

# Medizinische Bedeutung der Radonproblematik in Innenräumen



**Die Bergstadt Schneeberg im Erzgebirge, hier mit der markanten St. Wolfgangskirche, soll der Ausgangspunkt unseres Exkurses über Radon und seine Wirkungen sein.**

# Geschichte

- Silberfunde in der Nähe von Freiberg führten schon im 12. Jahrhundert zu einer schnellen Besiedlung einer einstmals kargen Gegend, die seither als "Erzgebirge" bezeichnet wird.
- Es zeigte sich aber bald, dass die exponierten Bergleute häufig schwere Lungenerkrankungen bekamen.



**Georgius Agricola (1494 in  
Glauchau; † 1555 in Chemnitz)**

Quelle: [https://commons.wikimedia.org/wiki/  
File:Georgius\\_Agricola.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Georgius_Agricola.jpg)

- **Viele Menschen starben schon sehr jung an einer Krankheit, die Agricola, Stadtarzt im böhmischen Joachimsthal im 16. Jahrhundert "Bergsucht" nannte.**
- **Er vermutete damals, dass durch das Einatmen von Staub die Erkrankung verursacht wurde und entwickelte Vorschläge, Bergwerke künstlich zu belüften.**



Philippus Theophrastus Aureolus Bombastus von Hohenheim, genannt **Paracelsus**, war ein Arzt, Alchemist, Astrologe, Mystiker, Laientheologe und Philosoph.

**Paracelsus (1493 Einsiedeln -1541 Salzburg) beschrieb in seinem Buch "Von der Bergsucht und anderen Bergkrankheiten" verschiedene Lungenkrankheiten die wir heute als**

- **Silikose,**
- **Tuberkulose oder**
- **Lungenkrebs diagnostizieren würden.**

- 1913 wird Radon als Ursache für Lungenkrebs identifiziert
- Der "Schneeberger Lungenkrebs" wurde 1925 im Rahmen der ersten Berufskrankheiten-Verordnung in Deutschland in die Liste der entschädigungspflichtigen Berufskrankheiten aufgenommen.

