



Swiss TPH



Von der epidemiologischen Evidenz zum individuellen Risiko

Radon Rendez-vous 2025, Bern 20. Mai 2025

Prof. Dr. Martin Rösli



scnat, 2016, de

scnat, 2016, fr

Trends	Einflussfaktor	Gesundheitliche Aspekte*	Lösungsansätze
A) Gebäudebereich			
Dichtere Gebäudehülle	Radon	Erhöhung Lungenkrebsrisiko, evtl. andere karzinogene Effekte	<ul style="list-style-type: none"> - Bessere Dichtung gegen den Boden bzw. Kellerräume - Radondrainage - Gute Lüftung

Telefonanruf

Eine Frau ruft mich verzweifelt an, dass in ihrer Wohnung eine Radonkonzentration 1000 Bq/m^3 gemessen wurde.

Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie deswegen an Lungenkrebs erkrankt?

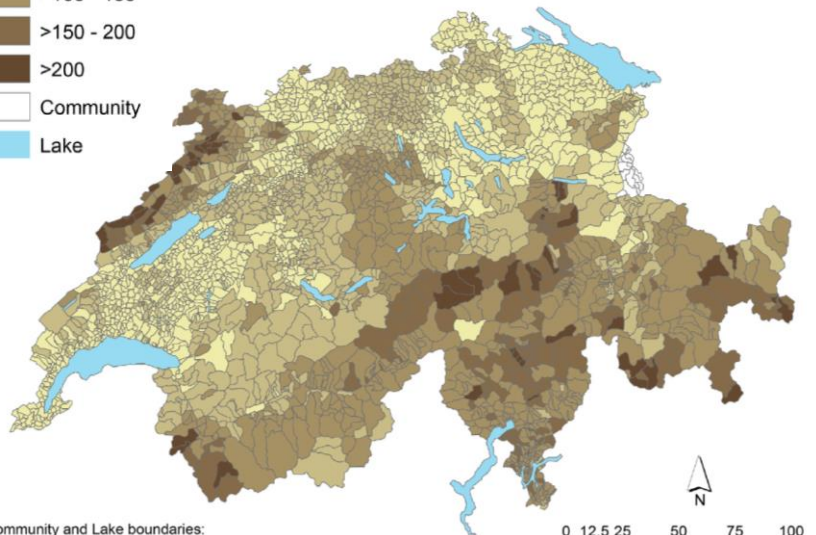
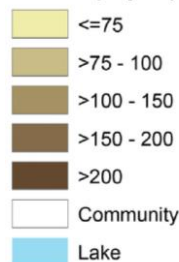
- a) ~100%
- b) ~20%
- c) ~10%
- d) ~5%
- e) ~1%



Source: AI generated

Verteilung von Radon und Lungenkrebs in der Schweiz

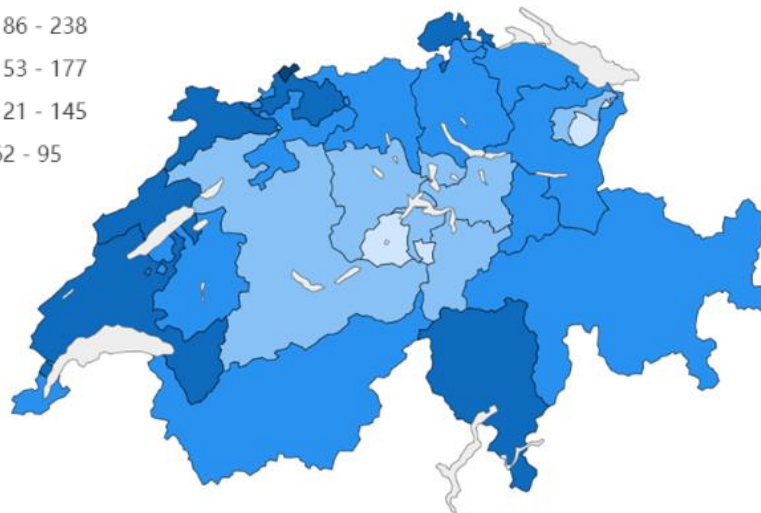
Radon (Bq/m^3)



Community and Lake boundaries:
"Generalisierte Gemeindegrenzen, Stufe 3: Geodaten," BFS 2001

Fig. 2. Predicted arithmetic mean radon concentrations (Bq/m^3) at community using the linear model (top) and random forest (bottom).

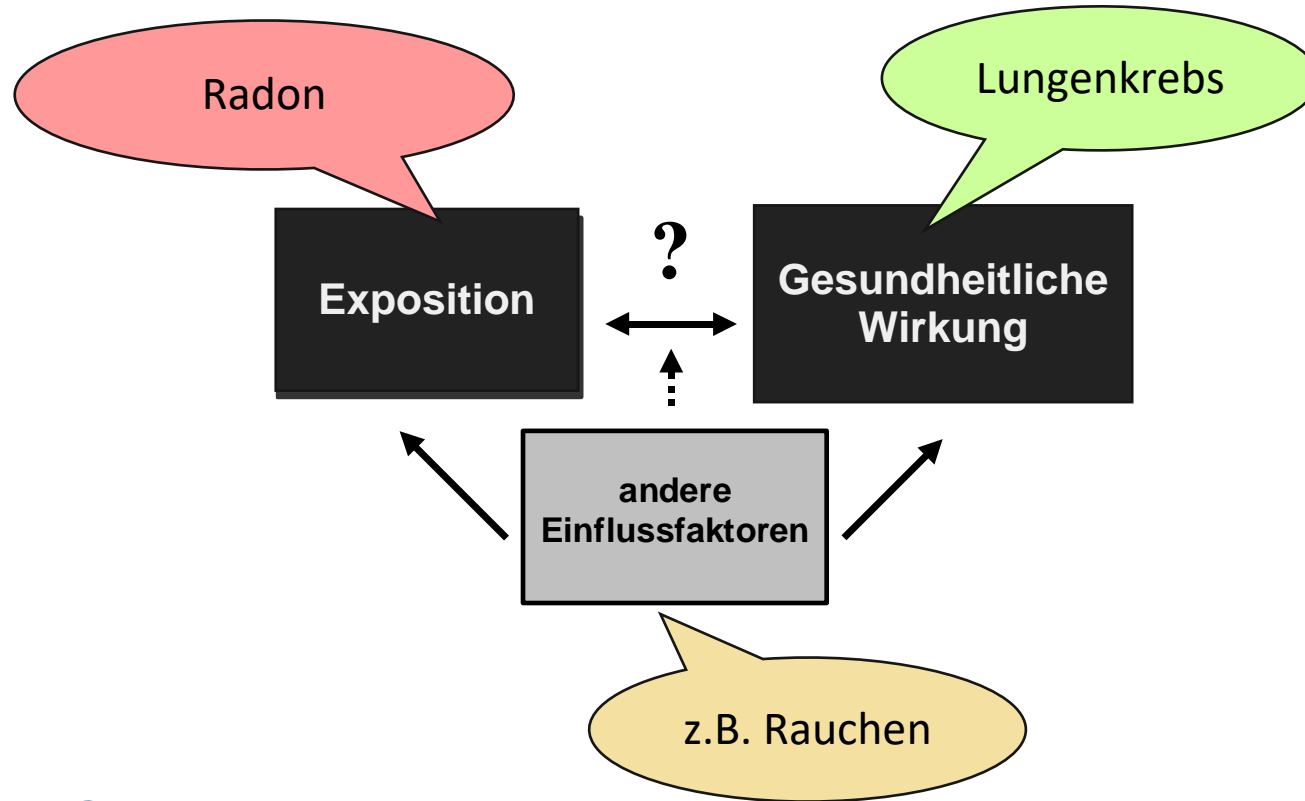
Standardisierte Lungenkrebsrate (pro 100'000)



