

## Lernaufgabe zum Thema Radioaktivität

# Der Alpha-Zerfall von instabilen Atomen

Fach: Chemie

Schultyp: Mittelschule, alle Typen

Alter der Adressaten: 1. Semester Chemieunterricht

Bearbeitungsdauer: Doppellektion von 2 x 40 Minuten  
20 Minuten Hinführung (inkl. IU von 5 Minuten)  
40 Minuten **Bearbeitung der Lernaufgabe**  
(Ein Lehrervortrag von 20 Minuten über den Beta-Zerfall von instabilen Atomen und über Gamma-Strahlung kann die Doppellektion in idealer Weise ergänzen.)

Autor: Dr. Urs Leutenegger

Fassung vom: Juni 1999

Schulerprobung am: 8. Juni und 22. Juni 1999 an der KS Rychenberg in Winterthur

## Lernfähigkeiten der Schüler/innen in den vorangegangenen Stunden

- Die Schüler/innen haben sich während einer Lektion mit dem Streuexperiment von Rutherford beschäftigt. Sie kennen die Ergebnisse dieses Experimentes. Die Interpretation der Ergebnisse können die Schüler/innen selbstständig nachvollziehen und das Kern-Hülle-Atommodell in wenigen kurzen Sätzen erläutern.
- Die Schüler/innen haben die drei Elementarteilchen Proton, Neutron und Elektron kennengelernt. Die Schreibweise, welche das Atomsymbol, die Protonenzahl und die Nukleonenzahl eines Atoms aufführt, ist den Schüler/innen geläufig. Sie haben erkannt, dass die Zusammensetzung eines Atoms durch diese Schreibweise eindeutig beschrieben wird.
- Die Schüler/innen haben einen Kurzvortrag über isotope Atome gehört. Sie können den Begriff 'isotope Atome' in zwei kurzen Sätzen definieren.
- Mit Hilfe des Periodensystems und der hier beigelegten Isotopenkarte können die Schüler/innen den Aufbau von stabilen Atomen jeder Atomsorte beschreiben. Diese Fertigkeit wird während der Hinführung zur Lernaufgabe anhand einer Kurzaufgabe repetiert.

## Hinführung zur Lernaufgabe

### 1. Schriftlich ausformulierter IU an die Lernenden

Sei es in der Tageszeitung oder im Fernsehen: Sie alle sind dem Begriff 'Radioaktivität' schon einmal begegnet. Vielleicht haben Sie auch schon einmal in einem Lexikon unter R ... nachgeschlagen oder an einer Diskussion über dieses Thema teilgenommen.

Radioaktivität --- ein Fremdwort --- ja, aber im Alltag sind Sie diesem Begriff so oft begegnet, dass Sie sich wahrscheinlich irgendwann gezwungen sahen, Ihre ganz eigene Vorstellung darüber zu entwickeln. Eines wissen Sie bestimmt: Radioaktivität hat nicht viel mit den harmlosen Radiowellen zu tun, welche von Ihrem Walkman empfangen werden können. Radioaktive Strahlung ist zwar ebenfalls unsichtbar, aber die "geheimnisvolle" Strahlung ist gefährlich.

So geheimnisvoll Radioaktivität auch ist: Die Modellvorstellung über die Vorgänge, die zur Entstehung radioaktiver Strahlung führen, lässt sich von unseren Modellen über den Bau von Atomen ableiten. Während den nächsten 50 Minuten können Sie Ihre bisherige Vorstellung über Radioaktivität überprüfen.

Wir gehen wie folgt vor:

- Sie lesen zuerst einen kurzen Text. Diesem Text sind zwei kurze Aufgaben beigelegt. 10'  
Ihre Lösungen müssen Sie mir vorlegen.
- Danach zeige ich Ihnen mit Hilfe eines Geigerzählers, dass Urangestein radioaktiv strahlt. 5'
- Anschliessend lösen Sie eine Aufgabe.  
**Diese Aufgabe gibt Ihnen die Möglichkeit, mit Hilfe Ihrer jetzigen Chemiekennnisse eine Modellvorstellung über die Entstehung radioaktiver Strahlung zu entwickeln.** 40'
- *Fakultativ*: Von zwei wichtigen und interessanten Aspekten der Radioaktivität, welche Ihr selbstständig erarbeitetes Modell ergänzen, berichte ich Ihnen während den letzten 20 Minuten dieser Doppellektion. 20'

