An Herrn

Marco Didone

Kantonsschule Rämibühl MNG

Natw. Inst./Physik

Rämistrasse 54

8001 Zürich

**Radioaktivität**

Wir haben radioaktive Quellen mit einem Geigen-Müller-Zählrohr auf ihre Zählrate untersucht. Zudem haben wir den Zerfall von Radon gemessen und eine Messkurve erstellt.

Johanna Kallfelz und Alina Reusch

Mathematisch naturwissenschaftliches Gymnasium Rämibühl

Klasse 3b

8001 Zürich

Bericht zum Physikpraktikum vom 5. Mai 2015

1. Einleitung

Der Begriff Radioaktivität wurde erstmals 1898 vom Ehepaar Marie Curie und Pierre Currie für das von Antoine Henri Becquerel im Jahre 1896 entdeckte Phänomen verwendet. Dieser Umwandlungsprozess wird auch als radioaktiver Zerfall oder Kernzerfall bezeichnet. Becquerel entdeckte bei einem Versuch die gerade gefundene [Röntgenstrahlung](http://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%B6ntgenstrahlung) als [Fluoreszenzerscheinung](http://de.wikipedia.org/wiki/Fluoreszenz) zu erklären, dass Uransalze auch bei vollkommener Dunkelheit eine Fotoplatte durch eine lichtdichte Verpackung hindurch schwärzen konnten und geladene Kondensatorplatten entladen. Allerdings war die Uranprobe dazu auch ohne vorherige Belichtung in der Lage, was Fluoreszenz als Ursache ausschloss. Für seine Arbeiten wurden dem französischem Physiker 1903 der Nobelpreis für Physik ausgezeichnet. Ebenfalls erhielt Marie Currie für ihre Arbeiten 1903 den Nobelpreis für Physik und auch, wie nur sehr wenige Wissenschaftler 1911 den Nobelpreis für Chemie. Becquerel schloss aus seiner Entdeckung, dass die Schwärzung nur durch eine vom Uransalz stammende Strahlung verursacht werden konnte. Er nannte diese Strahlung darum auch ‚Uranstrahlung‘. Wie er später zeigte, konnte diese neue Strahlung lichtundurchlässige Stoffe durchdringen und Luft ionisieren, ohne dabei von Temperaturänderungen oder chemischen Behandlungen der Probe beeinflusst zu werden. Kurz darauf ebenfalls im Jahre 1898 fand das Ehepaar Curie weitere strahlende Minerale. Neben Thorium fanden sie noch zwei weitere deutlich stärker strahlende Elemente, die sie [Radium](http://de.wikipedia.org/wiki/Radium) und [Polonium](http://de.wikipedia.org/wiki/Polonium) nannten. Alle diese Materialien brauchten nicht zuerst zum Strahlen angeregt zu werden. Sie strahlten spontan und selbständig. Pierre und Marie Curie prägten für dieses „aktive„ Strahlen den Begriff „Radioaktivität„. Heute kennt man rund 1500 verschiedene Nuklide. Lediglich 249 davon sind stabil (nicht radioaktiv). Der Rest sind instabile Radionuklide (radioaktive Nuklide). Diese erstrecken sich über alle Elemente. D. h. es gibt kein Element, das nicht mindestens ein radioaktives Isotop besitzt.

Ziel des Praktikums war es radioaktive Substanzen und radioaktive Strahlung kennenzulernen, wie auch etwas über die Gesetzte des radioaktiven Zerfalls zu erfahren. [1&2]

2. Theorie

Die natürliche Häufigkeit eines Isotops ist schliesslich bestimmt durch die Stabilität des entsprechenden Kerns. Es ist zwar denkbar, ein beliebig schweres Isotop eines Elements zu erzeugen, doch in der Realität sind dem Grenzen gesetzt. Isotope eines Elements, welche ein ungünstiges Verhältnis zwischen Neutronen- und Protonenzahl aufweisen - häufig sind es zu wenige Neutronen - zerfallen spontan. Sie senden zur Stabilisierung so lange Elementarteilchen und Energie aus dem Kern, bis stabile Isotope entstanden sind. Dieser natürliche spontane Zerfallsprozess wird Radioaktivität bzw. radioaktive Strahlung genannt. Die Radioaktivität ist ein natürlicher Prozess, der überall stattfindet. Instabile isotope stabilisieren sich durch Ausstrahlung radioaktiver Strahlung [3]

