

Lektionsplanung „Kernenergie und Kernkraftwerke“ Sek II



1/4

Nr.	Thema	Inhalt	Ziele	Action	Material	Organisation	Zeit
1	Einstieg	Überblick Standorte und Namen der CH-KKWs	Die SuS erfahren, was sie von dieser Unterrichtseinheit erwarten dürfen. Sie kennen die Standorte und Namen der fünf Schweizer Kernkraftwerke.	Die SuS suchen mithilfe der Distanzentabelle die vier Standorte der fünf Kernkraftwerke.	Infotext Auftragsblatt Schweizerkarte Lösungsblatt	Partnerarbeit	20'
2	Geschichte der Kernenergie	Von Becquerel bis zu den modernen KKWs	Die SuS machen sich mit der Geschichte der Entdeckung und Entwicklung der Kernenergie vertraut.	Die SuS ordnen Textbausteine in chronologischer Reihenfolge. Sie ergänzen die Textbausteine mit Jahreszahlen.	Auftragsblätter Schere Lösungsblätter	Einzelarbeit Korrektur im Plenum	25'
3	Die drei Bestandteile des Atoms	Atommodelle	Schaffung der Voraussetzungen, um Radioaktivität und Kernspaltung verstehen zu können. Die SuS repetieren oder lernen neu den Aufbau eines Atoms kennen.	Die SuS lesen die Informationstexte. Als Verständnishilfe verwenden sie gleichzeitig das Arbeitsblatt „Leitfragen zum Text“. Anschliessend zeichnen sie die Atommodelle von drei chemischen Elementen. Sie vergleichen ihre Antworten und ihre Zeichnungen untereinander.	Texte und Arbeitsblätter, u. a. „Atommodelle von Wasserstoff, Lithium und Kohlenstoff“ Lösungsblätter Lochschablone aus Plastik oder Karton / festem Papier	Einzel- und Partnerarbeit	45'
4	Das Periodensystem der Elemente	Ordnungszahl Massenzahl	Die SuS verstehen, dass sich verschiedene chemische Elemente nur in der Anzahl von Protonen im Kern bzw. der Anzahl von Elektronen in der Atomhülle unterscheiden. Sie können die wichtigsten Angaben im Periodensystem der Elemente interpretieren.	Die SuS lesen den Informationstext. Als Verständnishilfe verwenden sie gleichzeitig das Arbeitsblatt „Leitfragen zum Text“.	Text Arbeitsblatt mit Leitfragen Lösungsblatt	Einzelarbeit	20'
5	Natürliche Radioaktivität	Alpha-, Beta-, Gammazerfall	Die SuS können das Phänomen „Radioaktivität“ in wenigen Sätzen in den wesentlichen Zügen beschreiben. Sie kennen verschiedene Formen von radioaktiver Strahlung und ein exemplarisches Beispiel für eine daraus resultierende, natürliche Zerfallsreihe (Uran).	Die SuS erklären sich paarweise gegenseitig, was unter „Radioaktivität“ zu verstehen ist. Sie vervollständigen die natürliche Zerfallsreihe von Uran.	Infotexte Arbeitsblatt mit Leitfragen Arbeitsblatt „Die natürliche Uran-Zerfallsreihe“ Lösungsblätter 1+2	Einzel- und Partnerarbeit	45'

Lektionsplanung „Kernenergie und Kernkraftwerke“ Sek II



Nr.	Thema	Inhalt	Ziele	Action	Material	Organisation	Zeit
6	Kernspaltung als Energielieferant	gesteuerte Kettenreaktion	Die SuS erfassen Kernspaltung als den zentralen Prozess der Energiegewinnung in einem Kernkraftwerk. Sie wissen, womit eine Kernspaltung ausgelöst wird, worin das Resultat besteht und warum sich eine Kernspaltung selbstständig machen kann.	Die SuS lesen den Informationstext. Um sich einen Begriff von der möglichen exponentiellen Entwicklung einer Kernspaltung zu machen, berechnen sie, wie viele freie Neutronen nach fünf, zehn und 15 Spaltungen vorhanden sind.	Text Arbeitsblatt mit Leitfragen Lösungsblatt	Einzelarbeit Berechnungen im Plenum	30'
7	Bau und Funktion eines KKW	Kernreaktor und Reaktorkreislauf	Die SuS erfahren, wie ein KKW aufgebaut ist und wie es funktioniert. Sie lernen Unterschiede zwischen Siedewasser- und Druckwasserreaktoren, das Prinzip eines Kühlkreislaufs sowie Funktionsweise der Steuerstäbe kennen.	Die SuS setzen die Bruchstücke eines ihnen nicht näher bekannten Siedewasserreaktors zusammen und nennen die Stationen einer Reise durch einen Druckwasserreaktor.	zwei Auftragsblätter Infotexte zwei Lösungsblätter	Einzel- und Partnerarbeit	45'
8	Der Kühlturm	Funktion und Konstruktion des Kühlturms	Die SuS können die Bedeutung des Kühlturms im Hinblick auf ein ganzes Kernkraftwerk abschätzen. Sie erfahren, dass die geschwungene Form des Kühlturms sich aus einer verdrehten Anordnung von geradlinigen Strukturen ergibt.	Die SuS lesen den Infotext. Anschliessend konstruieren sie gemäss Anleitung die Kühlturmform.	Auftragsblatt mit Infotext Lösungsblatt	Einzelarbeit	25'
9	Sicherheit im Kernkraftwerk	passive und aktive Sicherheitselemente eines KKW	Die SuS können passive und aktive Sicherheitselemente der Kernenergie nennen und voneinander unterscheiden.	Die SuS bringen Beschreibungen der verschiedenen Sicherheitsbarrieren in die richtige Reihenfolge. Sie stellen einen Zusammenhang zwischen Sicherheitsprinzipien und ihrer Anwendung beim Betrieb eines KKW her.	Auftragsblätter Infotext Lösungsblätter	Gruppenarbeit	30'
10	Kernbrennstoff Uran	Uran	Die SuS erfahren, was Uran ist, woher es stammt und wie es als Brennstoff in Kernkraftwerken verwendet wird.	Die SuS lesen den Infotext und beantworten anschliessend die Fragen dazu.	Arbeitsblatt Infotext Lösungsblatt	Einzelarbeit	20'

Lektionsplanung „Kernenergie und Kernkraftwerke“ Sek II



3/4

Nr.	Thema	Inhalt	Ziele	Action	Material	Organisation	Zeit
11	Radioaktive Abfälle	Entsorgung von radioaktiven Abfällen	Die SuS erfahren, was radioaktive Abfälle sind und wie sie entsorgt werden. Sie verstehen die Begriffe geologisches Tiefenlager sowie Zwischenlager und können sie unterscheiden.	Die SuS lesen den Infotext und lösen anschließend das Kreuzworträtsel.	Arbeitsblatt Infotext Lösungsblatt	Einzelarbeit	20'
12	Kernenergie im Vergleich	Vor- und Nachteile verschiedener Kraftwerke	Schaffung eines Überblicks über das Spektrum an verschiedenen Kraftwerken. Abwägung der Vor- und Nachteile verschiedener Kraftwerke gegeneinander.	Vergleich und Bestimmung verschiedener Kraftwerkstypen anhand von Bildern. Beurteilung der verschiedenen Typen nach bestimmten Gesichtspunkten.	Auftragsblätter Infotext Lösungsblätter	Gruppenarbeit	60'
13	Kernenergie in der Schweiz	Meinungsumfrage	Die SuS setzen sich intensiv mit aktuellen energiepolitischen Fragen auseinander. Sie führen eine Meinungsumfrage durch und stellen die Resultate anschliessend grafisch dar.	Durchführung einer Meinungsumfrage. Erstellen verschiedener Diagramme und Diskussion der Ergebnisse und Erfahrungen während der Umfrage.	Infotext Auftragsblätter	Partnerarbeit Austausch der Umfrage im Plenum	50'
14	Berufe im KKW	Vielseitigkeit des Arbeitsplatzes „Kernkraftwerk“	Die SuS kennen die Vielseitigkeit des „Arbeitsplatzes Kernkraftwerk“. Anhand exemplarischer Berufsbeispiele machen sie sich mit den verschiedenen Aufgaben rund um den Betrieb eines KKW vertraut.	Die SuS ordnen Bilder von Berufstätigen verschiedenen Lückentexten zu und ergänzen die Lücken mit den zutreffenden Begriffen. Navigationsaufgabe im Internet	Arbeitsblatt Internetzugang für die Navigations- und Korrekturarbeit Lösungsblatt	Gruppenarbeit	25'
15	Test	Lektionen 1 bis 13	Ergebnissicherung/Evaluation	Multiple Choice	Testblatt Lösungen	Einzelarbeit	15'

Die Zeitangaben sind Annahmen für den ungefähren Zeitrahmen und können je nach Klasse, Unterrichtsniveau und -intensität schwanken!

Lektionsplanung „Kernenergie und Kernkraftwerke“ Sek II



Ergänzungen / Varianten	
Informationen	www.kernenergie.ch
Exkursionen	Die Schweizer Kernkraftwerke verfügen über moderne Besucherzentren mit zahlreichen Attraktionen. Besuche können gut mit Besichtigungen der Werke kombiniert werden. Alle Infos dazu finden Sie unter www.kernenergie.ch/de/exkursionen.html
Unterrichtsmaterial	Experimentierkoffer Radioaktivität zum Ausleihen: ein Koffer: BKW FMB Energie AG; Schulberatung; Viktoriaplatz 2; 3000 Bern 25; Tel.: 031 330 54 37 sechs Koffer: Nagra; Frau Marisa Brauchli; Hardstrasse 73, 5430 Wettingen; Tel.: 056 437 12 39 ein Koffer: VSE; Herr André Räss; Chemin de Mornex 6; Case postale 534; 1001 Lausanne; Tel.: 021 310 30 30
Downloads	Reaktorsimulation unter http://www.kernenergie.de/kernenergie/Themen/Kernkraftwerke/Reaktorsimulation/
Linksammlung für SuS	<p>www.kernenergie.ch Informations- und Wissensportal zu den schweizerischen Kernkraftwerken und zur Kernenergie</p> <p>www.strom.ch Website des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE). Unter der Rubrik Energie - Energiefakten finden sich lehrreiche Grafiken bezüglich Stromverbrauch etc.</p> <p>www.poweron.ch Website des VSE für Schülerinnen und Schüler. Ideal für Vorträge etc.</p> <p>www.nuklearforum.ch Verein, der Informationen rund um die Kernenergie zur Verfügung stellt.</p> <p>www.nagra.ch Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. Lehrreiches Infomaterial für Schulen.</p> <p>www.strom-online.ch Website mit lehrreichen Grafiken zu Erzeugung, Transport und Anwendung von Strom.</p>
eigene Notizen	

Einstieg: Überblick Schweizer KKW

Lehrerinformation



1/4

Arbeitsauftrag	Die SuS erfahren, was sie von dieser Unterrichtseinheit erwarten dürfen.
Ziel	Sie kennen die Standorte und Namen der fünf Schweizer Kernkraftwerke.
Material	Infotext Auftragsblatt Schweizer Karte (idealer Massstab zur Erkennung kleiner Ortschaften: 1:303'000) Lösungsblatt
Sozialform	PA
Zeit	20 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Als Einstieg berichten die SuS über ihre Kenntnisse und Erfahrungen mit Kernkraftwerken.
- Detailinformationen zu den einzelnen Kernkraftwerken unter:
 - www.kkl.ch (Leibstadt)
 - www.kkg.ch (Gösgen)
 - www.bkw.ch/ueber-bkw/unsere-infrastruktur/kernkraftwerk-muehleberg/ (Mühleberg)
 - www.axpo.com/axpo/ch/de/about-us/production-facilities/nuclear-energy.html (Beznau)

Einstieg: Überblick Schweizer KKW

Informationstext



2/4

Lies zuerst das Infoblatt.

In der Schweiz sind insgesamt fünf Kernkraftwerke in Betrieb. Sie tragen alle den Namen einer Ortschaft.

Finde mithilfe einer grossen Schweizer Karte und den drei Fixpunkten „Porrentruy“, „Langnau i. E.“ und „Sissach“ heraus, wie sie heissen und wo sie sich befinden.

Aufgabe:

Die nachfolgende Tabelle gibt an, in welcher Entfernung die Kernkraftwerke von den drei Fixpunkten liegen.

Rechne die Kilometerangaben entsprechend dem Massstab deiner Schweizer Karte in Zentimeter um und trage diese drei Strecken mit einem Zirkel von den drei Fixpunkten ab. Unter dem Schnittpunkt der drei Kreise wirst du den Standort (Ortschaft) und damit auch den Namen des Kernkraftwerks finden. Anmerkung: Zwei Kernkraftwerke haben den gleichen Standort.

Die Schweizer Kernkraftwerke

	Distanz zu Porrentruy	Distanz zu Langnau i. E.	Distanz zu Sissach	Lösung
1	68,8 km	50,3 km	16,7 km	
2	53,0 km	39,4 km	70,0 km	
3	84,5 km	77,3 km	30,7 km	
4 + 5	87,8 km	74,2 km	33,0 km	

Die Stromproduktion der Schweizer Kernkraftwerke

Zusammen erzeugen die Schweizer Kernkraftwerke jährlich rund 25 Milliarden Kilowattstunden Strom, ziemlich gleichmässig über das Jahr verteilt. Das entspricht im Jahresdurchschnitt 36 bis 40% des Schweizer Strombedarfs. Gegen 60% werden mit Wasserkraftwerken erzeugt. Im Winter erzeugt die Schweiz insgesamt weniger Strom als im Sommer, weil die Flüsse im Winter wenig Wasser führen und auch weniger Strom aus Sonnenenergie gewonnen werden kann. Der Anteil der Kernkraftwerke kann dann bis zur Hälfte der heimischen Stromproduktion betragen. Trotz der konstant grossen Stromproduktion der Kernkraftwerke muss deshalb die Schweiz im Winter beträchtliche Mengen Strom importieren.

Im europäischen Vergleich weisen nur Frankreich (72%), Belgien (52%), die Slowakei (54%) und Ungarn (51%) einen höheren Anteil an Kernenergie im Strommix auf als die Schweiz. Jener von Schweden ist etwa gleich hoch wie der schweizerische.

Aufgabe:

Berechne in Prozent, wie sich die Produktion der Schweizer KKW zum Verbrauch aller Schweizer Haushalte (18,8 Milliarden kWh) verhält.

Das kleinste Schweizer Kernkraftwerk, das KKM in Mühleberg, erzeugt jährlich rund 3 Milliarden Kilowattstunden. Ein durchschnittlicher Schweizer Haushalt verbraucht täglich rund 11 kWh an Strom. Berechne, wie viele Haushalte das KKM versorgen kann.

Einstieg: Überblick Schweizer KKW

Informationstext



3/4

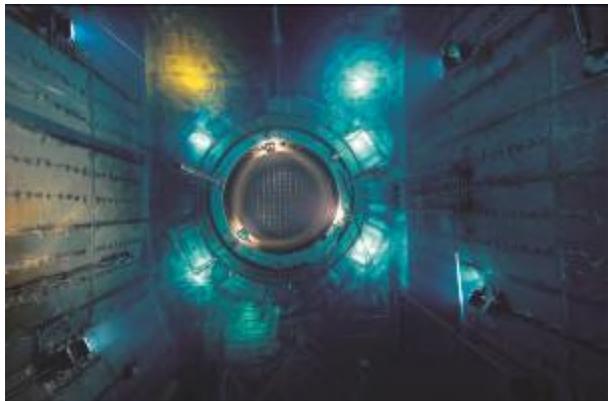
Die Schweizer Kernkraftwerke

Wer ein Kernkraftwerk moderner Bauart zum ersten Mal sieht, ist in der Regel beeindruckt: eine Ansammlung von Gebäuden, zumeist überragt von einem hohen, mächtige Dampfvolken produzierenden Turm. Diese Anlagen sind dazu da, Strom zu erzeugen. Dass sie etwas mit Radioaktivität zu tun haben, davon hast du gewiss schon gehört.

Was sich jedoch im Detail hinter den teilweise meterdicken Mauern abspielt, ist vielen unbekannt.



Kernkraftwerk Gösgen (KKG)



Blick in das Innere eines Kernreaktors (Quelle: Axpo)

Kernkraftwerke sind nicht nur technisch anspruchsvolle Konstruktionen. Sie sorgen auch in unserer Gesellschaft immer wieder für grundlegende Diskussionen. Einerseits produzieren sie auf klimafreundliche¹ Art und ohne Luftschadstoffe einen wesentlichen Anteil des von uns so geschätzten elektrischen Stroms, andererseits entstehen mit der Stromerzeugung Abfallprodukte, die für Mensch und Natur gefährlich sein können und deshalb für lange Zeit an einem sicheren Ort gelagert werden müssen. Zudem ist das Risiko eines schweren Unfalls in einem Kernkraftwerk zwar extrem klein, aber die Auswirkungen auf die Umwelt könnten gross sein.

Diese Unterrichtseinheit hat zum Ziel, dir ein Grundverständnis über die Funktionsweise von Kernkraftwerken zu vermitteln und dich zu befähigen, dir eine eigene, fundierte Meinung zu bilden und dich zu einem kompetenten Diskussionspartner in Sachen Kernenergie zu machen.

¹ klimafreundlich bedeutet, dass bei der Stromproduktion nur sehr kleine Anteile des Treibhausgases CO₂ entstehen.

Einstieg: Überblick Schweizer KKW

Lösungsblatt



Lösungen:

Die Schweizer Kernkraftwerke

	Distanz zu Porrentruy	Distanz zu Langnau i.E.	Distanz zu Sissach	Lösung
1	68,8 km	50,3 km	16,7 km	Gösgen
2	53,0 km	39,4 km	70,0 km	Mühleberg
3	84,5 km	77,3 km	30,7 km	Leibstadt
4 + 5	87,8 km	74,2 km	33,0 km	Beznau-1 und -2

Die Stromproduktion der Schweizer Kernkraftwerke

Im langjährigen Durchschnitt erzeugen die Schweizer Kernkraftwerke 25 Milliarden Kilowattstunden Strom. Das entspricht rund einem Drittel mehr Strom, als sämtliche Schweizer Haushalte verbrauchen (19,1 Milliarden kWh im Jahr 2016).

Wenn ein durchschnittlicher Schweizer Haushalt rund 11 kWh pro Tag verbraucht, so beträgt sein Jahresverbrauch 4000 kWh. Das kleinste Schweizer Kernkraftwerk, das KKM in Mühleberg, könnte mit seiner Jahresproduktion von 3 Milliarden kWh also rund 750'000 Haushalte versorgen. Zum Vergleich: Die grösste Solaranlage der Schweiz auf den Dächern des Migros-Verteilbetriebs im solothurnischen Neuendorf erzeugt 4,84 Millionen kWh Strom jährlich – Strom für 1210 Haushalte. Dies allerdings nicht im Winter, wenn der Strom hauptsächlich benötigt wird.

Das grösste Kernkraftwerk der Schweiz, das KKL in Leibstadt, ist mehr als dreimal leistungsstärker als das KKM.

Geschichte der Kernenergie

Lehrerinformation



1/7

Arbeitsauftrag	Die SuS ordnen Textbausteine in chronologischer Reihenfolge. Sie ergänzen die Textbausteine mit Jahreszahlen.
Ziel	Die SuS machen sich mit der Geschichte der Entdeckung und Entwicklung der Kernenergie vertraut.
Material	Auftragsblätter Schere Lösungsblätter
Sozialform	Einzelarbeit Korrektur im Plenum
Zeit	25 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Die SuS ergänzen ihre Kenntnisse über Schweizer Kernkraftwerke im Internet:
www.kernenergie.ch/
www.bfe.admin.ch/
<https://www.strom.ch/de/energie/energiefakten/strom-und-verbrauch.html>

Geschichte der Kernenergie

Arbeitsblatt



2/7

Aufgabe:

Schneide die nachfolgenden Textbausteine aus, ordne sie in der richtigen chronologischen Reihenfolge und klebe sie auf ein separates Blatt mit dem Titel „Von der Entdeckung der Radioaktivität bis zum Betrieb von Kernkraftwerken“. Setze die richtigen Jahreszahlen in die leeren Kästchen. Nicht alle Jahreszahlen lassen sich zuordnen.

1955 | 2008 | 1938 | 2040 | 2003 | 1950 | 1971 | 2050 | 1986 | 1979 | 1961 | 2060 |
 1954 | 2000 | 1945 | 2008 | 1972 | 1957 | 2003 | 1984 | 1969 | 2011 | 1896 | 2014 |
 2016 | 2017 |

Am Ende des 19. Jahrhunderts, _____, wurde das Phänomen der Radioaktivität entdeckt. Henri Becquerel fand damals heraus, dass das chemische Element Uran die Eigenschaft besitzt, sich teilweise – und ohne Zutun von aussen – in ein anderes chemisches Element zu verwandeln und dabei Energie – u. a. in Form von Strahlung – an die Umgebung abzugeben.

Nicht ganz ein halbes Jahrhundert später, _____, fanden die Deutschen Otto Hahn und Fritz Strassmann heraus, dass es möglich ist, Uran durch gezielt herbeigeführte äussere Massnahmen zu spalten bzw. in ein anderes Element zu verwandeln und dabei unter bestimmten Umständen eine Kettenreaktion auslösen zu können, die zu einer plötzlichen massiven Freisetzung von Energie führt.

Bedingt durch den Zweiten Weltkrieg wurden diese Erkenntnisse vorerst vor allem auf ihre militärische Verwendung hin getestet und weiterentwickelt. Im Rahmen des streng geheimen „Manhattan-Projekts“ gelang es den Amerikanern zuerst, eine Atombombe zu bauen. _____ setzten die USA zwei Atombomben gegen Japan ein. Kurz darauf endete der Zweite Weltkrieg mit der Kapitulation des japanischen Kaiserreichs.

Nach dem Krieg begann man vermehrt zu erforschen, wie Kernspaltung zur Produktion von Strom genutzt werden kann. Keine zehn Jahre später, _____, wurde in Russland, nahe Moskau, das erste Kernkraftwerk in Betrieb genommen. Ein Jahr später, _____, begann in England die kommerzielle Stromerzeugung mittels Kernenergie. Nach weiteren sechs Jahren, _____, konnte auch Deutschland sein erstes Kernkraftwerk einweihen.

Etwa zu der Zeit, _____, als in Russland und England Kernkraftwerke begannen Strom zu produzieren, setzten Wissenschaftler den ersten Schweizer Forschungsreaktor in Würenlingen in Betrieb. Im selben Jahr wird die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) gegründet.

Geschichte der Kernenergie

Arbeitsblatt



3/7

Ende der Sechzigerjahre, _____, nahm Beznau-1 als erstes kommerzielles Kernkraftwerk der Schweiz seinen Betrieb auf.

_____ wurde die Leistung dieses Kraftwerks mit Fertigstellung des Zwillingsblocks (Beznau-2) verdoppelt sowie das KKW Mühleberg in Betrieb genommen. Zudem wurde die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gegründet.

Sieben Jahre später, _____, ging das Kernkraftwerk Gösgen ans Netz, das erste Schweizer KKW der 1000-Megawatt-Klasse.

Seit _____ ist das Kernkraftwerk Leibstadt in Betrieb. Das leistungsstärkste Schweizer Kernkraftwerk ist mit einem Siedewasserreaktor ausgerüstet und produziert Strom für eine Million Menschen.

Zwei Jahre später, _____, kam es im Kernkraftwerk Tschernobyl in der damaligen UdSSR zu einem schweren Unfall, bei dem Radioaktivität freigesetzt wurde. Der Unfall hat einen weltweiten Meinungsumschwung bewirkt und die Entwicklung der Kernenergie gebremst.

_____ zu Beginn des neuen Jahrtausends, bekannte sich die Schweizer Bevölkerung in einer eidgenössischen Volksabstimmung zur Kernenergie. Die Volksinitiative „Strom ohne Atom“ wurde mit 66,3% deutlich abgelehnt.

Fünf Jahre später, _____, lancierte das Bundesamt für Energie (BFE) die Standortsuche für Tiefenlager zur Entsorgung radioaktiver Abfälle. Grundlage dazu bilden die Untersuchungen der Nagra. Die Suche erfolgt gemeinsam mit den betroffenen Kantonen und Gemeinden in einem mehrstufigen Verfahren („Sachplan geologische Tiefenlager“).

Der „Sachplan geologische Tiefenlager“ hat das Ziel, dass im Jahr _____ ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und _____ ein Lager für hochaktive Abfälle (HAA) in Betrieb genommen werden.

Im selben Jahr, _____, haben die Unternehmen Alpiq, Axpo und BKW Rahmenbewilligungsgesuche für den Ersatz bestehender bzw. den Bau neuer Kernkraftwerke in der Schweiz eingereicht.

Geschichte der Kernenergie

Arbeitsblatt



4/7

Im März _____ erschütterte ein Erdbeben der Stärke 9 Japan und löste an der Ostküste bis zu 15 Meter hohe Tsunamis aus. Gegen 20 000 Menschen fielen den Naturgewalten zum Opfer. Im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi kam es durch den Tsunami zu Kernschmelzen und Explosionen. Radioaktives Material gelangte in die Umwelt, die Bevölkerung wurde weiträumig evakuiert. Bereits im Mai beschloss deshalb der Bundesrat, am Ende der Betriebsdauer der bestehenden Kernkraftwerke aus der Atomenergie auszusteigen. Die Rahmenbewilligungsgesuche für den Bau drei neuer Kernkraftwerke wurden sistiert. Mitte 2011 stimmten die eidgenössischen Räte der neuen Energiestrategie 2050 zu. Es dauerte bis _____, bis das Parlament ein erstes Massnahmenpaket zur Energiestrategie 2050 verabschieden konnte. Zur Umsetzung der Energiestrategie 2050 revidierte das Parlament zudem das Energiegesetz. Es soll dazu dienen, den Energieverbrauch zu senken, die Energieeffizienz zu erhöhen und erneuerbare Energien zu fördern.

Gegen das neue Energiegesetz wurde im Herbst 2016 das Referendum ergriffen. Fast gleichzeitig lehnte im November _____ das Volk die Initiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)» ab. Sie wollte die Laufzeit der fünf Schweizer Kernkraftwerke auf 45 Jahre beschränken und den Bau neuer Reaktoren verbieten. Damit wurde beschlossen, dass die bestehenden Kernkraftwerke so lange in Betrieb bleiben dürfen, als sie sicher sind.

Ebenfalls im Herbst _____ zogen die Unternehmen Alpiq, Axpo und BKW ihre drei Rahmenbewilligungsgesuche zurück. Denn die Energiewelt und der Strommarkt hatten sich seit 2008 fundamental verändert und die Politik die Weichen für eine Zukunft ohne Kernkraft gestellt.

Im Mai _____ schliesslich konnte sich auch das Volk über das neue Energiegesetz an der Urne äussern. Es wurde mit 58,2%-Jastimmen angenommen. Damit wurde der Bau neuer Kernkraftwerke in der Schweiz verboten.

Anders als in Deutschland und der Schweiz investieren die meisten anderen Kernenergie-Länder weiterhin in die ressourcen- und umweltschonende Kernenergie. Ende _____ umfasste der Kernkraftwerkspark 447 Reaktoren in 31 Ländern. Weltweit standen 58 Kernkraftwerke im Bau, 19 davon in China. so lange in Betrieb bleiben dürfen, als sie sicher sind.

