

theremino
•the•real•modular•in-out•

System Theremino

Informationen über Radon

deutsche Übersetzung von Heiner Gerling

Radon

Radon ist seit Millionen von Jahren Bestandteil der Luft, aber erst seit der Entwicklung von Instrumenten, die es nachweisen und messen können, wissen wir von seiner Existenz. Sein Vorhandensein gibt Anlass zu großer Besorgnis, denn es gibt alarmierende Statistiken über seine Verbindung mit Lungenkrebs.

Radon ist das Element 86 im Periodensystem - abgekürzt "Rn" - ein unsichtbares Gas, farblos, geruchlos, an sich ungefährlich, aber instabil und daher radioaktiv.

Radon-Isotope bilden sich in uran-, radium- und thoriumhaltigem Gestein und gehen leicht durch poröse Stoffe wie Erde, Felsen und sogar Kunststoffe. Sie diffundieren leicht in die Luft und Wasser und werden von ihnen transportiert.

Radon und seine Folgeprodukte

Radionuclid	alternativer Name	Es kommt von:	Halbwertszeit	Hauptemissionsenergien (MeV)		
				Alfa	Beta	Gamma
Rn-222 (1)	Radon	Radium-226 und Uran-238	3.82 Tage	5.49	-	-
Po-218 (1)	-	-	3.2 min	6.00	-	-
Pb-214	-	-	26.8 min	-	0.67 / 0.73 / 1.03	0.25 / 0.30 / 0.35
Bi-214	-	-	19.9 min	-	1.51 / 1.54 / 3.28	0.61 / 1.12 / 1.76
Po-214 (1)	-	-	0:16 ms	7.69	-	-
Pb-210	-	-	22.3 Jahre	-	0.17 / 0.63	0.046
Bi-210	-	-	1.5 Tage	-	01.16	-
Po-210 (2)	-	-	138 Tage	5.30	-	-
Pb-206	-	-	stabil			

Thoron und Actinon

Radionuclid	alternativer Name	Es kommt von:	Halbwertszeit	Hauptemissionsenergien (MeV)		
				Alfa	Beta	Gamma
Rn-220 (3)	Thoron	Thorium-232	55.6 Sekunden	(5)	-	-
Rn-219 (4)	Actinon	Uran-235	3.96 Sekunden	(5)	-	-

(1) Gelb hervorgehoben sind die drei Alphazerfälle von Interesse (die von der Ionenkammer gezählt werden).

(2) Die Zerfälle von Po-210 sind weitaus seltener. Ihr Effekt ist vernachlässigbar und nicht von zufälligem Rauschen zu unterscheiden.

(3) Thoron zerfällt fast 6000-mal schneller als Radon und ist als Abkömmling von Thorium232 leicht herzustellen. Aus diesen Gründen wird es häufig in Labortests verwendet, ist aber bei Umweltmessungen nicht von Bedeutung.

(4) Actinon ist sehr selten. Er wird normalerweise nicht gemessen und ist bei Umweltmessungen nicht von Bedeutung.

(5) Sowohl Thoron als auch Actinon zerfallen mit Alphastrahlung, aber ihre Energie ist nicht angegeben, da sie hauptsächlich von Nachkommen erzeugt werden, die hier nicht aufgeführt sind.

Konzentrationen in Innenräumen und im Freien

Die Radonkonzentration in der Außenluft **beträgt etwa ein Tausendstel der Konzentration im Boden**. Dies kann demonstriert werden, indem man einen umgedrehten Eimer auf den nackten Boden stellt, in dem sich ein Radonmessgerät befindet. Das aus dem Boden austretende Radon sammelt sich im Eimer, bis ein Gleichgewichtszustand erreicht ist. Der Monitor zeigt eine **Radonkonzentration** an, die **hunderte Male höher ist als die der Umgebungsluft**.

Ein Haus mit Fundamenten, Wänden, Böden und Dach **gleich einem umgedrehten Eimer** und schließt Radon ein, insbesondere wenn alle Fenster im Haus geschlossen sind. Unter diesen Bedingungen kann die Radonkonzentration 10 bis 100 Mal höher sein als im Freien.

Da die Menschen in den Industrieländern die meiste Zeit in geschlossenen Räumen verbringen, sei es bei der Arbeit, in der Schule oder zu Hause, sind sie leicht einer Radonkonzentration ausgesetzt, die hoch genug ist, um ihre Gesundheit zu gefährden.

