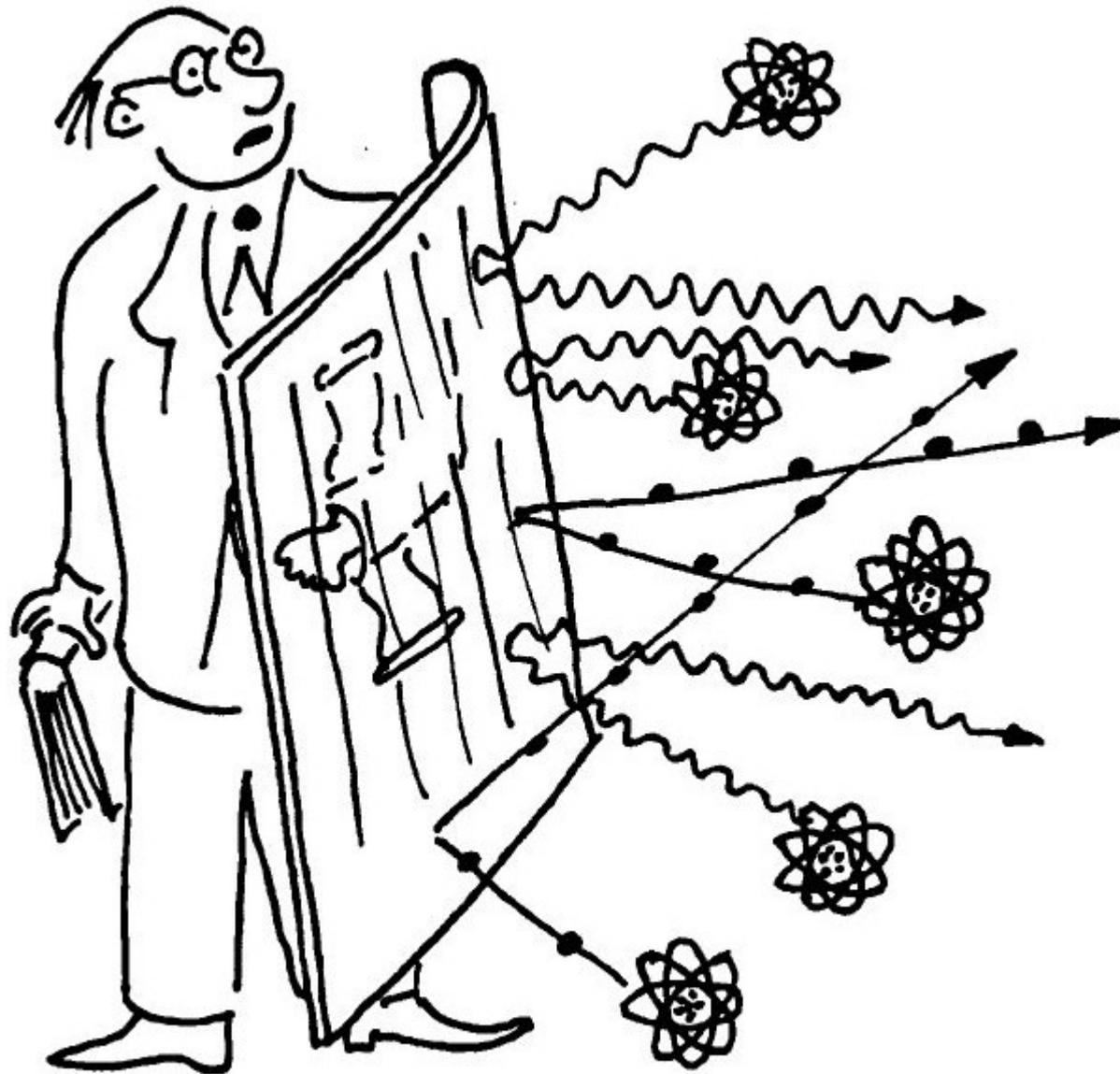


Gesetzliche Grundlagen



Rechtliche Grundlagen

Atomgesetz: Ziel und Zweck

- **Förderung der Erforschung, Entwicklung und Nutzung der Kernenergie zu friedlichen Zwecken**
- **Leben, Gesundheit und Sachgüter vor den Gefahren der Kernenergie und den schädlichen Wirkungen ionisierender Strahlen zu schützen und verursachte Schäden auszugleichen**

Strahlenschutzverordnung (StrlSchV)

Gilt für den Umgang mit radioaktiven Stoffen bzw. ionisierender Strahlung, sofern dieser nicht durch die RÖV abgedeckt ist

Beispiele:

Nuklearmedizin

Strahlentherapie

Beschleuniger

Universitäten

Materialprüfeinrichtungen

Rechtliche Grundlagen

Folgerungen

- Verantwortlichkeit
- Aufsichtspflicht der Regierungen
- Management der Sicherheit
- Notwendigkeit und Rechtfertigung
- Optimierung
- Limitierung und Überwachung der Grenzwerte
- Schutz der heutigen und zukünftigen Generationen
- Prävention von Unfällen
- Vorbereitung und Durchführung von Notfallmaßnahmen
- Schutz vor bestehenden oder unregulierten Strahlenrisiken

Rechtliche Grundlagen Verantwortlichkeit

Strahlenschutzverantwortlicher
(Betreiber)



Strahlenschutzbevollmächtigter
(z.B. Abteilungsleiter)



Strahlenschutzbeauftragter
(innerbetriebliche Entscheidungsbereiche)



Medizinischer Bereich



Physikalisch-technischer
Bereich

Verantwortlichkeit im Strahlenschutz

1.) Strahlenschutzverantwortlicher

2.) Strahlenschutzbevollmächtigte

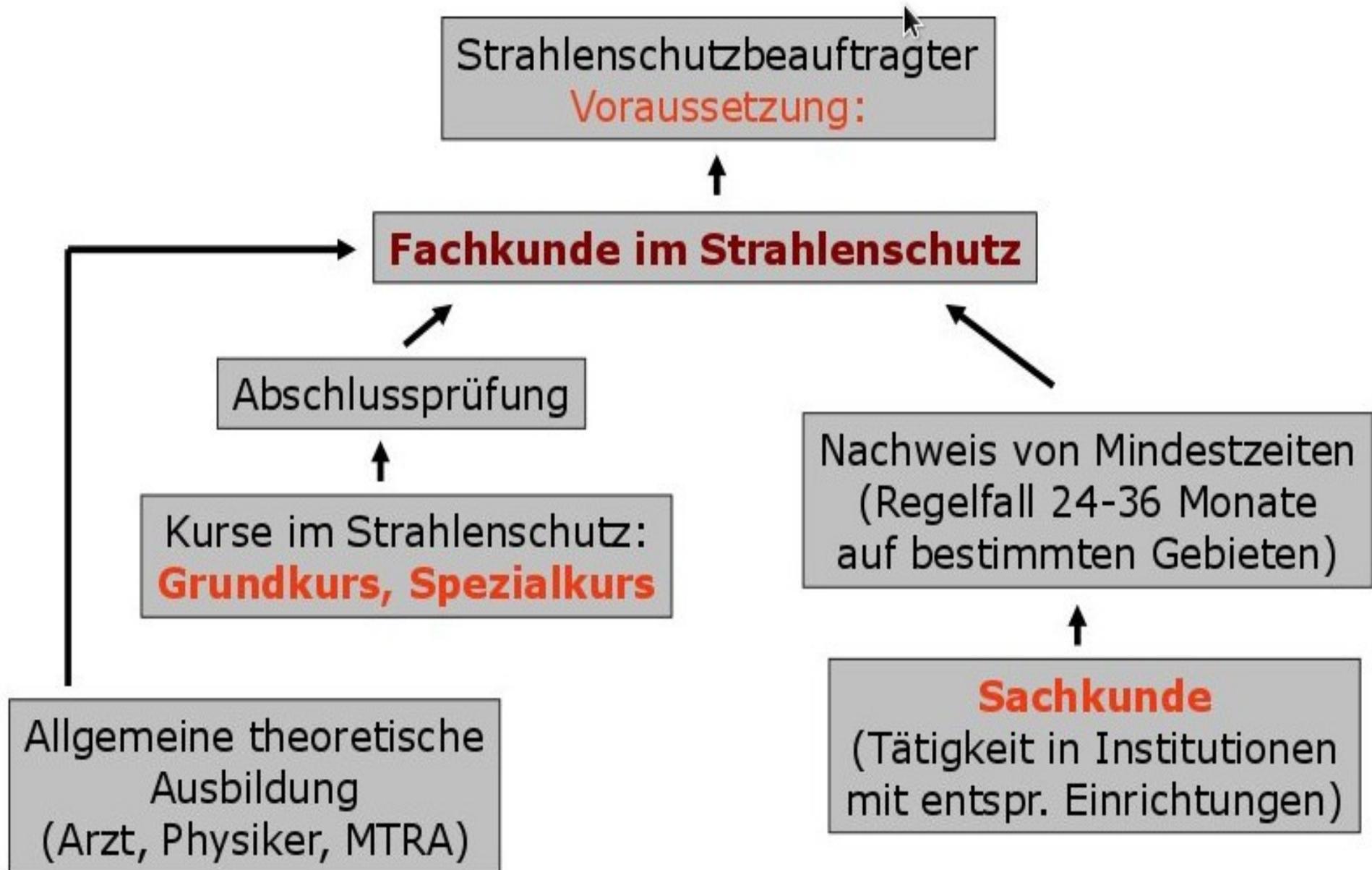
- nicht unbedingt erforderlich
- erledigt Schriftverkehr
- Kommunikation zwischen dem Verantwortlichen und Beauftragten

