

Nachweis der Existenz von Radon in Luxemburg

Autorin: Lang Elijah

Tutor: A.Grana

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Radioaktivität	4
Atome	4
Atome	4
Nuklide	4
Isotope	4
Radioaktivität	5
Geschichtlicher Hintergrund	5
Definition: Radioaktivität	5
Die verschiedenen Strahlungen	5
Zerfallsgesetz	8
Halbwertszeit	9
Radon	10
Definition: Radon	10
Geologische Voraussetzungen	10
Die Formation Radons im Boden	11
Radon im Wasser	13
Die Wirkung von Radon auf den menschlichen Körper	13
Praktische Arbeit	14
Schlussfolgerung	16
Danksagung	17
Quellenverzeichnis	18

Vorwort

Dieses Jahr widme ich mein "Travail Personnel" dem Gas Radon, da ich im letzten Jahr eine nicht naturwissenschaftlich orientierte Arbeit geschrieben habe und deshalb dieses Jahr eher etwas Physikorientiertes schreiben wollte, weil ich nächstes Jahr gerne entweder auf eine B (mathématiques) oder eine C (sciences) gehen würde.

Physik ist eine Naturwissenschaft für die ich mich seit dem letzten Jahr immer mehr interessiere, weil sie so logisch ist und sie auf vieles eine Antwort sein kann oder gibt. Es gibt ganz klar noch sehr viele Leerstellen und es ist, wie Stephen Hawking gesagt hat, unmöglich alles zu wissen, aber vielleicht können wir irgendwann behaupten fast alle Antworten auf die existentiellen Fragen des Lebens gefunden zu haben.

Radioaktivität ist ein hoch interessantes Gebiet der Physik, wo mein Wissen sich bisher auf das Schulwissen beschränkt hat, und das ich hier erhoffe so gut wie möglich zu recherchieren und interessant zu schreiben. Radon, ein radioaktives Edelgas, das vor allem im Luxemburger Ösling vorkommt, werde ich ebenfalls hier erforschen und mit der „Entreprise“ Astrophysik verbinden, wo ich meine praktische Arbeit absolvieren werden.

Ich hoffe meine Arbeit wird Ihnen gefallen und ich wünsche Ihnen eine gute Lektüre,
Mit freundlichen Grüßen,
Elijah Lang

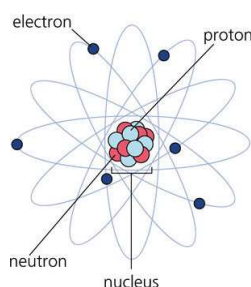
Radioaktivität

In diesem Kapitel schreibe ich über die Radioaktivität und führe euch davor aber noch kurz in die faszinierende und kleine aber doch so große Welt der Atome ein, weil ich finde, dass es wichtige Bestandteile auf dem Weg des Verstehens der Radioaktivität sind.

Atome

Atome

Atome (kommt aus dem Griechischen und bedeutet „unteilbar“) sind die Bestandteile von bisher allem was wir kennen. Ein Atom besteht aus einem Atomkern und Elektronen, die zu der Familie der Leptonen gehören. Der Atomkern besteht aus Protonen und Neutronen und sorgt für die Stabilität des Atoms während sich die Elektronen um den Atomkern befinden. Ein Atomkern wird als stabil qualifiziert, wenn er nicht die Tendenz hat, spontan zu zerfallen, sonst wäre er radioaktiv, also instabil. Man unterscheidet bei den instabilen Atomkernen zwischen einem natürlichem oder einem künstlichem Atomkern. Alle im Labor hergestellten Atomkerne sind instabil und von kurzer Lebensdauer, ein Beispiel von einem im Labor hergestelltem Atomkern ist ${}^{38}_{19}\text{K}$ (Kalium).



Figur 1: Atommodell

Nuklide

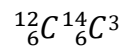
Die Nuklide sind eine Gruppe von Atomen die alle einen identischen Atomkern besitzen. Sie unterscheiden sich nicht durch die Ordnungszahl Z^1 oder der Atommasse A^2 von anderen Atomarten sondern von der Energie. Nuklide können ebenfalls instabil sein, dann werden sie Radionuklide genannt.

Isotope

Ein Isotop von einem Atom ist eine Atomart die sich nur durch die Atommasse (A), also von der Anzahl der Neutronen und Protonen, vom Element unterscheiden, jedoch die gleiche Kernladungszahl (Z) besitzt, also die gleiche Anzahl von Protonen. Hier ist nun ein Beispiel von zwei Isotopen vom Element Kohlenstoff. Von Kohlenstoff sind bisher 15 Isotope bekannt.

¹ Z : Z ist die Ordnungszahl, die das Element charakterisiert

² A : A ist die Atommasse



Man unterscheidet auch hier zwischen stabilen und radioaktiven Isotopen, auch Radioisotope genannt, ein Beispiel für ein Radioisotop ist das Kohlenstoff Isotop $^{14}_6\text{C}$.

Radioaktivität

Geschichtlicher Hintergrund

Das Wort Radioaktivität wurde 1898 vom Paar Marie und Pierre Curie erstmals benutzt und stammt aus dem Lateinischen, wo es aus den Wörtern „radiare“ (Strahlung) und „activus“ (tätig) zusammengestellt wurde.

Die Entdeckung der Radioaktivität haben wir Antoine Henri Becquerel (geboren 15 Dezember 1852 in Paris und gestorben am 25 August 1908 in „Le Croisic“) zu verdanken, der, angeregt durch die Entdeckung der X-Strahlung von Wilhelm Conrad Röntgen in 1895, die Phosphorenz⁴ von Uransalzen untersuchte. Dazu präparierte er eine lichtempfindliche Platte mit Uransalzen und ließ sie von der Sonne bestrahlen. Als er nach ein paar Tagen die Platte entwickelte, stellte er fest, dass ein Abbild auf der Platte zu sehen war. Zufälligerweise fand er, als er eine Platte, die ebenfalls schon mit den Uransalzen präpariert war, wegen Sonnen Abstinenz ein paar Tage lang in einer Schublade ließ, raus, dass die Uransalze sogar ganz ohne das Hinzufügen von Sonnenlicht eine Art „Bild“ auf eine lichtempfindliche Platte emittierten. 1903 bekam Henri Becquerel den Nobelpreis in Physik für die Entdeckung und Erforschung der Radioaktivität den er sich mit dem Physiker-Ehepaar Pierre und Marie Curie teilte.