Geschichte der Kernenergie

Lösungsblatt



5/7

Lösungen:

Am Ende des 19. Jahrhunderts, **1896**, wurde das Phänomen der Radioaktivität entdeckt. Henri Becquerel fand damals heraus, dass das chemische Element Uran die Eigenschaft besitzt, sich teilweise – und ohne Zutun von aussen – in ein anderes chemisches Element zu verwandeln und dabei Energie – u. a. in Form von Strahlung – an die Umgebung abzugeben.

Nicht ganz ein halbes Jahrhundert später, **1938**, fanden die Deutschen Otto Hahn und Fritz Strassmann heraus, dass es möglich ist, Uran durch gezielt herbeigeführte äussere Massnahmen zu spalten bzw. in ein anderes Element zu verwandeln und dabei unter bestimmten Umständen eine Kettenreaktion auslösen zu können, die zu einer plötzlichen massiven Freisetzung von Energie führt.

Bedingt durch den Zweiten Weltkrieg wurden diese Erkenntnisse vorerst vor allem auf ihre militärische Verwendung hin getestet und weiterentwickelt. Im Rahmen des streng geheimen „Manhattan-Projekts“ gelang es den Amerikanern zuerst, eine Atombombe zu bauen. **1945** setzten die USA zwei Atombomben gegen Japan ein. Kurz darauf endete der Zweite Weltkrieg mit der Kapitulation des Japanischen Kaiserreichs.

Nach dem Krieg begann man vermehrt zu erforschen, wie Kernspaltung zur Produktion von Strom genutzt werden kann. Keine zehn Jahre später, **1954**, wurde in Russland, nahe Moskau, das erste Kernkraftwerk in Betrieb genommen. Ein Jahr später, **1955**, begann in England die kommerzielle Stromerzeugung mittels Kernenergie. Nach weiteren sechs Jahren, **1961**, konnte auch Deutschland sein erstes Kernkraftwerk einweihen.

Etwa zu der Zeit, **1957**, als in Russland und England Kernkraftwerke begannen Strom zu produzieren, setzten Wissenschaftler den ersten Schweizer Forschungsreaktor in Würenlingen in Betrieb. Im selben Jahr wird die Internationale Atomenergiebehörde (IAEA) gegründet.

Ende der Sechzigerjahre, **1969**, nahm Beznau-1 als erstes kommerzielles Kernkraftwerk der Schweiz seinen Betrieb auf.

1972 wurde die Leistung dieses Kraftwerks mit Fertigstellung des Zwillingsblocks (Beznau-2) verdoppelt sowie das KKW Mühleberg in Betrieb genommen. Zudem wurde die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra) gegründet.

Geschichte der Kernenergie

Lösungsblatt



6/7

Sieben Jahre später, **1979**, ging das Kernkraftwerk Gösgen ans Netz, das erste Schweizer KKW der 1000-Megawatt-Klasse.

Seit **1984** ist das Kernkraftwerk Leibstadt in Betrieb. Das leistungsstärkste Schweizer Kernkraftwerk ist mit einem Siedewasserreaktor ausgerüstet und produziert Strom für eine Million Menschen.

Zwei Jahre später, **1986**, kam es im Kernkraftwerk Tschernobyl in der damaligen UdSSR zu einem schweren Unfall, bei dem Radioaktivität freigesetzt wurde. Der Unfall hat einen weltweiten Meinungsumschwung bewirkt und die Entwicklung der Kernenergie gebremst.

2003, zu Beginn des neuen Jahrtausends, bekannte sich die Schweizer Bevölkerung in einer eidgenössischen Volksabstimmung zur Kernenergie. Die Volksinitiative „Strom ohne Atom“ wurde mit 66,3% deutlich abgelehnt.

Fünf Jahre später, **2008**, lancierte das Bundesamt für Energie (BFE) die Standortsuche für Tiefenlager zur Entsorgung radioaktiver Abfälle. Grundlage dazu bilden die Untersuchungen der Nagra. Die Suche erfolgt gemeinsam mit den betroffenen Kantonen und Gemeinden in einem mehrstufigen Verfahren („Sachplan geologische Tiefenlager“).

Der „Sachplan geologische Tiefenlager“ hat das Ziel, dass im Jahr **2050** ein Lager für schwach- und mittelaktive Abfälle (SMA) und **2060** ein Lager für hochaktive Abfälle (HAA) in Betrieb genommen werden.

Im selben Jahr, **2008**, reichten die Unternehmen Alpiq, Axpo und BKW Rahmenbewilligungsgesuche für den Ersatz bestehender bzw. den Bau neuer Kernkraftwerke in der Schweiz ein.

Im März **2011** erschütterte ein Erdbeben der Stärke 9 Japan und löste an der Ostküste bis zu 15 Meter hohe Tsunamis aus. Gegen 20 000 Menschen fielen den Naturgewalten zum Opfer. Im Kernkraftwerk Fukushima Daiichi kam es durch den Tsunami zu Kernschmelzen und Explosionen. Radioaktives Material gelangte in die Umwelt, die Bevölkerung wurde weiträumig evakuiert. Bereits im Mai beschloss deshalb der Bundesrat, am Ende der Betriebsdauer der bestehenden Kernkraftwerke aus der Atomenergie auszusteigen. Die Rahmenbewilligungsgesuche für den Bau drei neuer Kernkraftwerke wurden sistiert.

Geschichte der Kernenergie

Lösungsblatt



7/7

Mitte 2011 stimmten die eidgenössischen Räte der neuen Energiestrategie 2050 zu. Es dauerte bis **2016**, bis das Parlament ein erstes Massnahmenpaket zur Energiestrategie 2050 verabschieden konnte. Zur Umsetzung der Energiestrategie 2050 revidierte das Parlament zudem das Energiegesetz. Es soll dazu dienen, den Energieverbrauch zu senken, die Energieeffizienz zu erhöhen und erneuerbare Energien zu fördern.

Gegen das neue Energiegesetz wurde im Herbst 2016 das Referendum ergriffen. Fast gleichzeitig lehnte im November **2016** das Volk die Initiative «Für den geordneten Ausstieg aus der Atomenergie (Atomausstiegsinitiative)» ab. Sie wollte die Laufzeit der fünf Schweizer Kernkraftwerke auf 45 Jahre beschränken und den Bau neuer Reaktoren verbieten. Damit wurde beschlossen, dass die bestehenden Kernkraftwerke so lange in Betrieb bleiben dürfen, als sie sicher sind.

Ebenfalls im Herbst **2016** zogen die Unternehmen Alpiq, Axpo und BKW ihre drei Rahmenbewilligungsgesuche zurück. Denn die Energiewelt und der Strommarkt hatten sich seit 2008 fundamental verändert und die Politik die Weichen für eine Zukunft ohne Kernkraft gestellt.

Im Mai **2017** schliesslich konnte sich auch das Volk über das neue Energiegesetz an der Urne äussern. Es wurde mit 58,2%-Jastimmen angenommen. Damit wurde der Bau neuer Kernkraftwerke in der Schweiz verboten.

Anders als in Deutschland und der Schweiz investieren die meisten anderen Kernenergie-Länder weiterhin in die ressourcen- und umweltschonende Kernenergie. Ende **2017** umfasste der Kernkraftwerkspark 447 Reaktoren in 31 Ländern. Weltweit standen 58 Kernkraftwerke im Bau, 19 davon in China.

Bestandteile des Atoms

Lehrerinformation



1/7

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen die Informationstexte. Als Verständnishilfe verwenden sie gleichzeitig das Arbeitsblatt „Leitfragen zum Text“. Anschliessend zeichnen sie die Atommodelle von drei chemischen Elementen. Sie vergleichen ihre Antworten und ihre Zeichnungen miteinander.
Ziel	Schaffung der Voraussetzungen, um Radioaktivität und Kernspaltung verstehen zu können. Die SuS repetieren oder lernen neu den Aufbau eines Atoms kennen.
Material	Texte Arbeitsblatt „Leitfragen zum Text“ Arbeitsblatt „Atommodelle von Wasserstoff, Lithium und Kohlenstoff“ Lösungsblätter 1 + 2 Lochschablone aus Plastik oder Karton/festem Papier
Sozialform	Einzelarbeit Partnerarbeit
Zeit	45 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Als Einstieg betrachten die SuS Bilder von Planeten unseres Planetensystems, auf welchen auch die Monde dargestellt sind. Die Lehrperson weist auf erstaunliche Ähnlichkeiten zwischen dem Makro- und dem Mikrokosmos hin.
- Vor Beginn der Textarbeit zeichnen die SuS unter der Anleitung der Lehrperson (an der Wandtafel) ein Atommodell.
- Informationen und Online-Angebote unter www.kernenergie.ch

Bestandteile des Atoms

Arbeitsblatt



2/7

Aufgabe:

Lies die nachfolgenden Texte genau durch. Beantworte während des Lesens die Fragen auf dem Arbeitsblatt „Leitfragen für den Text“. Wenn du fertig bist, zeichnest du die drei Atommodelle auf dem Arbeitsblatt „Atommodelle von Wasserstoff, Lithium und Kohlenstoff“.

Leitfragen für die Erarbeitung des Texts:

1	Wie viele verschiedene chemische Elemente gibt es?
2	Wie nennen wir die Grundbausteine der verschiedenen chemischen Elemente?
3	Aus welchen drei Komponenten bestehen diese Grundbausteine?
4	In welchem groben zahlenmässigen Verhältnis treten diese drei Komponenten in einem Atom auf?
5	Worin besteht der Unterschied zwischen einem Helium- und einem Kohlenstoffatom?
6	In welche zwei Bereiche kann ein Atom unterteilt werden?
7	Welche Komponenten finden wir im Kern eines Atoms?
8	Welche Komponente(n) finden wir in der Schale eines Atoms?
9	In welchem Teil eines Atoms befindet sich sein Gewicht?
10	Was ist der Unterschied zwischen einem Proton und einem Neutron?
11	Welche Komponenten tragen welche elektrische Ladung?
12	Welche zwei Komponenten sind im Normalfall in gleicher Anzahl vertreten?
13	Aus welchem Grund müssen diese zwei Komponenten gleich stark vertreten sein?
14	Welche Kraft hält die Elektronen auf einer Umlaufbahn um den Atomkern?
15	Atome können sich mit anderen Atomen verbinden. Wie nennen wir das Resultat solcher Verbindungen?
16	Nenne ein konkretes Beispiel einer solchen Verbindungen und ihre Bestandteile.

Bestandteile des Atoms

Arbeitsblatt



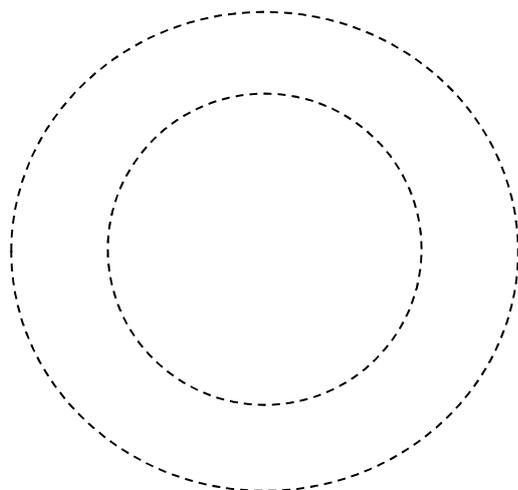
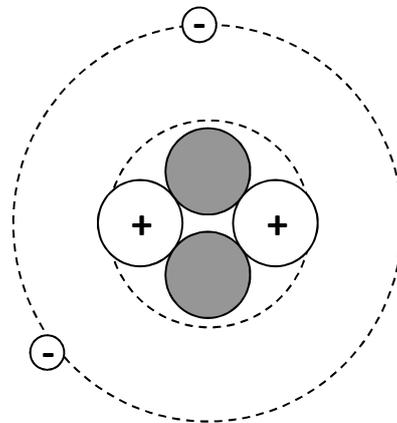
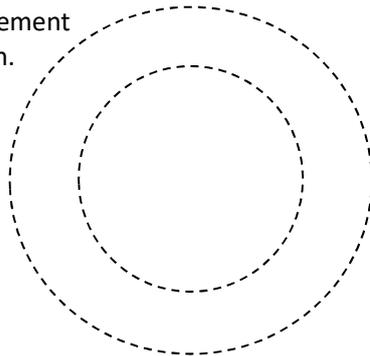
3/7

Aufgabe:

Ein Heliumatom besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen im Kern und zwei Elektronen in der Hülle.

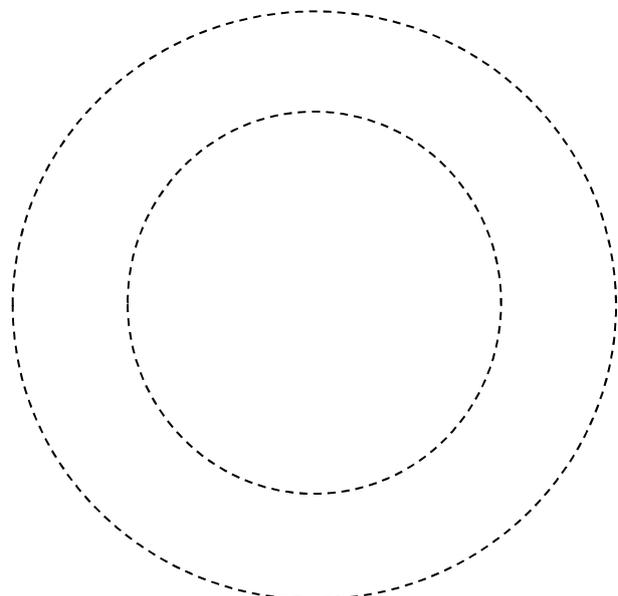
Zeichne für die anderen angegebenen Atome die Elektronen, Protonen und Neutronen mit ihren Ladungen ein. Die Elektronen sollen alle auf dem äusseren gestrichelten Kreis liegen, der die Atomhülle darstellt. Die Protonen und die Neutronen (grau) sollen mehrheitlich innerhalb des kleineren gestrichelten Kreises liegen, der den Umriss des Atomkerns darstellt. Falls vorhanden, verwendest du dazu eine Lochschablone.

Ein Wasserstoffatom (H) hat ein Proton und ein Elektron. Als einziges chemisches Element hat es keine Neutronen.



Ein Lithiumatom hat drei Protonen, drei Neutronen und drei Elektronen.

Ein Kohlenstoffatom (C) hat sechs Protonen, sechs Neutronen und sechs Elektronen.



Bestandteile des Atoms

Informationstext



4/7

Bau der Atome

Es existieren **mehrere**, unterschiedlich komplizierte **Modelle** vom Bau der Atome. Das hier verwendete **Bohr'sche Kugelmodell** ist relativ einfach strukturiert und kann nicht alle Verhaltensweisen der Atome erklären. Es gibt jedoch ein **Grundverständnis der Radioaktivität** und der Kernspaltung.

Das **Bohr'sche Kugelmodell** der Atome geht davon aus, dass die Grundbausteine (die Atome) der etwa 100 chemischen Elemente, aus denen alle Materialien dieser Erde zusammengesetzt sind, in ihrem Innern nur aus **DREI verschiedenen Teilchen** bestehen: aus **Neutronen, Protonen und Elektronen**. Das bedeutet, dass die Atome der chemischen Elemente sich nur durch die Anzahl und nicht durch die Art der in ihnen enthaltenen Teilchen voneinander unterscheiden.

Beispiele:

- Ein sehr leichtes Element ist Helium, dessen Atom zwei Protonen, zwei Neutronen und zwei Elektronen enthält. Schon etwas umfangreicher ist der Bau eines Kohlenstoffatoms: sechs Protonen, sechs Neutronen und sechs Elektronen.
- Wenn du jetzt denkst: Aha, jedes Element hat von allen drei Teilchen gleich viel, dann stimmt das lediglich als grobe Regel. Kohlenstoff kann z. B. auch acht statt sechs Neutronen enthalten und das leichteste Element, Wasserstoff, hat gar kein Neutron. Bei den grösseren Atomen (ab ungefähr 20 Protonen) beträgt die Differenz zwischen Protonen und Neutronen drei oder mehr.

Protonen und Neutronen bilden zusammen den **Atomkern**. Die schnell kreisenden Elektronen formen die mehrschichtige **Atomhülle**, die den **Kern** umgibt. Eventuell hilft dir der Vergleich eines Atoms mit einem Planeten (= Atomkern), der von kleinen Monden in hohem Tempo und in unterschiedlicher Entfernung umkreist wird (= Atomhülle).

Das **Gewicht eines Atoms** liegt fast ganz in seinem Kern, das heisst in den Protonen und Neutronen, die etwa gleich schwer sind. Stell dir das so vor: Würde man ein Atom auf die Grösse einer Kathedrale (z.B. der Kölner Dom) vergrössern, so würde in deren Mitte der Atomkern in der Grösse eines Stecknadelkopfes schweben. Dieser Stecknadelkopf wäre aber so schwer wie die ganze Kathedrale! Der wesentliche Unterschied zwischen Protonen und Neutronen liegt darin, dass Protonen **elektrisch positiv** geladen, Neutronen hingegen **elektrisch neutral**, das heisst ungeladen, sind.

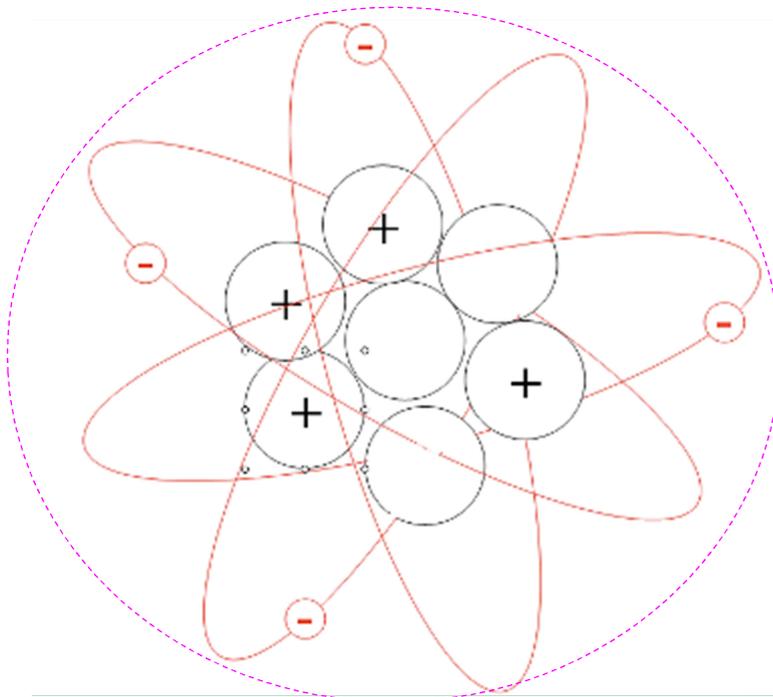
Ein Stoff kann nun nicht nur elektrisch positive Ladungen enthalten, er würde sich sonst, weil sich gleiche elektrische Ladungen abstossen, explosionsartig in eine Staubwolke auflösen. Damit das nicht geschieht, muss jedes normale Atom **gleich viele** positive und negative Ladungen besitzen. Die Summe der abstossenden und anziehenden elektrischen Kräfte hebt sich damit im einzelnen Atom auf. Die Träger der negativen elektrischen Ladungen sind die Elektronen. Aufgrund der notwendigen elektrischen Neutralität muss folglich ein Atom gleich viele Protonen wie Elektronen enthalten (auch hier gibt es wieder Ausnahmen, die jedoch für das Thema Radioaktivität nicht wesentlich sind). Die entgegengesetzten Ladungen von Protonen und Elektronen ziehen sich aufgrund der **Coulombkraft** – ähnlich wie Erde und Mond aufgrund der Schwerkraft – an und sorgen dafür, dass die Elektronen auf einer Umlaufbahn um den Atomkern bleiben.

Bestandteile des Atoms

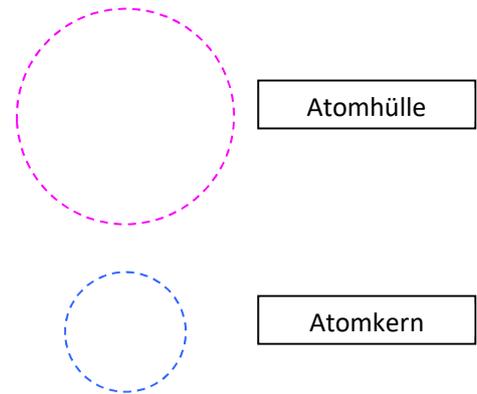
Informationstext



5/7



Die Figur zeigt ein frei erfundenes Atom mit vier Protonen und drei Neutronen im Kern und vier Elektronen in der Schale. Die Anzahl Protonen und Elektronen müssen gleich gross sein.



Mehrere Atome können zusammen Verbände bilden, die wir **Moleküle** nennen.

Wassermoleküle zum Beispiel bestehen aus zwei Wasserstoffatomen (Abkürzung H) und einem Sauerstoffatom (Abkürzung O). Die Verbindung der drei Atome wird als H_2O geschrieben. Die sichtbaren Stoffe, aber auch die unsichtbaren Gase, setzen sich in den meisten Fällen aus unzählig vielen Molekülen oder Atomen zusammen.

Bestandteile des Atoms

Lösungsblatt



6/7

Lösungen:

Leitfragen für die Erarbeitung des Texts:

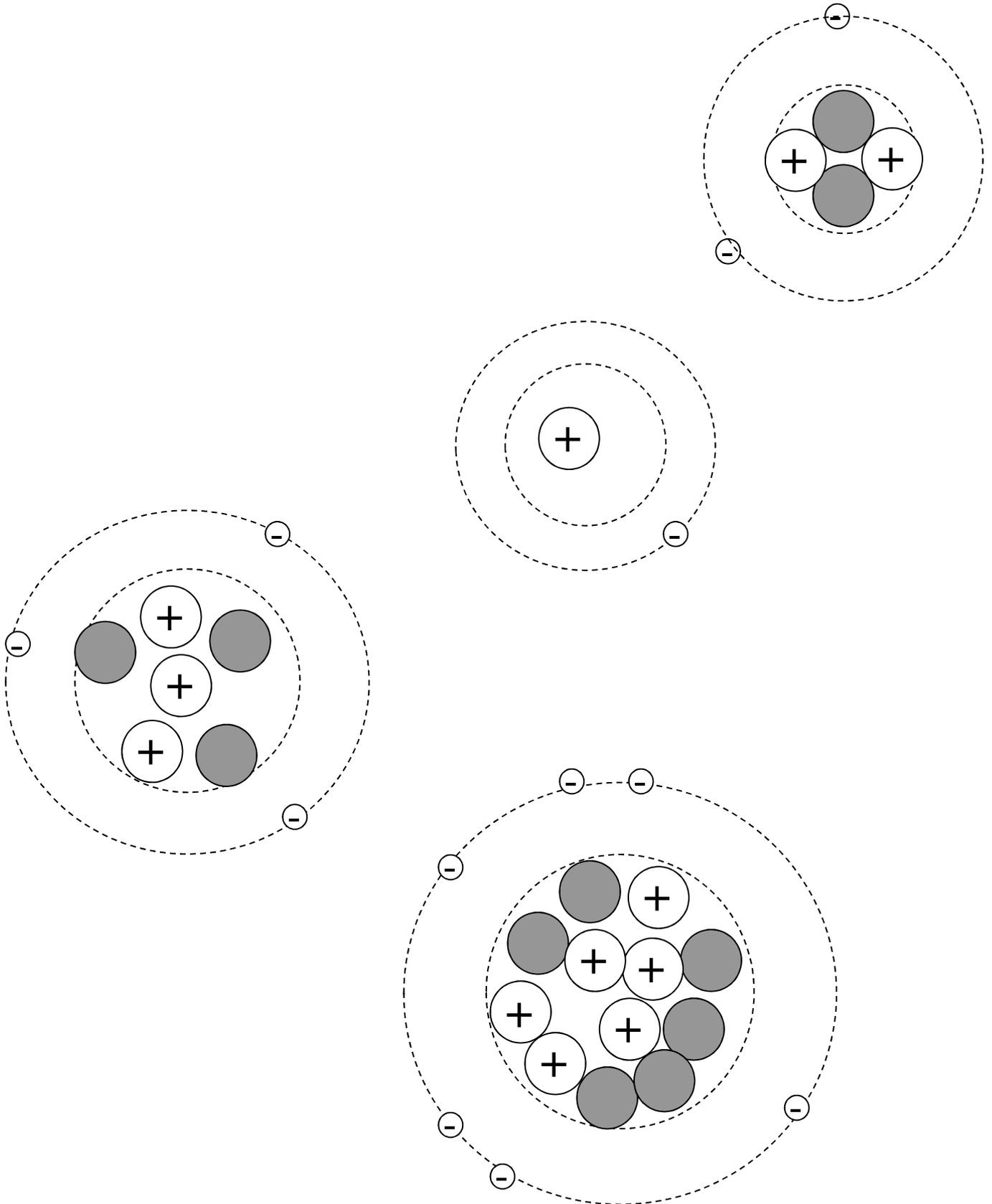
1	Wie viele verschiedene chemische Elemente gibt es? 118
2	Wie nennen wir die Grundbausteine der verschiedenen chemischen Elemente? Atome
3	Aus welchen drei Komponenten bestehen diese Grundbausteine? aus Neutronen, Protonen und Elektronen
4	In welchem groben zahlenmässigen Verhältnis treten diese drei Komponenten in einem Atom auf? von allen etwa gleich viel (1:1)
5	Worin besteht der Unterschied zwischen einem Helium- und einem Kohlenstoffatom? Er besteht nur in der Anzahl der vorhandenen Protonen, Neutronen und Elektronen.
6	In welche zwei Bereiche kann ein Atom unterteilt werden? Hülle und Kern
7	Welche Komponenten finden wir im Kern eines Atoms? Neutronen und Protonen
8	Welche Komponente(n) finden wir in der Schale eines Atoms? Elektronen
9	In welchem Teil eines Atoms befindet sich sein Gewicht? im Kern
10	Was ist der Unterschied zwischen einem Proton und einem Neutron? Sie unterscheiden sich in Bezug auf ihre elektrische Ladung: Das Neutron ist elektrisch neutral, das Proton ist positiv geladen.
11	Welche Komponenten tragen welche elektrische Ladung? Elektronen: negative Ladungen / Protonen: positive Ladungen / Neutronen: keine wirksame Ladung (siehe Kapitel 4)
12	Welche zwei Komponenten sind im Normalfall in gleicher Anzahl vertreten? Elektronen und Protonen
13	Aus welchem Grund müssen diese zwei Komponenten gleich stark vertreten sein? Sie müssen gleich stark vertreten sein, damit das ganze Atom elektrisch neutral ist. Wenn es das nicht wäre, würde der aus diesen Atomen bestehende Stoff wegen der Coulombkraft zerstäuben/explodieren.
14	Welche Kraft hält die Elektronen auf einer Umlaufbahn um den Atomkern? die Coulombkraft
15	Atome können sich mit anderen Atomen verbinden. Wie nennen wir das Resultat solcher Verbindungen? Moleküle
16	Nenne ein konkretes Beispiel einer solchen Verbindung und ihre Bestandteile. Wasser: Es besteht aus zwei Wasserstoffatomen und einem Sauerstoffatom.

