



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la santé publique OFSP
Unité de direction protection des consommateurs

Was ist Radioaktivität ?



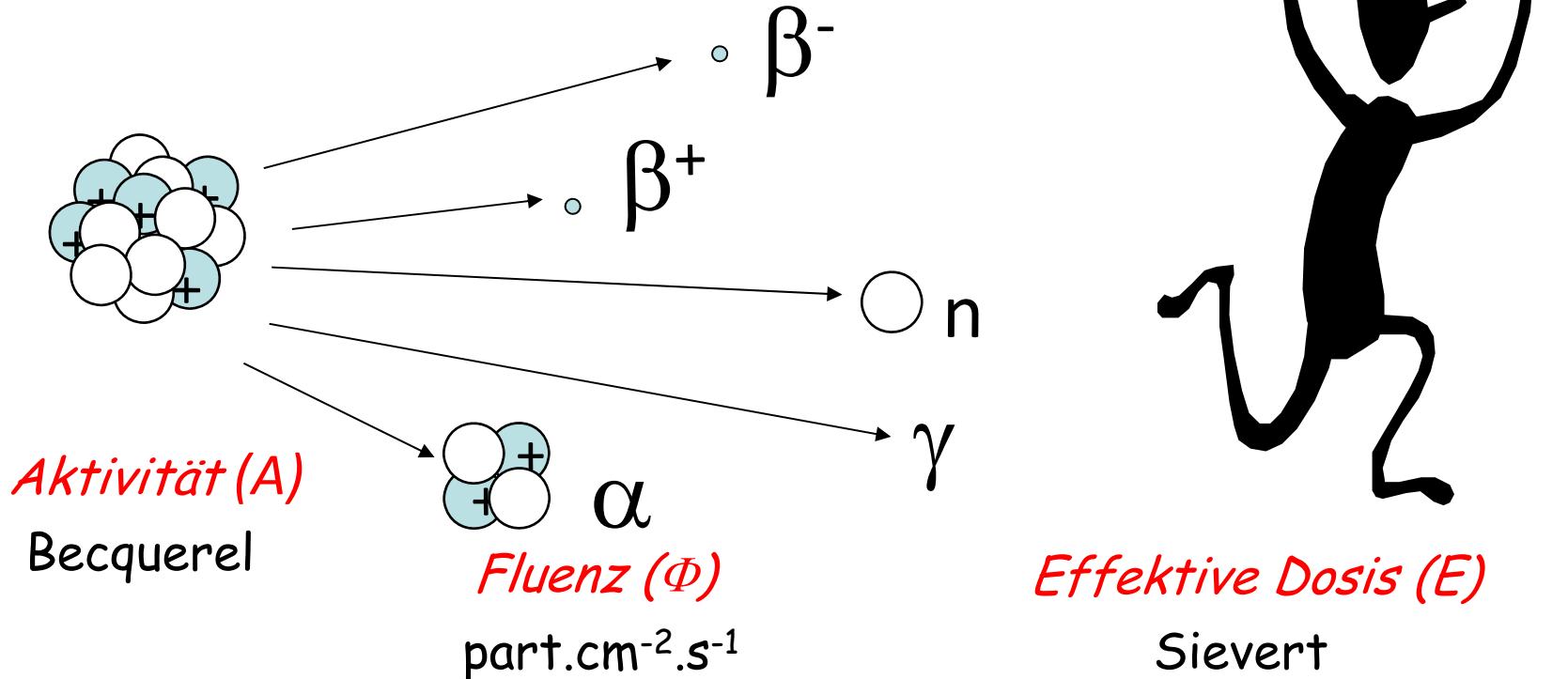
Vortrag "Medizin und Umwelt"

Christophe Murith
BAG



Zielsetzungen

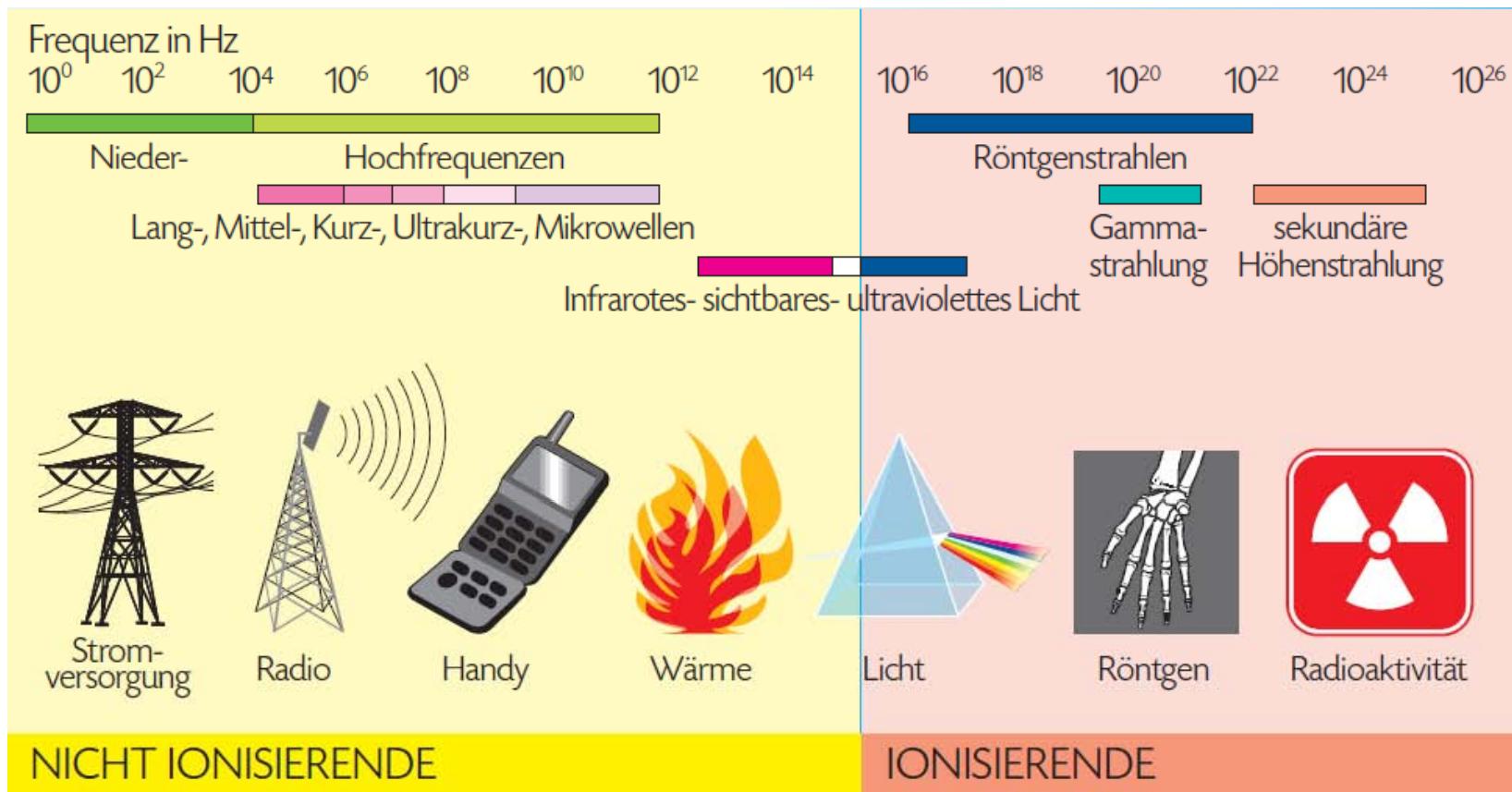
- Nützliche Informationen über ionisierende Strahlung
- Grundkonzepte der Strahlung und der Radioaktivität
- Verständnis der Strahlung verbessern
 - was es ist und wie es einwirkt ?





Was ist ionisierende Strahlung ?

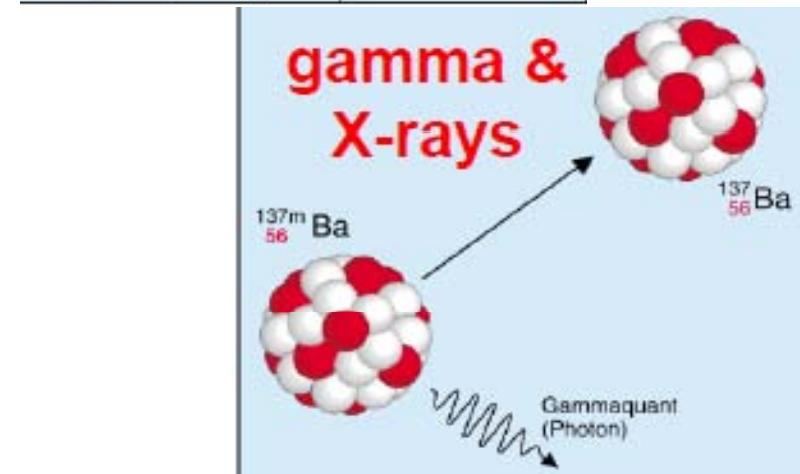
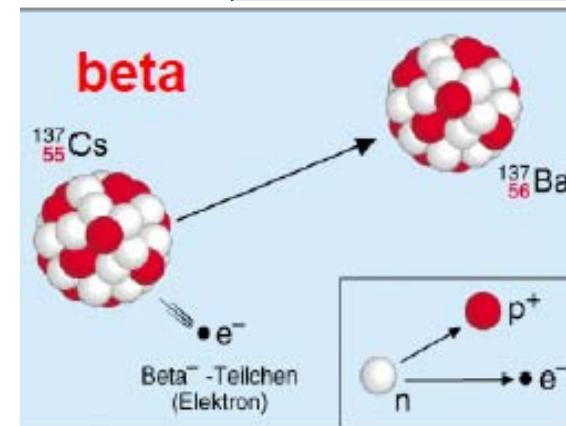
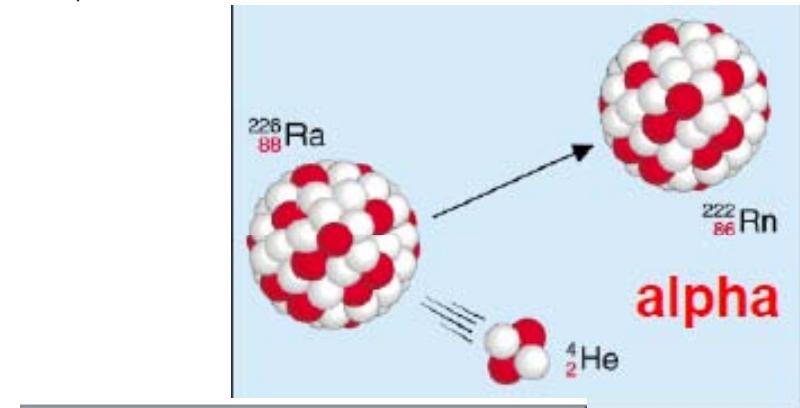
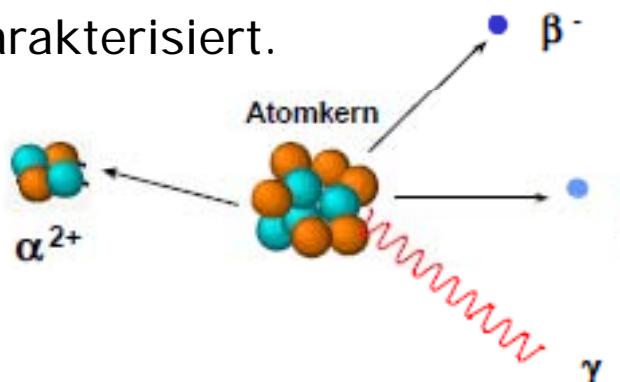
- **Ionisierende Strahlung** kann durch Wechselwirkung mit lebendem Gewebe dieses schädigen was zur Erkrankung des gesamten Organismus führen kann. Deshalb braucht man den Strahlenschutz !