<https://www.versorgungsatlas.ch/indicator/ 115>

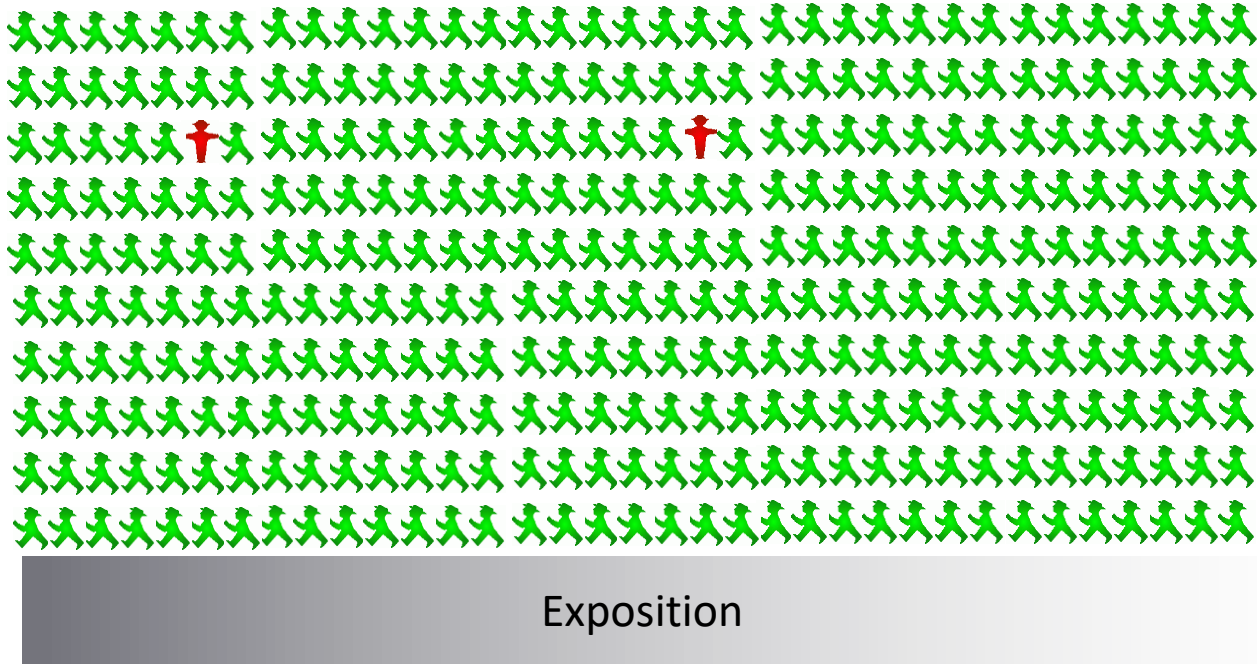
Vienneau et al, Env Poll, 2021

Epidemiologische Forschung zu Radon



Kohortenstudie

Erkrankungsraten in Abhängigkeit von der Exposition.

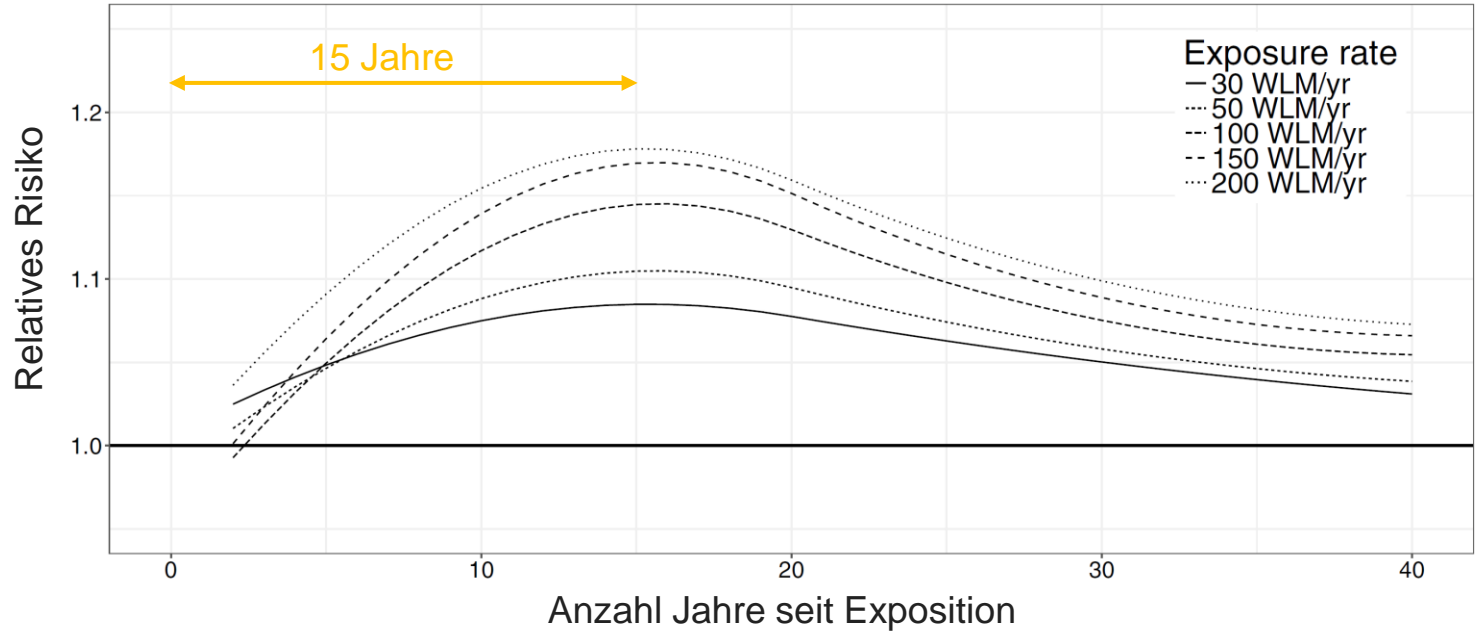


Deutsche Wismut Uranminenarbeiterkohorte

59'000 Arbeiter mit Arbeitsbeginn zwischen 1946-1989 beobachtet bis 2003.

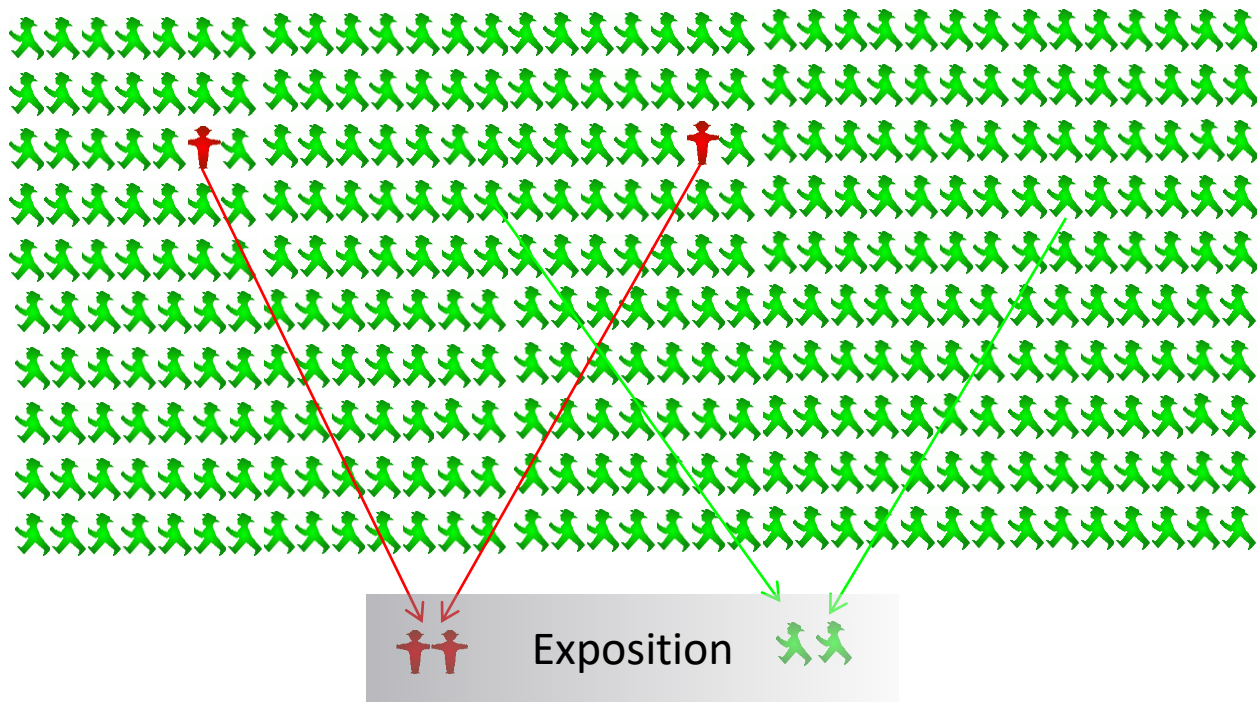
WLM=Working level
month
 $WL=1.3 \cdot 10^5$ MeV
alpha Zerfallsenergie
pro Liter Luft
(entspricht einer
Konzentration von
 $3'700 \text{ Bq/m}^3$)

