



# Lektionsplanung „Kernenergie und Kernkraftwerke“ 2. / 3. Zyklus

1/3

Nr.	Thema	Inhalt	Ziele	Action	Material	Organisation	Zeit
01	Einstieg	Experimente und Powerpoint-Präsentation	Das Interesse für das neue Thema wird geweckt. Gleichzeitig werden erste, elementare Sachverhalte spielerisch eingeführt. Die Powerpoint- oder Folien-Präsentation regt zu Diskussionen an.	Die LP präsentiert der Klasse einen oder mehrere Versuche. Die SuS sollen ihre Vermutungen über die beobachteten Phänomene äussern und gemeinsam rätseln. Oder die LP lässt die SuS von Anfang an selber die Experimente durchführen. Die Präsentation kann als Beginn oder Abschluss dieser Lektion gezeigt werden.	Powerpoint-Präsentation oder Folienpräsentation (für den HP) Versuchsanleitungen mit Erklärungen / Lösungen Beamer, Laptop	Plenum Gruppenarbeit	45'
02	Wofür wir Strom brauchen	Stromverbrauch zu Hause und in den anderen Sektoren (Industrie, Dienstleistung etc.)	Die SuS wissen, dass wir für unser tägliches Leben Strom benötigen. Sie wissen auch, welcher Stromverbraucher wie viel Strom verbraucht und werden mit dem Thema Strom sparen vertraut gemacht.	Als Einstieg ins neue Thema wird die Folie aufgelegt. Die SuS äussern spontan, was ihnen dazu einfällt. Im Plenum wird der erste Text gelesen und besprochen. Danach lösen die SuS zu zweit die folgenden Aufgaben. Im Plenum werden die Ergebnisse der Zweiergruppen diskutiert und korrigiert. Ergänzungen durch die LP sind, je nach Wissensstand der SuS, erforderlich (s. Infotexte LP).	Folie für den Einstieg Infotexte Arbeitsblätter mit Lösung Kurz-Test mit Lösung	Plenum Partnerarbeit	45'
03	Energiequellen und Energieträger	erschöpfliche und erneuerbare Energien	Die SuS kennen verschiedene Energiequellen und können die jeweiligen Vor- und Nachteile benennen.	Die SuS lesen in Einzelarbeit die Infotexte. Die Lehrperson erklärt schwierige Wörter. Danach lösen die SuS die Aufgaben, welche auch als Hausaufgabe gegeben werden können. Zusätzliche Anregung für den Unterricht: In Gruppen Plakate zu den verschiedenen Arten der Stromgewinnung gestalten und einander vorstellen.	Infotexte Arbeitsblätter Lösungen evtl. Internetanschluss	Plenum Einzelarbeit	45'
04	Verschiedene Kraftwerke	Kraftwerke und Stromverbrauch	Die SuS kennen verschiedene Arten von Kraftwerken und sie wissen, welche Kraftwerke in der Schweiz die Stromproduktion decken. Sie kennen den Strombedarf im Tagesverlauf.	Die Texte werden im Plenum gelesen, so können unbekannte Wörter geklärt werden. Die Aufgaben eignen sich gut für Einzelarbeit. Im Plenum werden die Lösungen verglichen oder den SuS zum selbstständigen Korrigieren abgegeben.	Infotexte Arbeitsblätter Lösungen evtl. Internetanschluss	verschiedene Sozialformen möglich	45'

# Lektionsplanung „Kernenergie und Kernkraftwerke“ 2. / 3. Zyklus



2/3

Nr.	Thema	Inhalt	Ziele	Action	Material	Organisation	Zeit
05	Standorte der Kraftwerke	Arbeit mit der Schweizer Karte	Die SuS erfahren, in welchen Regionen die einzelnen Kraftwerkstypen stehen.	Die SuS lösen zu zweit die Arbeitsblätter. Im Plenum werden die Lösungen korrigiert oder verglichen. Die Zweiergruppen, die die Aufgabe schon gelöst haben, können noch weitere Kraftwerke in die Karte eintragen.	Arbeitsblätter Schweizer Schulkarte Farbstifte, Schreibmaterial evtl. Computer mit Internetanschluss zur Recherche	Plenum Partnerarbeit	45'
06	Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?	Kernspaltung, Reaktorkern, Maschinenhaus, Kühlturm	Die SuS kennen den Satz der Energieumwandlung. Die SuS können erklären, wie ein Kernkraftwerk funktioniert. Sie wissen über die Vorgänge im Kernreaktor, im Maschinenhaus und im Kühlturm Bescheid.	Die Arbeitsblätter können in Gruppen oder im Plenum gelöst werden. Die Lernkontrolle kann als Test eingesetzt werden.	Arbeitsblätter Lösungsblätter	Partnerarbeit	45'
07	Radioaktivität der Umwelt	Strahlungen	Die SuS wissen, dass natürliche Strahlung um uns, über uns und unter uns ist. Sie erfahren, wie wir auch durch Nahrungsaufnahme Strahlung zu uns nehmen und kennen einige Strahlungsaktivitäten verschiedener Lebensmittel. Die SuS lernen, dass Lebewesen unterschiedlich auf Strahlung reagieren. Sie wissen, dass Strahlung verschiedene Wellenlängen hat.	Der einleitende Text auf Seite 1 wird im Plenum gelesen und besprochen. Die weiteren Arbeitsblätter können gut als Partnerarbeit gelöst werden. Anschliessend Korrektur der Lösungen mit der LP am Hellraumprojektor.	Arbeitsblätter Lösungsblätter Übersicht „Alles eine Frage der Wellenlänge“	Partnerarbeit	45'
08	Geschichte der Radioaktivität	Entdeckung und Erforschung der Radioaktivität	Die SuS wissen, was Radioaktivität ist, und kennen die berühmten Persönlichkeiten, die sie entdeckt und erforscht haben.	Die Arbeitsblätter können gut als Partnerarbeit gelöst werden. Sie eignen sich jedoch auch als sinnvolle Hausaufgabe.	Arbeitsblätter Lösungsblätter Periodensystem Internetanschluss	Plenum Gruppenarbeit Einzelarbeit	45'

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

# Lektionsplanung „Kernenergie und Kernkraftwerke“ 2. / 3. Zyklus



Ergänzungen / Varianten	
Informationen	<a href="http://www.kernenergie.ch">www.kernenergie.ch</a>
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 <a href="http://www.kernenergie.ch/de/exkursionen.html">www.kernenergie.ch/de/exkursionen.html</a>
Unterrichtsmaterial	Experimentierkoffer Radioaktivität zum Ausleihen: Sechs Koffer: Nagra; Frau Marisa Brauchli; Hardstrasse 73, 5430 Wettingen; Tel.: 056 437 12 39 Unterrichtsmaterial „Verschiedene Abfälle – verschiedene Verfahren“: <a href="http://www.kiknetnagra.com">www.kiknetnagra.com</a>
Linksammlung	<p><a href="http://www.kernenergie.ch">www.kernenergie.ch</a> Informations- und Wissensportal zu den schweizerischen Kernkraftwerken und zur Kernenergie</p> <p><a href="http://www.strom.ch">www.strom.ch</a> Website des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke (VSE). Unter der Rubrik „Energie - Energiefakten“ finden sich lehrreiche Grafiken bezüglich Stromverbrauch etc.</p> <p><a href="http://www.poweron.ch">www.poweron.ch</a> Website des VSE für SuS</p> <p><a href="http://www.nuklearforum.ch">www.nuklearforum.ch</a> Verein, der Informationen rund um die Kernenergie zur Verfügung stellt.</p> <p><a href="http://www.nagra.ch">www.nagra.ch</a> Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. Lehrreiches Infomaterial für Schulen.</p>
eigene Notizen	

# Einstieg: Versuche und Experimente

Lehrerinformation



1/6

<b>Arbeitsauftrag</b>	Das Interesse der SuS für das Thema Strom wird geweckt. Gleichzeitig werden erste, elementare Sachverhalte spielerisch eingeführt.
<b>Ziel</b>	Die LP zeigt den SuS einen oder mehrere Versuche. Je nach Klassensituation können die Versuche auch von den SuS experimentell aufgebaut werden. Die SuS werden angeregt, mögliche Erklärungen zu den erlebten Phänomenen abzugeben. Die Powerpoint-Präsentation dient als Abschluss dieser Einstiegslektion.
<b>Material</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• leere CD-Hüllen</li> <li>• Wolltücher oder Seidentücher</li> <li>• Tintenpatronenkügelchen</li> <li>• Kugelschreiber aus Plastik</li> <li>• Luftballone</li> <li>• weitere Materialien siehe Versuche</li> <li>• Powerpoint-Präsentation</li> </ul>
<b>Sozialform</b>	Frontalunterricht und Gruppenarbeit
<b>Zeit</b>	45'

Zusätzliche  
Informationen:

- Energiethemen zum Selbststudium: [www.strom-online.ch](http://www.strom-online.ch)
- Das Technorama in Winterthur (ZH) bietet umfassende, stufengerechte Informationen rund ums Thema Strom an. Im Jugendlabor können Jugendliche ab 13 Jahren naturwissenschaftliche Experimente und Versuche durchführen und ihr Wissen gezielt vertiefen. Alle Informationen unter: [www.technorama.ch](http://www.technorama.ch)
- Unter [www.lernwelt-energie.ch](http://www.lernwelt-energie.ch) können Sie sich über eine Führung im Elektrizitätsmuseum EBM in Münchenstein (BL) erkundigen.
- Eine Vielzahl weiterer physikalischer Experimente zum Ausprobieren: [www.physikfuerkids.de/lab1/index.html](http://www.physikfuerkids.de/lab1/index.html)

# Einstieg: Versuche und Experimente

Arbeitsblatt



2/6

**Aufgabe:** Folge der Anleitung und lass die Kugeln tanzen!

## Tanzende Kugeln

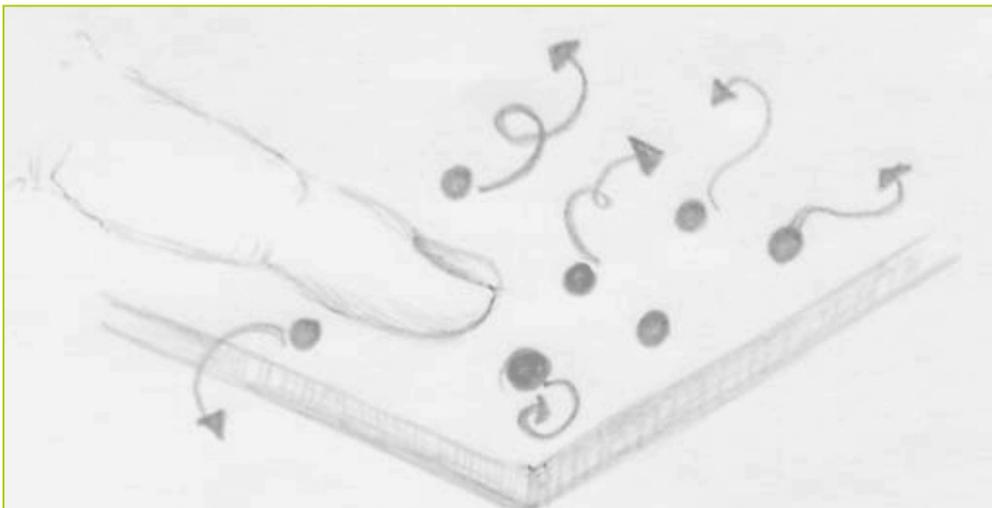
Für diesen Versuch brauchst du:

- eine leere CD-Hülle
- ein Woll- oder Seidentuch
- Tintenpatronenkügelchen

Reibe mit dem Tuch kräftig die äussere CD-Hülle ab und lege dann die kleinen Kugeln auf die Hülle. Berühre aber dabei nicht die Hülle!

Was passiert, wenn sich dein Finger langsam einer Kugel nähert?

Die Kugeln fangen an zu tanzen!



# Einstieg: Versuche und Experimente

Arbeitsblatt



3/6

## Wasser biegen

→ Du brauchst einen oder zwei Kugelschreiber mit Plastikgehäuse.



Reibe den Kugelschreiber mehrmals an einem Stück Wollstoff. Dann drehst du den Wasserhahn ganz schwach auf. Wenn du nun den Kugelschreiber dicht an den Wasserstrahl hältst, verbiegt sich dieser leicht.



Noch erstaunlicher ist das mit zwei Kugelschreibern, denn dann kannst du das Wasser noch mehr verbiegen.

Falls es doch nicht so recht klappen sollte, versuche es mit einem Luftballon!

# Einstieg: Versuche und Experimente

Arbeitsblatt



4/6

## Kartoffel-Batterie

Ja, du hast richtig gelesen. Du kannst eine Batterie aus Kartoffeln herstellen. Es ist ein etwas kniffliges Experiment, aber mit etwas Geduld funktioniert es bestimmt.

Lies die Bauanleitung genau durch.

### Du brauchst:

- eine LED (das ist ein sehr kleines Lämpchen)
- 4 x 10 20 cm lange Kabel
- 3 Kupferblechstreifen
- 3 Zink-Unterlegscheiben
- 3 frische Kartoffeln
- 3 Büroklammern (aus Metall)
- ein Messer

### Bauanleitung:

1. Schneide vorsichtig zwei kleine Schlitz in die Kartoffeln.
2. Drücke nun jeweils ein Kupferstück in den einen und eine Zink-Unterlegscheibe in den anderen Schlitz.
3. Vergewissere dich, dass sich Kupferstück und die Zink-Unterlegscheibe nicht berühren.
4. Präpariere die beiden anderen Kartoffeln genau so.
5. Verbinde die Enden der Kabel mit den Büroklammern. Dazu musst du etwas von der Plastikhülle an den Enden der Kabel entfernen. Die kleinen Metalldrähte, die du jetzt sehen kannst, wickelst du um den Draht der Büroklammer.
6. Verbinde, wie du in der Zeichnung unten sehen kannst, mithilfe der Kabel die Kupferstücke mit den Zink-Unterlegscheiben.



Kupferstück mit Büroklammer Zink-Unterlegscheibe

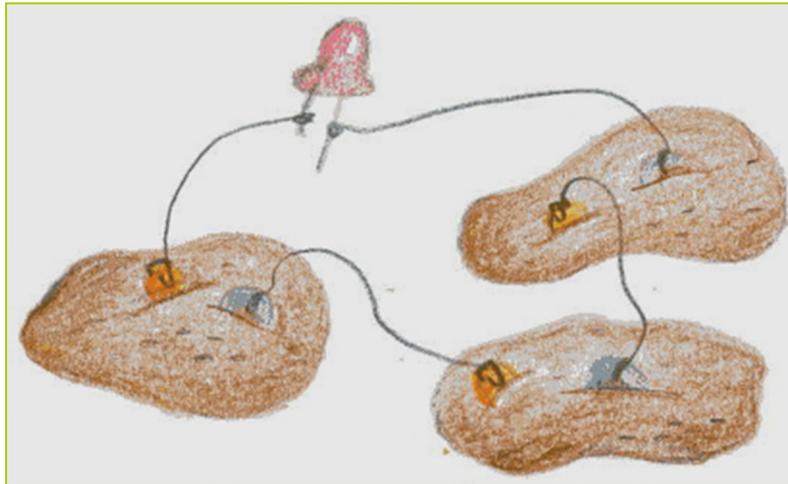
# Einstieg: Versuche und Experimente

Arbeitsblatt



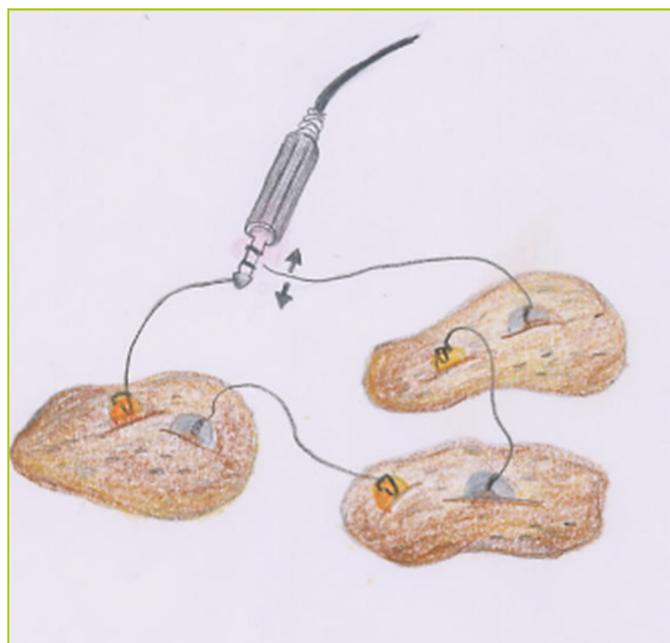
5/6

- Als Letztes verbindest du die zwei übrig gebliebenen Enden der Kabel (die ohne Büroklammer) mit der LED. Beachte dabei, dass das lange Bein der LED mit der Zink-Unterlegscheibe verbunden ist.



Jetzt bist du fertig. Die LED leuchtet nicht sehr hell. Benutze deine Hände als Lichtschutz. Als Alternative zur LED kannst du auch einen Kopfhörer benutzen:

Die Spitze des Steckers hältst du auf eines der beiden Enden, während du mit dem zweiten Kabelende am Stecker entlang fährst (an den beiden schwarzen Rillen!). Wenn alles klappt, hörst du ein leises Knacken. Jetzt weißt du, dass deine Kartoffelbatterie funktioniert und Elektrizität fließt.



# Einstieg: Versuche und Experimente

Lösungsblatt



## Lösungen:

### Tanzende Kugeln

Den Ausdruck, den die Wissenschaftler benutzen, nennt man Elektrostatik. Zunächst musst du allerdings etwas über elektrische Ladung wissen:

- Es gibt positive und negative elektrische Ladung.
- Jeder Körper hat positive und negative Ladung.
- Wenn ein Körper von beiden Ladungen genau gleich viel besitzt, dann ist er elektrisch neutral.
- Elektronen sind Träger negativer Ladung.
- Ist ein Gegenstand elektrisch positiv geladen, fehlen ihm Elektronen.
- Ist er jedoch negativ geladen, hat er zu viele Elektronen.
- Negative und positive Ladungen ziehen sich an.
- Jeder Gegenstand möchte jedoch elektrisch neutral sein.
  - Der positiv geladene Körper möchte also Elektronen bekommen.
  - Der negativ geladene Körper möchte Elektronen abgeben, um wieder elektrisch neutral zu sein.

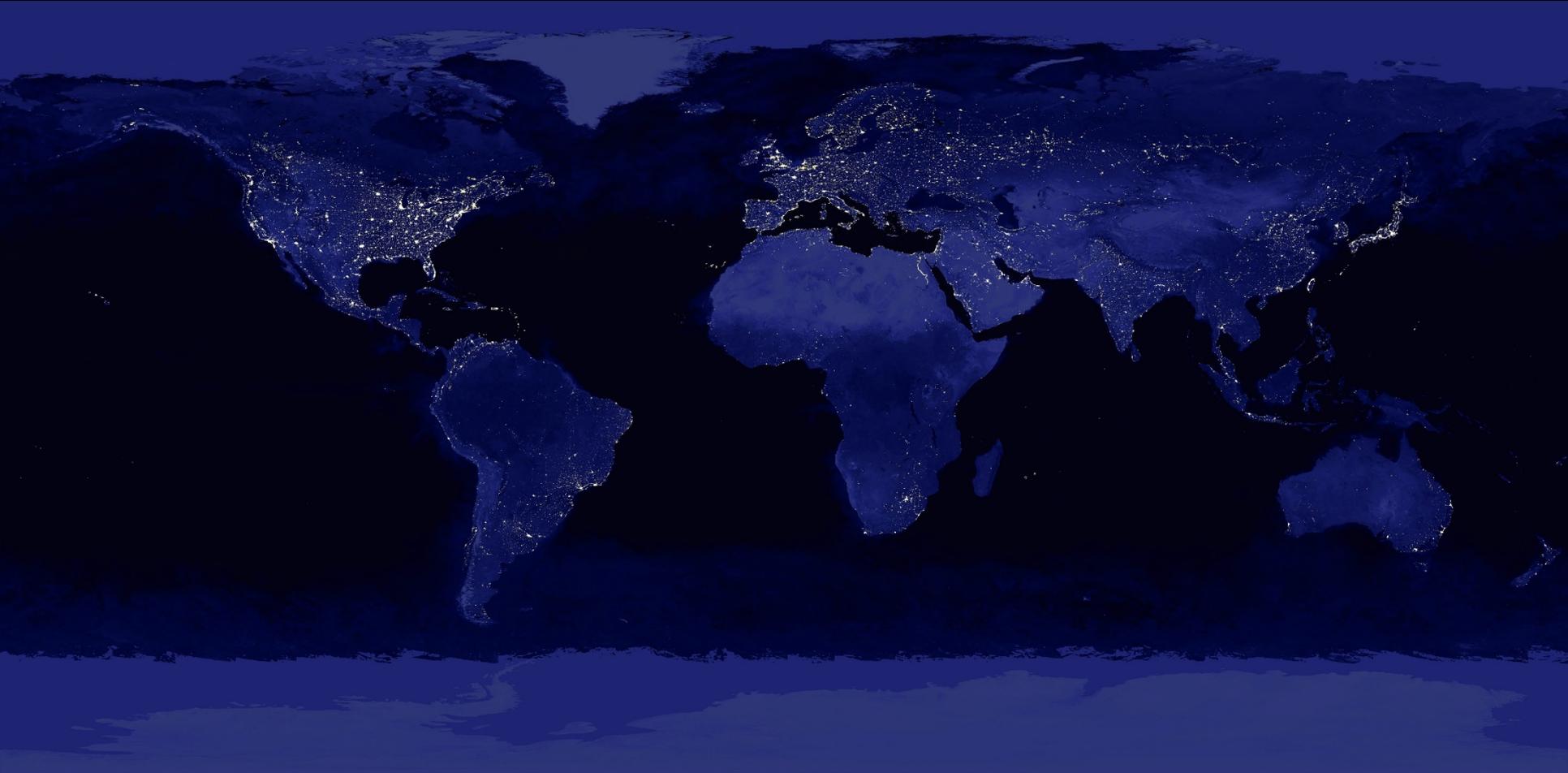
Durch das kräftige Reiben werden der CD-Hülle die Elektronen entzogen. Also wird die CD-Hülle positiv geladen. Die kleinen Kunststoffkugeln sind neutral, das heisst, sie haben gleich viele positive wie negative Ladungen auf ihrer Oberfläche. Setzt du nun die Kügelchen auf die Hülle, dann ziehen sich die negativen Ladungen auf den Kügelchen und die positiven Ladungen auf der Hülle an, und das setzt die Kügelchen in Bewegung. Irgendwann sind die Ladungen ausgeglichen und die Kügelchen bleiben stehen. Damit ist gemeint, dass die Kügelchen einige ihrer negativen Ladungen an die CD-Hülle abgegeben haben. Dadurch werden sie aber positiv geladen. Kommst du nun mit dem Finger an eines der Kügelchen, so entlädt es sich. Und sofort fängt es wieder an, sich zu bewegen.

### Wasser biegen

Die Moleküle des Wassers haben einen ganz besonderen Aufbau. Sie sind zwar insgesamt elektrisch neutral, also nach aussen nicht geladen, aber sie besitzen zwei verschieden geladene Seiten. Eine Seite ist negativ geladen, die andere positiv. Das gleicht sich zwar insgesamt aus, aber wenn du nun den geladenen Kugelschreiber in die Nähe des Wasserstrahls bringst, drehen sich die Wassermoleküle alle so hin, dass die negativen Pole dem Kugelschreiber zugewandt sind. Der ist nämlich positiv geladen. Nun ist die eine Seite des Wasserstrahls anders geladen als die andere und der Kugelschreiber kann nun die Seite, die entgegengesetzt zu ihm geladen ist, zu sich heranziehen. Der Kugelschreiber kann den Strahl also zu sich hin- und wegziehen.

