



Alle umgebend, aber von keinem beachtet.

Wie die Luft, so umgibt uns auch Radon. Es kommt überall auf der Welt vor, aber worum genau handelt es sich?

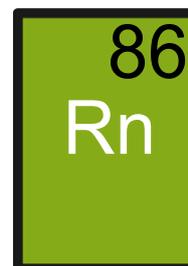


Abbildung 1 – Elementsymbol Radon

## Vorkommen und Gewinnung

Radon ist eines der seltensten Elemente auf der Erde. Es lassen sich jedoch Spuren in fast allen radioaktiven Mineralien und deren Umgebung finden. (Seilnacht, 2018) Der Anteil in der Erdhülle (Atmosphäre, Wasser, Erdkruste bis 10 km Tiefe) beträgt dabei  $6,2 \cdot 10^{-16} \%$ .

Da Radon als radioaktives Zwischenprodukt von Kernzerfallsreihen (bei Uran, Thorium und Actinium) auftritt, findet es sich vermehrt an Stellen, an welchen natürliches Uran vorkommt. So ist in der Erde natürliches Uran vorhanden, welches dem Prozess des radioaktiven Zerfalls unterliegt. Hier entsteht zunächst Radium, welches im weiteren Verlauf schließlich zu Radon zerfällt.

Die Freisetzung des Gases erfolgt anschließend in die freien Räume des Bodens. Es kann nun mit anderen Bodengasen an die Erdoberfläche und somit in die Atmosphäre gelangen. Allerdings wird der Transport aus dem Boden durch äußere Einflüsse gelenkt. Witterungsbedingungen wie Regen, Schnee und Frost sorgen für eine Erhöhung der Radonkonzentration im Boden. Auch der Luftdruck spielt eine Rolle. Hierbei bedeutet ein höherer Luftdruck, dass das Austreten von Gasen aus dem Boden ebenfalls erschwert wird. Ein niedriger Luftdruck hingegen begünstigt das Entweichen der Bodengase. Weiterhin stellt die Bodenbeschaffenheit einen nicht zu vernachlässigenden Faktor dar. Ein lockerer poröser Boden mit vielen Hohlräumen bietet demnach für alle Arten von Gasen eine gute Ausbreitungsmöglichkeit, so auch dem Radon. (Bundesamt für Strahlenschutz, Radon im Boden, 2018)

Aufgrund seiner guten Löslichkeit in Wasser kann es sich im Grundwasser lösen und transportiert werden. So kann es auch den Weg ins Trinkwasser finden.

Es ist auch in fast allen Steinen und weiteren Baumaterialien enthalten, was die Freisetzung dieses Gases in Wohnräume zur Folge hat, besonders bei Granit-Untergrund. (Quadbeck-Seeger, 2007, S. 75) Eine hohe Radon-Konzentration ist daher in schlecht gelüfteten Wohnräumen, Kellern und Bergwerken/ Höhlen gegeben. Trotz geringer Gefährdung in Wohnräumen ist jedoch eine gute Lüftung empfohlen. (Seilnacht, 2018)

Die Zunahme von Radon-Emissionen sind außerdem ein Indikator für Erdbeben, weshalb überwachte Messungen vorgenommen werden. (Quadbeck-Seeger, 2007, S. 75) Es lässt sich folglich eine erhöhte Radon-Konzentration bei Vulkanausbrüchen messen.

Radon in der bodennahen Luft (bis 1,5 m) vermischt sich allerdings sehr rasch mit der umgebenden Luft, wodurch eine geringe Konzentration gemessen werden kann. (Bundesamt für Strahlenschutz, Radon im Freien, 2018)



Abbildung 2 – Radonkonzentration in der Bodenluft in Thüringen

Die Radonaktivitätskonzentration der Bodenluft in Thüringen ist in den rot gekennzeichneten Gebieten am stärksten ausgeprägt. Hier beträgt die Konzentration über  $100 \text{ kBq/m}^3$ . Das restliche thüringische Gebiet ist überwiegend mit einer Konzentration von  $40 \text{ kBq/m}^3$  bis  $100 \text{ kBq/m}^3$  belastet. (Kemski & Partner, 2004)

