



Hochschule
Zittau/Görlitz

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Thomas Schönmuth
Uwe Heidrich
Hochschule Zittau-Görlitz
Fakultät Maschinenwesen
Strahlentechnik/Radonzentrum

Tel: 03583 612 4882
Email: t.schoenmuth@hszg.de

Radon in der Oberlausitz

- Inhalt:
- Physikalische Eigenschaften: Was und Woher?
 - Gesundheitliche Auswirkungen: Wann wird es bedenklich?
 - Was tun bei erhöhten Radonwerten?

Eine kurze Geschichte

1900:

E. Rutherford:

„Emanation“ bei Th-Verbindungen

Friedrich Dorn

„Radium Emanation“

Gas aus Radium



Ernst Dorn (1848 – 1916)
Bild: catalogus-professorum-halensis.de

1901: Rutherford/Brooks:

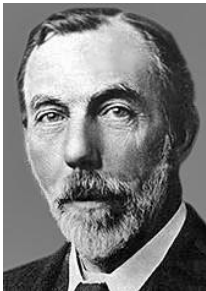
Emanation ist radioaktives Gas

1908: **Ramsey/Whytlaw-Gray**

physik. Grundlagen:

Nitens...(das Glänzende)

ab ca. 1925: „Radon“



Sir William Ramsey (1852 – 1916)
(...an der Entdeckung aller Edelgase beteiligt)

125 Jahre Radon 🧐

Rn

F.E. Dorn, 1900

$4f^{14} 5d^{10} 6s^2 6p^6$

Radon

86 (222)

Dichte
9,73 g/L

Siedepunkt
-62°C

Schmelzpunkt
-71°C

Schwerstes
(EDEL)**GAS**,
Farblos,
Einatomig
radioaktiv

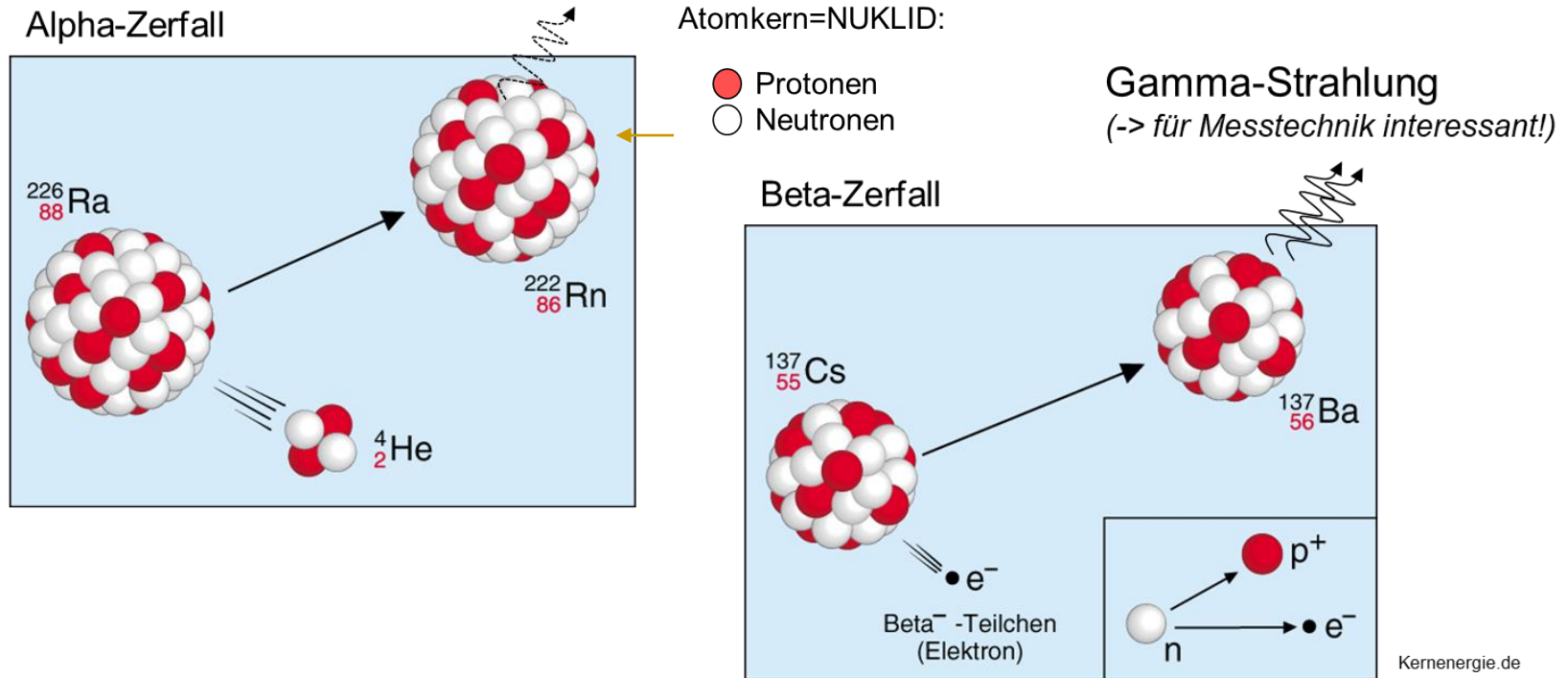
Element mit
Ordnungszahl
86

Leicht in Wasser löslich
Hoher Diffusionskoeffizient



Radioaktivität:

Spontane Umwandlung instabiler Atomkerne unter Energieabgabe



Aktivität = Anzahl der Zerfälle pro s

1 Zerfalls/s = 1 **Becquerel [Bq]** (alt: Curie (Ci) – 1 Ci=3,7*10¹⁰Bq)

Grundlegende Eigenschaften

Ordnungszahl	86 (VIII. Hauptgruppe)			
CAS Nummer	10043-92-2			
Dichte	0,0097 g/cm ³ (20°C)			
Siedepunkt	-61,7°C (211,5 K)			
Schmelzpunkt	-71°C (202 K)			
Löslichkeit in Wasser	230 cm ³ /kg (20°C) / 510 cm ³ /kg (0°C)			
Diffusionskoeffizient in Luft	0,1 cm ² s ⁻¹			
Elektronenkonfiguration	[Xe] 4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ⁶			
Natürliche Isotope	Name	Rn-219	Rn-220	Rn-222
		Actinon	Thoron	Radon
	Halbwertszeit	3,96 s	55,6 s	3,8 d
	Häufigkeit	1%	9%	90%

