intraoperative Anwendung
- Strahlenschutzmaßnahmen an die Umgebung anpassen



Expositionssituation am Beispiel eines C-Bogens

Die Strahlenexposition für den Patienten und Anwender ist nicht homogen.



Untertischröhre

Abschirmung einklappen

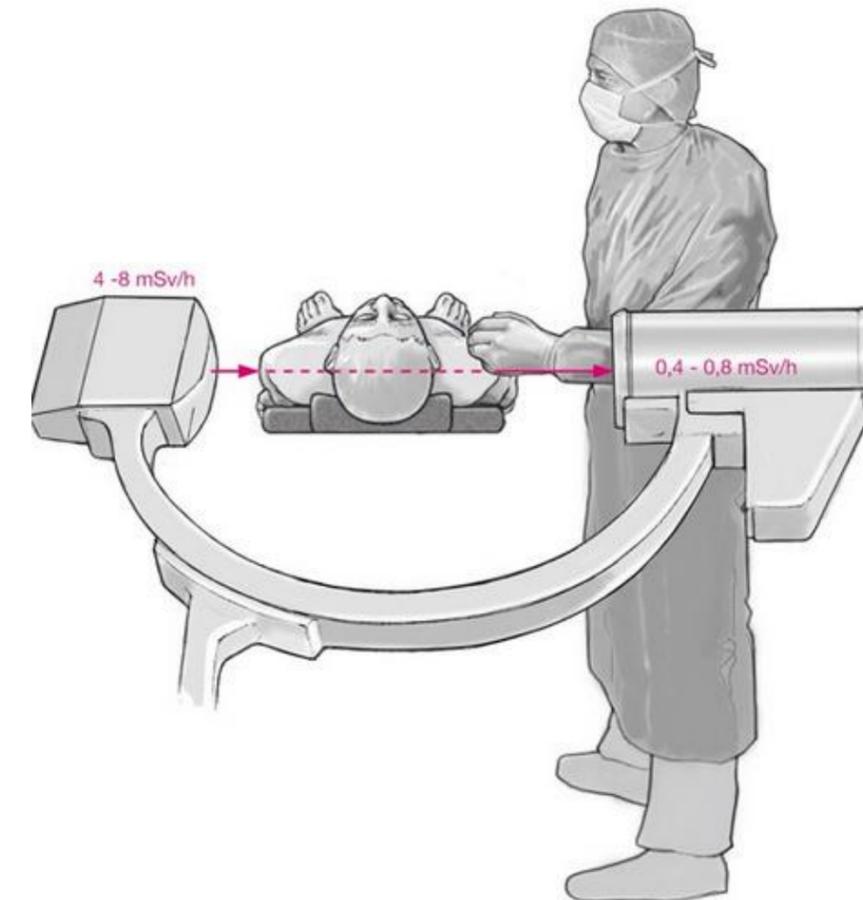
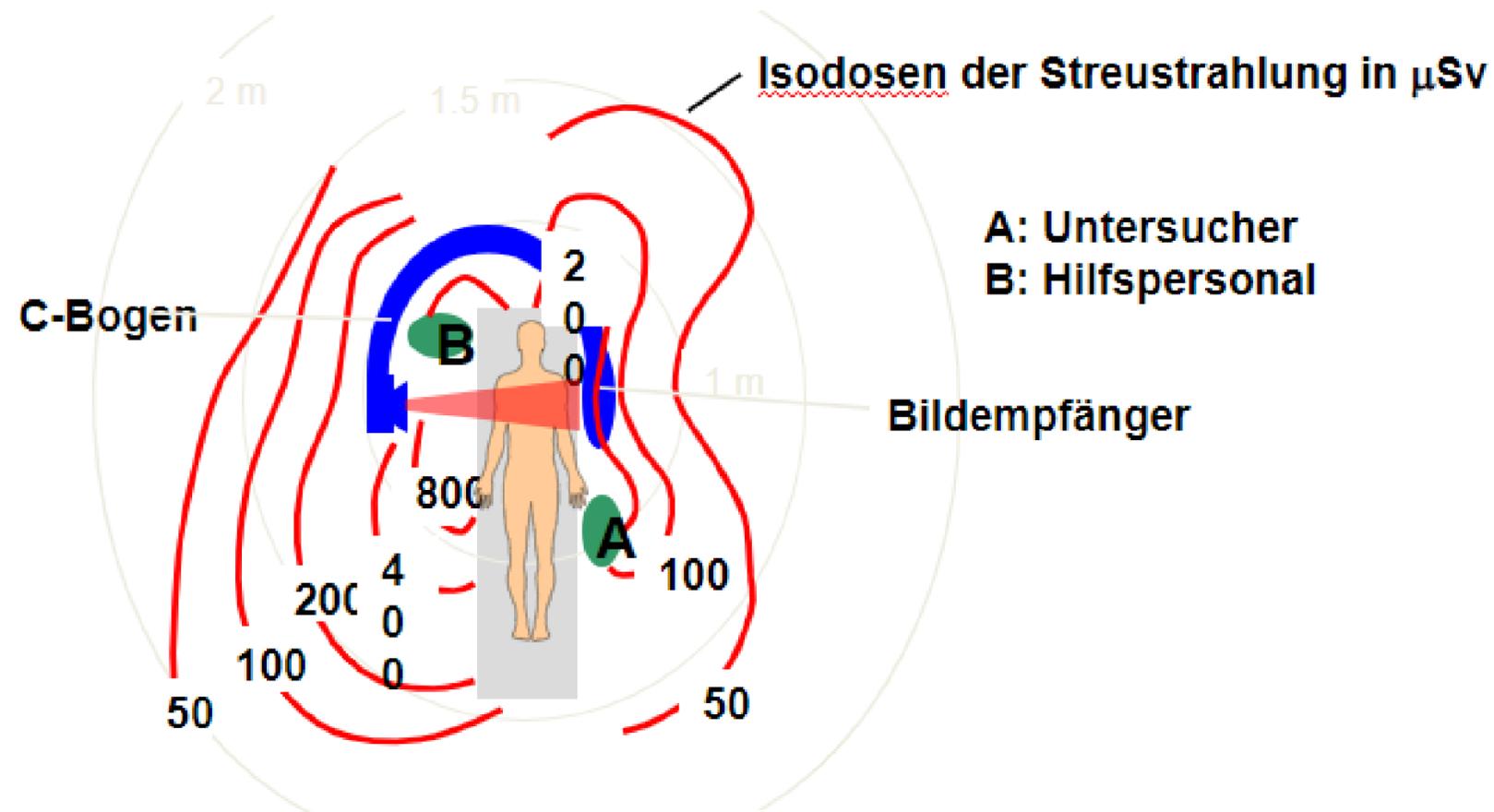
Legende:

