

Stellungnahme des Deutsch-Schweizerischen Fachverbands für Strahlenschutz e.V. zur Einführung von Referenzwerten für Radon in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen

(Erarbeitet vom Arbeitskreis „Natürliche Radioaktivität“, bestätigt vom Direktorium im Mai 2016)

1 Vorbemerkung und Motivation

Der Deutsch-Schweizerische Fachverband für Strahlenschutz e.V. (FS) hat sich dazu entschieden, zum Thema „Referenzwerte für Radon“ im Zusammenhang mit der Umsetzung der Richtlinie 2013/159/EURATOM [1] in die deutsche Strahlenschutzgesetzgebung eine Stellungnahme abzugeben.

Mit den vom Rat der Europäischen Union (EU) am 05.12.2013 verabschiedeten, neuen grundlegenden Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung (Strahlenschutzgrundnormen; Richtlinie 2013/59/EURATOM) [1] wurden von den Mitgliedsstaaten erstmalig verbindliche Regelungen zum Schutz vor Radon in Innenräumen und an Arbeitsplätzen eingefordert. Nach Art. 54 Abs. 1 der Richtlinie [1] darf der Referenzwert an Arbeitsplätzen für die Radon-Aktivitätskonzentration in der Luft im Jahresmittel nicht höher sein als 300 Bq/m^3 . Ausnahmen für Überschreitungen sind dann möglich, wenn es durch die Gegebenheiten gerechtfertigt sei. Für Innenräume sollen nach Art. 74 Abs. 1 der Richtlinie [1] Referenzwerte für die Radon-Aktivitätskonzentration in der Luft im Jahresmittel eingeführt werden, die ebenfalls den Wert von 300 Bq/m^3 nicht überschreiten dürfen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) hat am 26.10.2015 [2] eine Pressemitteilung veröffentlicht, in der es sich für einen Referenzwert von 100 Bq/m^3 ausspricht. Eine Differenzierung zwischen Situationen an Arbeitsplätzen und in Innenräumen wurde in dieser Mitteilung nicht ausgeführt. Das BfS stützt sich mit seiner Position i. W. auf Bewertungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO) [3]. Andere internationale Gremien wie die Internationale Atomenergieorganisation (IAEA) [4] und die Internationale Strahlenschutzkommission (ICRP) [5] empfehlen einen Referenzwert von 300 Bq/m^3 .

Beim „Fachgespräch Radon“ des BfS am 18.02.2016 wurde die Bewertung von Radon in der Innenraumlufte aus Sicht des „Ausschusses für Innenraumrichtwerte“ (AIR) des Umweltbundesamtes vorgestellt [6]. Neben dem Konflikt der Begrifflichkeiten bzgl. der Anwendung von Referenzwerten für Innenraumschadstoffe als „Hintergrundwert“ (oder „Normalfall“) empfahl der AIR einen „Leitwert“ für Radon in der Innenraumlufte von 100 Bq/m^3 . Bei dem Leitwert handelt es sich nach einer Definition des Vereins Deutscher Ingenieure e.V. (VDI) [7] um einen gesundheitlich-hygienisch begründeten Beurteilungswert eines Stoffes, für den der Kenntnisstand nicht ausreicht, um einen toxikologisch begründeten Richtwert abzuleiten. Auch der AIR unterscheidet nicht zwischen Situationen an Arbeitsplätzen und in Innenräumen.



Die im Weiteren folgende Stellungnahme des FS zur verbindlichen Einführung von Referenzwerten für Radon-Aktivitätskonzentrationen in Aufenthaltsräumen und an Arbeitsplätzen wurde in Kenntnis der bereits vorliegenden Äußerungen des BfS und des AIR aus strahlenschutzfachlicher Sicht erarbeitet. In diese Stellungnahme gingen insbesondere auch zu beachtenden Aspekte des praktischen Strahlenschutzes bei der Einführung eines Referenzwertes für Radon ein. Die Konzepte zur Bewertung und zur Messung von Radon in Innenräumen und an Arbeitsplätzen betreffen den Strahlenschutz sowie die Innenraumhygiene gleichermaßen. Die vorliegende Stellungnahme des FS erfolgt aus der Perspektive der Anforderungen zum Strahlenschutz mit den etablierten, auch international angewendeten Begrifflichkeiten und Schutzkonzepten (Richtlinie 2013/59/EURATOM [1], ICRP 103 [8], IAEA [9]).

Unter Bezug auf Nr. 2 des FS Ethik-Codes weist der FS ausdrücklich darauf hin, dass es im Fachverband auch Mitglieder gibt, deren berufliche Interessen durch einen strengen / niedrigen Referenzwert gefördert werden. Durch einen bewussten und verantwortlichen Umgang mit diesem Sachverhalt sieht der FS in dieser Stellungnahme eine von Partikularinteressen unabhängige fachliche Bewertung.