**Drei klassischen Strahlenarten des radioaktiven Zerfalls:**

**γ-Zerfall:** Aussendung hochenergetischer Strahlung (γ-Quanten, harte Röntgenstrahlung) aus dem instabilen Kern. Die γ-Strahlung ist meist Begleitstrahlung der andern beiden Strahlungsarten und verändert weder die Massen- noch die Ordnungszahl.Die γ-Strahlen dringen beinahe durch jede Materie hindurch.[2] Abschirmen kann man sie am besten mittels dicken Bleiplatten. Werden die γ-strahlen von der Haut absorbiert verbrennt diese. [3]

**α-Zerfall**: Ein Atomkern sendet ein Heliumkern aus. Dieser Heliumkern α besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen

**β+-Zerfall:** Anders als im β—Zerfall wird im β**+**-Zerfall ein Proton umgewandelt in ein Neutron und ein Anti-Elektron, das Positron. Trifft ein Positron auf ein Elektron, so wird Energie in Form von γ-Strahlung freigesetzt. Zur Impuls- und Energieerhaltung wird diesmal ein Neutrino ausgestossen.

Die β**+**-Zerfallsgleichung heisst somit:

**β--Zerfall:** [Umwandlung](http://www.lerncd.ch/chi/kap/glossar.xml#betast) eines Neutrons in ein Proton und ein Elektron. Das Elektron entsteht direkt im Kern und wird sogleich emittiert (ausgesandt). Es entsteht zusätzlich ein Antineutrino.

ist ein Antineutrino. Neutrinos dienen lediglich dazu, dass in der Theorie die Impuls- und Energieerhaltung erfüllt bleibt. Ansonsten reagieren die Neutrinos mit praktisch nichts und fliegen unbemerkt durch alles hindurch.

Die β--Zerfallsgleichung heisst somit:

**Die Halbwertszeit:**

Die Strahlungsdauer oder die Halbwertszeit T ½ definiert die Zeitdauer, die verstreicht, bis die Hälfte der zerfallenden Isotope sich in andere Isotope umgewandelt haben. [1] Bei exponentiell abnehmenden Werten ist die Halbwertszeit eine Konstante, die weder von der Anfangsmenge noch von der bereits verstrichenen Zeit abhängt und daher den jeweiligen Vorgang selbst charakterisiert.“ [3] Die Halbwertszeit bei einem Radioaktiven Zerfall bleibt konstant. [3 & 5]

Halbwertszeit mittels dem Zerfallsgesetzt aus der FoTaBe [6] ( Auflage 2013 S.183)

Zerfallsgesetz: Halbwertszeit:

 => 

(N0 = Anzahl der nicht Zerfallenen kerne zum Zeitpunkt t=0)

(δ= Zerfallskonstante)

**Die Aktivität** (Strahlungsintensität) beschreibt die Anzahl der Zerfälle (ΔN) in der Zeitspanne (Δt). Sie ist die Steigung der Funktion N(t).

