



**Handlungsempfehlung für Lehrer zur Realisierung
eines Profilkurses mit dem Thema „Bergbau und
Umweltradioaktivität“ für Schüler der
10. Klassen von Gymnasien im Freistaat Sachsen**



Vorschlag für die Unterrichtsgestaltung

Im Folgenden sind die wesentlichen Inhalte der einzelnen Unterrichtsstunden im Rahmen eines etwa zehn bis zwölf Unterrichtsstunden umfassenden Profilkurses aufgeführt. Eine Zusammenlegung der einzelnen Stunden zu fünf bis sechs Doppelstunden ist nicht nur auf Grund des Experimentalseminarcharakters einzelner Unterrichtseinheiten von Vorteil.

1. Stunde: Einführung in die Umweltradioaktivität und Radonthematik / Experimentalvortrag

- Urnuklide und natürliche Zerfallsreihen mit Schwerpunkt Uran-Radium-Reihe
- Natürliches Vorkommen von Uran im Freistaat Sachsen
- Nachweis von Radon-Zerfallsprodukten in der Raumluft (Experiment Philionplatte)
- inklusive Wiederholungsmessungen und Aufnahme der statistisch streuenden Werte
- Instruktion der Schüler zur Handhabung der RAMON-Messgeräte
- Beginn der Radonmessungen in der eigenen Wohnung (normale Lüftung)

2. Stunde: Natürliche Strahlenexposition infolge Radon / Experimentalvortrag

- Typische Werte der Radonkonzentration in Bodenluft; Raumluft und Freiluft
- Wesentliche Quellen für die Freisetzung von Radon
- Radon in Trink- und Heilwässern sowie Wasserwerken
- Nachweis von Radon in jeweils einer Trink- und Heilwasserprobe (Experiment) inklusive Wiederholungsmessungen und Aufnahme der statistisch streuenden Werte

3. Stunde: Geogenes Vorkommen natürlicher Radionuklide (Grundlagen)

- Radioaktivität in Mineralien, Urangläsern und Glasuren
- Experiment Abstandsgesetz
- Gehalte natürlicher Radionuklide in typischen Baumaterialien und Finalbaustoffen mit Vorführung an Fliesen, Schlacken und Graniten
- Karte der natürlichen Radionuklide von Sachsen
- Karte der Radonkonzentration in der Bodenluft von Sachsen
- Karte der Radonkonzentration in Gebäuden von Sachsen

4. Stunde: Experimentalseminar

- Filtration von verschiedenen Trinkwasserproben durch Schüler in Gruppen
- Demonstration der Reproduzierbarkeit von Messergebnissen
- Bestimmung Nulleffekt
- einfache statistische Auswertung der Messergebnisse (Messunsicherheit) unter Einbeziehung der Messergebnisse der Experimente aus den ersten beiden Stunden
- Nachweis von Elementarumwandlungen mit der Philionplatte (Experiment)

5. Stunde: Biologische Wirkung von Strahlen und Gesundheitsrisiko

- Wirkungen von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung in biologischem Gewebe
- Abschirmung von Alpha-, Beta und Gammastrahlung (Experiment)
- Risikobewertung und Analyse, Dosis-Wirkungs-Modelle, LNT-Hypothese



- Qualitätsfaktoren von Alpha-, Beta- und Gammastrahlung
- Wirkung von Alphastrahlung im Lungengewebe und Bronchialkarzinom
- Kontrolle der Messprotokolle der durch die Schüler selbst aufgenommenen Radon-Messwerte und Instruktion der Schüler zur Querlüftung Ihrer Wohnung/Fortführung der Messungen

6. Stunde: Kernbrennstoffkreislauf

- Uranerzlagerstätten und Förderung von Erz
- Uranerzaufbereitung und Anreicherung
- Fertigung Uranbrennelemente
- Aufbau eines Kernkraftwerkes
- Entsorgung und Zwischenlagerung
- Wiederaufbereitungsanlagen und radioaktive Abfälle
- Endlagerung

