

## Fachkongress Asbest- und Bauschadstoffe

09. Dezember 2016

# **Radon als Gebäudeschadstoff**

Radonfachstelle Deutschschweiz  
Institut Energie am Bau /Fachhochschule Nordwestschweiz

**Falk Dorusch**

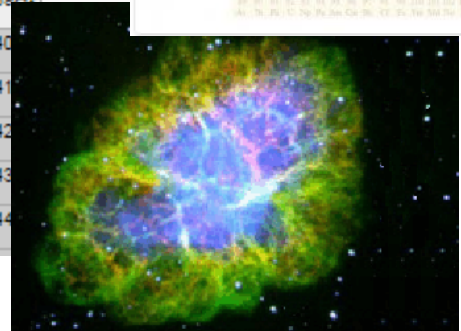
Dipl. Ing. Umwelt- und Strahlenschutz , MAS Energieingenieur



# Radon?

Anzahl Protonen

Anzahl Neutronen

# Was ist Radioaktivität?

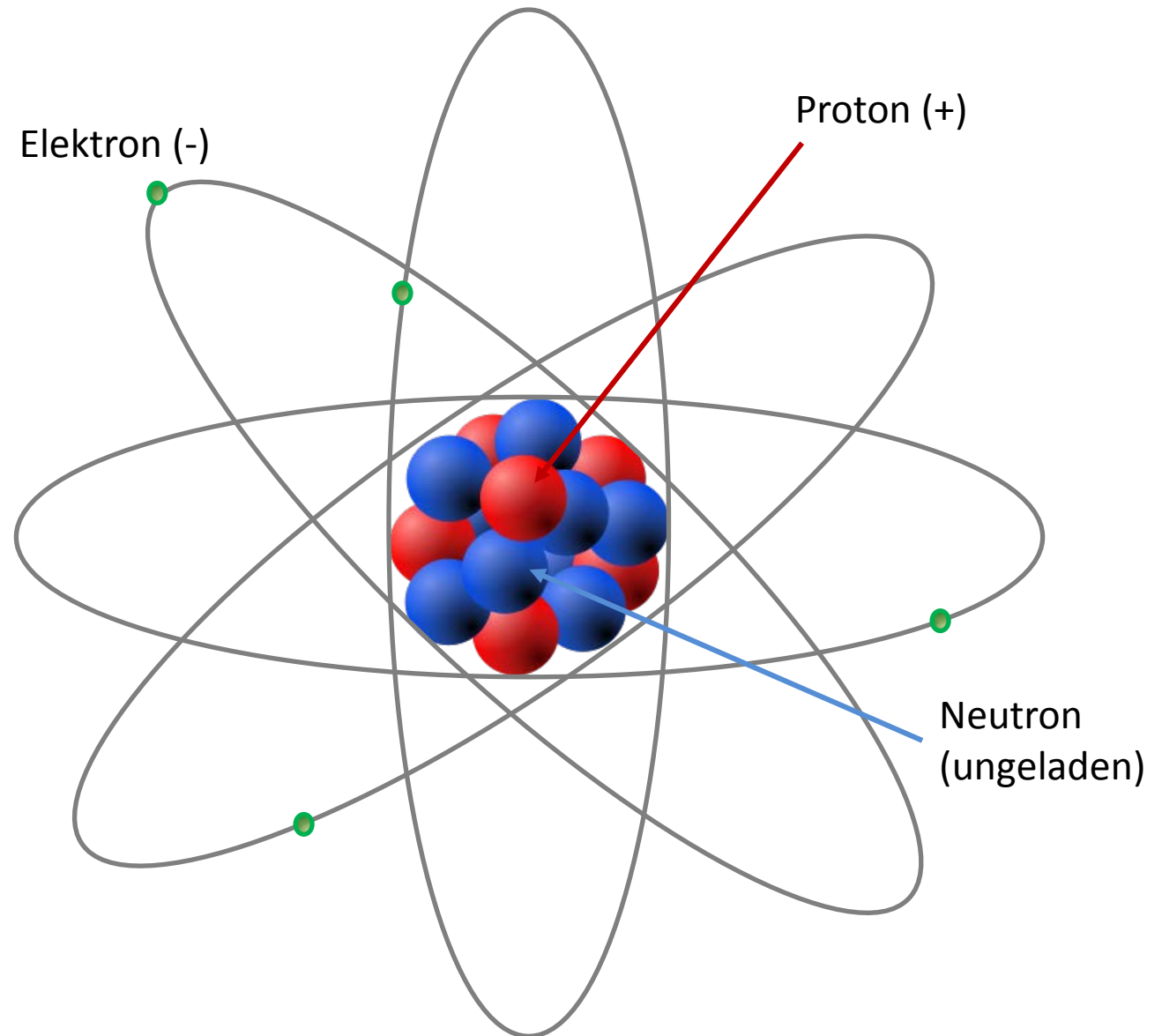
...ist eine **natürliche Eigenschaft** instabiler Atomkerne, spontan unter Abgabe von Energie Umwandlungen in andere Atomkerne auszuführen, bis ein **stabiler Zustand** erreicht ist.

..ist erkennbar an der Aussendung von energiereichen Teilchen oder Wellen,  
**(Ionisierende Strahlung)**

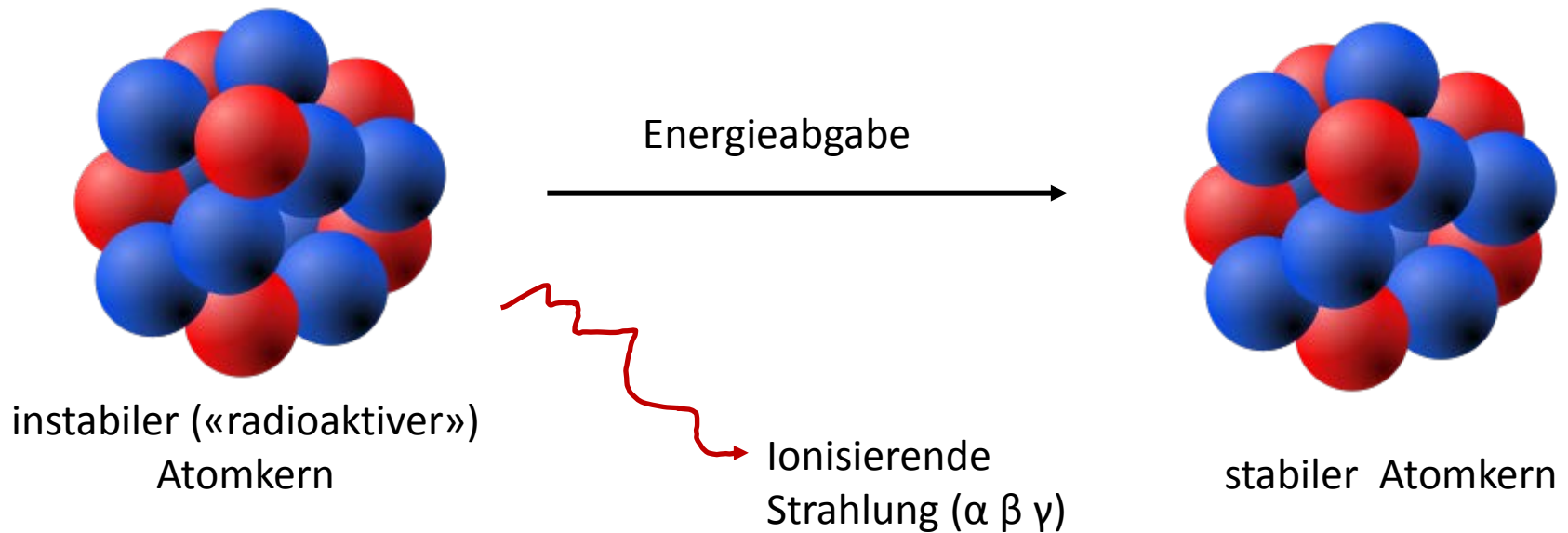
- 1896: Henri Becquerel: Uransalze senden Energie aus
- 1898: Marie Curie prägte den Begriff «radioactivité»