Leicht in Wasser löslich

Hoher Diffusionskoeffizient

ISOTOPE

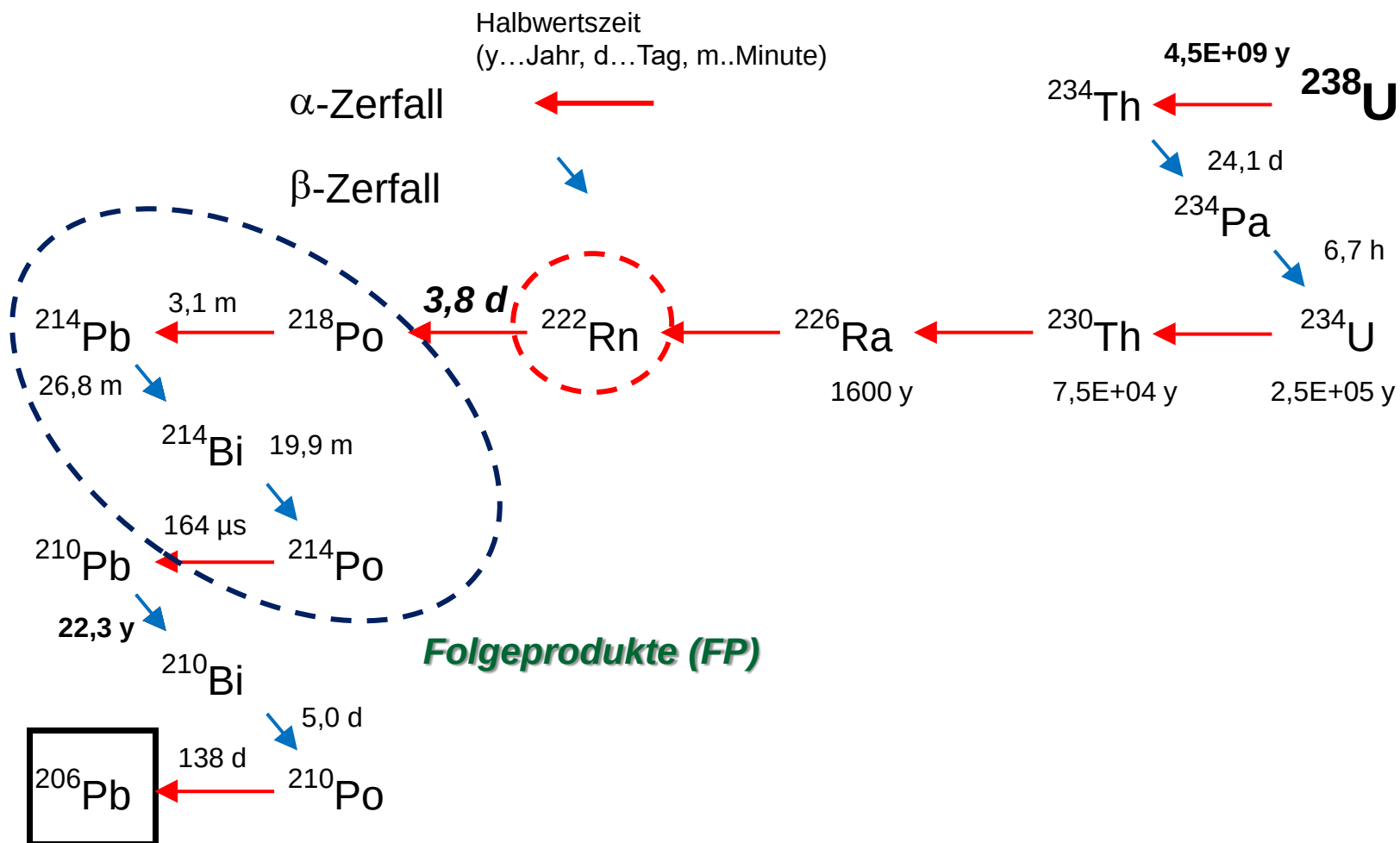
In Praxi ohne Bedeutung
(Sonderfall Medizin)

möglicherweise über Baustoffe



Herkunft (1)

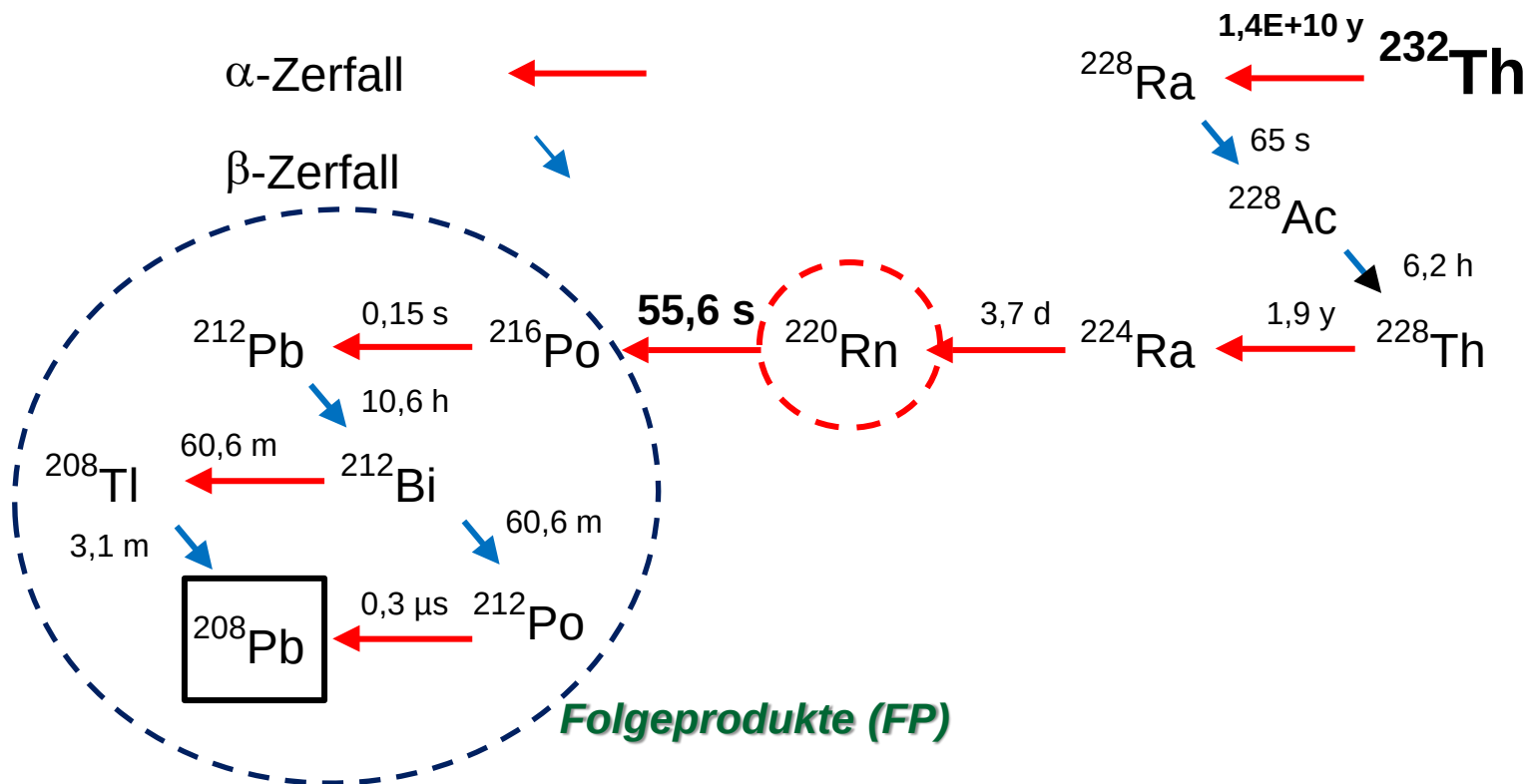
Uran-Radium-Reihe



URAN: ca. 3 $\mu\text{g/g}$ im Boden

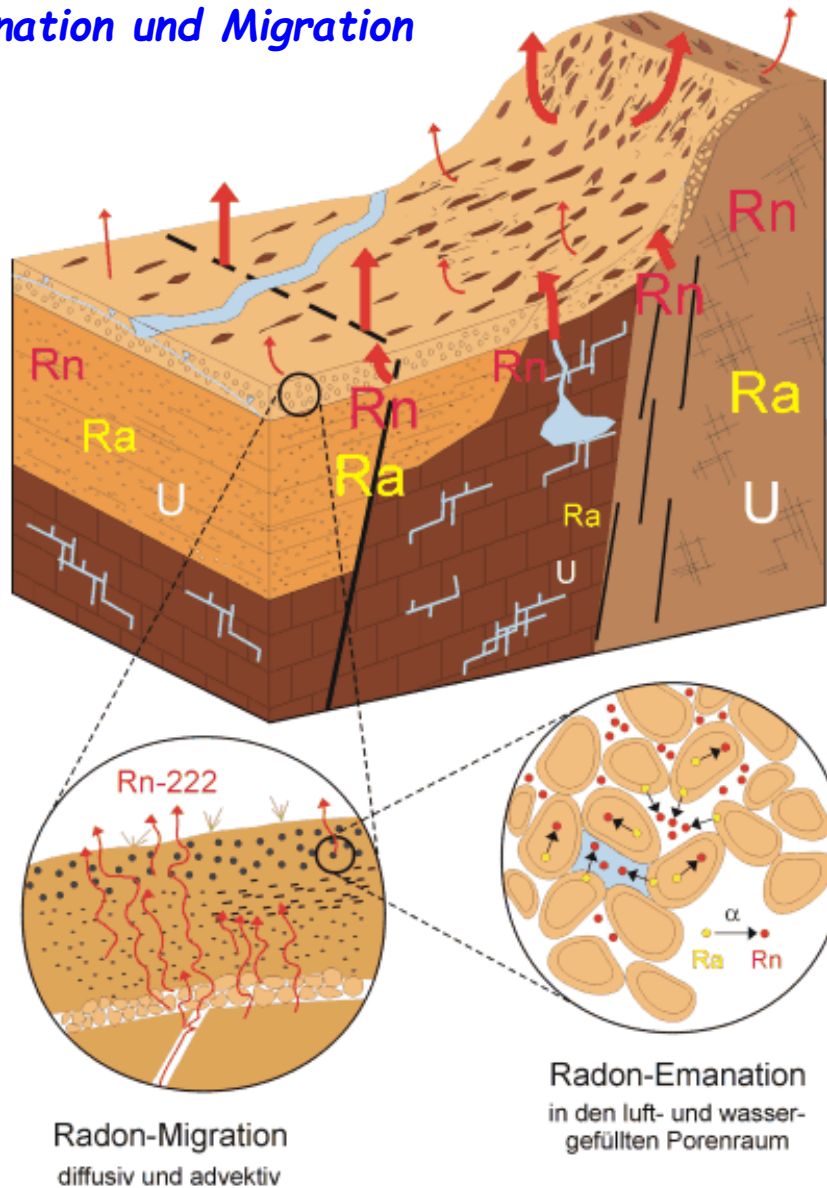


THORIUM: ca. 10 µg/g im Boden



Kurze Halbwertszeit -> **THORON = Rn-220 nur in Innenräumen zu beachten (Baustoffe) - Beiträge gegenüber Radon oft gering**

