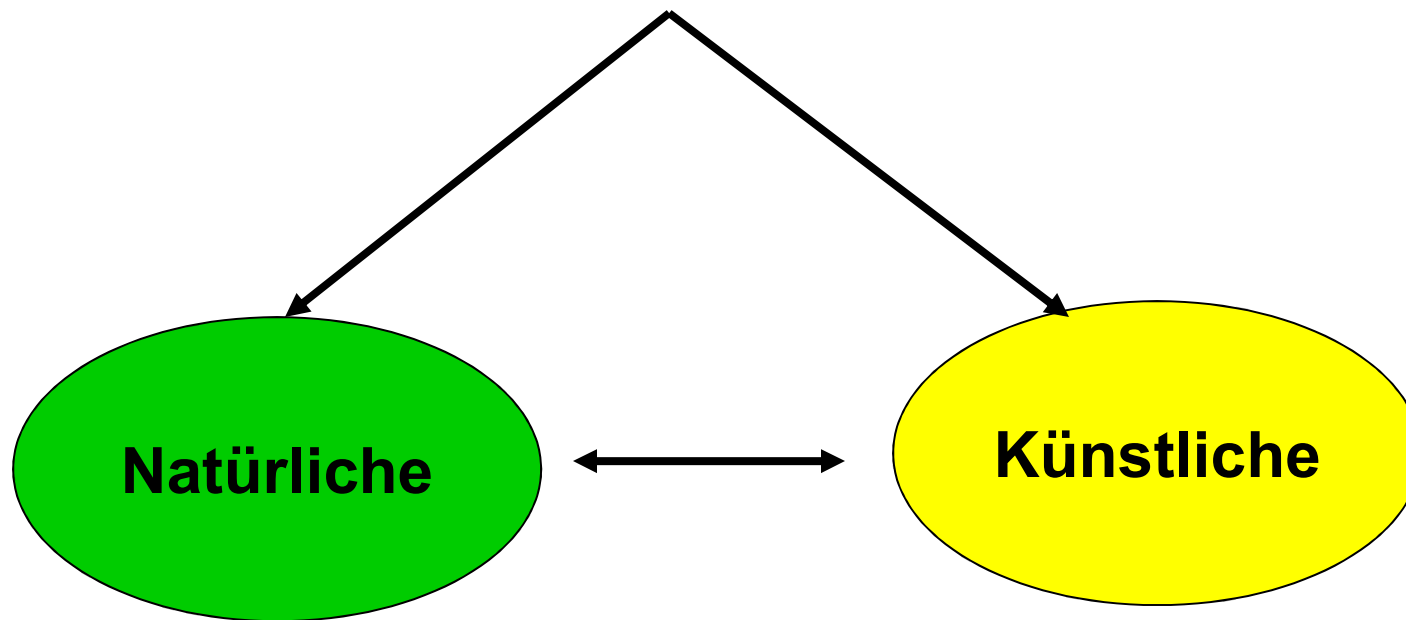


RC - 05



1.5 Umweltradioaktivität

Radioaktivität



Einheiten im Strahlenschutz

Hier nur zur Info, die Einheiten im Strahlenschutz werden später behandelt.

* **Aktivität einer radioaktiven Substanz:**

„**Bequerel [Bq]**“ = 1 s^{-1}

- ein Bequerel ist gleich einem Kernzerfall pro Sekunde

$$1 \text{ Ci (Curie)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

* **Energiedosis:**

„**Gray**“ $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$

- ist gesamte absorbierte Strahlungsenergie pro Masseneinheit

* **Äquivalentdosis:**

„**Sievert**“ 1 Sv

- ist das Produkt aus Energiedosis und Bewertungsfaktor

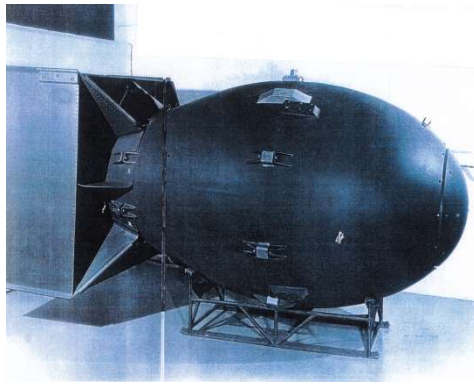
[Bewertungsfaktor ist das Produkt aus Qualitätsfaktor (linearem Energieübertragungsvermögen der jeweiligen Strahlenart abhängig) und anderen modifizierenden Faktoren (z.B. äußere oder innere Bestrahlung)]

Qualitätsfaktor für Röntgen-, Gamma- und Betastrahlung 1, bei Alphastrahlung bis 20, Einheit nur im Strahlenschutz gültig

Radioaktivität - Umwelteintrag

- Kernenergiegewinnung

- * Uran Förderung
- * Brennelementherstellung
- * Endlagerung



<https://www.wikipedia.de/>

- Nukleare Waffen

- * Produktion, Testung
- * Zerlegung, Lagerung
- * urangemantelte Geschosse

10.)



Bild 23: Kernkraftwerk Stade (Druckwasserreaktor)



G.B.

- Industrieprodukte

- * Düngemittel
- * Fossile Brennstoffe
- * Zement
- * Trink/Mineralwasser



<https://www.wikipedia.de/>

- Natürlicher Eintrag

Strahlungsquellen

* **Natürliche Strahlung**

- **Strahlung aus dem Weltall**

kosmische Strahlung, Höhenstrahlung

(überwiegend aus energiereichen Protonen, Heliumkernen, Kernreaktionen mit Atomen der äußeren Schicht unserer Atmosphäre)

- **Terrestrische Strahlung**

Strahlung resultierend aus Radionukliden der Umwandlungsreihen, primordiale Radionuklide

* **Künstliche (Zivilisationsbedingte) Strahlung**

Industrieprodukte, Röntgendiagnostik/Nuklearmedizin, Kernwaffentests, Kernenergiegewinnung

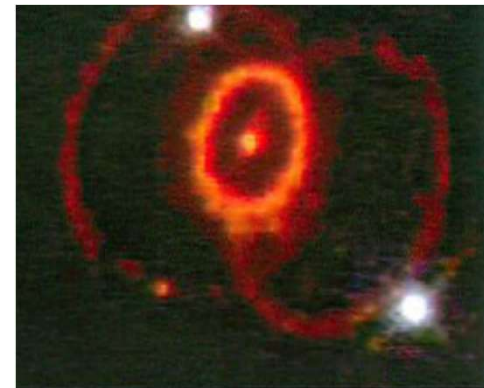
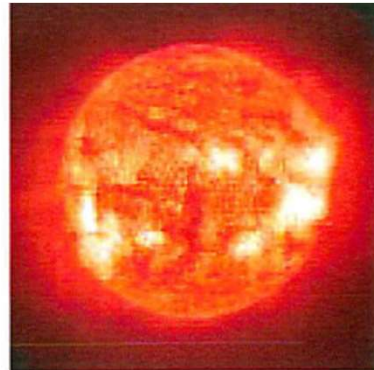
Kosmische Strahlung

- Quellen der kosmischen Strahlung

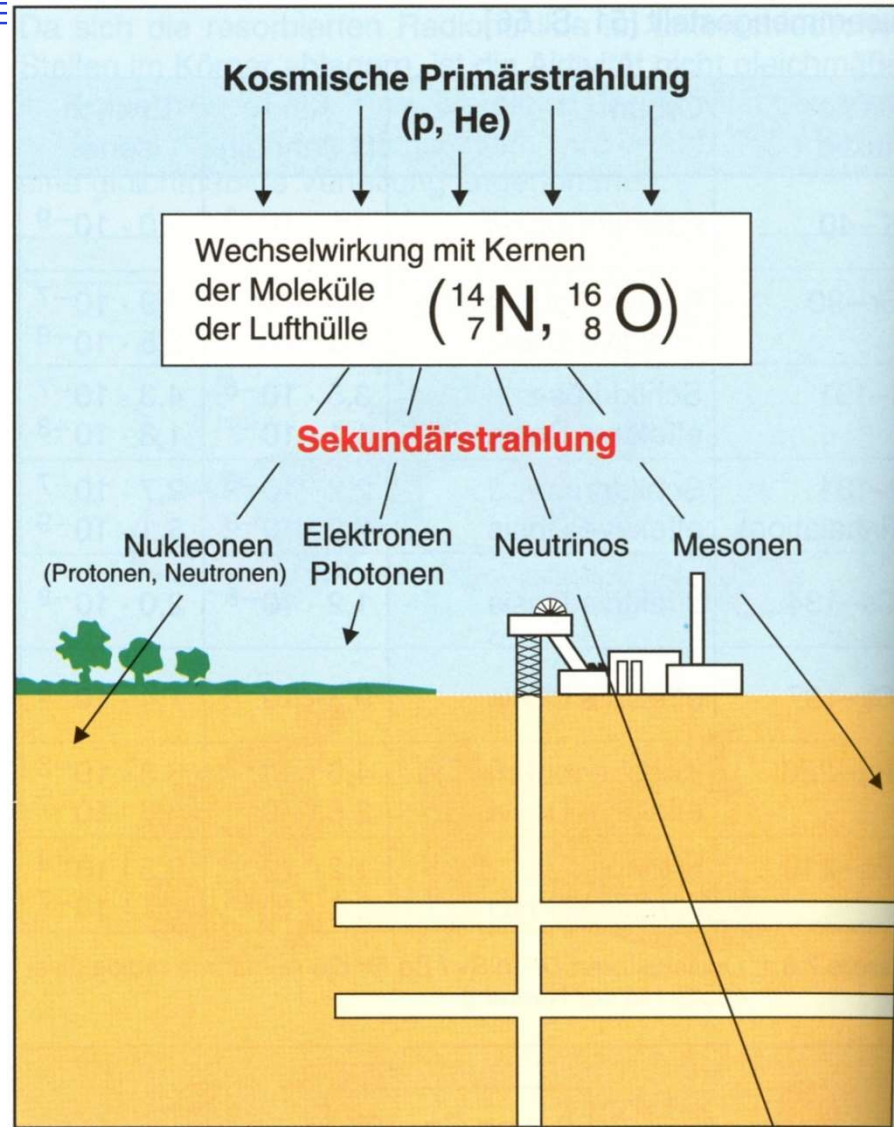
Sonne	bis 10^9 eV
Supernovae	bis 10^{14} eV
Pulsare	bis 10^{19} eV
Doppelstern- systeme	bis 10^{19} eV

Kosmische Strahlung ist Teilchenstrahlung

87 %	Protonen
9 %	Helium
1 %	schwere Kerne
3 %	Elektronen (bei 10^9 eV)



Kosmische Primärstrahlung



11.)

Komponenten dieser Strahlung

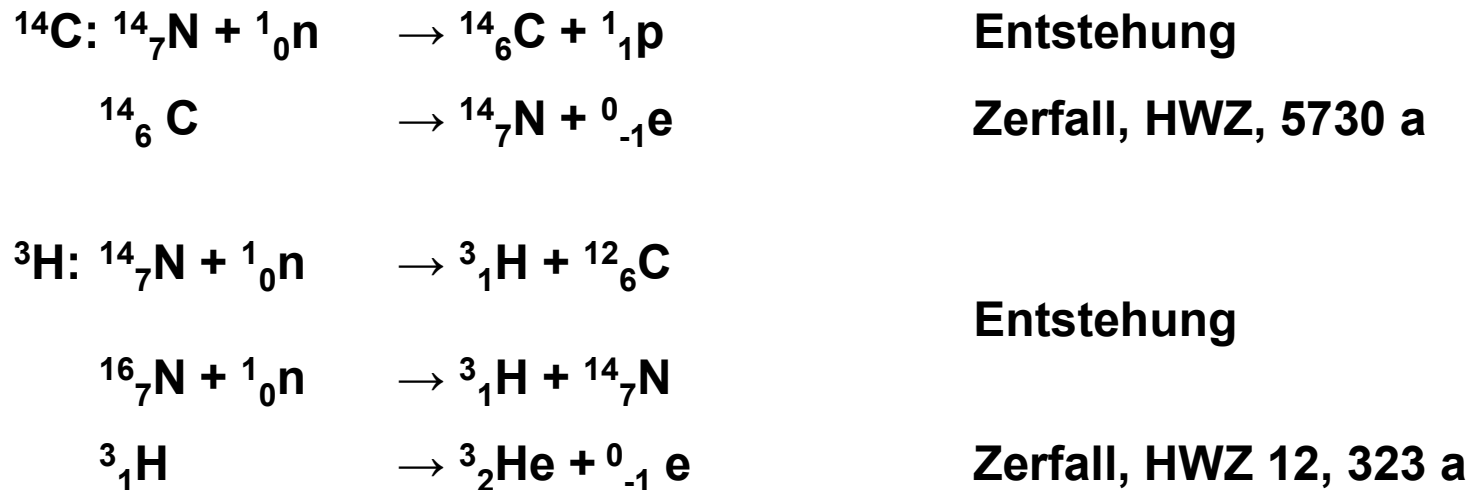
Kosmogene Radionuklide

In-situ - Produktionsraten

Nuklid	Produktionsrate [Atome/g/Jahr]	Halbwertszeit
^3He	75-120 /Jahr	stabil
^{10}Be	6/Jahr	1.4 Mio. J.
^{14}C	18-20/Jahr	5730 J.
^{26}Al	36/Jahr	0.7 Mio. J.
^{21}Ne	18-21/Jahr	stabil
^{36}Cl	ca.70/Jahr (Ca) ca.200/Jahr (K)	0.3 Mio. J.

