

Vergleich Kernfusionsreaktor und Brutreaktor

Häufig wird der Kernfusionsreaktor in den Medien als „Saubere Kernenergie“ mit Zukunftspotential bejubelt, während die Kernspaltung als möglichst schnell zu beendende „Katastrophentechnologie“ betrachtet wird. Ketzerisch kann man behaupten dass die Kernfusion nur deshalb bejubelt wird weil deren Technologie soweit von der Realisierung entfernt ist das deren Nachteile noch gar nicht erkennbar sind. Wenn man das Potential bekannter Energieerzeugungstechnologien und deren Potential für die Energieerzeugung einer industrialisierten Zukunft betrachtet, so stösst man auf die Kernfusion und die Kernspaltung in Form von Brutreaktoren (Brutrate >1). Brutreaktoren können das gesamte Potential spaltbarer Isotope, Uran 238 und Thorium 232 nutzen und damit ähnlich der Kernfusion einen steigenden Energieverbrauch für Millionen Jahre decken.

Wenn man die Konzepte Schneller Brüter und Kernfusionsreaktor vergleicht, so kann man folgende Aussagen treffen:

Grundlagen:

Kernfusion

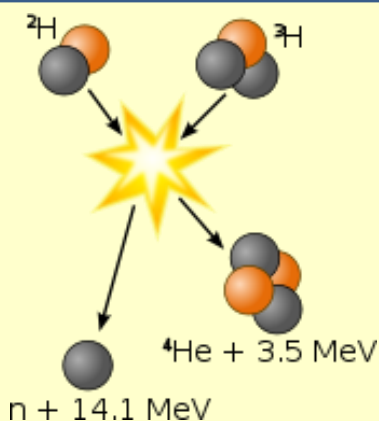


Bild: Wiykis Wikipedia (2)

Die niedrigste Energie erfordert die Kernfusion von Deuterium, Schwerer Wasserstoff und radioaktiven Tritium dem überschweren Wasserstoff. Eine Temperatur von 100 Mio. C° reicht bei hinreichendem Druck um eine D-T Fusionen zu ermöglichen. Deshalb zielen alle Kernfusionsprojekte auf die D-T Fusion. Eine D-T Fusion setzt die Energie von 14,1 MeV frei.

Deuterium kommt natürlich im Wasser vor. Man kann Deuterium aus dem gewöhnlichen Wasserstoff anreichern, Tritium kommt in der Natur nur in Spuren vor. Tritium ist mit einer Halbwertszeit von 12,3 Jahren radioaktiv. Man gewinnt Tritium technisch durch Neutronenbestrahlung von Lithium 6 in Kernreaktoren. Inwieweit man in einem potentiellen kommerziellen Kernfusionsreaktor die bei der Kernfusion anfallenden sehr harten Neutronen zum Erbrüten des Tritiums nutzen kann, ist so unbestimmt wie die Technik möglicher, künftiger Fusionsreaktoren. Eine weitere Herausforderung ergibt sich daraus das die Energie grösstenteils als sehr harte Neutronenstrahlung anfällt

Korrektur(2019)...eine D-T Fusion setzt 17.6 MeV frei!

Kernspaltung

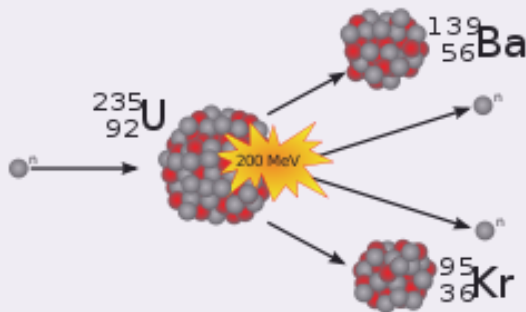


Bild: Wikipedia User:Stefan-Xp (3)

Brutreaktoren nutzen die Umwandlung von schwer spaltbarem ${}^{238}\text{U}$, bzw. ${}^{232}\text{Th}$ durch Neutroneneinfang zu Plutonium, bzw. ${}^{233}\text{U}$ und generieren aus dem Neutronenüberschuss neuen nuklearen Brennstoff. Die Plutoniumkerne sind instabil. Beim Auftreffen eines Neutrons spalten sich diese unter Emission von 2 – 3 Neutronen. Der grösste Teil der Neutronen wird bei der Kettenreaktion und der Generierung neuen Brennstoffs absorbiert. Eine Kernspaltung generiert 200 MEV Energie die grösstenteils in den Spaltprodukten anfällt.