3) Strahlenschutzbeauftragte

- Fachkunde im Strahlenschutz nötig

Diese Personen haben in Angelegenheiten des Strahlenschutzes Weisungsrecht

Rechtliche Grundlagen Fachkunde im Strahlenschutz



Strahlenschutzgrundsätze

Rechtfertigung

Rechtfertigende Indikation: Entscheidung eines fachkundigen Arztes, dass und in welcher Weise ionisierende Strahlung am Menschen angewendet werden soll

Dosisbegrenzung

Grenzwerte für die Personendosis des Personals, sowie diagnostische Referenzwerte

Minimierungsgebot

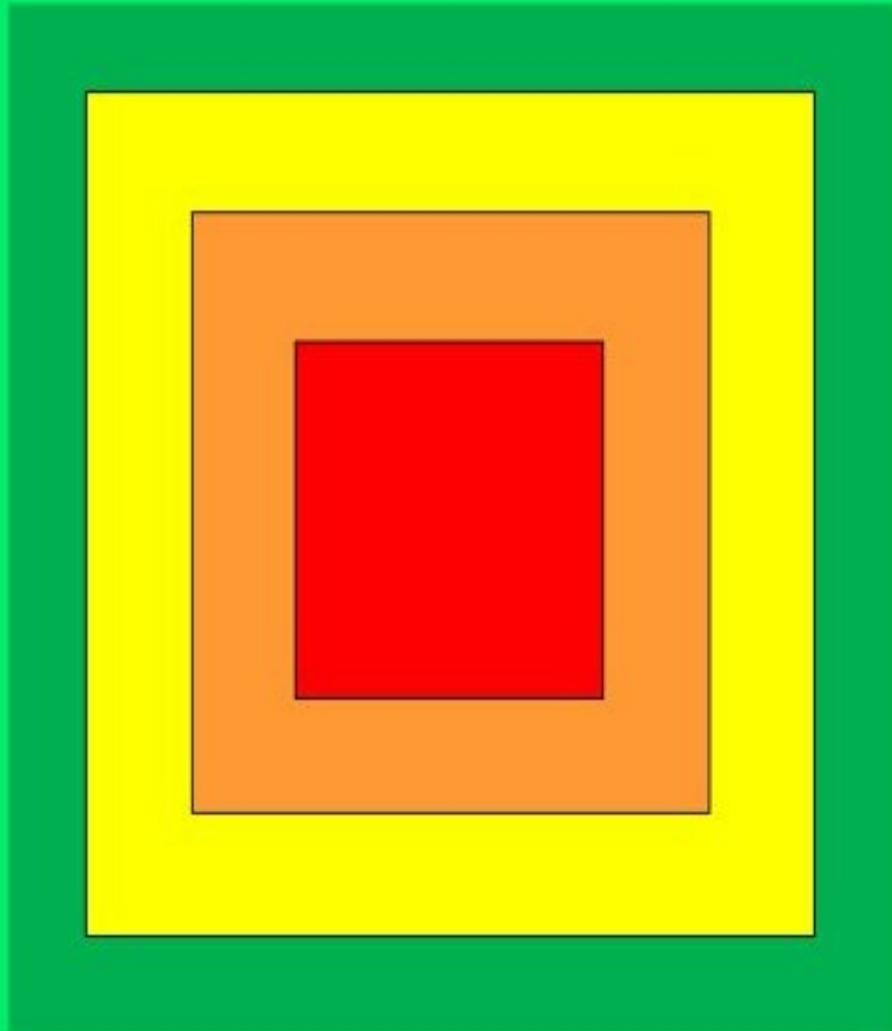
Vermeidung und Dosisreduktion auch unterhalb der Grenzwerte, ALARA- Prinzip

Rechtfertigung:

Zur Anwendung ionisierender Strahlung am Menschen berechnigte Personen

- Ärzte mit Fachkunde
 - stellen Rechtfertigende Indikation!
- Ärzte ohne Fachkunde mit Kenntnissen im Strahlenschutz, unter ständiger Aufsicht und Verantwortung eines fachkundigen Arztes
- MTRA
- Medizinisches Personal mit Kenntnissen, unter ständiger Aufsicht und Verantwortung eines fachkundigen Arztes
- Fachkunde und Kenntnisse müssen alle 5 Jahre aktualisiert werden!

Dosisbegrenzung Strahlenschutzbereiche



Allgemeines Staatsgebiet:

effektive Dosis < 1 mSv/a

Betriebsgelände:

effektive Dosis < 1 mSv/a

Überwachungsbereich:

effektive Dosis > 1 mSv/a

Kontrollbereich:

effektive Dosis > 6 mSv/a



Sperrbereich:

Dosisleistung > 3 mSv/h



Dosisbegrenzung

Beruflich strahlenexponierte Personen

Kat. A

20 mSv/a

$A < 20 \text{ mSv}$

Kat. B

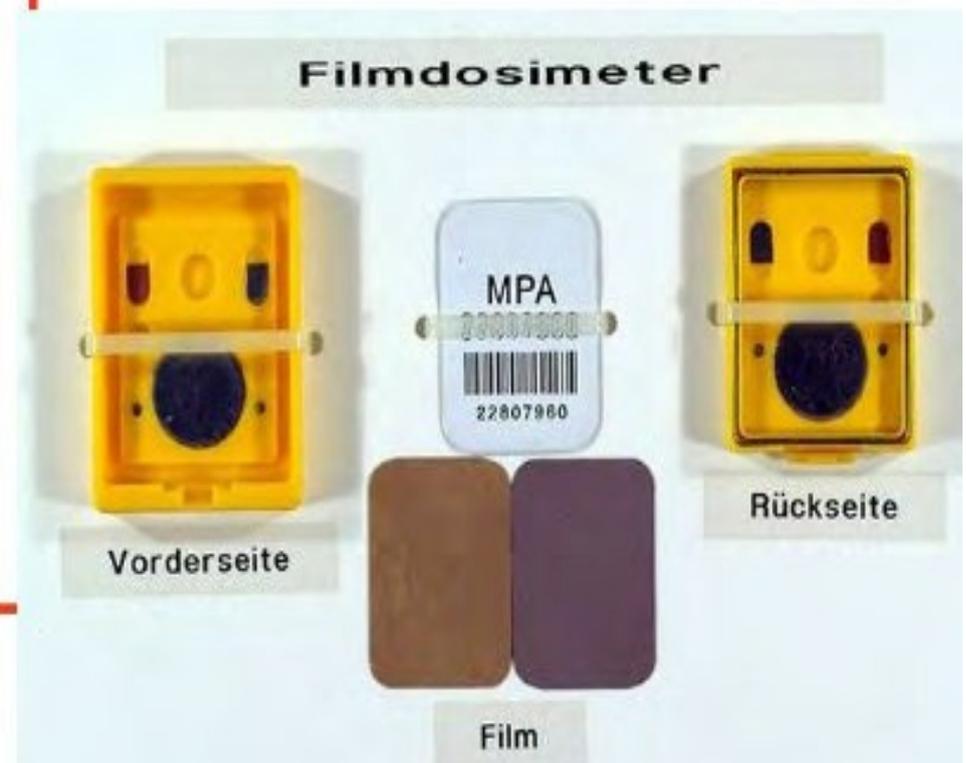
1,0 mSv/a

$B < 6 \text{ mSv}$

Einzelpersonen
d. Bevölk.

2,0 mSv/m

Dosis an
Gebärmutter



Freigrenzen: nuklidspezifisch

z.B. Cs 137: 10 000 Bq

Freigabewerte: nuklidspezifisch

z.B. Cs 137: 0,5 Bq pro Gramm

1 Bq pro Quadratmeter

Siehe Anlage III der StrSchV von 2001

Katastrophendosis:
250 mSv einmalig pro Leben

Lebensdosis: 400 mSv

Letale Dosis: 4000 mSv

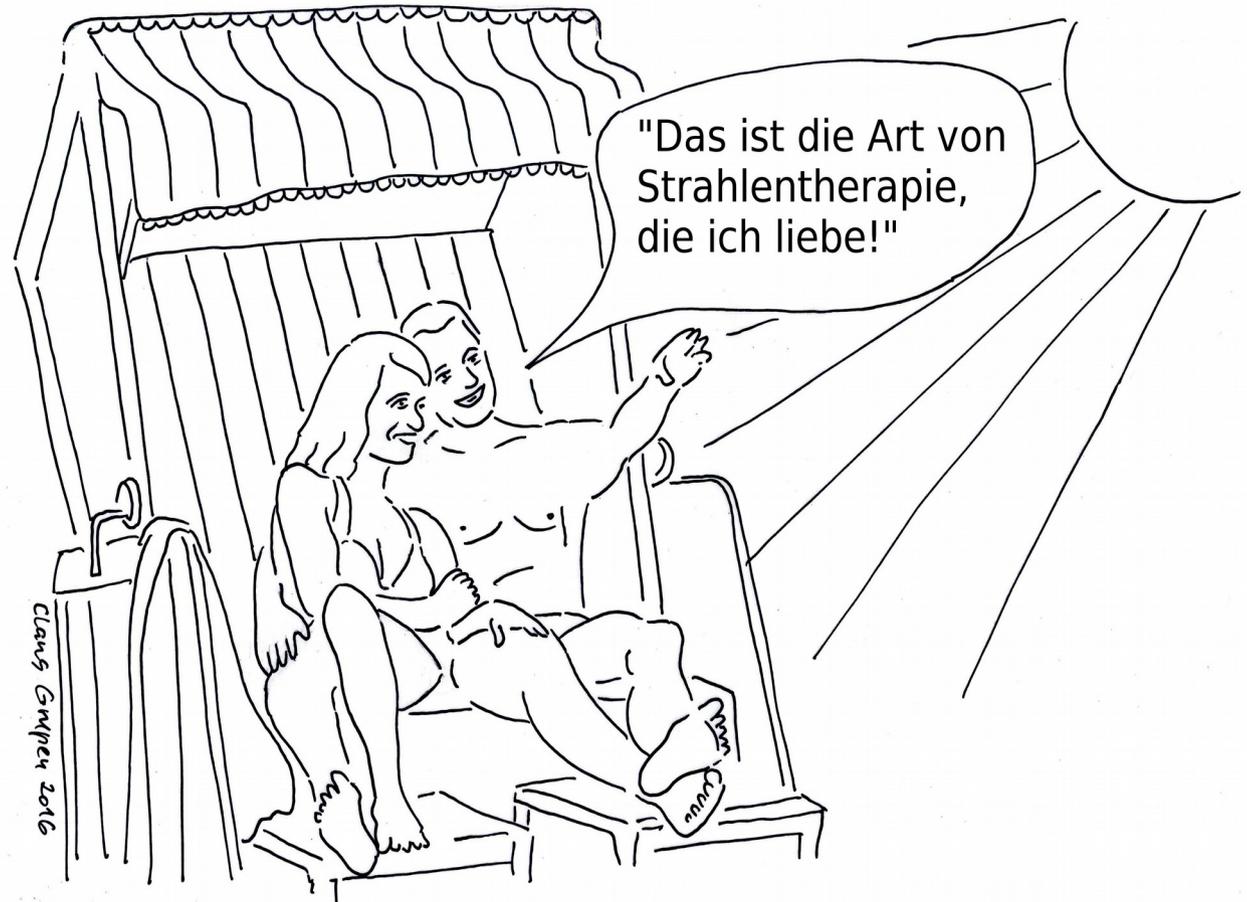
Strahlenschutzgrundsätze

Abstand halten

Aktivität
beschränken

Abschirmung
verwenden

Aufenthaltszeit
beschränken





Symposium
„Chemie für den ABC-Einsatz“



Radioaktive Strahlungsquellen

Prof. Dr. Claus Grupen
Dr. Ulrich Werthenbach
Dr Michael Ziolkowski

Universität Siegen



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



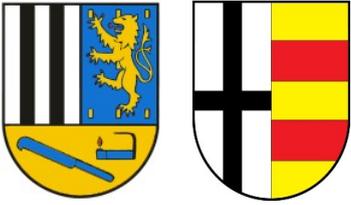
Arten der Radioaktivität

Einheiten der Radioaktivität

Strahlenschäden und biologische Effekte

Maßnahmen zur Dosisreduktion und praktische Hinweise

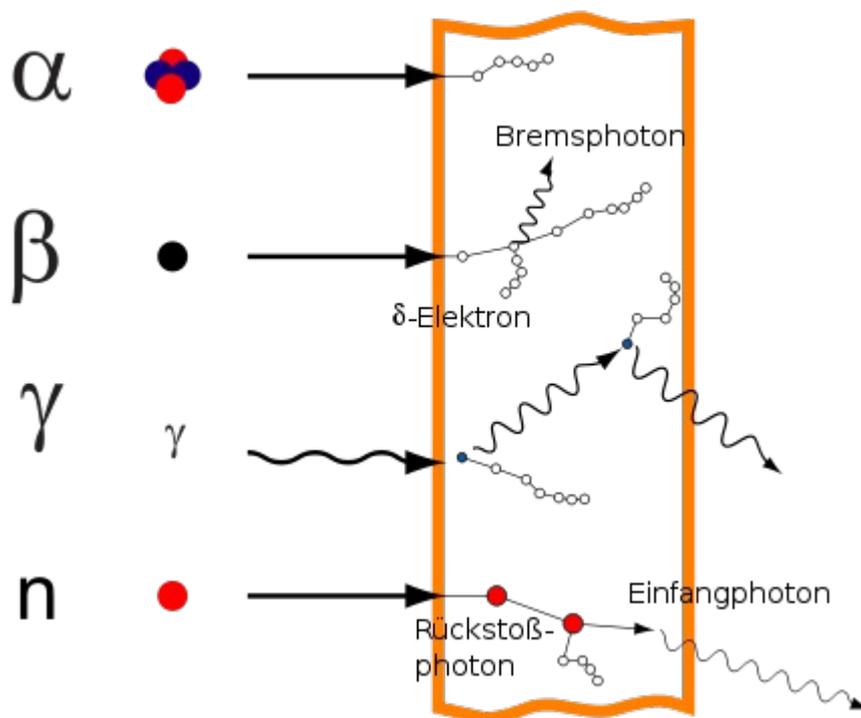
Wo gibt es in Siegen radioaktive Stoffe?