Kosmische Strahlung

- Energie kosmischer Protonen kann bis 1014 MeV betragen
- Wichtigste Radionuklide, die durch kosmische Strahlung erzeugt werden sind: Tritium, Beryllium-7/-10, Kohlenstoff-14, Natrium-22/-24, Mg-28, Si-31/-32



- *Woher kommen Neutronen für diese Reaktionen?*

Neutronen in Höhenstrahlung

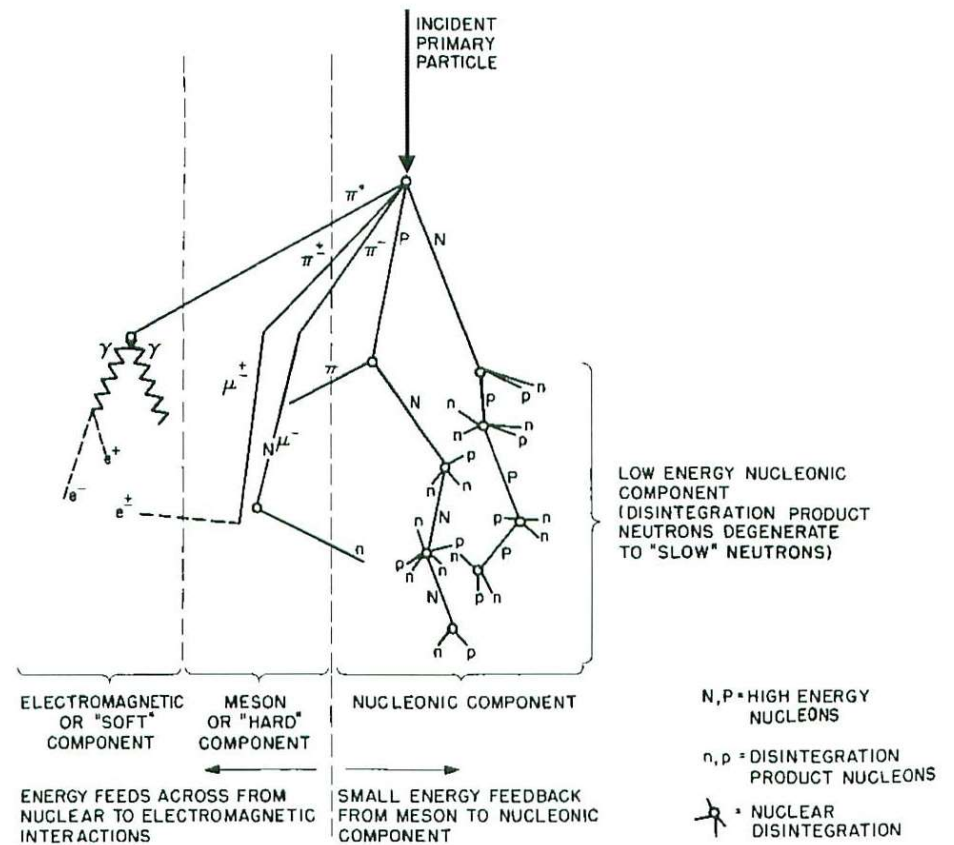
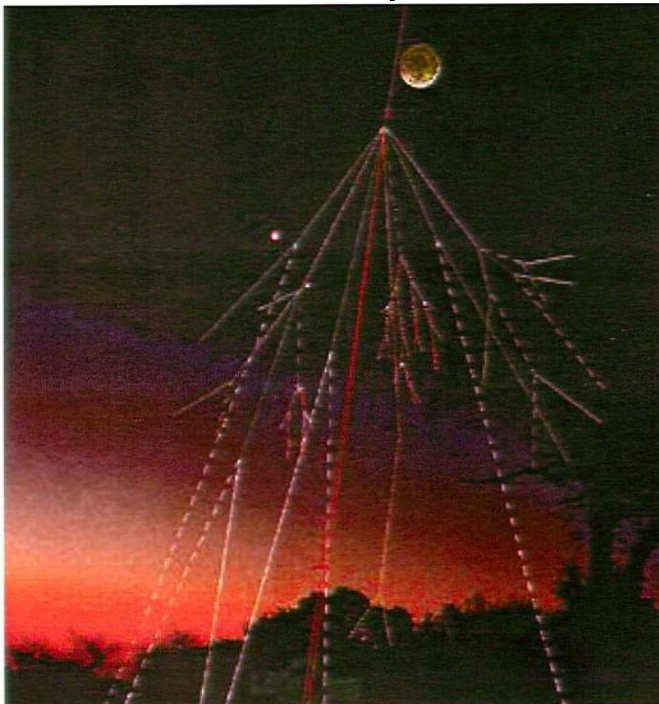
- Beim Eintreten kosmischer Strahlung in Erdatmosphäre (ca. 20 Km Höhe) kommt es zur Spallation von N- und O Atomen unter Freisetzung von Neutronen, Protonen und weiterer Elementarteilchen (Teilchenschauer)
- Gebildete Neutronen können mit Atomen der Lufthülle reagieren
- Kosmische Strahlung setzt Neutronen frei
- **Spallation**
Atomkern wechselwirkt mit Projektil (n, p, anderen Kernen, Elementarteilchen) hoher kinetischer Energie (100 MeV)
Atomkern wird zerschmettert -> u.a. **Neutronen**, Protonen verlassen Targetkern, auf Erde gelangen nur Reaktionsprodukte
- auch (α , n) – Reaktionen möglich durch kosmische Teilchen (N, C, O, F, Na, Mg, Al, Si)

Teilchenschauer

- Höhenstrahlung

(bei ca. bei 20 km Teilchenschauer)

- * elektromagnetische Komponente
- * myonische Komponente
- * hadronische Komponente

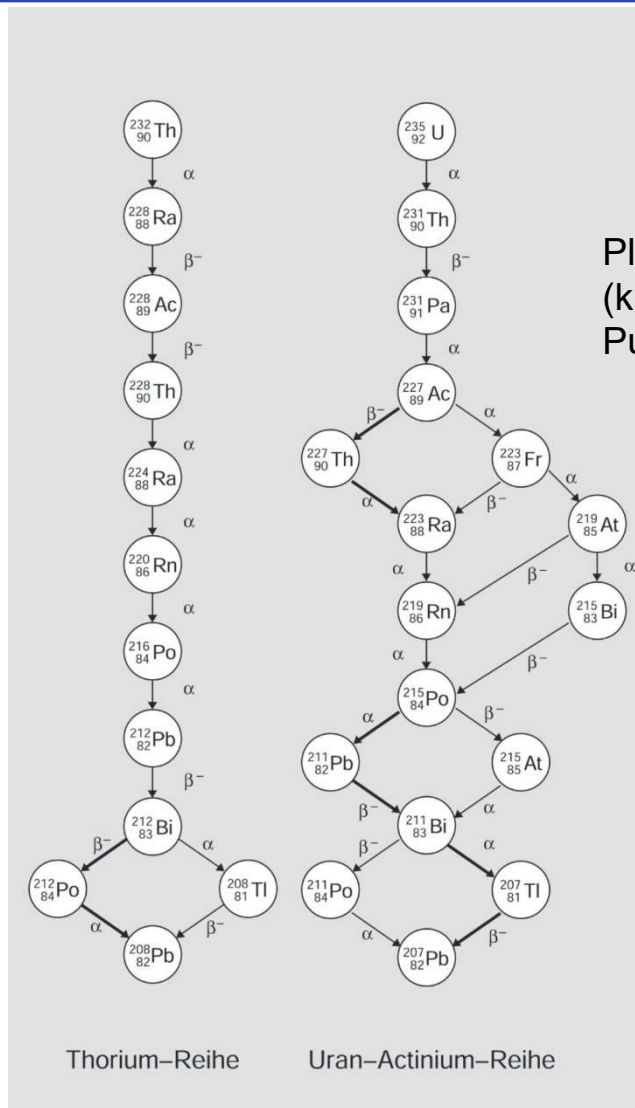


<https://www.wikipedia.de/>

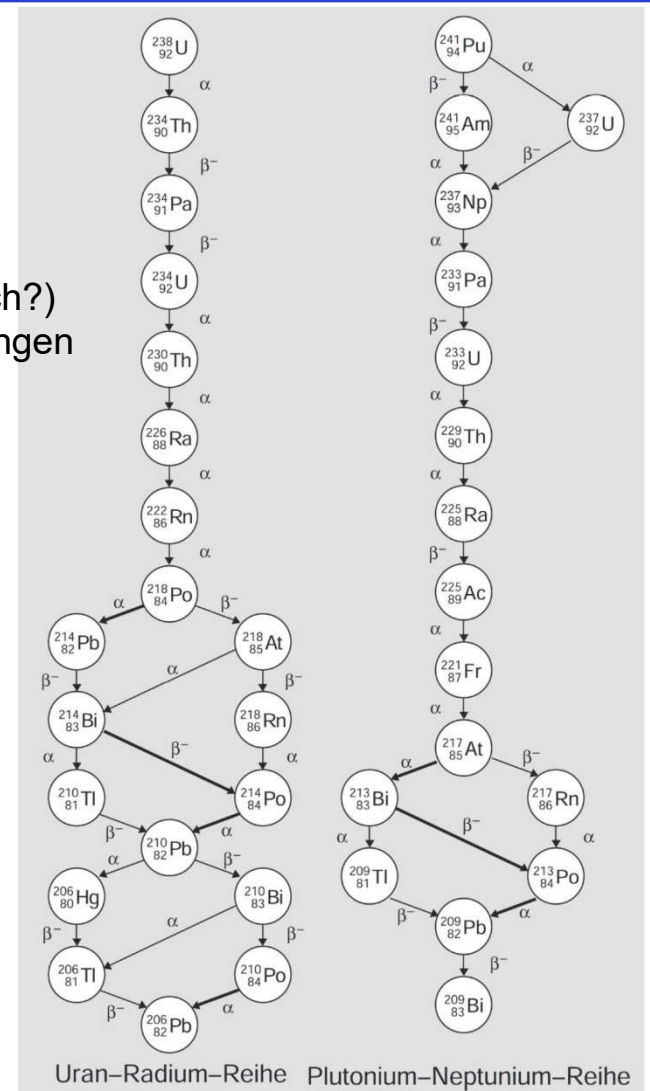
Terrestrische Strahlung

- * **Radionukliden der Zerfallsreihen**
- * **primordiale Radionuklide**

Natürliche Zerfallsreihen/Umwandlungsreihen

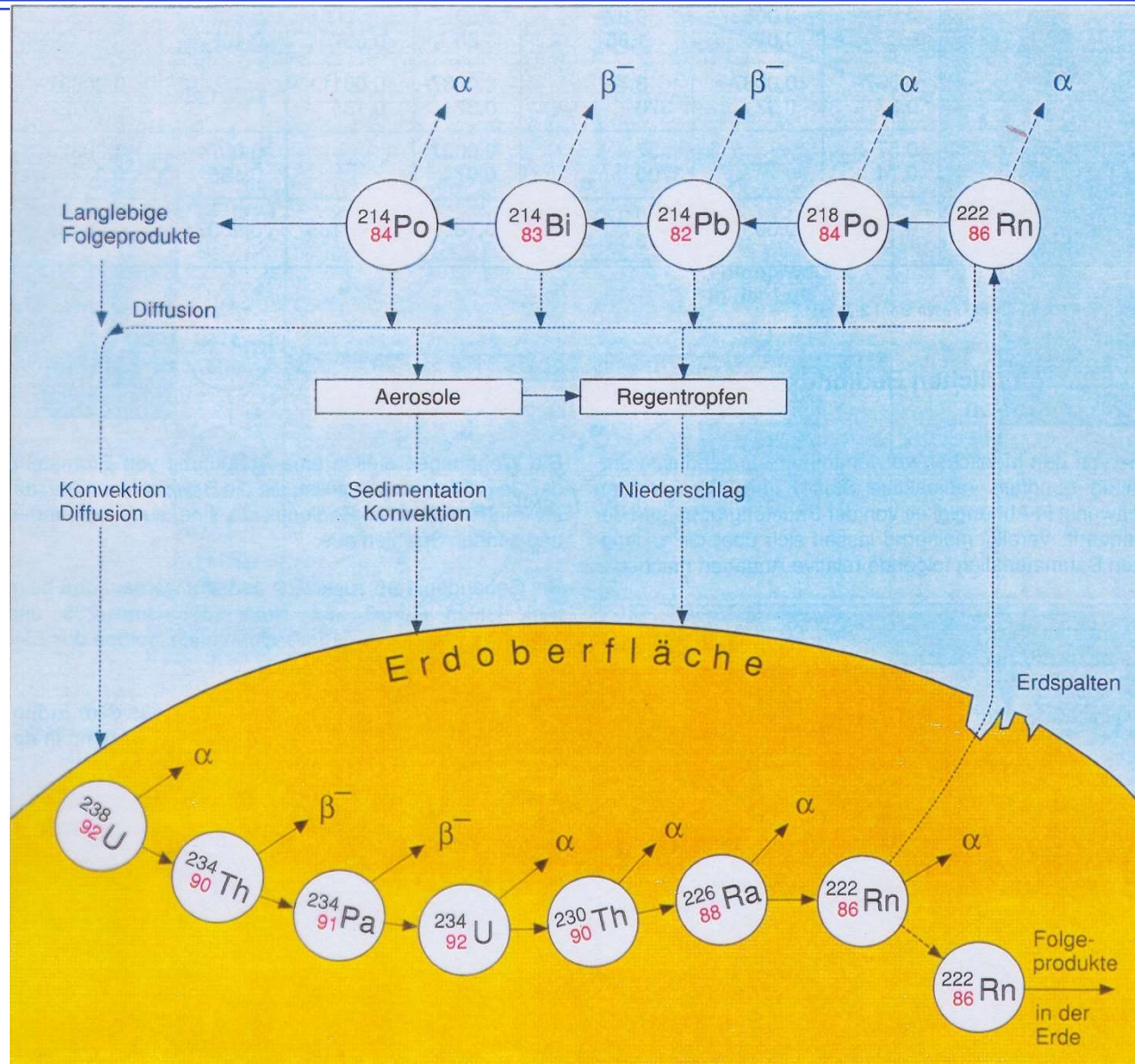


Plutonium-Neptunium- Reihe
(künstliche Reihe, ehemals natürlich?)
Pu-241 Start... Np-237 ... abgeklungen



11.)

Entstehung des Rn-222 und Folgeprodukte in bodennaher Luft



11.)

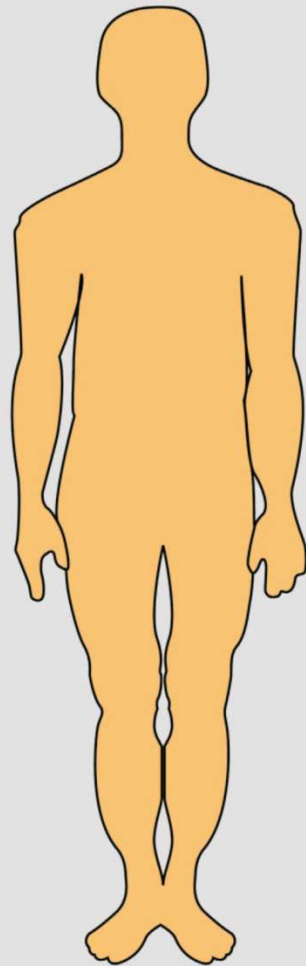


Quelle:  Informationskreis KernEnergie

10.)

