

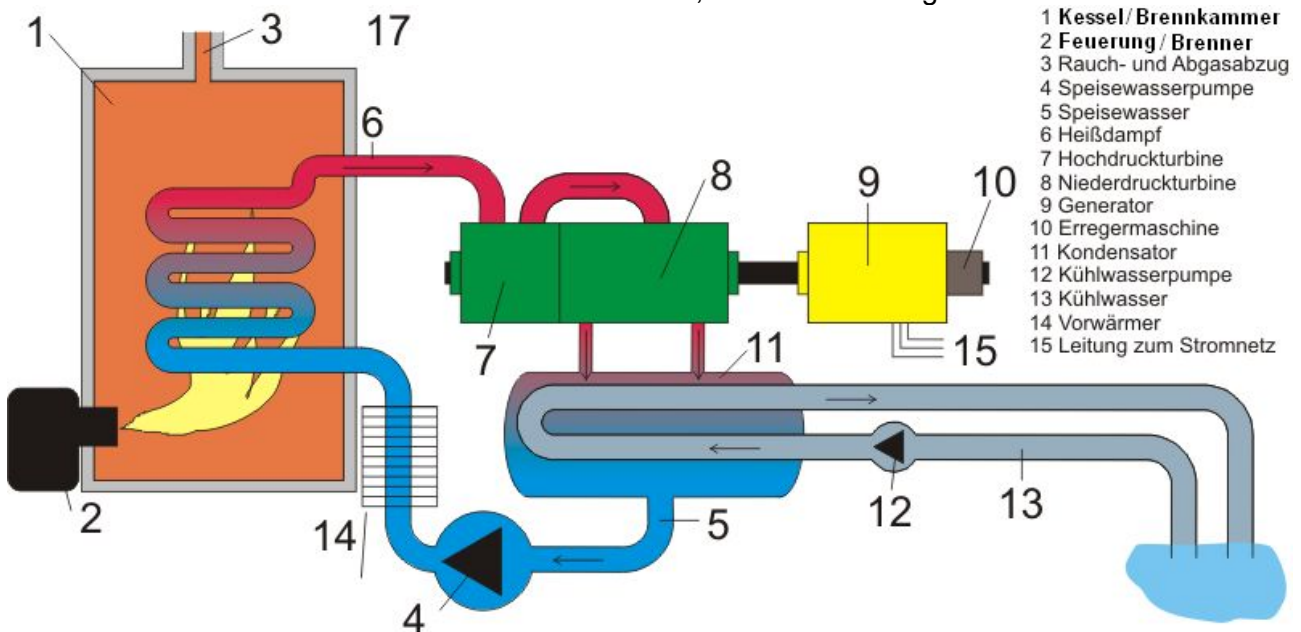
Kraftwerke werden gebaut, um damit Strom zu erzeugen.

Elektrischer Strom wird in allen fast allen Kraftwerken mithilfe eines sich drehenden Generators hergestellt. Solarkraftwerken stellen hier die Ausnahme dar.

- | | |
|-----------------------|---|
| • Solarkraftwerken | Die Sonne erzeugt mit Hilfe von Solarzellen Strom. |
| • Windkraftwerk | Der natürliche Wind treibt über die Rotoren einen Generator an, welcher Strom erzeugt. |
| • Wasserkraftwerk | Das Wasser aus einen Fluss treibt eine Turbine an, welche über ein Generator Strom erzeugt. |
| • Kohlekraftwerk | Diese Kraftwerke sind sogenannte <u>Wärme</u> kraftwerk. |
| • Gaskraftwerk | In einem Wärmekraftwerk wird Wasser so stark erwärmt, dass es zu Wasserdampf wird. Der Wasserdampf treibt dann eine Turbine an, |
| • Kernkraftwerk | welches dann wiederum einen Generator zum Arbeiten bringt. |
| • Geothermiekraftwerk | |

Funktionsweise eines Wärmekraftwerks.

Bei vielen Kraftwerken wird dazu Wärme (bzw. Dampf) erzeugt, mit der eine Turbine angetrieben wird. Diese treibt dann wiederum einen Generator an, der Strom erzeugt.



[Kirsch, Schema Dampfkraftwerk, ©©©30](#)

Bei einem Gas-Kraftwerk wird die Wärme durch die **Verbrennung von Gas** erzeugt (**Nr. 2**). Diese Gasflamme erwärmt und verdampft Wasser in Rohrleitungen.

Der so erzeugte **Wasserdampf** (**Nr. 6**) wird dann auf eine **Turbine** (**Nr. 7 & 8**) geleitet.

