

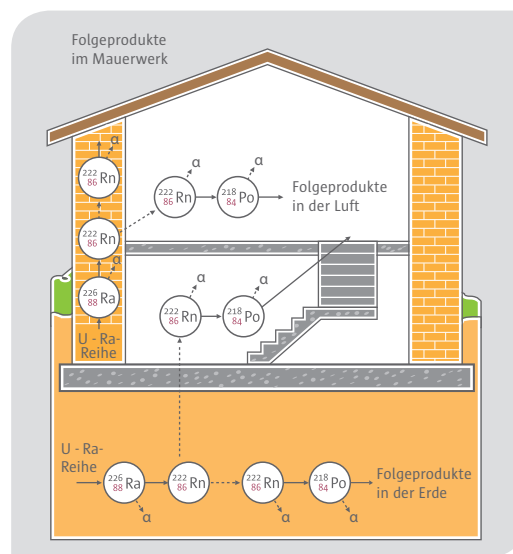
Natürliche Radionuklide in Baustoffen 8.4

Die von den Menschen verwendeten Baumaterialien enthalten ebenfalls radioaktive Stoffe. Ihre Konzentration schwankt in Abhängigkeit von der Baustoffgruppe und der Herkunft. Verallgemeinernd lassen sich über die wichtigsten Baumaterialien die in der Tab. 8.07 enthaltenen relativen Angaben machen.

Baustoff	Radionuklidgehalt
Holz, Kunststoff	sehr niedrig
Kalksandstein	niedrig
Ziegel, Beton	mittel
Granit	hoch
Schlackenstein, Bimsstein	sehr hoch

Die Wohnungen stellen eine Anhäufung von Erdmaterie dar. Je größer die Masse ist, die die Bewohner umgibt, desto mehr natürliche Radionuklide sind auch vorhanden und senden Strahlen aus. Bei Gebäuden muss zusätzlich bedacht werden, dass beim radioaktiven Zerfall von Uran-238, Uran-235 und Thorium-232 in den Zerfallsreihen auch Isotope des Elements Radon auftreten. Radon ist ein radioaktives Edelgas, das aus dem Erdboden und Gebäudewänden zum Teil ausströmt und dann in der Luft weiter zerfällt

(Abb. 8.05). In Gebäuden mit gegenüber dem Erdreich undichten Kellerräumen (z. B. mit Naturstein- oder Naturbodenkeller) oder mit geringer Lüftung kann sich dadurch in den Wohnräumen eine deutlich höhere Radonkonzentration ergeben als in der Freiluft. Das verwendete Baumaterial, die Bauweise und die in den Gebäuden stattfindende Ventilation sind dabei von Bedeutung. Die Rn-222-Aktivitätskonzentration der Luft in Wohnungen beträgt im Mittel 50 Bq/m³ gegenüber 14 Bq/m³ im Freien.



Tab. 8.07
Klassifizierung von Baustoffen nach dem Radionuklidgehalt

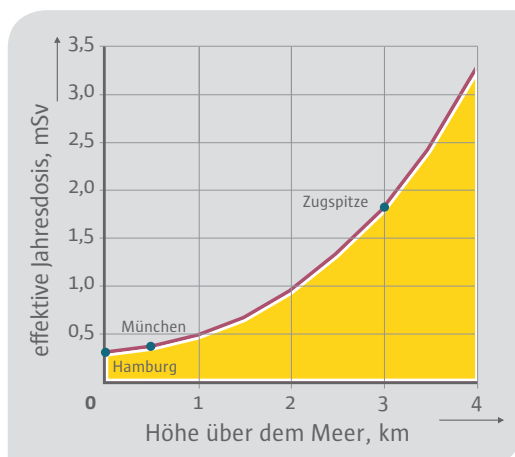
Abb. 8.05
Eindringen des radioaktiven Edelgases Radon in Wohnräume

Natürliche externe Strahlenexposition des Menschen 8.5

8.5.1 Kosmische Strahlung

Die kosmische Strahlung wurde 1912 von Hess entdeckt, der eine mit der Höhe zunehmende Ionisation in der Atmosphäre feststellte.

Mit einem Zahlenwert von eins für den Strahlungswichtungsfaktor der ionisierenden Komponente der kosmischen Strahlung, einem



Aufenthaltsanteil von 80 % in Häusern und 20 % im Freien und einem mittleren Abschirmfaktor der Häuser von 0,8 ergibt sich ein Beitrag der ionisierenden Komponente zur effektiven Jahresdosis von 0,24 mSv in Meereshöhe. Der Beitrag der Neutronenkomponente zur effektiven Jahresdosis beträgt unter Berücksichtigung der Strahlungswichtungsfaktoren für das Neutronenenergiespektrum 0,07 mSv pro Jahr in Meereshöhe. Die gesamte effektive Jahresdosis durch die kosmische Strahlung in Meereshöhe liegt damit unter Berücksichtigung der anteiligen Aufenthaltszeiten im Freien und in Häusern und deren Abschirmung bei rund 0,3 mSv.