Radionuklid	Halbwertszeit	Radionuklid	Halbwertszeit
Kalium-40	$1,28 \cdot 10^9 \text{ a}$	Samarium-147	$1,06 \cdot 10^{11} \text{ a}$
Selen-82	$1,0 \cdot 10^{19} \text{ a}$	Samarium-148	$7 \cdot 10^{15} \text{ a}$
Rubidium-87	$4,8 \cdot 10^{10} \text{ a}$	Gadolinium-152	$1,1 \cdot 10^{14} \text{ a}$
Cadmium-113	$9 \cdot 10^{15} \text{ a}$	Lutetium-176	$3,6 \cdot 10^{10} \text{ a}$
Indium-115	$4 \cdot 10^{14} \text{ a}$	Hafnium-174	$2,0 \cdot 10^{15} \text{ a}$
Tellur-123	$1,24 \cdot 10^{13} \text{ a}$	Tantal-180	$> 10^{13} \text{ a}$
Tellur-128	$1,5 \cdot 10^{24} \text{ a}$	Rhenium-187	$5 \cdot 10^{10} \text{ a}$
Tellur-130	$1,0 \cdot 10^{21} \text{ a}$	Osmium-186	$2 \cdot 10^{15} \text{ a}$
Lanthan-138	$1,35 \cdot 10^{11} \text{ a}$	Platin-190	$6,1 \cdot 10^{11} \text{ a}$
Neodym-144	$2,1 \cdot 10^{15} \text{ a}$	Blei-204	$\geq 1,4 \cdot 10^{17} \text{ a}$

Primordiale Radionuklide (Urnuclide)

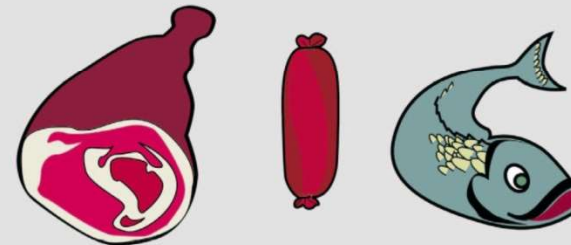
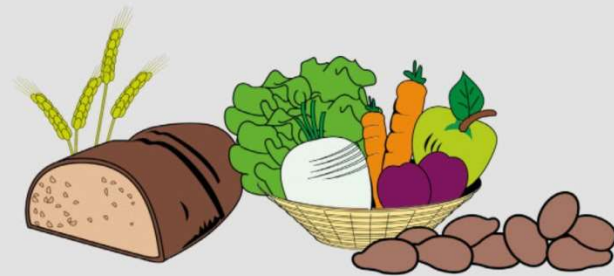


Standardmensch
20–30 Jahre
70 kg
ca. 9 kBq

Mittelwert:
ca. **125 Bq / kg**



Vergleichswert:
15 944 Bq / kg



Pflanzliche
und
tierische
Nahrungsmittel

Mittelwert:
ca. **40 Bq / kg**

Extremwerte für einzelne Radionuklide:
Rentierleber (Winter) Paranüsse
Po-210 **Ra-226**
bis 222 Bq / kg bis 132 Bq / kg

Natürliche Radioaktivität im Menschen und in Nahrungsmitteln

Strahlenexposition durch unterschiedliche Bodenarten

- Terrestrische Strahlung

Zerfallsreihen, primordiale Radionuklide

- Beispiele:

über alle Bodenarten gemittelte Strahlungsexposition durch Gammastrahlung im Freien etwa 400 $\mu\text{Gy}/\text{Jahr}$

Summe terrestrischer Strahlung (Mittelwerte)

- Deutschland 550 $\mu\text{Gy}/\text{Jahr}$

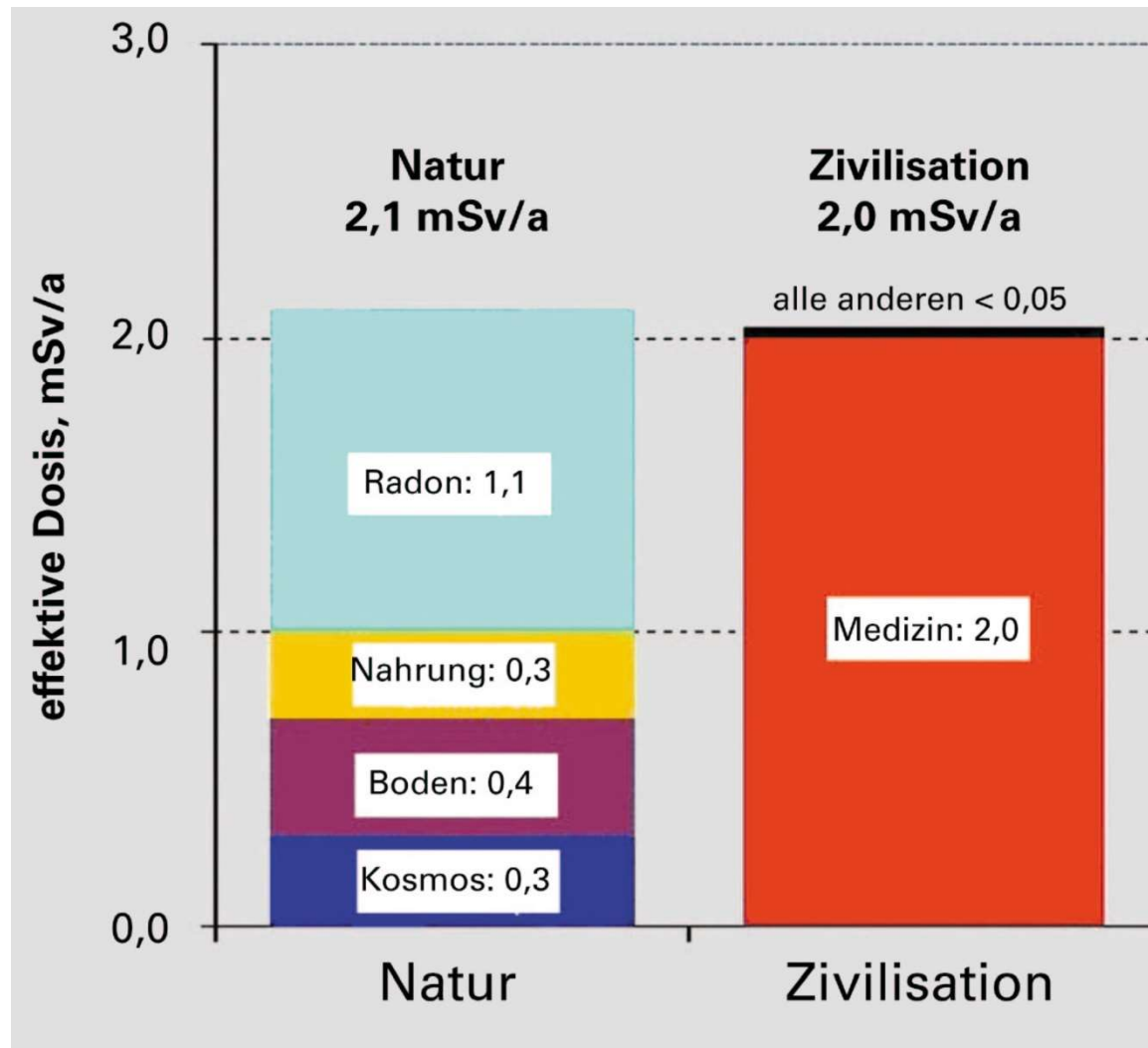
- Polen 330 $\mu\text{Gy}/\text{Jahr}$

- Indien (Kerala) 10 mGy/Jahr (70.000 Menschen, Gebiet reich an Monazitsand – Cerphosphat, bis 10 % Thorium)

Künstliche (zivilisationsbedingte) Strahlung

- **Industrieprodukte**
 - * **Düngemittel (Uran, Thorium, K-40)**
 - * **Rauchmelder (Am-241, Ra-226)**
 - * **Leuchtfarben (Pm-147, H-3)**
- **Nuklearwaffentests**
- **Röntgendiagnostik / nuklearmedizinische Untersuchungen**
- **Umgang mit Radionukliden in Forschung**
- **Betrieb von Kernanlagen (Kernbrennstoffzyklus)**

Mittlere natürliche und zivilisatorische Strahlenbelastung in D.



11.)

- Element „Uran“

Natürliche...künstliche Radioaktivität?

Uran - Umweltrelevanz

- Uran Vorkommen:

- * Enthalten in mehr als 200 Mineralen
Hauptminerale: Uraninit UO_{2+x} ; Coffinit $\text{USiO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$; Brannerit $(\text{U,Ca,Ce})(\text{Ti,Fe})_2\text{O}_6$; Autunit, $\text{Ca} [(\text{UO}_2)_2 (\text{PO}_4)_2] \times 10-12 \text{ H}_2\text{O}$
- * Konzentration in Erdkruste etwa $2.7 \mu\text{g/g}^1$

- Uran Produktion²

- * Identifizierte Ressourcen: 5.9 Mio. t (U_{met})
- * Kumulative Uranproduktion weltweit (2013): 2.0 Mio.t
- * Produktionsrate in 2013: 59.9 Tt
- * Hauptproduzenten: Kasachstan, Kanada, Australien

- Uran Freisetzung

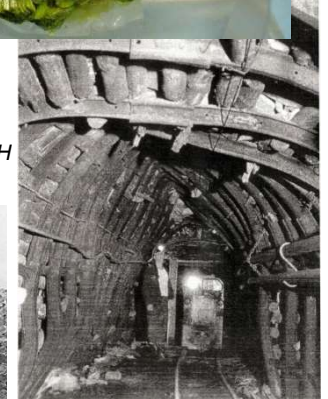
- * Förderung, Verarbeitung, Anwendung, Sanierung (Kern...
- * Industrielle Produkte (Trinkwasser, Kohle, P-Dünger, Zement..
- * Uran-gemantelte Munition
- * Nukleare Waffenproduktion und nukleare Störfälle



**Freisetzung in die Biosphäre
kann zu einer erhöhten Aufnahme durch
den Menschen führen**



Wikipedia,, Autunit



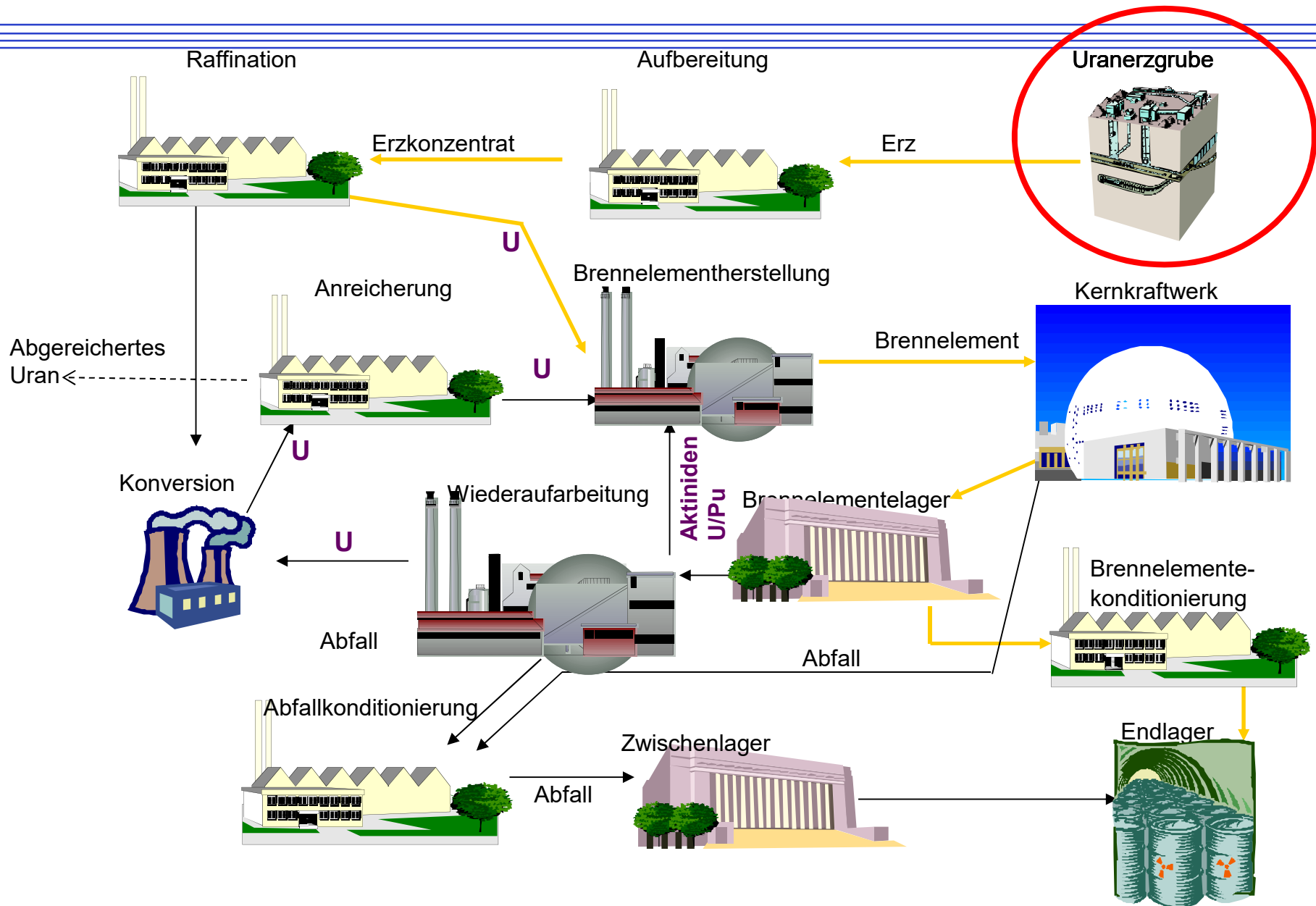
Wismut GmbH



HZDR

1. Enghag P., (2004) Encyclopedia of the elements.
Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim 2004: 1195
2. .OECD NEA & IAEA, Uranium 2014: Resources, Production and Demand