Aßenmacher et al,
Rad Env Biophys,
2019



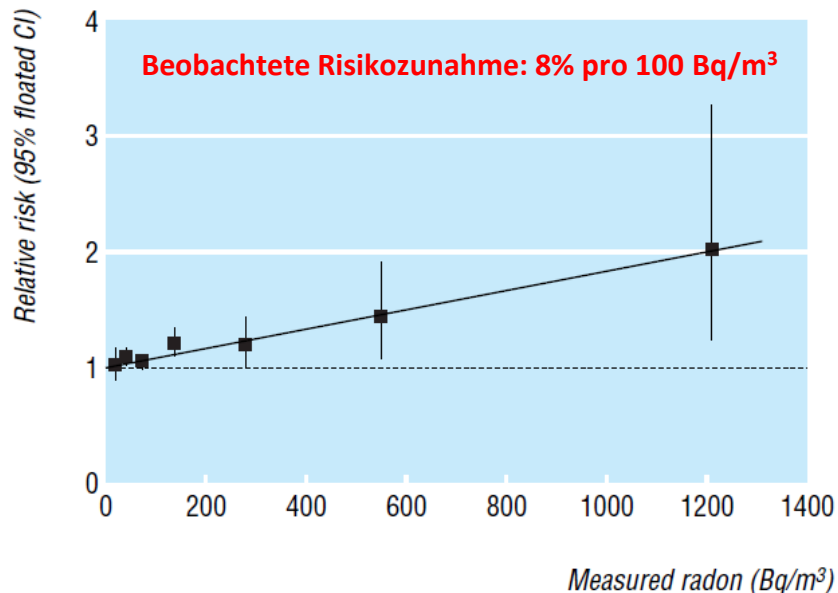
Fall-Kontrollstudien

Vergleich der Exposition zwischen Kranken und Gesunden.



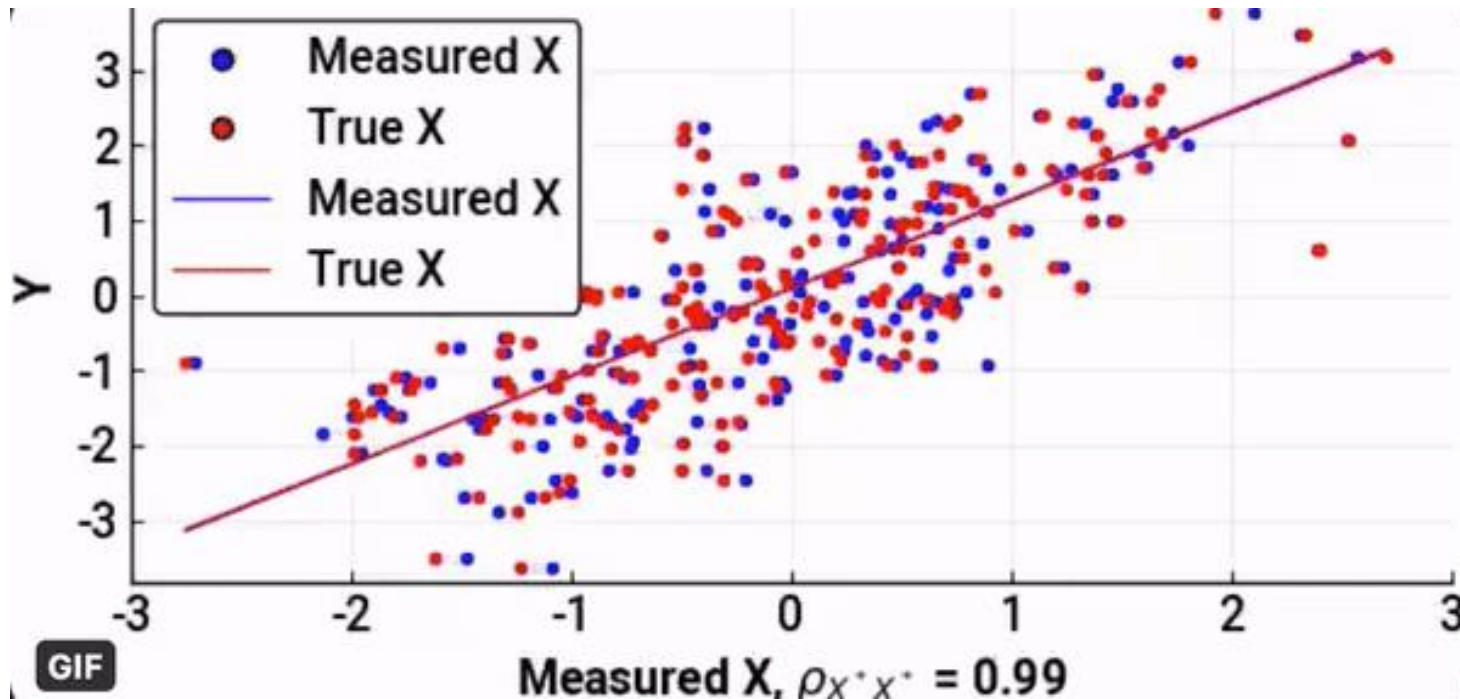
Meta-Analyse von 13 europäischen Fall-Kontrollstudien

- Eingeschlossen: 7'148 Lungenkrebsfälle und 14'208 Kontrollpersonen
- Gemessene Radonkonzentration zuhause (5-35 Jahre vor der Diagnose).



Darby et al, BMJ, 2005

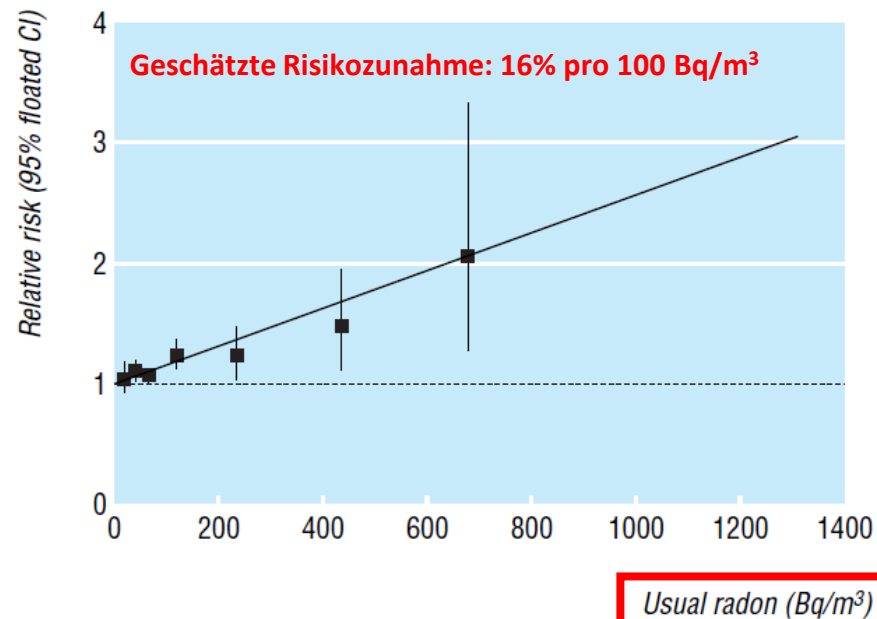
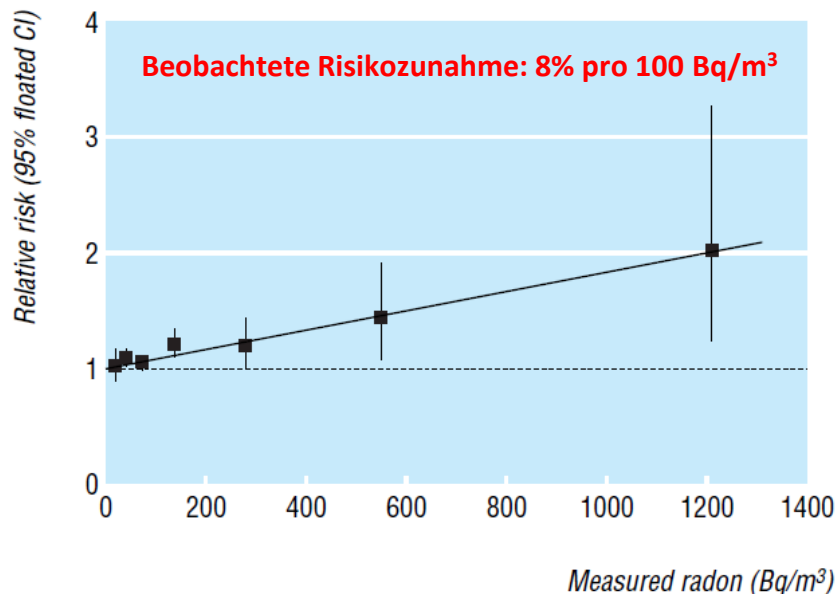
Zufällige Fehler bei der Exposition: Unterschätzung