### Kartoffel-Batterie

Die Kabel sind „Leitungen“ für die Elektrizität, in der sie fließen kann. Elektrizität kann nur dann fließen, wenn diese „Leitungen“ zu einem Kreis zusammengeschlossen sind. Wenn du bei deiner Kartoffel-Batterie einen Kreis geschlossen hast, findet eine chemische Reaktion zwischen den beiden Metallen (dem Kupfer und dem Zink) und dem Saft in der Kartoffel statt. Diese chemische Reaktion lässt die Elektronen durch die Kabel fließen. Elektronen sind so klein, dass wir sie mit dem blossen Auge nicht sehen können, aber sie sind sehr wichtig, denn ohne sie gäbe es keine Elektrizität. Die Elektronen bringen auch die LED zum Leuchten.



Ein Bild der Erde bei Nacht ...



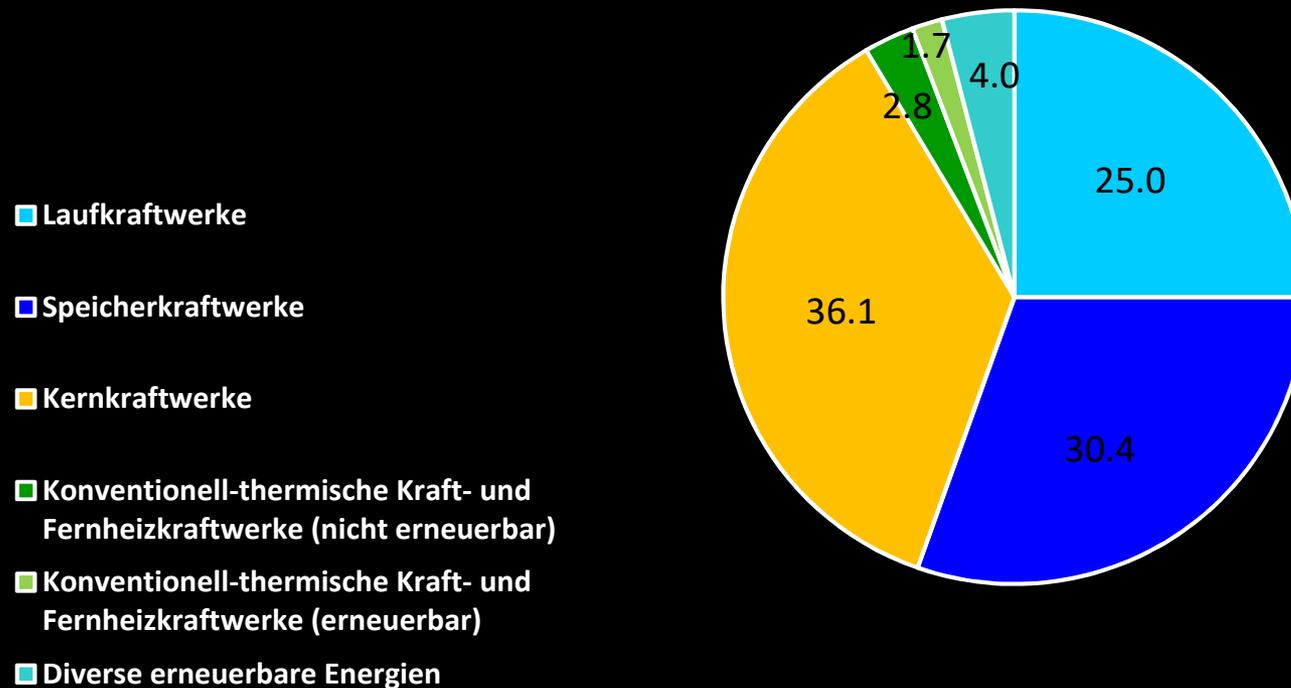
# Woher kommt der Strom?

# Denkanstöße...





# Der Schweizer Produktionsmix 2016



Quelle: BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018

Nicht nur der Bedarf ist gross ...



... auch die Verantwortung!



# Wofür wir Strom brauchen

Lehrerinformation



1/5

<b>Arbeitsauftrag</b>	Die SuS wissen, dass wir für unser tägliches Leben Strom benötigen. Sie wissen auch, welcher Stromverbraucher wie viel Strom verbraucht, und werden mit dem Thema Stromsparen vertraut gemacht.
<b>Ziel</b>	Als Einstieg ins neue Thema wird die Folie aufgelegt. Die SuS äussern spontan, was ihnen dazu einfällt. Im Plenum wird der Einstiegstext gelesen und besprochen. Danach lösen die SuS zu zweit die folgenden Aufgaben. Im Plenum werden die Ergebnisse der Zweiergruppen diskutiert und korrigiert. Ergänzungen und Erklärungen folgen durch die LP, je nach Wissensstand der SuS (s. Infotexte LP).
<b>Material</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folie für den Einstieg</li> <li>• Einstiegstext</li> <li>• Arbeitsblätter mit Lösung</li> <li>• Kurz-Test mit Lösung</li> </ul>
<b>Sozialform</b>	Plenum Partnerarbeit
<b>Zeit</b>	45'

Zusätzliche  
Informationen:

- Aufgabe 3 eignet sich gut als Hausaufgabe.
- Anschauliche Grafiken und Informationen zu verschiedenen Arten von Stromverwendung: [www.strom-online.ch](http://www.strom-online.ch)
- Website des Bundesamts für Energie: [www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)
- Website des Bundesamts für Statistik: [www.bfs.admin.ch](http://www.bfs.admin.ch)
- Bilder: [www.pixabay.com](http://www.pixabay.com)

# Wofür wir Strom brauchen

Einstiegsfolie



# Wofür wir Strom brauchen

Informationstext



3/5

## Wofür brauchen wir Strom?

Wie stark wir vom elektrischen Strom abhängig sind, merken wir erst, wenn er einmal ausbleibt; wenn das Licht ausgeht, der Fernseher nicht mehr läuft, die Esswaren im Tiefkühler auftauen, die Lifte stecken bleiben und die Leute zu Fuss die Rolltreppe hochsteigen müssen. Bei einem grossflächigen Stromausfall fahren weder Trams noch Züge, fallen die Ampeln aus und verursachen ein Verkehrschaos. Nur MP3-Player, Mobiltelefone oder Taschenlampen arbeiten weiterhin, denn sie beziehen die nötige Elektrizität aus Batterien, in denen geringe Mengen davon gespeichert sind. Auch die Beleuchtung beim Velo ist teilweise noch von der Steckdose unabhängig. Die dafür nötige Elektrizität wird in einem Dynamo erzeugt oder stammt ebenfalls aus Batterien. Ähnliche, aber leistungsfähigere Elektrizitätserzeuger – sogenannte Notstromaggregate – springen bei einem mehrstündigen Ausfall der Elektrizitätsversorgung ein und verhindern, dass auch das Telefon versagt, Computerzentren ausfallen, in Operationssälen oder im öffentlichen Verkehr nichts mehr geht und die Kommunikation mit der Aussenwelt zusammenbricht.



*Möchtest du auch eine solche Frisur? Reibe mit einem aufgeblasenen Luftballon an deinen frisch gewaschenen Haaren! Warum so deine Haare abstehen, erfährst du etwas später in dieser Einheit.*



# Wofür wir Strom brauchen

Lösungsblatt



5/5

## Lösungen:

Bei der ersten Aufgabe ist eine Vielzahl an Lösungen möglich und wünschenswert, da sicher das eine oder andere Haushaltsgerät vergessen wird.

## Strom im Haushalt – die Geräte

Gerät	Leistung in Watt (Richtwerte)
Kochherd mit Cerankochfeldern und Backofen	8000 (1500 bis 2000 pro Kochplatte)
Geschirrspüler	700 bis 3000
Waschmaschine	2500
Staubsauger	1700 bis 2500
Elektroofen zum Heizen	1500 bis 2000
Tumbler	2000
Haarfön	1000 bis 1500
Kaffeemaschine	1200
Mikrowellenherd	700 bis 2100
Kühlschrank	200 bis 400
Halogenlämpchen, Scheinwerfer	200
Fernseher/Video	80 bis 300
Computer	80 bis 360
Glühbirne	40 bis 100
Halogenlämpchen, Niedervolt	12 bis 60
Stromsparlampe	9 bis 25
LED-Lampe	3–6
Fernseher/Video im Standby-Modus	5
Mobiltelefon inkl. Server	200–400
Spielkonsole (xbox, Playstation)	120–140

# Energiequellen und Energieträger

Lehrerinformation



1/18

<b>Arbeitsauftrag</b>	Die SuS kennen die verschiedenen Energieträger.
<b>Ziel</b>	Die SuS lesen die Infotexte und markieren schwierige Wörter. Diese können anschliessend im Plenum besprochen werden. Die SuS lösen das Arbeitsblatt zum Thema „Energieform/Energieträger“.
<b>Material</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infotexte</li> <li>• Arbeitsblatt</li> <li>• Lösungsblatt</li> </ul>
<b>Sozialform</b>	Einzelarbeit
<b>Zeit</b>	45'

Zusätzliche  
Informationen:

- 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](http://www.strom.ch/de/energie/energiefakten/produktion-und-strommix.html)  
Alternativ zu den Informationen können in einer Gruppenarbeit Pro- und Kontra-Fakten zu den verschiedenen Stromherstellungsarten recherchiert werden. Die wichtigsten Punkte finden Sie bei den Lösungen.
- Anschauliche Grafiken sowie Beschreibungen einzelner Stromerzeugungsarten findet man unter [www.strom-online.ch/stromerzeugung.html](http://www.strom-online.ch/stromerzeugung.html)
- Weitere Informationen und Online-Angebote unter [www.kernenergie.ch](http://www.kernenergie.ch)

# Energiequellen und Energieträger

Informationstext



2/18

## Aufgabe:

Lies den Text aufmerksam durch! Unterstreiche Wörter, die du nicht verstehst.

## Was sind fossile Energieträger?

Unter **fossilen Energieträgern** versteht man **Erdöl**, **Erdgas** und **Kohle**. Sie entstanden vor Millionen von Jahren: Erdöl und Erdgas entstanden aus Meerestieren und -pflanzen, die sich auf dem Meeresgrund ablagerten, und Kohle entstand aus Pflanzen, die sich auf dem Boden der Urwälder ablagerten.

<b>Erdöl</b>	<b>Erdgas-Förderplattform</b>	<b>Steinkohle-Abbau</b>
<small>Bild: <a href="http://www.erdoel.ch">www.erdoel.ch</a> Rohölsorten</small>	<small>Bild: <a href="http://www.erdgas.ch">www.erdgas.ch</a></small>	<small>Bild: <a href="http://www.pixabay.com">www.pixabay.com</a></small>

Wenn man Erdöl fördert, führt dies naturgemäss zu einer allmählichen Erschöpfung dieser sehr wertvollen und vielseitig nutzbaren Energiequelle. Schätzungsweise werden die uns bekannten Ölvorkommen jedoch nur noch für die nächsten 40 bis 100 Jahre reichen – gegenüber den Millionen von Jahren, die zu ihrer Bildung nötig waren. Erdöl, Erdgas und Kohle enthalten viel Energie, doch die Nutzung dieser Energie ist nicht unproblematisch: Sie verursacht grosse Umweltprobleme. Derzeit werden trotzdem immer noch bis zu 95 Prozent des Energiebedarfs der Erde durch solche Energieträger gedeckt. Der Einsatz fossiler Brennstoffe ist auch mit grossen Risiken verbunden. Die Arbeit in einem Kohlebergwerk ist ungesund und gefährlich und der Tagbau hinterlässt oftmals hässliche Landschaftsbilder. Förderung und Transport von Öl und Gas sind nicht ungefährlich, da es sich um giftige und leicht entflammbare Stoffe handelt: Bei Unfällen können grosse Mengen Öl auslaufen oder giftige Dämpfe entweichen. Dies kann Mensch, Tier und Umwelt gefährden.

Die grösste Umweltbelastung ergibt sich allerdings aus dem Verbrennen der fossilen Brennstoffe. Fossile Brennstoffe enthalten Kohlenstoff und Schwefel, die beim Verbrennungsvorgang in Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) umgewandelt werden. Beides sind Gase, die nicht beseitigt werden können.

# Energiequellen und Energieträger

Informationstext



3/18



Dennoch wird der Einsatz fossiler Brennstoffe weiterhin stark steigen. Denn leider stehen uns noch keine technisch zufriedenstellenden und bezahlbaren alternativen Energiequellen zur Verfügung, die wir in grossem Umfang verwenden könnten, vor allem als Treibstoff für unsere Transportmittel.

Zudem ist der globale Energiehunger gross. Die Entwicklungsländer streben nach dem Lebensstandard der Industrienationen. Das könnte mit der Zeit eine Verhundertfachung des Weltenergiebedarfs bedeuten. Wenn dieser stark erhöhte Energiebedarf mit fossilen Brennstoffen abgedeckt würde, hätte das weit reichende Umweltbelastungen zur Folge. Und die globalen Reserven an Öl und Gas wären in absehbarer Zeit erschöpft. Was würden die uns nachfolgenden Generationen sagen, wenn wir wertvolle und unersetzliche Ressourcen einfach aufbrauchen?

*Durch den Einsatz von Kernenergie zur Stromproduktion können in der Europäischen Union jährlich über 700 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> vermieden werden. Müsste dieser Strom mit fossilen Energieträgern (Erdöl, Erdgas, Kohle) produziert werden, würde der CO<sub>2</sub>-Ausstoss der Stromproduktion um über 50 Prozent zunehmen und auf über 2000 Millionen Tonnen ansteigen. In der Schweiz verhält sich die Situation analog: Auch hier entspricht das dank der Kernenergie vermiedene CO<sub>2</sub> in etwa dem CO<sub>2</sub>-Ausstoss des Privatverkehrs.*

# Energiequellen und Energieträger

Informationstext



4/18

## Was sind erneuerbare Energieträger?

**Sonne, Wind, Wasserkraft, Erdwärme und Biomasse** gehören zu den erneuerbaren Energien. Sie sind **unerschöpflich** und werden durch den Kreislauf der Natur erhalten.

### Sonne

Man kann die Sonnenenergie auf zwei Arten nutzen. Mit Sonnenkollektoren, die mit der Wärme der Sonne Wasser aufwärmen, und mit Fotovoltaikzellen, welche die Strahlen der Sonne direkt in Strom umwandeln.



Für die Produktion von grossen Mengen Strom ist Sonnenenergie in unseren Breitengraden nicht geeignet, da bei uns die Sonne einfach zu wenig oft scheint. Gerade im Winter, wenn wir am meisten Strom brauchen, scheint sie am wenigsten. Die Sonnenenergie für die Produktion von Wärme einzusetzen, ist dagegen sinnvoll. Man kann sie zur Warmwasseraufbereitung nutzen, damit das Haus heizen und so den Verbrauch von Strom und Heizöl senken.

# Energiequellen und Energieträger

Informationstext



5/18

## Wind



Windkraftwerke produzieren Strom nur dann, wenn der Wind bläst, aber oft nicht dann, wenn Strom benötigt wird. Wie Sonnenenergie ist Windkraft nützlich, aber unzuverlässig. Dieser Strom kann weder nach Plan genutzt noch gespeichert werden.

Hingegen produzieren die riesigen Windräder sauberen und umweltfreundlichen Strom. Im Vergleich zu Ländern mit windreichen Küstenregionen wie z. B. Deutschland, Norwegen oder Schottland windet es in der Schweiz aber sehr wenig – und unregelmässig. Geeignete Standorte finden sich im Jura, in den Voralpen und den Alpen.

Viele Leute stören sich am Landschaftsbild und am Lärm, den Windkraftwerke erzeugen. Und für manche Vogelarten und Fledermäuse können sie tödliche Fallen sein.

## Wasserkraft

**Laufkraft- oder Flusskraftwerke** nützen die Kraft des Wassers, um Turbinen anzutreiben und damit gleichmässig Strom zu produzieren. In den Bergen werden **Speicherkraftwerke** gebaut. In ihren Stauseen ist Wasser gespeichert, das bei Bedarf durch einzelne Schleusen auf Turbinen geleitet wird. Wasserkraft ist eine saubere Technologie, gerät aber auch in Konflikt mit Interessen des Landschaftsschutzes und der Fischerei. In der Schweiz ist deshalb das Ausbaupotenzial für weitere Wasserkraftwerke weitgehend erschöpft.



Speicherkraftwerk



Flusskraftwerk

# Energiequellen und Energieträger

Informationstext



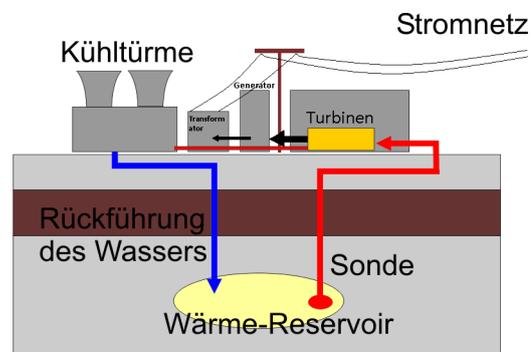
6/18

## Erdwärme (Geothermie)

Das Innere der Erde ist sehr heiss. Diese Wärme stammt zum Teil aus der Zeit der Erdentstehung und zum anderen aus radioaktiven Zerfallsprozessen, die in der Erdkruste seit Jahrmillionen Wärme erzeugen. Wenn man 1 km tief gräbt, beträgt die Temperatur schon 40 °C. Je tiefer man gräbt und bohrt, desto wärmer wird es. Man schätzt, dass im inneren Kern der Erde Temperaturen von 6500 °C herrschen.

Diese natürliche Energie wird bereits zur Wärmegewinnung genutzt, z.B. mittels Erdsonden-Wärmepumpen zur Gebäudeheizung. Sie könnte in Zukunft auch zur Stromproduktion dienen. Erste Pilotprojekte in Basel und St. Gallen für solche

**Geothermiekraftwerke**, welche die Erdwärme aus 5000 Metern Tiefe zur Stromproduktion nutzen sollen, scheiterten jedoch: Die Bohrungen lösten spürbare Erdbeben aus, die Projekte wurden gestoppt. Zu Geothermiekraftwerken sind noch viele Fragen offen – nicht nur bezüglich ihrer Umweltfreundlichkeit und Kosten. Die Technologie ist vorderhand noch nicht einsatzreif.



## Biomasse

In jedem **organischen Material** wie Pflanzen, Hölzern und allen Lebewesen ist hochwertige Energie gespeichert. Die Biomasse lässt sich unterteilen in **nachwachsende Rohstoffe** wie Holz, Mais, Getreide, Raps und weitere, die eigens für die Energiegewinnung angepflanzt werden, sowie in **organische Reststoffe** wie Abfall- und Restholz, Stroh, Gras und Laub, Klärschlamm.

Doch selbst die nachwachsenden Energiequellen sind nicht unbedenklich. So verursacht beispielsweise das Abholzen von Wäldern grosse Probleme: Ohne Bäume wird weniger Kohlendioxid aus der Luft abgebaut und Bodenerosion sowie Erdbeben nehmen zu. Der Anbau von Pflanzen zur Energiegewinnung als Ersatz für andere Energieträger erfordert grosse Landflächen. Bei der Bewirtschaftung solcher Monokulturen werden viel Düngemittel, Pestizide und Insektizide verbraucht – in der Regel Umweltgifte. Und ist der Anbau von Raps oder Mais zur Energiegewinnung in Anbetracht der Hungersnöte und der Nahrungsmittelknappheit in den Entwicklungsländern moralisch vertretbar?

In der Schweiz spielen jedoch Energiepflanzen (Pflanzen, die für die Energiegewinnung angepflanzt werden) keine grosse Rolle.

# Energiequellen und Energieträger

Informationstext



7/18

## Was sind nukleare Energieträger?

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts entdeckte die Wissenschaft die **Radioaktivität**. Man fand heraus, dass einige **Elemente aus der Natur** spontan und ohne äusseren Einfluss **Energie** abstrahlen.

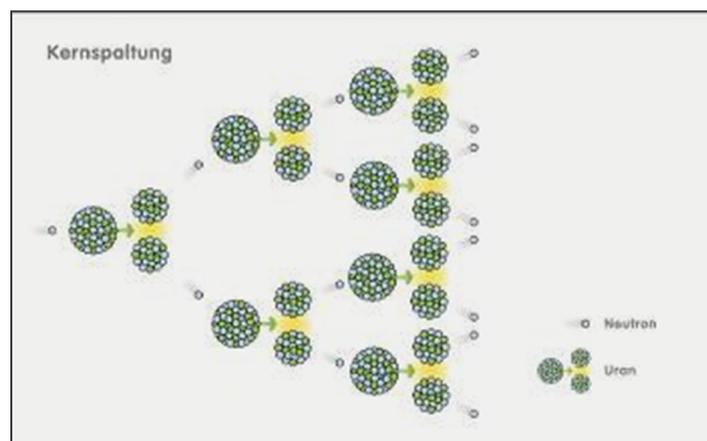


Quelle: Cameco

Uranmine in Kanada

Ein solches radioaktives Element ist zum Beispiel **Uran**. Uran ist ein Schwermetall, das in zahlreichen Mineralien enthalten ist und **fast überall** auf der Erde vorkommt. Uran kann z. B. aus dem Boden in Form von Uranerz gewonnen werden, aber auch aus Phosphaten und Meerwasser. Zudem werden durch die Abrüstung von Atomwaffen, insbesondere in den USA und Russland, grosse Mengen Uran für die friedliche Nutzung zur Stromerzeugung frei. Uran ist

radioaktiv: d.h., das Atom Uran-235 ist instabil, der Kern zerfällt leicht und dabei wird sehr viel Energie freigesetzt. Diesen natürlichen Vorgang kann man mit der **Kernspaltung künstlich** auslösen. In der Grafik siehst du, wie Atomkerne in einer Kettenreaktion gespalten werden. Bei jeder Kernspaltung werden nebst Energie auch zwei bis drei Neutronen freigesetzt, die ihrerseits weitere Spaltungen auslösen können. In einem Kernkraftwerk läuft diese Kettenreaktion jedoch kontrolliert ab: Im Schnitt löst jeweils nur ein Neutron eine weitere Kernspaltung aus.



# Energiequellen und Energieträger

Arbeitsblatt



8/18

## Aufgabe:

Diskutiere in der Gruppe, wie gross der Energiegehalt der aufgeführten Energieträger wohl ist. Wie viel Wärmeenergie lässt sich beim Verbrennen respektive bei der Kernspaltung damit wohl erzeugen? Und was sind die Konsequenzen der Verbrennungsprozesse?

Erstellt eine Reihenfolge, mit welchem Energieträger man in einem Kraftwerk am meisten Strom erzeugen könnte, mit welchem am wenigsten.