Uran im Kernbrennstoffzyklus



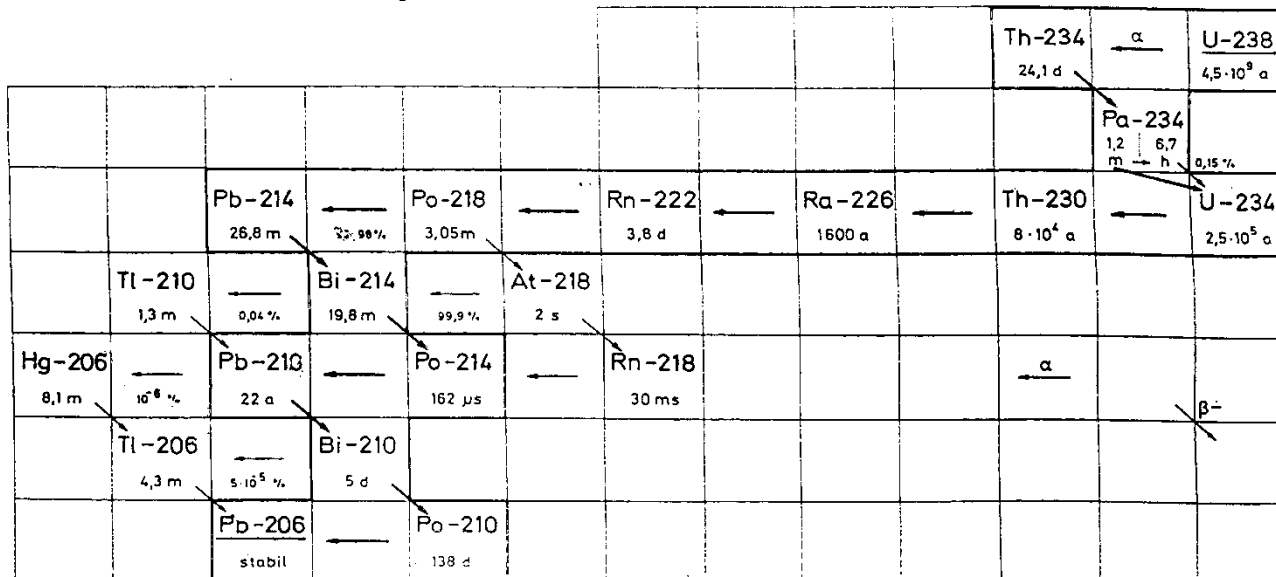
Uran- Eigenschaften

- silberfarbiges Metall
- Schmelzpunkt: 1505,5K
- Siedepunkt: 4018K
- Dichte: 18,9 g/cm³
- Oxidationsstufen: 2, 3, 4, 5, 6 (+6 mobil, +4 immobil)
- wichtigste Isotope: ²³⁸U (99,275 %) ; ²³⁵U (0,72 %)
- Halbwertszeit ²³⁸U : 4,46 x 10⁹ a
- Fluoreszenz von Uran-Spezies in unterschiedlichen Oxidationsstufen, U(IV,V,VI)



<https://www.wikipedia.de/>

Uran-Metall



Zerfallskette ²³⁸U

8.)

Uran - Gehalte in Umweltkompartimenten

Kompartiment

Uran Gehalt

Datenbereich

(zusammengestellt aus Publikationen)

Ausgewählter Wert

Erdkruste	2.2 mg/kg - 4.0 mg/kg	2.7 mg/kg	Enghag, 2004
Granitgestein	3.0 mg/kg - 4.02 mg/kg	3.0 mg/kg	Evans et al., 1941
Tongestein	2.7 mg/kg - 5.0 mg/kg	3.1 mg/kg	Evans et al., 1941
Böden	0.5 mg/kg - 5.0 mg/kg	1.8 mg/kg	Evans et al., 1941
Phosphatdünger	50 mg/kg - 200 mg/kg	150 mg/kg	Spallding et al., 1972
Kohlen	1.0 mg/kg - 1000 mg/kg	7.6 mg/kg	Hoffmann, 1945
Ozeanwasser	1.15 µg/L - 3.5 µg/L	2.5 µg/L	Stewart et al., 1954
Mineralwasser	<2 ng/L - 188.8 µg/L	1.92 µg/L	Sparovek et al., 2001
Trinkwasser	<1 ng/L - 73 µg/L	2.55 µg/L	U.S., E. P. Agency, 1991
Luft	0.02 ng/m ³ - 0.1 ng/m ³	0.076 ng/m ³	Fisenne et al., 1987
Frischmilch		0.15 ng/g	Galletti et al., 2003
Brot		2.44 ng/g	Galletti et al., 2003
Fleisch		1.23 ng/g	Galetti et al., 2003
Früchte		0.21 ng/g	Galletti et al., 2003
Menschlicher Körper (total)	20 µg - 90 µg	40 µg	Igarashi et al., 1987
Tägliche Aufnahme	0.1µg - 15.3 µg/d	1.3 µg/d	Fisenne et al., 1987



- starke lokale Differenzierung der Gehalte,
- spezifischer Urangehalt in Geosystemen höher als in Biosystemen,
- wässriger Transport (gelöst/kolloidal) ist dominierend,
- stärkere Akkumulation in Biosystemen möglich.

Uran - **Ausgewählte Hintergrundkonzentrationen**

Mensch: Aufnahme – Gehalt

Mensch (70 kg) = 90 µg U (20 µg)

Skelett: 1.0 - 62 µg

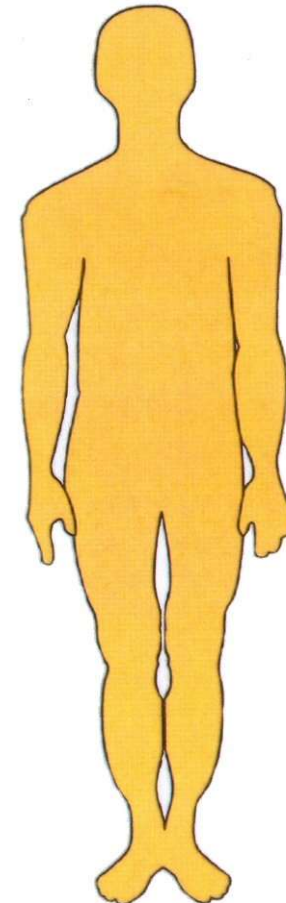
Niere: ca. 0.004 µg/g (=0.1 µg)

(Werte abhängig von geographischen Unterschieden,
und Ernährung)

U-Nahrungsaufnahme pro Tag:

1.0 – 3.0 µg, (1.0 – 1.5 µg)

(Ausscheidung von 95% durch Kot, U-nierengängig, im “normalen”
Gleichgewicht: Knochen, Niere, Leber, Lunge kein Nachweis)



2. Strahlenschutz und Dosimetrie

2.1 Strahlung und Risiko

Risiko - Definition

- **Risiko**

Begriff kommt ursprünglich aus dem Versicherungswesen

→ **Eintretenswahrscheinlichkeit eines Schadensfalles**

Risiko

(ursprünglich Begriff aus dem Versicherungswesen)

- Eintretenswahrscheinlichkeit eines Schadensfalles -



- Risikoabschätzung

Quantitative Bestimmung der möglichen Gesundheitsgefährdung durch Chemikalien, **Strahlung**, Umwelteinflüsse u.a., auch Schadwirkungen auf das Ökosystem

- Einheiten im Strahlenschutz

Einheiten im Strahlenschutz

* Aktivität einer radioaktiven Substanz:

„Bequerel [Bq]“ = 1 s^{-1}

- ein Bequerel ist gleich einem Kernzerfall pro Sekunde

$$1 \text{ Ci (Curie)} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$$

* Energiedosis:

„Gray“ $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J/kg}$

- ist gesamte absorbierte Strahlungsenergie pro Masseneinheit

* Äquivalentdosis:

„Sievert“ 1 Sv

- ist das Produkt aus Energiedosis und Bewertungsfaktor

[Bewertungsfaktor ist das Produkt aus Qualitätsfaktor (von linearem Energieübertragungsvermögen der jeweiligen Strahlenart abhängig) und anderen modifizierenden Faktoren, z.B. äußere oder innere Bestrahlung)]

Qualitätsfaktor für Röntgen-, Gamma- und Betastrahlung 1, bei Alphastrahlung bis 20, Einheit nur im Strahlenschutz gültig

Definitionen

- Energiedosis

- die bei Kernumwandlungen auftretenden Strahlen sind ein Energiestrom
- die Energiedosis einer ionisierenden Strahlung gibt die pro Masse des durchstrahlten Stoffes abgegebene Energie an

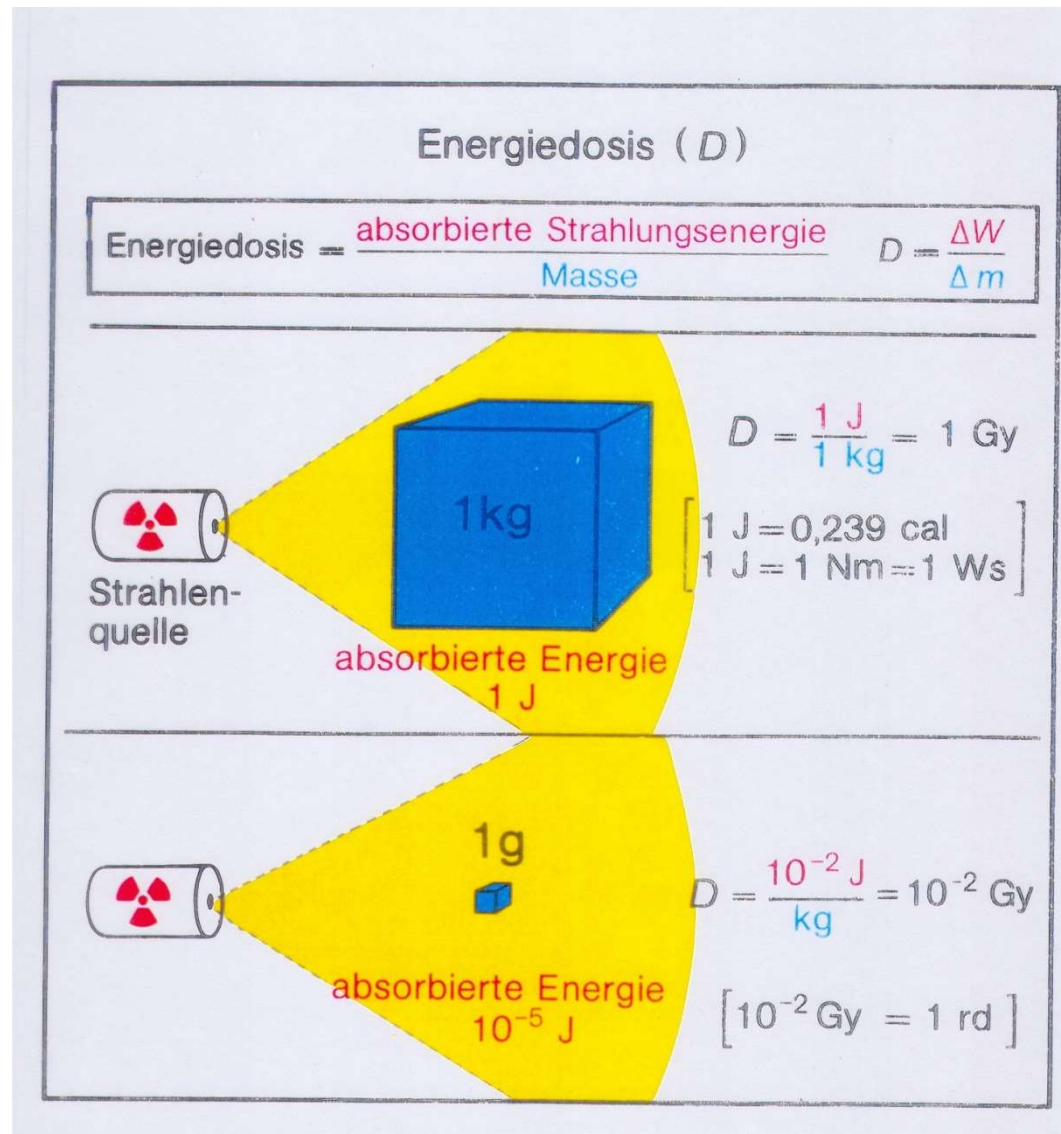
$$\text{Energiedosis} = \frac{\text{Absorbierte Strahlungsenergie}}{\text{Masse}} \quad D = \frac{\Delta W}{\Delta m}$$

- Einheit der Energiedosis 1 J / kg
- Einheitsname: Gray $1 \text{ Gy} = 1 \text{ J / kg}$
- frühere Bezeichnung: Rad (radiation absorbed dose)

$$10^{-2} \text{ J / kg} = 10^{-2} \text{ Gy}$$

- in Wasser bzw. in tierischem Gewebe entspricht die Energiedosis von 1 J / kg einer Temperaturerhöhung von $< 0,001 \text{ °C}$, kann schon Strahlenschäden bewirken

Einheit der Energiedosis



10.)