Bestandteile des Atoms

Lösungsblatt



7/7



Das Periodensystem der Elemente

Lehrerinformation



1/5

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen den Informationstext. Als Verständnishilfe verwenden sie gleichzeitig das Arbeitsblatt „Leitfragen zum Text“.
Ziel	Die SuS verstehen, dass sich verschiedene chemische Elemente nur in der Anzahl von Protonen im Kern bzw. der Anzahl von Elektronen in der Atomhülle unterscheiden. Sie können die wichtigsten Angaben im Periodensystem der Elemente interpretieren.
Material	Text Arbeitsblatt mit Leitfragen Lösungsblatt
Sozialform	Einzelarbeit (Texterarbeitung)
Zeit	20 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Einführung/Repetition der Anordnung der Elektronen in mehreren Schalen
- anhand der Kopie des Periodensystems der Elemente die Verwandtschaft bestimmter Elemente aufgrund der gleichen Elektronen-Konstellation in der äussersten Elektronenschale besprechen

Das Periodensystem der Elemente

Arbeitsblatt



2/5

Aufgabe:

Lies den nachfolgenden Text genau durch. Beantworte während des Lesens die Fragen 1 bis 6.

Das Periodensystem der Elemente

	Frage
1	Welche Teilchen in einem Atom bestimmen mit ihrer Anzahl, um was für ein chemisches Element es sich handelt?
2	Was verstehen wir unter der Ordnungszahl im Periodensystem der Elemente?
3	Was ist in der Massenzahl eines Atoms enthalten?
4	Ein bestimmtes chemisches Element kann in mehreren Varianten mit unterschiedlichen Massenzahlen vorkommen. Welche Teilchenzahlen im Innern des Atoms sind dabei verschieden, welche bleiben gleich gross?
5	Wie nennen wir solche Varianten eines bestimmten chemischen Elements?
6	Wie viele Protonen, Neutronen und Elektronen enthält $^{235}\text{Uran}$? Protonen: _____ Neutronen: _____ Elektronen: _____

Das Periodensystem der Elemente

Informationstext



3/5

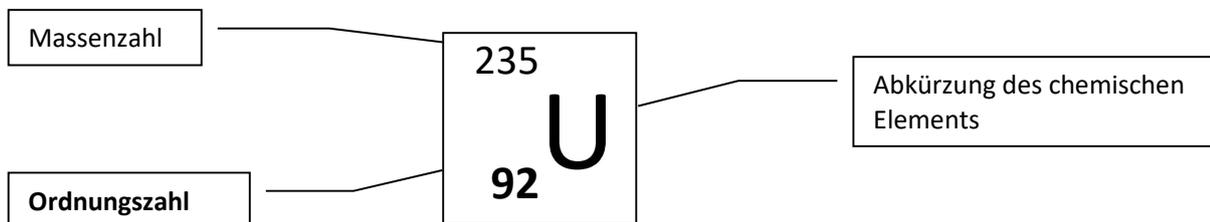
Das Periodensystem der Elemente

Die **Anzahl** der in einem Atom vertretenen **Protonen** bestimmt, ob es sich bei einem Stoff bzw. seinen Atomen um Eisen, Schwefel, Sauerstoff, Kohlenstoff oder sonst ein chemisches Element handelt.

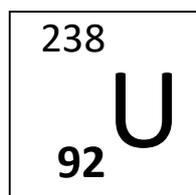
Im **Periodensystem der Elemente (PSE)** finden wir alle chemischen Elemente nach ihrer **Protonenzahl** geordnet aufgelistet. Die Protonenzahl wird im PSE als **Ordnungszahl** bezeichnet. Sie ist auch identisch mit der Anzahl Elektronen, die in diesem Atom vorhanden sind. Die zweite – ausser bei Wasserstoff – immer grössere Zahl gibt an, wie gross die Summe von Protonen und Neutronen ist. Wir nennen sie **Massenzahl**, weil die Protonen mit den Neutronen zusammen auch annäherungsweise die Masse eines Atoms bestimmen.

Wenn ein Element die gleiche Ordnungszahl aufweist, aber mit unterschiedlicher Neutronenzahl auftritt, reden wir von **Isotopen**. Beim Notieren von Isotopen eines bestimmten Elements setzen wir vor die Elementabkürzung die Massenzahl, weil diese ja unterschiedlich gross sein kann. Beispiel ^{206}Pb ist die Bezeichnung für das Blei-Isotop, das eine Massenzahl von 206 aufweist. ^{204}Pb hat im Kern gleich viele Protonen, es fehlen ihm aber im Vergleich zu ^{206}Pb zwei Neutronen.

Beim Thema Kernenergie spielt das **chemische Element Uran** die wichtigste Rolle. Es hat die **Ordnungszahl 92**. Das heisst, dass ein Uranatom immer aus **92 Protonen** und **92 Elektronen** besteht. Die Anzahl Neutronen kann unterschiedlich sein, deshalb gibt es verschiedene Isotope. **In Kernkraftwerken nutzt man Uran-Isotope mit der Massenzahl 235 zur Energieerzeugung. Denn im Gegensatz zum Isotop ^{238}U ist ^{235}U leicht spaltbar.**



Beispiel für ein ISOTOP: gleiches chemisches Element (hier Uran) mit einer anderen Massenzahl:



Das Periodensystem der Elemente

Lösungsblatt



5/5

Lösungen:

	Frage
1	<p>Welche Teilchen in einem Atom bestimmen mit ihrer Anzahl, um was für ein chemisches Element es sich handelt?</p> <p>die Protonen</p>
2	<p>Was verstehen wir unter der Ordnungszahl im Periodensystem der Elemente?</p> <p>Die Ordnungszahl eines Elements entspricht der Anzahl Protonen im Kern.</p>
3	<p>Was ist in der Massenzahl eines Atoms enthalten?</p> <p>die Summe von Neutronen und Protonen im Kern</p>
4	<p>Ein bestimmtes chemisches Element kann in mehreren Varianten mit unterschiedlichen Massenzahlen vorkommen. Welche Teilchenzahlen im Innern des Atoms sind dabei verschieden, welche bleiben gleich gross?</p> <p>Die Anzahl der Neutronen kann variieren. Die Anzahl der Protonen und Elektronen bleibt gleich.</p>
5	<p>Wie nennen wir solche Varianten eines bestimmten chemischen Elements?</p> <p>Isotope (Isotop = Einzahl)</p>
6	<p>Wie viele Protonen, Neutronen und Elektronen enthält $^{235}\text{Uran}$?</p> <p>Protonen: 92 Neutronen: 143 Elektronen: 92</p>

Natürliche Radioaktivität

Lehrerinformation



1/7

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen den Informationstext. Als Verständnishilfe verwenden sie gleichzeitig das Arbeitsblatt „Leitfragen zum Text“. In Partnerarbeit erklären sie sich paarweise und gegenseitig, was unter „Radioaktivität“ zu verstehen ist. Sie vervollständigen die natürliche Zerfallsreihe von Uran.
Ziel	Die SuS können das Phänomen „Radioaktivität“ in wenigen Sätzen in seinen Grundzügen beschreiben. Sie kennen verschiedene Formen von radioaktiver Strahlung und ein Beispiel für eine daraus resultierende natürliche Zerfallsreihe (Uran).
Material	Infotexte Arbeitsblatt mit Leitfragen Arbeitsblatt „Die natürliche Uran-Zerfallsreihe“ Lösungsblätter 1+2
Sozialform	EA, PA
Zeit	45 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Die SuS zeichnen vom Alpha- und Beta-Zerfall je ein Schema. Sie verwenden ein frei erfundenes Atom und halten die Veränderungen im Kern, das heisst sowohl das Ausgangs- und Endatom als auch das Strahlungsprodukt (Heliumkern oder Elektron), grafisch fest.
- In den Mittelstufen / Sek I-Unterlagen finden Sie eine bildliche Darstellung der radioaktiven Natur (siehe Lektion „07 Radioaktivität der Umwelt“).
- Umfangreiche Informationen zu den verschiedenen Formen von Strahlung und Radioaktivität gibt es auf der Website des Bundesamtes für Gesundheit (BAG): www.bag.admin.ch/
- Die aktuellen Radioaktivitätsmesswerte der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) findet man unter www.naz.ch/de/aktuell/messwerte.html

Natürliche Radioaktivität

Arbeitsblatt



2/7

Aufgabe:

Lies den nachfolgenden Text genau durch. Beantworte während des Lesens die Fragen 1 bis 8. Wenn du fertig bist, versuchst du, einem Kollegen/einer Kollegin in der Klasse in wenigen Sätzen zu erklären, was natürliche Radioaktivität ist.

Zum Abschluss dieser Lektion vervollständigst du das zweite Arbeitsblatt „Die natürliche Zerfallsreihe von Uran“.

	Frage
1	Wie verhält sich ein radioaktives Atom?
2	Was verstehen wir unter Alpha-Strahlung?
3	Wieso bezeichnen wir ein Atom, das bei einem radioaktiven Zerfall Alpha-Strahlen abgibt, als einen „Heliumstrahler“?
4	Von welchen weiteren Formen von Strahlung kann Radioaktivität begleitet werden?
5	Nenne Beispiele von elektromagnetischer Strahlung.
6	Warum ist die Gamma-Strahlung eine kritische Strahlung?
7	Wie viele chemische Elemente sind in etwa radioaktiv?
8	Was verstehen wir unter dem Begriff „Halbwertszeit“?

Natürliche Radioaktivität

Informationstext



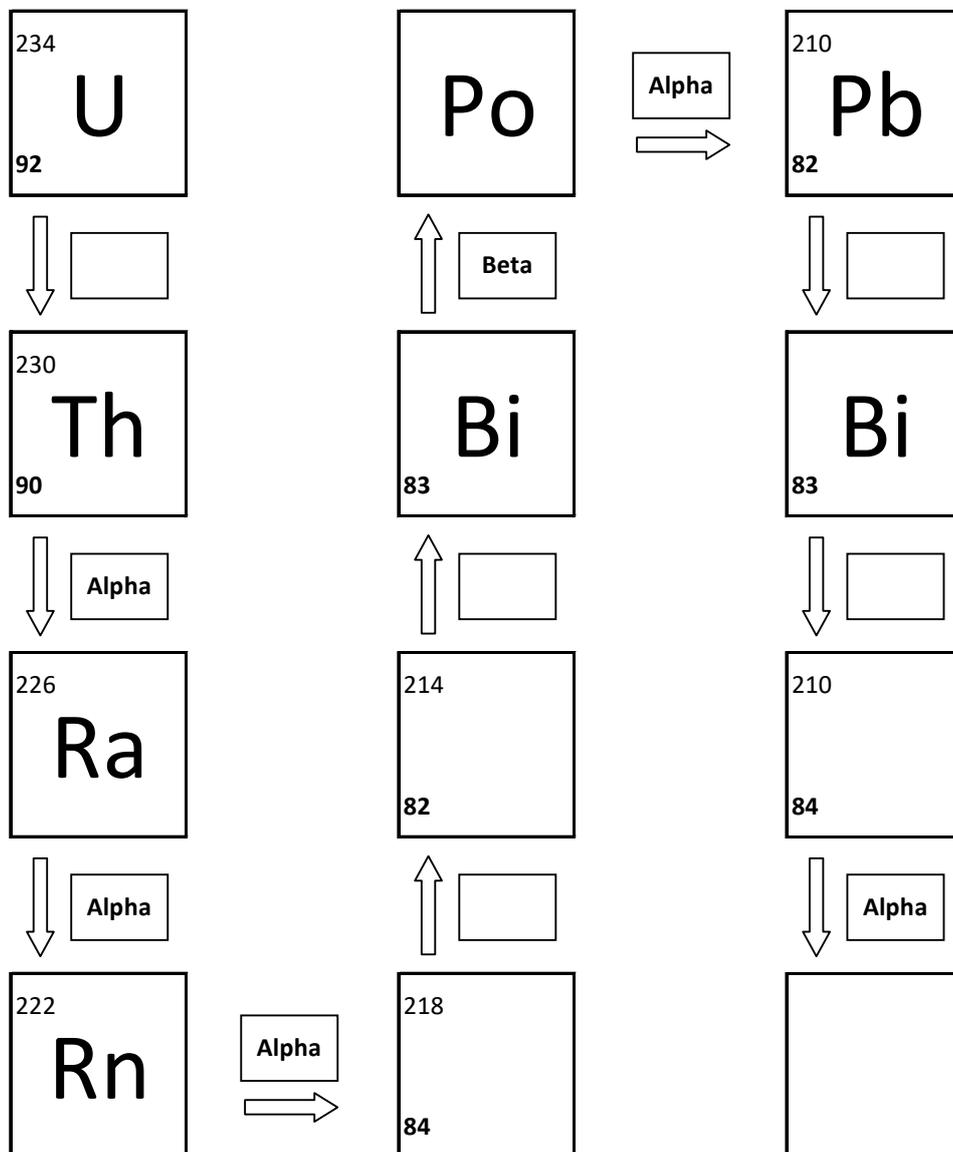
3/7

Die natürliche Zerfallsreihe von ^{238}U

Im Infotext hast du bereits den ersten Teil der Zerfallsreihe kennengelernt. Nun folgt der zweite. Die beteiligten Atome zerfallen jeweils durch **Alpha- oder Beta-Strahlung** (das sind Teilchenstrahlungen im Gegensatz zur elektromagnetischen Strahlung, bei welcher sich die Zusammensetzung eines Atoms nicht ändert).

Vervollständige die fehlenden Angaben in den Atom-Kästchen oder in den Pfeillegenden. Zur Lösung musst du wissen, was Alpha- und Beta-Zerfall bei der Massenzahl und der Ordnungszahl bewirken. Für fehlende Namen nimmst du das Periodensystem der Elemente zur Hilfe.

Bi = Wismut; Pb = Blei; Po = Polonium; Ra = Radium; Rn = Radon



Natürliche Radioaktivität

Informationstext



4/7

Natürliche Radioaktivität

Natürliche Radioaktivität besteht im Wesentlichen darin, dass bestimmte Atome die Eigenschaft haben, **spontan** die Zusammensetzung ihres Kerns zu ändern, indem sie Bestandteile desselben absondern (wir reden auch von „**abstrahlen**“). Durch diese „**Absonderung**“ verwandelt sich der Rest des Atoms in ein anderes chemisches Element. Dieses Element kann wiederum radioaktiv sein und sich ebenfalls in ein anderes verwandeln. So können sich ganze **Zerfallsreihen** ergeben (siehe Beispiel am Ende des Infotextes).

Alpha-Strahlung/Alpha-Zerfall

Radium-Atome haben beispielsweise die Fähigkeit, ganze „Pakete“ bestehend aus zwei Protonen und zwei Neutronen aus ihrem Kern abzusondern. Dabei verlieren sie vier Massenteile und zwei Ladungsteile. Aufgrund der verloren gegangenen Protonen verwandelt sich $^{226/88}\text{Ra}$ (Radium) in $^{222/86}\text{Rn}$ (Radon). Da eine Gruppe von zwei Protonen und zwei Neutronen mit dem Kern eines Heliumatoms identisch ist, kann man den Vorgang in folgender Gleichung festhalten:



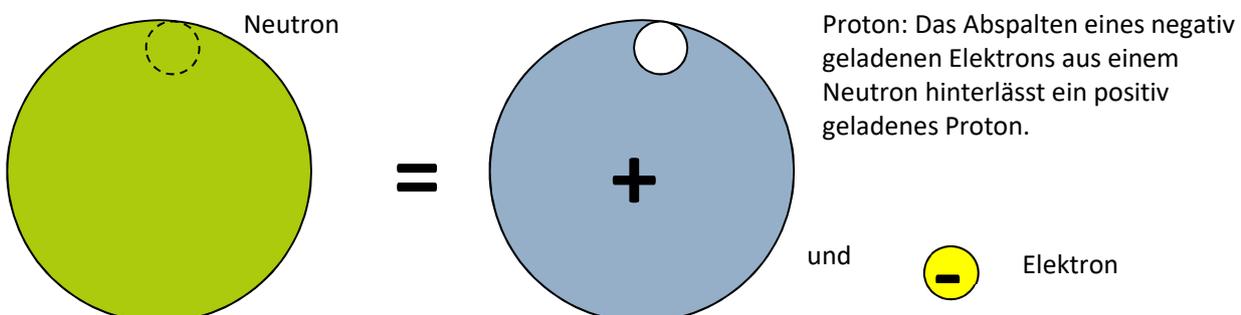
In Worten: Ein Radiumatom zerfällt unter Abstrahlung eines Heliumkerns zu einem Radonatom. Die Abstrahlung eines Heliumkerns wird als Alpha-Strahlung bezeichnet.

Alpha-Strahlung in Kurzform: Reduktion der Massenzahl um 4 und der Ordnungszahl um 2.

Beta-Strahlung/Beta-Zerfall

Weniger spektakulär als die **Alpha-Strahlung** ist die **Beta-Strahlung**. Bei dieser Form von Strahlung spaltet sich innerhalb des Atomkerns ein Neutron in ein Proton und ein Elektron auf, wobei das Elektron das Atom verlässt. Übrig bleibt ein Kern, der um ein Proton reicher ist. Folglich erhöht sich die Ordnungszahl des neu gebildeten chemischen Elements um 1. Die Massenzahl des Elements bleibt unverändert, weil mit der Bildung des Protons ein Neutron verloren geht.

Modellvorstellung dafür, wie beim Beta-Zerfall aus einem Neutron ein Proton und ein Elektron entstehen.



Betastrahlung in Kurzform: Erhöhung der Ordnungszahl um 1 bei gleichbleibender Massenzahl.

Natürliche Radioaktivität

Informationstext



5/7

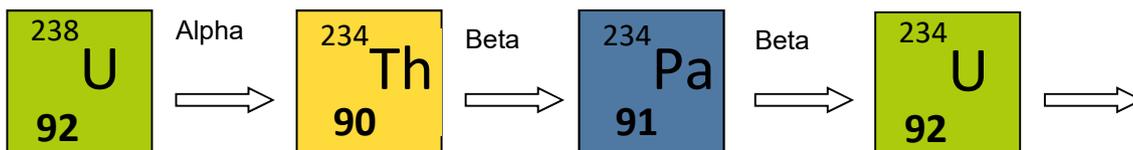
Gamma-Strahlung

Beim radioaktiven Zerfall von Stoffen wird nun neben den abgesonderten (weggeschleuderten) kleinen Teilchen auch immer Energie in Form von **Gamma-Strahlung** freigesetzt. Gamma-Strahlen sind eine Form von **elektromagnetischer Strahlung** (EMS), wie wir sie vom **Alltag** her kennen: Licht, Radio-, Fernseh- und Natelübertragung erfolgen via EMS. Die EMS, die bei Radioaktivität auftritt, ist jedoch eine kritische Art von Strahlung, da sie Lebewesen bereits in kleiner Dosis Schaden zufügen kann. Der menschliche Körper ist ständig einer mehr oder weniger kleinen Dosis radioaktiver Strahlung ausgesetzt, die ihren Ursprung im Weltall, in der Luft und in bestimmten Gesteinsarten hat.

In der Natur existieren ungefähr 25 radioaktive chemische Elemente

Es ist jedoch möglich, jedes chemische Element durch Einfluss des Menschen (siehe weiter unten) radioaktiv zu machen.

Die Reihenfolge der durch natürlichen Alpha- und Beta-Zerfall von ^{238}U entstehenden und weiter zerfallenden Elemente:



U = Uran; Th = Thorium; Pa = Protactinium

Anhand der Veränderung der Massen- und/oder Ordnungszahl kann eindeutig auf einen Alpha- oder Beta-Zerfall geschlossen werden. Das Zerfallsprodukt liegt bei der natürlichen Radioaktivität in der Regel in der Nähe des ursprünglichen Atoms (siehe dazu das Periodensystem der Elemente).

Halbwertszeit

Die in der Natur vorkommenden radioaktiven Elemente zerfallen mit sehr unterschiedlichen Geschwindigkeiten. Die Zerfallsgeschwindigkeit wird mithilfe der Halbwertszeit angegeben. Sie entspricht der Zeit, die vergeht, bis die Hälfte einer Anzahl von radioaktiven Atomen zerfallen ist. Grosse Halbwertszeiten entsprechen deshalb einem langsamen radioaktiven Zerfall, kleine Halbwertszeiten einem schnellen Zerfall. Mehr dazu beim Thema „Radioaktive Abfälle“ (Dokument 11).

Natürliche Radioaktivität

Lösungsblatt



6/7

Lösungen:

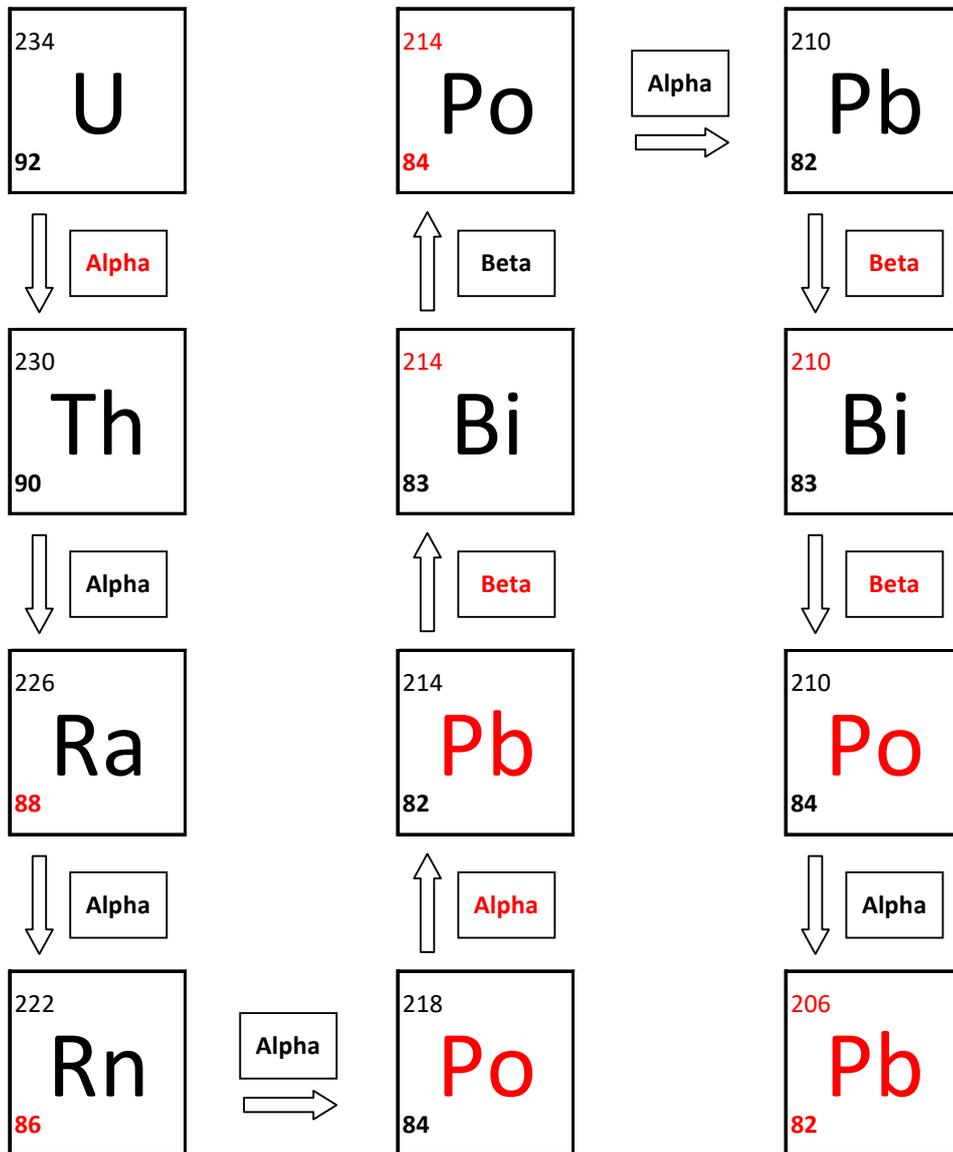
	Frage
1	<p>Wie verhält sich ein radioaktives Atom?</p> <p>Es strahlt Teilchen (Neutronen, Protonen und Elektronen) und elektromagnetische Wellen aus seinem Kern ab und verwandelt sich dabei in ein anderes chemisches Element.</p>
2	<p>Was verstehen wir unter Alpha-Strahlung?</p> <p>die Abstrahlung von zwei Protonen und zwei Neutronen aus einem Atomkern</p>
3	<p>Wieso bezeichnen wir ein Atom, das bei einem radioaktiven Zerfall Alpha-Strahlen abgibt, als einen „Heliumstrahler“?</p> <p>weil zwei Protonen und zwei Neutronen dem Inhalt eines Helium-Kerns entsprechen</p>
4	<p>Von welchen weiteren Formen von Strahlung kann Radioaktivität begleitet werden?</p> <p>Beta- und Gamma-Strahlen (Gamma-Strahlen sind bei jedem radioaktiven Zerfall vorhanden)</p>
5	<p>Nenne Beispiele von elektromagnetischer Strahlung.</p> <p>Radio, TV, Natel- und Mikrowellen. UV-, Infrarot- und Lichtstrahlen</p>
6	<p>Warum ist die Gamma-Strahlung eine kritische Strahlung?</p> <p>weil sie bereits in kleiner Dosierung gesundheitsschädlich ist</p>
7	<p>Wie viele chemische Elemente sind in etwa radioaktiv?</p> <p>ungefähr 25</p>
8	<p>Was verstehen wir unter dem Begriff „Halbwertszeit“?</p> <p>Das ist die Zeit, die vergeht, bis die Hälfte einer radioaktiven Stoffmenge zerfallen ist und jene sich dabei in ein neues chemisches Element verwandelt hat.</p>

Natürliche Radioaktivität

Lösungsblatt



7/7



Kernspaltung als Energielieferant

Lehrerinformation



1/6

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen den Informationstext. Als Verständnishilfe verwenden sie gleichzeitig das Arbeitsblatt „Leitfragen zum Text“. Um sich einen Begriff von der möglichen exponentiellen Entwicklung einer Kernspaltung zu machen, berechnen sie, wie viele freie Neutronen nach fünf, zehn und 15 Spaltungen vorhanden sind.
Ziel	Die SuS erfassen Kernspaltung als den zentralen Prozess der Energiegewinnung in einem Kernkraftwerk. Sie wissen, womit eine Kernspaltung ausgelöst wird, worin das Resultat besteht und warum sich eine Kernspaltung verselbstständigen kann.
Material	Text Arbeitsblatt mit Leitfragen Lösungsblatt
Sozialform	Einzelarbeit, Besprechung der Berechnungen im Plenum
Zeit	30 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Unter <https://www.kernenergie.ch/de/animation-und-filme-content---1--1030.html> finden Sie anschauliche Filme und Animationen.

Kernspaltung als Energielieferant

Arbeitsblatt



2/6

Aufgabe:

Lies den nachfolgenden Text genau durch.

Beantworte während des Lesens die Fragen 1 bis 6.

Wenn du damit fertig bist, rechnest du aus, wie viele Neutronen in der fünften, zehnten und 15. Neutronengeneration vorhanden sein werden (siehe Abbildung am Ende des Infotextes).

