

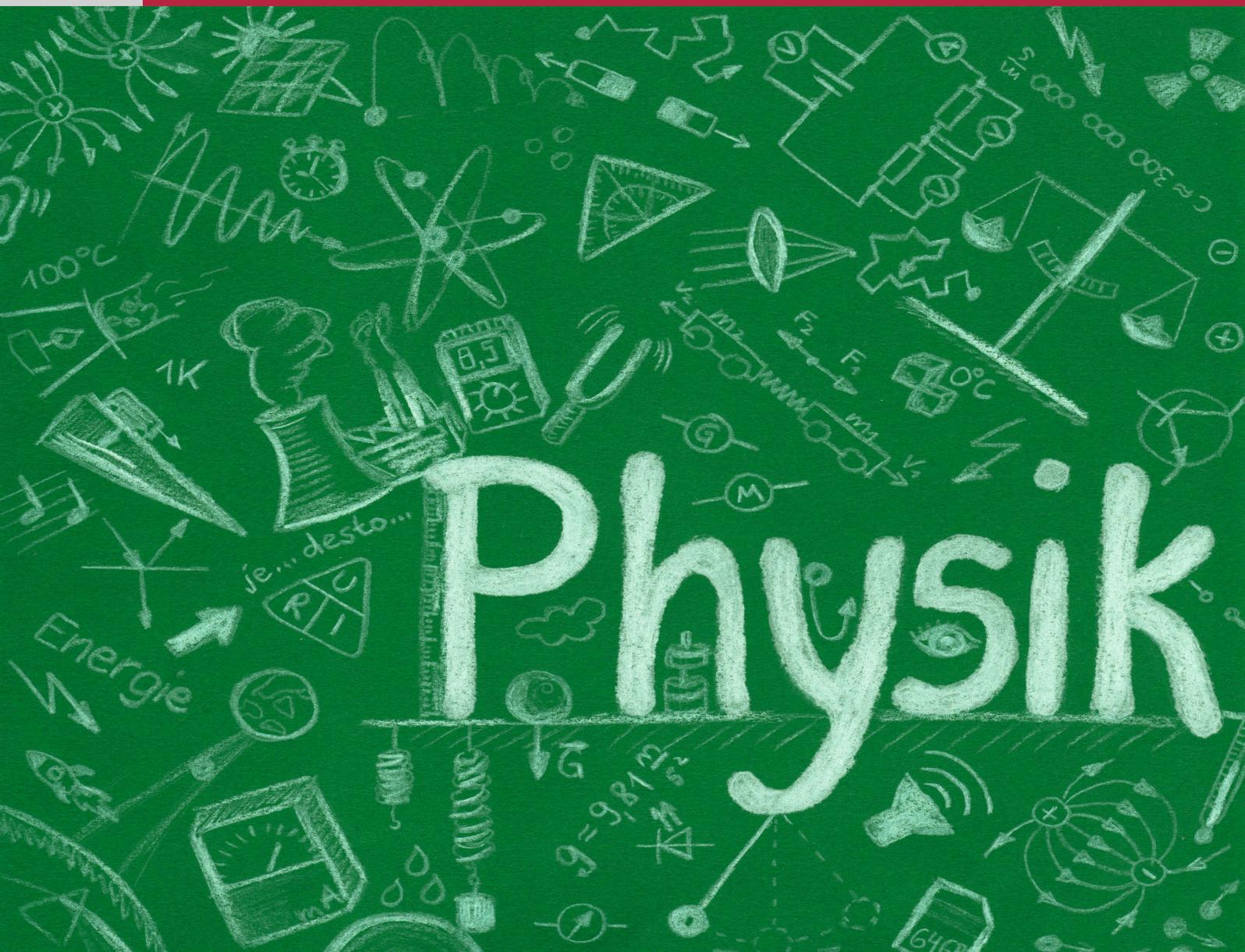


Rheinland-Pfalz

PÄDAGOGISCHES
LANDESINSTITUT

ATOMBAU UND IONISIERENDE STRAHLUNG – RADIOAKTIVITÄT IM BASISKONZEPT MATERIE

Handreichung zur Umsetzung des Lehrplans Physik – Themenfeld 5



In den PL-Informationen werden Ergebnisse veröffentlicht, die von Lehrerinnen und Lehrern aller Schularten unter Einbeziehung weiterer Experten erarbeitet und auf der Grundlage der aktuellen pädagogischen oder fachdidaktischen Diskussion für den Unterricht oder die Schulentwicklung aufbereitet wurden.

Mit ihnen werden Anregungen gegeben, wie Schulen bildungspolitische Vorgaben und aktuelle Entwicklungen umsetzen können.

Die PL-Informationen erscheinen unregelmäßig. Unser Materialangebot finden Sie im Internet auf dem Landesbildungsserver unter folgender Adresse:

<http://bildung-rp.de/pl/publikationen.html>

Die vorliegende Veröffentlichung wird gegen eine Schutzgebühr von 6,00 Euro zzgl. Versandkosten abgegeben. Bestellungen richten Sie bitte an das Pädagogische Landesinstitut: bestellung@pl.rlp.de

IMPRESSUM

Herausgeber:

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz
Standort Bad Kreuznach
Röntgenstraße 32
55543 Bad Kreuznach
pl@pl.rlp.de

Redaktion und Skriptbearbeitung:

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Titelbild:

Andrea Bürgin, Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Erscheinungstermin: Oktober 2015

© Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz 2015

ISSN 2190-9148

Soweit die vorliegende Handreichung Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Sollten dennoch in einigen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an das Pädagogische Landesinstitut Rheinland-Pfalz.

INHALT

1	Themenfeld 5: Atombau und ionisierende Strahlung – Radioaktivität im Basiskonzept Materie	3
1.1	Überblick über das fünfte Themenfeld	3
1.2	Die Themenfeld-Doppelseite	4
1.3	Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung	6
1.3.1	Intention	6
1.3.2	Kompetenzen	7
1.3.3	Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe	7
1.3.4	Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung	8
1.3.5	Differenzierungsmöglichkeiten	9
1.3.6	Bezüge	10
1.4	Entwicklung von Basiskonzepten im fünften Themenfeld	11
1.5	Entwicklung von Kompetenzen im fünften Themenfeld	17
1.6	Sicherheitsaspekte im fünften Themenfeld	20
2	Unterrichtsbeispiele	22
2.1	Vorüberlegungen	22
2.2	Unterrichtsgang 1	24
2.3	Unterrichtsgang 2	29
2.4	Unterrichtsgang 3	33

3	Anhang	52
3.1	Filme und Animationen zum Thema	52
3.2	Linksammlung für Recherchen zum Thema ionisierende Strahlung	56
4	Literaturverzeichnis	58
5	Autorinnen und Autoren	59

1 THEMENFELD 5

ATOMBAU UND IONISIERENDE STRAHLUNG – RADIOAKTIVITÄT IM BASISKONZEPT MATERIE

1.1 Überblick über das fünfte Themenfeld

Der neue Lehrplan im Fach Physik für die Klassen 7 bis 9/10 der weiterführenden Schulen des Landes Rheinland-Pfalz trat zum Schuljahr 2014/15 in Kraft und schließt konzeptionell an den Lehrplan des Faches Naturwissenschaften in der Orientierungsstufe an.

Die drei Säulen des NaWi-Unterrichtes Kompetenzen, Basiskonzepte und Kontexte bilden auch die Stützpfeiler des Physik-Lehrplans und erfordern eine darauf aufbauende unterrichtliche Umsetzung.

Radioaktivität war bisher je nach Schulform nur als Additum bzw. Wahlpflichtthema im Unterricht der Mittelstufe verankert. Im neuen Lehrplan werden im Sinne einer naturwissenschaftlichen Grundbildung für alle Schülerinnen und Schüler Atombau und ionisierende Strahlung bereits zu Beginn des zweiten Physik-Lernjahres thematisiert. Das Themenfeld 5 legt den Schwerpunkt auf die Weiterentwicklung des Teilchenmodells sowie des Konzeptes der berührungslosen Wechselwirkung am Beispiel der elektrischen Ladung. Dabei ist eine Absprache mit dem Chemieunterricht empfehlenswert, wo bereits im ersten Lernjahr ein differenziertes Teilchenmodell eingeführt wurde. Die nachfolgenden Physikthemenfelder greifen sowohl den Ladungsbegriff als auch Vorstellungen zum Aufbau der Materie auf.

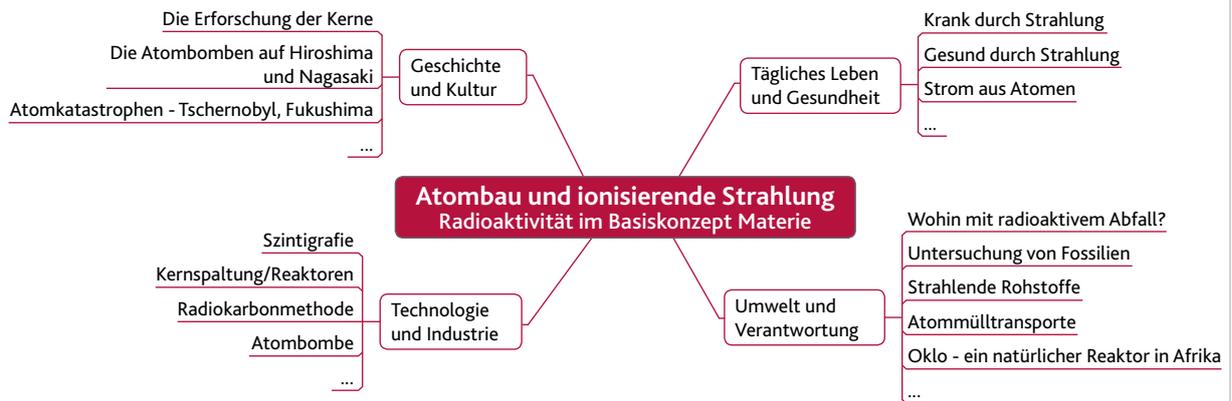
Die vorliegende Handreichung stellt die Themenfeld-Doppelseite des Lehrplans vor und zeigt beispielhaft, wie dieses Themenfeld entsprechend den Lehrplananforderungen konkret im Unterricht umgesetzt werden kann.

Aus ökologischen und ökonomischen Gründen werden die in der Handreichung vorgestellten Materialien (z. B. Arbeitsblätter) nicht 1:1 abgedruckt. Einen ersten Eindruck bieten die Vorlagen in stark verkleinerter Form. Alle vorgestellten Materialien stehen in editierbarer Form zum kostenlosen Download auf dem Bildungsserver Rheinland-Pfalz bereit unter <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html>.

1.2 Die Themenfeld-Doppelseite

TF 5: Atombau und ionisierende Strahlung Radioaktivität im Basiskonzept Materie	
<p>Schülerinnen und Schüler erleben im Familien- oder Bekanntenkreis, dass Patienten durch „Bestrahlung“ behandelt werden; in den Medien werden sie Zeuge des gesellschaftlichen Diskurses über die Nutzung der Kernenergie und hören dabei Stichworte wie „Atombombe“, „Reaktorsicherheit“ oder „Endlager“.</p> <p>Ziel dieses Themenfeldes ist es, den Schülerinnen und Schülern elementare Grundkenntnisse über den atomaren Aufbau der Materie, das Phänomen Radioaktivität sowie die Auswirkungen ionisierender Strahlung zu vermitteln. Dazu wird das aus dem Chemieunterricht bekannte Kern-Hülle-Modell aufgegriffen. Einfache Experimente zur elektrostatischen Wechselwirkung vertiefen die Vorstellung von elektrischer Ladung als einer der charakterisierenden Eigenschaften von Protonen und Elektronen. Weiter wird der Blick auf den Atomkern und seine Bestandteile gerichtet. Veränderungen im Atomkern führen zur Aussendung ionisierender Strahlung. Diese Vorgänge können nicht kausal, aber mittels statistischer Gesetzmäßigkeiten beschrieben werden. Die Wechselwirkung der Strahlung mit Materie führt zur Energiedeposition.</p>	
<p>Kompetenzen:</p> <p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • nutzen Modelle und Simulationen zur Beschreibung von Sachverhalten und zum Erkenntnisgewinn (z. B. bei Atombau oder Wechselwirkung der Strahlung mit Materie), • recherchieren über Radioaktivität (z. B. Wirkungen, medizinische Nutzung, Gefahren, Radiokarbonmethode), • argumentieren und diskutieren über Nutzen und Gefahren ionisierender Strahlung, • bewerten Schutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung (z. B. in Bezug auf Strahlungsarten und Dosis). 	
<p>Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atome bestehen nach dem Kern-Hülle-Modell aus Protonen und Neutronen im Kern und Elektronen in der Hülle (differenziertes Atommodell). (TMS) • Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns (z. B. beim radioaktiven Zerfall) wird Strahlung ausgesendet. (TMS) • (Elementar-)Teilchen unterscheiden sich in Eigenschaften wie Masse und elektrische Ladung. Elektronen sind negativ, Protonen positiv geladen, Neutronen sind elektrisch neutral. (TMS) • Die berührungslose Wechselwirkung von Körpern wird durch Felder vermittelt (z. B. bei Wechselwirkung geladener Teilchen). (WW) • Die Absorption ionisierender Strahlung kann in Lebewesen zu Schädigungen führen. (WW) 	<p>Fachbegriffe:</p> <p>Atom, Atomhülle, Atomkern, Elektron, Neutron, Proton</p> <p>Radioaktivität, Halbwertszeit, Kernspaltung, Kernzerfall, ionisierende Strahlung</p> <p>elektrische Ladung</p> <p>Absorption</p>

Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung:



Differenzierungsmöglichkeiten:

Für ein Grundverständnis reicht es aus, wenn Radioaktivität verstanden wird als Eigenschaft bestimmter Atomsorten, aufgrund von Vorgängen im Atomkern energiereiche Strahlung auszusenden. Kernspaltung wird als Prozess zur Energiefreisetzung verstanden, bei dem solche Atomsorten konzentriert vorkommen bzw. neu entstehen. Beispiele für Schäden durch Strahlung, aber auch für die gezielte Nutzung, werden zusammengestellt und vergleichend zur Bewertung von Risiken herangezogen.

Für ein vertieftes Verständnis kann der Zusammenhang zwischen experimenteller Beobachtung und Schlussfolgerung zum Thema gemacht werden (z. B. beim Rutherford-Experiment). Realexperimente z. B. zur Halbwertszeit oder zur Reichweite bzw. Durchdringung können durchgeführt werden, wenn dies möglich ist. Die schlussfolgernde Darstellung der Zusammenhänge zwischen Eigenschaften und Auswirkungen ionisierender Strahlung (z. B. in Bezug auf die Abgabe von Energie in Gewebe) oder das Wissen über Zerfallsreihen hat ebenfalls einen erhöhten Anforderungsgrad.

Bezüge:

<p>NaWi TF 2 Teilchen</p>	<p>Biologie TF 10 genetische Veränderungen TF 11 genetische Veränderungen</p>
<p>Chemie TF 1 einfaches Atommodell TF 2 Kern-Hülle-Modell, Ionen TF 5 intermolekulare Wechselwirkungen TF 6 Donator/Akzeptor-Prinzip TF 7 intermolekulare Wechselwirkungen TF 10 Gefahrstoffe TF 12 Redoxreaktionen</p>	<p>Physik TF 2 Absorption</p>

Abb. 1: Auszug aus „Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer – Physik“, S. 108/109

1.3 Vom Themenfeld zur Unterrichtsplanung

Die einzelnen Rubriken der Themenfeld-Doppelseite geben den Rahmen für die Unterrichtsplanung vor. Die Inhalte der Rubriken der linken Seite sind verbindlich umzusetzen, in denen der rechten werden Anregungen für die Unterrichtsgestaltung gegeben.

Der zweigeteilte Themenfeld-Titel „Atombau und ionisierende Strahlung – Radioaktivität im Basiskonzept Materie“ liefert eine fachsystematische Einordnung des Themenfeldes (Atom- und Kernphysik) und gibt Aufschluss darüber, welches Basiskonzept schwerpunktmäßig entwickelt werden soll (Materie).

Themenfeld-Titel		Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung
Intention		
Kompetenzen		Differenzierungsmöglichkeit
Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte	Fachbegriffe	Bezüge

1.3.1 Intention

Die Intention, die im Unterricht verbindlich umzusetzen ist, gibt Aufschluss über die Bildungsabsicht.

Das Thema Radioaktivität und ionisierende Strahlung ist den Schülerinnen und Schülern geläufig: Gefahren im Zusammenhang mit ionisierender Strahlung werden in den Medien regelmäßig thematisiert, wenn es um die Nutzung der Radioaktivität in Reaktoren oder für militärische Zwecke geht. Über ionisierende Strahlung erfahren die Lernenden auch in anderen Bereichen, so unter anderem in der Medizin, wo sie zu Diagnose und Therapie genutzt wird. Der Unterricht zu Themenfeld 5 dient in erster Linie der Vermittlung elementarer Grundkenntnisse zu Atombau und ionisierender Strahlung, damit die Schülerinnen und Schüler zur Teilhabe am gesellschaftlichen Diskurs zu dieser Thematik befähigt werden.

Vor Beginn des fünften Themenfeldes sollte innerhalb der Schule geklärt sein, wann mit dem Chemieunterricht begonnen wurde und ob zu diesem Zeitpunkt das Chemie-Themenfeld 2 bereits unterrichtet wurde. Eine Abstimmung mit der Chemiefachschaft erleichtert das Aufgreifen des Kern-Hülle-Modells für den Physikunterricht, wo der atomare Aufbau näher untersucht wird.

Die elektrische Ladung als physikalische Größe, die eine ganz bestimmte Eigenschaft von Körpern beschreibt, wird zunächst über einfache Experimente zu elektrostatischen Wechselwirkungen beobachtbar gemacht. Die hier vorgesehenen Experimente dienen allein der Veranschaulichung der Ladung als Eigenschaft, die auch zur Charakterisierung einzelner Atombestandteile herangezogen wird.

Um das Phänomen Radioaktivität zu beleuchten, wird in Themenfeld 5 der Atomkern genauer in den Blick genommen. Mit Hilfe statistischer Gesetzmäßigkeiten werden die Veränderungen im Inneren des Atomkerns beschrieben, die zum Aussenden ionisierender Strahlung führen. Die Schülerinnen und Schüler erfahren, dass die Wechselwirkung ionisierender Strahlung mit Materie mit einer Deposition von Energie verbunden ist, wodurch bei Lebewesen Schädigungen hervorgerufen werden können.

1.3.2 Kompetenzen

Die hier aufgeführten konkreten Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler sind im Rahmen des Themenfeldes verbindlich zu ermöglichen und tragen zur Kompetenzentwicklung bei. Themenfeld 5 widmet sich vorrangig den drei Kompetenzbereichen „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“.

Indem die Schülerinnen und Schüler zur Beschreibung und zum Erkenntnisgewinn bei Atombau und Wechselwirkung von Strahlung mit Materie Modelle und Simulationen nutzen und über diese Nutzung auch auf der Metaebene reflektieren, bauen sie ihre Kompetenz im Modellieren weiter aus, die bereits in den Themenfeldern 2 (Optik) und 3 (Thermodynamik) angelegt wurde.

Ebenfalls erweitert wird die Kompetenz des Erkennens und Aufzeigens von Handlungsoptionen, die in der Akustik (TF 1) angelegt wurde. In Themenfeld 5 erfolgt dies über das Bewerten von Schutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung.

Außerdem werden in diesem Themenfeld zwei weitere Kompetenzen neu angelegt, was passende Anleitung und sorgfältige Steuerung durch die Lehrkraft erfordert. Auch der Prozess der Kompetenzentwicklung selbst muss im Unterricht reflektiert werden.

Das sachgerechte Entnehmen von Informationen soll explizit beim Recherchieren über Radioaktivität trainiert werden. Dazu informieren sich die Schülerinnen und Schüler zielgerichtet über die Wirkungen ionisierender Strahlung, über die medizinische Nutzung der Radioaktivität, die Radiokarbonmethode zur Altersbestimmung oder andere geeignete Themen.

Ebenfalls neu ist das naturwissenschaftliche Argumentieren und Diskutieren. Unter Verwendung der Fachsprache argumentieren und diskutieren die Schülerinnen und Schüler im Unterricht zu Themenfeld 5 begründet sowohl über die Gefahren als auch über den Nutzen ionisierender Strahlung.

1.3.3 Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe

Die vermittelten Fachinhalte sollen über die Jahre hinweg Schülerinnen und Schülern helfen, eigene physikalische Konzepte aufzubauen, deshalb wird das Fachwissen immer an Basiskonzepte angebunden.

Die beiden Rubriken „Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte“ und „Fachbegriffe“ geben verbindliche Hinweise darauf, mit welcher Schwerpunktsetzung die Fachinhalte aufbereitet werden sollen, um das angestrebte Konzeptverständnis zu erreichen und welche Fachbegriffe von den Schülerinnen und Schülern im Unterricht verbindlich benutzt werden sollen. Eine Überfrachtung des Unterrichts mit Begriffen, die der reinen Beschreibung von Phänomenen dienen und weder zur pädagogischen Absicht noch zum Aufbau von Konzepten gebraucht werden, ist dringend zu vermeiden.

Themenfeld 5 zielt schwerpunktmäßig auf die Entwicklung des Basiskonzeptes Materie. Das bereits in den Themenfeldern zur Akustik und zur Thermodynamik genutzte einfache Teilchenmodell wird dazu in Themenfeld 5 durch das differenzierte Atommodell ergänzt, das im Chemie-Themenfeld 2 eingeführt wird. Außerdem werden die Eigenschaften der Elementarteilchen, hier besonders die Ladung, betrachtet.

Bereits in den Themenfeldern 1 und 2 wurde das Konzeptverständnis für Wechselwirkung im Bezug auf Schall bzw. Licht angelegt: „Wenn Strahlung oder Schall auf einen Körper trifft, findet Energieübertragung (Absorption) und/oder eine Änderung der Strahlungsrichtung (Reflexion, Brechung) statt.“

Dies wird nun um die Wirkung ionisierender Strahlung erweitert. Nachdem in Themenfeld 4 bereits

Kenntnisse über die Wechselwirkung von Körpern untereinander und ihre Auswirkungen erworben wurden, wird nun die berührungslose Wechselwirkung thematisiert. Mittels einfacher Experimente wird Ladung als Eigenschaft von Teilchen erfahrbar. Elektrostatik ist hier ausdrücklich nicht Thema, sondern Mittel zum Zweck.

1.3.4 Erschließung des Themenfeldes durch Kontextorientierung

Für die naturwissenschaftlichen Fächer ist im Lehrplan der Kontextbezug zwar verbindlich, die Wahl der Kontexte ist jedoch freigestellt. Die Mindmap zeigt bildungsrelevante Kontexte und konkrete Fragestellungen aus vier lebensweltlichen Bereichen, die zentralen Bedürfnisfeldern der Menschen entsprechen. Es sind Vorschläge, wie das Themenfeld kontextuell angebunden werden kann. Sie zeigen die Vielfalt der Möglichkeiten auf und geben entsprechende Anregungen.

In Europa, wo zahlreiche Kernkraftwerke zur Energieversorgung arbeiten, erscheint eine Anbindung an die Ereignisse von Tschernobyl und Fukushima durchaus geboten. Die Schülerinnen und Schüler sollten im Physikunterricht dazu befähigt werden, bei etwaigen Vorkommnissen wesentliche Gefahren zu erkennen, grundlegende Vorsichtsmaßnahmen zu ergreifen oder die oftmals verwirrenden Angaben zu Strahlenbelastungen (Bequerel, Sievert, Jahreswert, Tageswert, Stundenwert, ...) zu verstehen.

Eine einseitige, negative Besetzung der Begrifflichkeiten ist dabei allerdings zu vermeiden. Ionisierende Strahlung hilft z. B. vielfach im medizinischen Bereich – bei Diagnostik und Therapie von Krankheiten. Die Verknüpfung zur Medizin ist für die Lernenden ebenso interessant wie die Betrachtung der Gefahren ionisierender Strahlung.

Bei der Wahl geeigneter Kontexte für die eigene Unterrichtsplanung sollten neben individuellen Interessen der Lernenden auch schulische Besonderheiten beachtet werden:

- fächerverbindende oder integrierte Lernangebote (z. B. Biologie),
- Möglichkeit für Projekte, z. B. im Ganztagsunterricht,
- Zusammenarbeit mit nicht-naturwissenschaftlichen Fächern oder Wahlpflichtfach,
- schulische Ausstattung,
- aktuelle Themen/Anlässe,
- Angebote außerschulischer Kooperationspartner.

1.3.5 Differenzierungsmöglichkeiten

Die in der Rubrik „Differenzierungsmöglichkeiten“ gegebenen Hinweise beziehen sich sowohl auf verschieden leistungsstarke Lerngruppen, wie z. B. unterschiedliche Schulformen als auch auf das leistungsdifferenzierte Arbeiten innerhalb einer Lerngruppe und bieten Vorschläge, wie der Plan durch Differenzierung nach oben oder unten individuell auf die Bedürfnisse der Schülerinnen und Schüler zugeschnitten werden kann.

