

## Kernenergie

### Hochtemperaturreaktor vom Typ Kugelhaufenreaktor

- eine deutsche Entwicklung, im Ausland realisiert -

Für die Energiewirtschaft der Zukunft sind vor allem fünf entscheidende Fragen zu beantworten, die allesamt Entwicklungen von Techniken verlangen:

1. Gelingt es, CO<sub>2</sub> mit vertretbaren Kosten aus dem Abgas abzuscheiden und dauerhaft sicher zu lagern?
2. Gelingt es, die Prozesse der „erneuerbaren“ Energien wirtschaftlich, d.h. ungestützt durch Subventionen, zu machen?
3. Gelingt es, das Problem der Speicherung von elektrischer Energie zu lösen?
4. Gelingt es, kontinuierlich und wirtschaftlich arbeitende Kraftwerke für die Nutzung der Kernenergie durch Kernfusion zu realisieren?
5. Gelingt es, katastrophensichere Kernkraftwerke für die Nutzung der Kernenergie durch Kernspaltung bereit zu stellen?

Die ersten vier Fragen warten auf ihre Beantwortung.

Die fünfte Frage hingegen ist mit einem eindeutigen **JA** bereits beantwortet. Viele Zeitgenossen sind allerdings noch nicht bereit, dieses zu akzeptieren.

Das **JA** zur fünften Frage ist der Hochtemperaturreaktor HTR, insbesondere der Hochtemperaturreaktor vom Typ Kugelhaufenreaktor.

In Fachkreisen ist dieser Typ von Kernkraftwerk als katastrophensicher anerkannt.

Der Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen ist eine deutsche Entwicklung, die ab den 1950er Jahren unter Einbindung von know – how aus USA und Großbritannien und mit Zuarbeit aus Italien, Schweden und der Schweiz erfolgte. Ende der 1980er Jahre wurde die industrielle Entwicklung dieser Zukunftstechnologie in Deutschland eingestellt. Die Weiterentwicklung erfolgte und erfolgt in China, Südafrika, USA, Japan, Russland, Südkorea und bei unseren Nachbarn Niederlande und Frankreich.

Der Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen ist international bekannt als Kugelhaufenreaktor unter dem Kürzel PBMR (Pebble Bed Modular Reactor).

Der Hochtemperaturreaktor gilt als aussichtsreichster Vertreter in dem internationalen Projekt GENERATION IV, an dem auf Veranlassung des U.S. Department of Energy, DOE, Washington, alle Länder, die Kernenergie nutzen, beteiligt sind,

**außer Deutschland.**

Die Abstinenz Deutschlands führt unter anderem auch dazu, dass Informationen über moderne Sicherheitstechnik an Kernkraftwerken aus dem Projekt GENERATION IV nur auf Umwegen und verspätet nach Deutschland gelangen.

Im technisch – wissenschaftlichen Bereich wird zum Hochtemperaturreaktor gearbeitet bei

- Massachusetts Institute of Technology MIT, Cambridge/Boston, USA
- Tsinghua University, Beijing, China und
- RWTH Rheinisch – Westfälische Technische Hochschule Aachen, Deutschland.

Wichtigste Einrichtungen eines Kernkraftwerks sind die Brennelemente. In ihnen befinden sich der Brennstoff für die Erzeugung der erwünschten Energie und die Spaltprodukte als Quellen der gefährlichen Radioaktivität und der zu beachtenden Nachwärme. Je robuster das Brennelement, umso sicherer das Kernkraftwerk!

Beim Hochtemperaturreaktor befindet sich der Brennstoff in vielen Milliarden Partikeln, jedes von der Größe etwa eines Stecknadelkopfs mit einer Leistung von etwa 0,2 Watt pro Partikel. Diese Brennstoffpartikel haben eine mehrschichtige Einhüllung aus keramischem Material, druckfest und dicht, letzteres auch bei sehr hohen Temperaturen, und nicht brennbar (Siliziumcarbid). Beim HTR ist somit die Gefahrenquelle zergliedert in Kleinstmengen marginaler Gefahr, jede widerstandsfähig eingekapselt (coated particles). Ein genialer Gedanke:

#### **Mini-Gefahrenquellen in Mini-Containments.**

Die bei den anderen Kernkraftwerkstypen üblichen Brennstäbe haben milliardenfach mehr Material pro Stab als pro Partikel beim HTR und sind obendrein nur metallisch umhüllt. Die Brennstäbe sind extrem empfindlich, vor allem gegenüber hohen Temperaturen.