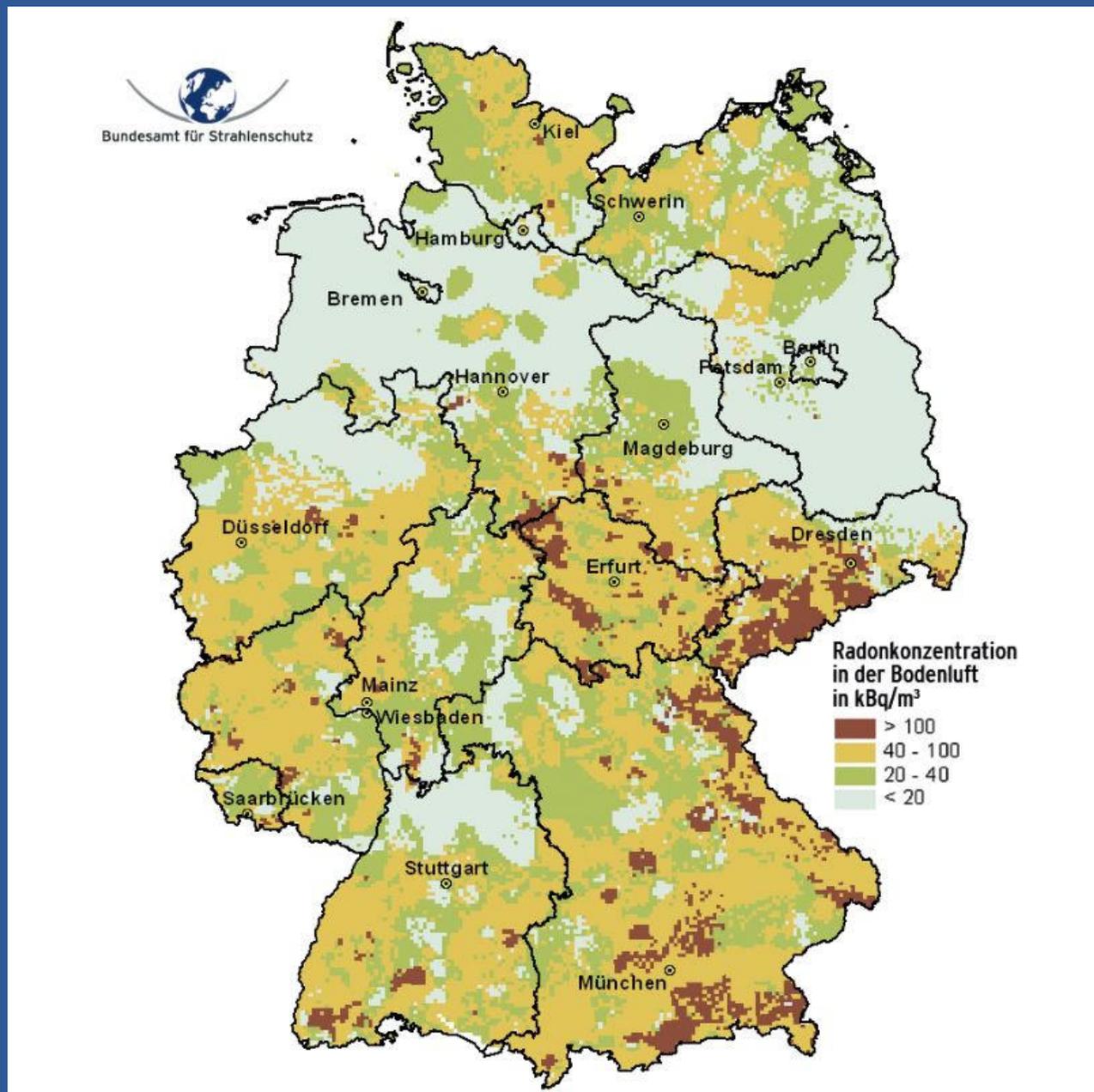


# Strahlenexposition in Deutschland

- *Radon ist ein natürlich vorkommendes geruch-, geschmack- und farbloses radioaktives Edelgas welches in unterschiedlichen Konzentrationen in Böden und Gesteinen überall auf der Welt vorkommt.*

# Strahlenexposition in Deutschland

- Radon entweicht relativ leicht aus dem Boden und verbreitet sich über die Luft oder gelöst in Wasser (Migration).
- Es kommt vermehrt in Gebieten mit hohem Uran- und Thoriumgehalt im Boden vor.
- Das sind insbesondere die Mittelgebirge aus Granitgestein.
- In Deutschland betrifft das vor allem das Erzgebirge, den Thüringer Wald, Schwarzwald, den bayerischen Wald, das Fichtelgebirge und die Eifel.



**Abb.1: Die Radonkarte Deutschlands**

Quelle: BFS (2018)

Prof. Dr. med. Klaus Fiedler, Berlin

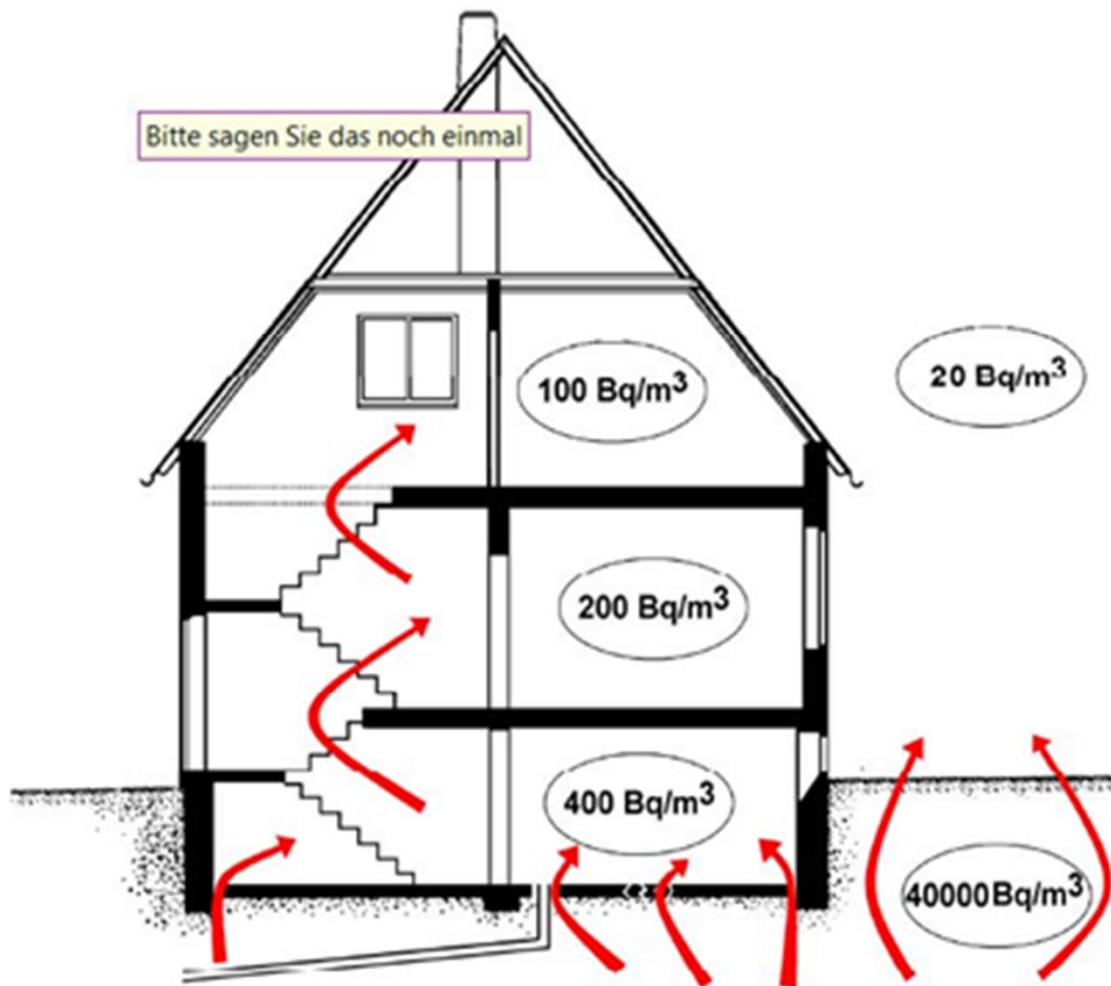
# Strahlenexposition in Deutschland

- Zur Messung der Radioaktivität wird aus physikalischer Sicht gezählt, wie viele Zerfälle pro Zeiteinheit bei einer radioaktiven Substanz erfolgen. Die Einheit ist Becquerel. 1 Becquerel (Bq) bedeutet ein Zerfall pro Sekunde.
- Die Einheit Sievert (Sv) ist die Energiedosis durch Strahlung, sie lässt Rückschlüsse auf die biologische Wirkung der Strahlung zu.
- Verschiedene Strahlungsarten verursachen bei gleicher Energiemenge unterschiedliche Auswirkungen in verschiedenen Geweben und werden deshalb mit einem jeweils unterschiedlichen Faktor multipliziert.
- Hieraus ergibt sich die Organdosis oder Organ-Äquivalentdosis.
- Mit ihrer Hilfe kann man die sogenannte effektive Dosis berechnen.
- Diese Angabe gibt die Strahlenbelastung des gesamten Körpers an und ist ein Maß für das damit verbundene Risiko.