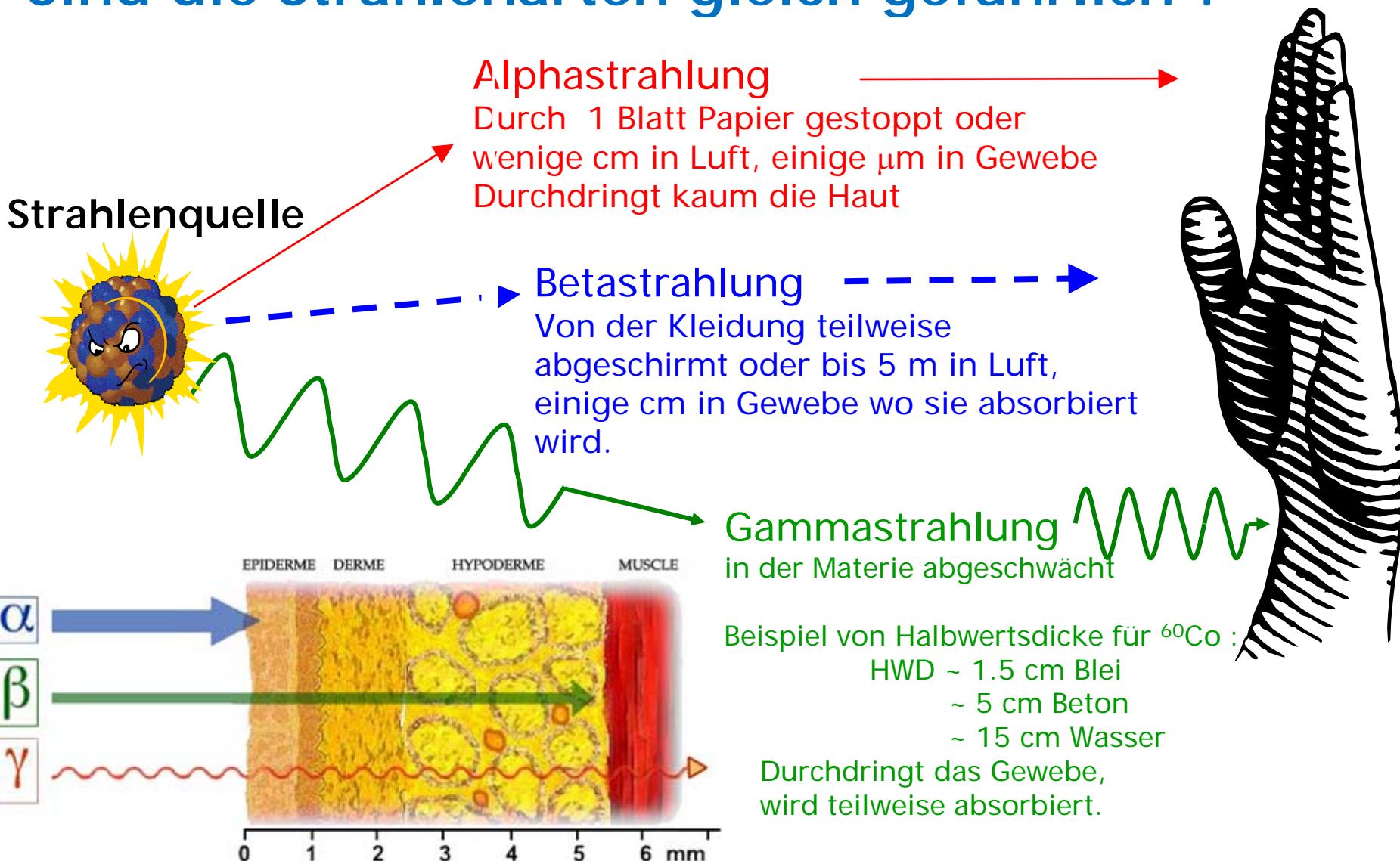
Was ist Radioaktivität ?

- Radioaktivität ist das Phänomen bei welchem sich instabile Atomkerne in stabilere Kerne durch Aussendung von Alpha, Beta- oder Gamma-Strahlung umwandeln. Atomkerne, die diese Eigenschaft besitzen, nennt man Radionuklide. Sie werden insbesondere durch ihre Aktivität und Halbwertzeit charakterisiert.



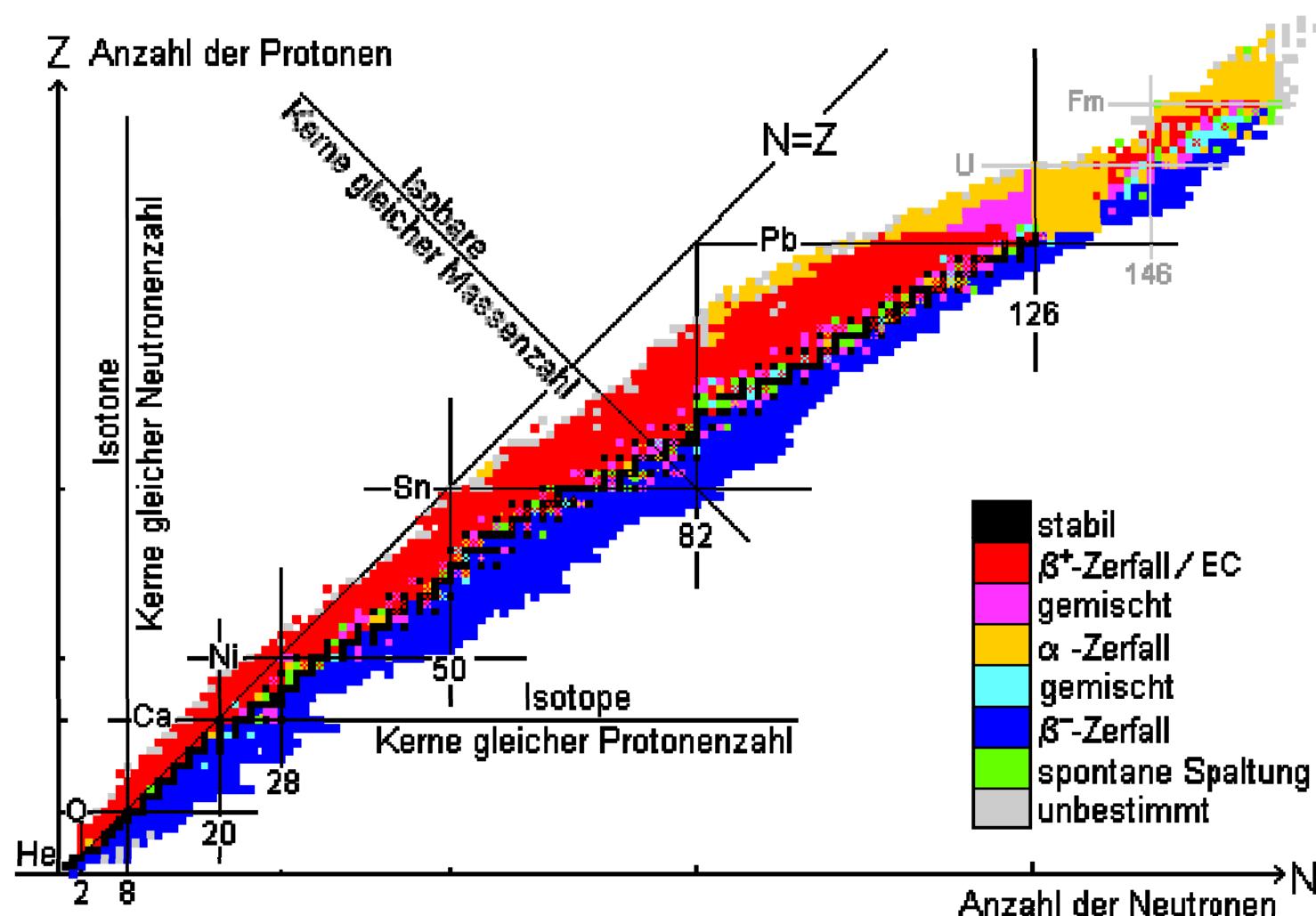


Sind die Strahlenarten gleich gefährlich ?





Was sagt uns die Nuklidkarte ?



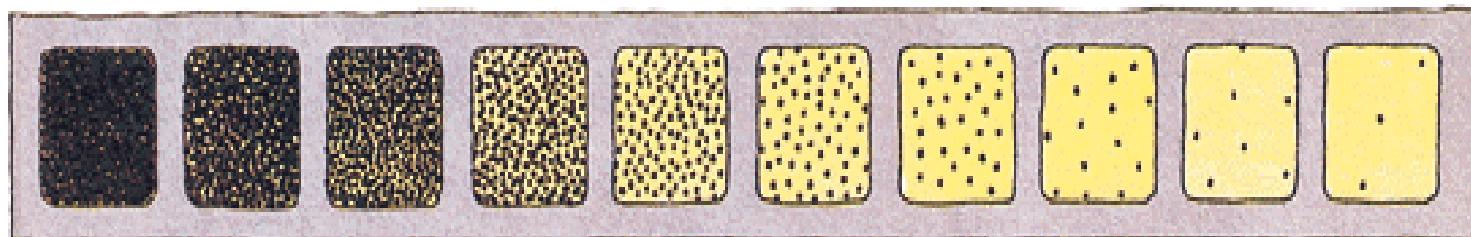


Was ist Halbwertzeit ?

■ Halbwertszeit (HWZ)

- **Physikalische HWZ** : Zeit in der von einer vorhandenen Menge radioaktiver Atomkerne, die Hälfte zerfällt. Die Halbwertzeit eines Radionuklids kann Brüche einer Sekunde oder bis zu Millionen Jahren sein.
- Als Beispiel ist die Halbwertzeit von Jod-131 acht Tage. Startend mit 1'000 Radioaktivitätseinheiten, nach acht Tagen sind es noch 500. Nach 10 Halbwertzeiten (80 T), gibt es noch 1 Radioaktivitätseinheit.

Decay rate of radioactivity: After ten half-lives, the level of radiation is reduced to one thousandth



- **Biologische HWZ** : Zeit in der ein Stoff durch Stoffwechsel- und Ausscheidungsvorgänge zur Hälfte aus dem Körper ausgeschieden wird.