	Frage
1	Auf welche Frage konzentrierten sich die Wissenschaftler bei der Erforschung der Radioaktivität?
2	Was gelang deutschen Forschern vor Ausbruch des Zweiten Weltkriegs?
3	Was ist der Unterschied zwischen natürlichem radioaktivem Zerfall und Kernspaltung?
4	Welche sehr erstaunlichen Effekte treten während einer Kernspaltung beim radioaktiven Atom und seinen Spaltprodukten auf? Oder anders gefragt: Woher kommt die Energie, die bei der Kernspaltung frei wird?
5	Welche Teile können eine Kernspaltung bewirken?
6	Warum kann sich eine Kernspaltung ohne ein weiteres Zutun von aussen fortsetzen und sogar verstärken?

Kernspaltung als Energielieferant

Informationstext



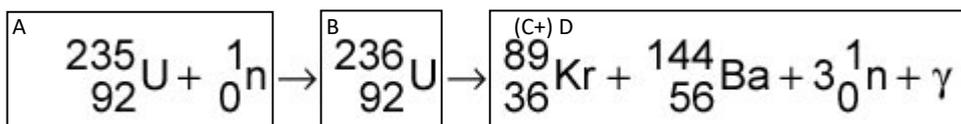
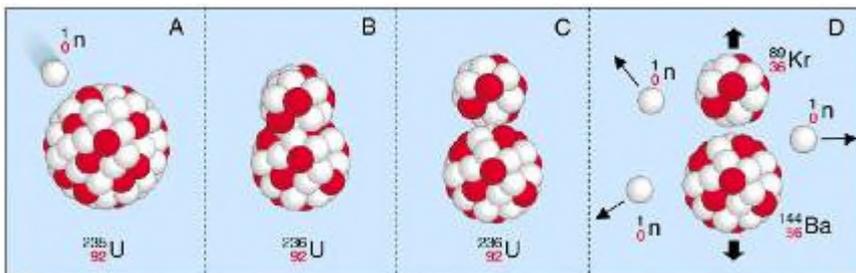
3/6

Kernspaltung

Natürliche Radioaktivität ist mit keiner **deutlich spürbaren Freisetzung von Energie** verbunden. Seit ihrer Entdeckung richteten deshalb Forscher ihre Aufmerksamkeit auf die Frage, ob sich Radioaktivität durch **menschlichen Einfluss** intensivieren und sich die freigesetzte Energie nutzen lässt. Zur Zeit des Beginns des zweiten Weltkrieges gelang es deutschen Forschern, durch Beschuss von Uran-Atomen mit Neutronen eine **Kernspaltung**, das heisst nicht nur einen radioaktiven Zerfall, sondern eine effektive **Zweiteilung eines Atomkerns zu provozieren**. Interessant wurde die Angelegenheit durch die sich anschliessende Entdeckung, dass eine von aussen ausgelöste Kernspaltung in der Lage ist, sich selber aufrechtzuerhalten und unter bestimmten Umständen sogar in eine explosionsartige **Kettenreaktion** hineinzumünden.

Künstliche Spaltung von ^{235}U in Krypton und Barium

Durch Beschuss mit einem Neutron verwandelt sich das ^{235}U zuerst in ^{236}U . Dieses ist sehr **instabil** und **zerfällt sofort** unter Abgabe von drei freien Neutronen und Gammastrahlung in ein Barium- und ein Kryptonatom.



Brennstoff	Spaltung auslösendes Neutron	instabiles Uran-Zwischenprodukt	Spaltprodukt Nr.1	Spaltprodukt Nr.2	drei freie Neutronen	Gamma-Strahlung
------------	------------------------------	---------------------------------	-------------------	-------------------	----------------------	-----------------

Uran ist kein „Brennstoff“ im eigentlichen Sinne des Wortes. Bei der Kernspaltung wird nichts verbrannt. Die Energiegewinnung mittels Kernspaltung ist deshalb auch nicht mit Abgasen und Luftschadstoffen verbunden.

Kernspaltung als Energielieferant

Informationstext



4/6

Hoher Energiegewinn

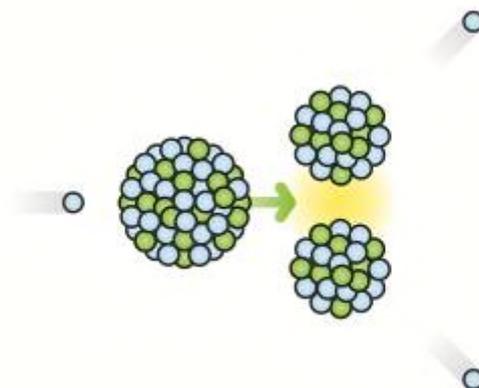
Der wesentliche Unterschied zwischen der **künstlichen Spaltung** und der **natürlichen Radioaktivität** besteht darin, dass bei der Kernspaltung chemische Elemente entstehen, die von der Ordnungszahl des ursprünglichen Atoms weit entfernt sind. Die in Form von Wärme freigesetzten Energien sind **ausserordentlich gross**, das heisst, es wird mehr Energie frei als bei einem **Verbrennungsprozess**.

So ist der Energiegewinn durch den Zerfall eines einzelnen Uran-Atoms 50 Millionen Mal grösser als der Energiegewinn bei der Verbrennung eines einzelnen Kohlenstoffatoms.

Der **Wärmegeinn** erfolgt nicht in einer uns bekannten Form der Energieumwandlung, sondern auf eine Art, wie sie erst **Albert Einstein** in seiner **Relativitätstheorie** als möglich beschrieben hat. Er hatte die **revolutionäre Idee**, dass zwischen Energie und Materie kein grundlegender Unterschied bestehe bzw. dass Materie eine weitere Form von Energie darstelle. Die **Umwandlung von Materie(-Energie) in nutzbare Energie**, die so durch Einsteins Überlegungen in den Bereich des Möglichen gelangte, findet beim radioaktiven **Zerfall** tatsächlich statt. Zwar ändert sich die Anzahl der an einem Zerfall beteiligten Neutronen und Protonen nicht. Aber es konnte nachgewiesen werden, dass die Kernbestandteile der Spaltprodukte im Vergleich zum noch nicht gespaltenen Atom eine reduzierte Masse aufweisen, also leichter sind. Die fehlende Masse (Massendefekt) verwandelt sich beim Zerfall in Energie (Bewegungsenergie der Spaltprodukte und Strahlungsenergie).

Multiplikation der Kernspaltung

Grundlage für die Verselbstständigung und eventuell sogar Vervielfältigung der Kernspaltung beim $^{235}\text{Uran}$ sind die zwei bis drei Neutronen, die pro Spaltung frei werden. Diese können auf andere Uranatome treffen, weitere Kernspaltungen auslösen und somit zusätzliche Neutronen freisetzen. Da pro Spaltung mehr als ein neues Neutron entsteht, kann sich die Spaltgeschwindigkeit exponentiell vervielfachen.



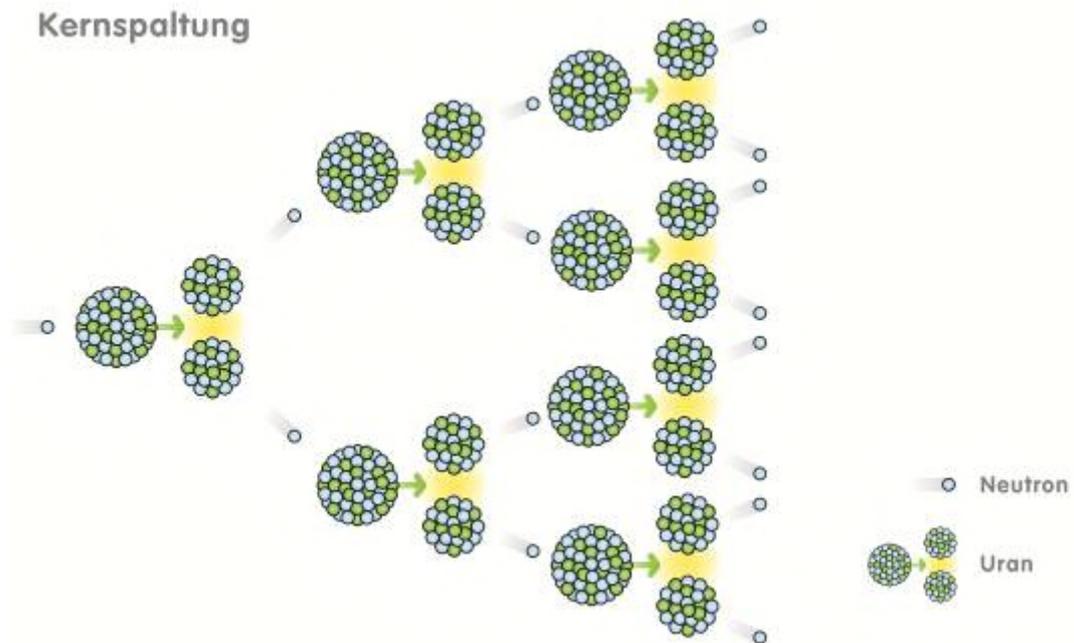
Kernspaltung als Energielieferant

Informationstext



5/6

Verselbstständigung und Vervielfältigung einer Uranspaltung durch neu gebildete Neutronen:



Kernspaltung als Energielieferant

Lösungsblatt



6/6

Lösungen:

	Frage
1	<p>Auf welche Frage konzentrierten sich die Wissenschaftler bei der Erforschung der Radioaktivität?</p> <p>Lässt sich die natürliche Radioaktivität so intensivieren, dass sich die freigesetzte Energie nutzen lässt?</p>
2	<p>Was gelang deutschen Forschern vor Ausbruch des Zweiten Weltkriegs?</p> <p>Es gelang ihnen, einen Uranatomkern durch Beschuss mit einem Neutron zu spalten.</p>
3	<p>Was ist der Unterschied zwischen natürlichem radioaktivem Zerfall und Kernspaltung?</p> <p>Beim natürlichen radioaktiven Zerfall ist die Ordnungszahl der neu entstandenen chemischen Elemente nicht weit von der Ordnungszahl des ursprünglichen Atoms entfernt.</p> <p>Bei der Kernspaltung entstehen Elemente, deren Ordnungszahl weit entfernt ist von der Ordnungszahl des ursprünglichen Atoms.</p>
4	<p>Welche sehr erstaunlichen Effekte treten während einer Kernspaltung beim radioaktiven Atom und seinen Spaltprodukten auf? Oder anders gefragt: Woher kommt die Energie, die bei der Kernspaltung frei wird?</p> <p>Die Endprodukte einer Kernspaltung haben zusammen eine kleinere Masse als das ursprüngliche Atom. Die fehlende Masse hat sich in Energie verwandelt.</p>
5	<p>Welche Teile können eine Kernspaltung bewirken?</p> <p>Neutronen</p>
6	<p>Warum kann sich eine Kernspaltung ohne ein weiteres Zutun von aussen fortsetzen und sogar verstärken?</p> <p>Weil bei jeder Kernspaltung mehr als ein neues Neutron entsteht, was Neutronen von aussen überflüssig macht und die Spaltungsgeschwindigkeit erhöht.</p>

Anzahl Neutronen in der x-ten Generation = 3^x

Anzahl Neutronen in der fünften/zehnten/15. Generation = 243 (3^5) / 59049 (3^{10}) / 14'348'900 (3^{15})

Bau und Funktion eines KKW

Lehrerinformation



1/8

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen den Infotext und beantworten parallel dazu die Leitfragen. Sie setzen die Bruchstücke eines ihnen nicht näher bekannten Siedewasserreaktors zusammen und nennen die Stationen einer Reise durch einen Druckwasserreaktor.
Ziel	Die SuS erfahren, wie ein KKW aufgebaut ist und wie es funktioniert. Sie lernen Unterschiede zwischen Siedewasser- und Druckwasserreaktoren, das Prinzip eines Kühlkreislaufs sowie die Funktionsweise der Steuerstäbe kennen.
Material	Arbeitsblätter Infotexte Lösungen
Sozialform	Einzelarbeit (Textbearbeitung und Bildcollage) Paararbeit (Reise durch einen Druckwasserreaktor)
Zeit	45'

Zusätzliche
Informationen:

- Informationen und Online-Angebote unter:
www.kernenergie.ch/de/akw-technik.html
- Eine anschauliche Grafik und weitere Informationen zu einem Kernkraftwerk des Typen Siedewasserreaktor finden Sie unter
<https://www.kernenergie.ch/de/animation-siedewasserreaktor.html>

Bau und Funktion eines KKW

Arbeitsblatt



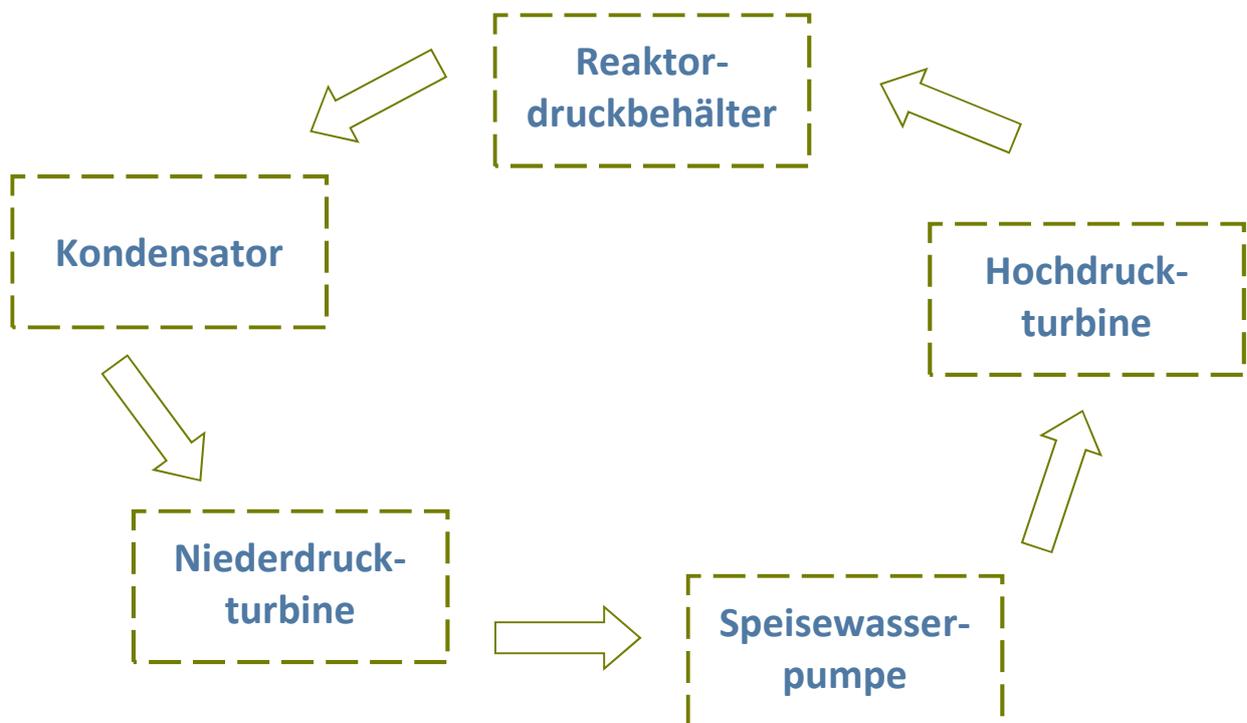
2/8

Aufgabe:

Das nachfolgende Schema stellt den stark vereinfachten Wasser-/Dampfkreislauf in einem Siedewasserreaktor-KKW dar. Die einzelnen Stationen befinden sich nicht an der richtigen Stelle.

Schneide die Bausteine aus und klebe sie in der richtigen Reihenfolge auf einem separaten Blatt auf.

Die Pfeile zwischen den Bausteinen stellen das zirkulierende Wasser bzw. den Dampf dar. Zeichne rote Pfeile zwischen jeweils zwei Bausteinen, wenn dazwischen Dampf strömt, blaue Pfeile, wenn dazwischen Wasser fließt.



Bau und Funktion eines KKW

Arbeitsblatt



3/8

Wir begeben uns gemeinsam auf die Reise durch einen Druckwasserreaktor. Setze im nachfolgenden Lückentext die zutreffende Zahl und den Begriff aus der Legende des Druckwasserreaktors ein.

Aufgabe:

Beantworte zusätzlich während des Lesens die Fragen 1 bis 3.

1. Welche Installationen finden wir in jedem thermischen Kraftwerk?
2. Welche beiden Energieumwandlungen finden in jedem thermischen Kraftwerk statt?
3. Ist es richtig, bei der Wolkensäule eines Kühlturmes von Abgasen zu reden?

Der Druckwasserreaktor

Wir starten bei der Primärwasserpumpe (17) und folgen der Strömungsrichtung. Wir gelangen so in den _____, wo sich die mit Uranoxid gefüllten _____ in den Brennelementen befinden. Die Leistung des Reaktors wird mit den _____ eingestellt. Durch die Kernspaltung wird das Wasser auf gegen 350 Grad aufgeheizt, aber es bleibt flüssig, da es unter hohem Druck (rund 150 bar) steht. Die Reise geht weiter zum _____, wo das heiße Wasser über einen sogenannten Wärmetauscher das Wasser eines zweiten, vom Primärkreislauf vollständig getrennten Kreislaufs erhitzt. Dabei entsteht sogenannter _____, der als Erstes zu der _____ gelangt und diese wie ein Windrad antreibt: Die Wärmeenergie des Dampfes wandelt sich dabei in mechanische Energie um. Nach dem Austritt aus der Hochdruckturbine ist der Dampf immer noch sehr heiss und kann gleich nochmals mehrere _____ antreiben. Die Drehbewegung aller Turbinen wird im _____ in elektrischen Strom umgewandelt.

Der Restdampf, der nicht mehr verwendet werden kann, muss jetzt im _____ zu Wasser zurückverwandelt werden. Der Kondensator funktioniert wie ein verkehrter, also möglichst kalter Reaktor, an dem der Dampf beschlägt und wieder zu Wasser wird. Damit der Kondensator immer kalt bleibt, wird _____ aus einem Fluss in den Kondensator gepumpt. Dabei erwärmt sich das Kühlwasser leicht. Hat das KKW einen Kühlturm, so fließt das im Kondensator erwärmte Wasser nicht in den Fluss zurück. Stattdessen wird es im Kühlturm abgekühlt und wiederverwendet, wobei auch ein Teil in die Atmosphäre verdampft.

Das abgekühlte Wasser des sekundären Kreislaufs wird über die _____ und den _____ als sogenanntes _____ zurück in den Dampferzeuger gepumpt. Das Wasser des primären Kreislaufs gelangt vom Dampferzeuger wieder zu unserem Ausgangspunkt, der Primärwasserpumpe.

Bau und Funktion eines KKW

Informationstext



4/8

Kernkraftwerke



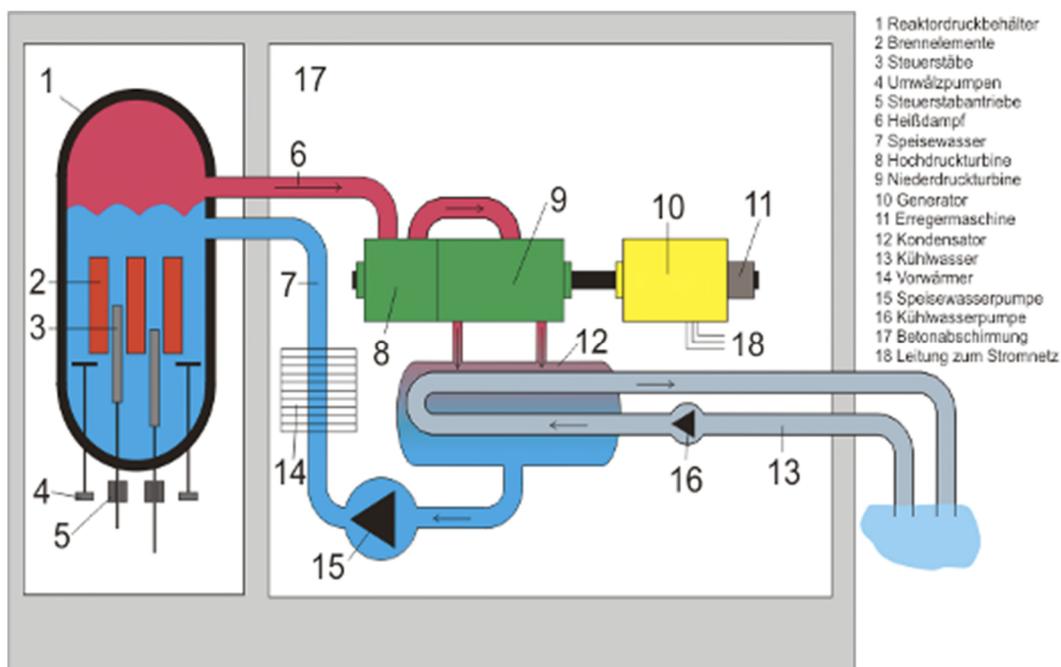
Blick ins Innere der Turbine während der Revision

Kernkraftwerke gehören – wie jene Kraftwerke, die mit Öl, Gas oder Kohle betrieben werden – zu den **thermischen Kraftwerken**. Bei einem thermischen Kraftwerk wird thermische Energie (Wasserdampf) mithilfe einer Turbine in eine **Bewegung** umgesetzt (Bewegungsenergie). Die Turbine treibt einen Generator an, der Bewegungsenergie in elektrische Energie umwandelt, also Strom produziert. Das Besondere am Kernkraftwerk ist, dass die Wärme nicht durch das Verbrennen von Kohle, Gas oder Öl erzeugt wird, sondern durch Kernspaltung. Obwohl KKW für ihre weit sichtbaren weissen Wolksäulen bekannt sind, handelt es sich bei diesen Wolken nicht um Abgase, sondern um reinen Wasserdampf, der bei der notwendigen Kühlung entsteht.

Druck- und Siedewasserreaktoren

Es gibt weltweit verschiedene Typen von Kernkraftwerken. In der Schweiz stehen **Siedewasser- und Druckwasserreaktoren** im Einsatz. Der Teil der Anlage, der aus Dampf elektrischen Strom erzeugt, ist bei beiden nahezu identisch. Der **Dampf** treibt jeweils zwei hintereinander

geschaltete **Turbinen** an (8+9). Die erste (8) funktioniert mit sehr heissem Dampf, der unter sehr hohem Druck steht. Der Restdampf der ersten Turbine wird als Antrieb für die zweite Turbine (9) verwendet. Die zweite Turbine ist deshalb so gebaut, dass sie mit einem tieferen Dampfdruck funktioniert. Durch das Hintereinanderschalten der beiden Turbinen wird der Wirkungsgrad für die Umwandlung von Wärme in Bewegung höher. Aber auch bei der zweiten Turbine bleibt ein Restdampf übrig. Dieser wird in einem Kondensator (12) wieder zu Wasser verwandelt. Der Kondensator entzieht dem Restdampf mithilfe von Kühlwasser (13) so viel Restwärme, dass er unter 100 °C abkühlt und sich wieder in Wasser verwandelt.



Schema eines Siedewasserreaktors

Bau und Funktion eines KKW

Informationstext



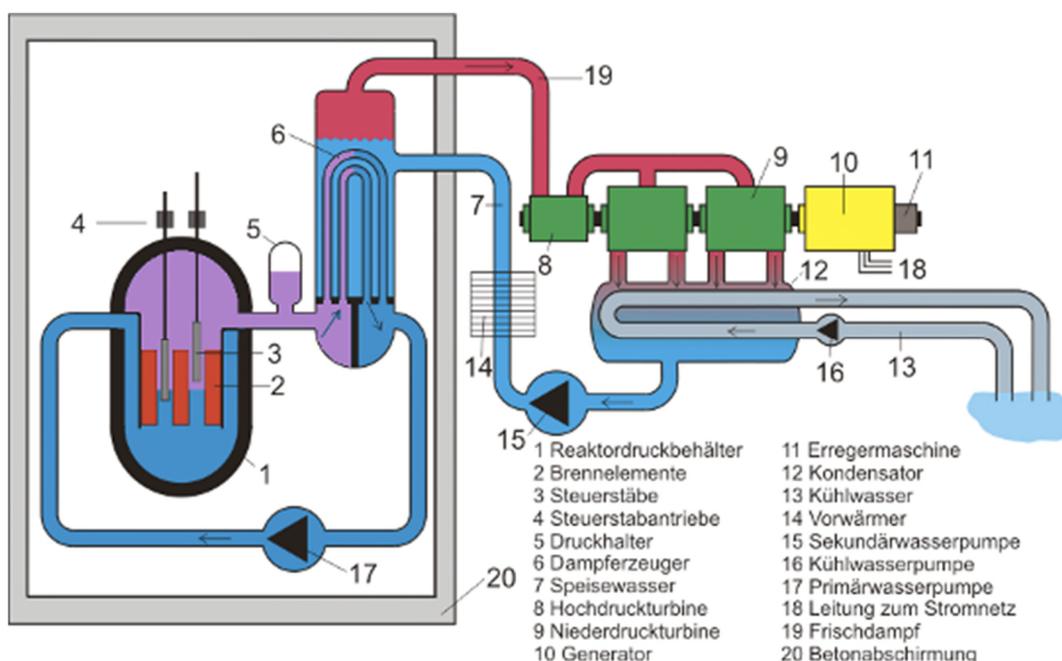
5/8

Kühlwasser kann einem Fluss entnommen werden, erwärmt sich beim Abkühlen des Dampfes um einige Grad und wird dann wieder in den Fluss zurückgeleitet. Auch eine relativ geringe Erwärmung von Flusswasser kann auf die dort lebenden Pflanzen und Fische einen negativen Einfluss ausüben. Deshalb ist die direkte Flusskühlung seit den späten 70er-Jahren in der Schweiz stark eingeschränkt. Die beiden neuen Schweizer Kernkraftwerke Gösgen und Leibstadt verfügen über einen Kühlturm, welcher für die nötige Kühlung sorgt. Kühltürme sind aber keine Besonderheit von Kernkraftwerken; man sieht sie auch bei anderen thermischen Kraftwerken.

Die beiden Turbinen übertragen ihre Drehbewegung auf einen Generator (10), der den elektrischen Strom produziert (18) (Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie).

Obwohl sich Siedewasser- und Druckwasserreaktor bei der Herstellung des Dampfes unterscheiden, gibt es auch in diesem Bereich viele Parallelen: Bei beiden findet die Kernspaltung in einem **Reaktordruckbehälter** (1) statt. Der Brennstoff (Uran) befindet sich in den gasdicht verschlossenen **Brennstäben** der Brennelemente (2). Steuerstäbe (3) zwischen den Brennelementen steuern die Kernspaltung: Sie bestehen aus einem Material, das freie Neutronen einfangen kann. Werden sie stärker zwischen die Brennelemente geschoben, dann wird die Neutronenaktivität reduziert, weniger Kernspaltungen werden ausgelöst und die Leistung des Reaktors nimmt ab.

Der wesentliche Unterschied zwischen Siedewasser- und Druckwasserreaktor besteht darin, dass beim Siedewasserreaktor bereits im Reaktordruckbehälter Wasserdampf erzeugt wird, beim Druckwasserreaktor hingegen nur sehr heisses Wasser. Dieses sehr heisse Wasser (ca. 300 °C) wird erst in einem sekundären Kreislauf (7/19) zu Dampf verwandelt. Druckwasserreaktoren sind technisch und finanziell mit höherem Aufwand verbunden. Ihr grosser Vorteil liegt aber darin, dass sich der Bereich, der radioaktiver Strahlung ausgesetzt ist, nochmals einschränken lässt: Die Turbinen eines Druckwasserreaktors werden – im Gegensatz zum Siedewasserreaktor – nicht von radioaktivem Dampf des Primärkühlkreislaufes durchflossen. Unterhaltsarbeiten sind deshalb einfacher auszuführen.



