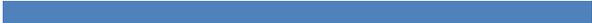




Radon-Projekt

Untersuchung von
Bodenproben in Bochum

Marvin & Dennis

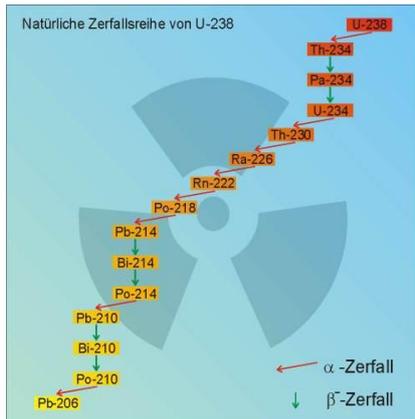


Inhaltsverzeichnis

1. Vorwort
2. Grundlagen
 - 2.1. Was ist Radon?
 - 2.2. Wechselwirkung von Strahlung mit Materie
 - 2.2.1. Alpha-Strahlung
 - 2.2.2. Beta-Strahlung
 - 2.2.3. Gamma-Strahlung
 - 2.2.3.1. Photoelektrischer Effekt
 - 2.2.3.2. Compton Effekt
 - 2.2.3.3. Paarbildung von Elektronen
3. Durchführung
 - 3.1. Nachweismethoden
 - 3.1.1. Geiger-Müller Zählrohr
 - 3.1.1.1. Aufbau
 - 3.1.1.2. Funktionsweise
 - 3.1.2. Alpha Guard
 - 3.1.2.1. Aufbau
 - 3.1.2.2. Funktionsweise
4. Analyse
 - 4.1. Messwerte
 - 4.2. Strahlungsbelastung im Vergleich zu anderen Gebieten

1. Vorwort

Wir, der Physik Leistungskurs, bestehend aus einer Kooperation des Lessing Gymnasiums, des Heinrich von Kleist Gymnasiums und der gymnasialen Oberstufe der Willy-Brandt-Gesamtschule Bochum, präsentieren ihnen nun unsere Ergebnisse der Radon Bodenuntersuchung, der einzelnen Stadtteile Bochums.



Radon (^{222}Rn) entsteht als Isotop der Uran-Radium-Reihe durch den radioaktiven Zerfall des Urans (^{238}U), welches eine Halbwertszeit von $4,5 \cdot 10^9$ Jahren hat, und seiner Zerfallsprodukte (^{234}Th , ^{234}Pa , ^{234}U , ^{230}Th , ^{226}Ra). Radon zerfällt dann über einen Alpha-Zerfall, über weitere Zerfallsprodukte, schließlich zu dem stabilen und nicht radioaktivem Blei (^{206}Pb).

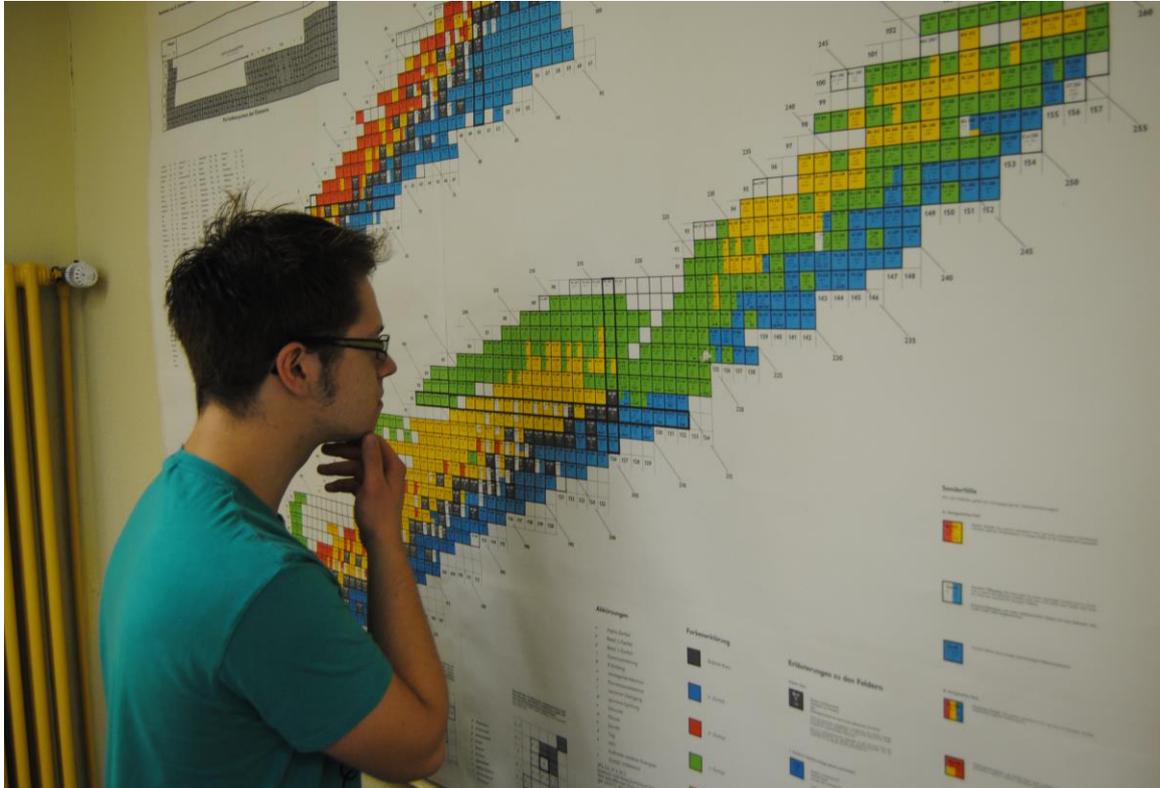
Die Ergebnisse variieren auch je nach Bodenbeschaffenheit der einzelnen Stadtteile bzw. der, zur Beschaffung der Bodenproben aufgesuchten, Gegenden. So wurde in Gegenden mit Bleimineralen eine höhere Strahlungsbelastung gemessen wie in Wäldern.

Dieses Projekt kam in Zusammenarbeit mit dem DTL der Ruhr-Universität Bochum zustande und es wurden Bodenproben aus verschiedenen Stadtteilen Bochums, mittels verschiedener Verfahren analysiert und ausgewertet.



2.Grundlagen

2.1. Was ist Radon?



Radon ist ein radioaktives chemisches Element mit dem Elementsymbol Rn und der Ordnungszahl 86. Im Periodensystem steht es in der 8. Hauptgruppe und zählt damit zu den Edelgasen. Radon besitzt eine Reihe von Isotopen, welche in relativ kurzer Zeit zerfallen. Das stabilste Radon ist das Radon 222, welches eine Halbwertszeit von 3,82 Tagen besitzt und einen Alpha-Zerfall nach Polonium 218 vollzieht. Dieses Radon gehört der Uran-Radium Zerfallsreihe an, welche bei Uran 238 [U238] beginnt und bei Blei 206 [Pb206] endet. Somit lässt sich Schlussfolgern, dass ein vorhanden sein von Radon 222 bzw. Blei 206 oder anderen Zerfallselementen der Uran-Radium Reihe darauf hindeuten, dass eine Uranquelle in früherer Zeit vorlag (vgl. Bleimine Bochum-Kornharpen). Radon ist somit ein natürlich vorkommendes Element, was weltweit nachweisbar ist. Darüber hinaus sendet es bei einem Zerfall Alpha-Strahlung sowie Gamma-strahlung aus.

Neben der Alpha-Strahlung gibt es noch zwei weitere Strahlungsarten, die Beta-Strahlung und die Gamma-Strahlung.

2.2. Wechselwirkung von Strahlung mit Materie

2.2.1. Alpha-Strahlung

Alpha-Strahlung ist für den Menschen nur äußerlich geringfügig schädlich, da Alpha-Strahlung aus zwei Neutronen und zwei Protonen, also einen Heliumkern besteht, und somit durch ihre große Masse nicht die menschliche Haut durchdringen kann bzw. nur auf einer kurzen Distanz ihre Energie frei geben bzw. diese Energie auf eine konzentrierte Fläche abgeben können. Befindet sich allerdings die Quelle der Alphastrahlung im Körper, z.B. durch orale Aufnahme, so kann dies zu beträchtlichen Schäden führen, da innere Organe direkt betroffen sind. Dies kann zu Mutationen der betroffenen Zellen führen und somit Krankheiten wie z.B. Krebs erzeugen.

2.2.2. Beta-Strahlung

Bei der Beta-Strahlung zerfällt der Kern in ein neues Element sowie ein Elektron und ein Elektron-Antineutrino. Diese Strahlung ist weitaus gefährlicher als die Alpha-Strahlung, da diese, durch ihre geringere Masse, weniger in Wechselwirkung mit den jeweiligen Atomkernen der Haut treten und somit tiefer in den Körper eindringen. Diese Elektronen geben kontinuierlich Energie an die Atome durch Stoßprozesse ab.

2.2.3. Gamma-Strahlung

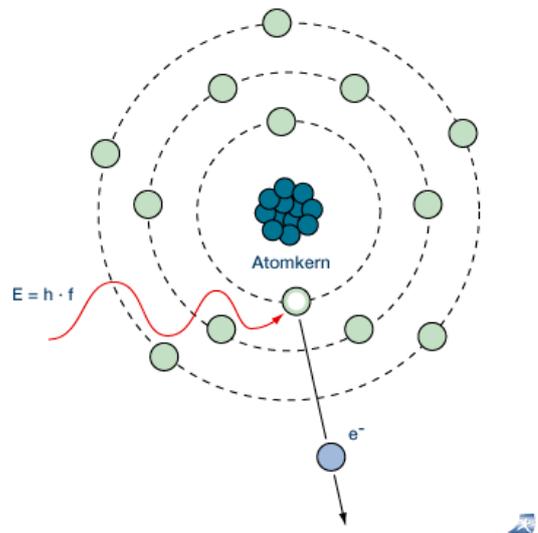
Die Gamma-Strahlung ist ein Nebenprodukt von Alpha- und Beta-Strahlung. Sie besteht aus hochenergetischen, elektromagnetischen Wellen und ist somit nicht an Materie gebunden. Sie kann allerdings in Wechselwirkung mit Materie treten (siehe Comptoneffekt, Photoelektrischer Effekt und Paarbildung).