Definition: Radioaktivität

Man bezeichnet Radioaktivität als die Fähigkeit von Radionuklide (also instabilen Nukliden), ohne einer außenstehenden Kraft oder Beihilfe, spontan durch Zerfall Strahlung freizusetzen. Diese Strahlung wird radioaktive Strahlung genannt und ist in drei verschiedene Arten eingeteilt: der α -Strahlung, der β -Strahlung und der μ -Strahlung. Es gibt auch noch eine vierte Strahlung, die β^+ -Strahlung, die aber nur im Labor erzeugt werden kann. Die Energie dieser Strahlung ist so hoch, dass sie, wenn Mensch oder Tier zu viel in Kontakt mit ihr kommen, ihre Gesundheit gefährden kann (zum Beispiel Krebs) und sie ist durch keine der menschlichen Sinne bemerkbar, da sie Geruchs-, Geschmacks und Farblos ist.

Die verschiedenen Strahlungen

- α -Strahlung besteht aus α -Teilchen also Heliumkernen. Sie sind positiv geladen und dadurch durch elektrische und magnetische Felder ab lenkbar

$^{312}_{60}\text{C} = \frac{A}{Z}X \rightarrow A: \text{Atommasse}, Z: \text{Kernladungszahl}, X: \text{Element}$

⁴ Phosphorenz: Eigenschaft eines Stoffes nach Bestrahlung mit Licht, egal ob sichtbares oder UV, im Dunkeln „nachzuleuchten“.

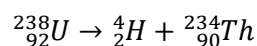
- β -Strahlung besteht aus Elektronen und Antineutrinos und ist negativ geladen. Dadurch ist sie auch durch elektrische und magnetische Felder ablenkbar.
- Inverser β -Zerfall ist ein Zerfall der ausschließlich bei Körpern mit einer sehr hohen Dichte vorkommt und besteht aus der Umwandlung eines Neutrinos in ein Proton.
- γ -Strahlung ist eine elektromagnetische Strahlung und deshalb nicht durch elektrische oder magnetische Felder ablenkbar
- β^+ -Strahlung kommt hauptsächlich bei künstlich hergestellten Atomkernen vor. Die Strahlung besteht aus Positronen, also aus positiv geladenen Elektronen. Ein Beispiel für ein synthetisches Atom ist Kaliums Isotop $^{38}_{19}K$.

α -Zerfall

Ein stabiler Kern der zu Proton und Neutron geladen ist, strahlt meistens α -Strahlung aus. Dadurch, dass er α -Strahlung ausstrahlt, die aus Heliumkernen (4_2H) besteht, verwandelt sich der Kern in einen leichteren, stabileren Kern. Heliumkerne sind recht schwer, weil sie eine Masse besitzen, die 7000-mal größer ist als der eines Elektrons. Das Ziel des Kerns ist, am Ende dieses Prozesses, zu einem stabilen Kern zu werden. Dieser Prozess kann entweder paar Tage oder Wochen bis ein paar tausend Jahren dauern. Die Zerfallszeit hängt ganz vom Element ab, zum Beispiel hat das Uran Isotop U^{238} eine Zerfallszeit von $4,468 \times 10^9$ Jahren. (Das Zerfallsgesetz wird später noch genauer erläutert)

Beispiel:

- Ein Uran Isotop zerfällt und strahlt dadurch ein Helium Kern aus. Durch die Ausstrahlung, „verwandelt“ sich das Isotop in ein anderes, leichteres Isotop, nämlich Thorium.



Man kann sich leicht vor der α -Strahlung schützen, da sie sich schon allein von einem Blatt Papier aufhalten lässt, doch sobald sie in irgendeiner Art, wie zum Beispiel durch die Atmung oder der Ernährung in den Körper gelangt, ist sie für den Organismus, von den drei Strahlungen, die Gefährlichste, da sie die am stärksten ionisierte ist.

Ionisiert heißt, dass die Heliumkerne mit größter Einfachheit Elektronen von den Elementen, durch die sie „gehen“, trennen und an sich reißen können. So kann die Alphastrahlung das Erbgut zerstören und so Krebs hervorrufen.

β –Zerfall

Ein Kern strahlt die β -Strahlung aus, wenn er einen Überschuss an Neutronen hat. Der β –Zerfall besteht, anders als beim α -Zerfall, der monoenergetisch ist, aus zwei Teilchen: einem Elektron ${}^0_{-1}e$ und einem Antineutrino ${}^0_0\bar{\nu}$. Das Antineutrino ist das Antiteilchen vom Neutrino⁵. Ein Antiteilchen besitzt die gleiche Masse und den gleichen Spin⁶wie das zugehörige Teilchen aber hat dann in allen anderen Größen (wie zum Beispiel der

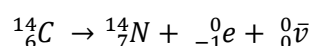
⁵ Neutrino: sehr leichtes, elektrisch neutral geladenes Teilchen, das aus der Familie der Leptonen stammt

⁶Spin: die Drehung eines Körpers um die eigene Achse

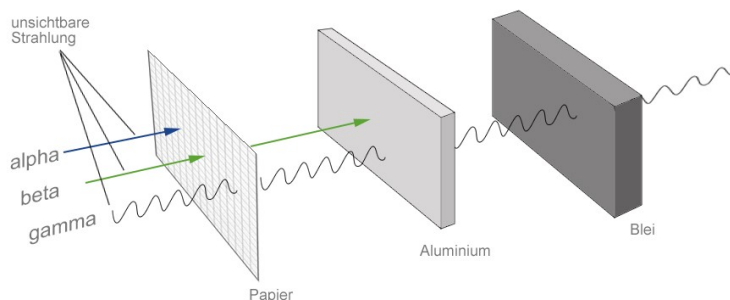
elektrischen Ladung), den entgegengesetzte Wert. Wenn ein Teilchen und sein Antiteilchen auf einander treffen kommt es zu einer Paarvernichtung, bei der mindestens zwei Gammaquanten⁷ in die entgegengesetzten Richtungen gestrahlt werden, deren Gesamtenergie der doppelten Ruhenergie⁸ der Teilchen entspricht.

