

Dorothea Schubert

KUGELHAUFENREAKTOREN

Desaster oder Zukunftsoption?

Das Fallbeispiel des AVR Jülich.

INHALT

1. 60 Jahre unter Beton, und dann?
2. Die Atomlobby Südafrikas will einen Kugelhaufenreaktor bauen
3. Hintergrund: Der Kugelhaufen-Atomversuchsreaktor AVR in Jülich
4. Erhoffte Vorteile eines Kugelhaufenreaktors
5. Die traurige Geschichte des Atomversuchsreaktors (AVR) im Forschungszentrum Jülich
6. Der Wassereinbruch von 1978 und die Folgen
7. Jahrzehnte später: Kontaminationen
8. Wie weiter mit der einmal vermeintlich vielversprechenden Reaktorlinie „Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor“?

Kugelhaufenreaktoren – Desaster oder Zukunftsoption?

von Dorothea Schubert

Im „Superwahljahr“ 2009 wird der Streit um Laufzeitverlängerungen deutscher Atomkraftwerke eines der zentralen Themen. Es geht um die Richtungsentscheidung pro oder contra Atomenergie, pro oder contra Energiewende. Auch die NRW-Landtagswahl im Jahr 2010 wirft ihre Schatten voraus. Vor allem die CDU und FDP versuchen mit fragwürdigen Argumenten, eine Renaissance der unbeherrschbaren Atomenergie herbeizureden. NRW-Energieministerin Christa Thoben hat sich in diesem Zusammenhang mehrfach für eine Wiederbelebung des Kugelhaufenreaktortyps ausgesprochen. Dabei sollte sie es besser wissen. Sowohl der Pannenreaktor THTR in Hamm als auch der Betrieb des Versuchsreaktors AVR in Jülich haben nur eines gezeigt: Die Atomenergie ist und bleibt unbeherrschbar.

Vor dem Hintergrund des aktuell laufenden Genehmigungsverfahrens zum „Einmotten“ des AVR in Jülich analysiert das vorliegende Hintergrundpapier die Gefahren dieser Reaktorlinie. Damit will der BUND einen sachlichen Beitrag leisten, damit das Märchen vom vermeintlich sicheren und effizienten Kugelhaufenreaktor offiziell aus der Welt geschafft wird.

1. 60 Jahre unter Beton, und dann?

Seit 1988 wird diese Kernreaktorlinie in Deutschland nicht weiterentwickelt – im Gegenteil: die beiden Kugelhaufenreaktoren in NRW sind unter Beton für mindestens 30 Jahre „eingemottet“ worden. Nur geht es dabei nicht darum, das Gefahr von außen eindringt, sondern darum, dass Spaltprodukte die Reaktoren nicht verlassen können. Der Thorium-Hochtemperaturreaktor (THTR, 750 MWth, Standort Hamm-Uentrop) wurde schon mit einem Betonmantel umgeben. Beim Atomversuchsreaktor (AVR) (46 MWth, der Reaktor der Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH im Forschungszentrum Jülich) soll der Reaktorbehälter mit Beton verfüllt 200 m entfernt vom ursprünglichen Standort in einem Zwischenlager für 60 Jahre eingelagert werden. Danach soll die Radioaktivität bestimmter Spaltprodukte (Cäsium-137, Strontium-90) soweit abgeklungen sein, dass wenigstens automatisch arbeitende Maschinen den Reaktorkern in etwas handlichere Stücke zerlegen können.

Grund dafür ist in beiden Fällen, dass die dem System innewohnende „Sicherheit“ verhindert, dass man die Reaktorkerne (Core), in dem sich die Brennelemente befinden, so zerlegen kann, wie es mit den Reaktorgebäuden und den Brennstäben eines Leicht- oder Druckwasserreaktors geschieht. Und für so große Brocken (AVR Jülich „nur“ 28 m hoch und mit Betoninhalt 2.100 Tonnen schwer) gibt es weltweit kein Endlager. Ob es wirklich beruhigen kann, dass die AVR GmbH auf die Planungen der Bundesregierung vertraut, in ca. 60 Jahren für die „zwischenlagerten“ Probleme eine endgültige Lösung anbieten zu können?¹

Der THTR in Hamm war wegen vieler Pannen nur verhältnismäßig kurze Zeit in Betrieb (1985–1989, 423 Volllasttage) während mit dem AVR über 20 Jahre lang Tests gefahren worden sind. Beim in der letzten Zeit stattgefundenen Rückbau und bei der Auswertung aller Aufzeichnungen für den Betrieb zeigten sich erschreckende

Ergebnisse.² Der Reaktorbehälter des AVR ist extrem hoch mit Spaltprodukten kontaminiert und kann nicht geöffnet werden.

