

Bau und Funktion eines KKW

Lehrerinformation



1/8

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

Zusätzliche
Informationen:

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

Bau und Funktion eines KKW

Arbeitsblatt



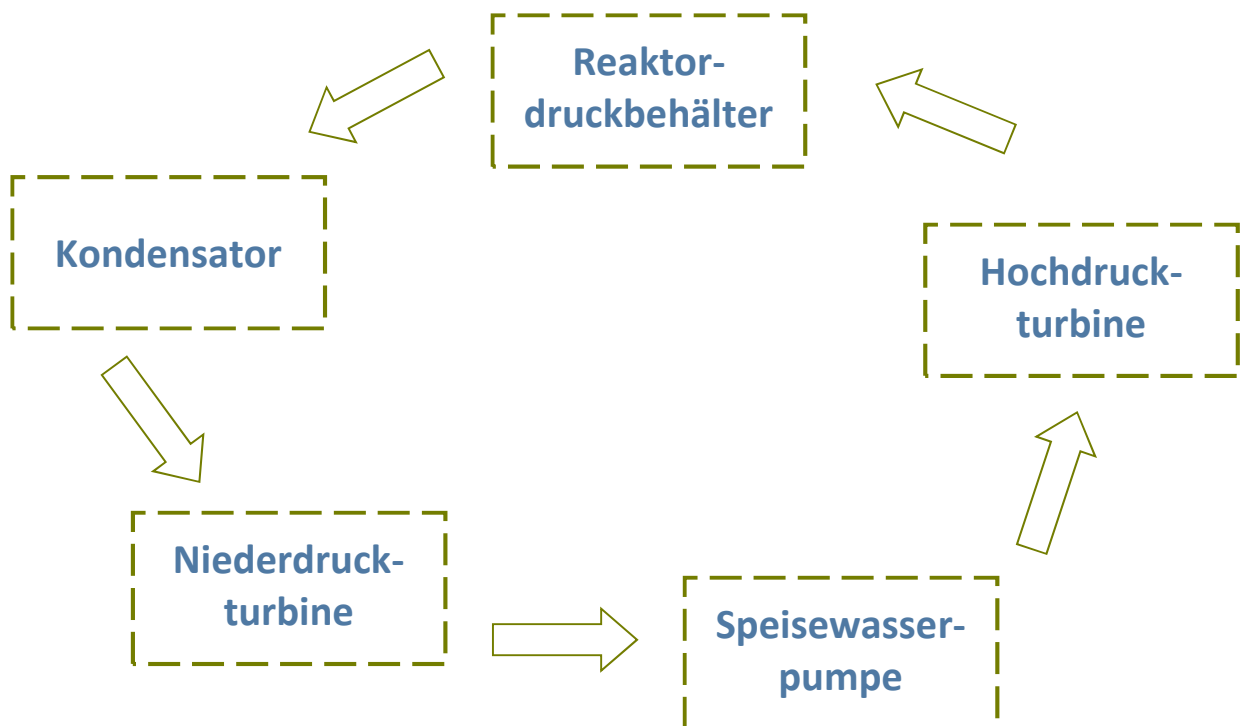
2/8

Aufgabe:

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

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

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



Bau und Funktion eines KKW

Arbeitsblatt



3/8

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

Aufgabe:

Beantworte zusätzlich während des Lesens die Fragen 1 bis 3.

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

Der Druckwasserreaktor

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

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

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

Bau und Funktion eines KKW

Informationstext



4/8

Kernkraftwerke



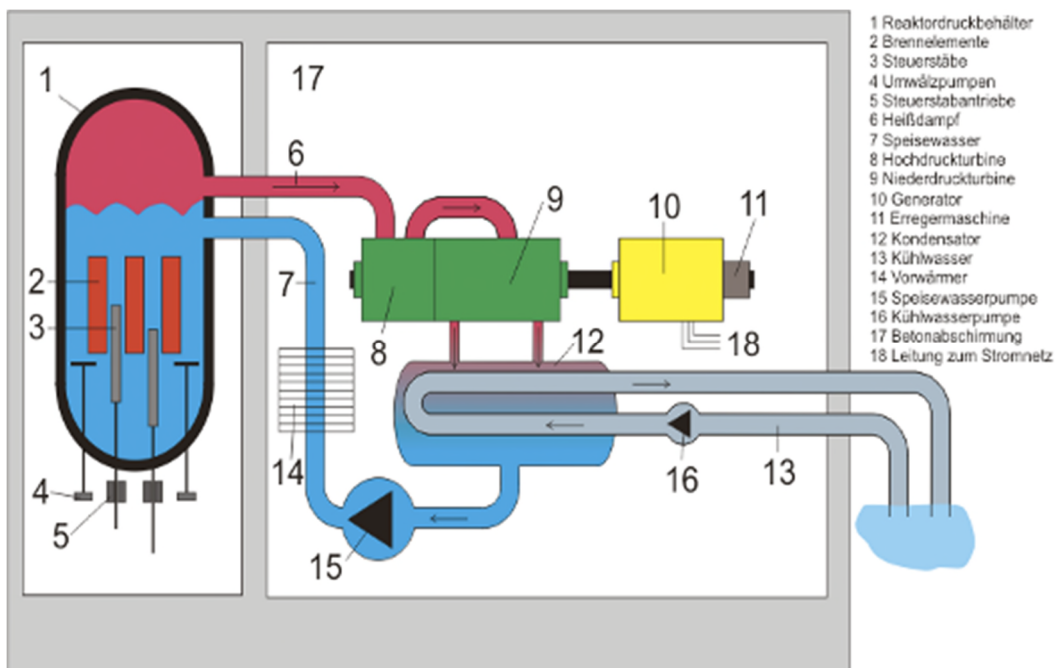
Blick ins Innere der Turbine während der Revision