Der erste Abschnitt beschreibt das angestrebte Grundverständnis. Es werden einfache Beispiele geschildert, an denen diese grundlegenden Erkenntnisse gewonnen werden können. Dazu gehören:

- Radioaktivität als Eigenschaft bestimmter Atomsorten, aufgrund von Vorgängen im Atomkern energiereiche Strahlung auszusenden,
- Kernspaltung als Prozess zur Energiefreisetzung,
- Zusammenstellen von Beispielen sowohl für Schäden durch Strahlung als auch für die Nutzung von Strahlung,
- Verwendung der kennengelernten Beispiele zur Bewertung von Risiken durch Strahlung.

Der zweite Absatz zeigt zum einen Möglichkeiten zur Vertiefung auf und lenkt zum anderen den Blick auf didaktische Alternativen:

- Thematisieren des Zusammenhanges zwischen experimenteller Beobachtung und Schlussfolgerung (z. B. Rutherford-Experiment),
- Realexperimente (z. B. Halbwertszeit, Reichweite, Durchdringung),
- Darstellung der Zusammenhänge zwischen Eigenschaften der Strahlung und ihren Auswirkungen,
- Wissen über Zerfallsreihen.

Zusätzliche Möglichkeiten zur Differenzierung bietet eine geschickte Kontextwahl zur Erschließung des Themenfeldes. Der gezielte Einsatz von Hilfen und methodischen Maßnahmen unterstützt es, die Kompetenzen den Lernenden angepasst zu entwickeln. Weitere Differenzierung wird möglich durch die Tiefe der Mathematisierung, die Einbindung von Graphen, die Selbstständigkeit und den Grad der Auswertung eines Experimentes usw. Besonders bei vertiefenden Betrachtungen ist jedoch darauf zu achten, dass eine Überfrachtung des Unterrichts und eine Überforderung der Lernenden vermieden werden.

1.3.6 Bezüge

Um Synergien nutzen zu können, empfiehlt es sich, zumindest die Arbeitspläne und Unterrichtsverteilungen der naturwissenschaftlichen Fächer NaWi, Biologie, Chemie und Physik aufeinander abzustimmen. Welche Voraussetzungen genau in NaWi geschaffen wurden bzw. wie die optimale Anbindung an die späteren Themenfelder in Chemie und Biologie aussehen kann, ist u. a. wegen der Kontingenzstundentafel und der darauf aufbauenden schulinternen Arbeitspläne sehr schulspezifisch. Auch deswegen empfehlen sich Absprachen innerhalb der Fachkonferenz bzw. fachübergreifend. Je besser die Vernetzung zwischen den Fächern erfolgt, desto kontinuierlicher werden Kompetenzen entwickelt und desto besser gelingt ein kumulativer Aufbau der Basiskonzepte.

Beispielhaft wird gezeigt, dass das Themenfeld 5 des Physiklehrplans inhaltliche Verbindungen zum Themenfeld 2 „Vom ganz Kleinen und ganz Großen“ im NaWi-Lehrplan aufweist. Dort wurden erstmals Betrachtungen auf der Teilchenebene angestellt. In den späteren NaWi-Themenfeldern 5 „Sonne – Wetter – Jahreszeiten“ und 7 „Stoffe im Alltag“ wurde das Teilchenmodell konkretisiert.

Naturgemäß gibt es unzählige Verknüpfungen zu den Themenfeldern der Chemie (1, 2, 5, 6, 7, 10 und 12). Eine Absprache mit der Chemiefachschaft ist darum unabdingbar.

Die Themenfelder 10 und 11 des Biologielehrplans widmen sich, aufbauend auf dem Vorwissen aus Chemie und Physik, den genetischen Veränderungen – auch als Auswirkung des Einwirkens ionisierender Strahlung.

Exemplarisch wird ein Bezug zu Themenfeld 2 des vorliegenden Physiklehrplans ausgewiesen, wobei es auch Verbindungen zu den anderen, bisher behandelten Physikthemenfeldern gibt (siehe auch 1.3.3 Beitrag zur Entwicklung der Basiskonzepte sowie Fachbegriffe).

Neben den genannten sind auch in Themenfeld 5 Bezüge zu weiteren Fächern möglich. Schulinterne Abstimmung ist hier ebenfalls notwendig und hilfreich.

1.4 Entwicklung von Basiskonzepten im fünften Themenfeld

Der Physiklehrplan zielt auf die Entwicklung von Basiskonzepten, mit deren Hilfe sich die Schülerinnen und Schüler ein Bild von der Physik machen können, die ihnen aber auch in den anderen Naturwissenschaften bei der Erklärung ihrer lebensweltlichen Fragen helfen können. In der unten stehenden Grafik ist am Beispiel von Themenfeld 5 erkennbar, dass Basiskonzepte kontinuierlich weiterentwickelt werden und wie die Themenfelder auf unterschiedliche Weise Beiträge zur Entwicklung dieser Basiskonzepte leisten.

Basiskonzept	TF 1	TF 2	TF 3	TF 4	TF 5	TF 6	TF 7	TF 8	TF 9	TF 10	TF 11	TF 12
Energie												
System												
Teilchen-Materie/Stoff												
Struktur-Eigenschaft-Funktion												
Chemische Reaktion												
Wechselwirkung												
Entwicklung												

<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Basiskonzept verpflichtend </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> Basiskonzept fakultativ </div>
---	--	--

Abb. 2: Basiskonzeptentwicklung

Der Schwerpunkt des vorliegenden Themenfeldes liegt mit der genaueren Betrachtung des Atombaus in erster Linie auf einer Weiterentwicklung des Basiskonzepts **Materie**. Hauptinhalte sind dazu das Kern-Hülle-Modell sowie die Eigenschaft „elektrische Ladung“ als Merkmal von Teilchen.

Als weiterer Schwerpunkt wird mit Blick auf elektrische Ladung und ionisierende Strahlung das Basiskonzept **Wechselwirkung** weiter ausgeschärft. Dabei rückt der Fokus zum einen darauf, dass die Wechselwirkung zwischen geladenen Teilchen berührungslos durch Felder erfolgt, zum anderen wird die Wechselwirkung von Strahlung und Materie betrachtet – die Absorption.

In der folgenden Darstellung wird aufgezeigt, wie die Basiskonzepte Materie bzw. Wechselwirkung zur Erklärung des Phänomens Radioaktivität und zur Beantwortung vieler damit zusammenhängender Fragen beitragen.

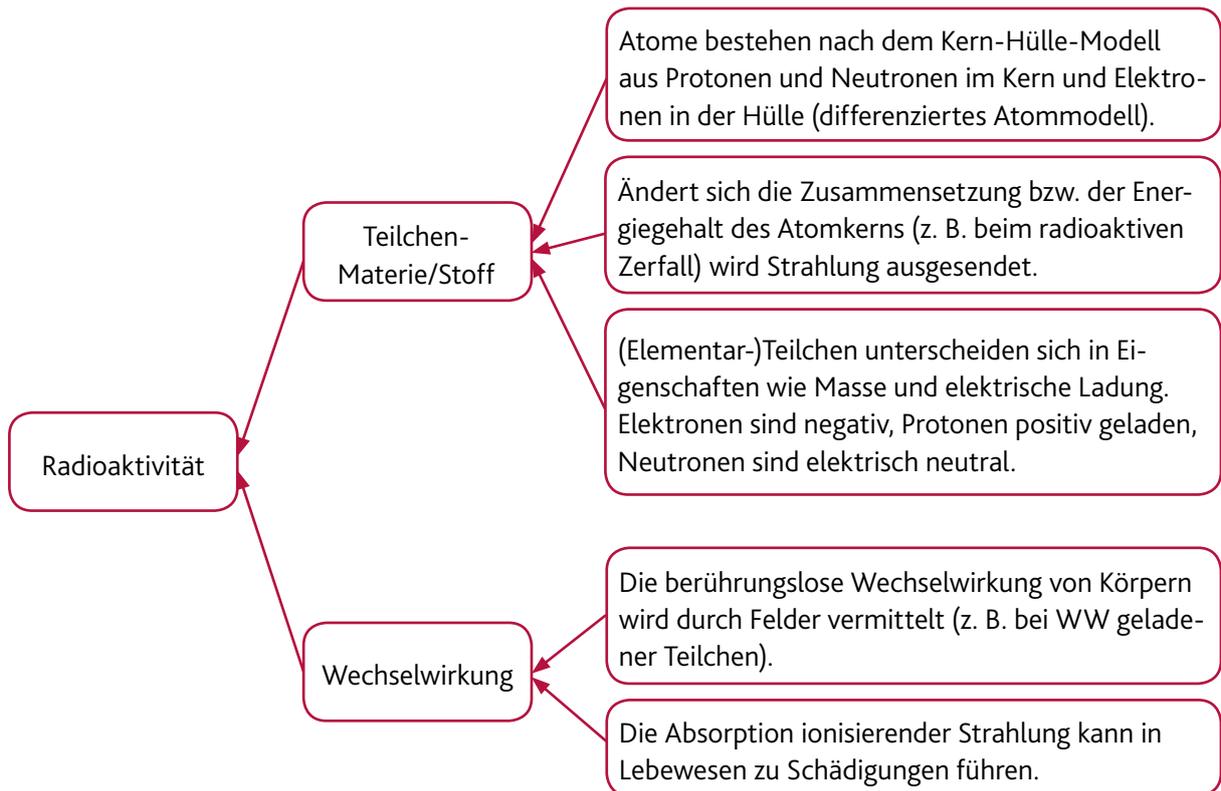


Abb. 3: Atombau und ionisierende Strahlung – Basiskonzepte

Für den konzeptorientierten Unterricht dürfen die zu nutzenden Fachbegriffe nicht isoliert betrachtet, sondern müssen von Anfang an im Zusammenhang gesehen und vernetzt werden. Stellt man sich stark vereinfacht vor, welche Vorstellung sich im Idealfall am Ende des Themenfeldes in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler über die Thematik gebildet haben soll – z. B. als Begriffsnetz –, so kann das unterrichtliche Vorgehen darauf ausgerichtet und der Konzeptaufbau strukturiert werden.

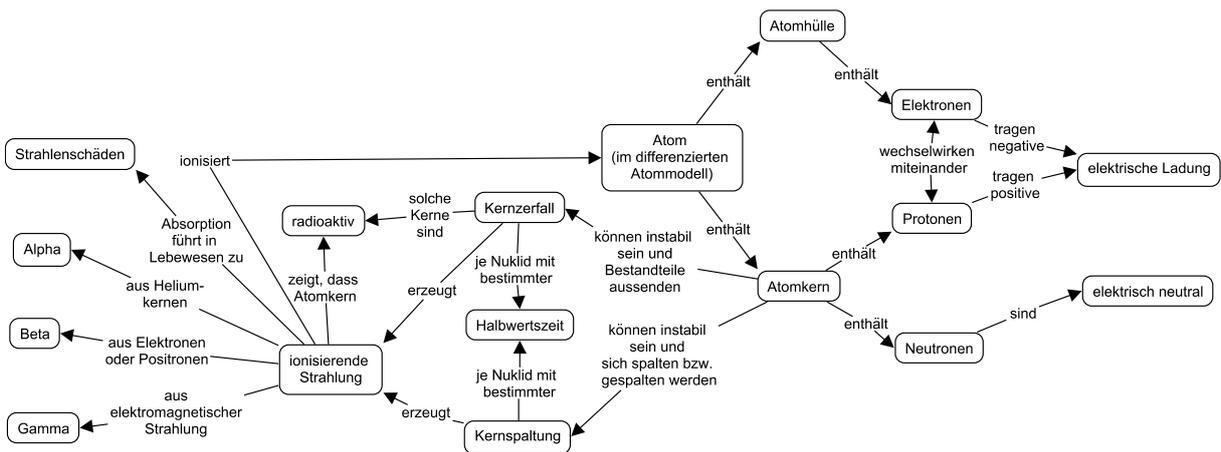


Abb. 4: Begriffsnetz Atombau und ionisierende Strahlung

Themenfeld 5 stellt aufgrund seiner Thematisierung des Atombaus im differenzierten Atommodell eine besondere Verbindung zur Chemie dar: Themenfeld 2 der Chemie bereitet im Regelfall die Inhalte für den Physikunterricht vor. Sollte dies z. B. aufgrund einer abweichenden Stundentafel nicht erfolgt sein, so muss hier im Physik-Themenfeld 5 mehr Zeit investiert werden, was zwangsläufig mit einer Reduzierung der Stofftiefe einhergeht.

Im Folgenden wird dargestellt, wie das Konzept zur Radioaktivität im Unterricht schrittweise aufgebaut werden kann:

- Atome bestehen nach dem Kern-Hülle-Modell aus Protonen und Neutronen im Kern und Elektronen in der Hülle (TMS).

Es ist eine Herausforderung, im Unterricht Atome didaktisch sinnvoll zu beschreiben, so dass die Schülerinnen und Schüler ein Atommodell an die Hand bekommen, das sie verstehen und das ihnen später, wenn sie sich vielleicht mit Quantenphysik beschäftigen möchten, keine unnötigen Schwierigkeiten bereitet. Hierzu bietet das Journal Physik den interessanten Artikel: „Planeten, Wolken oder schwarze Kisten?“¹ In diesem Artikel werden verschiedene Modelle für den Mittelstufenunterricht vorgestellt und hinsichtlich ihrer Eignung verglichen. Unabhängig davon, welches davon man verwendet – der Wechsel zwischen Makro- und Mikroebene sowie zwischen realem Objekt und Modell bei der Beschreibung von Sachverhalten muss jedes Mal bewusst vorgenommen werden. Auf diese Weise kann vermieden werden, dass Eigenschaften von Körpern mit Eigenschaften von Mikroteilchen verwechselt werden.

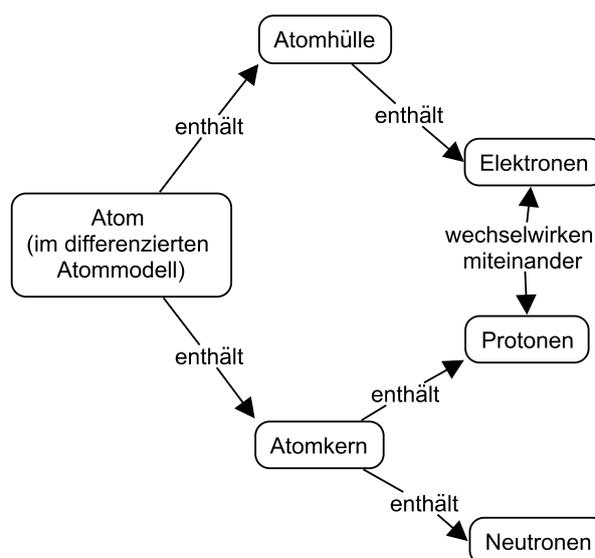


Abb. 5: Ausschnitt Begriffsnetz Atombau und ionisierende Strahlung

¹ Planeten, Wolken oder schwarze Kisten? von F. Karsten, T. Koch, F. Kranzinger und M. Theis, z. B. unter http://www.pro-physik.de/details/physikjournalArticle/1377163/Planeten_Wolken_oder_schwarze_Kisten.html

- (Elementar-)Teilchen unterscheiden sich in Eigenschaften wie Masse und elektrischer Ladung. Elektronen sind negativ, Protonen positiv geladen, Neutronen sind elektrisch neutral (TMS).

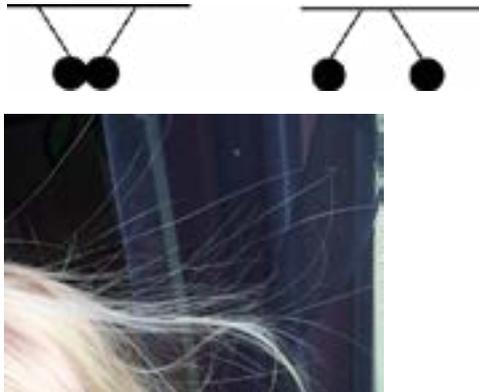


Abb. 6: Ladung

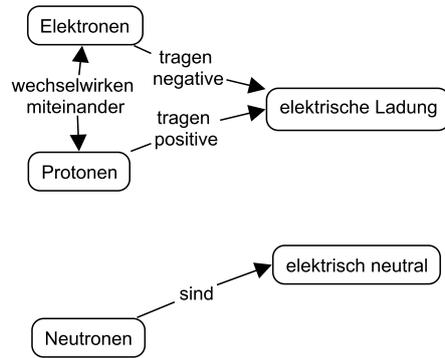


Abb. 7: Ausschnitt Begriffsnetz Atombau und ionisierende Strahlung

Anziehung und Abstoßung geladener Körper sind als Folgen der Wechselwirkung unverzichtbare Bestandteile des Unterrichts im Themenfeld. Die Ladung sollte nur so weit thematisiert werden, wie das für die Veranschaulichung der Wechselwirkung notwendig ist.

Sprachlich gibt es zu bedenken, dass mit dem Begriff Ladung die physikalische Größe gemeint ist, die stets im Singular verwendet wird (wie die Masse) und die die Wechselwirkung eines Objektes im elektrischen Feld bewirkt. Im mikroskopischen Bereich spricht man bisweilen von „Ladungen“, meint damit aber genau genommen die Ladungsträger (Myonen, Elektronen, Positronen, ...).

- Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns, wird Strahlung ausgesendet (TMS).

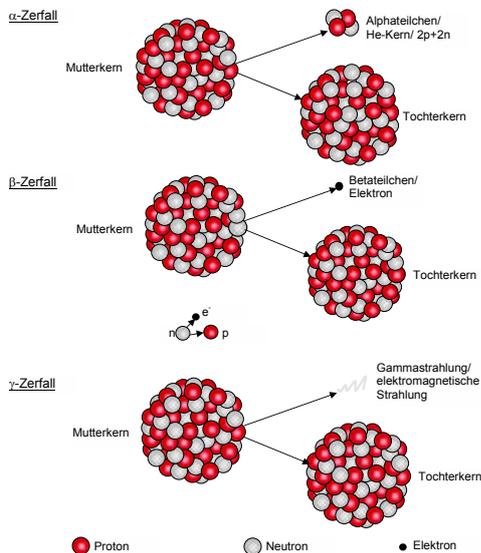


Abb. 8: Zerfallsarten

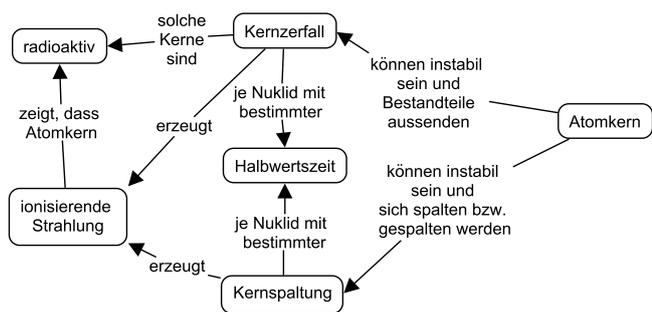


Abb. 9: Ausschnitt Begriffsnetz Atombau und ionisierende Strahlung

Bewusst gemacht werden sollte: Beim α -Zerfall und beim β -Zerfall kommt es zu Veränderungen in der Zusammensetzung des Kerns. Beim γ -Zerfall dagegen kommt es dagegen zu energetischen Veränderungen – der Kern bleibt erhalten.

Dabei sollte das Thematisieren von Zerfallsreihen unbedingt auf die Lerngruppe angepasst erfolgen. Die Übersicht zeigt, welches Grundverständnis erforderlich ist. Alles was darüber hinausgeht, hat einen erhöhten Anforderungsgrad.

Soll die Halbwertszeit $t_{1/2}$ zu einer verstärkten Mathematisierung genutzt werden, ist zu bedenken, dass auch hier bereits erweiterte Vorkenntnisse benötigt werden, die zu diesem Zeitpunkt nicht vorausgesetzt werden können:

- Zusammenhang ist nicht linear,
- Zer Potenz ist von Bedeutung,
- Anspruchsvolle sprachliche Formulierung.

Für ein grundlegendes Verständnis reicht das „Prinzip“ Halbwertszeit.

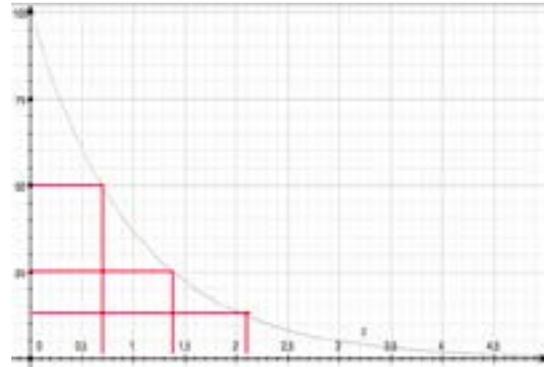
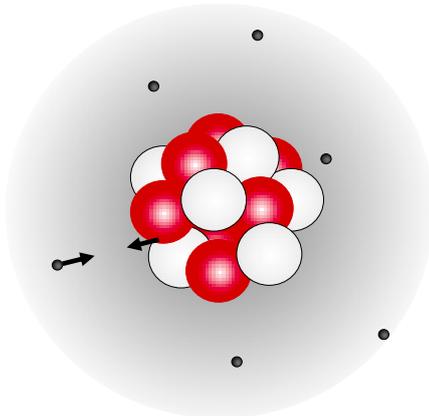


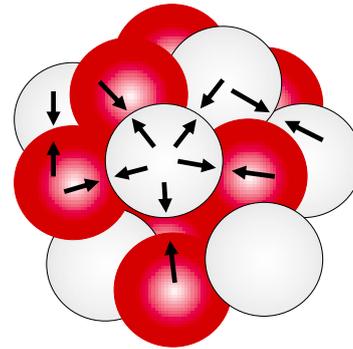
Abb. 10: Zerfallskurve

In den Medien und im Alltag begegnet den Schülerinnen und Schülern häufig der Begriff „radioaktive Strahlung“. Diese Wort-Zusammensetzung ist physikalisch nicht korrekt, denn die Substanz, die ionisierende Strahlung aussendet (strahlt), ist radioaktiv. Die Strahlung, die von solchen radioaktiven Substanzen ausgesendet wird, bezeichnet man als ionisierend. Die umgangssprachlich verwendete „radioaktive Strahlung“ meint auch inhaltlich nicht immer dasselbe. Zum einen kann damit die ionisierende Strahlung gemeint sein, die von radioaktiven Substanzen ausgesendet wird. Zum anderen sind vielleicht die radioaktiven Substanzen gemeint, die wiederum ionisierende Strahlung aussenden. Im Unterricht sollte auf diese sprachliche Problematik hingewiesen und die Begriffe „ionisierende Strahlung“ und „radioaktive Substanzen“ inhaltlich korrekt verwendet werden.

- Die berührungslose Wechselwirkung von Körpern wird durch Felder vermittelt (WW).
- Das Wirken von Kräften im Inneren der Atome ist als Voraussetzung für ein Verständnis von Atombau und ionisierender Strahlung unverzichtbar. Die Tiefe, in der diese Thematik im Rahmen des Unterrichts behandelt wird, ist unbedingt der Lerngruppe bzw. den einzelnen Lernenden anzupassen. Die Coulombkraft eignet sich als Fachinhalt z. B. eher für ein Anstreben eines vertieften Verständnisses (siehe UG1).



Coulombkraft (elektrische Kraft):
zwischen Atomkern und Atomhülle



Starke Kraft:
zwischen den Teilchen im Atomkern

Abb. 11: Kräfte im Atom

- Die Absorption ionisierender Strahlung kann in Lebewesen zu Schädigungen führen (WW).

Im Zusammenhang mit der Präsenz einer latenten Bedrohung durch ionisierende Strahlung, die z. B. durch Kernkraftwerke oder auch durch Waffen besteht, ist es wichtig ein Grundverständnis über die Folgen des Einwirkens ionisierender Strahlung zu haben. Hierbei sollte aber neben den möglichen Gefahren genauso thematisiert werden, dass diese Folgen auch genutzt werden, um z. B. Krankheiten zu behandeln.

Nur durch Kenntnis aller Sichtweisen ist eine aktive und sachliche Teilhabe am gesellschaftlichen Diskurs zum Thema Radioaktivität möglich.

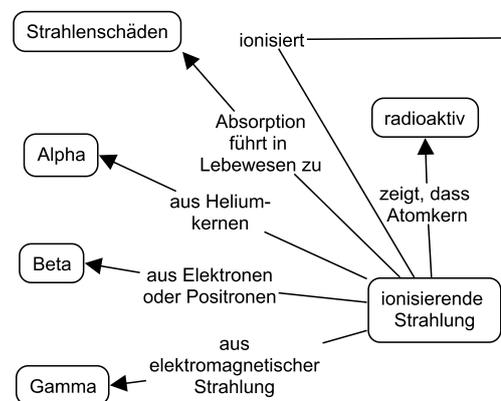
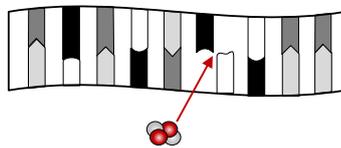


Abb. 12, 13, 14: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hiroshima_girl.jpg, Strahlung und Erbgut, Ausschnitt Begriffsnetz Atombau und ionisierende Strahlung

1.5 Entwicklung von Kompetenzen im fünften Themenfeld

Der Physikunterricht kann bereits auf Kompetenzen aus dem NaWi-Unterricht zurückgreifen. Die folgende Übersicht zeigt die Schwerpunktkompetenzen in Themenfeld 5 aus den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Umgang mit Fachwissen und Kommunikation im Gesamtbild mit den anderen Physik-Themenfeldern, in denen diese Kompetenzen angelegt wurden bzw. erneut benötigt und gefestigt werden. Diese Kompetenzen bilden ebenso eine Grundlage für die weitere Schul- oder Ausbildung sowie das Berufsleben.