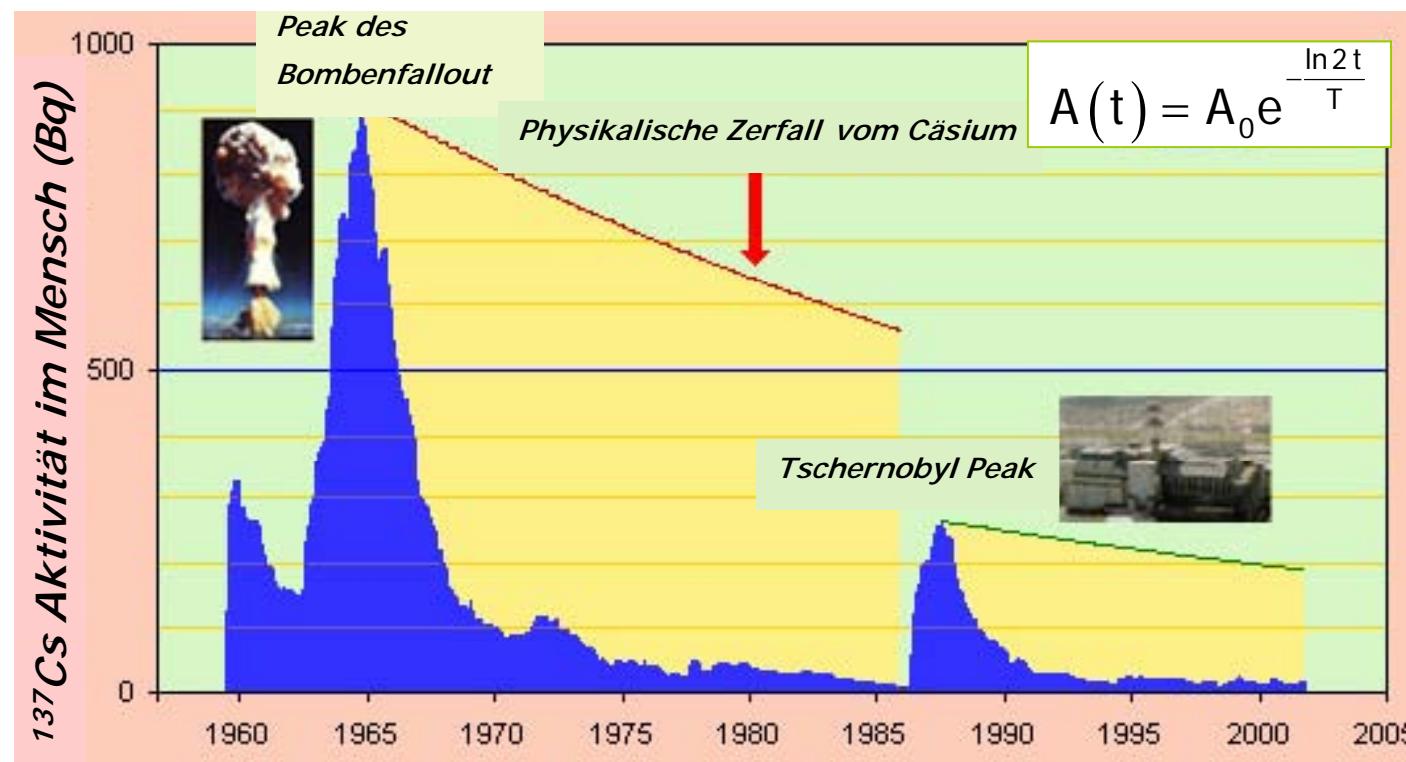


Was ist das Mass für die Radioaktivität ?

■ Aktivität

- Messgröße für die Radioaktivität eines Radionuklides
- Anzahl der Kernumwandlungen/Zerfällen pro Sekunde
- Einheit : das Becquerel (1 Bq = 1 Zerfall pro Sekunde)
(1 g Radium beträgt 37 Milliarden Bq oder 1 Curie; 1 Ci = $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq)

1 Bq = 1 Zerfall/s





Wie von den Becquerel zu den Sievert ?

Strahlung	W _R
X, γ , e	1
p	5
n	5 - 20
α	20



männlicher
Referenzmensch



Männliches Phantom, 73 kg
Energiedosen D_T^M

Organdosen
 H_T^M

Radionuklidzufuhr &
externe Exposition



weiblicher
Referenzmensch

Weibliches Phantom, 60 kg
Energiedosen D_T^F

Organdosen
 H_T^F

W_R

geschlechtergemittelte
Organdosen H_T

effektive Dosis E

W_T

Organ	W _T
Keimdrüsen	0.25
Brust	0.15
rotes Knochenmark	0.12
Lunge	0.12

Referenzperson

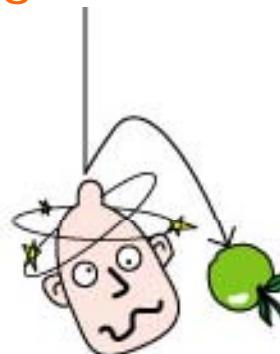
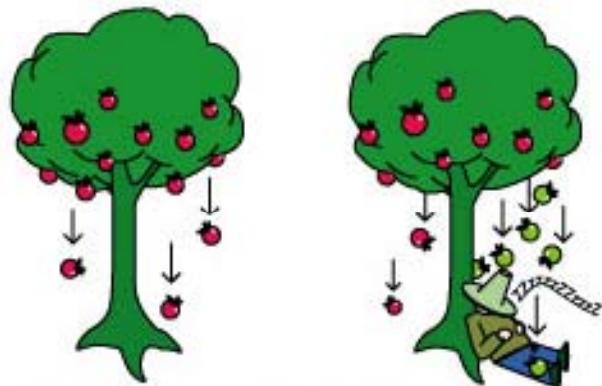
$$H_T = \sum_R W_R \cdot D_{T,R}$$

$$E = \sum_T W_T \cdot H_T$$



Kann der Strahlenschutz einfacher sein ?

▪ Dosis und Dosisleistung



$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ J/kg}$$

Die Wirkung, die auf seinen Körper nach dem Gewicht oder der Größe der Äpfel gelassen wurde ~ Sievert (Produktwirkung).

Die Anzahl Äpfel, die fallen ~ Becquerel (Anzahl Zerfälle pro Sekunde).

Die Anzahl Äpfel, die das Mensch getroffen haben, ~ Gray (absorbierte Dosis).

Die effektive Dosis E erfasst das Strahlenrisiko des Menschen bei geringer Strahlenexposition. Die Einheit ist **1 Sievert=1 Sv=1 J/kg**



Die Energiedosis gibt die durch Strahlung auf das Gewebe übertragene Energie an.

Multiplikation mit dem Strahlungs-Wichtungsfaktor w_R

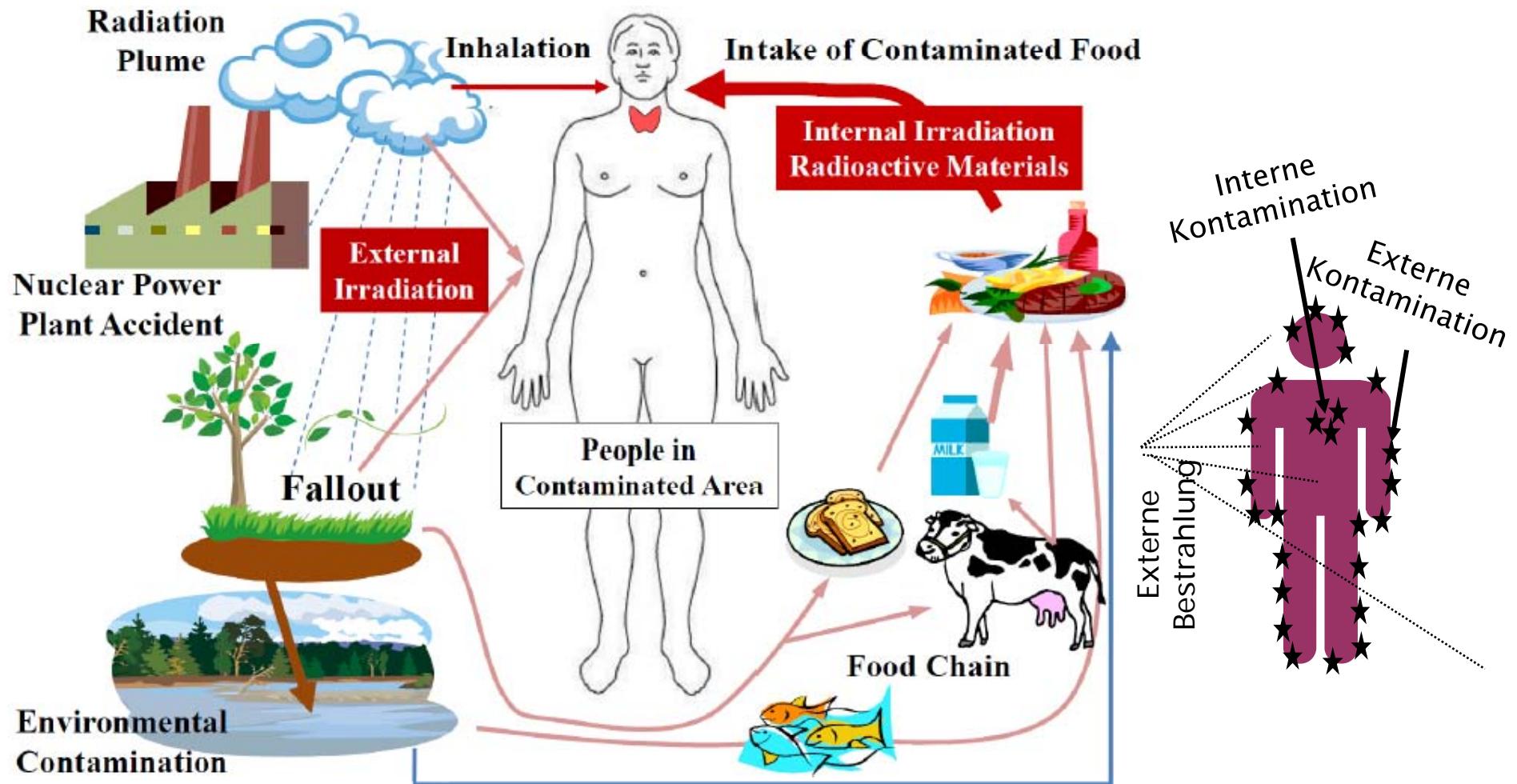
Die Organdosis wichtet die Energiedosis unter Berücksichtigung der biologischen Wirksamkeit der Strahlenarten.

Multiplikation mit dem Gewebe-Wichtungsfaktor w_T

Die effektive Dosis wichtet die Organdosis unter Berücksichtigung der Strahlenempfindlichkeit der Organe und Gewebe.



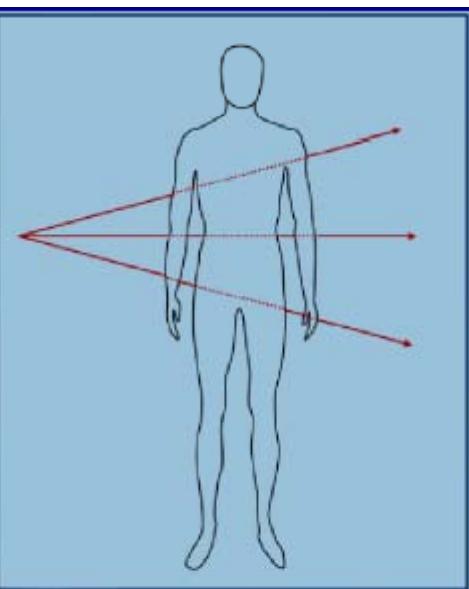
Welche Expositionspfade gibt es ?



Relevante Radionuklide : I-131, Cs-137, Cs-134, Sr-90, Pu, ...

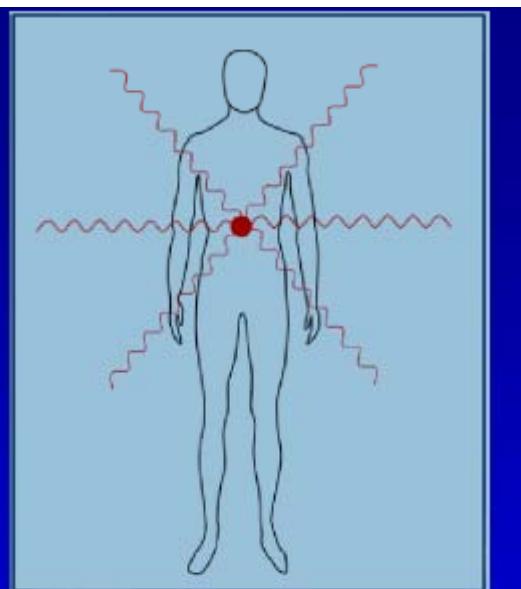


Typen der Strahlenexposition



Externe Bestrahlung

Dosis =
Ortsdosisleistung \times
Aufenthaltsdauer



Interne Bestrahlung

Dosis =
durch Inhalation und Verzehr
kontaminierter Lebensmittel
aufgenommene Aktivität \times
Dosiskoeffizient

Cs-137 (oder I-131) Fallout:
1 MBq/m² \triangleq ODL 2 μ Sv/h

1 μ Sv/h \triangleq
480 mSv Schilddrüsendosis bei Kleinkindern

過去の平常値の
範囲



1 kg Reis mit 500 Bq/kg Cs
Dosisfaktor für Cs: 0,014 mSv/kBq

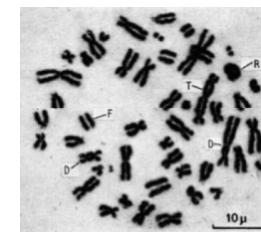
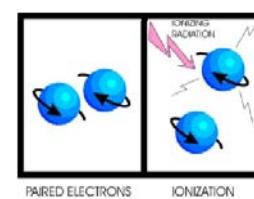
$D = 0,014 \times 0,5 = 0,007 \text{ mSv}$
~ 1 Tag natürliche Radioaktivität





Wie wird die Kernstrahlung gemessen ?