Quellen zur Recherche:

[www.kernenergie.ch/de/oekobilanz-insgesamt.html](http://www.kernenergie.ch/de/oekobilanz-insgesamt.html)

[www.strom.ch/de/energie/energiefakten/strom-und-verbrauch.html](http://www.strom.ch/de/energie/energiefakten/strom-und-verbrauch.html)

[www.energieschweiz.ch/de-ch/bildung/unterrichtsthema-energie.aspx](http://www.energieschweiz.ch/de-ch/bildung/unterrichtsthema-energie.aspx)

## Energiegehalt verschiedener Brennstoffe

Heizöl

Benzin

Hausmüll

Erdgas

Brennholz

Flüssiggas (Propan, Butan)

Natururan

Steinkohle

# Energiequellen und Energieträger

Arbeitsblatt



9/18

## Gedankenspiel

Die Stadt Zürich verbraucht jährlich rund 3 Milliarden kWh Strom. Das ist so viel, wie einer der beiden kleinsten Schweizer Kernreaktoren im Kernkraftwerk Beznau im selben Zeitraum erzeugt. Dazu verbraucht der Kernreaktor knapp 7 Tonnen angereichertes Uran – eine Menge, die in einem grossen Kühlschrank Platz hätte (Uran ist gut 19-mal schwerer als Wasser). Das zur Herstellung des Brennstoffs verwendete Natururan liesse sich leicht in einer einzelnen Autogarage verstauen.



Wollte man den Strombedarf von Zürich anders decken, so bräuchte man dafür:

- 1'100'000 Tonnen Steinkohle, geliefert in rund 21'700 Eisenbahnwagen, oder
- 512'000 Tonnen Erdgas, geliefert über Pipelines von Tausenden Kilometern Länge, oder
- 26,5 Quadratkilometer Solar Panels, was einem Streifen von 85 Metern Breite auf der Strecke von Genf bis zum Bodensee entsprechen würde, oder
- 662 topmoderne und sehr leistungsstarke Windturbinen an optimaler windreicher Lage.

Dabei ist zu bedenken, dass der Wind nicht immer weht und im Winter die Sonne weniger scheint.

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



10/18

## Lösungen:

### Energiegehalt verschiedener Brennstoffe in Kilowattstunden thermischer Energie (Wärmeenergie, die beim Verbrennen entsteht):

1 kg Natururan	140'000 kWh <sub>th</sub>
1 kg Gas	13 kWh <sub>th</sub>
1 kg Flüssiggas (Propan, Butan)	12,7 kWh <sub>th</sub>
1 kg Benzin	12,1 kWh <sub>th</sub>
1 kg Heizöl/Diesel	11,8 kWh <sub>th</sub>
1 kg Methanol	6 kWh <sub>th</sub>
1 kg Brennholz	5 kWh <sub>th</sub>
1 kg Hausmüll	3 kWh <sub>th</sub>

- Uran nennt man auch „Brennstoff“, obwohl dabei nichts verbrennt. Die thermische Energie entsteht bei der Kernspaltung.
- Wandelt man nun die thermische Energie aus dem Natururan in elektrische um, so erhält man rund ein Drittel davon als Strom, also 47'000 kWh. Beim Brennholz sind es 1,5 kWh Strom.
- Mit 1 Kilowattstunde Strom (kWh) kannst du zirka zwölf Stunden lang fernsehen. Das bedeutet also, dass du mit der Energie aus einem Kilo Natururan 465'000 Stunden (also 64 Jahre nonstop) fernsehen könntest. Mit der Energie aus einem Kilo Brennholz wären es 18 Stunden.

### Folgen der Verbrennungsprozesse

Fossile Energieträger müssen verbrannt werden, um thermische Energie und daraus wieder elektrische Energie zu gewinnen. Dabei entstehen nicht nur grosse Mengen an Treibhausgasen, die Ursache für den Klimawandel sind, sondern auch verschiedene Luftschadstoffe, die die Gesundheit von Mensch und Natur auch in der Schweiz immer noch beträchtlich schädigen.

- Stickstoffoxide sind beispielsweise für das bodennahe Ozon verantwortlich, das im Sommer vor allem Outdoorsportler, Kinder und ältere Menschen irritiert.
- Russpartikel und Feinstaub dringen tief in Atemwege, Blutkreislauf und Zellgewebe ein – eine besonders grosse Gefahr für die Gesundheit.
- Auch Schwefeldioxide schädigen die Atemwege, und Schwermetalle erhöhen das Risiko von Krebs und Organschäden.

Da im Kernkraftwerk gar nichts verbrannt wird, ist die Luft um ein Kernkraftwerk immer sauber. Hingegen entsteht radioaktiver Abfall, wengleich kleine Mengen, der fachgerecht entsorgt werden muss.

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



11/18

## Facts zum Strommix in der Schweiz (Quelle: VSE [www.strom.ch](http://www.strom.ch))

### Wasserkraft

#### Anteil 2016:

- 59% (36'300 GWh)

#### Kosten:

- klassische Wasserkraftwerke 5–9 Rp./kWh
- Kleinwasserkraft 8–35 Rp./kWh

#### Umwelt:

- CO<sub>2</sub>-Bilanz hervorragend
- kaum schädliche Emissionen
- jedes Wasserkraftwerk greift in den lokalen Wasserhaushalt ein und beeinträchtigt die umgebende Landschaft und Natur

#### Pro Wasserkraft:

- keine CO<sub>2</sub>-Emissionen im Betrieb, verhältnismässig geringe Emissionen beim Bau
- ausgereifte Technologie, sehr lange Lebensdauer
- liefert Band- und Spitzenenergie

#### Contra Wasserkraft:

- Eingriff in Landschaft, natürlichen Wasserhaushalt und Fischbestand
- realisierbares Potenzial praktisch ausgeschöpft
- jahreszeitliche Schwankungen (im Winter tiefere Stromproduktion)
- keine Standardisierung im Kraftwerksbau möglich, deshalb hohe Investitionskosten

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



12/18

## Windenergie

### Anteil 2016:

- 0,03% (108 GWh)

### Kosten:

- 13,5–21,5 Rp./kWh

### Umwelt:

- Die CO<sub>2</sub>-Emissionen sind über den ganzen Lebenszyklus betrachtet sehr gering.
- Zielkonflikt mit dem Natur- und Landschaftsschutz

### Pro Windenergie:

- erneuerbare Energie
- eher kostengünstig
- geringer CO<sub>2</sub>-Ausstoss
- Branche mit Entwicklungspotenzial für den Hightech-Arbeitsmarkt Schweiz

### Contra Windenergie:

- Produktion weder steuerbar noch planbar und zwingend mit Stromspeichern zu kombinieren, um Versorgungssicherheit zu garantieren
- begrenzte Zahl geeigneter Standorte in der Schweiz
- Eingriff in Landschaft und Natur: ästhetische Beeinträchtigung, Erschliessung unberührter Landschaften, Gefahr für Vögel und Fledermäuse
- Lärmemissionen, geringe Akzeptanz bei Anwohnern

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



13/18

## Fotovoltaik

### Anteil 2016:

- 2% (1580 GWh)

### Kosten:

- 17–21 Rp./kWh je nach Grösse und Standort der Anlage

### Umwelt:

- Strom aus Fotovoltaik ist im Betrieb lautlos und schadstofffrei, sofern Solarmodule auf bestehende Gebäude installiert werden
- geringer zusätzlicher Landverbrauch

### Pro Fotovoltaik:

- erneuerbare Energie, reduziert Verbrauch von nicht erneuerbaren Ressourcen
- keine Lärmemission
- geringer CO<sub>2</sub>-Ausstoss
- gut in Siedlungen integrierbar, z.B. auf Dächern von Wohn- und Zweckbauten
- hohe Akzeptanz in der Bevölkerung
- in Zukunft sinkende Produktionskosten (10–15 Rp./kWh)
- Branche mit Entwicklungspotenzial für den Hightech-Arbeitsmarkt

### Contra Fotovoltaik:

- unregelmässig anfallend, kaum Beitrag an eine sichere Stromversorgung
- Kraftwerke und Ausbau der Netze bleiben nötig
- ab einem Anteil im Bereich von 5–10% im Strommix zusätzliche Kosten für Netz- und Konsumanpassung (z.B. Pumpspeicherwerke)
- an gewissen Standorten Konflikte mit Ortsbildschutz oder Denkmalpflege

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



14/18

## Biomasse

### Anteil 2016:

- Holz und Biomasse Landwirtschaft: 0,5% (336 GWh)
- Biomasse in Abfall (Kehrichtverbrennungsanlagen): 1,9% (1181 GWh)
- Biomasse in Abwasser (Kläranlagen): 0,2% (124 GWh)

### Kosten:

- 11–48 Rp./kWh

### Umwelt:

- Abfälle zu nutzen, ist energetisch sowie ökologisch sinnvoll
- Produktion von Treibhausgas sehr gering
- teilweise nötige Transporte sowie Luftschadstoffe sind Negativpunkte
- Der Anbau von Energiepflanzen ist für die Schweiz keine Option. Damit entfallen auch die mit dem grossmasstäblichen Anbau von Energiepflanzen auftretenden Umweltschäden.

### Für Biomasse

- erneuerbare Energie
- ressourcenlagerfähig, Strom kann nachfragegerecht produziert werden
- Produktionskosten mittelpreisig bis teuer
- verschiedene Technologien sind ausgereift vorhanden

### Contra Biomasse:

- Logistischer Aufwand und Umweltbelastung für Transport der Abfälle
- relativ begrenzte Verfügbarkeit an «Rohstoff», damit auch begrenztes Potenzial

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



15/18

## Geothermie

### Anteil 2016:

- 0%

### Kosten:

- Die Kosten für die Stromerzeugung werden heute (EnV) je nach Anlagegrösse auf rund 20–40 Rp./kWh geschätzt. Mangels praktischer Erfahrung sind diese Werte aber ungenau.

### Umwelt:

- Auswirkungen auf die Umwelt sind bei der un- wie der tiefen Nutzung allenfalls durch eine Beeinträchtigung des Grundwassers möglich.
- beim petrothermalen Verfahren können durch das Aufsprengen der Zirkulationswege für das Wasser kleinere Erdbeben entstehen, wie die Pilotprojekte in Basel (2006) und St. Gallen (2014) zeigten.
- Bei einer intensiven Nutzung der tiefen Geothermie zur Stromerzeugung entstehen grosse Mengen an Restwärme. Ob dafür genügend Abnehmer zu finden sind, ist fraglich.

### Pro Geothermie:

- grosses Mengenpotenzial
- insgesamt geringe Einflüsse auf Umwelt
- zuverlässige, zeitlich uneingeschränkte Verfügbarkeit von Strom

### Contra Geothermie:

- praktische Entwicklungen in der Schweiz erst im Anfangsstadium
- Gefahr von Mikroerdbeben
- hoher finanzieller Aufwand, Erfolgsrisiko

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



16/18

## Gaskombikraftwerke

### Anteil 2016:

- 0%

### Kosten:

- 10–15 Rp./kWh (stark von Brennstoffpreisen abhängig)

### Umwelt Gaskombikraftwerke:

- Erdgas ist ein fossiler Energieträger und deshalb nicht erneuerbar.
- Nutzung des Brennstoffes ist mit CO<sub>2</sub>-Emissionen verbunden
- bei einem Gaskombikraftwerk (GuD) fällt 50% weniger CO<sub>2</sub> an als bei einem Kohlekraftwerk und 25-mal mehr als bei einem Windkraftwerk.

### Pro Gaskombikraftwerke:

- flexible Stromproduktion, geeignet sowohl für Band- als auch für Spitzenenergie; erprobte Technologie
- hoher Wirkungsgrad
- kurze Bauzeit für neue Kraftwerke
- vergleichsweise geringe Investition mit raschem Ertrag

### Contra:

- nicht erneuerbare Energie
- CO<sub>2</sub>-Ausstoss durch Nutzung von Erdgas
- mit dem heutigen CO<sub>2</sub>-Gesetz bleiben GuD teuer, aber wirtschaftlich vertretbar
- Erdgas hat als fossiler Rohstoff grossen Anteil am Strompreis (derzeit ca. 12 Rp./kWh) und macht ihn volatil.
- hoher Rohstoffbedarf und damit starke Abhängigkeit vom Ausland als Rohstofflieferant
- Erdgaslieferanten teils in geopolitisch heiklen Ländern wie Russland oder Iran
- Akzeptanz in der Bevölkerung fraglich

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



17/18

## Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen

### Anteil 2016:

- 3% (1848 GWh)

### Kosten:

- 14–22 Rp./kWh

### Umwelt:

- WKK-Anlagen verbrennen Öl oder Erdgas und setzen damit 200–265 Gramm CO<sub>2</sub>/kWh frei.

### Pro Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen:

- hohe Gesamtenergieeffizienz
- Technologie ist ausgereift
- rasche Verfügbarkeit
- optisch nicht störend
- Produktion vorhersag- und planbar
- Einsatz von Biogas möglich

### Contra Wärme-Kraft-Kopplungsanlagen:

- zumeist keine erneuerbare Energie im Einsatz
- CO<sub>2</sub>-Emissionen
- Stromproduktion abhängig von Wärmebedarf und daher nicht steuerbar
- sinkender Wärmebedarf, da Häuser immer besser isoliert sind
- hohe Investitions- und Betriebskosten

# Energiequellen und Energieträger

Lösungsblatt



18/18

## Kernenergie

### Anteil 2016:

- 32,8% (20'200 GWh)

### Kosten:

- 4–7 Rp./kWh

### Umwelt:

- Möglichkeit, grosse Mengen an Strom zu einem wirtschaftlichen Preis zu erzeugen, ohne das Klima wesentlich mit CO<sub>2</sub>-Emissionen zu belasten
- sehr geringer Rohstoffbedarf
- negativ sind die Notwendigkeit, den potenziell gefährlichen radioaktiven Abfall über lange Zeit zu lagern, sowie das grundsätzlich vorhandene Risiko eines Störfalls

### Pro Kernenergie:

- liefert grosse Mengen an kostengünstiger Bandenergie
- klimafreundliche Stromproduktion aus sonst nicht nutzbarem Rohstoff
- geringer Ressourcenbedarf
- Endlagerung radioaktiver Abfälle technisch geklärt, Abfälle (im Gegensatz z.B. zu CO<sub>2</sub>) überwachbar

### Contra Kernenergie:

- geringe gesellschaftliche Akzeptanz
- Restrisiko
- voraussichtlich steigende Kosten wegen neuer Sicherheitsanforderungen
- Tiefenlager-Standorte umstritten

# Verschiedene Kraftwerke

Lehrerinformation



1/13

<b>Arbeitsauftrag</b>	Die SuS kennen verschiedene Arten von Kraftwerken und sie wissen, welche Kraftwerke in der Schweiz die Stromproduktion decken. Sie verstehen, warum Kraftwerke nicht beliebig austauschbar sind. Sie kennen den Strombedarf im Tagesverlauf.
<b>Ziel</b>	Die Texte werden im Plenum gelesen, so können unbekannte Wörter geklärt werden. Die Aufgaben eignen sich gut für Einzelarbeit. Im Plenum werden die Lösungen verglichen oder den SuS zum selbstständigen Korrigieren abgegeben.
<b>Material</b>	Arbeitsblätter
<b>Sozialform</b>	Je nach Klasse sind verschiedene Sozialformen möglich.
<b>Zeit</b>	Doppellektion

Zusätzliche  
Informationen:

- Exkursion in eine Energie- und Netzleitstelle
- Das Axporama zeigt die Ausstellung „Leben mit Energie“ (Infos unter [www.axporama.ch](http://www.axporama.ch))
- Die Websites rund um das Thema Strom für Lehrpersonen, Schülerinnen und Schüler und andere Wissbegierige: [www.kernenergie.ch](http://www.kernenergie.ch)  
[www.strom.ch/de/energie/energiefakten.html](http://www.strom.ch/de/energie/energiefakten.html)
- Website mit zahlreichen informativen Grafiken mit den Schwerpunkten Stromerzeugung, -anwendung und -verbrauch: [www.strom-online.ch](http://www.strom-online.ch)
- **Unterrichtskoffer zum Ausleihen:** Der Verband Schweizer Elektrizitätsunternehmen (VSE) sowie einige lokale Versorger verfügen über Experimentenkoffer, mit denen sich einzelne Phänomene und Mechanismen rund um den Strom aufzeigen und selber erfahren lassen. Beispielsweise wird aufgezeigt, wie aus Luft oder Sonnenlicht Strom wird. Die Koffer werden nach Verfügbarkeit kostenlos ausgeliehen und können unter den folgenden Adressen bestellt werden:
  - BKW Energie AG; Viktoriaplatz 2; 3000 Bern 25;  
[www.bkw.ch/ueber-bkw/unser-engagement/schulen/](http://www.bkw.ch/ueber-bkw/unser-engagement/schulen/)
  - CKW AG; Besucherwesen; Hirschengraben 33; 6003 Luzern; Tel.: 041 249 59 66;  
besucher@ckw.ch  
[www.ckw.ch/ueberckw/besucher-schulen/schule/ueberblick.html](http://www.ckw.ch/ueberckw/besucher-schulen/schule/ueberblick.html)

# Verschiedene Kraftwerke

Arbeitsblatt



2/13

## Aufgabe:

Es gibt verschiedene Arten von Kraftwerken, die Strom produzieren. Verbinde die Kraftwerke mit dem richtigen Bild.

## Kraftwerke



Speicherkraftwerk



Laufkraftwerk



Kernkraftwerk



Kohle- oder  
Gaskraftwerk



Solkraftwerk



Windkraftwerk

Das Speicher- und das Laufkraftwerk sind typische Vertreter der **Wasserkraftwerke**. Die Kernkraftwerke sowie die Kohle- und Gaskraftwerke sind **Wärmekraftwerke**, auch **thermische Kraftwerke** genannt. In ihnen wird Wasser erhitzt und der entstandene Dampf auf Turbinen geleitet, die einen Generator antreiben und so Strom erzeugen.

Einige Kraftwerke produzieren Strom und Wärme zugleich. Eine solche **Wärme-Kraft-Koppelungsanlage** kann z. B. die Biomasse Holz verbrennen. Ein Teil der entstehenden Wärme wird

# Verschiedene Kraftwerke

Arbeitsblatt



3/13

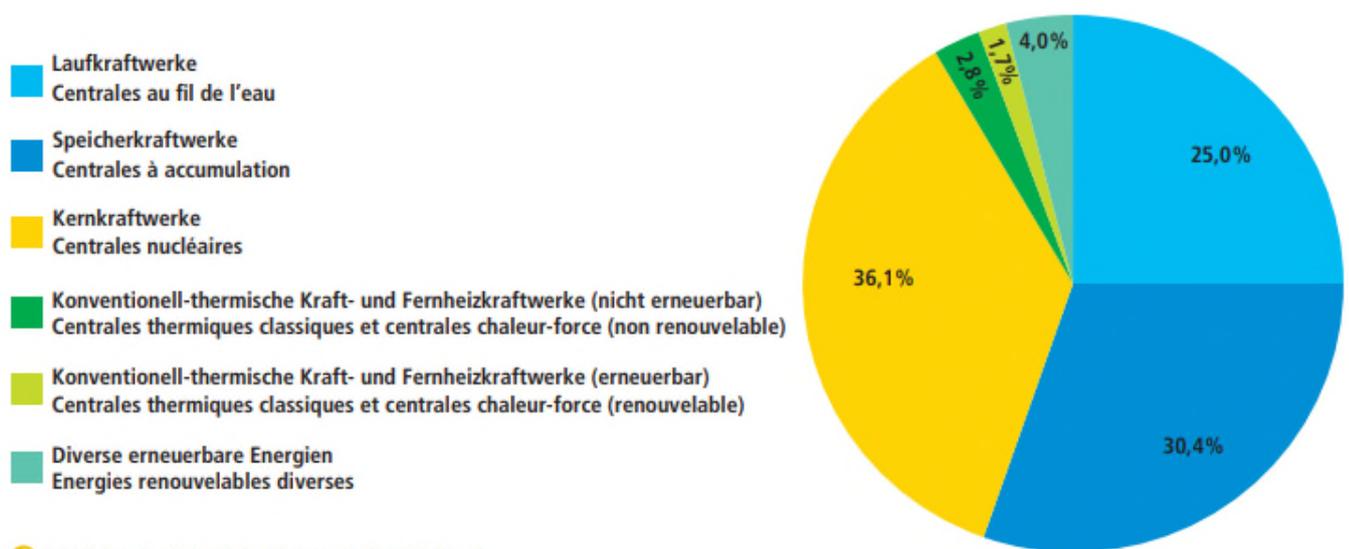
über Leitungen in Gebäude geleitet, die so beheizt werden. Ein anderer Teil wird für ein thermisches Mini-Kraftwerk genutzt.

Hast du gewusst, dass in den **Kehrichtverbrennungsanlagen** auch Wärme und Strom erzeugt werden? Wenn die Abfälle in den grossen Brennöfen verbrannt werden, entsteht viel Wärmeenergie. Etwa zwei Drittel kann als Fernwärme abgegeben werden und rund ein Drittel wird in Strom umgewandelt. Auch die Kernkraftwerke Gösgen und Beznau liefern Fernwärme.

Die Wärme aus dem Erdinneren lässt sich ebenfalls nutzen. Das nennt man **Geothermie**. Wie du weisst, herrschen im Innern der Erde sehr hohe Temperaturen. Mit Erdsonden und Wärmepumpen holt man nun diese Wärme herauf und kann so die Häuser beheizen. Mit dieser natürlichen Erdwärme elektrischen Strom zu produzieren, ist aufwendig und die Technologie hierzulande noch nicht ausreichend erprobt. Bislang gab es in der Schweiz erst zwei Versuche, in Basel und St. Gallen, die allerdings abgebrochen wurden, da die Bohrung jeweils kleinere Erdbeben verursachte. Trotzdem wird der Geothermie ein grosses Potenzial für die Zukunft vorausgesagt.

In der Schweiz sorgen hauptsächlich Wasserkraftwerke und Kernkraftwerke für eine ausreichende Stromversorgung.

## Der Schweizer Produktionsmix 2018



© BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2018 (Fig. 1)  
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2018 (fig. 1)

# Verschiedene Kraftwerke

Arbeitsblatt



4/13

## Aufgabe:

Trage die Angaben der Grafik in diese Tabelle ein. Fass das Lauf- und das Speicherkraftwerk als Wasserkraftwerk zusammen und ordne der Grösse nach.

Bezeichnung	prozentualer Anteil an der Schweizer Stromproduktion	gerundet
1.		
2.		
3.		
4.		
	<b>Total:</b>	

*Die verschiedenen Kraftwerke oder die verschiedenen Stromgewinnungsanlagen sind untereinander nicht austauschbar. Das bedeutet, dass jedes andere Eigenschaften hat und jedes auch je nach Strombedarf eingesetzt werden muss.*

*Denn: Wir brauchen im Laufe eines Tages nicht immer gleich viel Strom!*

# Verschiedene Kraftwerke

Arbeitsblatt



5/13

## Aufgabe:

Schreibe deine Einschätzungen auf, wann wir viel und wann wir wenig Strom im Laufe eines Tages verbrauchen. Schreibe Beispiele dazu.

Am Morgen zwischen 6 Uhr und 8 Uhr braucht es \_\_\_\_\_ Strom, weil

---



---

In der Mittagszeit braucht es \_\_\_\_\_ Strom, weil

---



---

Am Feierabend braucht es \_\_\_\_\_ Strom, weil

---



---

In der Nacht braucht es \_\_\_\_\_ Strom, weil

---



---

## Aufgabe:

Fülle die Lücken mit nachfolgenden Wörtern.

*frieren ; Winter ; Lichter ; Sommer ; dunkel*

Im \_\_\_\_\_ brauchen wir mehr Strom als im \_\_\_\_\_. Es wird früher \_\_\_\_\_ und wir müssen die \_\_\_\_\_ einschalten. Zudem wollen wir ja nicht \_\_\_\_\_ und stellen unsere Heizung an.