2.2.3.1. Photoelektrische Effekt

Bei dem Photoeffekt handelt es sich um eine Wechselwirkung zwischen hochenergetischer Strahlung (Photonen) und dem betreffenden Atom des Edelgases. Hierbei treffen Photonen (hochenergetische elektromagnetische Energieportionen) auf das Atom bzw. Elektron und überträgt seine Energie an das Elektron. Dieses wechselt aufgrund der höheren kinetischen Energie in das nächst höhere Orbital. Dieses Atom ist nun in einem angeregten Zustand, welcher sehr instabil ist. Aufgrund seiner Instabilität sendet das Elektron des Atoms ein Photon aus und wechselt nun wieder auf sein Ursprungorbital. Ist die Energie des Photons allerdings größer als die Bindungsenergie zwischen Elektron und Kern, löst es sich komplett aus dem Atom heraus. Dies nennt man auch den äußeren photoelektrischen Effekt, auch Hallwachs-Effekt genannt.

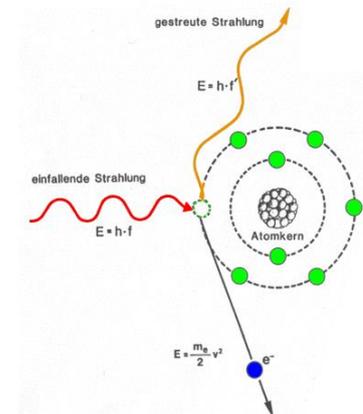
Des Weiteren tritt noch ein weiterer photoelektrischer-Effekt in Halbleitern auf, auch genannt innerer photoelektrischer-Effekt. Hierbei unterscheidet man in zwei Fällen.

Der erste Fall, die Photoleitung, tritt bei der Bildung von Elektronen-Loch-Paaren unter Bestrahlung auf. Hierbei entsteht eine höhere elektrische Leitfähigkeit des Halbleiters durch das Herauslösen des Elektrons aus dem Valenzband des Kerns, aufgrund seiner höheren Energie, die durch die Energieübertragung des Photons zustande kommt, da dieses nun mit dem Elektronenloch des Halbleiters rekombiniert.



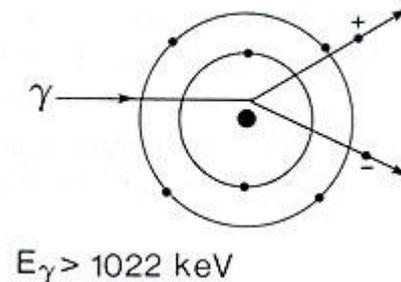
2.2.3.2. Comptoneffekt

Bei dem Compton-Effekt überträgt ein einfallendes Photon nur ein Teil seiner Energie an das Elektron wobei der übertragene Impuls des Photons das Elektron aus dem Valenzband des Atoms herauslöst. Dieses Photon (Quant) wird nun einem bestimmten Winkel zum austretenden Elektron gestreut, wobei zwar seine Geschwindigkeit gleichbleibt sich aber die Wellenlänge und Intensität verringert.



2.2.3.3. Paarbildung von Elektronen

Da Photonen als elektromagnetische Energieportionen aufgefasst werden können, können sie auch mit den Coulombfeldern des Atoms in Wechselwirkung treten. Übersteigt die Photonenenergie das Energie-Massen-Äquivalent von zwei Elektronen (1022keV), können sich in starken Feldern aus der Photonenenergie Elektron-Positron-Paare bilden. Die Energie des Photons wird hierbei teilweise in die Ruhemasse des Teilchenpaares, aber auch teilweise in die kinetische Energie der beiden Teilchen umgewandelt. Bei diesem Vorgang wird das Photon vollständig absorbiert. Der Atomkern selbst bleibt bei der Paarbildung unverändert. Er dient nur zur Erfüllung des Impuls- und Energieerhaltungssatzes während der Materie-Antimaterie-Erzeugung. Treffen diese beiden Teilchen aufeinander entsteht nun wieder ein Photon was dem ursprünglichen Photon entspricht.



3. Durchführung

Im Folgenden wollen wir Ihnen darbringen, wie wir die Bodenproben entnommen, diese analysiert und ausgewertet haben.

Zur Beschaffung der Bodenproben wurde Erde aus verschiedenen Stadtteilen Bochums aus mindestens 20 cm Tiefe abgetragen und in PET-Flaschen gefüllt. Diese Entnahme der Bodenproben erfolgte zu einem festgelegten Zeitpunkt, damit wir einheitliche Messungen erhalten.

Als erste Vorgehensweise der Messungen, wurden innerhalb der Flaschen Kohletabletten platziert, da sie eine große grobporige Oberfläche besitzen wodurch sich Gase dort sehr leicht anlagern. Diese Kohletabletten wurden 1 Woche in der Flasche konserviert. Das Radon sollte somit in einer handhablichen Form gespeichert werden. In der Theorie bindet das Carbonat der Kohlestofftablette das Radon, welches als Gas vorliegt. Dadurch lässt sich an der Kohlenstofftablette die Radioaktivität des Radons nachweisen.

In der Praxis allerdings, wurde die Kohlenstofftablette durch die Feuchtigkeit der Erde, bzw. der Luftfeuchtigkeit gesättigt, wodurch kein weiteres Radon in der Kohlenstofftablette aufgenommen werden konnte.

Infolge dessen, haben wir die Radonhaltige Luft aus den Flaschen gesaugt und mit Hilfe eines Geiger-Müller Zählrohrs die Radioaktivität gemessen. Die erhaltenen Ergebnisse haben wir nach Standort sortiert in einer Excel Tabelle protokolliert.

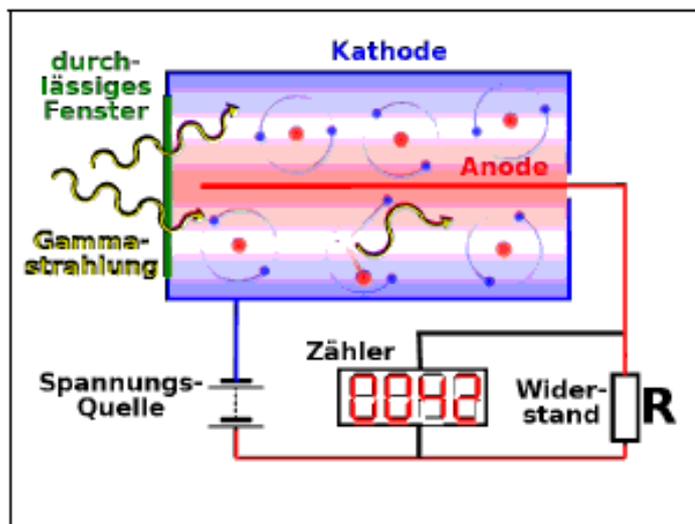
Zusätzlich haben wir mit Hilfe einer Massenspektroskopie, den Energiegehalt der verschiedenen Strahlungen gemessen, um somit Rückschlüsse auf die vorhandenen Spaltprodukte zu schließen.

3.1 Nachweismethoden

3.1.1. Geiger-Müller Zählrohr

3.1.1.1. Aufbau des Geiger- Müller Zählrohrs

Das Geiger- Müller Zählrohr ist der weitverbreitetste Detektor zur Messung von radioaktiver Strahlung. Es besteht aus einem geerdeten Metallrohr und einem dagegen isolierten axialen dünnen Draht. Das Rohr ist luftdicht verschlossen und mit einem Edelgas gefüllt. Zum Verschluss dient ein dünnwandiges Fenster, Glimmfenster, welches aber durchlässig für die Gammastrahlung ist, da diese als Produkt in jedem radioaktiven Zerfall vorkommt. An den dünnen



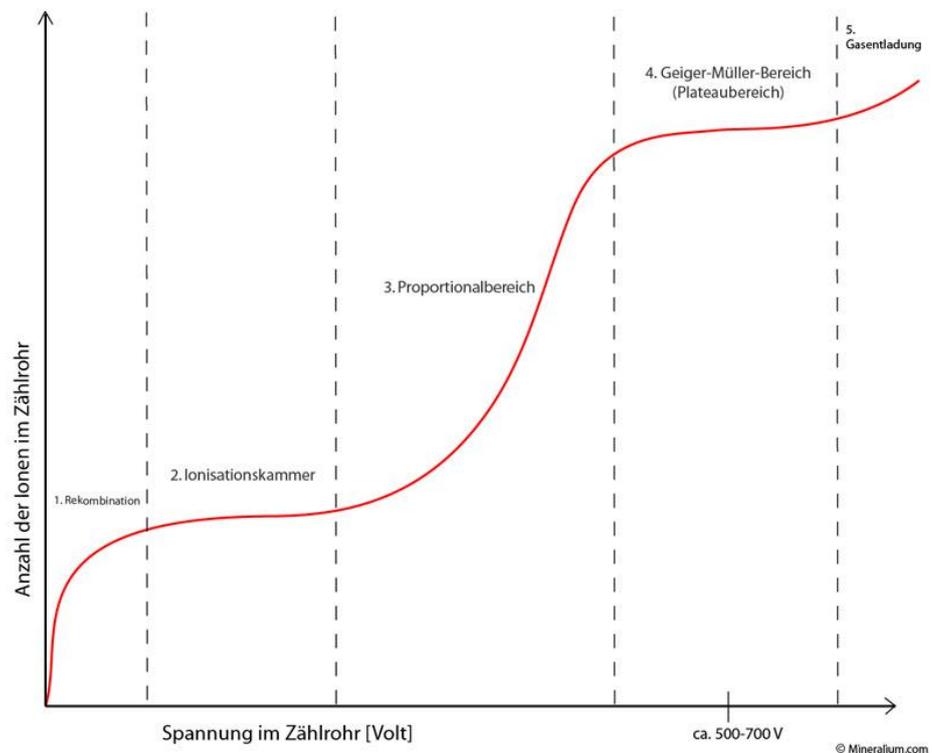
Draht wird über einen Widerstand eine hohe positive Spannung angelegt, wodurch der dünne Draht zu einer Anode und das Metall-Röhrchen zu einer Kathode, aufgrund ihres Potentialunterschiedes, werden.