- **Ionisation**
 - Gas- Fest- flüssig Zintillationszähler
- **Licht**
 - Thermolumineszenzdosimeter
- **Temperatur**
 - Kalorimetrische Dosimeter (Primär)
- **Chemie**
 - Film, ESR, Polymerengel, Kernspur, Fricke-Dosimeter
- **Phasendifferenz**
 - Blasendosimeter (Weltraummedizin)
- **Aktivierung**
 - Neutronenmessungen
- **Biologie**
 - Messung durch Biologische Wirkung Chromosomenaberrationen (Dizenter)





Wie wird die Kernstrahlung gemessen ?

- Expositionskontrolle ODL



- Kontaminationskontrolle



- Detektoren

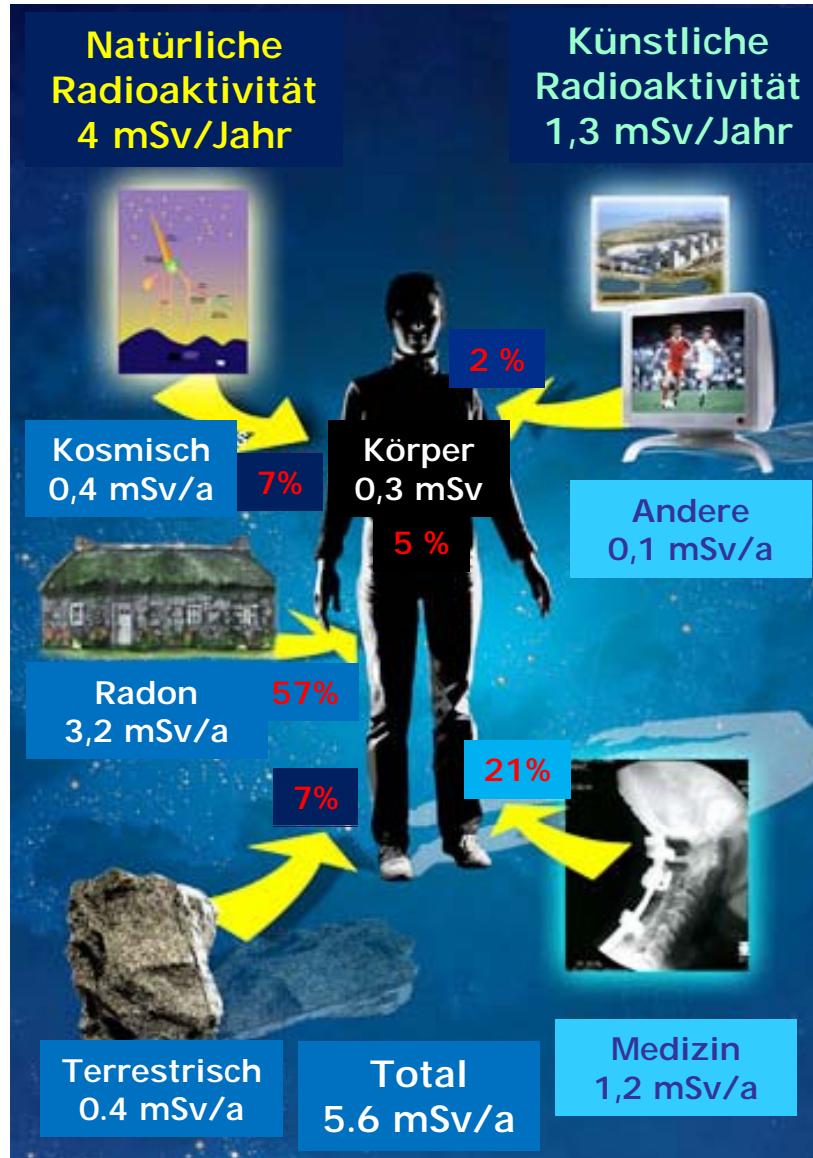


- Personendosimeter

- Personenkontamination

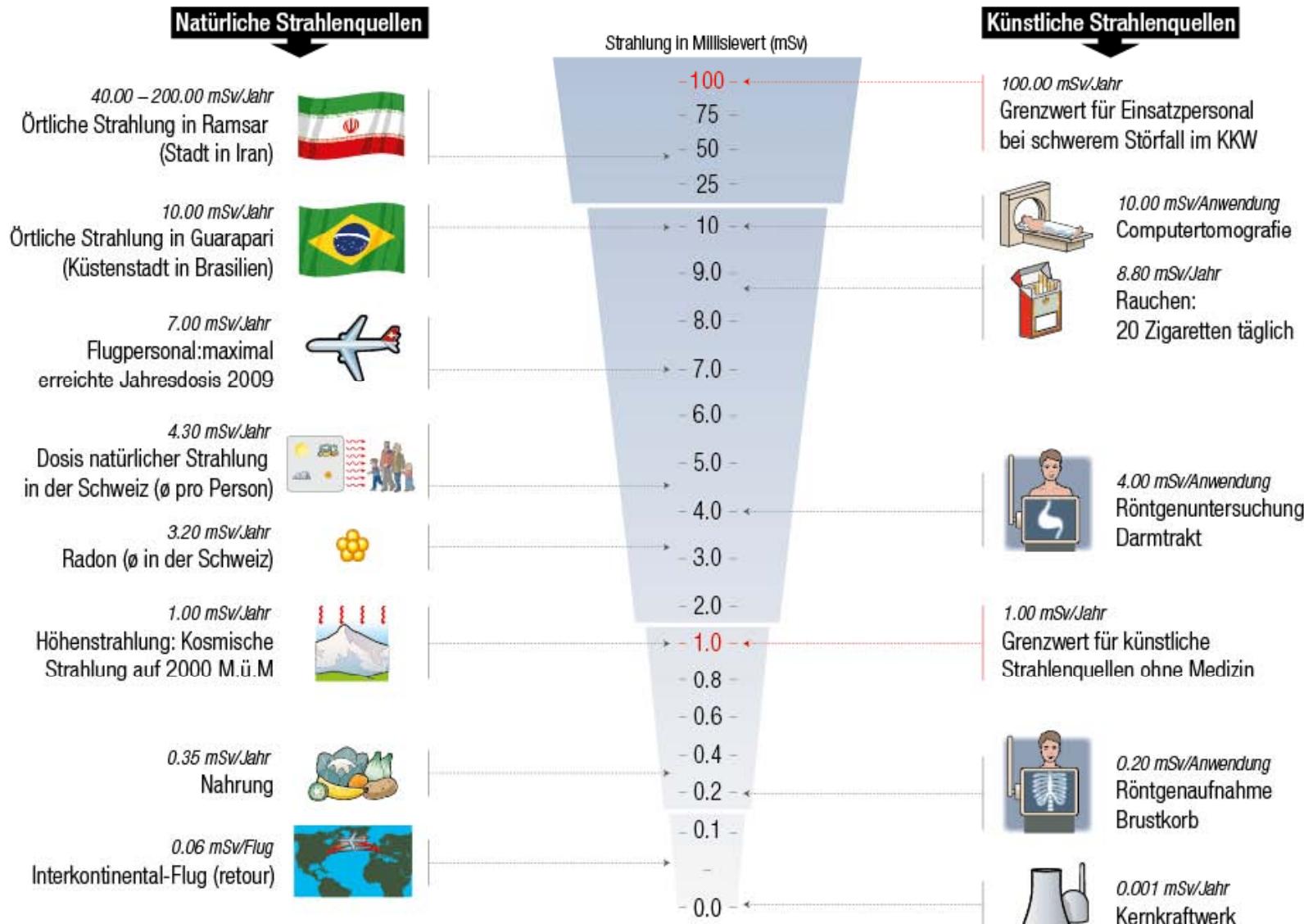


Wie hoch ist die Strahlenexposition in der Schweiz ?





Natürlich gegenüber Künstlich ?





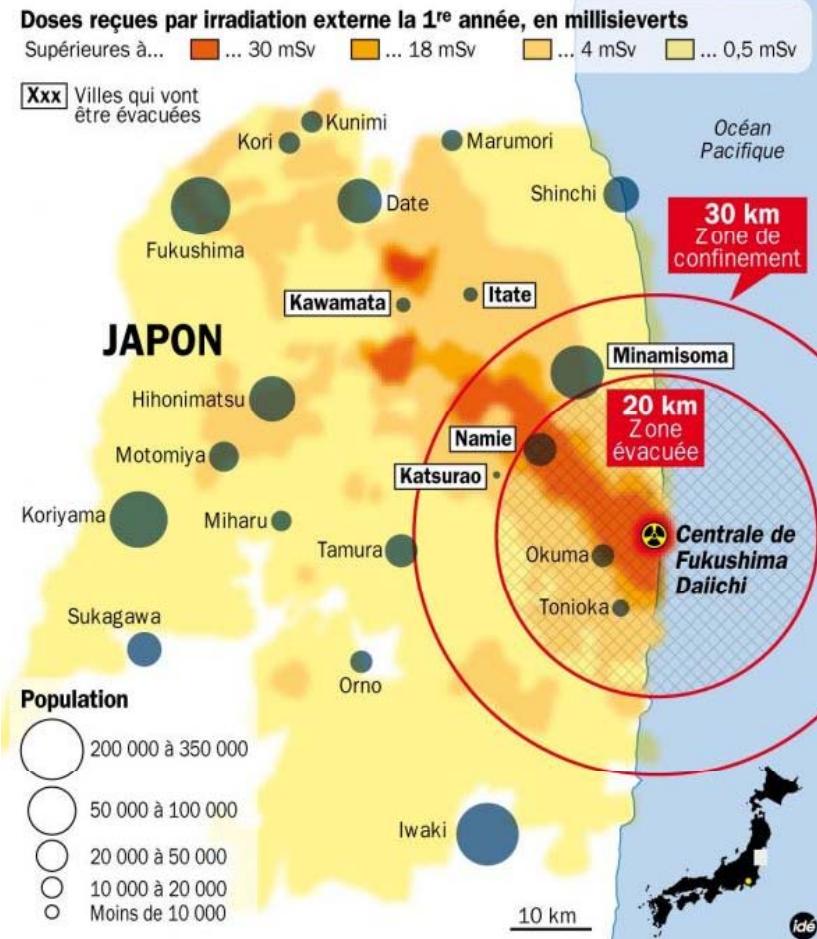
Wie klassiert man Nukleare Unfälle ?