## 2. Overheadprojektion für den IU

- WAS  
Radioaktivität --- ein Fremdwort --- ja, aber ...
- LERNZIEL  
Bisherige Vorstellungen über Radioaktivität ergänzen oder korrigieren  
Modellvorstellung der Chemie über radioaktive Vorgänge kennen  
Begriff Radioaktivität erklären
- ABLAUF  
**Kurztext** lesen und **zwei Aufgaben** lösen 10'  
**Experiment** mit Geigerzähler 5'  
**Aufgabe** lösen: Sie entwickeln selbstständig ein Modell über die Entstehung radioaktiver Strahlung 40'  
Vortrag des Lehrers: **Zwei Ergänzungen** 20'

## 3. Unterlagen für die Fachlehrperson bzw. die Schüler/innen

- Overheadprojektion für den IU: Die nächste Seite ist die Kopiervorlage für den IU.
- Das Periodensystem kann bei der W. Meyer AG in Hergiswil bezogen werden: 'Periodic Table of the Elements' der Sargent-Welch Scientific Company. *Dieses PS führt eine 'Table of Selected Radioactive Isotopes' auf.*
- Isotopenkarte. Kopiervorlage: Siehe beigelegtes Claris Draw 1.0 Dokument.
- Kurztext mit zwei Aufgaben folgt auf der übernächsten Seite.

## - WAS

Radioaktivität --- ein Fremdwort --- ja, aber ...

## - LERNZIEL

Bisherige Vorstellungen über Radioaktivität ergänzen oder korrigieren

Modellvorstellung der Chemie über radioaktive Vorgänge kennen

Begriff Radioaktivität erklären

## - ABLAUF

**Kurztext** lesen und **zwei Aufgaben** lösen 10'

**Experiment** mit Geigerzähler 5'

**Ein Modell** über die **Entstehung radioaktiver Strahlung** entwickeln 40'

Vortrag des Lehrers: **Zwei Ergänzungen** 20'

## Kurztext und zwei Aufgaben

In den Atomkernen werden Protonen und Neutronen auf kleinstem Raum zusammengehalten. Das bewirken sogenannte starke Kernkräfte. Diese starken Kernkräfte wirken den elektrostatischen Kräften der sich gegenseitig abstossenden positiv geladenen Protonen entgegen. Bismut ist die letzte Atomsorte des Periodensystems, von welcher es stabile Atome gibt: Die 83 Protonen des Bismut-Atomkerns sowie die dazugehörigen 126 Neutronen werden durch die starken Kernkräfte gerade noch zusammengehalten.

Bei *Atomkernen mit mehr als 83 Protonen* führen die abstossenden Kräfte zwischen den zahlreichen Protonen *immer* zum **Zerfall des Atomkerns**: Ab Polonium sind alle Atomsorten instabil.

Auch bei *Atomkernen mit 83 oder weniger Protonen* bilden *gewisse Kombinationen von Protonen und Neutronen* instabile Atomkerne. Auch diese Atomkerne **zerfallen im Laufe der Zeit**: Eine Auswahl von instabilen Atomen findet man im PS in der *Table of Selected Radioactive Isotopes*.

Von den Atomsorten Technetium und Promethium gibt es keine stabilen Atome: Vgl. Lücken in der Isotopenkarte der stabilen Atomkerne. Alle Technetium- und Promethium-Atome sind künstlich hergestellt worden.

**Von den bis heute insgesamt etwa 2500 bekannten unterschiedlich zusammengesetzten Atomkernen sind nur gerade 280 stabil. Alle anderen zerfallen im Laufe der Zeit.**

## Aufgabe

- a) Führen Sie mit Hilfe der 'Isotopenkarte der stabilen Atomkerne' alle *stabilen* Atome der Atomsorten Wasserstoff, Kohlenstoff, Kalium, Blei (Pb) und Bismut in der uns bekannten Schreibweise auf.
- b) Von den in a) aufgeführten Atomsorten Wasserstoff, Kohlenstoff, Kalium, Blei (Pb) und Bismut gibt es auch *instabile* Atome. Führen Sie diese in der uns bekannten Schreibweise auf.