Die Partikel beim HTR sind eingebunden, d.h. eingepresst, in druckfeste, robuste Kugeln aus Graphit, Tennisball groß mit einer Leistung von etwa 3 Kilowatt pro Kugel, d.h. etwa 15 000 Partikel pro Kugel. Einige Hunderttausend Kugeln befinden sich im Kernreaktor, die Menge abhängig von der Leistung des Kraftwerks. Sie bilden einen Kugelhaufen, der von oben beschickt und nach unten abgezogen wird. Der Kugelhaufenreaktor wird somit kontinuierlich mit Spaltmaterial beschickt betrieben. Auf diese Weise ist gerade soviel Spaltmaterial im Reaktor, wie es der laufende Betrieb des Kraftwerks erfordert, also ohne „bedrohliche“ Reservemenge an frischem Spaltmaterial, wie sie bei den üblichen, in Chargen beschickten Kernkraftwerken erforderlich ist, um den Abbrand des Spaltmaterials zu kompensieren. Der kontinuierliche Betrieb des Kugelhaufenreaktors ermöglicht darüber hinaus eine hohe Ausnutzung des eingesetzten Spaltmaterials.

Die Abfuhr der erzeugten Wärme aus dem Hochtemperaturreaktor erfolgt durch Helium, ein reaktionsresistentes Edelgas.

Parallel zur deutschen Entwicklung des Kugelhaufenreaktors wurde in USA ein Hochtemperaturreaktor entwickelt, in dem die Brennstoffpartikel in Blöcken (aus Graphit) gefasst sind.

Der Hochtemperaturreaktor erzeugt Strom mit hohem Wirkungsgrad, unter Verwendung moderner Dampfturbinenprozesse; auch Gasturbinen sind möglich.

Vor allem aber kann der Hochtemperaturreaktor Wärme mit hohen Temperaturen für technische Prozesse zur Verfügung stellen. Hier sind vor allem zu nennen

- die Herstellung von Treibstoffen und Erdgas durch die Vergasung von Braunkohle und Steinkohle sowie
- die Herstellung von Wasserstoff durch die thermische Spaltung von Wasser,

beides für den Antrieb von Kraftfahrzeugen und zum Heizen.

Auch die Stahlerzeugung kann dadurch entscheidend umweltfreundlicher gestaltet werden.

Das besondere Potenzial des Hochtemperaturreaktors für die Veredelung von Kohle war neben seiner herausragenden Sicherheit der wesentliche Grund dafür, dass sich das Land Nordrhein – Westfalen bis Ende der 1980er Jahre so intensiv für den Hochtemperaturreaktor vom Typ Kugelhaufen engagiert hat. Ein weiteres Potenzial besteht in der Nutzung der Wärme (aus kleineren Hochtemperaturreaktoren) zur Ölgewinnung durch Dampfpluten, auch aus Ölsand und Ölschiefer.

Die Entwicklung des deutschen Kugelhaufenreaktors wurde im Wesentlichen finanziert durch

- Europäische Atomgemeinschaft (EURATOM),
- Bundesrepublik Deutschland und
- Bundesland Nordrhein – Westfalen,

nota bene mit Steuergeldern und vor allem von allen Regierungen getragen, gleich welcher Couleur. Diese Förderung erfolgte besonders nach dem Ölschock 1974, als Bundeskanzler Helmut Schmidt mit seiner Politik der neuen Kernkraftwerke gegen die „energiepolitische Erpressbarkeit“ Deutschlands ankämpfte, bis hin zu seiner Rücktrittsdrohung auf dem Berliner SPD - Parteitag im Dezember 1979 für den Fall der Verweigerung seiner SPD.

Federführend für die Entwicklung des Hochtemperaturreaktors mit Kugelhaufen war die Kernforschungsanlage Jülich in Nordrhein – Westfalen, die 1956 durch die Landesregierung von Nordrhein-Westfalen unter Ministerpräsident Fritz Steinhoff, SPD, gegründet wurde.

Folgende Kernkraftwerke vom Typ Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen wurden betrieben, beide im „Energiewald“ Nordrhein – Westfalen

- AVR                    15 MW                    bei Jülich
- THTR                   300 MW                   bei Hamm

Ende der 80er Jahre wurden die beiden Kernkraftwerke still gelegt.