# Verschiedene Kraftwerke

Arbeitsblatt

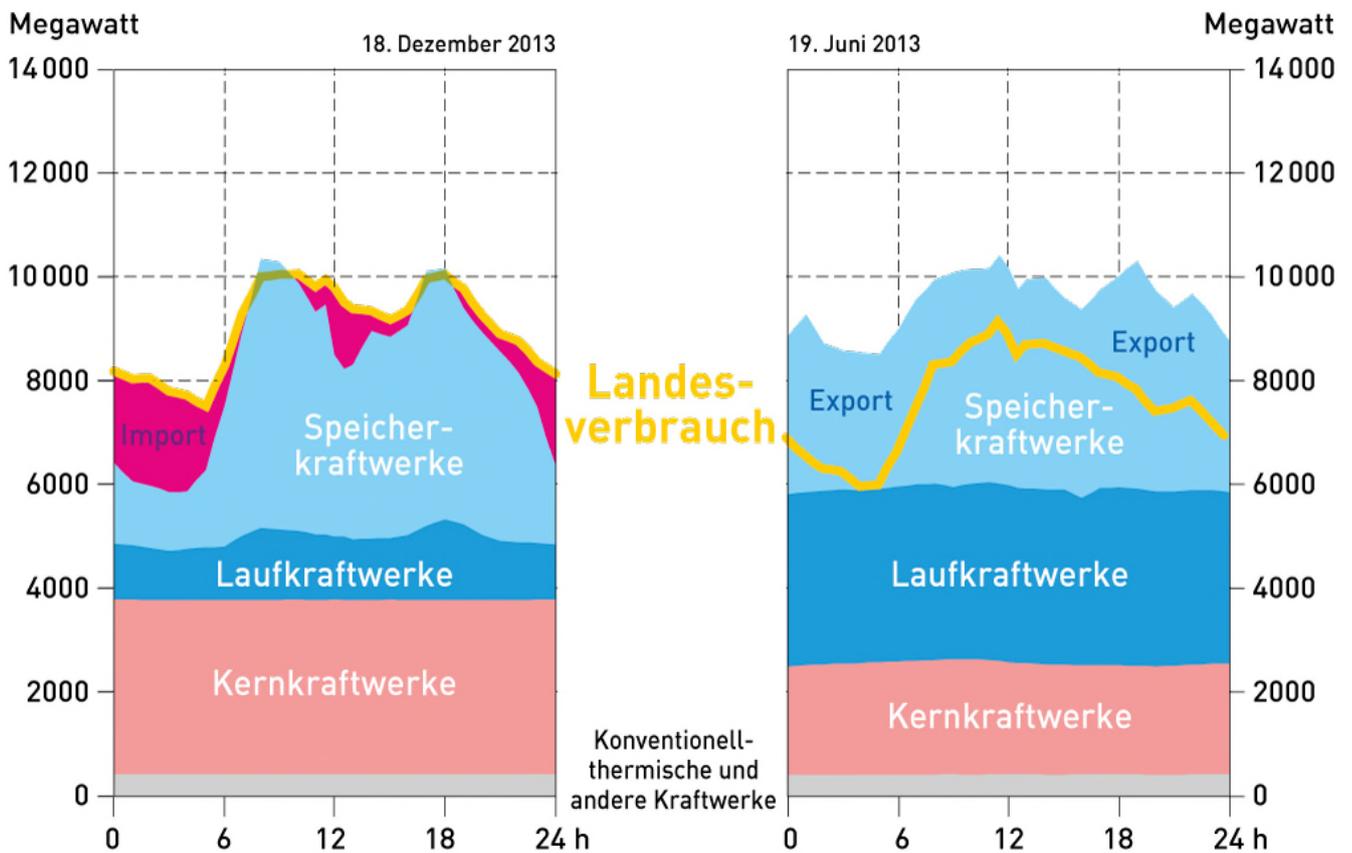


6/13

## Aufgabe:

Kannst du auf dieser Grafik ablesen, um welche Uhrzeit wir am meisten Strom brauchen und wann am wenigsten? Wie erklärst du dir diese Schwankungen? Schreib deine Antwort unten auf die Linien.

## Typischer Tagesgang von Stromproduktion und Stromverbrauch in der Schweiz



Quelle: BFE, Elektrizitätsstatistik

© 2018 Nuklearforum Schweiz

Meine Antwort:

---



---



---



---



---

# Verschiedene Kraftwerke

Arbeitsblatt



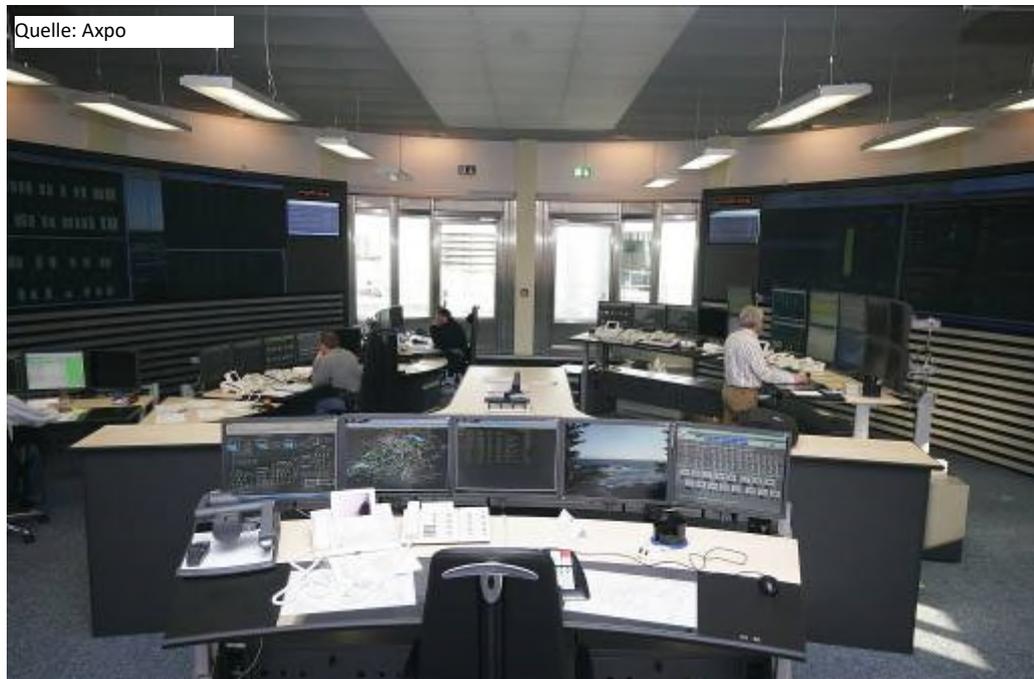
7/13

Wir können nun die verschiedenen Kraftwerke folgendermassen einteilen:

Immer gleich viel Strom liefern können die Kernkraftwerke, die Laufkraftwerke und die Kehrichtverbrennungsanlagen. Man sagt auch, sie produzieren **Bandstrom oder Grundlast**. Speziell für die Zeiten mit erhöhtem Strombedarf (z. B. zur Mittagszeit) liefern sogenannte Speicherkraftwerke zusätzlichen Strom. Das sind Stauseen, in denen Wasser zur Stromerzeugung gespeichert ist. Es wird bei Bedarf auf Turbinen geleitet und so zur Stromerzeugung genutzt. Diese Art Strom nennt man **Spitzenstrom**. Speicherkraftwerke sind also eine indirekte Art, Strom zu speichern.

Aber:

*Strom lässt sich nicht direkt speichern! Das heisst, Strom muss stets zu dem Zeitpunkt produziert und in die Stromleitungen gebracht werden, wenn wir ihn brauchen. Umgekehrt muss in den Stromleitungen immer so viel Strom fließen, wie gerade gebraucht wird. Das Stromnetz muss also stets in einem Gleichgewicht sein. Geraten Produktion und Verbrauch aus der Balance, bricht die Stromversorgung zusammen. Diese spannende und manchmal auch hektische Jonglierarbeit übernehmen die Netzleitstellen in den Elektrizitätswerken.*



Hier siehst du das Bild der Energie- und Netzleitstelle der Axpo AG in Baden:

Sieht ein bisschen aus wie in einem Raumschiff, nicht wahr? Es ist der Kommandoraum der Netzleitstelle. Hier wird rund um die Uhr konzentriert gearbeitet. Je nach Strombedarf wird mehr oder weniger Strom in die verschiedenen Stromleitungen gespiesen.

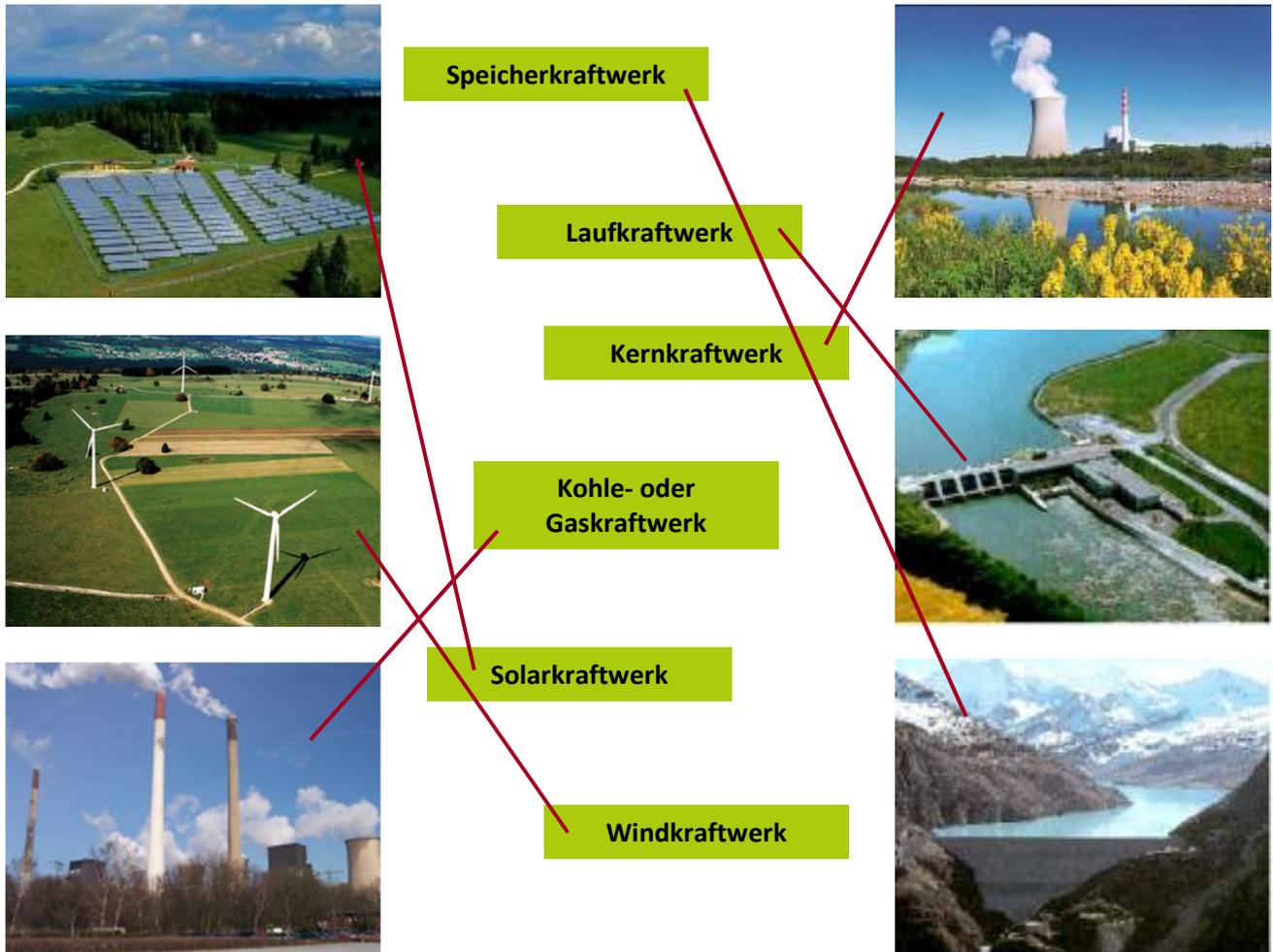
# Verschiedene Kraftwerke

Lösungsblatt



8/13

## Lösungen:



Bezeichnung	prozentualer Anteil an der Schweizer Stromproduktion	gerundet
1. Wasserkraftwerke	<b>56.5 %</b>	57 %
2. Kernkraftwerke	<b>37.9 %</b>	38 %
3. Kehrlichtverbrennungsanlagen	<b>1.9 %</b>	2 %
4. Sonne, Wind, Biomasse	<b>3.8 %</b>	4 %
	<b>Total: 100 %</b>	

# Verschiedene Kraftwerke

Lösungsblatt



9/13

Am Morgen zwischen 6 Uhr und 8 Uhr braucht es **viel** Strom, weil  
**Aufstehen / Badezimmer / Küche / öffentlicher Verkehr / Arbeitsbeginn etc.**

In der Mittagszeit braucht es **viel** Strom, weil  
**Kochen / öffentlicher Verkehr**

Am Feierabend braucht es **viel** Strom, weil  
**Feierabendverkehr / kulturelle Veranstaltungen / Beleuchtung**

In der Nacht braucht es **wenig** Strom, weil  
**Schlafen / Nachtruhe**

Im **Winter** brauchen wir mehr Strom als im **Sommer** Es wird früher **dunkel** und wir müssen die  
**Lichter** einschalten. Zudem wollen wir ja nicht **frieren** und stellen unsere Heizung an.

## Stromproduktion im Tagesverlauf:

Mittags um **12 Uhr** braucht es am **meisten** Strom (knapp 10 000 MW) und morgens zwischen **4 Uhr**  
**und 5 Uhr** am **wenigsten** (ungefähr 4800 MW).

# Verschiedene Kraftwerke

Informationstext



10/13

## Die Leistungen der verschiedenen Kraftwerke

Ein Kraftwerk stellt eine Leistung zur Verfügung. Die Leistung wird in Watt, Kilowatt oder Megawatt angegeben.

<b>1000 Watt</b>	=	<b>1 Kilowatt</b>
<b>1000 Kilowatt</b>	=	<b>1 Megawatt</b>

Kernkraftwerk	500 bis 1500 Megawatt
Kohlekraftwerk	500 bis 1500 Megawatt
Gas- und Dampfturbinenkraftwerk	80 bis 800 Megawatt
Flusskraftwerk	100 bis 400 Megawatt
Windturbine	2,5 bis 5 Megawatt
Stade de Suisse	850 Kilowatt

Die Leistung sagt nichts darüber aus, wie viel Strom eine Anlage auch wirklich erzeugt. Denn das kann auch von anderen Faktoren abhängen, beispielsweise vom Wetter. Es kommt also nicht nur auf die Leistung an, sondern auch auf den sogenannten Kapazitätsfaktor. Tönt ziemlich kompliziert ... ist es aber nicht.

Ein Vergleich zwischen einem Kraftwerk und einem Auto kann das zeigen: Wenn ein Auto 200 PS hat, ist dies noch keine Aussage darüber, wie schnell oder wie viele Kilometer es insgesamt fahren kann. Wenn man wissen will, wie viel Strom eine Anlage erzeugen kann, muss man wissen, an wie vielen Stunden pro Jahr die Anlage mit maximaler Leistung Strom produziert. Oder präziser ausgedrückt: Um zu wissen, welche Arbeit mit der Anlage verrichtet werden kann, muss man ihre **Verfügbarkeit** kennen. Das ist der **Kapazitätsfaktor**.

Verfügbarkeit der verschiedenen Kraftwerkstypen	Kapazitätsfaktor
Kernkraftwerk: 8000 Stunden pro Jahr	0,8 bis 0,9
Kohlekraftwerk: 8000 Stunden pro Jahr	0,8 bis 0,9
Gas- und Dampfturbinenkraftwerk: 8000 Stunden pro Jahr	0,8 bis 0,9
Flusskraftwerk: 4000 Stunden pro Jahr (abhängig von Niederschlagsmenge)	0,5
Windturbine: 1750 bis 3500 Stunden pro Jahr, abhängig vom Standort der Turbine (Inland, Ufer, Meer) und der Windhäufigkeit	0,2 (Land) bis 0,4 (Meer)
Solaranlage: 1000 Stunden pro Jahr, abhängig von der Sonneneinstrahlung	0,12

# Verschiedene Kraftwerke

Informationstext



11/13

Das Verhältnis von Leistung und Arbeit lässt sich mathematisch ausdrücken:

**„Leistung mal Zeit = Arbeit“**

## Rechenbeispiel

### **Kernkraftwerk Gösgen**

1000 Megawatt Leistung, Verfügbarkeit: 8000 Stunden pro Jahr

8000 Stunden x 1000 Megawatt =

8'000'000 Megawattstunden Strom

(8'000'000'000 Kilowattstunden)

### **Windturbine an der Nordsee mit optimalem Standort**

5 Megawatt Leistung, Verfügbarkeit: 3500 Stunden pro Jahr

3500 Stunden x 5 Megawatt =

17 500 Megawattstunden Strom

(17'500'000 Kilowattstunden)

# Verschiedene Kraftwerke

Informationstext



12/13

**Aufgabe:** Rechne nun selber aus! (ein Jahr hat 8760 Stunden)

**Windturbine in den Jurabergen der Schweiz. Rechne mit Minimalwerten, da die Windbedingungen in der Schweiz nicht optimal sind.**

**2,5 Megawatt Leistung, Verfügbarkeit: 1750 Stunden pro Jahr**

---

**„Stade de Suisse“**

**Das Stade de Suisse hat auf der Fläche von 12'000 m<sup>2</sup> eine installierte elektrische Leistung von 850 Kilowatt und erzeugt im Jahr durchschnittlich 700 Megawattstunden (700'000 Kilowattstunden) Strom. An wie vielen Stunden im Jahr hat die Anlage mit Maximalleistung Strom produziert?**

---

Im Durchschnitt werden in der Schweiz pro Kopf über 8000 Kilowattstunden Strom pro Jahr verbraucht. (Damit ist der Eigenverbrauch und der Verbrauch der Industrie, des Gewerbes, der Landwirtschaft und des Verkehrs gemeint.)

Ein eindrückliches Beispiel dazu:

**Das Kernkraftwerk Gösgen (KKG) versorgt eine Million Menschen. Zuverlässig und planbar. Eine Windturbine in der Schweiz versorgt 500 Menschen. Aber niemand weiss genau, wann. Das Stade de Suisse kann Strom für 91 Menschen produzieren. Auch dieser Strom entsteht nicht nach Plan.**

**Wie viele Windturbinen braucht es, um so viele Menschen mit Strom zu versorgen wie das KKG?**

---

**Wie viele m<sup>2</sup> an Solarpanels braucht es, um so viel Strom zu erzeugen wie das KKG?**

---

# Verschiedene Kraftwerke

Lösungsblatt



13/13

## Lösungen:

### Windturbine in den Jurabergen der Schweiz

2,5 Megawatt Leistung, Verfügbarkeit: 1750 Stunden pro Jahr

**1750 Stunden x 2,5 Megawatt = 4375 Megawattstunden Strom**

(4'375'000 Kilowattstunden)

### Stade de Suisse

Das Stade de Suisse hat eine installierte elektrische Leistung von 850 Kilowatt und produziert im Jahr durchschnittlich 700 Megawattstunden (700'000 Kilowattstunden) Strom.

An wie vielen Stunden im Jahr hat die Anlage mit Maximalleistung produziert?

**700'000 Kilowattstunden : 850 Kilowatt = 823 Stunden**

### Windturbinen im Vergleich zu KKG

1'000'000 Menschen versorgt das KKG, 500 eine Windturbine.

Wie viele Windturbinen erzeugen zusammen gleich viel Strom wie das KKG?

**1'000'000 Menschen: 500 Menschen = 2'000 Windturbinen wären nötig. Dabei würde aber manchmal gar kein Strom, manchmal genügend und manchmal viel zu viel Strom erzeugt.**

### Solarpanels im Vergleich zu KKG

Das Stade de Suisse erzeugt auf 12'000 m<sup>2</sup> Strom für 91 Menschen.

Wie viel Fläche braucht es, um mit Solar Panels gleich viel Strom zu erzeugen wie das KKG?

**1'000'000 Menschen : 91 Menschen = 10'989 x 12'000 = 131'868'131 m<sup>2</sup>, d.h. 131 km<sup>2</sup>**

# Standorte der Kraftwerke

Lehrerinformation



1/5

<b>Arbeitsauftrag</b>	Die SuS lösen zu zweit die Arbeitsblätter. Im Plenum werden die Lösungen korrigiert oder verglichen. Die Zweiergruppen, die die Aufgabe schon gelöst haben, können noch weitere Kraftwerke in die Karte eintragen.
<b>Ziel</b>	Die SuS erfahren, in welchen Regionen die einzelnen Kraftwerkstypen stehen.
<b>Material</b>	Arbeitsblätter Schweizer Schulkarte Farbstifte, Schreibmaterial evtl. Computer mit Internetanschluss zur Recherche
<b>Sozialform</b>	Zweiergruppen Plenum
<b>Zeit</b>	45 Minuten

Zusätzliche  
Informationen:

- Die Arbeitsblätter den SuS als Hausaufgabe geben.
- Eine Übersicht über alle bestehenden, sich im Bau befindlichen und geplanten Kernkraftwerke weltweit findet man auf der Website [www.nuclearplanet.ch](http://www.nuclearplanet.ch).

# Standorte der Kraftwerke

Arbeitsblatt



2/5

**Aufgabe:** Arbeit mit der Schweizer Schulkarte gemäss nachfolgenden Anweisungen

## Kernkraftwerke der Schweiz

1. Trage die fünf Kernkraftwerke der Schweiz mit je einem gelben Punkt auf der Karte ein. Nummeriere diese Markierungen von 1 bis 5 und schreibe die Standorte in das Kästchen.
2. Zeichne mit einem roten Punkt eine der grössten Solaranlagen der Schweiz auf dem Migros-Verteilbetrieb im solothurnischen Neuendorf ein. Schreibe auch diesen Standort in das Kästchen.
3. Suche dir fünf Flusskraftwerke heraus und markiere ihre Standorte mit blauen Punkten. Nummeriere sie von 1 bis 5 und schreibe sie auf.
4. Suche in der Alpenregion nach Speicherkraftwerken. Mit Grün markierst du die Standorte. Das untere Beispiel darfst du gleich übernehmen! Zeichne noch vier weitere auf und schreibe sie auf.



*Speicherkraftwerk Grande Dixence im Wallis – mit 285 Metern Höhe ist diese Staumauer die höchste Betonstaumauer der Welt!*

Quelle: myschweizland.com

# Standorte der Kraftwerke

Arbeitsblatt



Kernkraftwerke

---

---

---

---

---

---

Flusskraftwerke  
(Auswahl)

---

---

---

---

---

---

weitere Kraftwerke:  
(Wind, KVA usw.)