Mit zunehmender Höhe über dem Meer steigt die Exposition durch kosmische Strahlung an (siehe Abb. 8.06). Der Anteil der ionisierenden Komponente an der gesamten effektiven Dosis steigt dabei langsamer an als der Anteil durch die Neutronenkomponente. Ständiger Aufenthalt auf der Zugspitze führt – unter Berücksichtigung von 20 % Aufenthalt im Freien und 80 % Aufenthalt in Gebäuden und deren Abschirmung – zu einer

Abb. 8.06
Dosisleistung durch kosmische Strahlung für mittlere Breiten

effektiven Jahresdosis von 1,7 mSv (davon mehr als die Hälfte durch Neutronen). Die Tab. 8.08 enthält Daten der kosmischen Strahlenexposition für einige hochgelegene Großstädte. Viele der aufgeführten Städte liegen in äquatornahen Bereichen. Dort ist der Anteil der Neutronen in der kosmischen Strahlung deutlich geringer als in mittleren und polaren Breiten.

Ort	Einwohnerzahl in der Metropolregion Millionen	Höhe m	effektive Jahresdosis mSv
La Rinconada	0,03	5.100	3,7
La Paz	2,4	3.900	1,9
Lhasa	0,5	3.650	1,8
Quito	1,8	2.840	1,0
Addis Abeba	4,6	2.350	0,8
Mexiko Stadt	21,2	2.240	0,7
Nairobi	3,2	1.660	0,5
Denver	2,6	1.610	0,6

Tab. 8.08

Kosmische Strahlenexposition in hochgelegenen Städten

8.5.2 Terrestrische Strahlung

Die Erdkruste enthält in unterschiedlicher Konzentration und in regional großer Variation eine Vielzahl natürlich radioaktiver Stoffe (siehe Tab. 8.04). Die beim Zerfall emittierte ionisierende Strahlung wird terrestrische Strahlung genannt. Die Strahlenexposition im Freien ist

Tab. 8.10

Einfluss der Baumaterialien auf die Exposition in Wohngebäuden, Deutschland

von der jeweiligen spezifischen Aktivität aller dieser Radionuklide im Boden abhängig. Generell ist der Radioaktivitätsgehalt im Urgestein höher als in Sedimentgestein. Infolge des unterschiedlichen Gehalts der verschiedenen Gesteinsarten an natürlich radioaktiven Stoffen sind die Werte der terrestrischen Strahlung durch den geologischen Untergrund und insbesondere durch die obersten Bodenschichten bedingt von Ort zu Ort sehr unterschiedlich.

Die umfangreichen Messungen der terrestrischen Strahlung in Deutschland sind für die einzelnen Bundesländer in der Tab. 8.09 zusammengefasst. Als Mittelwert für Deutschland erhält man für die terrestrische Strahlenexposition im Freien einen Wert der effektiven Jahresdosis von 0,35 mSv.

Das zum Hausbau verwandte Baumaterial hat einen nicht unerheblichen Einfluss auf die durch natürliche radioaktive Stoffe hervorgerufene externe Strahlenexposition. Der gewichtete Mittelwert für die Exposition in Häusern liegt um rund 20 % höher als im Freien. Die Tab. 8.10 gibt den zusätzlichen Betrag der effektiven Jahresdosis in Häusern für einige wichtige Baustoffe an.

Baustoff	zusätzliche effektive Jahresdosis in mSv
Holz	0
Kalkstein, Beton	0,12
Ziegel, Klinker	0,15
Schlackenstein, Bims	0,25

Bundesland	effektive Jahresdosis in mSv
Baden-Württemberg	0,38
Bayern	0,42
Berlin	0,19
Brandenburg	0,18
Bremen	0,26
Hamburg	0,35
Hessen	0,37
Mecklenburg-Vorpommern	0,22
Niedersachsen	0,29
Nordrhein-Westfalen	0,36
Rheinland-Pfalz	0,42
Saarland	0,49
Sachsen	0,35
Sachsen-Anhalt	0,27
Schleswig-Holstein	0,32
Thüringen	0,39

Tab. 8.09 (links)

Ländermittelwerte der terrestrischen Strahlendosis im Freien

Tab. 8.11

Terrestrische Strahlung in verschiedenen Gebieten

Berücksichtigt man einen Aufenthalt von 20 % im Freien und 80 % in Häusern, so errechnet sich die mittlere effektive Jahresdosis der Bevölkerung in Deutschland durch die terrestrische Strahlung zu 0,4 mSv. In einigen Gebieten der Erde sind infolge höherer Konzentrationen natürlich radioaktiver Stoffe die Strahlendosen wesentlich größer (siehe Tab. 8.11). Ebenfalls hohe Werte der durch die terrestrische Strahlung bedingten Exposition wurden im Nil- und im Gangesdelta mit bis zu 3,5 mSv/a gemessen.

