

### Hintergrund

- Radon trägt mindestens **zur Hälfte** zu der natürlichen Strahlenexposition bei
- seit Mitte der 90er Jahre weisen epidemiologische Studien auf ein **erhöhtes Lungenkrebsrisiko** durch Radon hin.
- Radonschutz nimmt einen **prominenten Platz** im Gesamtsystem des Strahlenschutzes ein.

### Epidemiologische Fragestellungen :

- Welche Form hat die **Expositions-Wirkungs-Beziehung** ?
- Wie hoch ist das zusätzliche **Relative Risiko** durch Radon ?
- Gibt es einen **Schwellenwert**, unterhalb dessen keine Gesundheitsgefährdung zu befürchten ist ?
- Wie ist die gemeinsame Wirkung von Radon und **Rauchen** ?
- Wie viele der **Lungenkrebstodesfälle** werden durch Radon verursacht ?

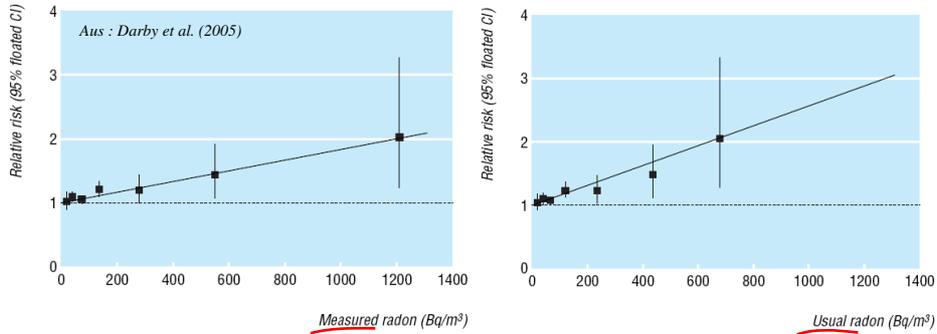
1

### (Hauptsächliche) Studien :

- **Indoor-Studien :**
  - Meta-Analyse aus 8 Indoor-Radon Studien (Lubin et al., 1997)
  - Zwei deutsche Indoor-Radon Studien, Ost und West, (Wichmann et al., 2005)
  - Nordamerikanische Indoor-Studien (Kremski et al., 2006)
  - **Gepoolte europäische Studie aus 9 Ländern (Darby et al., 2005) "Darby-Studie"**
- **Studien an Uran-Bergarbeitern :**
  - 11 Uran-Bergarbeiterstudien (Lubin et al., 1994 und BEIR IV, 1999)
  - Deutsche Uran-Bergarbeiterstudien (Kreuzer et al., 2015)
  - Gepoolte Uran-Bergarbeiterstudien "PUMA" (Richardson et al., 2022)

2

"Darby-Studie" (Darby et al., 2005)



- linear ohne Schwelle
- wenn Schwelle, dann <150 Bq/m<sup>3</sup>
- auch unterhalb von 200 Bq/m<sup>3</sup> signifikant erhöht
- Steigung "measured radon": 8,4% pro 100 Bq/m<sup>3</sup> (KI: 3% - 16%)
- Steigung "usual radon" : **16% pro 100 Bq/m<sup>3</sup>** (KI: 5% - 31%)

3

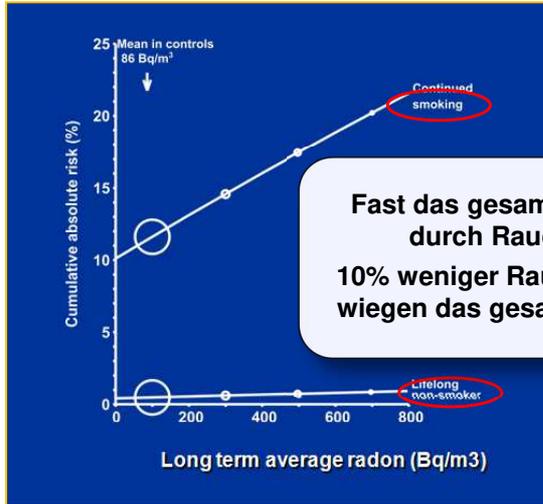
"Darby-Studie" (Darby et al., 2005)

Range of measured values	No of lung cancer cases/controls	Relative risk (95% floated CI)
<25	566/1474	1.00 (0.87 to 1.15)
25-49	1999/3905	1.06 (0.98 to 1.15)
50-99	2618/5033	1.03 (0.96 to 1.10)
100-199	1296/2247	1.20 (1.08 to 1.32)
200-399	434/936	1.18 (0.99 to 1.42)
400-799	169/498	1.43 (1.06 to 1.92)
≥800	66/115	2.02 (1.24 to 3.31)
Total	7148/14 208	—

Darby et al. (2005)

4

"Darby-Studie" (Darby et al., 2005)



Cumulative absolute risk of lung cancer death by age 75

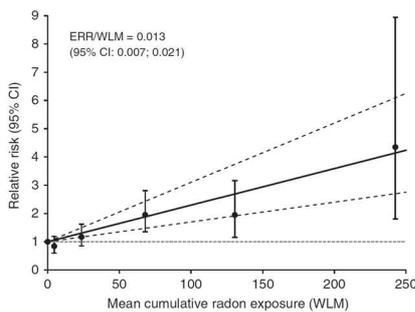
Also :

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/m³ (sowohl für Rauchen als auch für Nicht-Raucher)

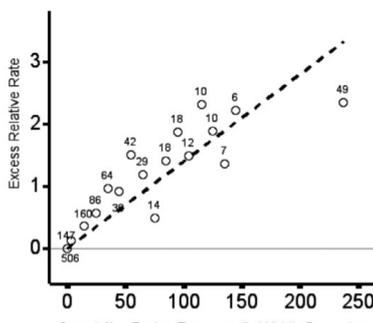
S. Darby, IRPA 13, Glasgow (2012)

"Bergarbeiterstudien"



Kreuzer et al. (2015)

ERR = 0,013 pro WLM



Richardson et al. (2022)

ERR = 0,013 pro WLM

Mögliche Umrechnung mit:

Expositionszeit 30 a – 7.000 h/a – F=0,4

$$1\text{WLM} = \frac{0,64}{F} \text{MBq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3} = 0,076 \cdot 100 \text{Bq} \cdot \text{m}^{-3}$$

ERR = 0,013 pro WLM = 17% pro 100 Bq/m³

### Fazit

- Die Ergebnisse der bisherigen epidemiologischen Studien zum Radonrisiko sind mit vergleichsweise **hohen Unsicherheiten** behaftet
- Dessen ungeachtet ergibt eine lineare Dosis-Wirkungsbeziehung ohne Schwellendosis (**LNT-Modell**) die besten Anpassungen
- Indoor-Studien und Bergarbeiterstudien zeigen **gute Übereinstimmungen**
- **Wichtig:**  
Die Radonstudien beziehen sich nahezu ausschließlich auf Expositionsmessungen (in WLM oder Bq/m<sup>3</sup>) und nicht auf Dosismessungen (in Gy oder Sv). Sie geben daher **keine Basis für die Ermittlung von Radon-Dosiskoeffizienten**, d.h. von Umrechnungsfaktoren von Exposition zu Dosis.  
⇒ Im Strahlenschutz werden im Gegensatz zu allen anderen Bereichen Radonwerte (z.B. Referenzwerte) auf Expositionsgrößen und nicht auf Dosisgrößen bezogen.

7

8