3.1.1.2. Funktionsweise des Geiger- Müller- Zählrohrs

Im Geiger- Müller- Zählrohr lassen sich viele verschiedene Spannungen anlegen, wodurch es zu verschiedenen Effekten und Ergebnissen innerhalb des Zählrohrs kommt.

Durch den Eintritt der Strahlung in das Röhrchen, kommt es zu einer Ionisation, des sich im Rohr befindlichen Edelgases. Da die Gammastrahlung aus hochenergetisch elektromagnetischen Wellen besteht, lässt sie sich auch als Photonen, quantisierte Energieportion, beschreiben. Diese

Energieportionen werden nun bei Auftreffen auf Elektronen, des jeweiligen Edelgases übertragen. Dieser höhere Energiezustand des Elektrons äußert sich dadurch, dass dieses in ein höheres Orbital wechselt, man spricht auch allgemein von einem angeregten Zustand des Atoms. Durch die angelegte Spannung an der Anode wird nun dieses höherenergetische Elektron aus seinem Orbital



gelöst, da die Bindungsenergie nicht mehr ausreicht um das Elektron in seinem Orbital zu halten. Dieses herausgelöste Elektron wird zur Anode gezogen, wobei es einen kurzzeitigen Spannungsabfall an der Anode hervorruft, welcher von einem Zähler registriert wird.

Die Höhe der Spannung und die dazu detektierten Ereignisse lassen sich in fünf Phasen einteilen. Die erste Phase, auch genannt Rekombinationsphase, behandelt den Bereich der Spannung in der keine Ereignisse detektiert werden, da sich die herausgelösten Elektronen direkt wieder mit anderen Atomen rekombinieren. Dieser Bereich reicht bis zur Registrierung von einer gleichmäßigen Anzahl von Counts bei Erhöhung der Spannung.

In der zweiten Phase gleicht das Zählrohr einer Ionisationskammer in der die angelegte Hochspannung dafür sorgt, dass es zu keiner bzw. geringer Rekombination kommt. Die Elektronen treffen dann nun auf die Anode wodurch sie als Stromimpuls bzw. als ein Spannungsabfall gemessen werden wodurch die konstante Countanzahl sich erklären lässt.

In der dritten Phase nehmen die Counts mit angelegter Spannung proportional zu, da die herausgelösten Elektronen zusätzlich zur eigenen Energie nun von der Anode beschleunigt werden, wodurch sie durch

Zusammenstöße mit anderen Elektronen ihre Energie an diese weitergibt und diese auch zusätzlich noch herausgelöst werden. Dieser Effekt nimmt mit steigender Spannung zu.

In der vierten Phase, dem Plateaubereich oder auch Geiger- Müller- Bereich genannt, wird die Spannung so hoch angelegt, ca. 500-700 Volt, dass ein einzelnes Photon ausreicht um einen Count zu detektieren, da das herausgelöste Elektron eine so hohe Beschleunigung erfährt, dass die Energie bzw. der Impuls dieses Elektrons ausreicht um unmittelbar benachbarte Elektronen aus anderen Atomen herauszulösen, welche dann wiederum dieselbe Beschleunigung erfahren und sich der Vorgang wiederholt. Es tritt ein Kaskadeneffekt auf wodurch ein Photon ausreicht um Strahlung zu registrieren.

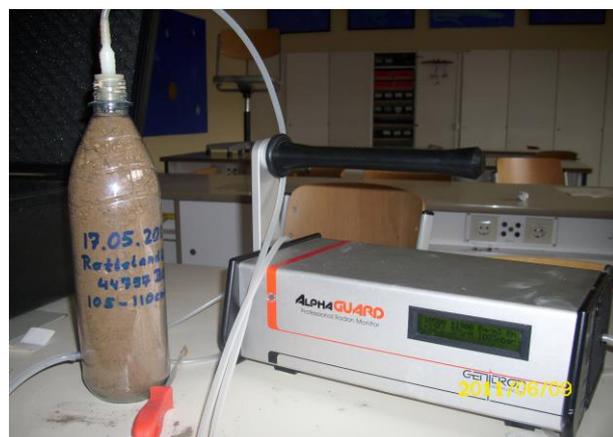
Wird nun die Spannung weiter erhöht tritt eine Gasentladung auf die unabhängig von radioaktiver Strahlung ist, da die Anziehungskraft der Anode größer ist die Bindungsenergie der Elektronen zum Kern ist.

Beim Herauslösen der Elektronen des Edelgases, innerhalb des Zählrohres, treten mehrere physikalische Effekte auf wie z.B. der Photoeffekt, Compton-Effekt und die Paarbildung der Elektronen.

3.1.2. Alpha Guard

3.1.2.1 Aufbau

Der Alpha Guard bezieht Batterie oder netzbetriebene Messungen von Radon aus der Luft, Bodenluft, Wasser, Baustoffen oder aus der Erde und besteht aus einer Ionisationskammer sowie 3 voneinander unabhängigen Signalverarbeitungskanälen, welche durch einen jeweils eigenen Analog-

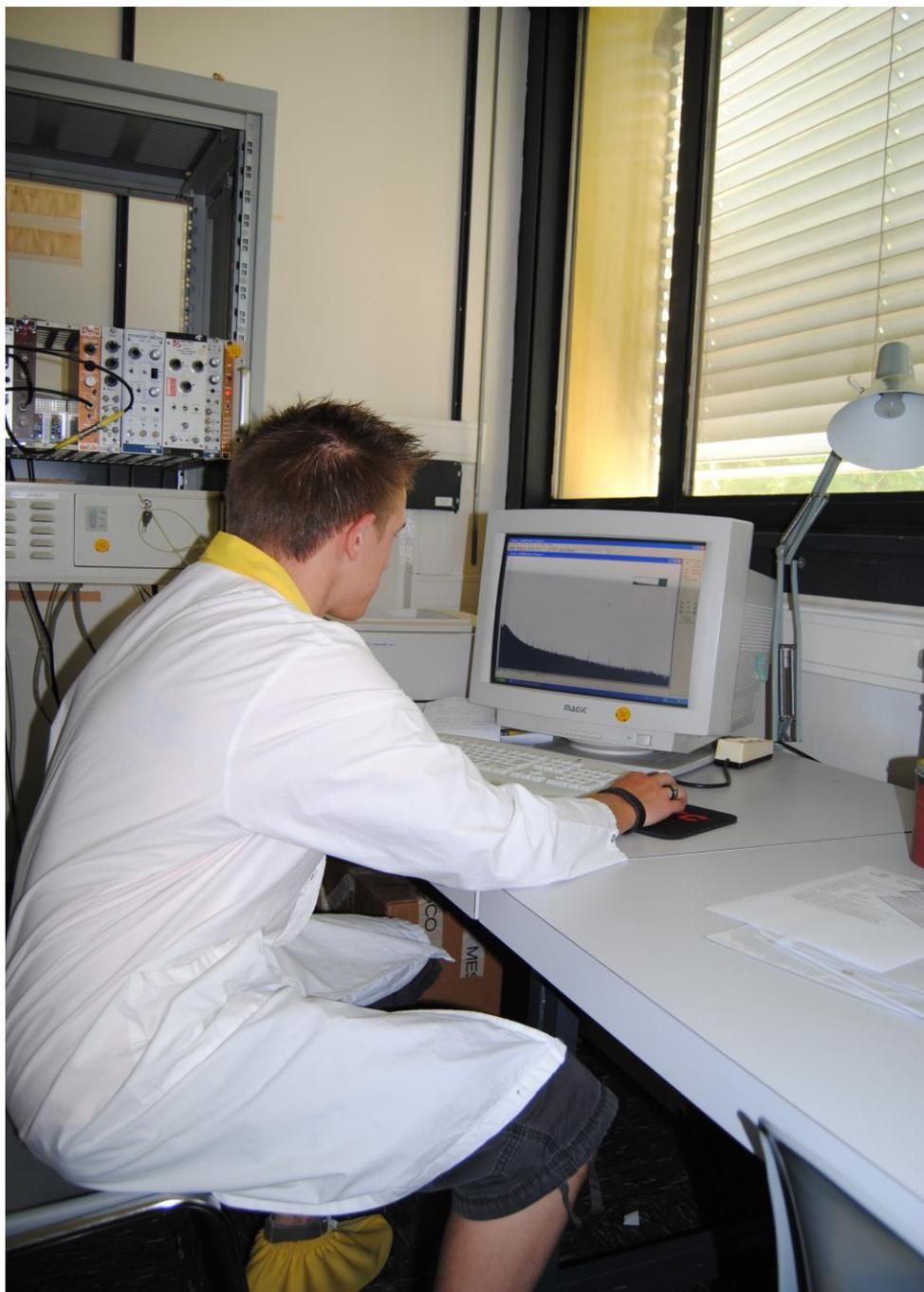


Digital-Konverter in der Lage sind eintreffende Vorverstärkersignale gleichzeitig in 3 verschiedenen Merkmalskomplexen zu analysieren. Seine

optimale Empfindlichkeit als Ionisationskammer mit alphaspektrometrischer Auswertung beträgt 5Imp./min. bei 100 Bq/m³.

Des Weiteren besitzt der Alpha Guard zur genaueren Analyse externes Zubehör, wie einen Radonfolgeprodukt Meßkopf, eine Multisensorunit, eine AlphaPUMP, eine Bodenluftsonde und eine Booster-Batterie zur Inbetriebnahme außerhalb von Stromnetzen.

Es ist ein portables Referenzgerät, welches für die Kalibrierung von aktiven und passiven Radondetektoren, auf NIST rückführbaren Kalibriermethoden verfügbar ist.



3.1.2.2 Funktionsweise

Der Radondetektor des AlphaGuard basiert auf einer Puls-Ionisationskammer.

Das Meßgas gelangt im Normalbetrieb auf diffusivem Wege über ein großflächiges Glasfaser-Filter in die Ionisationskammer. D.h., das Glasfaser-Filter läßt nur das gasförmige Radon-222 passieren, während es die Radonfolgeprodukte am Eindringen in die Ionisationskammer hindert. Gleichzeitig schützt das Filter das Kammerinnere vor einer Verschmutzung durch staubförmige Partikel.

