Dampfkraftanlagen

2

2.1 Einleitung

Der Umwandlungsprozess bei Wärmekraftanlagen geschieht folgendermaßen: Ein fossiler Brennstoff gibt bei der Verbrennung die in ihm enthaltene chemische Bindungsenergie ab. Diese kann über geeignete Trägermedien dazu benutzt werden, sich in mechanische Arbeit umzuwandeln. Als Energieträger betrachten wir in diesem Abschnitt den Dampf. Der wiederum gibt einen Teil seiner verwertbaren Energie an eine Turbine ab, die einen Generator antreibt, der elektrischen Strom erzeugt.

Neben Dampf kann auch Gas als Arbeitsmedium eingesetzt werden (s. Abschn. 2.2). In der Kernenergie tritt anstelle der Freisetzung chemischer Energie, die in den fossilen Brennstoffen enthalten ist, die Freisetzung der nuklearen Bindungsenergie, die über ein Wärmetauschsystem wiederum Dampf erzeugt. Davon in einem eigenen Abschnitt zum Funktionieren eines Kernkraftwerks an anderer Stelle mehr (s. Abschn. 2.5).

Bei Verbrennungskraftanlagen wird das Verbrennungsgas als Arbeitsmedium verwendet, indem es z. B. einen Kolbenmotor antreibt, bevor es als Abgas an die Umgebung abgegeben wird.

2.2 Kohle

Abbildung 2.1 zeigt schematisch ein Kohlekraftwerk, in dem unsere bisher angeführten Überlegungen auf allen Stufen zum Tragen kommen. Ganz ähnlich sehen auch die anderen Kraftwerke mit fossilen Energieträgern aus. Zu den Gaskraftwerken gibt es darüber hinaus Folgendes zu sagen:

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

W. Osterhage, *Die Energiewende: Potenziale bei der Energiegewinnung,*
essentials, DOI 10.1007/978-3-658-10245-6_2

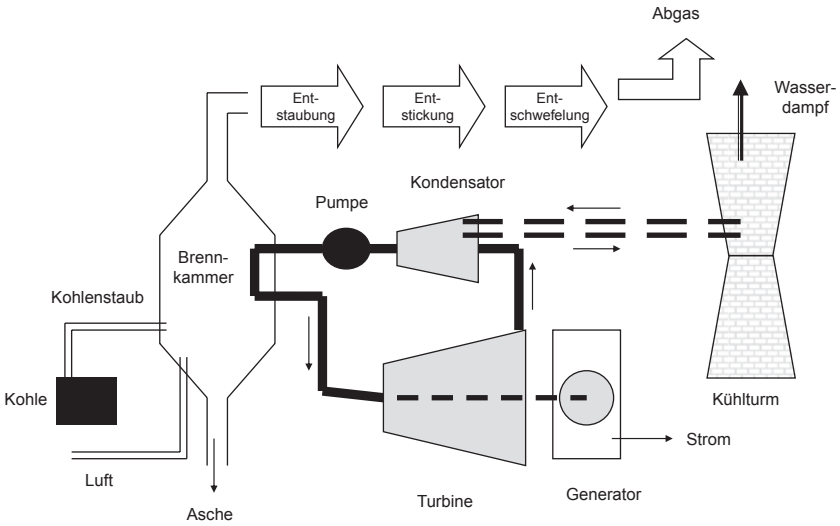


Abb. 2.1 Dampfkraftwerk

Es kann sich um ein mit Brenngas befeuertes Dampfkraftwerk handeln. Es gibt allerdings auch Gaskraftwerke, bei denen eine Turbine durch ein anderes heißes Gas als Wasserdampf angetrieben wird. Man spricht dann von einem Gasturbinenkraftwerk (s. Abschn. 2.3). Und es gibt so genannte Gas-Dampf-Kombikraftwerke. Die Bezeichnung Gaskraftwerk wird darüber hinaus auch für ein mit Brenngas befeuertes Blockheizkraftwerk verwendet.

Auch für den fossilen Energieträger Öl gelten dieselben physikalischen Gesetze. Als Großkraftwerke sind sie heute außer Mode gekommen. Eigentlich dient dieser Energieträger nur noch der Notstromversorgung durch Dieselaggregate.