Äquivalentdosis

- für die biologische Wirkung ionisierender Strahlung ist nicht nur von der pro Masse absorbierten Energie, sondern auch von weiteren Faktoren abhängig:
 - * Strahlenart
 - * Strahlenenergie
 - * räumlicher und zeitlicher Umfang
 - * Beschaffenheit des biologischen Objekts
- um Maß für die biologische Strahlenwirkung zu erhalten, wird die Energiedosis mit einem Qualitätsfaktor multipliziert
- Qualitätsfaktor ist ein aus experimentellen Daten gefundener Erfahrungswert

$$\begin{array}{ccccc} \text{Äquivalentdosis} & = & \text{Energiedosis} & = & \text{Qualitätsfaktor} \\ H & = & D & = & Q \end{array}$$

- vereinbarungsgemäß:
Röntgenstrahlung von 200 kV Beschleunigungsspannung: $Q = 1$

Einheit und Qualitätsfaktor der Äquivalentdosis

- SI-Einheit

Sievert (Sv) $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J / kg}$, da Qualitätsfaktor eine dimensionslose Zahl ist
frühere Einheit: REM (röntgen equivalent man) $1 \text{ rem} = 10^{-2} \text{ J / kg} = 10^{-2} \text{ Sv}$

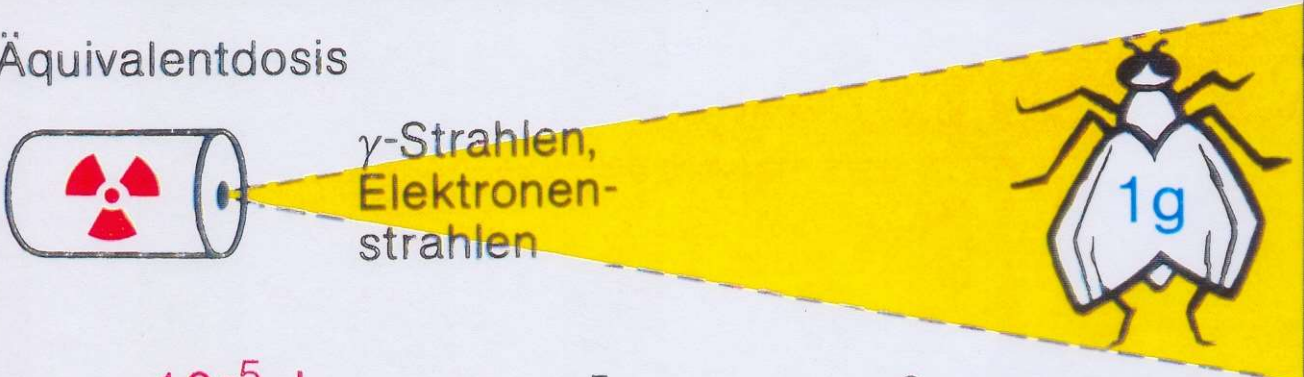
Strahlung

Qualitätsfaktor Q

Röntgenstrahlen / Gammastrahlen	1
Beta- und Elektronenstrahlen	1
Thermische (langsame Neutronen)	2,3
Schnelle Neutronen und Protonen	10
Alpha-Strahlen	20
Schwere Rückstoßkerne (Richtwert)	20

Äquivalentdosis mit γ -Strahlen

Äquivalentdosis



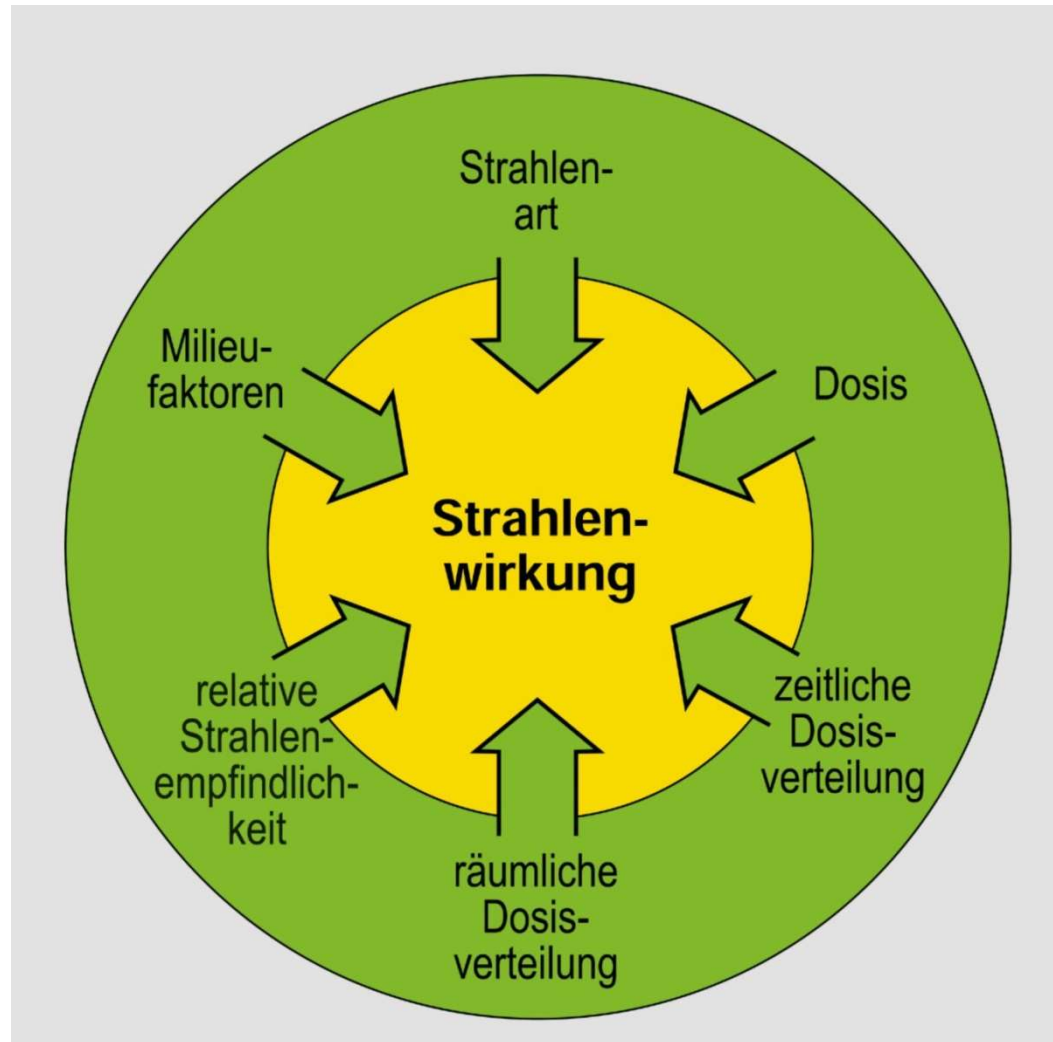
γ -Strahlen,
Elektronen-
strahlen

1g

$$H = \frac{10^{-5} \text{ J}}{\text{g}} \cdot 1 = 10^{-5} \text{ J/g} = 10^{-2} \text{ Sv}$$

- Strahlenbelastungen

Abhängigkeit der biologischen Strahlenwirkung

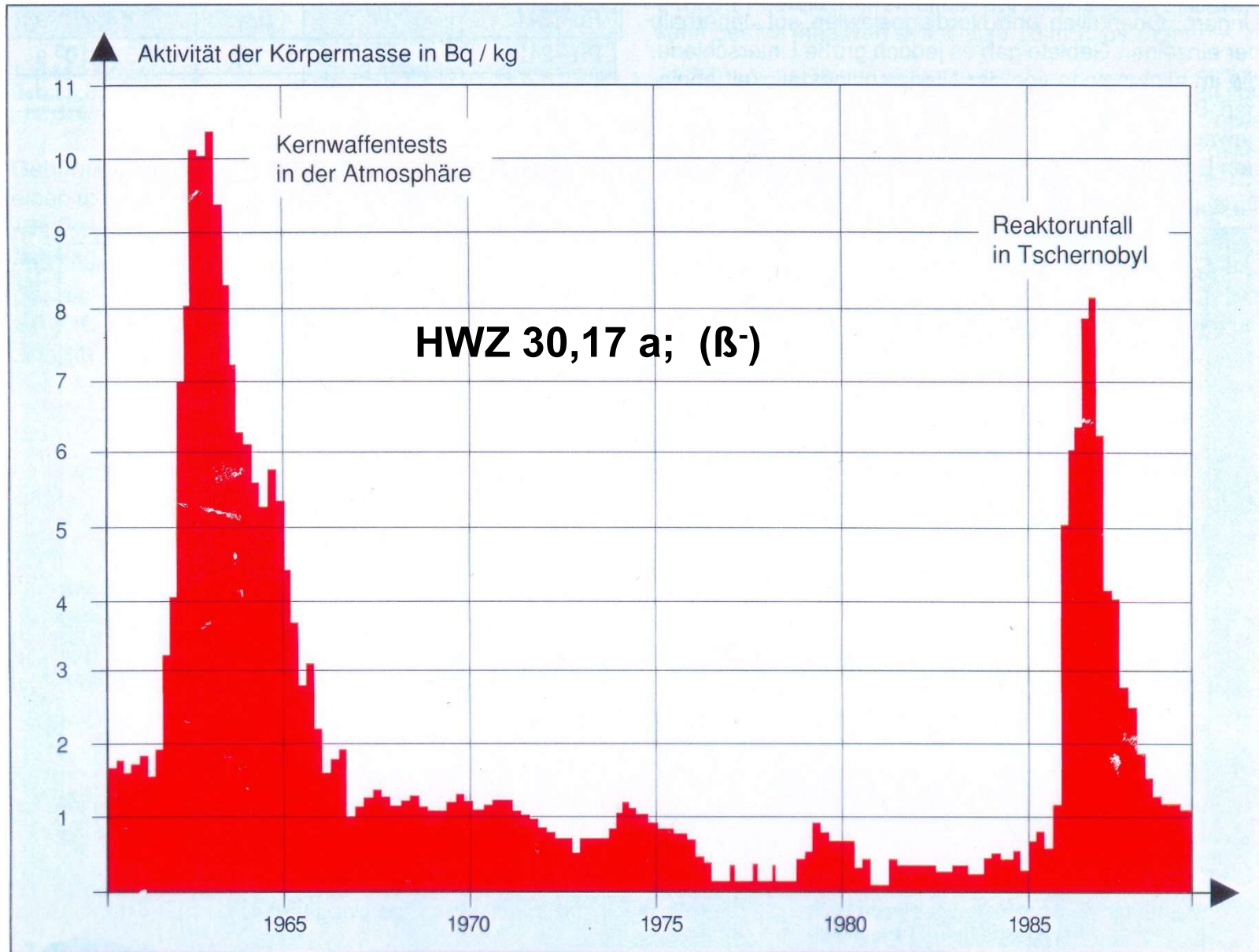


11.)

- **äußere vs. innere Bestrahlung**

Cs-137-Aktivität im menschlichen Körper

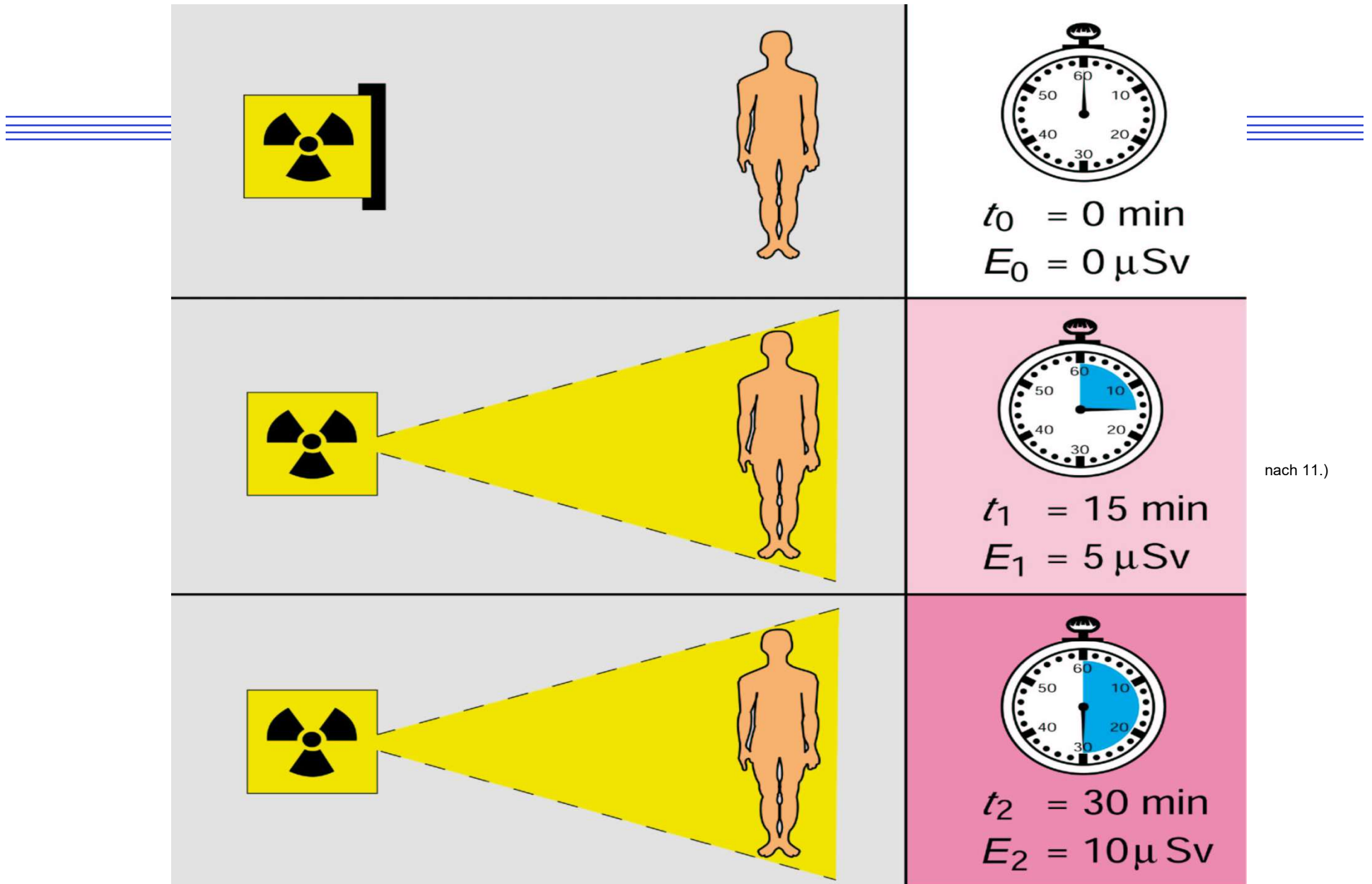
- Inkorporation -



Biologische Halbwertszeit einiger Nuklide

Radionuklid	biologische Halbwertszeit
H-3	12 d
Sr-90	49 a (HWZ: 28,78 a, (β^-))
K-40	58 d
Cs-137	70 d (Ganzkörper) / 140 d (Muskulatur)
Ra-226	44,9 a
U-nat	20 d
Th-232	24,8 a (Ganzkörper) / 200 a (Knochen)
I-131	40 bis 140 d