Emanation und Migration



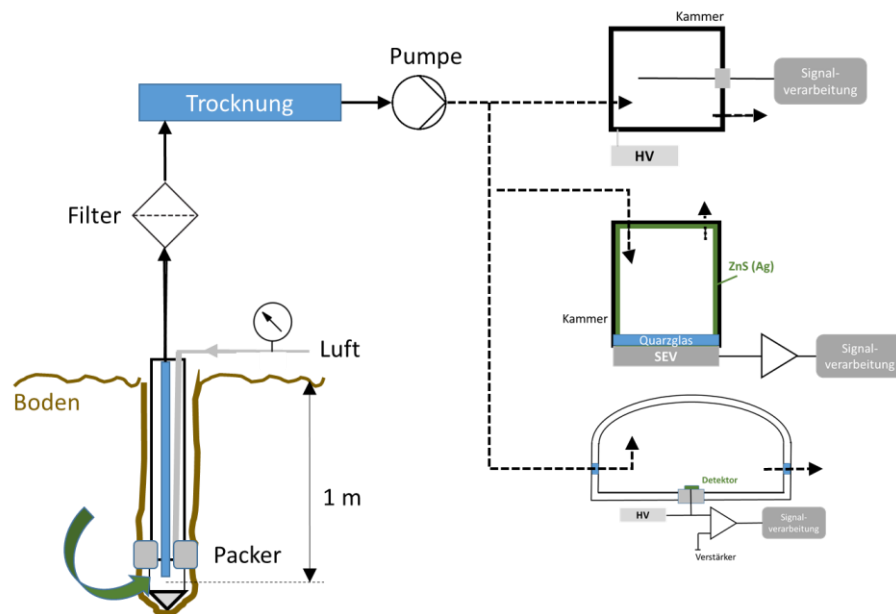
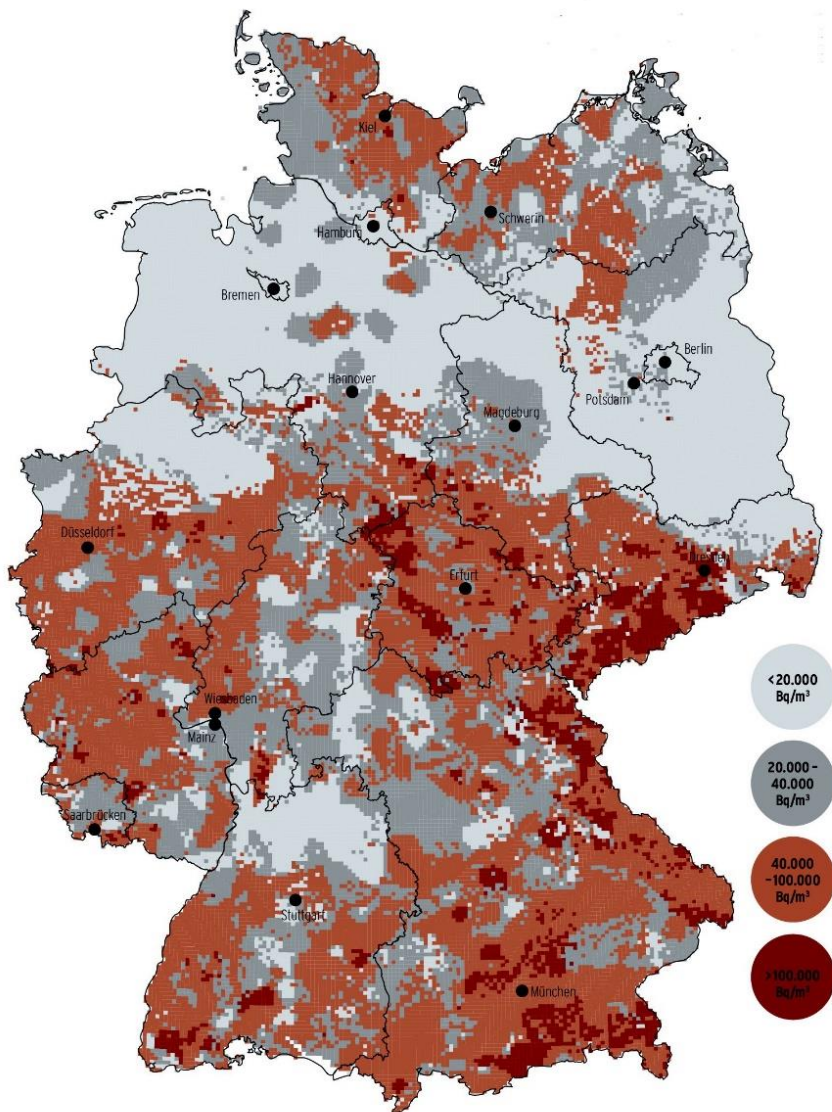
Radon ist gasförmig:

Messwert ist daher eine
Aktivitätskonzentration
(kurz: **Radonkonzentration**)
Einheit: $[Bq/m^3]$

Grafik: Kemski

-> Radon in der Bodenluft (Standard: 1m Tiefe)

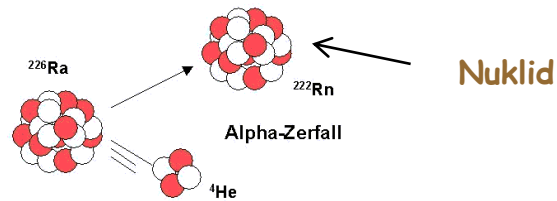
Radonaktivitätskonzentration in der Bodenluft



Karte: bfs.de



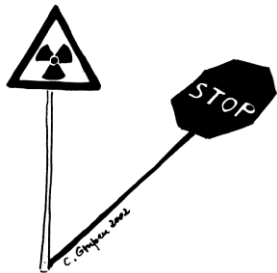
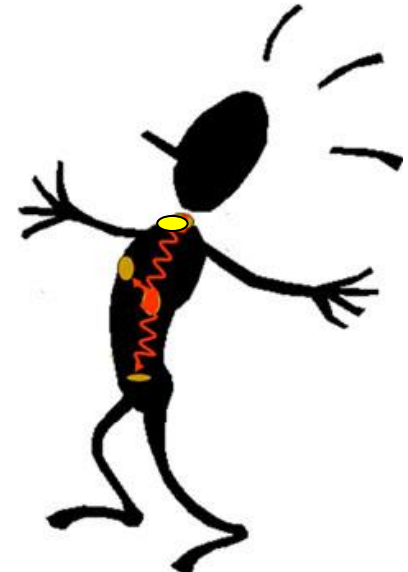
Messung und Wirkung



Quelle: Aktivität

1 Zerfall/s = 1 Bq (Becquerel)

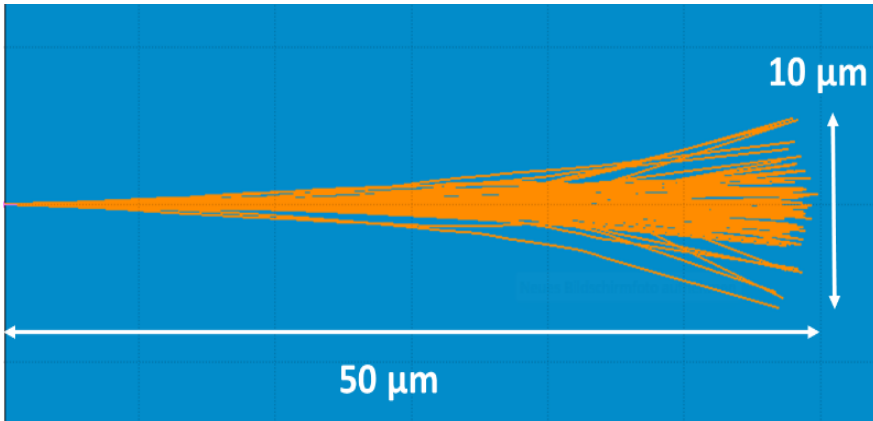
-> gut messbar



-> Biologische Wirkung: Dosis [mSv]