Stand der Entwicklung:

Die Kernfusion erfordert kosmische Temperaturen, ab 100 Mio. °C und hohe Drücke. Der Weg zum kommerziellen Kernfusionskraftwerk erfordert einige Technologiesprünge und kann noch Generationen dauern. Auf der Seite von Bürger für Technik findet man eine Zusammenfassung des Stands der Technik http://www.buerger-fuer-technik.de/body_kernfusion-stand_und_perspekti.html (4).

Andererseits wurden bereits mehrere halbkommerzielle Schnelle Brüter errichtet. Indien und Russland bauen aktuell derartige Reaktoren, China hat einen Vorvertrag mit Atomstroyexport/Gidropress zum Bau von 2 BN800 Brütern abgeschlossen. Auch Prototypen von Flüssigsalzreaktoren wurden bereits erprobt. Seit ein paar Jahren macht man sich mehr und mehr Gedanken zu verschiedenen Flüssigbrennstoffreaktoren, deren Technik, Material und der Wiederaufbereitung. Innerhalb einiger Jahre könnte ein Serienbau von kommerziellen Brütern beginnen.

Brennstoff und Betriebskosten:

Als Kernbrennstoff kommen Uran, Thorium, bei schnellen Kernspaltreaktoren, bzw. Schwerer Wasserstoff und Lithium bei möglichen Kernfusionsreaktoren zum Einsatz. Aufgrund der hohen Energiedichte dieser Brennstoffe sind deren Kosten nicht massgeblich. Die veröffentlichten „Nachgewiesenen“ Reserven betragen für Uran (*Kernspaltung*) und Lithium (*Kernfusion, Erbrüten von Tritium*) einige 100 Jahre, bzw. einige zig Jahre. Dies gilt für das heutige Preisniveau und ist demzufolge nicht relevant. Ein zig-fach höherer Preis für Uran, oder Lithium würde einerseits die nutzbaren Vorkommen um ein viel-hundertfaches erweitern, andererseits die Wirtschaftlichkeit nicht massgeblich beeinflussen.

Die Brennstoffkosten werden beim Schnellen Brüter durch die Wiederaufbereitung des abgebrannten Kernbrennstoffs bestimmt und beim Kernfusionsreaktor durch das Erbrüten

von Tritium in Kernkraftwerken. In beiden Fällen sind die Brennstoffkosten sehr gering. Falls man grosse Einheiten errichtet, können die Betriebskosten in beiden Fällen auf, oder unter dem Niveau der gegenwärtigen kommerziellen Leichtwasserreaktoren, weit unter denen von Kohlekraftwerken, liegen.

Baukosten

Die Baukosten von Leichtwasserkernkraftwerken liegen in Westeuropa aufgrund von Sicherheitsanforderungen die andere Methoden der Stromerzeugung weit übertreffen und in keinem Verhältnis zu den geringen realen Risiken stehen, mit aufwendigen Lieferantenzertifizierungen, Bauteilprüfungen und Dokumentationen, mittlerweile in einem Bereich der die Wirtschaftlichkeit neuer Kernkraftwerke in Frage stellt. Die Baukosten Schneller Brüter liegen ca. 20% über denen aktueller Leichtwasser Kernkraftwerke (*Quelle Gidropress/Atomstroyexport Russland*). Da das Risikopotential von Kernkraftwerken geringer ist als das anderer Energiequellen, die aufstrebenden Wirtschaften Asiens eine grössere Betonung auf die Wirtschaftlichkeit legen, wird Europa früher, oder später, sofern man nicht den elektrischen Strom aus Osteuropa zu importieren gedenkt, die Anforderungen an Prüfungen und die Dokumentation anpassen. Mit grösseren Einheiten, ab ca. 2500 MWe, lassen sich die spezifischen Baukosten durch die Grössendegression signifikant reduzieren und die spezifischen Baukosten von Leichtwasserkernkraftwerken heutiger Grösse unterbieten.