Beispiel:

- Ein Karbon Isotop ($^{14}_6\text{C}$) zerfällt und strahlt ein Antineutrino $^0_0\bar{\nu}$ und ein Elektron $^0_{-1}e$. Dadurch bekommt er eine positive Ladung dazu und „verwandelt“ sich in ein Stickstoff Kern ($^{14}_7\text{N}$).



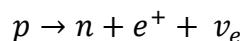
Die β^- -Strahlung durchdringt, anders als die α -Strahlung, zwar ohne Probleme ein Blatt Papier aber vor einem Buch oder ein Stück Aluminium ist auch für sie Schluss. Das Modell verdeutlicht dies.



Figur 2: Modell der drei Strahlungen

β^+ -Zerfall

Ein Kern tendiert dazu in β^+ -Strahlung zu zerfallen, wenn er einen Überschuss an Protonen besitzt. Diese Strahlung kommt aber nur bei einem künstlich hergestellten Kern vor. Wenn der Kern zerfällt, setzt er ein Proton frei, das sich dann in ein Neutron umwandelt und dabei ein Positron, ein Neutron und ein Elektron Neutrino freigibt.



Inverser β -Zerfall

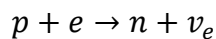
Inverser Betazerfall kommt nur bei Körpern mit einer sehr hohen Zentralkichte, nämlich bei weißen Zwergen⁹ und Neutronensternen, vor. Bei dem inversen Betazerfall wird durch die Umwandlung eines Neutrinos ein Proton „produziert“. Der Kern strahlt dann ein Proton und ein Elektron, die sich dann in ein Neutron und ein Elektronneutrino¹⁰ verwandelt.

⁷Gammaquanten: Photon

⁸Ruhenergie: Energie die ein Körper im Ruhezustand, E_0 .

⁹ Weißer Zwerg: Ein weißer Zwerg ist ein sehr kompakter, alter Stern mit einer sehr hohen Dichte und einer geringen Leuchtkraft.

¹⁰ Neutronenstern: Ein Neutronenstern ist ein recht kleines astronomisches Objekt, dass hauptsächlich aus Neutronen besteht und sehr kompakt ist.



γ -Zerfall

Der Gammazerfall ist die stärkste der drei Strahlungen. Sie ist eine hochenergetische, elektromagnetische Strahlung, die sogar stärker ist als die Röntgenstrahlen (X-Strahlen). Der Unterschied zwischen den drei verschiedenen Strahlungen ist, dass die Alpha und die Beta Strahlungen aus Teilchen bestehen und die Gamma Strahlung aus elektromagnetischen Strahlen. Sie kann nie vollkommen abgeschirmt werden, und der wirksamste Schutz, auch wenn der die Strahlen nicht komplett abschirmt, ist Blei. (siehe Figur 2)

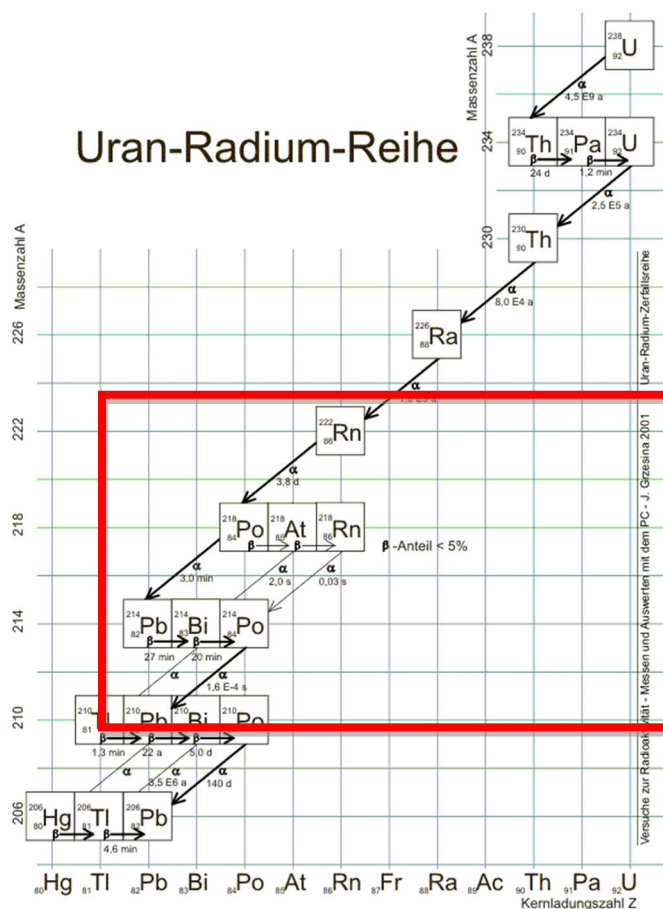
Wenn, nach entweder einem Alpha Zerfall oder einem Beta Zerfall, ein Kern sich noch in einem angeregten Zustand befindet, also wenn seine Energie höher ist als in seinem normalen Zustand, und sich danach beruhigt, strahlt er die überflüssige Energie in Form von der elektromagnetischen Strahlung aus.