Nutzstrahl

Streustrahlung



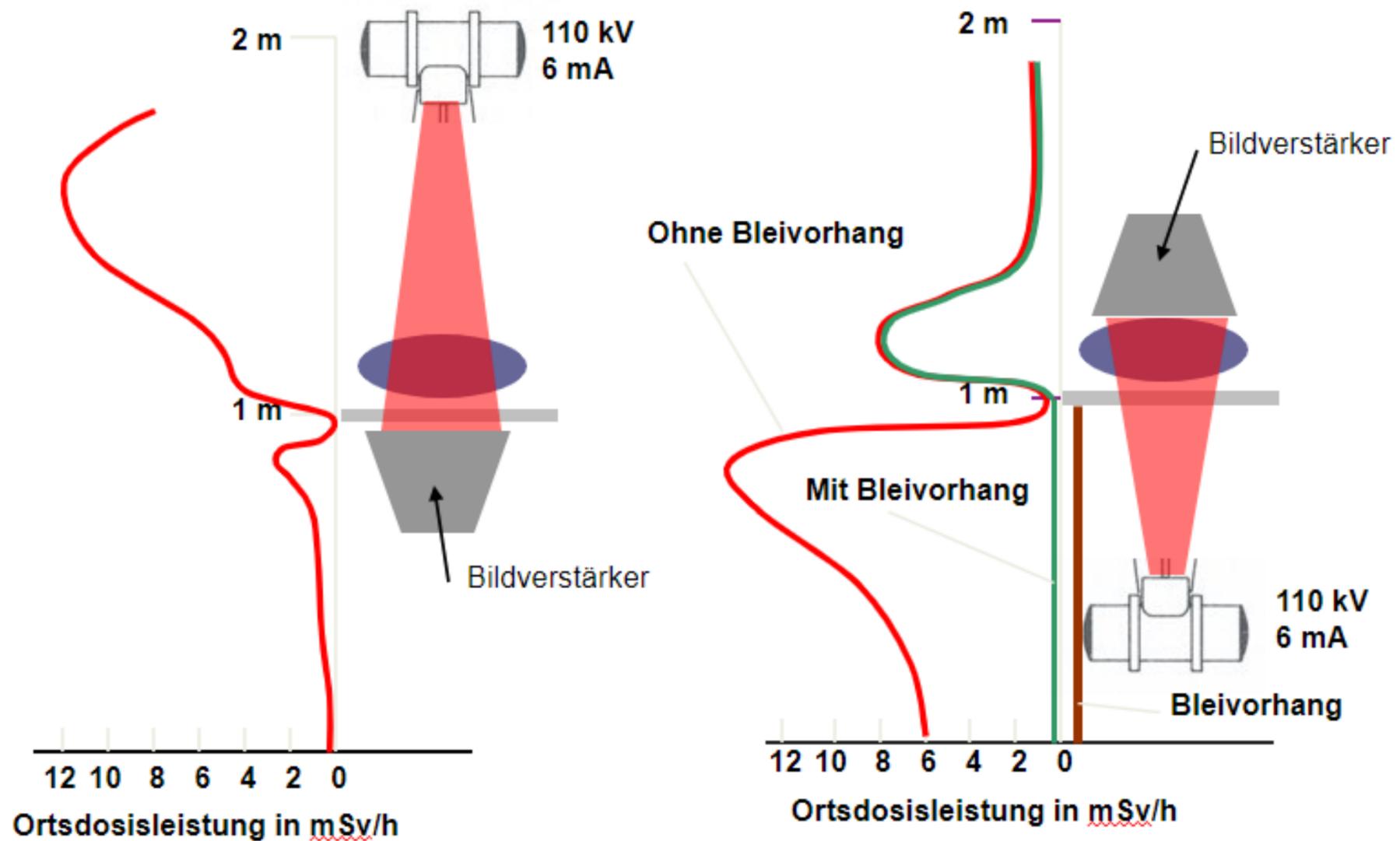
Typische Raumisodosen in Tischhöhe pro Untersuchung



