

Strahlenschutz I - Lehrgang auf Kreisebene

- **1.0 Bedeutung des Strahlenschutzes**
- **2.0 Physikalische Grundlagen**
 - 2.1 Atomkern als Ursprung der Strahlung
 - 2.2 Wichtige Strahlungsarten (α , β , γ - Strahlung)
 - 2.3 Reichweite der Strahlung
 - 2.4 Abstandsgesetz
 - 2.5 Abschirmung der Strahlung
 - 2.6 Grundzüge der Strahlungsmessung
 - 2.7 Aktivität und Dosisbegriff
 - 2.8 Kennzeichnungsvorschriften für Lagerung und Transport
- **3.0 Biologische Strahlenwirkung**
 - 3.1 Arten der Schädigung durch radioaktive Stoffe
 - 3.2 Dosisabhängigkeit der Schädigung
 - 3.3 Erste Hilfe bei strahlungsgeschädigten Personen

1.0 Bedeutung des Strahlenschutzes

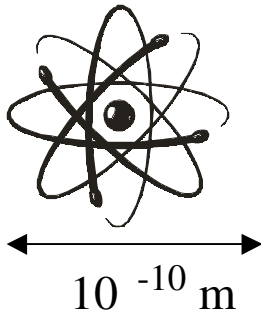
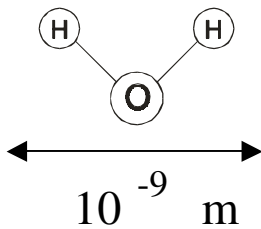
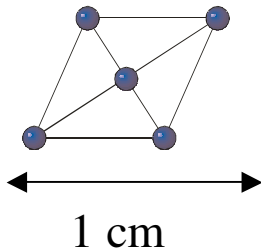
- ionisierende Strahlen kann man nicht sehen, nicht riechen, nicht schmecken,....
 - ➔ Meßgeräte entwickeln
 - ➔ Gefühl für Schädigungspotential entwickeln
- wo sind potentielle Gefahrenquellen in Siegen
 - Krankenhäuser
 - Nuklearmedizin
 - zerstörungsfreie Materialprüfung
 - Bestrahlungseinrichtungen
 - Universität
 - Fachbereiche Physik, Chemie
 - Transporte radioaktiver Stoffe
 - Autobahn

wozu braucht man radioaktive Stoffe

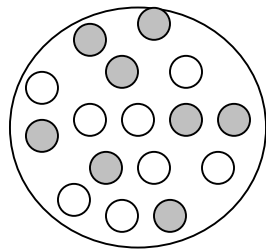
- **Medizin:**
 - Diagnosemethoden (Computer-Tomographie, Schilddrüsenerkrankungen, nicht invasive Angiographie,
 - Tracertechnik (Untersuchung von Funktionsstörungen)
 - Therapie von Tumoren
- **Technik:**
 - Materialprüfung (mit Röntgen- und Gammastrahlen)
 - Feuermelder (Americium)
 - Haltbarmachung von Lebensmitteln
 - Kernkraftwerke
 -
- **Forschung:**
 - Grundlagenforschung
 - Entwicklung neuer Medizintechnikgeräte
 - Spurenanalyse
 -

2.0 Physikalische Grundlagen

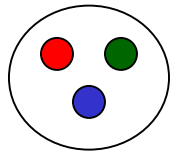
2.1 Atomkern als Ursprung der Strahlung



- Kristall, z.B. Kochsalz (NaCl)
- Molekül, z.B. Wasser (H₂O)
- Atom, z.B. Fe



10^{-14} m



10^{-15} m

$<10^{-18}$ m

- Atomkern, z.B. Fe-Kern
26 Protonen, 30 Neutronen
- Kernbaustein (Proton, Neutron)
- Quark (elementarer Materiebaustein)

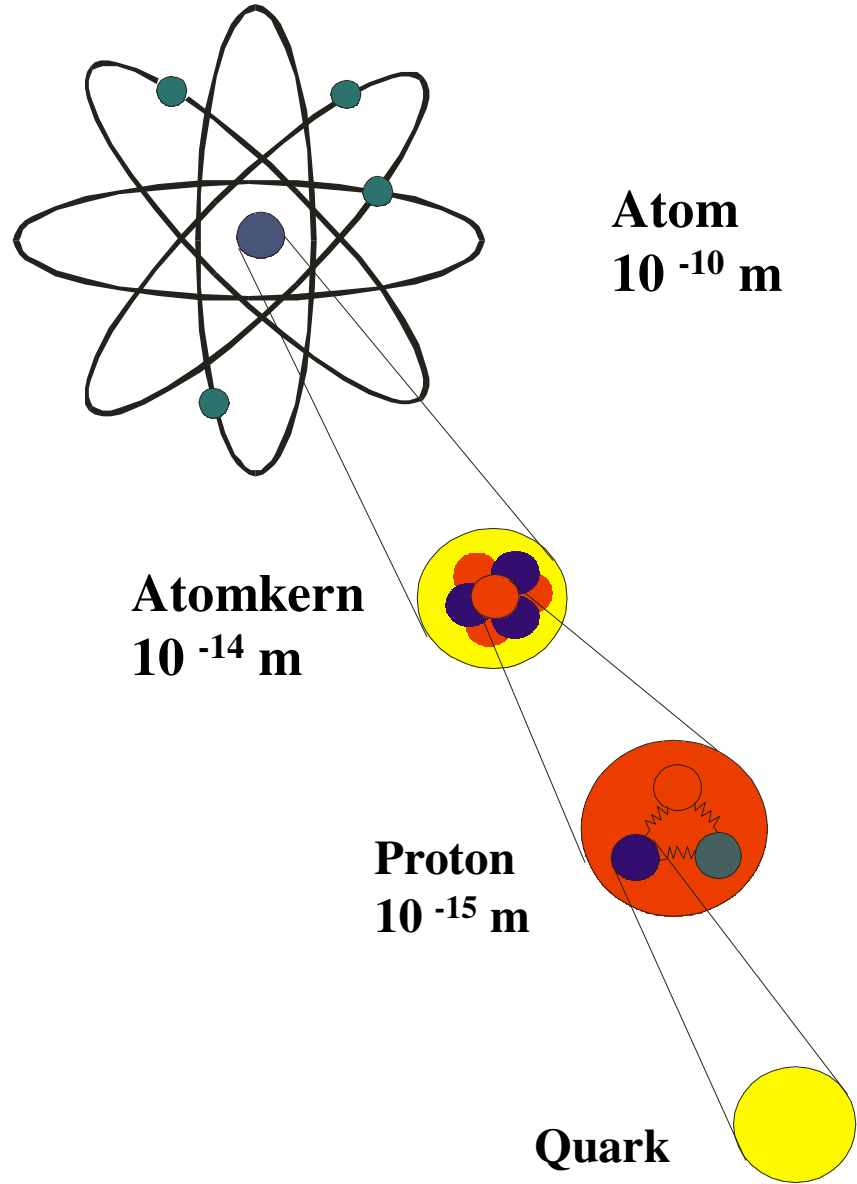
Veranschaulichung der Größen

Abstand Erde Sonne 150 000 000 km = Kristall (1 cm)

➔	Molekül:	150 m
	Atom:	15 m
	Atomkern:	0.15 cm
	Proton:	0.15 mm
	Quark:	< 0.15 μm

Wasserstoff-Atom: angenommen, der Durchmesser ist 100 m

➔ Atomkern: 1mm



2.2 Wichtige Strahlungsarten

α -Strahlung **Heliumkern (2 Protonen, 2 Neutronen) : ${}^4_2\text{He}$**
- **doppelt positiv geladen**
- **stark ionisierend**
- **Energien um 5 MeV**

β -Strahlen **Elektronen (β^- , e^-)**
(auch Positronen: β^+ , e^+)
- **einfach geladen**
- **schwach ionisierend**
- **Energien um 1 MeV**