Schema eines Druckwasserreaktors

Bau und Funktion eines KKW

Informationstext

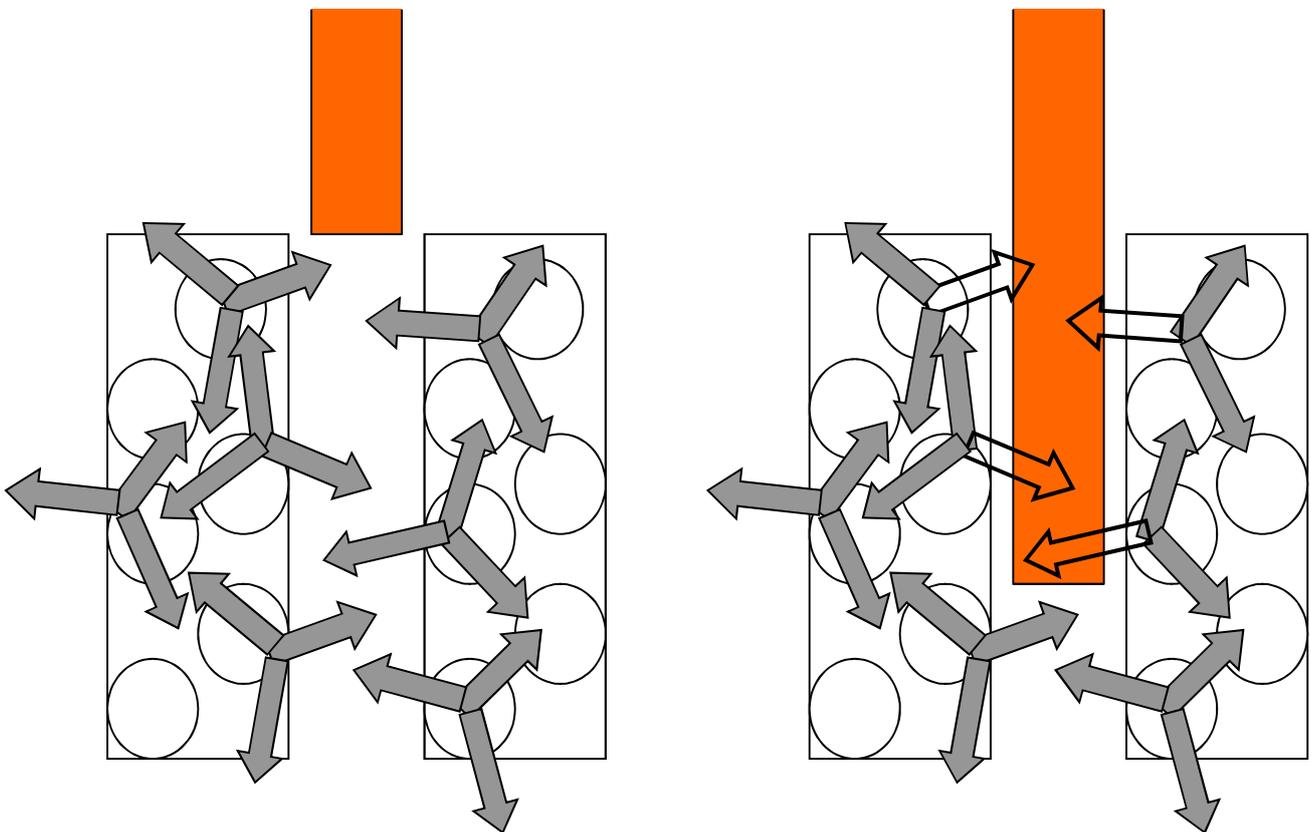


6/8

Die Hauptsteuerung eines Kernreaktors

Ein wichtiges Steuerelement für die Kernspaltung in einem KKW sind die **Steuerstäbe** zwischen den Brennelementen. Die Stäbe bestehen aus einem Material, das Neutronen **absorbiert**. Wie wir bereits wissen, bestimmt die Konzentration von Neutronen die Geschwindigkeit der Kernspaltung. Mit einer mechanischen Vorrichtung können die Steuerstäbe zwischen die Brennelemente geschoben werden, was die Kernspaltung **verlangsamt**. Das Herausziehen hat den gegenteiligen Effekt.

Durch das vollständige Einfahren der Steuerstäbe wird die Kettenreaktion gestoppt und der Reaktor abgeschaltet. Bei Bedarf kann das in Sekundengeschwindigkeit geschehen. „Abschalten“ bedeutet jedoch zunächst nur die Unterbrechung der Kettenreaktion. Zusätzlich muss noch die Restwärme abgeführt werden, wofür es eigene Kühlsysteme gibt.



In der Abbildung links sind schematisch die Neutronen (graue Pfeile) dargestellt, die bei der Uranspaltung entstehen und neue Spaltungen auslösen können. In der Abbildung rechts ist ein Steuerstab (orange) zwischen die Brennelemente geschoben und „verschluckt“ einen Teil der Neutronen (durchsichtige Pfeile). Diese lösen keine neuen Spaltungen mehr aus. Die Reaktion verlangsamt sich.

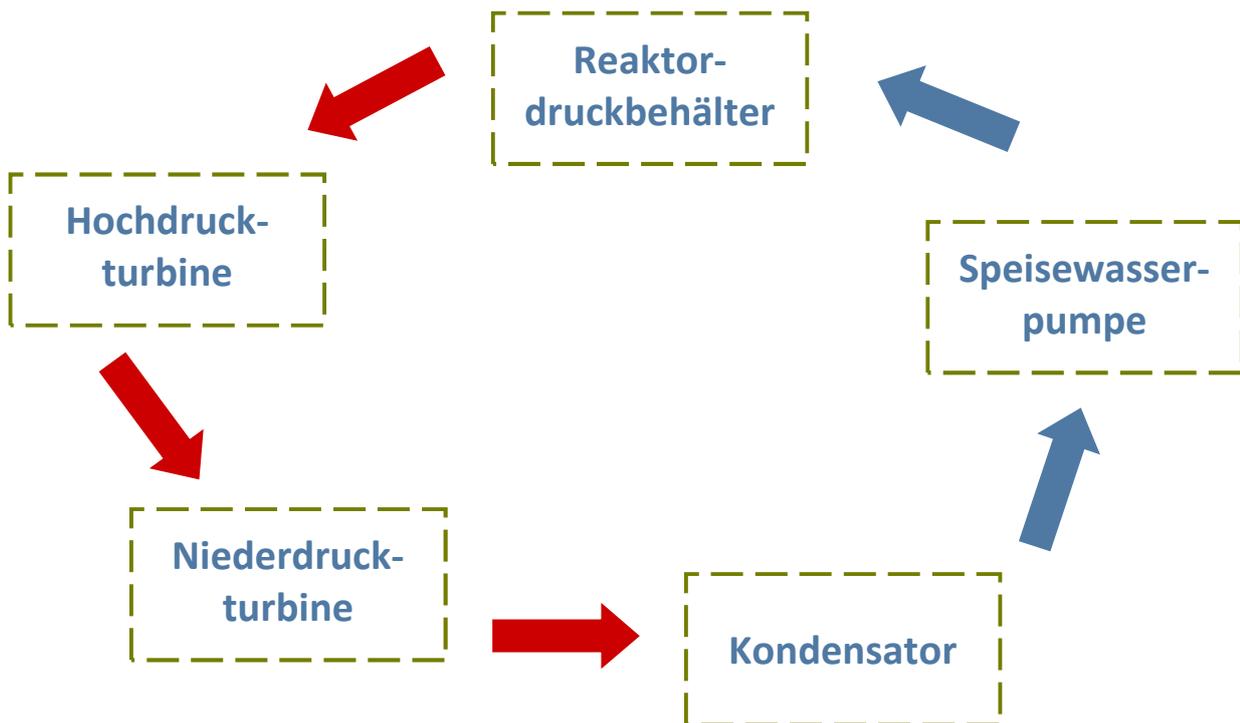
Bau und Funktion eines KKW

Lösungsblatt



7/8

Lösungen:



1. Welche Installationen finden wir in jedem thermischen Kraftwerk?

Dampfturbine und elektrischer Generator

2. Welche beiden Energieumwandlungen finden in jedem thermischen Kraftwerk statt?

die Umwandlung von thermischer Energie in Bewegungsenergie und die Umwandlung von Bewegungsenergie in elektrische Energie

3. Ist es richtig, bei der Wolkensäule eines Kühlturmes von Abgasen zu reden?

Nein, denn es handelt sich ausschliesslich um Wasserdampf.

Bau und Funktion eines KKW

Lösungsblatt



8/8

Der Druckwasserreaktor

Wir starten bei der Primärwasserpumpe (17) und folgen der Strömungsrichtung. Wir gelangen so in den **Reaktordruckbehälter**, wo sich die mit Uranoxid gefüllten **Brennstäbe** in den Brennelementen befinden. Die Leistung des Reaktors wird mit den **Steuerstäben** eingestellt. Durch die Kernspaltung wird das Wasser auf gegen 350 Grad aufgeheizt, aber es bleibt flüssig, da es unter hohem Druck (rund 150 bar) steht. Die Reise geht weiter zum **Dampferzeuger**, wo das heiße Wasser über einen sogenannten Wärmetauscher das Wasser eines zweiten, vom Primärkreislauf vollständig getrennten Kreislaufs erhitzt. Dabei entsteht sogenannter **Frischdampf**, der als Erstes zu der **Hochdruckturbine** gelangt und diese wie ein Windrad antreibt: Die Wärmeenergie des Dampfes wandelt sich dabei in mechanische Energie um. Nach dem Austritt aus der Hochdruckturbine ist der Dampf immer noch sehr heiß und kann gleich nochmals mehrere **Niederdruckturbinen** antreiben. Die Drehbewegung aller Turbinen wird im **Generator** in elektrischen Strom umgewandelt.

Der Restdampf, der nicht mehr verwendet werden kann, muss jetzt im **Kondensator** zu Wasser zurückverwandelt werden. Der Kondensator funktioniert wie ein verkehrter, also möglichst kalter Reaktor, an dem der Dampf beschlägt und wieder zu Wasser wird. Damit der Kondensator immer kalt bleibt, wird **Kühlwasser** aus einem Fluss in den Kondensator gepumpt. Dabei erwärmt sich das Kühlwasser leicht. Hat das KKW einen Kühlturm, so fließt das im Kondensator erwärmte Wasser nicht in den Fluss zurück. Stattdessen wird es im Kühlturm abgekühlt und wiederverwendet, wobei auch ein Teil in die Atmosphäre verdampft. Das abgekühlte Wasser des sekundären Kreislaufs wird über die **Sekundärwasserpumpe** und den **Vorwärmer** als sogenanntes **Speisewasser** zurück in den Dampferzeuger gepumpt. Das Wasser des primären Kreislaufs gelangt vom Dampferzeuger wieder zu unserem Ausgangspunkt, der Primärwasserpumpe.

Der Kühlturm

Lehrerinformation



1/6

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen den Infotext. Anschliessend konstruieren sie gemäss Anleitung die Kühlturmform.
Ziel	Die SuS können die Bedeutung des Kühlturms im Hinblick auf ein ganzes Kernkraftwerk abschätzen. Sie verstehen das erstaunliche Phänomen, dass sich die geschwungene Form des Kühlturms aus einer verdrehten Anordnung von geradlinigen Strukturen ergibt.
Material	Auftragsblatt mit Infotext Lösungsblatt
Sozialform	Einzelarbeit
Zeit	25 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Die Kühlturmkonstruktion erfolgt mit Bleistift. Anschliessend wird dem Kühlturm mit Aquarell-Technik eine Schattierung verliehen.
- Eine anschauliche Grafik und weitere Informationen zu modernen Hybridkühltürmen finden Sie unter www.kernenergie.ch/de

Der Kühlturm

Arbeitsblatt



2/6

Aufgabe:

Versuche, einen Kühlturm (Rotationshyperboloid) zu zeichnen; befolge dazu die Anleitung.

Der **Kühlturm** ist für ein Kernkraftwerk nicht unbedingt notwendig, wird aber oft eingesetzt, so wie auch in anderen thermischen Kraftwerken wie Kohle- oder Gaskraftwerken. Ein Kühlturm hat die Aufgabe, die **Wärme** aus dem sekundären Kühlkreislauf in die Umgebung **abzuleiten**. Er macht ein KKW von einem in der Nähe liegenden Fluss mit starker Strömung weitgehend unabhängig, weil die Wärme nicht über das Flusswasser, sondern über die Luft abgeleitet wird. Falls ein solcher Fluss vorhanden ist, wird er durch einen Kühlturm vor einer merkbaren Erwärmung bewahrt.

An einem Kühlturm findet man auf Anhieb keine geradlinigen Strukturen. Trotzdem kann seine Form nur mithilfe von geradlinigen Strecken konstruiert werden. Der Kühlturm muss einen möglichst starken natürlichen Luftzug nach oben entwickeln. Dazu hat er die Form eines Rotationshyperboloiden – diesen versuchen wir nun zu zeichnen.

Was du brauchst:

- Zirkel
- kariertes Papier (für Anfänger)
- Geodreieck
- Lineal
- Bleistift + Gummi
- minime Grundkenntnisse betreffend Geometrie

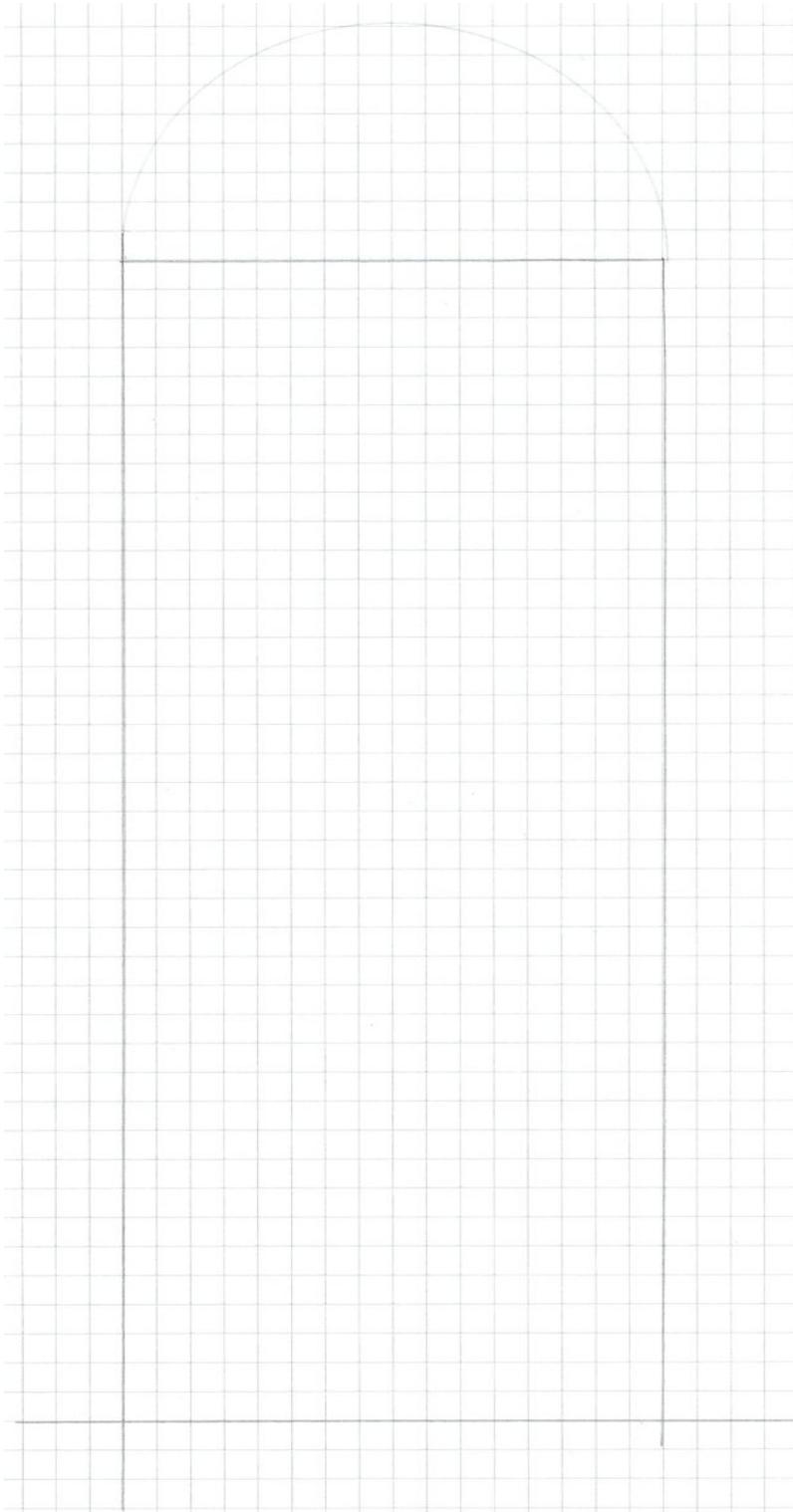
Die angegebenen Längen sind nicht obligatorisch. Es wäre jedoch sinnvoll, beim ersten Versuch diese einzuhalten. Wir versuchen, möglichst keine „Fachbegriffe“ zu verwenden. Ausserdem gibt es bei manchen Vorgängen andere passendere Lösungen, auf die wir hier jedoch der Einfachheit halber verzichten.

Der Kühlturm

Arbeitsblatt



3/6



Schritt 1

Spitze zuerst deinen Bleistift. Danach zeichnest du, das Papier im Hochformat haltend, ein Rechteck; Masse 8 cm x 20 cm. Als Nächstes halbiert du die Gerade ganz oben auf dem Blatt. Dort steckst du den Zirkel ein und machst einen Halbkreis; Radius: 4 cm.

Der Kühlturm

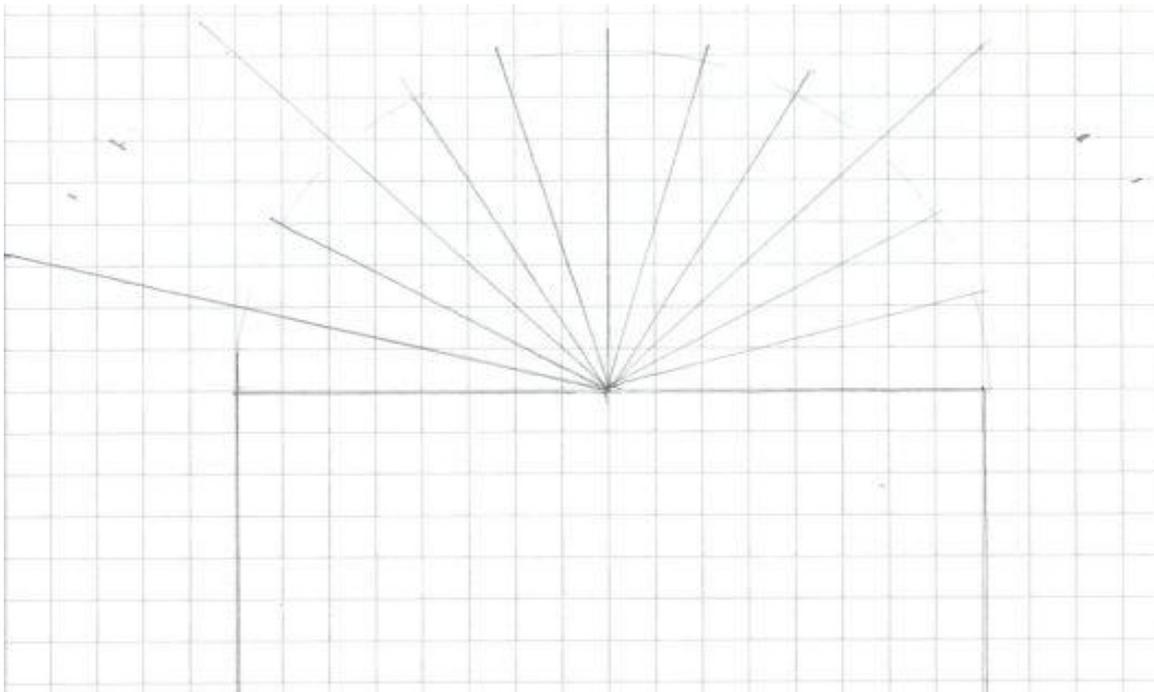
Arbeitsblatt



4/6

Nun muss man den Kreis teilen:

- Halbieren: eine Senkrechte von der Mitte der Waagrechten machen.
- Vierteln: mit dem Geodreieck 45° auf beiden Seiten abtragen.
- Zwölfteln: Nun machen wir aus jedem erhaltenen Stück nochmals zwei weitere. Bei 15° bzw. 30° teilen.



Schritt 3

Nun zieht man mit dem Geodreieck senkrecht durch alle Schnittpunkte vom Kreis mit den Radien eine Linie und trägt die Punkte auf die beiden kürzeren Seiten des ganzen Rechteckes ab. Nun hat man "oben" und „unten“ vom Rechteck 13 Punkte, die abgetragenen sowie die Randpunkte. Diese werden folgendermassen nummeriert:

nichts	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	nichts
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Unten machst du folgende Nummerierung:

15	16	17	18	19	20	21	22	23	0	1	2	3
nichts	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	nichts

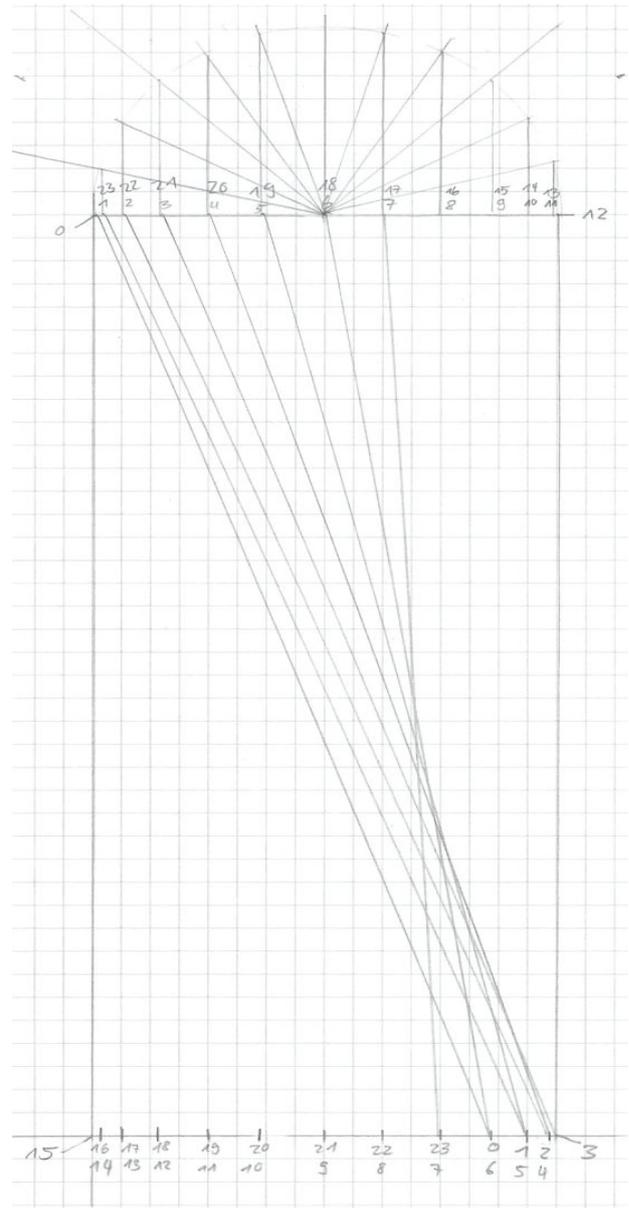
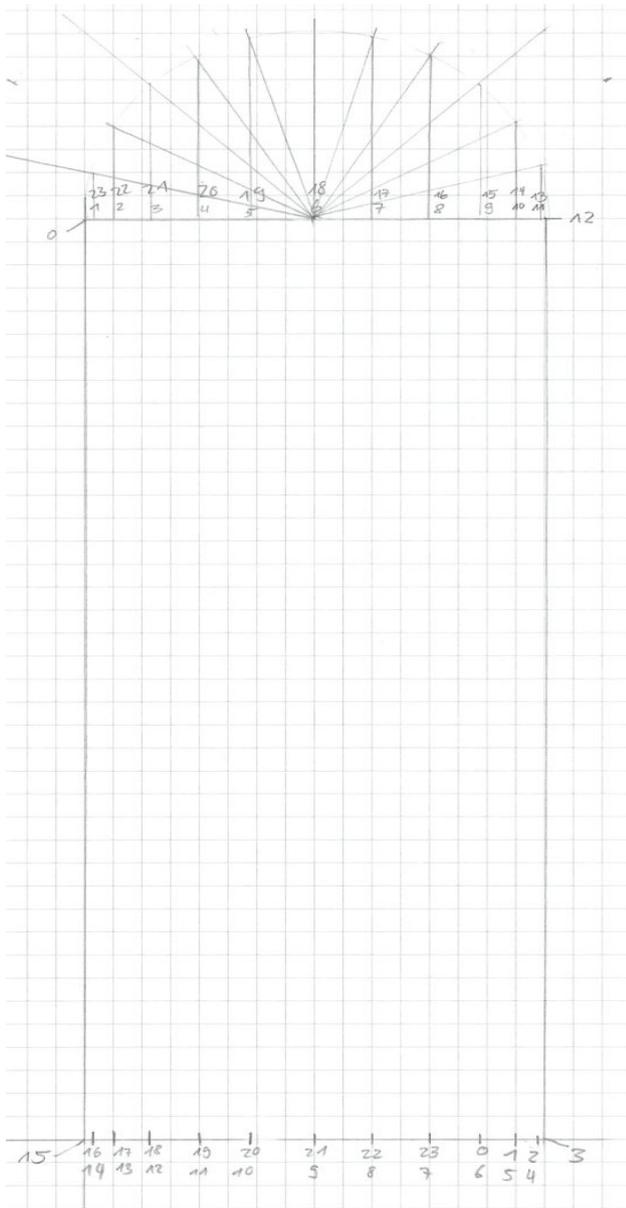
Der Kühlturm

Arbeitsblatt



5/6

Nun haben alle Punkte zwei Nummern zugewiesen (bis auf vier Punkte).



Schritt 4

Nun kommt das Eigentliche; das vorhin war nur Vorbereitung.

Man beginnt oben rechts mit der Null und verbindet sie mit der Null unten links, die Eins mit der Eins usw. Es führen, wieder bis auf vier Punkte, zu jedem Punkt zwei Linien.

Schritt 5

Nun hast du es schon fast geschafft. Verbinde weiter alle Punkte, bis das Bild fertig ist.

