

Gesundheitliche Auswirkungen radioaktiver Strahlung

- Maßeinheiten
- Ursachen und Quellen der Strahlenbelastung
- Auswirkungen auf den Organismus
- Strahlenschutz

Maßeinheiten

- **Aktivität A**

- $[A] = 1 \text{ Bq} = 1 \text{ Zerfall pro Sekunde}$

- **Energie E**

- $1 \text{ J} = 1 \text{ Nm}$
- $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

- **Energiedosis D**

- absorbierte Strahlungsenergie pro Masse $D = \frac{E}{m}$
- $[D] = 1 \text{ Gy} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}}$ (Gray)
- früher: 1 rad (100 rad = 1 Gy)

Maßeinheiten

- **Äquivalentdosis H**

- Gewichtungsfaktor (Qualitätsfaktor) Q

elektromagnetische Strahlung	1
β -Strahlung	1
n-Strahlung	5-20
p-Strahlung	5
α -Strahlung, schwere Kerne	20

- $$H = D \cdot Q = \frac{E}{m} \cdot Q$$

- $$1 \text{ Sv} = \frac{1 \text{ J}}{1 \text{ kg}} \quad (\text{Sievert})$$

- außerdem: Gewebe-Wichtungsfaktor (berücksichtigt die Strahlungsempfindlichkeit einzelner Organe bzw. Gewebe)

Grenzwerte

- **Bevölkerung**

- 1 mSv/a effektive Dosis

- **Beruflich**

- allgemein: 20 mSv/a effektive Dosis
- unter 18 Jahre: 1 mSv/a effektive Dosis
- über 16 - unter 18 Jahre, wenn für die Ausbildung erforderlich und Behörde zustimmt: 6 mSv/a effektive Dosis
- schwangere Frauen: 1 mSv für das ungeborene Kind von Bekanntgabe der Schwangerschaft bis zum Ende
- Zusätzliche Grenzwerte für Organdosen

- https://www.strahlenschutzportal.de/wissen-kompakt/fachliche_inhalte/berufliche-exposition/dosisgrenzwerte-im-strahlenschutz/
aufgerufen 15.02.2021, 14:50 Uhr

Flugreisen

- 2 -

Kosmische Strahlung beim Fliegen

Reiseziel	Dosisbereich* [μSv], etwa
Rom	3 – 6
Gran Canaria	10 – 18
Rio de Janeiro	17 – 28
Johannesburg	18 – 30
Singapur	28 – 50
New York	32 – 75
San Francisco	45 – 110

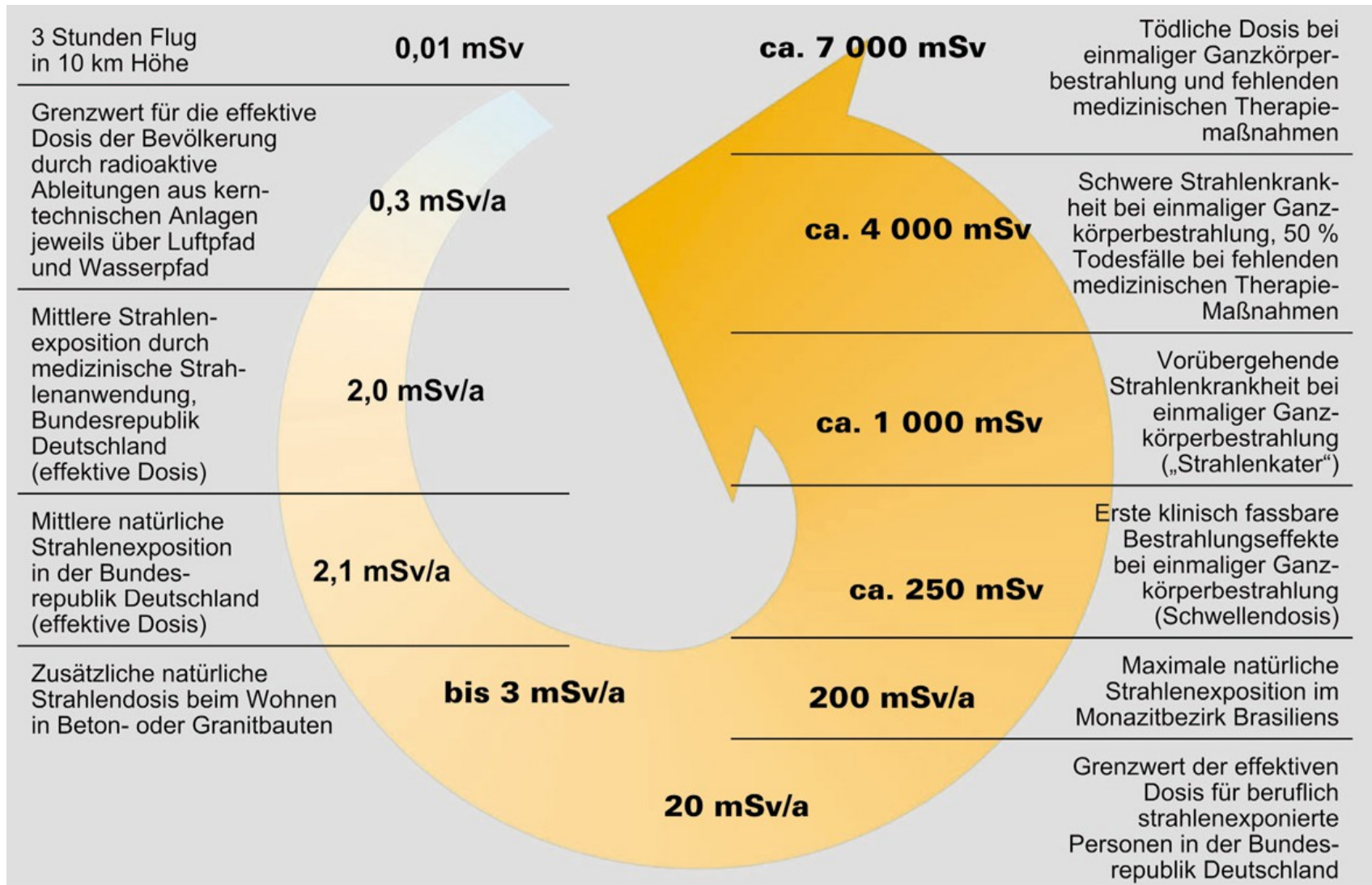
Die effektive Dosis durch Höhenstrahlung auf einem Flug von Frankfurt am Main an ausgewählte Zielorte.

