

III.18

Natur und Technik

Biologische Wirkung von radioaktiver Strahlung

Nach einer Idee von Dr. Kerstin Reinecke



Diese Einheit wirft neben den physikalischen Fakten auch die Frage nach der gesellschaftlichen Verantwortung im Umgang mit Radioaktivität auf. Anhand des Beispiels der jungen Frauen, die von Beginn des 1. Weltkriegs an bis in die späten 1920er Jahre hinein in Fabriken die Zifferblätter und Zeiger der selbstleuchtenden Uhren bemalt haben, erarbeitet sich Ihre Klasse die biologische Wirkung von radioaktiver Strahlung.

KOMPETENZPROFIL

Klassenstufe: 10

Dauer: 7–16 Unterrichtsstunden

Kompetenzen: Bewertungskompetenz, Erkenntnisgewinnungskompetenz

Thematische Bereiche: Kernphysik, Eigenschaften und biologische Wirkung von radioaktiver Strahlung, gesellschaftliche und arbeitsschutztechnische Relevanz, Entstehung radioaktiver Strahlung, Halbwertszeit, Hintergrundstrahlung, Kernzerfälle, Nuklidkarte

Medien: Tablets, Filme, Experimentiermaterialien, Internet, Taschenrechner

Didaktisch-methodische Hinweise

Voraussetzungen der Lerngruppe

Die Lernenden sollten sich bereits mit dem Teilchenmodell und dem Kern-Hülle-Modell auseinandergesetzt haben. Auch sollten das Konzept der Energie und der Energietransport durch die Elektronen bekannt sein. Dies hilft, die Natur der α - und β -Strahlung zu verstehen.

Aufbau der Unterrichtseinheit

Neben den schrecklichen gesundheitlichen Auswirkungen, die diese Arbeiterinnen in Folge der Aufnahme von Radium erlitten, zeigt die Geschichte auch zunächst die Faszination für die leuchtende radioaktiven Farbe, die nicht nur diese Frauen ergriffen hatte. Die Faszination der ganzen zeitlichen Gesellschaften für die wissenschaftlichen Erkenntnisse um die radioaktiven Stoffe wird sichtbar. Auch steckt in der Geschichte der Uhrenmalerinnen der Kampf um bessere, gesündere Bedingungen am Arbeitsplatz und der Kampf um Entschädigungen für die erlittenen Gesundheitsschäden. Das Schicksal der Arbeiterinnen kann die Schülerinnen und Schüler berühren und ihnen eröffnen, dass wissenschaftlicher Fortschritt Eingang in die Gesellschaft findet, neue Produkte entstehen und dass der Fortschritt auch Schattenseiten birgt. Hier kann die Geschichte von Wissenschaft und dem Einfluss auf die Menschen nachvollzogen und gleichzeitig Faktenwissen in Kernphysik vermittelt werden. Dies geschieht zusammen mit dem für die Jugendlichen vielleicht mehr bewegenden Aspekt, wie die Gefährlichkeit der radioaktiven Strahlung aufgrund ihrer biologischen Wirkung einzuschätzen ist. Und die Lernenden können begreifen, dass man zunächst die Eigenschaften der Strahlung kennen muss, also grundlegende physikalische Kenntnisse benötigt, um die Wirkung radioaktiver Strahlung einschätzen zu können. Es wird damit auch ein Einstieg in den Bereich der Technikfolgenabschätzung angebahnt, da die Einführung neuer Techniken in den Markt oft immer noch sehr vernachlässigt wird.