Source: <https://twitter.com/PronouncedKeil/status/1329048355490639873?s=20>

Meta-Analyse von 13 europäischen Fall-Kontrollstudien

- Eingeschlossen: 7'148 Lungenkrebsfälle und 14'208 Kontrollpersonen
- Gemessene Radonkonzentration zuhause (5-35 Jahre vor der Diagnose).



Darby et al, BMJ, 2005

Überblick über Meta-Analysen zu Radon

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)	-
Gewichteter Mittelwert				10	~20

* in Prozent pro 100 Bq/m³

WHO, Radon Handbook, 2009

Welche Rolle spielt das Rauchen?

Ungefähr gleiche
relative
Risikozunahme für
Raucher und
Nichtraucher.

Cheng, ERR, 2021

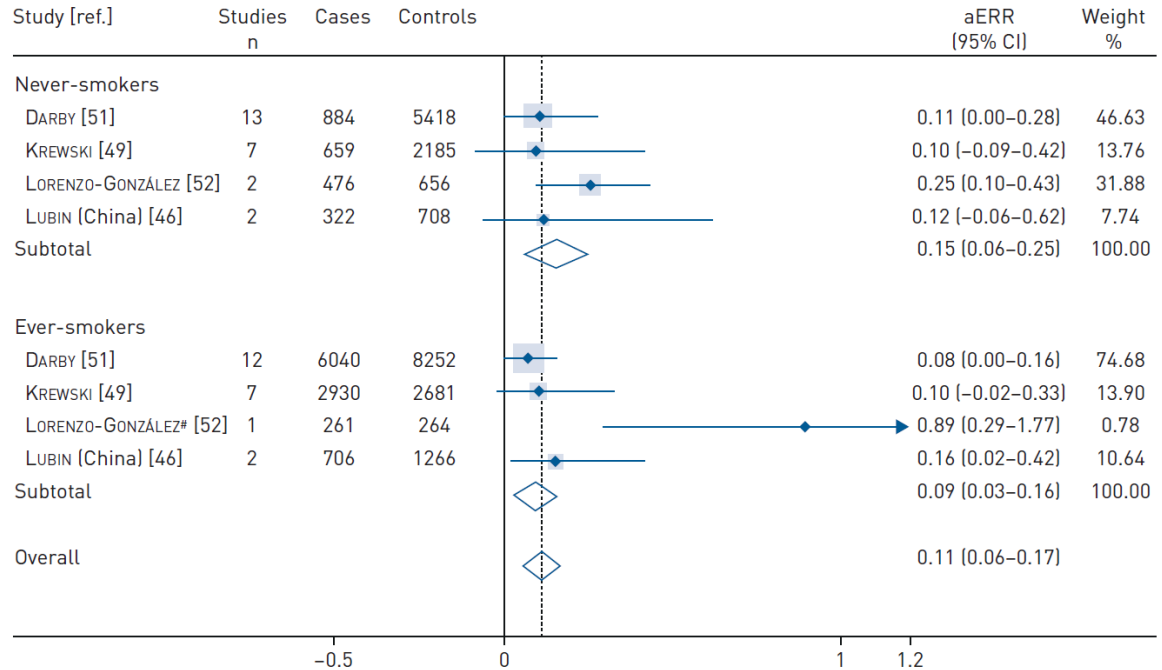
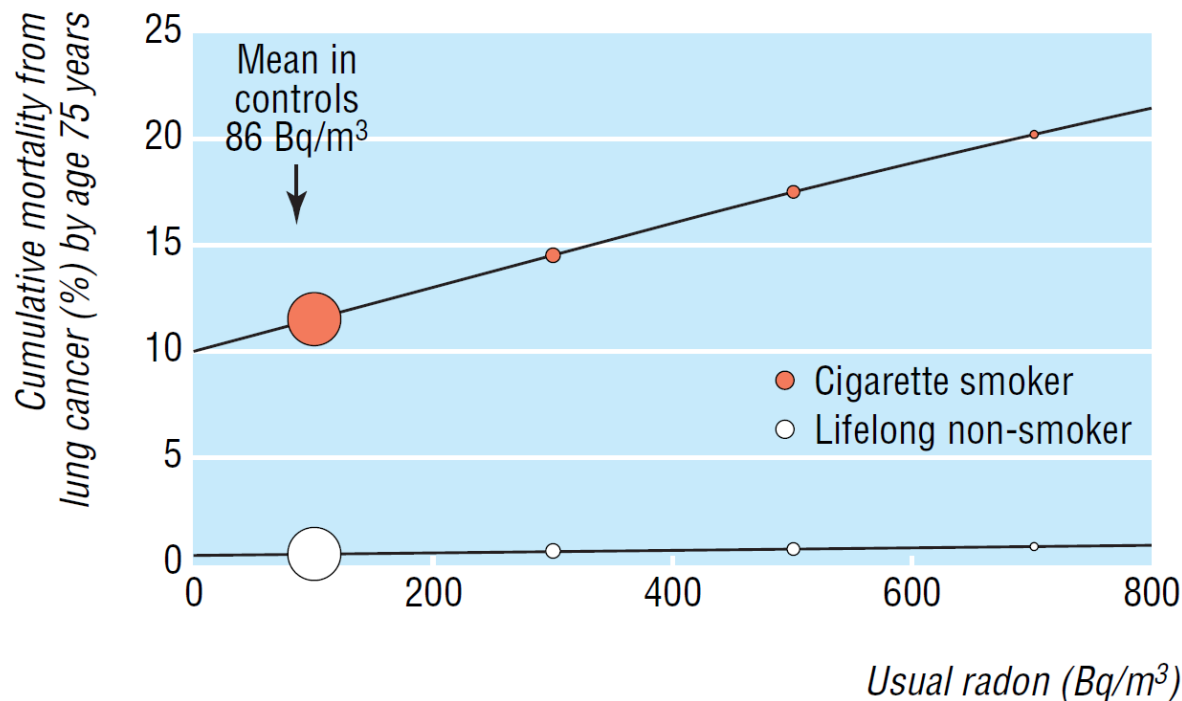