Durch einen Zwischenfall im Jahr 1978 sind der Boden und das Wasser um das Reaktorgebäude und darunter radioaktiv belastet und müssen saniert werden. Nur deswegen soll jetzt der Reaktorbehälter, den man wegen seiner starken Strahlung nicht weiter zerlegen kann, von seinem ursprünglichen Standort mit einem Luftkissenfahrzeug fortbewegt werden, damit wenigstens das Erdreich saniert werden und dort die von der AVR GmbH versprochene grüne Wiese entstehen kann. Gäbe es diese Bodenkontamination nicht, wäre – ungeachtet der grundsätzlichen Risiken – alternativ ein so genannter „sicherer Einschluss“ wie beim THTR in Hamm denkbar. Denn in etwa 60 Jahren wird die Strahlung von Cäsium und Strontium auf ein Viertel abgeklungen sein. Der Transport des Reaktorkerns zum jetzigen Zeitpunkt ist hingegen noch wesentlich riskanter und kostenintensiver.

Die Analysen des 21-jährigen Probetriebes des AVR in Jülich erklären, warum der THTR nicht funktionieren konnte und ergeben eindeutig, dass diese Reaktorlinie überhaupt nicht dazu taugt, hohe Temperaturen (Prozesswärme) zu liefern.

Um zu verschleiern, dass mit dem Transport des 28 m langen AVR-Kerns auf einem Luftkissenfahrzeug ein hoch radioaktiv verseuchter Gegenstand bewegt wird und um das Verfahren zu beschleunigen haben sich die AVR GmbH mit dem Land NRW und der Bundesrepublik Deutschland über das Wirtschaftsministerium NRW, respektive die Bezirksregierung Köln dahingehend geeinigt, dass das Genehmigungsverfahren nach der Strahlenschutzverordnung (Str.SchV) und nicht nach dem Atomgesetz (AtG) erfolgen sollte, obwohl sich im Reaktorkern konzentriert noch 98 g Kernbrennstoff (Brennelementbruchstücke) befinden und ab 15 g die Genehmigungsvorschriften

¹ Bezirksregierung Köln: Protokoll über den Erörterungstermin zum Genehmigungsverfahren über den Betrieb des Zwischenlagers für den Reaktorbehälter der AVR GmbH. S. 11

² Moormann, Rainer: A safety re-evaluation of the AVR pebble bed reactor operation and its consequences for future HTR concepts. Berichte des Forschungszentrums Jülich; 4275

³ § 2 Abs.2 und Abs.3 AtG: (3) Für die Anwendung von Genehmigungsvorschriften nach diesem Gesetz oder der auf Grund dieses Gesetzes erlassenen Rechtsverordnungen gelten Stoffe, in denen der Anteil der Isotope Uran 233, Uran 235, Plutonium 239 und Plutonium 241 insgesamt 15 Gramm oder die Konzentration der genannten Isotope 15 Gramm pro 100 Kilogramm nicht überschreitet, als sonstige radioaktive Stoffe. Satz 1 gilt nicht für verfestigte hochradioaktive Spaltproduktlösungen aus der Aufarbeitung von Kernbrennstoffen.

des AtG³ angewendet werden müssten. Begründet wurde das mit der geringen Strahlung, die außerhalb des Reaktorbehälters zu messen sei. In einem Verfahren nach AtG müsste viel gründlicher geprüft und strengere Auflagen beachtet werden.

2. Die Atomlobby Südafrikas will einen Kugelhaufenreaktor bauen

Obwohl während des Abbaus der AVR-Anlage weitere Erkenntnisse über den Probebetrieb gewonnen wurden, die die vermeintlichen Vorteile und die angenommene Sicherheit der Kugelhaufenreaktoren im langjährigen Dauerbetrieb nicht nur fraglich sondern unverantwortlich erscheinen lassen, gibt es in der internationalen Atomenergiegemeinde noch immer viele Leute, die bei dieser Reaktorlinie ins Schwärmen geraten und sich z.B. in Südafrika massiv dafür einsetzen, dass dort diese Technologie weiter entwickelt und auch ein erster Reaktor gebaut werden soll. Diesem sollen Dutzende weitere Kugelhaufenreaktoren folgen, die von den südafrikanischen Betreibern in alle Welt, besonders Entwicklungs- und Schwellenländer verkauft werden sollen. Sogar das alte Argument von der „Umweltfreundlichkeit“ der Atomenergie wird wieder verkündet, nur weil Atomkraftwerke nicht die Luft und das Klima mit simplen Schadstoffen wie Schwefeldioxid, Staub oder Kohlendioxid belasten.

Die südafrikanische Regierung greift wegen der katastrophalen Versorgungszustände in den Townships nach diesem „Strohalm“, der sicheren und billigen Strom verspricht, statt die weltweit vorhandenen Technologien für die Gewinnung von regenerativen Energien zu nutzen und sich so von den wirtschaftlichen und skrupellosen Interessen der Atomwirtschaft unabhängig zu machen.