Kognitive Aktivierung

Die Vorgehensweisen dienen vornehmlich der nach der Hattie-Studie vorgeschlagenen kognitiven Aktivierung der Schülerinnen und Schüler. Demnach soll das Denken als Aktivität im Mittelpunkt stehen, das konzeptuell verstehen und nicht nur das bloße Nachmachen von Abläufen. Dabei kommt es darauf an, anregende Fragestellungen zu finden. Daher werden in beiden Teilen der Sequenz zunächst Forscherfragen gestellt. Diese Forscherfragen formulieren die Lernenden aus Texten heraus selbst. Es erfolgt im Unterrichtsgespräch eine Lenkung der Auswahl durch Fragestellungen und eine gemeinsame abschließende Formulierung. Auch wird für jede Erarbeitungsphase darauf geachtet, dass die Schülerinnen und Schüler eine möglichst hohe Eigenaktivität zeigen und sich mit den Inhalten gedanklich auseinandersetzen.

Fächerübergreifender Ausbau

Diese Einheit bietet auch die Möglichkeit zum fächerübergreifenden Ausbau. So wird auf den Eintrag des Radiums in das Hydroxylapatit des Knochens eingegangen, was einen Ausflug in die Chemie darstellt. Somatische Schäden und die Entstehung von Tumoren führen zur Biologie.

Vorschläge für Ihre Unterrichtsgestaltung

Der Ablauf der Unterrichtssequenz

Die Unterrichtssequenz gliedert sich in zwei Abschnitte (siehe auch schematische Übersicht in den Hinweisen zu den Materialien):

- Die „Radium Girls“ und die Geschichte des Radiums
- Die Gefahren, die von den Uhren ausgehen und der Schutz der Arbeiterinnen

In der **ersten Doppelstunde** steht die Geschichte der Fabrikarbeiterinnen im Mittelpunkt. Mit Hilfe von Versuchen und weiteren Materialien, wie einem kurzen Film, werden die leuchtenden Uhren vorgestellt und die Fragestellungen für die folgenden Stunden erarbeitet. Dabei wird ein Artikel aus einer Wochenzeitung eingesetzt, der zu vielen fachlichen Problemstellungen führt (**M 1**).

Diese Fragestellungen führen in der **zweiten Doppelstunde** zunächst zu den Bestandteilen der Leuchtfarbe (**M 2**). Radium wird als ursächliche Substanz für die Aussendung von Licht identifiziert.

In der Überleitung wird Radium auch als der Stoff benannt, der das Ticken im Zählrohr verursacht und als Quelle von radioaktiver Strahlung. Die Eigenschaften radioaktiver Strahlung werden in einer schnellen Übersicht von den Lernenden recherchiert (**M 3**), um dies in der **dritten Doppelstunde**

zu der Beschäftigung mit deren gesundheitsschädlicher Wirkung (**M 4 bis M 6**) zu gelangen. Dabei

steht der Einbau von Radium in den Knochen im Vordergrund. Die Lernenden sollen in der **vierten Doppelstunde** mit **M 7** eigenständig ein Lernplakat zu den biologischen Wirkungen erstellen.

Damit schließt der erste Teil der Sequenz und ein Informantext leitet in der **fünften und sechsten Doppelstunde** zur Einschätzung der Gefährlichkeit der Uhren über (**M 8**). In Material **M 8** werden die

Fragestellungen für den zweiten Teil der Sequenz aufgeworfen, die sich mit den Zerfallsreaktionen auseinandersetzt (**M 9 und M 10**), um das Ausstrahlen von Alpha- und Betastrahlung zu erklären und

damit zu einer Einschätzung zur Gefährlichkeit der Uhren im Vergleich zur Hintergrundstrahlung zu kommen (**M 13**). Für die Messung der radioaktiven Strahlung wird in Material **M 11** das Messgerät

„Geiger-Müller-Zählrohr“ eingeführt. In Material **M 12** werden die Begriffe zu Quantifizierung von Strahlung geklärt. Nachdem durch Material **M 13** geklärt ist, wie groß die gesundheitliche Gefahr

tatsächlich ist, die heute noch von den Uhren ausgeht, wird in der **siebten Doppelstunde** erarbeitet, wie lange diese Uhren strahlen, indem die Halbwertszeit und das Zerfallsgesetz (**M 14**) eingeführt werden.