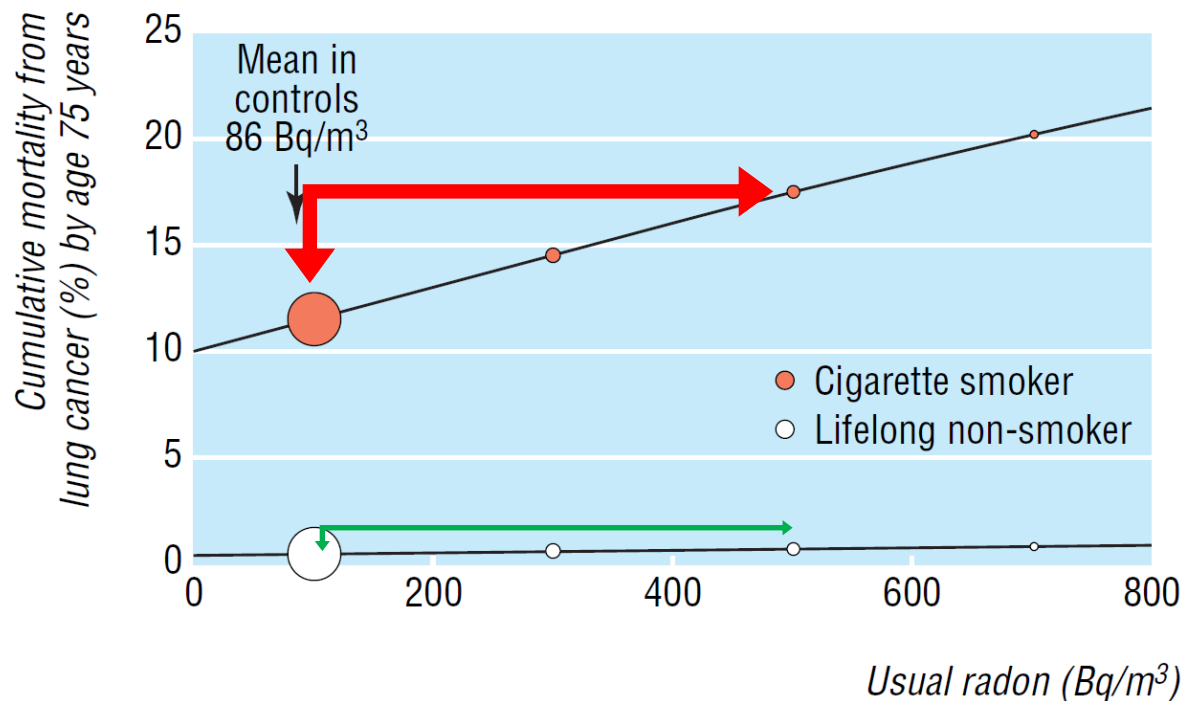
FIGURE 2 Adjusted excess relative risk (aERR) and 95% CI per 100 Bq·m^{–3} [radon exposure] for diagnosis of lung cancer. #: BARROS-Dios *et al.* [66] in this pooled study contributed to the “ever-smoker” meta-analysis. $p=0.32$ for test of difference between aERRs for never-smokers and ever-smokers.

Radonbedingtes Lungenkrebsrisiko in Abhängigkeit vom Rauchstatus



Darby et al, BMJ, 2005

Radonbedingtes Lungenkrebsrisiko in Abhängigkeit vom Rauchstatus



Absolutes Risiko

500 vs. 100 Bq/m^3 :

Raucher: 5%

Nichtraucher: $<0.1\%$

Darby et al, BMJ, 2005

Telefonanruf

Eine Frau ruft mich verzweifelt an, dass in ihrer Wohnung eine Radonkonzentration 1000 Bq/m^3 gemessen wurde.

Wie gross ist die Wahrscheinlichkeit, dass sie deswegen an Lungenkrebs erkrankt?

- a) ~100%
- b) ~20% (falls sie raucht)
- c) ~10%
- d) ~5%
- e) ~1% (falls sie nicht raucht)



Source: AI generated

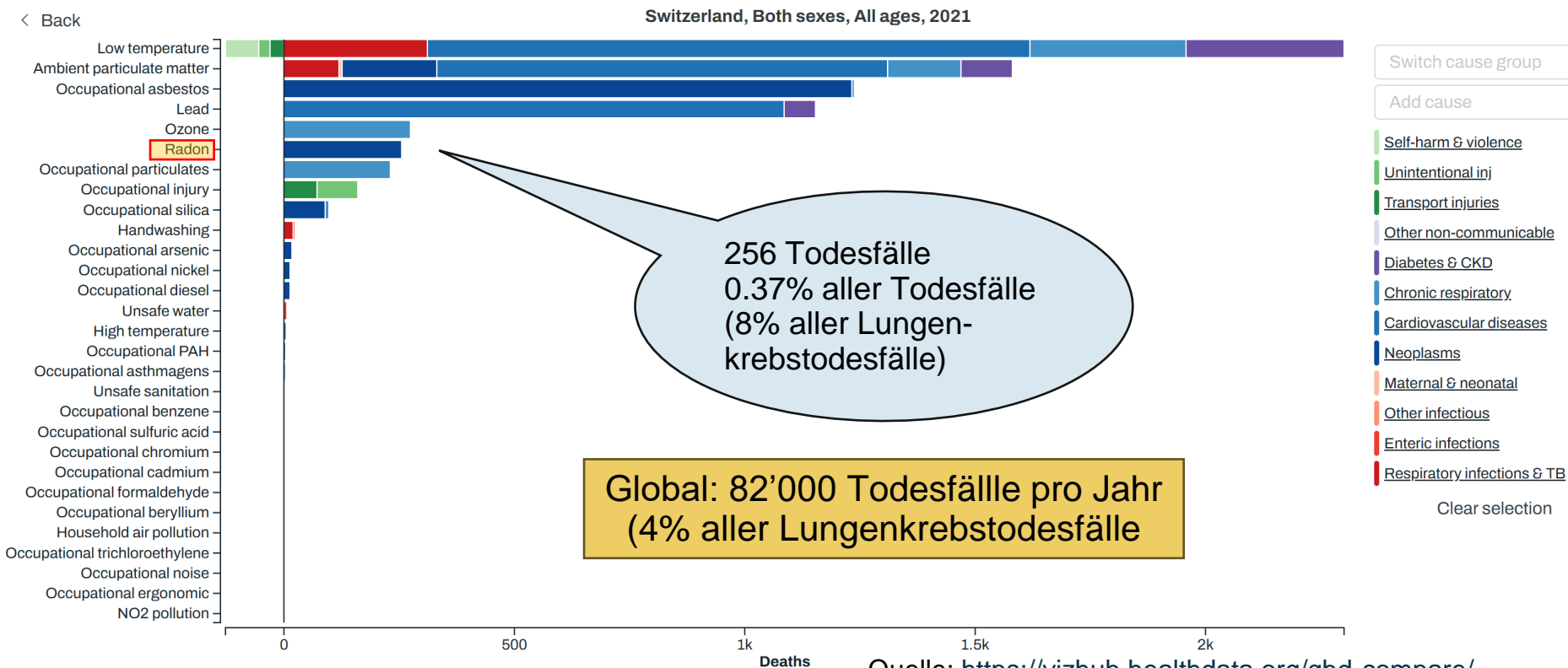
Attributable Lungenkrebsfälle in der Schweiz

Table 3. Attributable fraction for lung cancer due to indoor radon in Switzerland and Germany, compared to outdoor air concentrations of 10 Bq m^{-3} (Switzerland) and 9 Bq m^{-3} (Germany). Based on the European indoor model after measurement error correction and likewise corrected radon distribution, calculated separately for sex and smoking.

Sex	Smoking status	PAF in %	95% CI		No. cases per year	95% CI	
Switzerland							
Men	Non-smoker	8.8	3.3	23.2	5	2	14
Men	Smoker	8.2	3.1	21.5	164	62	427
Women	Non-smoker	8.8	3.3	23.2	8	3	21
Women	Smoker	8.6	3.2	22.6	54	20	143
Sum		8.3			231		
Germany							
Men	Non-smoker	5.2	1.8	13.2	32	11	81
Men	Smoker	5.0	1.7	12.5	1,390	478	3,484
Women	Non-smoker	5.2	1.8	13.2	127	44	320
Women	Smoker	5.2	1.8	13.0	347	119	874
Sum		5.0			1,896		

Menzler, Health Phys, 2008

Schätzungen Global Burden of Disease

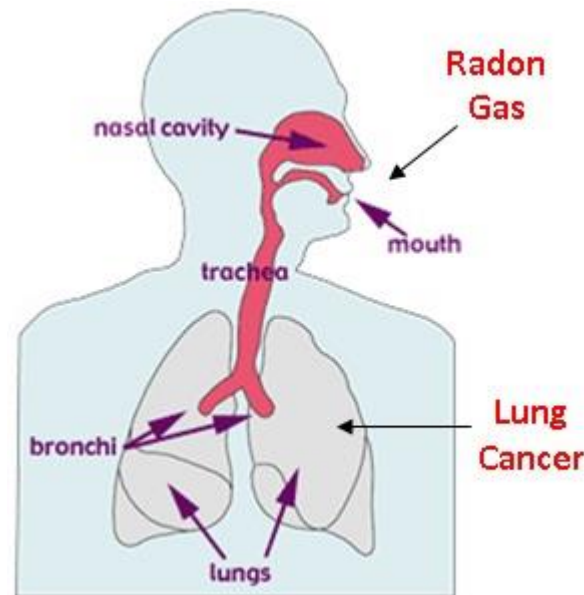


Hintergrund– Radon Organ Dosis

Jährlich Äquivalentdosis für verschiedenen Organe bei einer Radonkonzentration von 200 Bq/m³