Quelle: Bundesamt für Strahlenschutz.

* Die Schwankungsbreite geht hauptsächlich auf die Einflüsse von Sonnenzyklus und Flughöhe zurück.

https://www.helmholtz-muenchen.de/fileadmin/EPCARD-Portal/PDF/Strahlung_Fliegen.pdf
aufgerufen 15.02.2021, 15:00 Uhr

Übersicht



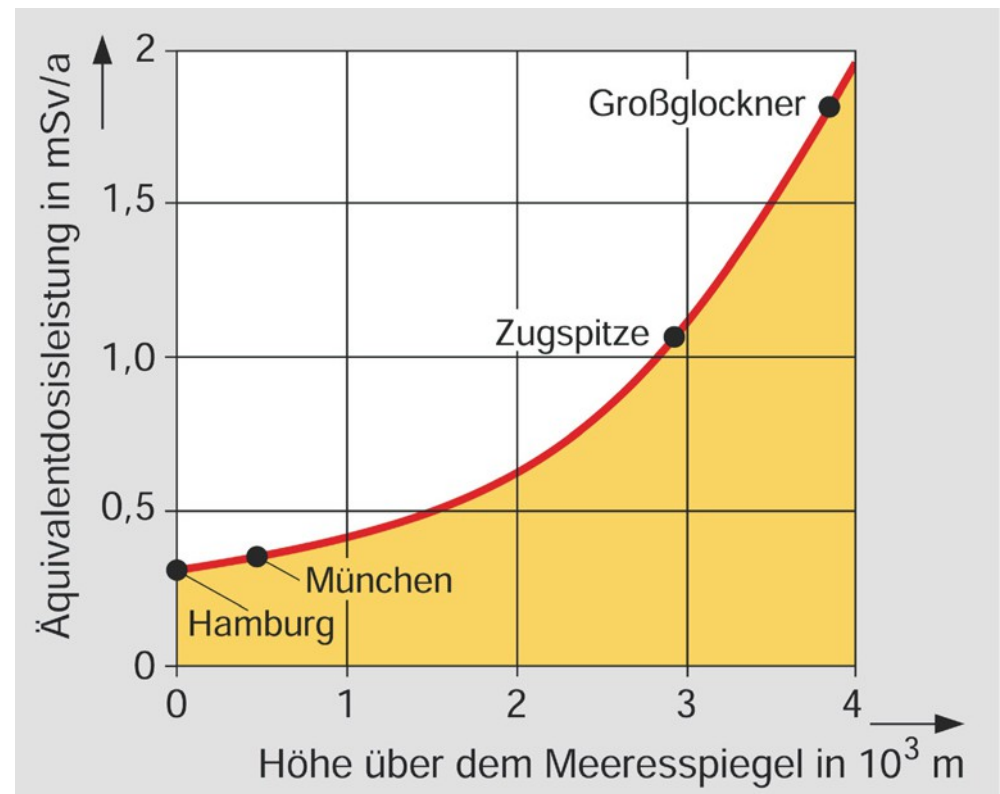
Quelle: 
Informationskreis
KernEnergie

Ursachen der Strahlenbelastung

- natürliche Ursachen
 - Kosmische Strahlung
 - Wasser, Boden, Luft
- zivilisatorische Belastung
 - Medizin
 - Kernkraftwerke
 - Flugverkehr