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Strahlungsarten

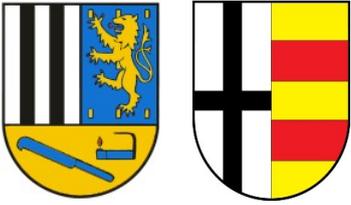


geladen: direkt ionisierend
Alpha-Strahlung
(Heliumkerne)

Beta-Strahlung (Elektronen
und Positronen)

Photon: indirekt ionisierend
(Röntgen und
Gammastrahlung)

Neutron: indirekt ionisierend



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Zerfallsgesetz :

$$N = N_0 \cdot e^{-t/\tau} = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

λ Zerfallskonstante, τ Lebensdauer

Halbwertszeit $T_{1/2} = \tau \cdot \ln 2$

Das Maß für die Zahl der Zerfälle

Zeiteinheit ist die **Aktivität** :

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$$

Einheit der Aktivität ist das Becquerel (Bq)

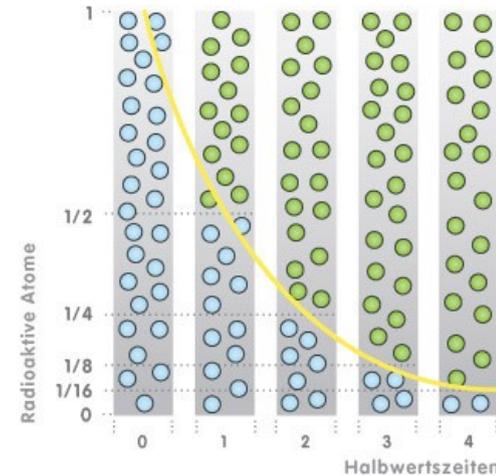
1Bq = 1 Kernzerfall pro Sekunde

alte Einheit war Curie (Ci)

$$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$$

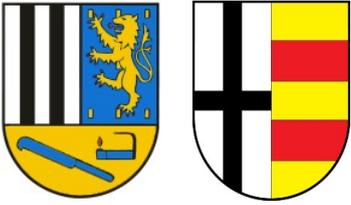
Zerfallsgesetz

Die Hälfte der Hälfte der Hälfte ...

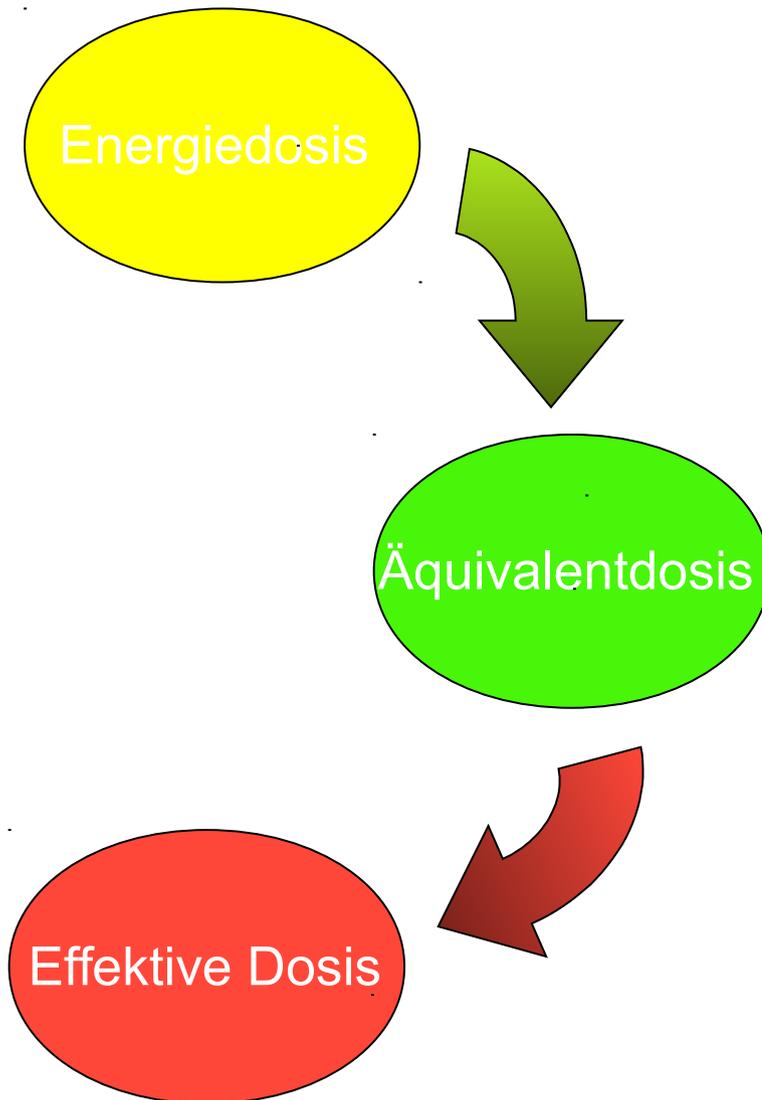


Quelle: Nagra, 2001

Die Dauer, bis die Hälfte der Kerne eines radioaktiven Isotops zerfallen sind, wird als Halbwertszeit bezeichnet. Diese ist von Isotop zu Isotop verschieden. Sie kann Bruchteile von Sekunden bis Milliarden von Jahren betragen.



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Dosisbegriffe im Strahlenschutz

Energiedosis gibt die durch Strahlung auf das Gewebe übertragene Energie an

Äquivalentdosis wichtet die Energiedosis unter Berücksichtigung der biologischen Wirksamkeit der Strahlungsarten

Effektive Dosis wichtet die Äquivalentdosis unter Berücksichtigung der Strahlungsempfindlichkeit der Organe und Gewebe



Symposium

„Chemie für den ABC-Einsatz“



Energiedosis D

vereinfachte Definition:

Das Verhältnis aus der Energie, die durch ionisierende Strahlung auf ein kleines Volumenelement eines spezifischen Materials übertragen wird und der Masse des Volumens.

Einheit : Gray (Gy) 1 Gy = 1 J/kg

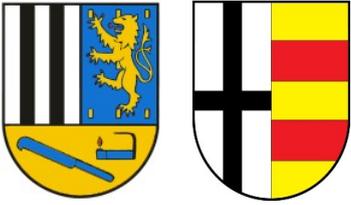
alte Einheit rad (roentgen absorbed dose) ; 1Gy = 100rad, 1rad = 100erg /

Organenergiedosis DT,R

Definition:

die in einem Gewebe, Organ oder Körperteil durch interne oder externe Exposition mit der Strahlqualität R erzeugten Energiedosis – gemittelt über dessen Masse

im Falle der Haut gemittelt über die gesamte Oberfläche

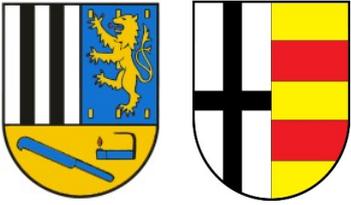


Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Photonen, Elektronen, Myonen	1
Neutronen	
< 10 keV	5
10 keV bis 100 keV	10
> 100keV bis 2 MeV	20
> 2 MeV bis 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protonen außer Rückstoßprotonen Energie > 2 MeV	5
Alphateilchen, Spaltfragmente, schwere Kerne	20

**Strahlungs –
Wichtungsfaktor**
 W_R



Symposium

„Chemie für den ABC-Einsatz“



Organdosis :

$$H_{T,R} = w_R D_{T,R}$$

$D_{T,R}$: Organ-Energiedosis

w_R : Strahlungs- Wichtungsfaktor

Einheit : Sievert (Sv)