Erwachsene (hergeleitet von Kendall et al 2002, 2005):

- Lunge: 97 mSv
- Haut: 25 mSv
- Niere: 2.9 mSv
- Restliche Organe: <1 mSv

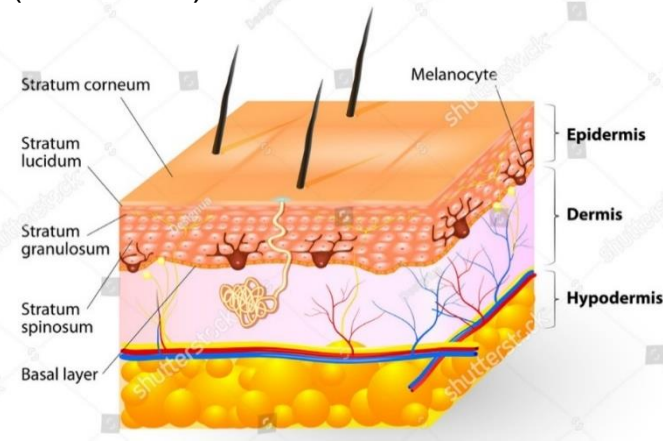


Radon Center, Ireland, <http://www.radon.ie/>

Hautkrebs?

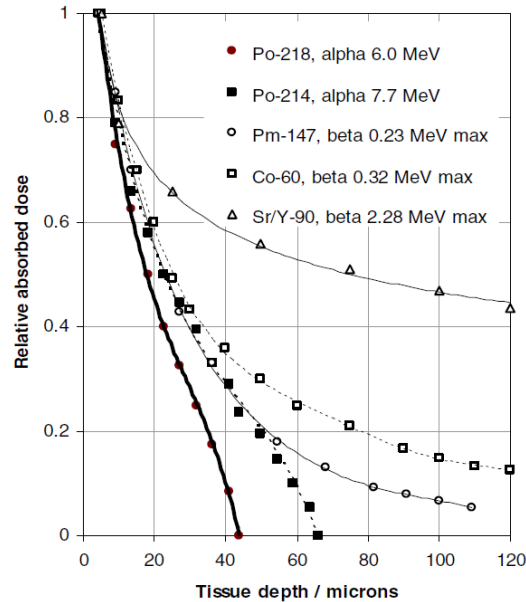
Querschnitt Haut

30 μ m (Augenlid) - 4mm (Fusssohle)



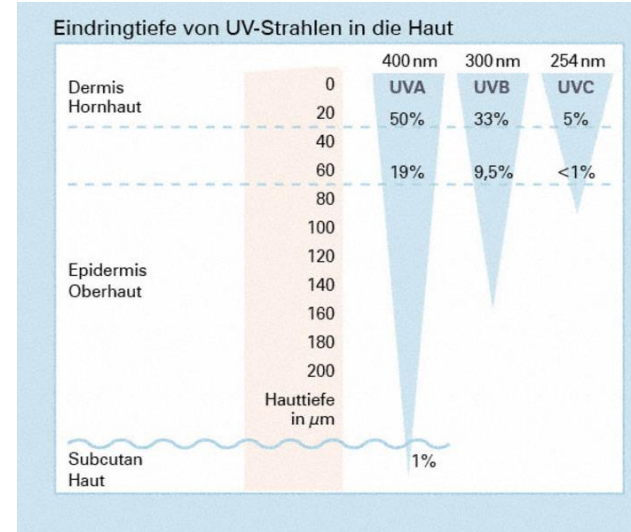
Source: www.shutterstock.com/

Eindringtiefe α -Partikel



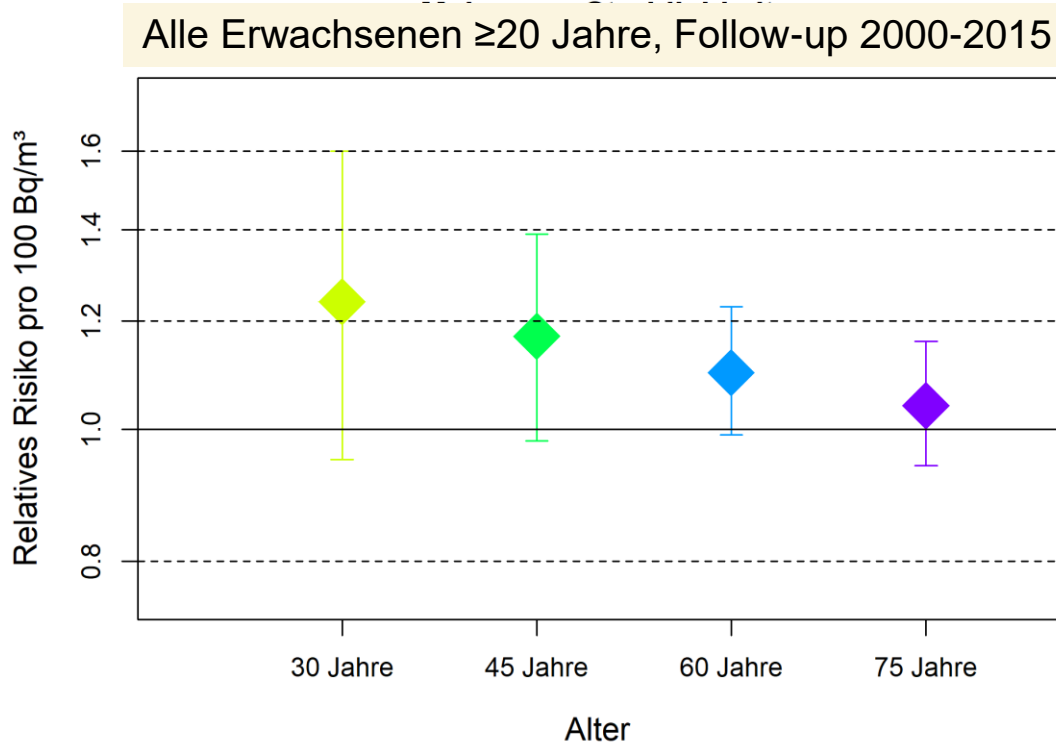
Charles, JRP, 2007

Eindringtiefe UV-Strahlung



Source: www.sterilair.com

Schweizerische Nationale Kohorte: Melanoma Sterblichkeit



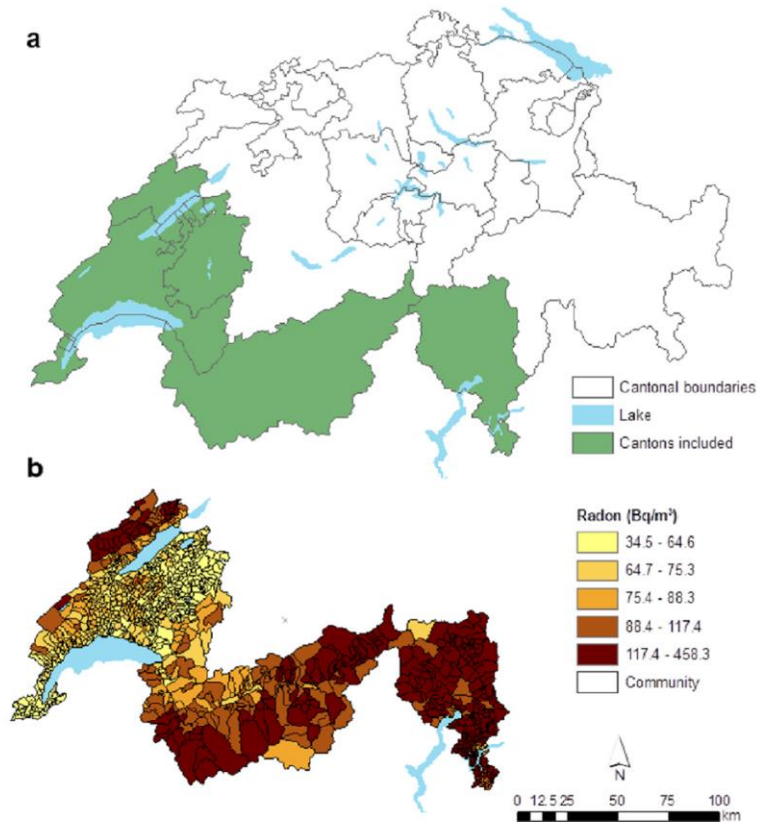
Boz et al, Env Int, 2022

Adjustiert für UV-Exposition, Alter als Zeitskala, Zeittrend, Geschlecht, Zivilstand, Muttersprache, Bildungsniveau, sozioökonomischer Index, berufliches Umfeld (sowie Interaktion zwischen Alter und Radonexpositionen).