---

---

---

---

---

---

die grösste  
Solaranlage der  
Schweiz

---

---

---

---

Speicherkraftwerke  
(Eine Auswahl)

---

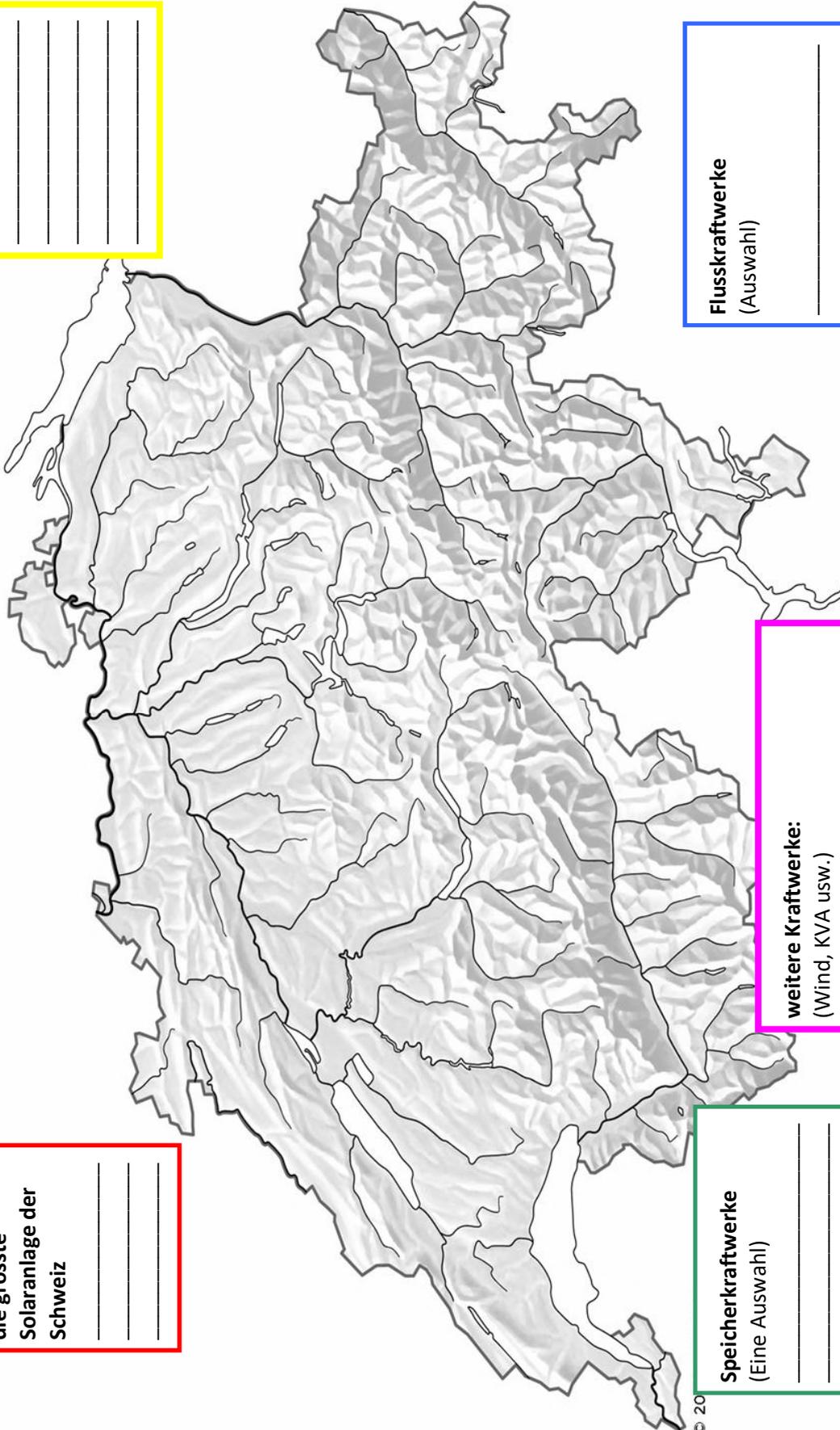
---

---

---

---

---



# Standorte der Kraftwerke

Lösungsblatt



## Lösungen:

### Kernkraftwerke

- Mühleberg BE
- Gösgen SO
- Leibstadt AG
- Beznau-1 und -2 AG

### Grosse Solaranlagen

- Stade de Suisse BE
- Migros Neuendorf SO
- Umwelt Arena Spreitenbach AG

### Wasserkraftanlagen der Schweiz

[www.bfe-gis.admin.ch/storymaps/WK\\_WASTA/index.php?lang=de](http://www.bfe-gis.admin.ch/storymaps/WK_WASTA/index.php?lang=de) (ganze Schweiz)

### Windpark

Mont Crosin BE

# Standorte der Kraftwerke

Lösungsblatt



## Kraftwerke in der Schweiz



**Wasserkraftwerke**

10 - 50 MW

50 - 100 MW

100 - 200 MW

über 200 MW

mit Anteil Ausland

**Thermische Kraftwerke**

▲ Konventionell-thermische Kraftwerke

● Kernkraftwerke

**Windkraftwerke**

▲ Windparks ab 10 MW

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Lehrerinformation



1/18

<b>Arbeitsauftrag</b>	Die Arbeitsblätter können in Gruppen oder im Plenum gelöst werden. Die Lernkontrolle kann als Test eingesetzt werden.
<b>Ziel</b>	Die SuS kennen den Satz der Energieumwandlung. Sie wissen, dass sich Kernkraftwerke von anderen Kraftwerken nur im primären Sektor (d. h. in der Art der Wärmeabfuhr) voneinander unterscheiden. Die SuS können erklären, wie ein Kernkraftwerk funktioniert. Sie wissen über die Vorgänge im Kernreaktor, im Maschinenhaus und im Kühlturm Bescheid.
<b>Material</b>	Arbeitsblätter Lösungsblätter
<b>Sozialform</b>	Plenum oder Gruppenarbeit
<b>Zeit</b>	45 Minuten

Zusätzliche  
Informationen:

- Kurze Informationen zu Siede- und Druckwasserreaktoren:  
[www.kernenergie.ch/de/akw-technik.html](http://www.kernenergie.ch/de/akw-technik.html)
- Informationen und Online-Angebote unter [www.kernenergie.ch](http://www.kernenergie.ch)
- Einfache Simulation zum Ansehen: die Kernspaltung im Reaktor:  
<https://www.kernenergie.ch/de/kernspaltung-content---1--1107--110.html>

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Arbeitsblatt

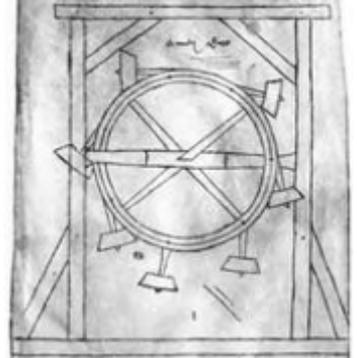


2/18

## Einleitung: Energieformen und Energieumwandlung

Unter dem Begriff Energie haben wir heute eine viel genauere Vorstellung als die Menschen in früheren Jahrhunderten. Damals wollten viele Forscher ein Perpetuum mobile bauen. Ein Perpetuum mobile ist eine Art Maschine, die sich selbst antreibt und nie stillsteht. Diese Maschinen funktionierten jedoch alle nicht, weil man die Eigenschaften von Energie noch nicht begriffen hatte.

*Verschiedene Forscher und Forscherinnen fanden erst später heraus: Energie lässt sich in andere Energieformen umwandeln, kann aber nicht aus dem Nichts erzeugt werden.*



Plan eines **Perpetuum mobile** von Villard de Honnecourt (um 1230)

Quelle: de.wikipedia.org

**Verschiedene Energieformen sind zum Beispiel:**

- elektrische Energie
- Wärmeenergie
- Lageenergie (= potenzielle Energie)
- chemische Energie
- Bewegungsenergie (= kinetische Energie)
- Lichtenergie



**Aufgabe:** Findest du zu den Energieformen das passende Bild?

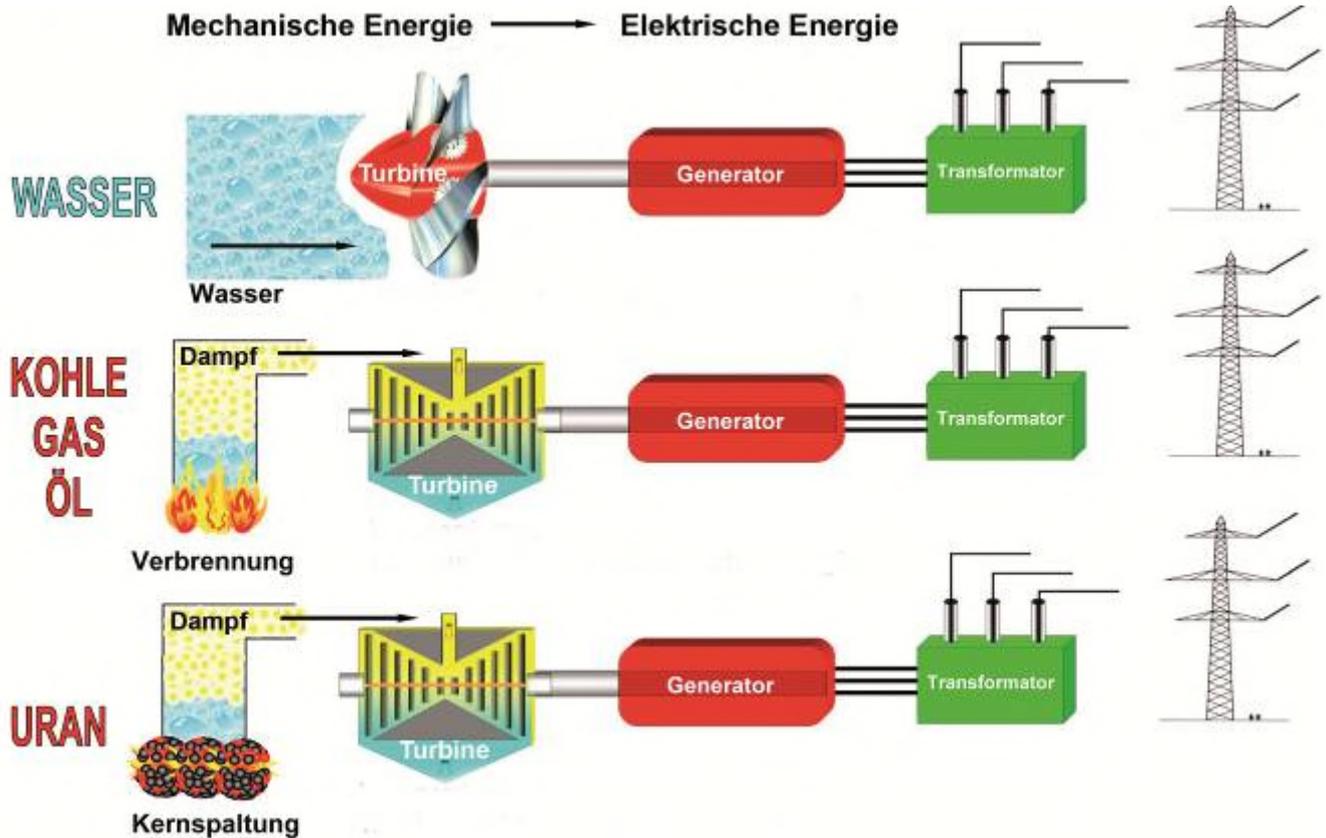
# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Arbeitsblatt



3/18

Wir haben das Thema „Energiequellen und Energieträger“ im Kapitel 2 behandelt. Du siehst auf dieser Darstellung, wie aus einem Energieträger (wie Wasser, Kohle, Gas, Öl oder Uran) durch Energieumwandlung Strom erzeugt wird:



## Aufgabe:

Was fällt dir auf? Schreibe auf.

Beschreibe auch den Weg, wie aus Wasser, den fossilen Brennstoffen (Kohle, Gas, Öl) und Uran Strom produziert wird.

---



---



---



---



---



---



---

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Lösungsblatt

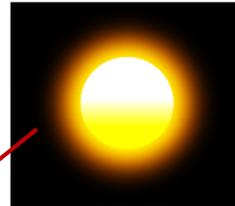


4/18

## Lösungen:

Verschiedene Energieformen sind zum Beispiel:

- elektrische Energie
- Wärmeenergie
- Lageenergie (= potenzielle Energie)
- chemische Energie
- Bewegungsenergie (= kinetische Energie)
- Lichtenergie



- Kraftwerke mit fossilen Brennstoffen und Kernkraftwerke produzieren Wasserdampf, der Dampfturbinen antreibt. Bei einem Wasserkraftwerk treibt die Kraft des Wassers die Turbinen an.
- Ab diesem Vorgang funktionieren die Kraftwerke genau gleich: Die Turbinen übertragen ihre Kraft auf die Generatoren, welche Strom produzieren und dann ins Stromnetz speisen.
- Die Energie aus den Atomkernen oder den fossilen Brennstoffen wird in elektrische Energie umgewandelt.
- Aus dem Höhenunterschied der Flüsse (Lage- oder potenzielle Energie) entsteht Bewegungsenergie und am Ende elektrische Energie.

**Hinweis LP: Zu der mechanischen Energie (vgl. Darstellung) zählt man die potenzielle und die kinetische Energie.**

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Informationstext



5/18

## Kernspaltung und Kernkraftwerk

Dass in Uran ein riesiges Energiepotenzial steckt, hast du schon gelernt. Was genau bei einer Kernspaltung passiert und wie ein Kernkraftwerk funktioniert, erfährst du jetzt.

Stell dir einen Teekessel als Kernreaktor vor.

Der Dampf wird auf die Turbine geleitet und versetzt sie in Drehbewegung. Durch die Drehung wird ein Generator angetrieben, der mit der Turbine verbunden ist. Der Generator wandelt die mechanische in elektrische Energie um.

Das Besondere der Kernenergie ist die Art und Weise, wie der nötige Dampf erzeugt wird.

Anstelle einer Herdplatte, die das Wasser zum Kochen bringt, funktioniert ein Kernkraftwerk mit sogenannten **Brennstäben**, die mit **Uran** gefüllt sind. Durch die Spaltung der Uranatomkerne wird enorm viel Wärme freigesetzt, die das Wasser erhitzt. Hundert und mehr solcher Brennstäbe werden zu einem Brennelement zusammengefasst. Ein Reaktor enthält je nach Grösse rund 120 bis 650 solcher Brennelemente.

Das Bild zeigt Uranerz, wie es in der Natur vorhanden ist. Dieses Uran wird künstlich angereichert. Warum? Was bedeutet das?

Es gibt verschiedene Sorten von Uran, die in der Natur nur gemischt vorkommen. Das Natururan enthält immer genau gleich viel unspaltbares (99,3%) und nur wenig (0,7%) spaltbares Uran, das für die Kernspaltung nötig ist. Deshalb fügt man spaltbares Uran hinzu, bis der Gehalt auf 4–5% steigt. Das nennt man Anreicherung.

Jetzt hat das Uran noch viel mehr Energie und eine kontrollierte Kettenreaktion wird möglich.

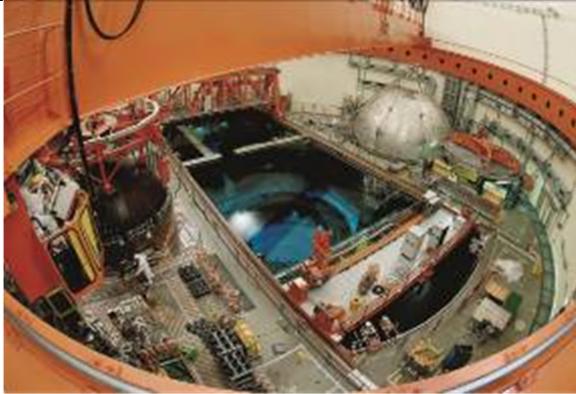


# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Informationstext



6/18



Blick in einen geöffneten Reaktor.

Quelle: Axpö



Im Reaktorgebäude während der Revision. Im Normalbetrieb ist das Reaktordruckgefäß (Mitte) geschlossen.

Quelle: Axpö



Hier werden gerade Brennelemente ausgewechselt.

Quelle: KKG

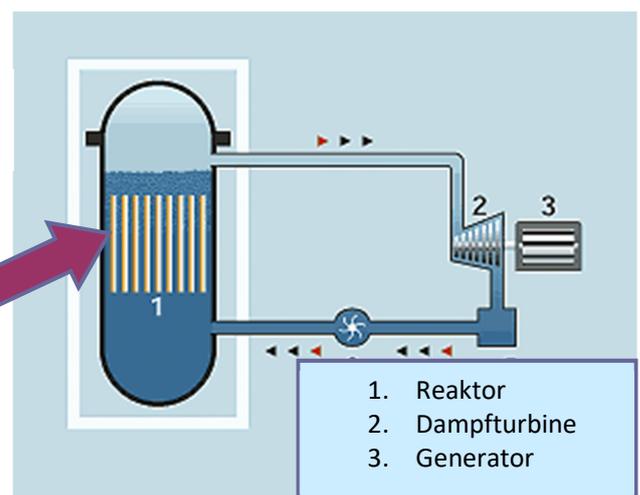


Ein einzelnes Brennelement mit Steuerstäben.

Quelle: KKG

Hier siehst du ein vereinfachtes Schema eines Siedewasserreaktors

Hier sind die Brennelemente.



1. Reaktor
2. Dampfturbine
3. Generator

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

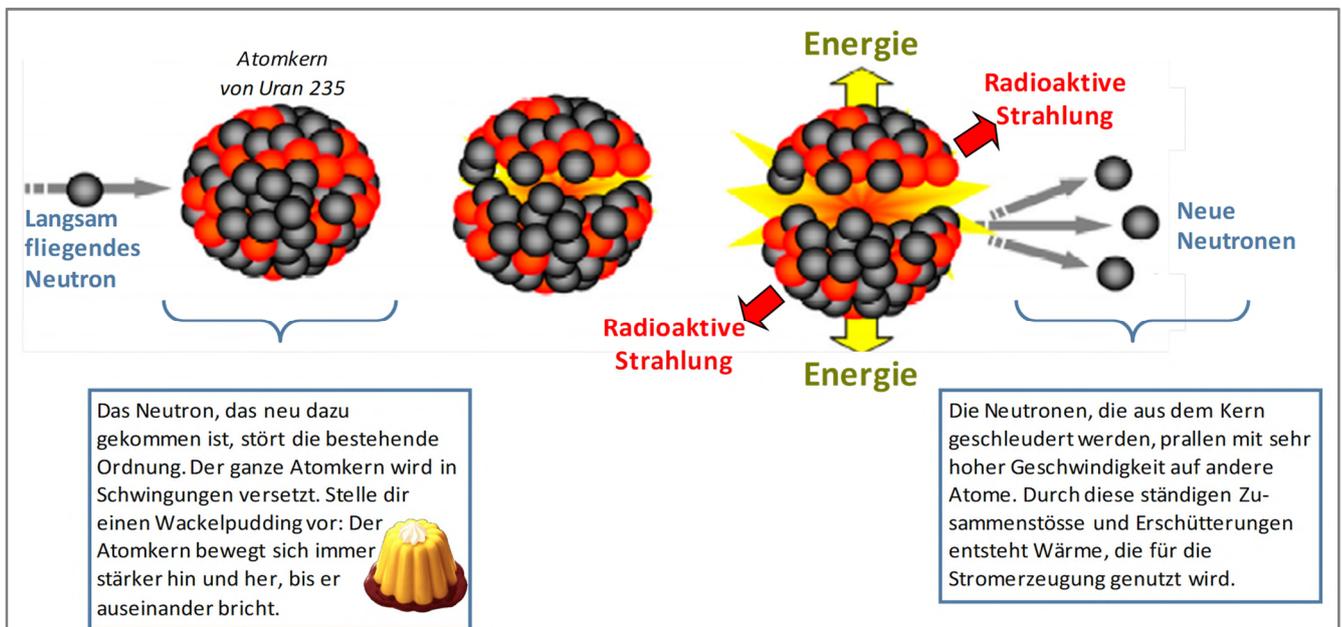
Informationstext



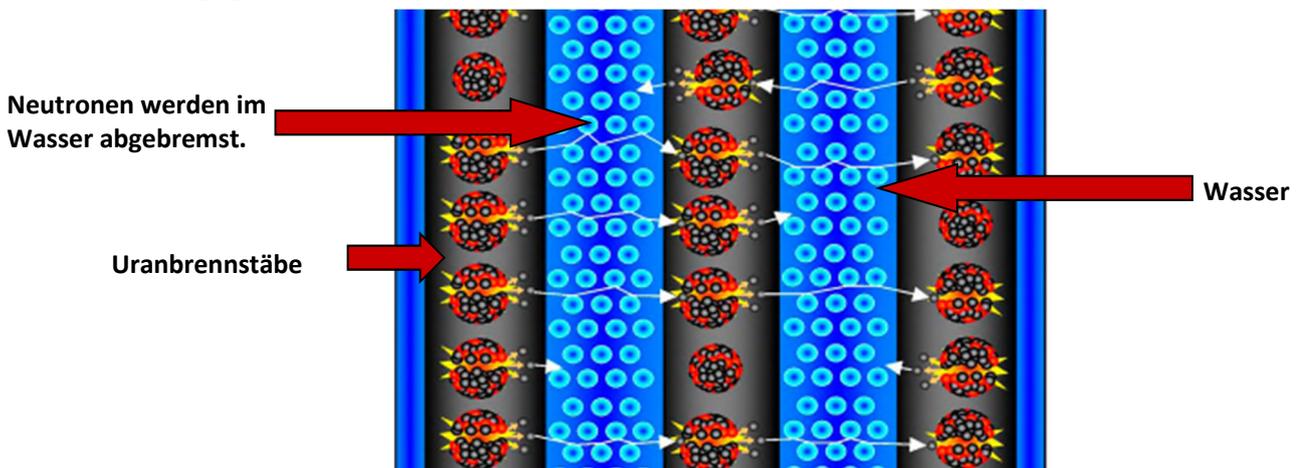
7/18

## Was passiert bei einer Kernspaltung?

Trifft ein **Neutron auf ein Uranatom**, löst es die Spaltung des Atomkerns in mehrere Teile aus. Denn der Atomkern „schluckt“ das Neutron, wird dadurch instabil und zerfällt. Dabei lösen sich neue Neutronen aus dem Kern. Diese spalten wiederum Uranatome, welche weitere Neutronen freisetzen. Die ganze Kernspaltung findet im **Wasser** statt, das zwei wichtige Funktionen hat: Erstens bremst es die Neutronen ab, sodass sie einen Kern spalten können. (Wäre das Neutron mit hoher Geschwindigkeit unterwegs, würde es einfach durch den Atomkern durchfliegen.) Zweitens erhitzt sich das Wasser durch die bei der Kernspaltung frei werdende Energie und der aufsteigende Dampf treibt dann die Turbinen an.



Diese **Kettenreaktion** geht so weiter, bis keine Atome mehr spaltbar sind. Bei der Spaltung wird **Wärme** abgegeben und das Wasser zwischen den Brennstäben wird erhitzt.



# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

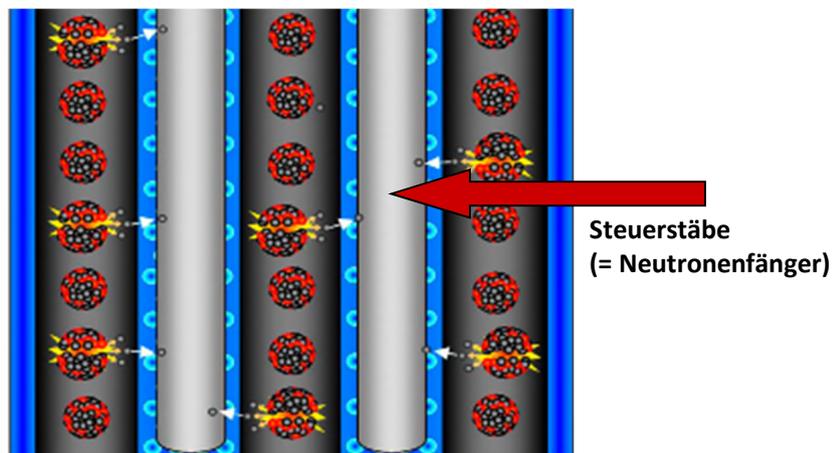
Informationstext



8/18

## Wie kann man die Kernspaltung steuern und die Leistung regulieren?

Man kann die Energieproduktion sehr gut steuern, indem man **Steuerstäbe** zwischen die Brennelemente im Reaktor einführt. Diese Stäbe bestehen beispielsweise aus Kadmium oder Bor. Das sind Stoffe, die Neutronen schlucken. Je tiefer man also die Steuerstäbe in den Reaktor schiebt, desto weniger Neutronen können Atomkerne spalten. Wenn man die Steuerstäbe komplett hineinführt, hört die Kernspaltung auf und die Energieproduktion wird unterbrochen. Im Notfall man kann Bor direkt ins Wasser schütten, um die Kernreaktion zu stoppen.



# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Arbeitsblatt



9/18

**Aufgabe:** Versuche, die nachfolgenden Fragen zu beantworten.

1. Schreibe den Satz der Energieumwandlung auf:

---

---

2. Beschreibe mit Stichworten die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen einem Kernkraftwerk und einem Wasserkraftwerk.

---

---

3. Was befindet sich im Reaktorkern?

---

4. Was ist in den Brennstäben?

---

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

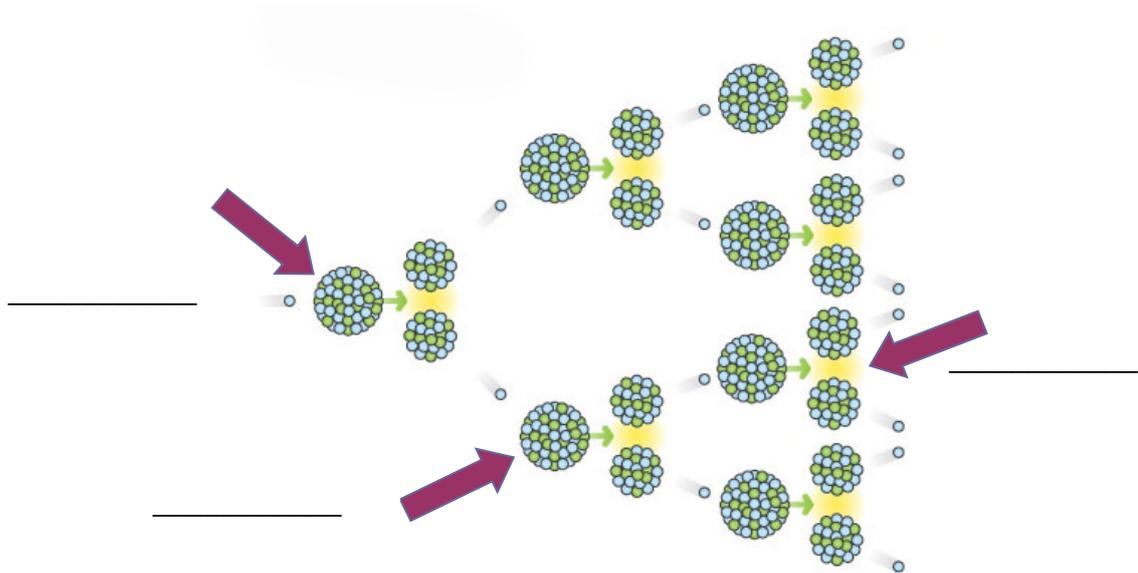
Arbeitsblatt



10/18

5. Beschrifte diese Darstellung:

Titel: \_\_\_\_\_



6. Was wird durch die Kernspaltung abgegeben?

\_\_\_\_\_

7. Das Wasser im Reaktorkern hat zwei Aufgaben. Welche?

\_\_\_\_\_

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Arbeitsblatt



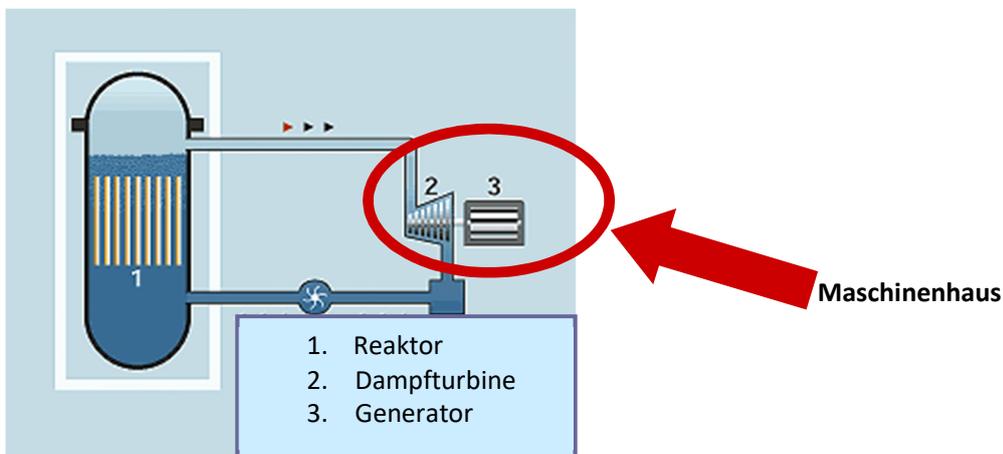
11/18

Fülle die Lücken mit nachfolgenden Wörtern.

## Aufgabe:

Dampf ; 3000 ; mechanische Energie ; Maschinenhaus ; transportfähig ; elektrische Energie ; Verbraucher ; Dynamos ; Generator ; Erhöhung ; Elektromagnete

## Was geschieht im Maschinenhaus?



Der im Reaktorteil des Kernkraftwerks erzeugte Dampf gelangt über Leitungen ins \_\_\_\_\_ . Hier befindet sich die Dampfturbine, die die Wärmeenergie des Dampfes in \_\_\_\_\_ umwandelt. Der heiße \_\_\_\_\_ treibt die Schaufeln der Turbine an und bringt diese mit \_\_\_\_\_ Umdrehungen pro Minute zum Drehen.



Dampfturbine

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Arbeitsblatt



12/18

Der \_\_\_\_\_ ist über eine starre Welle direkt mit der Turbine verbunden und wird von dieser angetrieben. Durch die rasche Drehung der auf der Welle befestigten \_\_\_\_\_ wird in den Wicklungen des Generators Strom erzeugt und damit die mechanische Rotationsenergie der Turbine in \_\_\_\_\_ umgewandelt. Es handelt sich hier um den gleichen Vorgang wie bei den \_\_\_\_\_ von Velos, nur ist die Leistung des Generators in Kernkraftwerken ungleich grösser. Der im Generator erzeugte elektrische Strom muss \_\_\_\_\_ gemacht und zum \_\_\_\_\_ geführt werden. Das geschieht durch die \_\_\_\_\_ der Spannung in Transformatoren beim Kernkraftwerk.



Generator



Transformator

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Lösungsblatt



13/18

## Lösungen:

1. Schreibe den Satz der Energieumwandlung auf:

Energie lässt sich in andere Energieformen umwandeln, kann aber nicht aus dem Nichts erzeugt werden.

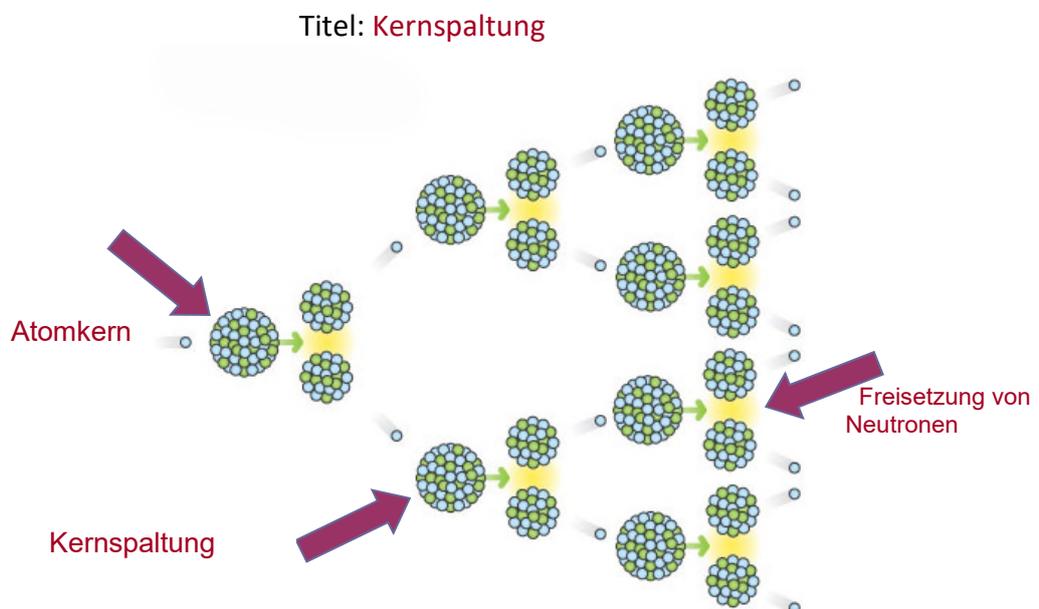
2. Beschreibe mit Stichworten die Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen einem Kernkraftwerk und einem Wasserkraftwerk.

Unterschiede: Wasserkraftwerke – Antrieb mit der Kraft des Wassers, Kernkraftwerk – Antrieb durch Wasserdampf, Gemeinsamkeiten: Turbinen übertragen ihre Kraft auf die Generatoren, welche Strom produzieren

3. Was befindet sich im Reaktorkern? **Brennstäbe**

4. Was ist in den Brennstäben? **Uran**

5. Beschrifte diese Darstellung:



6. Was wird durch die Kernspaltung abgegeben? **Energiemengen**

7. Das Wasser im Reaktorkern hat zwei Aufgaben. Welche?

Es macht die Neutronen langsamer / Das erhitzte Wasser treibt durch den aufsteigenden Dampf die Turbinen an.

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Lösungsblatt



14/18

## Was geschieht im Maschinenhaus?

Der im Reaktorteil des Kernkraftwerks erzeugte Dampf gelangt über Leitungen ins **Maschinenhaus**. Hier befindet sich die Dampfturbine, die die Wärmeenergie des Dampfes in **mechanische Energie** umwandelt. Der heisse **Dampf** treibt die Schaufeln der Turbine an und bringt diese mit **3000** Umdrehungen pro Minute zum Drehen.

Der **Generator** ist über eine starre Welle direkt mit der Turbine verbunden und wird von dieser angetrieben. Durch die rasche Drehung der auf der Welle befestigten **Elektromagnete** wird in den Wicklungen des Generators Strom erzeugt und damit die mechanische Rotationsenergie der Turbine in **elektrische Energie** umgewandelt. Es handelt sich hier um den gleichen Vorgang wie bei den **Dynamos** von Velos, nur ist die Leistung des Generators in Kernkraftwerken ungleich grösser. Der im Generator erzeugte elektrische Strom muss **transportfähig** gemacht und zum **Verbraucher** geführt werden. Das geschieht durch die **Erhöhung** der Spannung in Transformatoren beim Kernkraftwerk.

# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Informationstext



15/18

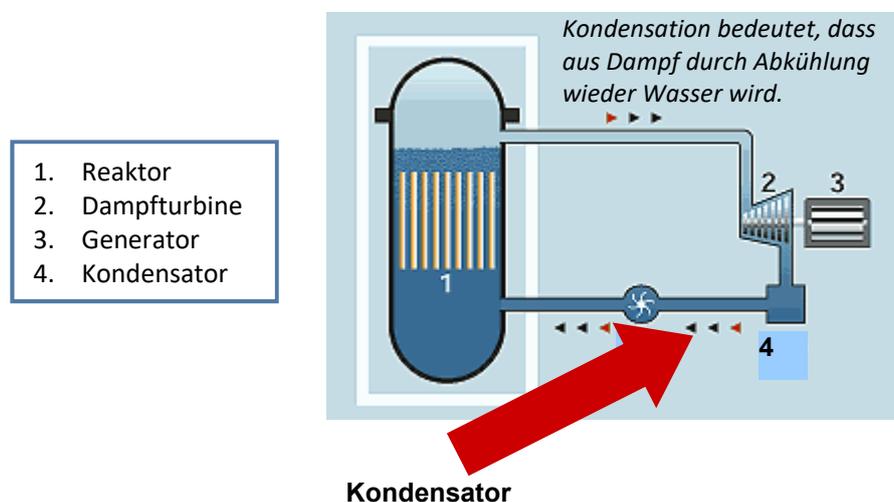
## Was sind die Funktionen des Kühlturms?

Die weither sichtbaren Kühltürme sind keine Besonderheit von Kernkraftwerken. Auch andere thermische Kraftwerke, z. B. Kohle- oder Gaskraftwerke, haben Kühltürme. Die Wolke, die dem Kühlturm eines Kernkraftwerks entsteigt, besteht aus reinem Wasserdampf. Sie ist also nicht mit Abgasen belastet, enthält keine Radioaktivität und auch kein klimaschädliches CO<sub>2</sub>.



Kernkraftwerk Leibstadt (KKL)

Alle thermischen Kraftwerke, ob mit Öl, Gas, Kohle oder Uran betrieben, können aus physikalischen Gründen nur einen Teil der erzeugten Wärme in elektrische Energie umwandeln. Der Rest muss als Abwärme abgeführt werden. Zu diesem Zweck wird der Dampf, nachdem er seine Energie an die Turbine abgegeben hat, in den **Kondensator** geleitet.



# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Informationstext



16/18

Im Kondensator wird der Dampf durch Kühlung in Wasser zurückverwandelt und wieder zur Dampferzeugung in den Kreislauf zurückgeführt.

Der Kühlturm ist nun dazu da, den Kondensator zu kühlen: Das im Kondensator erwärmte Kühlwasser gelangt über ein Kanalsystem in den Kühlturm und wird wie in einer riesigen Dusche versprüht. Von aussen dringt Luft in den Kühlturm ein. Form und Höhe des Kühlturms sorgen für einen Kamineffekt, sodass die Luft nach oben strömt.

Die herunterfallenden Wassertropfen geben ihre Wärme an den aufsteigenden Luftstrom ab. Bei diesem Vorgang verdunsten 2–3 % des Kühlwassers und bilden die charakteristischen Dampfwolken, die je nach Luftfeuchtigkeit, Temperatur und Windstärke mehr oder weniger gut sichtbar sind.



*So sieht es auf dem Boden des Kühlturmes aus. Das versprühte Kühlwasser wird im Kühlbecken gesammelt und zum Kondensator zurückgepumpt.*

*Quelle: KKG*

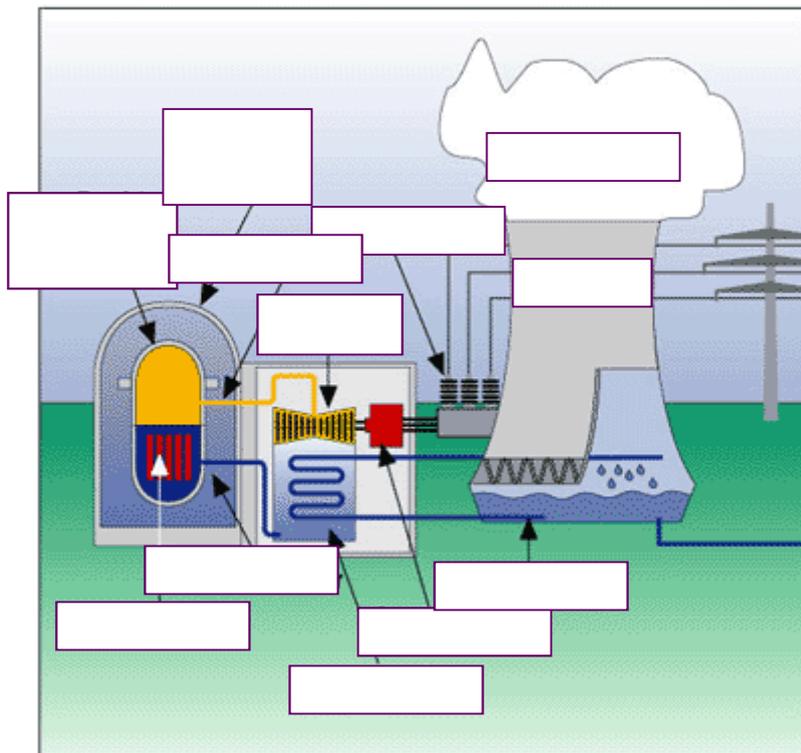
# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Arbeitsblatt



17/18

**Aufgabe:** Schreibe die richtigen Nummern in die leeren Kästchen.



- 1 Uranbrennstäbe
- 2 Kondensator
- 3 Kühlturm
- 4 Reaktorgebäude
- 5 Speisewasser
- 6 Generator

- 7 Dampfturbine
- 8 Wasserdampf
- 9 Reaktordruckgefäß
- 10 Transformator
- 11 Dampf
- 12 Kühlkreislauf

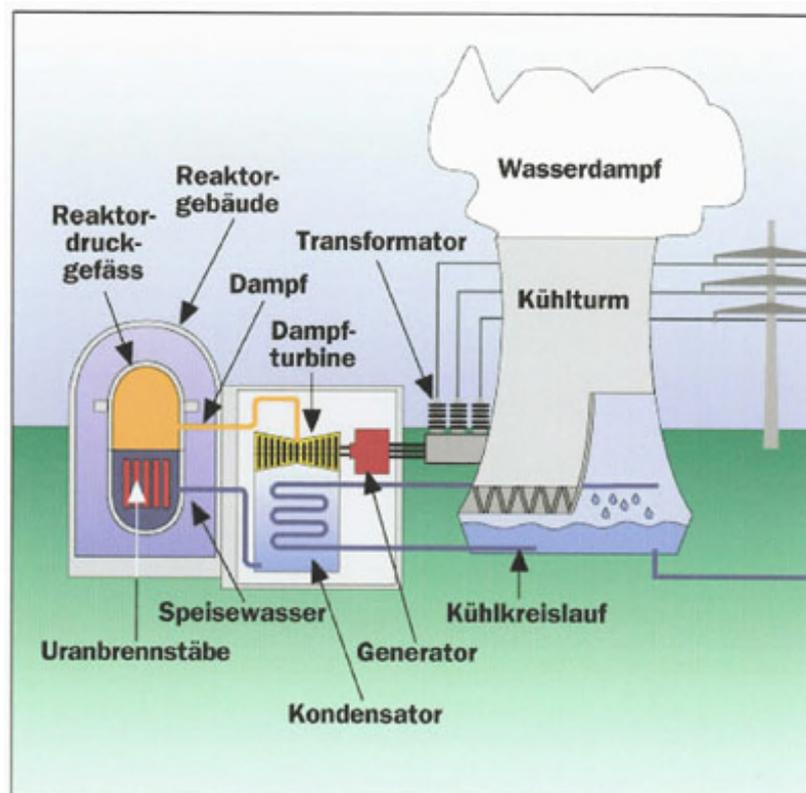
# Wie funktioniert ein Kernkraftwerk?

Lösungsblatt



18/18

Lösungen:



# Radioaktivität der Umwelt

Lehrerinformation



1/11

<b>Arbeitsauftrag</b>	Der einleitende Text auf Seite 2 wird im Plenum gelesen und besprochen. Die weiteren Arbeitsblätter können gut als Partnerarbeit gelöst werden. Anschliessend Korrektur der Lösungen mit der LP am Hellraumprojektor. Die Tabelle „Alles eine Frage der Wellenlänge“ dient als Übersicht.
<b>Ziel</b>	Die SuS wissen, dass uns natürliche Strahlung umgibt und wir selber strahlen. Sie erfahren, wie wir auch durch Nahrungsaufnahme Strahlung zu uns nehmen, und kennen einige Strahlungsaktivitäten verschiedener Lebensmittel. Die SuS lernen, dass Lebewesen unterschiedlich auf Strahlung reagieren. Sie kennen die Durchschnittszahlen der natürlichen Strahlung der Schweiz und punktuell Werte im Ausland
<b>Material</b>	Arbeitsblätter Lösungsblätter Übersicht „Alles eine Frage der Wellenlänge“
<b>Sozialform</b>	Plenum Partnerarbeit
<b>Zeit</b>	eine Lektion

Zusätzliche  
Informationen:

- Die SuS haben den Auftrag, zum einleitenden Text von Seite 1 Fragen aufzuschreiben und sie der Klasse zu stellen.
- die Ideen von Seite 6 einzeln der Klasse vorstellen und darüber diskutieren
- Informationen und Online-Angebote unter [www.kernenergie.ch](http://www.kernenergie.ch)
- Umfangreiche Informationen zu den verschiedenen Formen von Strahlung und Radioaktivität gibt es auf der Website des Bundesamtes für Gesundheit (BAG) [www.bag.admin.ch/](http://www.bag.admin.ch/)
- Die aktuellen Radioaktivitätsmesswerte der Nationalen Alarmzentrale (NAZ) findet man unter [www.naz.ch/de/aktuell/messwerte.html](http://www.naz.ch/de/aktuell/messwerte.html)

# Radioaktivität der Umwelt

Informationstext



2/11

## Leben mit radioaktiver Strahlung

Radioaktivität gibt es seit der Entstehung der Welt. Die Entwicklung des Lebens auf der Erde hat sich unter ständiger radioaktiver Strahlung vollzogen. Als einer von vielen Umweltfaktoren hat Strahlung sogar zu dieser Entwicklung beigetragen.

Mit dem Zähmen des Feuers lernte der Mensch erstmals, Wärme- und Lichtstrahlen zu nutzen. Heute gibt es für diese und viele andere verschiedene Strahlenarten einschliesslich ionisierender Strahlen eine Vielzahl von nützlichen Anwendungen. Strahlen sind nicht nur allgegenwärtig in unserem Leben, sondern sie sind auch unverzichtbar.

Radioaktivität ist mit den Sinnen nicht wahrnehmbar und hat daher etwas Rätselhaftes an sich. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts entdeckte man, dass einige Elemente Strahlen aussenden. Diese Strahlen konnten undurchsichtige Materie durchdringen und beispielsweise Fotoplatten schwärzen. Später fand man heraus, dass die Strahlen aus dem Atomkern stammen, dem winzigen Zentrum im Innern der Atome, das aus Protonen und Neutronen besteht. Als radioaktiv werden Atomkerne bezeichnet, die sich von selbst in andere Atomkerne umwandeln und dabei Strahlung oder Teilchen aussenden. Dieses Phänomen wird radioaktiver Zerfall genannt.

Radioaktive Strahlung gibt es nicht erst, seit es Kernkraftwerke gibt. Alles Leben ist immer schon sogenannter ionisierender Strahlung ausgesetzt gewesen, also Strahlung, bei der kleinste elektrische Teilchen abgegeben werden. Ein Teil davon ist radioaktive Strahlung. Sie erreicht uns aus dem Weltall, der Erde, der Atmosphäre, der Nahrung und aus Baumaterialien (Granit und Beton).