Neben natürlichem Vorkommen besteht weiterhin die Möglichkeit, Radon künstlich herzustellen. Hierfür wird eine Radiumsalz-Lösung benötigt. Wird diese Lösung für einige Wochen in einem abgeschlossenen Gefäß stehen gelassen, entsteht durch radioaktiven Zerfall Radon. Dieses muss anschließend noch abgesaugt und gesammelt werden. (Seilnacht, 2018)

## Eigenschaften

Bei dem Element Radon handelt es sich um ein einatomiges Edelgas. Dieses ist farblos, geruch- und geschmacklos sowie radioaktiv. Aufgrund seiner hohen Dichte ist es das schwerste Edelgas. Mit einer Dichte von  $9,73 \text{ kg/m}^3$  ist Radon ca. sieben Mal dichter als der Sauerstoff unserer Atemluft. In Wasser ist es mit 230 ml Radon pro Liter Wasser gut löslich. Wie alle Edelgase ist es inert, reagiert jedoch wie Krypton und Xenon mit Fluor zu Fluoriden. (Seilnacht, 2018) Eine der wenigen bekannten Verbindungen des Radons ist daher beispielsweise Radonfluorid  $\text{RnF}_2$ . (Bibliographisches Institut GmbH, 2018)

Es existieren drei natürliche Isotope. Diese sind:  $^{222}\text{Rn}$  (Halbwertszeit  $t_{1/2} = 3,8 \text{ d}$ ),  $^{220}\text{Rn}$  ( $t_{1/2} = 55 \text{ s}$ ) und  $^{219}\text{Rn}$  ( $t_{1/2} = 4 \text{ s}$ ). Es wurden bisher weitere 29 radioaktive Isotope des Radons künstlich hergestellt. (Bibliographisches Institut GmbH, 2018)

Des Weiteren leuchtet Radon im Dunklen. Sein fester und flüssiger Aggregatzustand sind dabei phosphoreszierend. Es leuchtet stahlblau, wobei es bei Temperaturenniedrigung unter seinen Schmelzpunkt leuchtend gelb oder orangerot erscheint. (Bibliographisches Institut GmbH, 2018) Als Füllung in Gasentladungsröhren erzeugt Radon rotes Licht. (Hoffmann, 1979)

## Historische Aspekte

Marie und Pierre Curie konnten kurze Zeit nach der Entdeckung des Radiums in dessen Umgebung das Aussenden intensiver  $\alpha$ -Strahlung beobachten. Im Jahre 1900 wies der deutsche Physiker Friedrich Ernst Dorn (1848-1916) in Halle das Isotop  $^{222}\text{Rn}$  als Ursache nach. Gleichzeitig gelang es Sir Ernest Rutherford (1871-1937) in London das Isotop  $^{220}\text{Rn}$  als Zerfallsprodukt von Thorium nachzuweisen. (Quadbeck-Seeger, 2007)



Abbildung 3 – Friedrich Ernst Dorn

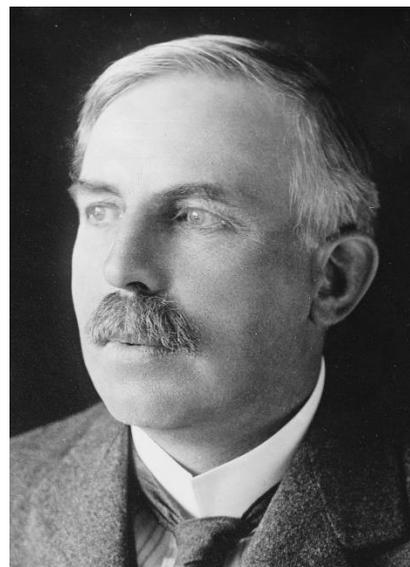


Abbildung 4 – Ernest Rutherford



Als Zerfallsprodukt von Actinium konnte  $^{219}\text{Rn}$  von Friedrich Oskar Giesel in Braunschweig sowie von A.L. Debierne in Paris nachgewiesen werden. (Seilnacht, 2018) 1910 konnte der schottische Chemiker und Nobelpreisgewinner Sir William Ramsey (1852- 1916) das Edelgas Radon durch sein Spektrum ermitteln. Er schlug den Namen Niton mit entsprechendem chemischen Symbol Nt vor. (Bibliographisches Institut GmbH, 2018) 1934 fand die endgültige Namensgebung statt, bei welcher Radon mit dem chemischen Symbol Rn in Anlehnung an Radium festgelegt wurde. (Seilnacht, 2018)