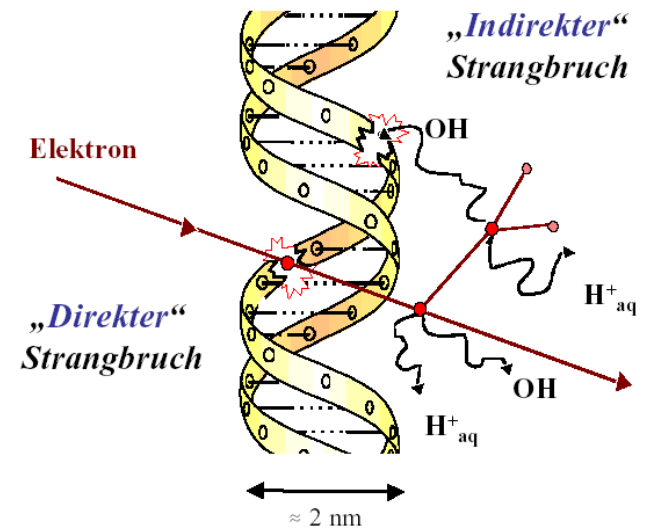
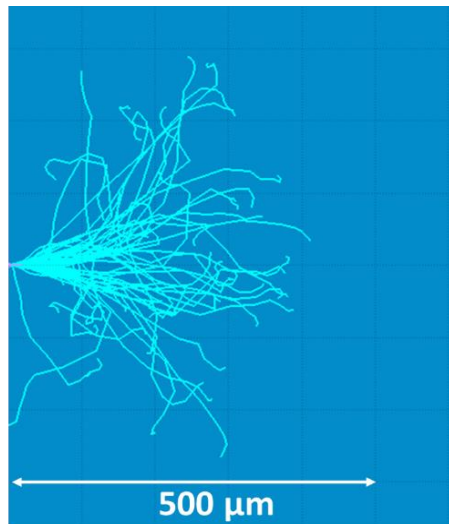
© by Claus Grupen

Problem: Alphastrahler (1)



Reichweite von Alphastrahlen (oben) und Elektronen (unten) in Wasser

$E_{\text{Alpha}} = 6 \text{ MeV}$ (entspricht etwa der Energie der Radonzerfallsprodukte); zum Vergleich: $E_{\text{Beta}} = 1 \text{ MeV}$

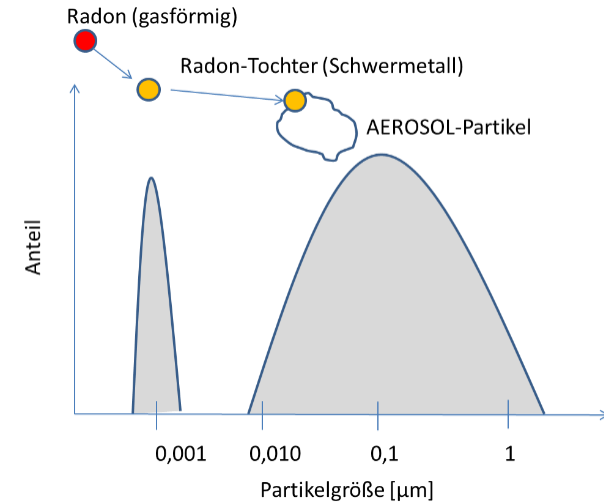
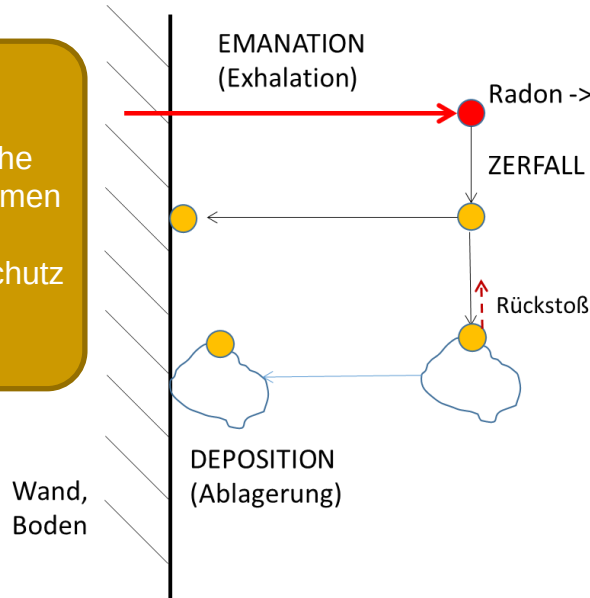


Beachte:

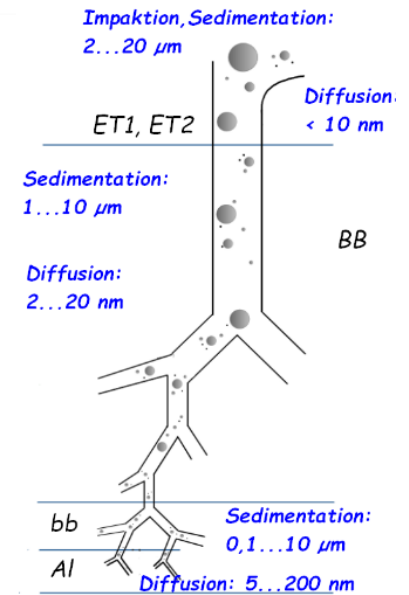
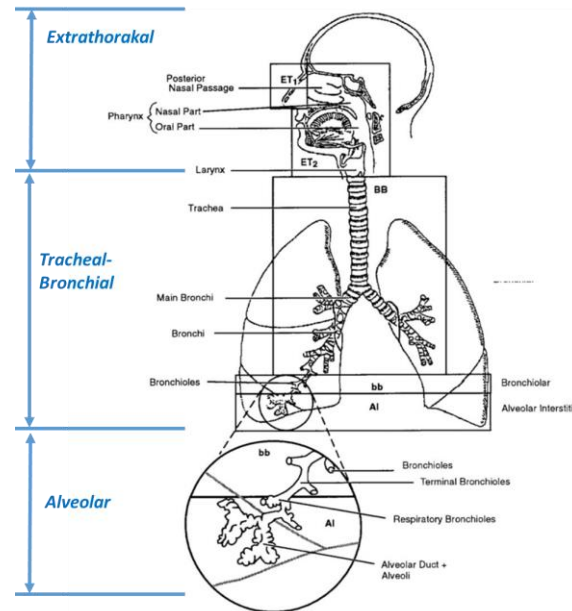
Alpha = Dicht ionisierende Strahlung !

Problem: Alphastrahler (2)