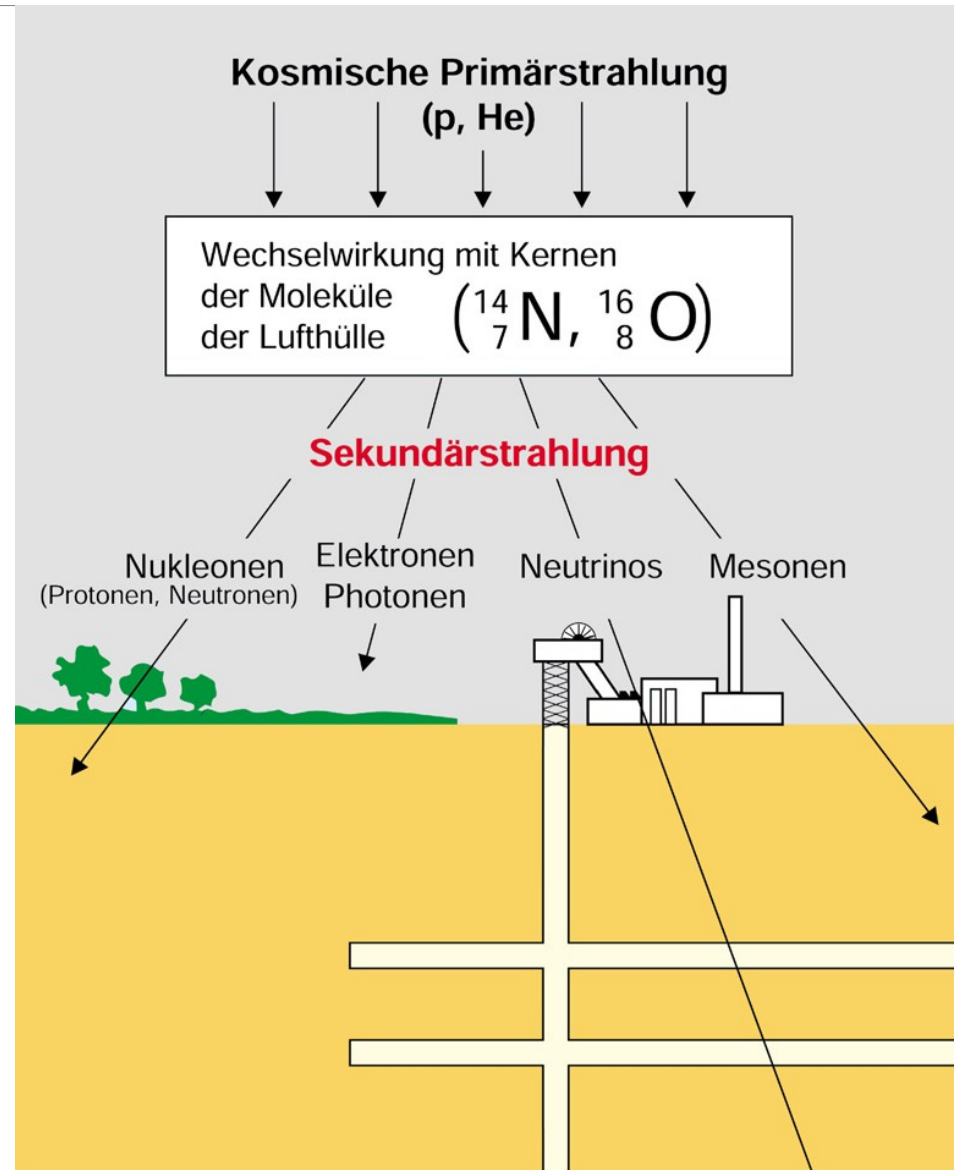
Kosmische Strahlung

- energiereiche Teilchenstrahlung von der Sonne und von Sternen
 - 93% Protonen (bis zu 10^{14} MeV)
 - 6% He-Kerne
 - 1% schwere Kerne



Kosmische Strahlung

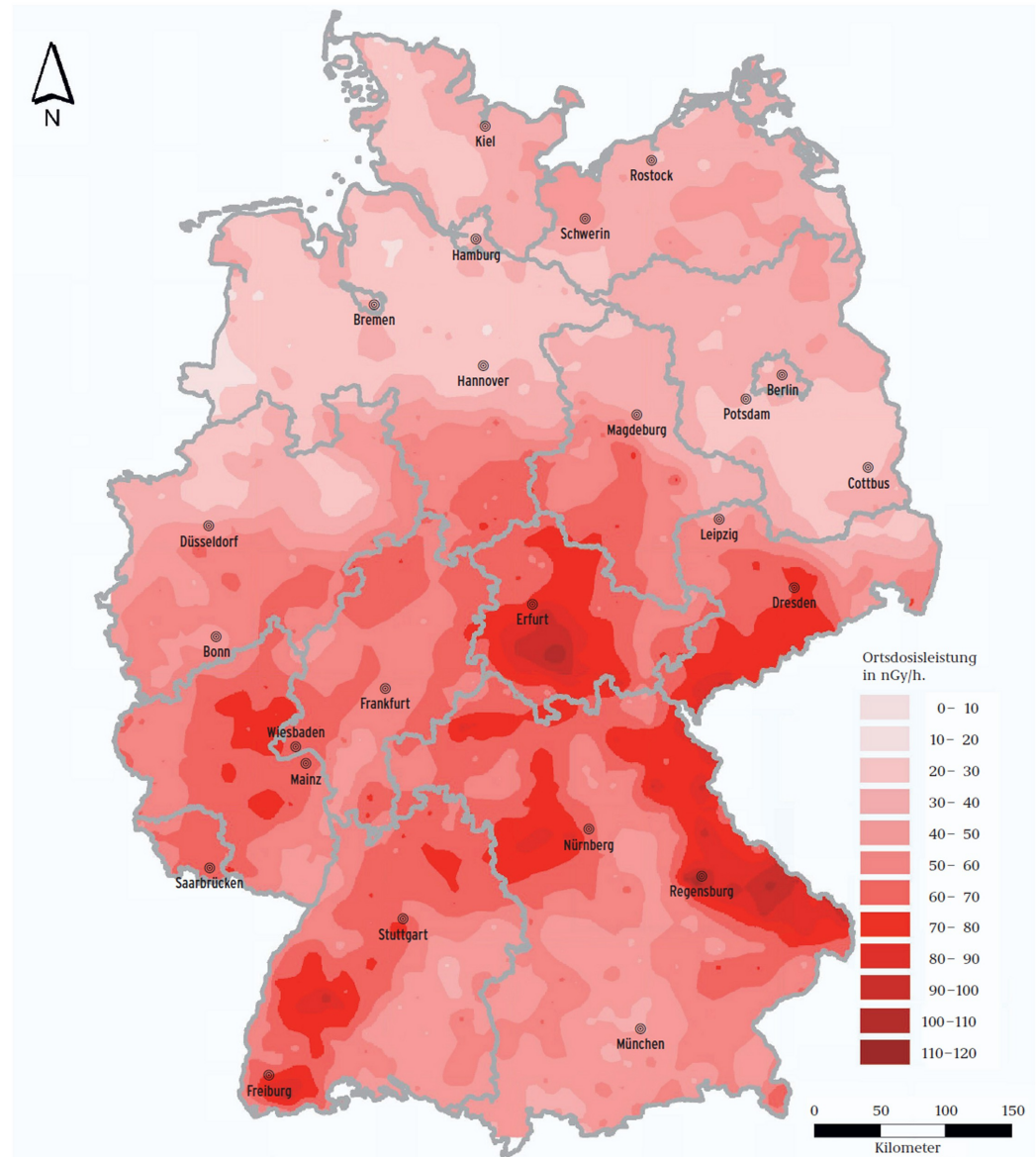
- Sekundärstrahlung durch Wechselwirkung mit der Atmosphäre