Nach letzten Nachrichten geht der südafrikanischen Betreibergesellschaft PBMR⁴ das Geld für den Bau des Prototyps aus. Nachdem sich das dortige Projekt eines Mini-Kugelhaufenreaktors seit 1998 hinschleppt, hat die südafrikanische Regierung anscheinend die Geldmittel für diese Technologie gestrichen, weil sie es offenbar nicht mehr für wahrscheinlich hält, dass dieser Reaktortyp in der südafrikanischen Elektrizitätsversorgungskrise helfen kann. Damit scheint der für 2010 geplante Baubeginn des Reaktors in die Ferne zu rücken, aber die Forschungsarbeiten am Kugelhaufenreaktor werden noch weitergeführt⁵, wobei der Schwerpunkt eher auf die Erzeugung von Prozesswärme u.a. zur Meerwasserentsalzung gelegt werden soll.⁶

3. Hintergrund: Der Kugelhaufen-Atomversuchsreaktor AVR in Jülich

1953 wird in Bonn die Gesellschaft zur Förderung der „Kernphysikalischen Forschung e.V. (GFKF) gegründet. 1956 wird vom Landtag NRW der Bau einer „Atomforschungsanlage“ beschlossen, deren Bau 1958 mit zwei Reaktoren (MERLIN und DIDO) begonnen wird.

1960 wird ein Atomversuchsreaktor (AVR) als Ergebnis eines Vertrags zwischen den Firmen BBC/Krupp und der Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor GmbH (AVR GmbH) gebaut. Der Name der Jülicher Anlage wird in „Kernforschungsanlage Jülich des Landes NRW e.V.“ (KFA) geändert.

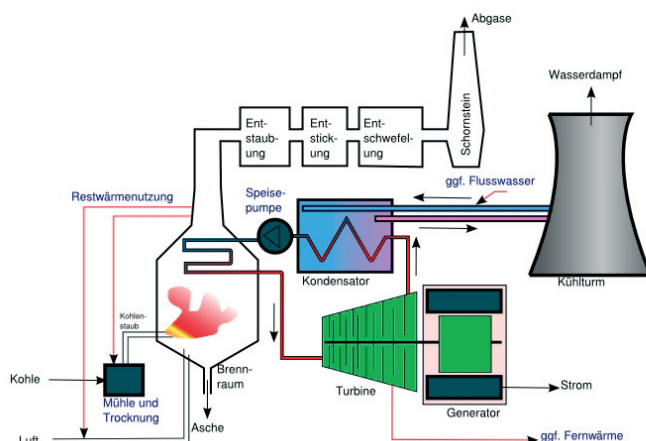
1967 wird die KFA in eine GmbH umgewandelt, deren Gesellschafter die Bundesrepublik Deutschland (heute 90 %) und das Land NRW (10 %) sind. Ab 1967 liefert der AVR Strom an das öffentliche Netz. 1988 wird der AVR abgeschaltet. Der AVR war also von 1967 bis 1988 21 Jahre im Versuchsbetrieb. 1990 wird die KFA in „Forschungszentrum Jülich GmbH“ umbenannt.

Die AVR GmbH ist heute Mitglied der EWN GmbH, einer Gruppe von Betrieben, die sich mit dem Rückbau von kerntechnischen Anlagen beschäftigen. Im Ergebnis des Abbaus anfallende radioaktive Reststoffe/Abfälle werden zerlegt, behandelt, zwischengelagert und langfristig dem Bundesendlager⁷ zugeführt. EWN GmbH ist eine staatsseigene Firma, die auf besonders schwierige und teure kerntechnische Probleme spezialisiert ist, z.B. abgewrackte russische Atom-U-Boote oder die Beseitigung der WAK/Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe.

3.1 Der Kugelhaufen-Atomversuchsreaktor (AVR) – Funktionsweise im Vergleich mit anderen Kraftwerken

3.1.1 Stromerzeugung in Kraftwerken mit fossilen Brennstoffen

In einem konventionellen Kraftwerk wird Wasser zu Wasserdampf erhitzt um damit eine Turbine zur Stromerzeugung anzutreiben. In fossilen Kraftwerken wird ein erster (primärer) Kreislauf durch das Verbrennen fossiler Brennstoffe erhitzt. Die Energie wird auf einen zweiten Wasser/Wasserdampfkreislauf übertragen, durch den die Turbinen angetrieben werden. (Abb.: Kraftwerk mit fossilen Brennstoffen⁸)



⁴ PBMR Limited (Pebble Bed Molecular Reactor), die staatliche Energiegesellschaft ESKOM ist mehrheitlich an der Gesellschaft beteiligt.