Die Innenauskleidung der zylinderförmigen Ionisationskammer besitzt ein Potential vom +750 V und die starre Mittelelektrode, welche parallel zur Kammerlängsachse liegt, auf 0 V. Dadurch wird die Alpha-Strahlung des Radon-222 direkt zur Mittelelektrode beschleunigt und als Signal aufgenommen. Die Mittelelektrode ist mit dem Signaleingang der hochempfindlichen Vorverstärkereinheit verbunden, wodurch das aufgenommene Signal verstärkt wird und zu den 3 Signalverarbeitungskanälen zur Analyse weitergeleitet wird.

Der Alpha Guard ist ein tragbarer Radonmonitor der zusätzlich zu der Radonkonzentration die Umgebungsparameter Luftdruck, Temperatur, Feuchtigkeit sowie Erschütterungen aufzeichnet.

Er kommt bei Kurz- sowie Langzeitmessungen in Gebäuden oder im freien zum Einsatz und dient zur Radonüberwachung und Abhilfemaßnahme in Wohngebäuden, an Arbeitsplätzen und industriellen Anlagen.

4. Analyse

4.1 Messwerte

Die Bodenproben der einzelnen Stadtteile wurden gewogen und mit Kohletabletten verschlossen in PET-Flaschen aufbewahrt um nach 2 Tagen eine Sättigung der Kohletabletten mit radioaktiven Gasen zu beobachten. Da allerdings im späteren Verlauf der Experimente keine Radioaktivität zu messen war, war davon auszugehen das aufgrund der Luftfeuchtigkeit der Flaschen die Kohletabletten schon gesättigt wurden bevor sich Radon ansetzen konnte. Aus diesem Grund wurde die Luft direkt aus den Flaschen abgesogen um eine Radioaktivität nachzuweisen



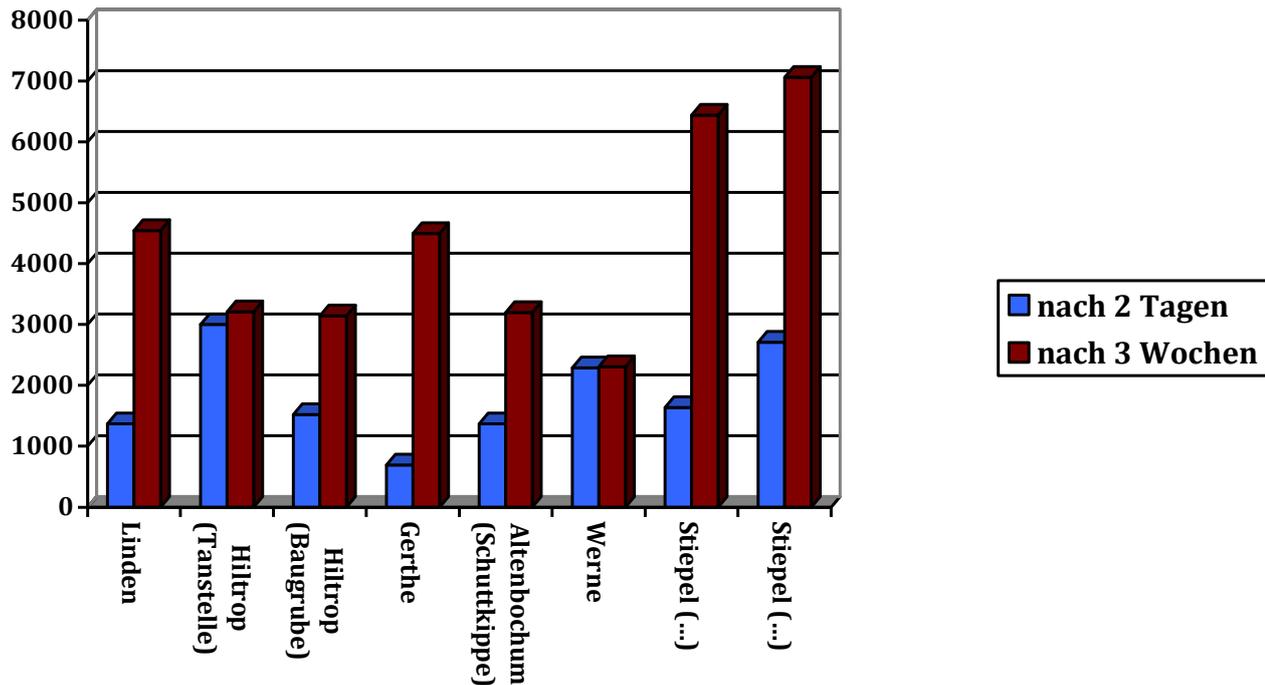
Proben vom 17.05.2011/ Messungen vom 19.05.2011	Linden	Hiltrop (Tankstelle)	Hiltrop (Baugrube)	Gerthe	Altenbochum (alte Schuttkippe)	Werne	Stiepel	Stiepel
m [g]	1273	1308	1194	1332	2000	1141	1363	1660
T [C°]	24	24	24	23	23	23	24	25
Luftfeuchtigkeit [%]	47	46	46	47	47	47	46	44
Radioaktivität pro Volumen [Bq/m ³]								
1.	1256	1020	645	677±207	2000	2640	939	3700
2.	1940	3950	2780	680±100	1300	2130	1990	3880
3.	1550	4160	1800	1040±1000	1090	2640	12610	3780
4.	1170	2700	1740	685±158	1720	1990	1490	2780
5.	1060	3400	1010	622±141	1270	1970	1560	2120
6.	1890	2050	1690	611±138	1390	2190	2120	1840
7.	1570	3650	<1000	627±135	1060	2870	1836	1760
8.	1020	2510	2110	626±122	1740	2120	<1000	2170
9.	1220	3830	1240	645±121	1080	1510	1800	3160
10.	1060	2640	1340	-	1030	-	1190	1960
Durchschnittliche Radioaktivität pro Volumen [Bq/m ³]	1370±227	3000±355	1520±236	690±136	1370±190	2290±251	1640±259	2710±345

Dieselben Messungen wurden nun noch einmal 3 Wochen später gemacht um eine Veränderung bzw. eine Zunahme der Radioaktivität feststellen als Nachweis das Uran im Boden bzw. Radon in der Luft befindlich ist.

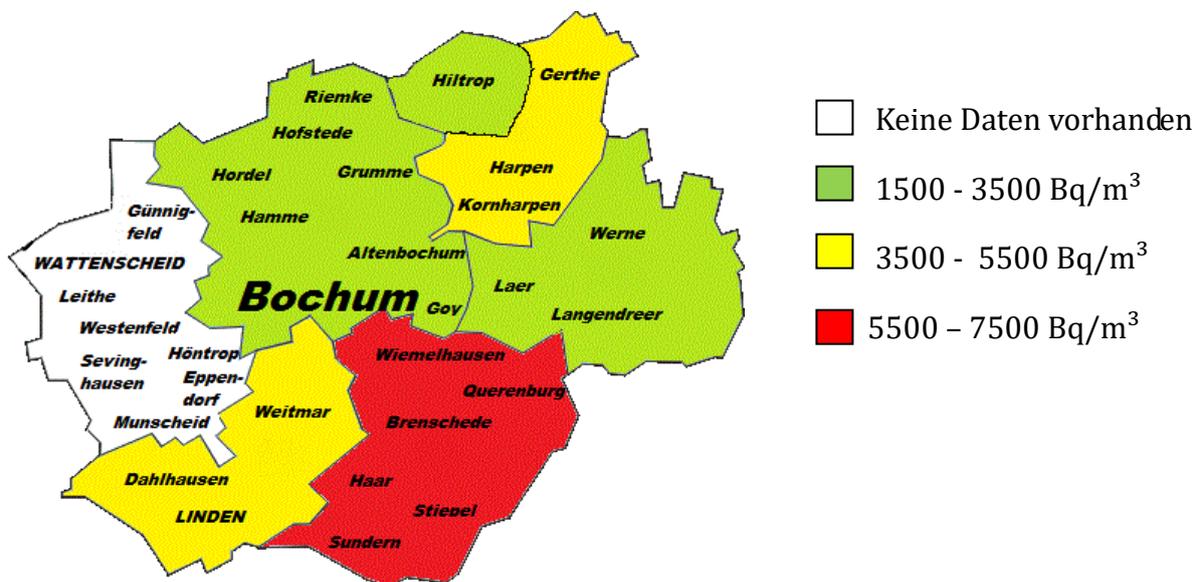
Proben vom 17.05.2011/ Messungen vom 08.06.2011	Linden	Hiltrop (Tankstelle)	Hiltrop (Baugrube)	Gerthe	Altenbochum (alte Schuttkippe)	Werne	Stiepel	Stiepel
m [g]	1273	1308	1194	1332	2000	1141	1363	1660
T [C°]	24	24	24	23	23	23	24	25
Luftfeuchtigkeit [%]	47	46	46	47	47	47	46	44
Radioaktivität pro Volumen [Bq/m ³]								
1.	2540	2930	1540	2070	1640	2900	3980	10500
2.	5070	3710	5060	6340	3770	1620	6890	6890
3.	4540	3400	3460	4020	3870	2600	6840	7350
4.	5900	2800	3210	4480	3520	1160	7970	5740
5.	5160	-	2440	4580	-	3120	6820	6310
6.	4310	-	-	4240	-	2090	7320	6270
7.	4430	-	-	5090	-	2580	5870	6400
8.	4410	-	-	5160	-	-	5830	-
Durchschnittliche Radioaktivität pro Volumen [Bq/m ³]	4545	3210	3142	4498	3200	2130	6440	7066

Wenn nun diese Werte gegen einander in einem Diagramm aufgetragen werden lassen sich starke Veränderungen in Stadtteilen wie Linden, Gerthe und Stiepel erkennen, was auf einen hohen Anteil an gespaltenen Radon hindeutet. In Stadtteilen wie Hiltrop oder Altenbochum hingegen, wo die Radioaktivität sich nur um einen Teil erhöht hat, weisen die Werte auf einen geringen bzw. nur leicht erhöhten Anteil an Radon hin. Der Grund warum in der Baugrube in Hiltrop eine erhöhte gemessen wird liegt daran, das sich Strahlungsintensives Material tiefer in der Erde befindet und diese Baugrube noch nicht lang genug ausgehoben sodass sich diese Material direkt an der Oberfläche befand. Stadtteile wie Werne sowie einige Gegenden in Hiltrop

weisen keine signifikanten Veränderungen auf, was auf ein vorhanden sein von langlebigeren radioaktiven Stoffen hinweist und somit Stoffe wie Radon ausschließt.