2.3 Gas

Der Einsatz von Gas in Wärmekraftanlagen kann auf unterschiedliche Weise erfolgen. Klassisch bietet sich die Verbrennung von Gas (Brenngas) anstelle von fossilen Brennstoffen an. Physikalisch ist dann das Geschehen ähnlich wie unter Abschn. 2.2 beschrieben. Die technologische Umsetzung ist natürlich eine andere.

Eine weitere Möglichkeit ist der Einsatz einer Gasturbine. Dabei wird eine Turbine nicht durch Dampf, sondern durch ein heißes Gemisch aus Luft und

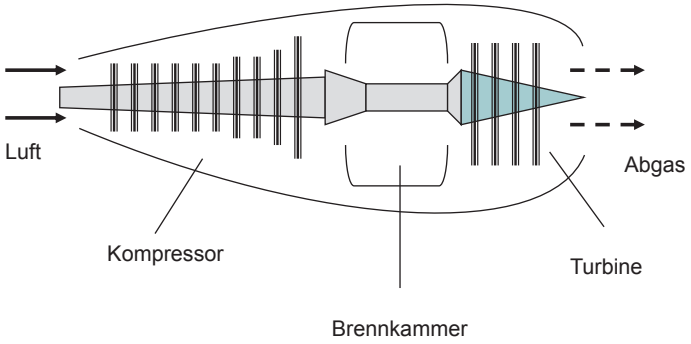


Abb. 2.2 Gasturbine

Verbrennungsgas angetrieben. Es handelt sich nicht um eine klassische Turbine, sondern um eine Anlage, in der der eigentlichen Turbine eine Brennkammer vorgeschaltet ist (s. Abb. 2.2). Durch die Entspannung des Gasgemisches wird Energie auf die Turbinenschaufeln übertragen, die in Rotationsenergie umgewandelt wird. Der Wirkungsgrad einer solchen Anlage beträgt etwa 40 %. Der Rest geht als Wärmeabgabe an die Umgebung verloren.

Um den Wirkungsgrad zu erhöhen – beispielsweise auf 60 % –, kann man eine Gasturbine mit einer Dampfturbine kombinieren. Solche Gas-Dampf-Kombikraftwerke nutzen die Abhitze der Gasturbine, um über einen Dampferzeuger (Wärmetauscher) eine nachgeschaltete Dampfturbine anzutreiben.

Blockheizkraftwerke (BHKW) dienen der gleichzeitigen Erzeugung von Elektrizität und Wärme. Dabei wird die Abwärme, die bei der Umwandlung in elektrische Energie entsteht, zu Heizzwecken genutzt (Kraft-Wärme-Kopplung). Der mechanische Antrieb kann über Verbrennungsmotoren erfolgen, aber auch durch den Einsatz von Gasturbinen. BHKW können auch in miniaturisierter Form in Wohnanlagen oder z. B. Krankenhäusern zum Einsatz kommen.

2.4 Öl

Öl als Energieträger spielt heute keine große Rolle mehr. Das Prinzip ist dasselbe wie bei den anderen fossilen Brennstoffen. Die freiwerdende Energie bei der Verbrennung treibt entweder eine Verbrennungskraftmaschine (Motor) oder eine Wärmekraftanlage. Zum Einsatz kommen Öle eigentlich nur noch im Zusammenhang mit Notstromaggregaten.

2.5 Kernenergie

Bei der Kernenergie wird – anders als bei fossilen Brennstoffen, wo die chemische Bindungsenergie freigesetzt wird – die Bindungsenergie im Atomkern selbst durch Spaltung freigesetzt. So tritt in Dampfkraftanlagen anstelle des Verbrennungsmoduls der Kernreaktor, in dem eine Kettenreaktion stattfindet. Ein Kernreaktor soll in einem stabilen Betrieb eine kontrollierbare Leistung erzeugen. Das erfordert eine kontinuierliche Anzahl von Kernspaltungen pro Zeiteinheit. Als Brennstoff werden spaltbare Materialien, die sich in einem Isotopenmix befinden, verwendet. Dazu gehören meistens U^{235} oder Pu^{239}. Zur Steuerung und Auslegung eines Reaktors gibt den so genannten Multiplikationsfaktor k. Er kennzeichnet das Verhältnis der Neutronendichten am Ende und Anfang einer Generation innerhalb einer Kettenreaktion. Dieser Faktor muss während des Betriebes mindestens = 1 sein. k berechnet sich wie folgt:

$$k = \varepsilon p f \eta L \tag{2.1}$$

ε ist der sog. Schnellspaltfaktor, p die Resonanzdurchgangswahrscheinlichkeit; f gibt an, welcher Prozentsatz abgebremster Neutronen im Brennstoff absorbiert wird; η ist die Anzahl der bei der Spaltung neu frei werdender Neutronen, und L wird als Nichtleckfaktor bezeichnet.