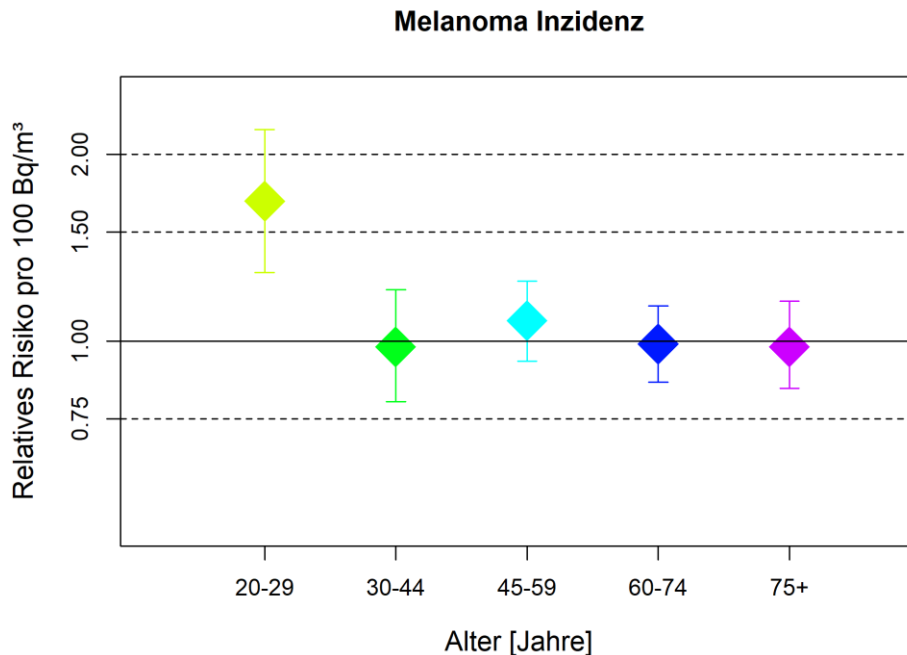
Gesamte Kohorte
($n=4.9$ mio, 3979 Todesfälle):
RR=1.10 (0.99-1.23)

Nicht umgezogen zw. 1991-2001
($n=2.3$ mio, 2805 Todesfälle):
RR=1.14 (1.00-1.30)

Melanoma Inzidenz und Radon



Alle Erwachsenen ≥ 20 Jahre, Follow-up 2000-2012
(n=1.3 mio, 4937 Patienten)



Boz et al, Env Res, 2024

Danish Diet, Cancer and Health Cohort (n=57,000, 1993-2011)

Table 2. Association between time-weighted average radon exposure[#] and basal cell carcinoma, squamous cell carcinoma and malignant melanoma among 51,445 Diet Cancer Health cohort participants.

	Cases,n	Incidence rate ratios (95% CI) Model 1 ^a	Model 2 ^{a,b}
Basal cell carcinoma			
< 16.4 Bq/m ³	747	1.00	1.00
(16.4–38.3) Bq/m ³	746	1.15 (1.05, 1.25)	1.07 (0.98, 1.17)
(38.3–65.6) Bq/m ³	872	1.34 (1.23, 1.46)	1.20 (1.10, 1.31)
> 65.6	878	1.28 (1.18, 1.40)	1.15 (1.05, 1.26)
<i>Linear trend per 100 Bq/m³</i>	3243	<i>1.32 (1.20, 1.44)</i>	<i>1.14 (1.03, 1.27)</i>
Squamous cell carcinoma			
< 16.4 Bq/m ³	83	1.00	1.00
(16.4–38.3) Bq/m ³	73	0.90 (0.69, 1.18)	0.89 (0.65, 1.15)
(38.3–65.6) Bq/m ³	76	1.22 (0.87, 1.45)	1.00 (0.76, 1.33)
> 65.6 Bq/m ³	85	1.06 (0.82, 1.38)	0.95 (0.72, 1.27)
<i>Linear trend per 100 Bq/m³</i>	317	<i>1.12 (0.83, 1.50)</i>	<i>0.90 (0.70, 1.37)</i>
Malignant melanoma			
< 16.4 Bq/m ³	62	1.00	1.00
(16.4–38.3) Bq/m ³	87	1.43 (1.09, 1.87)	1.37 (1.04, 1.82)
(38.3–65.6) Bq/m ³	85	1.36 (1.04, 1.80)	1.27 (0.94, 1.71)
> 65.6 Bq/m ³	95	1.37 (1.04, 1.81)	1.24 (0.92, 1.69)
<i>Linear trend per 100 Bq/m³</i>	329	<i>1.24 (1.09, 1.58)</i>	<i>1.08 (0.77, 1.50)</i>

^aAdjusted for age (underlying time scale) and sex.

^bAdjusted for skin reaction to sunlight, degree of freckles, degree of nevi, BMI, school attendance, area-level socio-economic status, leisure time physical activities including sports, cycling, walking and gardening as well as outdoor occupation (farming, mining, quarrying, roofing or asphalt road work) and mean daily hours of bright sunshine at the level of municipality of each residence.

Due to exclusion of cohort members with missing value in any covariate, the number of persons is identical in the crude and the adjusted analyses.

[#]Radon exposure was entered as a continuous variable in all models as the time-weighted average at residences from 1 January 1971 until censoring.

Bräuner et al, Plos One, 2015

Nierentumore: nur Studien an Minenarbeiter

81 (No Title)

Biomed Environ Sci, 2018; 31(11): 805-815

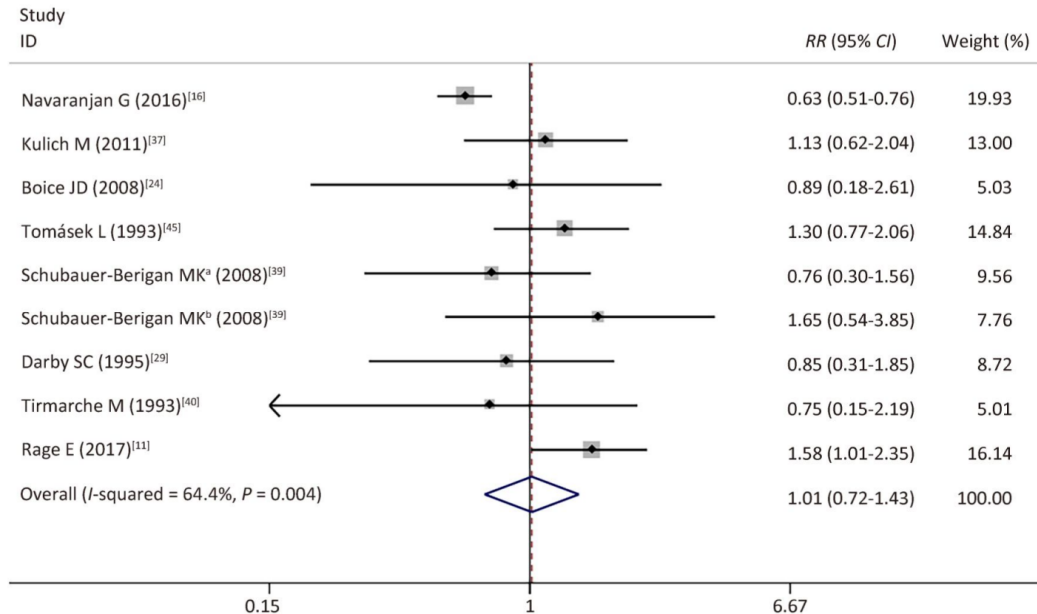
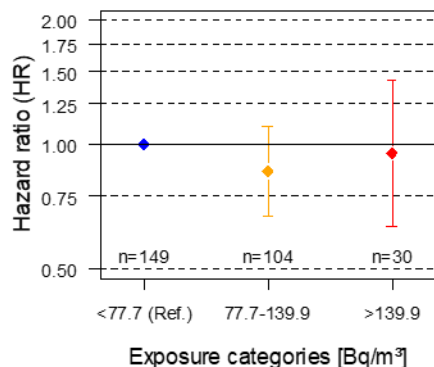


Figure 2. Forest plot of relative risks reported by 8 miner studies: ^aWhite uranium miners, ^bAmerican Indian uranium miners.