Zerfallsgesetz

Das Zerfallsgesetz beschreibt, wie der Name es schon verrät, den Zerfall von Radionukliden.

Formel:

$$N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$$



Figur 3: Die Zerfallskette von Uran

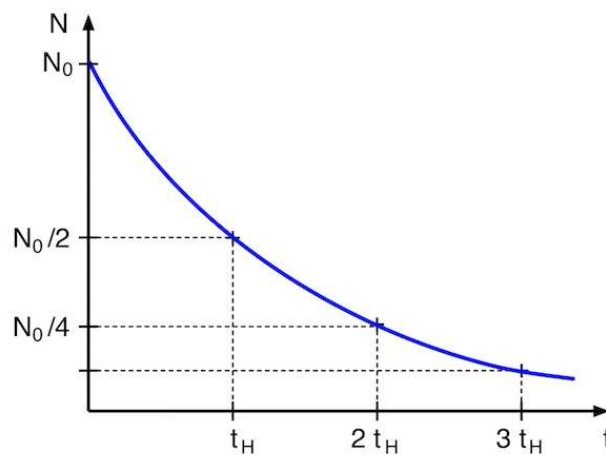
Halbwertszeit

Die Zeit, in der jeweils die Hälfte eines radioaktiven Kernes zerfällt, nennt man Halbwertszeit. Die Halbwertszeit kann zwischen ein paar Makrosekunden und ein hunderttausend Jahren liegen. Das radioaktive Isotop von Radon, ^{222}Rn , hat zum Beispiel eine Halbwertszeit von 3,8 Tagen.

Formel:

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$$

λ = Zerfallskonstante



Figur 4: Modelle der Halbwertszeit

Wie man an der Figur erkennt, sind nach einer Halbwertszeit die Hälfte der Atome umgewandelt, nach zwei Halbwertszeiten die Hälfte der Hälfte und das geht solange weiter, bis alle Atome umgewandelt sind und der Atomkern stabil ist.

Radon

Definition: Radon

Radon, Rn, ist ein radioaktives chemisches Element, das zu den Edelgasen gehört und die Ordnungszahl 86 besitzt. Es wurde Ende des 19. Jahrhunderts vom neuseeländischen Physiker Ernest Rutherford entdeckt. Radon besitzt 28 Isotope, die allesamt radioaktiv sind, und entsteht als Zwischenprodukt von Uran, Thorium und Actinium, genauer gesagt bei dem Zerfall von Radium 226.

Wenn Radon sich in einem gasförmigem Zustand befindet ist es geruchs-, geschmacks- und farblos, ist also für den Menschen nicht wahrnehmbar aber doch gefährlich. Wenn man zu viel vom Radon Isotop Rn^{222} und seinen Zerfallsprodukten, die radioaktive Isotope Po^{218} (Polonium), Pb^{214} (Blei) und Bi^{214} (Bismuth), einatmet wird zwar das Radon wieder fast vollständig ausgeatmet, die Zerfallsprodukte hingegen bleiben in der Lunge und zerfallen dort. Dabei werden Helium Kerne freigesetzt, also Alphateilchen, die sehr gefährlich für das Lungengewebe werden und sogar Lungenkrebs hervorrufen können, da sie stark ionisiert sind. Es ist sogar bewiesen das 10 % von Lungenkrebs in Luxemburg durch Radon hervorgerufen wird. Dies wird aber noch im anderen Kapitel näher präzisiert.

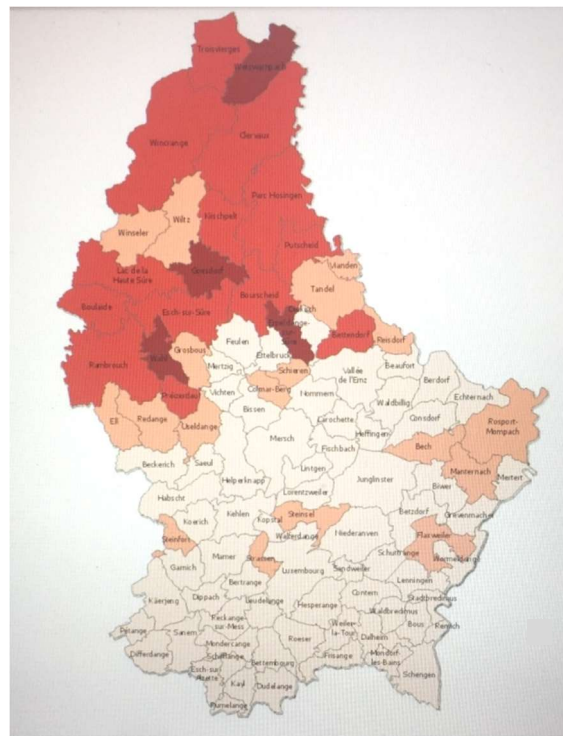
Geologische Voraussetzungen

Es gibt ein paar geologische Voraussetzungen, damit das Radon überhaupt entsteht. Erstens muss im Boden das radioaktive Isotop von Uran U^{238} vorhanden sein, da Rn^{222} ein „zwischen“ Zerfallsprodukt von U^{238} ist. U^{238} ist in jedem Gestein vorhanden, jedoch hängt es von der Konzentration des Urans im Gestein und der Bodenbeschaffenheit ab. In den meisten herkömmlichen Gesteinen, beträgt die Radonkonzentration 1-3 ppm¹¹. Es gibt aber Gesteinsarten, wie zum Beispiel Vulkangestein oder Granit, oder Böden die aus diesen Gesteinsarten hervor gehen, die eine höhere Radonkonzentration besitzen, die bis zu 100 ppm betragen kann.