γ -Strahlen

energiereiches Licht

- 1 000 000 mal energiereicher als sichtbares Licht
- Radiowellen, UKW, Infrarot, sichtbar, UV, Röntgen, γ -Strahlung
- sehr durchdringend

Neutronen

Kernstrahlung

- große biologische Wirksamkeit

2.3 Reichweite der Strahlung

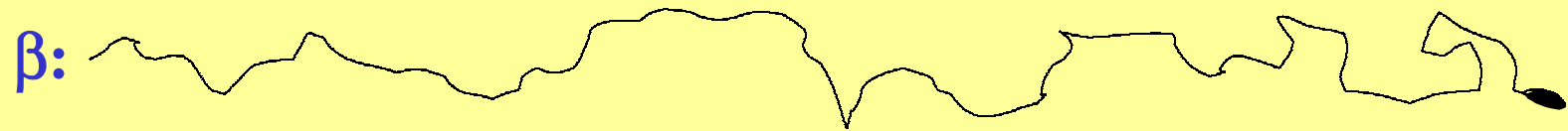
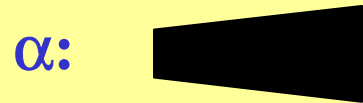
α -Strahlung: 5 cm in Luft , 200 μ m in Gewebe

β -Strahlung: ~ 3 m in Luft , 5 mm in Wasser

γ -Strahlung: ~ 100 m in Luft , 30 cm in Wasser
5 cm in Blei

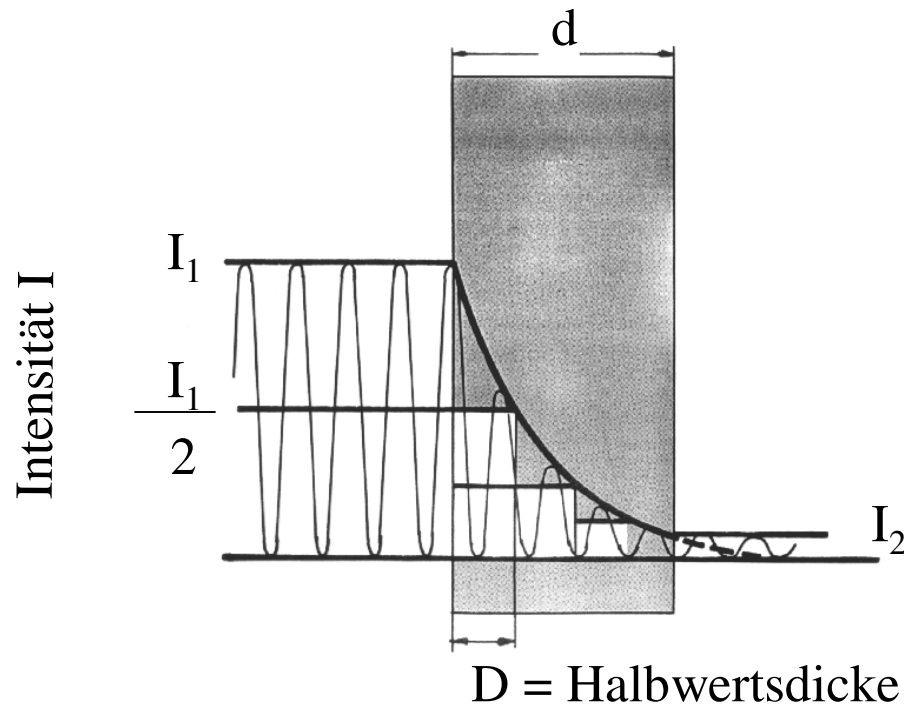
n-Strahlung: ~ 30 m in Luft , 10 cm in Wasser
durch Blei kaum zu stoppen

Visualisierung von α , β , γ , n-Strahlen



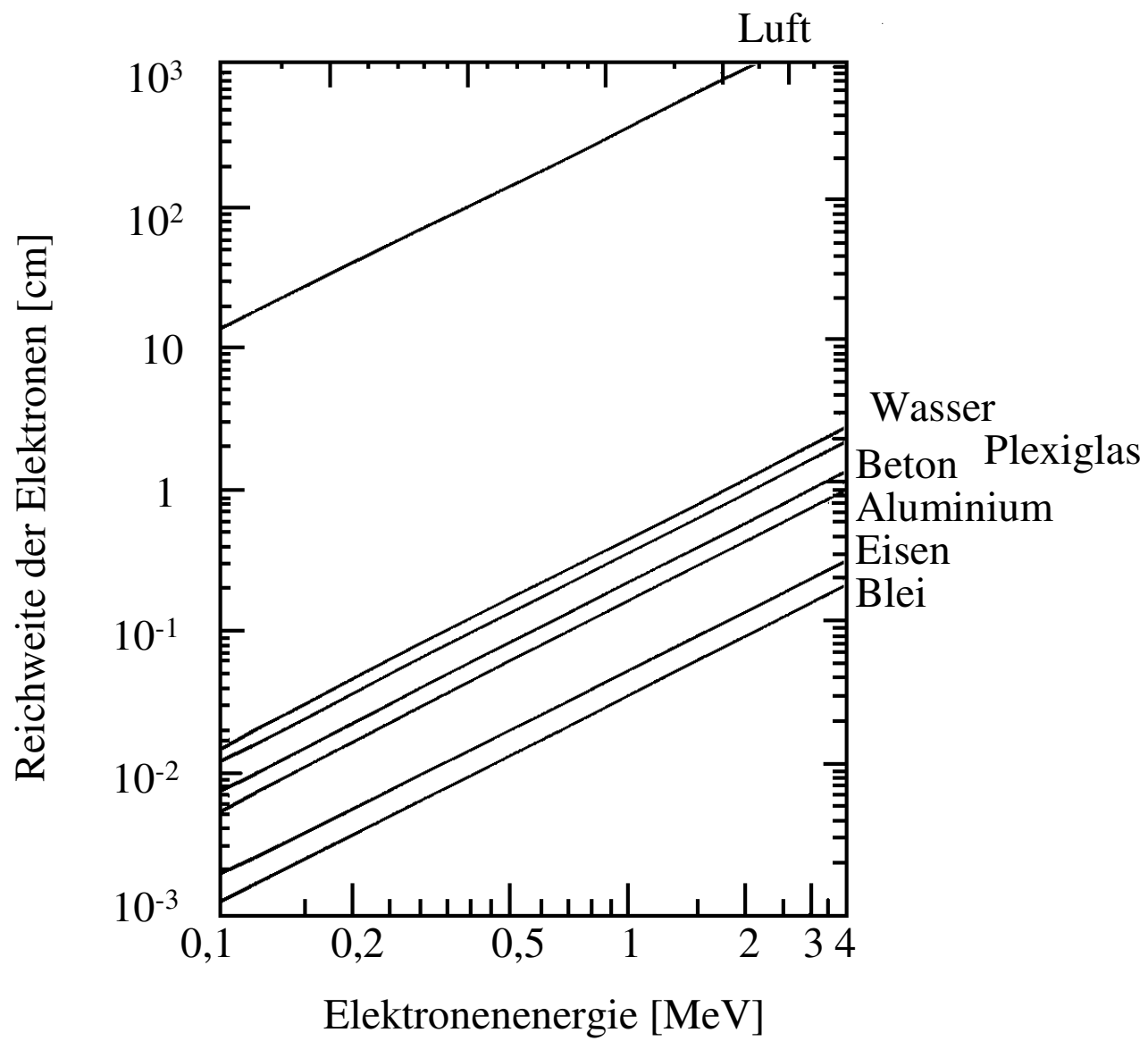
Halbwertsdicke

Die Intensität der γ -Strahlung wird durch eine bestimmte Materialdicke um die Hälfte verringert (exponentielle Abnahme).