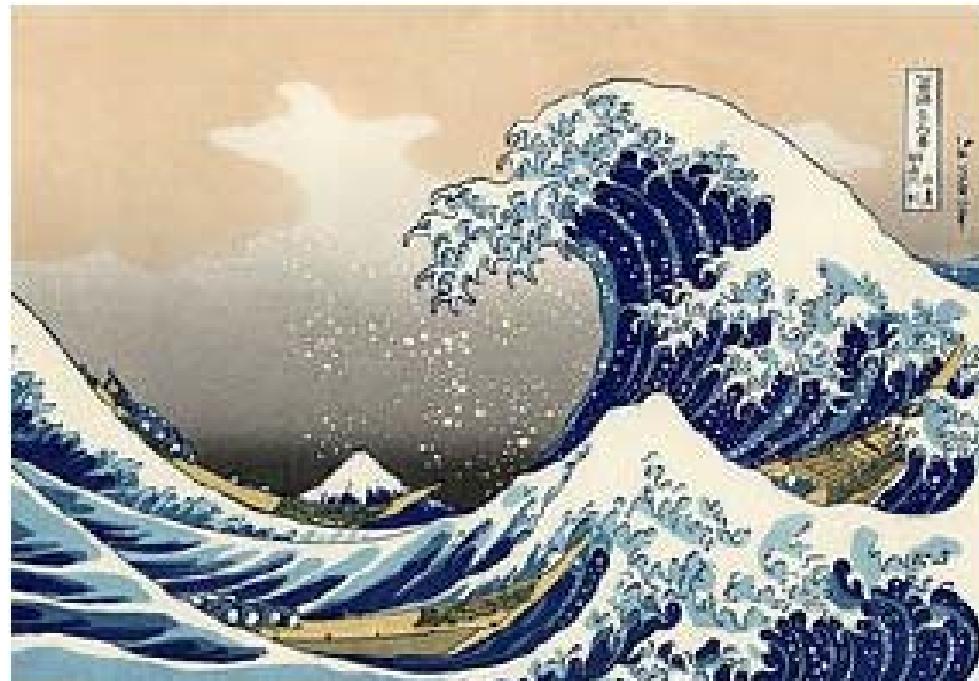


Fukushima

Fukushima : la zone d'évacuation étendue

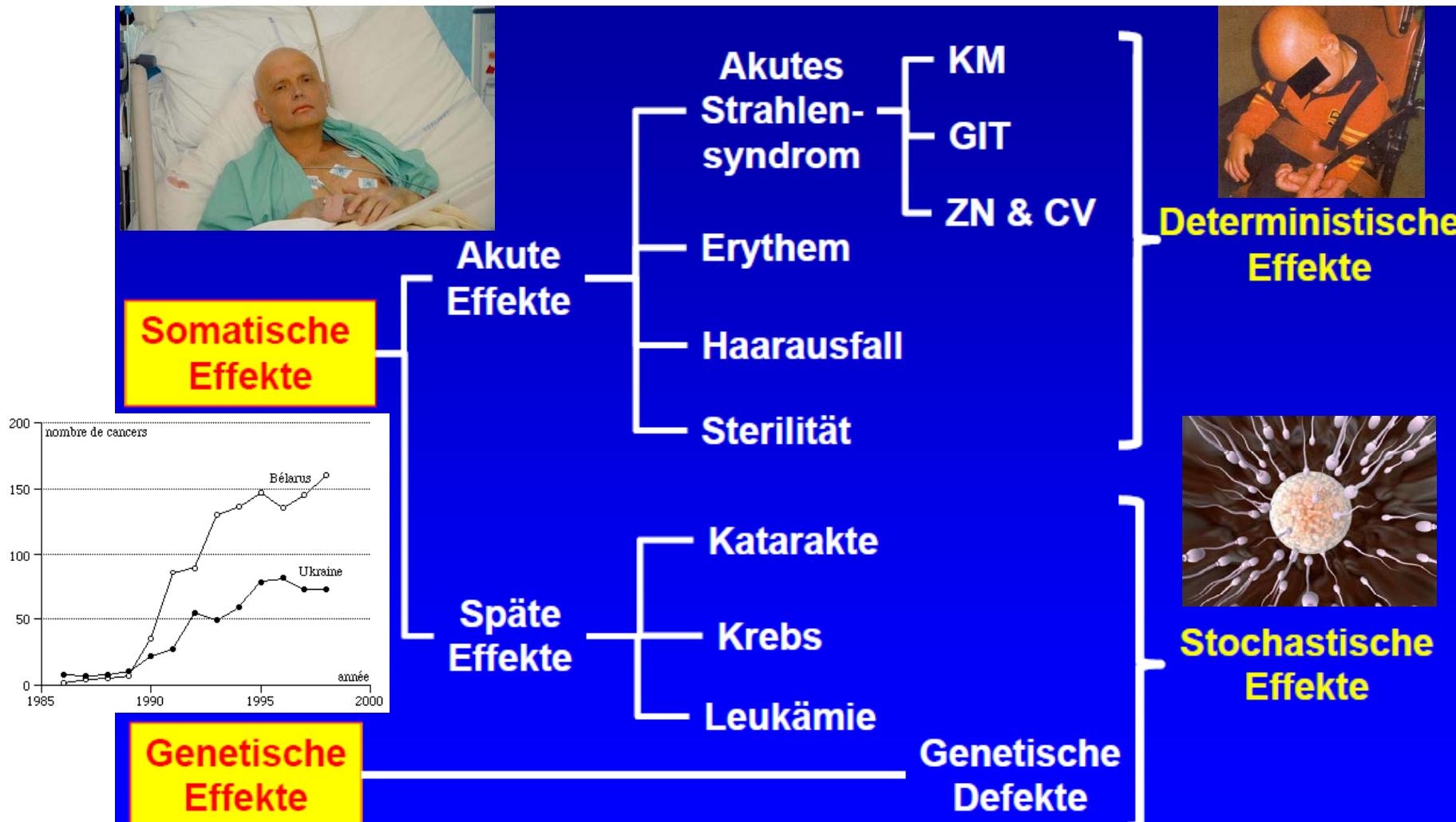


①以外の地域であって、汚染状態が要件に適合しないと見込ま



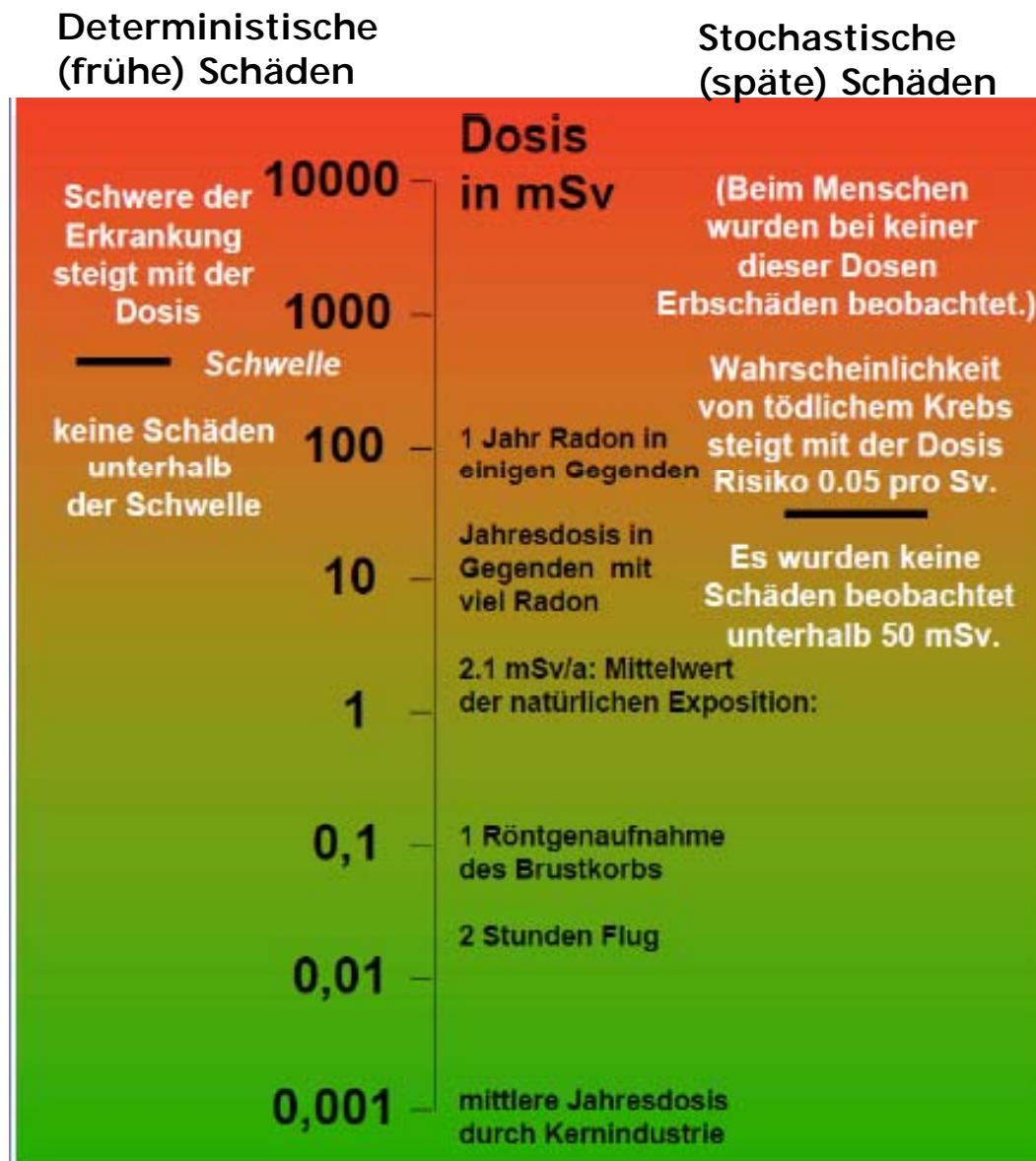


Wie wirken sich ionisierende Strahlen auf den Menschen aus ?





Deterministische & stochastische Strahlenwirkungen ?



20 mSv
Ungefährre Dosis für eine Ganzkörper-Computertomographie eines Erwachsenen

20 mSv pro Jahr
Grenzwert der jährlichen Strahlenexposition für beruflich strahlenexponierte Personen