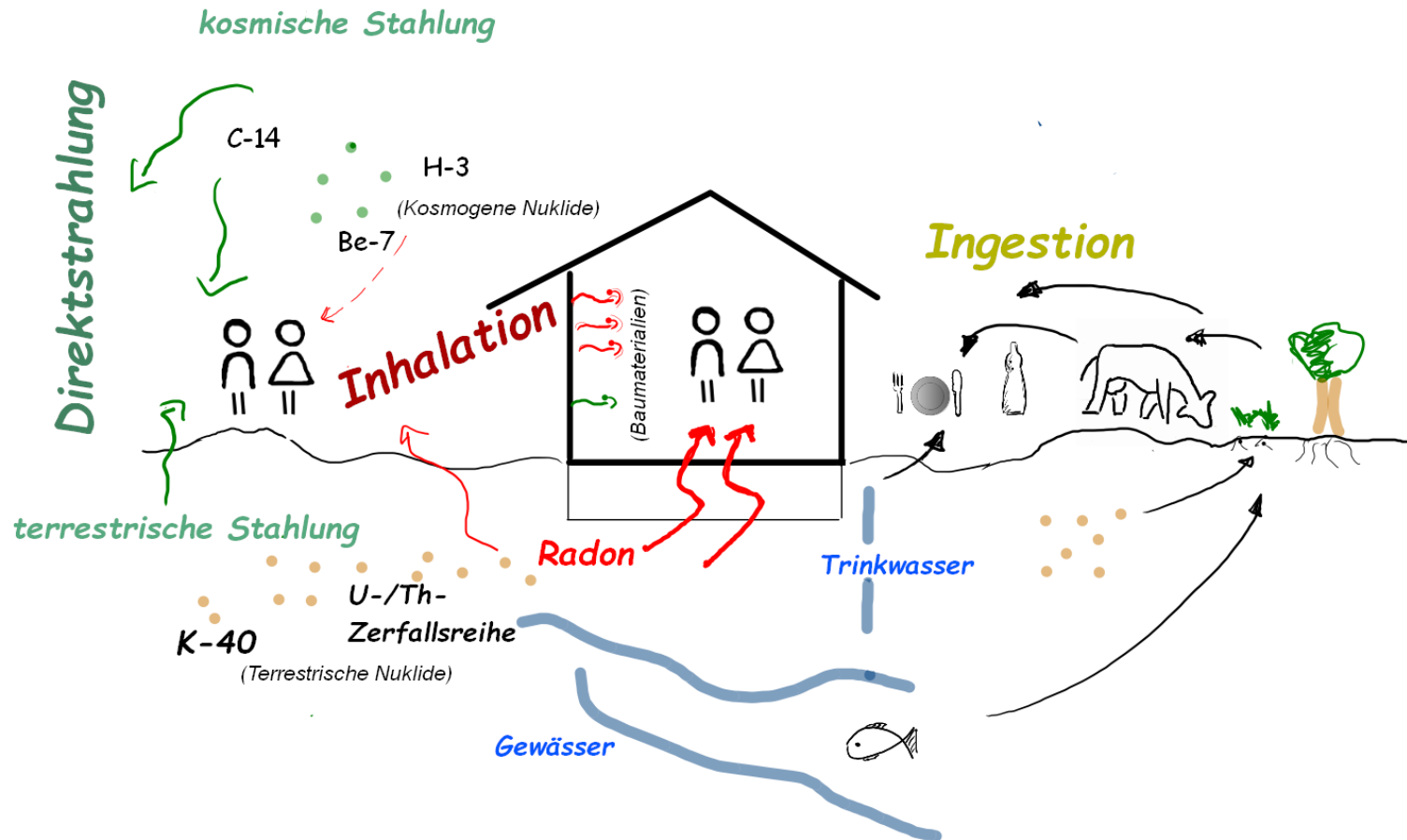
Bauliche
Maßnahmen
zum
Radonschutz

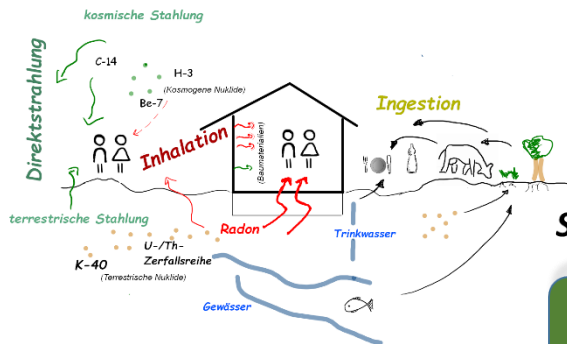


Radon und Radon-Folgeprodukte
Partikel/Aerosolgrößen
Angelagert / nicht angelagert



Zusammenfassung: Natürliche Strahlenexposition





Strahlenexposition in Deutschland, Angaben in mSv pro Kalenderjahr

Radon:
ca. 90% der Dosis
durch die
 Folgeprodukte (!)

Thoron: i.a.
vernachlässigbar
(Anteil < 10%)

Terrestrisch:
0,4 mSv

Kosmisch:
0,3 mSv

Ingestion
0,3 mSv

Radon
Radon-FP
1,1 mSv
(Innen ~ 0,9 mSv
Aussen ~ 0,2 mSv)

Haushalt ~ 0,02 mSv

Fallout < 0,01 mSv

Tschernobyl

Fukushima < 0,02 mSv

Kerntechnik; < 0,01 mSv

Medizin
1,7 mSv

davon
Röntgen/CT
1,6 mSv



0,05 mSv
311.000



0,62 mSv
37800



0,14 mSv
70600

Rn 1,3 mSv
NORM 800

Beruf: 0,11
420.000

Bevölkerung

(Daten für 2020)

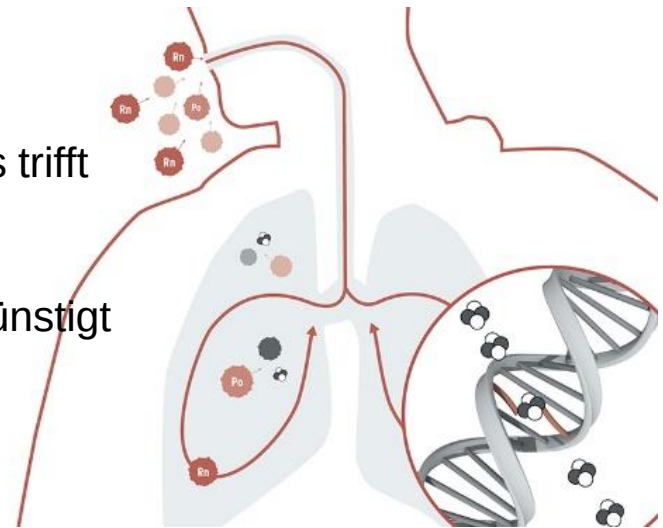
Berufliche Strahlenexposition:

obere Zeile - mittlere Dosis; untere Zeile - Anzahl der Beschäftigten



Zusammenfassung Biologische Wirkmechanismen:

- Radon (Edelgas!) wird zum größten Teil wieder ausgeatmet
- Atemluft enthält Radonzerfallsprodukte (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po ...) (überwiegend an in der Luft befindliche Aerosole / Staubteilchen angelagert).
- Ablagerung und radioaktiver Zerfall im Atemtrakt.
- Entstehung energiereicher Alphastrahlung, die die strahlenempfindlichen Zellen des Bronchialepithels trifft
 - ⇒ hohe biologische Wirksamkeit
 - ⇒ Schädigung am Erbgut der Zellen
 - ⇒ Entstehung einer Lungenkrebserkrankung begünstigt



Das einzige bisher nachgewiesene Gesundheitsrisiko durch Radon!

(...von der WHO 1980 als krebserzeugend eingestuft...)

-> die DOSIS wird nicht durch das eingeatmete Radon, sondern durch die kurzlebigen Folgeprodukte bestimmt!

Dosisfaktoren (...für alle die es genau wissen wollen...)

Verordnung zum Schutz vor der schädlichen Wirkung ionisierender Strahlung
(Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) **StrlSchV** - Ausfertigungsdatum: 29.11.2018
Geändert durch Art. 1 V v. 27.3.2020 I 748
Ersetzt V 751-1-8 v. 20.7.2001 I 1714; 2002 I 1459 (StrlSchV 2001)

ANLAGE 18, Teil B, 3.

1 mSv

← 0,32 MBq / m³ h (F=0,4)

← 0,71 mJ / m³ h

**50 Bq/m³:
~ 0,9 mSv im Jahr
(Rn ~ 0,05 mSv!)**



Festlegung eines REFERENZWERTES:

-> ...das ist einfacher als immer die Dosis zu berechnen...

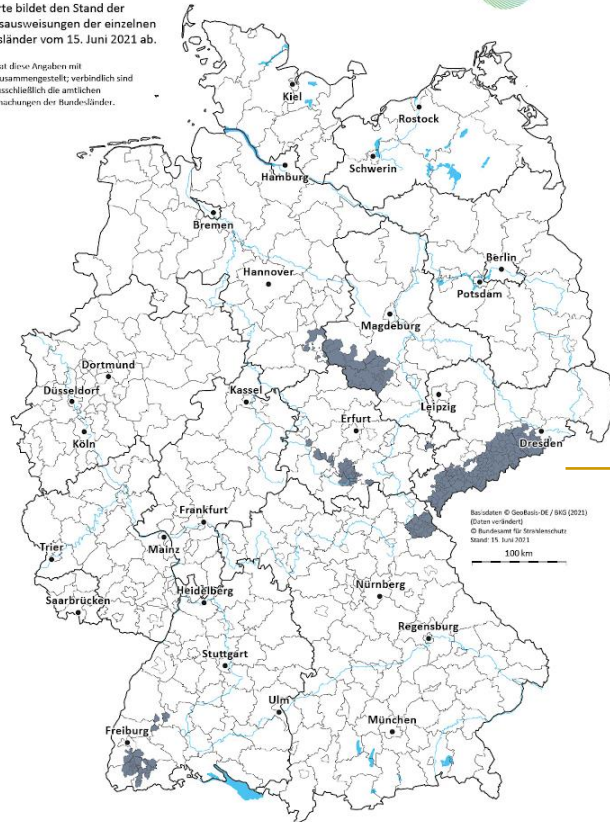
300
Becquerel/m³

Radonvorsorgegebiete

Radon-Vorsorgegebiete

Die Karte bildet den Stand der Gebietsausweisungen der einzelnen Bundesländer vom 15. Juni 2021 ab.