7. Stunde: Radonschutzmaßnahmen bei Neubauten

- Quellen der Radonbelastung in Räumen
- Bestimmung der Bodenradonkonzentration
- Eindringwege von Radon in Gebäude
- Bauliche Lösungen zur Reduzierung der Radonbelastung - Abdichtung
- Zusammenhang zwischen Luftwechsel und Radonkonzentration
- Lüftungsstrategien zur Reduzierung der Radonkonzentration in Räumen
- Radonbelastung in Passivhäusern
- Gebäudeenergieberatung im Vorfeld der Planung von Neubauten

8. Stunde: Radon in bestehenden Gebäuden und Radonschutz

- Messung der Radonkonzentration in Räumen
- Ursachen erhöhter Radonbelastung in bestehenden Gebäuden
- Bauliche und Lüftungstechnische Maßnahmen zur Reduzierung der Radonkonzentration
- Energieeinsparung und Radon

9. Stunde: Radonexposition und Rauchen – Lungenkrebsrisiko

- Zellen als Ort der Strahlenwirkung und Schädigung durch andere Noxen
- DANN- und Chromosomenschäden als Träger der Erbinformation und Ausgangspunkt der Krebsentstehung durch Bestrahlung und/oder andere Noxen
- Darstellung von typischen Strahlenschäden der Chromosomen
- Lungenkrebsrisiko durch die häusliche Radonexposition und gleichzeitiges Rauchen
- Vergleich der Höhe des Erkrankungsrisikos bei Rauchern und Nichtrauchern mit Bezug zu anderen zivilisatorischen Risiken
- Bester Radonschutz – NICHT RAUCHEN



10. Stunde: Erstellen von Messreihen durch die Schüler

- unter Anleitung erfolgt die Eingabe der zu Hause dokumentierten einzelnen Messwerte in eine Excel-Datei und im Anschluss daran die Generierung von Diagrammen des Verlaufs der Radonkonzentration über die Messzeit in der Wohnung jedes einzelnen Schülers
- Ort: Computerkabinett

11. Stunde: Literaturstudie mit den zur Verfügung stehenden Radon-CD's

- Selbständiges Arbeiten der Schüler am Computer – Anfertigung von Aufzeichnungen im Computerkabinett durch Literaturstudium des Inhaltes der Radon-CD des Freistaates Sachsen sowie der Radon-CD des BAG der Schweiz zum Thema „RADON-Informationen zu einem strahlenden Thema“
- Erstellen einer Belegarbeit durch den Schüler nach Vorgabe der Schwerpunktthemen als Hausarbeit mit Einbindung des selbst erstellten Radon-Diagramms sowie dessen
- Interpretation einschließlich der Ableitung von Schlussfolgerungen

→ **Ein wesentliches Ziel der Belegarbeit ist die Erkenntnis durch die Schüler, dass Querlüftung zu einer dauerhaften Senkung der Radonkonzentration führen kann**

12. Stunde: Auswertung der Belegarbeiten und Vorstellung der besten Ausarbeitungen

- Verteilung des Merkblattes zum richtigen Lüften mit dem Ziel der dauerhaften Senkung der Radonkonzentration im häuslichen Bereich

Alternativ zur Belegarbeit kann auch ein schriftlicher Kenntnissnachweis des erworbenen Wissens erfolgen. Im Folgenden sind die Fragen zum Kenntnissnachweis ersichtlich.

- 1) Nenne zwei natürliche Quellen radioaktiver Strahlung.
- 2) Nenne zwei künstliche Quellen radioaktiver Strahlung.
- 3) Nenne drei Arten radioaktiver Strahlung.
- 4) Nenne zwei mögliche Auswirkungen von radioaktiver Strahlung auf lebende Zellen.
- 5) Nenne drei Grundprinzipien des Strahlenschutzes.
- 6) In welchem Aggregatzustand kommt Radon in der Natur vor?
- 7) Nenne drei mögliche Eindringpfade von Radon in Gebäude.
- 8) Radon soll in geschlossenen Räumen, in denen sich längere Zeit Personen aufhalten, Grenzwerte nicht überschreiten. Warum?
- 9) Eine Wohnung ist mit Radon belastet. Welche Maßnahmen sind dagegen a) kurzfristig und b) langfristig zu unternehmen?
- 10) Worauf sollte man als Bauherr eines Hauses bezüglich der Problematik „Radon“ achten?