# Lernaufgabe

## 1. Einleitung

Im Jahre 1896 stellte der französische Physiker Henri Becquerel (1852-1908) zufälligerweise fest, dass Urangestein eine unsichtbare, energiereiche Strahlung aussendet. 1898 untersuchte Marie Curie (1867-1934) Urangestein genauer und entdeckte darin ein neues, bisher unbekanntes Element, welches dieselbe Strahlung wie Uran mit sehr hoher Intensität aussendet. Sie gab dem neuen Element den Namen Radium (von lat.: radius = Strahl). Die Elemente Uran und Radium bezeichnete sie als **radioaktiv** und die von ihnen ausgesandte Strahlung als **radioaktive Strahlung**. Heute weiss man, **dass diese radioaktive Strahlung direkt mit dem Zerfall der instabilen Uran- und Radium-Atomkerne zu tun hat.**

## 2. Vorbereitung zur Aufgabe

Alle folgenden Atome können im Urangestein nachgewiesen werden: U-238, Th-234, Pa-234, U-234, Th-230, Ra-226, Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214, Pb-210, Bi-210, Po-210 und Pb-206.

- Tragen Sie diese Atome *der hier vorliegenden Reihenfolge nach* als Punkte in die leere Isotopenkarte ein. Beschriften Sie die Punkte für U-238, Ra-226 und Pb-206.
- Welche dieser Atome sind stabil, welche instabil? Das beantwortet Ihnen die 'Isotopenkarte der stabilen Atomkerne', welche Sie in Ihrem Chemieheft finden. Umkreisen Sie instabile Atome mit grüner Farbe und stabile Atome mit roter Farbe.

## 3. Aufgabe

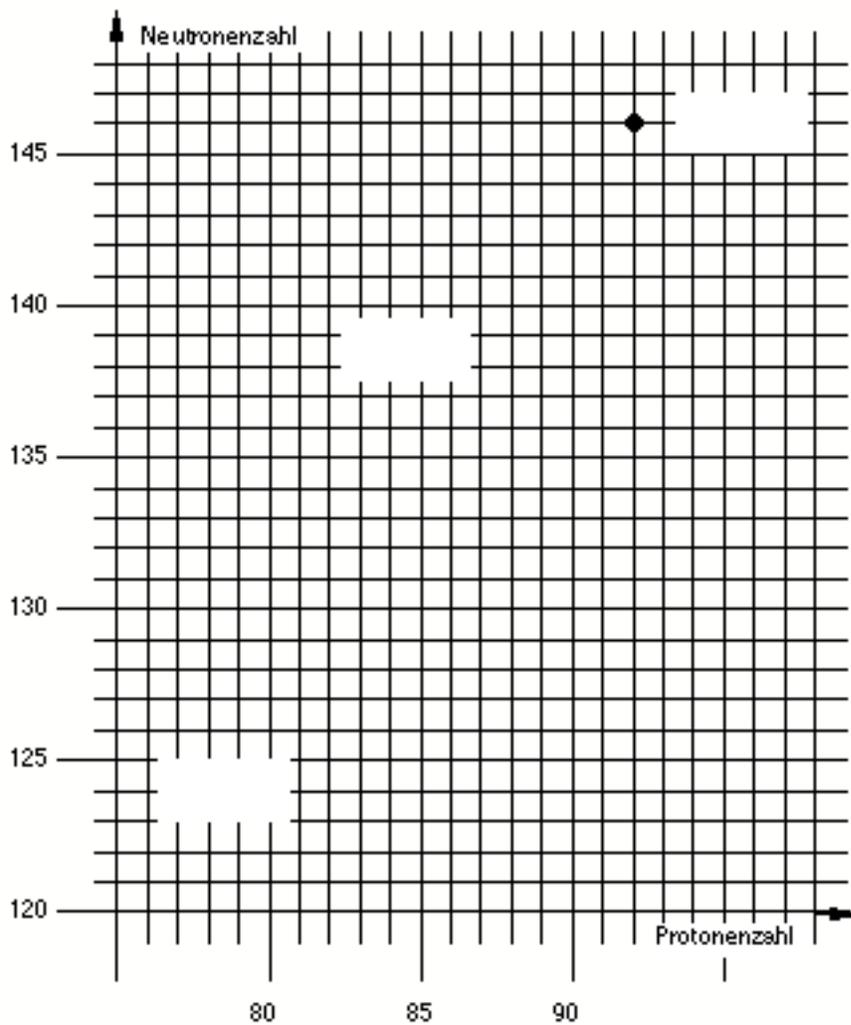
Man nimmt heute an, dass während der Entstehung unserer Erde - vor etwa 4.5 Milliarden Jahren - von den hier eingetragenen Atomen **ausschliesslich die Uran-Atome im Urangestein vorhanden** waren: Das **Vorhandensein der anderen Atome** ist somit das Resultat einer **Folge von radioaktiven Zerfällen, die von den instabilen Uran-Atomen ausgeht.**