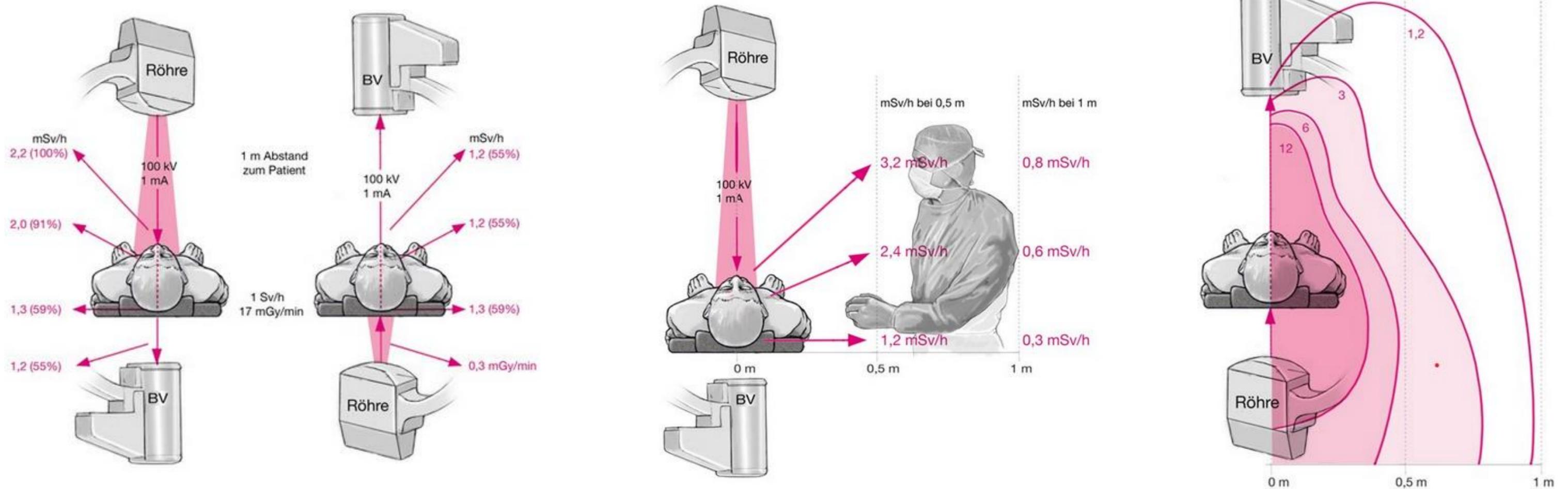
Streustrahlung trägt zur Strahlenexposition des Untersuchers bei.



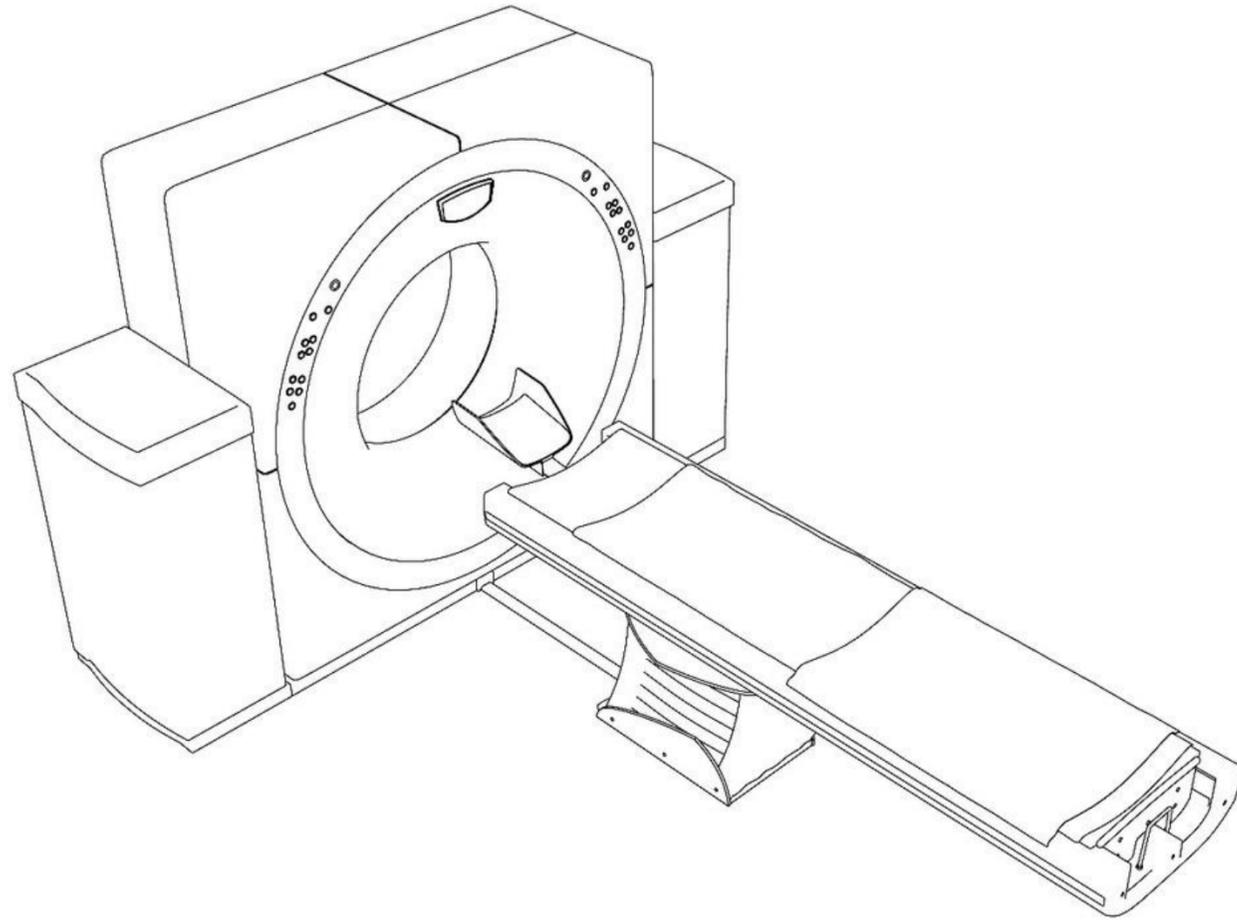
Ortsdosisleistung senkrecht zur Tischebene