2 Position des FS zu Referenzwerten für Radon-Aktivitätskonzentrationen

2.1 Votum

Der FS spricht sich für die **Einführung eines einheitlichen Referenzwertes für Radon-Aktivitätskonzentrationen in Innenräumen und an Arbeitsplätzen von 300 Bq/m³** aus.

2.2 Begründung

2.2.1 Allgemeine Aspekte des Strahlenschutzes

Die Empfehlungen für neue Referenzwerte durch die ICRP [5] und der Richtlinie [1] stützen sich i. W. auf epidemiologische Studien zu Radonrisiken in Wohnräumen (vor allem Darby et al., 2006) [10]. Hierbei werden Zusammenhänge zwischen der Radon-Aktivitätskonzentration und der Erhöhung des Lungenkrebsrisikos unter Einbeziehung der Expositionsdauer untersucht. Die quantitativen Risikowerte sind großen Unsicherheiten unterworfen. Unterhalb von Konzentrationswerten von 100 bis 200 Bq/m³ sind keine belastbaren Angaben möglich. Trotz der Unsicherheiten im Bereich kleiner Konzentrationswerte wird, wie im Strahlenschutz generell üblich, auf der Grundlage des LNT-Modells eine lineare Dosis-Wirkungsbeziehung (hier: Dosisleistungs-Wirkungsbeziehung) angenommen.

Auf diese Weise wird von einer Erhöhung des *relativen* Risikos für Lungenkrebs durch Radon von 16% pro 100 Bq/m³ ausgegangen (sowohl für Raucher als auch für Nichtraucher). Für das *absolute* Risiko bedeutet das Folgendes: Raucher haben ein absolutes Risiko, an Lungenkrebs zu sterben, von etwa 10%, d.h. jeder 10. Raucher stirbt an Lungenkrebs. Ein Nichtraucher hat ein absolutes Risiko von etwa 0,4%, d.h. statistisch betrachtet, 4 von 1.000 Nichtrauchern sterben an Lungenkrebs (diese Werte gelten etwa in gleicher Weise für Frauen und Männer). Eine *relative* Erhöhung des Lungenkrebsrisikos von 16% (d.h. durch 100 Bq/m³) bedeutet, dass das absolute Risiko für Raucher von 10% auf 11,6% (also um 1,6 %) ansteigt, während es für Nichtraucher von 0,4% auf 0,464% (also um 0,064%) ansteigt. Diese Rechnungen zeigen, dass sich die Schutzwirkung durch die Einführung von Referenzwerten nahezu ausschließlich auf Raucher bezieht. Fast das gesamte Radonrisiko wird durch Raucher getragen.

Der gesellschaftliche Nutzen einer Reduzierung der Radon-Aktivitätskonzentration in Innenräumen auf ein bestimmtes Niveau hängt in hohem Maße von der tatsächlichen Verteilung der Konzentrationswerte ab, da nur solche Räume betroffen sein können/werden, bei denen das Zielniveau überschritten ist.

In einer Studie von Menzler et al. (2006) [11] wurde ein statistisches Modell des attributiven Lungenkrebsrisikos durch Radonexpositionen¹ erarbeitet. In dieser Studie wurde abgeleitet, dass bei einer mittleren Radon-Konzentration von 49 Bq/m³ in Deutschland 1.896 Fälle pro Jahr oder 5% aller 37.700 jährlichen Lungenkrebstodesfälle in Deutschland mit der Radonexposition in Wohnungen assoziiert sind. Bei einer Reduzierung der Radon-Konzentration auf 400 Bq/m³ können (rechnerisch) 68 Lungenkrebsfälle vermieden werden, bei einer Reduzierung auf 200 Bq/m³ 143 Fälle und bei 100 Bq/m³ werden 302 Fälle (von ca. 1.900) vermieden. In ihrer Bewertung der Studie von Menzler et al. [11] wies die SSK 2006 [12] darauf hin, dass es kaum ein anderes umweltrelevantes Kanzerogen gibt, bei dem die epidemiologische Datenlage so umfassend und eindeutig ist wie beim Radon und die vorgelegten Berechnungen des attributiven Risikos erheblich genauer sind als frühere Abschätzungen. Es wird darauf hingewiesen, dass nach den Empfehlungen der ICRP Nr. 103 [8] die Berechnung hypothetischer Zahlen von Krebsfällen, die mit sehr niedrigen Strahlendosen assoziiert sind, die viele Menschen über sehr lange Zeitspannen

¹ Das Zeitintegral über die Radon-Aktivitätskonzentration oder die potenzielle Alphaenergiekonzentration.

erhalten, nicht sinnvoll ist. Die Abschätzungen zum attributiven Risiko enthalten Unsicherheiten und sollten nach Auffassung der SSK daher eher als Hinweis auf die Größenordnung der mit Radon in Wohnräumen assoziierten Sterbefälle denn als exakte numerische Quantifizierung dieses Zusammenhangs verstanden werden [12].