Die Konzentration im Wasser

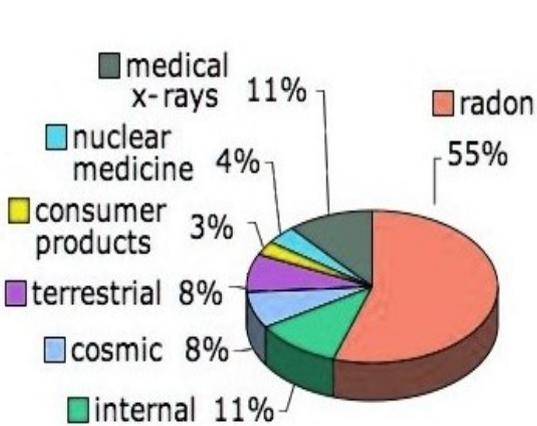
Nicht jedes Trinkwasser enthält Radon. Wenn das Wasser aus einer Oberflächenquelle wie einem Fluss, einem See oder einem Stausee stammt, wird ein Großteil des Radons in die Luft freigesetzt oder zerfällt, bevor es den Wasserhahn im Haus erreicht. Radon ist nur dann ein Problem, wenn das Wasser aus Brunnen gepumpt wird und direkt aus dem Grundwasserspiegel stammt. Allerdings enthalten nicht alle tiefen Quellen Radon.

Derzeit gibt es keine gesetzlichen Grenzwerte für die Radonkonzentration im Wasser. Die derzeitigen Vorschriften einiger Wasserwerke legen einen Grenzwert von 4000 Bq/m³ (100 pCi/l) fest, während einige Gesetzesvorschläge vorsehen, den Radongehalt im Trinkwasser auf unter 10000 Bq/m³ (300 pCi/l) zu senken.

Gefahr durch Radon

Radongas ist heute in Italien nach Tabakrauch die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs (ISPESL - Nationales Institut für Prävention und Sicherheit am Arbeitsplatz - Veröffentlichung "Radon in italia.pdf")

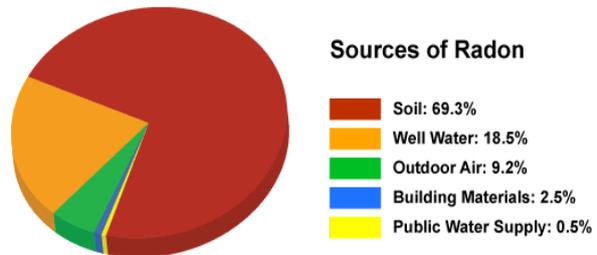
Die Exposition gegenüber Radon ist eine der Hauptursachen für die Tumorentstehung, da sie für etwa die Hälfte der gesamten Strahlenabsorption der gesamten menschlichen Bevölkerung verantwortlich ist. Es gilt als eine der Hauptursachen für Lungenkrebs, nach dem Zigarettenrauchen. Die Internationale Agentur für Krebsforschung (IARC) hat Radon als eines der krebserregendsten Produkte (Klasse 1) eingestuft.



Obwohl dieser wichtige Risikofaktor für die Gesundheit seit langem bekannt ist, wurde er bisher stark vernachlässigt. Erst in den letzten Jahren hat man begonnen, seine Bedeutung und das Ausmaß, in dem Radon in Wohnungen verbreitet ist, zu verstehen.

Der Mensch war schon immer der natürlich vorkommenden Radioaktivität ausgesetzt, aber heutzutage hat sich diese Belastung erhöht, da die meisten Menschen in geschlossenen, schlecht belüfteten Räumen leben. Der weitaus größte Teil der Strahlung stammt aus der Exposition durch Radon in der Luft der Wohnumgebung.

Das Vorhandensein von gelöstem Radon im Trinkwasser und dessen Einnahme verursacht ein minimales Risiko für Magenkrebs. Das Hauptrisiko, das mit dem Vorhandensein von Radon im Trinkwasser verbunden ist, liegt in der Übertragung von Radon in die Luft.



Radon verteilt sich leicht vom Wasser in die Luft, und wenn die Konzentrationen besonders hoch sind, trägt Wasser (z. B. aus der Dusche) zu einem erheblichen Anstieg der Radonkonzentration in der Luft bei.