100 mSv
Schwellendosis für angeborene Fehlbildungen oder Tod des Foetus

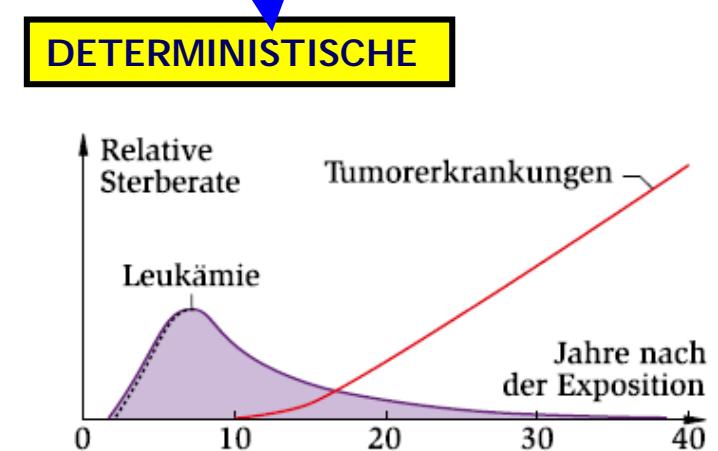
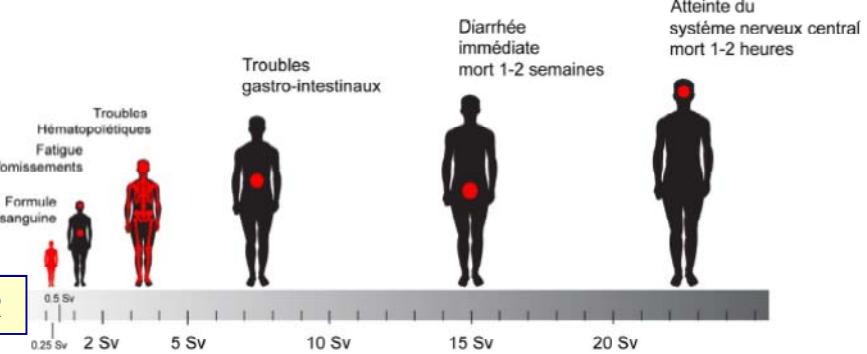
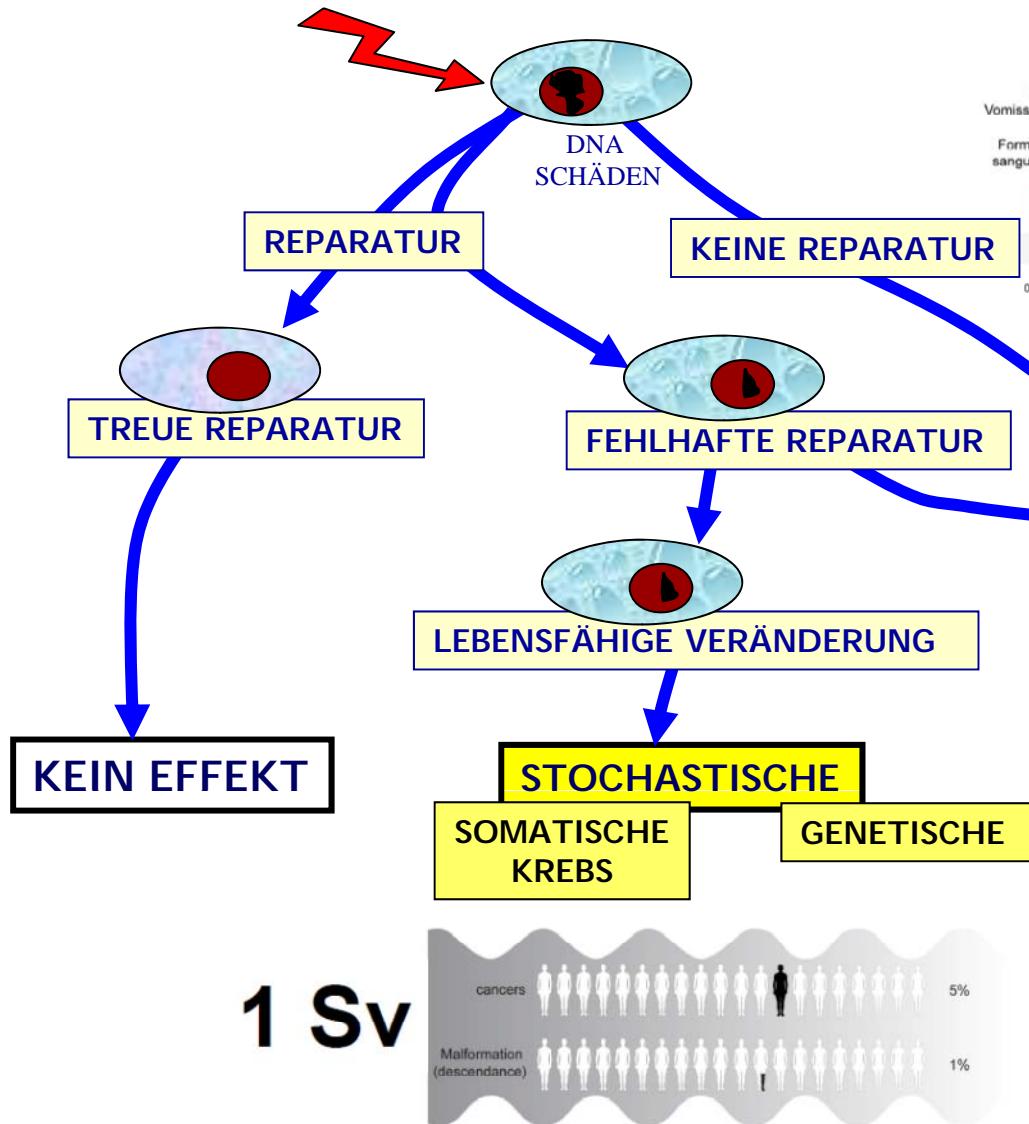
250 mSv
Grenzwert für eine Person beim Einsatz lebensrettender Maßnahmen oder zur Vermeidung großer Katastrophen

3000 – 4000 mSv
Ohne medizinische Eingreifen sterben bei dieser Dosis 50% der exponierten Personen nach 3 - 6 Wochen, wenn es sich um eine in kurzer Zeit erfahrene Strahlenexposition handelte.



Wie entstehen die Strahlenschäden ?

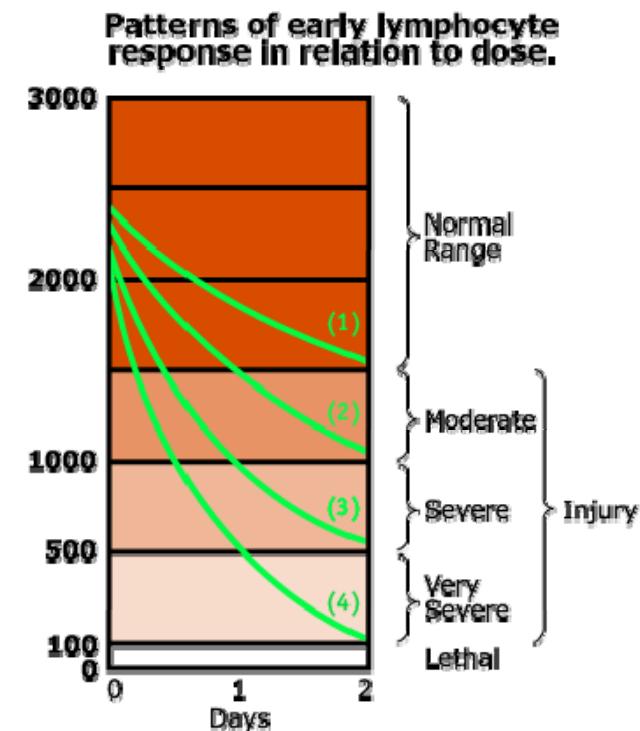
STRAHLENEXPOSITION





Strahlendosen und welche erwarteten Effekte ?

D in J/kg (Sv)	Mögliche Erkrankungen
0.25 - 1	Vorübergehende Veränderung des Blutbildes
1 - 3	Übelkeit, Erbrechen, Durchfall, Halsschmerzen; Erholung nach 3 Monaten wahrscheinlich
3 - 8	Schwere Schäden im Blutbild, Fieber, Haarausfall, innere Blutungen; gehäuft Todesfälle
8 - 15	Erbrechen nach 5 Minuten, qualvolle Kopfschmerzen; Tod in wenigen Tagen durch Multiorganversagen



Classical Andrews lymphocyte depletion curves & accompanying clinical severity ranges.

curve 1 - 3.1 Gy; curve 2 - 4.4 Gy; curve 3 - 5.6 Gy; curve 4 - 7.1 Gy.



Was sind radiologische Unfälle ?

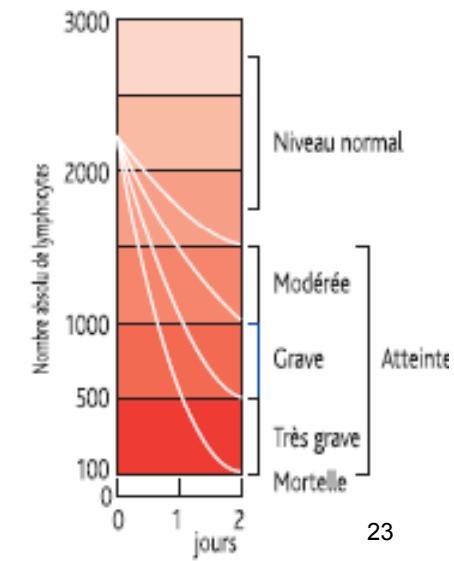
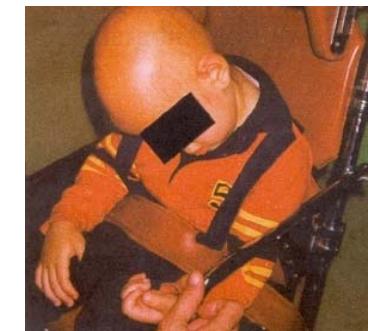
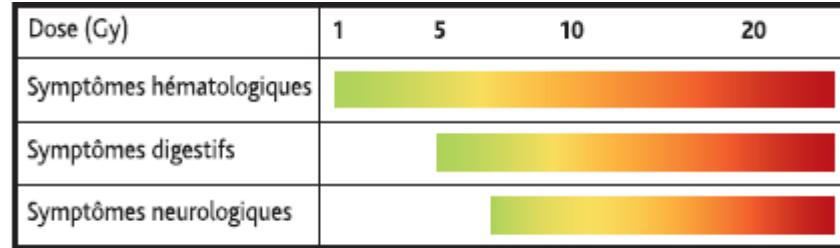
- Po-210



- Cs-137

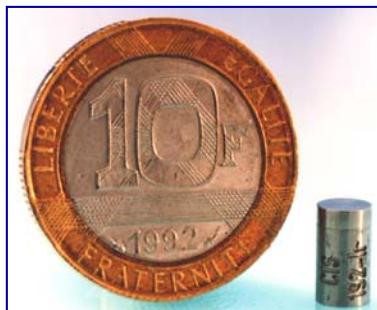


- Ir-192





BEISPIEL EINER AKUTEN UNFALLBESTRAHLUNG Yanango (Pérou) 20 Februar 1999



^{192}Ir QUELLE
(1370 GBq ~ 40 Ci)

6 Stunden im
Kontakt
30 - 40 Gy (g)

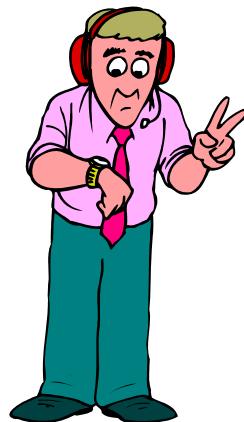




Wie kann man sich schützen ?

■ Abstand

- Quadratische Abnahme mit der Distanz
- 1 m statt 1 cm => Faktor 10'000



■ Zeit

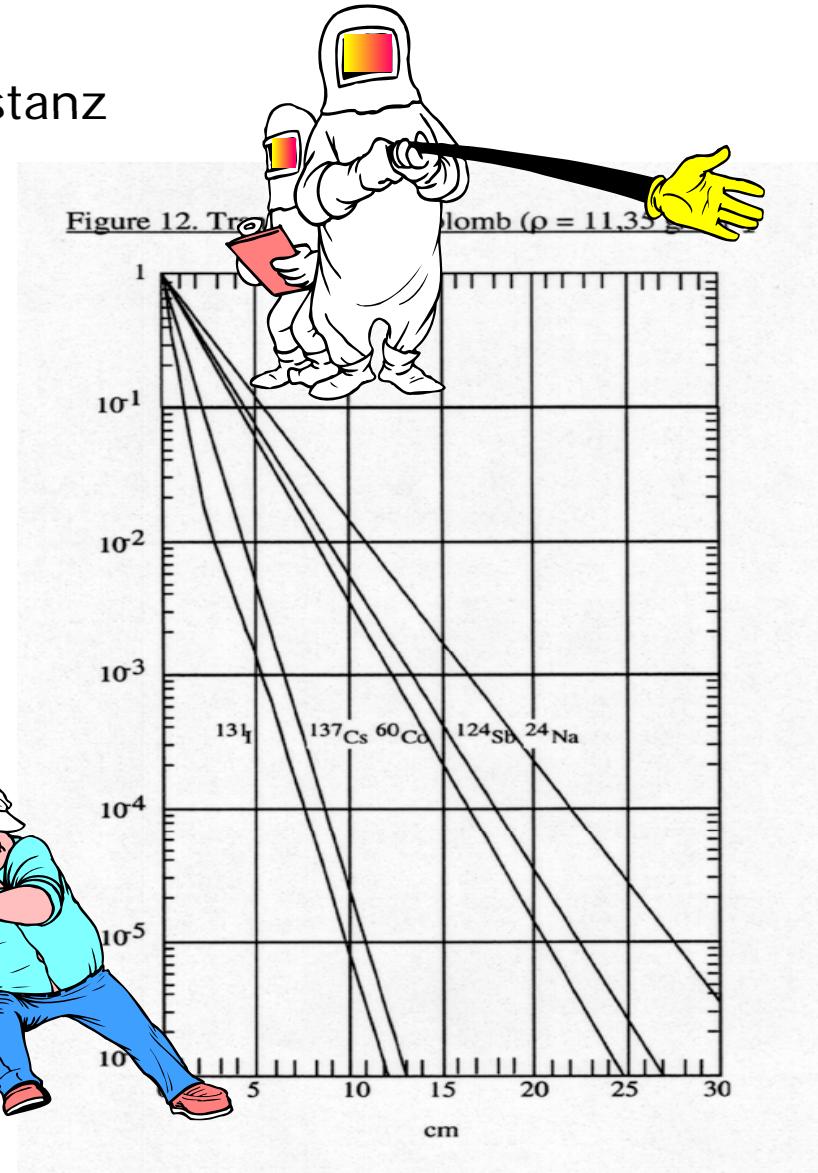
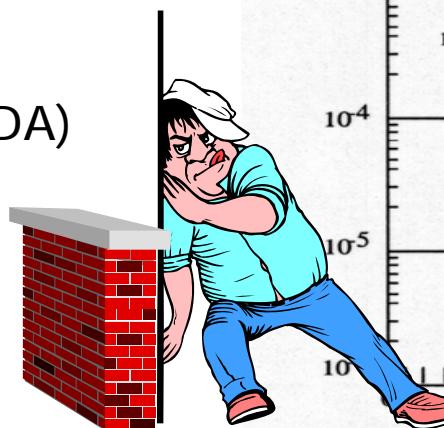
- Lineare Abnahme mit der Zeit.