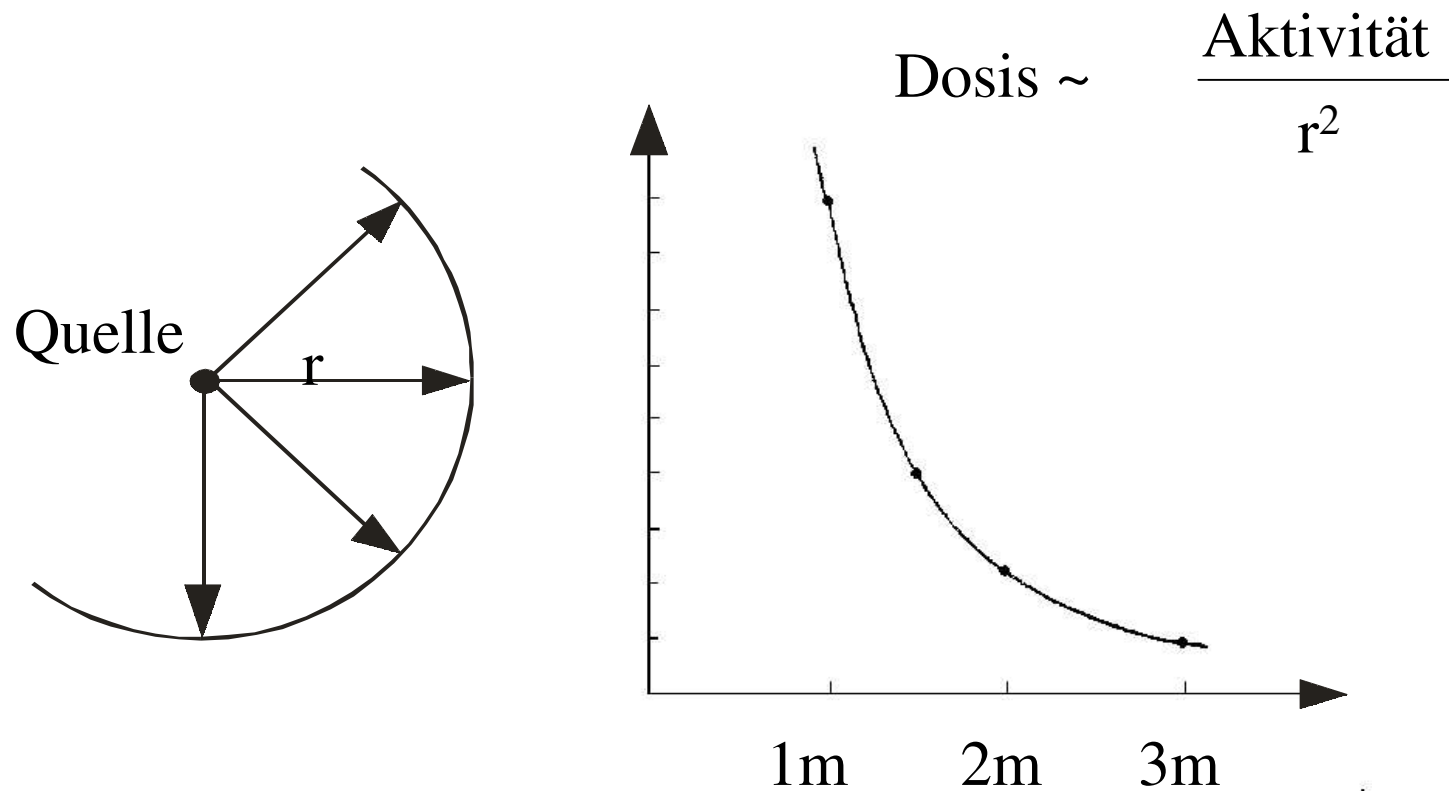


Beispiele einiger Halbwertsdicken
(bezogen auf 2MeV γ -Strahlung):

Blei:	1,4 cm
Eisen:	2,1 cm
Aluminium:	5,9 cm
Beton:	9,0 cm
Wasser:	14 cm
	(entspricht etwa lebendem Gewebe)
Luft:	12.000 cm



2.4 Abstandsgesetz



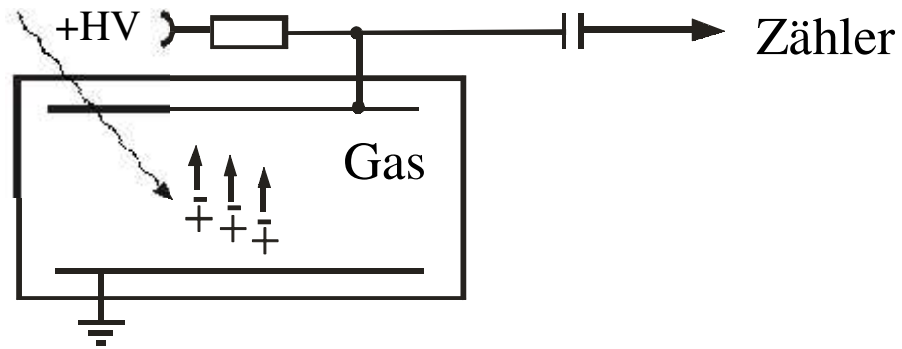
➔ Niemals radioaktive Quellen mit den Fingern anfassen (Abstand 0 !)

2.5 Abschirmung der Strahlen

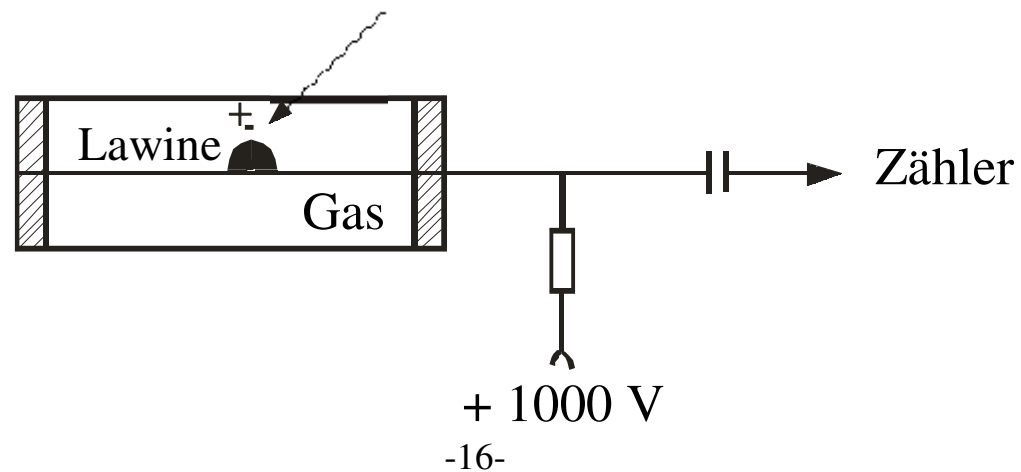
α	ein Blatt Papier reicht	(Achtung Inkorporation)
β	5 mm Aluminium	(Achtung: Kein Blei, in Blei wird Bremsstrahlung erzeugt, die schwer abzuschirmen ist!)
γ	10 cm Blei	
β, γ	Sandwich aus 5 mm Alu + 10 cm Blei	
n	20 cm Wasser oder Paraffin (leichtes Material)	