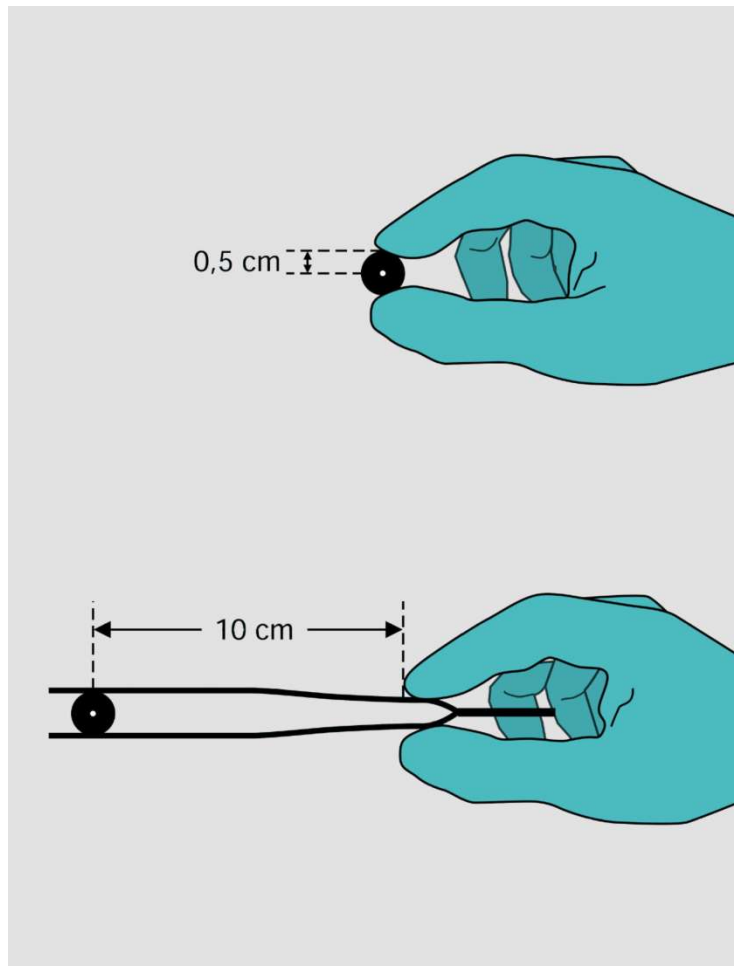
- Strahlenexposition



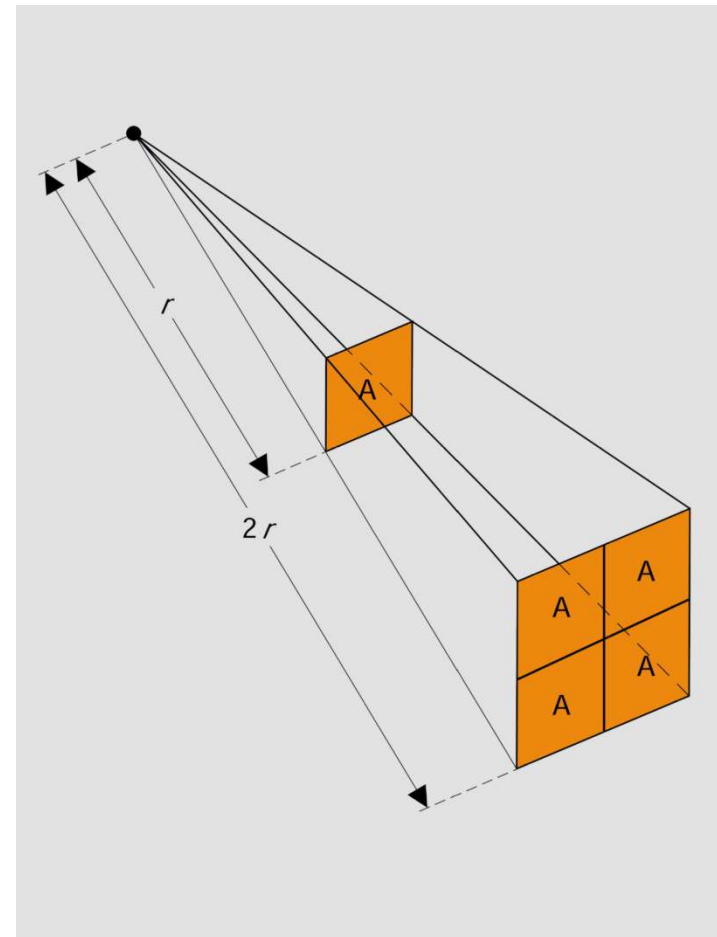
nach 11.)

Strahlendosis ist von Bestrahlungszeit abhängig

Strahlenexposition



**Vergrößerung Abstand
= Verringerung Strahlenexposition**



nach 11.)

**Intensität umgekehrt proportional
zum Quadrat des Abstandes**

Beiträge ausgewählter Strahlenexpositionen

Vergleich: **4,5 mSv/Jahr** Summe natürlicher (2,4) und künstlicher Strahlung (2,1)
 \Rightarrow **4500 μ Sv/Jahr**

- Flug in den Urlaub 20 μ Sv/Jahr
- tritiumhaltige Leuchtziffern einer Uhr 0,3 μ Sv/Jahr
- Daueraufenthalt am Kernkraftwerkszaun 10 μ Sv/Jahr
- Röntgen der Lunge 1000 μ Sv/Jahr
- Eigenstrahlung des Menschen auf den
anderen Menschen, 75 kg Mensch hat
ca. 150 g Kalium, dies entspricht 4500 Bq
(50 cm Abstand, 3000 Std./Jahr, K-40) \Rightarrow 0,1 μ Sv/Jahr

Künstliche (zivilisationsbedingte) Strahlung

Medizinische Anwendung:

- Röntgenuntersuchung:

- * Wirbelsäule 35 mSv auf Hautoberfläche
- * Lunge 1 mSv auf Hautoberfläche
- * Magen/Darm 160 mSv auf Hautoberfläche
- * Herzkatheter 410 mSv auf Hautoberfläche

- Szintigraphie:

- * Schilddrüse 0,2 mGy auf Knochenmark
- * Nieren 0,5 mGy auf Knochenmark

Kernwaffentests:

- * C-14 (HWZ 5730 Jahre)
im Menschenleben 180 μ Sv (sonst natürlich 12 μ Sv pro Jahr)

Berufliche Strahlenexposition:

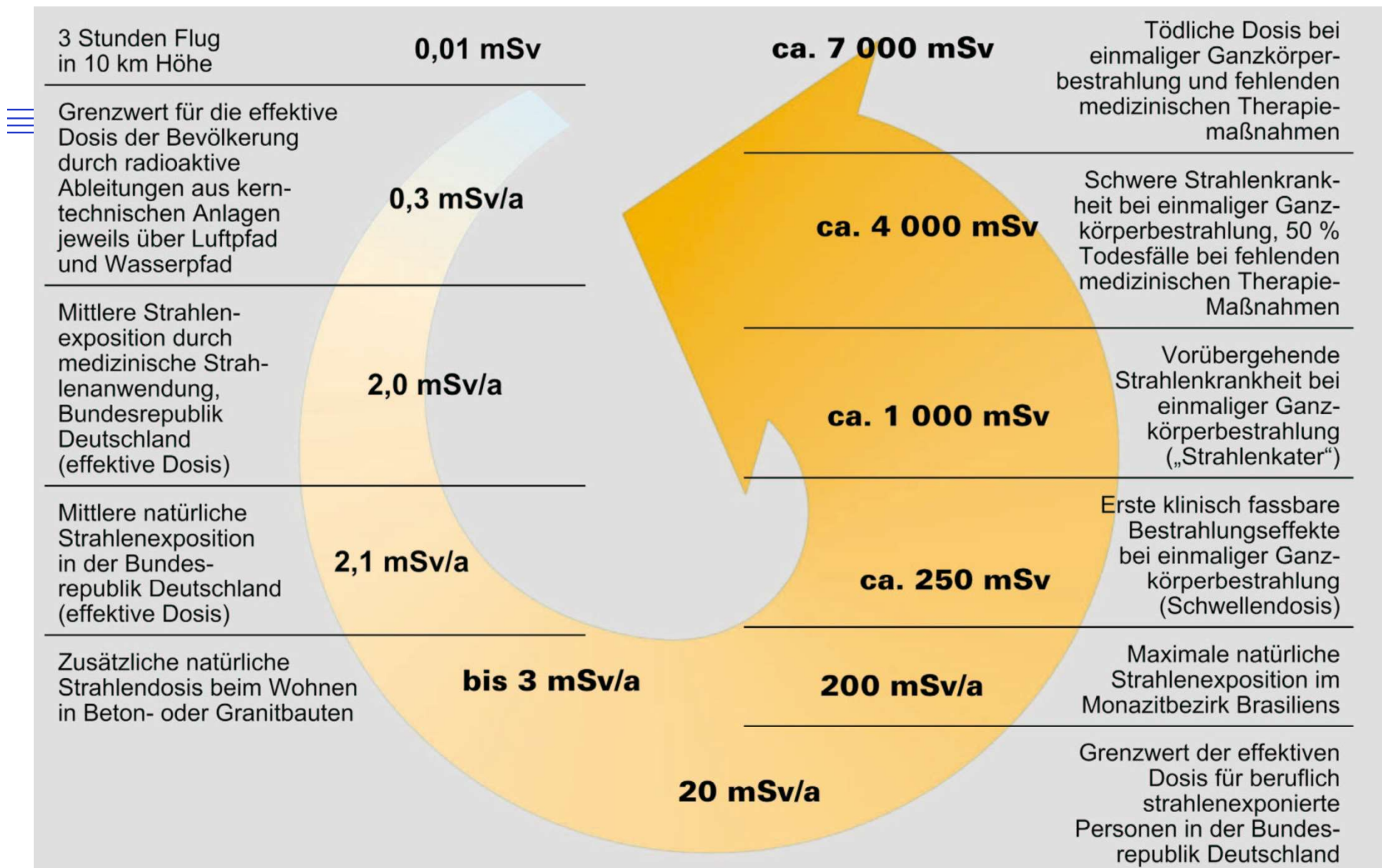
- * Mittelwert der überwachten Personen (200.000-300.000 in BRD)
betrug 0,75 mSv, zugelassene Ganzkörperdosis 50 mSv pro Jahr

Strahlenexposition der Bevölkerung in Deutschland

Personell sehr unterschiedlich

Ursache der Strahlendosis	effektive Dosis in mSv/Jahr	
	Mittelwert für die Bevölkerung	Wertebereich für Einzelpersonen
Natur		
kosmische Strahlung	0,3	0,3 bis 0,5
terrestrische Strahlung	0,4	0,2 bis 3
innere Bestrahlung	1,7	0,5 bis 8
Natur gesamt	2,4	1 bis 10
Zivilisation		
Medizin	2,0	0,01 bis 30
Erhöhung der nat. Dosis durch industrielle Tätigkeit	0,01	0,1 bis 2
Tschernobyl-Unfall	0,01	0,005 bis 0,04
Kernwaffentests	0,005	0,002 bis 0,01
Flugreisen	0,005	0,01 bis 5
Beruf	0,002	0,5 bis 5
fossile Energieträger	0,002	0,001 bis 0,01
Kernkraftwerke	0,001	0,001 bis 0,01
Industrieprodukte	0,001	0,1 bis 2
Zivilisation gesamt	2,1	0,1 bis 30
gesamt	4,5	

11.)



Beispiele für Körperdosis

Verlauf der Strahlenkrankheit (Petzold 1983)

Äquivalentdosis

Strahlenwirkung auf den Menschen

0 – 0.3 Sv	Keine Schäden, deren Ursache eindeutig bei der Bestrahlung liegen
0.3 – 1 Sv	Vorübergehende Veränderung des Blutbildes
über 1 Sv	Ab dieser Dosis setzt die Strahlenkrankheit ein: Übelkeit, Erbrechen, Müdigkeit, Veränderung des Blutbildes, Haarausfall, Durchfall, Entzündungen, Fieber
1 – 1.5 Sv	Schwindel; Veränderung des Blutbildes mit verzögerter Erholung; erste Todesfälle
1.5 – 2 Sv	Strahlenkrankheit bei mehr als 50 % der Betroffenen: An den ersten beiden Tagen Übelkeit und Müdigkeit; Latenzzeit; ab 3. Woche Appetitverlust, Haarausfall, Durchfall, Veränderungen des Blutbildes, punktförmige Hautblutungen
2 Sv	Sterblichkeitsrate von 5 %
2.25 Sv	Strahlenkrankheit bei 100 % der Betroffenen
2 – 3 Sv	Am 1. Tag Schwindel und Übelkeit; Latenzzeit ab der 2. Woche Appetitlosigkeit, Übelkeit, Halsweh, Haarausfall, Durchfall, Veränderung des Blutbildes, Erholung innerhalb von 3 Monaten wahrscheinlich
4.5 Sv	Sterblichkeitsrate von 50 %
3 – 6 Sv	Am 1. Tag Schwindel und Übelkeit; Latenzzeit; Ende der 1. Woche Appetitverlust, Unwohlsein; ab der 2. Woche Fieber, innere Blutungen, punktförmige Hautblutungen, Durchfall, Abmagerung, blutige Entzündung von Mundhöhle und Rachen

Strahlenwirkung auf den Menschen (Äquivalentdosis Sv)

mehr als 6 Sv

Sterblichkeitsrate von nahezu 100 %. In 95 % der Fälle tritt der Tod in den ersten 2 Wochen ein. Nach wenigen Stunden Schwindel, Erbrechen und Durchfall; kurze Latenzzeit; Ende der 1. Woche Fieber, innere Blutungen, punktförmige Hautblutungen, Durchfall, schnelle Abmagerung, Entzündung von Mundhöhle, Rachen und Darm

Betrachtung der Wirkung von Strahlung

Zwei Prinzipien der Betrachtung:

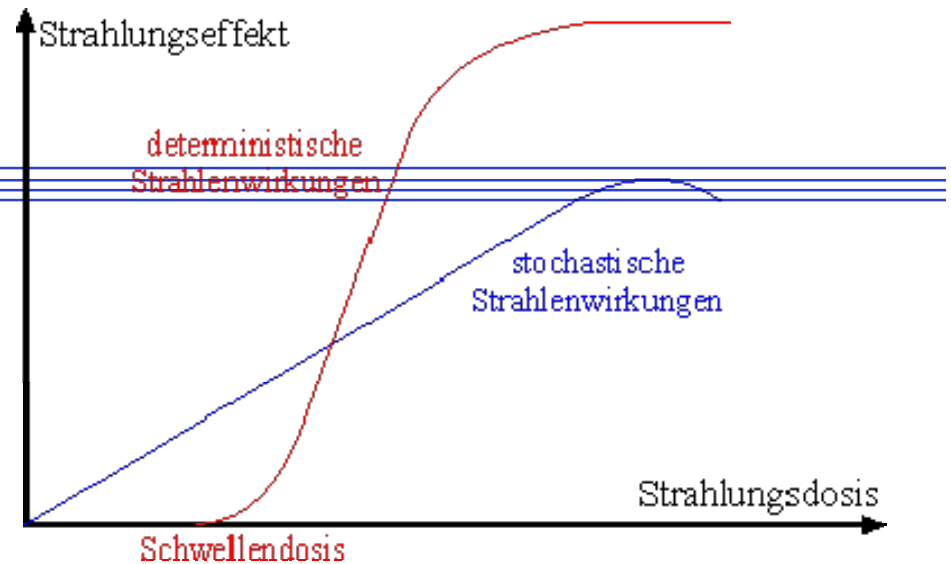
- ***Nicht stochastischer Effekt:***

Veränderungen, die ab einer mehr oder weniger breiten Schwellendosis eintreten, kein Zufallsprinzip = nicht stochastisch (deterministisch),
Beispiele: Organschäden, Limitierung der Dosis verhindert den Schaden.