■ Abschirmung

- Exponentielle Abnahme mit der Halbwertsdicke (CDA)

$$\Rightarrow I(x) = I_0 e^{-\frac{\ln 2}{CDA} x}$$

^{60}Co : ~ 5 cm béton, ~ 1 cm Pb





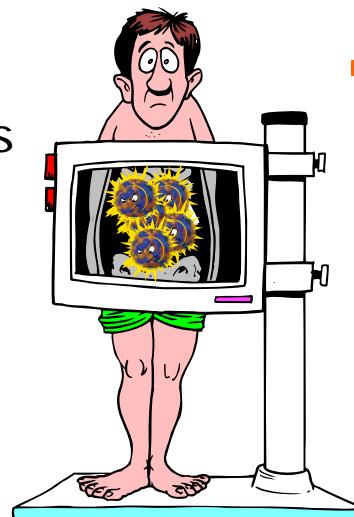
Wie kann der Strahlenschutz schützen ?

Strahlenschutz Prinzipen

- **Justification** Rechtfertigung
 - Radioaktive Leuchtfarben
 - Medizinische Untersuchungen
- **Optimierung**
 - Radon im inneren Luft
 - DRW in der Medizin
- **Limitsierung**
 - Bevölkerungsdosis
 - Einsatzdosis

Expositionssituationen

- **Notfallsituation**
 - Nuklearunfall
 - Dirty Bomb, Satellitensturz,...
- **Bestehende Situation**
 - Radon im inneren Luft
 - Langzeitige Kontamination
- **Geplante Situation**
 - Patientendosis
 - Einsatzdosis





Welche Dosisgrenzwerte in der Schweiz ?

Kategorien	Wirkungen	Grenzwert
Notfallpersonal		
Effektive Dosis	Stochastische (Lebensrettung)	250 mSv/a 50 mSv/a
Berufliche		
Effektive Dosis	Stochastische	20 mSv/a
Augendosis	Katarakt	150 mSv/a
Hautdosis	Erythem	500 mSv/a
Hände und Füsse	Erythem	500 mSv/a
Bevölkerung		
Effektive Dosis	Stochastische	1 mSv/a
Fötus		
Effektive Dosis	Stochastische	1 mSv/a
	Während	Schwangerschaft



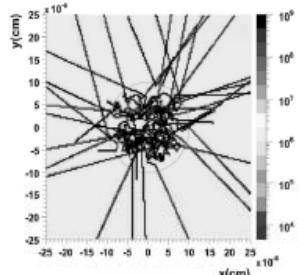
Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la santé publique OFSP
Unité de direction protection des consommateurs

ECRR Kritik zum ICRP System

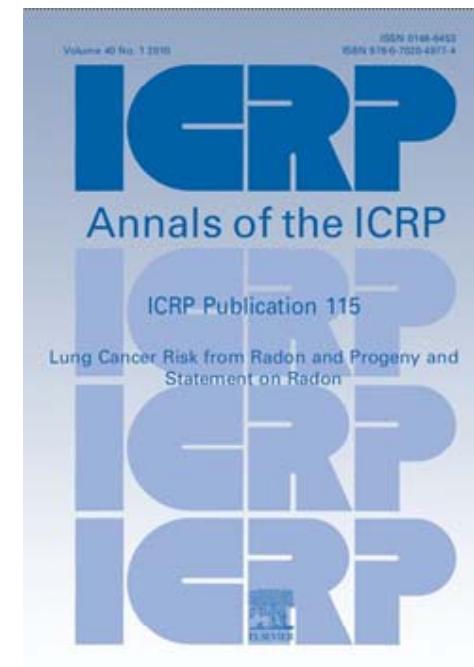
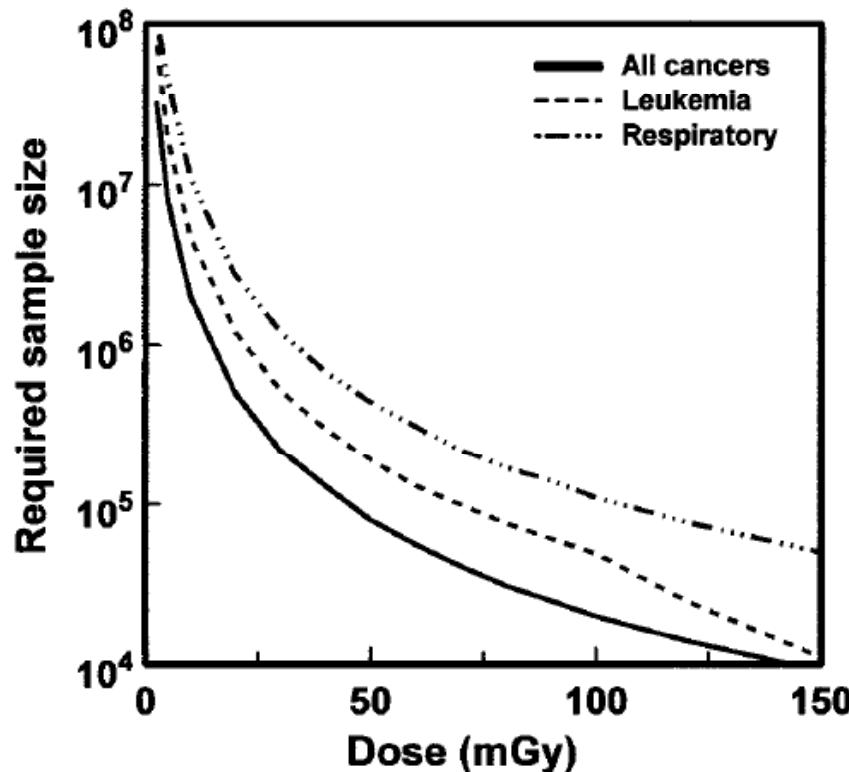
ECRR