Das den Risikoabschätzungen zu Grunde liegende LNT-Modell wird von einigen Fachleuten im Bereich niedriger Radon-Aktivitätskonzentrationswerte $< 400 \text{ Bq/m}^3$ noch kritisch gesehen. Aus Sicht dieser Experten lassen die hinsichtlich der Radon-Aktivitätskonzentration unterschiedenen Fall-Kontroll-Zahlen der Europäischen Radonstudie [10] eine Abhängigkeit des relativen Risikos von der Höhe der Konzentration in diesem Konzentrationsbereich nicht eindeutig erkennen. Es gibt folglich in der Fachwelt noch keine einheitliche Meinung über Aussagen, welche Risiken in einem Niveau von 100 oder 200 Bq/m^3 belastbar belegt werden können. Dazu sei außerdem angemerkt, dass die Hypothese für LNT-Modell ursprünglich entwickelt wurde, als in der medizinischen Forschung nur wenige Kenntnisse über Reparaturmechanismen der DNA vorhanden waren. Dies sollte hinsichtlich der Bewertung niedriger Radon-Aktivitätskonzentrationswerte mit erörtert werden.

Des Weiteren ist der überwiegende Teil der deutschen Bevölkerung einer Radon-Aktivitätskonzentration von unter 100 Bq/m^3 ausgesetzt, da der Mittelwert in deutschen Wohnungen etwa 50 Bq/m^3 beträgt [13]. Das Ziel des Referenzwertes kann deshalb nur die Reduzierung eines hohen Risikos für einzelne betroffene Personen sein. Dazu ist beim derzeitigen Stand der Kenntnisse ein Referenzwert von 300 Bq/m^3 ausreichend. Ein solcher Referenzwert reicht aus, um in einem deutlich höherem Maße als bisher, Radonkonzentrationen in Innenräumen und an Arbeitsplätzen zu ermitteln und einen Prozess zu beginnen, der eine systematische Reduzierung von hohen Radon-Aktivitätskonzentrationen zur Folge haben wird. Durch eine angemessene Ausgestaltung dieses Prozesses als strahlenschutzfachlicher Optimierungsprozess, der natürlich nicht mit dem geringfügigen Unterschreiten des Referenzwertes enden darf, sondern stets ein für den Einzelfall praktisch realisierbare Radonkonzentration anstreben soll, können die Schutzziele im Hinblick auf den Schutz der menschlichen Gesundheit grundsätzlich erreicht werden. Ergänzend sollten durch Vorgaben konkreter Maßnahmen, z. B. baulicher Art, die durchschnittlichen Radon-Aktivitätskonzentrationen vor allem in Wohnungen und permanent genutzten Aufenthaltsräumen verringert werden.

Vor diesem Hintergrund sind kleinere Referenzwerte als die in der Richtlinie [1] vorgegebenen 300 Bq/m^3 weder sinnvoll noch praktikabel und erzielen vermutlich keinen nennenswerten Wirkungseffekt. Der FS sieht daher einen Referenzwert für die Radon-Aktivitätskonzentration in Innenräumen von 300 Bq/m^3 als zielführend an.

2.2.2 Verhältnismäßigkeitsgrundsatz / Beachtung der Strahlenschutzgrundsätze

Verhältnismäßigkeit besagt, dass der Staat von seinen Bürgern nur solche Maßnahmen fordern kann, die im Hinblick auf das angestrebte Ziel verhältnismäßig sind. Es wird als nicht verhältnismäßig eingeschätzt, die Zahl der radoninduzierten Lungenkrebsfälle durch einen Referenzwert von 100 Bq/m^3 im Vergleich zu 300 Bq/m^3 um eine nicht belastbar bekannte Anzahl jährlich zu senken und dafür eine deutlich größere Anzahl an aufwändigeren Maßnahmen einzusetzen.

Im Zusammenhang mit der Festlegung von Referenzwerten für die Radon-Aktivitätskonzentration ist vor allem auch der Strahlenschutzgrundsatz der Optimierung unbedingt zu beachten. Dazu gehört auch eine angemessene Bilanz zwischen dem erreichbarem Schutz und den einzusetzenden Mitteln und Ressourcen. Zum Prinzip der Optimierung gehört auch, dass unterhalb von Referenzwerten Spielräume zur Expositionsreduzierung existieren und von Fall zu Fall ausgenutzt werden können bzw. unter Berücksichtigung von verhältnismäßigen Erwägungsgründen Maßnahmen zur Reduzierung weiter durchgeführt werden sollen. Das Abwägen verschiedener Argumente erhält bei einem Referenzwert von 300 Bq/m^3 eine höhere Bedeutung, wenn ein größerer Spielraum für den Optimierungsprozess vorliegt.