## Radonbäder



Bereits seit Jahrhunderten sind Thermalquellen in radonbelasteten Gebieten wie Bad Brambach im Erzgebirge (Sächsische Staatsbäder GmbH, 2019) oder in Bad Gastein in Österreich für ihre heilende Wirkung bekannt, aber erst nach der Entdeckung des Radons zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde diese Wirkung auf das Edelgas zurückgeführt (Lind-Albrecht, 2007).

Abbildung 5 – Quellhaus in Bad Brambach

Radonbädern wurde insbesondere in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts (Lind-Albrecht, 2007, S. 287) und auch heute eine nebenwirkungsfreie, schmerzlindernde, entzündungshemmende Wirkung zugeschrieben, die langanhaltende Ergebnisse bereits bei niedrigen Dosierungen mit sich bringt (Sächsische Staatsbäder GmbH, 2019).

Die eben angesprochenen und von aktiven Bädern offensiv beworbenen positiven Aspekte des Radonbades wurden in Bezug auf verschiedene Krankheitsbilder in zahlreichen Studien untersucht (Lind-Albrecht, 2007, S. 293f.). Positive Wirkungen wurden dabei insbesondere mehrfach beim Krankheitsbild Morbus Bechterew, eine chronisch entzündliche rheumatische Erkrankung, nachgewiesen, insbesondere auch die langfristige Wirkung der Behandlung (Falkenbach & Wolter, 1997; Lind-Albrecht, 2007; Herold & Lind-Albrecht, 2008). Auch bei nicht-entzündlichen Wirbelsäulenbeschwerden, chronischer Polyarthrit (Lind-Albrecht, 2007) und Patienten mit zervikalem Schmerzsyndrom konnte die Wirksamkeit eindeutig nachgewiesen werden (Aurand, Baumann, Franke, Legler, & Pratzel, 1993).

Zusammenfassend hat die Radontherapie insbesondere bei schmerztherapeutisch notwendiger Behandlung nachgewiesen positive, langfristige Effekte und sich daher bewährt.



## Radon in Innenräumen

Während sich das in der Bodenluft enthaltene Radon im Freien schnell verteilt und nur noch in Konzentrationen zwischen durchschnittlich  $5 \text{ Bq/m}^3$  und  $30 \text{ Bq/m}^3$  auftritt, kann es sich in Innenräumen von Gebäuden stark anreichern (Bundesamt für Strahlenschutz, Radon. Ein kaum wahrgenommenes Risiko, 2016, S. 2). Ursächlich für den Eintritt in Gebäude sind Risse und weitere undichte Stellen in Fundamentbodenplatten und Mauerwerk sowie Kabel- und Rohrdurchführungen (Bundesamt für Strahlenschutz, Radon. Ein kaum wahrgenommenes Risiko, 2016, S. 3). Daraus ergibt sich, dass die Radonkonzentration in bodennahen Räumlichkeiten (Keller bzw. nicht unterkellerte Erdgeschossräume) am höchsten ist. Nach dem Eindringen in Gebäude verteilt sich das Gas zum Beispiel durch undichte Kellertüren nach und nach in weiteren Räumen.

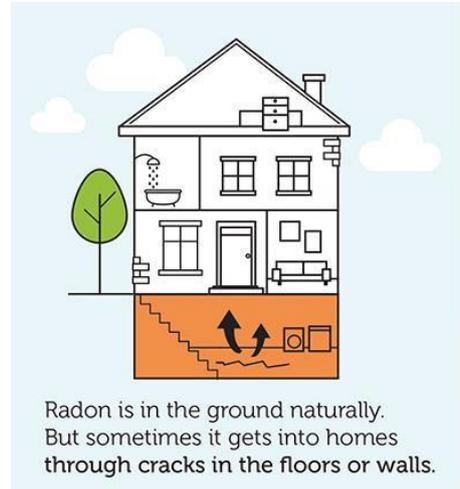


Abbildung 6 – Radon in Innenräumen

Eine Senkung der Radonkonzentration in Wohnräumen kann durch regelmäßiges Lüften, durch die Identifizierung und Abdichtung der für Radon durchlässigen Stellen sowie bei Neubauten das Nutzen von Radondrainagen in besonders belasteten Gebieten erfolgen (Bundesamt für Strahlenschutz, Radon. Ein kaum wahrgenommenes Risiko, 2016).