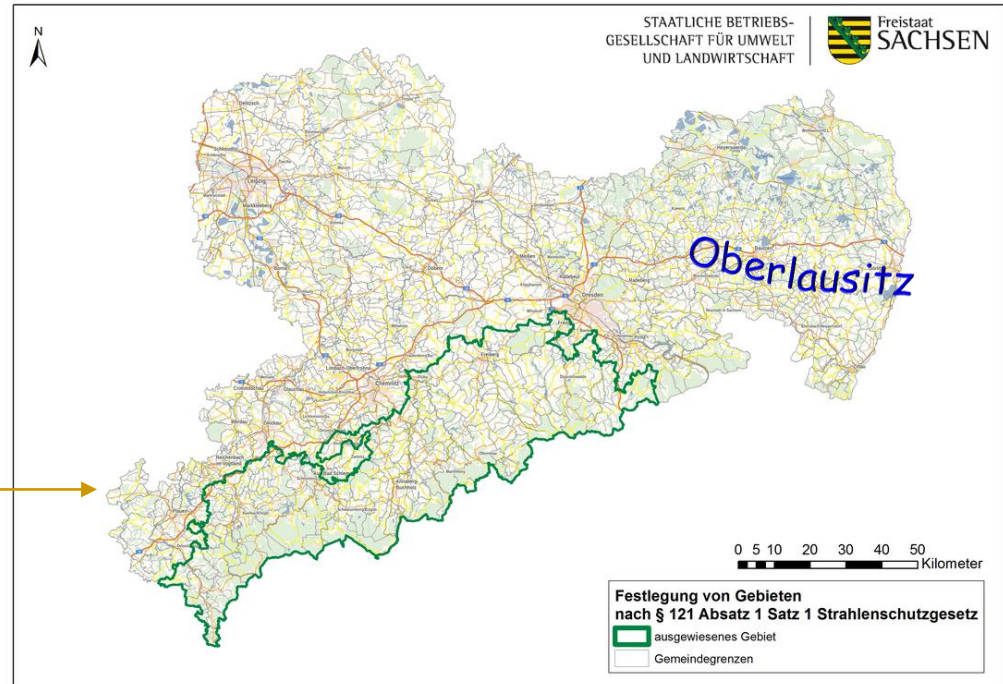
Das BfS hat diese Angaben mit Sorgfalt zusammengestellt; verbindlich sind jedoch ausschließlich die amtlichen Bekanntmachungen der Bundesländer.



Basiskarte © GeoInfo-DE / BKG (2021)
(Daten verändert)
© Bundesamt für Strahlenschutz
Stand: 15. Juni 2021

Radon-Vorsorgegebiet

- Stadt
- Staats-/Ländergrenze
- Landkreisgrenze
- Gemeindegrenze
- Flüsse und Seen



Quelle der Basiskarte: © Staatsbetrieb Geobasisinformation und Vermessung Sachsen (GeoSN), 2020

Außerhalb:

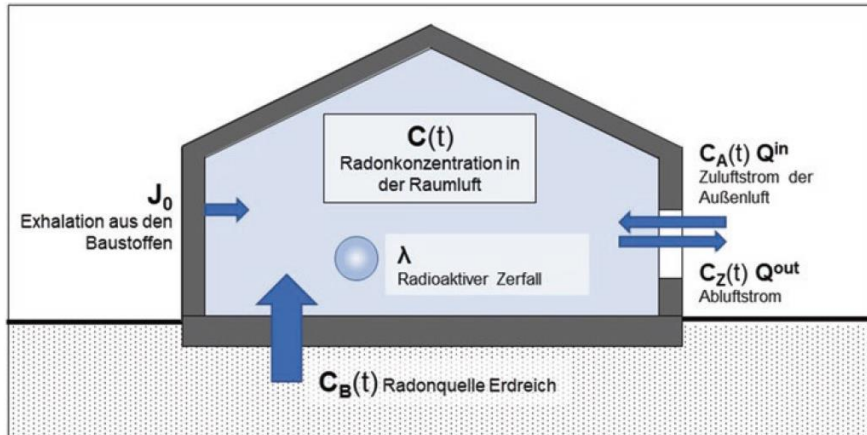
Zusätzlichen Maßnahmen beim Neubau von Gebäuden (§ 123 StrlSchG in Verbindung mit § 154 StrlSchV) sowie Messungen der Radonaktivitätskonzentration an Arbeitsplätzen in Keller- und Erdgeschossräumen (§ 127 StrlSchG) **NICHT** gesetzlich verpflichtend

-> interessant sind hier auch teilunterkellerte Umgebinderhäuser



-> Exhalation aus Baumaterialien?

Simulation mittels Einraummodell



Beiträge ausgewählter Baustoffe zur Radonkonzentration in Räumen auf der Grundlage des Modellraumes (20 m² Grundfläche, 56 m³ Volumen)

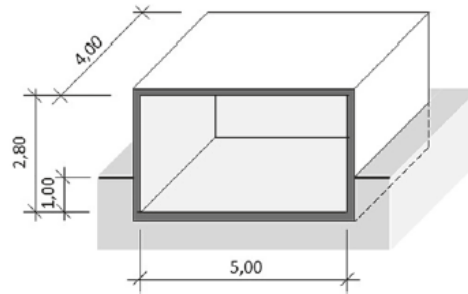
Produkte / Baustoffe	Wertebereich
	Bq/m ³
Fliesen, Gipsprodukte, Kalksandstein, Putze/Mörtel, Estriche, Porenbeton	0 bis 4 Bq/m ³
Ziegel	1 bis 14 Bq/m ³
Zement, Leichtbeton, Beton	1 bis 14 Bq/m ³
Beton und Porenbeton	3,2 bis 3,5 Bq/m ³
Sandstein	3,2 Bq/m ³
Porphyrt	10,6 Bq/m ³
Hüttenschlacke	1,9 Bq/m ³
Naturbims	4,8 Bq/m ³
Naturgips	0,6 Bq/m ³
Chemiegips, Phosphorit	77,6 Bq/m ³

Fazit:
Exhalation aus Baustoffen kann in vielen Fällen vernachlässigt werden; sollte aber nicht generell unbeachtet bleiben 😎

Quelle:
 Uhlig, Schönmath, Kemski:
 Radongeschütztes Bauen
 Springer Nature 2025



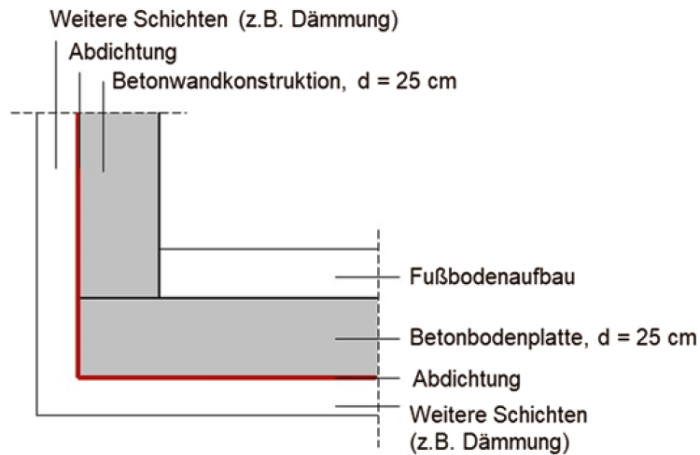
-> Diffusion oder Konvektion?