Die Turbine dreht sich im Dampf und treibt über eine Achse den **Generator** (**Nr. 9**) an.

Der Wasserdampf aus der Turbine wird weiter abgekühlt (Kondensiert) und als Wasser wieder zurück in den Heizkessel geschickt. Zur Kühlung des Wasserdampfs wird entweder ein Fluss oder ein Kühlturm verwendet.

wiki.zum.de, [Wie ein Atomkraftwerk funktioniert \(05.11.21\)](#), Angepasst von A.Spielhoff, ©©©40

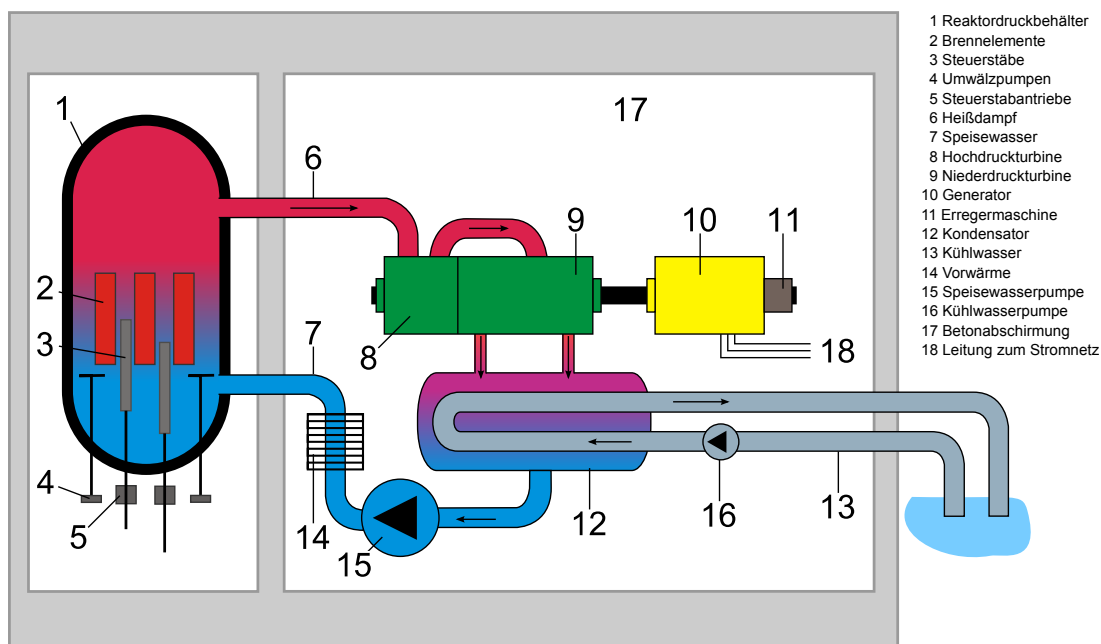
Funktionsweise eines Atomkraftwerkes

Bei einem Atomkraftwerk wird die Wärme für die Dampferzeugung nicht durch fossile Brennstoffe wie Gas oder Öl erzeugt, sondern durch eine Kernreaktion von z.B. **Uran-Atomen (Nr. 2)**.

Im Reaktor sind die Brennelemente untergebracht. Sie enthalten den Treibstoff für die Kettenreaktion: Angereichertes Uran(Nr. 2). Eine **Kettenreaktion** sorgt dafür, dass immer neue Kernspaltungen stattfinden und immer mehr Energie freigesetzt wird. Diese Energie liegt vor allem als Wärme vor. Die Wärme erzeugt den Dampf, der für den Betrieb der **Turbine (Nr. 8 & 9)** benötigt wird. Außerdem befinden sich die Steuerstäbe im Reaktor. Durch einfahren oder herausziehen der **Steuerstäbe (Nr. 3)** lässt sich die Reaktion im Reaktor regulieren, da die Steuerstäbe herumfliegende Neutronen einfangen.