# Atom

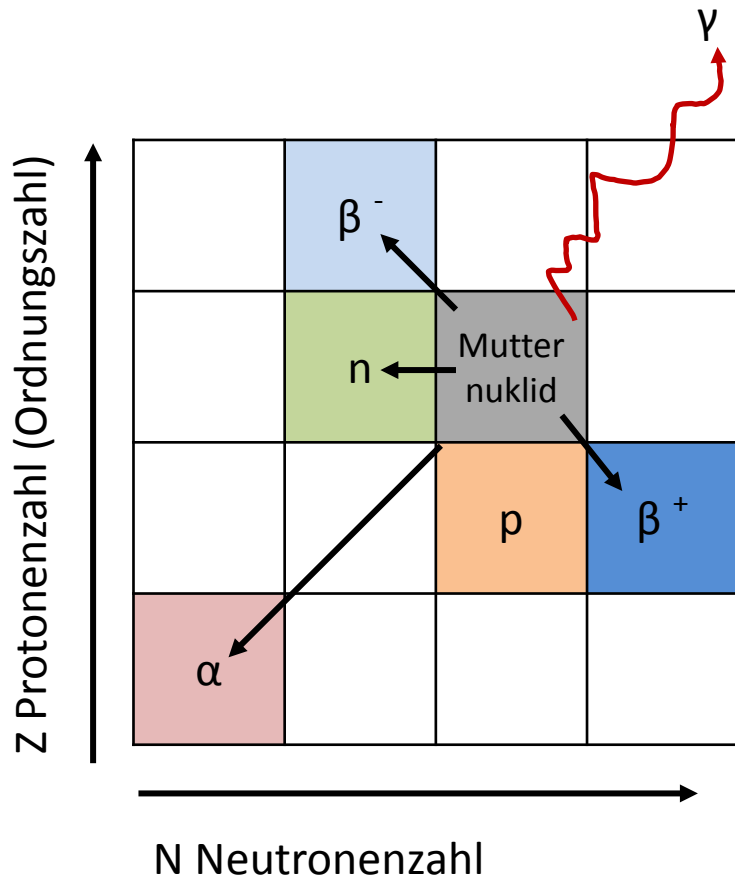
## Bohr'sches Atommodell



# Formen der Radioaktivität

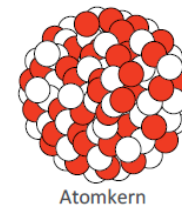


# Formen der Radioaktivität



Alpha-Strahlung

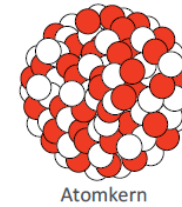
$\alpha$



positiv geladenes Teilchen  
(Heliumkern)  
massenreiches Teilchen

Beta-Strahlung

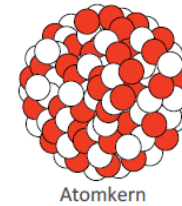
$\beta$



negativ geladenes Teilchen  
(Elektron)  
7350 mal geringere Masse  
als Alpha-Teilchen

Gamma-Strahlung

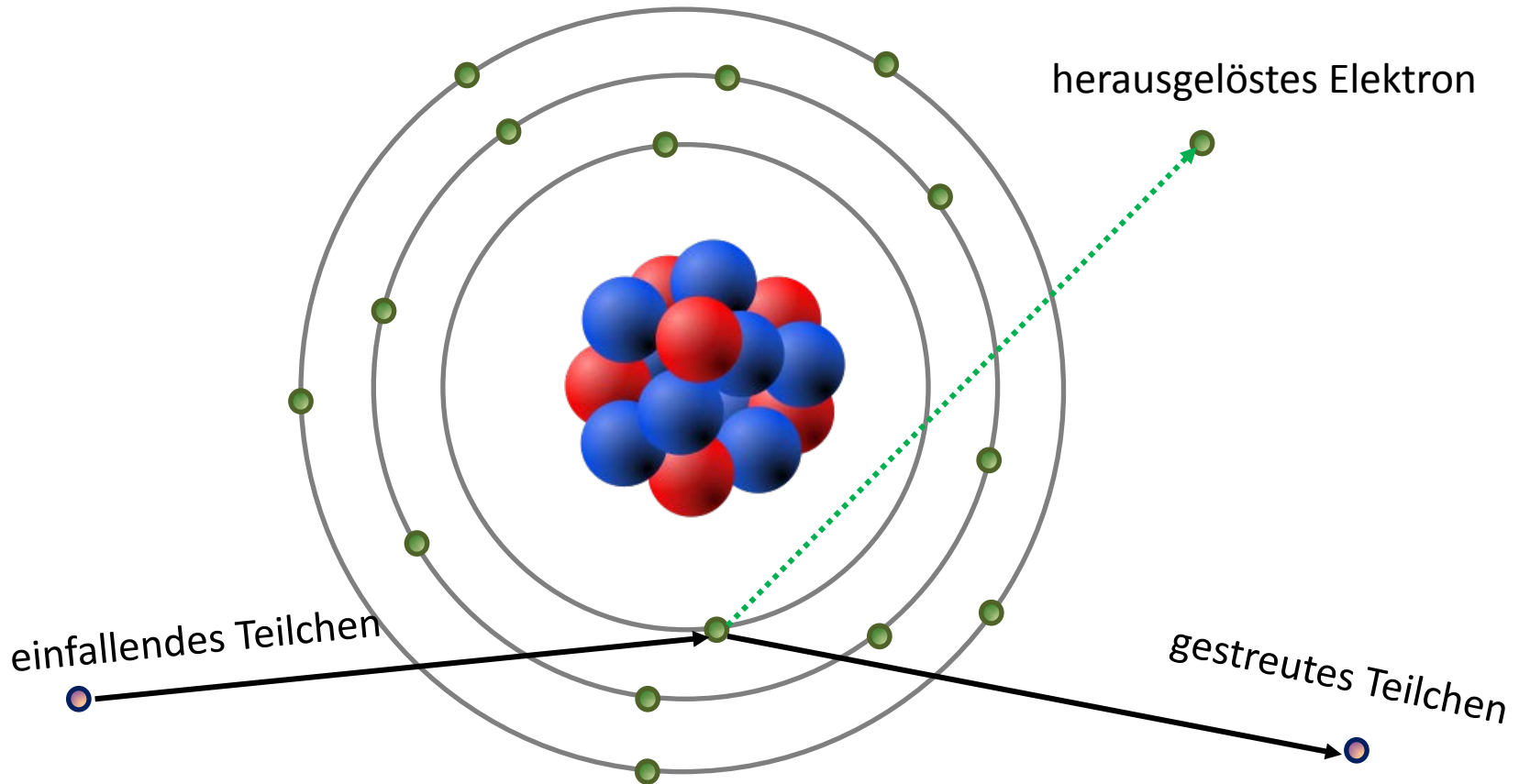
$\gamma$



ungeladene Wellenstrahlung  
(Photon)  
keine Masse

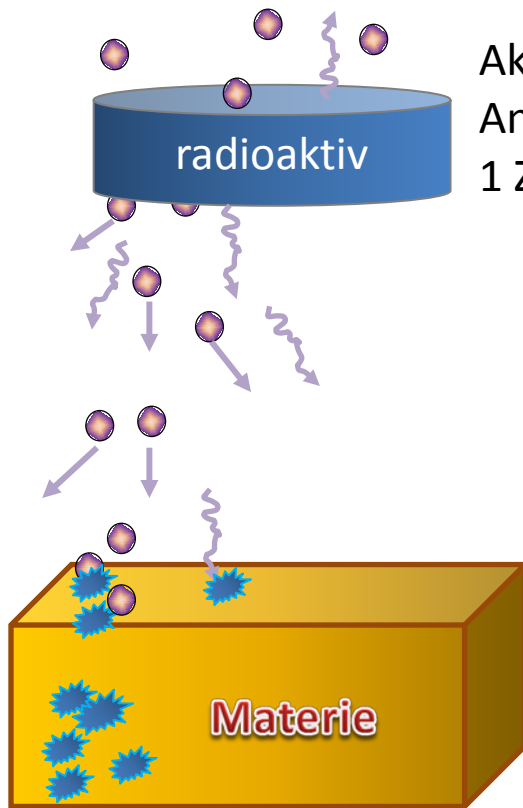
# Ionisierende Strahlung

...verfügt über genügend Energie, um Elektronen aus der Hülle eines Atoms herauszulösen.



vormals neutral geladene Atome werden zu positiv geladenen Ionen

# Aktivität & Dosis



## Aktivität

Anzahl der Zerfälle (Kernumwandlungen) pro Sekunde  
 $1 \text{ Zerfall/s} = 1 \text{ Bq (Becquerel)}$

## Dosis

Energieeintrag der Strahlung (Energiedosis D)  
deponierte Energie pro Masseneinheit  
 $1 \text{ Gy (Gray)} = 1 \text{ J/kg}$

## Wirkung der Strahlung (Äquivalentdosis H)

$1 \text{ Sv (Sievert)} = D * w_R$   
( $w_R$  : Wichtungsfaktor)



