

# Welchen Stellenwert hat die Radon-Strahlung in der Architektur und Innenarchitektur und wie wird mit ihr umgegangen?

## Was ist Radon?

Radon ist ein Edelgas. Es ist geruchsneutral, geschmacks- und farblos. Radon wird korrekt als Radon-Isotop 222, Kürzel Rn bezeichnet und hat eine Halbwertszeit von ca. 4 Tagen. Es entsteht durch den Zerfall von Uran. Dieses kommt nicht nur in Atomkraftwerken vor, sondern auch auf natürliche Weise. Es entsteht, wenn belastetem Gestein Gase entweichen. Dabei zerfällt es in verschiedenen Stoffe unter anderem Radon. Das Edelgas wandert durch die Erdschichten bis es die Oberfläche erreicht und sich dann an der Luft verflüchtigt. Radon wird in  $\text{Bq/m}^3$  - Becquerel pro Kubikmeter angegeben. 1 Bq steht für einen Zerfall pro Sekunde.

## Wann wird Radon gefährlich?

Problematisch kann es werden, wenn sich Radon seinen Weg in die Häuser bahnt, durch Risse im Fundament, den Wänden oder mit Hilfe von Hausanschlüssen, die in das Haus führen. Besonders in den Erdbundenen Geschossen sammelt sich das Radon an. Durch beispielsweise Kabelschächte, Treppenträume oder undichte Geschossdecken kann Radon allerdings auch in die oberen Stockwerke gelangen. Jedes zehnte Haus hat eine zu hohe Radonbelastung. Dabei darf Radon nicht mit Thoron verwechselt werden. Dieser sorgt bei einigen Messgeräten für Irritationen.



(1) Eintrittswege für Radon durch Risse und Spalten

## Was ist Thoron?

Thoron ist wie Radon ein Gas, das geruchsneutral, geschmacks- und farblos ist. In der Chemie wird es mit Radon-Isotop 220 Rn bezeichnet. Anders als bei Radon beträgt die Halbwertszeit nur ca. 60 Sekunden. Es entsteht ebenfalls bei dem Zerfall von Uran und steigt aus der Erde auf. Im freien am Boden ist Thoron gut nachweisbar, in Innenräumen auf Grund seiner kurzen Halbwertszeit allerdings nicht. Es ist daher selten in Keller- oder Erdgeschossen anzutreffen, aber es ist nicht ausgeschlossen. Es kann entweder durch undichte Stellen der Erdbundenen Stockwerke eindringen oder durch Bauteile in Häuser gelangen. Bei der Messung von Radon kann bei nicht spektroskopischen Geräten kein Unterschied zwischen Radon und Thoron festgestellt werden. Das bedeutet das diese Geräte aufgrund von Thoron falsche Werte in Bezug auf die Radon-Konzentration angeben können. Die Geräte sind nach einem solchen Vorfall aufgrund der Kontamination mit den Thoron-Folgeprodukten, für einige Tage nicht mehr Einsatzfähig. Alpha-Spektroskope können zwischen Radon-Zerfällen und Thoron-Zerfällen unterscheiden. Daher zeigen sie auch bei Thoron Vorkommen immer einen verlässlichen Radon-Wert an und eignen sich für das sogenannte „Sniffing“, der Suche nach den Eintrittsstellen der

Gase. Unter Spektroskopisch versteht man eine physikalische Vorgehensweise um Strahlung bestimmten Charakteristika, wie Energie, Masse, Wellenlänge, etc. zuzuweisen. Die dabei auftretende Intensitätsbreite wird Spektrum genannt. Je nach Intensität kann die Strahlung einem Stoff zugeordnet werden.

Allerdings sollten auch Thoron Vorkommen nicht gänzlich unterschätzt werden, da es im Verdacht steht ebenfalls krebserrregend zu sein. Da es aber nur eine sehr kurze Halbwertszeit hat und sich nur selten in Gebäuden anreichert, im Gegensatz zu Radon, ist es nicht ganz so problematisch zu sehen.

## Warum wird Radon gefährlich?

Das Edelgas befindet sich in der Raumluft und kann sich dort nicht ohne weiteres verflüchtigen. Wird es von den Bewohnern eingeatmet, gelangt das Radon in die Lunge und spaltet sich dort in die Bestandteile Polonium, Blei und Wismut auf. Durch den weiteren Zerfall entsteht Alphastrahlung, die das Lungengewebe schädigt. Sie verändern die DNA der Zellen, die dann zu Krebszellen mutieren können. Insbesondere wenn die Belastung über mehrere Jahrzehnte besteht, erhöht sich das Krebsrisiko deutlich. Radon ist nach dem Rauchen der zweitgrößte Auslöser für Lungenkrebs. Jährlich sterben etwa 2000 Menschen daran. Die „normale“ Belastung des Menschen setzt sich aus natürlichen Quellen, Kernkrafttechnologie, medizinischen Verfahren, Flugreisen und radioaktivem Fall-out zusammen. Kommt ein weiterer Faktor hinzu, z.B. eine Belastung von  $100 \text{ Bq/m}^3$ , also die von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) empfohlene maximale Belastung, stieg das Lungenkrebsrisiko um

ca. 16%, laut einer Studie des Bundesamtes für Strahlenschutz die 2005 erschienen ist. An dieser Studie beteiligten sich insgesamt 21.356 Probanden. Davon waren 7148 Personen Lungenkrebspatienten und 14.208 Personen ohne Erkrankung. Bei allen Teilnehmern wurden die aktuellen und früheren Wohnsitze, mindestens über ein halbes Jahr auf Radon untersucht. Außerdem wurden alle Teilnehmer nach ihrem Rauchverhalten und sonstigen Risikofaktoren, bezogen auf Lungenkrebs, befragt. Das Ergebnis der Studie macht deutlich, dass Radon in Wohnsitzen eine deutliche Ursache für Lungenkrebs ist. Egal ob Raucher oder Nichtraucher.

Sieht man sich den Unterschied zwischen Rauchern und Nichtrauchern genauer an, wird der Unterschied des Risikos mit 75 Jahren durch eine Radonbelastung an Lungenkrebs zu sterben sehr deutlich.

Bei einem Wert von  $100 \text{ Bq/m}^3$  kommen 4,7 Todesfälle auf 1000 Personen. Bei Rauchern sind es 116 Todesfälle auf 1000 Personen.

Bei einem Wert von  $400 \text{ Bq/m}^3$  steigt die Todeszahl auf 6,7 pro 1000 Personen. Bei den Nichtrauchern steigt sie auf 160 Todesfälle pro 1000 Personen.

## Geschichte des Radons

Zunächst wusste man nichts von einem Gas, dass die Menschen krank macht. Erst mit Beginn des Bergbaues in belasteten Gebieten, in diesem Fall in der Nähe von Freiburg machte es sich bemerkbar. Im 12ten Jahrhundert folgten die Menschen dem Ruf des Silbers in das heute als Erzgebirge bekannte Gebiet. Schnell zeigte sich erst Lungenkrankheiten bei

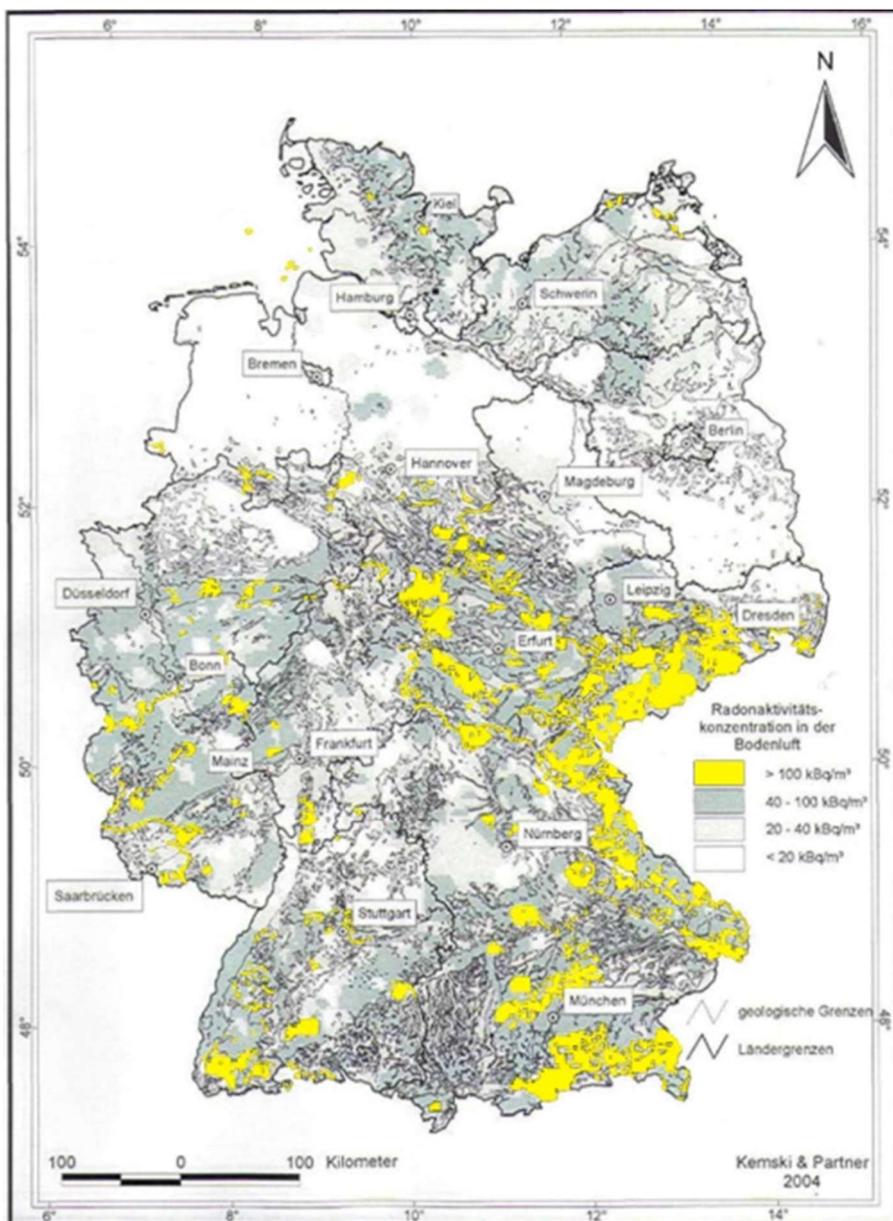
den Mienenarbeitern, die meist sehr jung daran verstarben. Agricola ein Arzt aus der Gegend, gab der Krankheit im 14/ 15 Jhd. den Namen „Bergsucht“. Seine Vermutung war allerdings dass der anfallende Staub schuld sei. Etwa zur gleichen Zeit wurde auch der Schweizer Arzt Paracelsus auf das Leiden aufmerksam. Die Krankheiten die er beschrieb, erkennen wir heute als Silikose (Staublunge), Tuberkulose oder Lungenkrebs. Erst Herting und Hesse zwei Mediziner, erkannten 1879 dass es sich bei der „Schneeberger Krankheit“, so genannt, weil sie in dem Bergbaugbiet von Schneeberg umging, um Lungenkrebs handelte. Radon als Ursache war bis dahin noch unbekannt. Wie konnte es auch, da man zu diesem Zeitpunkt nicht einmal von seiner Existenz wusste. Erst durch Marie Curie wurde Radon bekannt. Nach dieser Entdeckung wurden Messungen in den betroffenen Gebieten gemacht. 1913 wurde Radon als Ursache für Lungenkrebs festgestellt. Erst in den 20er Jahren wurde es als Berufskrankheit anerkannt und in die Liste der entschädigungspflichtigen Berufskrankheiten eingetragen. Es dauerte weitere 40 Jahre bis Studien bei Bergarbeitern durchgeführt wurden und weitere 20 Jahre bis Radon als Karzinogen für den Menschen eingestuft wurde. Bis Richtwerte, erste Normen und Gesetze erschienen die das Risiko von Radon im Bauwesen ernst nahmen, dauerte es weitere Jahrzehnte.

## Gibt es Richtwerte?

Es gibt keinen Schwellenwert, unter dem die Radon-Strahlung als unbedenklich eingestuft werden kann. Deswegen empfiehlt die Weltgesundheitsorganisation möglichst unter  $100 \text{ Bq/m}^3$  zu kommen. Der gesetzliche Richtwert liegt bei  $300 \text{ Bq/m}^3$ . In einigen Nachbarländern wie England, Dänemark, Norwegen oder Schweden liegt der gesetzliche Richtwert bei  $200 \text{ Bq/m}^3$ . Dort gibt es auch staatliche Beratungsstellen und teilweise Subventionierungen für notwendige Sanierungen. In Deutschland wird bislang nur an Fachpersonal verwiesen.

## Wo kommt Radon vor?

Das Edelgas tritt verteilt über Deutschland in unterschiedlichen Konzentrationen auf. In sogenannten Radonkarten werden Daten gesammelt, die über die Intensität des Radonvorkommens Auskunft geben.



(2) Radonkarte- Strahlenschutzgebiete in Deutschland

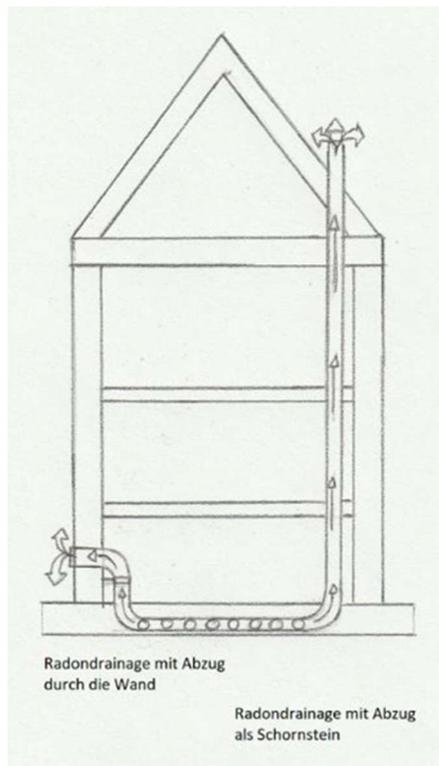
Für die Datenerhebung wurden auch die Bundesländer verpflichtet. Sie mussten bis 2020 sogenannte Strahlenschutzgebiete ausweisen. Dafür wurde ermittelt in welchen Gebieten eine hohe Radon-Konzentration zu vermuten ist.

Es gibt Karten die sowohl ganz Deutschland zeigen, als auch welche auf Bundesländer ebene. Diese geben jedoch nur einen groben Überblick und eignen sich nicht um herauszufinden ob das eigene Haus in einem ausgewiesenen Strahlenschutzgebiet steht. Da sich die Geologie auf kleinstem Raum ändert, durch z.B. Verwerfungen oder Risse, kann die Radonbelastung von Grundstück zu Grundstück unterschiedlich sein. Dazu sind Karten auf Gemeindebasis von Nöten. In diesen Karten sind genauere Angaben, auch zu den Bodenverhältnissen zu finden. In Gebieten mit hohem Granit Anteil in der Erde ist auch mit hohem Uran und Thoron Vorkommen zu rechnen. In Deutschland betrifft das vor allem den Südlichen Teil und hier besonders das Mittelgebirge. Gebiete wie der Thüringer Wald, der Schwarzwald, der Bayrische Wald, das Fichtelgebirge, das Erzgebirge und die Eifel sind in diesem Zusammenhang zu nennen. Da es nicht nur auf das Vorkommen von Radon im Boden ankommt, sondern auch ob und wie das Edelgas an die Oberfläche gelangt, sind die Radon-Konzentrationen von Fall zu Fall immer individuell zu bewerten.

## Vorsorge/ Neubauplanung

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die vorsorgenden Schutzmaßnahmen einfacher durchzuführen sind als nachträgliche Maßnahmen in Form von Sanierungen. Beim Bau eines Hauses nehmen solche Maßnahmen nur ca. 1% der Bau-summe ein. Um sich Gewissheit zu verschaffen und einen ersten Überblick zu erhalten, ist eine Bodenluftmessung im Hinblick auf Radon sinnvoll.

Werden Radon-Schutzmaßnahmen im Vorfeld mit eingeplant ist es einfacher die Schutzmaßnahmen mit den anderen Baumaßnahmen abzustimmen. Oft kann ein ordentlich ausgeführter Feuchte-schutz schon einen Großteil des Radons abhalten. Reicht dies nicht aus ist eine andere Option eine Radondrainage. Darunter versteht man eine Absaugung unterhalb der Bodenplatte, die für einen Unterdruck gegenüber dem Gebäude sorgt.

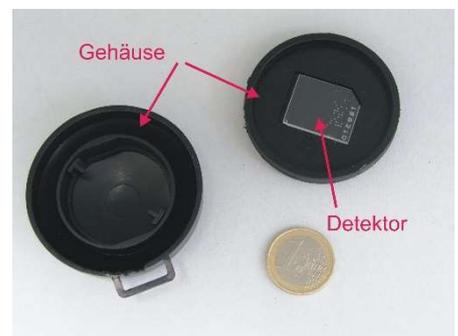


(3) Radondrainage -mit Abzug als Schornstein und – mit Abzug durch die Wand

Natürlich gibt es auch Möglichkeiten im Bestand einer zu hohen Radonkonzentration vorzubeugen. Immer hilfreich ist es regelmäßig zu lüften. Durch den Luftzug kann das Gas nach draußen entweichen und sich verflüchtigen. In jedem Fall sollte bei Verdacht auf eine Radon Belastung eine Messung durchgeführt werden. Am besten von einem Spezialisten. Wenn sich dann herausstellt, dass die Radonkonzentration die Richtwerte in den gemessenen Räumen überschreitet, sollte spätestens eine Fachperson hinzugezogen werden. Die Bewohner können, wenn es um Aufenthaltsräume (also Schlafzimmer, Wohnzimmer, etc.) handelt, zumindest zeitweise über eine Nutzungsänderung der betroffenen Räume nachdenken. In Räumen in denen man sich nicht jeden Tag über Stunden aufhält, beispielsweise Küchen, Bäder oder Kammern (je nach Nutzungsverhalten unterschiedlich) ist es weniger schlimm, wenn der Radonwert oberhalb des Richtwertes liegt. Allerdings ist auch hier zu beachten das der Wert keine dramatischen Höhen erreicht. Auch in diesem Falle ist es ratsam sich an einen Spezialisten zu wenden und über eine Sanierung nachzudenken.

## Radon Messungen

Sobald der Verdacht einer Belastung durch Radon besteht, ist es sinnvoll dies abklären zu lassen. Denn nur durch eine Messung ist es möglich, eine verlässliche Aussage über die Radonkonzentration und seine Folgeprodukte zu treffen. Eine Messung läuft in der Regel unkompliziert und preiswert ab. Dabei können zwei verschiedene Messgerätetypen zum Einsatz kommen. Passive Messungen funktionieren ohne Elektronik. Diese Messgeräte werden auch als Radondosimeter oder -exponierter bezeichnet. Für die Messung diffundiert das Gas durch das Außengehäuse in eine Diffusionskammer und gelangte zu einem Kernspurendetektor. Dieser misst die Radon-Konzentration von 15 bis über 5.000 Bq/m<sup>3</sup> in der Raumluft.



(4) Innenleben eines Radonexposimeters mit Kernspurendetektor

Diese Art von Messgerät misst ausschließlich den Radongehalt in der Raumluft. So einfach es in der Handhabung ist, der Aufwand für die Auswertung ist höher. Die Geräte müssen in einer fachkundigen Labor ausgewertet werden. Diese Art der Messung eignet sich sehr gut für Langzeitmessungen, da die Messung sich proportional zum Strahlenvorkommen verhält.

Aktive Messgeräte sind elektrisch und meistens mit Pumpen ausgestattet, die das Gas in das Gerät leiten. Zudem besitzen sie ein Display das eine direkte Auswertung ermöglicht. Ein Labor ist hier zu meist nicht mehr nötig. In der Handhabung unterscheiden sie sich nicht groß von den Passiven Messgeräten.

Für eine Orientierungsmessung werden die Messinstrumente für 7-14 Tage in die entsprechenden Räume gelegt. Der Messwert wird direkt auf einem Display angezeigt. Aufgrund der kurzen Messdauer, kann das Gerät nur eine Moment-

aufnahme der Radon- Konzentration wiedergeben. Der Jahresmittelwert ist hier nicht abzuleiten. Die vorhandenen Daten reichen für eine Orientierung aus. Für das sogenannte „Screening“, den ersten Überblick über die Radon-Konzentration, eignen sich aktive Messgeräte sehr gut. Diese Aussage ist im Hinblick auf die langfristige Belastung nicht aussagekräftig, da kein Jahresmittelwert abgeleitet werden kann. Dies ist erst ab 3 Monaten Messzeit möglich.

Für die Punkt oder Kurzzeitmessung eignen sich Aktive Messgeräte. Dabei werden die Geräte nur einige Stunden ausgelegt. Durch sie können auch Stellen identifiziert werden, die unter Verdacht stehen potentielle Radon Eintrittsstellen zu sein, das sogenannte „Sniffing“.

Eine Langzeitmessung stellt die genauesten Daten dar. Sie deckt alle Jahreszeiten und somit auch die Heizperiode, in der weniger gelüftet wird, ab. Zudem fließen die Schwankungen der Radon-Konzentration in die Messungen ein. Es ist wichtig, das innerhalb der Messperiode das Verhalten der Bewohner nicht geändert wird. Dies bezieht sich besonders auf das Lüften. Da auch durch Lüften das Edelgas entweicht und somit die Konzentration gesenkt werden kann, also eine Schwankung in der Konzentration entsteht. Die Messdaten werden nach Ablauf der vereinbarten Zeit ausgewertet und der Jahresmittelwert errechnet. Erst wenn bei der sogenannten Bewertungsmessung ein erhöhter Wert gemessen wird, besteht Handlungsbedarf.

Das Messprinzip ist bei allen Geräten gleich. Das Edelgas Radon diffundiert durch die Kammerwände oder einen Filter in das Messvolumen des Geräts. Bei elektronischen Messgeräten kann das Gas auch durch eine Pumpe in das Gerät gelangen. Innen zerfällt das Radon in verschiedene Zerfallsprodukte. Dabei wird Alphastrahlung freigesetzt. Diese Alpha-Teilchen treffen auf das Kunststoffplättchen (siehe Bild (3) Innenleben eines Radonexposimeters mit Kernspurdetektor) und verursachen einen Materialdefekt. Dieser wird durch chemisch-physische Prozesse als Teilchenspur erkennbar und anschließend ausgezählt. Mit Hilfe der Messzeit kann nun der mittlere Radon-Aktivitätskonzentration bestimmt werden.

Messungen können durch Fachpersonal oder sogar mit Hilfe der Post und dem BfS

(Bundesamt für Strahlenschutz), von den Bewohnern selbst durchgeführt werden. Die BfS hat auf ihrer Internetseite eine Liste von qualitätsgeprüften Anbietern bereitgestellt. Die entsprechenden Messgeräte werden dem Haushalt per Post zugesandt. Die Bewohner müssen diese nur noch in die ausgewählten Räume legen und nach der Anleitung handeln. Nach Ablauf der Messzeit werden die Geräte auf dem gleichen Weg wieder zurückgeschickt. Da sich viele Menschen der potentiellen Gefahr von Radongas nicht bewusst sind, wird dieses Verfahren dementsprechend wenig genutzt.

Radon ist überall zu finden. Das heißt, dass es nicht nur in den privaten Häusern eine Rolle spielt, sondern auch die Radon-Konzentration an Arbeitsstätten zu beachten ist. Denn neben dem Zuhause verbringen wir in der Regel viel Zeit an der Arbeitsstätte. Hier und in Arbeitsstätten in denen die Mitarbeiter erhöhten Radonwerten ausgesetzt sind (Beispiel: Wasserwerk, Radonheilstellen, etc.), sind die Verantwortlichen seit 2020 dazu verpflichtet, in Risikogebieten Messen zu lassen. Diese Messung muss nach § 155 StrlSchV anerkannt werden. Das heißt die Landesbehörde muss diese anerkennen, was sie wiederum nur tut, wenn nachgewiesen wird, dass geeignete Geräte fachgerecht ausgewertet wurden.

Die Geräte variieren im Aussehen. Das kommt durch die Verwendung unterschiedlicher Materialien. Auch die chemische Zusammensetzung, die auf die Alpha-Teilchen reagiert, ist unterschiedlich. Das sollte jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass alle Geräte in ihrer Basis gleich funktionieren und ihrem Zweck entsprechend das gleiche leisten können. Dies wird seit 2003 durch regelmäßige Vergleichsprüfungen für passive Radonmessgeräte, durch das BfS überprüft. Diese Prüfung ist nach §172 StrlSchG (Strahlenschutzgesetz) verpflichtet für diejenigen, die Messungen zu Radon bzw. Radonfolgeprodukten an Arbeitsstätten durchführen. Ebenso für alle anerkannten Stellen nach §155 StrlSchG. Anbietern, die Messungen im Freien, in Häusern oder zu anderen Zwecken durchführen, wird empfohlen, auch an den Vergleichsprüfungen teilzunehmen. Dadurch soll das Vertrauen der Kunden in die Messungen und das Vertrauen in die Ergebnisse der Kunden gestärkt werden. Um eine solche Anerkennung zu erhalten,

müssen die Anbieter gegenüber dem BfS nachweisen, dass sie:

- „geeignete Messgeräte bereitstellen können,
- über geeignete Ausrüstung und Verfahren zur Auswertung verfügen,
- ein geeignetes System der Qualitätssicherung haben und
- an Maßnahmen zur Qualitätssicherung durch das BfS teilnehmen“ (BfS, 2020: 1)

Trotzdem werden Messstellen nicht durch das BfS bevollmächtigt, sondern nach §169 Strahlenschutzgesetz durch eine Behörde in den jeweiligen Bundesländern.

Für den Ablauf einer Vergleichsprüfung werden die Messgeräte per Zufall in mehrere Vergleichsgruppen aufgeteilt und unterschiedlichen Radon-222-Aktivitätskonzentrationen ausgesetzt. Diese gehen bis zu 10 Kilobecquerel ( $1 \text{ kBq/m}^3$  (Kilobecquerel) =  $1.000 \text{ Bq/m}^3$  (Becquerel)), bei normaler Raumtemperatur ca.  $20^\circ\text{C}$  und einer Luftfeuchte von 20% bis 60%. Um den Transport und Lagerungseffekte zu testen, gibt es eine extra Gruppe, die sogenannte Transitgruppe. Die Auswertung erfolgt durch die Teilnehmer, die nicht wissen, wie hoch die Belastung ihres Gerätes ist. Das erfahren sie erst nachdem sie die Ergebnisse an das Bundesamt für Strahlenschutz geschickt haben. Diese stellen zuerst die Ergebnisse der Teilnehmer ihren Referenzergebnissen gegenüber und bewerten die Ergebnisse anhand der Abweichungen. Die Teilnehmer erhalten zum Schluss:

- einen individuellen Bericht mit den Messergebnissen,
- die Referenzergebnisse,
- die Leistungsbewertung
- einen Gesamtbereich mit den anonymisierten Messergebnissen der Teilnehmer,
- sowie statische Aussagen und
- eine Eignungsprüfung.

Eine Vergleichsprüfung ist nicht das einzige, was der BfS anbietet. Im Radon-Kalibrierlaboratorium des BfS werden Kalibrierungen, Typprüfungen und Vergleichsprüfungen für Messgeräte durchgeführt. Zudem werden „wissenschaftliche Untersuchungen zu messtechnischen Grundlagen und zur Bewertung und Entwicklung

von Messmethoden durchgeführt.“ (BfS, 2020: 2) Bei der Kalibrierung vergleicht man die zu prüfenden Messgeräte mit einem sehr Genauen Messgerät („Normal“). Dabei wird das Ziel gesetzt die Abweichung von der Norm und deren Unsicherheit festzulegen. Das geht so weit das über eine Kette von Normalen eine Hierarchie über das höchste Normal bis zum Primärnormal zurückgeführt werden kann. Auch das Bundesamt für Strahlenschutz muss sich Kontrollen durch die Deutsche Akkreditierungsstelle (DAKKS) unterziehen. Des Weiteren werden zur Qualitätssicherung, Programme für Hersteller von Messgeräten angeboten, die die Gleichheit ihrer Geräte in Bezug auf messtechnische Eigenschaften mit international genormten Anforderungen bewerten. An die Anwender gerichtet werden regelmäßige Angebote der Kalibrierung herangetragen. Um in Zukunft weitere und genauere Messergebnisse erzielen zu können wird sowohl an den bereits bestehenden Messmethoden gefeilt, als auch neue Messmethoden, beispielsweise für die Radonfreisetzung von Bauteilen entwickelt.

## Radon in Bauteilen

Auch in unterschiedlichen Bauteilen mit mineralischen Anteilen kann Radon vorkommen. In den meisten Fällen liegen diese Konzentrationen allerdings unter 20 Bq/m<sup>3</sup>. In den wenigsten Fällen sind die Bauteile die Ursache für eine zu hohe Radonkonzentration.

Es ist aber dennoch in Baustoffen enthalten, wenn auch in meist sehr geringen Mengen.

Beispielsweise in Beton werden unter anderem Sand und Kies verwendet. Je nach dem aus welcher Region diese Bestandteile kommen, richtet sich auch die Höhe ihrer Radonbelastung. Wird dieser Beton beim Hausbau verwendet, gibt er nach und nach das Radon frei. Je nachdem

wie groß die Oberfläche des jeweiligen Bauteiles ist, desto mehr oder weniger Radon kann abgegeben werden. Lehm beispielsweise hat nicht mehr Uran oder Thorium als andere Baustoffe. Durch seine feinkörnige und damit große Oberfläche werden aber mehr Radon und Thorium an die Raumluft abgegeben als beispielsweise bei gebrannten Lehmziegeln. Durch den Vorgang des Brennens verschmelzen die Körner miteinander und verkleinern so die Oberfläche. Die Konzentrationen von Radon gelangen also durch die Ausgangsmaterialien in dem Bauteil in die Raumluft. Aber nicht alle Baumaterialien, die Radon aufweisen müssen erst angemischt werden. In einigen Fällen hat das schon Mutter Natur übernommen. Ein Beispiel hierfür ist Granit. Das Gestein entstand in großer Tiefe aus erstarrtem Magma. Er weist oft mehr Bestandteile von Uran- und Thorium-Zerfallsketten und Kalium-40 auf als andere Baustoffe. Die Entstehung dieser Stoffe begründet sich auf die Entstehungsgeschichte der Steine. Um sich diesbezüglich abzusichern ist es ratsam den Händler oder Importeur zu fragen. Laut dem Strahlenschutzgesetz müssen diese gewährleisten, dass der gesetzliche Referenzwert nicht überschritten wird. Wie ein Nachweis erbracht werden muss ist in der Strahlenschutzverordnung festgelegt. Nicht nur dort sind Richtlinien oder Empfehlungen zu finden. Auch innerhalb der Bauproduktenrichtlinie (89/106/EWG) und dem deutschen Bauproduktengesetz (Bau PG 1998) sind explizite, dass

„[...] das „Vorhandensein gefährlicher Teilchen“ oder die „Emission gefährlicher Strahlen“ genannt, die keinerlei schädliche Einwirkung haben dürfen.“ (Dr. Kemski 2020: 4) „Die in gängigen Baumaterialien gemessenen Radionuklidaktivitäten sind zumeist gering, dass die Beiträge zur Radonkonzentration in Gebäuden unterhalb von 30 Bq/m<sup>3</sup> liegen.“ (Dr. Kemski, 2020: 5)

Trotzdem ist es notwendig sich an der EU-Empfehlung Radiation Protection 112 (EC 1999) zu orientieren. Weitere Informationen zum Umgang mit Materialien, die mit Radon belastet sein können, finden sich im Anhang XII der Strahlenschutzverordnung (Strl SchV 2001). Dort sind die Stoffe detailliert aufgeführt und der Umgang mit ihnen geregelt.

Insgesamt ist die Radon-Konzentration, die von Baumaterialien ausgeht im Normalfall so gering, dass sie bei einer Radon-Messung meistens nicht groß ins Gewicht fallen. Allerdings gibt es auch Ausnahmen. Kohlschlacke wurde früher beispielsweise gerne als Füllung für Geschossdecken verwendet. Abraum- und Reststoffe der Erzindustrie wurden als Baumaterialien verwendet. Diese Materialien werden heutzutage nicht mehr verwendet, können aber in älteren Häusern vorhanden sein.

## Sanierung

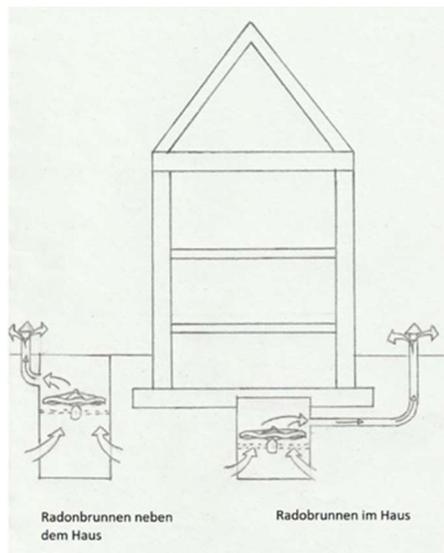
Nicht immer lässt sich alles beim Planen berücksichtigen oder das Traumhaus steht bereits seit einigen Jahrzehnten. Ist jedoch festgestellt worden das sich eine erhöhte Radonkonzentration im Haus befindet, bleibt nur noch eine Radonsanierung. Es gibt kein Standardfall. Jedes Haus wird durch seine Bauweise und das Verhalten seiner Nutzer einzigartig. Das Ziel einer Radonsanierung ist hingegen immer das gleiche: Eine dauerhafte Senkung unter den Richtwert der Radonaktivitätskonzentration in der Raumluft. Dazu muss verhindert werden, dass Radon in das Haus gelangt und sich dort aus-

	Radium-226 in Becquerel Kilogramm Mittelwert (Bereich)	Thorium-232 in Becquerel pro Kilogramm Mittelwert (Bereich)	Kalium-40 in Becquerel pro Kilogramm Mittelwert (Bereich)
Granit	100 (30 - 500)	120 (17 - 311)	1000 (600 - 4000)
Gneis	75 (50 - 157)	43 (22 - 50)	900 (830 - 1500)
Diabas	16 (10 - 25)	8 (4 - 12)	170 (100 - 210)
Basalt	26 (6 - 36)	29 (9 - 37)	270 (190 - 380)
Granulit	10 (4 - 16)	6 (2 - 11)	360 (9 - 730)
Kies, Sand, Kiessand	15 (1 - 39)	16 (1 - 64)	380 (3 - 1200)
Natürlicher Gips, Anhydrit	10 (2 - 70) < 5	(2 - 100)	60 (7 - 200)
Tuff, Bims	100 (< 20 - 200)	100 (30 - 300)	1000 (500 - 2000)
Ton, Lehm	< 40 (< 20 - 90)	60 (18 - 200)	1000 (300 - 2000)
Ziegel, Klinker	50 (10 - 200)	52 (12 - 200)	700 (100 - 2000)
Beton	30 (7 - 92)	23 (4 - 71)	450 (50 - 1300)
Kalksandstein, Porenbeton	15 (6 - 80)	10 (1 - 60)	200 (40 - 800)
Schlacke aus Mansfelder Kupferschiefer	1500 (860 - 2100)	48 (18 - 78)	520 (300 - 730)
Gips aus der Rauchgasentschwefelung	20 (< 20 - 70)	< 20	< 20
Braunkohlenfilterasche	82 (4 - 200)	51 (6 - 150)	147 (12 - 610)

Tab. 1: Spezifische Aktivitäten von Baustoffen Quelle: BfS 2018: Natürliche Radionuklide in Baumaterialien [http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/baustoffe/radionuklide/radionuklide\\_node.html](http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/baustoffe/radionuklide/radionuklide_node.html)

(5) Tabelle, Spezifische Aktivitäten von Baustoffen

breitet. Zuerst ist zu klären woher das Radon kommt. (Sniffing) Ursachen können Risse im Fundament oder Wänden (in den erdgebundenen Stockwerken) sein oder undichte Hausanschlüsse. Sind diese Quellen ausgeschlossen muss geprüft werden ob die zu hohe Konzentration von verwendeten Bauteilen oder dem Trinkwasser kommt, was allerdings sehr selten der Fall ist. Ist die Ursache ermittelt spielt die Höhe der ermittelten Radonbelastung eine wichtige Rolle für die zeitliche und wirtschaftliche Verhältnismäßigkeit. Bei einer hohen Belastung sollte rasch gehandelt werden. Die Maßnahmen sollten aber auch in einem solchen Fall in einem angemessenen Verhältnis zum Wert des Objektes stehen. In einigen Fällen ist es bereits ausreichend eine Lüftungsanlage zu installieren. Diese sorgt für einen ständigen Austausch zwischen Raum- und Außenluft. Dabei ist darauf zu achten, dass durch die mechanische Entlüftung kein Unterdruck im Gebäude entsteht, durch den wiederum eine Konvektion gefördert wird und radonhaltige Bodenluft in den Raum nachströmt. Eine weitere Lösung kann ein Radonbrunnen sein. Darunter versteht man eine Absaugung unterhalb der Bodenplatte, die das Radongas ansaugt und durch ein Rohr an die Außenluft abgibt.



(6) Radonbrunnen -im Haus und -neben dem Haus

Eine andere Möglichkeit ist die schwarze Wanne. Dabei handelt es sich um einen Anstrich auf Bitumenbasis, der auf die Wandteile, die unter der Erde liegen gestrichen wird. Besonders sinnvoll ist diese Art der Abdichtung bei Häusern die zwar auf einer Betonplatte stehen aber deren Außenwände gemauert sind. Diese sind meist wasserdurchlässig und somit auch

nicht Radondicht. In den Anstrichen ist meistens ein Kunststoffzusatz der Verformungen und Rissen vorbeugen soll. Der Anstrich ist flüssig oder pastös zu erhalten. Zusätzlich gibt es noch Bitumenbahnen die an die Hauswand geklebt werden. Dieser Schutz währt allerdings nicht ewig. Nach ca. 30 Jahren sollte er erneuert werden, da die Gefahr auf Undichtigkeit besteht. Die weiße Wanne kommt ohne großartige zusätzliche Abdichtungen aus. Hinter dem Begriff verbiegen sich Wände, die aus wasserdurchlässigem Beton gefertigt werden. Dies kann vor Ort passieren oder sie kommen als Fertigbauteile auf der Baustelle an. Lediglich die Fugen zwischen den Wandteilen und der Bodenplatte müssen mit wasserdichten Fugenbändern abgedichtet werden. Messungen zeigen, dass diese Konstruktion auch unterdrückendem Wasser standhält. Es dringt maximal 7cm in den Beton ein. Diese Art der Abdichtung muss bereits bei der Hausplanung mit einkalkuliert werden. Dafür hält sie bis zu 80 Jahre. Auf der Konstruktion der weißen Wanne baut die gelbe Wanne auf. Zusätzlich wird eine Abdichtungsbahn aufgebracht die aus Vlies und gitternetz förmigen Hinterlaufschutz besteht. Die Abdichtungsbahn wird in den erhärtenden Beton gerückt. Diese Abdichtung kann nicht nur an Wänden angebracht werden, sondern auch unter Grundplatten verlegt werden. Ebenfalls unter Wasserdruck und Sickerwasser stabil ist die braune Wanne. Sie besteht aus einer Stahlbetonkonstruktion mit außenliegender Abdichtung aus geotextilem Trägermaterial in dem Betonitgranulat eingewebt ist. Trifft Wasser auf das Granulat quillt es zu einer gelartigen Masse auf. Durch die begrenzte Dichtungsschicht entsteht ein Quelldruck von mehreren Bar, der für das Wasser unüberwindbar ist. Eine weitere Methode bietet das Flächenverbundsystem. Es umschließt das Gebäude unter der Erde. Es ist ebenfalls unter der Grundplatte verlegbar. Allerdings gilt es nach der DIN 18533 nicht als Flächenabdichtung. Es muss also geprüft werden ob dieses System in einer bestimmten Situation als Radonabdichtung verwendbar ist. Generell ist für die Planung und Ausführung der Sanierungsarbeiten ein Fachmann von Nöten.

## Gesetzliche Lage

Seit dem 12 Mai 2017 gilt das Strahlenschutzgesetz. Es enthält die rechtliche Grundlage bezüglich des Strahlenschutzes und die Grundlage für die Arbeit des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS). Außerdem dürfen medizinische Verfahren bewertet werden. Es stärkt die Kompetenz des BfS und enthält fortgeben in Bezug auf Radon. Die vier Hautteile lauten:

- eine spezielle Regelung für radiologische Verfahren und eine Informations- und Meldestelle für medizinische Zwecke
- Notfallregelungen und die Einrichtung eines spezialisierten Lagezentrums
- Der Umgang mit Altlasten und Bauteile die radioaktiv sind, sowie Radon als solches
- Vorgaben, um diejenigen bestmöglich zu schützen, die mit Radon oder radonhaltigen Materialien an ihrer Arbeitsstätte hantieren müssen

Weitere Grenz- und Richtwerte zum Strahlenschutz sichern Privatpersonen wie Arbeitnehmer ab. Darin heißt es unter anderem, dass Grenzwerte nach §46 der Strahlenschutzverordnung 1 mSv (Millisievert) nicht durch erzeugte Strahlung oder dem Umgang mit radioaktiven Stoffen übersteigen werden darf. Nach §47 darf auch von einzelnen Anlagen nur 0,3 mSa (Millisievert pro Jahr) ausgehen. Ausgenommen sind hier medizinische Strahlenanwendungen. Da die Organe anfälliger für Strahlung sind als die Haut ist auch eine Grenze für unsere Augen festgelegt. Er liegt bei 15 mSa. Der Grenzwert für die Haut liegt bei 50 mSa. Auch der Referenzwert von 300 Bq/m<sup>3</sup> für Aufenthaltsräume ist hier festgehalten. Dieser gilt auch für Aufenthaltsräume von Arbeitsstätten. Weiterhin ist festgehalten, dass nach §56 Strahlenschutzverordnung die Dosis im Berufsleben nicht über 400 Bq/m<sup>3</sup> gehen darf. Das bedeutet, dass 20 mSa nach §55 Strahlenschutzverordnung nicht überschritten werden dürfen. Neben den allgemeinen Richtlinien sind auch Regelungen für unterschiedliche Gebäude festgehalten. Eigentümer und Bewohner müssen den Willen etwas zu ändern mitbringen, dazu kann kein Gesetz sie verpflichten. Das BfS meint dazu das die Pflicht bestehe die Menschen über Radon und seine Folgen zu informie-

ren und sie dadurch zu Schutzmaßnahmen zu animieren. (Vgl. BfS, Prof. Dr. med. Klaus Fiedler, Wohnmedizin Bd. 57, S.70) Für private Neubauten gilt ab 2020 zusätzlich, dass sie bestmöglich verhindern das Radon in das Gebäude eindringen kann. Bei der Planung des Radonschutzes muss laut Radonschutzgesetz der Zielwert von 100 Bq/m<sup>3</sup> angepeilt werden (Prinzip der Optimierung).

## Beispiel Szenarien

Eine Junge Familie hat sich ein altes Bauernhaus nahe dem Bayrischen Wald gekauft. Der Mann möchte das Haus selbst umbauen und informiert sich umfassend. Dabei stößt er auf die Radonproblematik und beginnt sich Sorgen zu machen. Er zieht eine Radonkarte der Gegend zu Rate und hat Pech, sein Haus liegt in einem Strahlenschutzgebiet. Zusammen beschließen die Eheleute eine Orientierungsmessung durchführen zu lassen. Dazu suchen sie sich auf der Seite des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) einen Fachmann in ihrer Nähe. Der freundliche Herr kommt am nächsten Tag und legt mehrere Geräte verteilt auf die Aufenthaltsräume, in unterschiedlichen Stockwerken des Hauses aus. Nach 14 Tagen werden die Geräte wieder eingesammelt und im Labor ausgewertet. Das Ergebnis wird der Familie nach einigen Tagen mitgeteilt. Die Werte in den oberen Zimmern liegen bei 300 Bq/m<sup>3</sup> und die im Erdgeschoss sogar bei 600 Bq/m<sup>3</sup>. Diese Werte liegen deutlich über den empfohlenen 100 Bq/m<sup>3</sup>. Nun entschließt sich die Familie zu einer Langzeitmessung um auszuschließen das äußere Einflüsse die Messung beeinträchtigt haben. Währenddessen tauscht die Familie einige Räume in ihrer Nutzung. Da im Oberen Stockwerk der Richtwert, der im deutschen Strahlenschutzgesetz festgelegt ist eingehalten wurde, wandert das Schlafzimmer der Eltern in eines der oberen Zimmer. Auch das Wohnzimmer wird vorübergehend in das angedachte Gästezimmer verlegt. Nach einem Jahr steht das Ergebnis fest. Der Jahresmittelwert liegt deutlich über dem Richtwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 100 Bq/m<sup>3</sup>. Um dem Radon Herr zu werden wird der Keller noch einmal genauer unter die Lupe genommen. Um die Ursache des Radons zu finden werden noch einmal Messgerät für das sogenannte Sniffing ausgelegt. Als Ursache werden feine Risse in der Wand und ein undichter

Hausanschluss identifiziert. Mithilfe von speziellen Dichtungsmassen wird die Undichtigkeit schnell behoben. Da das Fundament älteren Datums ist entschließt sich die Familie auch die Zwischendecke auf undichte Stellen zu untersuchen und diese verschließen zu lassen. Auch die Kellertür lassen sie abdichten. Eine Kontrollmessung zeigt das der Radonwert jetzt nur noch bei 50 Bq/m<sup>3</sup> im Erdgeschoss und bei 30 Bq/m<sup>3</sup> im Obergeschoss liegt. Das Wohn- und Schlafzimmer ziehen wieder in das Erdgeschoss.

Ein älteres Ehepaar beschließt wieder in ihr Heimatdorf zu ziehen. Dort erfahren sie von Nachbarn das in dem Dorf ungewöhnlich viele Menschen an Lungenkrebs erkrankt sind. Die Nachbarin erzählt ihnen von Radongas das dies verursachen können. Die beiden sind verunsichert und bitten ihren Enkel für sie im Internet zu recherchieren. Schnell meldet dieser sich bei den Großeltern und bestätigt die Geschichte der Nachbarin. Er gibt seinen Großeltern auch gleich die Nummer eines Fachmannes durch. Das Paar macht gleich einen Termin. Der Fachmann kommt wenig später und berät beide. Er rät zu einer Messung von mindestens 3 Monaten. Die Messgeräte werden in den Aufenthaltsräumen des Hauses verteilt und nach 6 Monaten ausgewertet. Nur in einem Raum ist eine deutlich erhöhter Radonwert von über 3000 Bq/m<sup>3</sup> zu ermitteln, dabei ist genau dieser Raum nicht unterkellert. Die Eheleute wissen, dass das Haus schon zu ihrer Kindheit stand und die Vorbesitzer beide schwer erkrankten. Sie beschließen den Fußboden an einer Stelle anheben zu lassen. Zum Vorschein kommt blanker Erdboden. Daraufhin entscheiden sich die beiden schnell zu einem neuen, dichten Bodenaufbau mit Fundament. Als eine Kontrollmessung nicht den gewünschten Effekt zeigt, wird zusätzlich ein Radonbrunnen installiert. Eine erneute Kontrollmessung zeigt einen Wert von knapp 150 Bq/m<sup>3</sup>.

## Stellenwert von Radon in der Innen- und Architektur

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Radon ein wichtiges, aber bislang noch zu unbekanntes Thema ist, sowohl bei Architekten und Innenarchitekten, als auch in der Gesellschaft. Das mag zum

Teil aber auch daran liegen, dass die Richtlinien und Normen bezüglich des Radonschutzes noch verhältnismäßig jung sind. Trotzdem sind die Mess- und Schutzmethoden effektiv und anpassungsfähig. Bei Neubauten wird auf eine gute Abdichtung zum Boden hin geachtet, was gleichzeitig auch ein guter Radonschutz ist. Es bleibt allerdings dabei, dass Messungen und Sanierungen nur dort durchgeführt werden können wo man sich des Radons bewusst ist. Das ist noch zu selten der Fall und benötigt weiterer Aufklärung.

Gesetzlich sieht es etwas anders aus. Seit 2014 gilt das EU-Recht. Nach §3 der MOB werden Gesundheitsrisiken durch Radon in errichteten Gebäuden nicht ausgeschlossen. Das bedeutet für den Planer, dass auch bei Einhaltung des Richtwertes von 300 Bq/m<sup>3</sup> noch ein Haftungsrisiko besteht.

Zuerst wurden Radonmessungen nur für Häuser in Strahlenschutzgebieten empfohlen. Seit dem 31.12.2018 ist gesetzlich verankert worden, dass der Richtwert von 300 Bq/m<sup>3</sup> ab 01.01.2019 nicht mehr überschritten werden darf. Das hat Auswirkungen auf Neubauten sowie Sanierungen in Bestandsgebäuden. Es müssen vorsorgliche bauliche, oder Lüftungstechnische Maßnahmen geplant und ausgeführt werden. Die DIN SPEC 18117 trat ohne große Übergangsphase ein, was eine schnelle Anpassung und Handlungsfähigkeit seitens der Planer erforderte.

## Literatur

Videos:

BfS, „Radon-Animation“, 2016

<https://www.youtube.com/watch?v=HNfyzn8kfN4>

Kohlberger 91, „Radon| Die unsichtbare Gefahr“, 2018

[https://www.youtube.com/watch?v=191o\\_o63\\_Z4](https://www.youtube.com/watch?v=191o_o63_Z4)

[W] wie Wissen, „Gefahr aus dem Erdreich: Was tun gegen Radon? [W] wie Wissen“, 2019

<https://www.youtube.com/watch?v=v094nrRA5LY>

Literatur:

Dr. Kemski, "Sachverständigenbüro Dr. Kemski, Bonn, [www.kemski-bonn.de](http://www.kemski-bonn.de)", 2020

Zeitschriften:

Bundesverband öffentlich bestellter und vereidigter sowie qualifizierter Sachverständiger e.V., „Radon in Gebäuden“, 2017

Prof. Dr. med. Klaus Fiedler, Wohnmedizin Bd. 57 (2018) Nr.2, Medizinische Bedeutung der Radonproblematik in Innenräumen, 2018

Internet Quellen:

Baupartner 88 AG, „gelbe Wanne“, <http://www.baupartner.ch>

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Anerkennung verfahren für Anbieter von Radon- Messungen an Arbeitsplätzen“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Granitplatten im Haushalt“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Lehm als Baumaterial“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Messmethoden“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Natürliche Radionuklide in Baumaterialien“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Radon in Bauteilen“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Radon-Kalibrielaboratorium“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Vergleich- und Eignungsprüfung für passive Radonmessgeräte“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), „Wie kann ich Radon messen (lassen?)“, [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

Maria Teresa Celis Hernandez Streil, „Ist Thoron ein Thema, das mich auch betrifft?“, stand 2020 [www.sarde.de](http://www.sarde.de)

Roland Grimm, „schwarze Wanne“, [www.baustoffwissen.de](http://www.baustoffwissen.de)

Hendrik Jürgens „weiße Wanne“, [www.haus.de](http://www.haus.de)

Geschäftsführer: Dr. Peter Krause, „Grundlagen zum Radon“ stand 2020 <https://www.bauhausakademie.de/>

Dr. Michael Seibold, „Frischbetonverbundsystem“, [www.hauff-technik.de](http://www.hauff-technik.de)

## Zitate

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) „Anerkennung verfahren für Anbieter von Radon- Messungen an Arbeitsplätzen“, 2020: 1

Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) „Radon-Kalibrielaboratorium“, 2020: 2

Dr Kemski "Sachverständigenbüro Dr. Kemski, Bonn, [www.kemski-bonn.de](http://www.kemski-bonn.de)", 2020: 5

## Zur Person

**Foto (Hochformat)**

**Roana Krack**

Ich bin Studentin an der OWL in Detmold und Studiere im 6ten Semester für Innenarchitektur. Das Fach Baubiologie habe ich gewählt, weil mich interessiert welche Auswirkungen ein Störungsfaktor wie beispielsweise ein Schimmelpilz oder Radon auf die Wohnqualität haben kann und was man dagegen tun kann.

**Kontakt:**

roana.krack@stud.th-owl.de

## Bilder

(1) Eintrittswege für Radon durch Risse und Spalten (Bild: © "Sachverständigenbüro Dr. Kemski, Bonn, [www.kemski-bonn.de](http://www.kemski-bonn.de)") (einspaltig/zweispaltig)

(2) Radonkarte- Strahlenschutzgebiete in Deutschland (Bild: © „Ihr Baugutachterteam Verweyen und Partner, radon-beseitigen.de“) (einspaltig/zweispaltig)

(3) Radondrainage -mit Abzug als Schornstein und – mit Abzug durch die Wand (Bild: © Roana Krack) (einspaltig/zweispaltig)

(4) Innenleben eines Radonexposimeters mit Kernspurdetektor (Bild: © "Sachverständigenbüro Dr. Kemski, Bonn, [www.kemski-bonn.de](http://www.kemski-bonn.de)") (einspaltig/zweispaltig)

(5) Tabelle, Spezifische Aktivitäten von Baustoffen (Bild: © Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Wohnmedizin Bd. 57 (2018) Nr.2 S.66) (einspaltig/zweispaltig)

(6) Radonbrunnen – im Haus und -neben dem Haus (Bild: © Roana Krack) (einspaltig/zweispaltig)