Der Kühlturm

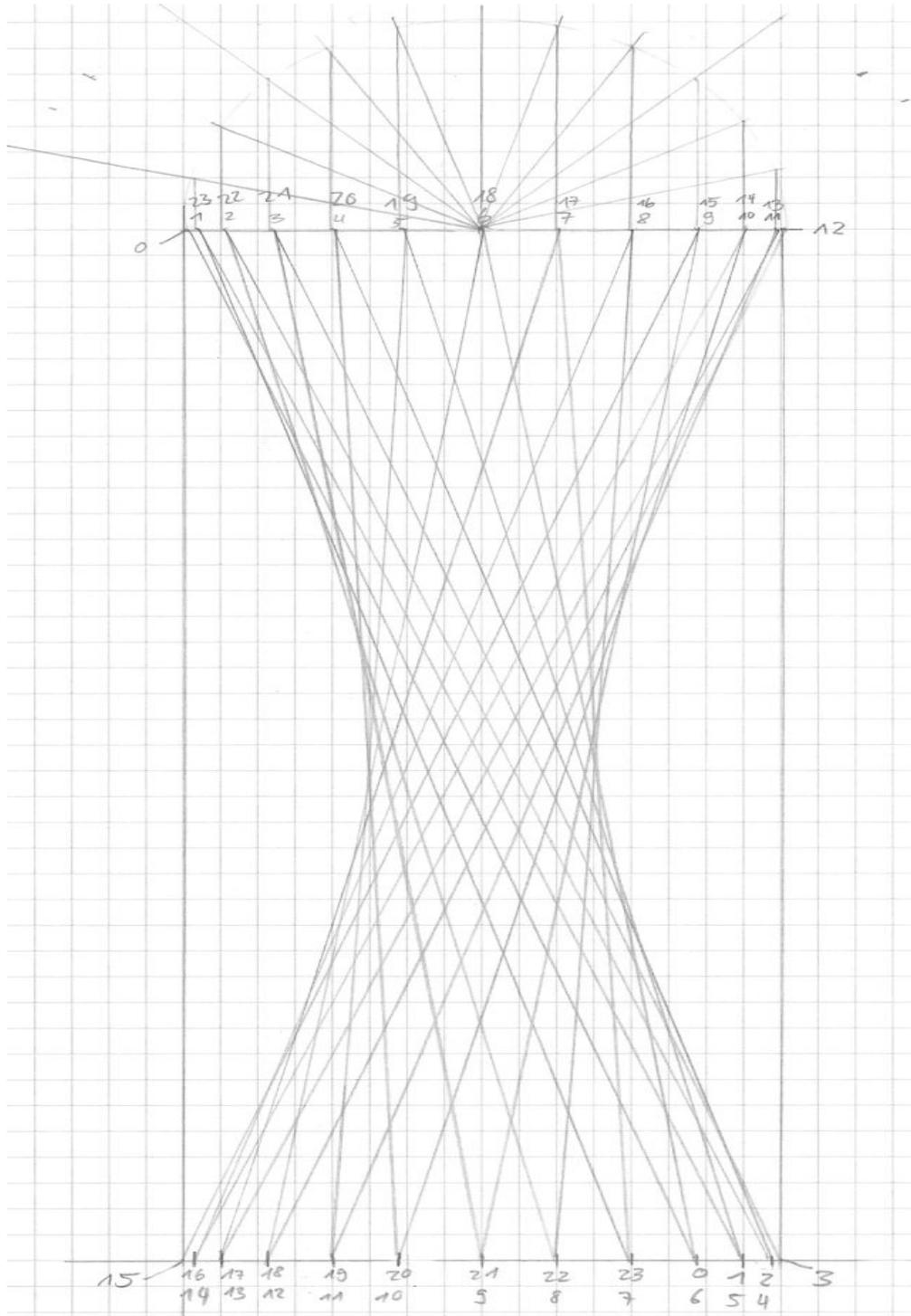
Lösungsblatt



6/6

Lösung:

Wir haben nun das fertige Resultat! Die besondere Form solcher Kühltürme dient zur Optimierung der Luftströmung.



Sicherheit im Kernkraftwerk

Lehrerinformation



1/7

Arbeitsauftrag	Die SuS bringen Beschreibungen der verschiedenen Sicherheitsbarrieren in die richtige Reihenfolge. Sie stellen einen Zusammenhang zwischen Sicherheitsprinzipien und ihrer Anwendung beim Betrieb eines KKW her.
Ziel	Die SuS können passive und aktive Sicherheitselemente der Kernenergie nennen und voneinander unterscheiden.
Material	Auftragsblätter Infotext Lösungsblätter
Sozialform	Gruppenarbeit (drei oder vier SuS)
Zeit	30 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Die SuS überlegen sich, welche und wie viele Sicherheitsprinzipien in anderen Bereichen der Technik/des alltäglichen Lebens zur Anwendung kommen.
- Weitere Infos unter <https://www.kernenergie.ch/de/Sicherheit-in-Kernkraftwerken.html>
- Zahlreiche Informationen, Gutachten und aktuelle Berichte zur Sicherheit der Schweizer Kernanlagen findet man auf der Website der nationalen Aufsichtsbehörde: www.ensi.ch

Sicherheit im Kernkraftwerk

Arbeitsblatt



2/7

Aufgabe:

Ordne nach dem Lesen des Infotextes den nachfolgenden detaillierten Beschreibungen eine der sechs verschiedenen Sicherheitsbarrieren zu.

Passive Sicherheitselemente

Die mit 1,5 bis 2 m Dicke massivste Sicherheitsbarriere kann auch einem Flugzeugabsturz standhalten.

Der ca. 20 bis 25 cm dicke Stahlmantel umschließt die Brennelemente, die Steuerstäbe und das Wasser des primären Kühlkreislaufs. Zusammen mit den anschliessenden Rohrleitungen schliesst er auch eventuell aus Hüllrohren ausgetretene gasförmige Spaltprodukte vollständig ein und schluckt den Hauptanteil an Neutronen- und Gamma-Strahlung.

Dieses Gefäß ist sowohl gasdicht als auch druckfest und besteht aus ca. 4 cm dickem Stahl. Falls es im primären Kreislauf (= Reaktorkreislauf) zu einem Leck kommt, kann es das austretende Wasser-/Dampfgemisch mit allen eventuell darin enthaltenen radioaktiven Stoffen aufnehmen und zurückhalten.

Als Brennstoff bei der Kernspaltung dient Uranoxid, das zu Pellets gepresst und ähnlich wie Keramik gebrannt wird. So hat es eine feste Kristallstruktur, in der die nicht gasförmigen radioaktiven Spaltprodukte (z.B. Barium und Krypton) fest eingebunden sind.

Dieser Mantel aus Beton hat die Aufgabe, den Rest der Neutronen- und Gamma-Strahlung zu absorbieren.

Das zu Tabletten gepresste Uranoxid befindet sich in etwa fingerdicken Rohren, die aus Zircaloy bestehen. Dieses Material hat ähnliche Eigenschaften wie Stahl, ist aber viel neutronendurchlässiger. Die Enden dieser Rohre werden gasdicht verschweisst.

Sicherheit im Kernkraftwerk

Arbeitsblatt



3/7

Aufgabe:

Im nachfolgenden Text sind konkrete Beispiele beschrieben, wie die im Infotext genannten Sicherheitsprinzipien beim Betrieb eines KKW funktionieren. Ordne jedem Beispiel das zutreffende Prinzip zu. Es können mehrere Prinzipien auf ein Beispiel zutreffen.

Aktive Sicherheitselemente

Bei stark erhöhter Temperatur im Reaktor kann sich das brennbare Gas Wasserstoff bilden. Um eine Knallgasreaktion mit Sauerstoff unmöglich zu machen, wird die Luft im Sicherheitsbehälter während des Betriebs mit nicht brennbarem Stickstoffgas ersetzt.

Die Steuerstäbe hemmen die Neutronenaktivität, wenn sie sich zwischen den Brennstäben befinden. Beim Druckwasserreaktor sind die Steuerstäbe oberhalb der Brennelemente „parkiert“. Sie werden von Elektromagneten gehalten. Wenn es zu einem Stromausfall im KKW kommt, schalten die Elektromagneten aus und die Steuerstäbe fallen durch die Schwerkraft von alleine zwischen die Brennelemente. Indem sie die Neutronen absorbieren, stoppen sie die Kernreaktion.

Im KKW Gösgen sind insgesamt elf Pumpen für den Abtransport der Wärme/Nachwärme aus dem Reaktor vorhanden. Eine einzige dieser elf Pumpen genügt, um einen ausreichenden Abtransport sicherzustellen.

Wenn die Kernspaltung in einem Reaktor zu intensiv ist und dadurch zu viel Wärme entsteht, beginnt das Kühlwasser im Bereich der Brennelemente zu verdampfen. Es bildet sich ein Wasser-Gas-Gemisch. Da Gas die Neutronen aber nicht genügend abbrems, fehlen für die Kernspaltung nötige langsame Neutronen und die Kernspaltung wird gedrosselt. Dasselbe geschieht bei einem Verlust von Kühlwasser durch ein Leck.

Während der ersten zehn Stunden nach einer Abschaltung des Reaktors ist die notwendige Nachkühlung der Brennstäbe sichergestellt, ohne dass das Betriebspersonal irgendwie eingreifen muss. .

Werden bei einer massiven Einwirkung aus der Umwelt (Flugzeugabsturz, Erdbeben etc.) technische Anlagen wie z. B. die Stromversorgung oder die Kühlpumpen unbrauchbar, so kommt das Notstandsgebäude zum Einsatz. Das Notstandsgebäude ist so gebaut, dass es einen Flugzeugabsturz oder ein starkes Erdbeben unbeschadet übersteht. Es enthält in doppelter Ausführung alle technischen Einrichtungen, die notwendig sind, um die ausreichende Notkühlung des Reaktors zu gewährleisten.

Sicherheit im Kernkraftwerk

Informationstext



4/7

Sicherheit in Kernkraftwerken

Bei der Diskussion um Kernkraftwerke steht das Thema Sicherheit an erster Stelle. In diesem Abschnitt erfährst du, was der Begriff Sicherheit für die Bauweise und den Betrieb eines Kernkraftwerks bedeutet, und mit welchen technischen Sicherheitseinrichtungen und Massnahmen dafür gesorgt wird, dass ein Kernkraftwerk nicht zu einer Gefahr für die Umwelt wird.

Die mit der Radioaktivität verbundene Strahlung kann für den Menschen schädlich sein. Oberstes Gebot für den Betrieb eines KKW ist deshalb, dass keine radioaktiven Stoffe aus dem Reaktor in die Umwelt gelangen dürfen (dieses Gebot gilt auch für chemische Fabriken, die mit hochgiftigen Stoffen arbeiten).

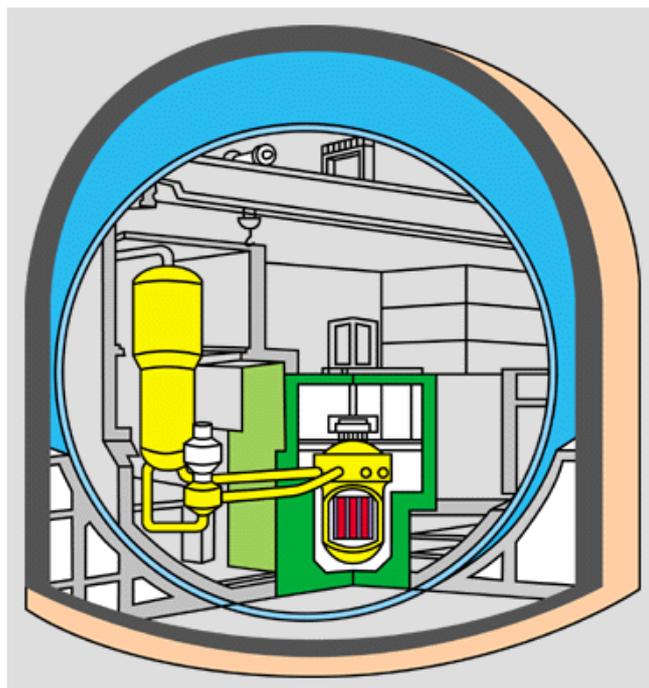
Passive Sicherheitselemente (Sicherheitsbarrieren)

Wenn ein Stoff nicht in die Umwelt gelangen soll, muss er sehr gut „verpackt“ werden. In den in Westeuropa verwendeten Leichtwasserreaktoren werden radioaktive Stoffe und radioaktive Strahlung durch sechs Sicherheitsbarrieren am Austreten in die Umwelt gehindert. Von innen nach aussen werden die folgenden Sicherheitsbarrieren jeweils von der nachfolgenden eingeschlossen:

1. das starre Kristallgitter des Brennstoffs
2. die gasdicht verschweissten Metallhüllen der Brennstäbe
3. die Umschliessung des Reaktorkühlkreislafs (beim Siedewasserreaktor Reaktordruckgefäss genannt)
4. die Betonhülle (auch der thermische Schild genannt)
5. der Sicherheitsbehälter (wird im Englischen Containment genannt)
6. die nach aussen abschliessende Stahlbetonhülle

Sicherheitsbarrieren

- Brennstoff
- Hüllrohr
- Umschliessung Reaktorkühlkreislauf
- Betonabschirmung
- Sicherheitsbehälter
- Stahlbetonhülle



Sicherheit im Kernkraftwerk

Informationstext



5/7

Aktive Sicherheitselemente

Die sechs aufeinanderfolgenden Barrieren bilden noch keine volle Garantie für den zuverlässigen Einschluss von radioaktiven Stoffen. Deshalb wird in einem KKW mithilfe von unterschiedlichen Prinzipien ein zuverlässiger Betrieb sichergestellt. Neben den mehrfachen Barrieren kommen auch folgende Prinzipien zur Anwendung:

1. Das Prinzip der Ausfallsicherheit: jeder Fehler löst sofort eine Schutzreaktion aus (Fail-Safe-Prinzip).
2. das Prinzip der mehrfach vorhandenen und voneinander unabhängigen Anlagenteile (Prinzip der Redundanz)
3. das Prinzip der vorbeugenden Analyse von möglichen Betriebsstörungen und das Einrichten notwendiger Gegenmassnahmen
4. Das Prinzip der passiven Rückkopplung: Systeme sind so konstruiert, dass sie sich bei einer Störung mit unerwünschter Entwicklung von alleine abbremsen.
5. das Prinzip der Reduktion von Bedienungsfehlern durch automatisches Auslösen von Gegenmassnahmen im Störfall

Sicherer Umgang mit Störungen

Kernkraftwerke sind technische Einrichtungen, in welchen fast während des ganzen Jahres unter zum Teil extremen Umgebungsbedingungen (hoher Druck, hohe Temperatur) Maschinen in Betrieb sind. Überall, wo Maschinen in Betrieb sind, kann es trotz bester Materialqualität und sehr gut ausgebildetem Personal zu Betriebsstörungen kommen, auch in KKW's. Das oberste Ziel von allen angewendeten Sicherheitsmassnahmen besteht deshalb immer darin, die Auswirkungen einer Störung unter allen denkbaren Umständen auf das KKW selbst zu beschränken. Die Umgebung des KKW darf nicht in Mitleidenschaft gezogen werden.

Haupt-Sicherheitsprinzip eines KKW

Radioaktives Material kann nur dann in einem für den Menschen gefährlichen Ausmass aus einem Kernreaktor austreten, wenn der Brennstoff durch Überhitzung schmilzt (= Kernschmelze) und dabei seine Kristallgitterstruktur verliert (= 1. Barriere). Das Uranoxid könnte dann nicht mehr die radioaktiven Spaltprodukte zurückhalten. Der Kernreaktor muss folglich so gebaut sein, dass er bei einer Überhitzung mit einem automatischen Ausschalten der Kernspaltung reagiert. Nach einem Stoppen der Kernspaltung produzieren die Brennstäbe jedoch immer noch eine Nachwärme, die mit einem Kühlmittel abgeführt werden muss, um eine nachträgliche Überhitzung zu vermeiden. Die Nachkühlung der abgeschalteten Brennstäbe muss also ebenfalls ausreichend gewährleistet sein.

Zusammenfassung

Oberstes Ziel beim Betrieb eines KKW ist es, zu vermeiden, dass Radioaktivität in die Umwelt austritt. Also muss man das Überhitzen und Schmelzen des Reaktorkerns vermeiden. Bei drohender Überhitzung muss der Reaktor sicher und schnell abgestellt werden können. Die Kühlung des abgestellten Reaktors und das Abführen der Nachzerfallswärme müssen sichergestellt sein.

Sicherheit im Kernkraftwerk

Lösungsblatt



6/7

Lösungen:

Passive Sicherheitselemente

- 6** Die mit 1,5 bis 2 m Dicke massivste Sicherheitsbarriere kann auch einem Flugzeugabsturz standhalten.
- 3** Der ca. 20 bis 25 cm dicke Stahlmantel umschließt die Brennelemente, die Steuerstäbe und das Wasser des primären Kühlkreislaufs. Zusammen mit den anschließenden Rohrleitungen schliesst er auch eventuell aus Hüllrohren ausgetretene gasförmige Spaltprodukte vollständig ein und schluckt den Hauptanteil an Neutronen- und Gamma-Strahlung.
- 5** Dieses Gefäß ist sowohl gasdicht als auch druckfest und besteht aus ca. 4 cm dickem Stahl. Falls es im primären Kreislauf (= Reaktorkreislauf) zu einem Leck kommt, kann es das austretende Wasser-/Dampfgemisch mit allen eventuell darin enthaltenen radioaktiven Stoffen aufnehmen und zurückhalten.
- 1** Als Brennstoff bei der Kernspaltung dient Urandioxid, das zu Pellets gepresst und ähnlich wie Keramik gebrannt wird. So hat es eine feste Kristallstruktur, in der die nicht gasförmigen radioaktiven Spaltprodukte (z.B. Barium und Krypton) fest eingebunden sind.
- 4** Dieser Mantel aus Beton hat die Aufgabe, den Rest der Neutronen- und Gamma-Strahlung zu absorbieren.
- 2** Das zu Tabletten gepresste Urandioxid befindet sich in etwa fingerdicken Rohren, die aus Zircaloy bestehen. Dieses Material hat ähnliche Eigenschaften wie Stahl, ist aber viel neutronendurchlässiger. Die Enden dieser Rohre werden gasdicht verschweisst.

Sicherheit im Kernkraftwerk

Lösungsblatt



7/7

Aktive Sicherheitselemente

3

Bei stark erhöhter Temperatur im Reaktor kann sich das brennbare Gas Wasserstoff bilden. Um eine Knallgasreaktion mit Sauerstoff unmöglich zu machen, wird die Luft im Sicherheitsbehälter während des Betriebs mit nicht brennbarem Stickstoffgas ersetzt.

1

Die Steuerstäbe hemmen die Neutronenaktivität, wenn sie sich zwischen den Brennstäben befinden. Beim Druckwasserreaktor sind die Steuerstäbe oberhalb der Brennelemente „parkiert“. Sie werden von Elektromagneten gehalten. Wenn es zu einem Stromausfall im KKW kommt, schalten sich die Elektromagneten aus und die Steuerstäbe fallen durch die Schwerkraft von alleine zwischen die Brennelemente. Indem sie die Neutronen absorbieren, stoppen sie die Kernreaktion.

2

Im KKW Gösgen sind insgesamt elf Pumpen für den Abtransport der Wärme/Nachwärme aus dem Reaktor vorhanden. Eine einzige dieser elf Pumpen genügt, um einen ausreichenden Abtransport sicherzustellen.

4

Wenn die Kernspaltung in einem Reaktor zu intensiv ist und dadurch zu viel Wärme entsteht, beginnt das Kühlwasser im Bereich der Brennelemente zu verdampfen. Es bildet sich ein Wasser-Gas-Gemisch. Da Gas die Neutronen aber nicht genügend abbremst, fehlen für die Kernspaltung nötige langsame Neutronen und die Kernspaltung wird gedrosselt. Dasselbe geschieht bei einem Verlust von Kühlwasser durch ein Leck.

5

Während der ersten zehn Stunden nach einer Abschaltung des Reaktors ist die notwendige Nachkühlung der Brennstäbe sichergestellt, ohne dass das Betriebspersonal irgendwie eingreifen muss.

2/3

Werden bei einer massiven Einwirkung aus der Umwelt (Flugzeugabsturz, Erdbeben etc.) technische Anlagen wie z. B. die Stromversorgung oder die Kühlpumpen unbrauchbar, so kommt das Notstandsgebäude zum Einsatz. Das Notstandsgebäude ist so gebaut, dass es einen Flugzeugabsturz oder ein starkes Erdbeben unbeschadet übersteht. Es enthält in doppelter Ausführung alle technischen Einrichtungen, die notwendig sind, um die ausreichende Notkühlung des Reaktors zu gewährleisten.

Kernbrennstoff Uran

Lehrerinformation



1/5

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen den Infotext und beantworten anschliessend die Fragen dazu.
Ziel	Die SuS erfahren, was Uran ist, woher es stammt und wie es als Brennstoff in Kernkraftwerken verwendet wird.
Material	Arbeitsblatt Informationstext Lösungsblatt
Sozialform	Einzelarbeit
Zeit	20'

Zusätzliche
Informationen:

- Weitere Informationen:
www.kernenergie.ch/de/uran-und-radioaktivitaet/uran-und-radioaktivitaet.html

Kernbrennstoff Uran

Arbeitsblatt



2/5

Aufgabe:

Lies den nachfolgenden Infotext und beantworte anschliessend die Fragen dazu. Es können mehrere Antworten richtig sein.

1. Welche Art Uran wird in Schweizer Reaktoren eingesetzt?

- Natururan
- Urandioxid (UO_2)
- Yellow Cake (U_3O_8)

2. In welchem Land gibt es grosse Uranvorkommen?

- Australien
- Dänemark
- Kasachstan
- Costa Rica
- Südafrika

3. Wieso wird Uran als Kernbrennstoff verwendet?

- aufgrund der hohen Energiedichte
- weil es sich einfach spalten lässt
- weil es so billig ist

4. Wie lange bleibt ein einzelnes Brennelement für gewöhnlich im Reaktor, bis der Kernbrennstoff erschöpft ist?

- einige Wochen
- vier bis fünf Jahre
- 25 Jahre

Kernbrennstoff Uran

Informationstext



3/5

Was ist Uran?

Uran ist ein chemisches Element mit Symbol U und der Ordnungszahl 92 gemäss Periodensystem der Elemente. Es handelt sich um ein **schwach radioaktives Schwermetall**, das in zahlreichen Mineralien enthalten ist. Auf der Erde kommt Uran etwa **500-mal häufiger** vor als **Gold**.

Natürlich auftretendes Uran (Natururan) ist ein Gemisch aus etwa 99,3 % Uran-238 und 0,7 % Uran-235. **1938 entdeckte** eine Forschergruppe um den deutschen Chemiker **Otto Hahn, dass Uran-235 leicht gespalten werden kann**, wobei grosse Mengen Energie in Form von nutzbarer Wärme freigesetzt werden. Uran ist der **primäre Energieträger heutiger Kernkraftwerke**.

Uranbeschaffung

Uran wird als Uranoxid **im Bergbau** gewonnen. Daneben ist Uran **auch in Phosphaten und im Meerwasser vorhanden**. Abgebaut wird Uran in den USA, Australien, Kanada, Afrika, Südafrika und Kasachstan.

Über den Umfang der **Uranvorräte** zirkulieren die unterschiedlichsten Zahlen: Die Angaben reichen **von 50 bis 500 Jahren Reichweite** und sogar darüber hinaus. Die tatsächliche Reichweite ist jedenfalls davon abhängig, **welche Uranquellen erschlossen werden und wie effizient** das Uran in den Kernreaktoren eingesetzt wird. Die heute bekannten, über den Bergbau erschliessbaren globalen Uranreserven sollten laut der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) noch für rund 80 Jahre reichen. Daneben gibt es aber noch grössere geschätzte Vorkommen. Nutzt man aber auch das Uran in Phosphaten und im Meerwasser, ergeben sich Reichweiten von vielen Jahrhunderten. Zusätzlich gibt es ein grosses technologisches Einsparpotenzial bei den Reaktoren, die zurzeit neu entwickelt werden. Die **Wiederaufbereitung** von gebrauchten Brennelementen würde die Reserven nochmals erhöhen. Der Rohstoff Uran wird deshalb auf sehr lange Sicht in ausreichenden Mengen vorhanden sein.

Uran als Kernbrennstoff



Bis das im Bergbau gewonnene Uranoxid als Kernbrennstoff in einem Reaktor eingesetzt werden kann, braucht es **mehrere Verarbeitungsschritte**. Vor der Anreicherung wird das **Uranerz zu Pulver gemahlen** und durchläuft anschliessend einen **mehrstufigen chemischen Prozess**. Dabei entsteht das Urankonzentrat U_3O_8 , auch „**Yellow Cake**“ genannt.

Uran in Form von „Yellow Cake“

Bild: kernenergie.ch

Kernbrennstoff Uran

Informationstext



4/5

Der **wichtigste Schritt** ist die **Anreicherung** des Anteils an Uran-235 **auf 4–5 %**. Dies ist der heute übliche Anreicherungsgrad für den Einsatz in Leichtwasserreaktoren, wie sie in der Schweiz in Betrieb sind. Am Ende des Produktionsprozesses stehen **feuerfeste keramikartige Brennstoffpellets aus Urandioxid (UO_2)**, die in Brennstäbe abgefüllt werden. In einem Brennelement, wie es im Reaktor zum Einsatz kommt, sind bis zu 250 solcher Brennstäbe zusammengefasst.



Hohe Energiedichte: Drei bis vier solcher Brennstoffpellets genügen, um einen Vier-Personen-Haushalt für ein Jahr mit Strom zu versorgen. (Bild: KKG)

Wiederaufbereitung

Nach einem **vier- bis fünfjährigen Einsatz im Reaktor** ist der nukleare Brennstoff erschöpft: Der Anteil spaltbarer Atome ist zu klein geworden. Dieser abgebrannte Brennstoff kann rezykliert, also wiederaufbereitet werden, da **nur rund drei Prozent** davon tatsächlich **Abfall** sind. Die restlichen 97 Prozent sind Uran und Plutonium, die nach einer vorgängigen Anreicherung mit spaltbaren Atomen erneut in Reaktoren eingesetzt werden können. **Seit 2006** ist in der Schweiz aber ein **zehnjähriges Moratorium** für die Wiederaufbereitung in Kraft: Während dieser Zeit dürfen abgebrannte Brennstäbe nicht wiederaufbereitet werden. Sie werden deshalb in einem endlagerfähigen Behälter im **Zentralen Zwischenlager (Zwilag)** in Würenlingen aufbewahrt.