Definition :

Produkt aus der mittleren Energiedosis in einem Organ, Gewebe oder Körperteil und dem Strahlungs-Wichtungsfaktor.

alte Einheit rem (roentgen equivalent man); 1 Sv = 100rem

Aquivalentdosi

s :

$$H_{T,R} = \sum w_R D_{T,R}$$



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



**Effektive
Dosis :**

$$E = \sum w_T H_T$$

$$E = \sum \sum w_T w_R D_{T,R}$$

Definition: Sievert (Sv)

Summe der gewichteten Organdosen durch äußere oder innere Strahlenexposition



Symposium

„Chemie für den ABC-Einsatz“



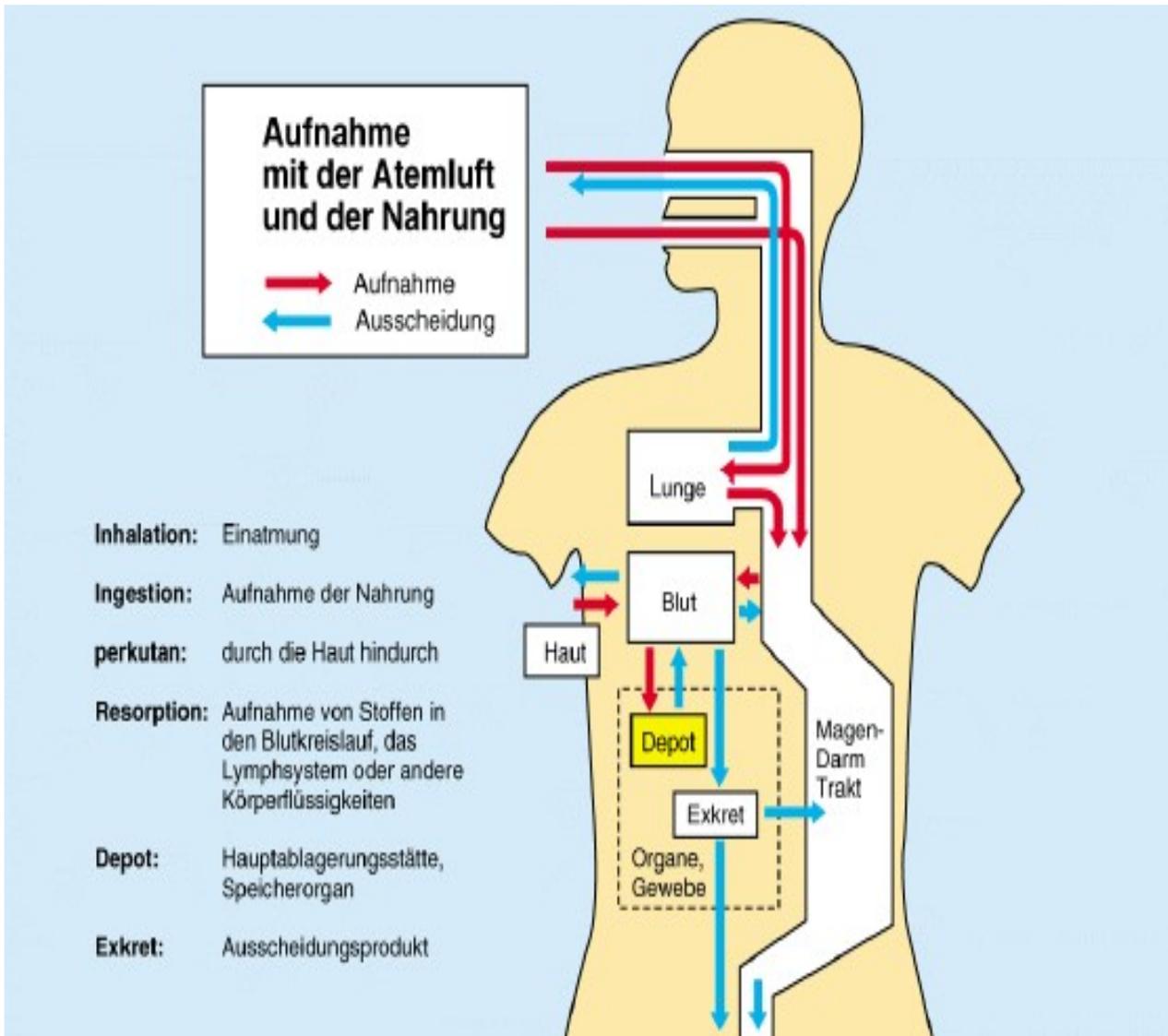
Gewebe oder Organ	W_T
Gonaden	0,2
Knochenmark, Dickdarm, Lunge, Magen je	0,12
Blase, Brust, Leber, Speiseröhre, Schilddrüse je	0,05
Haut, Knochenoberfläche je	0,01
andere Organe und Gewebe insgesamt	0,05

**Gewebe –
Wichtungsfaktor
 W_T**

Wichtungsfaktor zur Ermittlung der effektiven Dosis entsprechend den relativen Beiträgen der einzelnen Gewebe und Organe zu den stochastischen Strahlenwirkungen