# Strahlenexposition in Deutschland

Typische Wertebereiche der Radonkonzentrationen in Deutschland sind

- in der Bodenluft  $\geq 5.000 - 100.000 \text{ Bq/m}^3$   
(lokal auch deutlich höher)
- in der Freiluft  $5 - \geq 30 \text{ Bq/m}^3$
- in der Innenraumluft  $10 - \geq 1000 \text{ Bq/m}^3$



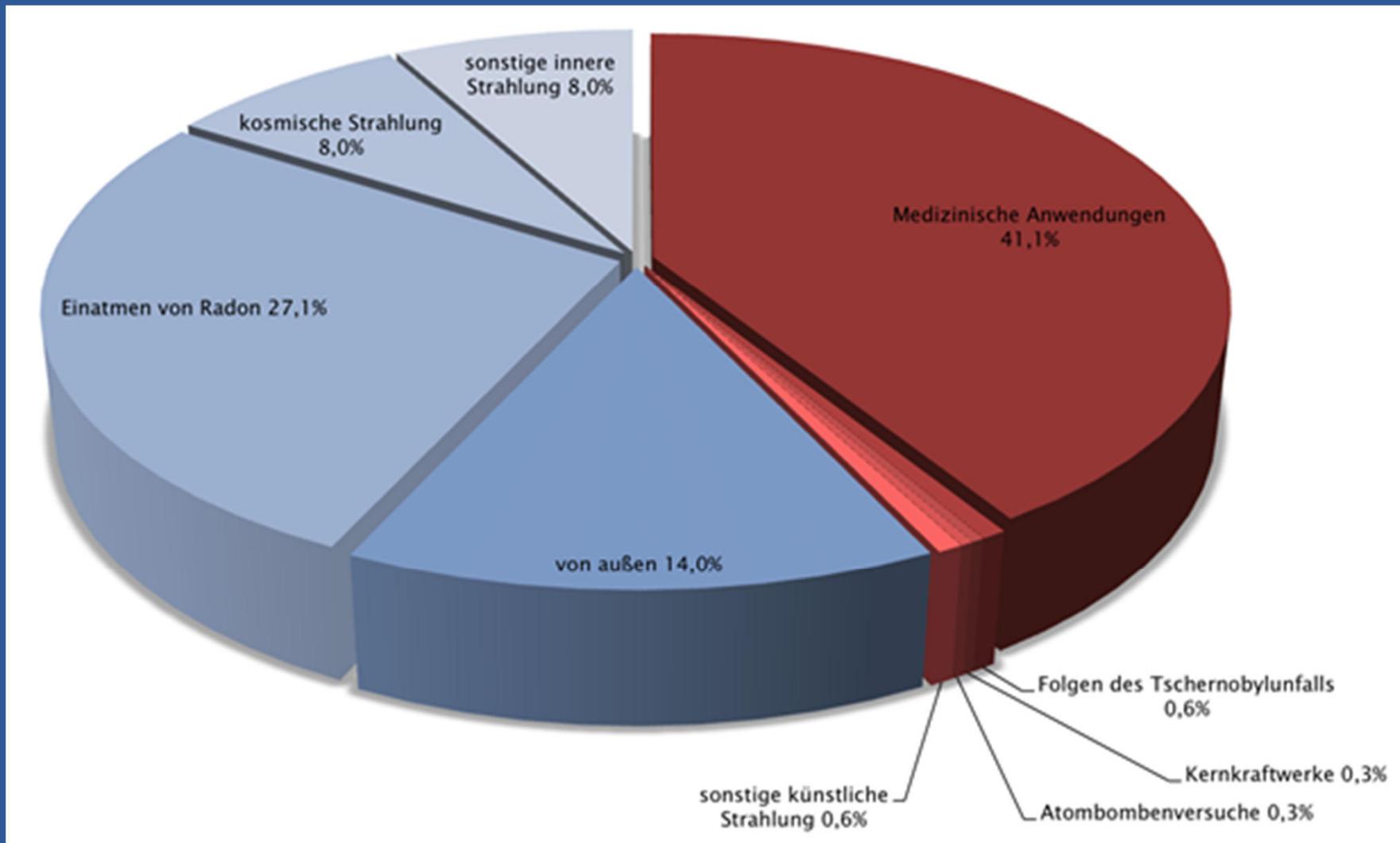
**Abb.: Beispielhafte Radonkonzentration in der Raumluft eines Hauses und in der Bodenluft des umgebenden Erdbereichs. In vorliegendem Beispiel führt eine Bodenluftkonzentrationen von 40.000 Bq/m<sup>3</sup> zu einer Raumluftkonzentration im Keller von 400 Bq/m<sup>3</sup>**