Modellraum, 20 m² Grundfläche

Beispiel1

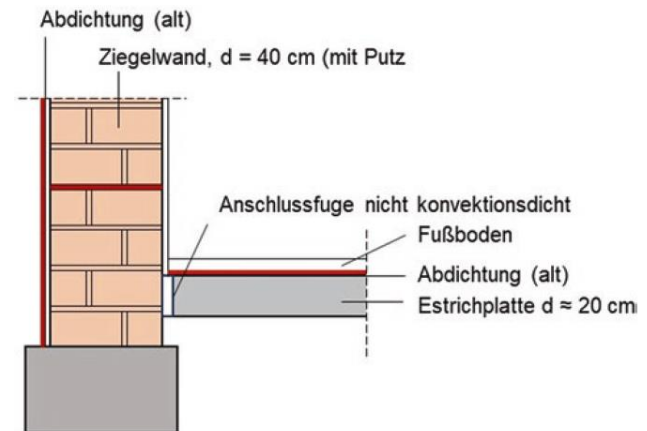
Beispiel 2



1 : 7

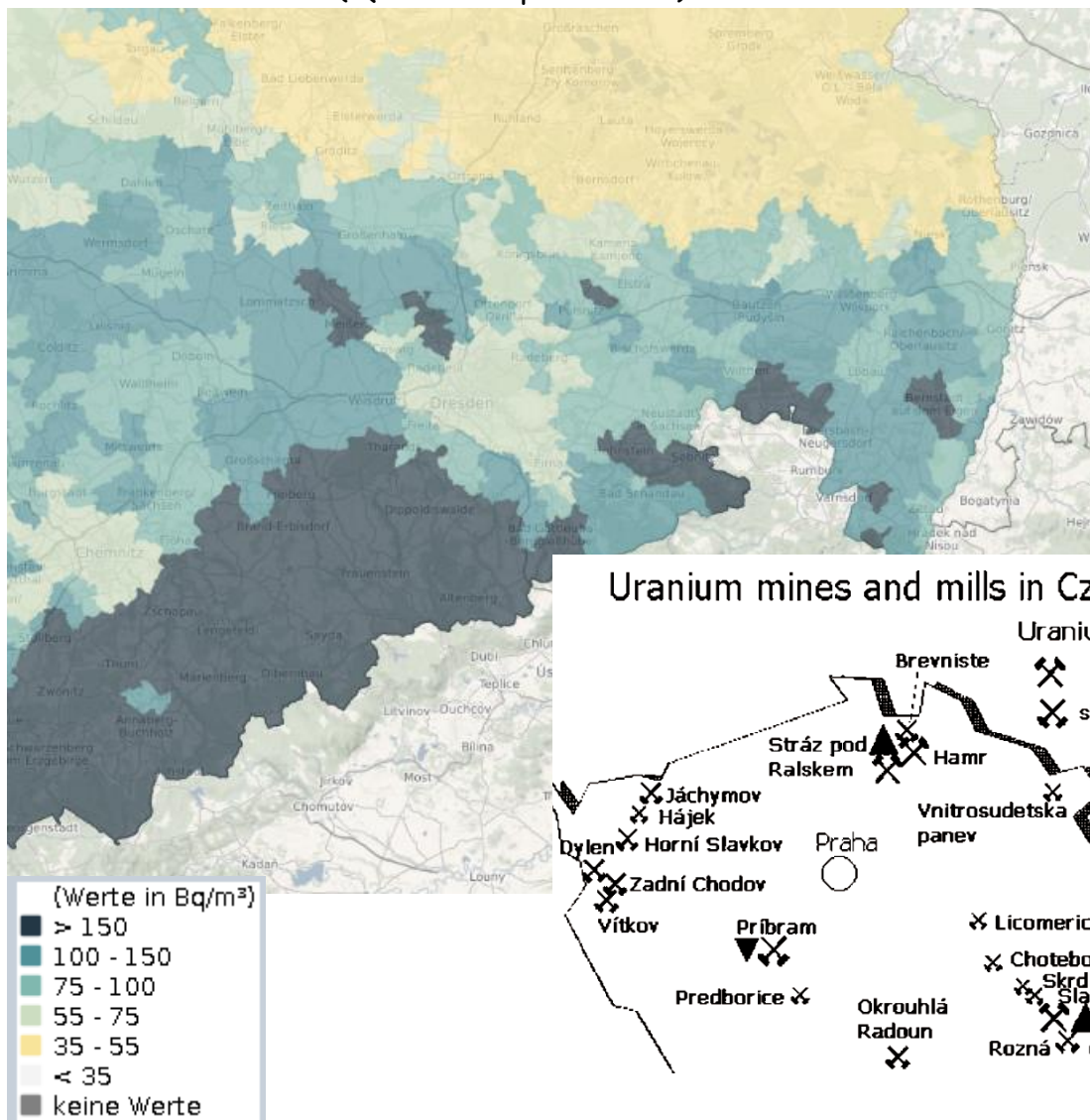
Verhältnis Diffusion : Konvektion:

1 : 25



Quelle:
Uhlig, Schönmath, Kemski:
Radongeschütztes Bauen
Springer Nature 2025

Prognostizierte Werte der Radon-Aktivitätskonzentration in Wohnräumen (Quelle: Geoportal BfS)



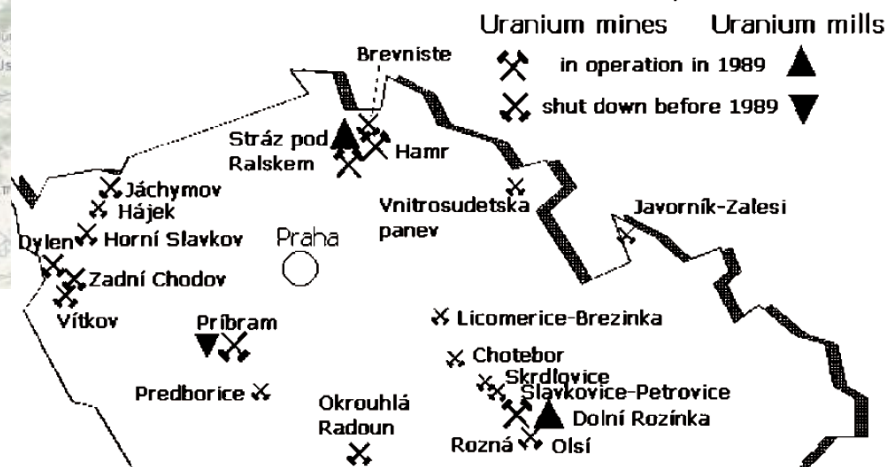
Dieter Engelage



Im Visier der Uran-Sucher

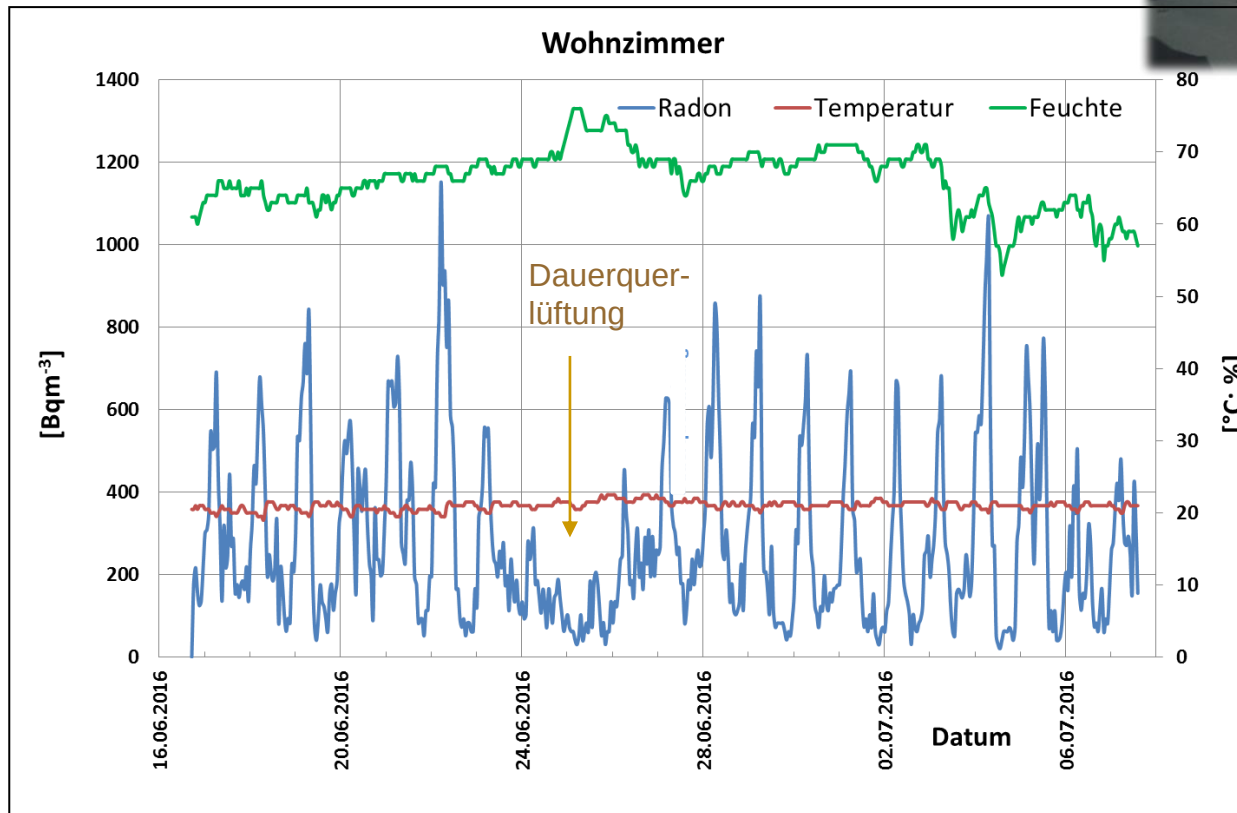
40 Jahre Uran-Erkundung
in der Oberlausitz

