

Es gilt das gesprochene Wort!

NUKLEARFORUM SCHWEIZ
FORUM NUCLÉAIRE SUISSE



Gedanken zur Versorgungssicherheit beim Kernbrennstoff

Zusammenfassung des Referats von Prof. Horst-Michael Prasser, Leiter Labor für Kernenergiesysteme, ETH Zürich, anlässlich der Jubiläumsveranstaltung des Nuklearforums Schweiz am 29. Mai 2008 in Lausanne

Kernkraftwerke erzeugen radioaktive Reststoffe, das ist allgemein bekannt. Sie sind teils sehr langlebig und müssen sicher von der Ökosphäre ausgeschlossen werden. In Zeiträumen jenseits einer Million Jahre jedoch fällt die Radiotoxizität des nuklearen Abfalls unter das Niveau der Toxizität des ursprünglich eingesetzten Natururans ab. In diesen Zeitskalen gedacht, verringert die heutige Kernenergie die auf der Erde vorhandene Gesamtoxizität. Da die heutige Abfalllagerung und die Endlagerkonzepte extrem hohe Rückhalteraten garantieren, findet in der Ökosphäre bereits heute eine Reduktion der Radiotoxizität statt.

Diese Feststellung, die wie ein an den Haaren herbeigezogener Werbeslogan für die Kernenergie anmutet, hat einen realen Hintergrund: Steinkohle enthält Uran, welches sich in der Asche eines Kohlekraftwerks wiederfindet. Hier kann die Kernenergie zur Senkung der Radiotoxizität von Altlasten beitragen, wie im Folgenden erläutert wird. An einigen Orten finden sich Urankonzentrationen in der Kohle von über 20 ppm¹, die durch die Verbrennung des Kohlenstoffs auf über 200 ppm angereichert werden – eine Konzentration, mit der andernorts, z.B. in der Rössing-Mine in Namibia, mit Erfolg Erz abgebaut wird. Mit der Aschehalde hinter dem Kohlekraftwerk entsteht eine Radiotoxizitätsfracht, die ein Umweltproblem darstellt, denn durch herausgelöstes Uran kann das Grundwasser bedroht werden. Eine Urangewinnung aus solchen Aschen zur Brennstoffgewinnung für Kernkraftwerke hilft, die Radiotoxizität zu senken und kombiniert die Gewinnung eines energetischen Rohstoffs mit der Sanierung der Aschehalde. Die Halbwertszeit der in den Aschen enthaltenen Nuklide wird im Reaktor stark verringert und der Rest gelangt letztlich ins Endlager, wo er sicher von der Ökosphäre abgeschlossen ist. Projekte solcher Art befinden sich in der Entwicklungsphase. So will eine kanadische Bergbaufirma in China aus der ständig anfallenden Asche von drei Kohlekraftwerken in der Provinz Yunnan (Xiaolongtang, Dalongtang und Kaiyuan) auf diese Weise jährlich etwa 120 t Natururan gewinnen. Das ist etwa ein Viertel des Bedarfs der Schweiz. Erkundungen in anderen

¹ ppm bedeutet "parts per million", also z.B. 1 ppm = 1 g/t = 1 mg/kg

Gegenden sind im Gange. So finden sich beispielsweise in Tschechien und Ungarn Braunkohlen mit vergleichbarem Urangehalt.

Diese momentan noch etwas exotische Art der Urangewinnung zeigt an einem Beispiel, dass Uran ein sehr weit verbreitetes Spurenelement ist. So wird die Gesamtmenge an Uran in der Erdkruste z.B. im Konzentrationsbereich zwischen 100 und 300 ppm auf mehr als 1 Mrd. t geschätzt, bei noch niedrigeren Konzentrationen ist es noch weit mehr. Die Menge wächst im gesamten Konzentrationsbereich von den heute abgebauten Erzen bis hinunter zur mittleren Konzentration in der Erdkruste von 3 ppm um je etwa den Faktor 300 mit jeder Absenkung der Grenzkonzentration um eine Größenordnung. Es ist also klar, dass die Frage, bis zu welcher Konzentration uranhaltiges Gestein als Erz abgebaut werden kann, von entscheidender Bedeutung für die Bewertung der vorhandenen Ressourcen ist. Wird der Urangehalt zu klein, dann wird in der Mine mehr Energie verbraucht, als das Kernkraftwerk erzeugen kann. Unterhalb dieser kritischen Konzentration wäre die Nutzung der Kernenergie nicht mehr sinnvoll.