Quelle: Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz: Radonmessung in der Bodenluft, [www.luwg.rlp.de/Service/Radon](http://www.luwg.rlp.de/Service/Radon)

# Strahlenexposition in Deutschland

Quellen der effektiven Dosen der natürlichen Strahlenbelastung von 2,1 Millisievert in Deutschland (BfS):

- **innere Strahlenexposition: 1,4 Millisievert**
  - Inhalation 1,1 Millisievert
  - Nahrung 0,3 Millisievert
  
- **äußere Strahlenexposition 0,7 Millisievert**
  - terrestrische Strahlung 0,4 Millisievert
    - Aufenthalt im Freien 0,1 Millisievert
    - Aufenthalt in Gebäuden 0,3 Millisievert
  - kosmische Strahlung 0,3 Millisievert



**Abb.: Durchschnittliche prozentuale Strahlenbelastung.**

Quelle: [http://www.physikblog.eu/wp-content/uploads/2011/03/Durchschnittliche\\_Strahlenbelastung.png](http://www.physikblog.eu/wp-content/uploads/2011/03/Durchschnittliche_Strahlenbelastung.png)

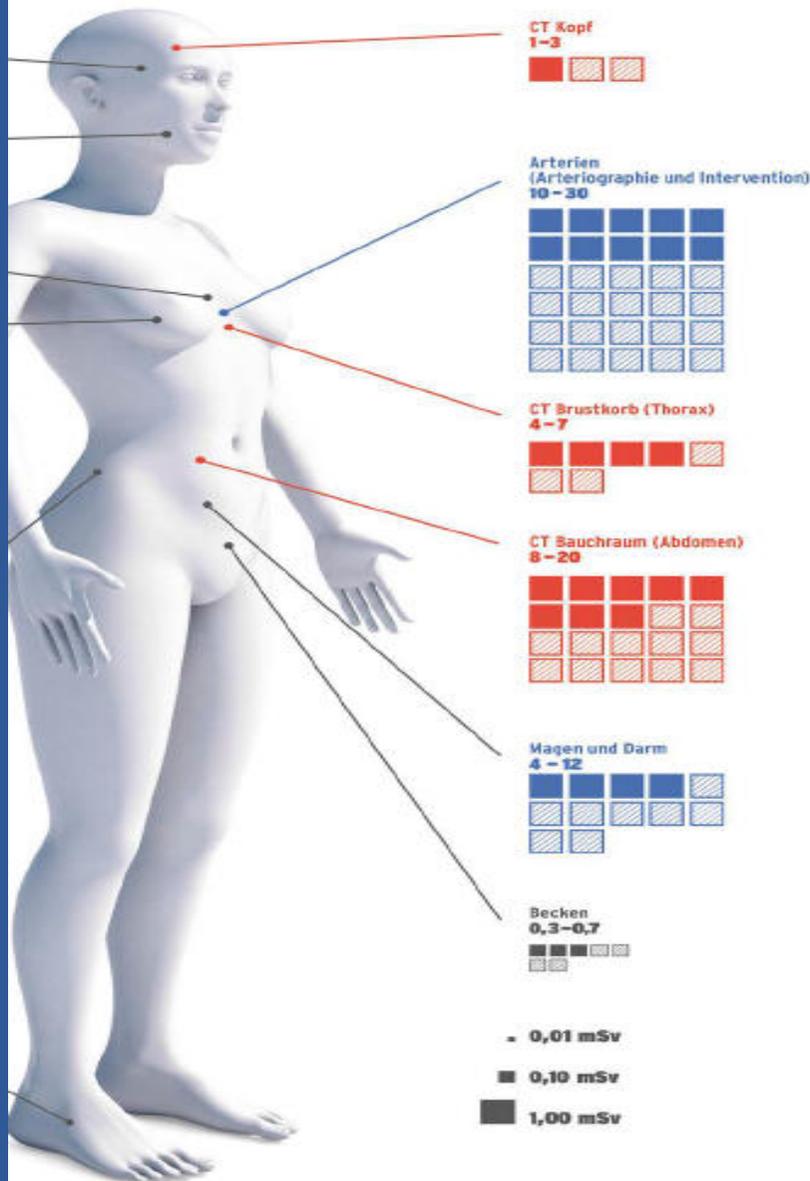
# Baustoffe

- Auch Baumaterialien in Form von Steinen und Erden können durch freigesetzte Nuklide eine natürliche Quelle der Strahlenexposition der Bevölkerung sein.
- Die in Deutschland vorwiegend verwendeten Baustoffe Beton, Ziegel, Porenbeton und Kalksandstein sind im Allgemeinen nicht die Ursache für eine erhöhte Strahlenexposition durch Radon in Gebäuden.

# Baustoffe

- **Es gibt jedoch kritische Baumaterialien, die höhere Emissionen für den Innenraum verursachen können. Hierzu gehören**
  - „Kohleschlacke“, welche in bestimmten Regionen als Füllung von Geschossdecken verwendet wurde,
  - in Ausnahmefällen Natursteine mit erhöhter Aktivität von Radium-226,
  - sowie regional in Bergbaugebieten als Baumaterial eingesetzte Abraum- und Reststoffe der Erzverarbeitung mit erhöhter Radiumkonzentration (z.B. als Beton- oder Mörtelzuschlagsstoff, Füllmaterial beim Hausbau).