⁵ Nucleonics Week, 05.02.2009

⁶ Business Report, 19.02.2009

⁷ www.ewn-gmbh.de

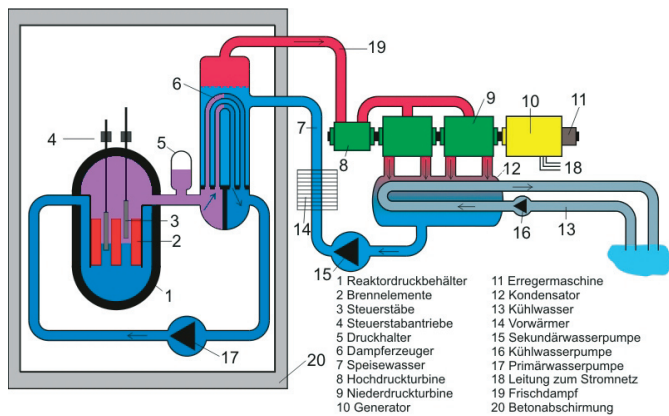
⁸ WIKIPEDIA

3.1.2 Stromerzeugung in Atomkraftwerken

In einem Atomkraftwerk mit z.B. Druckwasserreaktor wird der primäre Wasser/Wasser–dampfkreislauf durch die Wärme erhitzt, die beim kontrollierten Zerfall von radioaktiven Stoffen in Brennstäben entsteht und wirkt dabei als Kühlmittel. Die Wärme des Primärkühlmittels wird über einen Dampferzeuger an den Sekundärkreislauf übertragen.

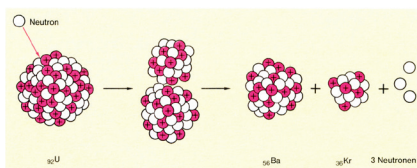
Die 4 m langen Brennstäbe enthalten Tabletten von ca. 1 cm Durchmesser, die den Brennstoff Uran-235 (als Urandioxid) enthalten. Etwa 250 Brennstäbe bilden ein Brennelement, ca. 200 Brennelemente bilden den Kern (Core) eines großen Reaktorblocks mit ca. 1300 MW elektrischer Leistung. Das radioaktive Material ist in einem Druckwasserreaktor durch die metallische Wand der Brennstäbe geschützt, die als vollständige Barriere für radioaktive Spaltprodukte wirkt.

Ein Kernreaktor wird dadurch abgeschaltet, dass Steuerstäbe zwischen die Brennelemente geschoben werden, um Neutronen abzufangen. (Abb.: Atomkraftwerk⁹)



3.1.3 Energiegewinnung im Atomkraftwerk – Kontrollierte Kettenreaktion

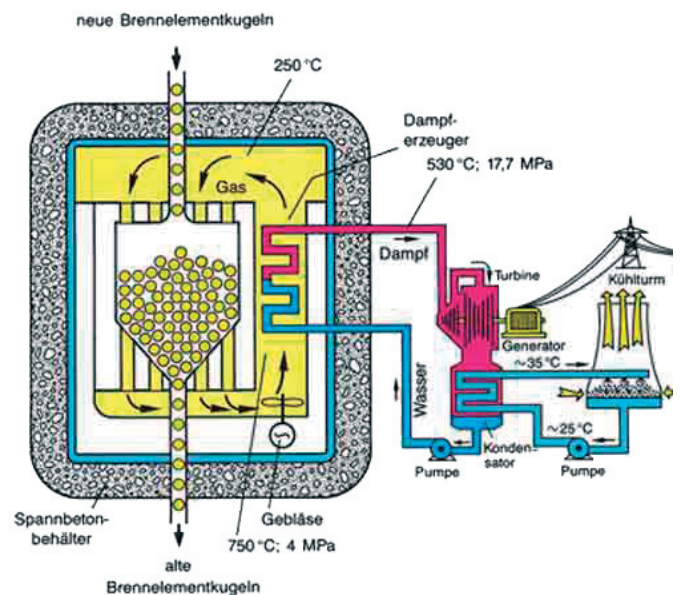
Immer wenn ein Neutron einen Urankern (Uran-235) in zwei andere Kerne aufspaltet, werden auch 2 oder 3 weitere Neutronen ausgestoßen. Jedes von ihnen kann wiederum einen Atomkern spalten und dabei weitere Neutronen freisetzen. Gleichzeitig wird „Kernenergie“ in den Atomkernen durch die Spaltung freigesetzt, die als Wärmeenergie auf den primären Wasserkreislauf einwirkt. Damit aus der Kettenreaktion keine Atombombe wird, können die freigesetzten Neutronen durch die Steuerstäbe eingefangen werden. Mit ihnen kann auch die gesamte Wärmeerzeugung im Reaktor abgeschaltet (heruntergefahren) werden, z.B. wenn die „abgebrannten“ Brennstäbe ausgetauscht werden müssen. (Abb.: Radioaktiver Zerfall von Uran¹⁰)



3.1.4 Stromerzeugung im Kugelhaufenreaktor

Aufbau eines Kugelhaufenreaktors:

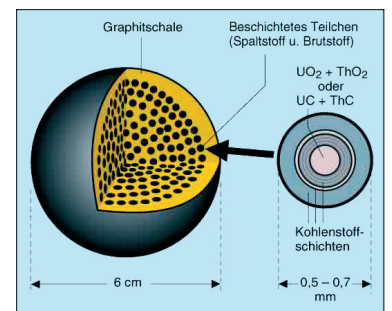
In einem Kugelhaufenreaktor befindet sich das radioaktive Material in Tennisball großen Kugeln von 6 cm Durchmesser und 200 g Gewicht. Der Kernreaktor ist ein großer Raum, der mit diesen Kugeln gefüllt ist. Die Kugeln lassen sich während des Betriebs automatisch zugeben und entnehmen. Damit sollte eine kontinuierliche Stromerzeugung erreicht werden. Ein reaktionsträges Gas, z.B. Helium, zirkuliert durch die Kugelzwischenräume, nimmt dabei die Wärme auf, die durch radioaktive Spaltprozesse entsteht und gibt die Wärme an einen Wasser/Wasserdampf-Kreislauf ab, der die Turbine zur Stromerzeugung antreibt. Im geplanten Südafrikanischen Kugelhaufenreaktor sollte das Gas die Turbinen direkt antreiben. (Abb.: Kugelhaufenreaktor¹¹) Im AVR befindet sich allerdings der Dampferzeuger oberhalb des Reaktorkerns. Siehe Kapitel 6.3)



Die Brennelementekugeln:

Die Brennelemente enthalten je nach eingesetztem Brennelementtyp etwa 10.000 – 40.000 einzelne Brennstoffpartikel mit einem Durchmesser von ~0,4 mm, die von mehreren Schutzschichten umhüllt sind (Coated Particles). (Abb.: Brennelementekugel)

Diese Partikel werden mit Matrixgraphit vermischt zu Kugeln gepresst, die ihrerseits von einer mindestens 0,5 cm dicken, brennstofffreien



⁹ WIKIPEDIA

¹⁰ Natur und Technik CVK Physik 9/10

^{11,12} kernenergie.de

Graphitzone umhüllt sind. Etwa 100.000 dieser Kugeln bildeten das Herz des Atom-versuchsreaktors (AVR). Ihre lose Schüttung prägte seinen Namen: Kugelhaufenreaktor. (engl. Pebble Bed Modular Reactor PBMR). Die Kugeln wandert während mehrerer Monate (4 – 50 Monate) von oben nach unten durch den Reaktor. Sind sie noch nicht vollständig abgebrannt, können sie oben wieder eingefüllt werden. Abgebrannte Kugelelemente können so ersetzt werden.

Im AVR basierte die Reaktorkonzeption in der Anfangsphase auch auf der Umwandlung des Elementes Thorium-232 in Uran-233, das genauso als Kernbrennstoff verwendbar ist wie Uran-235. Das Uran-233 wird dabei während des laufenden Reaktorbetriebes aus Thorium-232 erbrütet.

4. Erhoffte Vorteile eines Kugelhaufenreaktors

Dr. Heinrich Bonnenberg, jetzt Aufsichtsratsvorsitzender der Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbauverwaltungs-gesellschaft mbH (LMBV), bis vor 20 Jahren aber intensiv im Geschäft mit Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktoren (HTR) tätig, fasste 2007 die erhofften Vorteile aus seiner Sicht wie folgt zusammen:

„Der deutsche Hochtemperaturreaktor mit Kugelbrennelementen

- ist katastrophensfrei, auch die Entsorgung seines radioaktiven Abfalls,
- arbeitet ohne die Umwelt belastende Emissionen,
- nutzt das Spaltmaterial besonders effizient,
- kann im gesamten Energiemarkt (Strom, Treibstoff, Heizung und Industriewärme) eingesetzt werden,
- ermöglicht die Bauweise in Modulen,
- ist wirtschaftlich und
- bietet keine Möglichkeit des Abzweigens Waffen tauglichen Materials!“¹³

Besonders beklagte er, dass Deutschland die Forschung 1988 eingestellt hat, die dann „erfolgreich“ im Ausland (China, Südafrika, USA, Japan, Russland, Südkorea, Niederlande, Frankreich) fortgesetzt worden sei.

4.1 Die Wirtschaftlichkeit aus der Sicht der Befürworter¹⁴

Die Wirtschaftlichkeit wird abgeleitet von der Möglichkeit, die Kugeln im laufenden Betrieb unten herausnehmen und oben neue zuführen zu können. Es gebe also kaum Reservemengen an spaltbarem Material (ein Sicherheitsargument) im Reaktor. Durch den kontinuierlichen Betrieb könne der Kugelhaufenreaktor wirtschaftlicher genutzt werden (keine Stillstandszeiten für den Austausch von Brennelementen). Kugelhaufenreaktoren könnten Prozesswärme mit hohen Temperaturen (Hochtemperaturreaktor) zur Verfügung stellen, auch Abwärme könnte genutzt werden, da auch der Bau kleiner Anlagen in dicht besiedelten Gebieten möglich sei.