- ***Stochastischer Effekt:***

Stochastischer Effekt bei genetischen Schäden
Krebs kann nicht vorausgesagt werden, wen es treffen wird
= zufällige Strahlenschäden,
Limitierung der Dosen macht Schaden unwahrscheinlicher.

Stochastischer Effekt



Ionisierende Strahlung:

Bestrahlung mit geringen Dosen: (200 – 500mGy)

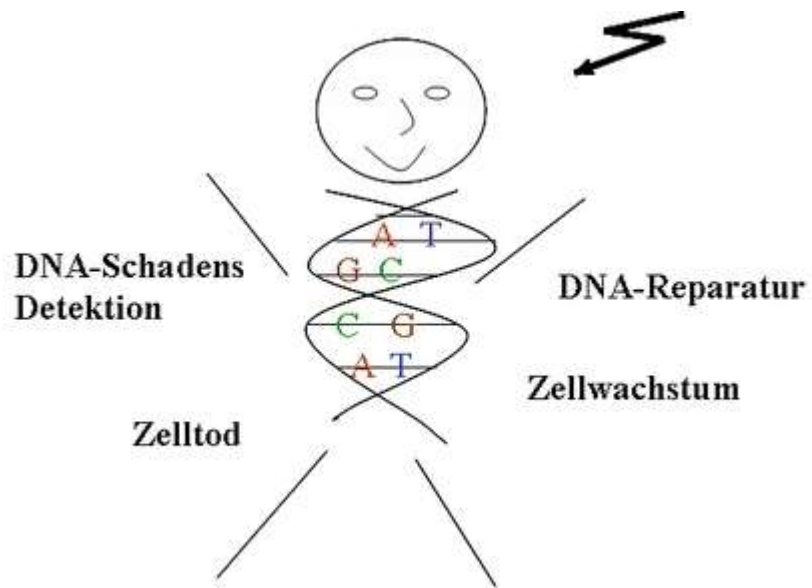
Die Wirkung erfolgt verzögert und nicht zwingend bei jedem bestrahlten Menschen.

Es sind stochastische Phänomene, für die es keine Schwelldosis gibt

Bestrahlung mit hohen Dosen:

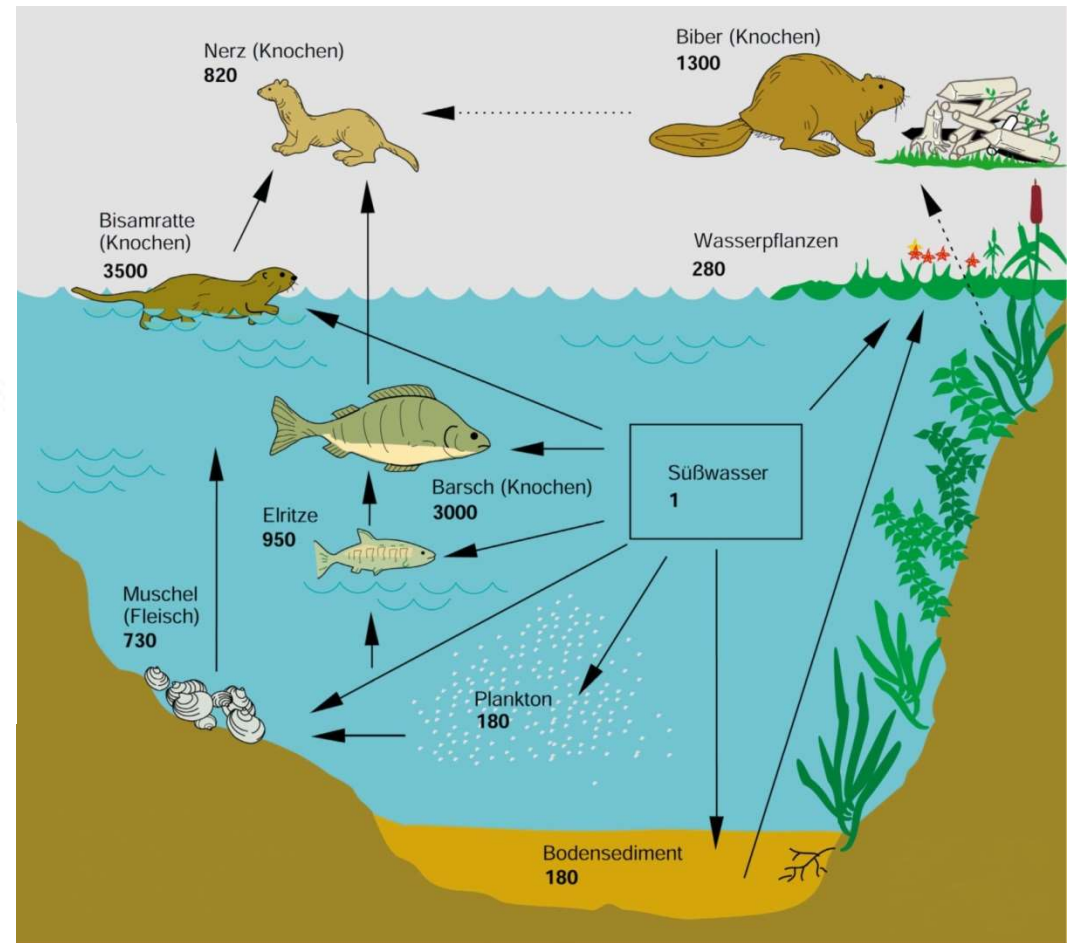
Die Wirkung erfolgt unmittelbar und mit Gewissheit wenn eine Schwelldosis überschritten ist

Anreicherung von Radioaktivität in verschiedenen Lebewesen

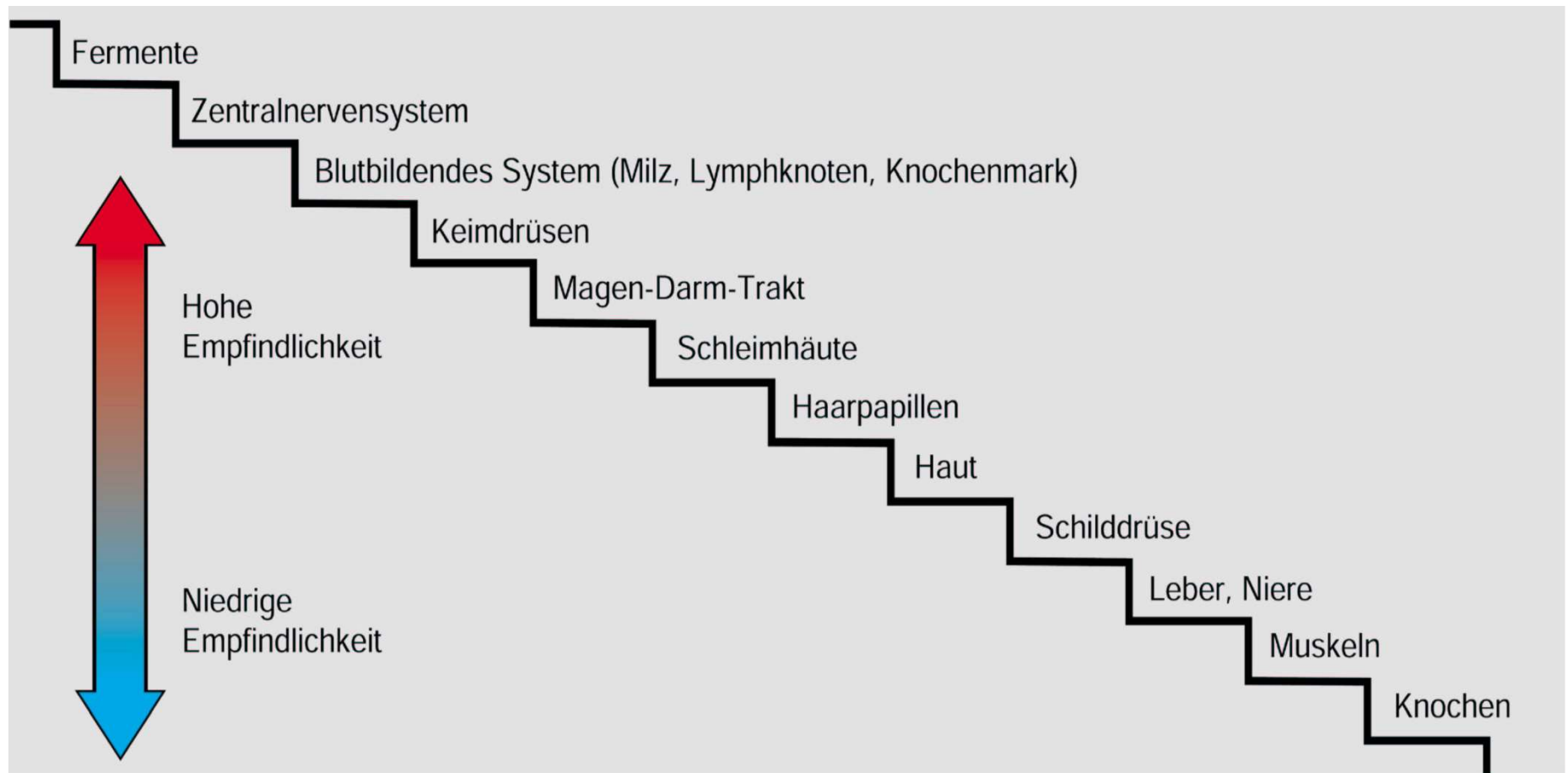


DNA vs. Strahlenschaden

11.)

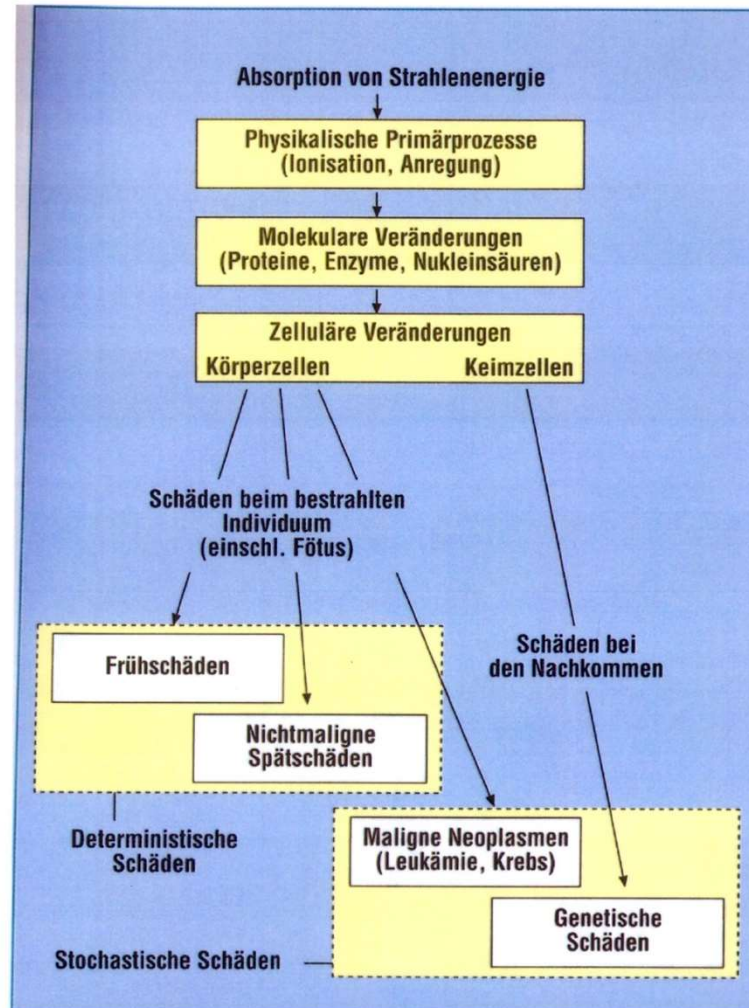


Strahlenempfindlichkeit verschiedener Organe und Gewebe



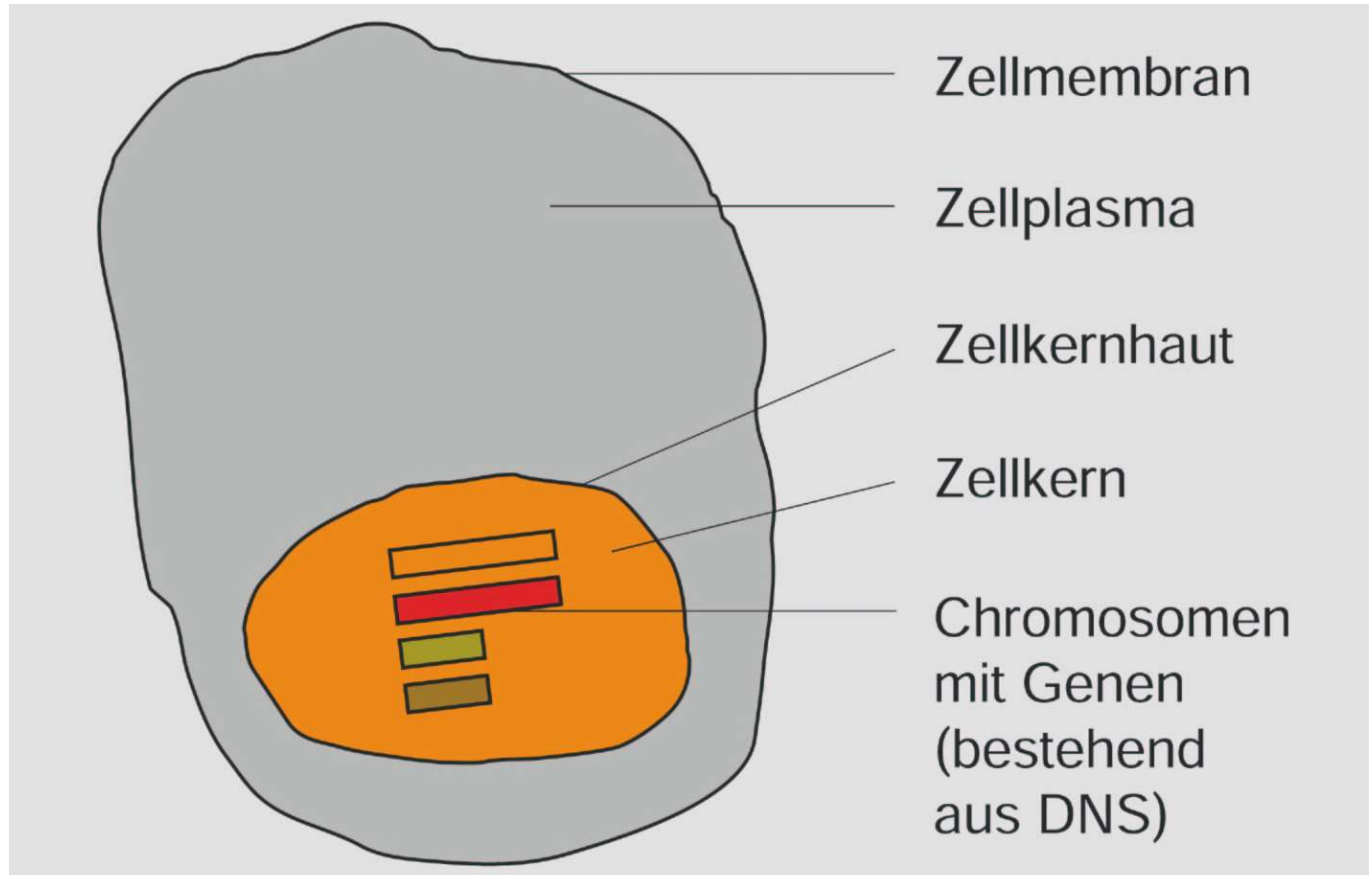
11.)