Uranium mines and mills in Czech Republic



Ausgewählte Ergebnisse: Gebäude Stadtrand Zittau

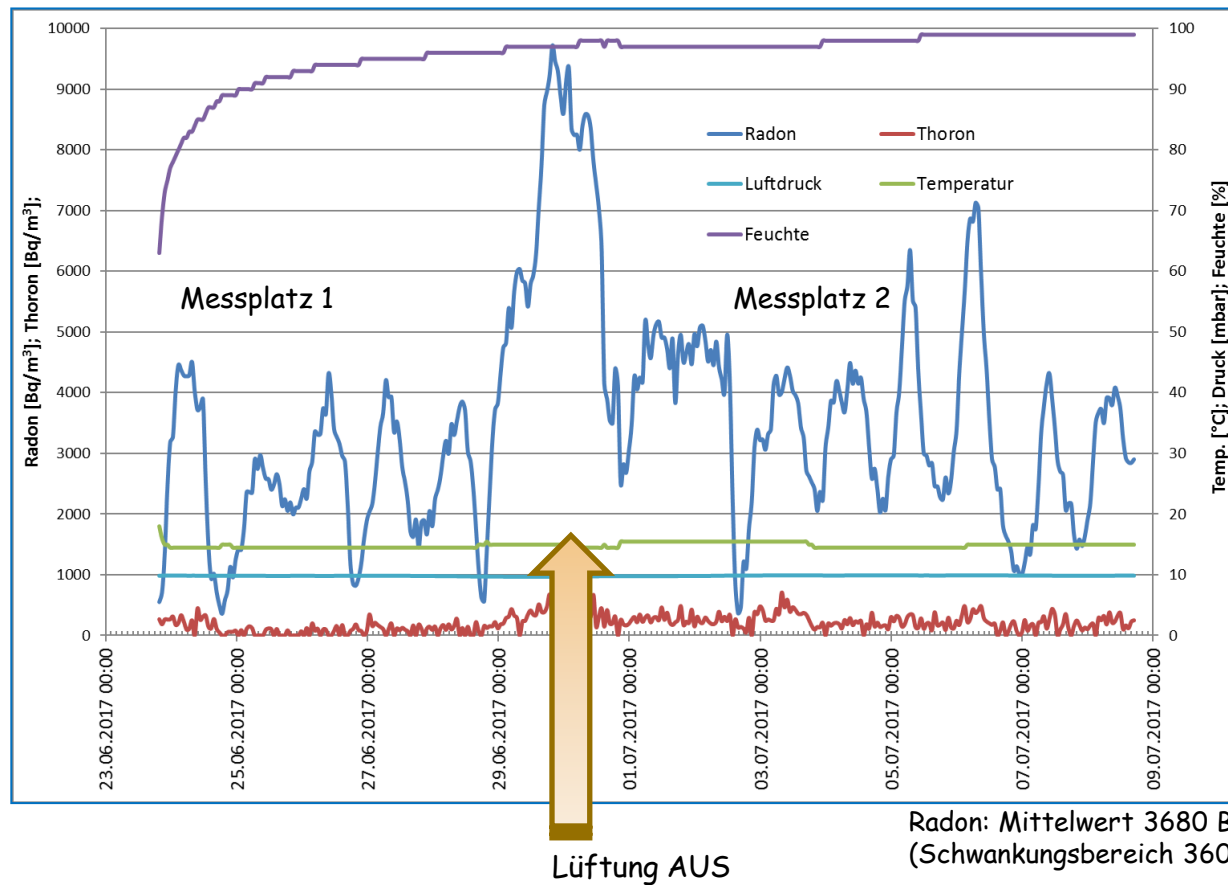
Baujahr: 1780;
befindet sich im Bereich ehemaliger Grubenbaue bzw.
Hohlraum- und Verdachtsgebiete



Aufenthaltsraum: Mittelwert 260 Bq/m³
(Schwankungsbereich 20...1150 Bq/m³)

Ausgewählte Ergebnisse: Gebäude Altstadt Bautzen

Stadthaus Bautzen, Tiefkeller Gewölbe mit Ziegel/Granit
Kellerboden: vermutlich Schutt aus Zeit des 30jährigen
Krieges (?)



Radon: Mittelwert 3680 Bq/m³
(Schwankungsbereich 360...9180 Bq/m³)

Thoron: Mittelwert 210 Bq/m³
(Schwankungsbereich <50...710 Bq/m³)

...Referenzwert 300 Bq/m³ überschritten - Was tun??

Don't panic!



Abb: cleanpng.com



...Zielgröße 300 Bq/m³

Maßnahmen (hier: Bestandsgebäude)

- konvektionsdichte Abdichtung (i.a. nicht oder nur teilweise realisierbar)
- Unterdruckverfahren (z.B. Bodenluftabsaugung)
- Lufttechnische Lösungen
- Kombination der Methoden

...Beim Bestandsbau ist i.d.R. immer eine individuelle Lösung erforderlich - wichtig ist daher eine **präzise diagnostische Voruntersuchung**



SOFORTMaßnahmen bei deutlicher Überschreitung Richtwert:

- Erhöhung des Luftwechsels in Aufenthalts- und Arbeitsräumen
- Einschränkung der Raumnutzung
- Abschottung hochbelasteter Gebäudebereiche
- Verschluss offensichtlich sichtbarer Risse und Undichtheiten in der erdberührten Gebäudehülle.

...Zielgröße 300 Bq/m³

Beispiel nach BAG Wegleitung Radon (2023, CH):

Maximale Sanierungsfristen in Abhängigkeit von der gemessenen Radonkonzentration sowie der typischen Raumnutzung

Gemessene Radonaktivitätskonzentration [Bq/m ³)	Maximale Sanierungsfristen in Abhängigkeit von der Raumnutzung ¹⁾ bis 3)		
	Räume mit langem Personenaufenthalt (mehr als 30 Std/ Woche)	Räume mit kurzem Personenaufenthalt (15 bis 30 Std/Woche)	Räume mit nur gelegentlichem Personenaufenthalt (unter 15 Std/Woche)
>300 bis 600	10 Jahre	30 Jahre	Keine Maßnahmen notwendig
>600 bis 1.000	3 Jahre	10 Jahre	
>1.000 bis 3.000	1 Jahr	3 Jahre	
>3.000	< 1 Jahr (Planung sofort beginnen)	1 Jahr	



...

- Messergebnisse bestätigen vorliegende Informationen zum geologischen Untergrund -> *Details von U. Heidrich*
- Referenzwert kann in vielen Fällen eingehalten bzw. kann durch einfache Lüftungsmaßnahmen unterschritten werden
- Im Einzelfall: Aktive / Passive Lüftungen - Umfangreiche bauliche Sanierung ist eher nicht notwendig
-> eine detaillierte radiologische Bestandsaufnahme sollte immer die Voraussetzung sein

*Herzlichen Dank
für Ihre
Aufmerksamkeit*

Fragen???