Die Schülerinnen und Schüler können...		TF 1	TF 2	TF 3	TF 4	TF 5	TF 6	TF 7	TF 8	TF 9	TF 10	TF 11	TF 12
... naturwissenschaftliche Konzepte zur Problemlösung nutzen.	Umgang mit Fachwissen			■			■		■	■	■		■
... mit Geräten, Stoffen, Verfahren umgehen.		■			■					■			
... Fachwissen strukturieren und Erklärungszusammenhänge herstellen.			■	■	■		■						
... naturwissenschaftlich untersuchen, experimentieren.	Erkenntnisgewinnung	■	■	■	■					■			■
... modellieren.			■	■		■							
... naturwissenschaftliche Erkenntnisse bzw. den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess reflektieren.	Kommunikation					■							■
... Informationen sachgerecht entnehmen.						■							
... sach- und adressatengerecht präsentieren und dokumentieren.		■	■		■				■				■
... naturwissenschaftlich argumentieren und diskutieren.						■							■
... Bewertungskriterien festlegen und anwenden.	Bewertung								■	■			
... Handlungsoptionen erkennen und aufzeigen.		■				■							
... Sachverhalte naturwissenschaftlich einordnen und (multiperspektivisch) bewerten.							■						

Abb. 15: Kompetenzentwicklung

■ Nutzen von Modellen und Simulationen zur Beschreibung von Sachverhalten und zum Erkenntnisgewinn

Im Internet finden sich zahlreiche Simulationen zu den Schlagwörtern Atombau, ionisierende Strahlung, Ladung, Radioaktivität. Hier liegt es im Ermessen der Lehrkraft, diese Vielfalt daraufhin zu sichten, welche sie für den Einsatz im Unterricht für geeignet hält. Im Anhang findet sich eine Liste mit Beispielen geeigneter Materialien.

Wenn es sich bei den Simulationen um die Darstellung einfach durchzuführender Experimente (z. B. das Reiben von Luftballons) handelt, sollten Realexperimente den Simulationen immer vorgezogen werden. In ihnen findet häufig eine Vermischung von makroskopischer Ebene und Teilchenebene statt, was zu Verständnisproblemen führen kann.

■ Recherchieren über Radioaktivität

Die Recherche zum Thema Radioaktivität lässt sich z. B. mit einem WebQuest (vgl. PL-Information 12/2014) durchführen. Man kann den WebQuest selbst erstellen oder einen fertigen verwenden, wobei die Aktualität der angegebenen Websites beachtet werden muss. Beispiele hierfür liefert ebenfalls das Internet. Als Anregung können z. B. folgende drei Beispiele für WebQuests zu Atombau und ionisierender Strahlung dienen:

- „Zeitreise durch Atommodelle“, ein WebQuest zu Atommodellen des Fachbereichs Naturwissenschaften am Gymnasium Riedberg
<http://www.gymnasium-riedberg.de/de/schulleben/unterricht/naturwissenschaften/webquest-zu-atommodellen>,
- „Radioaktivität überall – Anwendungen der Kernphysik in Medizin und Technik“, WebQuest für vier Gruppen mit Hinweisen sowohl für Lerngruppen als auch für Lehrkräfte
<http://wizard.webquests.ch/kernphysik.html>,
- Radioaktivität in neun Unterthemen, die zur Auswahl für Kleingruppen stehen und beleuchten was Radioaktivität ist, wie sie entsteht, wo sie im täglichen Leben zu finden ist und ob/wie man sie nutzen kann
http://gs.hungen.schule.hessen.de/fach/biologie/Radioaktivitaet/index.html?view_mode=complete.

■ Argumentation und Diskussion zu Nutzen und Gefahren ionisierender Strahlung

Um qualifiziert argumentieren und diskutieren zu können, ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler sich in der Thematik auskennen. Dazu bietet es sich an, zunächst ausreichend Beispiele sowohl für Schäden durch Strahlung als auch für die gezielte Nutzung ionisierender Strahlung zusammenzustellen. Diese können dann vergleichend zur Bewertung von Risiken herangezogen werden. Themen könnten z. B. sein: Kernenergie – Pro und Contra, Strahlentherapie – ja oder nein, ...

Gerade am Anfang des Argumentierens im Fachunterricht sollten Vorgaben bzw. Richtlinien zur Hilfe bereitgestellt werden. Eine Möglichkeit, die Schülerinnen und Schüler beim Argumentieren im Fachunterricht zu unterstützen, kann das Zusammentragen von Schritten zum Argumentieren sein.

- Damit du zu einem Thema qualifiziert argumentieren und diskutieren kannst, benötigst du umfassende Informationen. Beschaffe sie dir mit Hilfe von Experten, Fachbüchern, Zeitschriften, dem Internet ...
- Die Vielzahl an Informationen muss geordnet werden. Was hast du alles herausgefunden? Fertige eine Mindmap an, in der du deine Informationen ordnest. Manche Äste der Mindmap lassen sich weiter zusammenfassen. Bilde Cluster und sortiere nach Informationen, die Pro bzw. Kontra zum Thema stehen.
- Überlege für deine Argumentation eine Einleitung, in der du die Zuhörer auf dein Thema lenkst.

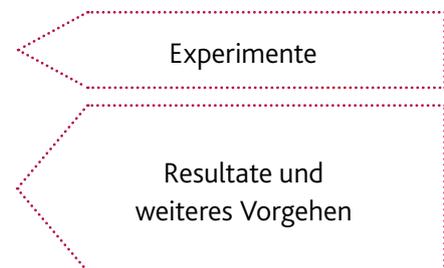
- Im Hauptteil deiner Argumentation sollten die Argumente stehen. Gib sowohl die Argumente an, die für deine Position sprechen, als auch die dagegen. Stelle die schwächeren Argumente an den Anfang und die starken ans Ende deiner Argumentation und unterstreiche sie jeweils mit Beispielen.
- Fasse abschließend deinen Standpunkt zusammen und ziehe das Fazit deiner Argumentation.

Diese Punkte können dann z. B. gut sichtbar an der Wand aufgehängt werden. Eine Abstimmung mit dem Fach Deutsch wird empfohlen.

■ Bewerten von Schutzmaßnahmen

Als einfache Richtlinie zum Schutz vor Gefahren durch ionisierende Strahlung empfiehlt sich die 5-A-Regel, zur der man Experimente machen kann. Dort, wo Experimente nicht möglich sind, werden die Resultate der Schutzmaßnahmen und das weitere Vorgehen betrachtet.

- **A**bstand erhöhen,
- **A**bschirmung verstärken,
- **A**ufenthaltsdauer verkürzen,
- **A**ktivität vermindern,
- **A**ufnahme in den Körper vermeiden.



1.6 Sicherheitsaspekte im fünften Themenfeld

Das Bewerten von Schutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung betrifft selbstverständlich auch den Umgang mit dieser Strahlung im Rahmen des Physikunterrichts.

Auch wenn im Themenfeld 5 Kompetenzentwicklung im Modellieren, im sachgerechten Entnehmen von Informationen, im naturwissenschaftlichen Argumentieren und Diskutieren sowie im Erkennen und Aufzeigen von Handlungsoptionen im Mittelpunkt steht – Experimente sind ein wesentlicher Bestandteil des naturwissenschaftlichen Unterrichts und wenn die notwendigen Voraussetzungen gegeben sind, sollten auch in diesem Themenfeld Experimente z. B. zur Vertiefung genutzt werden.

Zu Experimenten mit radioaktiven Stoffen gibt es besondere Vorgaben zu beachten. Hier besagt die Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU)²:

„Die Strahlenschutzverordnung – StrlSchV³ regelt den Umgang mit radioaktiven Stoffen an allen öffentlichen und privaten, allgemeinbildenden und berufsbildenden Schulen. Anforderungen an die Fachkunde beim Umgang mit radioaktiven Stoffen ergeben sich aus der Fachkunde-Richtlinie Technik nach der Strahlenschutzverordnung⁴. Der Umgang mit radioaktiven Stoffen im Zusammenhang mit dem Unterricht an Schulen kann anzeige- und genehmigungsfrei, anzeigebedürftig oder genehmigungsbedürftig sein. Um die Sicherheit beim Umgang mit radioaktiven Stoffen an Schulen zu gewährleisten und die Schutzziele nach der Strahlenschutzverordnung sicher einzuhalten sowie die jeweiligen Pflichten beim Umgang mit radioaktiven Stoffen zu erfüllen, werden in dieser Richtlinie Anforderungen und Empfehlungen für die Schulpraxis festgelegt.“

In den angegebenen Verordnungen bzw. Richtlinien, die regelmäßig aktualisiert werden, ist klar angegeben, wer an der Schule mit radioaktiven Präparaten umgehen darf, wann eine Schule solche Präparate überhaupt haben darf und wie mit den Stoffen experimentiert werden darf, z. B.:

„Die Verwendung radioaktiver Stoffe, von Präparaten und Vorrichtungen sowie der Betrieb von Röntgeneinrichtungen und Störstrahlern im Unterricht ist Lehrkräften vorbehalten, die zu Strahlenschutzbeauftragten bestellt sind (§ 31 Abs. 2 StrlSchV, § 13 Abs. 2 RöV). Weitere Stoffe, die ionisierende Strahlung aussenden und wegen geringfügiger Aktivität nicht der Strahlenschutzverordnung unterliegen ..., dürfen von Lehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer sowie verwandter Fachrichtungen (z. B. für Metalltechnik oder Elektrotechnik an berufsbildenden Schulen) genutzt werden. Die Strahlenschutzbeauftragten der Schule koordinieren die Verwendung solcher Stoffe [...].“

² Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) (Empfehlung der Kultusministerkonferenz, Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 27.02.2013)

³ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl., S. 1714, 2002, S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I, S. 212)

⁴ Richtlinie über die im Strahlenschutz erforderliche Fachkunde (Fachkunde-Richtlinie Technik nach Strahlenschutzverordnung) vom 21. Juni 2004 (GMBL., S. 799), geändert am 19.04.2006 (GMBL., S. 735)

[...] Nach § 30 Abs. 2 StrlSchV/§ 18a Abs. 2 RöV muss die Fachkunde im Strahlenschutz mindestens alle fünf Jahre durch eine erfolgreiche Teilnahme an einem von der zuständigen Stelle anerkannten Kurs oder einer anderen von der zuständigen Stelle als geeignet anerkannten Fortbildungsmaßnahme aktualisiert werden. Die Schulleiterin oder der Schulleiter achtet auf die Einhaltung der Anforderung. Der Nachweis über die durchgeführten Fortbildungen ist der zuständigen Stelle auf Anforderung vorzulegen. Auf entsprechende Fortbildungen für Lehrkräfte werden diese rechtzeitig vor Ablauf der Fünfjahresfrist hingewiesen [...].

[...] Es ist sicherzustellen, dass Schülerinnen und Schüler bei der Verwendung von Vorrichtungen oder Neutronenquellen, in die radioaktive Stoffe eingefügt sind, beim Umgang mit radioaktiven Stoffen und beim Betrieb von Röntgeneinrichtungen oder Störstrahlern in Schulen nur in Anwesenheit und unter Aufsicht einer zur oder zum Strahlenschutzbeauftragten bestellten Lehrkraft mitwirken (§ 45 Abs. 3 StrlSchV und § 13 Abs. 4 RöV). Die Mitwirkung der Schülerinnen und Schüler kann während der Unterrichtsvor- und -nachbereitung und während des Unterrichts erfolgen. Entsprechend dem vorgesehenen Umfang der Mitwirkung bedarf es der vorherigen Anleitung und Belehrung der Schülerinnen und Schüler über die Arbeitsmethoden, die möglichen Gefahren und die anzuwendenden Schutzmaßnahmen (§ 38 StrlSchV und § 36 RöV). Dies gilt insbesondere für angeleitetes Arbeiten von Schülerinnen und Schülern im Rahmen von Praktika.“⁵

Bei der Planung des Unterrichts zum Themenfeld 5 sind die aktuell geltenden Richtlinien zum Strahlenschutz an Schulen explizit zu beachten und gegebenenfalls Gefährdungsbeurteilungen anzufertigen.

Schulen, die die Anforderungen zum Umgang mit radioaktiven Präparaten nicht erfüllen, können für den Unterricht auf eine Vielzahl von Simulationen, auf virtuelle Experimente und Filme zurückgreifen oder sich um Teilnahme an einem Schülerlabor bemühen. Beispiele für geeignetes Material sowie Links finden sich im Anhang.

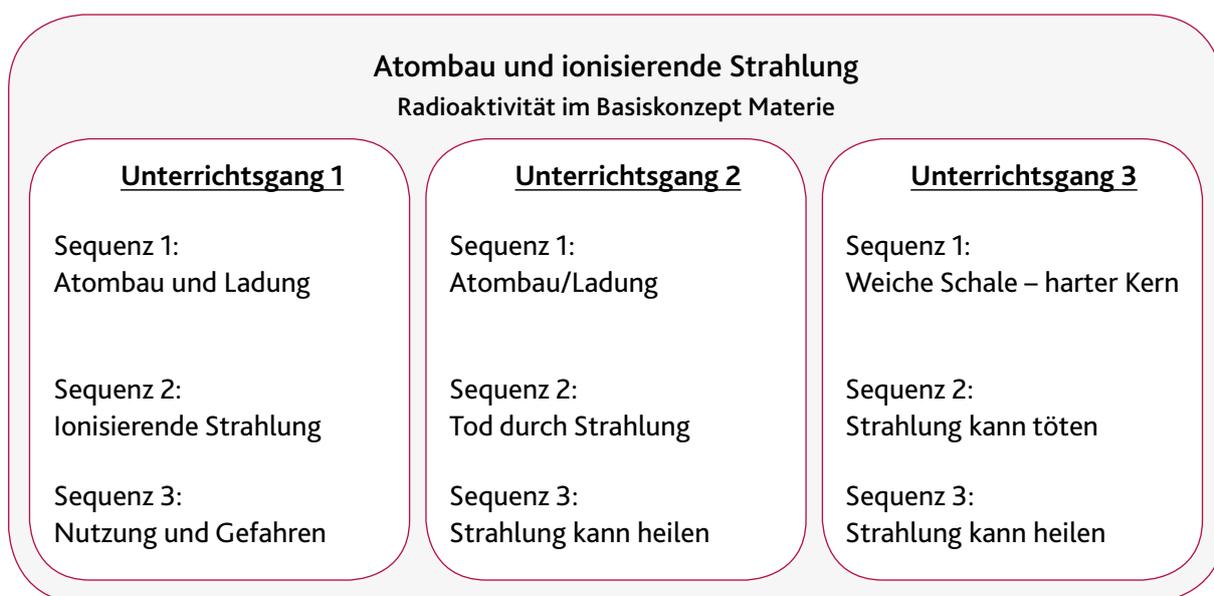
⁵ Strahlenschutz in Schulen, Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur und des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz vom 17. Januar 2008 (MBWJK 9211 – Tgb.-Nr. 2598/07). Fundstelle: Amtsbl. 2008, S. 136, Bezug: Verwaltungsvorschrift des Kultusministeriums und des Ministeriums für Umwelt und Gesundheit vom 3. November 1989 – KM 944 A – Tgb.-Nr. 1500 (Amtsbl. S. 520, 2006, S. 9)

2 UNTERRICHTSBEISPIELE

2.1 Vorüberlegungen

Für die im Folgenden skizzierten Unterrichtsgänge gilt ein Zeitanatz von 16-18 Unterrichtsstunden. Differenzierungsmöglichkeiten (auch zeitlich) hängen vom Stundenansatz sowie den Vorerfahrungen aus dem Chemieunterricht ab.

Die Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer weisen das kontextbezogene Unterrichten verbindlich aus. Welcher Kontext für den eigenen Unterricht gewählt wird, ist freigestellt. Die Mindmap der Themenfeld-Doppelseite bietet hierzu eine Vielzahl von Anregungen. Die vorgestellten Unterrichtsgänge lassen sich individuellen Kontexten zuordnen, da sie auf einen übergeordneten Kontext verzichten. So lässt sich die Thematik auch leicht an aktuelle Gegebenheiten anpassen. Bei der Wahl des Kontextes sollte allerdings darauf geachtet werden, dass sowohl die Gefahren als auch der Nutzen ionisierender Strahlung so thematisiert werden, dass sich die Schülerinnen und Schüler eine fachlich fundierte Meinung bilden und sachkundig am gesellschaftlichen Diskurs zur Radioaktivität teilhaben können.



Die Unterrichtsgänge bzw. Materialien sind im Unterricht an unterschiedlichen Schulformen erprobt worden und erfüllen die Anforderungen des Lehrplanes. Durch Nutzung der vorgeschlagenen sowie von weiteren individuellen Differenzierungen können alle bereitgestellten Materialien für die eigene Lerngruppe angepasst werden. Notwendige Maßnahmen für ein sicheres Umsetzen der vorgestellten Experimente im Unterricht obliegen der unterrichtenden Lehrkraft.

Bei der Beschreibung der Unterrichtsgänge werden folgende Abkürzungen verwendet:

TF – Themenfeld, S – Sequenz, E – Experiment, GA – Gruppenarbeit, AB – Arbeitsblatt, Info – Informationsmaterial, Merk – Merkblatt, LE – Lerneinheit, LK – Lernkontrolle, Mind – Mindmap, Ueb – Übungen.

Alle vorgestellten Materialien stehen zum kostenlosen Download auf dem Bildungsserver Rheinland-Pfalz bereit unter <http://naturwissenschaften.bildung-rp.de/physik/unterricht.html>.

Die Dateinamen bestehen aus der Kennung dieser Handreichung, der TF-Nr., dem Kürzel des Unterrichtsganges, der Sequenz- oder Bausteinnummer und der Art des Materials mit laufender Nummer sowie gegebenenfalls weiterer Kennzeichnung von Teilaufgaben, Gruppen, Differenzierung.

2.2 Unterrichtsgang UG1

Zwar gibt es fast immer einen konkreten Anlass, über Radioaktivität zu sprechen (z. B. Kernkraftwerke im Grenzgebiet, Atomunfälle, Atomkraft im Rahmen der Energiedebatte) jedoch kann in die Thematik des fünften Themenfeldes auch eingestiegen werden, ohne dass ein aktueller Kontext vorgegeben wird.

Ein Begriff, der einen physikalischen Inhalt beschreibt und der im Alltag gebraucht, dort jedoch oftmals falsch verwendet wird, bereitet den Lernenden häufig Schwierigkeiten. In diesem Unterrichtsgang wird deshalb „Radioaktivität“ als zentraler Begriff der ersten Stunde vorgegeben. Ein Brainstorming darüber, was den Lernenden zum Begriff Radioaktivität einfällt, geht schnell in die Breite und offenbart, dass die Thematik auch in dieser Altersklasse als Unterrichtsgegenstand trägt. Hierzu wird ermittelt und wiederholt, was bei den Schülerinnen und Schülern bereits als Wissensgrundlage vorhanden ist (Was wissen wir schon?) und was die Lernenden wissen möchten (Welche Fragen haben wir dazu?). Die Ergebnisse der Brainstorming-Phase werden geclustert und in Form einer Mindmap aufbereitet, die dem gesamten Unterrichtsgang die Struktur und lebensweltliche Anbindung über Kontexte gibt.

Wenn aus den Chemie-Themenfeldern bereits das differenzierte Atommodell mit Kern und Hülle, Protonen, Neutronen sowie Elektronen bereitgestellt wurde und dieses in Teilen angewendet wurde, ist das von Vorteil – jedoch nicht Bedingung. Durch die Abfrage der Sachverhalte, die die Schülerinnen und Schüler mit Radioaktivität verbinden, können die individuell vorliegenden Voraussetzungen festgestellt und erweitert sowie weitere notwendige Grundlagen direkt innerhalb der Sequenzen erarbeitet werden. Unterrichtsgang UG1 wurde für ein mittleres Anspruchsniveau skizziert.

TF5	Sequenz	Fachlicher Schwerpunkt	Tätigkeiten/Lernprodukte
Radioaktivität und Materie – UG1	S1: Atombau und Ladung (5 Std.)	Radioaktivität, Atommodell (Rutherford), elektrische Ladung, Strahlungsarten, Zerfallsreihen, Halbwertszeit	<ul style="list-style-type: none"> ⦿ Wissen und Fragen zur Radioaktivität ⦿ Animationen zu Rutherford ⦿ Info über Atombau und Ladung
	S2: Ionisierende Strahlung (6 Std.)	Eigenschaften ionisierender Strahlung, Absorption (Abschirmung)	<ul style="list-style-type: none">  Ionisierende Strahlung in der Umgebung  Abhängigkeit vom Abstand  Abschirmung durch verschiedene Materialien
	S3: Nutzen und Gefahren (6 Std.)	Kernspaltung und Kernfusion (Prinzip, Abfallentsorgung, Unfälle), medizinische Aspekte, Kernwaffen	<ul style="list-style-type: none">  Recherche  Diskussion und Bewertung  Präsentation

Erläuterungen zu Sequenz 1 – Atombau und Ladung

Lerneinheit	Inhalt/Aktivität	Material				
<p>Einstieg und Organisation (1 Std.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Brainstorming „Radioaktivität“ Was ist Radioaktivität? Sammeln von Fragen zur Radioaktivität <p>→ Vorwissen und Fragen sammeln und sortieren</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="427 656 710 1061"> <p>Radioaktivität Der Begriff Radioaktivität ist eine Kombination der lateinischen Wörter radius und activus und bedeutet „strahlt“ „von selbst“. Radioaktivität ist eine Eigenschaft instabiler Atomkerne. Diese können sich spontan in andere Atomkerne umwandeln und dabei ionisierende Strahlung aussenden. Atomarten mit dieser Eigenschaft heißen Radionuklide („strahlende Kerne“). Den Prozess der Umwandlung bezeichnet man auch als radioaktiven Zerfall bzw. Kernzerfall. Das Phänomen wurde 1896 vom Franzosen Becquerel entdeckt, als eine im Dunkeln gelagerte Fotoplatte geschwärzt wurde, weil Uransalz darauf lag. Die Ehefrau Curies fanden stark strahlende Elemente und nannten sie Radium und Polonium. Ionisierende Strahlung ist für den Menschen – ebenso wie z. B. Röntgenstrahlung – nicht direkt wahrnehmbar und ab einer bestimmten Dosis gefährlich. Sie kann z. B. mit einem Geiger-Müller-Zähler gemessen werden. Die Zeit, in der sich die Hälfte einer bestimmten Menge eines radioaktiven Stoffes umgewandelt hat, heißt Halbwertszeit. Sie kann im Bereich von Sekundenbruchteilen bis hin zu Trillionen Jahren liegen. Radionuklide kommen in der Natur vor, aber sie entstehen auch künstlich, z. B. in Kernkraftwerken oder durch Kernspaltung. Aufgabe: Wir beschäftigen uns in den nächsten Stunden mit dem Thema Radioaktivität. Der kurze Text gibt dir nur einen Überblick, was sich dahinter verbirgt. Was weißt du selbst schon über Radioaktivität und was möchtest du im Unterricht darüber erfahren? Fülle dazu die Tabelle aus.</p> <table border="1"> <tr> <td>Das fällt mir zu Radioaktivität ein...</td> <td>Dazu möchte ich gern mehr erfahren...</td> </tr> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td style="height: 40px;"></td> </tr> </table> </div> <div data-bbox="770 656 1053 1088"> <p>Radioaktivität Aufgabe: Ihr habt euch darüber Gedanken gemacht, was ihr a) schon über Radioaktivität wisst und was ihr b) im Unterricht darüber erfahren möchtet. Ordnet eure Überlegungen den Ästen der Mindmap zu. Verwendet für a) und b) unterschiedliche Farben.</p> </div> </div> <p>Hinweise für die Lehrkraft: Die Antworten der Schülerinnen und Schüler werden zusammengetragen und dargestellt – z. B. in Form einer Mindmap. Diese kann geleitet mit der ganzen Lerngruppe zusammengestellt werden oder vorher in kleineren Gruppen erarbeitet und dann im Plenum zusammengefasst werden. Beim Erlesen der Vorkenntnisse und der Interessen ergeben sich die Kontakte, die das Thema persönlich bedeutsam machen. Nicht jeder Mensch interessiert sich für die medizinischen Aspekte und nicht jeder für die energetischen – darum können unterschiedliche Gruppen unterschiedliche Themen bearbeiten. Es sollte im Verlauf des Unterrichts jedoch für alle möglich sein, zumindest einen Überblick über die unterschiedlichen Aspekte des Umgangs mit Radioaktivität zu erhalten.</p>	Das fällt mir zu Radioaktivität ein...	Dazu möchte ich gern mehr erfahren...			<p>Merkstoff Radioaktivität HR_Ph_TF5_UG1_S1_Radioaktivitaet_AB</p> <p>Mindmap zur Radioaktivität HR_Ph_TF5_UG1_S1_Radioaktivitaet_Mindmap</p> <p>Linkliste: vgl. Kapitel 3.2</p>
Das fällt mir zu Radioaktivität ein...	Dazu möchte ich gern mehr erfahren...					
<p>Fachwissen bereitstellen (4 Std.)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Informationen über den Atombau, Elementarteilchen, elektrische Ladung Animationen zu Rutherford, Zerfallsreihen, Halbwertszeit, Strahlungsarten, Nuklidtafel <p>→ Grenzen des einfachen Teilchenmodells erkennen</p> <p>→ Modelle und Simulationen zum Erkenntnisgewinn nutzen</p> <p>→ einem Video angeleitet Informationen entnehmen (z. B. wie in HR_Ph_TF5_UG3_S2_Film_AB)</p>	<p>Video „Was ist Radioaktivität“ mit Prof. Lesch vgl. Kapitel 3.2</p> <p>zu Atombau finden sich Anregungen in den Handreichungen Chemie</p> <p>Stationenlernen Elektrische Ladung (siehe UG2) HR_Ph_TF5_UG2_S1_Eigenschaften_elladung_Stat</p>				

Erläuterungen zu Sequenz 2 – Ionisierende Strahlung

Diese Sequenz ist von Experimenten geprägt, da Experimente bei einer Vielzahl von Schülerinnen und Schülern die Motivation, sich für ein Thema zu begeistern, erhöhen. Bei den Experimenten ist im Vorfeld unbedingt eine Gefährdungsbeurteilung anzufertigen.