¹³ Bericht von Dr. -Ing. Heinrich Bonnenberg, Berlin, vom 01.06.2007 zum Thema: Kernkraftwerk Hochtemperaturreaktor mit Kugelbrennelementen - in Deutschland entwickelt, im Ausland realisiert

^{14, 15, 16} ebenda

Lange Halbwertszeiten

Schwere Elemente besitzen Atomkerne mit sehr vielen Kernteilchen (Protonen mit 1 positiven Ladung und der Masse 1 und elektrisch neutrale Neutronen auch mit der Masse 1). Uran ist das 92. Element und besitzt deshalb 92 Protonen. Die Anzahl der Neutronen kann unterschiedlich sein, deswegen ergeben sich unterschiedliche Massenzahlen für dasselbe Element, z.B. Uran mit der Masse 235 enthält im Kern 92 Protonen und 143 Neutronen. Trifft ein Neutron relativ langsam auf diesen Kern, so wird der Kern durch das zusätzliche Neutron instabil und zerfällt in zwei kleinere Atomkerne, die nach ihrer Protonenzahl neuen Elementen zugeordnet werden. So entstehen aus einem Uranatom mit 92 Protonen (⁹²U) ein Bariumatom mit 56 Protonen (⁵⁶Ba) und ein Kryptonatom mit 36 Protonen (³⁶Kr). Wenn die Neutronen aber zu schnell sind, dann bleiben sie in den Urankernen stecken, wandeln sich in Protonen und radioaktive Strahlung um und erhöhen so die Protonenzahl des Atomkerns. Durch diesen „Brutprozess“ entsteht ein neues Element z.B. Plutonium mit 94 Protonen (⁹⁴Pu).

Die Produkte von Zerfall und Brüten können wieder radioaktive Elemente sein, d.h. sie zerfallen spontan weiter in andere Elemente (Spaltprodukte). Der Zerfall hängt von der Halbwertszeit ab; das ist die Zeit, in der die Hälfte des vorhandenen Elementes zerfällt und immer so weiter. Die Halbwertszeiten lassen sich nicht beeinflussen und sind ganz unterschiedlich:

Radium mit der Masse 226:	1.620 Jahre
Uran mit der Masse 238:	45 x 10 ⁹ Jahre (4 500.000.000 Jahre)
Uran mit der Masse 235:	7,04 x 10 ⁸ Jahre (704.000.000 Jahre)
Plutonium mit der Masse 238:	87,75 Jahre
Strontium mit der Masse 89:	54,5 Tage

Die radioaktive Strahlung bleibt also über eine sehr lange Zeit ein Problem.

4.2 Die Sicherheit eines Kugelhaufenreaktors aus der Sicht der Befürworter¹⁵

Die Sicherheit eines Kugelhaufenreaktors wird vor allem mit der Konstruktion der Brennelemente begründet. Die steckna-delkopfgroßen Brennstoffpartikel haben eine mehrschichtige Einhüllung aus keramischem Material. Diese sei druckfest und dicht, besonders bei hohen Temperaturen und nicht brennbar, da aus Siliziumcarbid. Die in anderen Kernkraftwerken üblichen Brennstäbe seien wegen ihrer metallischen Umhüllung wesentlich empfindlicher gegenüber hohen Temperaturen als die Brennelementekugeln., die ja außerdem noch in druckfeste, robuste Kugeln aus Graphit eingepresst seien.

Weitere vermeintliche Sicherheitsargumente sind, dass aus den Brennelementekugeln kein waffenfähiges Material gewonnen werden könne und dass die abgebrannten Kugeln ohne Aufbereitung in ein Zwischenlager überführt werden könnten.

Außerdem soll sich ein weiterer Vorteil für die Betriebssicherheit automatisch aus der Bauweise ergeben. Mit zunehmender Temperatur des Reaktors erhöht sich die thermische Geschwindigkeit der Brennstoffatome, was die Wahrscheinlichkeit des Neutroneneinfangs durch Uran-238 erhöht und dadurch die Reaktionsrate reduziert. Damit soll sich der Reaktor selbst abschalten, wenn er überkritisch wird. Außerdem

ist die Leistungsdichte des HTR sehr gering und er enthält viel hochschmelzendes Graphit. Wenn der Reaktor abgeschaltet ist, werde er deshalb im Falle eines Versagens der Kühlung nicht schmelzen. Es müsse nur sichergestellt sein, dass der Reaktor die entstehende Wärme passiv nach außen abstrahlen könne. Da in dieser Situation auch kein Schaden am Reaktor entstehe, sei nach einem solchen Zustand der Reaktor weiter benutzbar, und das Reaktormaterial könne entnommen werden. Damit werde auch der Betrieb des Reaktors vereinfacht. Anstatt durch Kontrollstäbe könne der Reaktor durch seine Betriebstemperatur, also durch die Durchflussrate des Kühlmittels, gesteuert werden.¹⁷