Wesentlicher Grund für die Entscheidung der Stilllegung war der Beschluss des Bundesparteitags der SPD vom August 1986: „Ausstieg aus der Kernenergie binnen zehn Jahren“, der als ein Auftakt für den Kampf zur Bundestagswahl Kohl – Rau am 25. Januar 1987 gesehen werden muss und den die Regierung Johannes Rau, SPD, in Nordrhein-Westfalen bezüglich des Zukunftsprojekts Hochtemperaturreaktor (und auch bezüglich des Zukunftsprojekts Schneller Brüter) nach über 30 Jahren sehr erfolgreicher Arbeit kurzfristig, ohne Not in Nordrhein-Westfalen vollstreckt hat. Andere Kernkraftwerke - der üblichen Art - gab es in Nordrhein-Westfalen nicht, im Land der Braunkohle und der Steinkohle. Es gab nur noch das Kernkraftwerk Würgassen (der 1. Generation) im Dreiländereck mit Niedersachsen und Hessen, weit weg von den mächtigen Kohlezentren Nordrhein-Westfalens.

Es gab für die Stilllegung der beiden Hochtemperaturreaktoren in Nordrhein-Westfalen keinen sachlichen Grund. Festzuhalten bleibt allerdings, dass auch die Zukunftsfähigkeit der Lieferindustrie erhebliche Defizite aufwies und selbige deshalb zu einer sachbezogenen Auseinandersetzung mit der Politik nicht in der Lage war.

Als Ausstiegsgrund dienten die Ängste der Bevölkerung nach der Katastrophe von Tschernobyl vom 26. April 1986.

Tatsächlich aber war jedem Interessierten und Verantwortlichen bekannt, dass das havarierte, sowjetische Kernkraftwerk vom Typ RBMK in keiner Weise – weder physikalisch, noch technisch, somit nicht im Geringsten - dem Sicherheitsstandard der ansonsten in der Welt betriebenen Kernkraftwerke, vor allem auch nicht dem in Deutschland üblichen Sicherheitsstandard entsprach.

Jeder Eingeweihte wusste: Der russische Typ RBMK ist nachweislich unsicher. Und sein Betrieb unterlag sowjetischer Kaderkontrolle ohne Kenntnisse und Verantwortung.

Der „deutsche“ Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen ist das weltweit sicherste Kernkraftwerk. Begründet ist diese Tatsache darin, dass die Entwicklung des Kugelhaufenreaktors ausdrücklich der Vorgabe folgte, ein Kernkraftwerk mit einer solchen Qualität von Sicherheit zu realisieren, wie es die Erzeugung von Strom aus Kernspaltung in Regionen mit hoher Besiedlung, selbst in Städten verlangt, auch mit Wärme-Kraft-Kopplung zur Beheizung der Haushalte und auch als Lieferant von Prozessdampf in Industriebetrieben, z.B. der chemischen Industrie. Alle anderen Kernkraftwerke haben diese ausdrückliche Vorgabe nicht. Sie leiten sich ab aus Kernreaktoren, die Vorgaben aus der militärischen Nutzung hatten, entweder von den Reaktoren für U-Boote (Ziel: hohe Kompaktheit) oder den Reaktoren zur Produktion von Waffenplutonium (Ziel: hohe Ausbeute an Plutonium). Durch Hinzunehmen von aktiv wirkenden Sicherheitseinrichtungen wurden diese Kernkraftwerkstypen für die zivile Erzeugung von Elektrizität überhaupt erst einsetzbar gemacht.

**Der Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen wird als inhärent sicher bezeichnet. Das soll sagen, dass er „passiv“ sicher ist (naturgesetzlich) und nicht „aktiv“ sicher gemacht wird (durch technische Einrichtungen).**

Die herausragende Sicherheit des Hochtemperaturreaktors mit Kugelhaufentechnik ist vor allem begründet in

- seinen robusten Brennstoffpartikeln, die auch bei sehr starken Überhitzungen (wie nach Verlust des Kühlmittels) die gefährlichen radioaktiven Spaltprodukte zurückhalten
- deren Umschichtungen mit Siliziumkarbiden, die bis über 2.000 Grad Celsius nicht schmelzen,
- seiner physikalischen Grundauslegung, die einen unkontrollierten Anstieg der Kernspaltung nicht zulässt, und
- seiner geringen Leistungsdichte (Leistung bezogen auf das Bauvolumen), die eine unkontrollierte Überhitzung ausschließt.