In den Erprobungsklassen konnte unter Beachtung der Sicherheitsvorschriften mit Strahlern und Geiger-Müller-Zählrohren aus der schuleigenen Sammlung experimentiert werden. Die Schülerinnen und Schüler bauten ihre Kompetenzen auf dem Gebiet des Experimentierens (z. B. Sorgfalt, Genauigkeit) erheblich aus.

Es gibt im Handel auch Zähler für geringste Umgebungsstrahlung. Diese sind jedoch teuer in der Anschaffung. Eine Beschreibung zu Experimenten damit findet man z. B. in „Schülerversuche zur Radioaktivität“ und „Magnetische Ablenkung radioaktiver Strahlung im Schülerversuch“ von Klaus Weltner und Martin Erik Horn.

Wer aufgrund der örtlichen Gegebenheiten keine Real-Experimente mit ionisierender Strahlung durchführen kann, sollte zumindest auf virtuelle Experimente zurückgreifen, die im als Film oder in Applets im Internet angeboten werden. Möglich ist auch eine Kooperation mit Nachbarschulen, Universitäten oder anderen Einrichtungen wie Kernkraftwerken, die über entsprechende Voraussetzungen verfügen.

Lerneinheit	Inhalt/Aktivität	Material																																																																									
Experimentieren mit ionisierender Strahlung (6 Std.)	<p>Experimente mit ionisierender Strahlung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ionisierende Strahlung in der Umgebung <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;"></th> <th style="width: 40%;">Ionisierende Strahlung in der Umgebung</th> <th style="width: 50%;">Arbeitsblatt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td colspan="2"> Radioaktivität findet man überall. Die verschiedenen Strahlungsarten haben unterschiedliche Eigenschaften. Mit einem Geiger-Müller-Zählrohr kann man die Impulsrate messen. </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> 1. Aufgabe Untersuche die Radioaktivität verschiedener Materialien in unserer Umgebung, in dem du Messungen mit dem Geiger-Müller-Zählrohr durchführst. Dokumentiere deine Untersuchungen in einem Protokoll. </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> 2. Durchführung 2.1 Aufbau: <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">- Anzeigergerät</td> </tr> <tr> <td>- Geiger-Müller-Zählrohr</td> </tr> <tr> <td>- Stoppuhr</td> </tr> <tr> <td>- Prüfobjekte</td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> 2.2 Materialien/Geräte: </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> 2.3 Ablauf: - Wir halten das Prüfobjekt immer im gleichen Abstand vor die Öffnung des GMZ. - Wir messen zuerst die Nullrate. </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> 3. Messwerte 3.1 Nullrate </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Zeit</th> <th style="width: 10%;">1 min</th> <th style="width: 10%;">2 min</th> <th style="width: 10%;">3 min</th> <th style="width: 10%;">4 min</th> <th style="width: 10%;">5 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impulsrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impulsrate pro Minute</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Nullrate = </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> 3.2 Messwerttabelle </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Prüfobjekt</th> <th style="width: 10%;">Glohnstrumpf</th> <th style="width: 10%;">Ra 226</th> <th style="width: 10%;">Handy</th> <th style="width: 10%;">Hand</th> <th style="width: 10%;">Taschenrechner</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impulsrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impulsrate abzgl. Nullrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </td> </tr> <tr> <td></td> <td colspan="2"> 4. Auswertung </td> </tr> </tbody> </table> </div>		Ionisierende Strahlung in der Umgebung	Arbeitsblatt		Radioaktivität findet man überall. Die verschiedenen Strahlungsarten haben unterschiedliche Eigenschaften. Mit einem Geiger-Müller-Zählrohr kann man die Impulsrate messen.			1. Aufgabe Untersuche die Radioaktivität verschiedener Materialien in unserer Umgebung, in dem du Messungen mit dem Geiger-Müller-Zählrohr durchführst. Dokumentiere deine Untersuchungen in einem Protokoll.			2. Durchführung 2.1 Aufbau: <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">- Anzeigergerät</td> </tr> <tr> <td>- Geiger-Müller-Zählrohr</td> </tr> <tr> <td>- Stoppuhr</td> </tr> <tr> <td>- Prüfobjekte</td> </tr> </table>		- Anzeigergerät	- Geiger-Müller-Zählrohr	- Stoppuhr	- Prüfobjekte		2.2 Materialien/Geräte:			2.3 Ablauf: - Wir halten das Prüfobjekt immer im gleichen Abstand vor die Öffnung des GMZ. - Wir messen zuerst die Nullrate.			3. Messwerte 3.1 Nullrate			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Zeit</th> <th style="width: 10%;">1 min</th> <th style="width: 10%;">2 min</th> <th style="width: 10%;">3 min</th> <th style="width: 10%;">4 min</th> <th style="width: 10%;">5 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impulsrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impulsrate pro Minute</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Nullrate =		Zeit	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	Impulsrate						Impulsrate pro Minute							3.2 Messwerttabelle			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Prüfobjekt</th> <th style="width: 10%;">Glohnstrumpf</th> <th style="width: 10%;">Ra 226</th> <th style="width: 10%;">Handy</th> <th style="width: 10%;">Hand</th> <th style="width: 10%;">Taschenrechner</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impulsrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impulsrate abzgl. Nullrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Prüfobjekt	Glohnstrumpf	Ra 226	Handy	Hand	Taschenrechner	Impulsrate						Impulsrate abzgl. Nullrate							4. Auswertung		Experimente HR_Ph_TF5_UG1_S2_Umgebung_AB (differenziertes Arbeitsblatt, 3 Varianten)
	Ionisierende Strahlung in der Umgebung	Arbeitsblatt																																																																									
	Radioaktivität findet man überall. Die verschiedenen Strahlungsarten haben unterschiedliche Eigenschaften. Mit einem Geiger-Müller-Zählrohr kann man die Impulsrate messen.																																																																										
	1. Aufgabe Untersuche die Radioaktivität verschiedener Materialien in unserer Umgebung, in dem du Messungen mit dem Geiger-Müller-Zählrohr durchführst. Dokumentiere deine Untersuchungen in einem Protokoll.																																																																										
	2. Durchführung 2.1 Aufbau: <table style="margin-left: 20px; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;">- Anzeigergerät</td> </tr> <tr> <td>- Geiger-Müller-Zählrohr</td> </tr> <tr> <td>- Stoppuhr</td> </tr> <tr> <td>- Prüfobjekte</td> </tr> </table>		- Anzeigergerät	- Geiger-Müller-Zählrohr	- Stoppuhr	- Prüfobjekte																																																																					
- Anzeigergerät																																																																											
- Geiger-Müller-Zählrohr																																																																											
- Stoppuhr																																																																											
- Prüfobjekte																																																																											
	2.2 Materialien/Geräte:																																																																										
	2.3 Ablauf: - Wir halten das Prüfobjekt immer im gleichen Abstand vor die Öffnung des GMZ. - Wir messen zuerst die Nullrate.																																																																										
	3. Messwerte 3.1 Nullrate																																																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Zeit</th> <th style="width: 10%;">1 min</th> <th style="width: 10%;">2 min</th> <th style="width: 10%;">3 min</th> <th style="width: 10%;">4 min</th> <th style="width: 10%;">5 min</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impulsrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impulsrate pro Minute</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> Nullrate =		Zeit	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min	Impulsrate						Impulsrate pro Minute																																																												
Zeit	1 min	2 min	3 min	4 min	5 min																																																																						
Impulsrate																																																																											
Impulsrate pro Minute																																																																											
	3.2 Messwerttabelle																																																																										
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Prüfobjekt</th> <th style="width: 10%;">Glohnstrumpf</th> <th style="width: 10%;">Ra 226</th> <th style="width: 10%;">Handy</th> <th style="width: 10%;">Hand</th> <th style="width: 10%;">Taschenrechner</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Impulsrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Impulsrate abzgl. Nullrate</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Prüfobjekt	Glohnstrumpf	Ra 226	Handy	Hand	Taschenrechner	Impulsrate						Impulsrate abzgl. Nullrate																																																												
Prüfobjekt	Glohnstrumpf	Ra 226	Handy	Hand	Taschenrechner																																																																						
Impulsrate																																																																											
Impulsrate abzgl. Nullrate																																																																											
	4. Auswertung																																																																										

Erläuterungen zu Sequenz 3 – Nutzen und Gefahren

An dieser Stelle des Unterrichtsganges recherchieren die Schülerinnen und Schüler zu ihren mit der Mindmap (aus Stunde 1) selbst gewählten Kontexten und beantworten damit ihre eigenen Fragen, die von der Einführungsstunde noch geblieben sind. In den Erprobungsklassen durften sie sich selbst zu Gruppen formieren. Im Idealfall sollten sich die Personen nur nach ihren Interessen zuordnen, Manchmal richtet sich jedoch die Auswahl nach den Personen, die in der Gruppe sind – auch darum sollte von Anfang an in der Gruppe schriftlich festgehalten werden, wer welche Aspekte bearbeitet. So kann am Ende der Beitrag jedes Mitglieds erfasst und bewertet werden.

Bei der Zuordnung sollte von der Lehrkraft darauf geachtet werden, dass möglichst viele Interessensbereiche abgedeckt werden können.

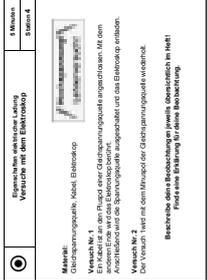
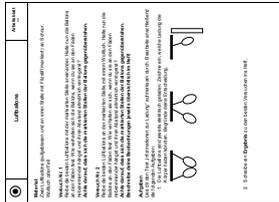
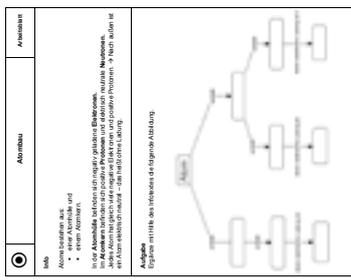
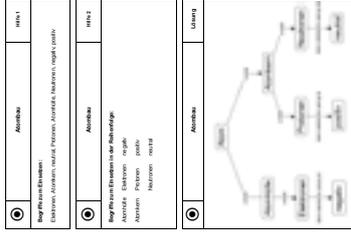
Lerneinheit	Inhalt/Aktivität	Material																		
<p>Nutzen und Gefahren (7 Std.)</p>	<p>Kernspaltung und Kernfusion (Prinzip, Abfallentsorgung, Unfälle), medizinische Aspekte, Kernwaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> Vergabe von Mindmap-Ästen mit Fragen zur gruppenweisen Bearbeitung: <p>Arbeitsaufträge:</p> <p>Bildet Dreier-Gruppen.</p> <p>Sucht euch ein Thema aus dem Bereich Nutzen und Gefahren aus und grenzt es mit Hilfe von Fragen weiter ein. Legt genau fest: Wer macht was? Und haltet es schriftlich fest. Stellt am Ende des Themas eure Ergebnisse in Form eines Plakates, eines Flyers, einer Info-Mappe, einer Powerpoint-Folie, eines Videos, einer Zeitungsseite, ... dar.</p> <p>→ über Nutzung und damit verbundene Risiken ionisierender Strahlung recherchieren</p> <p>→ Adressatengerecht präsentieren</p> <p>→ Schutzmaßnahmen bewerten</p> <p>→ über Nutzen und Gefahren argumentieren und diskutieren</p>	<p>Arbeitsblatt mit Hilfekarten</p> <p>HR_Ph_TF5_UG1_S3_ProContra_AB</p> <div data-bbox="1114 913 1399 1877"> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">"Stell dir vor..." Radioaktive Abfälle</th> <th>Arbeitsblatt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"> <p>Pro und Contra-Diskussion</p> <p>Bei der Energiegewinnung in Kernkraftwerken, in der Forschung, in der Medizin und in vielen anderen Bereichen fallen radioaktive Abfälle an. Diese können nicht einfach in den Müll – als Massenfall – entsorgt werden. Dies nennt man auch „Nukleare Entsorgung“. Aber wohin mit dem radioaktiven Müll?</p> <p>Aufgabe 1: Informiere dich über die verschiedenen Möglichkeiten, radioaktive Abfälle in zu entsorgen. Welche Probleme treten dabei auf?</p> <p>Angenommen, es wurde festgestellt, dass in einer wissenschaftlichen Untersuchung in der Nähe optimale Bedingungen für ein Erdbeben festgelegt wurden. In einer öffentlichen Diskussionsrunde soll besprochen werden, ob dort tatsächlich ein neues Erdbeben eingetretet wird oder nicht. Es treffen dabei verschiedene Personen aufeinander, unterschiedliche Interessen haben. Das sind unter anderem:</p> <ul style="list-style-type: none"> Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors, Anwohner/Anwohner, Landwirt/Landwirt, Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte, Moderatorin/Moderator. <p>Aufgabe 2: Stell dir vor, du bist eine dieser Personen. Vertrete die Position dieser Person in der Diskussionsrunde. Bereite dich gut auf die Diskussion vor und achte darauf, dass du sowohl fachlich korrekt argumentierst als auch die Interessen der Person verteidigst.</p> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <p>Hilfekarten zu Interessen und Stichworten</p> <table border="1"> <tr> <td> <p>Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors</p> <ul style="list-style-type: none"> hat radioaktiven Müll zu entsorgen (Kosten, Sicherheit, Wege) </td> <td> <p>Anwohner/Anwohner</p> <ul style="list-style-type: none"> hat Angst um Gesundheit der Familie (Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> </tr> <tr> <td> <p>Ortsansässiger Landwirt/Landwirt</p> <ul style="list-style-type: none"> sorgt sich um die Ernte und die Tiere (Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> <td> <p>Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte des Landes, die weit weg wohnt</p> <ul style="list-style-type: none"> braucht neue Einnahmequellen (Kosten, Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> </tr> <tr> <td> <p>Moderatorin/Moderator</p> <ul style="list-style-type: none"> ist unparteiisch (Richtzeit, Fakten) </td> <td></td> </tr> </table> </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> <p>Hilfekarte zur Arbeitsweise</p> <p>Schritte zum Argumentieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Damit du zu einem Thema qualifiziert argumentieren und diskutieren kannst, benötigst du umfassende Informationen. Beschaffe sie dir mit Hilfe von Experten, Fachbüchern, Zeitschriften, dem Internet... Die Vielzahl an Informationen muss geordnet werden. Was hat du alles herausgefunden? Fertige eine Mindmap an, in der du diese Informationen ordnest. Manche Äste der Mindmap lassen sich weiter zusammenfassen. Bilde Cluster und ordnere nach Informationen, die Pro bzw. Kontra zum Thema stehen. Überlege für deine Argumentation eine Einleitung, in der du die Zuhörer auf dein Thema lenkst. Im Hauptteil deiner Argumentation sollten die Argumente stehen. Gib sowohl die Argumente an, die für deine Position sprechen, als auch die dagegen. Stelle die schwächeren Argumente an den Anfang und die stärkeren am Ende deiner Argumentation und unterstriche sie jeweils mit Beispielen. Fasse abschließend deinen Standpunkt zusammen und ziehe das Fazit deiner Argumentation. </td> </tr> </tbody> </table> </div>	"Stell dir vor..." Radioaktive Abfälle		Arbeitsblatt	<p>Pro und Contra-Diskussion</p> <p>Bei der Energiegewinnung in Kernkraftwerken, in der Forschung, in der Medizin und in vielen anderen Bereichen fallen radioaktive Abfälle an. Diese können nicht einfach in den Müll – als Massenfall – entsorgt werden. Dies nennt man auch „Nukleare Entsorgung“. Aber wohin mit dem radioaktiven Müll?</p> <p>Aufgabe 1: Informiere dich über die verschiedenen Möglichkeiten, radioaktive Abfälle in zu entsorgen. Welche Probleme treten dabei auf?</p> <p>Angenommen, es wurde festgestellt, dass in einer wissenschaftlichen Untersuchung in der Nähe optimale Bedingungen für ein Erdbeben festgelegt wurden. In einer öffentlichen Diskussionsrunde soll besprochen werden, ob dort tatsächlich ein neues Erdbeben eingetretet wird oder nicht. Es treffen dabei verschiedene Personen aufeinander, unterschiedliche Interessen haben. Das sind unter anderem:</p> <ul style="list-style-type: none"> Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors, Anwohner/Anwohner, Landwirt/Landwirt, Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte, Moderatorin/Moderator. <p>Aufgabe 2: Stell dir vor, du bist eine dieser Personen. Vertrete die Position dieser Person in der Diskussionsrunde. Bereite dich gut auf die Diskussion vor und achte darauf, dass du sowohl fachlich korrekt argumentierst als auch die Interessen der Person verteidigst.</p>			<p>Hilfekarten zu Interessen und Stichworten</p> <table border="1"> <tr> <td> <p>Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors</p> <ul style="list-style-type: none"> hat radioaktiven Müll zu entsorgen (Kosten, Sicherheit, Wege) </td> <td> <p>Anwohner/Anwohner</p> <ul style="list-style-type: none"> hat Angst um Gesundheit der Familie (Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> </tr> <tr> <td> <p>Ortsansässiger Landwirt/Landwirt</p> <ul style="list-style-type: none"> sorgt sich um die Ernte und die Tiere (Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> <td> <p>Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte des Landes, die weit weg wohnt</p> <ul style="list-style-type: none"> braucht neue Einnahmequellen (Kosten, Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> </tr> <tr> <td> <p>Moderatorin/Moderator</p> <ul style="list-style-type: none"> ist unparteiisch (Richtzeit, Fakten) </td> <td></td> </tr> </table>			<p>Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors</p> <ul style="list-style-type: none"> hat radioaktiven Müll zu entsorgen (Kosten, Sicherheit, Wege) 	<p>Anwohner/Anwohner</p> <ul style="list-style-type: none"> hat Angst um Gesundheit der Familie (Gefahren, Schutzmaßnahmen) 	<p>Ortsansässiger Landwirt/Landwirt</p> <ul style="list-style-type: none"> sorgt sich um die Ernte und die Tiere (Gefahren, Schutzmaßnahmen) 	<p>Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte des Landes, die weit weg wohnt</p> <ul style="list-style-type: none"> braucht neue Einnahmequellen (Kosten, Gefahren, Schutzmaßnahmen) 	<p>Moderatorin/Moderator</p> <ul style="list-style-type: none"> ist unparteiisch (Richtzeit, Fakten) 		<p>Hilfekarte zur Arbeitsweise</p> <p>Schritte zum Argumentieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Damit du zu einem Thema qualifiziert argumentieren und diskutieren kannst, benötigst du umfassende Informationen. Beschaffe sie dir mit Hilfe von Experten, Fachbüchern, Zeitschriften, dem Internet... Die Vielzahl an Informationen muss geordnet werden. Was hat du alles herausgefunden? Fertige eine Mindmap an, in der du diese Informationen ordnest. Manche Äste der Mindmap lassen sich weiter zusammenfassen. Bilde Cluster und ordnere nach Informationen, die Pro bzw. Kontra zum Thema stehen. Überlege für deine Argumentation eine Einleitung, in der du die Zuhörer auf dein Thema lenkst. Im Hauptteil deiner Argumentation sollten die Argumente stehen. Gib sowohl die Argumente an, die für deine Position sprechen, als auch die dagegen. Stelle die schwächeren Argumente an den Anfang und die stärkeren am Ende deiner Argumentation und unterstriche sie jeweils mit Beispielen. Fasse abschließend deinen Standpunkt zusammen und ziehe das Fazit deiner Argumentation. 		
"Stell dir vor..." Radioaktive Abfälle		Arbeitsblatt																		
<p>Pro und Contra-Diskussion</p> <p>Bei der Energiegewinnung in Kernkraftwerken, in der Forschung, in der Medizin und in vielen anderen Bereichen fallen radioaktive Abfälle an. Diese können nicht einfach in den Müll – als Massenfall – entsorgt werden. Dies nennt man auch „Nukleare Entsorgung“. Aber wohin mit dem radioaktiven Müll?</p> <p>Aufgabe 1: Informiere dich über die verschiedenen Möglichkeiten, radioaktive Abfälle in zu entsorgen. Welche Probleme treten dabei auf?</p> <p>Angenommen, es wurde festgestellt, dass in einer wissenschaftlichen Untersuchung in der Nähe optimale Bedingungen für ein Erdbeben festgelegt wurden. In einer öffentlichen Diskussionsrunde soll besprochen werden, ob dort tatsächlich ein neues Erdbeben eingetretet wird oder nicht. Es treffen dabei verschiedene Personen aufeinander, unterschiedliche Interessen haben. Das sind unter anderem:</p> <ul style="list-style-type: none"> Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors, Anwohner/Anwohner, Landwirt/Landwirt, Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte, Moderatorin/Moderator. <p>Aufgabe 2: Stell dir vor, du bist eine dieser Personen. Vertrete die Position dieser Person in der Diskussionsrunde. Bereite dich gut auf die Diskussion vor und achte darauf, dass du sowohl fachlich korrekt argumentierst als auch die Interessen der Person verteidigst.</p>																				
<p>Hilfekarten zu Interessen und Stichworten</p> <table border="1"> <tr> <td> <p>Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors</p> <ul style="list-style-type: none"> hat radioaktiven Müll zu entsorgen (Kosten, Sicherheit, Wege) </td> <td> <p>Anwohner/Anwohner</p> <ul style="list-style-type: none"> hat Angst um Gesundheit der Familie (Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> </tr> <tr> <td> <p>Ortsansässiger Landwirt/Landwirt</p> <ul style="list-style-type: none"> sorgt sich um die Ernte und die Tiere (Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> <td> <p>Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte des Landes, die weit weg wohnt</p> <ul style="list-style-type: none"> braucht neue Einnahmequellen (Kosten, Gefahren, Schutzmaßnahmen) </td> </tr> <tr> <td> <p>Moderatorin/Moderator</p> <ul style="list-style-type: none"> ist unparteiisch (Richtzeit, Fakten) </td> <td></td> </tr> </table>			<p>Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors</p> <ul style="list-style-type: none"> hat radioaktiven Müll zu entsorgen (Kosten, Sicherheit, Wege) 	<p>Anwohner/Anwohner</p> <ul style="list-style-type: none"> hat Angst um Gesundheit der Familie (Gefahren, Schutzmaßnahmen) 	<p>Ortsansässiger Landwirt/Landwirt</p> <ul style="list-style-type: none"> sorgt sich um die Ernte und die Tiere (Gefahren, Schutzmaßnahmen) 	<p>Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte des Landes, die weit weg wohnt</p> <ul style="list-style-type: none"> braucht neue Einnahmequellen (Kosten, Gefahren, Schutzmaßnahmen) 	<p>Moderatorin/Moderator</p> <ul style="list-style-type: none"> ist unparteiisch (Richtzeit, Fakten) 													
<p>Betreiber/Betreiber eines Kernreaktors</p> <ul style="list-style-type: none"> hat radioaktiven Müll zu entsorgen (Kosten, Sicherheit, Wege) 	<p>Anwohner/Anwohner</p> <ul style="list-style-type: none"> hat Angst um Gesundheit der Familie (Gefahren, Schutzmaßnahmen) 																			
<p>Ortsansässiger Landwirt/Landwirt</p> <ul style="list-style-type: none"> sorgt sich um die Ernte und die Tiere (Gefahren, Schutzmaßnahmen) 	<p>Finanzbeauftragte/Finanzbeauftragte des Landes, die weit weg wohnt</p> <ul style="list-style-type: none"> braucht neue Einnahmequellen (Kosten, Gefahren, Schutzmaßnahmen) 																			
<p>Moderatorin/Moderator</p> <ul style="list-style-type: none"> ist unparteiisch (Richtzeit, Fakten) 																				
<p>Hilfekarte zur Arbeitsweise</p> <p>Schritte zum Argumentieren</p> <ul style="list-style-type: none"> Damit du zu einem Thema qualifiziert argumentieren und diskutieren kannst, benötigst du umfassende Informationen. Beschaffe sie dir mit Hilfe von Experten, Fachbüchern, Zeitschriften, dem Internet... Die Vielzahl an Informationen muss geordnet werden. Was hat du alles herausgefunden? Fertige eine Mindmap an, in der du diese Informationen ordnest. Manche Äste der Mindmap lassen sich weiter zusammenfassen. Bilde Cluster und ordnere nach Informationen, die Pro bzw. Kontra zum Thema stehen. Überlege für deine Argumentation eine Einleitung, in der du die Zuhörer auf dein Thema lenkst. Im Hauptteil deiner Argumentation sollten die Argumente stehen. Gib sowohl die Argumente an, die für deine Position sprechen, als auch die dagegen. Stelle die schwächeren Argumente an den Anfang und die stärkeren am Ende deiner Argumentation und unterstriche sie jeweils mit Beispielen. Fasse abschließend deinen Standpunkt zusammen und ziehe das Fazit deiner Argumentation. 																				