Da eine Revidierbarkeit von Festlegungen im Sinne eines Anhebens von Referenzwerten auf absehbare Zeit kaum durchsetzbar und eine nachträgliche Absenkung von Referenzwerten hingegen einfacher umzusetzen ist, erscheint es auf der Basis von praktischen Erfahrungen mit Referenzwerten für Radon-Aktivitätskonzentrationen sinnvoll, ggf. als erforderlich erachtete Anpassungen der Referenzwerte in einem iterativen bzw. abgestuften Prozess vorzusehen.

2.2.3 Juristische Aspekte

Referenzwerte sind bisher noch kein etablierter Teil der Strahlenschutzkultur in Deutschland. Es bedarf eines Lernprozesses, bis sich bei allen Beteiligten (Behörden, Betroffene, Gutachter, Messlabors, ...) der im Strahlenschutzsystem intendierte Umgang mit diesen Werten etabliert hat. Das bedeutet im Gesamtkontext des Strahlenschutzes folgerichtig auch, dass der Begriff „Referenzwert“ und dessen Zweck als Mittel der Optimierung im Strahlenschutz klar herausgestellt werden müssen und Referenzwerte in der Praxis auf gar keinen Fall als Grenzwerte missinterpretiert oder missbraucht werden dürfen.

Der Strahlenschutz leidet bereits unter einer Vielzahl von Größen und Begriffen, deren teilweise subtile Bedeutung nur schwer zu vermitteln ist. Im Sinne einer international harmonisierten Ausgestaltung des Strahlenschutzrechts sollten die Konzepte der ICRP und der Richtlinie [1] möglichst unverändert übernommen werden. Nicht definierte oder juristisch nicht eindeutige Begriffe und Größen (z.B. „Zielwert“), die nicht in der Richtlinie [1] erwähnt werden, sollten vermieden werden. Das Konzept des "Referenzwerts" ist umfassend genug, um Intentionen, die mit zusätzlichen Begriffen verbunden sein mögen, mit zu erfassen.

Häufig werden neu eingeführte Begriffe fachlich, aber auch juristisch sehr verschiedenartig interpretiert. Insbesondere, wenn ein Referenzwert (oder „Zielwert“) bei 100 Bq/m^3 festgelegt wird, würde damit der Spielraum für Optimierungsprozesse massiv eingeengt.

2.2.4 Anwendung von Dosiskonversionskoeffizienten

Auch beim Radon sollte, wie im Strahlenschutz allgemein üblich, die effektive Dosis die primäre Bezugsgröße sein. Änderungen der Dosiskonversionskoeffizienten führen bei gleichem Dosisbezug zu einer Änderung der Expositionswerte und damit zu dem Erfordernis einer Anpassung der Referenzwerte. Unabhängig von der Art und der Herkunft der Exposition sollte ein „gleich guter“ Strahlenschutz für alle exponierten Arbeitskräfte im Sinne des Strahlenschutzes als Ganzem und im Interesse der potenziell gesundheitlich Betroffenen sichergestellt werden können. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand könnte zukünftig für Expositionsbetrachtungen der gemäß der ICRP 115 [5] abgeleitete, neue Dosiskonversionskoeffizient zu Grunde gelegt werden. Dieser Faktor entspricht bei einer Radon-Aktivitätskonzentration von 300 Bq/m^3 bereits einer Dosis von nahezu 6 mSv im Jahr für Arbeitsplätze (2.000 Stunden Aufenthaltszeit).

Bei Radon ist durch die Studien (z.B. [8]) eine direkte Expositions-Risiko-Beziehung untersucht worden. Durch die Erhöhung des Dosiskonversionskoeffizienten resultiert bei gleicher Exposition eine höhere Dosis, das direkt aus den Studien ermittelte Risiko bleibt jedoch unverändert. Dies ist weder verständlich noch vermittelbar und führt zu schwerwiegenden Problemen in der Praxis.

Für die in der Richtlinie [1] in Art. 35 Abs. 2 vorgeschlagene abgestufte Vorgehensweise wäre kein Spielraum mehr gegeben. Dadurch wäre zudem praktisch jede Radon-Aktivitätskonzentration im Jahresmittel an Arbeitsplätzen, die durch angemessene Maßnahmen nicht unter 100 Bq/m^3 gesenkt werden kann, als geplante Expositionssituation zu behandeln. Geplante Expositionssituationen unterliegen jedoch anderen Strahlenschutzgrundsätzen, die für Radonexpositionen unpassend und unangemessen sind.

Allerdings ist nach wie vor noch unklar, ob und in welcher Weise die ICRP-Radon-Dosiskonversionskoeffizienten national und international übernommen werden. Die diesen Koeffizienten zugrunde liegenden Modelle sind umstritten. Die Daten der vom BfS ausgewerteten epidemiologischen Untersuchungen an Bergarbeitern des Uranerzbergbaus in (Ost-)Deutschland [14] weisen auf deutlich geringere Risiken hin als von der ICRP [5] zu Grunde gelegt.

2.2.5 Messtechnische Anforderungen und Qualität von Messwerten

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand gibt es bezüglich der Messverfahren und fallspezifische Messzeiträume einerseits und andererseits aber auch der Messbedingungen unter Berücksichtigung von Luftwechsel, des Nutzerverhaltens oder der Arbeitszeiten noch keine einheitlichen Festlegungen.

Die Methoden zur Ermittlung von repräsentativen Jahresdurchschnittskonzentrationen sind derzeit noch nicht hinreichend entwickelt, um auf dem Niveau von 100 Bq/m^3 rechtlich belastbare Ergebnisse zu erhalten. Hierbei ist es weniger die Zuverlässigkeit der Messwerte selbst, sondern vor allem der Umgang mit den Messunsicherheiten, die Fragen aufwerfen. Bei einer Radonexposition im Bereich von 1.000 kBq h/m^3 (entspricht einem Jahresmittelwert von ca. 100 Bq/m^3) wird eine Messunsicherheit von etwa $\pm 20\%$ geschätzt. Bei Expositionen unter 1.000 kBq h/m^3 erhöhen sich die Messunsicherheiten und erreichen bei 150 kBq h/m^3 ca. $\pm 50\%$ [15].

Die Radonsituation in Innenräumen hängt außerdem auch von den Verhaltensweisen der Nutzer ab. Daher sind z.B. bei Mietwohnungen die ermittelten Radon-Aktivitätskonzentrationen nicht ohne Weiteres von einem Nutzer auf einen anderen übertragbar. Neben der für die jeweilige Messaufgabe geforderten maximalen Messunsicherheit sind auch die Kosten der Messung selbst in Betracht zu ziehen [16].

Das primäre Ziel sowohl von Übersichtsmessungen als auch Bewertungsmessungen besteht darin, zu vermeiden, dass es hinsichtlich des Messwertes der Radonkonzentration zu falsch negativen Ergebnissen kommt, d.h. eine Messung weist ein negatives Messergebnis aus, obwohl der Referenzwert in Wirklichkeit überschritten ist [17]. Für die beiden genannten Messungen sind Kernspurdetektoren und elektronische Messgeräte gleichermaßen geeignet.

Für Bewertungsmessungen werden i. A. Messungen über zwölf aufeinander folgende Monate empfohlen, um eine hinreichende Genauigkeit in einem niedrigen Radon-Aktivitätskonzentrationsniveau erreichen zu können. Ersatzweise können zwar Messungen über einen Zeitraum von drei Monaten, vorzugsweise während der Übergangsperioden Frühjahr und Herbst, erfolgen [18], jedoch ist die Ableitung eines repräsentativen Jahresmittelwerts nicht mit ausreichender Sicherheit gewährleistet. In diesem Zusammenhang ist es erforderlich, Kenntnisse über die Größenordnung der objektspezifischen, aktuellen Radonsituation sowie das Nutzungsverhalten der Bewohner zu haben. Für ortsbezogene Messungen in öffentlichen Gebäuden und an Arbeitsplätzen sollten nach Empfehlungen in [19] bei Verwendung von Kernspurdetektoren Korrekturfaktoren verwendet werden.

Dazu ist außerdem darauf hinzuweisen, dass nicht das Edelgas Rn-222 Verursacher des Lungenkrebsrisikos ist, sondern vielmehr die Radonzerfallsprodukte bzw. die potenzielle Alphaenergiekonzentration (PAEK). Entsprechend ist fallspezifisch die Bestimmung des Gleichgewichtsfaktors F von erheblicher Bedeutung. Dieser Faktor wird in der Regel mit dem Wert 0,4 angenommen (u. a. § 95 Abs. 13 StrlSchV). F kann aber beispielsweise in Schaubergwerken mit einem effektiven Bewetterungssystem bei 0,1 und kleiner liegen, in Gebäuden mit nur geringer Luftwechselrate sogar nahe an den Wert 1 heranreichen. Gerade für den (statistisch) sicheren Nachweis des Konzentrationsniveaus unterhalb von 100 Bq/m^3 kann die Bestimmung von F von erheblicher Bedeutung sein. Die sachkundige Beurteilung der Messergebnisse ist nicht trivial und stellt besonders hohe Anforderungen bzgl. des Kostenaufwandes und an die fachgerechte Abschätzung der tatsächlichen Radonexposition.

Folglich ist es aus fachlicher Perspektive sinnvoll, die Möglichkeiten der Richtlinie [1] zu nutzen, Referenzwerte auf einem Niveau von 300 Bq/m^3 festzulegen, um größere statistische Sicherheiten für Nachweise von Unter- oder Überschreitungen zu erhalten. „Grenzfälle“ im Bereich um 100 Bq/m^3 könnten zu erheblichen Rechtsstreitigkeiten bei Betroffenen Bewohnern von Innenräumen oder Beschäftigten führen.

2.2.6 Kommunikation mit der Bevölkerung und mit Beschäftigten

In einigen Regionen wie z. B. im Schwarzwald, dem Bayerischen Wald oder dem Erzgebirge können auf Grund der geologischen Verhältnisse, aber auch insbesondere im Zusammenhang mit ehemaliger bergbaulicher Nutzung Probleme der Stigmatisierung auftreten. Wenn Werte im Bereich von 100 Bq/m^3 wegen dieser äußeren Bedingungen nicht oder nur mit großem Aufwand erreicht werden können, ist zu befürchten, dass für betroffene Gebäude oder sogar ganze Regionen eine unangemessene Diskussion aufkommt.

In Bezug auf die bisher in Deutschland angewendeten Dosismodelle (z. B. Berechnungsgrundlagen Bergbau [20]) ist ein Referenzwert von 100 Bq/m^3 für die Bevölkerung und für Beschäftigte nicht klar konsistent bzw. teilweise auch widersprüchlich. Für die Kommunikation mit den betroffenen Bevölkerungs- und Beschäftigtengruppen sind entsprechende Anforderungen möglicherweise nur schwer vermittelbar, insbesondere vor dem Hintergrund, wenn äußere Einflüsse wie die geologischen Verhältnisse oder die

Lage in Bergbauregionen maßgeblich die Radonsituation beeinflussen, bzw. in der Vergangenheit als gegebene Verhältnisse akzeptiert wurden.

Auch vor dem Hintergrund der Interpretation der vorliegenden Studienergebnisse (ICRP, WHO, IAEA) und den daraus gezogenen Konsequenzen, dass statistisch die meisten Sterbefälle von radonbedingtem Lungenkrebs bei niedrigen Radon-Aktivitätskonzentrationen auftreten, stellt es eine große Herausforderung dar, regionale Einschätzungen zu Radonsituationen vernünftig und verständlich zu kommunizieren. Wie oben bereits ausgeführt, beziehen sich Schutzwirkungen durch die Einführung von Referenzwerten nahezu ausschließlich auf Raucher. Die absolute Erhöhung des Lungenkrebsrisikos im Bereich zwischen 100 und 300 Bq/m³ steigt für Nichtraucher von 0,4% auf 0,54% (also um 0,14%) an (s.o.). Vor diesem Hintergrund ist es aus Sicht des AKNAT nur mit erheblicher Mühe möglich und in der Öffentlichkeit schwer vermittelbar, den zu betreibenden Aufwand insbesondere durch die dafür entstehenden Kosten zur Reduzierung der Radon-Aktivitätskonzentrationen eine Festlegung des Referenzwertes auf 100 Bq/m³ anstatt auf 300 Bq/m³ zu rechtfertigen.

2.2.7 Kosten-Nutzen-Effekte

Für das Erfordernis, die Radonexposition in Aufenthaltsräumen oder an Arbeitsplätzen zu reduzieren, gehört auch eine angemessene Bilanz zwischen dem erreichbaren Schutz und den einzusetzenden Mitteln und Ressourcen.

Radonschutzmaßnahmen sind beim Neubau besonders effektiv und kostengünstig. Sie werden in der Regel zu Radonkonzentrationen unterhalb von 100 Bq/m³ führen. Zwar wird nach den Studienergebnissen von Egblomassé-Roidl (2010) [21] festgestellt, dass für Deutschland allgemein die Sanierung bestehender Gebäude mit einem verpflichtenden Eingreifwert von 100 Bq/m³ mit anschließender Erfolgskontrolle die geringsten Kosten verursacht. Jedoch kann aus dieser Studie kein direkter Vergleich zu Kostenaufwänden für das Erreichen von 100 Bq/m³ im Vergleich zu 300 Bq/m³ abgeleitet werden, und die tatsächliche Kosteneffektivität damit nicht beurteilt werden.

Allerdings ist mit Blick auf die Gesamtsituation für die Wohnhäuser und Arbeitsplätze in Deutschland auf Folgendes hinzuweisen: An zahlreichen Standorten früheren Uranerzbergbaus und des Altbergbaus wird die Radonsituation mit zum Teil sehr hohen Radon-Aktivitätskonzentrationswerten in Innenräumen durch strömungstechnische Verbindungen zu tagesnahen Grubenbauen beeinflusst. Aber auch die geologischen Verhältnisse im Untergrund allein können schon sehr hohe Radon-Aktivitätskonzentrationen hervorrufen. Das Erreichen eines Referenzwertes von 100 Bq/m³ (wie vom Bundesamt für Strahlenschutz vorgeschlagen) ist an Bergbaustandorten kaum mit verhältnismäßigem Aufwand erreichbar. An Bergbaustandorten können lokal Außenluftwerte für die Radon-Aktivitätskonzentrationen im Bereich von 100 Bq/m³ auftreten, die dann über den natürlichen Luftwechsel mindestens auch in den Gebäuden vor Ort bestehen [20]. Um in einem solchen Fall einen Referenzwert von 100 Bq/m³ einhalten zu können, müsste der Radonzustrom aus dem Boden und aus Baumaterialien in das Haus gegen Null gehen. Aus diesem Grund verfolgt beispielsweise die Wismut GmbH in erster Linie zentrale Bewetterungslösungen, um den grubenbedingten Einfluss von Radon in Häusern zu beherrschen.

Der Nachweis, dass unter den besonderen Umständen bergbaulicher Regionen Sanierungslösungen am Haus bei Anwendung wirtschaftlich und technisch verhältnismäßiger (d. h. praktikabler) Maßnahmen langfristig stabil zu Konzentrationen im Bereich von 100 Bq/m³ führen können, konnte bisher nicht erbracht werden.

Beispiel: Die Wismut GmbH war an einer Studie zur „Modellhaften Sanierung radonbelasteter Häuser in Schneeberg“ beteiligt (unveröffentlicht). An dem ehemaligen Bergbaustandort Schneeberg (Sachsen/Erzgebirge) wurden in den 1990er Jahren sehr kostenintensive Radonsanierungen von Häusern durchgeführt. In 37 % der untersuchten Fälle wurde ein Radon-Aktivitätskonzentrationsniveau $< 250 \text{ Bq/m}^3$ und in 60 % in dem Wertebereich von 250 bis $< 1.000 \text{ Bq/m}^3$ erreicht. In 3 % der Fälle konnten 1.000 Bq/m^3 nicht unterschritten werden. Ein Ergebnis der Studie war, dass zwanzig Jahre nach der Sanierung in mehr als der Hälfte der Häuser von auskunftsbereiten Eigentümern die technischen Sanierungslösungen nicht mehr in Funktion bzw. nicht mehr wirksam waren. Schlussfolgernd bedeutet dies auch, dass geeignete Sanierungsmaßnahmen an Häusern zur Verbesserung der Radonsituation an Bergbaustandorten für das Erreichen einer Konzentration im Bereich von 100 Bq/m^3 größtenteils nicht machbar sind.

Das Erreichen eines Referenzwertes von 100 Bq/m^3 ist entsprechend in den strukturschwachen Regionen des Erzgebirges oder des Bayerischen Waldes für eine große Anzahl von Hauseigentümern/ Vermietern neben den technischen Schwierigkeiten auch aus finanzieller Sicht sehr aufwändig bzw. teilweise nicht realisierbar. Dies betrifft insbesondere ältere Gebäude, für die der Aufwand zur Sanierung ungleich höher ist als für Neubauten. Selbst ein Referenzwert von 300 Bq/m^3 ist in vielen Fällen nur mit hohem (Kosten-) Aufwand erreichbar und das Kosten-Nutzen-Verhältnis ist nicht als ausgewogen zu bewerten. Möglicherweise sind für viele Eigentümer beispielsweise an (ehemaligen) Bergbaustandorten staatliche Förderungen für erfolgreiche Sanierungsmaßnahmen unumgänglich.

Weiterhin ist in der momentanen Situation die Zahl der sanierungsbedürftigen Objekte an einigen Bergbaustandorten beispielsweise im Erzgebirge als so groß einzuschätzen, dass die Kapazitäten für die ingenieurtechnische und sanierungstechnische Bearbeitung nicht ausreichen, um in angemessener Zeit Abhilfe zu schaffen. Die Entwicklung dieser Kapazitäten hängt von den finanziellen Möglichkeiten der Eigentümer und damit fallspezifisch mittelbar von der Möglichkeit ab, staatliche Förderungen in Anspruch zu nehmen.

Sanierungsziele, die nicht erreichbar sind, oder Schutzziele, die unrealistisch niedrig sind, unterminieren die Bemühungen, Maßnahmen des praktischen Strahlenschutzes als für die Bevölkerung nützlich und gerechtfertigt zu präsentieren. Ablehnung und mangelnde Akzeptanz für Messungen und Strahlenschutzmaßnahmen wären dann die Folge und als kontraproduktiv für das Erreichen dieser Ziele zu bewerten.

3 Unterlagen und Literatur

- [1] Richtlinie 2013/59/EURATOM des Rates vom 5. Dezember 2013 zur Festlegung grundlegender Sicherheitsnormen für den Schutz vor den Gefahren einer Exposition gegenüber ionisierender Strahlung und zur Aufhebung der Richtlinien 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom und 2003/122/Euratom. – Der Rat der Europäischen Union, veröffentlicht am 17.01.2014.
- [2] Das radioaktive Edelgas Radon: Geruchlos, geschmacklos, als Gesundheitsrisiko selten wahrgenommen. – Pressemitteilung des Bundesamtes für Strahlenschutz; 26.10.2015.
- [3] WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. – eds.: H. Zeeb, F. Shannoun; ISBN 978 92 4 154767 3.
- [4] Protection of the Public against Exposure Indoors due to Radon and Other Natural Sources of Radiation. – IAEA; Specific Safety Guide No. SSG-32; Vienna, 2015
- [5] Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon. - ICRP Publication No. 115, Ann. ICRP 40(1), 2010.
- [6] Die Bewertung von Radon in der Innenraumluft aus Sicht des Ausschusses für Innenraumrichtwerte . Vortrag von H. Sagunski beim „Fachgespräch Radon“ des BfS am 18.02.2016.
- [7] VDI-Richtlinie 6022, Blatt 3: Raumlufttechnik - Raumluftqualität - Beurteilung der Raumluftqualität. - VDI Verein Deutscher Ingenieure e.V.; Juli 2011.
- [8] The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. - ICRP Publication 103; Ann. ICRP 37 (2-4); Approved by the Commission in March 2007. - Published by Elsevier Ltd.
- [9] Fundamental safety principles : safety fundamentals. – Vienna : International Atomic Energy Agency, 2006; IAEA safety standards series, ISSN 1020-525X, No. SF-1; ISBN 92–0–110706–4; Printed by the IAEA in Austria, November 2006.
- [10] Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7.148 subjects with lung cancer and 14.208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. – S. Darby et al., Scandinavian Journal of Work, Environment & Health Vol. 32, pp. 1-84; 2006.
- [11] Abschätzung des attributablen Lungenkrebsrisikos in Deutschland durch Radon in Wohnungen. - Menzler S, Schaffrath-Rosario A, Wichmann HE, Kreienbrock L; Reihe „Fortschritte in der Umweltmedizin“, S. 1-101; Ecomed Verlag Landsberg; 2006 (ISBN 3-609-16196-5).
- [12] Attributives Lungenkrebsrisiko durch Radon-Expositionen in Wohnungen. - Stellungnahme der Strahlenschutzkommission; Verabschiedet in der 208. Sitzung der Strahlenschutzkommission am 11./12. Juli 2006.
- [13] Inforblatt - Maßnahmen zum Schutz vor erhöhten Radonkonzentrationen in Gebäuden. - Bundesamt für Strahlenschutz (Öffentlichkeitsarbeit); April 2013.
- [14] Kreuzer M, Fenske N, Schnelzer M, Walsh L. Lung cancer risk at low radon exposure rates in German uranium miners. Br J Cancer 2015; 113:1367-9.
- [15] The measurement accuracy of passive radon instruments. - Beck, T.R.; Foerster, E.; Buchröder, H.; Schmidt, V.; Döring, J.; Rad. Prot. Dos.; Vol. 158, No. 1, pp. 59-67, 2013.
- [16] Radon-Handbuch Deutschland. – Bundesministerium für Umwelt; Druck Verlag Medien, Braunschweig 2001.



- [17] Leitfaden zur Messung von Radon, Thoron und ihren Zerfallsprodukten Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 47; Urban und Fischer, München; 2002.
- [18] Strahlenschutzgrundsätze zur Begrenzung der Strahlenexposition durch Radon und seine Zerfallsprodukte in Gebäuden. - Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 36, Urban und Fischer, München; 1994.
- [19] "Radon in öffentlichen Gebäuden". – IAF - Radioökologie GmbH, B.P.S. Engineering GmbH, GEOPRAX, Wismut GmbH i. A. des Sächsisches Landesamt für Umwelt und Geologie, 2008.
- [20] Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Strahlenexposition infolge bergbaubedingter Umweltradioaktivität (Berechnungsgrundlagen – Bergbau). - BfS-SW-07/10; urn:nbn:de:0221-20100329966 Salzgitter, 2010.
- [21] Egblomassé-Roidl C. Gesundheitsökonomische Betrachtung zu Radonsanierungsmaßnahmen. In: Bernhard-Ströl C, Gödde R, Hachenberger C, Löbke-Reinl A, Schmitt-Hannig A (Hrsg.). Strahlenschutzforschung - Bericht über das vom Bundesamt für Strahlenschutz fachlich begleitete und administrativ umgesetzte Forschungsprogramm Strahlenschutz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit; Programmreport 2010.