Typische Werte für die effektive Dosis bei Röntgenanwendungen  
in mSv an Standard-Patienten mit circa 70 kg Körpergewicht



# Medizinische Dosiswerte

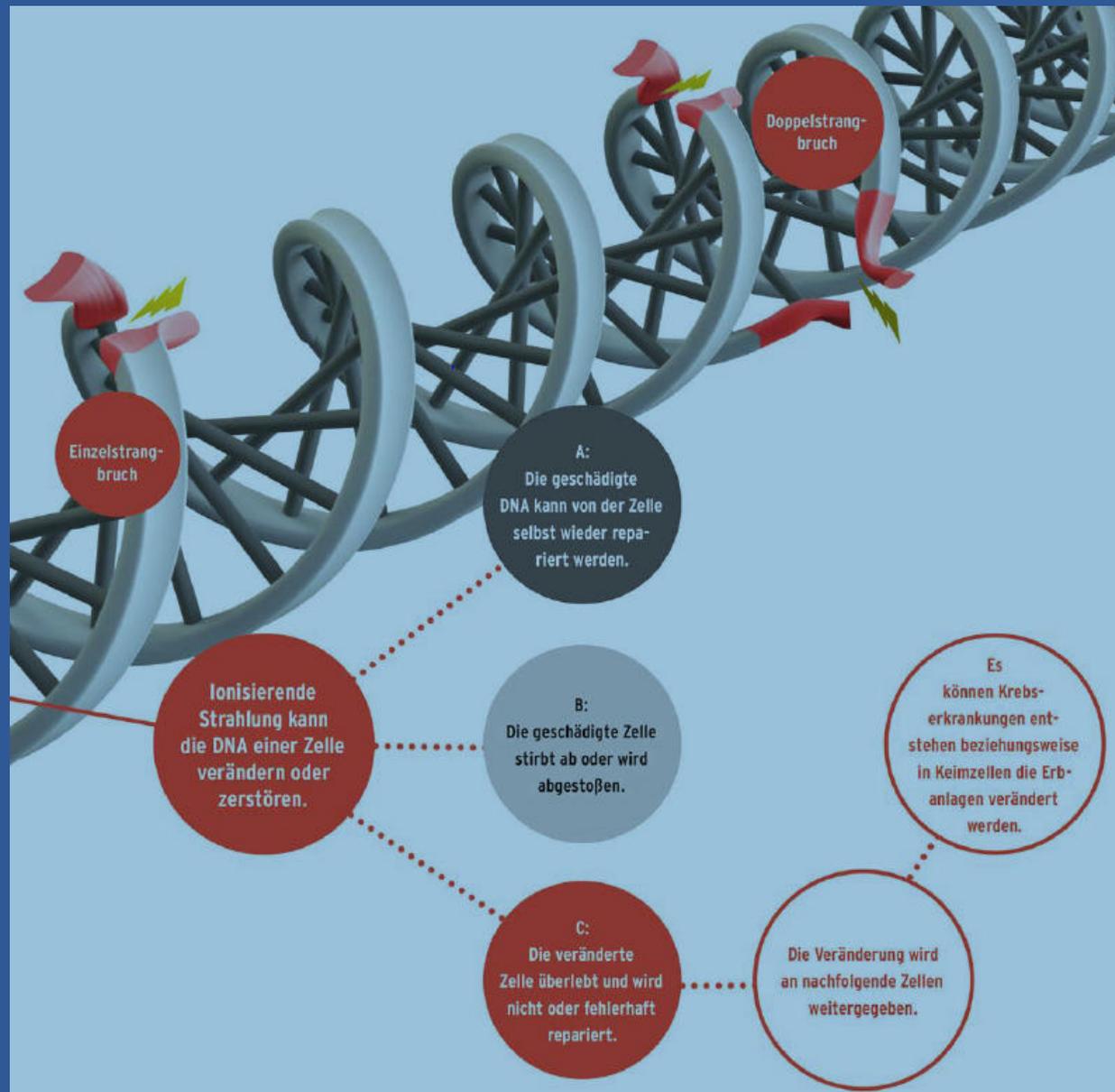
- 0,01-0,03 mSv pro Aufnahme:  
Röntgenaufnahme des  
Brustkorbs
- 1 bis 3 mSv pro Aufnahme:  
Computertomografie Kopf
- 4-7 mSv pro Aufnahme:  
Computertomografie des  
Brustkorbs
- 8-20 mSv pro Aufnahme:  
CT des Bauchraums

# Medizinische Bedeutung des Radons

- Die Alphastrahlung des Radon trifft auf die strahlenempfindlichen Zellen des Bronchialepithels,
- kann dadurch Zellen schädigen und Lungenkrebs verursachen.
- Zwar besitzt der Organismus die Fähigkeit geschädigte Zellen zu erkennen und zu reparieren und Zellverluste auszugleichen.
- Die Abwehr- und Reparatursysteme der Immunabwehr können jedoch durch die Strahlenbelastung versagen oder überfordert werden.

# Medizinische Bedeutung des Radons

- Die Strahlenwirkungen beruhen auf zufälligen Vorgängen: Wenn der Informationsgehalt einer Zelle verändert und anschließend durch den Organismus nicht ausreichend repariert wird,
- kann die überlebende Zelle die Veränderung an nachfolgende Zellgenerationen weitergeben, bis sich eine bösartige Neubildung entwickelt.