2.3 Unterrichtsgang UG2

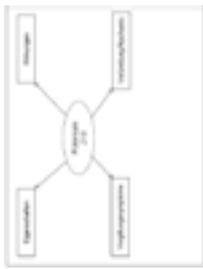
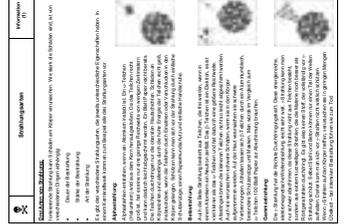
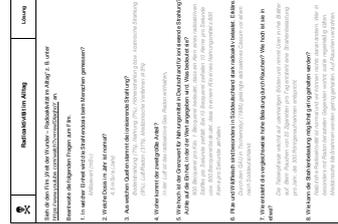
Der nachfolgend skizzierte Unterrichtsgang UG2 gliedert sich ebenfalls in drei kleinere Sequenzen mit eigenen Kontexten. Zusammen ermöglichen sie ein tragfähiges Konzept zur Thematik Atombau und ionisierende Strahlung. Auch wenn sich UG2 und UG3 auf den ersten Blick sehr ähneln und sogar die dritte Sequenz in beiden identisch ist, gibt es einen entscheidenden Unterschied: Im Gegensatz zu UG3 wird in UG2 weniger auf Applets zurückgegriffen, um die komplizierte Vermischung der Teilchen- und der Stoffebene möglichst gering zu halten und die Thematik so auch für leistungsschwächere Lerngruppen zugänglicher zu machen.

TF5	Sequenz	Fachlicher Schwerpunkt	Tätigkeiten/Lernprodukte
Atombau und ionisierende Strahlung – UG2	S1: Atombau/Ladung	Atombau, elektrische Ladung (4 Unterrichtsstunden)	<ul style="list-style-type: none"> ⦿ Elektrische Ladung (Versuche mit Luftballons, Stationen) ⦿ Aufbau eines Atoms (Info-Film, Infotext, Abbildung beschriften)
	S2: Tod durch Strahlung	Radioaktivität, Strahlungsarten und ihre Wirkungen (6 Unterrichtsstunden)	<ul style="list-style-type: none"> ☠ Der perfekte Mord (Zeitungsartikel Litwinenkow) ☠ Strahlungsarten – Entstehung der unterschiedlichen Strahlungsarten, Wirkungen der Strahlung auf den menschlichen Körper (AB Strahlungsarten) ☠ Radioaktivität im Alltag (Film, Mindmap)
	S3: Strahlung kann heilen	Halbwertszeit, ionisierende Strahlung (5 Unterrichtsstunden)	<ul style="list-style-type: none"> 🧪 Halbwertszeit (Experiment) 🧪 Ionisierende Strahlung bei Diagnose und Therapie (Webquest und Plakat)

Unterrichtsverlauf Sequenz 1 – „Kernkompetenzen“

Lerneinheit/ Stunde	Kompetenzen Schülerinnen und Schüler ...	Kompetenzbezogenes Fachwissen	Lernprodukt, Differenzierung, Material
<p>Elektrische Ladung Stunde 1 und 2</p>	<p>... führen einfache Experimente zur elektrischen Ladung durch und werten sie auf der phänomenologischen Ebene aus.</p>	<p>Kern-Hülle-Modell mit Protonen und Neutronen im Kern und Elektronen in der Hülle (differenziertes Atommodell), (Elementar-)Teilchen und ihre Eigenschaften wie Masse und elektrische Ladung.</p>	<p>Stationenlernen Elektrische Ladung HR_Ph_TF5_UG2_S1_ Eigenschaften_elladung_Stat</p> <p>oder</p> <p>HR_Ph_TF5_UG2_S1_ Luftballons Arbeitsblatt in drei Schwierigkeits-Varianten, Lösung und Infotext</p>  
<p>Aufbau eines Atoms Stunde 3 und 4</p>	<p>... beschreiben Atome mit den Kenntnissen zum Kern-Hülle-Modell. ... wenden das differenzierte Atommodell an, um ein Kernmodell zu bauen (fakultativ).</p>	<p>(Elementar-)Teilchen unterscheiden sich in Eigenschaften wie Masse und elektrische Ladung. Elektronen sind negativ, Protonen positiv geladen, Neutronen sind elektrisch neutral. Die berührungslose Wechselwirkung von Körpern wird durch Felder vermittelt (z. B. bei WW geladener Teilchen).</p>	<p>Arbeitsblatt und Info HR_Ph_TF5_UG2_S1_Atombau_ABin zwei Ausführungen mit Hilfefkarten</p>  

Unterrichtsverlauf Sequenz 2 – Tod durch Strahlung

Lerneinheit/ Stunde	Kompetenzen Schülerinnen und Schüler ...	Kompetenzbezogenes Fachwissen	Lernprodukt, Differenzierung, Material
<p>Der perfekte Mord Stunde 1</p>	<p>... recherchieren über Radioaktivität (Wirkungen, Gefahren).</p> <p>... argumentieren und diskutieren über Gefahren ionisierender Strahlung.</p>	<p>Die Absorption ionisierender Strahlung kann in Lebewesen zu Schädigungen führen.</p> 	<p>Zeitungsartikel, Mindmap zum Fall HR_Ph_TF5_UG2_S2_Perfekter_Mord_AB</p> 
<p>Strahlungsarten Stunden 3, 4 und 5</p>	<p>... nutzen Modelle zur Beschreibung der Atombaus und zum Entstehen unterschiedlicher Strahlungsarten.</p> <p>... recherchieren zu Strahlungsarten.</p>	<p>Atome bestehen nach dem Kern-Hülle-Modell aus Protonen und Neutronen im Kern und Elektronen in der Hülle.</p> <p>Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns, wird Strahlung ausgesendet.</p>	<p>Arbeitsblatt HR_Ph_TF5_UG2_S2_Strahlungsarten_AB</p> <p>Textarbeit auf unterschiedlichen Niveaus</p> 
<p>Radioaktivität im Alltag Stunden 4, 5 und 6</p>	<p>... recherchieren über Radioaktivität (Wirkungen, Gefahren).</p> <p>... argumentieren und diskutieren über Gefahren ionisierender Strahlung.</p> <p>... Entnehmen sachgerechte Informationen und unterscheiden bewusst Alltags- und Fachsprache.</p>	<p>Ionisierende Strahlung und ihre Auswirkungen in unterschiedlichen Alltagsbereichen.</p>	<p>Film Radioaktivität im Alltag, z. B. unter http://www.weltderwunder.de/artikel/radioaktivitaet/ (Fachsprache – Alltagssprache thematisieren) HR_Ph_TF5_UG2_S2_Alltagsradioaktivitaet in drei Varianten</p> 

Unterrichtsverlauf Sequenz 3 – Strahlung kann heilen

Die dritte Sequenz entspricht Sequenz 3 aus Unterrichtsgang 3 (UG3_S3):

- In der ersten Lerneinheit geht es um Zerfallskurven und Halbwertszeit (2 Unterrichtsstunden). Dazu wird der Versuch: Messung „Zerfall in Luft vorkommender radioaktiver Radon-Folgenuklide“ durchgeführt und die Bedeutung des Begriffes Halbwertszeit thematisiert.
- Die zweite Lerneinheit ist dem Einsatz ionisierender Strahlung in der Medizin gewidmet (3 Unterrichtsstunden). Vor- und Nachteile verschiedener Nuklide beim Einsatz in der Medizin werden unter anderem in Form eines WebQuest beleuchtet.
- Im abschließenden Test (1 Unterrichtsstunde) werden komplexe Aufgaben zur Thematik der Sequenzen 1 bis 3 bearbeitet.

Eine detaillierte Beschreibung dieses Unterrichtsteils findet sich in der Dokumentation zu Unterrichtsgang 3 unter „Erläuterungen zu Sequenz 3 – Strahlung kann heilen“ (ab S. 47).

2.4 Unterrichtsgang UG3

Unterrichtsgang 3 wurde für leistungsstarke Lerngruppen entwickelt und mit solchen erprobt. Statt eines Großkontextes greift auch UG3 auf drei kleinere Sequenz-Kontexte zurück, die zusammen ein tragfähiges Konzept zur Thematik Atombau und ionisierende Strahlung ermöglichen – sofern auf Vorwissen aus dem Chemieunterricht zurückgegriffen werden kann. Ohne das Vorwissen aus dem Chemieunterricht muss der Unterrichtsgang entsprechend modifiziert werden

Die Schülerinnen und Schüler der Probelerngruppen hatten im Fach Chemie in TF 2 bereits das differenzierte Atommodell mit Kern und Hülle, Protonen, Neutronen sowie Elektronen kennen gelernt und dies in den Chemie-Themenfeldern 3 und 4 in Teilen angewendet. Unter dieser Voraussetzung konnte der vorliegende Unterrichtsgang durchgeführt werden.

TF5	Sequenz	Fachlicher Schwerpunkt	Tätigkeiten/Lernprodukte
Atombau und ionisierende Strahlung – UG3	S1: Weiche Schale – harter Kern	Atombau, elektrische Ladung, elektrische Wechselwirkungen, geladenes Teilchen im elektrischen Feld, Aufbau des Atomkerns (4 Unterrichtsstunden)	<ul style="list-style-type: none"> ⊙ Aktivierung der Vorkenntnisse (Concept-Map) ⊙ Elektrische Ladung und Wechselwirkungen (Applets, AB, Stationen) ⊙ Geladenes Teilchen im elektrischen Feld (AB, Applet, Vortrag als Erweiterung) ⊙ Kernkraft und Coulombkraft (Applet, Aufgabe)
	S2: Strahlung kann töten	Unfall im Kernkraftwerk und seine Folgen, ionisierende Strahlung, Strahlungsarten (7 Unterrichtsstunden)	<ul style="list-style-type: none"> 🌐 Film Mensch gegen Strahlung (AB Fragen) 🌐 Strahlungsarten (Buch, Demoexperimente zur Absorption, Applets) 🌐 Ionisierende Strahlung – experimentelle Methode (Demoexperiment, Film) 🌐 Messgrößen für Strahlenbelastungen durch ionisierende Strahlung (AB, Aufgabe) 🌐 Aufgaben/Ergänzen der Concept-Map 🌐 Filmausschnitte Yogeshwar in Fukushima
	S3: Strahlung kann heilen	Radioaktiver Zerfall der Radon-Folgenuklide, ionisierende Strahlung bei Diagnose und Therapie (6 Unterrichtsstunden)	<ul style="list-style-type: none"> 🌐 Radioaktiver Zerfall natürlich vorkommender Radonfolgeisotope (Experiment) 🌐 Ionisierende Strahlung bei Diagnose und Therapie (WebQuest und Plakat) 🌐 (10-Stunden-Test)

Erläuterungen zu Sequenz 1 – Weiche Schale – harter Kern

Zur Aktivierung des im Chemieunterricht erworbenen Wissens bietet sich das Methodenwerkzeug Concept-Map (siehe auch PL-Information 12/2014) an. Können die Schülerinnen und Schüler wegen organisatorischer Gegebenheiten noch nicht auf das Vorwissen aus der Chemie zurückgreifen, so lässt sich ihr erfahrungsgemäß trotzdem vorhandenes Vorwissen auf diese Weise ebenfalls erfassen. Zur Vereinfachung und Zeitersparnis können Begriffskarten vorgefertigt ausgegeben werden, die auf großen Papierbögen nur noch sinnvoll angeordnet und durch beschriftete Verbindungen ergänzt werden müssen.

Die verwendeten Applets zur elektrischen Ladung sollten auf Schulrechnern bereits installiert und ausprobiert sein bzw. deren Online-Lauffähigkeit im Vorfeld getestet werden. Dazu werden vorbereitete Arbeitsblätter ausgegeben. Die praktische Übung zur Thematik besteht für die Schülerinnen und Schüler im Bau eines Ladungsanzeigers.

Aus Gründen der unterrichtlichen Einbindung und zur Entzerrung werden die dem Thema Atomkern zuzuordnenden Inhalte „Strahlungsarten“ sowie „Zerfall“ in den Sequenzen 2 und 3 thematisiert.

In der **Einstiegsstunde** zum Kontext „Weiche Schale – harter Kern“ – in Umkehrung des Sprichwortes – empfiehlt es sich zur Aktivierung des bereits erworbenen Wissens zum **Aufbau eines Atoms** zunächst die in Beziehung zu setzenden Begriffe nennen und kommentieren zu lassen. Das erleichtert das spätere Erstellen der Concept-Map.

Da elektrische Wechselwirkung oder Coulombkraft von den Schülerinnen und Schülern im Rahmen der Begriffsaktivierung in der Regel nicht genannt werden, kann ein kurzer Input zu Beginn der nächsten einstündigen Lerneinheit die nötige Basis für **elektrische Ladung und Wechselwirkung** bilden. Auf die Verwendung des Formelzeichens Q für die elektrische Ladung kann an dieser Stelle getrost verzichtet werden, da es im weiteren Themenfeldverlauf nicht benötigt wird und in den Themenfeldern 6 und 9 sinnvoller eingebunden werden kann.

Beispiel für Input durch die Lehrkraft:

- Teilchen können die Eigenschaft haben, eine elektrische Ladung zu tragen. Die elektrische Ladung der Teilchen kann positive (+e) oder negative Werte (-e) annehmen. Ein Proton trägt die positive Ladung +e, ein Elektron trägt die negative Ladung -e. Das „e“ steht für „Elementarladung“, da nur Vielfache dieser Ladungsmenge in der Natur auftreten. Die Maßeinheit, in der Ladung gemessen werden, ist C (Coulomb – ausschließlich als Additivum: Zahlenwert für e mit $1,6022 \cdot 10^{-19}$ C angeben).
- Geladene Körper wechselwirken miteinander. Die wirkende elektrische Kraft nennt man Coulombkraft F_C . Ungleichnamig geladene Körper ziehen sich an, gleichnamig geladene stoßen sich ab. Die Reichweite der Coulombkraft ist theoretisch unendlich, ihr Betrag verringert sich aber mit zunehmendem Abstand der geladenen Körper stark.
- Gehen beim Kontakt zweier Körper Elektronen des einen Körpers auf den anderen über, so trägt der Elektronen abgebende Körper anschließend positive Ladung, der aufnehmende Körper negative Ladung. Der Elektronenübergang ist möglich, weil das Gesamtsystem hierbei in einen niedrigeren Energiezustand übergeht.

Zur elektrischen Ladung wird das gleichnamige Arbeitsblatt bearbeitet, dessen Lösung wie folgt aussehen könnte:

Zu Beginn ist der Ballon ungeladen. Beim Reiben am Kleidungsstück gehen negativ geladene Elektronen auf den Ballon über – der Ballon wird negativ und das Kleidungsstück positiv geladen. Bringt man den Ballon in den freien Raum und lässt ihn los, so bewegt er sich in Richtung Kleidungsstück, weil sich positiv geladene und negativ geladene Körper anziehen. Kommt der geladene Ballon der Wand sehr nahe, so verschieben sich die Elektronen in der Wand aufgrund der abstoßenden Wirkung der Coulombkraft. Der Ballon bleibt an der Wand haften, weil sich die negativ geladenen Elektronen im Ballon nun näher an den positiv geladenen Atomkernen der Wand befinden als an den negativ geladenen Elektronen. Damit ist die anziehende Kraft größer als die abstoßende.

Anschließend folgt die Bearbeitung von AB Ladungsanzeiger. Das in den meisten Schulen vorhandene Elektroskop kann an dieser Stelle bei zeitlichen Freiräumen gezeigt werden (Projektionsmöglichkeit mit Webcam, Dokumentenkamera oder Overheadprojektor sollte gegeben sein). Ansonsten arbeitet man in Sequenz 2 beim Versuch zur ionisierenden Wirkung von Kernstrahlung mit dem Elektroskop.

Die nächste Lerneinheit (3. Stunde) beschäftigt sich mit **geladenen Teilchen im elektrischen Feld** und nutzt die Arbeitsblätter Bahnen geladener Teilchen im elektrischen Feld bzw. Elektrische Wechselwirkung („Coulombkraft“). Da das Spiel hat ein großes Aktivierungspotential hat, ist es wichtig, durch geschickte Aufgabenstellung auf die physikalische Problematik zu fokussieren.

Für Arbeitsauftrag 2 ergibt sich: Bei Halbierung des Abstands zweier geladener Körper wird die Coulombkraft viermal so groß wie zuvor.



Abb. 16: Teilchen im elektrischen Feld, Bildschirmfotos

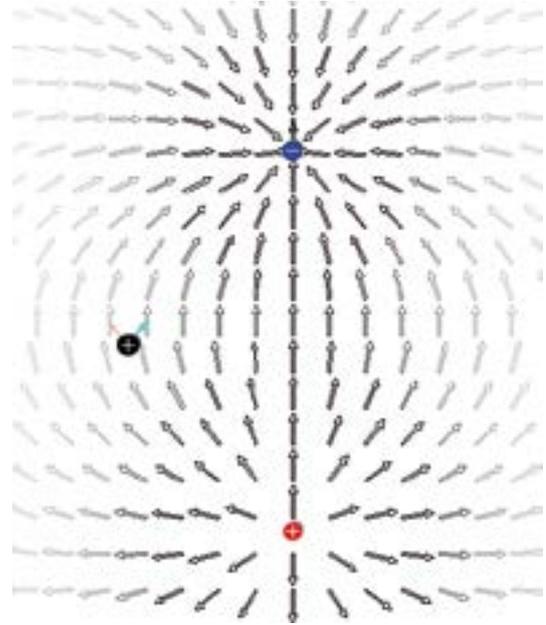
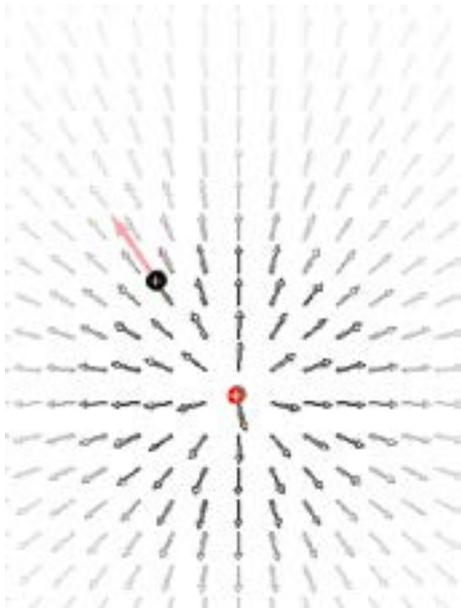
<http://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/electric-hockey> (siehe S. 58)

Zum elektrisches Feld bekommen die Schülerinnen und Schüler von der Lehrkraft z. B. folgende Informationen:

Ein geladener Körper ist von einem elektrischen Feld umgeben. Mehrere geladene Körper wechselwirken über ihre elektrischen Felder. Elektrische Felder lassen sich mittels Pfeilen darstellen. Die Richtung der Pfeile entspricht der Richtung der Coulombkraft auf einen positiv geladenen Körper.

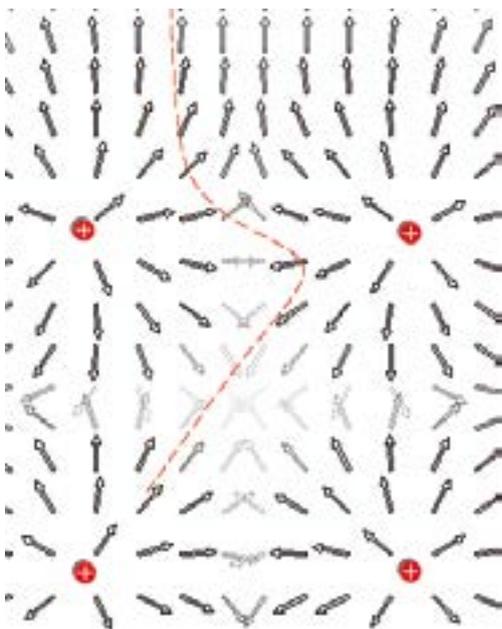
Normalerweise ist die Länge eines Pfeils ein Maß für den Betrag einer vektoriellen Größe (wie auch hier bei der Coulombkraft). Im Applet wird das Feld abweichend dazu durch gleich lange, aber unterschiedlich helle Pfeile dargestellt.

Damit soll erreicht werden, dass die Unterscheidung der Begrifflichkeiten Kraft und Feld leichter wird, die Anordnungen übersichtlicher und eingängiger als die alternative Darstellung mittels Feldlinien werden. Im Applet ist ein Häkchen bei „Feld“ zu setzen.



Die Überlagerung von elektrischen Feldern kann durch den Bau einer Falle für positiv geladene Teilchen gezeigt werden:

Teilchen bricht aus



Teilchen kann nicht ausbrechen.

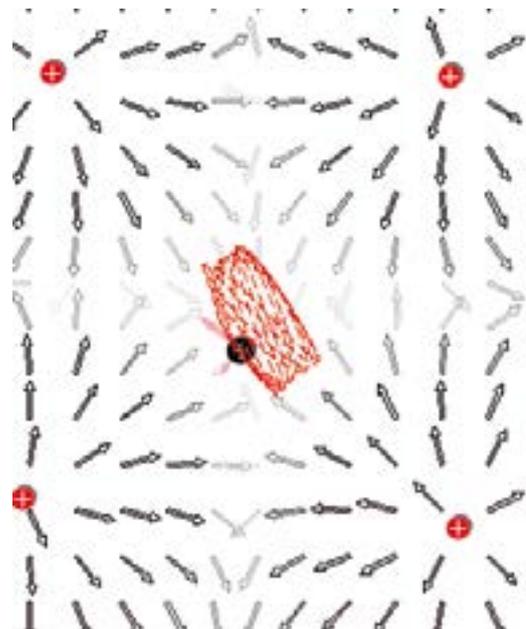


Abb. 17-20: Teilchen im elektrischen Feld

<http://phet.colorado.edu/de/simulation/legacy/electric-hockey> (siehe S. 58)

Eventuell kann eine inhaltliche Erweiterung durch die Zusatzaufgabe HR_Ph_TF5_UG3_S1_Zusatz_AB zu den Versuchen Rutherfords (freiwillige Leistung) erfolgen, die sich nahtlos an den zweiten Arbeitsauftrag anschließt. Das Applet suggeriert möglicherweise, dass praktisch alle Alphateilchen abgelenkt werden. Im Text des Lehrbuches dagegen finden die Schülerinnen und Schüler, dass nahezu alle Alphateilchen ungehindert durch das Material hindurchgehen und nur wenige abgelenkt werden. Hier sollte die Lehrkraft darauf hinweisen, dass im Applet nur der Nahbereich eines Atomkerns betrachtet wird.

In der letzten Lerneinheit dieser Sequenz **Kernkraft und Coulombkraft – Aufbau des Atomkerns** steigt noch einmal die Schwierigkeit. Wer sich für diesen Unterrichtsgang entscheidet, sollte genau prüfen, für welche Lernenden dies eine vermeidbare Überforderung bedeutet. Mit „Kernkraft“ ist im UG nicht die starke Wechselwirkung gemeint, sondern nur deren Einfluss auf die Wechselwirkung von Protonen und Neutronen. Diese didaktische Reduzierung ist für Schülerinnen und Schüler dieser Klassenstufe vertretbar, für deren Konzeptaufbau klar werden sollte, dass im Atomkern die Nukleonen auf zwei Weisen wechselwirken:

- Alle Nukleonen, also Protonen und Neutronen, unterliegen der anziehend wirkenden Kernkraft. Die Kernkraft ist sehr stark, wirkt aber nur über maximal einen Protonendurchmesser hinweg, d. h. 10^{-15} m.
- Nur die Protonen unterliegen der abstoßend wirkenden Coulombkraft. Sie wirkt theoretisch unendlich weit, wird aber mit zunehmendem Abstand schnell schwächer. $F_C \sim \frac{1}{r^2}$.
- Ein stabiler Kern zeichnet sich u. a. dadurch aus, dass sich abstoßende und anziehende Kräfte in einem zulässigen Verhältnis befinden.