Auch beim Atomkraftwerk treibt die Turbine einen **Generator (Nr. 10)** an und der Dampf wird, nachdem er wieder verflüssigt und abgekühlt wurde, zurück in den Reaktor geleitet.

wiki.zum.de, [Wie ein Atomkraftwerk funktioniert \(05.11.21\)](http://Wie_ein_Atomkraftwerk_funktioniert_(05.11.21)), Angepasst von A.Spielhoff, [CC-BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)

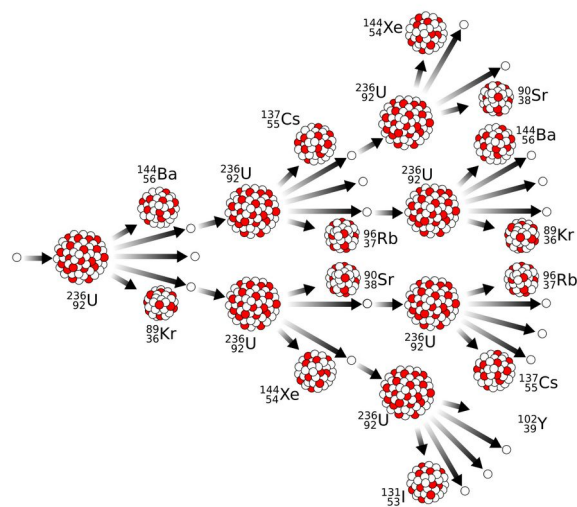


[Marius Gancher, Boiling_water_reactor_german, CC-BY-SA 3.0](#)

Kettenreaktion

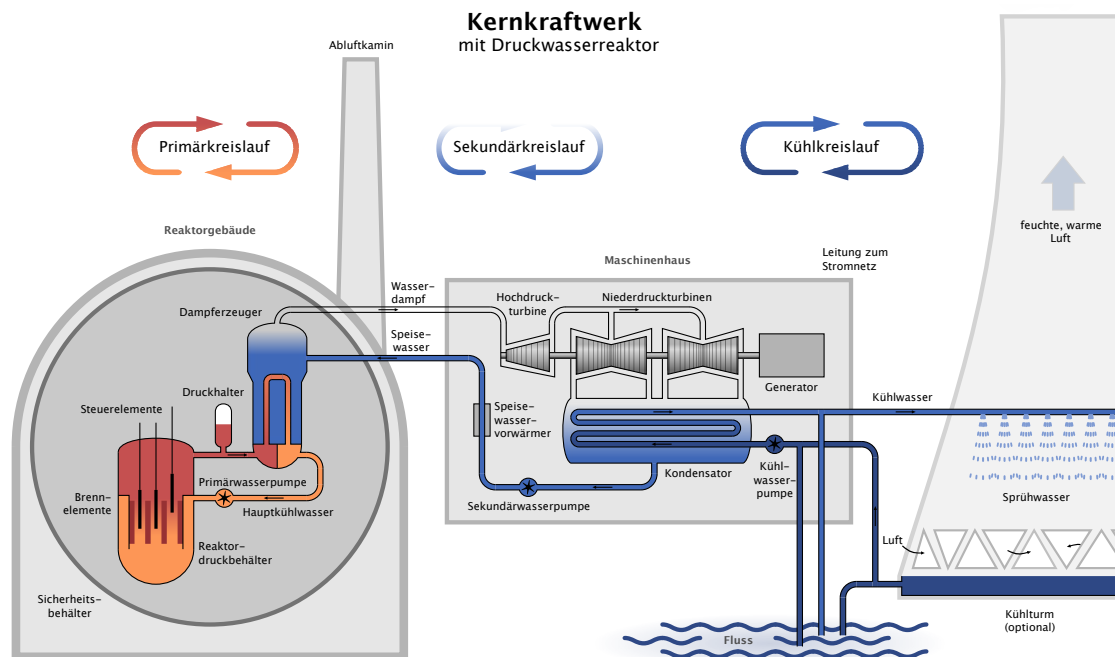
Bei dem Prozess der Kernspaltung wird das Uran-235 mit Neutronen beschossen. Dabei zerfallen die getroffenen Urankerne in zwei Teile. Gleichzeitig werden bei der Spaltung im Durchschnitt 2,4 Neutronen freigesetzt, die ihrerseits weitere Urankerne spalten. Es entsteht eine **Kettenreaktion**.

Die bei der Kernspaltung freigesetzten Neutronen haben eine sehr hohe Geschwindigkeit. Um die Wahrscheinlichkeit zu erhöhen, dass sie einen weiteren Urankern treffen und spalten, müssen sie abgebremst werden. Im Kernreaktor werden dazu „**Moderatoren**“ eingesetzt. In Druckwasserreaktoren ist gewöhnliches Wasser der Moderator. Wasser hat den Vorteil, dass man es gleichzeitig auch als Kühlmittel einsetzen kann.



MikeRun, [Nuclear_fission_chain_reaction, CC-BY-SA 3.0](#)

Aufbau eines Druckwasserreaktors



[San Jose, Niabot](#), [Kernkraftwerk mit Druckwasserreaktor](#), © 3.0

Radioaktive Strahlung wird durch die Außenhülle aus Blei und dicken Beton abgeschirmt. So kann keine Strahlung nach außen dringen.