Durch diese Langzeitwerte lässt sich Bochum grob in Gebiete mit relativ großer radioaktiver Belastung bzw. kleiner Belastung einteilen.

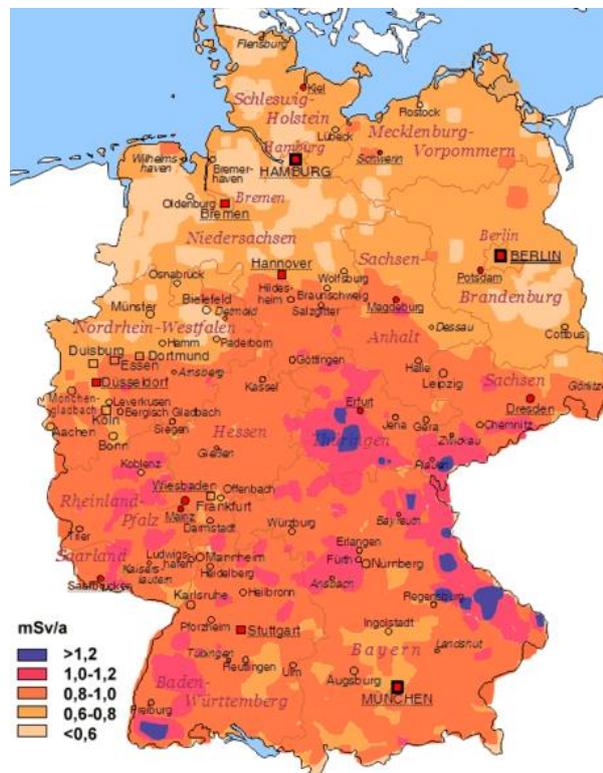


4.2 Strahlungsbelastung im Vergleich zu anderen Gebieten

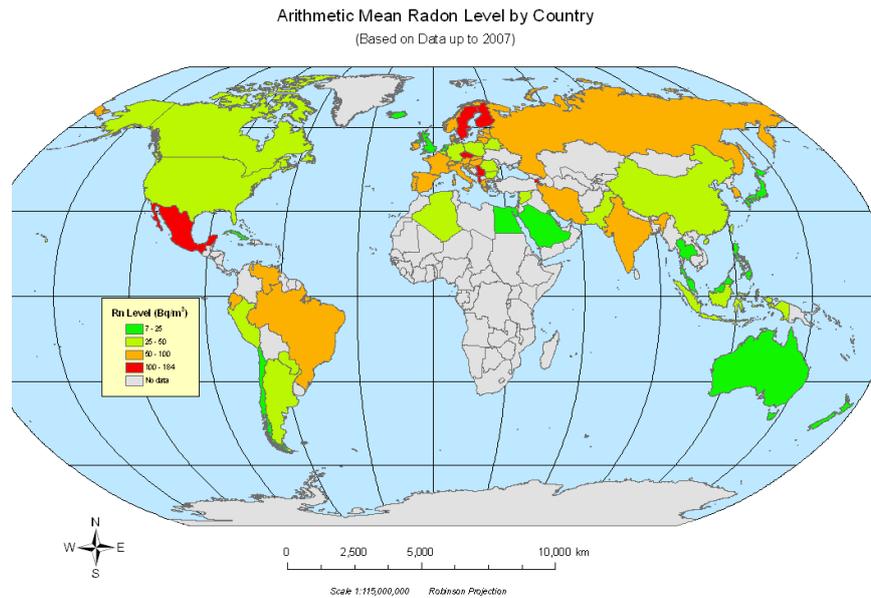
Der Wert schwankt jedoch regional und liegt in Deutschland zwischen ein und fünf Millisievert pro Jahr.

Vergleicht man nun die gemessenen Strahlungswerte mit denen in ganz Deutschland so lässt sich erkennen dass diese Werte noch im deutschen Durchschnitt liegen welcher sich bei 4400 Bq/m^3 befindet.

So liegen auch, aufgrund der geologischen Beschaffenheit der Orte, mit der höchsten Strahlenbelastung im Erzgebirge, Schwarzwald und Thüringen mit bis zu 15 mSv , aufgrund der hohen Granitvorkommen sowie weiteren Erzen, welche Endprodukte von Spaltprozessen sind. Die niedrigste Strahlenbelastung befindet sich in Norddeutschland, aufgrund der aufkommenden Küstenlandschaft welche weniger Erze von radioaktiven Prozessen aufweist. Außerdem befindet sich diese Landschaft in einer niedrigeren geographischen Lage (in Höhe des Meeresspiegels), was dazu führt das weniger kosmische Strahlung bis zu dem Boden durchdringt. Dort sinkt die Strahlenbelastung bis auf $0,3 \text{ mSv}$.



In Österreich liegt die Belastung mit ionisierender Strahlung durchschnittlich bei etwa 100 nSv/h (70–200 nSv/h) die Dosis liegt also bei etwa 1 mSv/Jahr; einschließlich Radon sind es etwa 2,5 mSv/Jahr. Innerhalb Europas gibt es Dosen bis etwa 10 mSv pro Jahr. Die höchste natürliche Strahlenbelastung weltweit findet sich im iranischen Ramsar mit einer jährlichen effektiven Dosis von ca. 200 mSv.



Lessing-Schule Bochum

Physik-LK

Herr Schümann

Untersuchung des Bochumer Bodens auf Radon und seine Isotope

Stefan Schlüter

Simon Wölfelschneider

Inhaltsverzeichnis

1. Die Radon-Problematik

1.1. Ursprung

1.2. Radon und seine Folgeprodukte

1.3. Konsequenzen für den Menschen

1.4. Messvorhaben

2. Grundlagen zum Detektor

3. Messung und Analyse

3.1. Der Besuch im Rubion

4. Fazit

1. Die Radon-Problematik

1.1 Ursprung:

Radioaktive Elemente sind Teil des täglichen Lebens. Sie treten in verschiedenen Formen auf, z.B. das Gas Radon. Es ist ein ständig vorhandener aber geringer Bestandteil der Luft. Radon entsteht durch den radioaktiven Zerfall von, im Boden befindlichen, Uran und gelangt dadurch in die Atemluft. Daher macht das Radon für den Normalbürger abhängig vom Wohnort, die höchste natürliche relative Strahlenbelastung aus. Wobei zu erwähnen ist, dass nicht das Radon selbst, sondern dessen Zerfallsprodukte eine Gefährdung für die Gesundheit darstellen. Diese Zerfallsprodukte können sich z.B. in schlecht belüfteten Räumen sammeln und somit zu einer gesundheitsschädlichen Strahlenexposition führen. Das Ziel unseres Projektes ist die Untersuchung eben dieser Zerfallsprodukte von ^{220}Rn und ^{222}Rn .

1.2 Radon und seine Folgeprodukte:

Das am häufigsten vorhandene und langlebigste Isotop des Radons ist ^{222}Rn . Dessen Halbwertszeit beträgt ca. 3,8 Tage. Es ist das Zerfallsprodukt des ^{226}Ra . Außerdem bildet die Zerfallskette des ^{222}Rn einen Teil der Uran-Radium-Reihe (siehe Zerfallskette Abb. 1). Ein weiteres Isotop des Radons ist das ^{220}Rn . Seine Halbwertszeit ist erheblich geringer, als die des ^{222}Rn und beträgt nur ca. 55s.

Bei der Zerfallskette des ^{220}Rn handelt es sich um einen Teil der Thorium-Reihe (siehe Zerfallskette Abb. 2).

1.3 Konsequenzen für den Menschen:

Es gibt Regionen in denen auf Grund von erhöhten Urankonzentrationen im Boden eine erhöhte Belastung der Atemluft durch Radon auftritt. Somit ergibt sich für die dort lebenden Menschen ein erhöhtes Gesundheitsrisiko, da diese mehr Radon einatmen und sich daher mehr strahlende Zerfallsprodukte in deren Lungen ansammeln. Die von den Zerfallsprodukten emittierte Alpha-Strahlung kann dann dort zu Gewebeschäden führen. Daraus resultiert ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko.

1.4 Messvorhaben:

Um den Radongehalt zu bestimmen untersuchen wir Bodenproben aus der Umgebung von Bochum auf Zerfallsprodukte von Radon. Die von uns ausgesuchte Probe stammt aus Bochum-Linden. Diese analysieren wir mit Hilfe eines Germanium-Detektors, der vom RUBION der Ruhr Universität Bochum zur Verfügung gestellt wird. Der Germaniumdetektor wird uns detaillierte Gammaskpektren der Proben liefern, wodurch die Zerfallsprodukte in ihrer Häufigkeit und Strahlungsintensität nachgewiesen werden können.