Die genannten Inhalte können unter Verwendung des Applets <https://phet.colorado.edu/de/simulation/build-an-atom> erarbeitet werden. Neben der Bedeutung für das Unterrichtsthema führt die gemeinsame Betrachtung des Applets zu einer Wiederholung und Festigung des Wissens über den Atombau mit Kern und Hülle und kann durch Bearbeiten einer Aufgabe (Einzel- oder Partnerarbeit, Think-Pair-Share, evtl. mit Vorgabe von Satzbausteinen) abgerundet werden:

In der Natur kommt als größtes Atom in nennenswerten Mengen nur Uran238 vor, mit 92 Protonen und 146 Neutronen. Erkläre unter Betrachtung der wirkenden Kräfte, warum es keine beliebig großen Atomkerne geben kann.

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3
Sequenz 1: Weiche Schale – harter Kern

LE: **Aufbau eines Atoms** (1 Unterrichtsstunde)

Klärung des Vorwissens, Wiederholung wichtiger Grundbegriffe, Erstellen und Präsentieren einer Concept-Map

Kompetenz

Schülerinnen und Schüler ...
 ... stellen Zusammenhänge graphisch dar.

Konzeptbezogenes Fachwissen

- Kern-Hülle-Modell mit Protonen und Neutronen im Kern und Elektronen in der Hülle (differenziertes Atommodell)
- (Elementar-)Teilchen und ihre Eigenschaften wie Masse und elektrische Ladung

Lernprodukt

Concept-Map

Differenzierung

Anzahl der Begriffe in der Concept-Map

Materialien und Literatur

HR_Ph_TF5_UG3_S1_CMap_AB

☉	Begriffsnetz Atom	Arbeitsblatt
Erstelle mit Hilfe der Begriffskärtchen eine Concept-Map zum Atomaufbau.		
Atomkern	Atomhülle	Neutron
Materie	Atom	Schalen
Proton	Elektron	neutral
positiv	negativ	Ladung
Elektromagnetische Wechselwirkung		

Hinweise für die Lehrkraft

Die Begriffe können auch zuerst mit den Schülerinnen und Schülern an der Tafel gesammelt werden.

Vorgehensweise:

- Sammeln der Begriffe an der Tafel
- Klären, welche Begriffe sind die relevanten
- die ausgewählten Begriffe auf Karten notieren
- evtl. Begriffe auf die Gruppe abstimmen
 - für jede Gruppe genügend Karten vorbereiten (Alternative: Klebezettel)
 - DIN-A3-Bögen oder Flipchart weißes Papier zum Auflegen der Karten sowie zum Einzeichnen und Beschriften der Pfeile
 - verschieden farbige Stifte → Pfeile, Begriffe, Zusammenhänge am besten in unterschiedlichen Farben
 - Einsatz der Concept-Map zum Einstieg oder zur Absicherung der Arbeitsergebnisse
 - oder Einsatz eines Interaktiven Boards zum Sammeln der Begriffe
- Bei Verwendung eines interaktiven Boards kann die Concept-Map auch in der Gesamtgruppe erstellt werden.

Lösungsbeispiel:



Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3
Sequenz 1: Weiche Schale – harter Kern

LE: elektrische Ladung, elektrische Wechselwirkung, Coulombkräfte
 (1 Unterrichtsstunde)

Information zum o. g. Thema, Luftballonexperiment, Experiment Elektroskop

Kompetenz

Schülerinnen und Schüler ...
 ... nutzen Modelle und Simulationen zur Beschreibung von Sachverhalten und zum Erkenntnisgewinn.

Konzeptbezogenes Fachwissen

- Kern-Hülle-Modell mit Protonen und Neutronen im Kern und Elektronen in der Hülle (differenziertes Atommodell)
- (Elementar-)Teilchen und ihre Eigenschaften wie Masse und elektrische Ladung

Lernprodukt

selbst gebautes Elektroskop
 Text zu Ladung und Wechselwirkung

Differenzierung

Anleitung zum Bau des Elektroskop und zur Anwendung individuell anpassen

Materialien und Literatur

HR_Ph_TF5_UG3_S1_Elektrische_Ladung_AB
 HR_Ph_TF5_UG3_S1_Ladungsanzeiger_AB

⊙	Elektrische Ladung	Arbeitsblatt
<p>Arbeitet in Zweiergruppen.</p> <p>Material: Luftballon</p> <p>Versuch: Reibt den aufgeblasenen Ballon an einem trockenen Kleidungsstück und haltet ihn gegen eine Wand/Decke des Raumes. Beobachtet genau, was passiert.</p> <p>Aufgabe: Fertigt eine Skizze an und ergänzt die Satzanfänge bzw. Satzteile des nachfolgenden Lückentextes sinnvoll:</p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px; width: 100%; margin: 10px 0;"></div> <p>Zu Beginn ist der Ballon ...</p> <p>Beim Kontakt mit dem Kleidungsstück ...</p> <p>Bringt man den Ballon in den freien Raum und lässt ihn los, so bewegt er sich in Richtung Kleidungsstück, weil ...</p> <p>Kommt der geladene Ballon der Wand sehr nahe, so ...</p> <p>Der Ballon bleibt an der Wand haften, weil ...</p>		

⊙	Bau eines Ladungsanzeigers	Arbeitsblatt
<p>Arbeitet in Zweiergruppen.</p> <p>Material: Korken, Papierstreifen, Nähnadeln, Stiftkappe</p> <p>Anleitung: Baut aus den bereitliegenden Materialien einen Anzeiger für die elektrische Ladung wie im Bild gezeigt auf. Achtung: Verletzt euch nicht an der Nähnadel! Der Papierstreifen sollte sich sehr leicht drehen lassen.</p> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <p>Versuche:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Reibt ein trockenes Kunststofflineal an einem trockenen Kleidungsstück und haltet es in die Nähe des Streifens (nicht berühren!). Notiert eure Beobachtung und erklärt sie. Fertigt hierzu eine Zeichnung an, die ähnlich der Abbildung im Applet die Ladungsträger auf Lineal und Papierstreifen wiedergibt. 2. Streift mit dem zuvor geriebenen Kunststofflineal an mehreren Stellen über den Papierstreifen. Nach einigen Versuchen sollte eine abstoßende Wechselwirkung von Papier und Lineal zu beobachten sein. <p>Aufgabe:</p> <p>Formuliert eine Erklärung.</p>		

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3
Sequenz 1: Weiche Schale – harter Kern

LE: geladenes Teilchen im elektrischen Feld (1 Unterrichtsstunde)

Nutzen von Applets, Wiederholung Kraftwirkung, elektrisches Feld, Überlagerung von Feldern, Simulationsspiel

Kompetenz

Schülerinnen und Schüler ...
 ... nutzen Modelle und Simulationen zur Beschreibung von Sachverhalten und zum Erkenntnisgewinn.

Konzeptbezogenes Fachwissen

- Die berührungslose Wechselwirkung von Körpern wird durch Felder vermittelt (z. B. bei WW geladener Teilchen).

Lernprodukt

Arbeitsblatt

Differenzierung

--

Materialien und Literatur

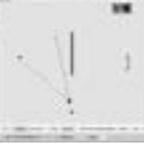
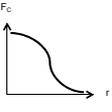
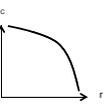
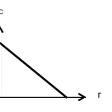
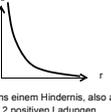
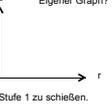
Applet und Übungen

<https://phet.colorado.edu/de/simulation/electrichockey> (siehe S. 58)

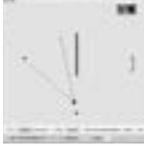
Arbeitsblatt

HR_Ph_TF5_UG3_S1_Teilchenbahnen_AB

HR_Ph_TF5_UG3_S1_Elektrische_WW_Coulombkraft_AB

☉	Bahnen geladener Teilchen im elektrischen Feld	Arbeitsblatt
	<p>Nutze das folgende Applet: https://phet.colorado.edu/de/simulation/electrichockey</p>  <p>Bei diesem Applet kannst Du einen elektrisch geladenen Puck schießen, indem Du einen geladenen Körper aus dem Vorrat oben rechts in die Nähe des Pucks bringst (der Pfeil am Puck zeigt die Coulombkraft auf den Puck) und dann auf „Start“ drückst. Mit weiteren geladenen Körpern in der Nähe der Flugbahn kannst Du den Puck auf seinem Weg ablenken.</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">PHET Interactive Simulations, University of Colorado, http://phet.colorado.edu/</p>	
	<p>Aufgaben:</p> <p>1. Finde heraus, welche der Aussagen im folgenden Satz richtig ist: <i>Bei Halbierung des Abstands zweier geladener Körper wird die Coulombkraft halb so groß, doppelt so groß, viermal so groß wie zuvor.</i> Schreibe die richtige Formulierung in dein Heft und beschreibe in Stichworten, wie du mit Hilfe des Applets zu deiner Erkenntnis gekommen bist.</p> <p>2. Zusatzfrage für Mathe-Asse: Welches Diagramm gibt rein qualitativ am ehesten die richtige Abhängigkeit der Coulombkraft F_C und Abstand r wieder? Entscheide dich.</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Eigener Graph?</p>  </div> </div>	
	<p>3. Versuche ein Tor bei mindestens einem Hindernis, also auf Stufe 1 zu schießen. a) unter Verwendung von nur 2 positiven Ladungen, b) unter Verwendung einer positiven und einer negativen Ladung. Erläutere, inwiefern dir die Erkenntnis aus Aufgabe 1 hier geholfen hat.</p>	

HR_Ph_TF5_UG3_S1_Rutherford_Zusatz

☉	Elektrische Wechselwirkung („Coulombkraft“)	Arbeitsblatt
	<p>Nutze das folgende Applet: https://phet.colorado.edu/de/simulation/electrichockey</p>  <p>Bei diesem Applet kannst Du einen elektrisch geladenen Puck schießen, indem Du einen geladenen Körper aus dem Vorrat oben rechts in die Nähe des Pucks bringst (der Pfeil am Puck zeigt die Coulombkraft auf den Puck) und dann auf „Start“ drückst. Mit weiteren geladenen Körpern in der Nähe der Flugbahn kannst Du den Puck auf seinem Weg ablenken.</p> <p style="text-align: right; font-size: small;">PHET Interactive Simulations, University of Colorado, http://phet.colorado.edu/</p>	
	<p>Aufgaben:</p> <p>1. Demonriere mit Hilfe des Applets Aussagen zur Anziehung bzw. Abstoßung zwischen elektrisch geladenen Körpern. Fertige zu jeder Aussage eine entsprechende Skizze an.</p> <p>2. Finde heraus, welche der Aussagen im folgenden Satz richtig ist: <i>Bei Halbierung des Abstands zweier geladener Körper wird die Coulombkraft halb so groß, doppelt so groß, viermal so groß wie zuvor.</i> Schreibe die richtige Formulierung in dein Heft und beschreibe in Stichworten, wie du mit Hilfe des Applets zu deiner Erkenntnis gekommen bist.</p> <p>3. Versuche ein Tor bei mindestens einem Hindernis, also auf Stufe 1 zu schießen. a) unter Verwendung von nur 2 positiven Ladungen, b) unter Verwendung einer positiven und einer negativen Ladung. Erläutere, inwiefern dir die Erkenntnis aus Aufgabe 2 hier geholfen hat.</p>	

☉	Die Versuche Ernest Rutherfords zum Aufbau von Atomen	Zusatz
	<p>Erarbeite und halte einen Vortrag:</p> <p>Lies im Buch den Text zu den Versuchen von Ernest Rutherford durch und führe dann das Applet „Rutherford-Streuung“ https://phet.colorado.edu/de/simulation/rutherford-scattering aus. Beachte: Das Applet idealisiert die Voraussetzungen.</p> <p>Lasse dich bei der Gestaltung deines Vortrags u. a. von folgenden Fragen leiten:</p>	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Was wurde im Versuch gemessen? 2. Welchen Einfluss hat der Aufbau des beschossenen Atoms auf das Messergebnis? 3. Welche neue Erkenntnis hatte damals der Versuch erbracht? 4. Vergleiche den Applet-Versuch mit der Realität. 	

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3 Sequenz 1: Weiche Schale – harter Kern	
LE: Kernkraft und Coulombkraft – Aufbau des Atomkerns (1 Unterrichtsstunde) Applet „Bau ein Atom“, fragend-entwickelnde Unterrichtsgestaltung mit Reflexionsaufgabe	
Kompetenz Schülerinnen und Schüler formulieren erklärende Texte.	Konzeptbezogenes Fachwissen • (Elementar-)Teilchen unterscheiden sich in Eigenschaften wie Masse und elektrische Ladung. Elektronen sind negativ, Protonen positiv geladen, Neutronen sind elektrisch neutral.
Lernprodukt Textbeitrag	Differenzierung --
Materialien und Literatur Applet und Übungen https://phet.colorado.edu/de/simulation/build-an-atom Aufgabe (siehe Erläuterungen)	

Erläuterungen zu Sequenz 2 – Strahlung kann töten

Dieser Teil des Unterrichtsganges wird von zwei Filmausschnitten eingerahmt. Der erste Ausschnitt entstammt einem Beitrag der Reihe Quarks & Co und wurde wenige Tage nach dem GAU in Fukushima gedreht. Im Film wird der Ablauf des Unfalls erläutert, außerdem werden grundlegende Sachverhalte zu den Strahlungsarten, zu Strahlendosen und zur Wirkung ionisierender Strahlung auf den menschlichen Körper genannt. Mit dem Verweis auf nicht auszuschließende Unfälle in Kernkraftwerken in Deutschland und seinen europäischen Nachbarländern soll die weitere Beschäftigung mit der Thematik für die Schülerinnen und Schüler Sinn stiftend sein. Die im Film genannten Sachverhalte geben einen Überblick über die in den folgenden Stunden zu bearbeitenden Lerninhalte. Während des Films sind Antworten zu vorgegebenen Fragen zu formulieren.

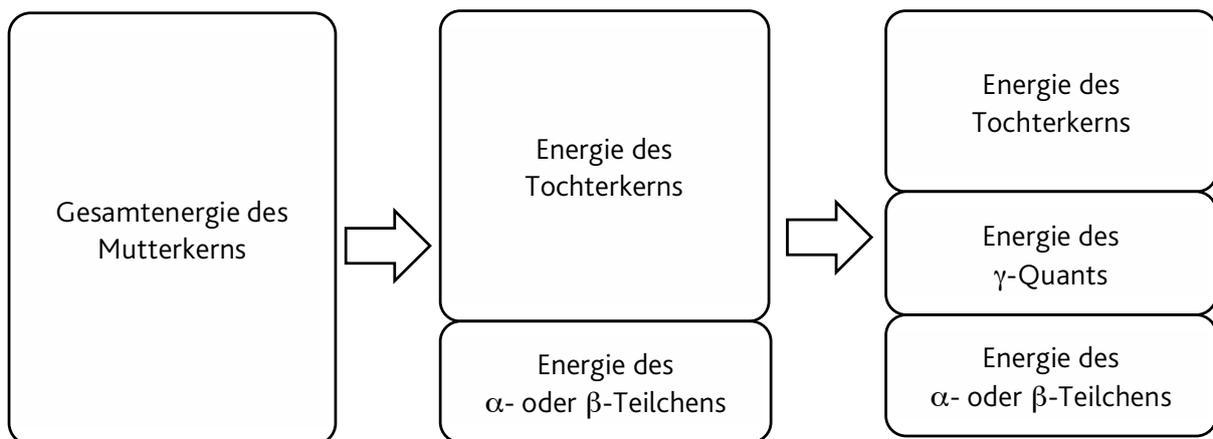
Am Schluss der Sequenz kann ein Ausschnitt aus einer einige Jahre nach dem Unfall erstellten Dokumentation gezeigt werden, die nochmals eindrücklich das Gefahrenpotenzial bei der Nutzung der Kernenergie aufzeigt.

Zu Beginn der Sequenz (Stunde 5 der Einheit) wird der Kontext mit der Dokumentation „**Mensch gegen Strahlung**“ geöffnet. Der 15-minütige Film kann von YouTube gestreamt werden. Die Schülerinnen und Schüler erhalten ein Blatt mit acht Fragen, die während des Sehens beantwortet werden sollen. Im Anschluss an den Film werden die Fragen bearbeitet. Eine Vertiefung erfolgt in den nächsten Unterrichtsstunden.

Die folgende zweistündige Lerneinheit ist **Strahlungsarten, radioaktivem Zerfall und dessen Reaktionsgleichung** gewidmet.

Da diese Thematik in fast allen Unterrichtslehrwerken gut bebildert und mit Beispielen versehen abgehandelt wird, bietet sich zur Bewältigung des Arbeitsblattes Strahlungsarten eine Arbeit mit dem Schulbuch an. Einfache Lehrerversuche mit radioaktiven Präparaten und Zählrohr, z. B. zur Abschirmung der einzelnen Strahlungsarten ergänzen bzw. bestätigen das Erlernte. Eine Messung einer Zerfallskurve ist erst in der folgenden dritten Sequenz vorgesehen. Die Applets zum Alpha- und Beta-Zerfall eignen sich nicht unbedingt zum Einsatz durch Schülerinnen und Schüler, sind aber als Demonstration sinnvoll einsetzbar (<https://phet.colorado.edu/en/simulation/beta-decay>, bzw. ... alpha-decay).

Für die Darstellung energetischer Betrachtungen eignet sich eine Übersicht:



Wichtig ist für das Gesamtkonzept:

Die Zeitdauer bis zum Zerfall eines einzelnen Nuklides kann nie vorhergesagt werden, sie ist rein zufällig. Betrachtet man jedoch eine große Anzahl von Nukliden, kann vorhergesagt werden, wie groß der Anteil der zerfallenen Nuklide von der Gesamtmenge zu einer bestimmten Zeit ist. Charakteristische Größe ist die sogenannte Halbwertszeit. Nach Ablauf der Halbwertszeit ist genau die Hälfte einer anfänglich sehr großen Nuklidanzahl zerfallen.

Die wiederholte Ausführung der genannten Applets verdeutlicht den oben genannten Sachverhalt gut. Je nach Niveaustufe der Lernenden önnen an dieser Stelle die Nuklidkarte sowie ausgewählte Zerfallsketten betrachtet werden.

Die in Stunde 8 folgende Lerneinheit beschäftigt sich mit **ionisierender Strahlung**. Zum Demonstrationsversuch stellen die Schülerinnen und Schüler Hypothesen auf und überprüfen sie.

1. Das Elektroskop wird zuerst negativ aufgeladen. Ein α -Strahler wird in die Nähe gebracht.
Ergebnis: Das Elektroskop entlädt sich. Mögliche Vermutung: Durch die zweifach positiv geladenen α -Teilchen wird positive Ladung auf das Elektroskop übertragen.



Abb. 21: Elektroskop

2. Der Versuch wird mit negativer Vorladung des Elektroskops wiederholt.
Ergebnis: Wiederum wird das Elektroskop entladen.

In der dazu geführten Diskussion geht es darum, dass die Vermutung zu Versuch 1 nicht bestätigt werden kann.

Die Schülerinnen und Schüler erfahren: Radioaktive Teilchen und γ -Quanten ionisieren die Luft. Die erzeugten Ladungsträger entladen das Elektroskop.

Videos zu den zuvor beschriebenen Versuchen findet man z. B. bei YouTube unter „Ionisierende Strahlung – Entladung eines negativ geladenen Elektroskops“ bzw. „Ionisierende Strahlung – Entladung eines positiv geladenen Elektroskops“.

Zur Sichtbarmachung von Teilchenspuren eignet sich das Zeigen des Films „**Nebelkammer Kernphysik Mainz**“ der Universität Mainz (Dauer ca. 3 min, z. B. auf YouTube). Als darauf aufbauende Hausaufgabe kann man z. B. die im Film gegebene Erklärung für die Spuren schriftlich wiederholen lassen.

In Stunde 9 schließt sich die Beschäftigung mit **Messgrößen für Strahlenbelastungen durch ionisierende Strahlung** an. Hier eignet sich das gemeinsame Betrachten des Films „Strahlenwirkung mit Prof. Harald Lesch“ der BG ETEM. Zur Aktivierung und zur Informationsweitergabe bearbeiten die Schülerinnen und Schüler das AB Messgrößen. Hierzu wird empfohlen, den Film bei Minute 1,03 zu starten und bei 4,33 einen ersten Stopp einzulegen und das Arbeitsblatt zu besprechen. Danach sollte der Film weiter laufen bis Minute 7,31.

Hinweis: Evtl. kann nach Besprechung der effektiven Strahlendosen die Unterscheidung in stochastische und deterministische Strahlenschäden vorgenommen werden (bei letzteren mit der Angabe der entsprechenden Strahlendosen).

Die zwei Aufgaben am Ende des Arbeitsblattes erfordern eine kritische Auseinandersetzung mit dem bisher Gelernten zum Aufbau von Bewertungskompetenz.

In der letzten Stunde dieser Sequenz sollten Aufgaben zu den ersten Lerneinheiten gestellt, z. B. Erklärungen zu weiteren Versuchen (Ionisierungsstrom beim Kondensator, Spitzenzähler, o. ä., siehe z. B. www.leifiphysik.de), Funktionsweise des Elektroskops, Einfügen des erworbenen Wissens in die zu Beginn des TF erstellte Concept-Map, Aufgaben aus dem Schulbuch bzw. auf leifiphysik.de, ...

Ausgewählte Ausschnitte des Films „Ranga Yogeshwar in Fukushima“, der ebenfalls auf YouTube zu finden ist und beklemmende Eindrücke drei Jahre nach dem GAU in Japan zeigt, schließen die Sequenz ab.

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3
Sequenz 2: Strahlung kann töten

LE: **Rahmen** (1 Unterrichtsstunde zu Beginn von S2, 1 Unterrichtsstunde am Ende von S2)
 Betrachten von Filmausschnitten zur Motivation der Thematik, Klärung des Vorwissens, Überblick und Einordnung des Gelernten

<p>Kompetenz</p> <p>Schülerinnen und Schüler entnehmen einem Video angeleitet Informationen.</p>	<p>Konzeptbezogenes Fachwissen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns (z. B. beim radioaktiven Zerfall), wird Strahlung ausgesendet. • Die Absorption ionisierender Strahlung kann in Lebewesen zu Schädigungen führen.
--	---

<p>Lernprodukt</p> <p>Arbeitsblatt</p>	<p>Differenzierung</p> <p>--</p>
---	---

Materialien und Literatur

Video Quarks und Co: Mensch gegen Strahlung, z. B. unter <https://www.youtube.com/watch?v=kXVsNOY-jbo>

Fragenliste mit Hinweisen: HR_Ph_TF5_UG3_S2_Film_AB

	„Mensch gegen Strahlung“ Fragen zur Dokumentation	Arbeitsblatt
<p>Sieh Dir den Filmausschnitt „Mensch gegen Strahlung“ an. Beantworte dazu im Anschluss die folgenden Fragen:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Welches Hauptproblem lag nach dem Tsunami vor? 2. Warum sind in Fukushima einige Reaktorblöcke explodiert? 3. Welche Strahlungsarten werden in die Umwelt ausgesendet? 4. Wozu konkret dienen die Schutzanzüge? 5. Wie wirkt die Strahlung physikalisch auf den Körper? 6. Welche Arten von Schädigungen sind möglich? 7. In welcher Maßeinheit wird die Strahlungsbelastung für den menschlichen Körper gemessen? 8. Warum haben wir in Deutschland eine nicht unerhebliche Strahlenbelastung? 		

Hinweise für die Lehrkraft:
 Der 15-minütige Film kann z. B. von YouTube gestreamt werden. Die Schülerinnen und Schüler erhalten ein Blatt mit acht Fragen, die während des Sehens beantwortet werden sollen. Im Anschluss an den Film werden die Fragen bearbeitet. Eine Vertiefung erfolgt in den nächsten Unterrichtsstunden.