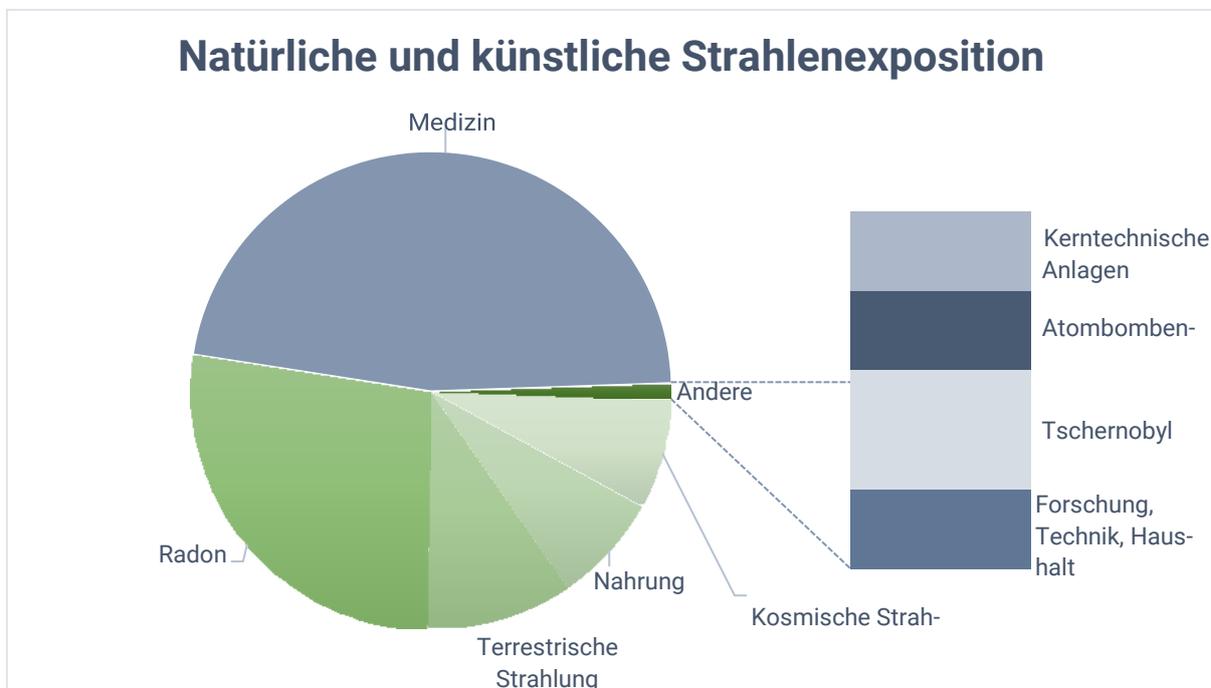


Abbildung 7 – Natürliche und künstliche Strahlenexposition

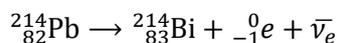
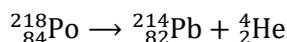
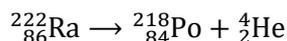


In Wohnräumen in Deutschland beträgt die durchschnittliche Radonbelastung  $50 \text{ Bq/m}^3$ , wobei die Streuung sehr groß ist: Diese schwankt zwischen wenigen  $\text{Bq/m}^3$  und mehreren tausend  $\text{Bq/m}^3$ , die vor allem in ehemaligen Bergbaugebieten (z. B. Erzgebirge) erreicht werden kann (Jacobi, 1986, S. 661). Der aktuell gültige Referenzwert entsprechend der Euratom-Norm für die Radonbelastung in Räumen und Gebäuden beträgt im Jahresschnitt  $300 \text{ Bq/m}^3$  (Bundesamt für Strahlenschutz, Vorschriften für Gebäude und Arbeitsplätze - Referenzwert, 2018).