Quelle: 
Informationskreis
KernEnergie

Boden, Wasser, Luft

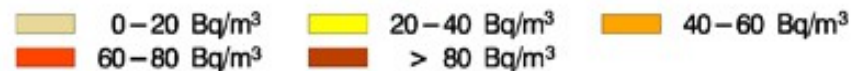
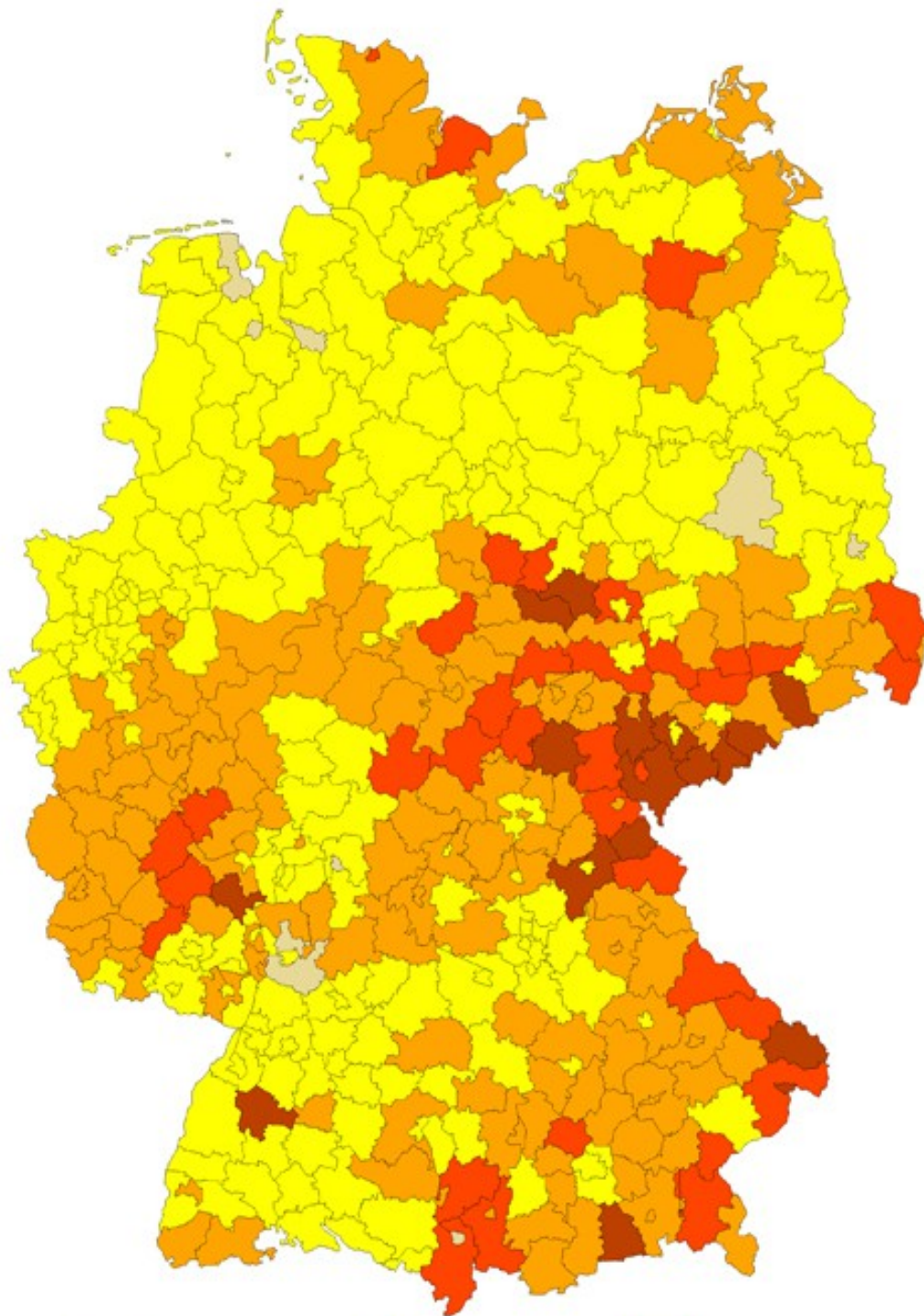
- Freisetzung von Radionukliden aus dem Boden durch Verwitterungsprozesse



Dosisleistung der terrestrischen Strahlung in Deutschland.