Durch „geplante“ Störfälle im Maßstab 1 : 1 am Hochtemperaturreaktor AVR bei Jülich wurden diese Vorteile nachgewiesen. Das katastrophenfreie Sicherheitsverhalten von Hochtemperaturreaktoren wurde somit im faktischen Betrieb belegt, nicht nur durch theoretische Untersuchungen, durch Studien. Hinzu kommt, dass ein Lufteinbruch in den Reaktor, der zum Verbrennen der Brennelemente führen könnte, naturgesetzlich ausgeschlossen wird durch entsprechende technische Konstruktion. Dieses wurde schon beim oben erwähnten THTR in wesentlichen Zügen verwirklicht.

Ein weiterer, sehr erheblicher Sicherheitsvorteil besteht darin, dass die genutzten Kugelbrennelemente nach Entnahme aus dem Reaktor ohne Zwischenbehandlung in ein Abklinglager überführt werden können, da:

- sie keine technisch ausgelegte, aktive Abfuhr der Nachwärme (des radioaktiven Zerfalls der Spaltprodukte) verlangen
- die umschichteten Brennstoffpartikel die langlebigen Alpha-Strahler abschirmen
- sie diese Strahlung nicht austreten lassen
- die Umschichtungen auch unter hohem Druck nicht zerbrechen, und
- durch Wasser nicht zersetzt werden.

Die Gamma-Strahlung ist bei jeder Art der Endlagerung auf längere Sicht generell ohne Bedeutung. Sie klingt vergleichsweise schnell ab. Wegen der Abschirmung der Alpha-Strahler durch die Umhüllungen der Brennstoffpartikel könnte ein Kugelbrennelement nach 200 Jahren in die Hand genommen werden.

Die Betastrahlung ???

Zur Endlagerung der genutzten Brennelementekugeln des Kugelhaufenreaktors sind das Heraustrennen des strahlenden Materials aus den Brennelementen und dessen anschließende Konditionierung (z.B. Verglasung) nicht erforderlich, im Gegensatz zu den üblichen Kernkraftwerkstypen. Die Risiken solcher Anlagen der Aufbereitung entfallen somit beim System HTR. Die Kugeln werden ohne vorherige Behandlung in ein Endlager verbracht.

Das gegebenenfalls aus logistischen Gründen erforderliche, zeitlich begrenzte, überirdische Zwischenlagern der Kugeln verlangt nur üblichen Schutz und keine technischen Vorkehrungen zur Abfuhr der Nachwärme.

Die Endlagerung der Kugeln ist in solchen geologischen Strukturen und Tiefen möglich, die eine Rückkehr der Radioaktivität in die Biosphäre geophysikalisch, somit naturgesetzlich, völlig und für immer ausschließen.

Somit kann das System Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen auch im Hinblick auf die Entsorgung seiner radioaktiven Abfälle als katastrophenfrei bezeichnet werden.

Schließlich sei darauf hingewiesen, dass es sich bei den zur Endlagerung anfallenden Kugeln insgesamt um geringe Volumina handelt. Pro Kraftwerk mit 1.000 MW beläuft sich das Volumen auf um die 30 m<sup>3</sup> pro Jahr, eher weniger, also rechnerisch auf einen Würfel von maximal etwa 3 m x 3 m x 3 m.

Es sei die Frage erlaubt, ob die unterirdische Endlagerung der riesigen Volumina CO<sub>2</sub>, die unter hohem Druck vorgenommen werden muss, ebenso ungefährlich für den Menschen sein wird wie die

Endlagerung der Brennelemente des Hochtemperaturreaktors? Ganz zu schweigen von dem nachhaltigen Schaden, den das gasförmige Abfall-CO<sub>2</sub> sehr wahrscheinlich anrichtet, wenn er weiterhin wie bisher in die Atmosphäre entsorgt wird.

Das Abzweigen von waffenfähigem Material aus den Brennstoffpartikeln des Hochtemperaturreaktors ist unmöglich.

