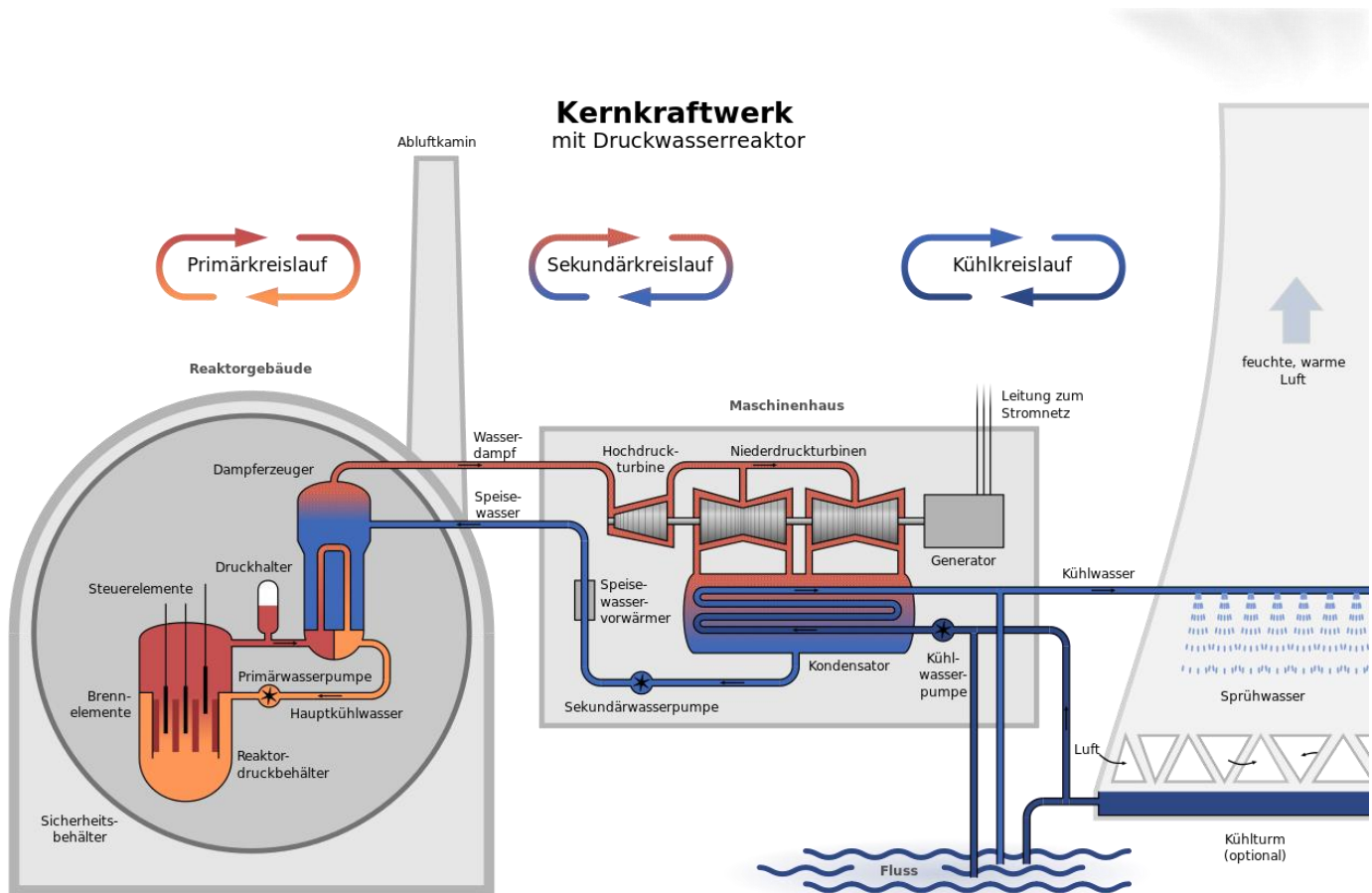


Nachbesprechung Arbeitsauftrag - eine sehr häufig gebaute Variante (hohe Sicherheit): Druckwasserreaktor



Sicherheitskonzepte:

* Reaktorgebäude mit hoher mechanischer Anforderung bis hin zum Schutz gegen Raketenangriffe, Flugzeugabstürze: im Falle eines Unfalls soll das radioaktive Material auf jeden Fall im Gebäude gehalten werden - das hat in den Fällen „Tschernobyl 1986“ und „Fukushima 2011“ nicht funktioniert, da es in beiden Fällen zur Kernschmelze kam und die dabei auftretenden Kräfte nicht mehr kontrollierbar waren - die Reaktorgebäude sind geborsten und das radioaktive Material austreten konnte.