2.6 Grundzüge der Strahlungsmessung

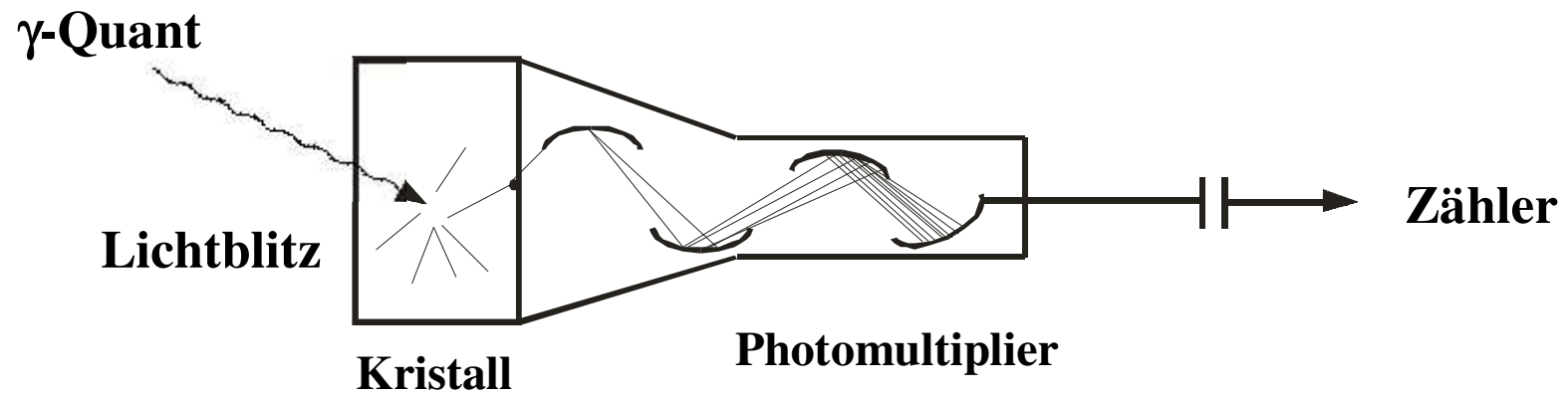
a) Ionisationskammern



b) Zählrohre



c) Szintillationszähler



Ansprechvermögen

α, β	$\sim 100 \%$
n, γ	$\sim 1 \%$

2.7 Aktivität und Dosisbegriff

Aktivität 1 Becquerel = 1 Zerfall pro Sekunde (1Bq)

Energiedosis $D = \frac{\text{absorbierte Energie}}{\text{Masse}} = \frac{\text{Joule}}{\text{kg}}$

$1 \text{ J/kg} = 1 \text{ Gray (Gy)}$

Äquivalentdosis

H = Energiedosis D mal Relative Biologische Wirksamkeit (RBW)

H = D • RBW [Sievert]