5. Die traurige Geschichte des Atomversuchsreaktors (AVR) im Forschungszentrum Jülich

Der Atomversuchsreaktor (AVR) wurde ab 1967 betrieben, um im Wesentlichen die Realisierbarkeit der Verfahrenstechnik und den sicheren und zuverlässigen Betrieb eines Atomkraftwerkes mit Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor (HTR) und Helium-Kühlung nachzuweisen. Die Anlage diene also hauptsächlich der Funktionserprobung der HTR-typischen Komponenten, insbesondere der kugelförmigen keramischen Brennelemente, und experimentellen Nachweisen für die Auslegung leistungsstärkerer Atomkraftwerke mit Hochtemperaturreaktoren wie in Hamm-Uentrop (THTR).¹⁸

„Ein grundsätzlicher Unterschied von Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktoren zu konventionellen Reaktoren liegt in der kontinuierlichen Bewegung der kugelförmigen Brennelemente durch den Reaktorkern, was allerdings auch thermodynamische, nukleare und sicherheitstechnische Berechnungen erschwert.“¹⁹

5.1 Temperaturmessungen im Kugelhaufenreaktor waren schwierig bis unmöglich

Dem Auftrag gemäß war der AVR bis 1988 immer wieder mit hohen Temperaturen betrieben worden. Die „Kontrolle“ der Temperatur erfolgte in dieser Zeit fast nur durch Berechnungen. Denn man kann die aktuelle Temperatur in einem Kugelhaufenreaktor nicht messen, weil durch die Bewegung der Brennelementekugeln durch den Reaktorkern alle technischen Messinstrumente zerstört würden. Außerhalb des Reaktorkerns wurden die Temperaturen des heißen Gases beim Austritt gelegentlich gemessen. Also konnten die Temperaturangaben für das Innere für diese Zeit während des Betriebs des AVR nur durch Berechnungen hergeleitet werden. Für eine durchschnittliche Gasaustrittstemperatur von 950°C wurden für die Oberfläche der Brennelemente 1070°C angenommen.

Bezogen auf den radioaktiven Zerfall des jeweilige Brennelements müssen die Temperaturen der Kugeln erheblich höher gewesen sein (mehr als 200°C höher)²⁰, was 1986–1988 durch Messkugeln, die mit Schmelzdrähten versehen worden waren, die bei unterschiedlichen Temperaturen anfangen zu schmelzen (monitor pebbles, höchste Schmelztemperatur:

1280°C), bestätigt wurde. Die tatsächliche Höchsttemperatur konnte nicht ermittelt werden, da bei vielen Messkugeln alle Messdrähte vorher geschmolzen waren. Die Temperaturen wurden grob geschätzt, für die Kugeloberflächen im inneren Reaktorkern 1320 bis 1340°C und für die Kugeloberflächen im äußeren Reaktorkern 1380 bis 1420°C, also bis über 300°C höher als erwartet. Das Entstehen der hohen Temperaturen im inneren Reaktorkern kann bis heute nicht wirklich erklärt werden.²¹

5.2 Die Brennelementekugeln verhielten sich nicht erwartungsgemäß

Das genaue Wissen über das Verhalten der Kugeln im Kern ist die grundsätzliche Voraussetzung für die Berechnungen der Temperaturen im Inneren des Reaktorkerns. Doch die räumliche Verteilung des Brennstoffs im Reaktorkern und auch der örtliche Kühlmittelfluss waren nicht wirklich bekannt.²² Untersuchungen haben auch gezeigt, dass die Temperaturen besonders im äußeren Reaktorkernbereich, wenn die Brennelementekugeln besonders dicht zusammenliegen, um einige hundert Grad Kelvin höher sein können als erwartet.²³

Wahrscheinlich sind die Kugelbewegungen während des Betriebes und die Packungsdichte der Kugeln völlig falsch eingeschätzt worden. Darauf deutet hin, dass das Kugelfließen im AVR und im THTR ganz anders verlief (weniger glatt) als vorausgerechnet. Die AVR-Ingenieure hatten angenommen, dass die Kugeln aus Graphit, das ja auch als Schmiermittel benutzt wird, wie Metallkugeln im Kugellager leicht verschoben werden können. Doch schon 1948 war bekannt gewesen, dass sich Graphit nur in Gegenwart von etwas Feuchtigkeit oder – weniger effektiv – Sauerstoff so geschmeidig verhält.²⁴ In der „trockenen“ und reaktionsarmen Umgebung von Helium, wie im Reaktorkern, verliert Graphit diese Geschmeidigkeit, es gibt mehr Bruch und die Kugeln gleiten nur noch schlecht aneinander vorbei. Gleichzeitig entsteht durch den gegenseitigen Abrieb viel Graphitstaub, der wieder als Fänger für die radioaktiven Metallteilchen wirkt. Bei der Konstruktion des AVR wurde das nicht mit berücksichtigt. Die Kugelbruchstücke behinderten die Bewegung der Kugeln zusätzlich.