**Becquerel [Bq]**  
How brightly your  
Cesium glows



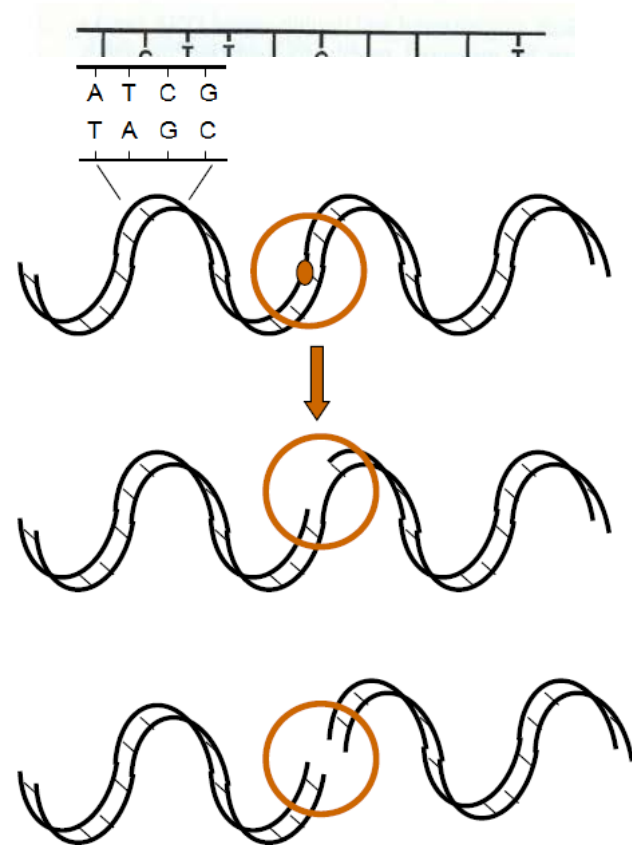
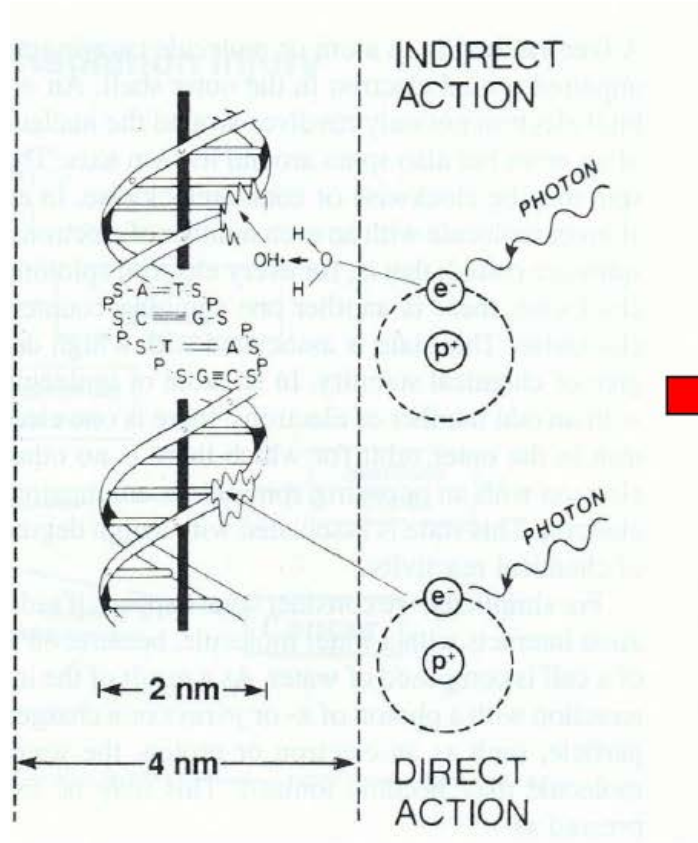
**Gray [Gy]**  
How brightly  
Cesium will make  
you glow



**Sieverts [Sv]**  
How many extra  
eyes will you have  
after glowing?

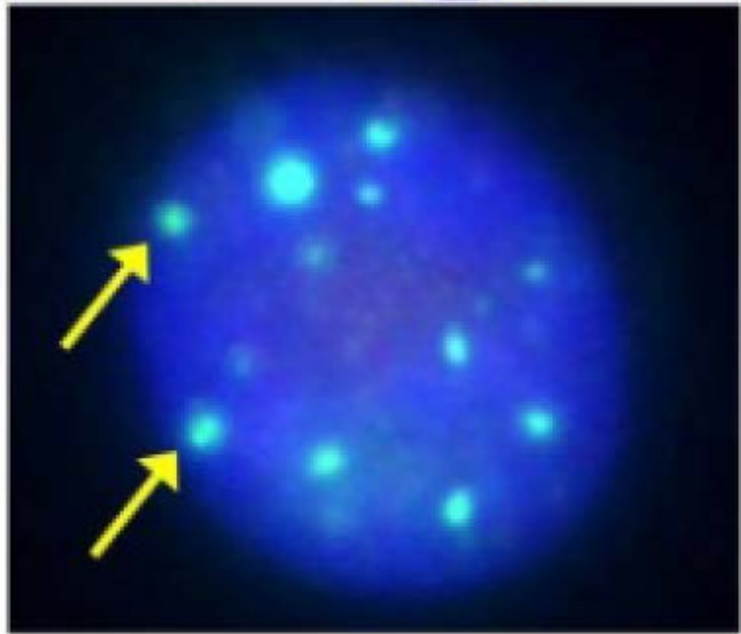
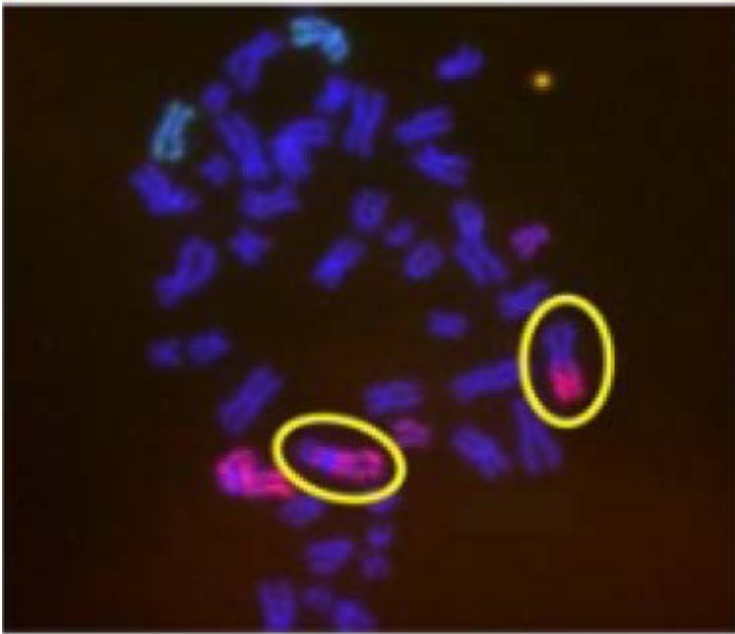


# Strahlenbiologie



Eric J. Hall, Radiobiology for the Radiologist  
6th Ed., Lippincott Williams and Wilkins (2006)

# Strahlenbiologie



# Strahlenbiologie

## Überblick über Meta-Analysen Radon-Lungenkrebs

WHO, Radon Handbook, 2009

Swiss TPH



Studie	Anzahl Fälle	Anzahl Kontrollen	Expositions-dauer (Jahre)	Risikozunahme* (gemessen)	Risikozunahme (Langzeit)
Europa (Darby et al. 2005, 2006)	7 148	14 208	5-35	8 (95% KI: 3, 16)	16 (95% KI: 5, 31)
Nordamerika (Krewski et al. 2005, 2006)	3 662	4 966	5-30	11 (95% KI: 0, 28)	-
China (Lubin et al. 2004)	1 050	1 995	5-30	13 (95% KI: 1, 36)	-
<b>Gewichteter Mittelwert</b>				<b>10</b>	<b>~20</b>

**+10% Lungenkrebsrisiko pro 100 Bq**

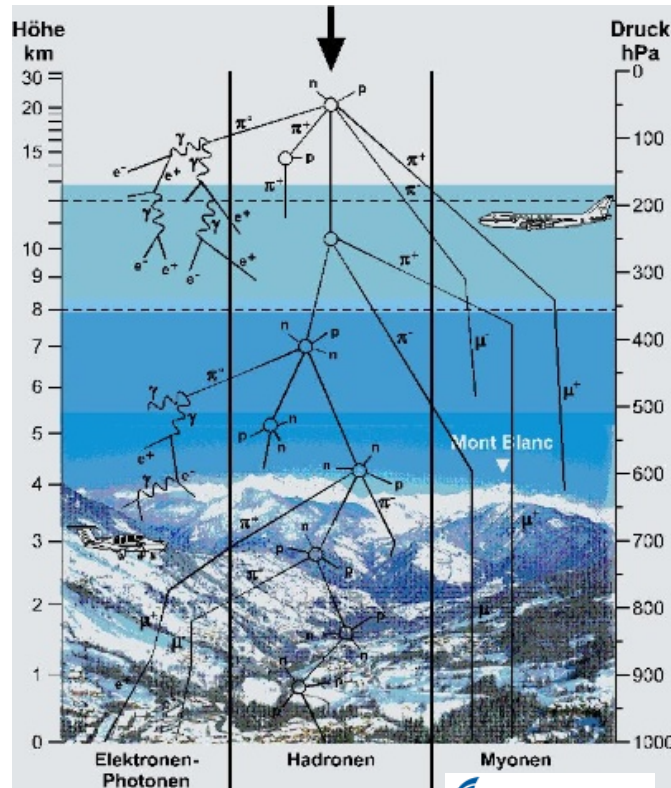
**250-300 radonbedingte Lungenkrebstote pro Jahr in der Schweiz**

# Strahlenquellen

Medizin, AKW...