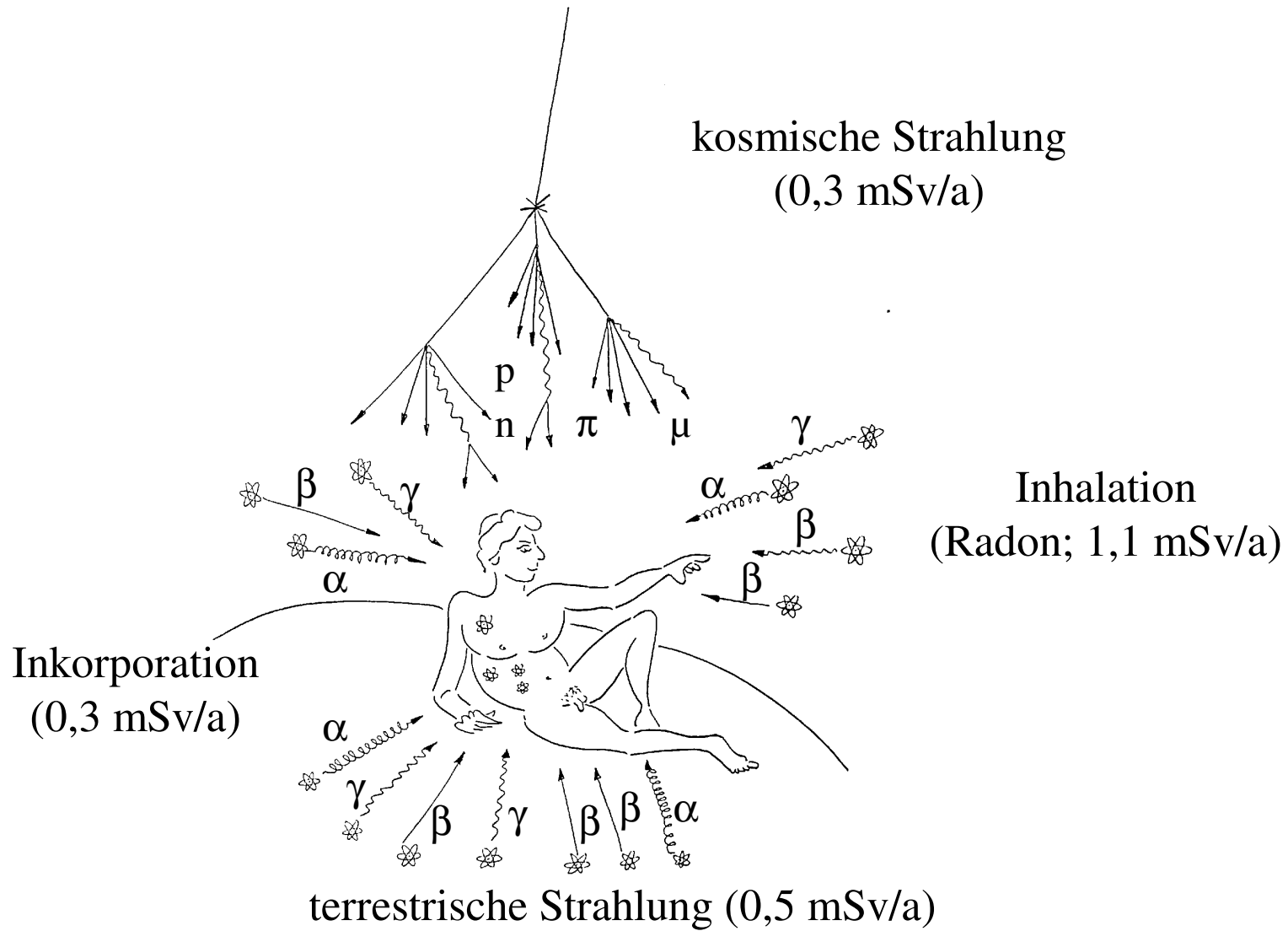
RBW = 1	für	γ, β
= 10	für	n
= 20	für	α

natürliche Strahlenbelastung 2,5 mSv/a

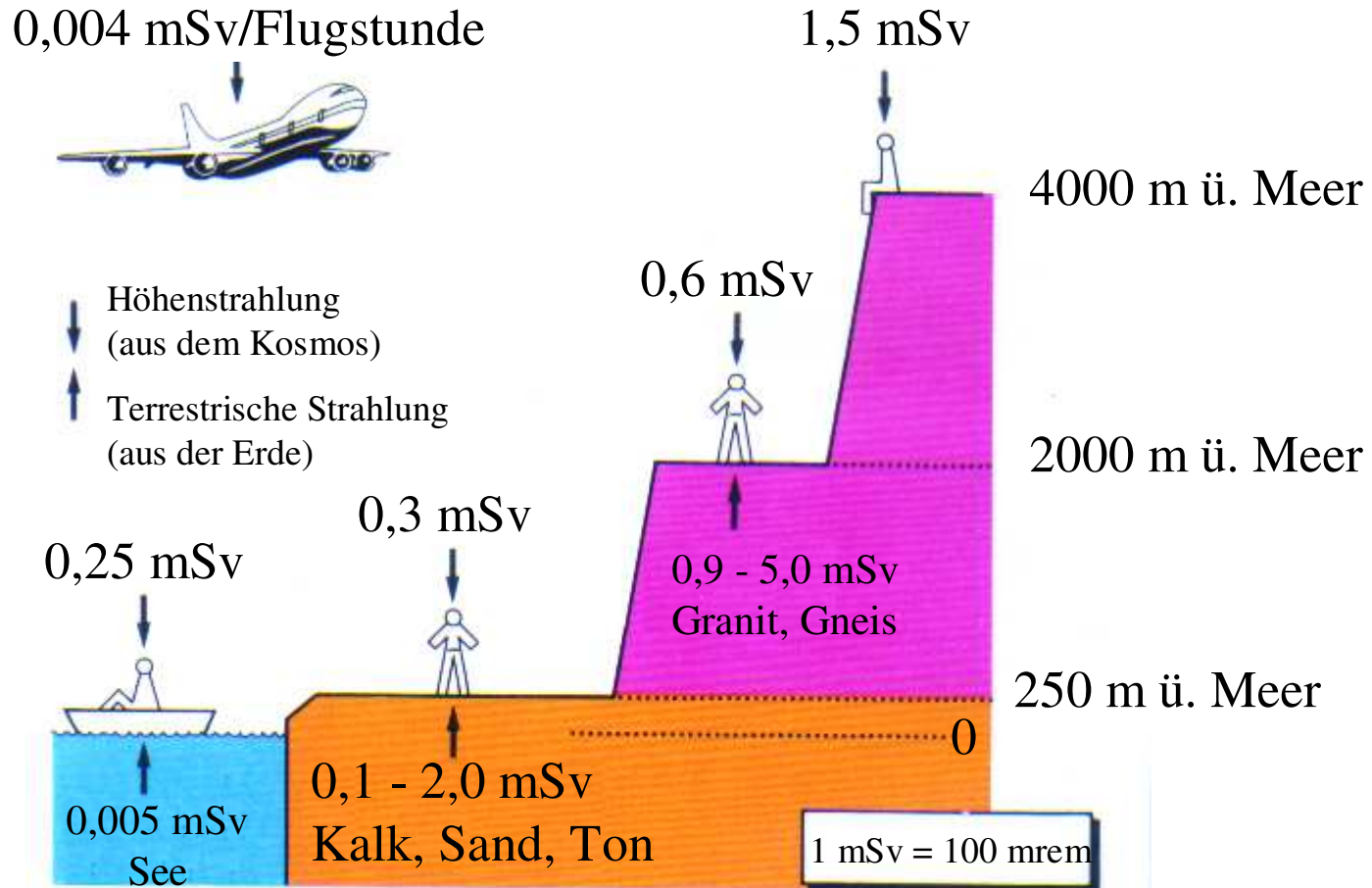
Geräteliste

- **Filmdosimeter**
enthält verschiedene Filter und gibt bei der Auswertung Information über die empfangene Dosis und Art der Bestrahlung (α , β , γ , n)
gilt als amtliches Dokument
- **Dosiswarngerät**
integrierendes Zählrohr
- **Dosisleistungsmeßgerät**
Messung des Ionisationsstromes
- **Dosisleistungswarngerät**
Warnung bei Überschreitung eines wählbaren Ionisationsstromes
(umrechenbar in Sv/h)

Natürliche Strahlenbelastung



Jährliche Strahlenbelastung durch kosmische und terrestrische Strahlung im Freien



Terrestrische Strahlung im Freien:	<u>im Mittel</u>	<u>maximal</u>
Bundesrepublik Deutschland	0,4 mSv	2,0 mSv
Indien, Kerala	3,5 mSv	14,0 mSv

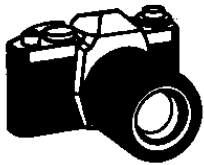
Strahlung aus technischen Produkten



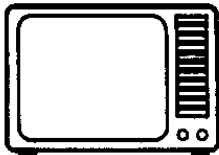
- **Leucht-
farben:** Skalen und Zeiger bei Uhren,
Kompassen
Strahlenquelle
Tritium,
Prometium147



- **Gefärbte
Glasuren:** Fliesen, Keramik,
Porzellan
Natürliches und
abgereichtes
Uran



- **Glas-
produkte:** Grüne und Gelbe
„Annagläser“
Vergütete optische
Linsen
Natürliches und
abgereichtes Uran
Natürliches
Thorium



- **Elektro-
artikel:** Fernsehapparat
Überspannungsableiter
Rauch- und Feuermelder
Bremsstrahlung
Tritium, Prometium147
Americium 241

Mittlere effektive Äquivalentdosis pro Jahr kleiner 0,03 mSv

2.8 Kennzeichnungsvorschriften für Lagerung und Transport

Lagerung:

- Vorsicht Strahlung
- Radioaktivität
- Kernbrennstoffe
- Sperrbereich (> 3 mSv/h)
- Kontrollbereich alt: 5-50 mSv/a
neu: 1-20 mSv/a
- Kontaminationsgefahr
- Absperrung



genormtes Strahlenwarzeichen verwenden



gelb

schwarz

Art, Form und Aktivität des Radionuklids angeben
z.B. ^{137}Cs 1MBq umschlossen

Kennzeichnung

- Anlagen, Geräte, Räume, Behälter und Umhüllungen, in denen sich radioaktive Stoffe befinden
sowie
- Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlen, Sperrbereiche, Kontrollbereiche und Bereiche mit möglicher Grenzwertüberschreitung
- sind deutlich sichtbar und dauerhaft mit dem Strahlenschutzwarnzeichen zu kennzeichnen



**Transport: Achtung Transportgenehmigung
einholen!**

Transportbehälter verwenden!



**Inhalt Cs 137
Aktivität 5×10^9 Bq**

Transport

Kennzahl

2.0*

7

*** Oberfläche $0,5 \leq \dot{D} \leq 2$ m Sv/h
in 1m Abstand $\dot{D} \leq 20$ μ Sv/h**

3.0 Biologische Strahlenwirkung

Untersuchung verschiedener Expositionen:

1) **äußere Bestrahlung**
durch radioaktive
Stoffe

-Abstand halten, Abschirmung verwenden

2) **Inkorporation**
von radioaktiven
Stoffen

Inhalation (Einatmen: Mund, Nase, Haut (!))

→ Atemschutzmaske

Ingestion (Inkorporation mit der Nahrungs-
aufnahme)