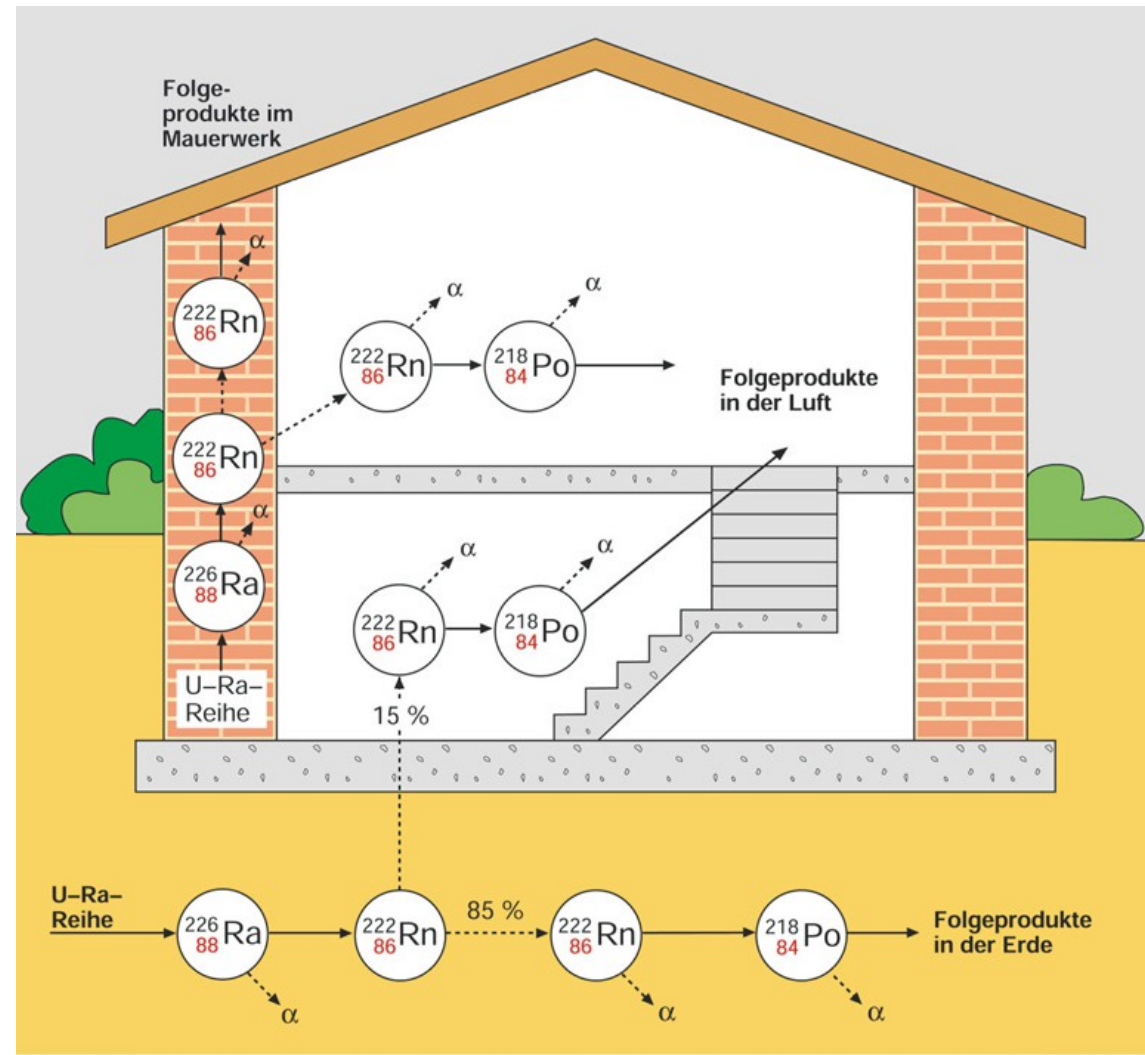
Radonkarte

- Konzentration in Wohnungen
- Durchschnittswerte pro Landkreis



Radon in Wohnungen

- Baumaterialien
- Folgeprodukte freigesetzter Nuklide



Radon in Wohnungen

- Edelgas
- geruchlos, farblos, geschmacklos
- Alphastrahler
- entsteht durch Zerfall von Radium
- Anreicherung in geschlossenen Räumen möglich
- gefährlich sind die Zerfallsprodukte (Polonium, Wismut, Blei)
- Schädigung nach Inhalation
 - WHO: „Radon in Wohnungen ist kausale Ursache für Lungenkrebs bei Rauchern und Nichtrauchern“
 - pro 100 Bq/m³ steigt das Krebsrisiko um 10%