kosmisch

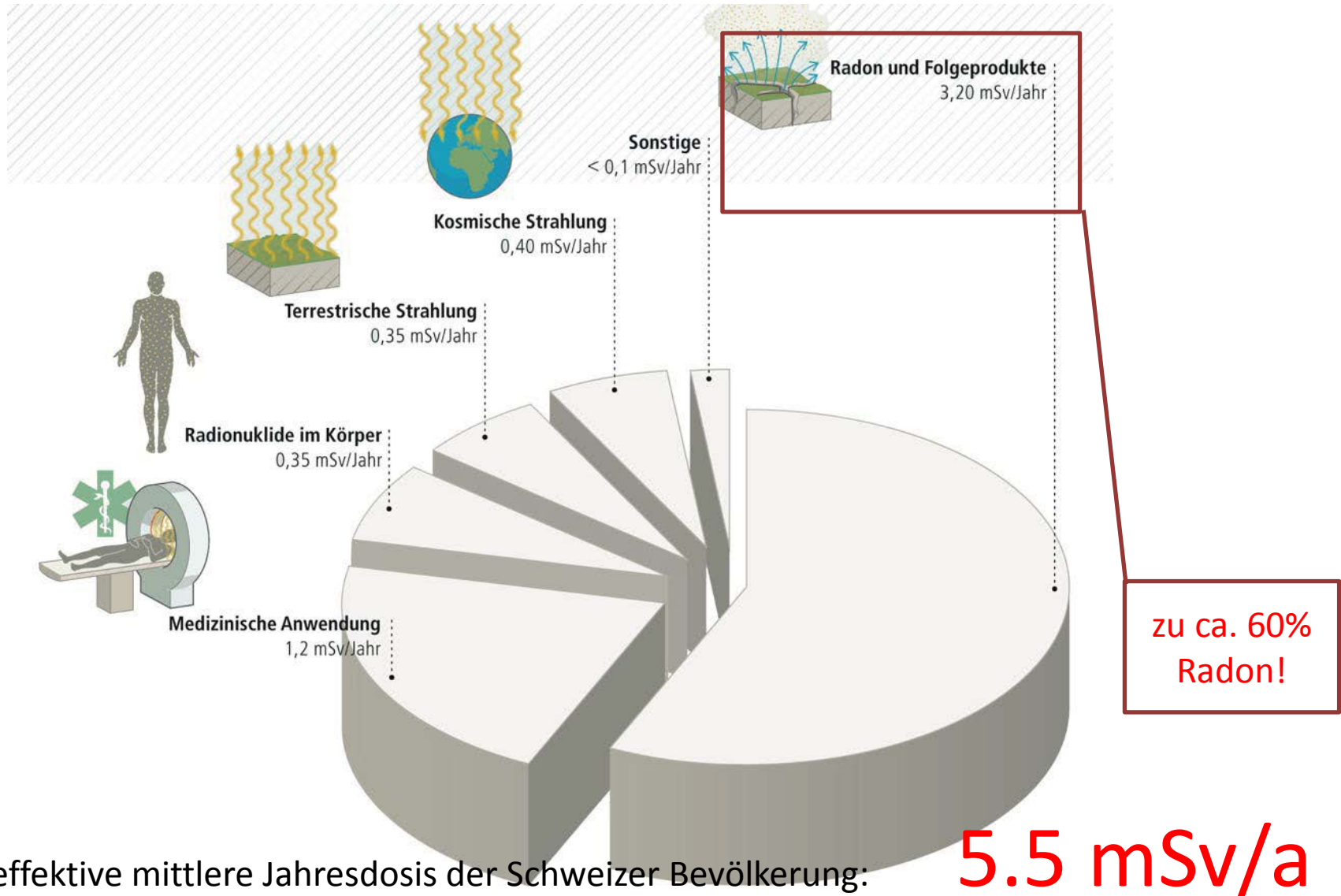
terrestrisch



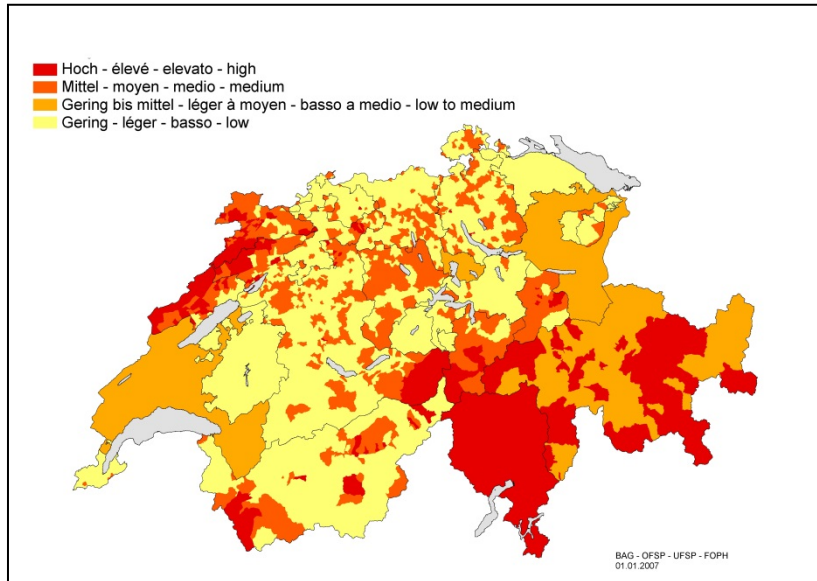
HELMHOLTZ  
ZENTRUM DRESDEN  
ROSSENDORF



# Mittlere Strahlenbelastung CH



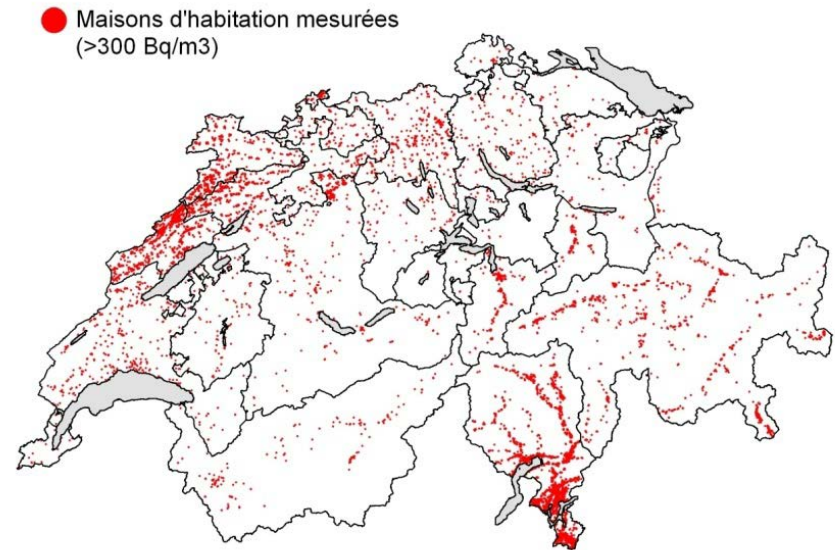
# Wie verteilt sich Radon in der Schweiz?



**ganze Schweiz**

~12% der Bestandsbauten

~8% der Neubauten



~ 150'000 gemessene Gebäude  
davon:

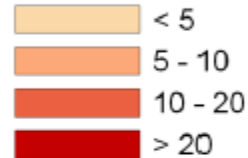
~ 3'000 Gebäude >1000 Bq/m<sup>3</sup>

~12'000 Gebäude > 300 Bq/m<sup>3</sup>

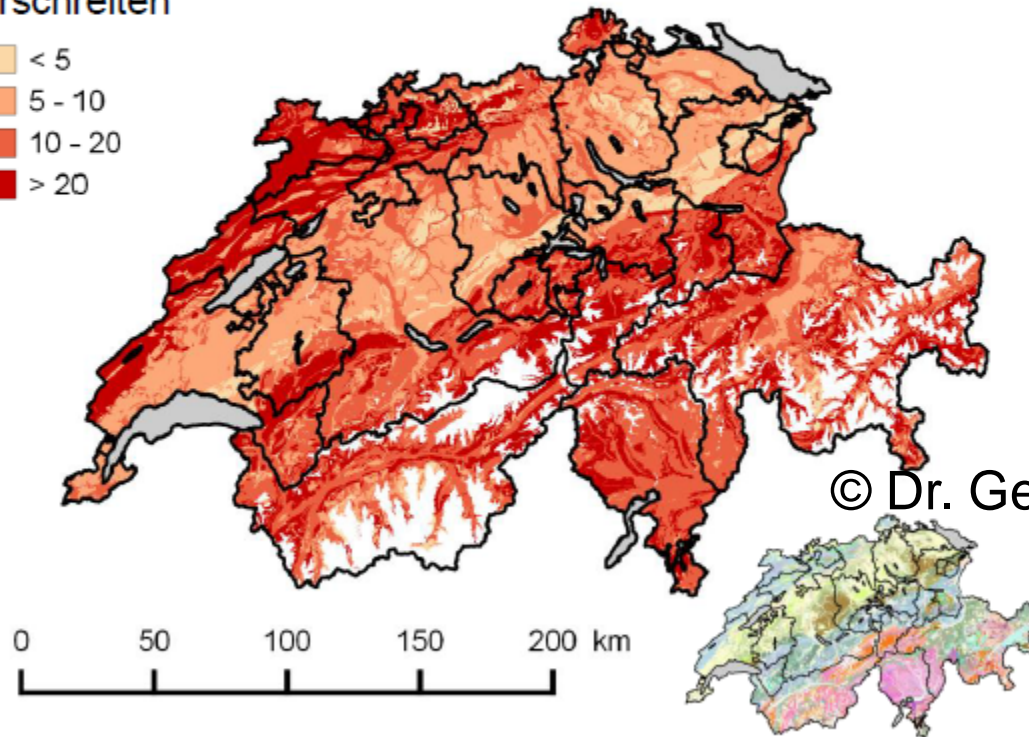
# Radonkartografie der Zukunft

## Geologie basierte Wahrscheinlichkeitsschätzung

Wahrscheinlichkeit **300** Bq/m<sup>3</sup>  
zu überschreiten



**70** geologische  
Einheiten

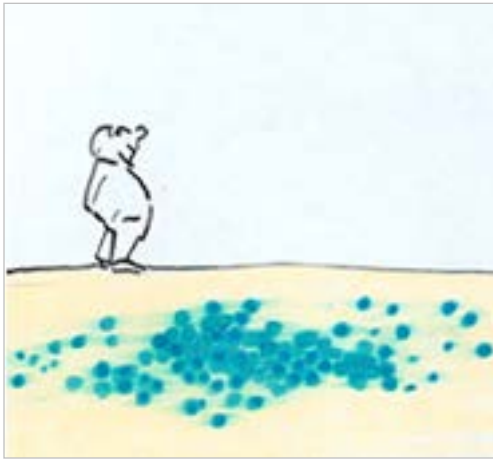


© Dr. Georg Kropat

Ausschluss von geologischen Einheiten mit < 10 Radonmessungen

18

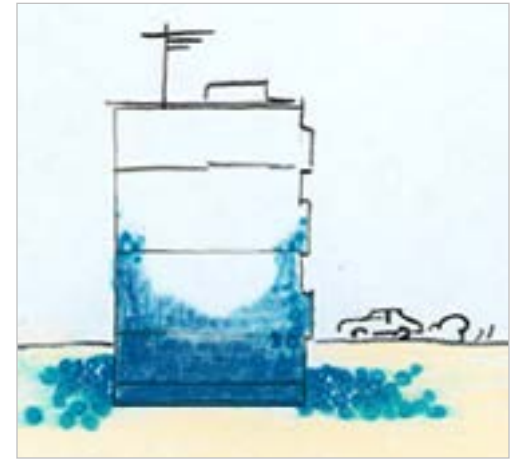
# Wo und wie tritt Radon auf?



Radon entsteht  
im Boden



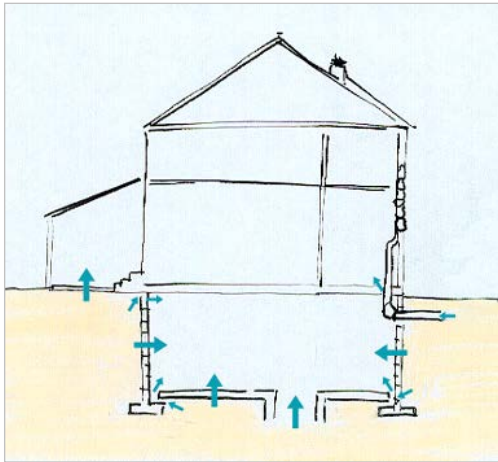
Radon dringt in  
Häuser ein



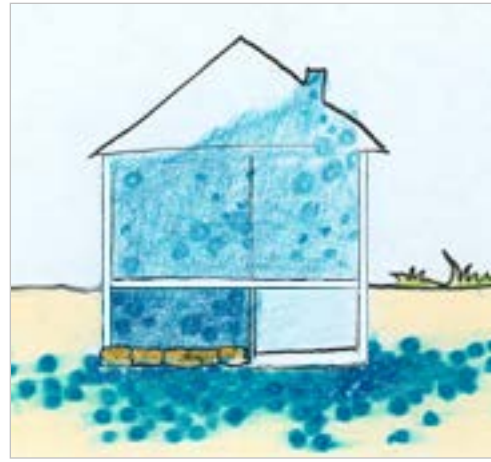
In oberen Stockwerken  
gibt es weniger Radon



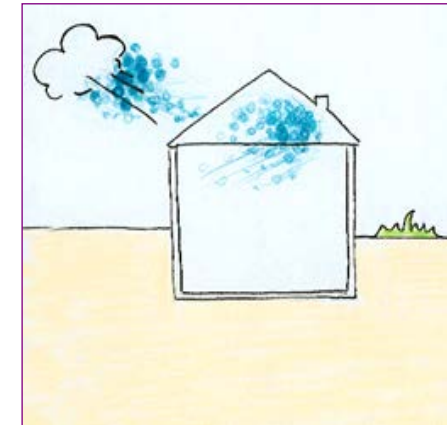
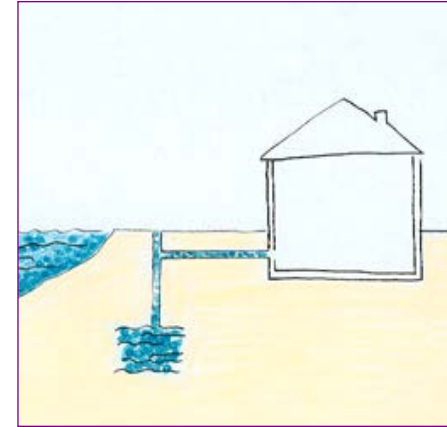
# Radon dringt ins Haus ein



Leckstellen lassen  
Radon ins Haus



Naturboden lässt  
Radon ins Haus



# Rechtliche Situation

## Strahlenschutzverordnung 1994 (2018)

Bisher: Grenzwert 1000 Bq/m<sup>3</sup>

Zukünftig: Richtwert 300 Bq/m<sup>3</sup>



1. Ab 2020 liegen alle Neubauten unter 300 Bq/m<sup>3</sup>
2. Die Radonkonzentration wird korrekt gemessen
3. Die Situation in den bestehenden Gebäuden wird ständig verbessert
4. Für Kinder gilt das Vorsorgeprinzip
5. Personen am Arbeitsplatz dürfen nicht ohne Weiteres über 1000 Bq/m<sup>3</sup> exponiert werden

## SIA-Norm 180 Wärme- und Feuchteschutz

Raumluftqualität -> 19 Erwähnungen „RADON“

Radon wird als Schadstoff anerkannt

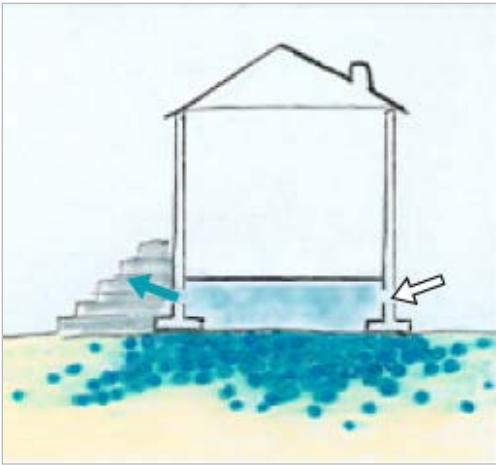
Radonkonzentration unter 300 Bq/m<sup>3</sup>

Wände von erdberührenden Wohnräumen radondicht sein

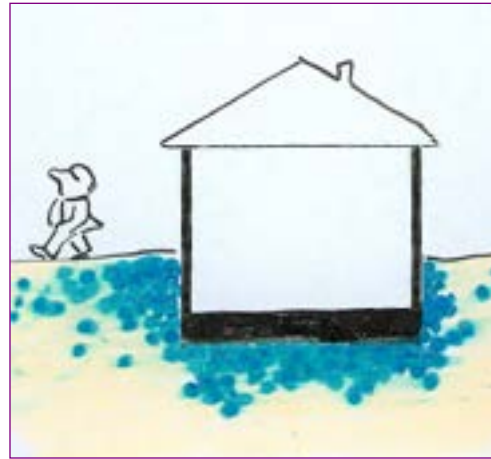
Massnahmen zur Radonprävention bei Planung von Neubauten berücksichtigen