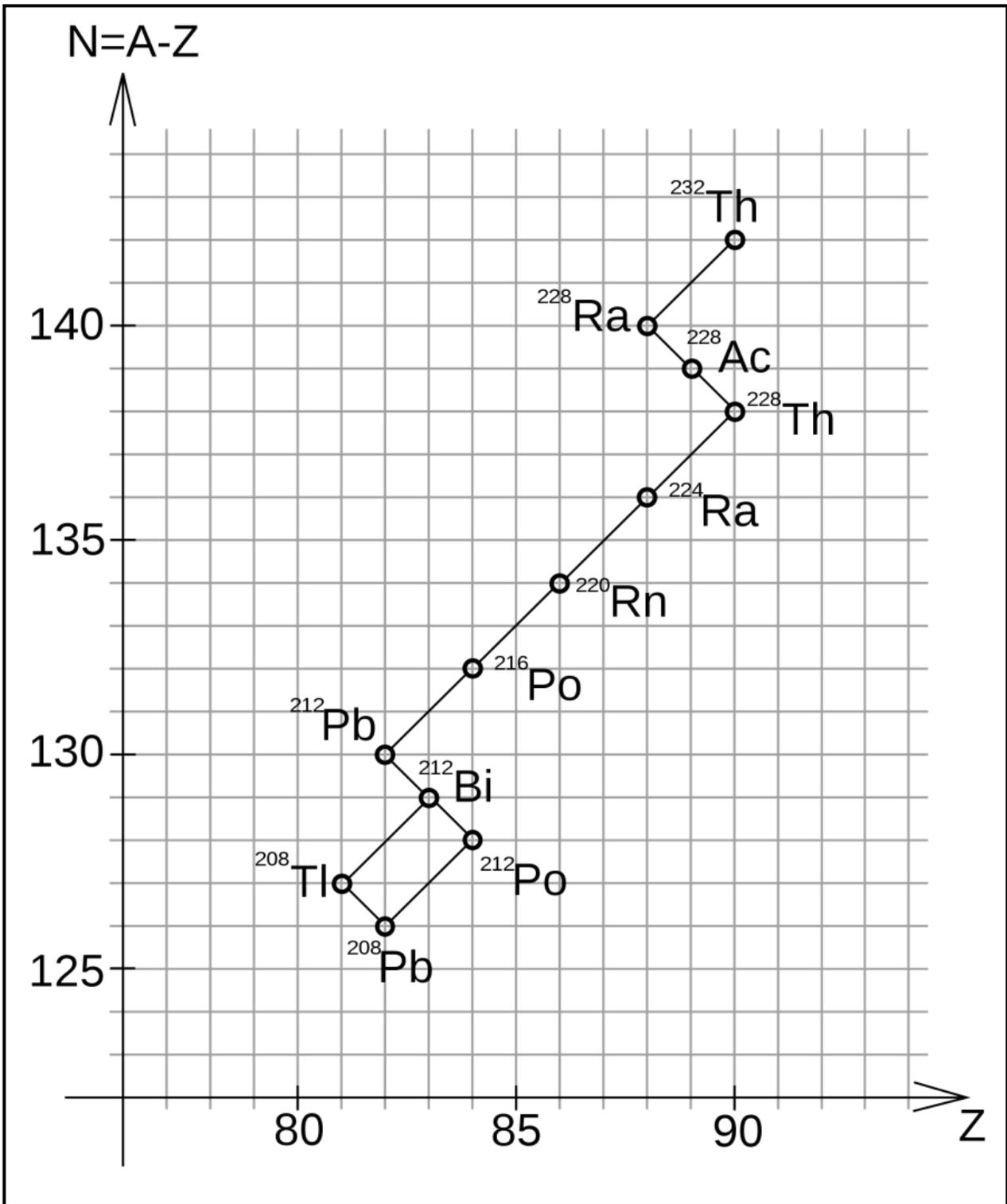


Abbildung 1: Thorium-Reihe

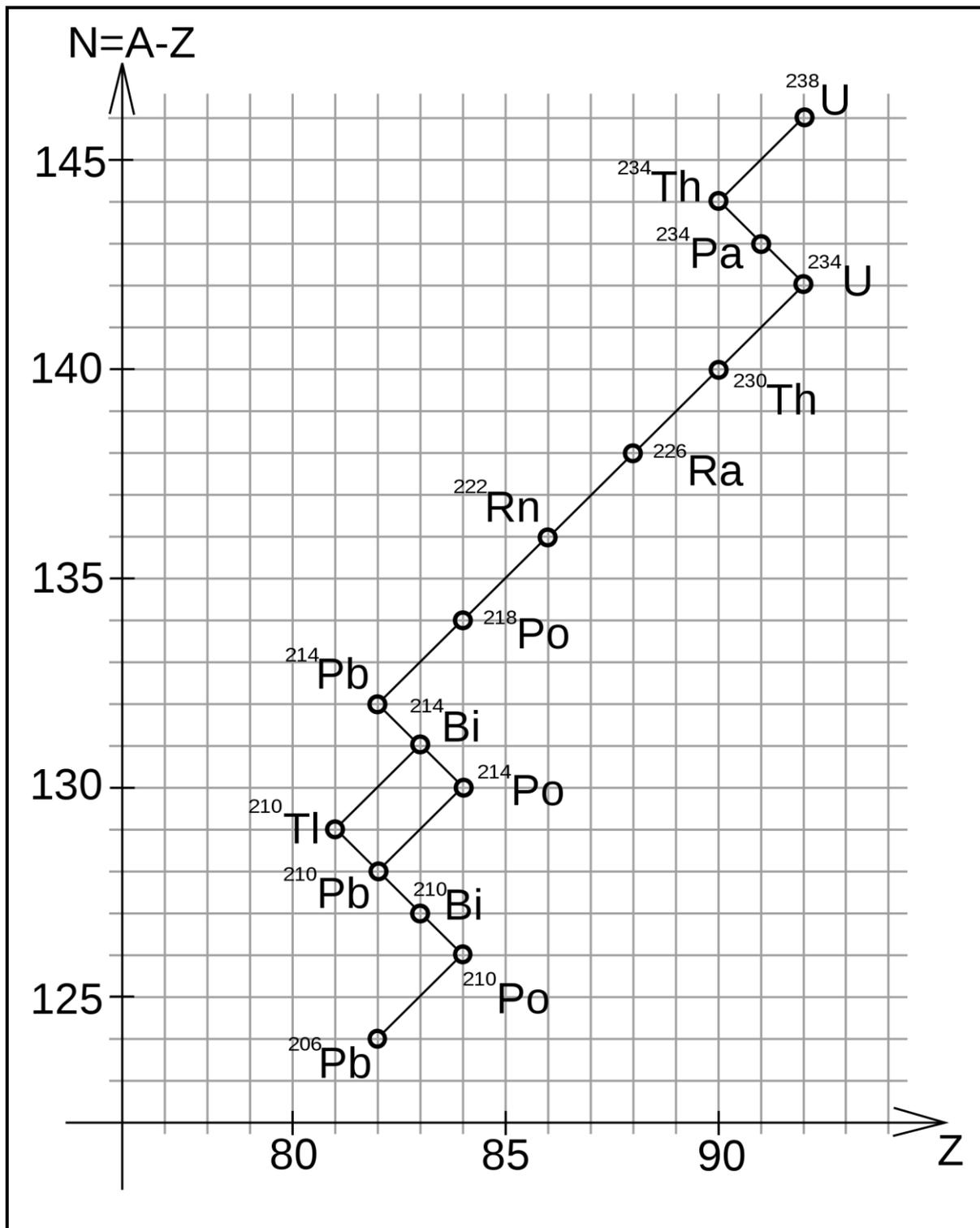


Abbildung 2: Uran-Radium-Reihe

2. Grundlagen zum Detektor

Der Germaniumdetektor, den wir für unsere Messungen benutzt haben, ist ein Halbleiterdetektor. Um die Funktionsweise dieser Detektoren zu verstehen muss man wissen wie dotierte Halbleiter aufgebaut sind. Eine Dotierung bedeutet, dass ein Bereich der Kristallstruktur aus einem vierwertigen Element, in diesem Fall Germanium, mit drei- oder fünfwertigen Elementen durchsetzt wird. Durch die Dotierung mit einem dreiwertigen Element z.B. Bor entsteht ein Elektronenmangel. Dieser Bereich ist somit p-dotiert. Durch die Dotierung mit einem fünfwertigen Element z.B. Phosphor entsteht ein Elektronenüberschuss. Der Bereich des Halbleiters ist daher n-dotiert. Die überschüssigen Elektronen und die fehlenden Elektronen, sogenannte Löcher, sind im Halbleiter frei beweglich. Legt man nun eine Spannung an die Enden des Halbleiters an, bewegen sich die Elektronen zum positiven Potential, die Löcher zum Negativen. Bei der Polung ist darauf zu achten, dass das positive Potential am n-dotierten Teil des Halbleiters anliegt. Durch diese Polung entsteht eine sogenannte Sperrschicht. Diese ist von großer Bedeutung für den Detektor.

Von der Probe werden hochenergetische Gammaquanten abgestrahlt. Treffen diese auf die Sperrschicht, werden durch verschiedene Wechselwirkungen „Elektronen-Loch-Paare“ innerhalb der Sperrschicht erzeugt. Auf Grund der angelegten Spannung wird das Elektron zum positiven Potential, das Loch zum Negativen bewegt. Dies erzeugt einen messbaren Spannungsunterschied der Rückschlüsse auf die Energie des Gammaquants erlaubt. Bei den Wechselwirkungsmöglichkeiten handelt es sich um den Photoeffekt, den Comptoneffekt und die Paarbildung. Beim Photoeffekt trifft ein Gammaquant auf ein Hüllenelektron und gibt seine gesamte Energie an das Elektron ab. Das

Elektron wird freigesetzt und das Gammaquant verschwindet. Dieser Effekt wird im späteren Spektrum als starker Ausschlag in einem bestimmten Energiebereich sichtbar, dem sogenannten „Photopeak“. Auch beim Comptoneffekt wird ein Elektron durch einen elastischen Stoßprozess mit einem Gammaquant freigesetzt. Der Unterschied zum Photoeffekt besteht darin, dass das Gammaquant nur einen Teil seiner Energie an das Elektron abgibt. Dieser Effekt wird nicht als einzelner Peak sondern in Form des „Comptonplateaus“ sichtbar. Wenn ein Gammaquant mit einer Energie von mindestens 1,02 MeV (doppelte Ruheenergie eines Elektrons) auf Materie, z.B. einen Atomkern, trifft, kann es zur Paarbildung kommen. Hierbei entsteht ein Elektron-Positron-Paar. Das Elektron wird wie gehabt freigesetzt, das Positron rekombiniert mit einem anderen Elektron. Durch die Rekombination entstehen auf Grund der Impulserhaltung wiederum zwei Gammaquanten. Es ist möglich, dass ein oder sogar beide Quanten nicht vom Detektor aufgefangen werden, sondern diesen verlassen. Daher sind im Spektrum neben dem Photopeak auch die sogenannten Single- und Double-Escapepeaks zu beachten. Des Weiteren gilt, dass ein einzelnes Gammaquant, abhängig von dessen Energie, mehrere der oben genannten Effekte verursachen kann.

Auf diese Weise entsteht ein Spektrum, bei dem die Anzahl der Ereignisse (Counts) über der Energie aufgelistet wird.