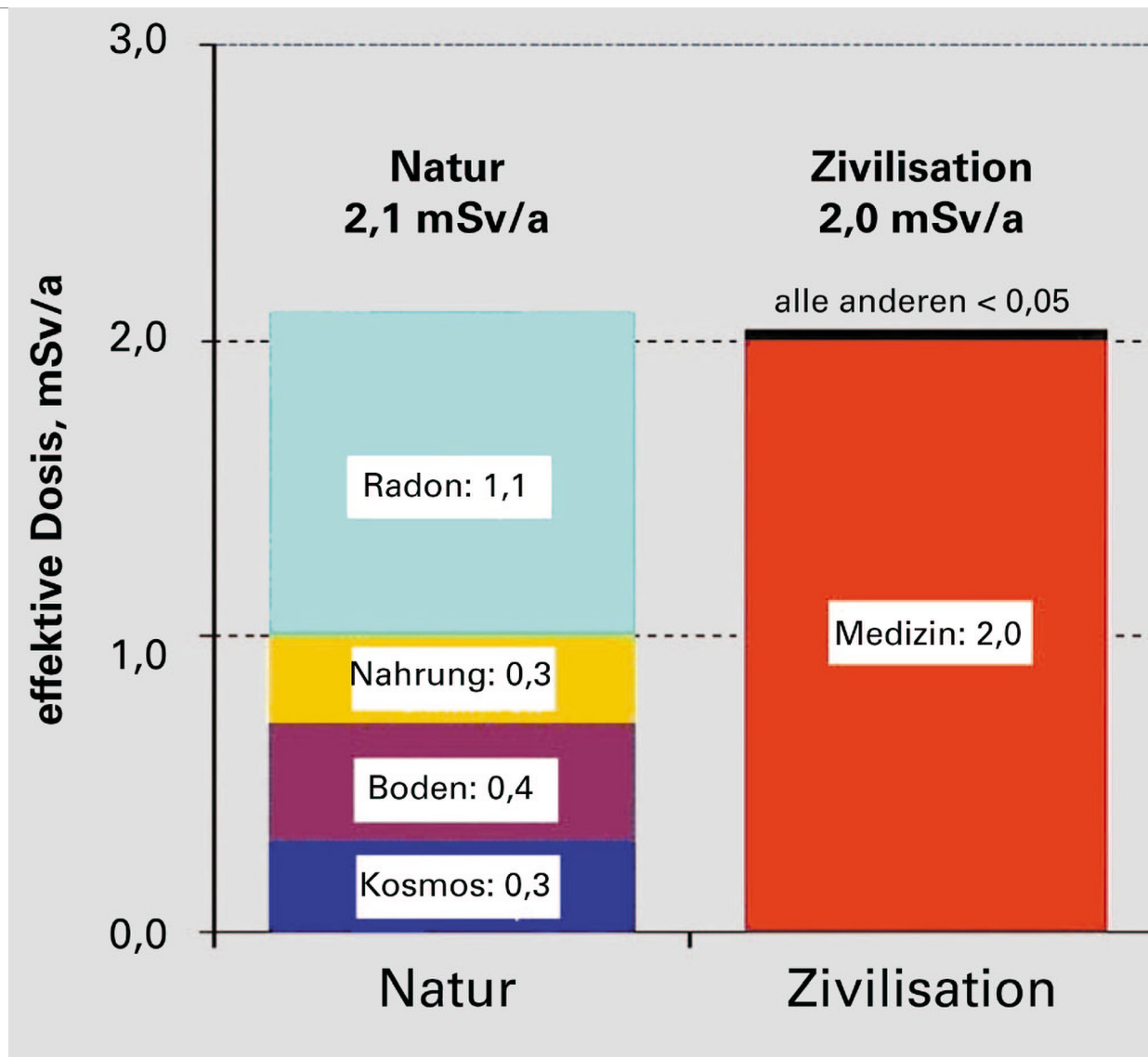
Radon und Rauchen

- Wahrscheinlichkeit, bis zum Alter von 75 Jahren an Lungenkrebs zu versterben:

Radonkonzentration	Todesfälle je 1000	
	Nichtraucher	Raucher
0 Bq/m ³	4,1	101
100 Bq/m ³	4,7	116
200 Bq/m ³	5,4	130
400 Bq/m ³	6,7	160

- durchschnittliche Radonkonzentration in Wohnungen: 49 Bq/m³ (Deutschland)
- ca. 5% aller Lungenkrebs-Sterbefälle durch Radon

zivilisatorische Strahlenbelastung



Quelle: 
Informationskreis
KernEnergie

Biologische Halbwertszeit

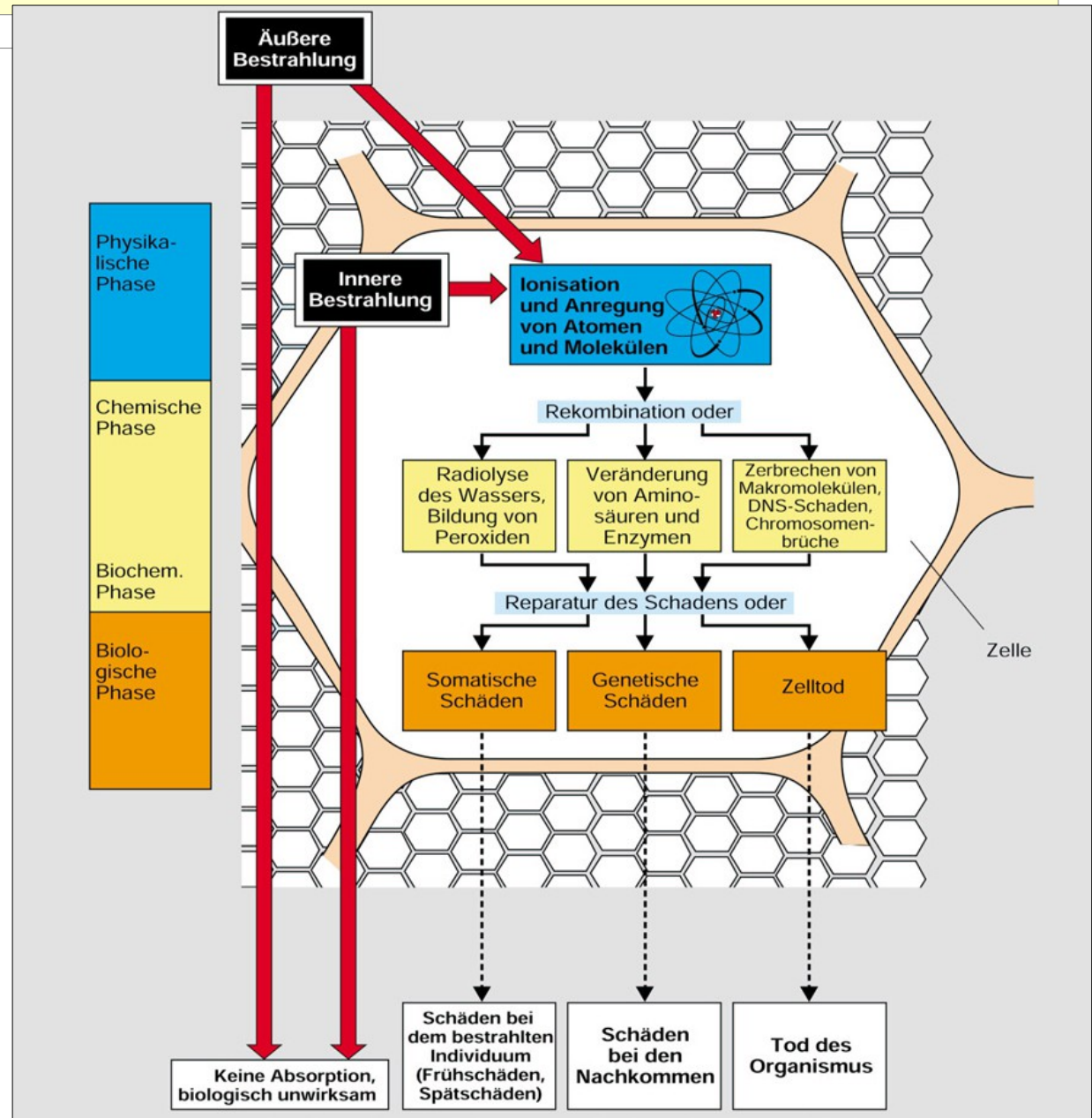
- Unterschiedliche Verweildauer radioaktiver Substanzen im Körper durch
 - Einlagerung im Körpergewebe
 - Ausscheidung