Die Bewertung dieser Grenze wird von verschiedenen Stellen mit unterschiedlichem Ergebnis vorgenommen. Eine Studie von Smith & Storm van Leeuwen², von atomkritischen Kreisen in Auftrag gegeben, kommt z.B. zu dem Schluss, dass diese Grenze – dort „Energy Cliff“ genannt – bei einem Urangehalt von ca. 200 ppm liegt. Vergleicht man jedoch das zugrunde gelegte Modell mit aktuellen Zahlen aus heute betriebenen Minen, z.B. aus einer kürzlich veröffentlichten Arbeit von Mudd und Diesendorf³, so stellt man fest, dass Smith & Storm van Leeuwen den Energieaufwand bei der Urangewinnung im Bereich niedriger Konzentrationen im Erz um mehr als eine Größenordnung überschätzen. Damit ist auch ihre Prognose der Reichweite der Uranvorkommen falsch: Sie prognostizieren ein Auslaufen der energetisch verwertbaren Vorkommen schon in etwa einem halben Jahrhundert – vorausgesetzt, dass allein thermische Reaktoren zum Einsatz kommen. Die Verwendung einer um eine Größenordnung zu hohen Grenzkonzentration führt aber zu einer Unterbewertung der Vorkommen um grob den Faktor 300. Damit dürfte genügend Uran vorhanden sein, um Kernreaktoren noch bis in ferne Zukunft betreiben zu können, selbst wenn es sich nicht um Brutreaktoren, sondern nur um eine Flotte von vorwiegend Leichtwasserreaktoren handeln sollte.

² Storm van Leeuwen, J. W., Smith, P., 2005. Nuclear Power, The Energy Balance. Report available in the internet: <http://www.stormsmith.nl/>, August 2005.

³ Mudd, G. M., Diesendorf M., 2007. Sustainability Aspects of Uranium Mining : Towards Accurate Accounting ?, 2nd International Conference on Sustainability Engineering & Science, Auckland, New Zealand - 20-23 February 2007.

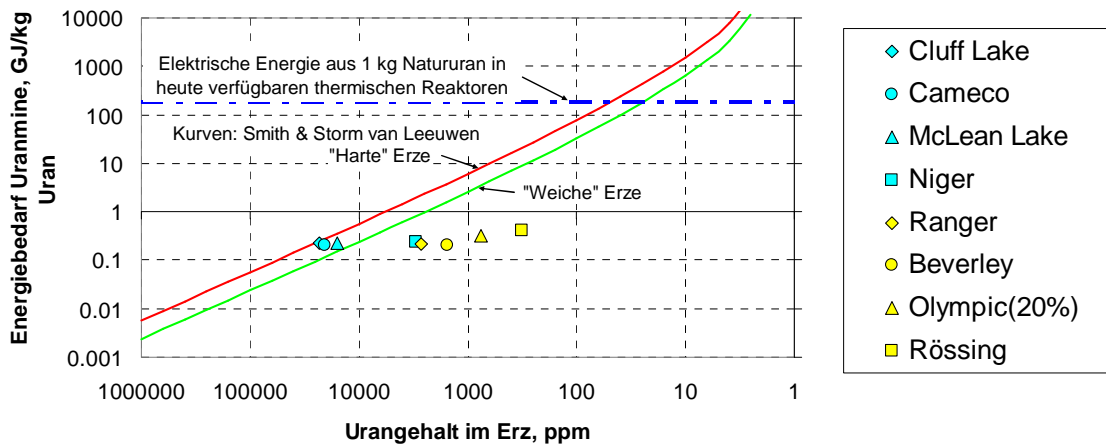


Bild: Der direkte Energieaufwand beim Abbau und der Abtrennung von Uran in Minen, die Erze mit weniger als 3000 ppm Uran verarbeiten, wird von Smith & Storm van Leeuwen um mehr als eine Grössenordnung überschätzt (Grafik in doppelt-logarithmischem Massstab, Minendaten: Mudd und Diesendorf³, Modellgleichung: Smith & Storm van Leeuwen²)