Jedoch muss man hierbei bemerken, dass, wenn man jetzt eine Gegend hat wo es sehr viel Granit, etc. gibt, nicht gleich die Radonkonzentration extrem hoch sein muss, da (wie oben schon mal erwähnt wurde) auch die Beschaffenheit des Bodens eine wichtige Rolle spielt. Hat man jetzt in einer solchen Gegend einen sehr porösen, also durchlässigen Boden, ist die Radonbelastung natürlich auch sehr groß. Ist aber jetzt das Gegenteil der Fall, und man hat eine Gegend wo der Boden überhaupt nicht durchlässig ist, bleibt das Radon Gas im Boden gefangen.

In Luxemburg kann man diesen Effekt sehr gut beobachten. Im Ösling, wo der Boden hauptsächlich aus Schiefer, Tonschiefer und Braunerde besteht, ist mit 200 bis 400 Bq/m³ auch die am stärksten von Radon belastete Gegend Luxemburgs. Im Gutland, die „Mitte“ des Landes (da wo auch Luxemburg Stadt liegt), besteht der Boden hauptsächlich aus steinig-lehmigen und -toniger Braunerde. Braunerde gehört nicht zu den Gesteinsarten, die eine hohe Radonkonzentration besitzen, deshalb liegt die Radonkonzentration im Gutland zwischen 0 und 200 Bq/m³.

¹¹Ppm: parts per million



Figur 5: Karte der Radonbelastung Luxemburgs

Legende:

Die erste Farbe ist Pastelgelb und steht für eine Radonbelastung von $\leq 100 \text{ Bq/m}^3$.

Die Zweite ist orange und steht für eine Radonbelastung von $\leq 200 \text{ Bq/m}^3$.

Die Dritte ist rot und steht für eine Radonbelastung von $\leq 300 \text{ Bq/m}^3$.

Die vierte und letzte Farbe ist dunkelrot für eine Radonbelastung von $\leq 400 \text{ Bq/m}^3$.

Der Referenzwert in Luxemburg, ab dem die Regierung empfiehlt Maßnahmen gegen das Radon zu unternehmen, liegt bei 300 Bq/m^3 . Es heißt jedoch Referenzwert und nicht Grenzwert, da ein Grenzwert auf keinen Fall überschritten werden soll. Das Problem ist aber, dass Radon auch schon in kleineren Mengen wie zum Beispiel 100 Bq/m^3 ein Risiko für den Menschen darstellt. Dies ist aber nur einer der ausschlaggebenden Faktoren, weshalb man sich international für einen Referenzwert und gegen einen Grenzwert beim Radon entschieden hat.

Die SI¹²-Einheit „Becquerel“, gekürzt Bq und benannt nach dem französischen Physiker Becquerel, beschreibt die Aktivität von Radionukliden. Die benutzte Einheit ist Bq/m^3 , also die Aktivität pro Kubikmeter.

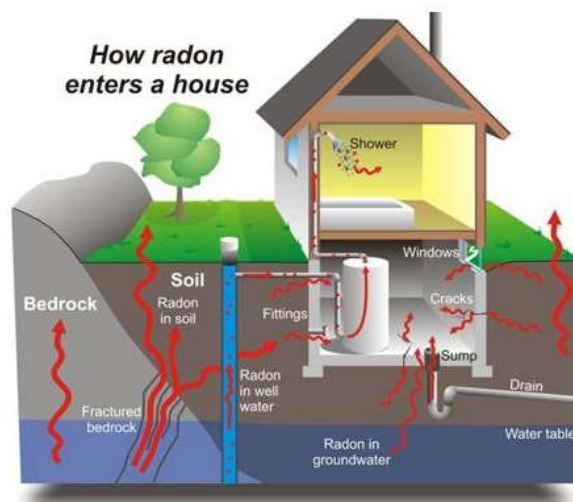
Die Formation Radons im Boden

Wenn Radium 226, mit einer Halbwertszeit von 1609 Jahren, zerfällt entsteht als Zerfallsprodukt Rn^{222} . Ra^{226} zerfällt im Alphazerfall, dabei wird ein Rn^{222} -Atom in die

¹²SI : internationales Einheitssystem

entgegengesetzte Richtung des Alphateilchen (ein Heliumteilchen) freigesetzt. Die Radonteilchen sind dann aber noch im Boden gefangen und können dem nur mit etwas Glück durch Risse, Spalten und Rohrleitungen entweichen (weil das Radon ist ein Gas und dadurch sehr beweglich ist). Einer amerikanischen Studie zufolge gelangt nur 10%-50% des im Boden entstehenden Radons an die Erdoberfläche. Der Rest bleibt im Boden gefangen.

Durch Risse im Kellerboden und –wand, undichte Rohrleitungen und auch durch die Wasserleitungen kann das Radon ins Haus kommen. In Häusern, die sehr stark von Radon belastet sind, gibt es verschiedene Techniken um es zu vermindern. Leuten, die in solchen Situationen leben, wird empfohlen, mehrmals täglich gut durch zu lüften, um eine



Figur 6: Wie Radon ins Haus kommt

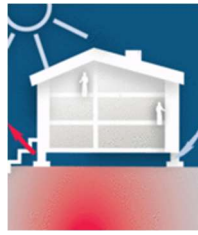
zu hohe Radonkonzentration in der Atemluft zu vermeiden. Man sollte auch in so einem Fall die Risse und die undichten Rohrleitungen verstopfen, um zu verhindern, dass weiterhin das Radon ungehindert in das Haus eindringen kann.

Es gibt auch noch die Möglichkeit eine Radondrainage einzubauen. Eine Radondrainage saugt die Luft unter dem Haus ab und „pustet“ es dann auf der Oberfläche, zum Beispiel über einen Radonbrunnen, wieder raus. An der Oberfläche verflüchtigt sich das Gas schnell, so dass es keine Gefahr mehr darstellt.