 [A] =Bq = s-1  = Becquerels

**Die Kernspaltung:** Neben der natürlichen Radioaktivität wird sehr oft auch im Zusammenhang mit der friedlichen oder militärischen Energiegewinnung der Begriff Radioaktivität genannt, obwohl es sich dabei primär um andere Prozesse handelt nämlich um [Kernspaltungsprozesse.](http://www.lerncd.ch/chi/kap/animationen.xml#kernspaltung) Bei der [Kernspaltung](http://www.lerncd.ch/chi/kap/glossar.xml#kernsp) wird ein spaltbarer Kern mit Neutronen beschossen, worauf er in zwei grosse Bruchstücke zerfällt, weitere Neutronen aussendet und sehr viel Energie abgibtAnders als beim radioaktiven Zerfall entstehen bei der Kernspaltung zwei relativ grosse Tochterkerne und daneben Neutronen, welche erneut Kerne spalten können. In dieser Weise entsteht eine lawinenartige [Kettenreaktion](http://www.lerncd.ch/chi/kap/animationen.xml#kettenreaktion) die bewusst aufrechterhalten wird bei einer [Atombombe](http://www.lerncd.ch/chi/kap/glossar.xml#atombo), bzw. bewusst gebremst wird in einem Atomkraftwerk. Die freigesetzte Energie ist zum grossen Teil Wärme und kann in einem Atomkraftwerk eine Dampfturbine betreiben. In der eben beschriebenen Weise können allerdings nur wenige Isotope reagieren, die meisten Isotope lassen sich gar nicht spalten oder erzeugen zu wenig Energie. Damit genügend spaltbares Material auf kleinem Raum vorhanden ist und die Kettenreaktion erhalten werden kann, muss das spaltbare Ausgangsmaterial [angereichert](http://www.lerncd.ch/chi/kap/glossar.xml#anreic) werden. Ein Brennstab wie er in einem Atomkraftwerk verwendet wird, enthält ca. zu 5% spaltbare Isotope (U-235), der Rest besteht aus anderen Isotopen welche allerdings meist selbst radioaktiv sind (Uranerz). Aus diesem Grund sind Brennstäbe sowohl vor wie auch nach Gebrauch stark radioaktiv. Beim Abwurf einer Atombombe oder auch bei einem Reaktorunfall, wie er sich 1986 in Chernobyl ereignete, besteht unmittelbare Gefahr wenn man sich in der Ereigniszone aufhält. Allerdings können auch weit entfernt (damals auch in der Schweiz) Folgen auftreten, die z. B. auf die Isotope zurückzuführen sind. Diese beiden Isotope sind darum so gefährlich, weil sie inkorporiert (in den Organismus eingebaut) werden. Iod wird in der Schilddrüse, Cäsium in Knochen eingelagert und verweilt dadurch lange Zeit im Körper. [3]

**Auswirkung der Strahlen auf den Menschen:** Die verschiedenen Strahlungsarten haben eine unterschiedliche Reichweite: Während schwere α-Teilchen im Vakuum nur einige Zentimeter weit vordringen, fliegen β-Teilchen bereits wenige Meter und γ-Teilchen, als masselose Teilchen mehrere Kilometer weit. Genauso unterschiedlich wie ihre Reichweite ist auch das Eindringvermögen in einen menschlichen Körper. Während α-Teilchen an der obersten Hautschicht eines Menschen abprallen, dringen β-Teilchen bereits in oberste Hautschichten ein und γ-Teilchen durchdringen einen Körper. Sie werden von den Knochen absorbiert (Röntgenbilder), können im Gewebe aber erheblichen Schaden anrichten. Obwohl α-Teilchen nicht durch die Haut in einen Körper dringen können, ist ihr Gefahrenpotenzial enorm. α-Teilchen haben einen 20-mal schädlicheren biologischen Effekt als β- oder γ- Strahlen. Das bedeutet, dass α - Strahlung, welche im Innern eines Körpers aktiv ist, das Gewebe bedeutend stärker schädigt als die anderen Strahlungsarten bei vergleichbarer Strahlendosis.[3]

3. Experiment

Beilagen: visiertes Originalprotokoll, Auswertung, Fehlerberechnung

Auswertung

**Aufgabe 1:**

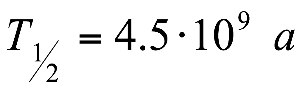
**Uran**

Uran ist ein [chemisches Element](http://de.wikipedia.org/wiki/Chemisches_Element) mit dem [Elementsymbol](http://de.wikipedia.org/wiki/Elementsymbol) U und der [Ordnungszahl](http://de.wikipedia.org/wiki/Ordnungszahl) 92. Im [Periodensystem](http://de.wikipedia.org/wiki/Periodensystem) steht es in der Gruppe der [Actinoide](http://de.wikipedia.org/wiki/Actinoide). Uran ist ein [Metall](http://de.wikipedia.org/wiki/Metalle), dessen sämtliche Isotope [radioaktiv](http://de.wikipedia.org/wiki/Radioaktivit%25C3%25A4t) sind.