Filmzeit in min	Quarks & Co „Mensch gegen Strahlung“
1:16	Start
3:00	Ingenieure öffnen Sicherheitsventile
	Radioaktive Stoffe: Iod 131, Cäsium 137; Strontium 90 (bei 10:05min) PU240
	Wasserstoff, Wasserstoffexplosion
3:24	Plutonium
3:50	Kühlung funktioniert nicht
6:30	Beim Schmelzen der Brennstäbe gelangen die radioaktiven Stoffe in die Umwelt
7:00	Schutzanzüge: keinen Staub einatmen, keine radioaktiven Partikel auf die Haut gelangen lassen (Wasser im Stiefel)
7:18	Alpha-Beta-Gammastrahlung, Neutronenstrahlung
8:35	Strahlung beschädigt Körperzellen
	Übelkeit und Kopfschmerzen (vorübergehend) Jahre später Herzinfarkte
	Strahlenkrankheit bei starker Bestrahlung Leukozyten sterben ab, Infektionen breiten sich im Körper aus. Darmschleimhaut stirbt ab → Tod
9:21	Spätschäden: Erbgut der Zellen wird beschädigt → Krebs
	Jod-Schilddrüse, Cäsium Muskelfleisch, Sr90-Knochen, Pu verteilt sich im Körper
11:38	Ortsdosisleistung 0,1mSv/h → Strahlenbelastung durch med. Diagnostik
12:16	Natürliche Radioaktivität: kosmische Strahlung, Strahlung der Erze 1mSv/a
	100mSv/a : Ein zusätzlicher Krebsfall auf 100 Menschen
14:29	3-4MW Abklingleistung
15:00	Filmende

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3 Sequenz 2: Strahlung kann töten																																
LE: Strahlungsarten, radioaktiver Zerfall und Reaktionsgleichung (2 Unterrichtsstunden) Arbeit mit dem Buch, Demonstrationsexperimente (radioaktive Präparate, Zählrohr)																																
Kompetenz Schülerinnen und Schüler stellen Hypothesen auf und überprüfen sie. ... entnehmen einem Lehrbuchtext angeleitete Informationen. ... bewerten Schutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung (z. B. in Bezug auf Strahlungsarten und Dosis).	Konzeptbezogenes Fachwissen <ul style="list-style-type: none"> • Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns (z. B. beim radioaktiven Zerfall), wird Strahlung ausgesendet. 																															
Lernprodukt Arbeitsblatt	Differenzierung --																															
Materialien und Literatur Applets: https://phet.colorado.edu/en/simulation/beta-decay https://phet.colorado.edu/en/simulation/alpha-decay HR_Ph_TF5_UG3_S2_Strahlungsarten_AB																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 75%; text-align: center;">Strahlungsarten</th> <th style="width: 20%; text-align: center;">Arbeitsblatt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">Ergänze mit Hilfe des Textes die folgende Tabelle.</td> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">Zerfallart</th> <th style="text-align: center;">Strahlungsteilchen</th> <th style="text-align: center;">Kernreaktion</th> <th style="text-align: center;">Reichweite in Luft</th> <th style="text-align: center;">Reichweite in Materie</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">α-Zerfall</td> <td style="text-align: center;">α-Teilchen Heliumkern He⁴</td> <td style="text-align: center;">2 Protonen und 2 Neutronen schließen sich zusammen, verlassen den Mutterkern als α-Teilchen. Es entsteht ein Tochterkern, der vier Nukleonen weniger hat.</td> <td style="text-align: center;">Wenige cm</td> <td style="text-align: center;">< 0,1mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">β⁻-Zerfall</td> <td style="text-align: center;">β⁻-Teilchen Elektron</td> <td style="text-align: center;">Ein Neutron wandelt sich in ein Proton und ein Elektron, das den Kern als β⁻-Teilchen verlässt. Die Nukleonenzahl bleibt somit gleich.</td> <td style="text-align: center;">wenige Meter</td> <td style="text-align: center;">wenige mm</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">β⁺-Zerfall</td> <td style="text-align: center;">β⁺-Teilchen Positron</td> <td style="text-align: center;">Ein Proton wandelt sich in ein Neutron und ein Positron, das den Kern als β⁺-Teilchen verlässt. Die Nukleonenzahl bleibt somit gleich.</td> <td style="text-align: center;">wenige Meter</td> <td style="text-align: center;">einige Mikrometer (Zerstrahlung)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">γ-Zerfall</td> <td style="text-align: center;">γ-Quant „Lichtteilchen“ Energieportion der elektromagnetischen Strahlung</td> <td style="text-align: center;">Ein Kern geht von einem höheren Energiezustand in einen niedrigeren über. Die freierwerdende Energie wird durch Abstrahlung eines γ-Quants umgesetzt.</td> <td colspan="2" style="text-align: center;">theoretisch unendlich, Strahlungsintensität nimmt mit dem Abstand ab.</td> </tr> </tbody> </table>			Strahlungsarten	Arbeitsblatt	Ergänze mit Hilfe des Textes die folgende Tabelle.			Zerfallart	Strahlungsteilchen	Kernreaktion	Reichweite in Luft	Reichweite in Materie	α-Zerfall	α-Teilchen Heliumkern He ⁴	2 Protonen und 2 Neutronen schließen sich zusammen, verlassen den Mutterkern als α-Teilchen. Es entsteht ein Tochterkern, der vier Nukleonen weniger hat.	Wenige cm	< 0,1mm	β ⁻ -Zerfall	β ⁻ -Teilchen Elektron	Ein Neutron wandelt sich in ein Proton und ein Elektron, das den Kern als β ⁻ -Teilchen verlässt. Die Nukleonenzahl bleibt somit gleich.	wenige Meter	wenige mm	β ⁺ -Zerfall	β ⁺ -Teilchen Positron	Ein Proton wandelt sich in ein Neutron und ein Positron, das den Kern als β ⁺ -Teilchen verlässt. Die Nukleonenzahl bleibt somit gleich.	wenige Meter	einige Mikrometer (Zerstrahlung)	γ-Zerfall	γ-Quant „Lichtteilchen“ Energieportion der elektromagnetischen Strahlung	Ein Kern geht von einem höheren Energiezustand in einen niedrigeren über. Die freierwerdende Energie wird durch Abstrahlung eines γ-Quants umgesetzt.	theoretisch unendlich, Strahlungsintensität nimmt mit dem Abstand ab.	
	Strahlungsarten	Arbeitsblatt																														
Ergänze mit Hilfe des Textes die folgende Tabelle.																																
Zerfallart	Strahlungsteilchen	Kernreaktion	Reichweite in Luft	Reichweite in Materie																												
α-Zerfall	α-Teilchen Heliumkern He ⁴	2 Protonen und 2 Neutronen schließen sich zusammen, verlassen den Mutterkern als α-Teilchen. Es entsteht ein Tochterkern, der vier Nukleonen weniger hat.	Wenige cm	< 0,1mm																												
β ⁻ -Zerfall	β ⁻ -Teilchen Elektron	Ein Neutron wandelt sich in ein Proton und ein Elektron, das den Kern als β ⁻ -Teilchen verlässt. Die Nukleonenzahl bleibt somit gleich.	wenige Meter	wenige mm																												
β ⁺ -Zerfall	β ⁺ -Teilchen Positron	Ein Proton wandelt sich in ein Neutron und ein Positron, das den Kern als β ⁺ -Teilchen verlässt. Die Nukleonenzahl bleibt somit gleich.	wenige Meter	einige Mikrometer (Zerstrahlung)																												
γ-Zerfall	γ-Quant „Lichtteilchen“ Energieportion der elektromagnetischen Strahlung	Ein Kern geht von einem höheren Energiezustand in einen niedrigeren über. Die freierwerdende Energie wird durch Abstrahlung eines γ-Quants umgesetzt.	theoretisch unendlich, Strahlungsintensität nimmt mit dem Abstand ab.																													

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3 Sequenz 2: Strahlung kann töten										
LE: Ionisierende Strahlung und Messgrößen für Strahlenbelastungen (2 Unterrichtsstunden) Versuch Elektroskop, Nebelkammer, effektive Dosis										
Kompetenz Schülerinnen und Schüler entnehmen einem Video Informationen. ... bewerten Schutzmaßnahmen vor ionisierender Strahlung (z. B. in Bezug auf Strahlungsarten und Dosis).	Konzeptbezogenes Fachwissen <ul style="list-style-type: none"> • Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns (z. B. beim radioaktiven Zerfall), wird Strahlung ausgesendet. • Die Absorption ionisierender Strahlung kann in Lebewesen zu Schädigungen führen. 									
Lernprodukt Arbeitsblatt	Differenzierung weitere Unterscheidung von Strahlenschäden									
Materialien und Literatur Video Nebelkammer, z. B. unter https://www.youtube.com/watch?v=eOIZWajLLDU Video Strahlenwirkung, z. B. unter https://www.youtube.com/watch?v=sEU-cXNbTZs HR_Ph_TF5_UG3_S2_Ionisierende_Strahlung_AB										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;"></th> <th style="width: 60%; text-align: center;">Ionisierende Strahlung</th> <th style="width: 25%; text-align: center;">Arbeitsblatt</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3"> Ergänze mit Hilfe der Informationen aus dem Film die fehlenden Textbausteine: Durch ionisierende Strahlung werden in den Molekülen menschlicher Körper chemische Bindungen aufgebrochen. α-Strahlen geben ihre Energie konzentriert ab. In einer einzigen Zelle können tausende Ionisationen erzeugt werden. β-Strahlen verteilen ihre Energie auf einem längeren Weg. γ- und Röntgenstrahlung gehen zum Teil ohne Wechselwirkung durch das Gewebe hindurch. Unter der Wirkung ionisierender Strahlung können Zellen absterben oder es werden Zellgifte erzeugt. Wenn der Zellkern getroffen wird, können Zellmutationen die Folge sein. Zellmutationen können zu Krebskrankungen führen. Die Energiedosis ist die übertragene Energie pro Masseneinheit. Beim Menschen muss man berücksichtigen, dass die unterschiedlichen Strahlungsarten bei gleicher Dosis unterschiedliche wirksam sind. Außerdem sind die einzelnen Organe unterschiedlich empfindlich. Dosis, Strahlenart und Empfindlichkeit gehen in eine neue Größe ein, die effektive Dosis D_{eff}. Ihre Einheit ist das Sievert Sv. Es gilt: $1000 \text{ mSv} = 1 \text{ Sv}$. Werte für effektive Strahlendosen: Transatlantikflug oder Röntgenaufnahme der Lunge: $0,05 \text{ mSv}$ Computertomographie: bis zu 10 mSv Grenzwert für Menschen, die mit strahlenden Stoffen bzw. Geräten arbeiten: 20 mSv pro Jahr Grenzwert für die allgemeine Bevölkerung: 1 mSv pro Jahr Durchschnittliche natürliche Strahlenbelastung in Deutschland: $2,1 \text{ mSv pro Jahr}$ </td> </tr> <tr> <td colspan="3"> Aufgaben: 1. Auf dem Gelände des havarierten Kernkraftwerks von Fukushima wird eine Strahlenbelastung von $85 \text{ Mikrosievert pro Stunde}$ gemessen. Berechne die Strahlendosis, die ein Arbeiter erhält, der dort ein halbes Jahr lang 2 Stunden täglich arbeitet (5-Tage-Woche). 2. Bewerte die erhaltene Strahlendosis durch Vergleich mit der im gleichen Zeitraum erhaltenen natürlichen Strahlenbelastung. </td> </tr> </tbody> </table>			Ionisierende Strahlung	Arbeitsblatt	Ergänze mit Hilfe der Informationen aus dem Film die fehlenden Textbausteine: Durch ionisierende Strahlung werden in den Molekülen menschlicher Körper chemische Bindungen aufgebrochen. α -Strahlen geben ihre Energie konzentriert ab. In einer einzigen Zelle können tausende Ionisationen erzeugt werden. β -Strahlen verteilen ihre Energie auf einem längeren Weg. γ - und Röntgenstrahlung gehen zum Teil ohne Wechselwirkung durch das Gewebe hindurch. Unter der Wirkung ionisierender Strahlung können Zellen absterben oder es werden Zellgifte erzeugt. Wenn der Zellkern getroffen wird, können Zellmutationen die Folge sein. Zellmutationen können zu Krebskrankungen führen. Die Energiedosis ist die übertragene Energie pro Masseneinheit. Beim Menschen muss man berücksichtigen, dass die unterschiedlichen Strahlungsarten bei gleicher Dosis unterschiedliche wirksam sind. Außerdem sind die einzelnen Organe unterschiedlich empfindlich. Dosis, Strahlenart und Empfindlichkeit gehen in eine neue Größe ein, die effektive Dosis D_{eff} . Ihre Einheit ist das Sievert Sv. Es gilt: $1000 \text{ mSv} = 1 \text{ Sv}$. Werte für effektive Strahlendosen: Transatlantikflug oder Röntgenaufnahme der Lunge: $0,05 \text{ mSv}$ Computertomographie: bis zu 10 mSv Grenzwert für Menschen, die mit strahlenden Stoffen bzw. Geräten arbeiten: 20 mSv pro Jahr Grenzwert für die allgemeine Bevölkerung: 1 mSv pro Jahr Durchschnittliche natürliche Strahlenbelastung in Deutschland: $2,1 \text{ mSv pro Jahr}$			Aufgaben: 1. Auf dem Gelände des havarierten Kernkraftwerks von Fukushima wird eine Strahlenbelastung von $85 \text{ Mikrosievert pro Stunde}$ gemessen. Berechne die Strahlendosis, die ein Arbeiter erhält, der dort ein halbes Jahr lang 2 Stunden täglich arbeitet (5-Tage-Woche). 2. Bewerte die erhaltene Strahlendosis durch Vergleich mit der im gleichen Zeitraum erhaltenen natürlichen Strahlenbelastung.		
	Ionisierende Strahlung	Arbeitsblatt								
Ergänze mit Hilfe der Informationen aus dem Film die fehlenden Textbausteine: Durch ionisierende Strahlung werden in den Molekülen menschlicher Körper chemische Bindungen aufgebrochen. α -Strahlen geben ihre Energie konzentriert ab. In einer einzigen Zelle können tausende Ionisationen erzeugt werden. β -Strahlen verteilen ihre Energie auf einem längeren Weg. γ - und Röntgenstrahlung gehen zum Teil ohne Wechselwirkung durch das Gewebe hindurch. Unter der Wirkung ionisierender Strahlung können Zellen absterben oder es werden Zellgifte erzeugt. Wenn der Zellkern getroffen wird, können Zellmutationen die Folge sein. Zellmutationen können zu Krebskrankungen führen. Die Energiedosis ist die übertragene Energie pro Masseneinheit. Beim Menschen muss man berücksichtigen, dass die unterschiedlichen Strahlungsarten bei gleicher Dosis unterschiedliche wirksam sind. Außerdem sind die einzelnen Organe unterschiedlich empfindlich. Dosis, Strahlenart und Empfindlichkeit gehen in eine neue Größe ein, die effektive Dosis D_{eff} . Ihre Einheit ist das Sievert Sv. Es gilt: $1000 \text{ mSv} = 1 \text{ Sv}$. Werte für effektive Strahlendosen: Transatlantikflug oder Röntgenaufnahme der Lunge: $0,05 \text{ mSv}$ Computertomographie: bis zu 10 mSv Grenzwert für Menschen, die mit strahlenden Stoffen bzw. Geräten arbeiten: 20 mSv pro Jahr Grenzwert für die allgemeine Bevölkerung: 1 mSv pro Jahr Durchschnittliche natürliche Strahlenbelastung in Deutschland: $2,1 \text{ mSv pro Jahr}$										
Aufgaben: 1. Auf dem Gelände des havarierten Kernkraftwerks von Fukushima wird eine Strahlenbelastung von $85 \text{ Mikrosievert pro Stunde}$ gemessen. Berechne die Strahlendosis, die ein Arbeiter erhält, der dort ein halbes Jahr lang 2 Stunden täglich arbeitet (5-Tage-Woche). 2. Bewerte die erhaltene Strahlendosis durch Vergleich mit der im gleichen Zeitraum erhaltenen natürlichen Strahlenbelastung.										

Erläuterungen zu Sequenz 3 – Strahlung kann heilen

Schaut man z. B. auf den Webauftritt der Klinik für Nuklearmedizin des Bundeswehrzentralkrankenhauses Koblenz (<http://koblenz.bwkrankenhaus.de/startseite/medizinische-abteilungen/nuklearmedizin/leistungsspektrum.html>), so lässt ein Blick auf das Leistungsspektrum die Vielfältigkeit der Nutzung ionisierender Strahlung in der Medizin erahnen. Je nachdem, ob diagnostiziert oder therapiert werden soll, werden α -, β -, oder γ -Strahler ganz bestimmter Energie und Halbwertszeit ausgewählt, bzw. wird mit Zyklotron- oder Synchrotronstrahlung gearbeitet. Beabsichtigt man die Thematisierung des medizinischen Einsatzes, so erscheint eine vorherige Betrachtung des zeitlichen Verlaufs von Zerfallsvorgängen sinnvoll zu sein, die in den Begriff Halbwertszeit mündet.

Die erste Lerneinheit dieser Sequenz ist **Zerfallskurven und Halbwertszeit** gewidmet. In vielen Lehrwerken finden sich Verweise auf die Datierung von Ereignissen mittels der C14-Methode (Ötzi). Hier von ausgehend wird im Unterricht der zeitliche Verlauf von Zerfallsprozessen natürlich vorkommender Nuklide angesprochen. Anschließend zeigt der Versuch „Messung des Zerfalls von in Luft vorkommenden radioaktiven Radon-Folgenukliden“ eindrucksvoll, dass ionisierende Strahlung auch etwas ganz Natürliches ist:

Zur Vorbereitung der Messung benötigt man einige Stunden Vorlauf zur Herstellung einer Probe in einem möglichst schlecht durchlüfteten, abschließbaren Kellerraum (aus Sicherheitsgründen am Versuchsaufbau und an der Tür zum Versuchsraum Warnschilder anbringen sowie Erreichbarkeit gewährleisten, z. B. durch Angabe einer Handynummer). Um eine geeignete Probe zu bekommen wird ein beliebiger dünner, nicht geknickter Draht mit dem negativen Pol einer Hochspannungsquelle verbunden. Der positive Pol wird geerdet. Um die Maximalströme sehr klein zu halten (μA) sollte ein hochohmiger Widerstand vorgeschaltet sein. So aufgebaut steht der Aufbau ca. vier Stunden lang. In dieser Zeit lagern sich an Staub gebundene, positiv geladene Folgeisotope des Radon-Zerfalls am Draht ab.

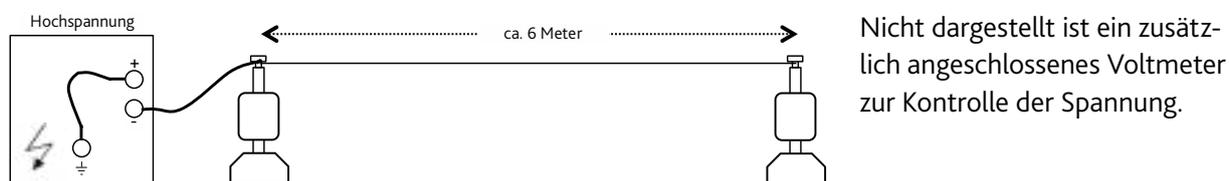


Abb. 22: Versuch zur Herstellung einer Probe

In der Unterrichtsstunde wird die Quelle ausgeschaltet. Der Draht wird durch Erdung entladen (Kontrolle der Spannung mittels des Voltmeters!) und mittels eines kleinen Stückchens Filterpapiers (oder anderen reißfesten Papiers), das mit Aceton oder Brennspiritus benetzt ist, abgezogen.

Es muss darauf geachtet werden, dass ein möglichst kleiner Schmutzpunkt auf dem Papier entsteht, d. h. dass die Staubprobe auf einem kleinen Punkt konzentriert ist und nicht beim Abziehen oder während des weiteren Versuchsablaufs verloren geht. Die Probe wird direkt unter ein Zählrohr gestellt, gegen Verrutschen gesichert und der zeitliche Verlauf der Aktivität wird mittels eines Messwerterfassungssystems gemessen und graphisch dargestellt.

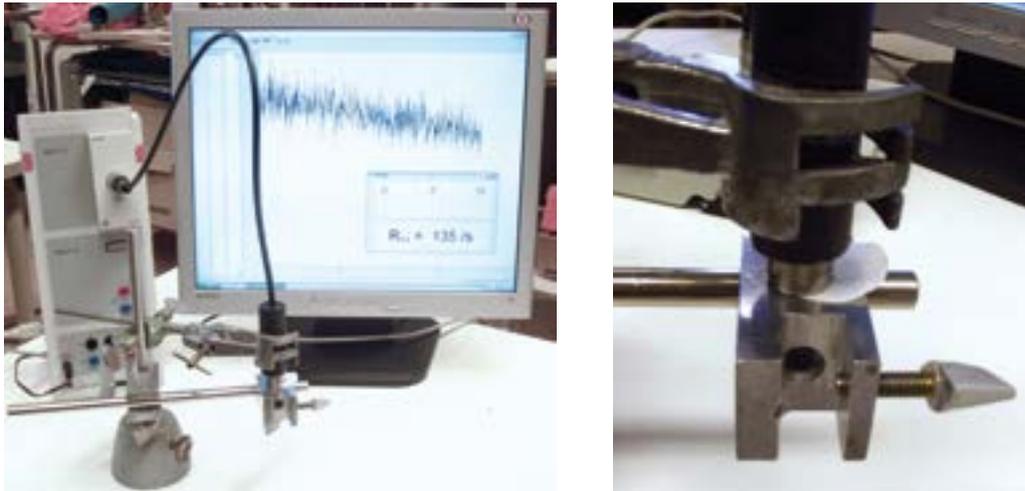


Abb. 23: Messwerterfassung beim Zerfall

Die Messung sollte mindestens über ca. 2,5 Zeitstunden laufen, also noch über die Unterrichtsstunde hinaus fortgeführt werden, wobei der Aufbau während der Messung am selben Ort verbleiben sollte. Während der Unterrichtsstunde betrachten die Schülerinnen und Schüler die Zerfallskette von Rn222 und identifizieren die strahlenden Nuklide sowie die abgegebenen Strahlungsteilchen. Die Anleitung sollte dem Leistungsvermögen angepasst sein.

In der folgenden Physikstunde zeichnen die Schülerinnen und Schüler in eine Kopie des Kurvenverlaufs frei Hand eine Kurve ein (graphische Mittelwertbildung), und bestimmen für $n(t) = \frac{1}{2} n_0$ und $n(t) = \frac{1}{4} n_0$ jeweils die Zeitdauer (ungefähr 43-45 min). Es zeigt sich, dass die Zeitabschnitte jeweils annähernd denselben Wert haben. Der Begriff Halbwertszeit wird eingeführt.

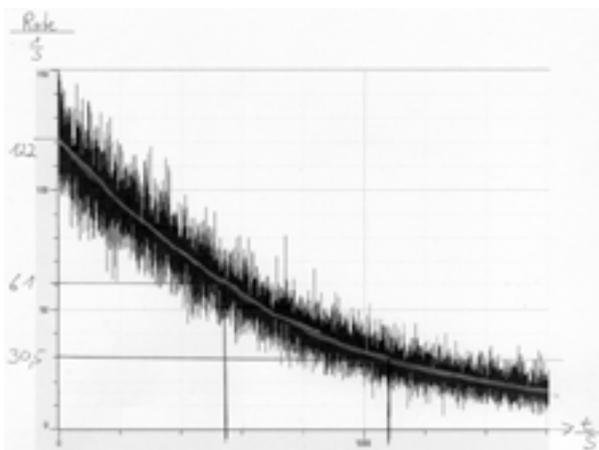


Abb. 24: Zerfallskurve

Anmerkungen:

Da es sich um einen Mischstrahler aus den Folgeisotopen Po218, Pb214, Bi214 und Po214 handelt, die unterschiedlichen Zerfallsprozessen entstammen und unterschiedliche Halbwertszeiten haben, ist es wohl Zufall, dass annähernd gleiche Zeitintervalle bei Halbierung der Zerfallsrate gemessen werden. Der Lehrkraft obliegt es, dies ggf. auch zu thematisieren. Es erscheint legitim, didaktisch vereinfacht von Halbwertszeit zu sprechen.

Mitunter erhält man besonders günstige Auswertungsergebnisse, wenn man die Anfangsminuten der Messung unberücksichtigt lässt. Dies kann möglicherweise daran liegen, dass der Po218-Anteil ($T_{1/2} = 3,05 \text{ min}$) der Folgeisotope des Rn222-Zerfalls bereits zum Großteil in längerlebige Folgeisotope zerfallen ist (Pb214, $T_{1/2} = 26,8 \text{ min}$; Bi214, $T_{1/2} = 19,8 \text{ min}$; Po214, $T_{1/2}$ im Millisekundenbereich). Alternativ kann experimentell eine Zerfallskurve auch unter Verwendung von Isotopengeneratoren gewonnen werden. Derlei Versuche stellen höhere Anforderungen an den Strahlenschutz (siehe 1.6 Sicherheitsaspekt im fünften Themenfeld S. 18 f.). Bei der im Versuch gewonnenen Staubprobe ist von geringfügiger Aktivität auszugehen.

In der nächsten Lerneinheit steht der **Einsatz ionisierender Strahlung in der Medizin** im Fokus. Die in Diagnose und Therapie verwendete ionisierende Strahlung geht von radioaktiven Nukliden bzw. Zyklotronen und Synchrotronen aus. Die Thematisierung der zuletzt genannten Strahlungserzeuger erscheint in diesem Unterrichtsgang nicht angebracht zu sein, und bleibt dem Oberstufenunterricht vorbehalten (z. B. im Rahmen des Lehrplanbausteins „Teilchen in Feldern“). Im Rahmen dieser Lerneinheit geht es um die Nutzung des bislang im Themenfeld angeeigneten Wissens.

- Je nach Zielsetzung soll die Strahlung
 - möglichst den Körper durchdringen (z. B. Aufnahmen mit der Gammakamera bei der Diagnose) oder
 - im Körper absorbiert werden (z. B. β^- -Strahlung bei der Therapie).
- Die Halbwertszeiten sollten so beschaffen sein, dass die Strahlenbelastung möglichst klein ist (biologische und physikalische Halbwertszeiten sind zu unterscheiden).
- Die chemisch-biologischen Eigenschaften müssen eine Anreicherung im ausgewählten Organ gewährleisten.