Benötigte Unterlagen und Geräte:

Die Lehrer benötigen die folgenden Datenträger und Gerätschaften für einen Kurs von 18 bis 20 Schülern:

- Unterrichtsstoff für 12 Stunden
- 10 RAMON-Messgeräte oder andere geeignete Messgeräte
(Die Geräte sind unter den Schülern zu tauschen. Die Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft BfUL bietet Unterstützung bei der Auswahl von Messgeräten an. Eine Ausleihe kann bei der BfUL ist nach Terminabstimmung und im Rahmen der jeweiligen Möglichkeiten abgestimmt werden.)
- 1 Philion-Koffer
(Ausleihe bei der Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft BfUL nach Terminabstimmung möglich)
- Computerkabinett
- 20 x Radon-CD Freistaat Sachsen
- 20 x Radon-CD des BAG der Schweiz
- 1 CD „Radioaktivität zum Anfassen“ von R. Geipel und H. von Philipsborn
- 6 Philionplatten für Dreiergruppen von Schülern
- 1 Kernstrahlungsmessgerät mit Endfensterzählrohr (in Schulen meist vorhanden)
- 4 Büchner-Trichter (in Schulen vorhanden)
- Filterpapier zum Filtrieren von Wasserproben (in Schulen vorhanden)
- 2 Heizplatten (in Schulen vorhanden)



Kurzbeschreibung der Experimente:

Die folgenden Übersichten über den Versuchsaufbau einzelner Experimente befinden sich auf der CD „Radioaktivität zum Anfassen“ von R. Geipel und H. von Philipsborn. Sie stellen nur eine Auswahl der von den Autoren beschriebenen Experimente dar. Ausführliche Anleitungen, Vordrucke von Protokollen uvm. befinden sich ebenfalls auf der CD, z.B.:

Experiment 1

Messung mit der Philion-Platte (Nachweis der Elementumwandlung)

- ❖ 5 min am leicht geöffnetem Fenster exponiert, Messzeit jeweils 1 min
- ❖ Messung ohne Papier direkt auf exponierter Philion-Platte
- ❖ Messung mit Papier zwischen Philion-Platte und Inspector
- ❖ Abdeckung der Philion-Platte mit Papier zwischen den Messungen

Beispiel für den Ablauf des Experimentes

Untergrund der Philionplatte: 28 Impulse/min

Messung nach ... min	Bruttoimpulsraten Impulse/min		Nettoimpulsraten Impulse/min		Prozentwerte bezogen auf Nettoimpulsraten	
	ohne Papier	mit Papier	ohne Papier	mit Papier	Strahlung 1	Strahlung 2
5	197	67	169	35	79 %	21 %
10	98	75	70	47	33 %	67 %
15	221	165	193	137	29 %	71 %

Es zeigt sich die Existenz mindestens zweier Strahlungsarten: eine Strahlungsart wird durch Papier abgeschirmt (Strahlung 1), die zweite durchdringt Papier (Strahlung 2). Geht man davon aus, dass es zwei Arten von instabilen Elementen gibt, solche, die Strahlung 1 aussenden, und solche, die Strahlung 2 aussenden, kann man sagen, dass sich der Strahler 1 in einen Strahler 2 umgewandelt hat.



Experiment 2

Abschirmung von Strahlung

z.B.: Torbernit-Kristall aus Philion-Koffer

Material	Dicke in mm	Impulse pro Minute
Direkt auf Folie	–	1002
1x Folie m. Schutzpapier	0,15	861
2x Folie m. Schutzpapier	0,30	666
3x Folie m. Schutzpapier	0,45	580
4x Folie m. Schutzpapier	0,60	465
5x Folie m. Schutzpapier	0,75	429
6x Folie m. Schutzpapier	0,90	395
Aluminiumblech	1,00	176
Messingblech	1,00	44
Untergrund	–	40

**Darstellung der Abschirmwirkung von Absorbermaterialien
(verschiedene Dicken und Materialien)**
(y-Achse: Impulse/min)