Ortsdosisleistung senkrecht zur Tischebene



Prinzipieller Aufbau des CT-Systems

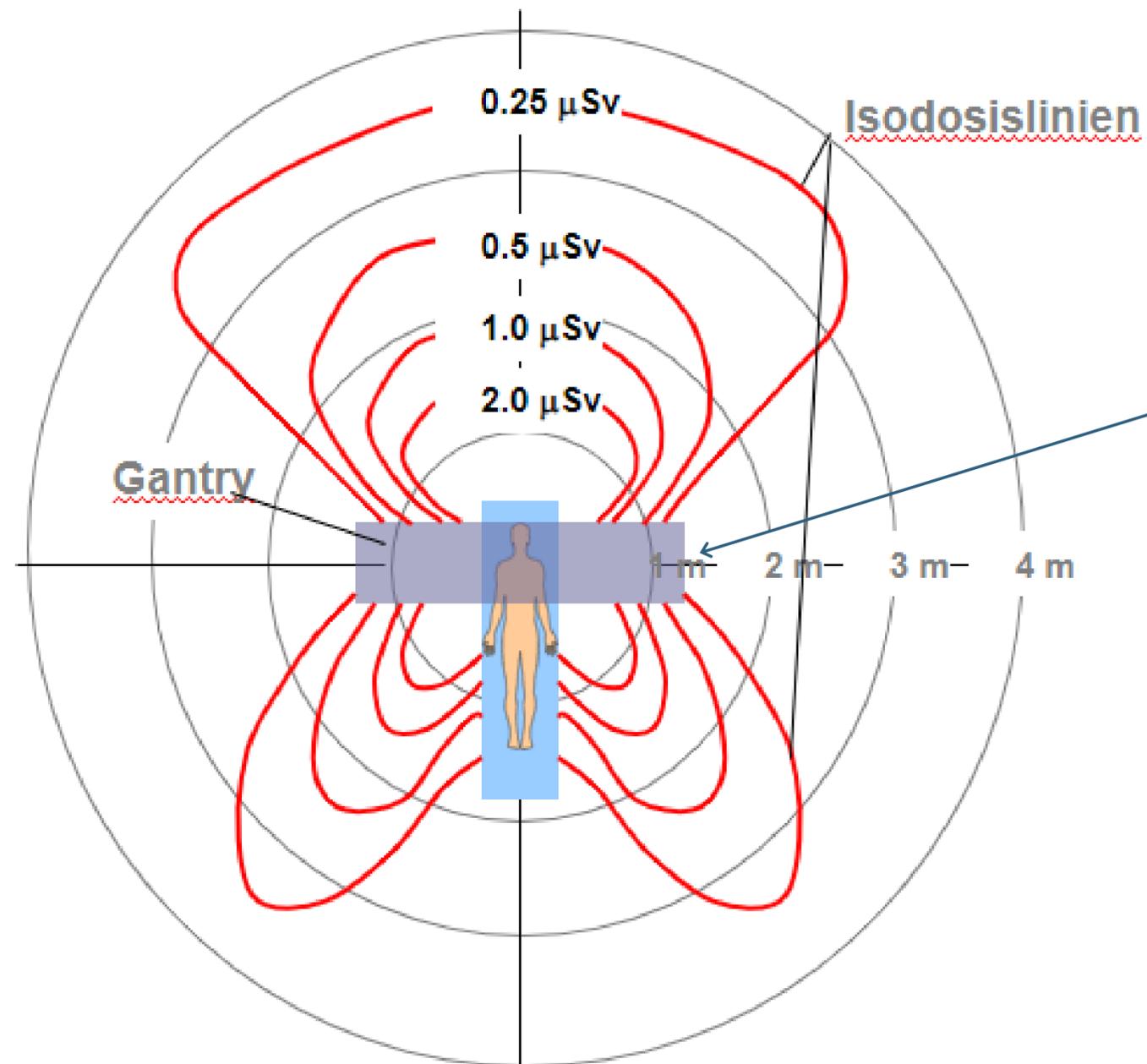


Die wichtigsten
Komponenten:

- Scaneinheit (sog. Gantry)
- Röntgeneinheit
 - Röntgenröhre
 - Detektoreinheit
- Patiententisch
- Bildprozessor
- Bedieneinheit, Konsole



Isodosen im Streustrahlungsfeld einer CT-Anlage



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





Warum ist die Strahlenexposition beim CT erhöht?

Die Strahlenexposition ist bei CT-Aufnahmen in vielen Fällen mehr als **10-fach höher ist als bei konventionellen Aufnahmen!**

CT-Aufnahmen haben einen wesentlich höheren Informationsgehalt als konventionelle Aufnahmen.

Die erforderliche große Anzahl von Projektionen zum Erzielen der höheren Information führt zu einer hohen Strahlenexposition.

Gesteigerte Anforderungen an die Bildqualität sowie entsprechend hohe Dosiswerte und Schichtzahlen werden durch eine höhere Diagnosesicherheit „belohnt“.

Gerätetechnische Ausweitung des Anwendungsspektrums führen teilweise zu erhöhten mAs-Produkten.