Gehen wir von einer pro Spaltprozess frei gesetzten Energie von 180 MeV aus, dann benötigt man für eine Leistung von 1 W 3×10^{10} Kernspaltungen pro Sekunde. Die zeitabhängige Leistung hängt ab von

- dem Volumen V
- der mittleren Dichte N der spaltbaren Kerne
- dem Spaltquerschnitt und
- dem mittleren Neutronenfluss nv je cm^2 und Sekunde.

n und v stehen für die mittlere Dichte bzw. Geschwindigkeit der Neutronen. Dann ergibt sich für die Leistung eines Reaktors:

$$P[W] = nv\sigma V / 3 \times 10^{10} \tag{2.2}$$

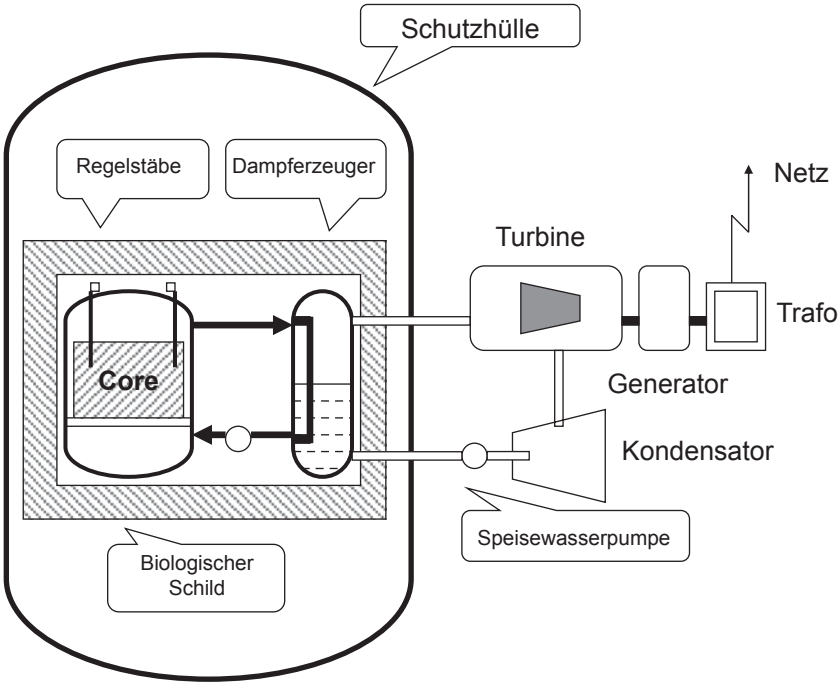


Abb. 2.3 Kernreaktor

2.5.1 Charakteristika von Reaktoren

Wir wollen kurz zusammenfassend die Hauptmerkmale der Kernreaktoren durchgehen. Die für die meisten Kraftwerksreaktoren gemeinsamen Komponenten sind in der Abb. 2.3 veranschaulicht.

Der Moderator ist das wichtigste Charakteristikum eines Reaktors. Als Moderatoren kommen in der Hauptsache Schwerwasser, Beryllium, Graphit und Wasser in Frage.

Nach dem Moderator ist das Kühlmittel ein bestimmendes Merkmal der Leistungsreaktoren. Man verwendet heute in Hochtemperaturreaktoren Helium als gasförmige Kühlmittel, ansonsten gibt es heute im Wesentlichen nur zwei weitere Typen: der gasgekühlte Graphitreaktor und der Wasserreaktor, die sich in großen Stückzahlen durchgesetzt haben. Daneben existieren die Flüssigmetallreaktoren als schnelle Brüter. Bei den wassergekühlten und -moderierten Reaktoren unterscheidet man Druck- und Siedewasserreaktoren.

http://www.springer.com/978-3-658-10244-9

Die Energiewende: Potenziale bei der Energiegewinnung
Eine allgemeinverständliche Einführung
Osterhage, W.
2015, X, 49 S. 12 Abb., Softcover
ISBN: 978-3-658-10244-9