**Abb.5: Strangbrüche der DNA durch Strahleneinwirkung**

Quelle: BFS 2017, Strahlung und Strahlenschutz, Broschüre  
[http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/str-u-strschutz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/str-u-strschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=3) 2018

# Medizinische Bedeutung des Radons

- Die bisher größte und aussagekräftigste Studie zur medizinischen Strahlenwirkung ist die 2005 publizierte gemeinsame Auswertung von 13 europäischen Studien (Darby et. al. 2005 und Kreuzer 2005):
  - Eine Person die dauerhaft einer Radonkonzentration von  $100 \text{ Bq/m}^3$  ausgesetzt ist, hat im Vergleich zu einer Person die nie Radon ausgesetzt war
  - ein um circa 10% höheres Lungenkrebsrisiko,
  - bzw. eine Person mit  $200 \text{ Bq/m}^3$  ein 20% höheres Risiko. Dabei nimmt das Lungenkrebsrisiko um circa 10% pro Anstieg der Radonkonzentrationen um  $100 \text{ Bq/m}^3$  zu.

# Medizinische Bedeutung des Radons

- Die Berücksichtigung von Unsicherheiten in der retrospektiven Risikoeinschätzung führte jedoch zu einer Korrektur, so dass ein realer Risikoanstieg von 16 % angenommen werden muss (BfS 2018).
- Die Expositions-Wirkungs-Beziehung ist annähernd linear d.h., dass sich das Lungenkrebsrisiko proportional mit steigender Radonkonzentration erhöht.
- Es gibt keinen Hinweis für einen Schwellenwert.

# Medizinische Bedeutung des Radons

- Europaweit werden 9% der Lungenkrebstodesfälle und 2% aller Krebstodesfälle durch Radon in Aufenthaltsräumen verursacht.
- **Radon aus exponierten Gebäuden verursacht jährlich ungefähr 20.000 Lungenkrebstodesfälle in der Europäischen Union, davon etwa 1900 in Deutschland.**

# Gesundheitsrisiko

Radonkonzentration in Bq/m <sup>3</sup>	Todesfälle je 1000 Nichtraucher	Todesfälle je 1000 Raucher
0	4,1	101
100	4,7	116
200	5,4	130
400	6,7	160
800	9,3	216

Tabelle: Wahrscheinlichkeit bis zum 75. Lebensjahr an Lungenkrebs zu versterben in Abhängigkeit von der Radonkonzentration (Quelle: Darby et al. 2005)

# Gesetzliche Regelungen

- Das am 12. Mai 2017 beschlossene Strahlenschutzgesetz ist die aktuelle rechtliche Grundlage für den Strahlenschutz sowie die Arbeit des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS).
- Es setzt die Vorgaben der EU-Richtlinie 2013/59 EURATOM um.
- Es enthält neue Kompetenzen z.B. zur Bewertung aktueller medizinischer Verfahren
- und neue Vorgaben zur Radioaktivität in Baustoffen sowie zur Rechtfertigung von medizinischen Anwendungen.

# Schutz von Einzelpersonen

Es bestehen u.a. folgende Grenz- und Richtwerte zum Schutz von Einzelpersonen der Bevölkerung:

- Der Grenzwert für die effektive Dosis zum Schutz von Einzelpersonen der Bevölkerung beträgt nach § 46 der Strahlenschutzverordnung 1 mSv.
- Hierunter versteht man alle Strahlenexpositionen der Bevölkerung durch kerntechnische und sonstige Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung sowie beim Umgang mit radioaktiven Stoffen.

# Schutz von Einzelpersonen

- **Medizinische Strahlenanwendungen sind von oben genannten Begrenzungen ausgeschlossen!**
- **Für Strahlung aus natürlichen Quellen besteht gegenwärtig kein Grenzwert!**
- **Der Referenzwert für die über das Jahr gemittelten Radon-222-Konzentration in der in Wohnungen beträgt 300 Bq je Kubikmeter.**

# Schutz von beruflich exponierten Personen

## Grenzwerte für berufliche exponierte Personen:

- Der Grenzwert für die effektive Dosis beträgt 20 Millisievert im Kalenderjahr (§ 55 Strahlenschutzverordnung).
- Die Berufslebensdosis darf nicht 400 Millisievert übersteigen (§ 56 Strahlenschutzverordnung)
- Der Referenzwert für die über das Jahr gemittelten Radon-222-Konzentration in der Luft in Arbeitsräumen beträgt 300 Bq je Kubikmeter.

# Schutz von Wohnungen ab 2020

- Bis zum Ende des Jahres 2020 müssen die Bundesländer ermitteln, in welchen Gebieten besonders viel Radon in Häusern zu erwarten ist.
- Für bereits bestehende private Wohngebäude können Eigentümer und Bewohner **freiwillig** Maßnahmen zur Senkung der Radon-Konzentration im Gebäude treffen.



# Schutz von Wohnungen ab 2020

- Für private Neubauten besteht ab 2020 die Pflicht für Bauherren, durch bauliche Maßnahmen weitgehend zu verhindern, dass Radon in die Gebäude eindringt.



# Schutz von Arbeitsplätzen und Wohnungen ab 2020

- Wenn an Arbeitsplätzen die Konzentration von Radon mehr als 300 Bq/Kubikmeter beträgt, müssen Maßnahmen zur Senkung der Radon-Konzentration eingeleitet werden.
- Für bereits bestehende Wohngebäude besteht auch ab 2020 keine Pflicht, Maßnahmen zur Senkung von erhöhten Radon-Konzentration einzuleiten!