Radonkonzentration (ungefähr)		Anzahl der Menschen, die an Lungenkrebs sterben(*) (pro 100 Personen)	
Bq/m ³	pCi / L	Nichtraucher	Raucher
1500	40	10	60
750	20	4	26
400	10	1	15
300	8	-	12
150	4	-	6
75	2	-	3
50	1.25	-	2
15	0.4	-	1

(*) Nach Angaben der US-Behörde EPA (Environmental Protection Agency) in der Studie "Lifetime risk of lung cancer deaths from EPA Assessment of Risks from Radon in Homes (EPA 402-R-03-003)"

Gesetzliche Höchstwerte

Die Environmental Protection Agency (EPA) hat erklärt, dass ein Radonwert von weniger als 150 Bq/m³ (4 pCi/l) ein geringes oder gar kein Gesundheitsrisiko darstellt.

Die EPA hat auch Empfehlungen für spezifische Maßnahmen veröffentlicht, die zu ergreifen sind, wenn höhere Konzentrationswerte festgestellt werden. Dazu gehören weitere Tests in anderen Räumen des Hauses. Da es jedoch keinen absoluten, wissenschaftlich ermittelten sicheren Grenzwert gibt, muss letztlich der Hausbesitzer entscheiden, welcher Radonwert für sein Haus akzeptabel ist.

Veröffentlichte Risikovergleiche zeigen, dass eine Radonkonzentration von 1000 Bq/m³ (30 pCi/l) etwa das gleiche kumulative Risiko birgt wie das Rauchen von zwei Schachteln Zigaretten pro Tag.

Biologische Mechanismen

Die Gesundheitsgefährdung durch Radon ist indirekt. Wenn Menschen kontaminierte Luft einatmen, können die Alphateilchen, die durch den Zerfall von Radon und seinen Nachkommen entstehen, Chromosomenschäden in den dünnen Schichten des Lungengewebes verursachen. Diese Schädigung ist eine mögliche Ursache für Lungenkrebs, insbesondere in Verbindung mit den Auswirkungen des Zigarettenrauchens.

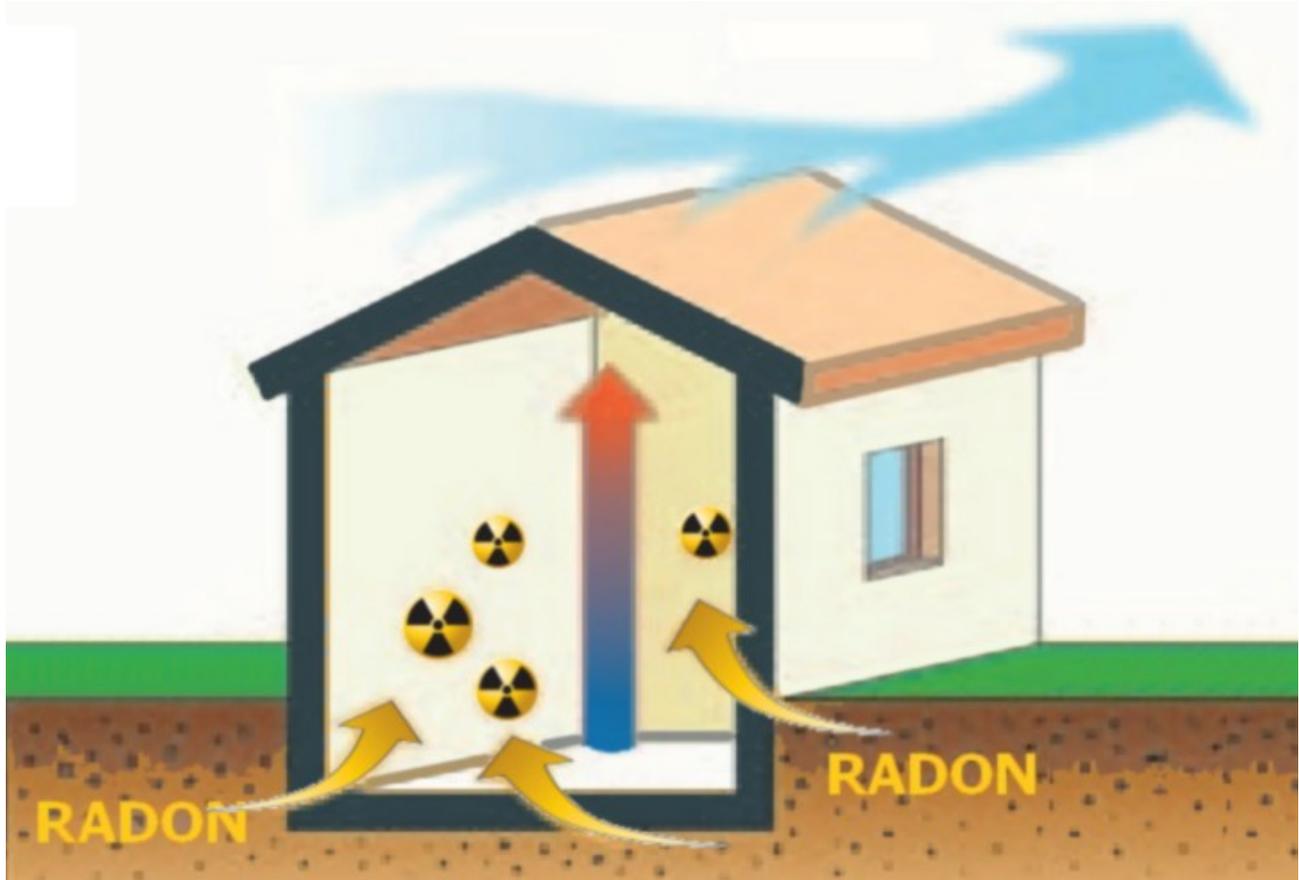
Das meiste eingeatmete Radon-222 (5,5 MeV Energie) wird entweder direkt ausgeatmet oder diffundiert in den Blutkreislauf, wo seine Alphastrahlung kaum nachweisbare Schäden verursacht. Kurzlebige Radonabkömmlinge wie Polonium-214 und Polonium-218 emittieren jedoch Alphateilchen mit höherer Energie (etwa 6 MeV und 8 MeV), die empfindliches menschliches Gewebe schädigen können.