* getrennte Wasserkreisläufe: nur der Primärkreis kommt in Verbindung mit radioaktivem Material, die beiden anderen Kreis sollten von radioaktiver Kontamination komplett frei sei.

Arbeitsweise:

Die Wärme und die Strahlung, die durch die kontrollierte Kernspaltung frei gesetzt wird, erhitzt das Wasser im Primärkreis unter hohem Druck - eben Druckwasserreaktor - (keine Dampfbildung). Mit Hilfe eines Wärmetauschers wird die Wärme an den Sekundärkreis übertragen und in einem Dampferzeuger wird heißer Dampf mit immer noch hohem Druck (ca. 60 bar) erzeugt. Dieser heiße Dampf wird über die Turbinen geleitet, kühlt dabei deutlich ab und der Druck sinkt auf ca. 40 bar. In einem Kondensator wird wieder mit Hilfe eines Wärmetauschers die Abwärme an den Kühlkreislauf abgegeben - der Dampf wird durch die Energieabgabe wieder flüssig und kann erneut den Sekundärkreislauf durchlaufen. Das Wasser im Kühlkreislauf wird einem Fluss/See/Meer entnommen und nach dem Durchlaufen des Kreislaufes inklusive Kühlturm dort mit höherer Temperatur wieder eingeleitet: Beispiel Ohu - Kühlfluss Isar - Temperaturunterschied vor/nach dem Kraftwerk bei ca. 5 Grad Celsius. Auf den Turbinen sitzen die Generatoren, die per Induktion Strom erzeugen und in das Netz abgeben.

Typische Leistungswerte: $P = 1 \text{ GW}$ Dauerleistung, das bedeutet eine jährliche Energiemenge von $1 \text{ GW} \cdot 365 \cdot 24 \text{ h} = 8760 \text{ GWh} = 8760 \text{ Millionen kWh}$. Setzt man eine jährliche Energiemenge von 4000 kWh als

Durchschnittsverbrauch einer 4-köpfigen Familie an, so werden damit ca. 2,2 Millionen Haushalte mit Energie versorgt. Der Jahresbetrag der durch den Verkauf des Stromes (Einnahmen) liegt damit bei ca. 2,6 Milliarden €.

HA

<https://www.stern.de/digital/technik/heisser-als-die-sonne---china-reaktor-erreicht-durchbruch-in-der-kernfusion--8458138.html>

Ein Stern ist ein riesiger Topf: im Kern erreicht die Temperatur ca. 20 Millionen Grad und dort findet dann unter dem immensen Druck (Gravitationskraft der weiter außen liegenden Hülle) die Fusion von Wasserstoff zu Helium statt. Der dabei entstehende Strahlungsdruck bildet die Gegenkraft zur Gravitation und hält den Stern über viele Milliarden Jahre im Gleichgewicht. Die Lebensdauer und die Entwicklung eines Sterns wird im Wesentlichen von der Masse geprägt:

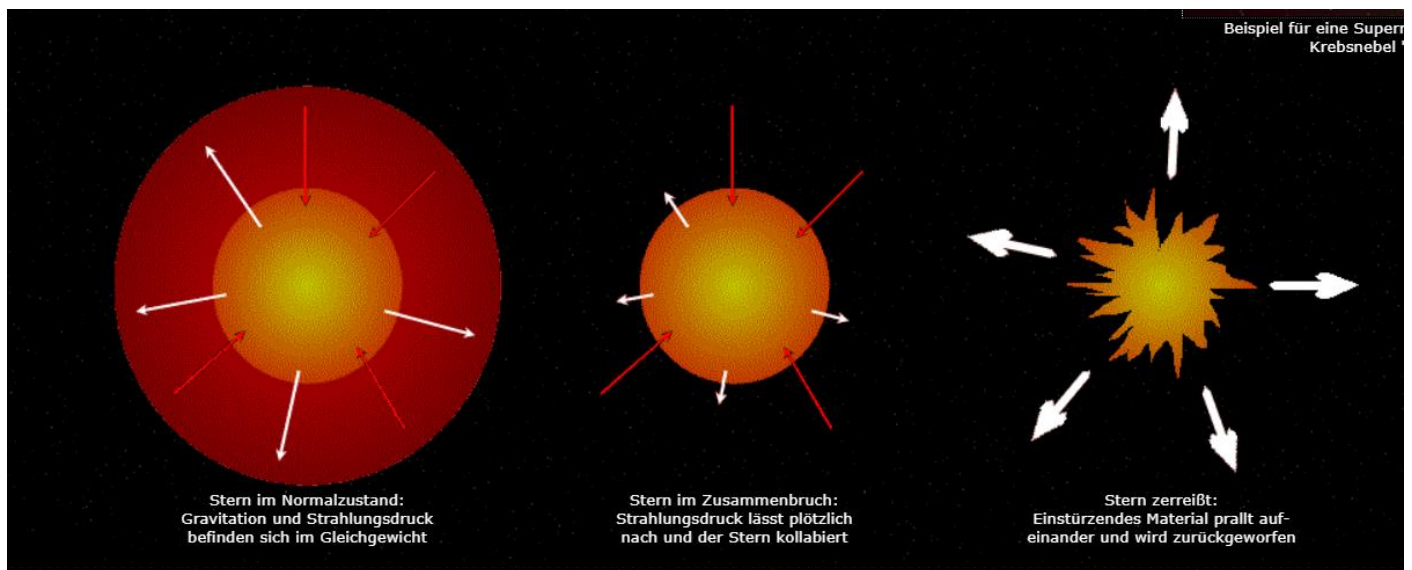
http://www.mgf-kulmbach.de/neu/index.php?option=com_content&view=article&id=294&Itemid=321

In einem Stern wird der Brennstoff „Wasserstoff“ der Reihe nach zu Helium, Lithium, Kohlenstoff, Eisen hoch fusioniert. Eine weitere Fusion zu noch schwereren Kernen ist dann nicht mehr möglich: die Fusion kommt zum Erliegen - das Ende des Sterns ist gekommen! Der Lichtdruck fällt weg und der Stern kollabiert ins Zentrum. Es erfolgt eine riesige Explosion durch eine letztendliche Reflektion an dem immer dichter werdenden Kern - eine Nova bzw. Supernova

Eine mechanische Analogie dazu:

Implosion eines Röhrenmonitors und anschließende Verteilung der Glassplitter im Raum

<https://www.youtube.com/watch?v=OhDdqmEKP1Q>



Erst in diesem Moment werden so extreme Temperatur- und Druckwerte erreicht, dass auch höherwertige Elemente wie Uran, Gold, Plutonium,..... durch Fusion erzeugt werden können.

Arbeitsauftrag/HA

Um Kernreaktionen Energiemäßig besser abschätzen zu können wurde der Q-Wert definiert:

$$Q = [m(A) - m(E)] * c^2 \quad \text{als Energiemenge in MeV}$$

Ist $[m(A) - m(E)] > 0$ u, so ist der Q - Wert positiv - Ist $[m(A) - m(E)] < 0$ u, so ist der Q - Wert negativ

Ist $Q > 0$ MeV , so ist die Kernreaktion exotherm, d. h. Energie wird frei und läuft von selbst - ohne Aktivierungsenergie - ab.

Ist $Q < 0$ MeV, so ist die Kernreaktion endotherm, d. h. für den Ablauf der Reaktion wird zusätzliche Energie benötigt.

Untersuche folgende Kernreaktionen auf exotherm oder endotherm.

1.

Kernreaktion mit Fluor (Abitur BY 1999 LK A4-1)

Schwierigkeitsgrad: mittelschwere Aufgabe 💡

In einer Nebelkammer werden ruhende ^{19}F -Atome mit Protonen beschossen. Bei der Absorption eines Protons durch einen ^{19}F -Atomkern wird ein α -Teilchen emittiert.

a) Gib die Reaktionsgleichung an.

Berechne die bei der Reaktion frei werdende Energie Q . [zur Kontrolle: $Q = 8,115 \text{ MeV}$] (6 BE)

2.

Ein freies Neutron spaltet sich mit einer Halbwertszeit von ca. 10 min in ein Proton und Elektron

3.