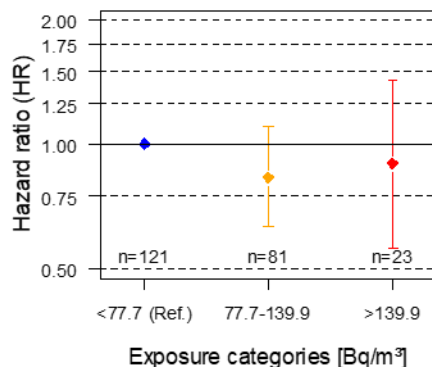
Andere Tumore?

- Daten von 811'961 Personen zwischen 1982-2006: 265'477 Todesfälle (Turner et al., AJE, 2012): kein klarer Zusammenhang für andere Krebsarten
- Gleiche Schlussfolgerung in Mozzoni, 2021
- Tumore bei Kindern: Häufig Zusammenhänge in ökologischen Studien aber nicht Fall-/Kontroll- und Kohortenstudien.
- Schweizweite Studie [Hauri et al, EHP, 2013](#) :

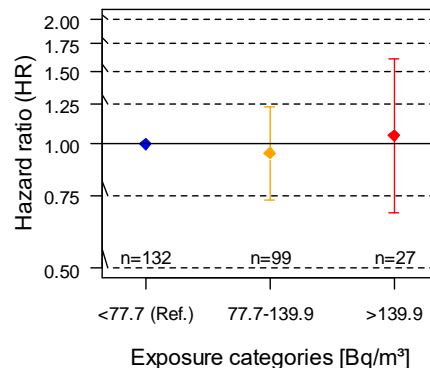
Leukaemia



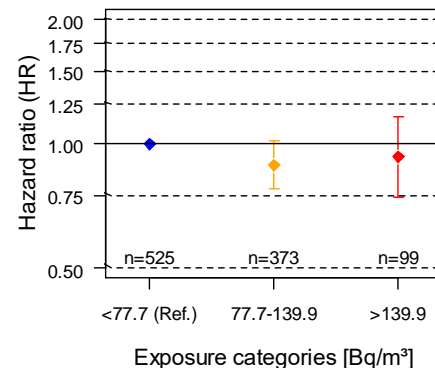
Acute lymphoblastic leukaemia



CNS tumours



All cancer



Chronisch obstructive Lungenerkrankung (COPD)

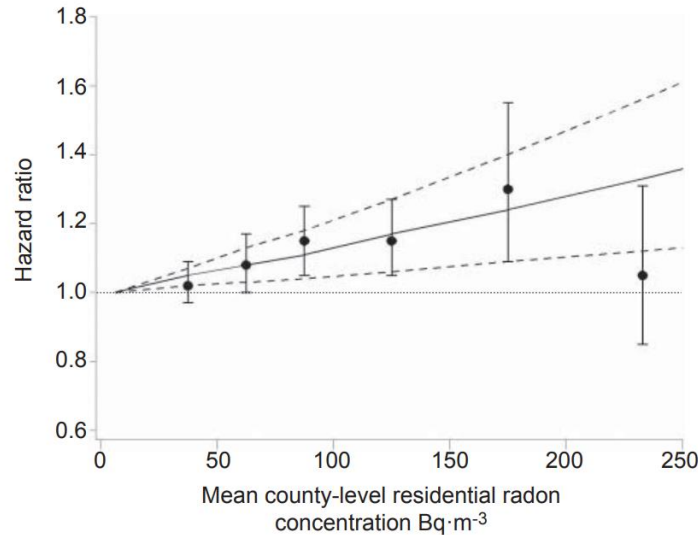


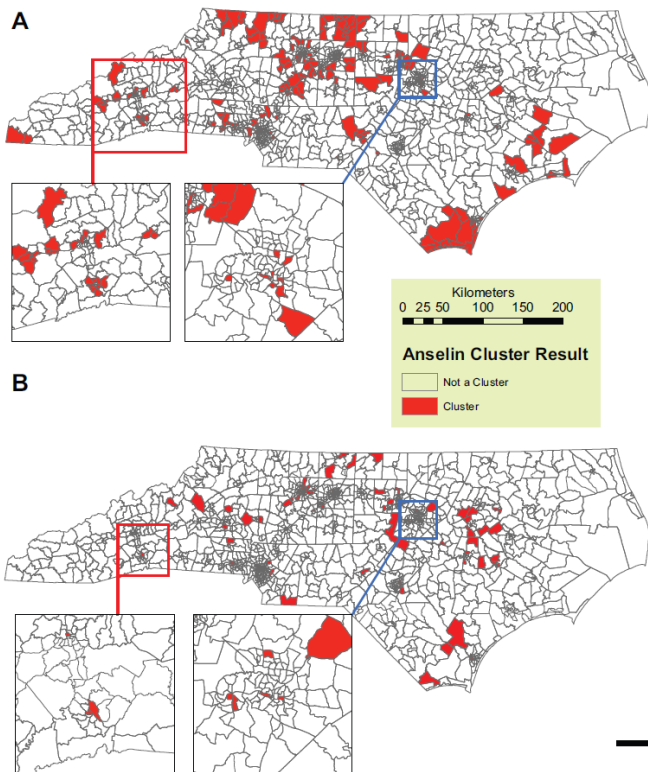
FIGURE 1. Adjusted hazard ratios with 95% confidence intervals (---) for chronic obstructive pulmonary disease mortality in relation to continuous (—) and categorical indicators of mean Lawrence Berkeley National Laboratory (Berkeley, CA, USA) county-level residential radon concentrations at enrolment in 1982 and follow-up from 1982–2006, American Cancer Society Cancer Prevention Study-II. Reference category: $<25 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Ökologische Studien von 1.2 Millionen Personen aus U.S. von 1982-2006.

Kein Zusammenhang in kleiner Studien aus Galizien (Barbosa-Lorenzo et al, 2017).

Turner et al, ERJ, 2012

Trinkwasser und Tumore?



Ökologische Studie aus North Carolina
mit Daten von 1999-2009
(Messier et al, 2017)

A) **Lungenkrebs:**
RR=1.03 (95%-KI: 1.01, 1.06) per 100 Bq/l

B) **Magenkrebs**
RR=1.05 (95%-KI: 0.99, 1.11) per 100 Bq/l

Zusammenfassung

- Zusammenhang zwischen Radon und Lungenkrebs schon lange etabliert.
- Rund 10% der Lungenkrebsfälle in der Schweiz sind durch Radon verursacht.
 - In erster Linie sind Raucher betroffen wegen höherem Basisrisiko.
 - Keine Daten zur kindlichen Radonexposition und Lungenkrebs im Erwachsenenalter.
- Für andere Krebserkrankungen als Lungenkrebs eher keine Evidenz für einen Zusammenhang:
 - Vereinzelte Hinweise für Tumore der Haut
- Kaum Daten zu anderen respiratorischen Erkrankungen
- Kaum Daten zu Radon im Trinkwasser

Trügt die Idylle in meinem Elternhaus?

Der Vater unserer Autorin starb an Lungenkrebs.
Als auch noch ihre Mutter erkrankt, kommt ihr ein Verdacht:
das radioaktive Gas Radon.

TEXT ANITA BLUMER
BILDER YVES BACHMANN

Anita Blumer, Das Magazin, N° 26 (2023), S. 14-21)

Swiss TPH



Fragen?