Reaktionskette der Strahlenwirkung und Art der Strahlenschäden



11.)

Aufbau einer Zelle



11.)

Quelle:



Strahlung und Zelle

Prozess:

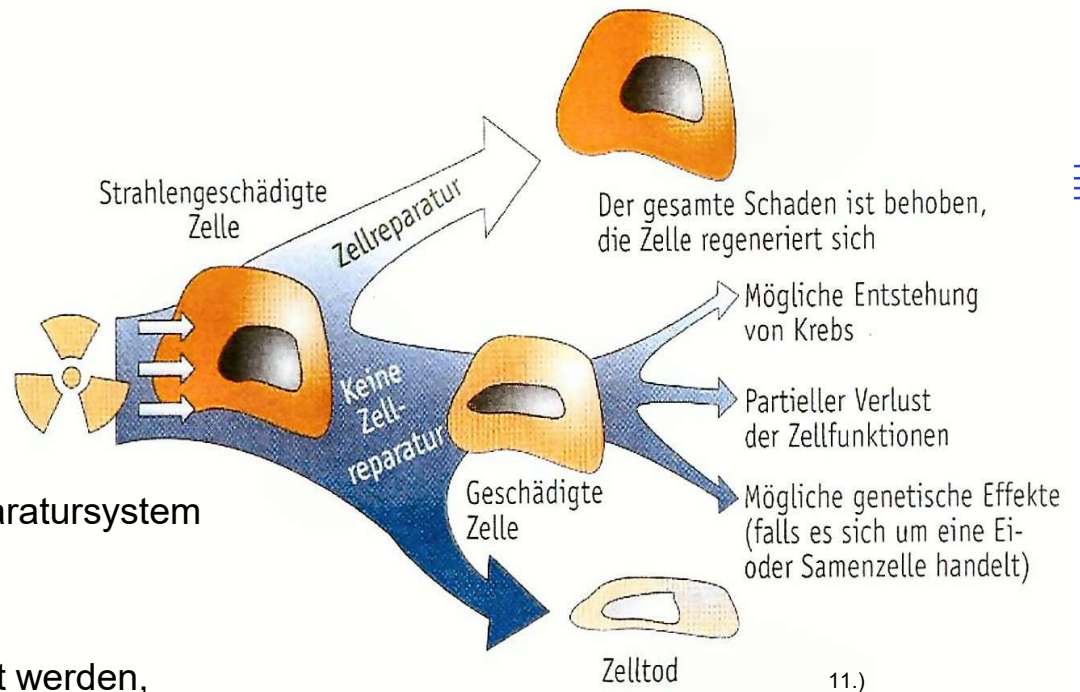
Direkt:

Biomolekül wird getroffen und ionisiert, chemische Veränderungen DNS, Einzel- und Doppelstrangbrüche, Querverbindungen, Substitution von Basen, enzymgestütztes Reparatursystem kann versagen,

Indirekt:

Biomoleküle können von Substanzen verändert werden, die vorher durch Einfluss der Strahlung entstanden sind:

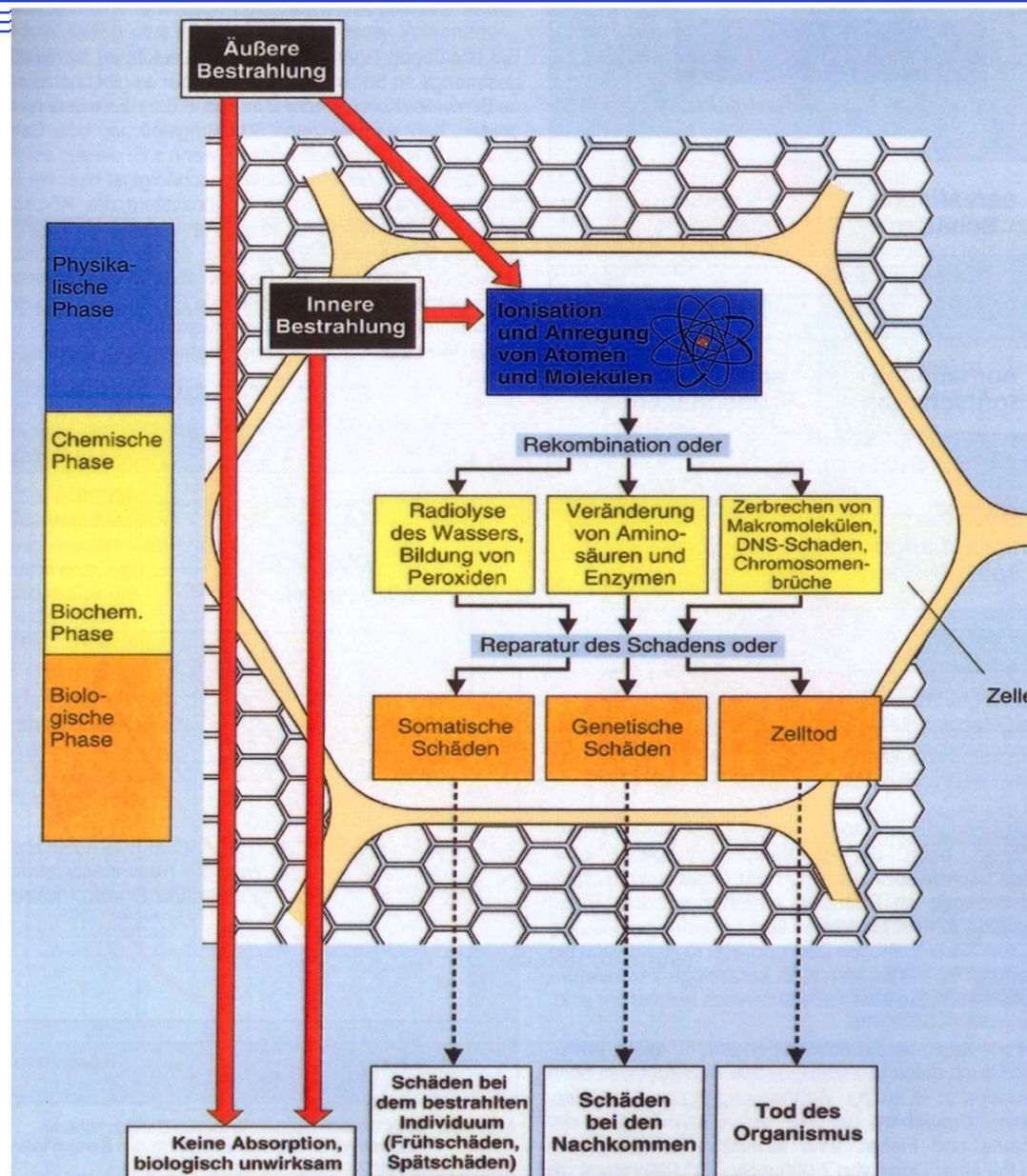
Radiolyse des Wassers (H/OH-Radikale) kann über Reaktionsketten (Bildung von Ionen, Radikalen) zu neuen chemischen, bio-chemische Verbindungen führen.



Relevanz des Zeitfaktors bei der Bestrahlung:

1x10 Gy kurzzeitig = 0 Überlebende, 10 x 1 Gy täglich = 10% Überlebende, 20 x 0,5 täglich 70% Überlebende

Physikalische, chemische und biologische Vorgänge in einer Zelle nach Bestrahlung



11.)

Hohe Dosis ...niedrige Dosis

- Wie problematisch die lineare Extrapolation von bei hoher Dosis gewonnen Risikowerten auf eine kleine Dosis ist, lässt sich beim Lungenkrebs zeigen, der sowohl durch Strahlung als auch durch Zigarettenrauchen verursacht werden kann:

Von 200 Männern mittleren Alters, die jeweils 8000 Zigaretten jährlich (ca. 1 Päckchen pro Tag rauchen, das vom Risiko her gleichbedeutend mit einer Strahlendosis von 0,4 Sv / Jahr ist, stirbt statistisch gesichert einer pro Jahr.

- Ob aber in einer Gruppe von 20.000 Männern mittleren Alters, die nur 80 Zigaretten pro Jahr (entspricht 4 mSv) rauchen, auch nur ein Lungenkrebsfall durch Rauchen auftritt oder *gar bei 1,6 Millionen Männern, die jeweils nur 1 Zigarette pro Jahr rauchen, grenzt schon sehr an Spekulation.*

Dieses Risiko, dass einer Strahlendosis von 0,05 mSv entspricht, wird aber bei Berechnungen der Umgebungsexposition kerntechnischer Anlagen sehr wohl berücksichtigt und ernst genommen.

Gebrauch von Radioaktivität (Historie) I

Dr. H. Richters Radium-Spezial-Präparate

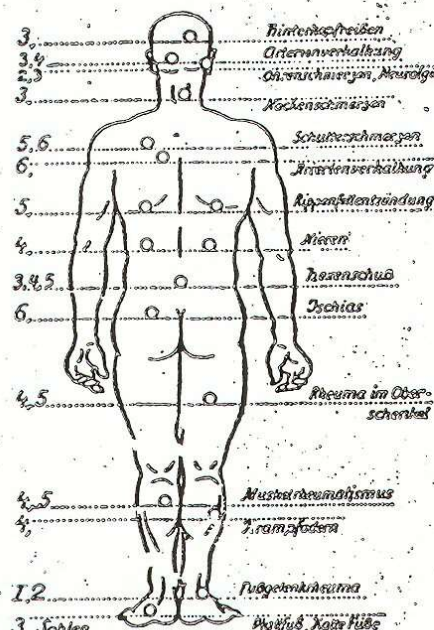
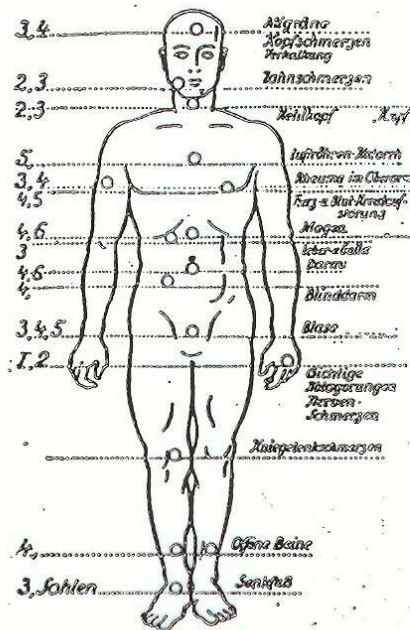


Gebrauch von Radioaktivität (Historie)

II

Preise von Dr. Richters Radium-Kompressen

Größe 1, 5×10 cm, 2 Mikrogramm Radium-Element RM 3,— Größe 2, 10×10 cm, 3 Mikrogramm Radium-Element RM 4,88
Größe 3, 10×20 cm, 6 Mikrogramm Radium-Element RM 9,60 Größe 4, 20×20 cm, 12 Mikrogramm Radium-Element RM 16,—
Größe 5, 20×30 cm, 18 Mikrogramm Radium-Element RM 24,— Größe 6, 20×30 cm, 25 Mikrogramm Radium-Element RM 36,—



Gebrauchsanweisung: Jede Kompressen wird mit der Schutzhülle auf den erkrankten Körperteil gelegt. Die Befestigung der Kompressen ist mit Hilfe der angenähten Bänder möglich. Bei der ersten Bestrahlung empfiehlt sich, das Kissen nur 6 bis 12 Stunden aufliegen zu lassen.

Der Gehalt an reinem Radium-Element ist auf jeder einzelnen Kompressen angegeben. Für die Richtigkeit der Deklaration wird garantiert.

Die richtige Anwendung ergibt sich aus der nebenstehenden schematischen Darstellung. Die Zahlen links bezeichnen die zweckmäßige Größe der Kompressen. Die kleinen Kreise deuten den Ort an, wo die Kompressen aufgelegt werden soll. Naturgemäß konnten für rheumatische und neuralgische Schmerzen nur einige typische Beispiele angegeben werden.

Die Verwendung von Uebergrößen empfiehlt sich in all den Fällen, wo eine besonders energische Wirkung der Radiumbestrahlung erwünscht ist. Irgendeine gesundheitliche Gefährdung des Patienten ist auch bei Verwendung dieser Kompressen völlig ausgeschlossen.

Sonderanfertigungen

Größe 7, 25×35 cm, 35 Mikrogramm Radium-Element
Größe 8, 25×35 cm, 70 Mikrogramm Radium-Element
Größe 9, 25×35 cm, 100 Mikrogramm Radium-Element
Größe 10, 25×35 cm, 150 Mikrogramm Radium-Element
Preis jeweilig nach Anfrage.

Radium und seine Verwendung
Dr. H. Richters Radiumspezialitäten (Prospekt)

Wärme und Radiumwirkung

Dr. H. Richter hat mit Radiumschwachbestrahlung, die bei vielen Krankheiten ein allgemein bekanntes und bewährtes Heilmittel ist, elektrische Heizkissen gewährt, die eine gleichmäßige Wärmeabgabe für jeden gewünschten Zeitraum, sie sind leicht, trocken und beschweren den Körper nicht und passen sich den Körperformen an. die gleichzeitige Behandlung mit Wärme und Radiumschwachbestrahlung ermöglicht Dr. H. Richters Radium-Heizkissen in vollendeter Weise.

Sämtliche Heizkissen sind mit dem Prüfzeichen V. J. E. versehen. Sie verbürgen beste Qualität. Für gleichmäßige Leistung wird zwei Jahre Garantie übernommen. Preise nur nach Anfrage, da stets Sonderanfertigung.