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Inkorporationswege

Lunge

Magen- Darm Trakt

Haut

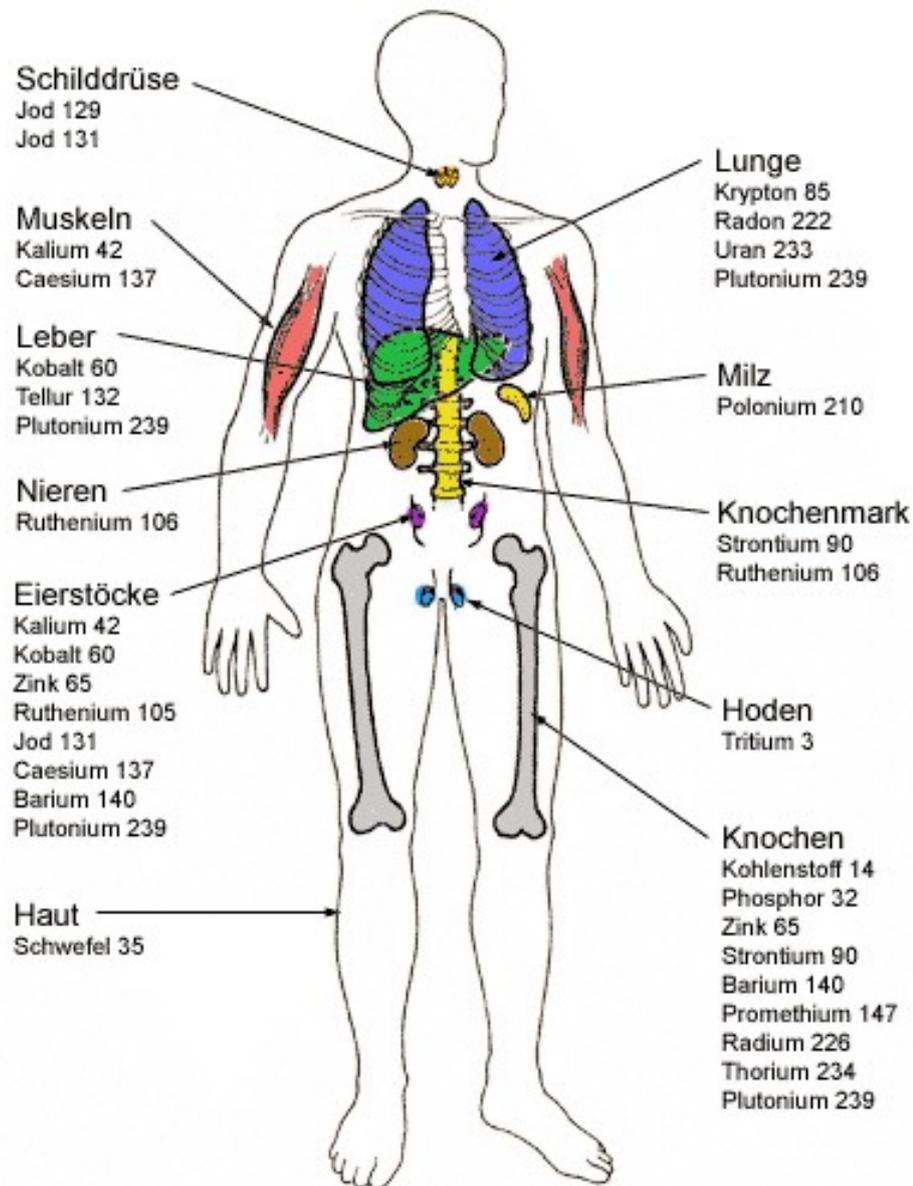
offene Wunden

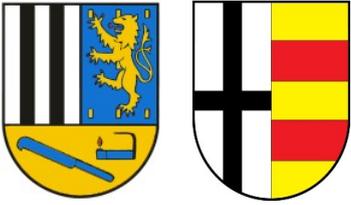


Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Speicherorgane

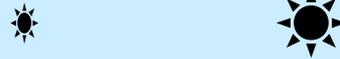




Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



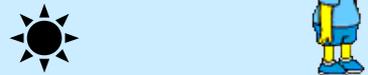
Aktivität



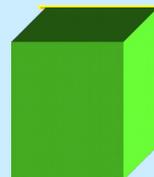
Aufenthaltsdauer



Abstand



Abschirmung



**Maßnahmen zur
Dosisreduzierung**

Inkorporation vermeiden

Kontamination vermeiden



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Aktivität :

Experiment sorgfältig planen und Quelle mit der kleinst möglichen Aktivität verwenden.

Aufenthaltsdauer :

Gesamtdosis ergibt sich zu :

$$H = \sum \hat{H}_i \cdot t_i$$

Bei komplizierten Manipulationen :

Vorgang ohne Strahler testen.



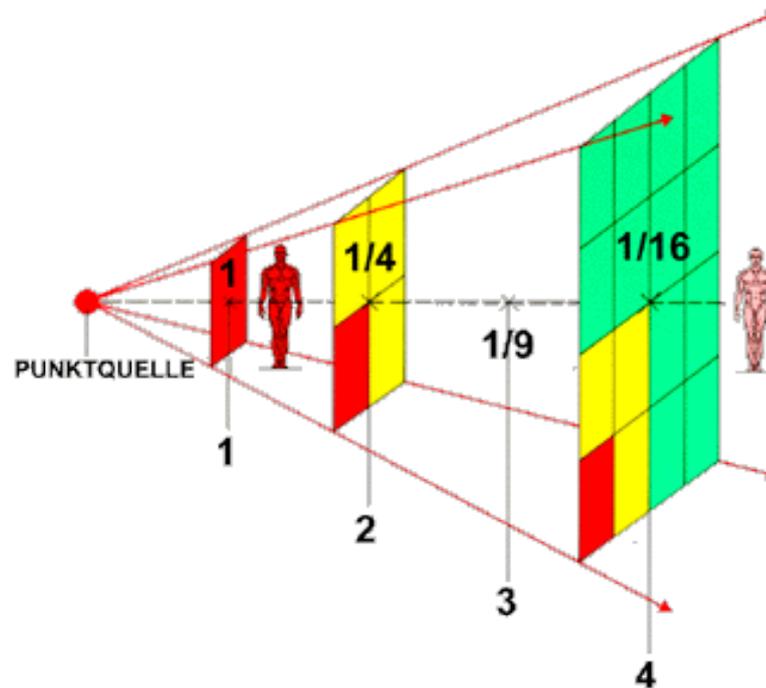
Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Abstand :

Ortsdosisleistung bei einer Punktquelle

$$=K \cdot \frac{A}{r^2}$$

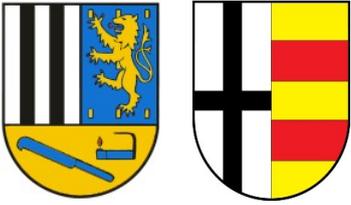


A : Aktivität der Quelle

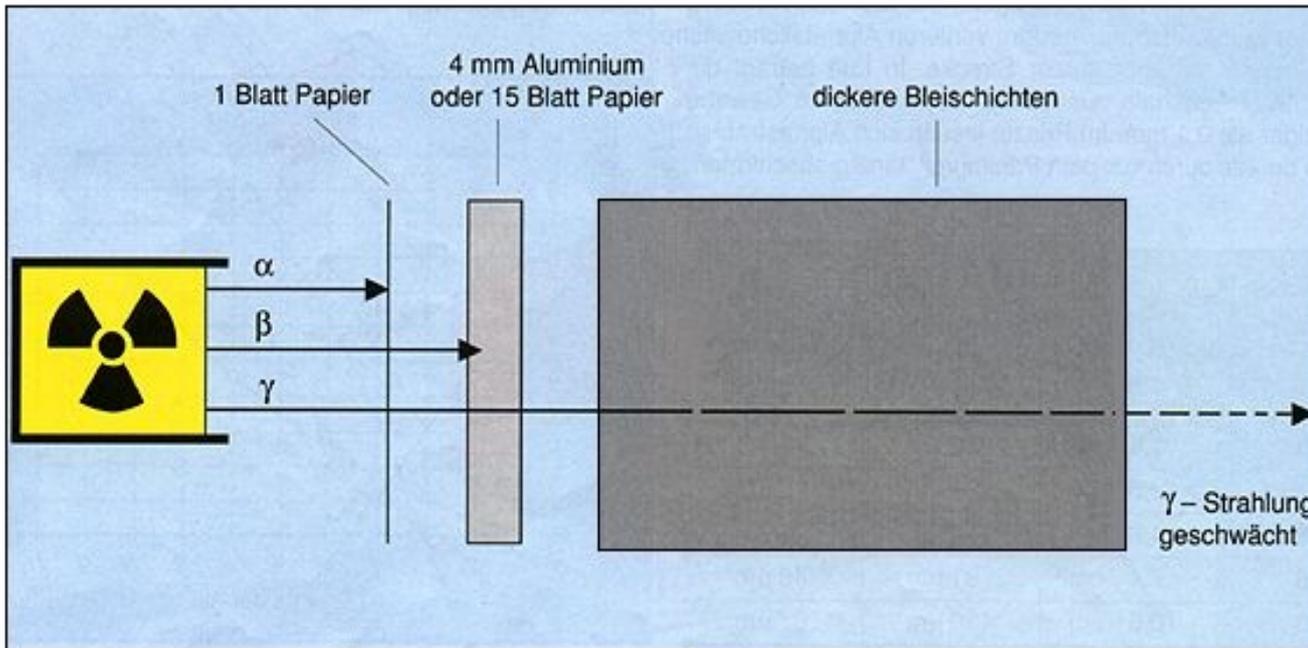
R : Abstand zu Quelle

K : Dosisleistungskonstante

Alle Strahlungskomponenten sind zu berücksichtigen !



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Abschirmung

α

Abschirmung ist einfach.
Dünne Kunststoffschichten
reichen aus.

β

Abschirmung durch Schichtsysteme
aus leichten und schweren
Materialien.