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

Druck- und Siedewasserreaktoren

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

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



Schema eines Siedewasserreaktors

Bau und Funktion eines KKW

Informationstext



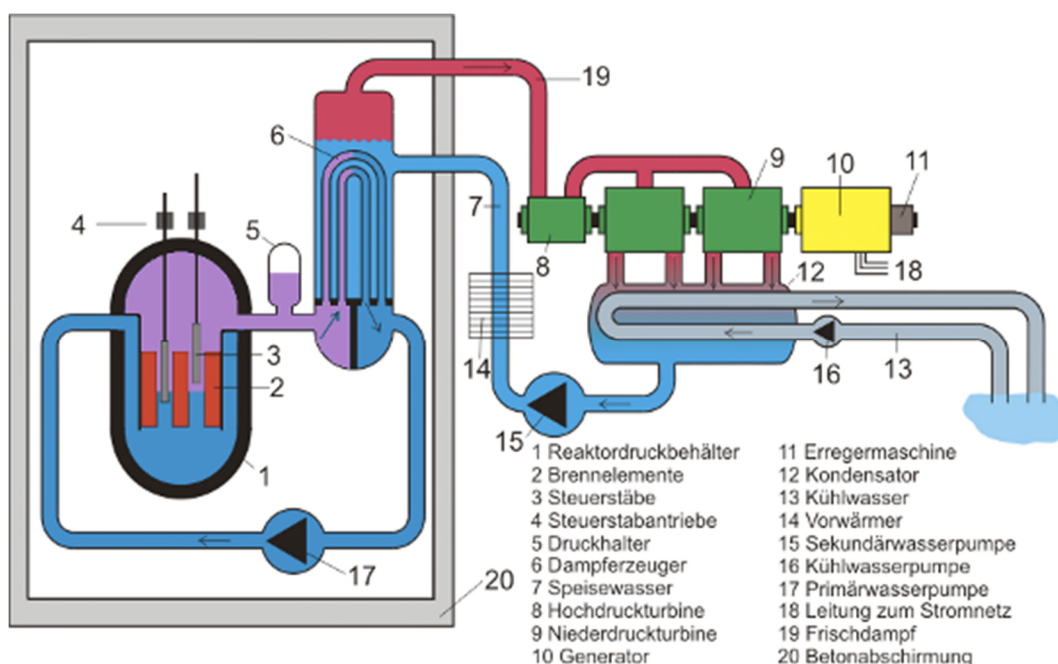
5/8

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

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

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

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



Schema eines Druckwasserreaktors

Bau und Funktion eines KKW

Informationstext

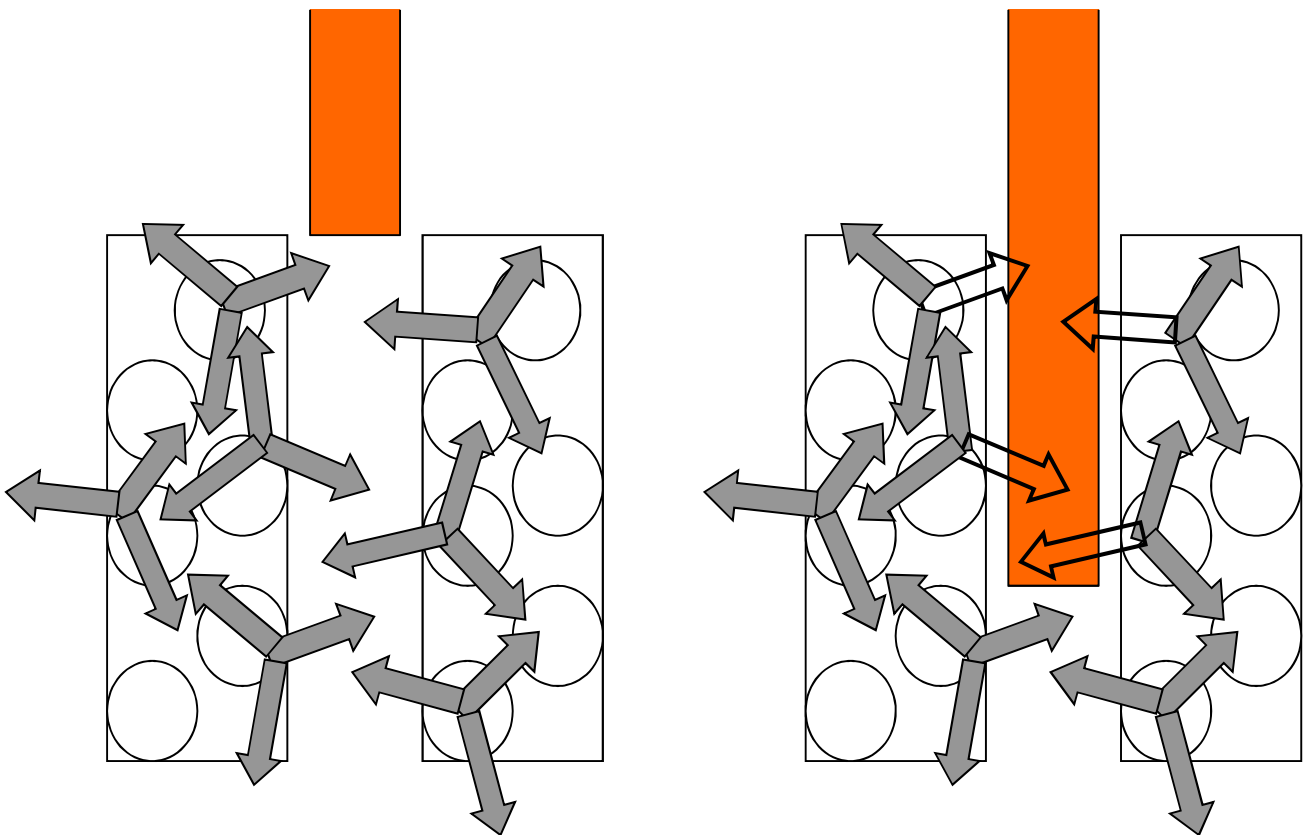


6/8

Die Hauptsteuerung eines Kernreaktors

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