Den Abschluss bildet in der **achten Doppelstunde** die Beantwortung der Frage, wie die Arbeiterinnen hätten geschützt werden können. Abstand und Abschirmung können experimentell gefunden werden (**M 15**) und mit den weiteren Maßnahmen, den „Fünf A's“ gemeinsam beschrieben werden.

Mediathek

- ▶ Moore, Kate: The Radium Girls. Simon & Schuster Ltd. New York 2018.
Kate Moore beschreibt umfassend die Geschichte der „Radium Girls“. Zeichnet ihren Lebensweg und ihre Krankengeschichten nach, stellt sie persönlich vor. Dabei geht die Autorin detailreich auf den Kampf um Gerechtigkeit ein.
- ▶ Cy: Radium Girls – Ihr Kampf um Gerechtigkeit. Carlsen Verlag. Hamburg 2022.
Eine weitere Darstellung des Schicksals der Zifferblattmalerinnen, in starken Bildern illustriert.
- ▶ Clark, Claudia: Radium Girls – Women and industrial health reform, 1910–195. The University of North Carolina Press. Chapel Hill und London 1997.
Hier wird die Geschichte der Arbeiterinnen wissenschaftlich angearbeitet. Das Buch kann für die tiefere Einarbeitung in die Materie dienen.
- ▶ Tipler, Paul A.; Mosca, Gene: Physik für Wissenschaftler und Ingenieure. Elsevier Spektrum Akademischer Verlag. München 2004. S. 1294–1304.

Internetadressen

- ▶ <https://www.leifiphysik.de/kern-teilchenphysik/>
In übersichtlicher Darstellungsweise mithilfe zahlreicher Abbildungen und Animationen stellt Leifi alle wesentlichen Themen zur Kernphysik dar.
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=TPe81XUg8p4>
Diese Dokumentation ist auf Englisch und gut geeignet, um vor der Bearbeitung des Radium Girls Textes die Lernenden zum Thema hinführen.
- ▶ <https://www.youtube.com/watch?v=IPpRrU3v3FE>
In diesem Film kommen Uhrmacherinnen, die ihre Arbeitsbedingungen schildern.
- ▶ <https://chrononautix.com/radium-uhren-gefaehrlich/>
- ▶ <https://www.watchtime.net/uhren-wissen/strahlenbelastung-bei-vintage-uhren/>
In diesen beiden Texten wird auf die radioaktive Belastung durch die Uhren für Sammler eingegangen. Der Text auf dem oberen Link wird im Material eingesetzt. Der untere Link kann alternativ genutzt werden.

[Letzter Abruf der Internetadressen: 20.03.2024]

Auf einen Blick

Ab = Arbeitsblatt, Tx = Infotext, Sv = Schülerversuch, Lv = Lehrerversuch

1.–2. Stunde

Thema: Leuchtende Uhren und die „Radium Girls“

M 1 (Ab, Tx) Die „Radium Girls“

3.–4. Stunde

Thema: Radium als Bestandteil der Leuchtfarbe und grundlegende Eigenschaften radioaktiver Strahlung

M 2 (Ab) Was leuchtet in der Farbe?

Benötigt: Digitales Endgerät oder Laptop, Internetzugang



M 3 (Ab) Eigenschaften radioaktiver Strahlung

Benötigt: Digitales Endgerät oder Laptop, Internetzugang
 Aufbau einer Elektronenstrahlröhre

5.–6. Stunde

Thema: Vergleich der Eigenschaften von Radium und Calcium und Einbau von Radium in den Knochen

M 4 (Ab, Sv) Eigenschaften von Calcium

Benötigt: Calcium in Körner- oder Pulverform 
 Reagenzglas
 Bunsenbrenner
 Kristalle
 Calciumcarbonat
 Magnesiablöcherchen
 destilliertes Wasser
 verdünnte Salzsäure (1 mol/l) 

M 5 (Ab) Vergleich der Eigenschaften von Calcium und Radium

M 6 (Ab) Einbau von Radium in den Knochen

7.–8. Stunde**Thema:****Die biologische Wirkung von radioaktiver Strahlung****M 7 (Ab, Tx)****Die biologische Wirkung radioaktiver Strahlung – ein Lernplakat erstellen****Benötigt:**