Biologische Halbwertszeit

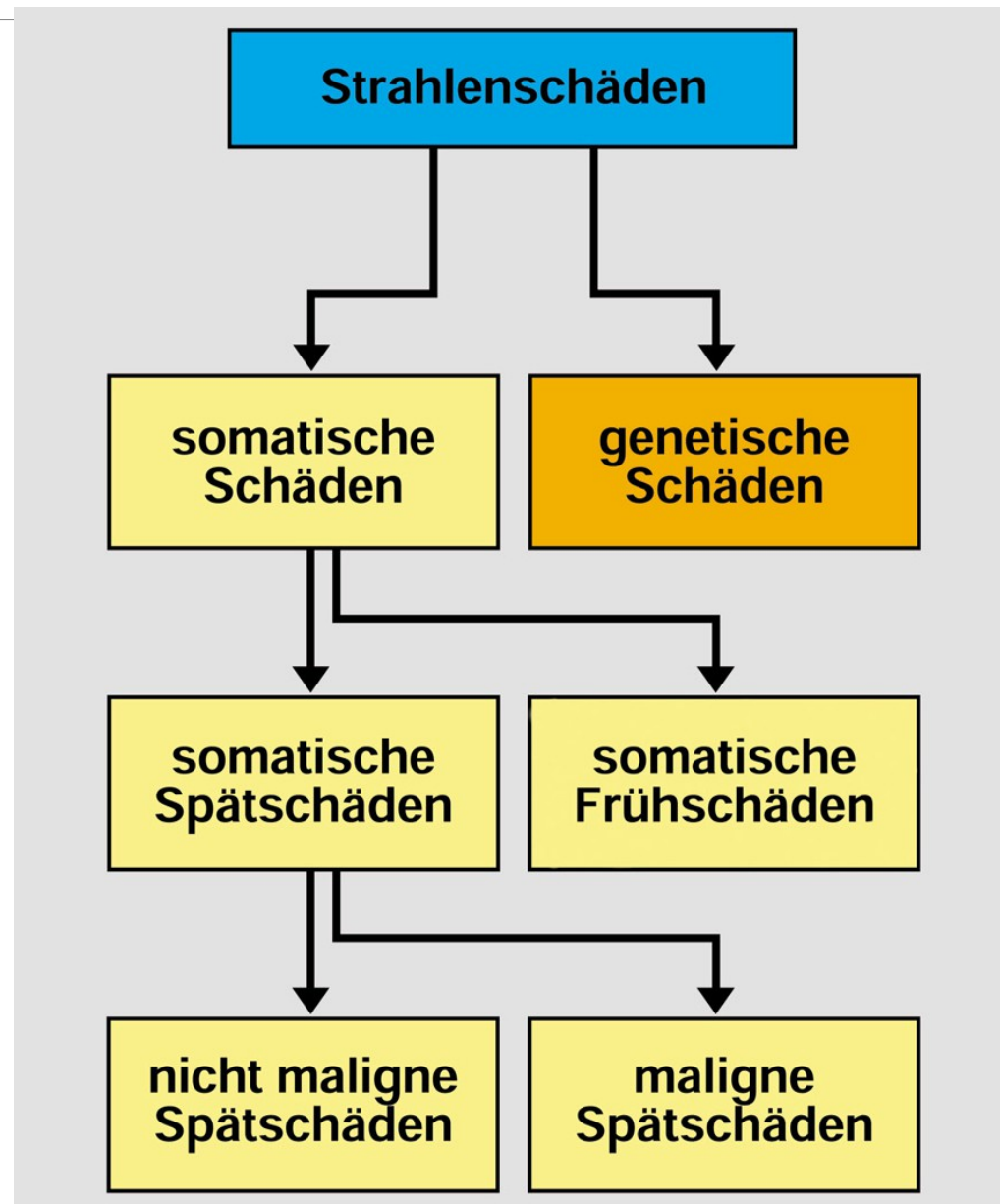
Nuklid	Biologische Halbwertszeit	Physikalische Halbwertszeit
Rn-222	20 – 30 min	3,8 d; viele kurzlebige Folgeprodukte
H-3	10 d	12 a
I-131	80 d (Schilddrüse)	8 d
Cs-137	110 d (Männer) 65 d (Frauen)	30 a
Th-232	2 a (Leber) 20 a (Knochenoberfläche)	$1,4 \cdot 10^{10}$ a
U-238	14 a (Knochenoberfläche)	$4,5 \cdot 10^9$ a
Pu-239	20 a (Leber) 50 a (Knochenoberfläche)	$2,4 \cdot 10^4$ a

Strahlenwirkungen auf Zellen

- Äußere Bestrahlung
 - Kontamination
- Innere Bestrahlung
 - Inhalation
 - Inkorporation