Gebiet	Mittlere effektive Jahresdosis in mSv	Jahres-Ortsdosis bis zu mSv
Deutschland	0,4	5
Indien: Bereiche in Kerala und Tamil Nadu	4,0	55
Brasilien: Bereiche in Espirito Santo	6,0	175
Iran: Bereiche in der Stadt Ramsar	6,0	1.200

Natürliche interne Strahlenexposition 8.6

Die im Durchschnitt im menschlichen Körper vorhandenen Aktivitäten natürlicher Radionuklide betragen – bezogen auf den Standardmenschen – etwa 9.000 Bq (siehe Tab. 7.06).

Von den natürlich radioaktiven Stoffen bewirkt Kalium-40 eine nicht unbeträchtliche Strahlendosis. Neben einer äußeren Strahlenexposition führt Kalium-40 zu einer inneren Strahlendosis, da Kalium und mit ihm Kalium-40 als lebenswichtiges Element im Körper vorhanden sein muss. Beim erwachsenen Menschen beträgt der Kaliumanteil etwa 2 g pro Kilogramm Körpergewicht; das entspricht einer Kalium-40-Aktivität im Gesamtkörper von 4.200 Bq. Auch die mit der Nahrung aufgenommenen Radionuklide der Zerfallsreihen von Uran und Thorium bewirken in den verschiedenen Organen und Geweben des menschlichen Körpers unterschiedliche Organdosen.

Radon-222 und Radon-220 sind natürliche radioaktive, gasförmige Stoffe. Von diesen beiden Radon-Isotopen verursacht insbesondere das Radon-222 durch die kurzlebigen Folgeprodukte Po-218, Pb-214, Bi-214 und Po-214 den bei weitem größten Beitrag zur natürlichen Strahlenexposition des Menschen. Die Jahresmittelwerte der Radonkonzentration der bodennahen Luft in Deutschland überdecken den Bereich von 8 bis 30 Bq/m³. Der Mittelwert der Häufigkeitsverteilung der Radonkonzentrationswerte in den

Wohnungen beträgt 50 Bq pro m³. Die Untersuchungen deuten darauf hin, dass in 10 % der Wohnungen die Radonkonzentration über 80 Bq/m³ und in 1 % der Wohnungen über 200 Bq/m³ liegt. Aus den Mittelwerten der Radonkonzentration im Freien in Deutschland von 14 Bq/m³ und in Häusern von 50 Bq/m³ lässt sich unter Berücksichtigung der jeweiligen Aufenthaltsdauer die mittlere effektive Dosis durch Radon und seine Zerfallsprodukte zu 1,1 mSv/a berechnen.

Aufgrund neuer Erkenntnisse über das Lungenkrebsrisiko durch Radon und seine Folgeprodukte empfiehlt die Internationale Strahlenschutzkommission geänderte Faktoren zur Umrechnung der Radonkonzentration in effektive Dosis. Die Anwendung der neuen Berechnungsvorschläge führt zu einer Erhöhung der mittleren effektiven Dosis durch Radon und seiner Folgeprodukte in Deutschland von 1,1 auf 2,2 mSv/a.

Von den durch die Wechselwirkung der kosmischen Strahlung mit den Atomen der hohen Atmosphärenschichten ständig neu entstehenden Radionukliden hat nur Kohlenstoff-14 für die Strahlenexposition des Menschen eine – allerdings geringe – Bedeutung. Aus dem durchschnittlichen Kohlenstoffgehalt in den verschiedenen Körpergeweben errechnet sich eine effektive Jahresdosis von 12 µSv. Die Beiträge durch andere kosmogene Radionuklide sind gering (Na-22: 0,15 µSv/a, Be-7: 0,03 µSv/a, H-3: 0,01 µSv/a).

Zusammenfassung der natürlichen Strahlenexposition 8.7

Die effektive Dosis aus allen natürlichen Strahlenquellen ergibt sich zu einem Drittel aus externer und zwei Drittel aus interner Strahlenexposition (Tab. 8.12).

Individuelle, lokale und regionale Abweichungen von diesen mittleren Werten können erheblich sein. In Deutschland liegt für 95 % der Einwohner die effektive Jahresdosis im Bereich von 1,2 bis 4,6 mSv mit einem mittleren Wert von 2,1 mSv.

Exposition durch		effektive Jahresdosis in mSv		
		Bestrahlung von außen	Bestrahlung von innen	gesamt
Kosmische Strahlung				
in Meereshöhe:	ionisierende Komponente	0,24		} 0,3
	Neutronen	0,07		
in 1.000 m Höhe:	ionisierende Komponente	0,3		} 0,45
	Neutronen	0,15		
kosmogene Radionuklide			0,02	0,02
primordiale Radionuklide				
K-40		0,15	0,17	0,3
Rb-87			0,006	
U-238-Reihe:	U-238 ➔ Ra-226	} 0,12	0,02	} 1,3
	Rn-222 ➔ Po-214		1,1	
	Pb-210 ➔ Po-210		0,05	
Th-232-Reihe:	Th-232 ➔ Ra-224	} 0,14	0,01	} 0,2
	Rn-220 ➔ Tl-208		0,07	
Summe		0,7	1,4	2,1

Tab. 8.12

Mittlere natürliche Strahlenexposition in Deutschland unter Berücksichtigung einer Aufenthaltszeit von 20 % im Freien und 80 % in Gebäuden.