- Digitales Endgerät oder Laptop, Internetzugang
- Alternativ Materialien für ein Lernplakat

9.–12. Stunde**Thema:****Radon aus den Uhren und weitere Gefahren****M 8 (Ab, Tx)****Wie gefährlich sind die Uhren?****M 9 (Ab, Tx)****Aufbau des Kerns und die Kernzerfälle****M 10 (Ab, Tx)****Die Nuklidkarte****Benötigt:**

- Digitales Endgerät oder Laptop, Internetzugang
- Lehrbuch oder Formelsammlung mit Nuklidkarte

M 11 (Ab)**Das Geiger-Müller-Zählrohr****M 12 (Ab, Sv)****Die Nullrate****Benötigt:**

- Inspector oder Geiger-Müller-Zählrohr
- Digitales Endgerät

M 13 (Ab, Tx)**Quantitative Messung der Nullrate****13.–14. Stunde****Thema:****Wie lange strahlen die Uhren noch? – Halbwertszeit und Zerfallsgesetz****M 14 (Sv)****Würfelversuch****Benötigt:**

- Pro Gruppe 100 Würfel
- Vorlage

15.–16. Stunde**Thema:****Die fünf „A´s“ und der Schutz der Arbeiterinnen****M 15 (Ab, Sv)****Die fünf A's****Benötigt:**

- Inspector in Aufsteller
- Auernetze von Mekruphy oder Kaliumnitratdünger oder Pottasche
- Lineal
- Etwa 5 cm x 3 cm große Platten aus Aluminium, Pappe, Papier
- Eventuell Halterungen für die Platten (z. B. von Mekruphy)

Minimalplan

Alle Versuche mit schwach radioaktiven Präparaten und Messgeräten sind abhängig von den unterrichtlichen Möglichkeiten. Hier werden jeweils Arbeitsblätter mit Bildern und Versuchsergebnissen angeboten. Alternativ lassen sich auch Filme dazu online finden.

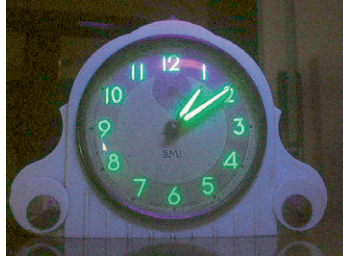
Die Einheit ist in zwei Teile gegliedert. Auf Wunsch kann auch nur der erste Teil zur biologischen Wirkung genutzt werden und die fachlichen Kompetenzen, die durch den zweiten Teil (Wie gefährlich sind die Uhren heute noch?) abgedeckt werden, alternativ erarbeitet werden. Dann sollte möglichst **M 15** „Die fünf A's und der Schutz der Arbeiterinnen“ aufgegriffen werden, um den ersten Teil zu schließen. „Radium Girls“ abzuschließen. Das Material **M 15** kann auch ohne die Kenntnisse aus den Materialien **M 8** bis **M 14** eingesetzt werden.

Die Versuche zu den Eigenschaften des Calciums können bei Zeitmangel ausgelassen werden, hier kann die reine Textarbeit stattfinden.

Was leuchtet in der Farbe?

M 2

Die Zifferblattmalerinnen mussten sich die Leuchtfarbe zum Bemalen der Uhren selbst anrühren. Das radiumhaltige Pulver musste mit verschiedenen Stoffen versetzt werden, um eine malbare Farbe zu erhalten. Dies barg die zusätzliche Gefahr, Radium einzuatmen.



© Arma95/wikimedia.org

The Power of Radium at Your Disposal
 Twenty-three years ago radium was unknown. Today, thanks to constant laboratory work, the power of this most unusual of elements is at your disposal. Through the medium of Undark, radium serves you safely and surely.