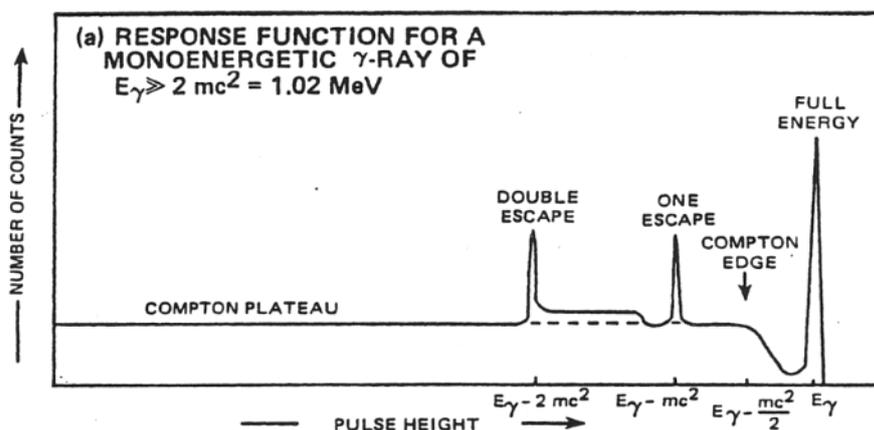


Abbildung 3: Schematische Darstellung eines monoenergetischen Gammaskpektrums

3. Messung und Analyse der Spektren

Die auf die oben beschriebene Weise aufgenommenen Spektren werden anhand des folgenden Verfahrens bearbeitet. Zunächst vergleicht man das Spektrum der Probe mit einem Spektrum ohne Probe. Das Spektrum, welches ohne Probe aufgenommen wird, bezeichnet man als Hintergrund. Dieses Spektrum benötigt man zur Referenz, da immer radioaktive Nuklide in der Umgebung vorhanden sind, die die Messung beeinflussen. Durch Subtraktion der beiden Spektren erhält man ein weiteres Spektrum, in dem nur die Gammaquanten der Probe über der Energie aufgetragen sein sollten. Durch genauere Analyse kann man auf die tatsächlich in der Probe enthaltenen Radionuklide schließen.

Wie bereits erwähnt liefert das Spektrum nur eine Zuordnung der Energie der Gammaquanten und deren Anzahl, daher lässt ein solches Spektrum keine direkten Schlüsse auf die enthaltenen Nuklide der Probe zu. Da sowohl einzelne Nuklide Gammaquanten unterschiedlicher Energie, als auch verschiedene Nuklide Gammaquanten mit vergleichbarer Energie aussenden, können die einzelnen Linien verschiedenen Nukliden zugeordnet werden. Daher ergibt sich ein weitaus komplexeres Spektrum als in unserer schematischen Darstellung zu sehen ist. Um sicher zu sein, dass ein bestimmtes Nuklid vorhanden ist, müssen mehrere Linien verschiedener Energie, die zum Isotop passen, vorhanden sein. Die dafür notwendigen Informationen kann man einer Datenbank, in unserem Fall „Radiation Decay“, entnehmen. Die Analyse kann auf zwei verschiedene Arten vollzogen werden. Entweder arbeitet man das Spektrum ab, und versucht markante Linien zu identifizieren und einem Nuklid zuzuordnen oder man untersucht das Spektrum auf möglicherweise vorhandene Linien, die man auf Grund der Zerfallskette erwartet. Des Weiteren ist eine Eichung des Spektrums

wichtig für die Analyse. Hierzu verwendet man die stets vorhandene Kalium-Linie des ^{40}K , bei einer Energie von 1461 keV. Man benötigt außerdem eine weitere markante Linie um eine genaue Eichung vorzunehmen. Dazu wird oft die Thorium-Linie bei 2614 keV verwendet. Die anderen Energien werden anhand dieser und einiger anderer Linien zugeordnet.

Die Aufnahme unserer Bodenprobe aus Bochum-Linden ergab das folgende Spektrum (siehe Abb. 4). Seine Peaks haben wir nun auf die beschriebene Weise mit den Energien der gesuchten Isotope verglichen.

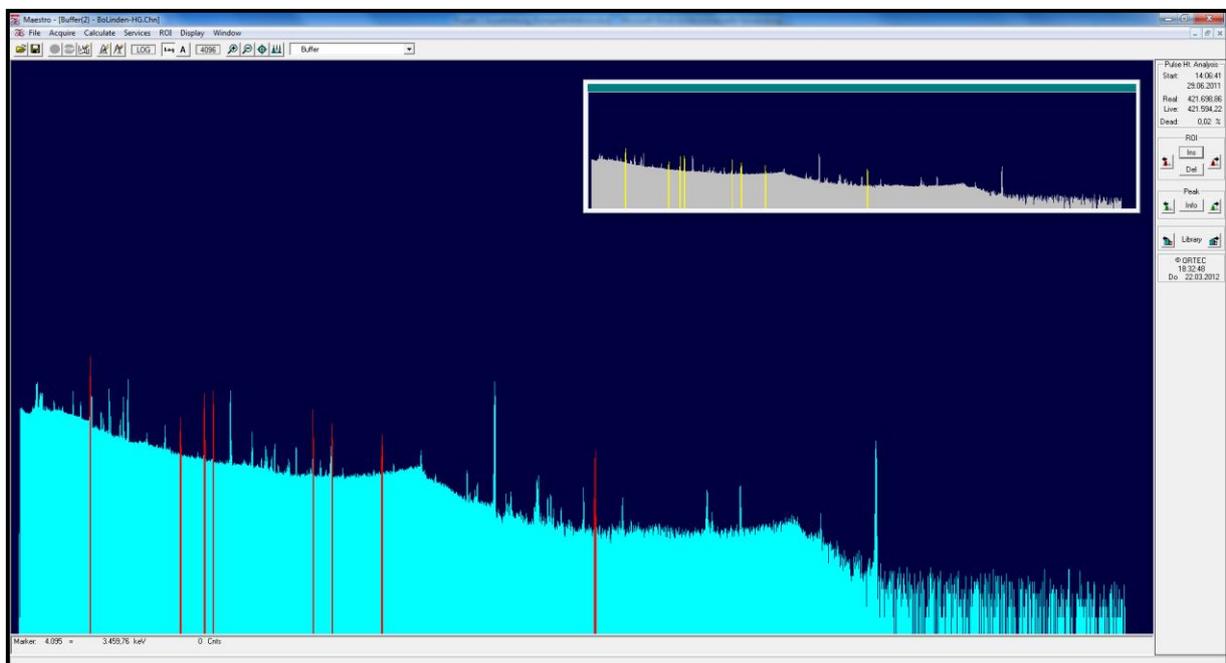


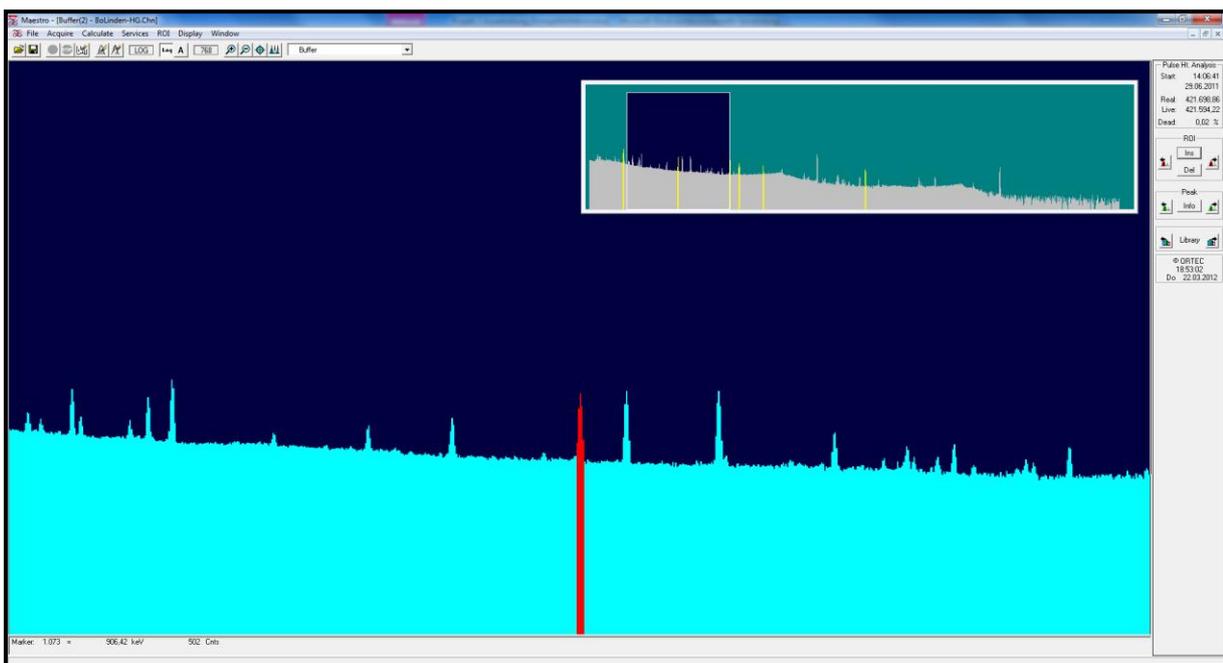
Abbildung 4: Spektrum unserer Probe mit, für den Nachweis von Radon, wichtigen hervorgehobenen Peaks

Unsere Analyse des obigen Spektrums hat Folgendes ergeben:

Nuklid	Halbwertszeit	Energie (keV)	Counts
²⁰⁸ Thallium	3,053 min	511	13837
		583	28930
²¹⁴ Bismut	19,9 min	610	31764
		1120	7688
		1764	4162
²²⁴ Radium	3,66 d	240	95503
²²⁸ Actinium	6,15 h	911	16700
		968	10766

Der Tabelle oben ist zu entnehmen, dass Tochterisotope von $^{220}\text{Radon}$ und $^{222}\text{Radon}$ vorhanden sind, ebenso wie Mutterkerne der beiden Isotope. Daraus lässt sich schließen, dass die beiden genannten Isotope in unserer Probe enthalten sind. Im Folgenden werden die markantesten Peaks noch einmal vergrößert dargestellt.