Persönliche Schutzmaßnahmen

- Schutzschürze mit 0,35 mm Bleigleichwert
- Schilddrüsenschutz
- Bleiglasbrille zur Vermeidung der Ausbildung eines Katarakts
- Wählen des günstigsten Aufenthaltsorts, insbesondere für das medizinische Assistenzpersonal
- Aufenthaltszeit im Röntgenraum so gering wie möglich
- Problemzonen: Achsel- und Halsausschnitt



Gesetzliche Vorgaben



Gesetzliche Vorgaben

- Organisatorische Schutzmaßnahmen
- Überwachungsvorschriften
- SSV
- SSBev
- SSB
- Sonstige Personen
- Fachkunde im Strahlenschutz
- Organisation im eigenen Betrieb
- Rechtsnormen im Strahlenschutz
- Strahlenschutzanweisung als Pflicht

Organisatorische Schutzmaßnahmen

- Genehmigung, Auflagen
- Strahlenschutzanweisung
- Strahlenschutzunterweisung
- Regelmäßige Überprüfung
- Zutrittsregelungen
- Dosisüberwachung
- Alarmplan



Überwachungsvorschriften

- Beruflich strahlenexponierte und sonstige Personen
- Personen, die sich im Kontrollbereich aufhalten
- Körperdosis ermitteln