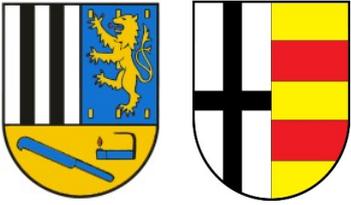
z.B. Acrylglas: Abbremsung durch
Ionisationsverluste; Blei :
Abschirmung von Bremsstrahlung

γ

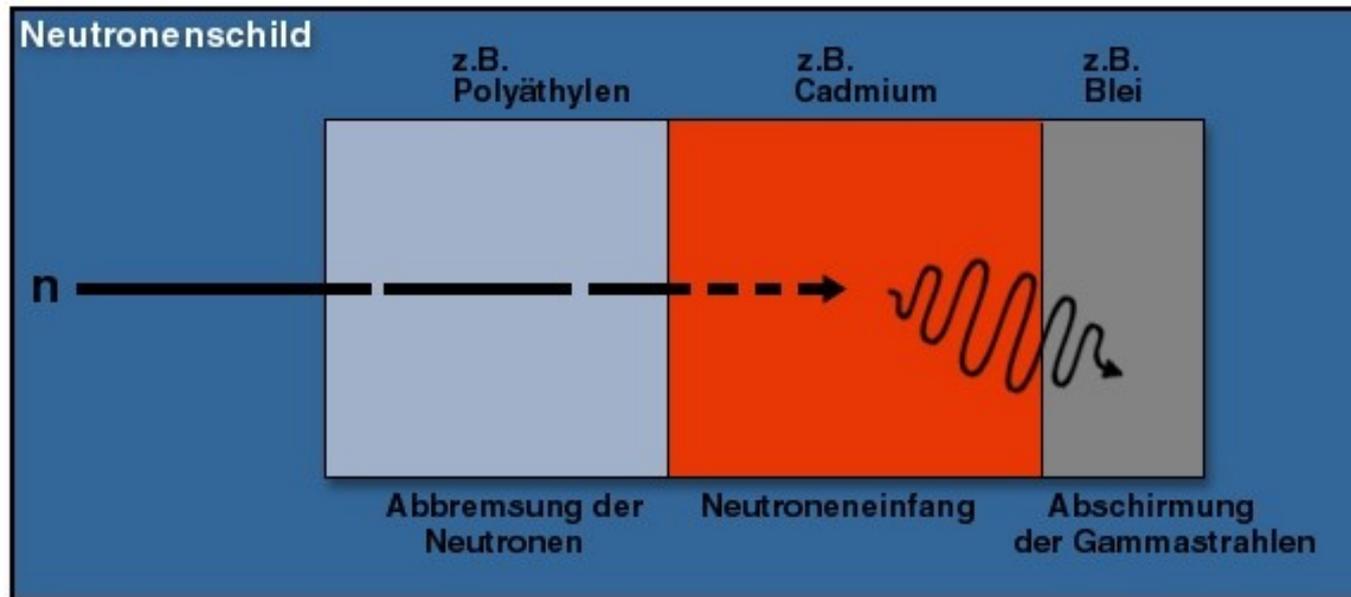
Abschirmung durch
Verwendung schwerer
Materialien (Z) wie :

Blei, Barytbeton,
Wolframlegierungen

**! Keine vollständige
Abschirmung möglich !**

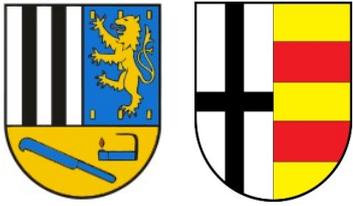


Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Neutronenstrahlung : Materialien mit hohem Wasserstoffgehalt verwenden wie : Wasser, Polyethylen, Paraffin, Normalbeton

Anschließend Neutronenfänger und Abschirmung für Gammastrahlung

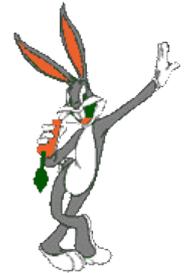


Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“

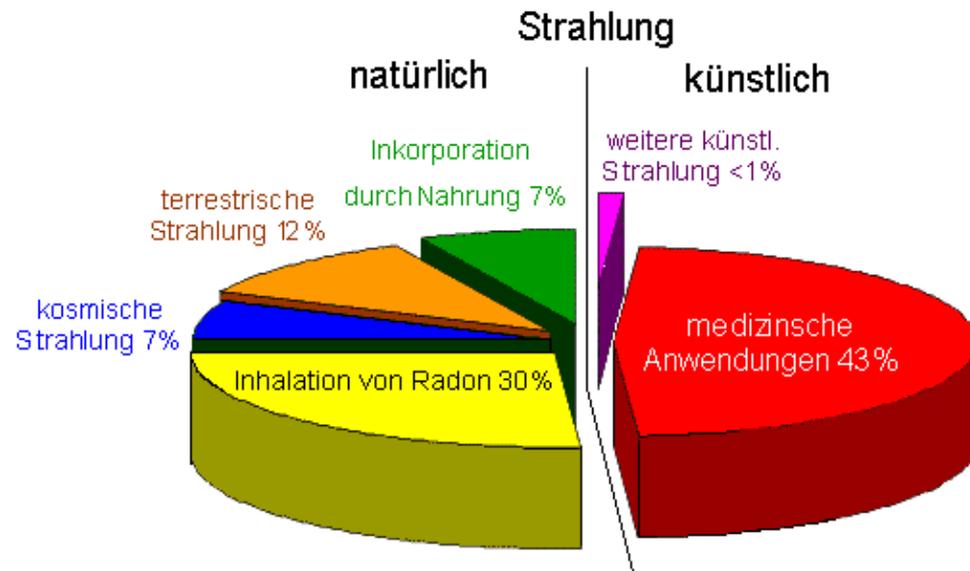


Radionuklid	Aktivität / Bq
Kalium-40	4500
Kohlenstoff-14	3800
Rubidium-87	650
Blei-210, Bismut-210, Polonium-210 (Ra-222-Töchter)	60
Kurzlebige Zerfallsprodukte Von Radon-220	30
Tritium	25
Beryllium-7	25
Kurzlebige Zerfallsprodukte von Radon-222	15
Sonst	7
Summe	9112

Interne Strahlung des Pflanzliche und tierische Nahrungsmittel
Mittelwert : ca. : 100 Bq / kg