Kernbrennstoff Uran

Lösungsblatt



5/5

Lösungen:

1. Welche Art Uran wird in Schweizer Reaktoren eingesetzt?

- Natururan
- Urandioxid (UO_2)
- Yellow Cake (U_3O_8)

2. In welchem Land gibt es grosse Uranvorkommen?

- Australien
- Dänemark
- Kasachstan
- Costa Rica
- Südafrika

3. Wieso wird Uran als Kernbrennstoff verwendet?

- aufgrund der hohen Energiedichte
- weil es sich einfach spalten lässt
- weil es so billig ist

4. Wie lange bleibt ein einzelnes Brennelement für gewöhnlich im Reaktor, bis der Kernbrennstoff erschöpft ist?

- einige Wochen
- vier bis fünf Jahre
- 25 Jahre

Radioaktive Abfälle

Lehrerinformation



1/7

Arbeitsauftrag	Die SuS lesen den Infotext und lösen anschliessend das Kreuzworträtsel.
Ziel	Die SuS erfahren, was radioaktive Abfälle sind und wie sie entsorgt werden. Sie verstehen die Begriffe geologisches Tiefenlager sowie Zwischenlager und können sie unterscheiden.
Material	Arbeitsblatt Infotext Lösungsblatt
Sozialform	Einzelarbeit
Zeit	20'

Zusätzliche
Informationen:

- Besichtigung des Zwischenlagers in Würenlingen, Informationen dazu unter www.zwilag.ch
- Umfangreiche Informationen rund um das Thema „Entsorgung“ auf der Website der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra): www.nagra.ch
- Videokanal Nagra: www.youtube.com/user/NagraFilme/videos
- Informationen zur Finanzierung der Entsorgung: www.entsorgungsfonds.ch und www.swissnuclear.ch/de/stilllegung-und-entsorgung-von-Kernkraftwerken-und-radioaktiven-Abfaellen.html
- Presstexte zum Tiefenlagerverfahren:
NZZ: <https://www.nzz.ch/schweiz/atomabfaelle-bundesrat-will-drei-standorte-fuer-tiefenlager-untersuchen-lassen-ld.1331629>
Tages Anzeiger: <https://www.tagesanzeiger.ch/schweiz/standard/Die-Krux-mit-den-360-000-Tonnen-Atommuell/story/14108360>
Benutzen Sie die Zeitungsbeispiele für eine Diskussion in der Klasse.

Radioaktive Abfälle

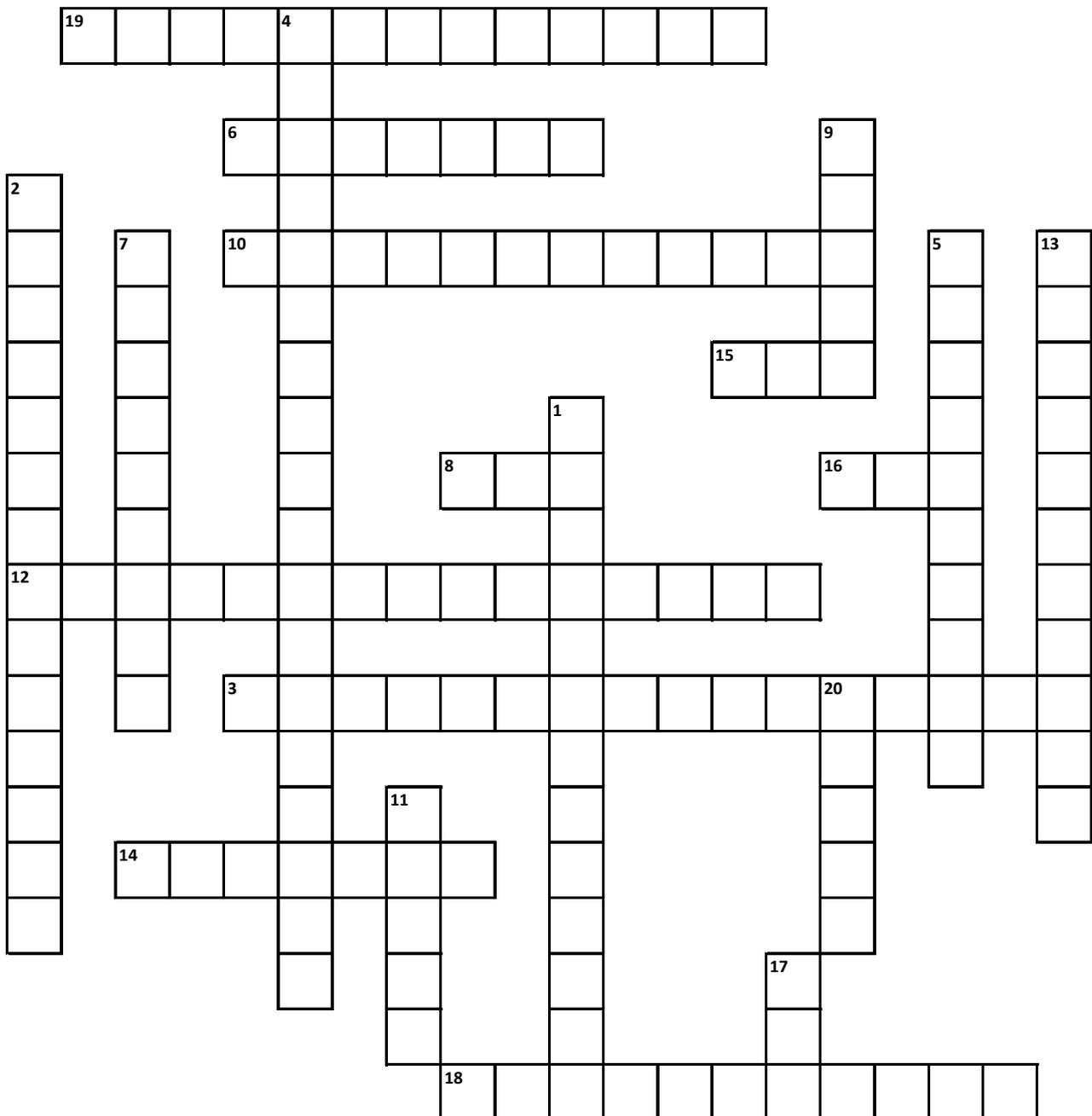
Arbeitsblatt



2/7

Aufgabe:

Lies den nachfolgenden Infotext und löse anschließend das Kreuzworträtsel. Die Fragen dazu findest du auf einem separaten Blatt.



Ö, Ä und Ü werden OE, AE und UE geschrieben.

Radioaktive Abfälle

Informationstext



4/7

Entsorgung radioaktiver Abfälle

Die radioaktiven Abfälle in der Schweiz stammen nicht nur aus Kernkraftwerken, sondern auch aus Medizin, Industrie und Forschung. Die Abfälle müssen so lange sicher gelagert werden, bis sie keine schädliche Strahlung mehr abgeben. Eine entsprechende Lösung zu finden, ist die Aufgabe der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle, kurz **Nagra**. Die Lagerung erfolgt derzeit in **Zwischenlagern**, bis **geologische Tiefenlager** in der Schweiz im Betrieb sind.

Ein Zwischenlager befindet sich an der Erdoberfläche und benötigt andauernde Überwachung. Geologische Tiefenlager hingegen werden rund 600 Meter tief im Erdboden und so gebaut sein, dass sie nach einer gewissen Beobachtungszeit fest verschlossen werden können und keine Kontrolle mehr benötigen. Der Abfall ist dort auch bei schweren Erdbeben sicher gelagert. Auswirkungen auf der Erdoberfläche sind ausgeschlossen. Die Lagerzeit ist von der Halbwertszeit eines Abfallstoffes abhängig. In der Schweiz sind zwei geologische Tiefenlager geplant: eines für **schwach und mittel aktive Abfallstoffe (SMA)**, die nach rund 30'000 Jahren eine strahlungsbedingte Giftigkeit (Radiotoxizität) erreichen, die vergleichbar mit jener von Granitgestein ist. In einem zweiten Lager sollen **hoch aktive und langlebige mittel aktive Abfallstoffe (HAA/LMA)** untergebracht werden. Das sind jene Abfälle, die rund 200'000 Jahre benötigen, bis ihre Radiotoxizität auf das natürliche Niveau des ursprünglich abgebauten Urans abgesunken ist. Gemäss Kernenergiegesetz musste für beide Tiefenlager nachgewiesen werden, dass sie technisch machbar sind, ein geeigneter Standort innerhalb der Schweiz vorhanden und ein sicherer Betrieb möglich ist. Diese **Entsorgungsnachweise** wurden durch die Nagra **erbracht** und 1988 (für SMA) sowie 2006 (für HAA/LMA) vom Bundesrat und seiner Fachbehörde anerkannt. Auch die internationale Fachwelt ist sich einig, dass die geologische Tiefenlagerung die einzige Entsorgungsmethode für radioaktive Abfälle ist, die auch den Anforderungen an die Langzeitsicherheit entspricht.



Tief unter der Erde und seit Jahrmillionen unverändert: Im Opalinuston, einer trockenen, selbst abdichtenden Gesteinsschicht, sollen die Tiefenlager gebaut werden. Von der Stabilität des Gesteins zeugt der urzeitliche und perfekt erhaltene Ammonit, der bei Probebohrungen entdeckt wurde.

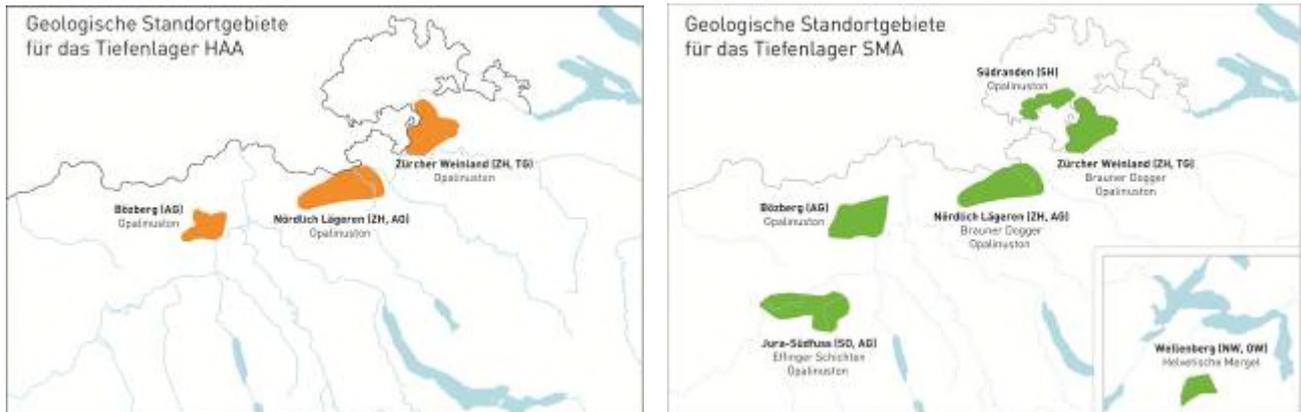
Radioaktive Abfälle

Informationstext



5/7

Das **Auswahlverfahren**, um definitive Standorte für geologische Tiefenlager festzulegen, ist derzeit im Gange. Der „**Sachplan geologische Tiefenlager**“ ist ein mehrstufiges Verfahren, in dem die betroffenen Kantone und Gemeinden mitarbeiten. Laut Behörden ist das Ziel, 2050 ein Lager für SMA und 2060 eines für HAA/LMA in Betrieb zu nehmen.



Die vorgesehenen Standortgebiete für das Lager HAA (links) sowie das Lager SMA (rechts). Die Gebiete wurden von der Nagra in aufwändigen Untersuchungen ermittelt und sind durch das eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) und den Bundesrat genehmigt worden.

Das zentrale Zwischenlager Zwiilag

Bis zur Fertigstellung der geologischen Tiefenlager werden noch mehrere Jahrzehnte vergehen. Solange lagern radioaktive Abfälle in den Zwischenlagern der Kernkraftwerke sowie vor allem im Zwiilag, dem 2001 eröffneten **zentralen Zwischenlager in Würenlingen (AG)**. Unabhängig davon, ob geologische Tiefenlager in Betrieb sind oder nicht, müssen **hoch aktive Abfälle während ca. 40 Jahren** in einem Zwischenlager an der Erdoberfläche verbleiben. Denn für den definitiven Einschluss im Tiefenlager müssen sie zuerst ausreichend **abkühlen**. Es besteht also keine Eile mit dem Bau des geologischen Tiefenlagers.

Im Zwiilag werden die hoch radioaktiven Abfälle in speziellen Stahlbehältern gelagert. Die stoss- und feuerfesten Behälter sind so konstruiert, dass sie allen erdenklichen Belastungen und Einflüssen wie Brand, Erdbeben oder Flugzeugabsturz widerstehen und in jedem Fall dicht bleiben.

Auch eine Weltneuheit ist im Zwiilag im Einsatz: Der „**Plasmaofen**“ verbrennt schwach und mittel aktive Abfallstoffe. Darauf werden sie, verglast und anschliessend in mit Beton ausgegossenen Fässern, eingeschlossen. Der Plasmaofen kann die Radioaktivität der Abfälle nicht reduzieren, jedoch ihr **Volumen**. **Dadurch wird** die notwendige Grösse des geplanten Endlagers **reduziert**.

Radioaktive Abfälle

Informationstext



6/7



Lagerhalle für hoch aktive Abfälle



Lagerhalle für mittel aktive Abfälle



Umladestation Schiene – Strasse



Zwilag Schwerlastfahrzeug

Wer bezahlt die Entsorgung der Abfallstoffe?

Die Erzeuger von radioaktiven Abfällen in der Schweiz sind gemäss dem **Verursacherprinzip** verpflichtet, diese auf eigene Kosten sicher zu entsorgen. So schreibt es das Kernenergiegesetz vor. Im **Produktionspreis** für Strom aus Kernenergie **sind die Kosten** für den Bau des Tiefenlagers, die Entsorgung der radioaktiven Abfälle sowie für die spätere Stilllegung und den Abbruch der Anlagen bereits **inbegriffen**. Atomstrom kostet durchschnittlich fünf Rappen pro Kilowattstunde. Rund einen Rappen davon legen die Kernkraftwerksbetreiber für Stilllegung und Entsorgung auf die Seite. Die auf diese Weise angesammelten Mittel werden in **zwei zweckgebundenen Fonds** verwaltet, die der Bund kontrolliert. So ist sichergestellt, dass der Sparplan der KKW stets auf Kurs ist, zurzeit die nötigen Mittel bereitstehen und auch in Zukunft keine unerwarteten Kosten auf die Schweizer zukommen werden.

Kernenergie im Vergleich

Lehrerinformation



1/9

Arbeitsauftrag	Die SuS vergleichen und bestimmen verschiedene Kraftwerkstypen anhand von Bildern. Aufgrund ihrer bis zu diesem Zeitpunkt erworbenen Kenntnisse beurteilen sie die verschiedenen Typen nach bestimmten Gesichtspunkten (Stromverfügbarkeit, Klimafreundlichkeit, Standortmöglichkeiten und Problempotenzial).
Ziel	Die SuS schaffen sich einen Überblick über das Spektrum an verschiedenen Kraftwerken bzw. Stromproduktionsmöglichkeiten. Sie lernen, die Vor- und Nachteile verschiedener Kraftwerke gegeneinander abzuwägen und auf der Basis von Argumenten zu einer Reihenfolge bezüglich verschiedener Kriterien zu gelangen.
Material	Auftragsblätter Infotext Lösungsblätter
Sozialform	Die SuS arbeiten in 3er- bis 5er-Gruppen.
Zeit	60 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Die SuS werden in Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe bekommt den Auftrag, sich über einen bestimmten Typ von Kraftwerk zu informieren und ihn anschliessend im Plenum mit all seinen Vorzügen anzupreisen.
- Beschreibungen der einzelnen Stromerzeugungsarten inklusive ihrer Stärken und Schwächen sowie Kosten und Potenziale in der Schweiz findet man unter www.strom.ch/de/energie/energiefakten/produktion-und-strommix.html
- Anschauliche Grafiken sowie Beschreibungen einzelner Stromerzeugungsarten findet man unter www.strom-online.ch/stromerzeugung.html

Kernenergie im Vergleich

Arbeitsblatt



2/9

Aufgabe:

Lest den Infotext und versucht, die angegebenen Kraftwerksbezeichnungen (Abkürzung verwenden) den nachfolgenden Bildern zuzuordnen. Achtung: Ein bestimmter Begriff kann auf mehr als ein Bild zutreffen.

Kraftwerkbezeichnungen

Wasserkraftwerk mit Staudamm → WA

Windkraftwerk → WI

Gezeitenkraftwerk → GE

Kernkraftwerk → KE

thermisches Kraftwerk → TH

Solkraftwerk → SO

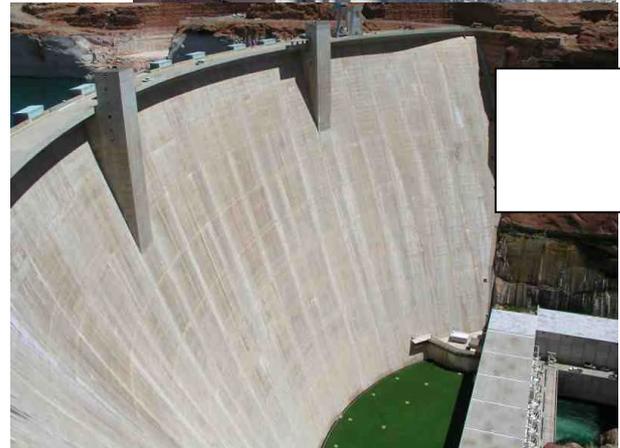
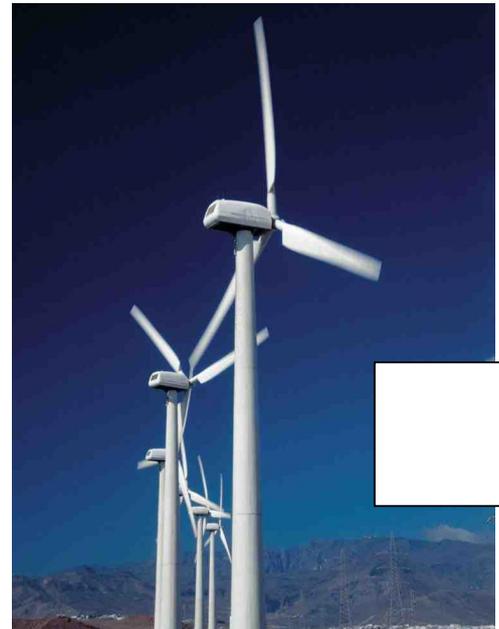
Flusskraftwerk → FL

geothermisches Kraftwerk → GT

Wasserkraftwerk mit Staudamm → WA

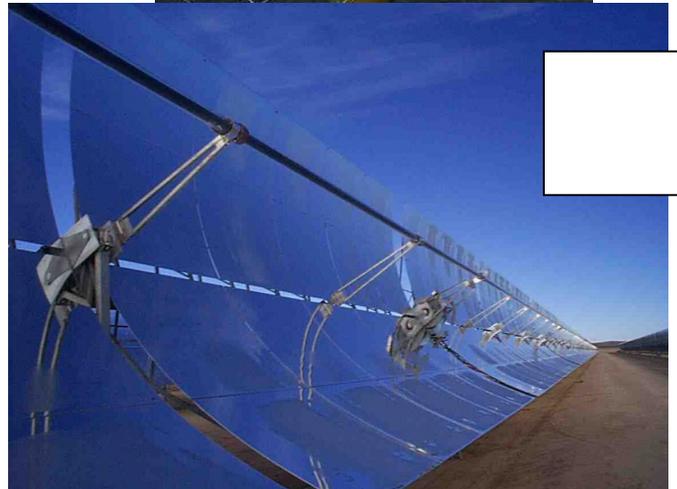
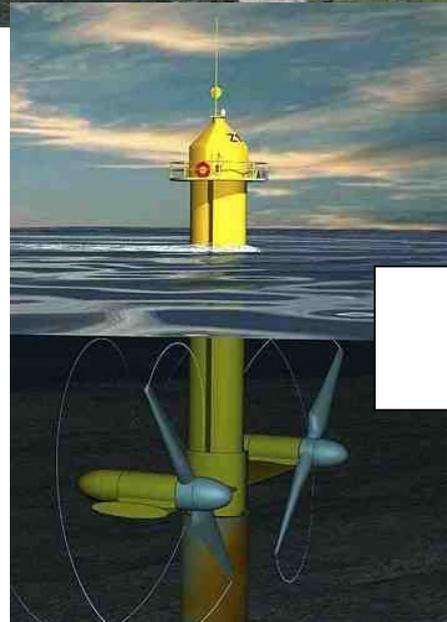
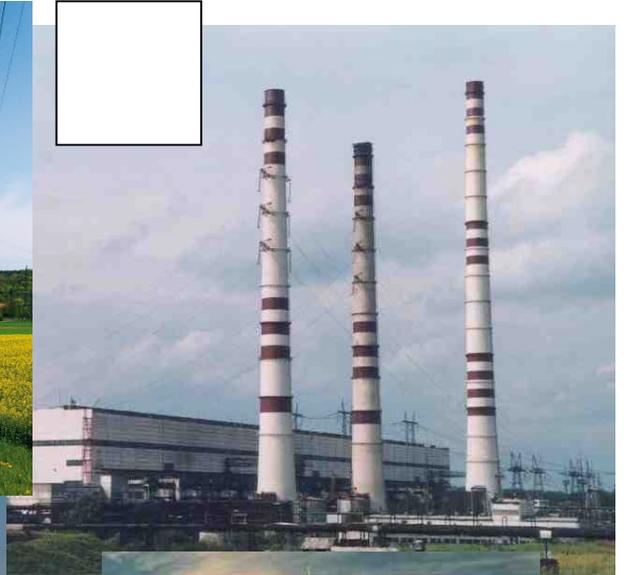
Windkraftwerk → WI

Gezeitenkraftwerk → GE



Kernenergie im Vergleich

Arbeitsblatt



Kernenergie im Vergleich

Arbeitsblatt



4/9

In der ersten Phase des Auftrags diskutiert ihr in der Gruppe die Reihenfolge der verschiedenen Kraftwerkstypen im Hinblick auf folgende vier Kriterien:
a) hohe Verfügbarkeit von Strom; b) Klimafreundlichkeit; c) Unabhängigkeit von der Umgebung und d) Problempotenzial.

Aufgabe:

Wichtig bei diesem Auftrag ist, dass die Reihenfolgen aufgrund von Argumenten bestimmt werden. Ihr fangt beispielsweise mit den oberen und unteren Feldern an und spart euch die Felder in der Mitte bis zum Schluss. Jedes Mitglied der Gruppe muss sich melden und begründen, wenn es bei einer vorgeschlagenen Reihenfolge noch Bedenken hat. Erst wenn alle in der Gruppe mit einer Reihenfolge einverstanden sind, ist der Auftrag erledigt. Zwei oder mehr Kraftwerke können den gleichen Platz einnehmen.

In der zweiten Phase des Auftrags werden im Plenum die Gruppenresultate verglichen und Abweichungen begründet.

hohe Verfügbarkeit
von Strom



1	
2	
3	
4	
5	
6	

Klimafreundlichkeit



1	
2	
3	
4	
5	
6	

Unabhängigkeit von
der Umgebung



1	
2	
3	
4	
5	
6	

Problempotenzial



1	
2	
3	
4	
5	
6	

Kernenergie im Vergleich

Informationstext



5/9

Vor- und Nachteile von verschiedenen Kraftwerkstypen

Jedes Kraftwerk hat seine Vorzüge. Es gibt jedoch kein Kraftwerk, das alle wünschbaren Anforderungen erfüllt. Eine ideale Art von Stromproduktion müsste folgende Kriterien erfüllen:

- Möglichkeit der kontinuierlichen, planbaren und ausreichenden Stromproduktion
- möglichst tiefe und stabile Stromproduktionskosten
- eine grosse Klimafreundlichkeit (kein Fördern des Treibhauseffekts); das geht in der Regel einher mit geringen Abgaben von Luftschadstoffen (Schwefeldioxid, Stickstoffe, Russpartikel)
- Ausbaumöglichkeit innerhalb der Landesgrenzen; das bedeutet auch eine möglichst kleine Einschränkung durch Umweltbedingungen bei der Standortwahl
- ein möglichst geringes Gefahrenpotenzial für die Bevölkerung und geringe Eingriffe in die Natur
- möglichst wenige Abfälle und kontrollierte Entsorgung
- weitgehende Unabhängigkeit vom Ausland (Import von Rohstoffen)

Ein paar Details zu verschiedenen Kraftwerkstypen

Unter einem thermischen Kraftwerk bezeichnen wir hier alle Kraftwerke, die mithilfe von fossilen Brennstoffen (Kohle, Öl, Erdgas) Wasserdampf für den Antrieb der Turbinen herstellen. Das Kernkraftwerk – obwohl auch ein thermisches Kraftwerk – betrachten wir separat, weil sein Brennstoff ein anderer ist.

Ein geothermisches Kraftwerk gehört aufgrund seiner Funktionsweise eigentlich zu den thermischen Kraftwerken. Da die Wärme ohne irgendeine Art von Brennstoff beschafft werden kann, stellt aber auch diese Art von Kraftwerk etwas Eigenständiges dar. Die Wärme wird in Form von Dampf entweder tief in der Erde oder an verschiedenen oberflächennahen Orten gefasst und zum Turbinen-/Generatorgebäude geleitet. Der Wärmetransport kann durch Einpressen von Wasser von der Oberfläche ins Erdinnere ausgelöst oder verstärkt werden.

Ein Gezeitenkraftwerk nutzt die Meeresströmungen, die sich aus dem Wechsel von Ebbe und Flut ergeben.

Ein Flusskraftwerk kann im Gegensatz zu einem Wasserkraftwerk mit Staudamm kein Wasser speichern. Die oberhalb des Kraftwerks ankommenden Wassermengen werden ohne Verzögerung durch die Turbinen geleitet und fliessen unterhalb des Kraftwerks weiter.

Kernenergie im Vergleich

Lösungsblatt



6/9

Lösungen:

Wasserkraftwerk mit Staudamm	→ WA	Flusskraftwerk	→ FL
Windkraftwerk	→ WI	geothermisches Kraftwerk	→ GT
Gezeitenkraftwerk	→ GE	Wasserkraftwerk mit Staudamm	→ WA
Kernkraftwerk	→ KE	Windkraftwerk	→ WI
thermisches Kraftwerk	→ TH	Gezeitenkraftwerk	→ GE
Solkraftwerk	→ SO		

FL

Kein GE: unterschiedliche Wasserniveaus am oberen Bildrand erkennbar. Stauwehr ist asymmetrisch gebaut (nur eine Fließrichtung des Wassers).

Kein WA: Staudamm zu niedrig, Fluss fließt unterhalb des Wehrs in der vollen Breite weiter.



WI

eindeutig

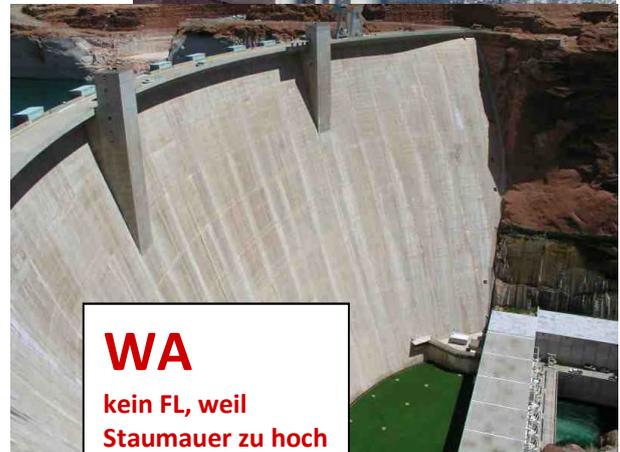


GT

Es kommt nur GT oder TH infrage, da für die anderen entweder das offene Wasser oder typische Anlagen fehlen (KE: Reaktor, Kühlturm; SO: Solarzellen oder Spiegel).

Für TH fehlen grosse Kaminanlagen (Abgase).

GT: Die Wärme wird an verschiedenen Orten gefasst.