Als Unterrichtsmethode bietet sich ein WebQuest an (vgl. 1.5 Entwicklung von Kompetenzen, S. 16 f.). Für das Erstellen des WebQuests sind klare Vorgaben hilfreich, um den gewünschten Lernzuwachs zu erzielen.

Die Schülerinnen und Schüler wählen aus einigen vorgegebenen medizinischen Verfahren eine für sich aus. Auf der Grundlage der Informationen, die aus vorgegebenen und ggf. auch weiteren frei gewählten Webseiten zu entnehmen sind, erstellen sie ein Plakat/ein Info-Blatt/...

Dabei sind insbesondere die verwendeten radioaktiven Nuklide zu betrachten. Es ist herauszustellen, welche Vorteile gerade diese Nuklide beim gewählten Einsatz haben (Halbwertszeit, Strahlungsart, Energie, Durchdringungsvermögen, Aufnahme durch menschliche Organe). Die Strahlenbelastung ist anzugeben und mit der natürlichen Strahlenbelastung zu vergleichen. Die Lernprodukte können mit Mitschülerinnen und Mitschülern diskutiert und überarbeitet werden. An dieser Stelle bietet sich Gelegenheit zum Vorstellen sehr guter Arbeiten vor der ganzen Klasse oder auch für eine Benotung.

Ein kurzer Test oder das Bearbeiten geeigneter Aufgaben schließen die Sequenz ab.

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3 Sequenz 3: Strahlung kann heilen	
LE: Zerfallskurven und Halbwertszeit (2 Unterrichtsstunden)	
Versuch Messung „Zerfall in Luft vorkommender radioaktiver Radon-Folgenuklide“, Halbwertszeit	
Kompetenz Schülerinnen und Schüler nutzen Modelle und Simulationen zur Beschreibung von Sachverhalten und zum Erkenntnisgewinn.	Konzeptbezogenes Fachwissen <ul style="list-style-type: none"> • Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns (z. B. beim radioaktiven Zerfall), wird Strahlung ausgesendet.
Lernprodukt Versuchsprotokoll	Differenzierung --
Materialien und Literatur Messwerterfassung z. B. mit Cassy	

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3 Sequenz 3: Strahlung kann heilen	
LE: Einsatz ionisierender Strahlung in der Medizin (3 Unterrichtsstunden)	
Vor- und Nachteile verschiedener Nuklide beim Einsatz in der Medizin, WebQuest	
Kompetenz Schülerinnen und Schüler nutzen das bislang im Themenfeld angeeignete Wissen. ... recherchieren über Radioaktivität (z. B. Wirkungen, medizinische Nutzung, Gefahren). ... argumentieren und diskutieren über Nutzen und Gefahren vor ionisierender Strahlung.	Konzeptbezogenes Fachwissen <ul style="list-style-type: none"> • Ändert sich die Zusammensetzung bzw. der Energiegehalt des Atomkerns (z. B. beim radioaktiven Zerfall), wird Strahlung ausgesendet. • Die Absorption ionisierender Strahlung kann in Lebewesen zu Schädigungen führen.
Lernprodukt Plakat, Infoblatt, ...	Differenzierung Wahl der Internetseiten, Hilfen, mehrere medizinische Verfahren
Materialien und Literatur Beispiele für WebQuests siehe Kapitel 1.5 Entwicklung von Kompetenzen, S. 16 f.	

Atombau und ionisierende Strahlung – Unterrichtsgang 3
Sequenz 3: Strahlung kann heilen

LE: **Test** (1 Unterrichtsstunde)

Bearbeitung komplexer Aufgaben zur Thematik der Sequenzen 1 bis 3

Kompetenz

--

Konzeptbezogenes Fachwissen

--

Lernprodukt

--

Differenzierung

Ggf. verschiedene Schwierigkeitsstufen der Aufgaben

Materialien und Literatur

HR_Ph_TF5_UG3_S3_Test_AB

	Test	Arbeitsblatt																																																																		
	<p>1. Ra 223 ist ein Alpha-Strahler, Tc 99m ein Gammastrahler, I 131 ein Beta-Minus-Strahler. Alle drei Nuklide werden medizinisch eingesetzt.</p> <p>a) Benenne möglichst viele physikalische Besonderheiten der drei Strahlungsarten. Gehe auch auf die (Umwandlungs-)Prozesse beim Zerfall der genannten Nuklide ein.</p> <p>b) Gib für I 131 und Ra 223 jeweils das erste Folgenuklid nach dem Zerfall an.</p> <p>2. Eines der drei Nuklide wird bei der Therapie von Knochenkrebs angewandt. Es reichert sich in den Tumorzellen an und zerstört deren DNA, ohne umliegendes Gewebe zu beeinträchtigen. Für welches der drei oben genannten Nuklide würdest du dich als Mediziner bei dieser Anwendung entscheiden? Gib eine plausible Begründung an.</p>																																																																			
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <thead> <tr> <th></th> <th>Cs 131</th> <th>Cs 132</th> <th>Cs 133</th> <th>Cs 134</th> <th>Cs 135</th> <th>Th 223</th> <th>Th 224</th> <th>Th 225</th> <th>Th 226</th> <th>Th 227</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>ε</td> <td>β-,ε</td> <td>stabil</td> <td>β-,ε</td> <td>β-</td> <td>0,66 s α</td> <td>1,04 s α</td> <td>8,72 min α,β+</td> <td>31 min α</td> <td>18,72 d α</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Xe 130 stabil</td> <td>Xe 131 stabil</td> <td>Xe 132 stabil</td> <td>Xe 133 β-</td> <td>Xe 134 2β-</td> <td>Ac 222 5 s α</td> <td>Ac 223 2,1 min α,β+</td> <td>Ac 224 2,9 h β+,α</td> <td>Ac 225 10 d α</td> <td>Ac 226 29 h β-,β+,α</td> </tr> <tr> <td></td> <td>I 129 β-</td> <td>I 130 β-</td> <td>I 131 β-</td> <td>I 132 β-</td> <td>I 133 β-</td> <td>Ra 221 28 s α</td> <td>Ra 222 38 s α</td> <td>Ra 223 11,43 d α</td> <td>Ra 224 3,66 d α</td> <td>Ra 225 14,8 d β-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Te 128 2β-</td> <td>Te 129 β-</td> <td>Te 130 2β-</td> <td>Te 131 β-</td> <td>Te 132 β-</td> <td>Fr 220 27,4 s α,β-</td> <td>Fr 221 4,9 min α</td> <td>Fr 222 14,2 min β-,α</td> <td>Fr 223 27,4 s β-,α</td> <td>Fr 224 27,4 s β-</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Sb 127 β-</td> <td>Sb 128 β-</td> <td>Sb 129 β-</td> <td>Sb 130 β-</td> <td>Sb 131 β-</td> <td>Rn 219 3,96 s α</td> <td>Rn 220 55,6 s α</td> <td>Rn 221 25 min α,β-</td> <td>Rn 222 3,825 d α</td> <td>Rn 223 23,2 min β-</td> </tr> </tbody> </table>			Cs 131	Cs 132	Cs 133	Cs 134	Cs 135	Th 223	Th 224	Th 225	Th 226	Th 227		ε	β-,ε	stabil	β-,ε	β-	0,66 s α	1,04 s α	8,72 min α,β+	31 min α	18,72 d α		Xe 130 stabil	Xe 131 stabil	Xe 132 stabil	Xe 133 β-	Xe 134 2β-	Ac 222 5 s α	Ac 223 2,1 min α,β+	Ac 224 2,9 h β+,α	Ac 225 10 d α	Ac 226 29 h β-,β+,α		I 129 β-	I 130 β-	I 131 β-	I 132 β-	I 133 β-	Ra 221 28 s α	Ra 222 38 s α	Ra 223 11,43 d α	Ra 224 3,66 d α	Ra 225 14,8 d β-		Te 128 2β-	Te 129 β-	Te 130 2β-	Te 131 β-	Te 132 β-	Fr 220 27,4 s α,β-	Fr 221 4,9 min α	Fr 222 14,2 min β-,α	Fr 223 27,4 s β-,α	Fr 224 27,4 s β-		Sb 127 β-	Sb 128 β-	Sb 129 β-	Sb 130 β-	Sb 131 β-	Rn 219 3,96 s α	Rn 220 55,6 s α	Rn 221 25 min α,β-	Rn 222 3,825 d α	Rn 223 23,2 min β-
	Cs 131	Cs 132	Cs 133	Cs 134	Cs 135	Th 223	Th 224	Th 225	Th 226	Th 227																																																										
	ε	β-,ε	stabil	β-,ε	β-	0,66 s α	1,04 s α	8,72 min α,β+	31 min α	18,72 d α																																																										
	Xe 130 stabil	Xe 131 stabil	Xe 132 stabil	Xe 133 β-	Xe 134 2β-	Ac 222 5 s α	Ac 223 2,1 min α,β+	Ac 224 2,9 h β+,α	Ac 225 10 d α	Ac 226 29 h β-,β+,α																																																										
	I 129 β-	I 130 β-	I 131 β-	I 132 β-	I 133 β-	Ra 221 28 s α	Ra 222 38 s α	Ra 223 11,43 d α	Ra 224 3,66 d α	Ra 225 14,8 d β-																																																										
	Te 128 2β-	Te 129 β-	Te 130 2β-	Te 131 β-	Te 132 β-	Fr 220 27,4 s α,β-	Fr 221 4,9 min α	Fr 222 14,2 min β-,α	Fr 223 27,4 s β-,α	Fr 224 27,4 s β-																																																										
	Sb 127 β-	Sb 128 β-	Sb 129 β-	Sb 130 β-	Sb 131 β-	Rn 219 3,96 s α	Rn 220 55,6 s α	Rn 221 25 min α,β-	Rn 222 3,825 d α	Rn 223 23,2 min β-																																																										

3 ANHANG

3.1 Filme und Animationen zum Thema

Film/Animation	Stichworte Beschreibung/Anmerkungen	Hinweise und Quelle
Japan: Ein Jahr nach Fukushima (Film)	Radioaktivität, Halbwertszeit. In dem Film, der neben den Entwicklungen ein Jahr nach der Katastrophe Radioaktivitätsunterricht in Koriyama zeigt, wird der auch gesellschaftliche und politische Aspekt von Radioaktivität thematisiert.	Planet Schule Arbeitsblätter vorhanden: - Bierschaumversuch - Radium-226 - Strahlungsarten
Japan: Die Kinder von Fukushima (Film)	Radioaktivität, ionisierende Strahlung, Umgang mit der Radioaktivität/ Sperrzone. Anhand des Filmes lässt sich Kompetenz zum Argumentieren und Diskutieren über Nutzen und Gefahren ionisierender Strahlung entwickeln. Außerdem können Schutzmaßnahmen bewertet werden.	- Gesundheitliche Auswirkungen - Fragen zum Film - Lösungen zu den Arbeitsblättern Film downloadbar: http://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=8717
Meilensteine Naturwissenschaften: Henri Becquerel, Marie Curie und die Radioaktivität (Film)	Entdeckung der Radioaktivität.	http://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=7408 Bezugsquelle: Medienzentren (4680859(deu))
Frankreich – Forschung mit großer Tradition: Das Institut Curie in Paris (Film)	Medizinische Nutzung. Im Mittelpunkt steht das Institut. Es wird u. a. seine heutige bedeutende Rolle in der Krebsforschung gezeigt.	http://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=8006 Bezugsquelle: Medienzentren (4683112((deu))

<p>Tschernobyl – strahlende Natur (Film)</p>	<p>Radioaktivität, ionisierende Strahlung, Gefahren, Wirkungen von Radioaktivität.</p> <p>Der Film bietet Grundlagen für die Kompetenzentwicklung → Argumentieren und Diskutieren</p> <p>Teil 1 ist als Einstieg geeignet, wenn man die fachliche Vertiefung überspringt.</p> <p>Teil 2 zeigt die Strahlungsbelastung heute bei Pflanzen (schwierige Fachbegriffe wie Radionuklide, Genotyp, Strontium, Caesium werden verwendet). Dabei wird verglichen, wie sich die ionisierende Strahlung auf die Pflanzen auswirkt und warum sie unterschiedliche Folgen bei unterschiedlichen Pflanzen hervorruft.</p> <p>Teil 3 beinhaltet Strahlungsschäden bei Mäusen und Schwalben.</p> <p>Teil 4 zeigt Mäuse im Experiment und widmet sich der Frage, ob ihr Körper den Umgang mit Radioaktivität „trainieren“ kann.</p>	<p>http://www.planet-schule.de/sf/php/sendungen.php?sendung=8490</p> <p>Film downloadbar</p>
<p>Kernkraft (Film)</p>	<p>Endlagerproblematik. Geeignet für Kompetenzaufbau → über Gefahren und Nutzen ionisierender Strahlung argumentieren und diskutieren. Der Film erläutert die grundlegenden Mechanismen der Kernspaltung und die Funktion eines Druckwasserreaktors, erinnert an die Kernschmelze von Three Mile Island (USA, 1979) und gibt einen Ausblick auf die Sicherheitseinrichtungen des neuesten Reaktors in Europa (EPR in Finnland).</p> <p>Teil 3 (nur verständlich, wenn Aufbau eines Kernkraftwerkes bekannt ist) informiert zur Reaktorsicherheit und zu Störfällen, gibt allerdings keine Informationen zu Sicherheitsmaßnahmen.</p> <p>Teil 5 thematisiert die Entsorgungsproblematik des radioaktiven Abfalls.</p>	<p>http://www.planet-schule.de/sf/filme-online.php?film=7975</p> <p>Film downloadbar</p>

Größenverhältnisse im Atom (Simulation)	Atom, Atomhülle, Atomkern, Elektron, Neutron, Proton. Ausgehend von einem Würfelzucker wird der Atomaufbau betrachtet.	http://www.planet-schule.de/sf/multimedia-simulationen-detail.php?projekt=zoom_ins_atom
Animation zur Ionisation	Die Animation zeigt, wie ein α -Teilchen durch ein Gas aus elektrisch neutralen Molekülen rast, wobei es dabei aufgrund seiner elektrischen Ladung mit einigen in Wechselwirkung tritt und aus ihnen ein Elektron-Ionen-Paar macht.	http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/radioaktivitaet-einfuehrung/ionisierung-durch-radioaktive-strahlung
Alpha-Zerfall (Video)	Eineinhalb-Minuten-Video von Karlheinz Meier (Universität Heidelberg) zur Alphastrahlung eines Uranerzes. Einfache Modellvorstellung zum α -Zerfall.	https://www.youtube.com/watch?v=gOVhK2zQmWQ
Zerfallsgesetz-Simulation (JAVA-Applet)	Applet von Walter Fendt. Es zeigt, wie sich Mutterkerne in Tochterkerne umwandeln und bereitet dies statistisch auf.	http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/radioaktivitaet-einfuehrung/zerfallsgesetz-java-applet-von-walter-fendt
Was ist Radioaktivität? (Video)	Prof. Lesch erklärt, was man unter Radioaktivität versteht und geht auf die Bedeutung der Radioaktivität in der Astronomie ein.	http://www.br.de/fernsehen/ard-alpha/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-radioaktivitaet-2002_x100.html
Atomaufbau (Animation)	Teil eines Kapitels über die historische Entwicklung der Atomvorstellung. Es wird gezeigt, dass man sich die Nukleonen Proton und Neutron aus noch kleineren Bausteinen aufgebaut denken muss.	http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/atomaufbau/atomaufbau-animation
Anwendungen der Kernphysik (Material)	Beispiele für Anwendungen: Altersbestimmung mit der Radiokarbonmethode, ionisierende Strahlung in Chemie und Biologie, in der Medizin und in der Technik.	http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/anwendungen-der-kernphysik
Strahlenschutz (Animation)	5-A-Regel zum Schutz vor den Folgen ionisierender Strahlung.	http://www.leifiphysik.de/themenbereiche/radioaktivitaet-einfuehrung/strahlenschutz
Strahlungsarten, Aktivität, Halbwertszeit (Video)	Erklärt den Begriff Halbwertszeit.	https://www.youtube.com/watch?v=rHJMVdOMtM

Radioaktive Datierung (Spiel)	Halbwertszeit, Zerfallsprozesse, Radio-karbonmethode (inkl. Dozentenhandbuch).	http://phet.colorado.edu/de/simulationradioactive-dating-game
Radioaktivität Strahlungsarten und Anwendungen (Hagemann) (Filme)	Zum Thema: - Entdeckung der Radioaktivität, - Isotope, - Strahlungsarten, - Nachweise, - Messung der Radioaktivität, - Halbwertszeit. Inklusive Arbeitsmaterial und interakti- ver Tafelbilder.	DVD Medienzentrum Mainz und Trier (4670567)
Atombau und Atom- modelle (Film)	--	DVD Medienzentrum (4645834)
Strahlenbiologie: Ra- dioaktivität und ihre Folgen (Material)	Interaktive Tafelbilder für PC, Beamer und Whiteboard	DVD Medienzentrum Mainz und Trier (6655198)
Radioaktivität (Film und Material)	1. Was ist Radioaktivität? (8:10 min) 2. Halbwertszeit (3:10 min) 3. Radioaktivität und Kernkraft – Nutzen und Gefahren (11:30 min) Im ROM-Teil stehen Arbeitsblätter mit Lösungen, Begleitheft, didaktische Hin- weise sowie Linkliste zur Verfügung.	DVD Medienzentrum (4602406)
Telekolleg Atomphysik Radioaktivität – un- sichtbar, aber mess- bar (Film)	Sichtbarmachung der Strahlung in der Funken- und Nebelkammer mit Erklä- rung, Messung mit dem Geiger-Mül- ler-Zählrohr, Erklärung der spezifischen Aktivität in Becquerel pro Gramm und pro Quadratzentimeter, Möglichkei- ten zur Abschirmung verschiedener Strahlungsarten, Wirkung ionisierender Strahlung auf biologische Organismen sowie ihre medizinische Nutzung.	DVD Medienzentrum (4680369) Vgl. Planet Schule

3.2 Linksammlung für Recherchen zum Thema ionisierende Strahlung

Bundesamt für Strahlenschutz:

http://www.bfs.de/DE/themen/ion/ion_node.html

LEIFphysik:

www.leifphysik.de

Umweltinstitut München e. V.:

www.umweltinstitut.org/radioaktivitaet

Biologie-online.EU:

www.biologie-online.eu/genetik/ bzw. www.biologie-online.eu/genetik/mutation.php

Zellteilung Mitose:

www.mallig.eduvinet.de/bio/Repetito/Mitose1.html

Kernfragen – Wissen zur Kernenergie:

<http://www.kernfragen.de/strahlungsarten>

Stichwortsammlung – Umweltjournal:

<http://www.umweltlexikon-aktuell.de/FrontPublisher/search2.cgi?rubrik=Radioaktivitaet&order=alphabet>

Wissenschaftsjahr Gesundheitsforschung:

<http://www.forschung-fuer-unsere-gesundheit.de/zielgruppen-navigation/presse/meldungen-aus-der-gesundheitsforschung/nutzen-und-risiko-von-ionisierender-strahlung.html>

Medizinische Strahlung verstehen: <http://www.medizinischestrahlung.de/fakten-zum-thema-strahlung/nutzen-und-risiken-von-strahlung/nutzen-und-risiken-der-ionisierenden-strahlung/>

Zukunftswerkstatt Jena:

<http://www.zw-jena.de/energie/wechselwirkung.html>

Spektrum – Lexikon der Physik:

<http://www.spektrum.de/lexikon/physik/ionisierende-strahlung/7500>

Deutsches Krebsinformationszentrum: <https://www.krebsinformationsdienst.de/vorbeugung/risiken/radioaktivitaet-und-roentgenstrahlen.php>

Universitätsmedizin Mainz:

<http://www.unimedizin-mainz.de/radioonkologie-und-strahlentherapie/patienten/wissenswertes/was-ist-strahlentherapie.html>

MedizInfo – Ionisierende Strahlung: <http://www.medizinfo.de/umweltmedizin/strahlenkrankheit/masseinheiten.shtml>

Bayerisches Landesamt für Umwelt:
<http://www.lfu.bayern.de/strahlung/index.htm>

Wissenspool Tschernobyl – Linktipps:
<http://www.planet-schule.de/index.php?id=13533>

Jod: Schutz vor ionisierender Strahlung:
<http://www.apotheken-umschau.de/Schilddruese/Jod-Schutz-vor-radioaktiver-Strahlung-109575.html>

Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle – Nagra:
<http://www.nagra.ch/de>

Artikel „Die Atom-Gärtner“:
<http://www.sueddeutsche.de/wissen/zucht-mit-radioaktiver-strahlung-die-atom-gaertner-1.1270439>

Pflanzenstoff schützt vor ionisierender Strahlung:
<http://www.scinexx.de/wissen-aktuell-16757-2013-10-15.html>

Freie Universität Berlin; E-Learning Chemie – Radiochemie multimedial und interaktiv:
<http://www.e-learning.chemie.fu-berlin.de/radiochemie/strahlungsarten/index.html>

Die vorliegende Linksammlung wurde am 07.07.2015 letztmalig auf Aktualität geprüft.

4 LITERATURVERZEICHNIS

Broda E., Schönfeld T.: Radiochemische Methoden der Mikrochemie, Vol. 2, 1955, ISBN 978-3-662-35458-2

Karsten F., Koch T., Kranzinger F. und Theis M.: Planeten, Wolken oder schwarze Kisten?, z. B. unter http://www.pro.physik.de/details/physikjournalArticle/1377163/Planeten_Wolken_oder_schwarze_Kisten.html

Richtlinie zur Sicherheit im Unterricht (RiSU) (Empfehlung der Kultusministerkonferenz, Beschluss der KMK vom 09.09.1994 i. d. F. vom 27.02.2013)

Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I, S. 1714, 2002 I, S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I, S. 212)

Richtlinie über die im Strahlenschutz erforderliche Fachkunde (Fachkunde-Richtlinie Technik nach Strahlenschutzverordnung) vom 21. Juni 2004 (GMBL, S. 799), geändert am 19.04.2006 (GMBL, S. 735)

Strahlenschutz in Schulen, Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur und des Ministeriums für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz vom 17. Januar 2008 (MB-WJK 9211 – Tgb.-Nr. 2598/07) Fundstelle: Amtsbl. 2008, S. 136 Bezug: Verwaltungsvorschrift des Kultusministeriums und des Ministeriums für Umwelt und Gesundheit vom 3. November 1989 – KM 944 A – Tgb.-Nr. 1500 (Amtsbl. S. 520; 2006, S. 9)

Weltner K., Horn M. E.: Magnetische Ablenkung radioaktiver Strahlung im Schülerversuch, in Bernholt, Sascha (Hrsg.): Konzepte fachdidaktischer Strukturierung für den Unterricht. Berlin u. a.: Lit (2012) S. 146-148, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik

Weltner K., Horn M. E.: Schülerversuche zur Radioaktivität – Beitrag zur Frühjahrstagung Didaktik der Physik, Münster 2011, z. B. unter <http://www.phydid.de/index.php/phydid-b/article/view/243/298>

Copyright zu den Bildschirmfotos aus den PhET-Applets:
PhET Interactive Simulations
University of Colorado
<http://phet.colorado.edu/>

5 AUTORINNEN UND AUTOREN

Norbert Ames

Staatliches Eifel-Gymnasium, Neuerburg

Birgit Becher

Realschule plus Kirchheimbolanden, Kirchheimbolanden

Esther Braun

Integrierte Gesamtschule Nieder-Olm, Nieder-Olm

Martin Buchhold

Kurfürst-Balduin-Gymnasium, Münstermaifeld

Andrea Bürgin

Pädagogisches Landesinstitut Rheinland-Pfalz

Silvia Casado-Schneider

Realschule plus Mainz-Lerchenberg, Mainz

Katharina Franke

Gymnasium Nackenheim, Nackenheim

Wolfgang Heuper

Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Gymnasien, Koblenz

Tobias Jung

Gymnasium Nieder-Olm, Nieder-Olm

Cordula Mauch

Peter-Joerres-Gymnasium, Ahrweiler

Markus Monnerjahn

Gutenberg-Gymnasium, Mainz

Christa Müller

Integrierte Gesamtschule Ludwigshafen-Gartenstadt, Ludwigshafen

Monika Nikolaus

Sickingen-Gymnasium, Landstuhl

Lutz Rosenhagen

Integrierte Gesamtschule Ernst Bloch, Ludwigshafen

Nicole Seyler

Realschule plus Lauterecken-Wolfstein, Lauterecken

Beate Tölle

Bischöfliches Angela-Merici-Gymnasium, Trier

Sofern in der Bildunterschrift nicht anders deklariert, stammen die Abbildungen von den Autorinnen und Autoren selbst.



Rheinland-Pfalz

PÄDAGOGISCHES
LANDESINSTITUT

Pädagogisches Landesinstitut
Butenschönstr. 2
67346 Speyer

pl@pl.rlp.de
www.pl.rlp.de