- Verfolgen Sie diese Zerfälle!  
Verbinden Sie die in der Isotopenkarte eingetragenen Atome *der Reihenfolge ihrer Eintragung nach* durch Pfeile. Der erste Pfeil geht vom Atom Uran-238 aus. Jeder Pfeil entspricht einem radioaktiven Zerfall des betreffenden Atoms.
- Wie verändert sich der Atomkern eines **Uran-** bzw. eines **Radium-**Atoms während eines radioaktiven Zerfalls?
- Dank einer von Marie Curie isolierten stark radioaktiven Radiumverbindung war es möglich, die Eigenschaften der von Uran und Radium ausgesandten Strahlung zu untersuchen:

Pierre Curie (1859-1906) – der Ehemann von Marie Curie - konnte zeigen, dass die von Uran oder Radium ausgesandte radioaktive Strahlung aus relativ schweren **zweifach positiv geladenen Teilchen** besteht.

**Beschreiben Sie ein solches Teilchen genauer!** Der folgende Hinweis hilft Ihnen dabei: Heutiges Urangestein weist immer auch etwas Helium-Gas auf, welches im Gestein eingeschlossen ist.

- d) Entwickeln Sie jetzt ein **Modell über den radioaktiven Zerfall von Uran- und Radium-Atomen!**
- e) Heutiges Urangestein weist immer auch eine beachtliche Menge an Blei auf. Erklären Sie diese Beobachtung.



Alle in dieser Isotopkarte eingetragenen Atome können in Urangestein nachgewiesen werden.