Das in der politischen Diskussion oft verwandte Argument, es gäbe zu wenig nuklearen Brennstoff für eine zukünftige, nuklear ausgerichtete Energieversorgung, ist schlechterdings falsch, auch bezüglich der heute üblichen Kernkraftwerkstypen. Beim Hochtemperaturreaktor kommt noch förderlich hinzu, dass er das von ihm benötigte Spaltmaterial teilweise selbst erzeugen kann, ausgehend von Thorium, das im Überfluss vorhanden ist. Dieses Potenzial des Hochtemperaturreaktors wurde im THTR (Thorium-Hochtemperaturreaktor) bei Hamm in Nordrhein-Westfalen genutzt. Es konnte dort aber nicht völlig bewiesen werden, da der THTR zu früh still gelegt wurde. Der Nutzen des „Brütens“ des Spaltmaterials Uran 233 aus Thorium 232 wurde stattdessen am AVR abschließend vorgeführt und somit seine Machbarkeit bewiesen. Ein weiterer „Rekord“ des Kugelhaufenreaktors AVR!

Die Ausnutzung des Brennstoffs erfolgt beim Hochtemperaturreaktor mit einem thermodynamischen Wirkungsgrad, der deutlich höher ist als der Wirkungsgrad der heute üblichen Leichtwasserreaktoren. Der Wirkungsgrad des HTR entspricht dem Wirkungsgrad moderner Kohle – und Gaskraftwerke. Auch sind mit dem HTR kombinierte Gas- und Dampfturbinen-Kraftwerke (GuD, Combined Cycle Power Plant CCPP) möglich, mit Wirkungsgraden bis 46 %.

Hinzu kommen noch die bereits oben erwähnte, höhere Ausnutzung des Spaltmaterials durch den kontinuierlichen Betrieb beim Kugelhaufenreaktor und durch Brüten sowie die Möglichkeit der Nutzung der Kraft-Wärme-Kopplung.

Der Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen schont somit die Ressourcen an Spaltmaterial, ganz im Gegensatz zu den üblichen Leichtwasserreaktoren.

Überall, wo Kohlenstoff verbrannt wird (Kohle, Heizöl, Treibstoff, Erdgas), entsteht das Abgas CO<sub>2</sub>. Überall wo stattdessen Kernenergie direkt oder indirekt als Energiequelle eingesetzt wird, entsteht kein Abgas CO<sub>2</sub>.

Der Hochtemperaturreaktor kann die gewünschte Verminderung des Ausstoßes des gasförmigen Abfalls CO<sub>2</sub> in allen Bereichen der Energiewirtschaft (Strom, Treibstoff, Heizung und Industriewärme) leisten. Die üblichen Kernkraftwerke können das nur bei der Erzeugung von Strom.

Die Stromerzeugung mit dem HTR wurde bisher als geringfügig teurer kalkuliert als bei den üblichen Leichtwasserreaktoren. Bei den Strompreisen allerdings, die der Verbraucher am Ende zu zahlen hat, fällt das kaum ins Gewicht. Außerdem wird der heute kalkulierte Unterschied zu Lasten des HTR mit zunehmendem Anstieg des Uranpreises mehr und mehr entfallen. Wegen der höheren Effizienz der Spaltmaterialnutzung im HTR wird sich der Unterschied sogar zu Gunsten des HTR entwickeln.

Die deutsche Politik und wichtige gesellschaftliche Gruppen in Deutschland haben die für die Zukunft so bedeutsame Technologie Hochtemperaturreaktor vom Typ Kugelhaufenreaktor verraten. Die Industrie hat sich nicht dagegen gewehrt, weder die Lieferanten noch die Betreiber solcher Anlagen.

Der Ausstieg aus der deutschen Hochtechnologie Kugelhaufenreaktor in Deutschland ist ein industriepolitischer Skandal.

Dank sei gesagt China, Südafrika und den anderen, die den Hochtemperaturreaktor weiter pflegen!

437 Kernkraftwerke sind derzeit weltweit in Betrieb, diese überwiegend vor 1985 beschlossen. Nach 1985 wurde der Baubeschluss für nur wenige Kernkraftwerke gefasst. Diese mangelnde Nachfrage war begründet in einer allgemeinen temporären Sättigung des Bedarfs.