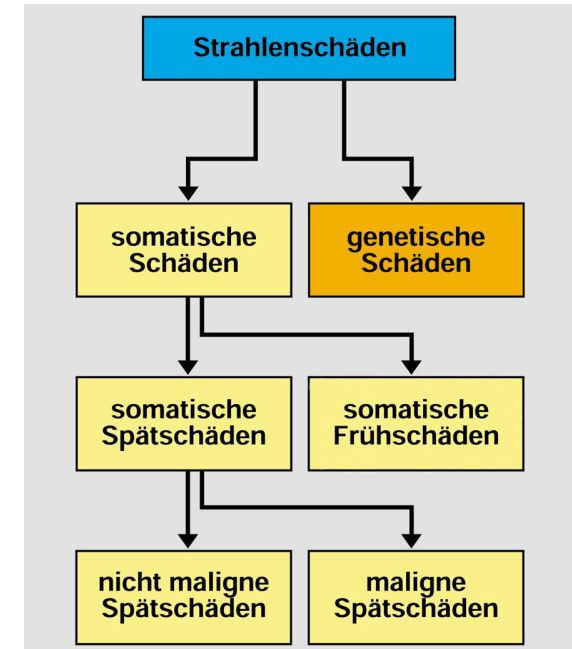


Einteilung der Strahlenschäden



somatische Strahlenschäden

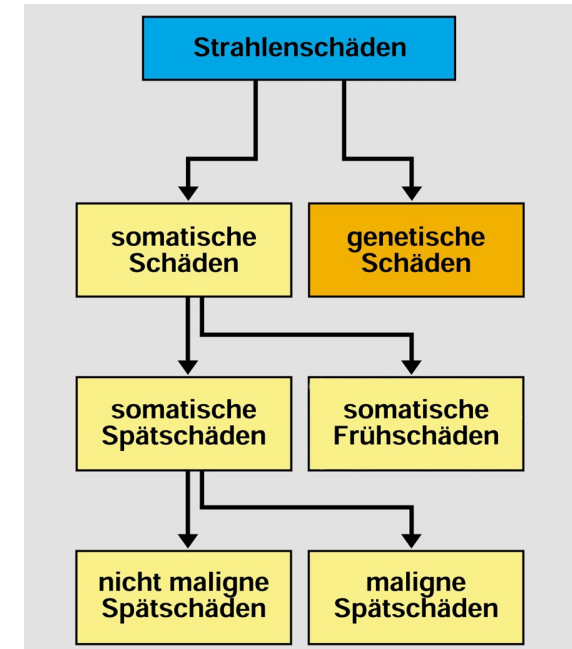
- Körperschäden am bestrahlten Individuum
- Frühschäden
 - ab 200 – 300 mSv
 - Blutbild-Veränderungen
 - Unwohlsein
 - Erbrechen
 - Entzündung der Schleimhäute
 - Durchfälle
 - verbrennungsähnliche Erscheinungen
 - Haarausfall, Fieber, Infektionen
 - Zerstörung von Knochenmark, ZNS
- > 7 Sv (Ganzkörperbestrahlung) ohne Therapie gelten als tödlich



Quelle:  Informationszentrum Kernenergie

somatische Strahlenschäden

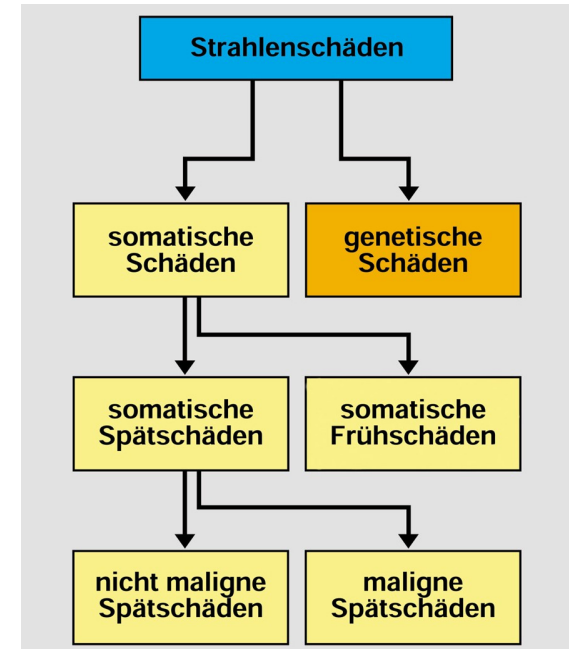
- Spätschäden
 - treten z.T. erst nach Jahren bzw. Jahrzehnten auf
 - Wucherungen, Sterilität, Trübung der Augenlinse
- nicht maligne Schäden:
 - Mindestmenge an Strahlung muss einwirken
 - Summe der Belastung ist maßgeblich
- bösartige Spätschäden (Krebs)
 - keine Mindestdosis angebbbar
 - eine einzige von Strahlung getroffene Zelle kann reichen



Quelle:  Informationswissenschaftliches Institut der Universität Göttingen

genetische Strahlenschäden

- Schäden an Keimdrüsen bzw. Keimzellen
 - Schäden am Erbgut
 - Auswirkungen erst an Kindern
 - evtl. auch erst nach vielen Generationen sichtbar
 - Fehlbildungen
 - Stoffwechselstörungen
 - Immunschäden ...
- nur statistisch erfassbar
- Grenzwerte schwer zu ermitteln



Quelle:  Informationskreis Karlsruhe

Reaktorunfall von Tchernobyl

- 26. April 1986
- Freisetzung von J-131, Cs-137 u.a. radioaktiven Isotopen
- Deutschland (1600 km Entfernung)
 - 1 g J-131
 - 300 g Cs-137
- Niederschläge in Süddeutschland
- Auswirkungen noch heute
 - Cs in Wildpilzen
 - Nahrungsmittelkette



Quellen

- Bundesamt für Strahlenschutz: <http://www.bfs.de>
- Strahlung | Strahlenschutz, Bundesamt für Strahlenschutz, Berlin 2004
- Informationskreis Kernenergie, Radioaktivität und Strahlenschutz, Berlin 2004
- Österreichischer Verband für Strahlenschutz: <http://www.strahlenschutzverband.at>
- Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, mensch+umwelt, München, Dezember 1986
- <https://www.strahlenschutzportal.de>
- <https://www.helmholtz-muenchen.de>
- wikipedia