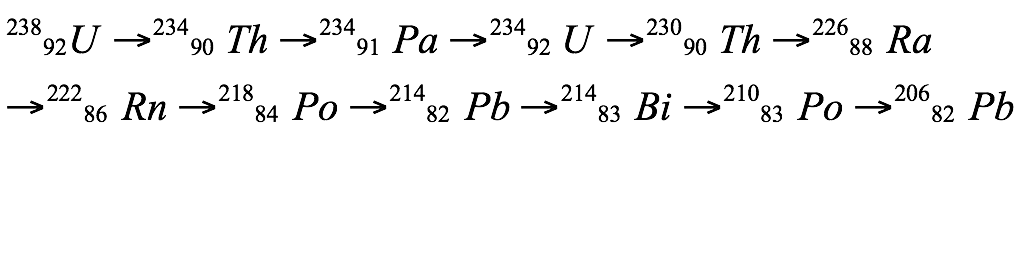
Derzeit sind von Uran 25 Isotope mit Halbwertszeiten zwischen 1 µs und 4,468 Milliarden Jahren bekannt.Von diesen kommen nur vier Isotope in der Natur vor. Davon stammen Uran- 238 und Uran- 235 noch aus der Entstehungszeit des Sonnensystems. Uran- 234 entsteht über mehrere Zwischenstufen beim Zerfall aus Uran 238U, 236U durch seltene Neutroneneinfänge aus 235U.

Das künstlich erzeugbare Isotop 233U spielt in der Technik eine Rolle. Alle anderen Isotope besitzen Halbwertszeiten von maximal 68,9 Jahren.

Die Halbwertszeit von Isotop 238U: [3&7]



Die Zerfallskette:

**Kaliumchlorid**

(Sylvin), KCl, das [Kaliumsalz](http://de.wikipedia.org/wiki/Kalium) der [Salzsäure](http://de.wikipedia.org/wiki/Salzs%25C3%25A4ure), bildet farblose, salzig-bitter schmeckende, wasserlösliche [Kristalle](http://de.wikipedia.org/wiki/Kristall) mit einem [Schmelzpunkt](http://de.wikipedia.org/wiki/Schmelzpunkt) von 773 °C[[2]](http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumchlorid#cite_note-MERCK_Index-2) und einer [Dichte](http://de.wikipedia.org/wiki/Dichte) von 1,98 g/cm3. Es löst sich bei 20 °C zu 347 g·l−1 in Wasser. [8]

**Kaliumcarbonat**

K2CO3, ist das [Kaliumsalz](http://de.wikipedia.org/wiki/Kalium) der [Kohlensäure](http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlens%25C3%25A4ure). Es bildet ein weißes, [hygroskopisches](http://de.wikipedia.org/wiki/Hygroskopisch) [Pulver](http://de.wikipedia.org/wiki/Sch%25C3%25BCttgut) mit einer [Schmelztemperatur](http://de.wikipedia.org/wiki/Schmelztemperatur) von 891 °C und einer [Dichte](http://de.wikipedia.org/wiki/Dichte) von 2,428 g·cm−3 [9]

**Uhren**

Um das Zifferblatt von Uhren auch bei Dunkelheit erkennen zu können, werden lumineszierende Farben verwendet, die von einer radioaktiven Substanz zum Leuchten angeregt werden. Bis in die 1960er Jahre wurden die Leuchtzifferblätter von Armbanduhren und Weckern mit Radium (Ra-226)- und Promethium (Pm-147)-haltigen Leuchtfarben versehen. [10]

**Radium**:

Radium ist ein chemisches Element mit dem Elementsymbol Rh und besitzt die Ordnungszahl 45. Es befindet sich im Koordinatensystem in der Cobaltgruppe

Es entsteht mittelbar aus dem Zerfall von Uran-238 in der (4n+2) Zerfallskette. [11]

Die Halbwertszeit vom Isotop Ra-223:

T 1/2= 11.435 d

**Promethium**

: Ist ein chemisches Element mit dem Elementsymbol Pm und besitzt die Ordnungszahl 61. Es befindet sich im Koordinatensystem in der Gruppe der Lanthanoide. Es wurde 1945 als Spaltprodukt von Uran entdeckt. [12]