# Entwurf eines Radonschutzgesetzes 2004

Dabei waren wir schon einmal weiter:

- Die Bundesrepublik hatte 2004 den Entwurf eines Radonschutzgesetzes vorbereitet, welches jedoch nicht verabschiedet wurde, weil die Bundesländer die Zustimmung versagten.
- Der Entwurf enthielt einen Zielwert von 100 (Bq/m<sup>3</sup>) als Jahresdurchschnittswert, auf dessen Basis Maßnahmen zum radonsicheren Bauen bei Neubauten und für eine Sanierung bestehender Gebäude geregelt werden sollten.

# Entwurf des Radonschutzgesetzes 2004

- Hiernach hätten z.B. Mieter von ihrem Vermieter die Durchführung einer Radonmessung sowie ggf. eine anschließende Sanierung bei einem Jahresmittelwert von über 100 (Bq/m<sup>3</sup>) einfordern können.
- hätten!!!!!!

## So aber bleibt das nicht gelöste Problem:

- Bereits ab 100 Bq besteht eine signifikante Gefahr für die Gesundheit (WHO, BfS).
- Experten gehen davon aus, dass in ca. 1,6 Millionen Wohngebäuden in der Bundesrepublik Deutschland der Wert von 100 Bq/Kubikmeter überschritten wird (Baulinks 2015).

# Anfrage an die Bundesregierung

Interessant ist in diesem Zusammenhang eine Anfrage von Mitgliedern des Bundestages 2014 an die Bundesregierung über deren Haltung zum Problem Radon in Wohnungen. In der Antwort wird wie folgt argumentiert:

- Der festgelegte Referenzwert von  $300 \text{ Bq/m}^3$  stellt einen Kompromiss dar, welcher eine „ausreichende Flexibilität“ gewährleistet.

# Anfrage an die Bundesregierung

- Die Bundesregierung erwägt keine Einführung konkreter Grenzwerte für Radonbelastungen in Innenräumen.
- „Es müssen ggf. verbleibende, nicht unerhebliche Radonexpositionen, auch oberhalb des Referenzwertes, hingenommen werden,
- da weiterführende Maßnahmen unter Kosten-Nutzen-Gesichtspunkten nicht zu rechtfertigen wären.“

# Anfrage an die Bundesregierung

- „Sanierungsmaßnahmen an bestehenden Gebäuden richten sich nach der Höhe der Referenzwertüberschreitung und dem für die Verminderung der Exposition gerechtfertigten materiellen Aufwand.
- Zu treffende Maßnahmen werden so optimiert, dass der gesamte Nutzen unter Berücksichtigung der Kosten maximiert ist“.
- Hier stelle ich mir als Arzt die Frage, wie ich den Nutzen der Gesundheit und einer Verhinderung von Lungenkrebserkrankungen gegen Sanierungskosten von Gebäuden aufrechnen soll!
- **Wieviele kostet ein Leben???**

## Fazit:

- Diese Stellungnahme und das neue Gesetz sind absolut unbefriedigend!
- Radonkonzentrationen in Gebäuden können mit unterschiedlichem Aufwand gut beeinflusst werden.
- Maßnahmen zum Radonschutz kosten für Einfamilienhäuser von 100 m<sup>2</sup> im Neubau nicht mehr als insgesamt 2000 €.

# Fazit:

- **Es besteht aber nach der gegenwärtigen Rechtslage für die Besitzer des aktuellen Wohnungsbestandes,**
- **d. h. in geschätzten 1.600.000 radonexponierten Wohngebäuden in der Bundesrepublik Deutschland,**
- **keine Verpflichtung,**
- **nachweislich bestehende, erhebliche Gesundheitsgefahren zu verringern.**

# Fazit:

## Meine Erfahrung:

- **Unvernunft siegt wenn  
Vernunft Geld kostet!!**

# Fazit:

**Als Arzt und Hygieniker ist daher mein Appell an die Legislative - um nicht künftig tausende Todesfälle durch Radon in Deutschland in Kauf zu nehmen:**

- **Radonsanierung sollte auch für bereits bestehende exponierte Wohnräume verpflichtend sein.**
- **Wohnungseigentümer sollten wirksame Anreize in Form von Prämien, Abschreibungsmöglichkeiten oder Steuererleichterungen bekommen, um eine Sanierung durchzuführen.**
- **Für hartnäckige Sanierungsverweigerer müsste die Einführung von Strafmaßnahmen diskutiert und über Ersatzvornahmen in dieser Hinsicht nachgedacht werden.**