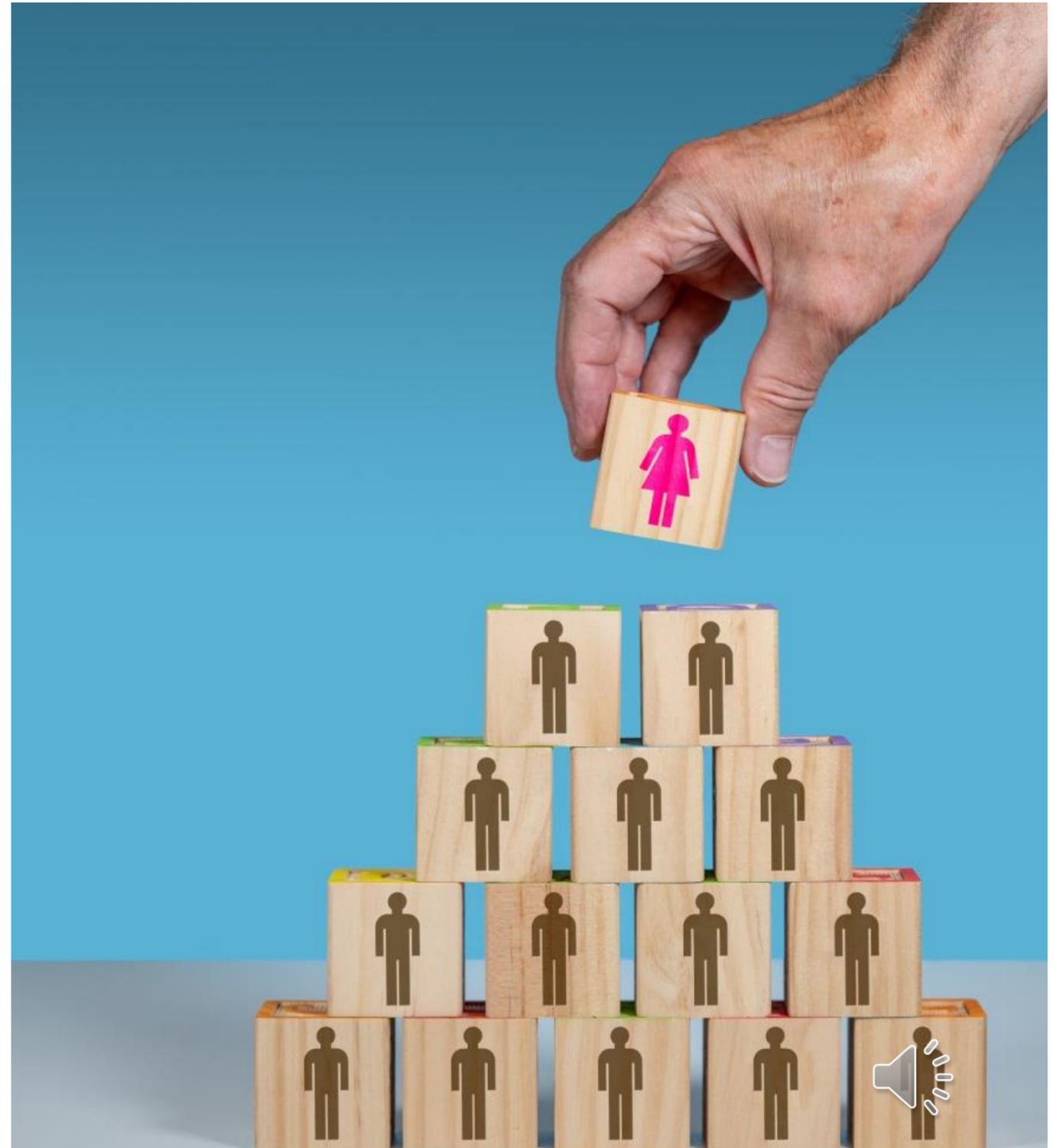
Ausnahmen:

- Mit Genehmigung der Behörde, wenn sichergestellt ist, dass 1 mSv pro Jahr nicht überschritten wird
→ Überwachung nicht zwingend erforderlich
- Patienten bei Röntgenanwendungen



Strahlenschutzverantwortlicher (SSV)

- bedarf einer Genehmigung oder Anzeige nach Strahlenschutzrecht
 - Im Allgemeinen ist dies der Unternehmer (Inhaber, Geschäftsführer, Vorstand ...).
- muss nicht zwingend fachkundig sein
 - Bestellung von Strahlenschutzbeauftragten
 - Einsetzen eines Bevollmächtigten sinnvoll
- trägt grundsätzlich die unternehmerische Verantwortung für den Strahlenschutz



Strahlenschutz- bevollmächtigter (SSBev)

- unterstützende Funktion für den SSV
- Fachkunde im Strahlenschutz erforderlich
- Ansprechpartner für Behörden
- Funktion nicht im Gesetz oder in der Verordnung geregelt
- Funktion wird u.a. in der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin erwähnt.