Die Halbwertszeit des Isotops Pm-143:

T1/2= 265 d

**Gneis**

Der Gneis ist ein metamorphes Gestein und entsteht aus Granit in der Metamorphose. Die radioaktiven Nuklide Thorium, Uran oder Kalium-40 kommen in unterschiedlich stark angereicherten Mengen in Granit vor. Das Zerfallsprodukt ist Radon. Eine Gesundheitsbelastung durch die Strahlung von Graniten im Alltag ist gering. Eine Krebserkrankung aufgrund der Strahlenbelastung durch Granit wir auf nur 1:1Mio geschätzt.

**Die Zerfallsreihen:**

Allgemein ist eine Zerfallsreihe eine Abfolge von nacheinander entstehenden Produkten aufgrund von radioaktivem Zerfall. Die Reihe entsteht, wenn sich ein so genanntes Radionuklid in ein anderes, und dieses in ein weiteres und dieses in ein drittes teilt oder zerfällt. (Es wird von Tochternuklid, Enkelnuklid, Urenkelnuklid usw. gesprochen). Es existieren drei natürliche Zerfallsreihen und eine künstlich erzeugte. Die natürlichen radioaktiven Familien der Radionuklide Uran-239, Uran-235 und Thorium-232 sind praktisch und historisch wichtig, sie entstehen durch α- und β- Zerfälle. Durch den α-Zerfall wird die Massenzahl des Atomkerns um vier Einheiten verringert, durch den β-Zerfall bleibt sie unverändert. Drückt man die Massenzahl A als image4.pdf aus (n= eine natürliche Zahl und m 0,1,2 oder 3), so bleibt m innerhalb einer Zerfallsreihe konstant.

Die natürlichen Zerfallsreihen :

1. Die Uran-Radium Zerfallskette oder (4n+2)-Reihe
2. Die Uran-Actinium Zerfallskette oder (4n+3)-Reihe
3. Die Thorium Zerfallskette oder (4n)-Reihe

Die Zerfallsreihen der Uran-Radium und Uran-Actinium Ketten beginnen beide mit dem Isotop U-234 als Mutternuklid. Die Uran-Radium Reihe endet mit dem Nuklid Pb-206 (siehe Zerfallskette von U-234 unter dem Titel Uran) und die Uran- Actinium Reihe mit dem Nuklid Pb-207. Die beiden Endnuklide Pb-206 und Pb- 207 sind stabil.

Die Thorium Zerfallsreihe beginnt mit dem Isotop Th-232 und besitzt das stabile Isotop Pb-208 als Endnuklid.

Eine weitere Zerfallsreihe existiert, diese ist jedoch künstlich.

1. Die Neptunium Zerfallskette oder „(4n+1)“-Reihe

In der zuvor genannten (4n+m)-Systematik, fehlt eine Reihe mit m=1. Da in der Natur im Massenzahlenbereich von Uran und Thorium kein Nuklid mit (4n+1) existiert, gibt es eine solche Zerfallsreihe nicht mehr. Die künstlich erzeugbare Reihe des Plutonium-241 oder Neptunium-237 wird auf Grund der Systematik als fehlende vierte Zerfallsreihe angesehen. Nur das Bismut-209 ist aufgrund seiner langen Halbwertszeit noch vorhanden und wurde bis 2003 als Endprodukt der Neptunium-Reihe angesehen. Dann wurde jedoch herausgefunden, dass es ein α-Strahler mit einer enorm hohen Halbwertszeit ist. Das Endnuklid ist daher Thallium-205. [6,13,14]

**Aufgabe 2**

Abgelesene Halbwertszeiten aus der Messerkurve des Zerfalls von Radon (in der jeweiligen Farbe, welche auch auf dem Diagramm eingezeichnet wurden): mit einem absoluten Fehler von ±2s

59s, 55s, 56s, 57s, 55s

∅ = 56.4±2s

Verglichen mit der Halbwertszeit aus der FoTaBe S.200 passt das **Isotop Rn-220** mit einer Halbwertszeit von 55.6s am besten zu unseren Messwerten.