*Die Sonne ist eine der bedeutendsten natürlichen Strahlenquellen. Auch wir selbst sind radioaktiv. In jeder Sekunde zerfallen im menschlichen Körper ein paar Tausend Atome und senden Strahlung aus.*

# Radioaktivität der Umwelt

Arbeitsblatt

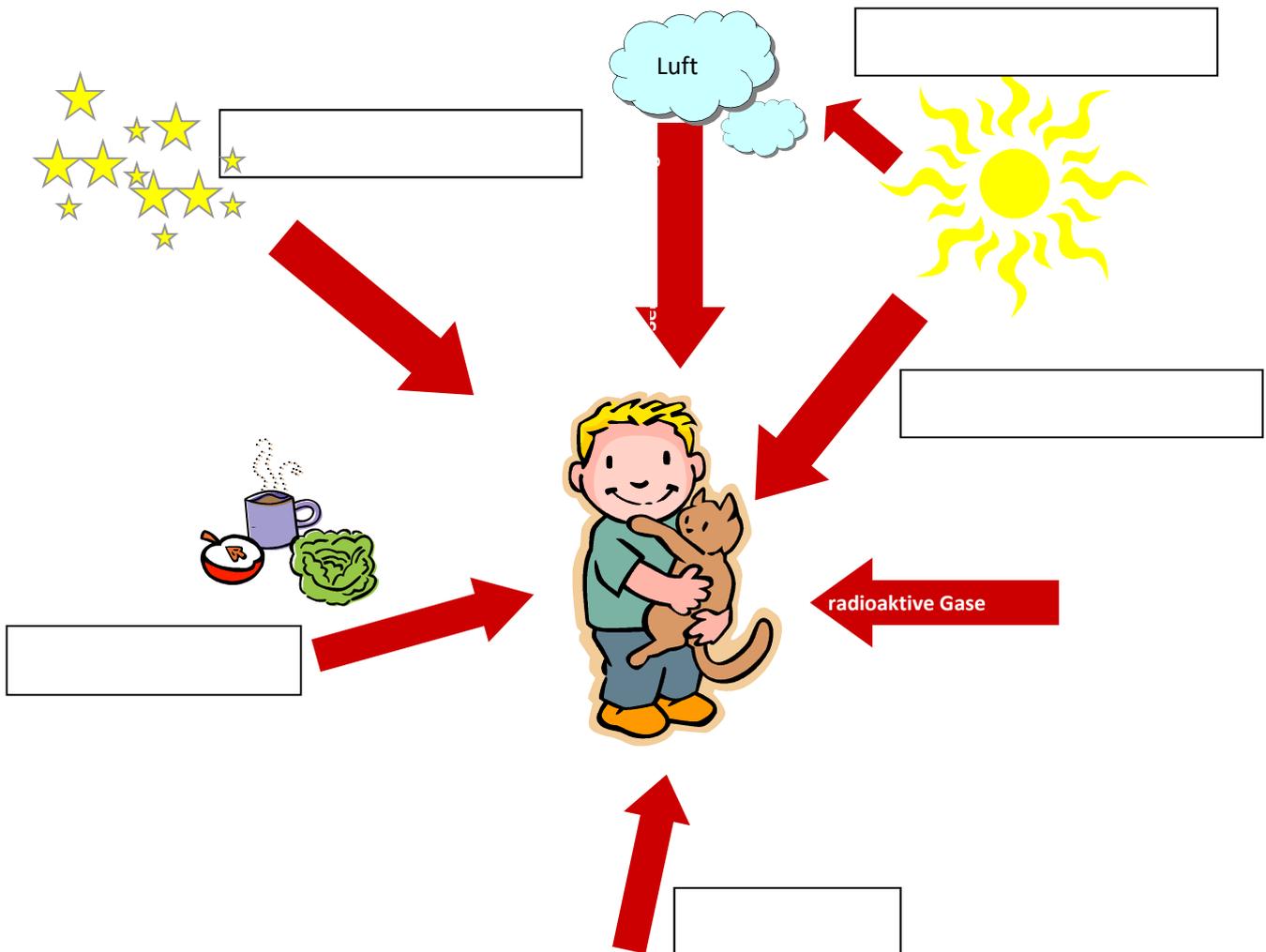


3/11

Setze folgende Bezeichnungen in die Lücken ein:

## Aufgabe:

kosmische Strahlung | Erdstrahlung (terrestrische Strahlung) | solare Strahlung | galaktische Strahlung | Nahrungsaufnahme



# Radioaktivität der Umwelt

Arbeitsblatt



4/11

Im Boden, im Wasser und in der Luft sind natürliche radioaktive Isotope vorhanden. Durch die Nahrung und die Atemluft gelangen diese Substanzen in die pflanzlichen und tierischen Organismen und letztlich auch in den Menschen.

**Aufgabe:** Schreibe ein eigenes Beispiel eines Stoffwechselforganges auf.

---



---



---



Auch im Wasser gibt es radioaktive Strahlung und in Bauten aus Beton oder Granit.

Die Strahlungsaktivität ist vor allem vom Kaliumgehalt der Nahrungsmittel, aber auch vom Blei- und Poloniumgehalt, abhängig:

**Aufgabe:** Ordne die Begriffe in der unten stehenden Tabelle (Spalte links) mit den Zahlen von 1 bis 10. 1 bezeichnet das strahlungsintensivste, 10 das strahlungärmste Nahrungsmittel.

Nahrungsmittel	Strahlungskraft pro kg Frischgewicht
Schweinefleisch	7,8
Kartoffeln	0,3
Mehl	1
Eier	370
Fisch	30
Erdnüsse	6,7
Paranüsse	80 bis 1320
Rinderleber	47
Milch	0,1

# Radioaktivität der Umwelt

Arbeitsblatt



5/11

## Wie Strahlen wirken – Unterschiede

Strahlung kann lebende Zellen schädigen, je nach Art, Stärke und Dauer der Bestrahlung. Extrem hohe Strahlendosen wirken tödlich. Bei stark bestrahlten Lebewesen hat man eine Häufung von Krankheiten wie Krebs und von Veränderungen der Erbanlagen festgestellt.

Die Wirkungen kleiner Dosen sind, falls überhaupt vorhanden, so gering, dass sie kaum ins Gewicht fallen; vor allem nicht neben anderen Faktoren wie Abgasen und Rauchen, die erwiesenermaßen gesundheitsschädlich sind.

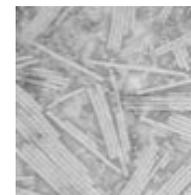
**Aufgabe:** Fülle die drei Lücken in unten stehender Tabelle. Gehe von den Daten des Menschen aus.

### Nicht alle Lebewesen sind gleich empfindlich.

Ein Vergleich: (Sterblichkeit von 50 % innerhalb von 30 Tagen)

Art	tödliche Dosis im Vergleich zum Menschen	tödliche Dosis in Millisievert <sup>1</sup>
Ziege	0.5 x	2400
Schwein	0.5 x	2500
Hund	0.5 x	2600
<b>Mensch</b>	<b>1</b>	<b>5000</b>
Maus	1.1 x	5600
Kaninchen	1.4 x	7000
Ratte	1.6 x	8000
Forelle		15'000
Fledermaus	30 x	150'000
Schnecke	40 x	
Wespe		1'000'000
Tabak-Mosaik-Virus*	400 x	2'000'000

*Diese Tiere vertragen nur die halbe Dosis eines Menschen.*



*TMV unter dem Elektronenmikroskop*

\* Das Tabak-Mosaik-Virus (TMV) ist ein Virus, welches Pflanzen, vor allem Tabak, aber auch Peperoni und Tomaten, infiziert.

<sup>1</sup> Sievert (Sv) ist die Masseinheit zur Angabe von Strahlenbelastung. Da ein Sievert einer relativ hohen Dosis entspricht, ist für gewöhnlich von Millisievert (mSv) die Rede.



# Radioaktivität der Umwelt

Informationstext



7/11

## Wie viel Strahlung sind wir im Jahr ausgesetzt? Denkanstösse

In jeder Sekunde unseres Lebens sind wir natürlicher Strahlung ausgesetzt. Sie dient zur Orientierung im sicheren Umgang mit Strahlung, wie sie in Medizin, Industrie, Forschung und Stromerzeugung eingesetzt und genutzt wird. Unter der natürlichen Strahlung versteht man die kosmische Strahlung, die terrestrische Strahlung und die Strahlung durch Nahrungsaufnahme.

Es gibt hauptsächlich zwei Masseinheiten für Strahlung: Was Objekte an Strahlung abgeben, misst man in Becquerel (ein radioaktiver Zerfall pro Sekunde). Was Lebewesen an Strahlung aufnehmen, wird hingegen in Sievert resp. Millisievert gemessen).

### Natürliche Strahlung in der Schweiz

Pro Jahr bekommt ein Mensch in der Schweiz durchschnittlich 1,1 Millisievert natürliche Strahlung



aus der Erde, dem Kosmos, der Nahrung und technischen Strahlenquellen ab (z.B. Reste der Atombombentests). Dazu kommen durchschnittlich 3,2 Millisievert an Strahlung aus Radon in Wohnräumen – Radon ist ein radioaktives Gas aus der Erde und aus Baumaterialien.

Wer sich beim Arzt oder im Spital röntgen lässt, ist zusätzlicher künstlicher Strahlung ausgesetzt. Je nach Grösse des Körperteils, das geröntgt werden muss,

erfährt man eine Dosis von 0,01 bis 4 Millisievert. Im Schweizer Durchschnitt sind das weitere 1,2 Millisievert pro Person. Insgesamt nimmt man in der Schweiz also ca. 5,6 Millisievert jährlich auf.

Es gibt aber Orte auf der Erde, da ist die natürliche radioaktive Strahlung deutlich höher als in der Schweiz: Im Schwarzwald in Deutschland, in einem Kurort unweit der Schweizer Grenze, beträgt sie jährlich 20 Millisievert pro Person, im indischen Kerala rund 80 Millisievert und in Ramsar im Iran gar bis zu 200 Millisievert. Auch dort leben ganz normal gesunde Menschen.

Wenn du mit dem Flugzeug nach Amerika und zurück fliegst, bist du einer Strahlung von bis zu 0,03 Millisievert ausgesetzt.

**Die zusätzliche Strahlung, der die Bevölkerung in der direkten Nachbarschaft von Kernkraftwerken ausgesetzt ist, entspricht mit ca. 0,001 Millisievert etwa einem Tausendstel der natürlichen Dosis – oder 30-mal weniger als bei einem Flug nach Amerika und sogar weniger als das Röntgen eines Zahns (0,005 MSv).**

Bei einer Krebstherapie wird der Tumorherd lokal mit einer Dosis bestrahlt, die 20'000 bis 80'000 Millisievert entspricht (Strahlen- oder Radiotherapie). Die behandelten Menschen leiden oft unter sehr starken Nebenwirkungen wegen der Bestrahlung. Aber bei einer tödlichen Krankheit wie Krebs werden diese Nebenwirkungen in Kauf genommen, wenn dadurch ein Leben gerettet werden kann.

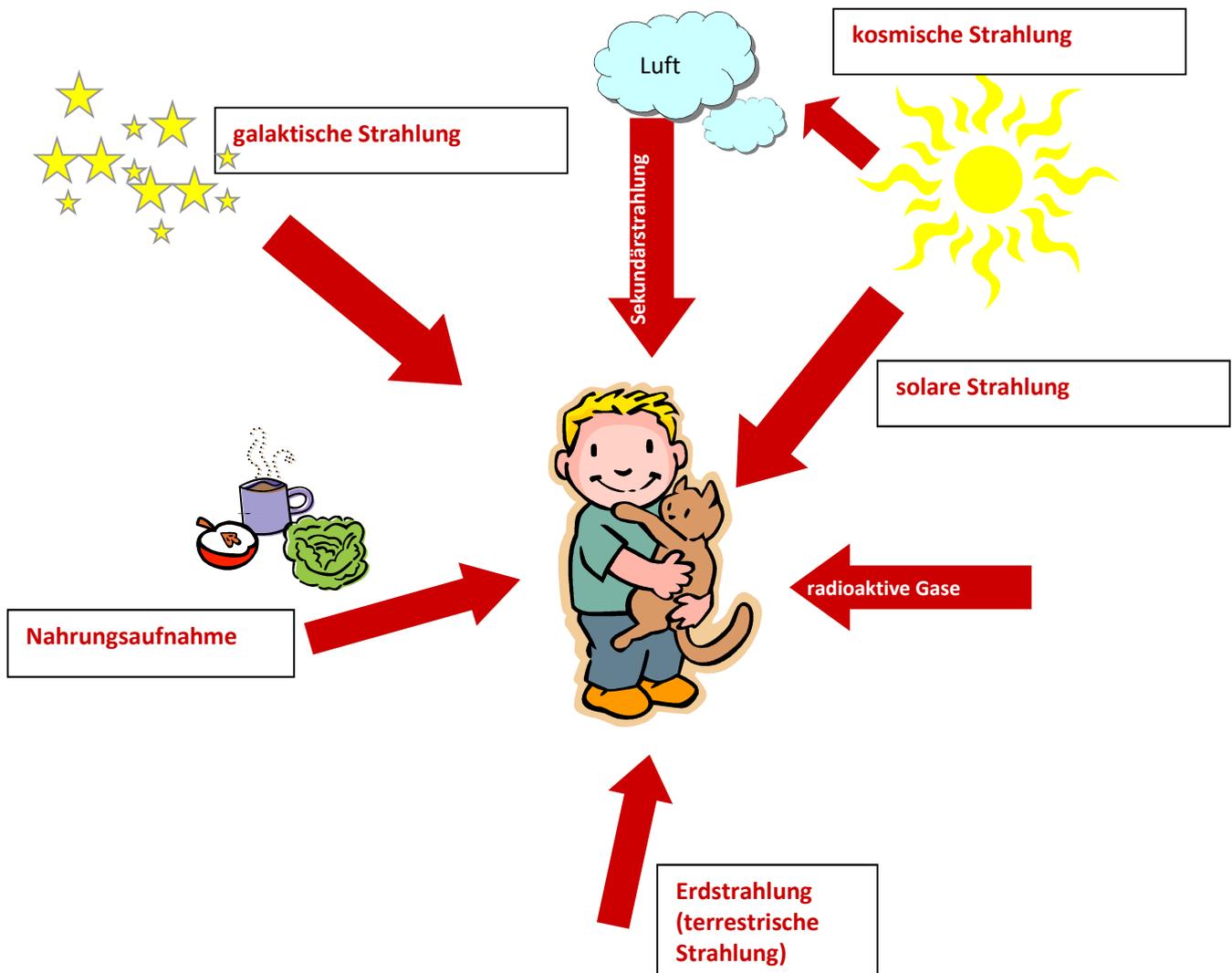
# Radioaktivität der Umwelt

Lösungsblatt



8/11

## Lösungen:



	Nahrungsmittel	Strahlungskraft pro kg Frischgewicht
5	Schweinefleisch	7,8
8	Kartoffeln	0,3
7	Mehl	1
2	Eier	370
4	Fisch	30
6	Erdnüsse	6,7
1	Paranüsse	80 bis 1320
3	Rinderleber	47
9	Milch	0,1

# Radioaktivität der Umwelt

Lösungsblatt



9/11

Art	tödliche Dosis im Vergleich zum Menschen	tödliche Dosis in Millisievert
Ziege	0.5 x	2400
Schwein	0.5 x	2500
Hund	0.5 x	2600
<b>Mensch</b>	<b>1</b>	<b>5000</b>
Maus	1.1 x	5600
Kaninchen	1.4 x	7000
Ratte	1.6 x	8000
Forelle	<b>3 x</b>	15'000
Fledermaus	30 x	150'000
Schnecke	40 x	<b>200'000</b>
Wespe	<b>200 x</b>	1'000'000
Tabak-Mosaik-Virus	400 x	2'000'000

## Info für die LP:

Heute sind 109 chemische Elemente bekannt.

Von diesen 109 chemischen Elementen sind rund 2500 Kern-Varianten (= Isotope) bekannt (Isotop = verschiedene Varianten eines chemischen Elementes. Sie sind chemisch identisch, unterscheiden sich aber in ihren physikalischen Eigenschaften).

Von diesen 2500 Isotopen sind 249 stabil, alle anderen sind instabil, d. h., sie zerfallen spontan und senden dabei radioaktive Strahlung (Alpha-, Beta- oder Gammastrahlung) aus.

Alphastrahlung: kann mit einem Papier vollständig abgeschirmt werden.

Betastrahlung: kann mit 15 Blatt Papier vollständig abgeschirmt werden.

Gammastrahlung: kann mit einer dickeren Bleiplatte abgeschwächt werden.

# Radioaktivität der Umwelt

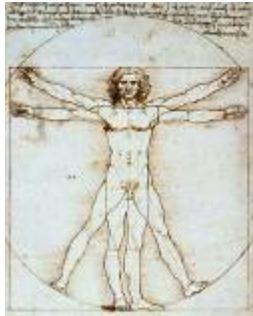
Übersicht



10/11



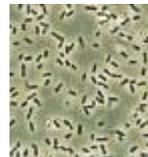
ein Hochhaus



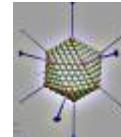
ein Mensch



eine Fliege



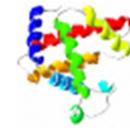
ein Einzeller



ein Virus



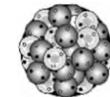
ein Protein



ein Molekül



ein Atom



ein Atomkern

Strahlen verbreiten sich mit wellenförmigen Bewegungen vorwärts. Manche Wellenbewegungen sind mit etwa 100 Metern sehr lang, wie z. B. die Radiowellen.

Hier siehst du alle Strahlen geordnet nach Wellenlänge im Überblick.



Sehr lange Wellen

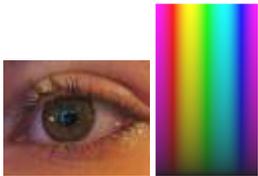
Extrem kurze Wellen

# Radioaktivität der Umwelt

## Übersicht



11/11

Radiowellen	Mikrowellen	Infrarot	sichtbares Licht	ultraviolett	Röntgenstrahlen	kosmische Strahlung
					Gammastrahlen	
Töne	Mikrowelle, Mobiltelefon	Wärme	Farben		Röntgen, Krebstherapie	
					Radioaktive Wellen können Materie je nach Strahlenart unterschiedlich stark durchdringen.	
						
<p>Wir Menschen besitzen nur für einen winzigen Ausschnitt des Wellenspektrums Sinnesorgane (Augen und Ohren), die uns die Wahrnehmung dieser Strahlenart erlauben. Für Infrarot-, Ultraviolett-, Röntgen-, Gamma- und kosmische Strahlung besitzen wir keine Sinnesorgane: Gleichwohl umgeben uns diese Strahlungsarten Tag und Nacht. Wir nehmen sie sogar über unsere Nahrung auf.</p>		<p>Infrarot erleben: Stell dich hinter ein von der Sonne beschienenes Fenster – hinter der Scheibe ist es wärmer als draussen. Weshalb? Das Fensterglas nimmt die Wärmestrahlung auf.</p>	<p>Die Farben des Lichts werden besonders schön sichtbar im Regenbogen. Denn die Regentropfen brechen und reflektieren das Sonnenlicht. Und der Himmel ist blau, weil die Atmosphäre blaues Licht aufgrund seiner kurzen Wellenlänge am stärksten streut.</p>	<p>Ultraviolettes Licht (UVA und UVB) macht schön braun. UVB ist für die Bildung von Vitamin D im Körper wichtig. Doch Vorsicht: Allzu viel ist ungesund. Ultraviolettes Licht kann vorzeitige Hautalterung und Hautkrebs verursachen.</p>	<p>Superman, der Mann mit dem Röntgenblick!</p> <p>Radioaktive Wellen kommen in der Natur vor. Wir selbst und auch unsere Nahrung sind in geringer Menge radioaktiv.</p> <p>Vor starker Strahlung muss man sich schützen – z. B. durch eine Bleischürze beim Röntgen, weil sonst Körperzellen geschädigt werden können.</p>	<p>Kosmische Strahlung führte bei den Fantastischen Vier zu Superkräften. In Wirklichkeit funktioniert das leider nicht.</p>

# Geschichte der Radioaktivität

Lehrerinformation



1/15

<b>Arbeitsauftrag</b>	Die Arbeitsblätter können gut als Partnerarbeit gelöst werden. Sie eignen sich jedoch auch als sinnvolle Hausaufgabe.
<b>Ziel</b>	Die SuS wissen, was Radioaktivität ist, und kennen Persönlichkeiten, die sie entdeckt und erforscht haben.
<b>Material</b>	Arbeitsblätter Lösungsblätter
<b>Sozialform</b>	Plenum Partnerarbeit Einzelarbeit
<b>Zeit</b>	45 Minuten

Zusätzliche  
Informationen:

- mit den Schülern die erwähnten Elemente auf einem Periodensystem herausuchen und markieren
- Bei <http://www.physikfuerkids.de/historie/curie/index.html> finden Sie ein ausführliches Porträt über Marie Curie, ihr Leben und Wirken.
- Bei [www.werkstatt-roentgen.de](http://www.werkstatt-roentgen.de) können die SuS Spannendes über das Leben von Conrad Röntgen erfahren. Interessant ist auch das „Kofferröntgen“ am interaktiven Flughafen!

# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



2/15

## Was ist Radioaktivität?

In der Natur gibt es mehr instabile als stabile Stoffe. Instabil bedeutet, dass ein Atomkern zu schwer ist oder dass ein Ungleichgewicht zwischen den Protonen und Neutronen besteht. Diesen instabilen Zustand möchten die Stoffe ändern und wandeln sich deshalb um. Man spricht auch von Zerfall. Durch die Umwandlung, resp. den Zerfall, entsteht ein neuer Stoff. Es kann aber auch eine ganze Umwandlungsreihe über verschiedene Stoffe entstehen! Z. B. geht vom Uran 238 die Uran-Radium-Zerfallsreihe über 18 Zwischenstufen, bis sie beim stabilen Blei 206 endet.

Einige Stoffe brauchen für ihre Umwandlung nur Sekunden, andere Millionen von Jahren. Das hängt von ihrer Aktivität ab.

*Radioaktivität ist ein spontaner Zerfall von Atomkernen unter Änderung*

- *der Masse*
- *der Kernladung*
- *und der Energie*

*Wenn die Atomkerne zerfallen, wird Strahlung frei.*



*Symbole für die Radioaktivität*

Man unterscheidet zwischen Alpha-, Beta- und Gammastrahlung.

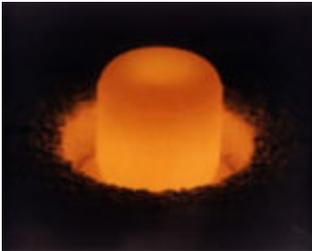
# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



3/15

## Alphastrahlung



Ein Plutonium-Pellet ( $^{238}\text{Pu}$ ) glüht aufgrund seines eigenen Zerfalls.

Treten aus einem zerfallenden Atomkern Teilchen mit der Struktur eines Heliumkerns aus (zwei Protonen und zwei Neutronen), so spricht man von Alpha-Strahlung. Sie hat in der Luft nur eine sehr geringe Reichweite von einigen Zentimetern und lässt sich leicht durch ein Blatt Papier abschirmen. Bei Aufnahme über verstrahlte Lebensmittel stellt sie jedoch eine Gefahr für den Körper dar. Das Element Plutonium (Pu) ist beispielsweise ein Alphastrahler.

## Betastrahlung

Bei Betastrahlung treten Elektronen aus dem zerfallenden Atomkern aus. Im Gegensatz zu Alphastrahlen dringen Betastrahlen in die Hautschichten des Menschen ein und wirken einige Meter durch die Luft. Die Gefährlichkeit der Betastrahlen beruht darauf, dass sie auf den Körper sowohl von aussen als auch von innen einwirken.

## Gammastrahlung

Gammastrahlen sind Röntgenstrahlung. Sie bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit und können fast alle Materialien durchdringen. Dicke Bleiplatten, Wasser und Erde können Gammastrahlung abschirmen. Durch zehn Zentimeter menschliches Gewebe geht diese Strahlung ungeschwächt hindurch. Gammastrahlung tritt fast immer gemeinsam mit Alpha- oder Betastrahlung auf. Die Menschen haben am meisten Angst vor Gammastrahlung. Das ist aber eigentlich nicht ganz richtig, denn es kommt darauf an, ob die Bestrahlung äusserlich oder innerlich ist:

- Eine äussere Bestrahlung ist z. B. das Röntgen. Diese Bestrahlung ist kurz, einmalig und für gewöhnlich unproblematisch. In einer sehr hohen Dosis kann sie aber tödlich sein.
- Bei einer inneren Bestrahlung wurde die Strahlenquelle durch das Essen oder die Luft aufgenommen. Die Alphastrahlung ist hier besonders problematisch. Denn Alphastrahlen sind relativ grosse Heliumkerne, die beim Aufprall die Zellen schädigen.