Does Undark really contain radium? Most assuredly. It is radium, combined in exactly the proper manner with zinc sulphide, which gives Undark its ability to shine continuously in the dark.

Manufacturers have been quick to recognize the value of Undark. They apply it to the dials of watches and clocks, to electric push buttons, to the buckles of bed room slippers, to house numbers, flashlights, compasses, gasoline gauges, autometers and many other articles which you frequently wish to see in the dark.

The next time you fumble for a lighting switch, or your shoes on furniture, wonder vainly what time it is in the dark—remember Undark. It shines in the dark. Undark can supply you with Undarked articles of all kinds. For interesting little folder telling of the production of radium and the uses of Undark apply for your free folder.

To Manufacturers
 The number of manufactured articles to which Undark will add increased usefulness is manifold. From this standpoint, it has many obvious advantages. We give inquiries from manufacturers and, when it seems desirable, will carry on experimental work for them. Undark may be used on either your watch or your pocket watch.

Undark is simple. It is furnished as a powder, which is mixed with an adhesive. The paste thus formed is painted on with a brush. It adheres firmly to any surface.

RADIUM LUMINOUS MATERIAL CORPORATION
 58 PINE STREET
 FACTORIES: OREGON, N. J. MINNEAPOLIS, MINN.

UNDARK
Radium Luminous Material
Shines in the dark

Autor unbekannt, bearbeitet von Struwwelpeter Bandersnatch © wikimedia.org (gemeinfrei)

Aufgabe

1. Recherchiere die Zusammensetzung radioaktiver Leuchtfarbe. Beschreibe, welcher Bestandteil leuchtet und welcher Bestandteil die Energie für das Leuchten liefert.



M 3



Eigenschaften radioaktiver Strahlung

Hinweis: Diese Aufgabe kann alternativ auch unter folgendem Link bei *LearningApps* bearbeitet werden:

<https://learningapps.org/watch?v=py1d6ehbk22>

Radium ist ein radioaktiver Stoff. Das bedeutet, er sendet radioaktive Strahlung aus. Erstellen Sie nun eine Übersicht über die Arten und Eigenschaften radioaktiver Strahlung.

Name der Strahlung	α -Strahlung	β -Strahlung	γ -Strahlung
Woraus besteht die Strahlung?			
Welche Wirkung hat die Strahlung auf andere Teilchen?			
Was passiert im elektrischen Feld?			
Was passiert im magnetischen Feld?			
Reichweite in Luft			
Sie wird aufgehalten von			

Aufgabe

Recherchieren Sie die Eigenschaften von α -, β - und γ -Strahlung und **ordne** die folgenden Begriffe korrekt in der Tabelle ein. **kreuzen** Sie jeden benutzten Begriff **durch**:

ionisiert, wird abgelenkt, Papier, wird abgelenkt, Aluminium, mehrere m, wird abgelenkt, wird nicht abgelenkt, ionisiert, einige cm, im Prinzip unendlich, Blei, Heliumkerne, ionisiert, Elektronen, wird abgelenkt, elektromagnetischen Strahlung, wird nicht abgelenkt

Mehr Materialien für Ihren Unterricht mit RAAbits Online

Unterricht abwechslungsreicher, aktueller sowie nach Lehrplan gestalten – und dabei Zeit sparen.
Fertig ausgearbeitet für über 20 verschiedene Fächer, von der Grundschule bis zum Abitur: Mit RAAbits Online stehen redaktionell geprüfte, hochwertige Materialien zur Verfügung, die sofort einsetz- und editierbar sind.

- ✓ Zugriff auf bis zu **400 Unterrichtseinheiten** pro Fach
- ✓ Didaktisch-methodisch und **fachlich geprüfte Unterrichtseinheiten**
- ✓ Materialien als **PDF oder Word** herunterladen und individuell anpassen
- ✓ Interaktive und multimediale Lerneinheiten
- ✓ Fortlaufend **neues Material** zu aktuellen Themen



Testen Sie RAAbits Online
14 Tage lang kostenlos!

www.raabits.de