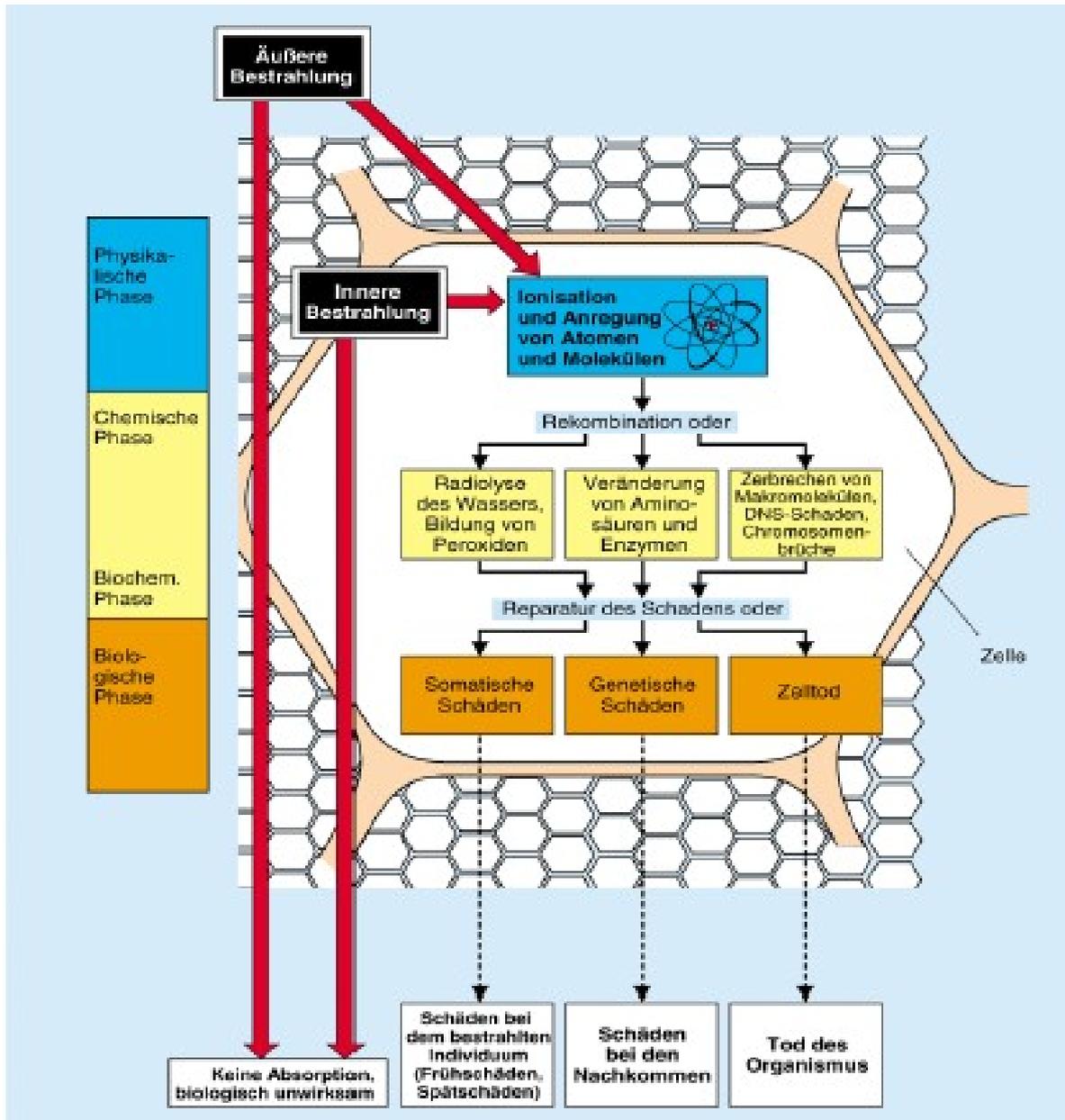


Strahlenbelastung





Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Wirkung ionisierender Strahlung



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“

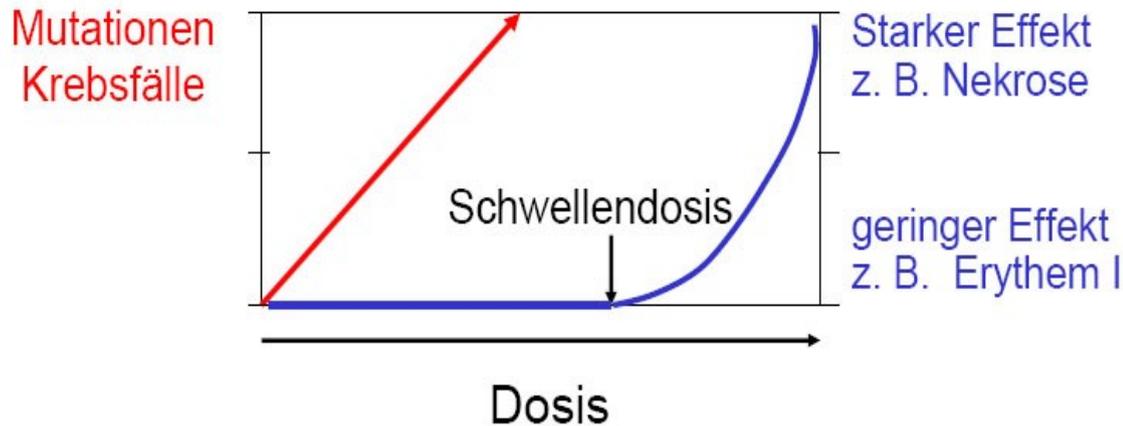


Stochastische Effekte

- Wahrscheinlichkeit mit steigender Dosis zunehmend
- Kein Schwellenwert

Deterministische Effekte

- Schweregrad mit steigender Dosis zunehmend
- Schwellenwert



Strahlenschäden

Frühschäden ab Dosen von 1000 mSv : Übelkeit, Blutungen, Erbrechen

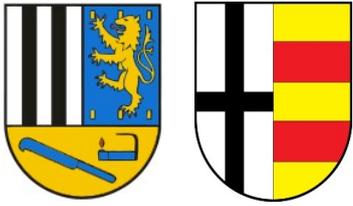
Spätschäden nach Latenzzeit von 20 – 30 Jahren: Krebs, Leukämie Risikofaktor 5% pro Sievert ; linear, keine Schwelle

Katastrophendosis für Feuerwehrleute : 250 mSv, Krebsrisiko 1,25%

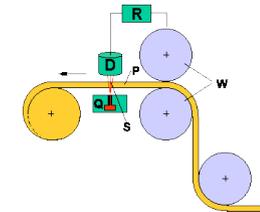
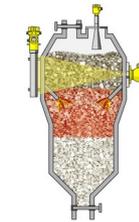
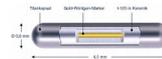
letale Dosis

4 Sv





Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Prüf- und Teststrahler (^{60}Co , ^{137}Cs , ^{241}Am , ^{22}Na .. alles umschlossene Quellen)

Troxlersonde

Testchemikalien uranhaltig

Bestrahlungseinrichtungen

(Cobaltkanone, Brachytherapie)

Blutbestrahlung

Radiopharmaka

Implantierbare Quellen

Füllstandsmesser

Dickenmesser

Materialprüfung (transportable
Quellen zur Schweißnahtkontrolle)

Lager für Düngemittel
(Kalidünger)



Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



Abstand halten

Quelle mit kleiner Aktivität verwenden

Abschirmung verwenden

Quellen nicht unnütz handhaben

Quelle nur mit Pinzette handhaben



**Verhaltensgrundregel
für den Umgang mit
radioaktiven
Strahlungsquellen**

nicht essen

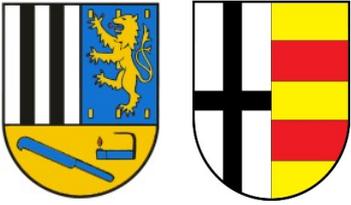
nicht trinken

nicht rauchen



**nach Arbeitsende
Hände waschen**





Symposium „Chemie für den ABC-Einsatz“



bei Inkorporation : befugten Arzt benachrichtigen

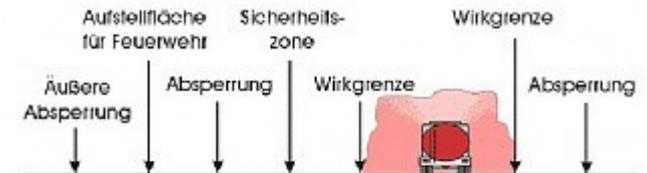
Mund- und Nasenspülung : nur durch einen Arzt

Kontaminationsverschleppung vermeiden

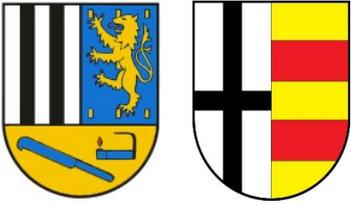
Absperrgrenze beachten ($25\mu\text{Sv/h}$)

Ruhe bewahren

Gefährliche Stoffe
Sicherheitsabstände



Sicherheitszonen	
5 m	Brennbare Flüssigkeiten (außer VbF A1 und B), Säuren und Laugen ohne Gas- und Dampfwicklung
15 m	Giftige und ätzende Gase, Dämpfe, Nebel und Stäube
25 m	Radioaktive Stoffe
30 m	Explosionsfähige Gas-, Dampf-, Staub-, oder Nebel- Luft- Gemische, brennbare Flüssigkeiten VbF A1 und B
50 m	Bei unbekanntem Gefahrstoffen, zu Beginn des Einsatzes
100-1.000 m	Sprengstoff, Flüssiggasbehälter unter Brandeinwirkung



Symposium

„Chemie für den ABC-Einsatz“



Diese Präsentation dient ausschließlich zu internen Schulungszwecken der
Feuerwehren in den Kreisen Siegen-Wittgenstein und Olpe

Die Präsentation stellt die Meinung von Wissenschaftlern dar und gibt daher
keine taktischen Anweisungen

Die Haftung für Druck- oder sonstige Fehler ist ausgeschlossen