2010 Recommendations
of the European Committee
on Radiation Risk

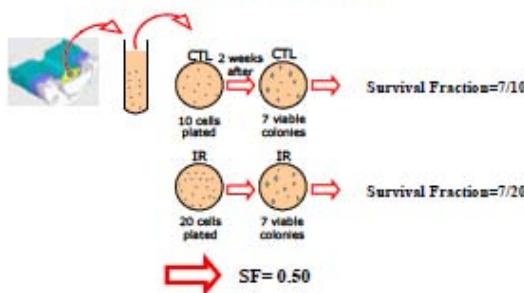


The Health Effects of Exposure to Low
Doses of Ionizing Radiation

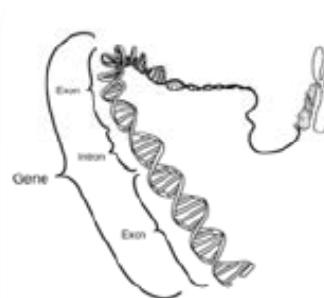
Regulators' Edition: Brussels 2010



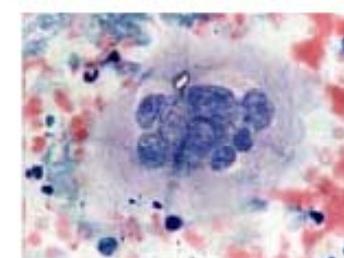
Clonogenic assays



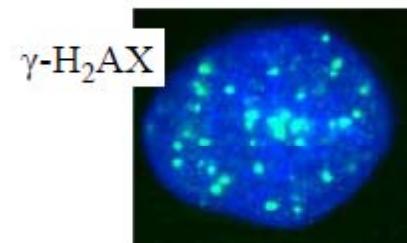
Gene expression



Morphological assays

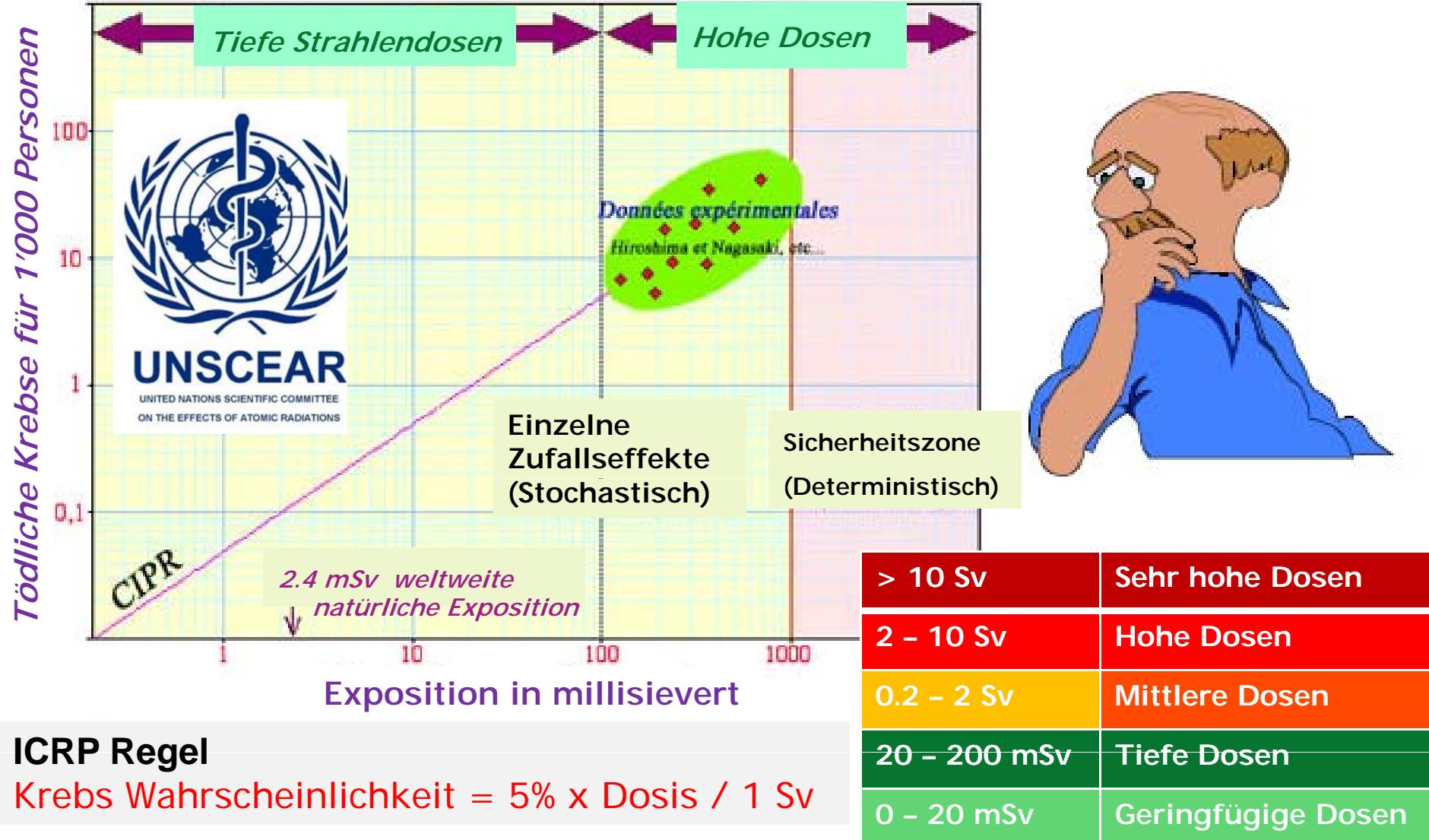


Immunofluorescence staining





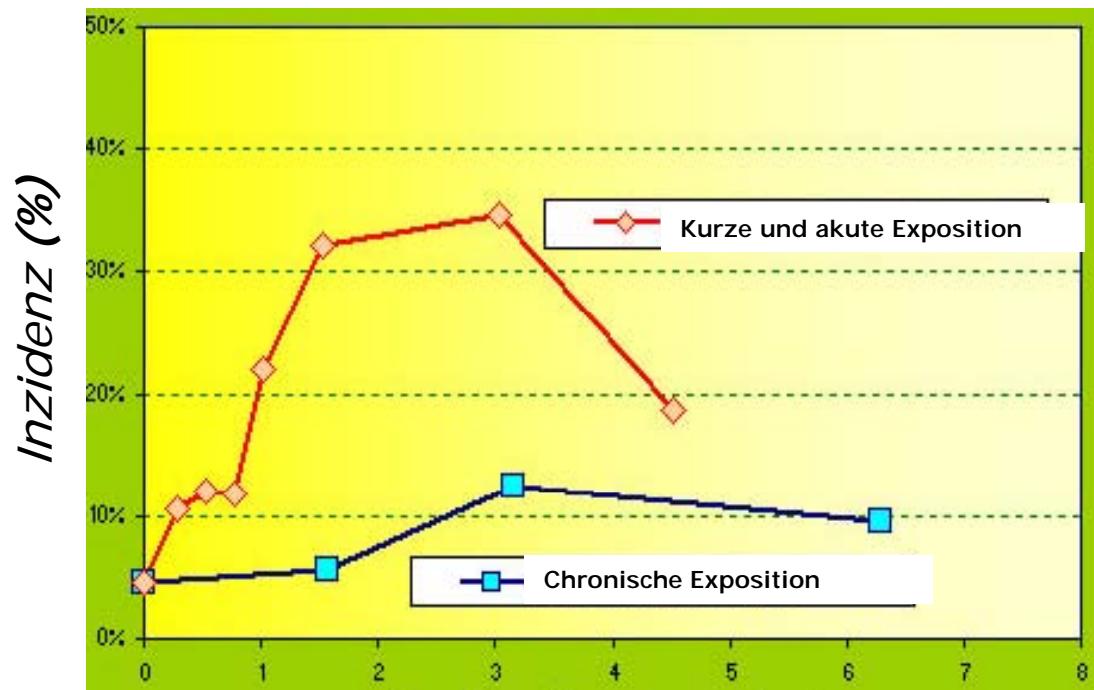
Für oder gegen LNT Hypothese & ALARA Prinzip ?





Weitere offene Fragen ?

Gleichwertigkeit zwischen Akute & Chronische Exposition ?

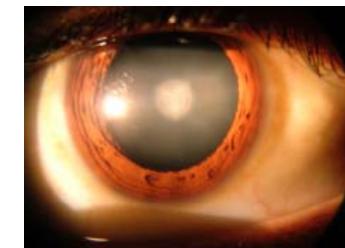


Strahlendosen in Gray oder Sievert

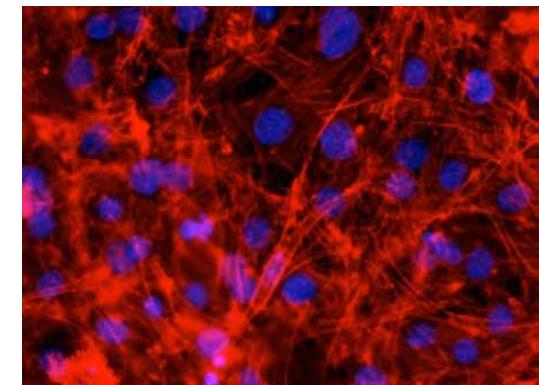
Gleichwertigkeit zwischen Externe & interne Exposition ?

Andere Risiken ausser Krebs

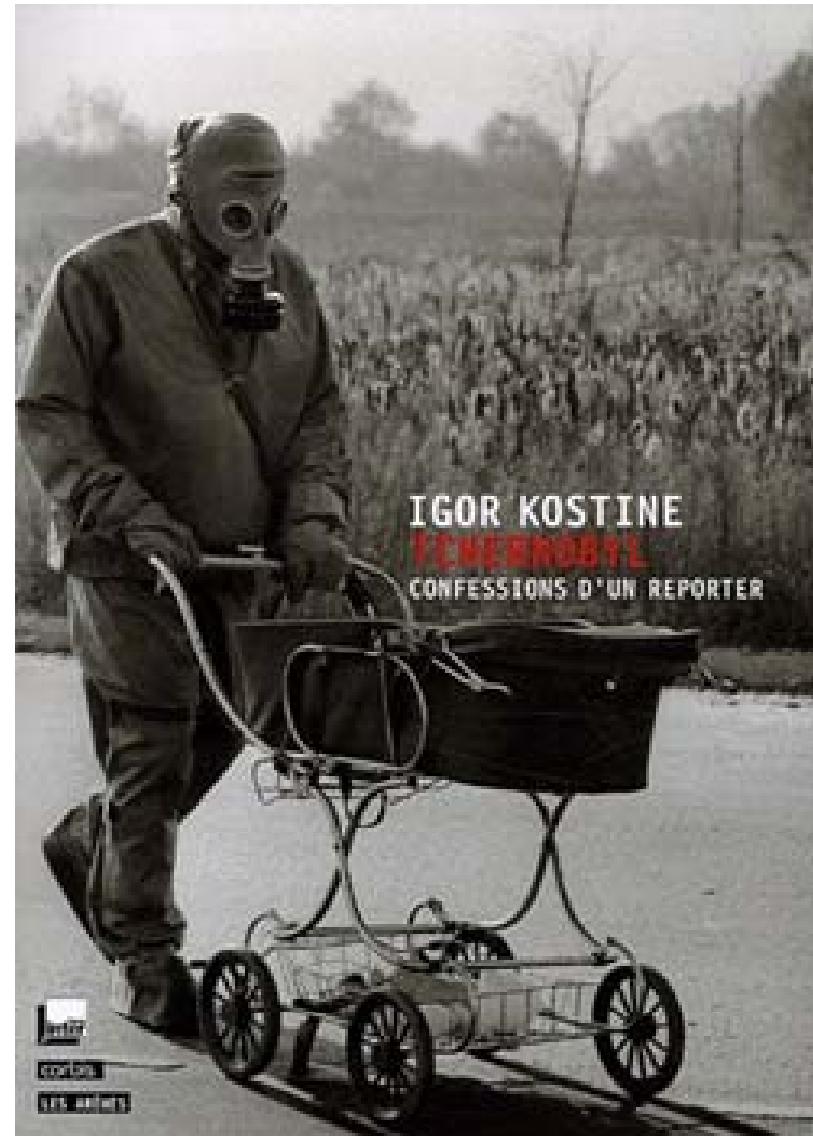
- Katarakte



- Kardiovaskular



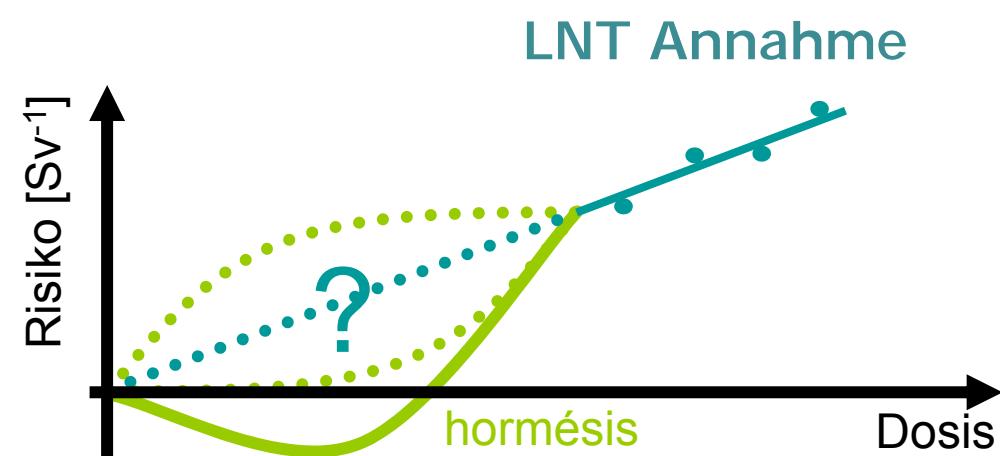
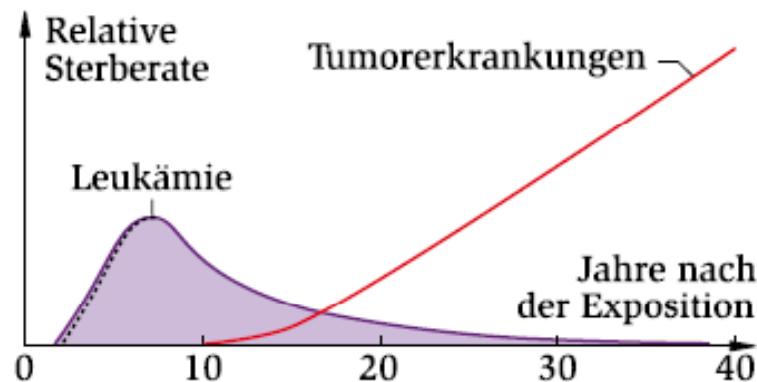
DANKE FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT





Art der Strahlenschadens auf das Organismus

Parameter ICRP Model	Deterministische Strahlenschäden	Stochastische Strahlenwirkungen
Natur der Wirkung Schwellenkonzept	Funktionsstörung Organ Schwellendosis bewiesen	Zellenveränderungen Schwelle nicht bewiesen
Okurrenz	Bei jedem Individuum	willkürlich
Dosisabhängigkeit	Schweregrad	Wahrscheinlichkeit
Entstehungszeitpunkt Beispiel	Sofort Erythema	Lange Latenzzeit Krebsinduktion





Medizinische Strahlenexpositionen

Untersuchungsart	E in mSv
Röntgenaufnahmen ➤ <i>Zahnaufnahme</i> ➤ <i>Gliedmassen</i> ➤ <i>Mammografie</i>	< 0.01 < 0.01 – 0.1 0.2 – 0.6
Röntgenaufnahme/Röntgendurchleuchtung ➤ <i>Magen</i> ➤ <i>Darm</i>	6 – 12 10 - 18
Computertomografieuntersuchungen (CT) ➤ <i>Wirbelsäule / Skelett</i> ➤ <i>Bauchraum</i>	2 – 11 10 - 25
Nuklearmedizinische Untersuchungen ➤ <i>Skelettszintigrafie</i> ➤ <i>Herzuntersuchungen</i>	3 – 8 < 50