→ niemals Essen beim Umgang
mit radioaktiven Stoffen

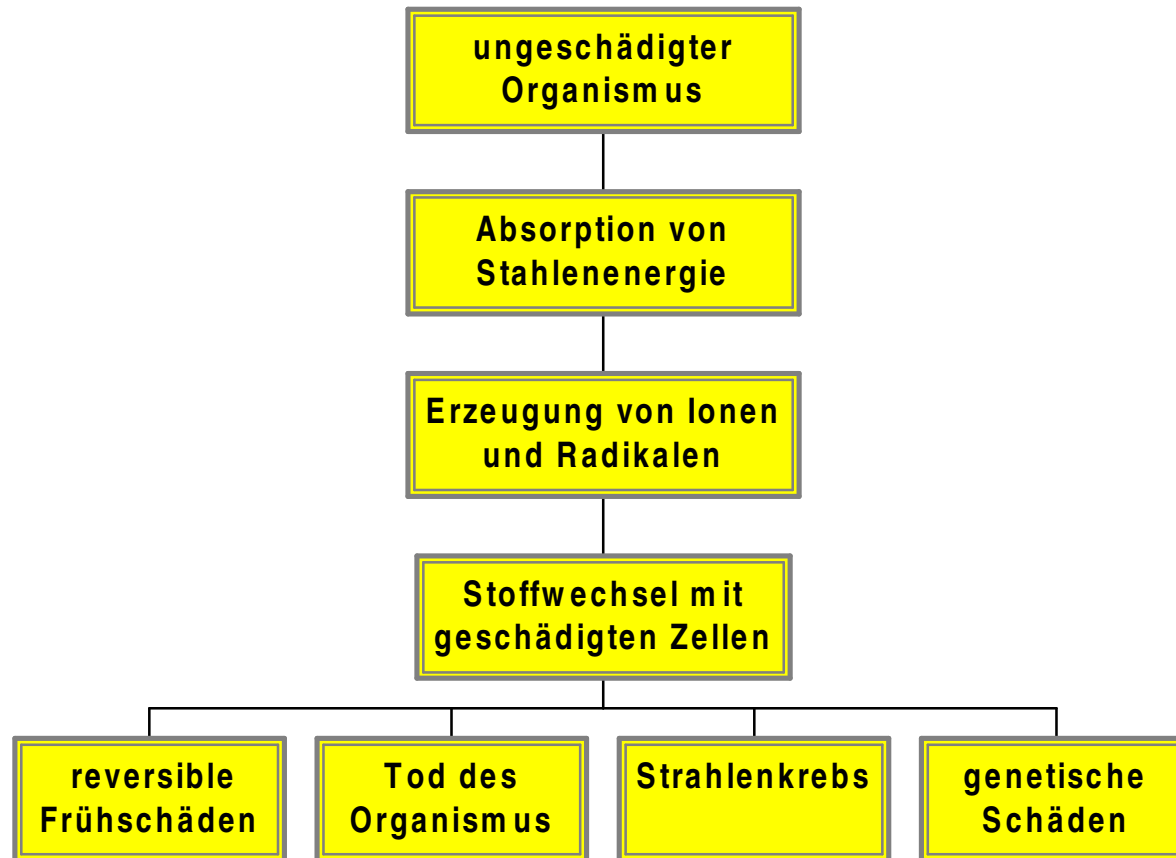
Aufnahme über Wunden

→ Wundspülungen (Vorsicht !)

3) **Kontamination**

Dekontaminationsmethoden
(Waschen, Duschen,)

3.1 Arten der Schädigung durch radioaktive Stoffe



< 1 Sv

Wochen/Monate

> 5 Sv

Keine Schwellendosis

Latenzzeit 20 Jahre

Frühschäden

ab 1Sv Symptome der Strahlenkrankheit

Erbrechen

Durchfall

Fieber

Blutungen

Bluterbrechen

Haarausfall

ab 4,5 Sv 50 % Mortalität

ab 10 Sv 100 % Mortalität

Spätschäden

stochastischer Natur

Krebserkrankungen

Wahrscheinlichkeit 5 % pro Sv

Latenzzeit 20-30 Jahre

Beispiel: Lebensrettungsdosis 250 mSv

1,25 % Krebswahrscheinlichkeit

Kontrollbereich: 20 mSv

0,1 % Krebswahrscheinlichkeit



14 Tage danach



23 Tage danach



32 Tage danach

genetische Schäden:

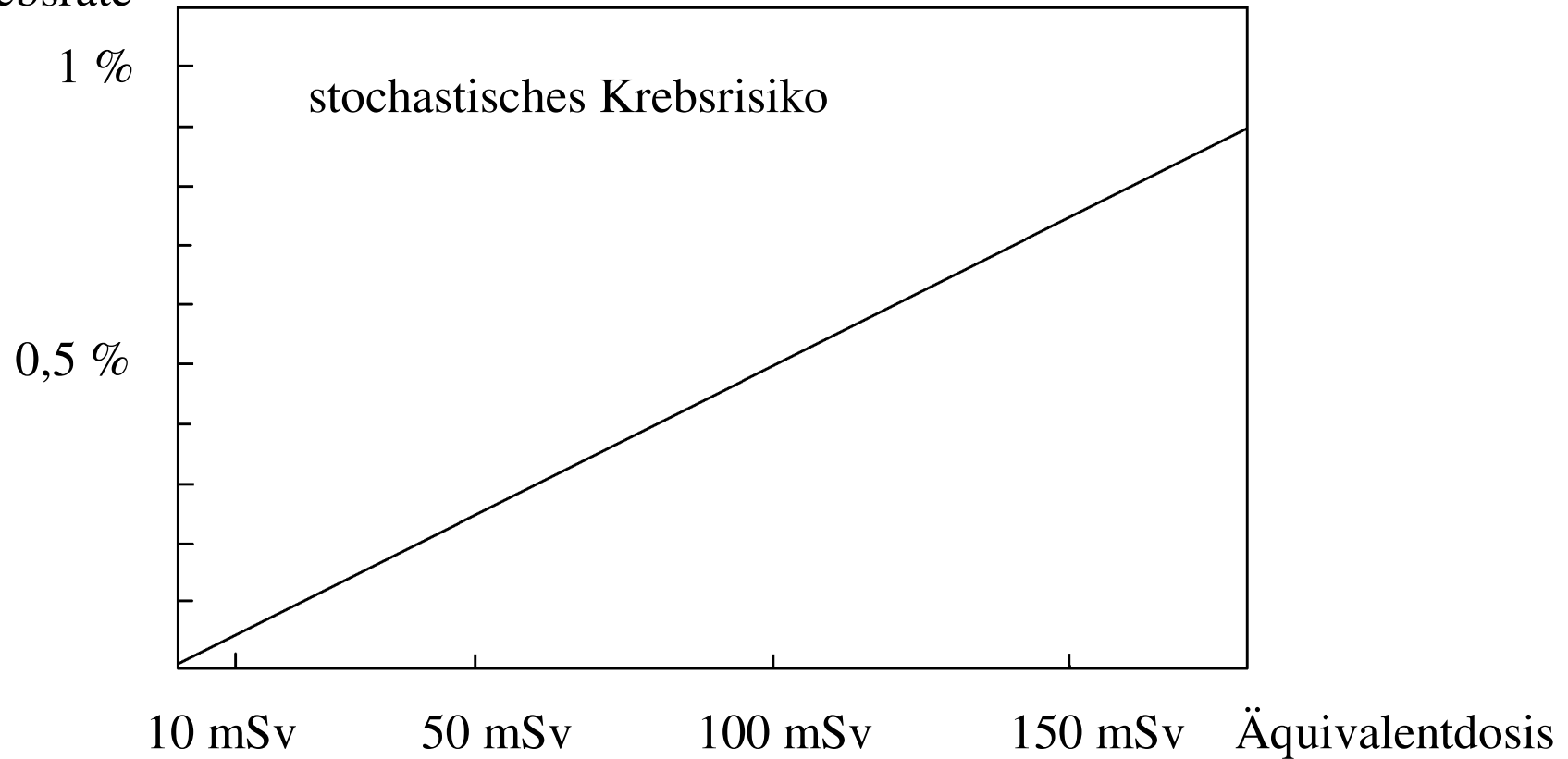
Mutationen in Keimzellen

manifestiert sich erst in nachfolgenden Generationen

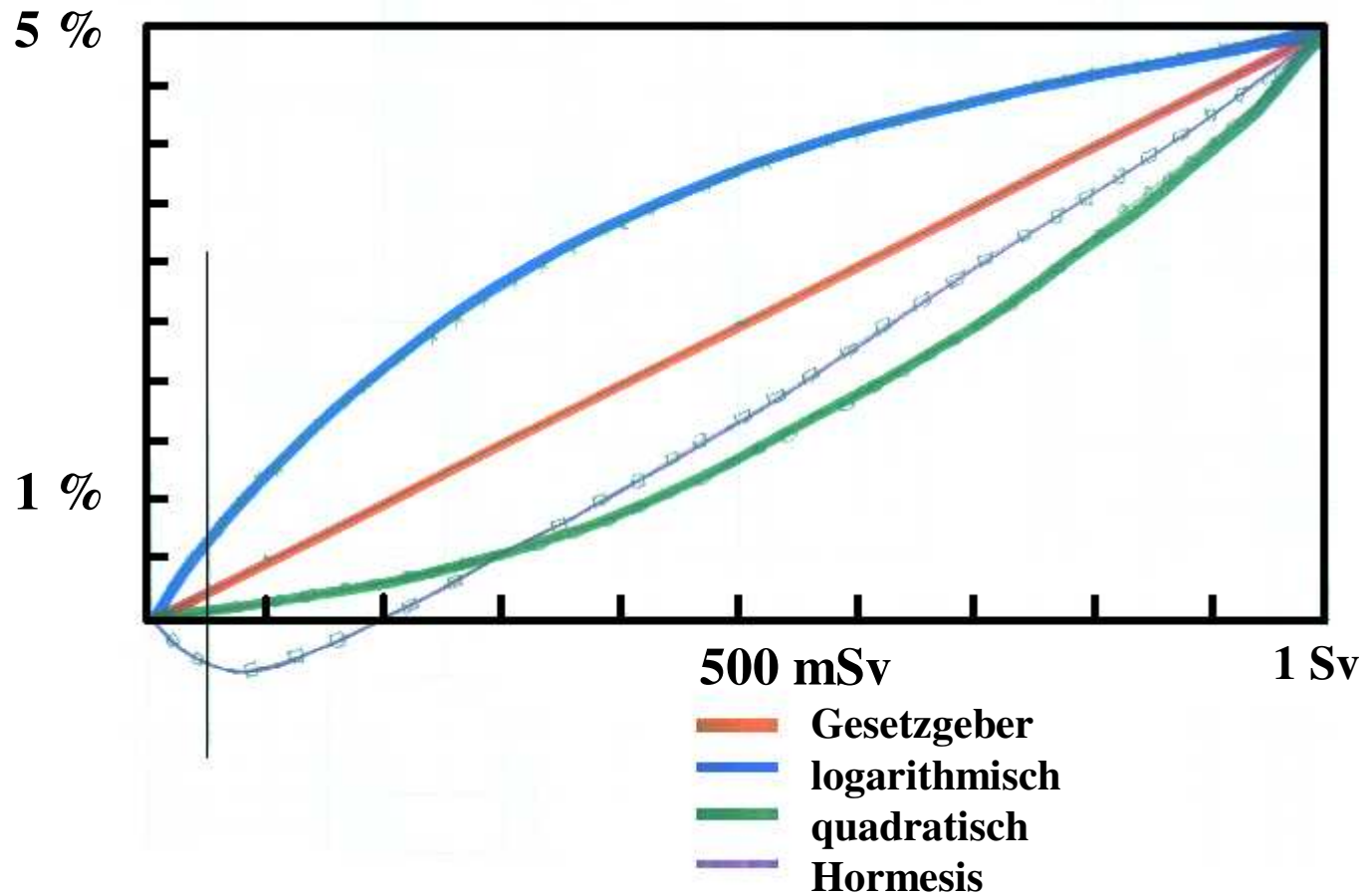
Risikofaktor: 4×10^{-5} pro 10 mSv

3.2 Dosisabhängigkeit der Schädigung

Krebsrate



Alternative Modelle (skizziert)



3.3 Erste Hilfe bei strahlengeschädigten Personen

-Sicherung von Menschenleben

< 250 mSv pro Leben (einmalige Katastrophendosis)

< 100 mSv pro Jahr

< 400 mSv pro Leben akkumuliert

-Warnung betroffener Personen

-Sicherung und Kennzeichnung des Unfallortes

Grenze bei 25 μ Sv/h (Absperrbereich)

-Meldung an Aufsichtspersonal und Behörden (später)

-Überprüfung auf Kontamination und Inkorporation

-Auswertung der Personendosimeter

Dekontaminationsmaßnahmen

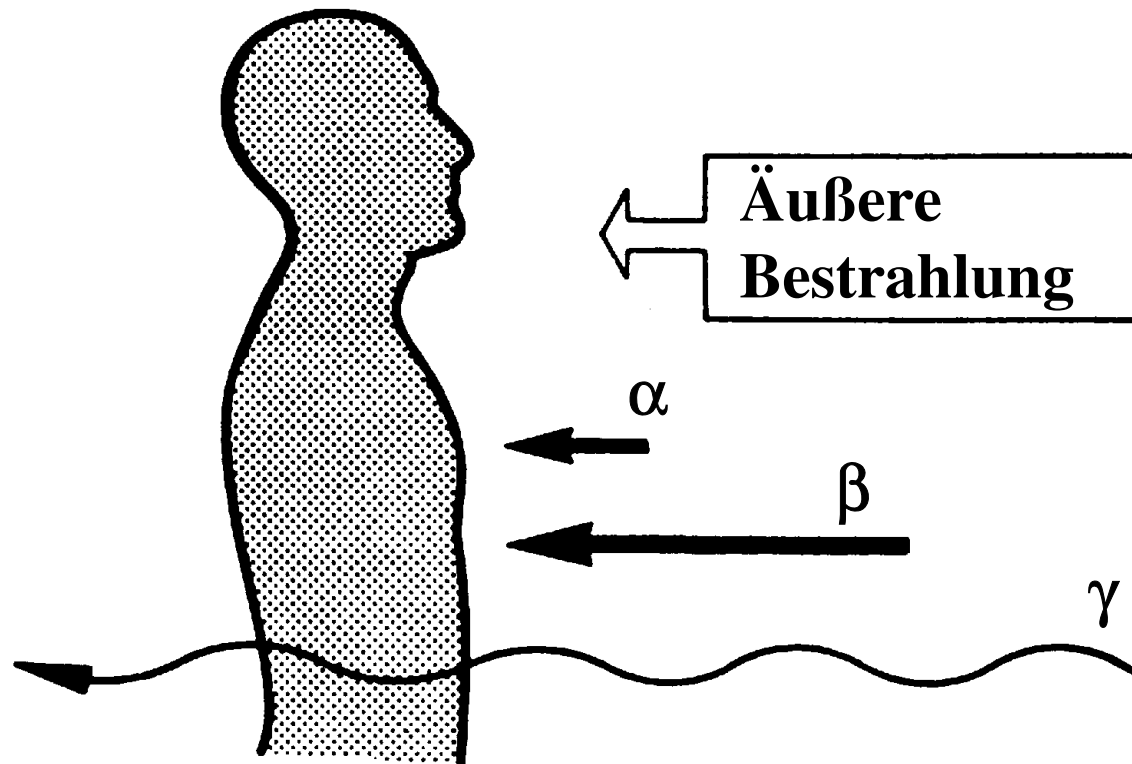
- lokales Waschen (Vermeidung von Kontaminationsverschleppung)
- Duschen (bei Ganzkörperkontamination)
- Wundspülungen
bei Augen, Ohren, Mund nur durch den Arzt

Dekorporationsmaßnahmen

- Ausscheidungsintensivierung
 - Erbrechen
 - Abführmittel

keine Panik

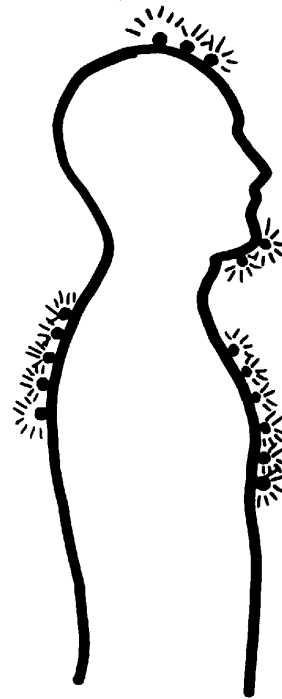
Maßnahmen nach Strahlenunfällen



Keine Möglichkeit außer Abschirmen!

Umgang mit offenen Präparaten
Bergung verletzter, kontaminierter Personen

Kontamination



nicht verschleppen!