## Das Neue

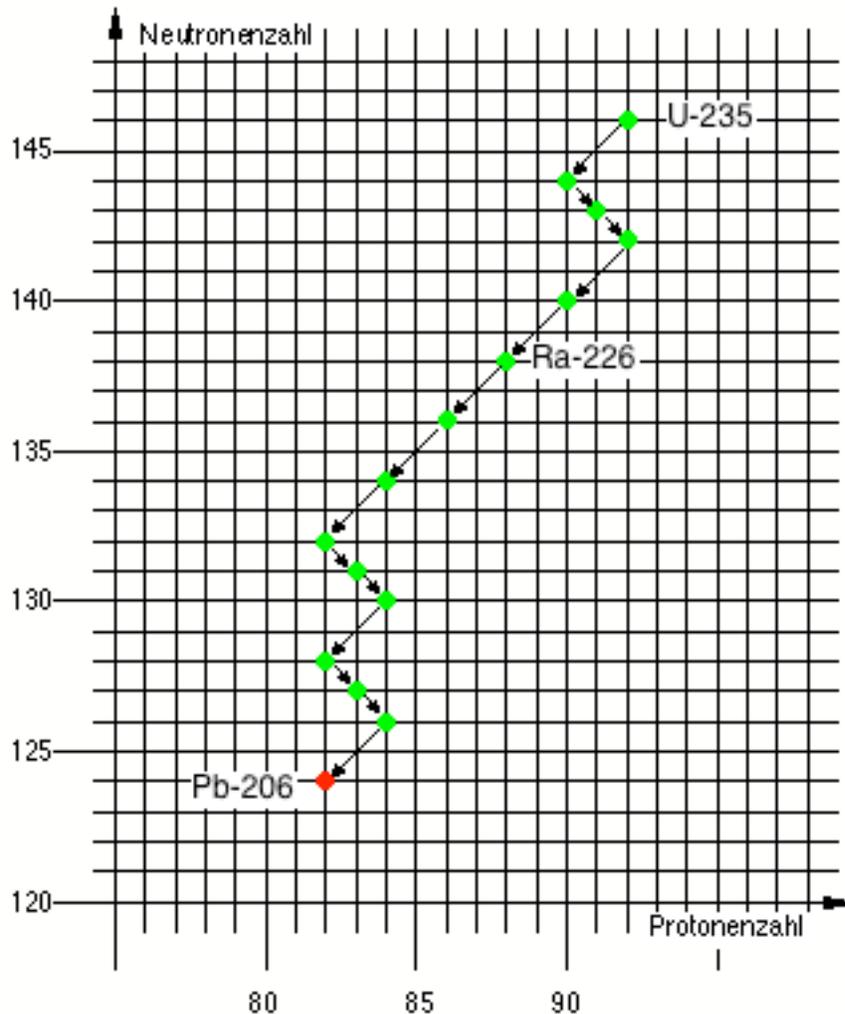
Die Lernaufgabe gibt den Schüler/innen die Möglichkeit, eine **Modellvorstellung** über die Entstehung radioaktiver Strahlung **zu entwickeln**. Die dabei selbstständig erworbenen Erkenntnisse über das Wesen der radioaktiven Strahlung zwingen die Schüler/innen, ihre bisherigen – vielleicht eher diffusen – **Vorstellungen** über das Phänomen 'Radioaktivität' **zu überdenken**.

## Richtige Ergebnisse

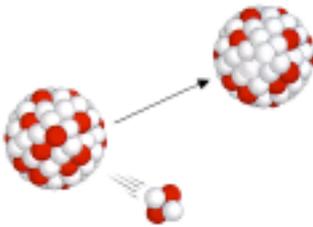
### a) Zerfallsreihe

Ausgangskern:

Stabiler Atomkern am Ende der Zerfallsreihe:



- b) Sowohl der Atomkern eines Uran-Atoms als auch derjenige eines Radium-Atoms verliert zwei Protonen und zwei Neutronen.
- c) Das Teilchen besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen. Dies entspricht einem Helium-Atomkern.
- d) Beim radioaktiven Zerfall von Uran- bzw. Radium-Atomen spaltet sich ein Teilchen, das aus zwei Protonen und zwei Neutronen besteht, vom Atomkern ab. Die von Uran oder Radium ausgesandte radioaktive Strahlung besteht aus Helium-Atomkernen. Der zurückbleibende Atomkern gehört einer anderen Atomsorte an, da sich die Anzahl der Protonen im Atomkern geändert hat. Er ist wiederum instabil und zerfällt weiter.



- e) Vgl. d). Blei-206 (Pb-206) ist das erste stabile Atom dieser 'Zerfallsreihe'. Die Pb-206 Atome häufen sich im Laufe der Zeit im Urangestein an.

## Materialien und Dokumentation

- Die **Lernaufgabe**, bestehend aus zwei A-4 Blättern, muss für die Schüler/innen **kopiert** werden.
- Das **Periodensystem** kann bei der W. Meyer AG in Hergiswil bezogen werden: 'Periodic Table of the Elements' der Sargent-Welch Scientific Company.
- **Isotopenkarte**. Kopiervorlage: Siehe beigelegtes Claris Draw 1.0 Dokument.

## Anhang

- Uranerz und Geigerzähler
- Als fakultative Ergänzung zur Lösung kann die Lehrkraft die oben aufgeführte Graphik den Schüler/innen austeilen: Die nächste Seite ist die Kopiervorlage.

## Literatur zum Thema

- Martin Volkmer: *Radioaktivität und Strahlenschutz*. Schulinformation der Hamburgischen Elektrizitäts-Werke. Herausgeber: Informationskreis Kernenergie, Heussallee 10, 53113 Bonn, Tel.: 0228 / 507 226.