Figur 7: Eine Radondrainage

Die letzte und auch etwas neuere Methode, die aber bisher noch nicht so populär ist, ist die Luftzirkulation-Technik. Dabei wird ein Hohlraum unter dem Haus gebaut, damit die Luft zirkuliert und kein Radon ins Haus gelangt.



Figur 8: Luftzirkulation-Technik

Radon im Wasser

Beim Zerfall des Radiums, kann das Radon auch in mit Wasser gefüllte Gesteinszwischenräume gelangen. Somit sind auch im Trinkwasser Spuren von Radon zu finden, jedoch nur ganz wenig. So wenig, dass nur 0,1% von Radon über das Trinkwasser aufgenommen wird.

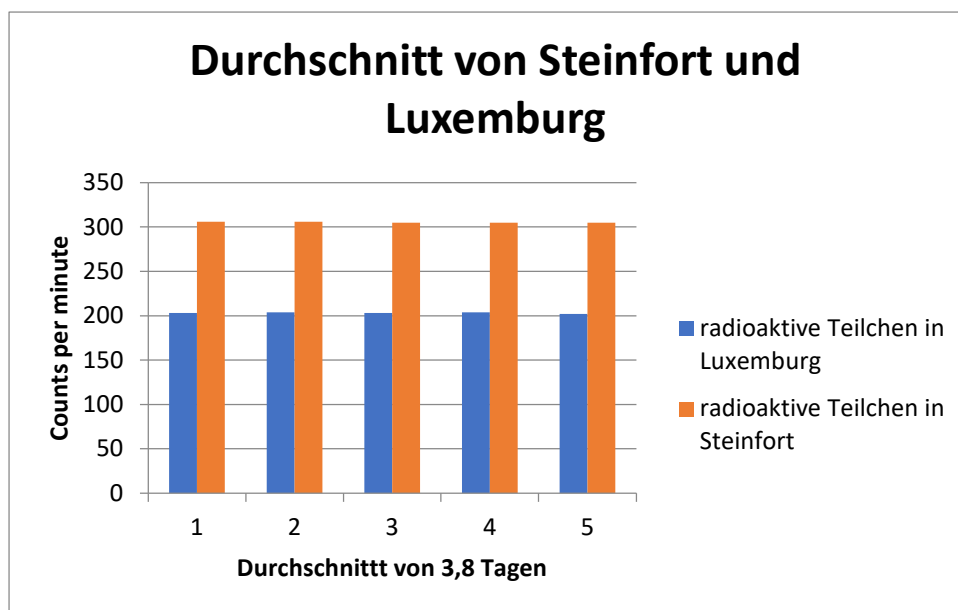
Die Wirkung von Radon auf den menschlichen Körper

Nach dem Rauchen ist Radon die zweithöchste Ursache für Lungenkrebs. Durch das Inhalieren von Radon, das danach wieder fast vollkommen ausgeatmet wird, wird auch sein kurzlebiges Zerfallsprodukt Po^{218} eingeatmet oder das Gas zerfällt zufälligerweise gerade im eingeatmeten Zustand in der Lunge. Während des Zerfalls von Rn^{222} setzt es Alphateilchen frei. Diese Teilchen, die stark ionisiert sind, können das Erbgut im Lungengewebe verändern und dadurch Lungenkrebs verursachen. Für rauchende Personen, die dazu auch noch Radon ausgesetzt sind, ist das Lungenkrebsrisiko besonders erhöht. Studien haben bewiesen, dass das Lungenkrebsrisiko bei einer Radonbelastung von 100 Bq/m^3 (innen) jährlich um 16% steigt.

Radon besitzt nicht nur die schlechte Seite, die Krebs fördern kann, sondern auch eine heilende und guttuende Wirkung. Radonkuren, deren Wirkungen zwar noch nicht ganz wissenschaftlich bewiesen ist, jedoch deren wohltuende Auswirkung von den Patienten beteuert werden, können Menschen, die Schmerzen erleiden, weil sie von chronischen Gelenkschmerzen, Hauterkrankungen, Atems- oder Lungenerkrankungen betroffen sind, über längere Zeit (normalerweise fast ein Jahr lang) von ihren Schmerzen befreien oder sie lindern. Dies kann vor allem denen helfen, wo die herkömmlichen Methoden und Therapien nicht anschlagen. Die Kuren können entweder durch Trinkkuren, Bäder mit radonhaltigem Wasser oder Fahrten in Stollen erfolgen, wo die Patienten für eine begrenzte Zeit die radonhaltige Luft inhalieren und bei 37-41 Grad Celsius und 70% bis 100% Luftfeuchtigkeit entspannen können. Durch das Radon, werden im Körper Botenstoffe aktiviert, die, die natürliche Heilung des Körpers unterstützen. Solche Kuren dauern gewöhnlich so um die drei bis vier Wochen.

Praktische Arbeit

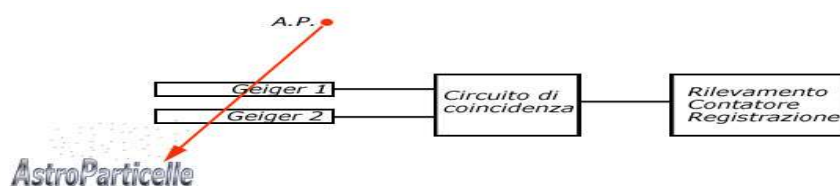
Als praktische Arbeit wollte ich an drei verschiedenen Orten, also in drei verschiedene Zonen, vier bis fünftägige Messungen in komplett geschlossenen Räumen durchführen. Die Messungen werden mit dem AMD13 gemacht. Der AMD13 wird im AstrophysicsLab zur Messung von kosmischer Strahlung benutzt, misst jedoch gleichzeitig auch alle andere radioaktive Teilchen, die durch die Geigermüller-Röhre kommen. Mit diesen Daten habe ich vor die Existenz von Radon in Luxemburg nachzuweisen und möchte belegen, dass die Radonwerte Standort abhängig variieren können. Die Pandemie Covid19 macht mir diesbezüglich einen Strich durch die Rechnung da ja für eine Zeit lang alles stillgelegt wurde.