Waschen, Duschen

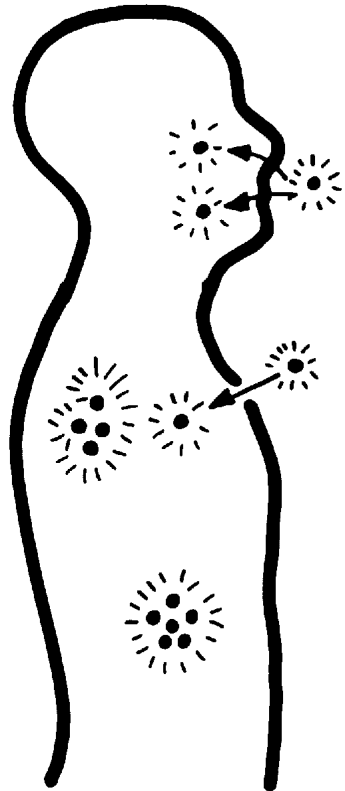
Betastrahler und Alphastrahler
am gefährlichsten

Gefahr der Inkorporation

3% Zitronensäurelösung

Natronbleichlauge

Inkorporation



Aufnahme radioaktiver Stoffe in den Körper

- Einatmen
- Verschlucken
- durch Wunden
- durch die Haut

Stärkste Schädigungsmöglichkeit Alphastrahler am gefährlichsten

Ausscheidungsintensivierung

- Erbrechen
- Urin, Stuhl
- Wundreinigung (unter ärztlicher Überwachung)

Strahlenschutzüberwachung während des Einsatzes

- **Messung der Ortsdosisleistung (wiederholt)**
 - ➔ Einsatzleiter melden, dokumentieren
- **Messung der Personendosis**
 - am besten mit zwei unabhängigen Verfahren:
Filmplakette und ablesbares Personendosimeter
 - die Dosis muß nichtlöslich festgehalten werden
 - Dosiswarngerät mitführen
- **Feststellung von**
 - Kontaminationsgefahr
 - Inkorporationsgefahr
 - (durchzuführen von den zuständigen Stellen; z.B. Umweltamt)

Besondere Umstände

- Rettung von Menschenleben dringend
- Sonderausrüstung noch nicht vollständig
- Strahlenschutzverantwortlicher noch nicht da
- Fachberater noch nicht anwesend

 **Einsatzleiter entscheidet** (muß Fachkunde besitzen)


Was muß man beim Löschen (Bergen) wissen?

- **Art und Menge der vorhandenen radioaktiven Stoffe**
- **Form und ursprünglicher Zustand derselben**
- **Material und Eigenschaften der Umhüllung**
- **Art der vorhandenen Abschirmung**

ist hierüber nichts bekannt

➔ annehmen, daß es sich um offene radioaktive Stoffe handelt (Inkorporation!)

Maßnahmen nach dem Einsatz

- **Protokoll anfertigen**
- **Personen, bei denen eine Dosisüberschreitung (> 15 mSv/a) möglich war, sind ärztlich zu überwachen ( **nicht dringliche, aber regelmäßige Untersuchungen durch einen ermächtigten Arzt**)**
- **falls Dosis ≥ 100 mSv oder Inkorporation**
sofortige (nach dem Einsatz) Untersuchung durch einen ermächtigten Arzt.
- **Strahlenpaß ausfüllen lassen**

Welche Grundsätze sind zu beachten?

- **Der Gruppenführer bleibt (und erkundet) außerhalb des Gefährdungsbereiches**
- **Wasserentnahmestelle außerhalb des Gefährdungsbereiches**
- **Absperrbereich nicht ohne Sonderausrüstung betreten**
- **Absperrbereich nicht ohne Kontaminationskontrolle verlassen**
- **Absperrgrenze mindestens bei 5 m vom Unfall/ Brandort (auch wenn dort $D < 25 \mu\text{Sv/h}$)**
- **Der Kontaminationsnachweisplatz ist so zu wählen, daß die Messung durch die dortige Ortsdosisleistung nicht beeinflußt wird.**

Maßnahmen zur Dosisbegrenzung

- **Abstand halten** (Aktivität $\sim \frac{1}{r^2}$)
- **Aufenthaltsdauer begrenzen**

Faustregeln:

Dosisleistung:

10 mSv/h

100 mSv/h

Einsatzdauer:

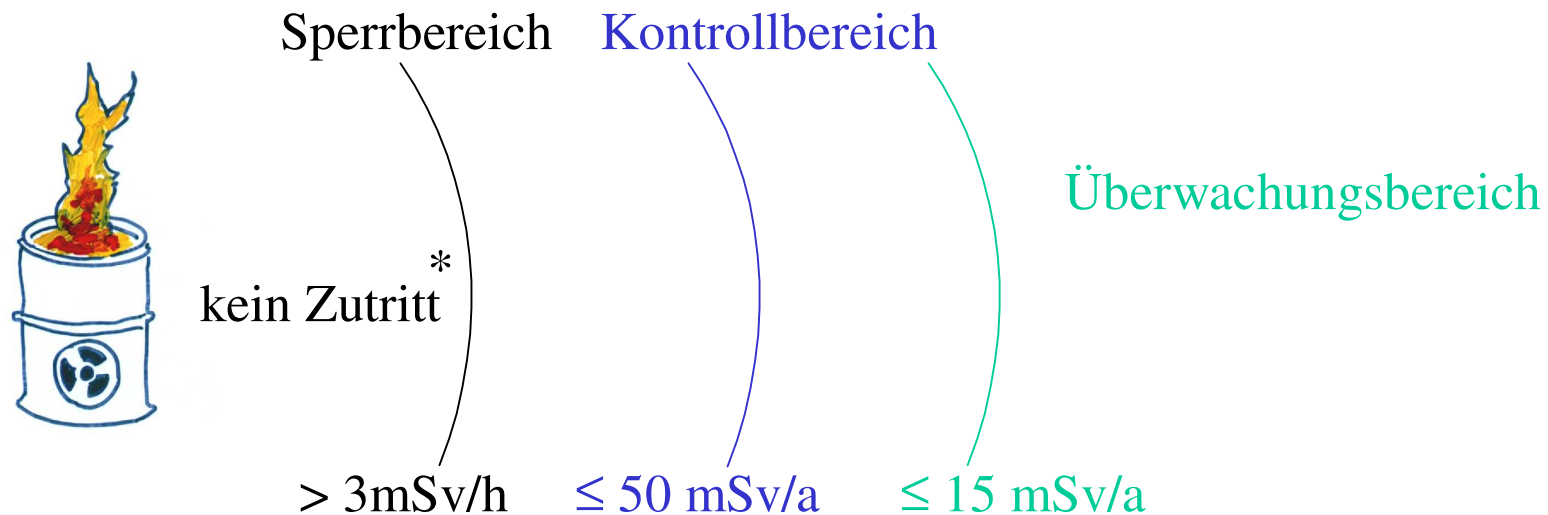
100 min

10 min

- **Abschirmmöglichkeiten nutzen**
(Mauern, Erdwälle; Mauer aus Bleisteinen errichten)
- **Abschirmbehälter für geborgene Quellen bereithalten**

was sind die wichtigsten Elemente der Einsatzpläne?

- **Definition der Grenzen der verschiedenen Gefahrenbereiche**



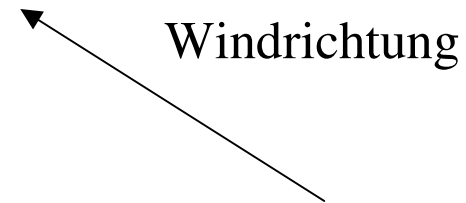
* höchstens durch eine belehrte Person zur Lebensrettung oder Abwehr von Schäden an Sachgütern (entscheidet der Einsatzleiter nach Rücksprache mit dem Fachberater) **dann aber trotzdem $\leq 250\text{ mSv}$**

- **Achtung: Werte nach der alten Strahlenschutzverordnung**
- **neue Strahlenschutzverordnung: Kontrollbereich 1-20 mSv/a**

Fahrzeugaufstellung



5 m oder
 $\leq 25 \mu\text{Sv/h}$



Absperrgrenze

Löschfahrzeug, Gerätewagen
außerhalb der Absperrgrenze
(in Luv)