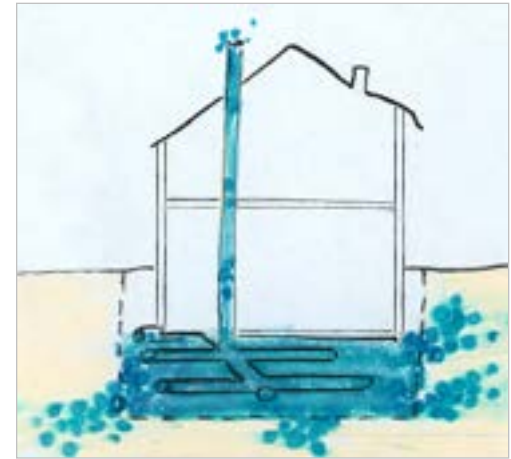
# Radonsichere Neubauten



Luftzirkulation  
unter dem Haus



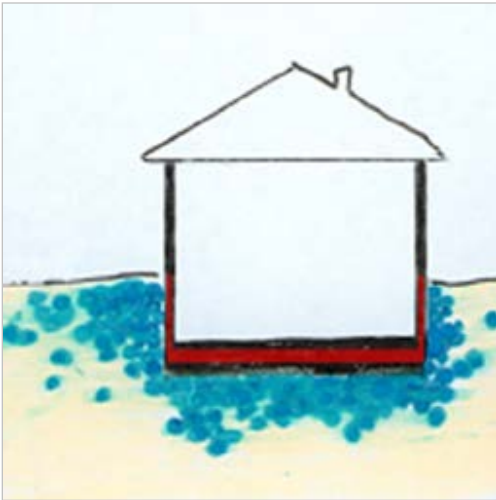
Betonplatte



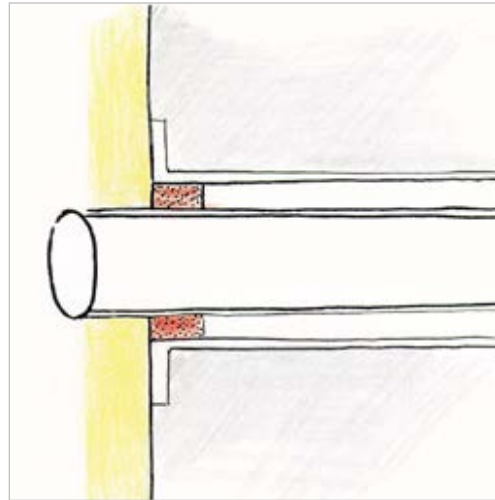
Entlüftung unter  
dem Fundament

# Bestehende Bauten (Schritt 1)

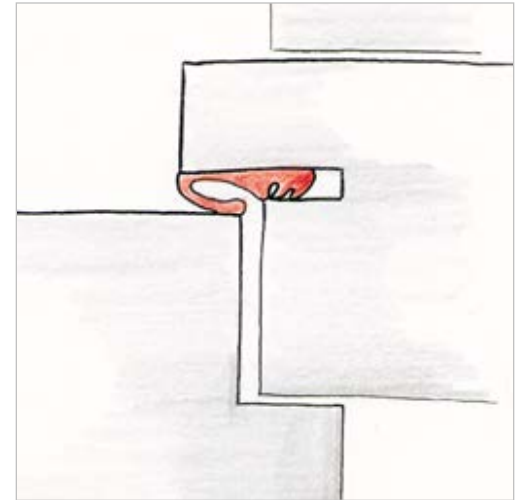
## Abdichtungsmaßnahmen



Dichtungsbahnen  
Raumseitige  
Flächenabdichtung



Abdichtung von  
Durchführungen,  
Löchern und Rissen



Dichten von Türen,  
Reinigungsöffnungen  
u.Ä.

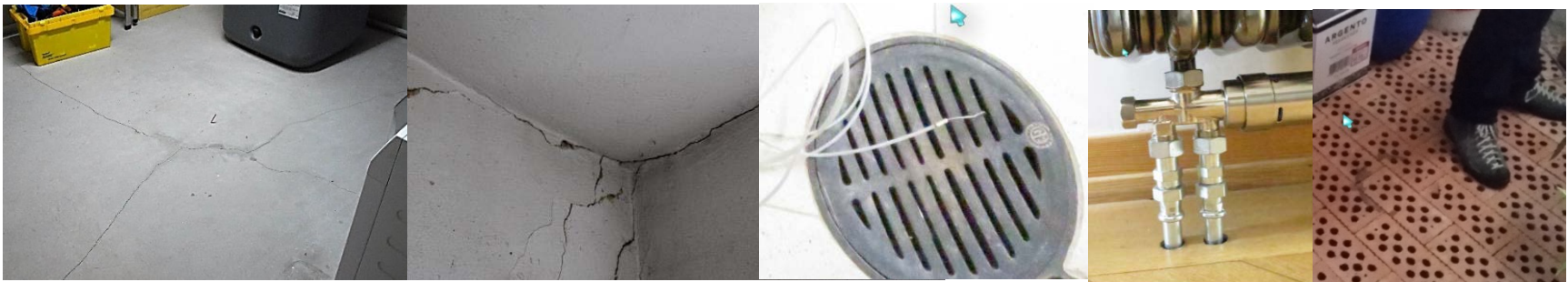
# Bauteile im Gebäudeinnern

- Kamine
- Steigschächte (Elektro, Gas, Telefon, TV, Ventilation)
- Durchlässige Konstruktionen (Holzbalken- und Tonhohlkörperdecken, Bruchsteinmauerwerk u.Ä.)

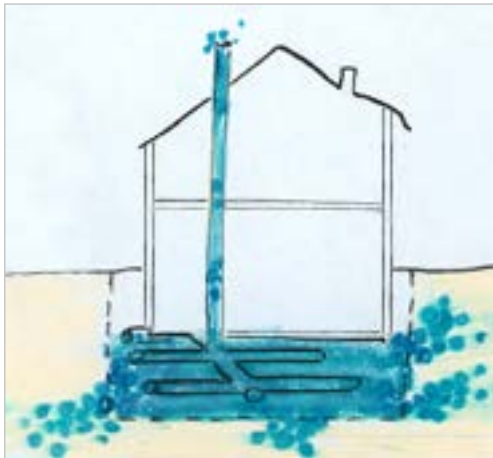


# Bauteile gegen Erdreich

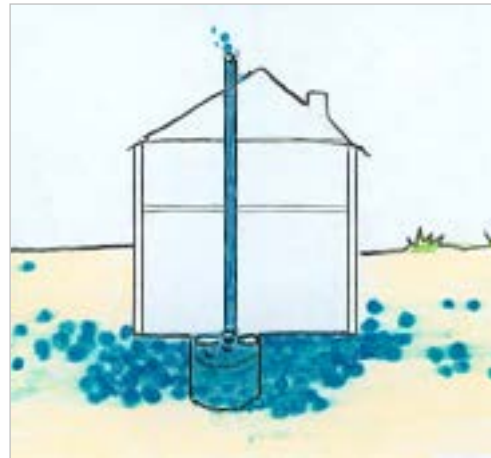
- › Naturböden in Kellern aus Erde, Kies oder Bruchstein
- › Risse und Fugen in Böden und Wänden
- › Durchführungen von Kabeln (Leerrohre)
- › Durchführungen von Leitungen
- › Kanalisationsrohre
- › Bodenschächte und Kontrollöffnungen



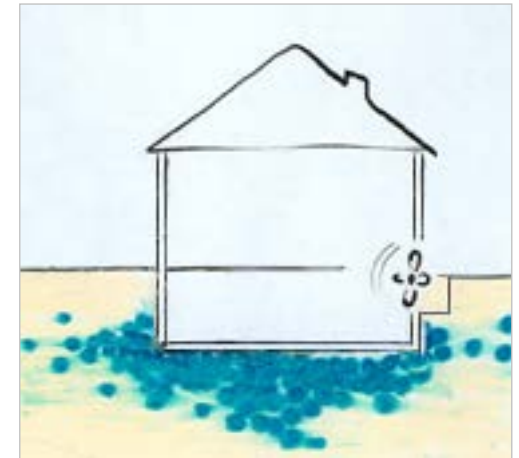
# Bestehende Bauten (Schritt 2)