Figur 9: Diagramm von den Ergebnissen des Experimentes

Dadurch konnte ich nur Messungen in zwei Zonen durchführen, in der Gelben und in der Orangen. Die Messungen der ersten Zone habe ich in Luxemburg Stadt, genauer gesagt in Bertrange, und die anderen in Steinfort durchgeführt. Beim auswerten sind Anomalien aufgetreten, die eine präzisere Auswertung der Daten unmöglich gemacht hat, dies wäre nur mit einer erneuten Durchführung des Experimentes möglich, was aber wegen der zeitlichen Begrenzung die mir gesetzt war und der momentanen Beschränkungen das ganze Land betreffend nicht möglich war. So ergab die Messung in belüfteten Räumen fast die gleichen Werte wie die Messung im unbelüfteten Raum, was gemäß der theoretischen Überlegungen unmöglich sein sollte

Der AMD13 ist ein Teilchen Detektor der dazu konzipiert wurde um Myonen zu messen



Figur 10: Geigermüller-Röhren-System

und besteht aus zwei übereinander gestellten Geigermüllerröhren. Um zwischen Myonen und anderen Teilchen zu unterscheiden ist ein „System“ eingebaut, dass aus einem Koinzidenz-Kreislauf besteht und Signal-Koinzidenz-Erkennung besteht, da die Myonen die einzigen Teilchen sind, die durch die zwei Röhren gleichzeitig gehen. So war es mir auch möglich die Radioaktivität in diesen zwei verschiedenen Zonen zu messen.

Die Messungen wurden in „counts per minute“ ausgeführt, dies ist jedoch jetzt nicht mit Bq/m^3 zu vergleichen, dass heißt wenn jetzt da 306 cpm steht ist das nicht gleich 306 Bq/m^3 . Der Durchschnitt von Luxemburg Stadt liegt bei 203 cpm und der Durchschnitt von Steinfurt liegt bei 305 cpm. Hier sieht man ganz klar, dass der Durchschnitt von Steinfurt ± 100 cpm über den Durchschnitt von Luxemburg Stadt. Somit hat sich meine Hypothese bewahrheitet, dass man an verschiedenen Orten in Luxemburg verschiedene Radonwerte messen kann.

Jetzt, nachdem das Experiment näher beschrieben wurde, wird jetzt der Radon, der vom Menschen aufgenommen wird besprochen.

In Deutschland liegt der durchschnittlicher Wert den ein Mensch jährlich aufnimmt bei $2,1 \text{ mSv}^{13}$, dies ist jedoch von Essensgewohnheit, von Wohnort und von Lebensweise variieren. Nach Umwandlung der Daten von cpm in μSv kriegt man in Luxemburg den jährlichen Durchschnittswert von $1,4 \text{ mSv}$ und Steinfurt von $2,1 \text{ mSv}$ raus. Wenn man diese Werte mit den Werten der Tabelle (hier unten) vergleicht, sind die in Luxemburg gemessene Werte recht harmlos, aber auf eine Zeitspanne von 20 Jahren gesehen liegt der Wert bei $41,5 \text{ mSv}$ (in Steinfurt) oder bei $33,1 \text{ mSv}$, was dann doch recht hoch ist.

Untersuchung		Dosis [mSv]	entspricht x-mal der Strahlendosis einer Röntgenaufnahme der Lunge
R = Röntgenaufnahmen/-untersuchungen	N = Nuklearmedizinische Untersuchungen		
Aufnahme von Gliedmassen	R	0.005	0.25
Aufnahme eines Zahns	R	0.02	1
Aufnahme des gesamten Kiefervolumens	R	0.2	10
Untersuchung Ventilation Lunge (Tc-99m)	N	0.3	15
Aufnahme der weiblichen Brust	R	0.4	20
Aufnahme des Körperrumpfs	R	0.7	35
Untersuchung Schilddrüse (Tc-99m)	N	1.0	50
Untersuchung Niere	N	1.1	55
Aufnahme Lendenwirbelsäule	R	1.5	75
Untersuchung Schädel, Tumorsuche	N	4.8	240

Graphik 11: Tabelle mit verschiedenen radiologischen Untersuchungen

¹³ mSv: milliSievert; Sievert dient zur Bestimmung der Strahlenbelastung im Organismus

Schlussfolgerung

In dieser Arbeit habe ich es mir zu Aufgabe gemacht, die Existenz vom radioaktiven Edelgas Radon in Luxemburg nachzuweisen und meine Kenntnisse die Welt der Atome und die Radioaktivität betreffend zu vertiefen. Die Hypothese, von der ich ausgegangen bin, ist, dass es Radon in Luxemburg gibt und, dass die Radonbelastung Standort abhängig ist. Die Ergebnisse des Experimentes bestätigen, dass es in Luxemburg Stadt einen deutlich niedrigeren Radonwert gibt als in Steinfort. Diese Ergebnisse bestätigen die oben bereits genannte Hypothese und die offizielle Radonbelastungskarte vom „Ministère de la santé“, weil aus ihnen hervorgeht, dass es Radon gibt und unterschiedliche Werte existieren. Beim Experiment sind zwar ein paar Anomalien aufgetreten, aber die werden erst bei einer erneuten Durchführung des Experimentes im nächsten Schuljahr näher untersucht werden. Die Radioaktivität und Atome betreffend, mit denen ich mich im ersten Kapitel meiner Arbeit befasst habe, haben mich persönlich sehr interessiert aber auch weitergebracht, womit sehe ich diesen „Travail Personnel“ als erfolgreich abgeschlossen sehe.

Danksagung

Ich danke meine Eltern für ihre Unterstützung und, dass sie sich die Zeit genommen haben meine Arbeit zu Überlesen.