Es ist kaum möglich die Kosten eines Kernfusionsreaktors zu schätzen da die Technologie eines kommerziellen Kernfusionsreaktors nicht bekannt ist. Der Iter Versuchsreaktor hat einen Durchmesser von 10,7m und eine Höhe von 30m. Es werden sehr teure, hochtemperaturfeste Materialien verwendet. Er baut definitiv grösser und teurer als ein Kernspaltungsreaktor. Aufgrund der Anforderungen kosmischer Temperaturen und Drücke und dem Schutz gegen die Strahlung und die extrem harten Neutronen ist es kaum zu erwarten das ein Kernfusionsreaktor preiswerter sein wird als ein Schneller Brüter.

Radioaktivität und Abfälle

Die Kernfusion erzeugt je D-T Fusion 17.6 MEV Energieabgabe. Der grösste Teil der Energieabgabe erfolgt in Form sehr harter Neutronen. Die Schnellen Neutronen werden im Umfeld des Reaktors absorbiert. In nickelhaltigen Stählen bildet sich radioaktives Kobalt 60. In lithiumhaltigen Kühltürmen (*ein Konzept*) bildet sich radioaktives Tritium das möglicherweise als Brennstoff genutzt werden kann. Der Kernbrennstoff Tritium muss andernfalls, z.B. in Brutreaktoren, aus Lithium 6 erbrütet werden. Ein Kernfusionsreaktor schafft neue Radioaktivität. Bei der Kernspaltung werden je 200 MEV ca. 2.5 - 3 Neutronen freigesetzt. Der grösste Teil der Energie wird als kinetische Energie der Spaltprodukte im Brennstoff freigesetzt. Unabhängig von der Reaktorauslegung ist ein Teil der Spaltprodukte radioaktiv. Die erzeugte Radioaktivität ist beim Fusionsreaktor im Verhältnis zur Energieerzeugung höher.

Für Oekoreligiös gesinnte Gesellschaften die an Legenden von „Ungelösten Endlagerfragen“, dämonischen Atomstrahlen glauben, sollte ein Kernfusionsreaktor genauso teuflisch sein wie ein Kernspaltreaktor.

Sicherheit

Die Kernspaltung hat sich als sicherste bekannte Energiequelle erwiesen. Seit Beginn der kommerziellen Nutzung der Kernenergie gab es lediglich 3 grössere Reaktorunfälle, Harrisburg 1979, Tschernobyl 1986 und Fukushima 2011. Lediglich bei dem Unfall in Tschernobyl gab es eine grössere Anzahl von Todesopfern. Der grösste materielle Schaden entstand durch die von Panik bestimmte Evakuierung in Fukushima. Ob Kernfusionsreaktoren sicherer sein werden lässt sich heute nicht beantworten da das Konzept eines derartigen Reaktors spekulativ ist. Kosmische Temperaturen, entsprechende Drücke, harte Neutronenstrahlen, dass neutronenaktivierte Strukturmaterials sprechen nicht für ein wesentlich geringeres Risikopotential.

Einschätzung

Ich erachte es als eher unwahrscheinlich dass die Kernfusion in absehbarer Zeit ein kommerzieller Erfolg wird. Auch in der ferneren Zukunft dürfte der Brüter ein harter Konkurrent sein. Das Konzept des Brüters erschöpft sich nicht im schnellen natriumgekühlten mit Festbrennstoff bestücktem Reaktor. Konzepte die flüssigen, salzförmigen Brennstoff verwenden können als moderierte Reaktoren mit Thorium als Brutstoff und Uran als Brennstoff, oder als Schnelle Reaktoren mit Uran/Plutonium Brut/Brennstoff konfiguriert werden. Insbesondere das Konzept des Schnellen Salzschnmelzereaktors verspricht eine hohe Energiedichten und kann möglicherweise die Energieerzeugung der Zukunft bestimmen.

Meines Erachtens ist der Schnelle Brüter die bessere Wahl für die Energieerzeugung der Zukunft.

Holger Narrog

- (1) http://www.world-nuclear-news.org/NP-Japan_France_consider_nuclear_power_costs-0811114.html?utm_source=World+Nuclear+News&utm_campaign=9c3f73500e-11_8_2011&utm_medium=email
- (2) Die Graphik entstammt Wikipedia
<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Kernspaltung.svg&filetimestamp=20100101155125>
- (3) Die Graphik entstammt Wikipedia
http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Deuterium-tritium_fusion.svg&filetimestamp=20091128202729
- (4) http://www.buerger-fuer-technik.de/body_kernfusion-stand_und_perspekti.html