Allerdings würde es einen langsamen aber stetigen Anstieg der Bergbauaktivitäten zur Urangewinnung geben, wenn zu immer geringeren Urankonzentrationen gegriffen werden müsste. Hieraus erwächst eine starke Motivation, die Entwicklung von Brutreaktoren und die Schliessung des Kernbrennstoffkreislaufs voranzubringen⁴. Damit werden sich Brutreaktoren noch weitaus länger als häufig angenommen, der starken wirtschaftlichen Konkurrenz durch Leichtwasserreaktoren und andere thermische Reaktoren stellen müssen, falls es zu einer anhaltenden Renaissance der Kernenergie kommt. Bedenkt man, dass heute allein der Einsatz plutoniumhaltiger MOX-Brennelemente deutlich teurer ist, als die Verwendung von Uranbrennelementen, dann wird deutlich, dass es bei der Entwicklung der Bruttechnologie entscheidende Fortschritte bei der Wirtschaftlichkeit dieser Anlagen geben muss, wenn sie mittelfristig eine bedeutende Rolle spielen sollen.

Es gibt allerdings auch noch das Uran im Meerwasser. Da nur 3 mg Uran je Kubikmeter enthalten sind, hält Dittmar⁵ dessen energetische Nutzung für illusorisch. Er rechnet vor, dass man bei einer Effizienz der Abtrennung von 20 % für den Betrieb eines 1000 MW-Reaktors pro Sekunde etwa 10'000 Kubikmeter Meerwasser verarbeiten müsste. Diese Skepsis kann jedoch mit einem Beispiel entkräftet werden. So hat das Gezeitenkraftwerk La Rance, in einer Meeresbucht Nordwestfrankreichs am Golf von Saint-Malo gelegen, bei einer über das Jahr gemittelten Leistung von etwa 60 MW einen mittleren Wasserdurchsatz von 15'000 Kubikmetern pro Sekunde. Würde man am Einlauf dieses Werks die geforderte Extraktion von 20 % des im Meerwasser gelösten Urans hinbekommen,

⁴ Ein weiteres, wichtiges Motiv besteht in der Minimierung der Mengen radioaktiven Abfalls

⁵ Dittmar, M., 2007. The Nuclear Energy Option, facts and fantasies. ASPO06 Conference Cork, September 17-18, 2007.

so könnte man mit dem abgetrennten Uran offensichtlich ein Kernkraftwerk von 1500 MW elektrischer Leistung betreiben, 25-mal mehr, als das Gezeitenkraftwerk selbst produziert. Und japanische Forscher⁶ haben gezeigt, dass man das Uran mit speziell imprägnierten Matten gewinnen kann, die man für einige Zeit im Meer versenkt. Solche oder ähnlich Matten könnten vielleicht das geeignete Material für die Installation am Gezeitenkraftwerk sein. Man sieht, dass es hier bei wachsendem Bedarf noch viele realistische Herausforderungen für zukünftige Ingenieure und Wissenschaftler gibt.

Fazit: Die Versorgungslage mit Uran ist stabil. Heute bereits erkundete Lagerstätten können den Bedarf für Jahrzehnte decken. Aber auch in den folgenden Jahrhunderten wird es kein Urandefizit geben, solange eine langsame, aber stetige Ausweitung des Uranbergbaus Akzeptanz bei der ansässigen Bevölkerung findet. Das gilt auch bei einer Erweiterung des Kernenergieanteils weltweit. Aus einer vermeintlich heute schon absehbaren Verknappung der Ressource Natururan in etwa einem halben Jahrhundert ein Argument gegen den Neubau von Kernkraftwerken zu konstruieren, beruht deshalb auf einer Fehleinschätzung oder opfert Fakten bestimmten politischen Zielen.

⁶ Seko, N., Katakai, A., Hasegawa, S., Tamada, M., Kasai, N., Takeda, H., And Sugo, T., 2003. Aquaculture of Uranium in Seawater by a Fabric-Adsorbent Submerged System, Nuclear Technology Vol. 144 Nov. 2003.