Radonatome können ihrerseits zu Polonium, Wismut und Blei zerfallen. Diese "Zerfallsprodukte" sind radioaktiv und verbinden sich leicht mit Aerosolen der Luft, die wir atmen. Die Zerfallsprodukte reichern sich allmählich in geschlossenen Räumen an. Beim Einatmen können sie in die Lungen eindringen, sich auf dem Lungengewebe ablagern, es bestrahlen und in einigen Fällen einen krebserregenden Prozess auslösen.

Wie Radon in Häuser eindringt

Die Radonkonzentration in der Atmosphäre schwankt in Abhängigkeit von den jahreszeitlichen und täglichen Schwankungen der Temperatur und des atmosphärischen Drucks.

Die Radonkonzentration in Räumen ist im Durchschnitt 10-mal höher als im Freien. Radon dringt durch den Boden in Risse, Wände und Böden, Kabeldurchlässe oder Rohre ein.



Die Hauptursache für das Vorhandensein von Radon in Wohnungen ist der verminderte Druck zwischen den Wohnräumen und dem Boden. Der Druckabfall wird durch Wind und Temperaturunterschiede verursacht, die im Winter, wenn die Gebäude beheizt werden, höher sind. Die Auswirkungen dieses Unterdrucks führen dazu, dass Luft mit hohem Radongehalt aus dem Boden angesaugt wird. Das Ansaugen von Radon wird durch Öffnungen wie Schornsteine, Fenster, Oberlichter sowie Abluftsysteme für Küche, Bad usw. begünstigt.

Aber auch ohne Druckunterschied zwischen der Raumluft und dem Boden dringt Radon durch Diffusion ein (allerdings langsamer). Die Diffusion erfolgt nach dem Fick'schen Gesetz: "Zwei Luftvolumen mit unterschiedlichen Schadstoffkonzentrationen neigen dazu, sich zu homogenen Konzentrationen zu verdünnen".

Eintrittsstellen für Radon



- 1 Mauerwerk
- 2 Steckdosen (durch die Rohre der Elektroinstallation)
- 3 Schächte
- 4 Rohre
- 5 Fußboden
- 6 Außenöffnungen (Fenster und Außentüren)
- 7 Interne Öffnungen
- 8 Poröse Materialien (Kellerwände und Böden)
- 9 Kamine
- 10 Fugen zwischen Wänden und Boden
- 11 Risse und Sprünge

Umrechnungen zwischen Curie und Bequerel

Umrechnungstabellen

Bq/m ³	pCi / l
0.5	0.013
1	0.027
2	0.054
5	0.135
10	0.27
20	0.54
50	1.35
100	2.7
200	5.4
500	13.5
1000	27
2000	54
5000	135
10000	270
20000	540
50000	1350
100000	2700

pCi / l	Bq/m ³
0.01	0.37
0.02	0.74
0.05	1.85
0.1	3.7
0.2	7.4
0.5	18.5
1	37
2	74
5	185
10	370
20	740
50	1850
100	3700
200	7400
500	18500
1000	37000
2000	74000