Im Vergleich mit den Alphastrahlen sind Gammastrahlen extrem kurzweilig. Sie durchdringen zwar die Materie, schädigen aber die Zellen weitaus weniger als die grossen Heliumkerne der Alphastrahlung.

*Stell dir vor, du wirst von einem harten Gummiball getroffen. So kannst du dir die Alphastrahlung vorstellen. Bei der Gammastrahlung ist es so, als ob du von einem winzigen Styroporbällchen getroffen wirst.*

# Geschichte der Radioaktivität

Arbeitsblatt

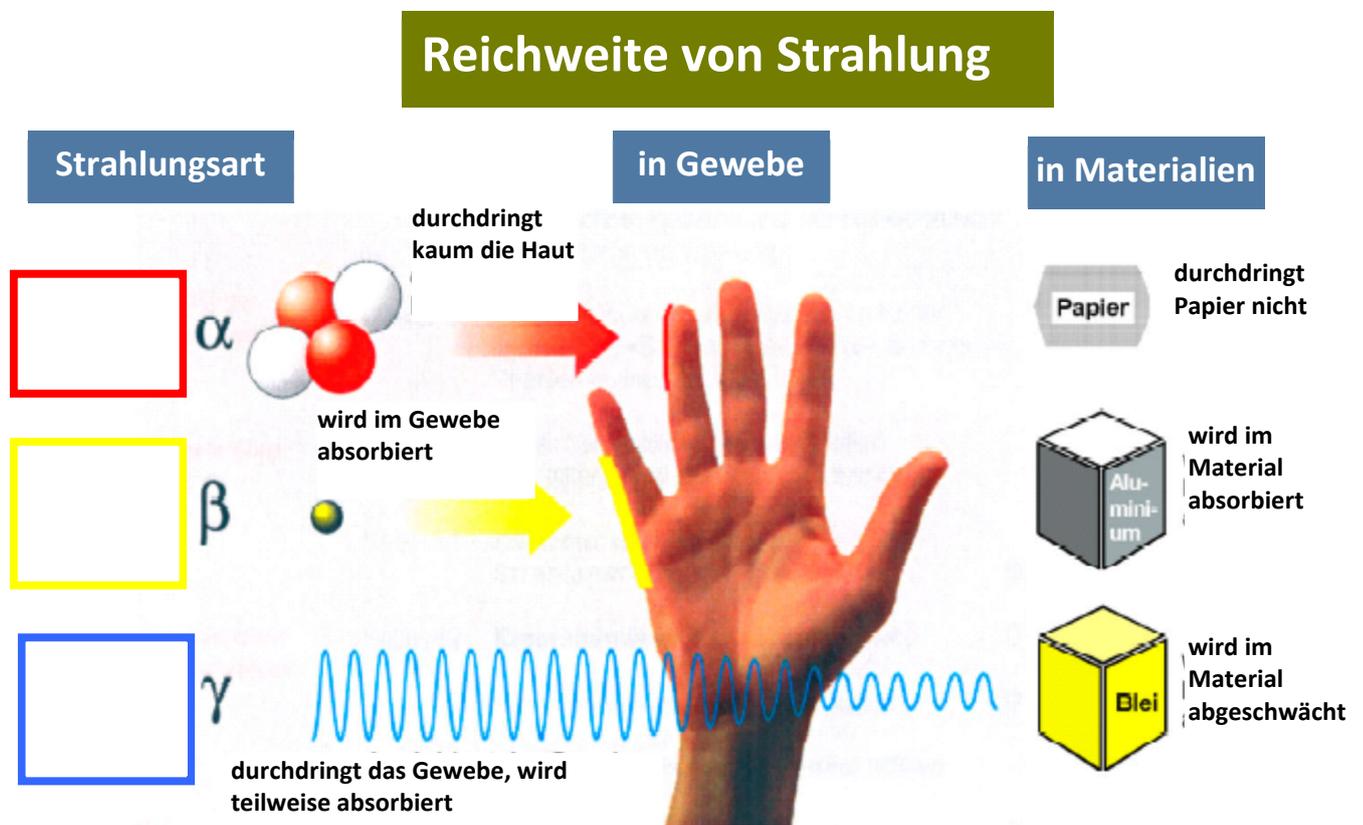


4/15

## Aufgabe:

Hier siehst du eine Darstellung der Reichweite der Strahlung. Trage nun links in die leeren Kästchen die drei verschiedenen Arten ein:

## Die Reichweite der Alpha-, Beta- und Gammastrahlung



# Geschichte der Radioaktivität

Arbeitsblatt



5/15

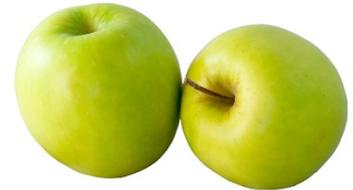
Nehmen wir an, **Substanz A** ist stark **radioaktiv**.

Stell dir dafür 500 Äpfel vor.

Innerhalb einer Minute werden 100 Äpfel halbiert.

Wie lange dauert es, bis es nur noch 250 ganze Äpfel hat?

Die Antwort ist **2,5 Minuten**.



*Stark radioaktiv bedeutet, dass ein Element innerhalb einer Sekunde viele radioaktive Zerfälle hat.*

*Viele Zerfälle bedeutet, dass die Halbwertszeit kurz ist.*

*stark radioaktiv = stark strahlend = kurze Halbwertszeit*

Nächstes Beispiel, **Substanz B** ist **schwach radioaktiv**.

Du hast wiederum 500 Äpfel. Diesmal wird nur ein Apfel halbiert.

Wie lange dauert es, bis du nur noch 250 ganze Äpfel hast? Die Antwort ist **250 Minuten**.

*Schwach radioaktiv bedeutet, dass ein Element innerhalb einer Sekunde wenig radioaktive Zerfälle hat. Wenige Zerfälle heisst, dass die Halbwertszeit lang ist.*

*schwach radioaktiv = schwach strahlend = lange Halbwertszeit*

**Aufgabe:** Wodurch lassen sich die radioaktiven Strahlen abschwächen? Kreuze an!

	Papier	Karton	Aluminiumwürfel	Bleiwürfel
$\alpha$ -Strahlen				
$\beta$ -Strahlen				
$\gamma$ -Strahlen				

# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



6/15

## Die Entdeckung der Röntgenstrahlen

Die Röntgenstrahlung ist nach ihrem Entdecker, Wilhelm Conrad Röntgen, benannt. Er lebte von 1845 bis 1923.

1895 entdeckte Wilhelm Conrad Röntgen neuartige Strahlen, die er X-Strahlen nannte, die aber bald in Röntgenstrahlen umgetauft wurden.

Er entdeckte, dass Röntgenstrahlung Materie durchdringen und dass man das Innere dieser Materie fotografieren kann.



Die Bilder, die Röntgen als Beweis seiner Entdeckung veröffentlichte, lösten eine riesige Welle der Verwunderung und Begeisterung bei den Menschen aus.



*Eine Röntgenaufnahme aus dem Jahr 1896.*

1901 bekam er dafür den Nobelpreis der Physik.

Vor allem in der Medizin war man total begeistert, weil man nun endlich in das Innere des Körpers hineinschauen konnte, was die Medizin völlig revolutionierte.

Das Interesse der Bevölkerung ging bald so weit, dass selbst auf Partys Röntgenapparate als Attraktion aufgestellt wurden. Zum Vergnügen wurden dann den ganzen Abend lang Fotos von den eigenen Händen oder anderen Körperteilen gemacht und ausgiebig bestaunt. Damals wusste man noch nicht, dass man von zu viel Röntgenstrahlung Schäden davontragen kann.

Heute können wir uns gut vor Röntgenstrahlen schützen. Wenn du beim Arzt oder im Spital geröntgt wirst, legt man dir eine Bleischürze um.

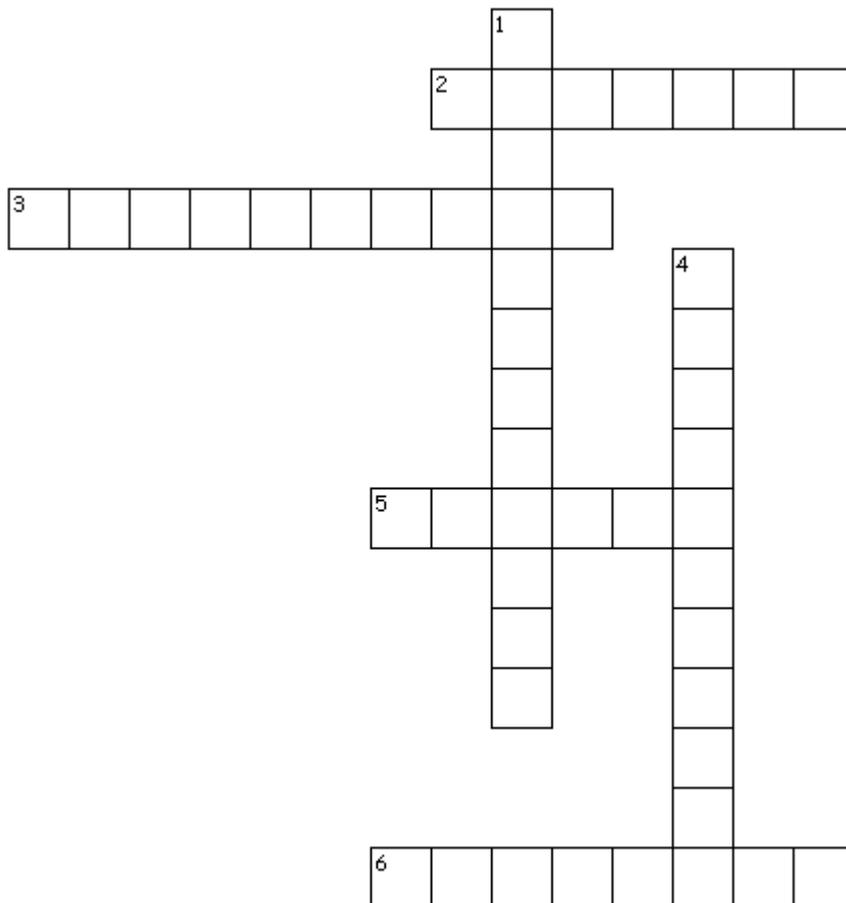
# Geschichte der Radioaktivität

Arbeitsblatt



7/15

**Aufgabe:** Löse das Kreuzworträtsel.



## Waagrecht

2. In welcher „wissenschaftlichen Disziplin“ war man besonders begeistert über die neue Erfindung?
3. So wurden die Röntgenstrahlen zuerst genannt.
5. Wo wurden auch Röntgenapparate aufgestellt?
6. der erste Vorname von Röntgen

## Senkrecht

1. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen löste eine riesige Welle der ... aus.
4. Wie kann man sich vor Röntgenstrahlen schützen?



# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



9/15

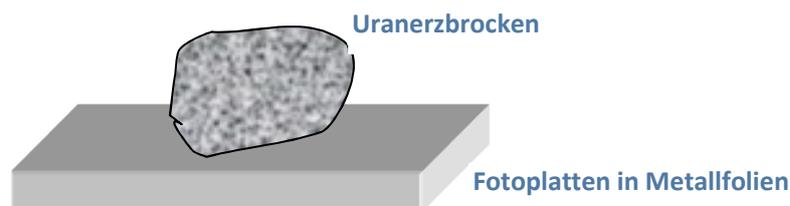
## Wer hat die Radioaktivität entdeckt?



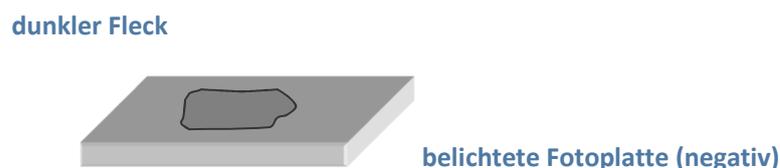
Das ist **Henri Becquerel**. Er lebte von 1852 bis 1908. Er gilt als der Entdecker der Radioaktivität. 1903 bekam er den **Nobelpreis für Physik**.

Henri Becquerel fand an einem Tag im Jahre **1896** bei einem seiner Spaziergänge einen Stein. Es war ein Uranerzbrocken. Da er ihm gut gefiel, hob er ihn auf und nahm ihn mit nach Hause. Er legte den Stein neben seinem Pult auf einen Stapel Fotoplatten. Und machte so per Zufall eine bedeutende Entdeckung.

*Damals hatte man noch keine Filmnegative, aufgerollt auf einer Spule, sondern Fotoplatten. Die Menschen, die sich damals fotografieren lassen wollten, mussten sehr viel Geduld mitbringen und durften sich nicht bewegen. Die Belichtung dieser Fotoplatten dauerte lange. Solche Fotoplatten mussten mit einer Metallfolie verpackt sein, damit kein Licht auf die Platten dringen konnte.*



Als Henri Becquerel später mit diesen Platten Fotos machte, entdeckte er beim Entwickeln einen dunklen Fleck auf der Fotografie, einen Fleck mit der Form und Grösse des Steinbrockens!



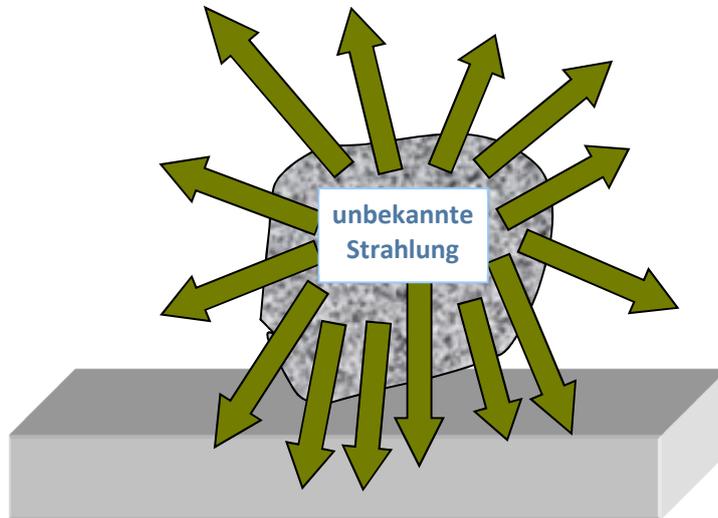
Henri Becquerel hatte so eine Strahlung entdeckt, die im Gegensatz zu Licht eine Metallfolie durchdringen kann. Diese Entdeckung war ganz neu und veränderte die Welt.

# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



10/15



Nach ihm wurde die Masseinheit **Becquerel** (Bq) für die Radioaktivität benannt.

# Geschichte der Radioaktivität

Arbeitsblatt



11/15

## Aufgabe:

Schreibe eine Zusammenfassung über Henri Becquerels Entdeckung der Radioaktivität.

Im Jahre 1896 ...

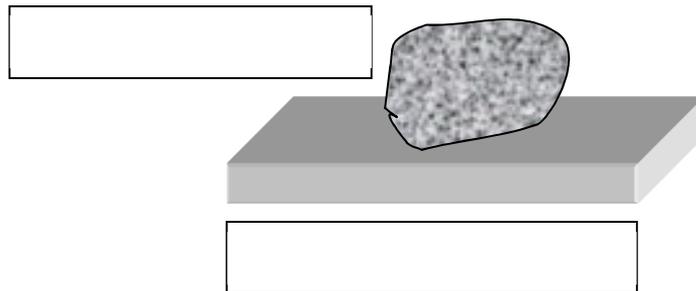
---



---



---

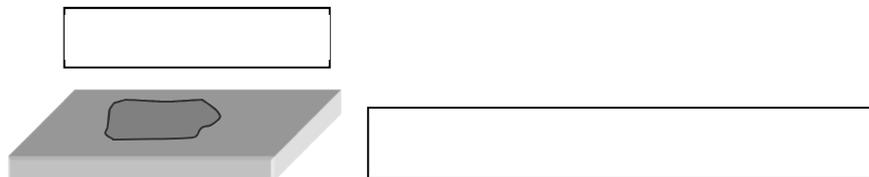


Später ...

---



---




---



---



---

# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



12/15

## Die Erforschung der Radioaktivität

### Marie Curie

Am 7. November 1867 wurde Marie Curie (Maria Skłodowska) in Warschau, **Polen**, geboren. Schon als kleines Mädchen war sie ausserordentlich begabt. 1891 zog sie nach Paris, um dort Mathematik und Physik zu studieren. In Polen war es den Frauen nicht erlaubt, eine Universität zu besuchen.



Marie Curie

1894 lernte sie Pierre Curie kennen, den sie heiratete.

Im Jahr 1896 entdeckte ihr Physikprofessor **Henri Becquerel**, dass das Element Uranium Strahlung aussendet.

Gemeinsam mit ihrem Ehemann begann sie zu forschen, ob andere Elemente auch radioaktiv strahlen. Tatsächlich entdeckten sie zwei weitere Elemente, nämlich Polonium (benannt nach ihrem Heimatland Polen) und **Radium**.

Zusammen mit **Pierre Curie** und dem Physiker **Henri Becquerel** erhielt sie **1903** den **Nobelpreis in Physik**. Sie war die erste Frau, der eine solche Ehre zuteil wurde.



Pierre Curie

Nachdem ihr Ehemann 1906 bei einem Verkehrsunfall ums Leben kam, stürzte sie sich noch mehr in die Arbeit. **1911** bekam sie einen zweiten **Nobelpreis**, diesmal in **Chemie**.

1934 starb Marie Curie an **Leukämie**, eine Strahlenkrankheit, was auf den langjährigen Kontakt mit radioaktiven Materialien zurückzuführen war.

Später erhielt auch ihre älteste Tochter Irène einen Nobelpreis – in Chemie.

# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



13/15

## Die Kernspaltung

### Lise Meitner

Lise Meitner lebte von 1878 bis 1968. Sie war eine österreichisch-schwedische **Kernphysikerin**.

Nach dem Abschluss ihres Studiums (Physik, Mathematik und Philosophie) in Wien ging sie 1907 nach Berlin, wo sie den Chemiker **Otto Hahn** kennenlernte.

Von da an arbeiteten die beiden jahrelang sehr eng zusammen. Aufgrund ihrer gemeinsamen Forschungen und Erfolge lernten sie zum Beispiel auch **Marie Curie** und **Albert Einstein** kennen.

Da Lise Meitner geborene Jüdin war, war sie zur Zeit des Nationalsozialismus sehr gefährdet. Mit der Hilfe von Otto Hahn musste sie **1938** aus Deutschland fliehen. Über Holland und Dänemark gelangte sie schliesslich nach Schweden.

Hahn und Meitner blieben immer in Kontakt und schrieben sich viele Briefe. Ende Dezember 1938 schrieb ihr Otto Hahn von einem Vorgang, den er zusammen mit seinem Assistenten Fritz Strassmann entdeckt hatte und den er als „**Zerplatzen**“ des **Urankerns** bezeichnete.

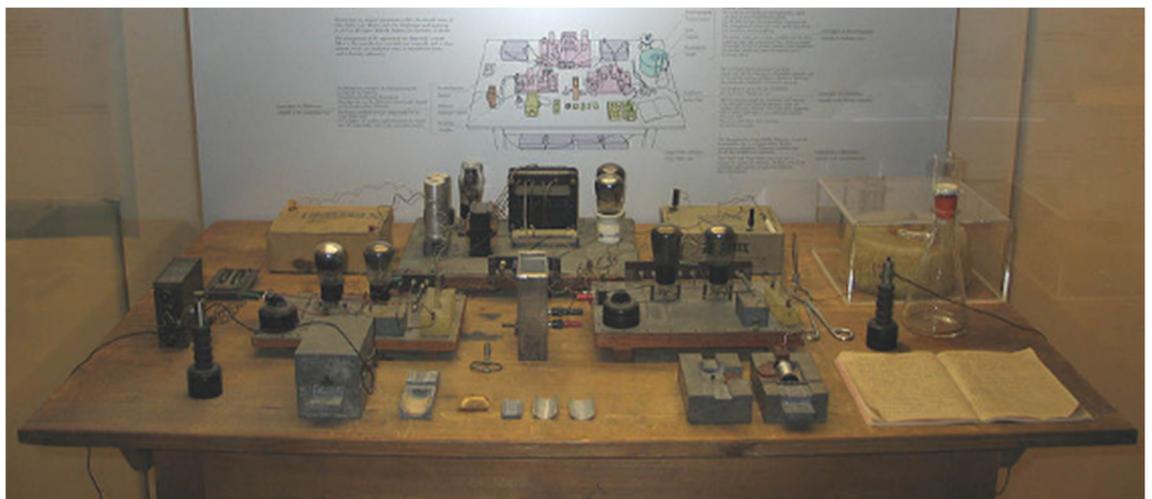
Man bezeichnet Otto Hahn und Fritz Strassmann als **Entdecker der Kernspaltung**.



Lise Meitner 1928



mit Otto Hahn 1913



Hier siehst du den Versuchsaufbau von Otto Hahn und Fritz Strassmann im Jahre 1938, als sie die Kernspaltung entdeckten.

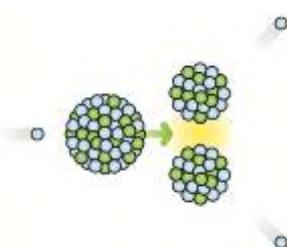
# Geschichte der Radioaktivität

Informationstext



14/15

1939 konnte Lise Meitner mit ihrem Neffen, dem Kernphysiker **Otto Robert Frisch**, eine erste physikalisch-theoretische Deutung für das von Otto Hahn formulierte „Zerplatzen“ des Uran-Atomkerns geben, die **Erklärung der Kernspaltung**.



*Die beiden Bruchstücke (Atomkerne), die bei der Spaltung entstehen, haben zusammen eine geringere Masse als der ursprüngliche Uranatomkern.*

*Aus dieser Massendifferenz errechneten Lise Meitner und Otto Robert Frisch über die bekannte Formel von Albert Einstein  $E=mc^2$  (Relativitätstheorie) die bei der Spaltung frei werdende Energie. Sie kamen auf ein Ergebnis von ca. 200 Millionen Elektronenvolt pro gespaltenem Atomkern.*

Für die Entdeckung und den Nachweis der Kernspaltung wurde Otto Hahn 1945 der Nobelpreis für Chemie verliehen. Lise Meitner und Otto Robert Frisch wurden dabei nicht berücksichtigt, obwohl sie von mehreren Physikern, auch von Otto Hahn selbst, für den Physik-Nobelpreis vorgeschlagen worden waren.

Erst viel später, in der Nachkriegszeit, erhielt Lise Meitner zahlreiche Ehrungen in aller Welt. Bis zu ihrem Tod machte sie sich für eine friedliche Nutzung der Kernspaltung stark. Lise Meitner starb am 27. Oktober 1968, im selben Jahr wie Otto Hahn.

# Geschichte der Radioaktivität

Arbeitsblatt



15/15

**Aufgabe:** Beantworte die nachfolgenden Fragen.

1. Was entdeckte Henri Becquerel 1896?

---

2. Wie heisst die erste Frau, die einen Nobelpreis bekam?

---

3. Welche Elemente entdeckte das Ehepaar Curie?

---

4. Mit wem arbeitete die Kernphysikerin Lise Meitner fast ihr ganzes Leben zusammen?

---

5. Nenne die Entdecker der Kernspaltung.

---

6. Durch welche Leistung wurde Lise Meitner noch berühmter? Wer unterstützte sie dabei?

---

7. Schreibe auf, was dich besonders beeindruckt hat:

---

---

---