Im Reaktordruckbehälter findet die Kernspaltung statt. Das spaltbare Material befindet sich in Brennstäben von etwa 4 m Länge. Etwa 50 dieser Stäbe werden zu einem Brennelement zusammengefasst. Zwischen den Brennstäben befinden sich außerdem noch die Steuerstäbe. Insgesamt enthält ein Reaktor etwa 100 Tonnen Uran.

Die Kettenreaktion im Reaktordruckbehälter wird mithilfe von sogenannten Steuerstäben aus Indium, Cadmium und Silber gesteuert. Durch die Steuerstäbe wird ein Teil der frei gewordenen Neutronen eingefangen. Je tiefer die Steuerstäbe zwischen die Uran-Brennelemente geschoben werden, desto mehr Neutronen fangen sie ab. Zum Abschalten des Reaktors werden die Stäbe ganz hinein geschoben.

Das mit Borsäure (Neutronenabsorber) versetzte Wasser, welches die Brennelemente umspült, ist radioaktiv kontaminiert. Es darf daher das Reaktordruckgebäude verlassen. Deshalb gibt es in einem Druckwasserreaktor zwei voneinander unabhängige Wasserkreisläufe. Den Primär-, und Sekundärkreislauf.

Um das Sieden des Wassers im Primärkreislauf zu vermeiden, wird es unter hohem Druck gesetzt (160 bar). Daher kommt die Bezeichnung Druckwasserreaktor. Wasserdampf würde die Brennstäbe nicht genug kühlen und sie würden schmelzen. (siehe [Unfallgefahr](#))

Das Kühlwasser tritt mit über 330 °C in den Wärmetauscher ein. Hier gibt das heiße Wasser die Wärme an das Wasser des Sekundärkreislaufes ab und wird mit ungefähr 280 °C in das Reaktordruckgefäß zurückgepumpt. Dort nimmt es erneut Wärme auf.

Im Wärmetauscher verdampft das Wasser des Sekundärkreislaufes, da hier der Druck mit 70 bar sehr viel geringer ist. Der unter Druck stehende Wasserdampf wird zu den Turbinen geleitet. Hier gibt er seine Energie an den Generator ab und kondensiert. Das nun kühle Wasser wird weiter abgekühlt und fließt in den Wärmetauscher zurück, um erneut Energie aus dem Primärkreislauf aufzunehmen.

Unfallgefahr von Atomkraftwerken

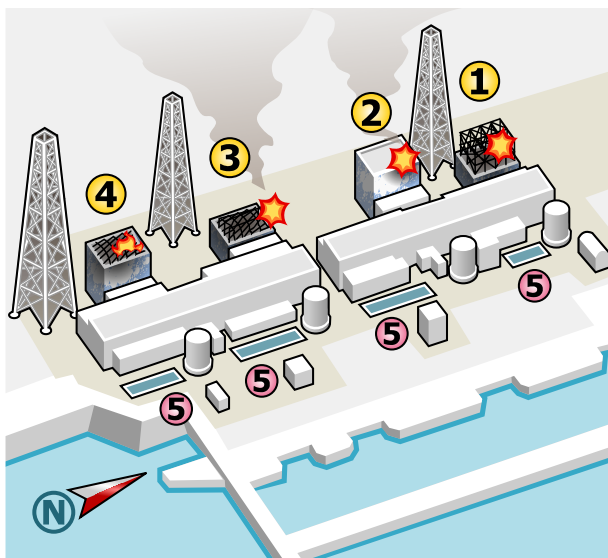
Die meisten Atomkraftwerke sind heute einigermaßen sicher. Allerdings kommt es natürlich darauf an, was man unter "sicher" verstehen will.

Große Reaktorkatastrophen wie 2011 am Atomkraftwerk von Fukushima oder 1989 am Atomkraftwerk von Tschernobyl sind tatsächlich relativ selten. Das Problem ist, dass so schwere Unglücksfälle gar nicht passieren dürfen, denn die Folgen sind jedes Mal verheerend, wie wir in Tschernobyl und Fukushima gesehen haben. Große Landstriche sind aufgrund der ausgetretenen Radioaktivität für viele Jahre nicht mehr bewohnbar.

Moderne westliche Atomkraftwerke sind so konzipiert, dass sie im schlimmsten vorstellbaren Fall immer noch die radioaktiven Stoffe sicher einschließen. Dieser schlimmste vorstellbare Fall wird auch als GAU (größter anzunehmender Unfall) bezeichnet. Dieser Fall wäre dann erreicht, wenn die Stahlwände eines Kernreaktors schmelzen. Die radioaktiven Stoffe sollen dann von dem Betongebäude aufgefangen werden.