Einfache Umrechnungen

1 Curie = 37 GigaBequerel

1 pCi = 0.037 Bq

1 Bq = 27.02 pCi

Nach der Zeit (Minuten und Sekunden)

1 Bq = 1 CPS (ein Zerfall pro Sekunde)

1 Bq = 60 CPM

1 pCi = 0.037 CPS

1 pCi = 2.22 CPM

Mit dem Volumen (1 Kubikmeter = 1000 Liter)

1 pCi/l = 37 Bq/m³

1 Bq/m³ = 0.02702 pCi/l

Radonkonzentrationen

Die Umrechnungen in Klammern, von Bequerel pro Kubikmeter zu Pikocurie pro Liter, werden mit einem Faktor von 40 angenähert, anstelle von 37, um die üblichen, auf Vielfache von 1, 2, 4, 5 gerundeten Werte zu erhalten

Von der EPA empfohlene Höchstwerte

Für zu errichtende Gebäude: 150 Bq/m³ (4 pCi/l)

Höchstwerte gemäß den europäischen Normen (empfohlen)

Für bestehende Gebäude: 400 Bq/m³ (10 pCi/l)

Für zu errichtende Gebäude: 200 Bq/m³ (5 pCi/l)

Höchstwerte nach einigen Vorschriften

Arbeitsumgebung = 800 Bq/m³ (20 pCi/l)

Keller mit Radon = 400 Bq/m³ (10 pCi/l)

Radonkonzentration im Freien

Von 5 bis 10 Bq/m³ (von 0.2 bis 0.4 pCi/l)

Größenordnungen im Vergleich von picoCurie und Bequerel

pCi/liter	Bq/m ³	Impulse/Min	Impulse/Sekunde	Ergebnis
0.01	0.4	0.02	-	(Hinweis 1)
0.1	3.7	0.2	-	keine Sorge
1	37	2	0.03	oft prüfen
10	370	22	0.3	sich Sorgen machen
100	3700	220	3	sofort etwas unternehmen
1000	37000	2200	33	(Hinweis 2)

(Hinweis 1) Eine so niedrige Konzentration, die niedriger ist als die der Außenluft, ist nur messbar, wenn die Ionenkammer nicht richtig funktioniert oder wenn sie für etwa zehn Tage in einem gegen Radon isolierten Behälter versiegelt ist.

(Hinweis 2) Wenn Sie in Google nach "radon graph" (im Bildermodus) suchen, können Sie Hunderte von Grafiken finden. Fast keine zeigt Werte über ein paar hundert pCi/l.

Materialeigenschaften

Für Radon charakteristische Löslichkeitskoeffizienten in verschiedenen Materialien (20 °C, 1 atm)

Material	Löslichkeitskoeffizient
Wasser	0.25
Luft	1
Polyethylen	5-10
Gummi, Silikon	10-50
Ethylalkohol	6
Aceton	6
Benzol	13
Toluol	13
Xylol	13
Chloroform	15
Ether	15
Hexan	17

Dichtigkeit von Baumaterialien

Material	Radon undurchlässig
HDPE-Folie 1.5 mm	ja
PVC Schicht 1 mm	ja
Polymerbitumen 4 mm	ja
Epoxidharz 3 mm	ja
Farbe 0.2 mm	nein
Zement 100 mm	nein
Stein 150 mm	nein
Kunststoff 100 mm	nein
Ziegelstein 150 mm	nein

Radon diffundiert durch PE, und passive Dosimeter mit LR-115-Folie werden in einer "Kassette" verkauft, die dann in einen versiegelten PE-Beutel eingelegt wird, um sie zu exponieren (d. h. so zu exponieren, versiegelt). Jede Exposition wird in der Regel von einem "Blindtest" begleitet, der parallel mit derselben Dosimetercharge durchgeführt und anschließend aufbewahrt wird. Für die Aufbewahrung werden Umschläge aus kunststoffbeschichtetem Aluminium geschnitten und gefaltet, in die das komplette Dosimeter eingelegt und dann durch Heißsiegeln der Klappen verschlossen wird.

Hauptmerkmale von Radon

Ordnungszahl	86
Atomgewicht	222
Farbe	farblos
Dichte bei 1 bar und 0 ° C	9.73 gr./Lt
Löslichkeit in Wasser bei 1 atm. and 20°C	230 cm ³ /kg
Siedepunkt bei 1 atm.	- 62 °C