Das hat sich zwischenzeitlich geändert, wegen der notwendigen Nachrüstung in den Industriestaaten sowie der wachsenden Nachfrage in den Emerging Countries. Und beim Antworten auf die zu Beginn dieses Papiers aufgeführten fünf Fragen wächst die Erkenntnis, dass eine zukünftige Energieversorgung (Strom, Treibstoff, Heizung und Industriewärme) ohne Kernkraftwerke undenkbar ist. Mancherorts wächst sie früher, anderen Orts später, aber auch in den klassischen Industriestaaten. In Deutschland ist eine Rückbesinnung auf den Kugelhaufenreaktor geboten, dessen Entwicklung als vielseitiges Zukunftssystem bekanntlich Ende der 1980er Jahre in Deutschland ohne Not eingestellt wurde. Noch gibt es technisches Wissen zum HTR in Deutschland!

Der deutsche Hochtemperaturreaktor mit Kugelhaufen

- ist katastrophensicher,
- nutzt das Spaltmaterial sehr effizient,
- ist wirtschaftlich und
- kann im gesamten Energiemarkt (Strom, Treibstoff, Heizung und Industriewärme) eingesetzt werden!

### **Situation heute (Angaben in MW<sub>thermisch</sub>)**

Folgende Hochtemperaturreaktoren sind in Betrieb:

- China: HTR 10                      10 MW (mit Kugeln)
- Japan: HTTR                      30 MW (mit Blöcken)

Folgende Hochtemperaturreaktoren vom Typ Kugelhaufenreaktor sind in der Planung, bzw. im Bau:

- Südafrika: PBMR                400 MW (mit Gasturbine)
- China: HTR – PM                250 MW (mit Dampfturbine)

Folgende Programme des zukünftigen Einsatzes des Hochtemperaturreaktors werden bearbeitet:

- Internationale Kooperation: GENERATION IV
- China: 30 HTR 250 bis 2020
- Südafrika: 10 HTR
- Frankreich: ANTARES – Projekt (mit Gasturbine)
- USA, Russland: MHTGR zur Vernichtung von Plutonium
- USA: HTR zur Erzeugung von Wasserstoff
- Südkorea: HTR zur Erzeugung von Wasserstoff
- Japan: HTR zur Erzeugung von Wasserstoff
- Niederlande: HTR als Schiffsantrieb

Literatur:

1. Kugeler K., R. Schulten: Hochtemperaturreakorteknik, Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York, 1989
2. AVR – Experimental High-Temperature Reactor, 21 years of successful operation for a future energy technology, Association of German Engineers (VDI), VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, 1990, ISBN 3-18-401015-5
3. Schulten R., H. Bonnenberg, Brennelement und Schutzziele, Jahrbuch 91, VDI-GET, VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf, S. 175, 1991,
4. Kugeler K. et al., Fortschritte in der Energietechnik, Prof. Rudolf Schulten zum 70. Geburtstag, Monographien des Forschungszentrums Jülich, Bd 8, 1993
5. Kugeler K., H. Bonnenberg, Der Hochtemperatur-Reaktor, VDI-Bericht Nr. 1493, S. 147, Düsseldorf, 1999

6. Nickel H. et al., Long Time Experiments with the Development of HTR Fuel Elements in Germany, Nuclear Engineering and Design 217 (2002) pp 141 - 151
7. Röhrlich Dagmar, China baut Kugelhaufen-Kernreaktor, DIE WELT, 19. Februar 2005, Seite 31
8. Pohl P., The Importance of the AVR Pebble-Bed Reactor for the Future of Nuclear Power, CD-Rom Proceedings PHYSOR 2006, ANS Topical Meeting on Reactor Physics, Vancouver, Canada, 2006, Sep. 10-14, B085.
9. Kugeler K., Moderne Konzepte für eine sichere Kernreakorteknik, Vortrag bei der Deutschen Physikalischen Gesellschaft, Magnus – Haus Berlin, 13. Februar 2007
10. WIKIPEDIA - Internet: pebble bed reactor (PBR), pebble bed modular reactor (PBMR) und Hochtemperaturreaktor (HTR)

\*\*\*\*\*

Dieses Papier schrieb ich in meiner Eigenschaft als Mitglied der Deutschen Gesellschaft für Auswärtige Politik e.V., DGAP, anlässlich des

**Shell Energie – Dialog**  
**Strategische Herausforderungen für die europäische Energiepolitik**  
**Berlin**  
**1. Februar 2007**

veranstaltet von DGAP Deutsche Gesellschaft für Auswärtige Politik e.V. und Shell in Deutschland.