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



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

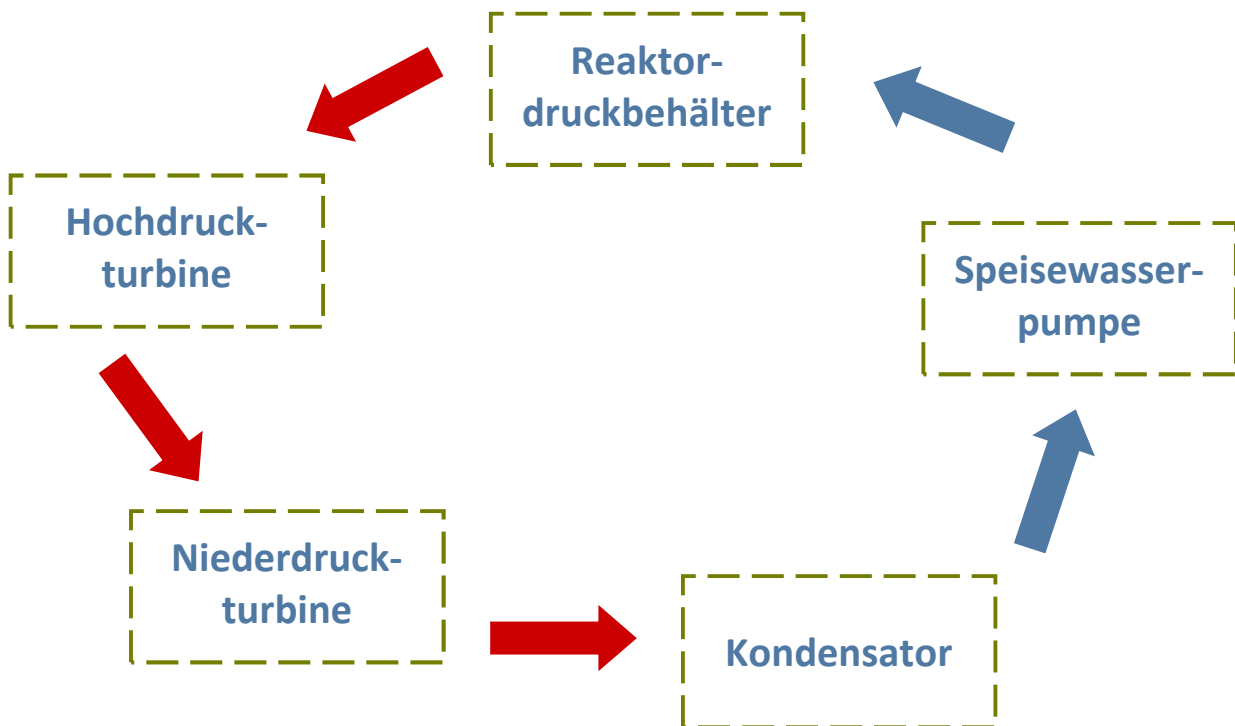
Bau und Funktion eines KKW

Lösungsblatt



7/8

Lösungen:



1. Welche Installationen finden wir in jedem thermischen Kraftwerk?

Dampfturbine und elektrischer Generator

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

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

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

Nein, denn es handelt sich ausschliesslich um Wasserdampf.

Bau und Funktion eines KKW

Lösungsblatt



8/8

Der Druckwasserreaktor

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

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