Abbildung 5: $^{208}\text{Thallium}$, 583 keV



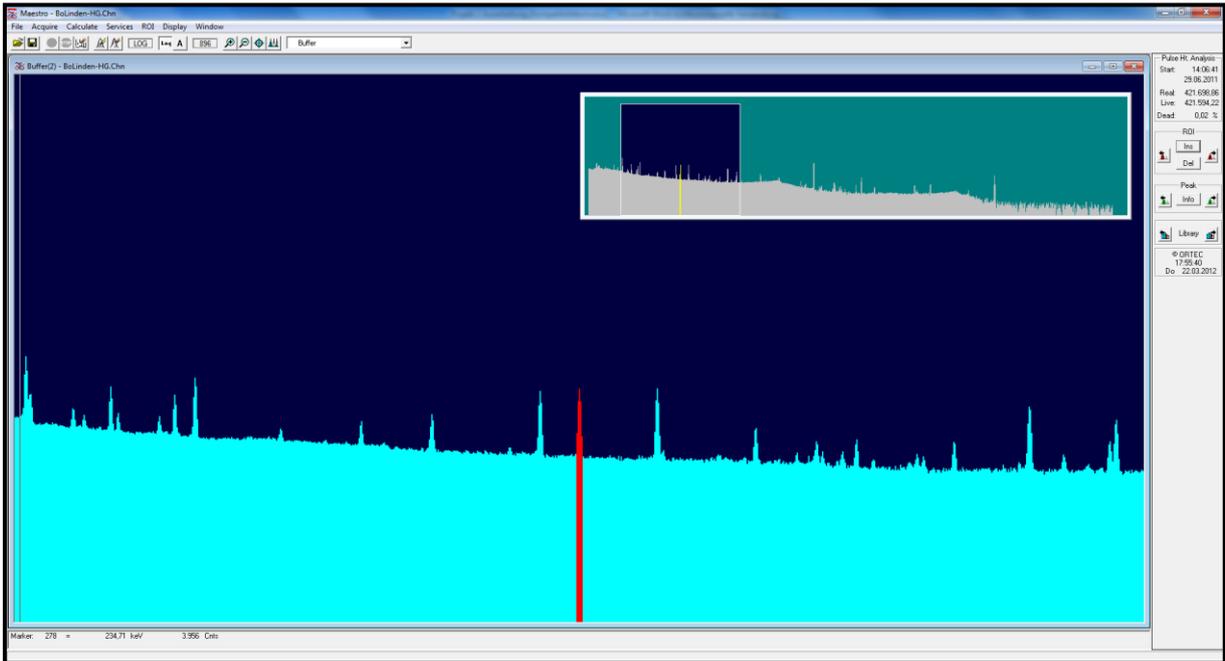


Abbildung 6: $^{214}\text{Bismut}$, 610 keV

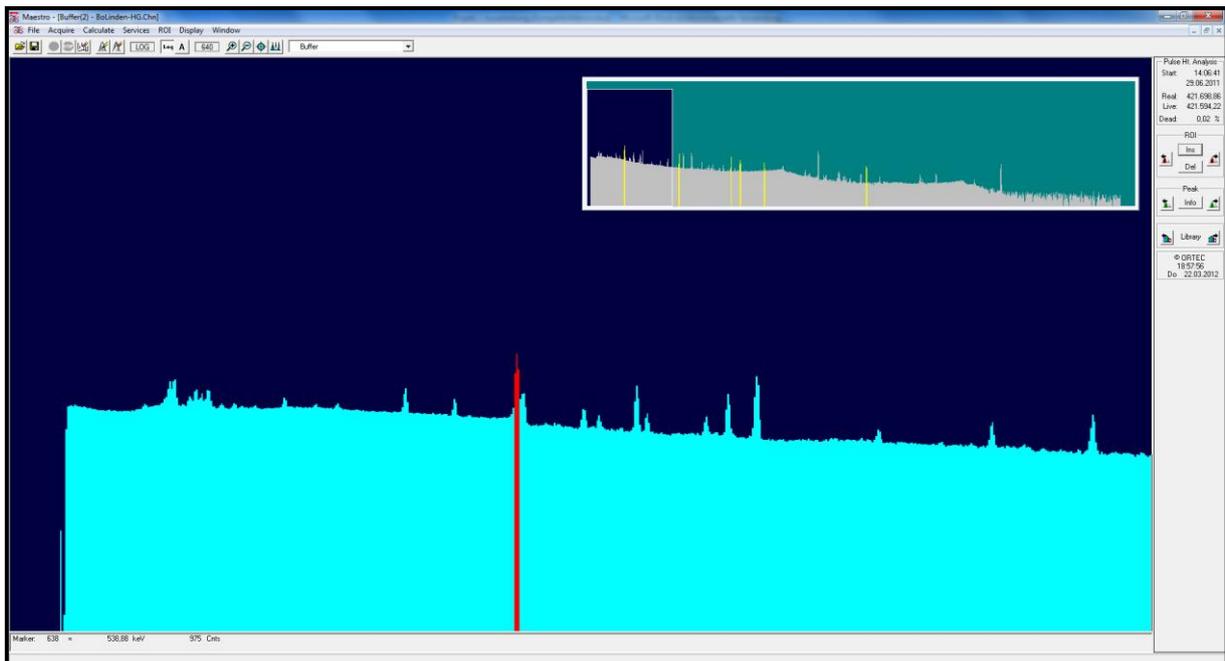


Abbildung 7: $^{224}\text{Radium}$, 240 keV

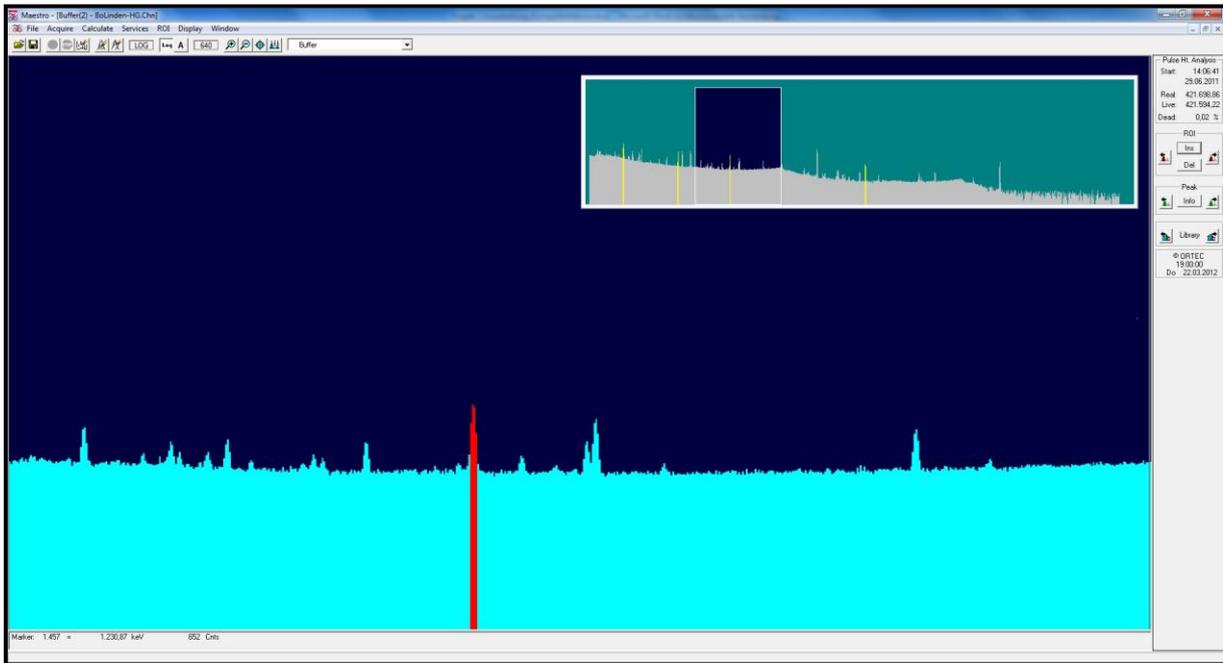


Abbildung 8: $^{228}\text{Actinium}$, 911 keV

3.1 Der Besuch im Rubion

Wie schon im vorherigen Teil erwähnt, konnten wir für unsere Messungen mit dem Germanium-Detektor des RUBION der Ruhr-Universität Bochum arbeiten. Hierbei konnten wir einen kleinen Einblick in den Arbeitsalltag eines Experimentalphysikers erhalten. Erklärungen über Funktionsweise der Gerätschaften und der physikalischen Vorgänge erfolgten dabei nicht nur durch unseren Physiklehrer Herr Dr. Schümann, sondern auch durch den Privat Dozenten Dr. Meijer (siehe Abb. 9)

Wir mussten uns dabei natürlich an bestehende Sicherheitsbestimmungen halten. Dazu gehörte vor allem das Vermeiden einer radioaktiven Kontamination durch das Einhalten entsprechender Kleidungsvorschriften und Sicherheitskontrollen (siehe Abb. 10)



Abbildung 9: Das RUBION



Abbildung 10: Strahlungsmessung beim Verlassen des Sicherheitsbereichs

Vor allem aber konnten wir den Ort besuchen, an dem die Messungen für uns durchgeführt wurden. Dort konnten wir auch einen Blick auf den Germanium-Detektor, mit all seinen Bestandteilen, werfen (siehe Abb. 11). Hierzu gehören Bleiabschirmung und Stickstoffkühlung.



Abbildung 11: Probe auf dem Germaniumdetektor; Umgeben von Bleiabschirmung

4. Fazit

Zwar haben unsere Untersuchungen und Analysen ergeben, dass der Boden in Bochum mit großer Wahrscheinlichkeit nachweisbare Mengen von Radon enthält, jedoch müssten über ganz Bochum verteilt weitere Proben entnommen werden und Messungen über die tatsächliche Strahlenbelastung durchgeführt werden, um Aussagekräftige Schlussfolgerungen für ganz Bochum treffen zu können.

Quellen:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/36/Thoriova_rada.svg/2000px-Thoriova_rada.svg.png

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e6/Uranova_rada.svg/2000px-Uranova_rada.svg.png