Ich danke meine Freundinnen, weil sie an mich geglaubt haben.

Ich danke Herr Grana für seine Unterstützung, seine Geduld und seine Hilfe.

Ich danke ebenfalls meinen Großeltern, weil sie so offen waren, das Experiment bei ihnen zu machen, auch wenn das dann nicht stattfinden konnte und den Schwiegereltern von Herr Grana, die ihren Keller für das Experiment freigestellt haben.

Und zu guter Letzt, danke ich Ihnen, weil Ihr euch die Zeit genommen habt meinen Trape zu lesen.

Lang Elijah

Quellenverzeichnis

Text:

- <https://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgen>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Radionuklid>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Radioaktivit%C3%A4t>
- Duden/Schülerduden/Physik/S.330-331
- Taschenbuch der Physik/Horst Kuchling/Hanser/S.570-574
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Radon>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Chemisches Element](https://de.wikipedia.org/wiki/Chemisches_Element)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Kelvin>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/nuklide/10506>
- <http://materiel-physique.ens-lyon.fr/Logiciels/CD%20N%C2%B0%203%20BUP%20DOC%20V%204.0/Disk%202/TEXTES/1986/06850977.PDF>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/isotop/205>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/astronomie/leptonen/257>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Phosphoreszenz>
- <https://www.spektrum.de/lexikon/physik/gammaquant/5511>
- https://teams.microsoft.com/_/#/docx/viewer/teams/https%3A~2F~2F365education.sharepoint.com~2Fsites~2Fflemscience1920~2FShared%20Documents~2FAstrophysics%20Lab~2FWorkshops~2FABC-Astro.docx?threadId=19:ffc821d199be4a8b97b18db50dd0a4b3@thread.skype&baseurl=https%3A~2F~2F365education.sharepoint.com~2Fsites~2Fflemscience1920&fileId=0A0D2D9A-7F8A-414D-9C7A-29A626AF3901&ctx=files&viewerAction=view
- <http://meteokehlen.com/>
- <https://map.geoportail.lu/theme/agriculture?lang=de&version=3&zoom=9&X=737704&Y=6404036&layers=272&opacities=1&bgLayer=blank>
- https://map.geoportail.lu/theme/emwelt?bgLayer=topo_bw_jpeg&lang=en&version=3&zoom=10&X=672534&Y=6419733&layers=1468&opacities=1
- file:///E:/TRAPE/pdfs%20for%20trape_4/report.pdf
- file:///E:/TRAPE/pdfs%20for%20trape_4/radon-handbuch.pdf
- file:///E:/TRAPE/pdfs%20for%20trape_4/stko-radon.pdf
- file:///E:/TRAPE/pdfs%20for%20trape_4/radio.pdf
- file:///E:/TRAPE/pdfs%20for%20trape_4/41072961.pdf
- file:///E:/TRAPE/pdfs%20for%20trape_4/Radon_Info_sheet.pdf
- <http://www.euro.who.int/de/health-topics/environment-and-health/pages/news/news/2016/10/lead-poisoning-prevention-week-ban-lead-paint>
- <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/radon/bauliche-massnahmen-radonschutzneu.html>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Kernladung>
- <https://www.gasteiner-heilstollen.com/de/med/radon-als-naturheilmittel/>

- <https://www.strahlenschutz.sachsen.de/radon-als-heilmittel-10221.html>
- <https://www.uk-erlangen.de/presse/pressemitteilungen/ansicht/detail/heilende-wirkung-von-radon/>
- <https://www.planet-wissen.de/video-radon--gefaehrliche-strahlung-im-alltag-100.html>
- https://www.gsi.de/work/forschung/biophysik/forschungsfelder/immune_system_and_tissue_radiobiology/forschungsschwerpunkte.htm?no_cache=1#c26943
- <https://www.uk-erlangen.de/presse/pressemitteilungen/ansicht/detail/heilende-wirkung-von-radon/>
- <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/strahlenanwendungen-in-der-medizin/strahlendosen-in-der-medizin.html>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Neutronenstern>
- https://de.wikipedia.org/wiki/Wei%C3%9Fer_Zwerg
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Sievert_\(Einheit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Sievert_(Einheit))

Bild und Graphiken:

Figur1:

- <https://systemdesign.ch/images/thumb/b/b8/RutherfordAtommodell.jpg/300px-RutherfordAtommodell.jpg>

Figur2:

- https://physik.cosmos-indirekt.de/physik-schule/11_atome_und_radioaktivitaet/images/11-02_Vergleich.der.Strahlungsarten.png

Figur3:

- <https://www.grzesina.de/radioakt/zerfall/zerfrei1.gif>

Figur 4:

- <https://physikunterricht-online.de/wp-content/uploads/2016/01/Zerfallsgesetz-Diagramm.jpg>

Figur 5:

- https://map.geoportail.lu/theme/emwelt?bgLayer=topo_bw_jpeg&lang=en&version=3&zoom=10&X=672534&Y=6419733&layers=1468&opacities=1

Figur 6:

- <https://www.baywardbulletin.ca/wp-content/uploads/2019/11/Radon-in-your-home.jpg>

Figur 7:

- https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/radon/bauliche-massnahmen-radonschutzneu/jcr_content/par/textimage_1933984680/image.imagespooler.gif/1571992423086/original/radondrainage.gif

Figur 8:

- https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/radon/bauliche-massnahmen-radonschutzneu/jcr_content/par/textimage_358247500/image.imagespooler.gif/1478722067404/original/luftzirkulation.gif

Figur 9:

- Excel-Tabelle

Figur 10:

- <https://www.astroparticelle.it/muon-detector5.asp>

Figur 11

- <https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesund-leben/umwelt-und-gesundheit/strahlung-radioaktivitaet-schall/strahlenanwendungen-in-der-medizin/strahlendosen-in-der-medizin.html>