# Fazit:

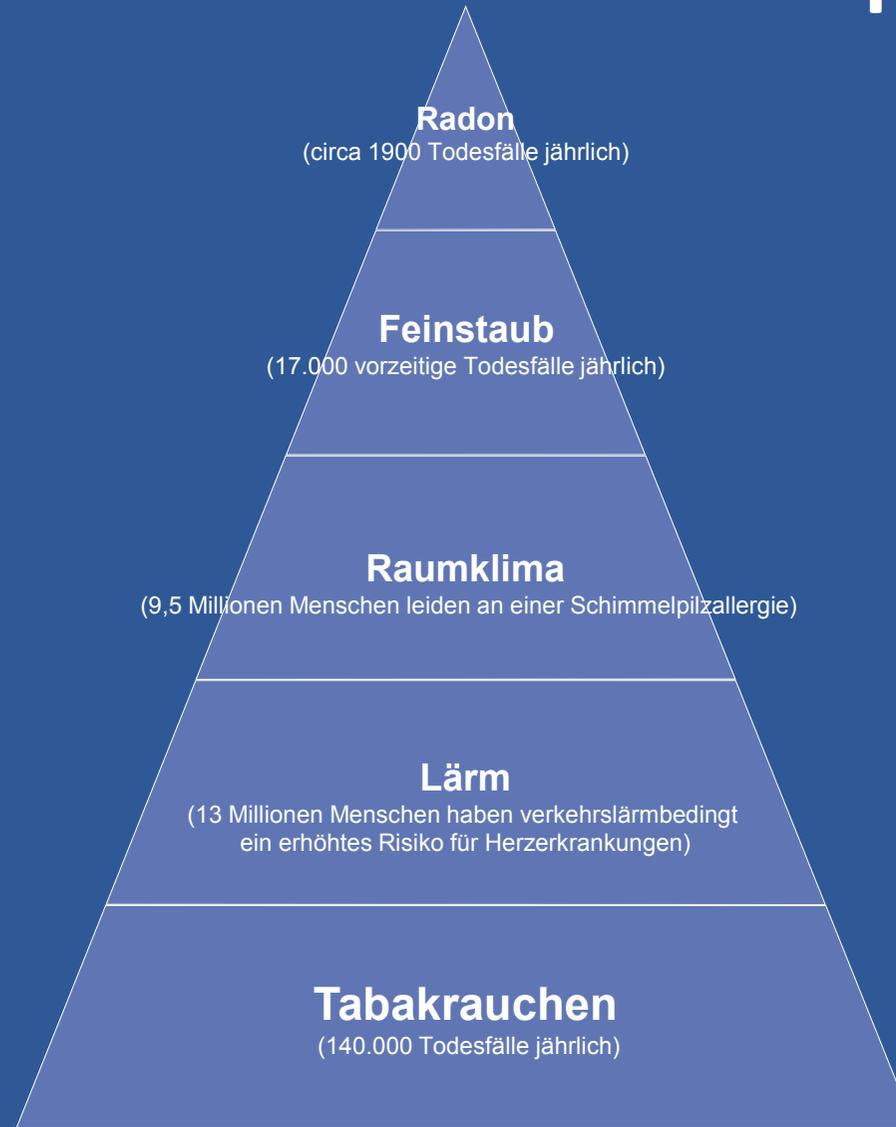
- **Es ist nicht nachzuvollziehen, warum wir regelmäßig mit großem Aufwand und wirksamer rechtlicher Unterstützung die Beseitigung von Gefahren in Wohnungen**
- **z.B. durch Schimmelbefall oder Lärmbelastung erzwingen,**
- **andererseits aber die Beseitigung oder Reduzierung von Radonbelastungen und damit die Entscheidung über Gesundheit oder Krankheit und Tod in Belastungsgebieten,**
- **ggf. an Profitmaximierung interessierten Wohnungseigentümern überlassen.**

# Fazit:

## Und noch eine Ergänzung:

- Da eine einzige Computertomografie mit 10-20 Millisievert bereits den Grenzwert der Strahlung durch technische Anlagen für die Bevölkerung von einem Millisievert pro Jahr um das 10-20 fache überschreitet,
- ist eine kritische Indikationsstellung in dieser Hinsicht dringend geboten.

# Wohnmedizinische Einflusspyramide



**Abbildung: Die fünf wichtigsten wohnmedizinischen Einflussfaktoren auf die Gesundheit in Deutschland**



**Auf dem wohnmedizinischen Symposium 2015 in Detmold beendete ich meinen Vortrag zur Radonproblematik mit folgenden Worten:**

- „Im Rathausturm von Schneeberg befindet sich ein wunderschönes Meißner-Porzellan-Glockenspiel.
- Die Schneeberger lieben ihre Heimat und möchten dort gesund weiterleben.



- Sie hoffen, dass nicht nur die Häuser in ihrem Erzgebirge bald umfangreich gegen Radon-Gefahren saniert werden.
- Ich hoffe, dass auch bald die für die Radon-Sanierung in unserem Lande Verantwortlichen wissen, wo die Glocken hängen und was die Stunde geschlagen hat.“



Heute möchte ich diesen Gedankengang wie folgt beenden:

- Die Verantwortlichen wissen wo die Glocken der Radonproblematik hängen,
- sie wissen, welches Unheil diese Glocken einläuten können.
- Mögen sie die Kraft finden zu handeln,
- bevor weitere Tausende Menschen den Strahlentod gefunden haben.



- Wenn es um die Gesundheit geht, sollten ökonomische Erwägungen weitgehend zurückgestellt werden.
- Es gilt das Gesundheitsbewusstsein für eine unsichtbare Gefahr zu schärfen, Eigentümer und Bauherren zu motivieren
- und wenn nötig zu zwingen, in dieser Beziehung prophylaktisch zu handeln.



- Zeigen wir ein wenig mehr Verantwortungsfähigkeit,
- Mut und Gestaltungswillen,
- sowie Sorge für unsere Menschen in Gegenwart und Zukunft.
- Wir müssen es nur wollen,
- wir, die Bürger,
- die Legislative, die Exekutive.
- Dann ist die Radongefahr zu bannen,
- jetzt,
- schnell
- und effektiv.



**Ich würde mich freuen, wenn ich  
unter Ihnen Mitstreiter gewinnen  
könnte!**

**Vielen Dank!**