Bodenentlüftung

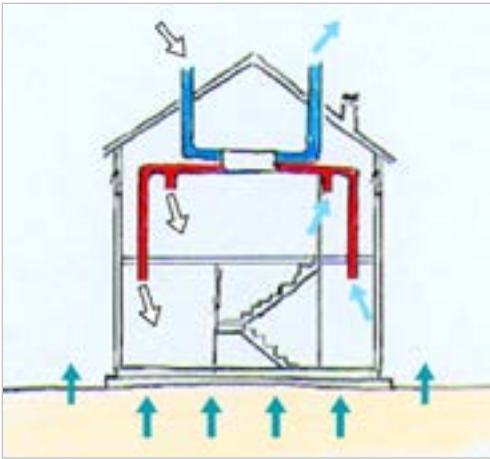


Radonbrunnen

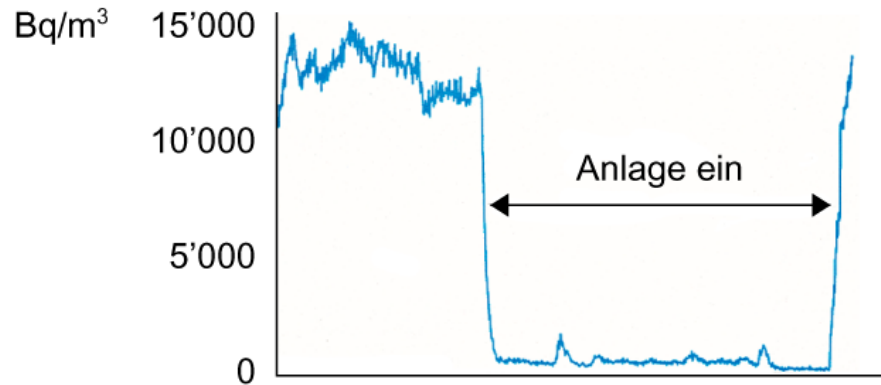


Überdruck, Unterdruck

# Sanierungsbeispiel 1

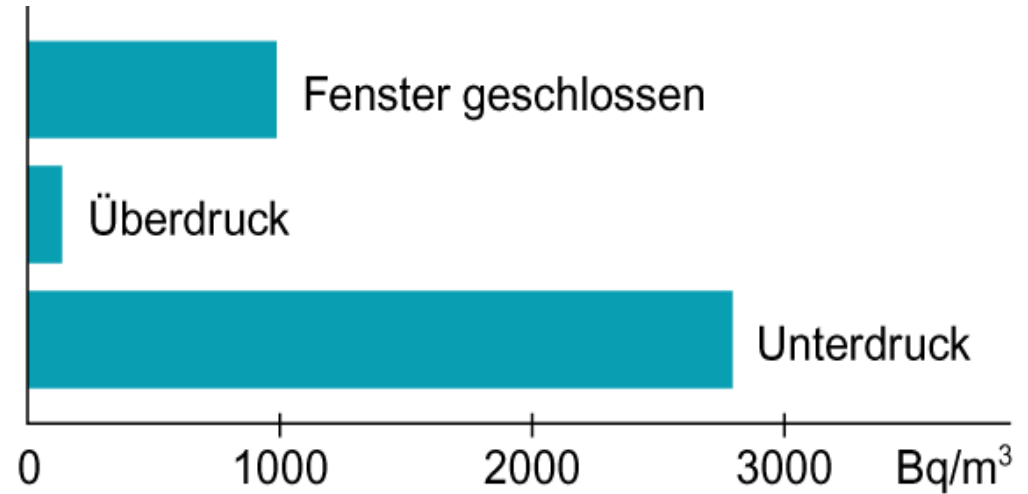
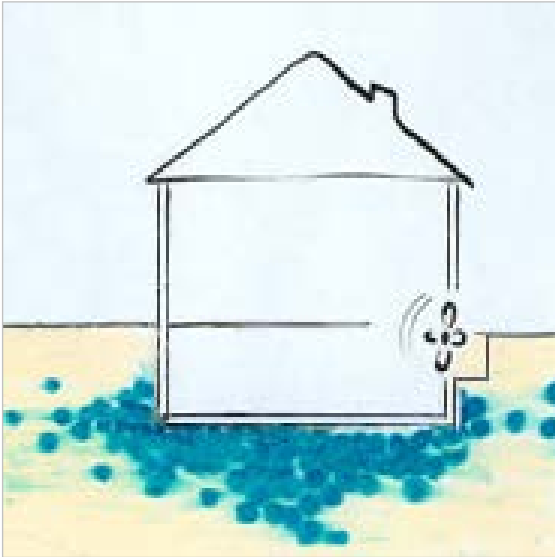


Lüftungsanlage mit  
Wärmerückgewinnung



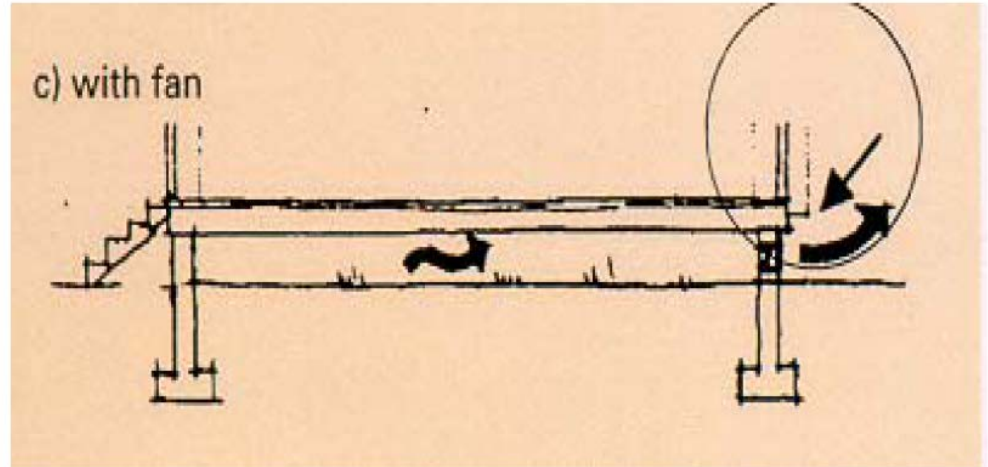
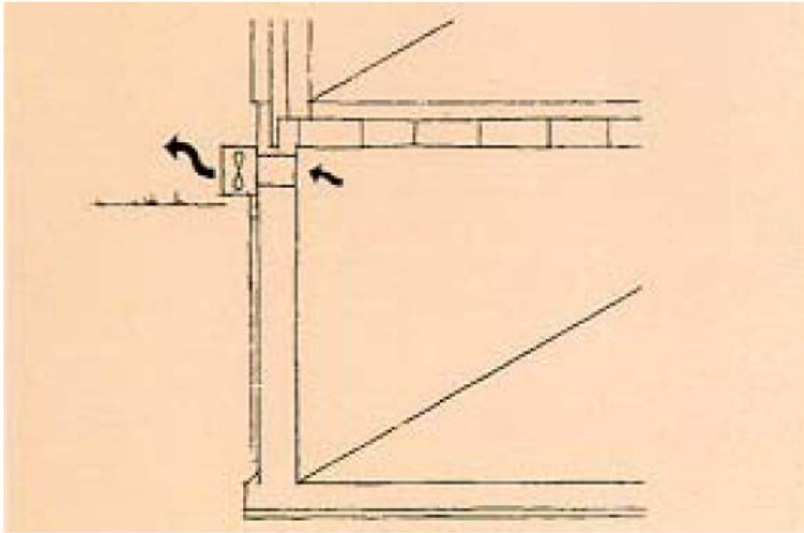