Am 26. April 1986 sollten im Kernkraftwerk **Tschernobyl** während der Nachtschicht einige Tests durchgeführt werden. Im Zuge des Tests fing das Wasser an zu sieden. Der entstehende Wasserdampf konnte die Wärme nicht mehr abführen und die Uranstäbe erhitzen sich immer stärker. Das Notabschaltensystem war nicht in der Lage zu reagieren, weil es für den Versuch blockiert wurde. Bei der Notabschaltung fuhren die Regelstäbe viel zu langsam in den Reaktorkern. Sie verbogen sich durch die Hitze und blieben auf halber Strecke stecken. Die Kettenreaktion war nicht mehr aufzuhalten. Der Reaktor begann zu glühen und es entstand Knallgas. Es kam zur Explosion, die das Reaktorgebäude zerstörte.

Am 11. März 2011 hat eine 13 m bis 15 m hohe Tsunamiwellen das Kraftwerk **Fukushima** getroffen und überschwemmten die Reaktorblöcke 1 bis 4 um bis zu 5 m. Die Meerwasserpumpen, Notstromaggregate und Stromverteilung wurden zerstört. Durch fehlende Kühlung kam es zur Überhitzung der Reaktoren und zur Verdampfung des Kühlwassers in den Abklingbecken. In **Fukushima** besteht weiterhin das Problem, dass die bereits erzeugten Spaltprodukte immer noch sehr viel Wärme erzeugen und eine Kühlung nur schwer möglich ist. Es war zwischenzeitlich nicht einmal sicher, ob sich der geschmolzene Reaktor nicht auch durch die Betonwanne schmelzen könnte und so das Grundwasser erreichen könnte.



[Sodacan, Fukushima I nuclear accidents diagram, ©©30](#)

1. Block 1: Explosion, Dach weggesprengt (12. März 2011)
2. Block 2: Explosion (15. März 2011), kontaminiertes Wasser im unterirdischen Graben, mögliches Leck in der Unterdrückungskammer
3. Block 3: Explosion, Großteil des Betongebäudes zerstört (14. März 2011), mögliches Plutoniumleck
4. Block 4: Feuer (15. März 2011), Wasserstand in den Becken für abgebrannte Brennelemente teilweise wiederhergestellt
5. Mehrere Gräben: wahrscheinliche Quelle von kontaminiertem Wasser, teilweise unterirdisch, Leck gestoppt (6. April 2011)

Letztlich besteht bei jeder eingesetzten Technik die Gefahr, dass etwas unvorhergesehenes passiert. Selbst eine extrem unwahrscheinliche Verkettung schwerer Pannen ist möglich. Das Katastrophenpotenzial ist beim Betrieb von Atomkraftwerken besonders hoch.

Problem der Langzeitlagerung

Da Atomkraftwerke radioaktives Uran als Treibstoff benötigen, erzeugen sie im Betrieb immer auch radioaktiven Abfall. Zum einen bleibt bei der Reaktion immer auch radioaktives Uran zurück, zum anderen werden bei der Kernspaltung viele verschiedene Stoffe erzeugt, die ebenfalls häufig radioaktiv sind.

Radioaktive Abfälle kann man nicht so einfach entsorgen. Besonders nicht, wenn die Stoffe so lange Halbwertszeiten besitzen wie das Uran. Uran-238 besitzt eine Halbwertszeit von 4,5 Milliarden Jahren! Das bedeutet, dass erst nach dieser Zeit die Hälfte aller Uran-238-Kerne zerfallen sind. Diese Zeit ist wirklich unvorstellbar lang. Trotzdem muss der "Atommüll" für alle Zeiten sicher verwahrt bleiben. Eine richtige Lösung ist dafür noch nicht gefunden. Wenn man sich ein Haus oder ein Auto anschaut, das vielleicht nur 20 Jahre nicht mehr renoviert oder repariert wurde erhält man eine Vorstellung von diesem Problem.

[wiki.zum.de, Wie ein Atomkraftwerk funktioniert \(05.11.21\)](https://wiki.zum.de/Wie_ein_Atomkraftwerk_funktioniert_(05.11.21)), Angepasst von A.Spielhoff, [CC BY-SA 4.0](#)

Luftbildaufnahme von Atommüllendlager Gorleben:



Dirk Vorderstraße, [luftbild-atommuellager-gorleben](#), [CC BY-SA 3.0](#)