**Aufgabe 3**

Es muss die Annahme getroffen werden, dass die Halbwertszeit konstant bleibt. Der Wert ist wahrscheinlich eher zu gross, weil es bestimmt keine reine Sr-90 Quelle ist. Zudem Befand sich die Quelle in einem kleinen Hohlraum, beim Austreten wurden daher auch radioaktive Strahlen absorbiert, bevor sie durch das Fenster des Geigenmüllerzählrohrs treffen konnten. Der Fehler für die Radien beträgt 0.1mm.

-Radius des Fensters r 1 : 0.01± 0.0001m

-Radius der Kugel r 2 (Abstand der Sr-90 Quelle zum Fenster) : 0.1± 0.0001m

-Zählrate (Durchschnitt aus zehn Messungen) : 24.6 imp/s

-T1/2 Sr-90 =28.79 a = 907921440s ( FoTaBe Ausgabe 2013 S.199 [6] )

-Masse eines Sr-90-Isotop : m a = 89.907738 u =1.49⋅10 -25 kg (FoTaBe Ausgabe 2013 [6])

-Berechnung der Menge des radioaktiven Materials

* 
* 
* 
* 

* Fehlerrechnung:



4. Schlussfolgerung

**Resultate:** Durch die graphische Ablesung der Halbwertszeit in der Messkurve, konnten wir das Isotop Rn-220 feststellen, denn der Literaturwert dieses Isotop liegt in unserer Fehlerschranke von ± 2s.Das Resultat bei Aufgabe drei ist wahrscheinlich zu gross, denn wie schon gesagt besteht die Quelle nicht nur aus reinem Sr-90.

**Reflexion:** Der Geigen-Müller-Zähler ist ein geeignetes Gerät um die Zählrate zu bestimmen. Es lässt sich einfach bestimmen oder ablesen, wie hoch die Zählrate einer Quelle ist. Das Praktikum hat uns gelehrt, dass „Strahlung nicht gleich Strahlung ist“, denn obwohl wir mit radioaktiven Quellen gearbeitet haben, sind diese für uns nicht lebensgefährlich in dieser geringen Dosis. Es hat uns gezeigt, dass Radioaktivität ein täglicher Bestandteil unseres Alltags ist und dass man sich nicht immer davor fürchten braucht.

5. Quellen

1 <http://de.wikipedia.org/wiki/Radioaktivität>

2 [http://www.nagra.ch/de/wasistdas.htm](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fwww.nagra.ch%2Fde%2Fwasistdas.htm&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)

3 Chemieheft 2012/2013

4 <http://de.wikipedia.org/wiki/Gammastrahlung>

5 <http://de.wikipedia.org/wiki/Halbwertszeit>

6 Formeln, Tabellen, Begriffe Auflage 2013

7 [http://de.wikipedia.org/wiki/Uran](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FUran&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)

8 [http://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Kaliumchlorid](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fwww.pharmawiki.ch%2Fwiki%2Findex.php%3Fwiki%3DKaliumchlorid&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)

9 [http://de.wikipedia.org/wiki/Kaliumcarbonat](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FKaliumcarbonat&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)

10[http://www.bfs.de/de/ion/konsintec/uhren.html](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fwww.bfs.de%2Fde%2Fion%2Fkonsintec%2Fuhren.html&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)

11[http://de.wikipedia.org/wiki/Radium](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FRadium&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)

12[http://de.wikipedia.org/wiki/Promethium](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FPromethium&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)

13[http://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik- physik/medien/VeranstMat/ExpSemgemMat/Atome-K-T/rad.\_zerfaelle\_zerfallsreihen.pdf](http://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-%20%20%20%20%20%20physik/medien/VeranstMat/ExpSemgemMat/Atome-K-T/rad._zerfaelle_zerfallsreihen.pdf)

14 [http://de.wikipedia.org/wiki/Zerfallsreihe](https://mail.mng.ch/cgi-bin/webmail?redirect=http%3A%2F%2Fde.wikipedia.org%2Fwiki%2FZerfallsreihe&timestamp=1431515408&md5=BhvzWKrmyhF65%2FUUk160%2FQ%3D%3D)