# Sanierungsbeispiel 2

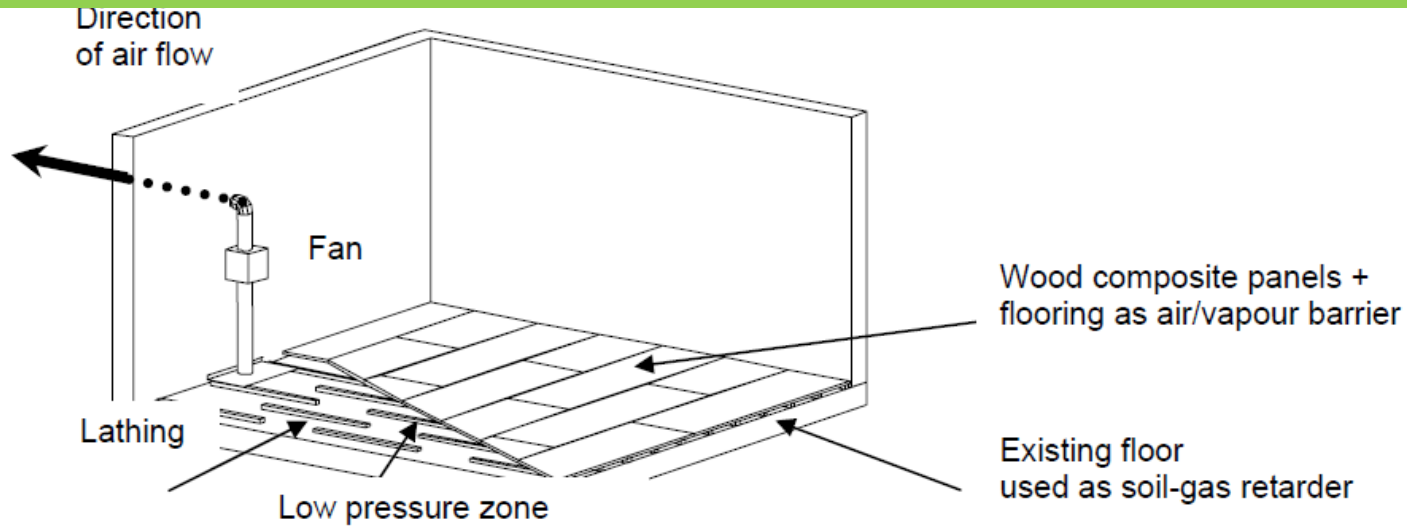


Unterschiede bei  
Über- und Unterdruck

# Sanierungsbeispiel 3



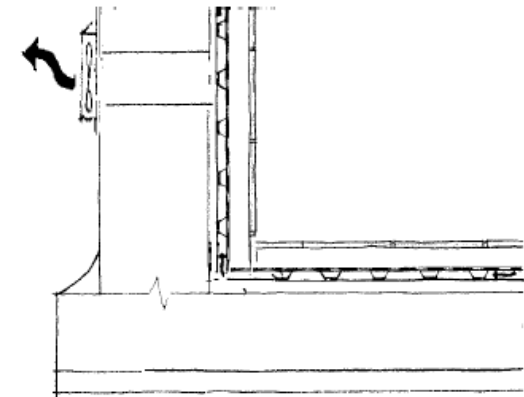
# Sanierungsbeispiel 4



Fan and variable frequency controls

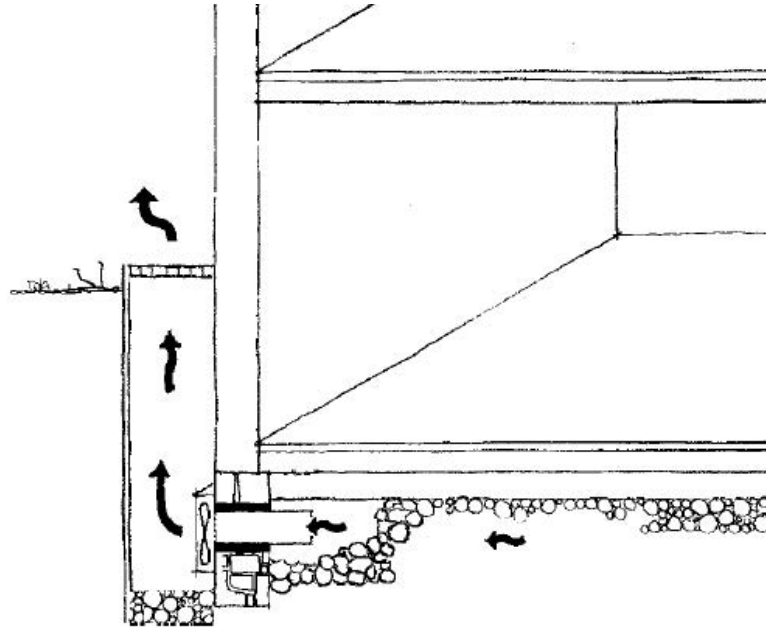


New floor, about 3 cm thick



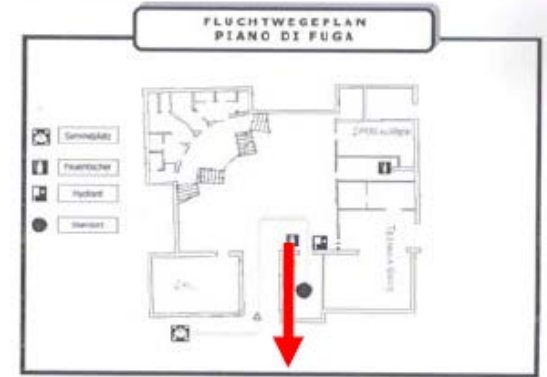
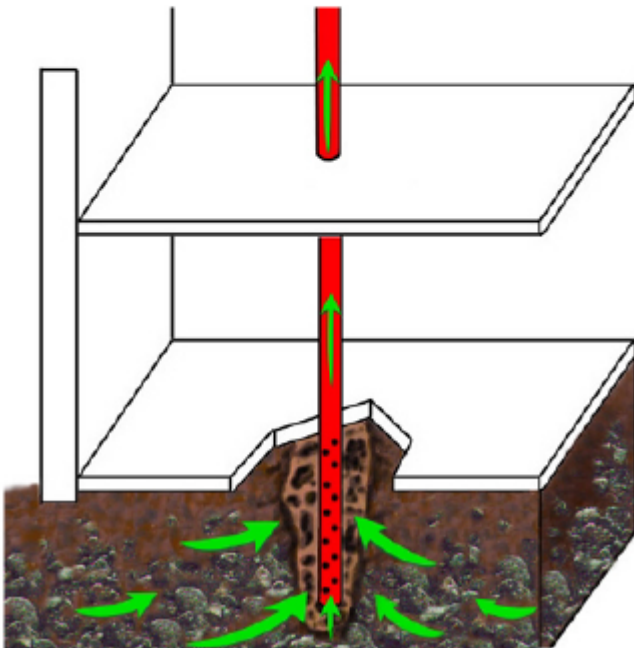
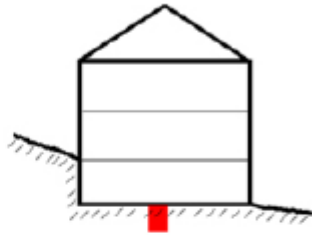
System enhancement: floor and walls

# Sanierungsbeispiel 5



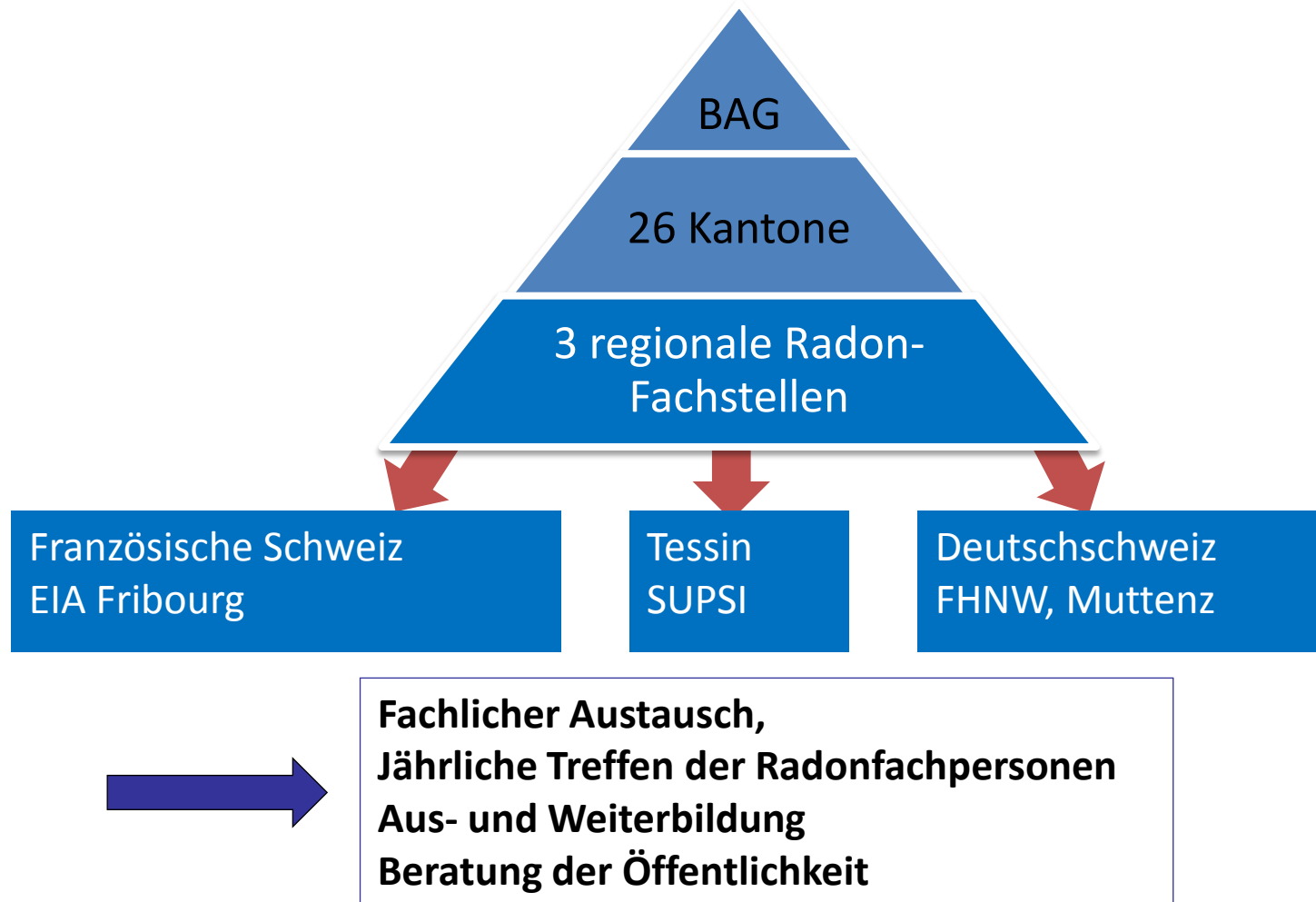
# Sanierungsbeispiel 5

## Illustration

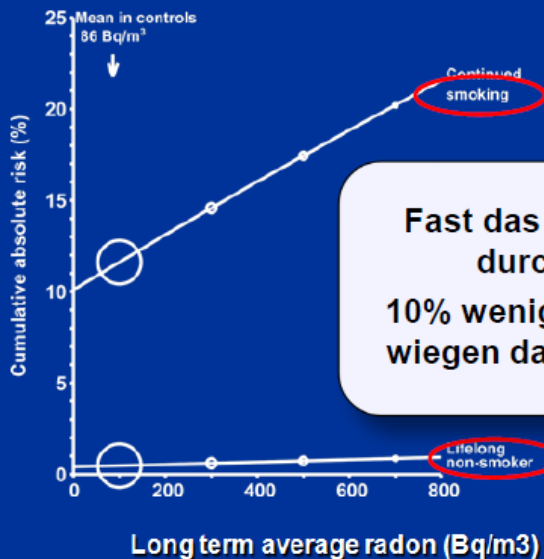


# Wer hilft weiter?

## Radonfachpersonen und regionale Fachstellen



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!



Cumulative absolute risk of lung cancer death by age 75

Also :

Fast das gesamte Radonrisiko wird durch Raucher getragen !!  
10% weniger Rauchen (bzw. Raucher) wiegen das gesamte Radonrisiko auf.

Steigung :  
Relative Risikoerhöhung etwa 16% pro 100 Bq/m<sup>3</sup>  
(sowohl für Rauchen als auch für Nicht-Raucher)



Quelle : S. Darby, IRPA 13, Glasgow (2012)

[franco.fregnan@fhnw.ch](mailto:franco.fregnan@fhnw.ch) / [falk.dorusch@fhnw.ch](mailto:falk.dorusch@fhnw.ch)