WA

kein FL, weil Staumauer zu hoch

Kernenergie im Vergleich

Lösungsblatt



7/9



KE

KE: Kombination von Reaktorgebäude (halbrund) und Kühlturm

TH

Es kommt nur GT oder TH infrage, da für die anderen entweder das offene Wasser oder typische Anlagen fehlen (KE: Reaktor, Kühlturm; SO: Solarzellen oder Spiegel). Die grossen Kaminanlagen weisen auf TH hin.



TH



GE

GE, weil weit und breit kein Land und kein Wehr/Staumauer in Sicht



GT



SO

eindeutig

Kernenergie im Vergleich

Lösungsblatt



Lösungen: Keine absoluten Lösungen!

möglichst hohe Verfügbarkeit von Strom	
1	GT: konstante Erdwärme, keine Schwankungen
2	TH und KE: Stromproduktion nur abhängig von der Brennstoffversorgung
3	
4	FL: relativ konstante Wasserdurchflussmenge, Schwankungen abhängig von Jahreszeit
5	WA: starke Schwankungen der Verfügbarkeit in Abhängigkeit von der Jahreszeit
6	GE: konstante Stromproduktion pro Woche, Monat etc., starke Tagesschwankungen
7	SO und WI: Stromproduktion abhängig von den Wetterverhältnissen und der Jahreszeit
8	

Klimafreundlichkeit	
1	WA, WI, GE, KE, SO, FL: Praktisch kein Ausstoss von Kohlendioxid, das den Treibhauseffekt anheizt.
2	
3	
4	
5	
6	
7	GT: falls es mit einer Gasheizung kombiniert wird, um die Wärme stärker zu nutzen
8	TH: Produktion von Unmengen von Kohlendioxid, auch viele andere Luftschadstoffe

Kernenergie im Vergleich

Lösungsblatt



9/9

Unabhängigkeit von der Umgebung	
1	KE und TH: Mit Kühltürmen wird nur ein schwach fließendes Gewässer benötigt.
2	
3	SO: überall, wo es ausreichend Sonne hat: besser im Süden, schlechter in nördlichen Ländern
4	WI: überall, wo es Wind hat, d.h. v.a. auf Bergen; nicht zu nahe an Häusern, weil die Rotoren Lärm machen
5	FL: setzt einen Fluss voraus, der gestaut werden kann
6	WA: nur in den Bergen mit zur Überflutung geeigneten Hochtälern möglich
7	GE: nur an Küsten mit starken Gezeiten und Buchten möglich
8	GT: setzt hohen Wärmefluss aus dem Erdinnern voraus (dünne Erdkruste)

Problem-Potenzial (PP) möglichst klein	
1	SO, GE: kein nennenswertes PP, ausser umweltbelastende Fertigung von Solarpanels (China)
2	
3	WI: beschränktes Problem-Potenzial durch Umsturzgefahr bei Orkan und Konflikt mit Vogelschutz
4	GT: Auslösung von kleineren Erdbeben beim Einpressen von Wasser (Basel 2006, St. Gallen 2013)
5	FL: beschränktes PP: Möglichkeit einer Flutwelle durch Beschädigung bei Erdbeben, Konflikt mit Gewässerschutz und Fischerei
6	WA: erhebliches PP: Möglichkeit einer gigantischen Flutwelle bei Erdbeben, Konflikt mit Landschaftsschutz (Grimsel)
7	KE: grosses PP: Endlagerung betrifft weitere Generationen. Austritt von radioaktivem Material trotz sehr hoher Sicherheit nicht 100 % ausschliessbar.
8	TH: grosses PP: massiver Beitrag zu globalem Klimawandel durch Kohlendioxid-Ausstoss und teils grosse Gesundheitsschäden durch Luftverschmutzung

Kernenergie in der Schweiz

Lehrerinformation



1/5

Arbeitsauftrag	Die SuS führen eine Meinungsumfrage durch. Sie beachten dabei die Anweisungen auf dem Auftragsblatt. Nach der Umfrage tragen sie die Resultate zusammen und erstellen verschiedene Diagramme. Sie diskutieren anschliessend im Plenum ihre Erfahrungen bei der Umfrage.
Ziel	Die SuS setzen sich intensiv mit aktuellen energiepolitischen Fragen auseinander. Sie führen eine Meinungsumfrage durch und stellen die Resultate anschliessend grafisch dar.
Material	Infotext Auftragsblätter
Sozialform	Meinungsumfrage und grafische Darstellung in 2er-Gruppen. Austausch der Erfahrungen während der Umfrage im Plenum
Zeit	20 Minuten (Vorbereitung der Umfrage), 30 Minuten (Darstellung der Resultate in Diagrammform)

Zusätzliche
Informationen:

- In engagierten und kommunikationsgeübten Klassen ist unter umsichtiger Leitung der Lehrkraft eine „Podiumsdiskussion“ zum Thema „Die Energie-Zukunft der Schweiz“ möglich. Die SuS suchen zuerst in Gruppen nach guten Argumenten für ein bestimmtes Zukunftsszenario (mit/ohne Kernenergie, mit/ohne Beschränkung des Stromkonsums etc.) und führen anschliessend im Plenum eine geleitete Diskussion. Ein Teil der Klasse kann als Jury bestimmen, welche Gruppe die beste Überzeugungsarbeit geleistet hat.
- Mögliche Szenarien der Stromzukunft:
www.strom.ch/de/energie/wege-in-die-stromzukunft.html

Kernenergie in der Schweiz

Arbeitsblatt



2/5

Aufgabe:

Führt eine Meinungsumfrage durch. Besprecht mit eurer Lehrperson, welche Personengruppe ihr befragen wollt. Beachtet vor Start der Umfrage die aufgeführten Informationen zur Vorbereitung.

Vorbereitung der Umfrage

Bevor ihr mit den Fragen startet, muss eine Person freundlich angefragt werden, ob sie bereit sei, sich an einer Umfrage zum Thema „Kernenergie in der Schweiz“ zu beteiligen. Es muss ihr auch gesagt werden, dass ihre Angaben ohne Namensnennung innerhalb der Klasse weiterverarbeitet werden.

Nach Abschluss der Umfrage bildet ihr von allen Umfragelisten die Summen der jeweiligen Antworten (Summe der Ja-Antworten in der Frage 1, Summe der Nein-Antworten in der Frage 1, Summe der Antwort a) in Frage 2 etc.)

Von den Ja-Nein-Fragen bildet ihr jeweils ein Säulendiagramm.

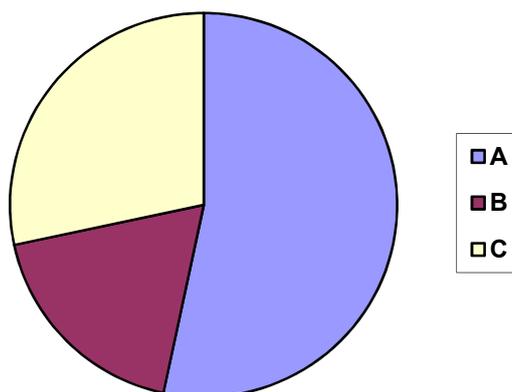
Von den Fragen mit mehr als zwei Antwortmöglichkeiten berechnet ihr „Kuchendiagramme“.

Beispiel: Die drei Antwortmöglichkeiten einer Frage wurden in folgender Anzahl genannt: a) 32-mal, b) 11-mal und c) 17-mal. Die Summe der drei Varianten ist 60.

Der Anteil von a) im Kuchendiagramm beträgt $32/60$ von 360 Grad, das sind 192 Grad.

Der Anteil von b) im Kuchendiagramm beträgt $11/60$ von 360 Grad, das sind 66 Grad.

Der Anteil von c) im Kuchendiagramm beträgt $17/60$ von 360 Grad, das sind 102 Grad.



Kernenergie in der Schweiz

Arbeitsblatt



3/5

Meinungsumfrage zum Thema „Kernenergie in der Schweiz“

1. **Wie hoch schätzen Sie den Anteil an Strom aus Kernkraftwerken im Vergleich mit der gesamten Stromproduktion in der Schweiz?**
 a) kleiner als 10 %; b) etwa 20 %; c) 30-40 %; d) höher als 50 %; e) unklar
 Bitte nach der Frage die Person informieren, dass es sich um 30-40 % handelt.
2. **Wie wird sich der Strombedarf in der Schweiz Ihrer Meinung nach in den nächsten zwei Jahrzehnten entwickeln?**
 a) eher abnehmend; b) keine wesentliche Änderung; c) eher zunehmend; d) unklar
3. **Sind Sie der Meinung, dass die fünf Kernkraftwerke der Schweiz, die innerhalb der nächsten Jahrzehnte stillgelegt werden, durch neue Kernkraftwerke ersetzt werden sollten?**
 a) Ja; b) Nein; c) unklar
4. **Nur für Personen, die Frage 3 mit b) oder c) beantwortet haben: Denken Sie, dass die Schweiz in der Lage ist, stillgelegte Kernkraftwerke mit erneuerbaren Energieformen zu ersetzen (Wasserkraft, Windkraft, Geothermie, Solar, Biogas, Holzpellets)?**
 a) Ja; b) Nein; c) zum Teil d) unklar
5. **Welches der angegebenen Probleme ist für Sie das grösste?**
 a) die Endlagerung radioaktiver Abfälle; b) der Klimawandel c) zu wenig und zu teurer Strom
 d) unklar
6. **Soll die Schweiz ihren Strom selber erzeugen oder ihn vom Ausland kaufen?**
 a) selber machen; b) gemischt c) einkaufen d) unklar

Frage	Anzahl									
1	a		b		c		d		e	
2	a		b		c		d			
3	a		b		c					
4	a		b		c		d			
5	a		b		c		d			
6	a		b		c		d			

Kernenergie in der Schweiz

Informationstext



4/5

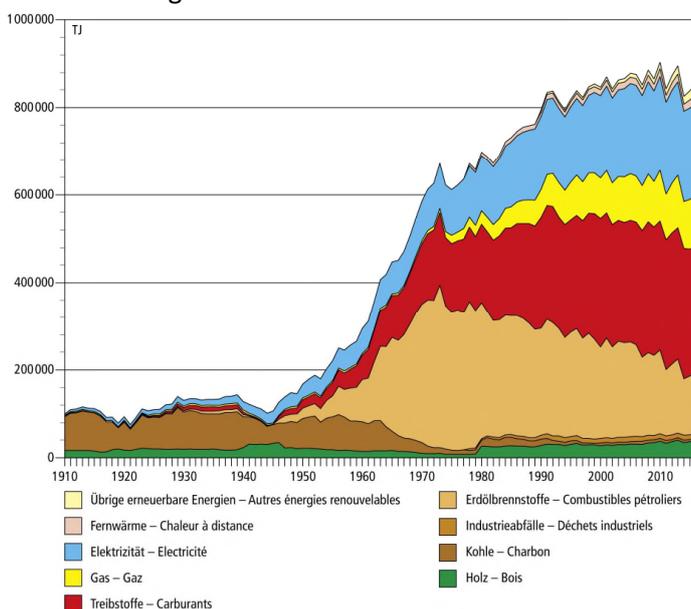
Diskussionsgrundlagen

Kein Mensch kann die Verfügbarkeit und den Bedarf an Energie in unserer Gesellschaft auf längere Zeit voraussagen. Trotzdem hat das Schweizer Volk 2017 in der Energie-Politik mit der Annahme des neuen Energiegesetzes klare Weichen gestellt. Sie werden über Jahrzehnte hinaus Konsequenzen haben, denn die bestehenden KKW dürfen am Ende ihrer wirtschaftlichen Betriebszeit von 50 bis 60 Jahren nicht mehr durch neue KKW ersetzt werden. Folgende Hauptfragen stellen sich deshalb zur aktuellen Schweizer Energiepolitik: Wie realistisch sind die Strombedarfsszenarien des Bundes, die von einem langfristig sinkenden Strombedarf aufgrund von Effizienz- und Sparmassnahmen ausgehen?

- Könnten die Kernkraftwerke der Schweiz am Ende ihrer Laufzeit durch erneuerbaren Schweizer Strom ersetzt werden? Oder werden dazu auch neue Schweizer Gaskraftwerke nötig sein?**
- Kann der Ausstieg aus der Kernenergie geschehen, ohne die zuverlässige Stromversorgung und die Klimaschutzziele der Schweiz zu gefährden?**
- Was kostet der Ausstieg aus der Kernenergie und alle damit verbundenen nötigen Investitionen kosten? Was bedeutet das für den Strompreis, die Stromkonsumenten und die Wirtschaft?**
- Kann die Schweiz das Sachplanverfahren zur Standortsuche für das geologische Tiefenlager erfolgreich zu Ende führen? Können die bereits entstandenen und die mit Sicherheit in kleinerem oder grösserem Ausmass noch anfallenden radioaktiven Abfälle aus Kernenergie, Medizin, Industrie und Forschung endgültig gelagert werden?**

Um zu einer vertretbaren Meinung gelangen zu können, sollte jeder ein paar Eckdaten zur Energiesituation in der Schweiz kennen.

- In den letzten 50 Jahren hat sich der Energiebedarf in der Schweiz etwa vervierfacht. Im Jahr 2013 ist er selbst trotz schlechter Wirtschaftslage um 0,7 % gestiegen, in den letzten Jahren jedoch tendenziell leicht gesunken.



Grafik: Bundesamt für Energie

Kernenergie in der Schweiz

Informationstext



5/5

2. Kernkraftwerke erzeugen rund 30 – 40 Prozent der Schweizer Stromproduktion. Erneuerbare Technologien tragen trotz starker Förderung durch den Bund bislang nicht mehr als 5.1% (2016) bei.
3. Die Produktionskapazität von Schweizer Flusskraftwerken kann nicht mehr wesentlich gesteigert werden.
4. Neue grosse Wasserkraftwerke mit Staudamm erfordern die Überflutung von weiteren Alpentälern. Naturschützer wehren sich dagegen.
5. Thermisch-fossiler Strom aus Erdgas, Erdöl oder Kohle findet in der Schweiz wenig Akzeptanz, da er Klima und Umwelt belastet. Der Bau solcher Kraftwerke im Inland wäre kaum möglich und der Import von fossilem Strom ist keine echte Lösung.
6. Über drei Viertel der Schweizer lehnen höhere Stromimporte als heute ab, weil sie die Abhängigkeit der Schweiz vom Ausland vergrössern und die Herkunft und Qualität des Stroms zumeist nicht kontrollierbar ist. Das zeigt eine repräsentative Studie vom Herbst 2015.
7. In der Schweiz spielt Strom aus Windkraftanlagen eine unbedeutende Rolle. Das wird aufgrund unserer Wetterverhältnisse auch so bleiben. Windenergie kann in nennenswertem Ausmass nur im Ausland (D, F) gekauft werden. Die Frage, wie viel sauberen Strom unsere Nachbarstaaten verkaufen können und wollen, bleibt offen, da sie sich wie viele andere Staaten zum Klimaschutz und zur Reduktion ihrer CO₂-Abgaben verpflichtet haben.
8. Die Hoffnung auf einen schnellen Ausbau der Stromproduktion mithilfe von Erdwärme (Geothermie) ist in der Schweiz bislang im wahrsten Sinne des Wortes erschüttert worden. Versuche in Basel (2006), Zürich (2010) und St. Gallen (2013) verliefen auch ohne Erfolg.
9. Die Entsorgung von radioaktiven Stoffen im Ausland ist von Gesetzes wegen nicht erlaubt. In der Schweiz lagern jedoch seit mehr als 30 Jahren radioaktive Abfälle aus den Kernkraftwerken, aber auch aus Medizin, Industrie und Forschung in Sicherheitsbehältern in Gebäuden an der Erdoberfläche (Zwilag, KKW und Paul Scherrer Institut). Dieses Material soll laut Kernenergiegesetz in geologischen Tiefenlagern eine definitive Lagerstätte finden. Den sichersten Standort ermitteln der Bund und die Nagra gemeinsam mit den Standortregionen über das sogenannte Sachplanverfahren.

Berufe im Kernkraftwerk

Lehrerinformation



1/4

Arbeitsauftrag	Die SuS ordnen Bilder von Berufstätigen verschiedenen Lückentexten zu und ergänzen die Lücken mit den zutreffenden Begriffen. Sie bestimmen selbst, ob das Füllen der Lücken gleichzeitig, vorgängig oder im Nachhinein zur Bildzuordnung erfolgen soll.
Ziel	Die SuS kennen die Vielseitigkeit des „Arbeitsplatzes Kernkraftwerk“. Anhand exemplarischer Berufsbeispiele machen sie sich mit den verschiedenen Aufgaben rund um den Betrieb eines KKW vertraut. Mithilfe des Internets lösen sie eine spezielle Navigationsaufgabe und korrigieren anschliessend selbstständig die Arbeitsaufträge.
Material	Arbeitsblatt Internetzugang für die Navigations- und Korrekturarbeit Lösungsblatt
Sozialform	2er- oder 3er-Gruppen
Zeit	25 Minuten

Zusätzliche
Informationen:

- Die SuS fassen eines der auf www.kernenergie.ch/de/berufe.html vorgestellten Berufsbilder zusammen und stellen es in einer Kurzpräsentation der Klasse vor.
- Weitere Informationen zu Berufsbildern: www.berufsberatung.ch
- Informationen zu Lehrstellen: www.gateway.one

Berufe im Kernkraftwerk

Arbeitsblatt



2/4

Damit ein Kernkraftwerk professionell betrieben werden kann, braucht es ein Team von hochqualifizierten Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern mit ganz verschiedenen Berufsausbildungen. Stellt in einem ersten Durchgang in Zweier- oder Dreiergruppen Vermutungen über den Tätigkeitsbereich der abgebildeten Personen an. Begründet gegenseitig eure Vermutungen.

Aufgabe:

In einem zweiten Durchgang schneidet ihr nun die Abbildungen aus und ordnet sie den nachfolgenden Lückentexten zu. Ihr bestimmt selbst, ob ihr die Lücken im Text VOR, WÄHREND oder NACH der Bildzuordnung füllen wollt.

Begriffe für die Lücken im nachfolgenden Text:

Zusammensetzung / die Benutzerschulung / Gebäude / die Lüftungsanlage / im Kommandoraum / das Einsatzgebiet



Berufe im Kernkraftwerk

Arbeitsblatt



3/4

Aufgabe:

Zum Abschluss findet Ihr mithilfe des Internets heraus, wie gross der Altersunterschied zwischen der jüngsten und der ältesten abgebildeten Person ist. Ihr korrigiert auch eure Bildzuordnungen und die Lückentexte. Geht dazu auf www.kernenergie.ch/de/berufe.html

Der Reaktoroperateur arbeitet

_____ des Kernkraftwerkes.

Er bedient die Gesamtanlage, überwacht die betrieblichen Vorgänge und Abläufe und nimmt vom Kommandoraum her Einfluss auf den Betrieb.

Das Tätigkeitsspektrum für Informatiker ist breit gefächert und vielfältig. Es umfasst unter anderem die Installation und Wartung von Informatiksystemen, _____ und die Unterstützung der Anwender-/innen bei Fragen zu den Applikationen.

_____ der Strahlenschutzfachkraft ist vielfältig. Es umfasst die Überwachung des Personals und der Arbeiten mit möglicher Strahlenbelastung sowie die Überwachung der Anlage und der Umgebung.

Der Anlagenoperateur betreut u. a. die Aussenanlagen, die Wasseraufbereitungsanlagen und _____. Er kontrolliert auf Rundgängen im Turbinengebäude und in den Nebenanlagen das einwandfreie Funktionieren der Apparaturen.

Haupteinsatzgebiete für Laborantinnen und Laboranten im Kernkraftwerk sind die Radiochemie und die Wasserchemie. Bei beiden Teilgebieten besteht die Aufgabe darin, die Systeme bezüglich Reinheit und _____ zu überwachen.

Der Betriebswächter nimmt die vielfältigen Schutz- und Sicherungsaufgaben auf dem Kraftwerkareal wahr. Er überwacht und kontrolliert Personen, Fahrzeuge und _____. Er alarmiert bei Gefahr und ergreift bei Bedarf gezielte Abwehrmassnahmen.

Berufe im Kernkraftwerk

Lösungsblatt



4/4

Lösungen:

Der Altersunterschied zwischen der ältesten und jüngsten Person beträgt elf Jahre (Jahrgänge 1960 bis 1971).



Der Reaktoroperator arbeitet **im Kommandoraum** des Kernkraftwerkes. Er bedient die Gesamtanlage, überwacht die betrieblichen Vorgänge und Abläufe und nimmt vom Kommandoraum her Einfluss auf den Betrieb.



Das Tätigkeitsspektrum für Informatiker ist breit gefächert und vielfältig. Es umfasst unter anderem die Installation und Wartung von Informatiksystemen, **die Benutzerschulung** und die Unterstützung der Anwender-/innen bei Fragen zu den Applikationen.



Das Einsatzgebiet der Strahlenschutzfachkraft ist vielfältig. Es umfasst die Überwachung des Personals und der Arbeiten mit möglicher Strahlenbelastung sowie die Überwachung der Anlage und der Umgebung.



Der Anlagenoperator betreut u. a. die Aussenanlagen, die Wasseraufbereitungsanlagen und **die Lüftungsanlage**. Er kontrolliert auf Rundgängen im Turbinengebäude und in den Nebenanlagen das einwandfreie Funktionieren der Apparaturen.



Haupteinsatzgebiete für Laborantinnen und Laboranten im Kernkraftwerk sind die Radiochemie und die Wasserchemie. Bei beiden Teilgebieten besteht die Aufgabe darin, die Systeme bezüglich Reinheit und **Zusammensetzung** zu überwachen.



Der Betriebswächter nimmt die vielfältigen Schutz- und Sicherungsaufgaben auf dem Kraftwerkareal wahr. Er überwacht und kontrolliert Personen, Fahrzeuge und **Gebäude**. Er alarmiert bei Gefahr und ergreift bei Bedarf gezielte Abwehrmassnahmen.

Test Kernenergie

Lehrerinformation



1/5

Arbeitsauftrag	Die Schüler/-innen lösen den Kernenergie-test (Multiple Choice). Die Lehrperson korrigiert die Prüfungen und erteilt Noten. Die Anzahl Punkte/Minuspunkte pro richtige/falsche Antwort wird ebenso wie die Notenskala von der Lehrperson festgelegt.
Ziel	Ergebnissicherung/Evaluation
Material	Testblatt Lösungen
Sozialform	Einzelarbeit
Zeit	15 Minuten



Beznau-1 und -2

Test Kernenergie

Arbeitsblatt



2/5

Multiple-Choice-Test

- 1. Wann wurde das erste Kernkraftwerk in der Schweiz in Betrieb genommen?**
 - 1961
 - 1969
 - 1972
- 2. Aus welchen Elementarteilchen besteht ein Atomkern?**
 - aus Elektronen und Protonen
 - aus Protonen und Neutronen
 - aus Neutronen und Elektronen
- 3. Welche Zahl legt die Position eines Elements im Periodensystem fest?**
 - die Massenzahl
 - die Neutronenzahl
 - die Ordnungszahl
- 4. Der Begriff „Heliumstrahler ist gleichbedeutend mit dem Begriff**
 - Alpha-Strahler
 - Beta-Strahler
 - Gamma-Strahler
- 5. Welches Spaltprodukt kann eine Verselbstständigung der Kernspaltung von Uran bewirken?**
 - Neutronen
 - Krypton
 - Barium
- 6. Wievielmals höher ist der Energiegewinn bei der Spaltung eines Uranatoms im Vergleich zur Verbrennung eines Kohlenstoffatoms?**
 - 500'000 Mal
 - 5 Millionen Mal
 - 50 Millionen Mal
- 7. In welchen Teil des Reaktorkreislaufs gelangt der in einem Siedewasserreaktor aufgeheizte Dampf zuerst?**
 - in die Niederdruckturbine
 - in die Hochdruckturbine
 - in den Kondensator

Test Kernenergie

Arbeitsblatt



3/5

8. Welche passive Sicherheitsbarriere ist gasdicht und druckfest und besteht aus 4 cm dickem Stahl?

- die Metallhüllen der Brennstäbe
- die nach aussen abschliessbare Stahlbetonhülle
- der Sicherheitsbehälter (containment)

9. Welches Land gehört zu den wichtigen Uranlieferanten?

- Kasachstan
- Kanada
- Indien

10. Welcher Kraftwerktyp aus dieser Auswahl garantiert die höchstmögliche Verfügbarkeit von Strom?

- ein Gezeitenkraftwerk
- ein geothermisches Kraftwerk
- ein Windkraftwerk

11. Wie hoch ist der von Schweizer Kernkraftwerken produzierte Stromanteil?

- über 50 %
- 30-40 %
- 20 %

12. Wie viele der nachfolgenden Tätigkeiten in einem Kernkraftwerk beinhalten auch einen Überwachungsauftrag? Reaktoroperator, Strahlenschutzfachkraft, Laborant/-in.

- alle drei
- zwei von diesen drei
- nur einer von diesen drei

Test Kernenergie

Lösungsblatt



4/5

Lösungen:

- 1. Wann wurde das erste Kernkraftwerk in der Schweiz in Betrieb genommen?**
 - 1961
 - 1969
 - 1972
- 2. Aus welchen Elementarteilchen besteht ein Atomkern?**
 - aus Elektronen und Protonen
 - aus Protonen und Neutronen
 - aus Neutronen und Elektronen
- 3. Welche Zahl legt die Position eines Elements im Periodensystem fest?**
 - die Massenzahl
 - die Neutronenzahl
 - die Ordnungszahl
- 4. Der Begriff Heliumstrahler ist gleichbedeutend mit dem Begriff**
 - Alpha-Strahler
 - Beta-Strahler
 - Gamma-Strahler
- 5. Welches Spaltprodukt kann eine Verselbstständigung der Kernspaltung von Uran bewirken?**
 - Neutronen
 - Krypton
 - Barium
- 6. Wievielmals höher ist der Energiegewinn bei der Spaltung eines Uranatoms im Vergleich zur Verbrennung eines Kohlenstoffatoms?**
 - 500'000 Mal
 - 5 Millionen Mal
 - 50 Millionen Mal

Test Kernenergie

Lösungsblatt



5/5

7. In welchen Teil des Reaktorkreislaufs gelangt der in einem Siedewasserreaktor aufgeheizte Dampf zuerst?
- in die Niederdruckturbine
 - in die Hochdruckturbine
 - in den Kondensator
8. Welche passive Sicherheitsbarriere ist gasdicht und druckfest und besteht aus 4 cm dickem Stahl?
- die Metallhüllen der Brennstäbe
 - die nach aussen abschliessbare Stahlbetonhülle
 - der Sicherheitsbehälter (containment)
9. Welches Land gehört zu den wichtigen Uranlieferanten?
- Kasachstan
 - Kanada
 - Indien
10. Welcher Kraftwerktyp aus dieser Auswahl garantiert die höchstmögliche Verfügbarkeit von Strom?
- ein Gezeitenkraftwerk
 - ein geothermisches Kraftwerk
 - ein Windkraftwerk
11. Wie hoch ist der von Schweizer Kernkraftwerken produzierte Stromanteil?
- über 50 %
 - 30-40 %
 - 20 %
12. Wie viele der nachfolgenden Tätigkeiten in einem Kernkraftwerk beinhalten auch einen Überwachungsauftrag? Reaktoroperator, Strahlenschutzfachkraft, Laborant/-in.
- alle drei
 - zwei von diesen drei
 - nur einer von diesen drei