ASK AN EXPERT



Strahlenschutzbeauftragter (SSB)

Der Strahlenschutzverantwortliche hat für die Beaufsichtigung der Tätigkeiten Strahlenschutzbeauftragte schriftlich zu bestellen.

Der Strahlenschutzbeauftragte

- besitzt Fachkunde im Strahlenschutz,
- hat (Weisungs-)Befugnisse innerhalb seines Entscheidungsbereichs,
- sorgt für einen vorschriftsmäßigen Betriebsablauf,
- kann persönlich haftbar sein,
- darf bei der Erfüllung seiner Pflichten nicht behindert werden.



Sonstige Personen

Personen, die Umgang mit radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung haben (sonst tätige Personen), müssen

- [Kenntnisse über Strahlengefährdung und Schutzmaßnahmen besitzen,](#)
- [regelmäßig unterwiesen werden.](#)



Fachkunde im Strahlenschutz

- Die Fachkunde im Strahlenschutz ist **obligatorisch** für:
 - Strahlenschutzbeauftragte
 - Ärzte, die rechtfertigende Indikationen stellen
 - Medizinphysik-Experten, ermächtigte Ärzte, MTRA, TFA
- Die Fachkunde im Strahlenschutz erfordert:
 - eine geeignete Ausbildung
 - praktische Erfahrung (**Sachkunde**)
 - erfolgreiche Teilnahme an anerkanntem Fachkundekurs (**Kenntnisse**)
 - Sonderfall „MTRA“: Fachkunde gilt mit Berufserlaubnis als erteilt.
- Bescheinigung der Fachkunde für einen Fachkundebereich durch eine „zuständige Stelle“
- spezifiziert in verschiedenen Fachkunderichtlinien und der Richtlinie Strahlenschutz in der Medizin
- regelmäßige **Aktualisierung** erforderlich (**mindestens alle fünf Jahre!**)



Organisation im eigenen Betrieb

Strahlenschutzerantwortliche

Dr. A. Adrian 089 940295649

Strahlenschutzbeauftragte(r)

Dr. P. Nelissen 089
904295618

Zuständige Aufsichtsbehörde

Regierung von Oberbayern,
Gewerbeaufsichtsamt, Dezernat 3A,
Heßstraße 130, 80797 München

Strahlenschutzverordnung

befindet sich:

F > Team > 05Bildgebung > Strahlenschutz

Strahlenschutzanweisung

befindet sich:

F > Team > 05Bildgebung > Strahlenschutz

Sonstige Ansprechpartner

A. Beskid 089 940295642



Rechtsnormen im Strahlenschutz

- Atomgesetz (AtG)
- Strahlenschutzgesetz (StrlSchG)
- Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)
- Röntgenverordnung (RöV) [aufgehoben]

Verboten:

- Umgang mit radioaktiven Stoffen
- Erzeugung ionisierender Strahlung
... außer, wenn es explizit genehmigt ist!



Strahlenschutzanweisung als Pflicht

- Pflichten des Strahlenschutzverantwortlichen:
 - Für den Erlass der Strahlenschutzanweisung sorgen
 - Inhalt: im Betrieb zu beachtende Strahlenschutzmaßnahmen
- Strahlenschutzanweisung kann Bestandteil sonstiger Betriebsanweisungen/ Arbeitsschutzanweisungen sein

Eine Strahlenschutzanweisung sollte als **Pflicht** verstanden werden und **ohne gesonderte Aufforderung erlassen werden!**



Auf Wiedersehen

Vielen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit