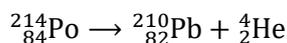
Betrachtet man die durch Radon ausgelöste Strahlenexposition, so beträgt diese im Freien  $0,2 \text{ mSv/Jahr}$  und in Häusern  $0,9 \text{ mSv/Jahr}$ . Radon ist somit für mehr als die Hälfte der natürlichen Strahlenexposition, der ein Mensch pro Jahr ausgesetzt ist, verantwortlich (Bundesamt für Strahlenschutz, Radon. Ein kaum wahrgenommenes Risiko, 2016, S. 4).

### Gefahren durch Radon

Radon wurde bereits im Jahr 1980 von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) als krebserregend eingestuft (Bundesamt für Strahlenschutz, Radon. Ein kaum wahrgenommenes Risiko, 2016, S. 4). Die besondere Gefahr geht dabei nicht vom Radon selbst, sondern von seinen Zerfallsprodukten Polonium und Wismut aus, die sich ebenfalls in der Raumluft befinden (Jacobi, 1986, S. 661).



Diese werden beim Einatmen in der Lunge abgelagert und zerfallen dort unter Aussendung von alpha-Strahlung, die das Erbgut der Zellen des Lungengewebes schädigen können (Jacobi, 1986, S. 661 f.).



Nach einer aktuellen Studie ist Radon für jährlich etwa 3400 Lungenkrebsfälle in Deutschland verantwortlich (Beck, 2017), auf Tabak sind im Vergleich etwa 54.000 Lungenkrebsfälle pro Jahr zurückzuführen (Wienecke & Kraywinkel, 2018, S. 1400).

Besonders auffällig sind die Einflüsse des Radons bei Beschäftigten im Bergbau. Bereits im frühen 16. Jahrhundert beschrieb Georgius Agricola eine Krankheit der Lunge, der nahezu alle Bergarbeiter in den Schneeberger Gruben erlagen und unter dem Namen „Schneeberger Krankheit“ bekannt wurde. Im 19. Jahrhundert wurde diese Krankheit als Lungenkrebs identifiziert, Radon als Ursache dieser Krebsform wurde schließlich Mitte des 20. Jahrhunderts final erkannt (Jacobi, 1986, S. 661).



## Literaturverzeichnis

- Aurand, K., Baumann, K., Franke, T., Legler, B., & Pratzel, H. (1993). Wirksamkeitsnachweis von Radonbädern im Rahmen einer kurortmedizinischen Behandlung des zervikalen Schmerzsyndroms. *Physikalische Medizin, Rehabilitationsmedizin, Kurortmedizin*, 03(3), S. 76-82. doi:10.1055/s-2008-1062063
- Beck, T. R. (August 2017). Risks and radiation doses due to residential Radon in Germany. *Radiation Protection Dosimetry*, 175(4), 466-472. Abgerufen am 14. 01 2019 von <https://doi.org/10.1093/rpd/ncw374>
- Bibliographisches Institut GmbH (Hrsg.). (2018). Abgerufen am 27. Januar 2019 von [www.lernhelfer.de](http://www.lernhelfer.de): <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/chemie-abitur/artikel/radon>
- Bundesamt für Strahlenschutz (Hrsg.). (2016). Radon. Ein kaum wahrgenommenes Risiko. Abgerufen am 14. 01 2019 von <http://www.bfs.de/SharedDocs/Downloads/BfS/DE/broschueren/ion/stko-radon.pdf?blob=publicationFile&v=8>
- Bundesamt für Strahlenschutz. (2018). Radon im Boden. Abgerufen am 26. 01 2019 von <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/vorkommen/boden.html>
- Bundesamt für Strahlenschutz. (2018). Radon im Freien. Abgerufen am 26. 01 2019 von <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/vorkommen/freiluft.html>
- Bundesamt für Strahlenschutz. (2018). Vorschriften für Gebäude und Arbeitsplätze - Referenzwert. Abgerufen am 14. 01 2019 von <http://www.bfs.de/DE/themen/ion/umwelt/radon/regelungen/referenzwert.html>
- Falkenbach, A. F., & Wolter, N. (1997). Radonthermalstollen-Kur zur Behandlung des Morbus Bechterew. *Forsch Komplementmed*(4), S. 277-283. doi:10.1159/000210346
- Herold, M., & Lind-Albrecht, G. (01. 5 2008). Radon im Behandlungskonzept der Spondylitis ankylosans. *Wiener Medizinische Wochenschrift*, 158, 209-212. doi:10.1007/s10354-008-0524-0
- Hoffmann, K. (1979). Kann man Gold machen? - Gauner, Gaukler und Gelehrte aus der Geschichte der chemischen Elemente. Jena: Urania Verlag.
- Jacobi, W. (1986). Lungekrebs nach Bestrahlung: Das Radon-Problem. *Naturwissenschaften*, 73(11), 661-668. Abgerufen am 26. 01 2019 von <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/BF00366687.pdf>
- Kemski & Partner (Hrsg.). (2004). Die Radonkarte Deutschlands. Abgerufen am 27. 01 2019 von [https://www.kemski-bonn.de/downloads/Erl\\_Radonkarte2004.pdf](https://www.kemski-bonn.de/downloads/Erl_Radonkarte2004.pdf)



Lind-Albrecht, G. (2007). Radon als schmerzlinderndes natürliches Heilmittel. In G. Bernatzky, R. Likar, F. Wendtner, G. Wenzel, M. Ausserwinkler, & R. Sittl (Hrsg.), Nichtmedikamentöse Schmerztherapie: Komplementäre Methoden in der Praxis (S. 287- 297). Vienna: Springer Vienna. doi:10.1007/978-3-211-33548-2\_24

Quadbeck-Seeger, P. D.-J. (2007). Die Welt der Elemente Die Elemente der Welt (1. Ausg.). Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.

Sächsische Staatsbäder GmbH. (20. März 2019). Wettinquelle - stärkste Radonquelle der Welt. Von <https://www.saechsische-staatsbaeder.de/bad-brambach/natuerliche-heilmittel-radon/die-staerkste-radon-quelle-der-welt.html> abgerufen

Seilnacht, T. (2018). Abgerufen am 26. Januar 2019 von [www.seilnacht.com](http://www.seilnacht.com): <http://www.seilnacht.com/Lexikon/86Radon.htm>

Wienecke, A., & Kraywinkel, K. (01. 11 2018). Tabakassoziierte Krebserkrankungen in Deutschland – Entwicklung der Inzidenz und Mortalität seit 1995. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 61, 1399-1406. doi:10.1007/s00103-018-2821-0

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Elementsymbol Radon ( <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/46/Radon.svg/744px-Radon.svg.png">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/4/46/Radon.svg/744px-Radon.svg.png</a> ).....	1
Abbildung 2 – Radonkonzentration in der Bodenluft in Thüringen ( <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Tourismusregionen_Th%C3%BCringen.png">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Tourismusregionen_Th%C3%BCringen.png</a> ).....	2
Abbildung 3 – Friedrich Ernst Dorn ( <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cf/DORN_Friedrich_Ernst.jpg/220px-DORN_Friedrich_Ernst.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/cf/DORN_Friedrich_Ernst.jpg/220px-DORN_Friedrich_Ernst.jpg</a> ).....	3
Abbildung 4 – Ernest Rutherford ( <a href="https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Sir_Ernest_Rutherford.jpg">https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5c/Sir_Ernest_Rutherford.jpg</a> ).....	3
Abbildung 5 – Quellhaus in Bad Brambach ( <a href="https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Bad_brambach_quellen.jpg">https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Bad_brambach_quellen.jpg</a> ).....	4
Abbildung 6 – Radon in Innenräumen ( <a href="https://www.flickr.com/photos/ksrecomm/38964046765">https://www.flickr.com/photos/ksrecomm/38964046765</a> ).....	5
Abbildung 7 – Natürliche und künstliche Strahlenexposition (eigene Darstellung nach Bundesamt für Strahlenschutz, Radon. Ein kaum wahrgenommenes Risiko, 2016, S. 4).....	6