5.3 Herkunft von unerwartet vielen Spaltprodukten

Man muss drei Quellen für Spaltprodukte unterscheiden: Brennstoffteilchen (siehe Abb. Brennelementekugeln) mit intakter Umhüllung, Teilchen mit defekter Umhüllung und die Kontamination des Graphits durch Uran bei der Herstellung. Die Menge der beiden letzten Quellen konnte durch Fortschritt in der Brennelementherstellung immer weiter minimiert werden. Die nichtmetallischen Spaltprodukte werden durch intakte Umhüllungen der Brennstoffteilchen in den Kugeln vollständig zurückgehalten. Die metallischen Spaltprodukte jedoch wandern sogar durch die intakte Umhüllung, die bei immer höheren Temperaturen durchlässiger wird. Das bedeutet, dass eine Brennelementekugel ab bestimmten Temperaturen und nach einiger Zeit keine Barriere mehr für die metallischen Spaltprodukte

¹⁷ WIKIPEDIA: Hochtemperaturreaktor

¹⁸ MWMEV 2001, S. 5

¹⁹ Moormann, R.: Jülich 4275 (Zusammenfassung)

²⁰ Moormann, R.: Jülich 4275, S. 3

²¹ Moormann, R.: Jülich 4275, S. 5

²² Moormann, R.: Jülich 4275, S. 6

²³ Moormann, R.: Jülich 4275, S. 7

²⁴ Moormann, R.: Kerntechnik 74, S. 11

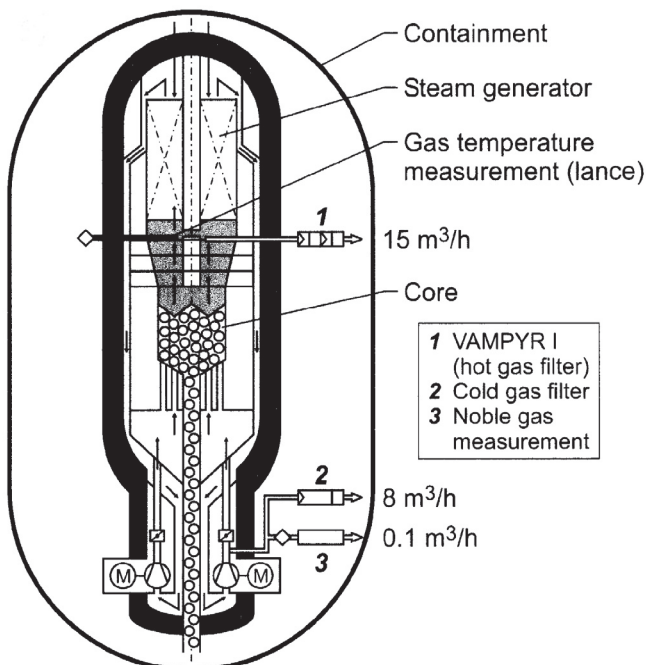
darstellt. Ausschlaggebend ist dabei die Temperaturdosis (Temperatur x Zeit).²⁵

Durch den von den Brennelementekugeln abgeriebenen Graphitstaub, der feinste metallische Teilchen anlagert (wie ein Aktivkohlefilter), verteilen sich die freigesetzten metallischen Spaltprodukte (Strontium-90, Cäsium-137) mit dem Kühlgas Helium unkontrolliert im gesamten Kühlkreislauf. Das Heliumgas kann von diesen Spaltprodukten nicht gereinigt werden, da sie chemisch hochreaktiv sind und sich deshalb sofort überall niederschlagen (genau deswegen nimmt man ja das chemisch nicht reagierende Helium zum Kühlen!). Der AVR-Kühlkreis ist dadurch massiv mit metallischen Spaltprodukten kontaminiert, was inzwischen zu erheblichen Problemen beim Rückbau führt.²⁶

6. Der Wassereinbruch von 1978 und die Folgen

Viele der oben beschriebenen Zusammenhänge waren 1974 noch nicht hinreichend bekannt, als der AVR mit höchsten Gasaustrittstemperaturen erstmals getestet wurde.

In der Abbildung: „Schema des AVR“ ist zu erkennen, dass sich der Dampferzeuger (Steam generator) über dem Reaktorkern mit den Graphitkugeln befindet. Im Dampferzeuger wurde im Jahr 1978 ein Rohr undicht und Wasser tropfte aus einem kleinen Riss über mehrere Tage in den Reaktorbehälter (Containment). Das Wasser (insgesamt 30 m³) sammelte sich unterhalb des Reaktorkerns (Core). Der Reaktor schaltete sich zum Glück selbstständig ab, wurde aber bei niedriger Leistung und Temperatur weiterbetrieben.



²⁵ Moormann, R.: Jülich 4275, S. 13

²⁶ Moormann, R.: Jülich 4275, Zusammenfassung, S. IV

²⁷ WIKIPEDIA: Dampfblasenkoeffizient

²⁸ Moormann, R.: Jülich 4275, S. 9

²⁹ Wasser hat zwei Effekte: es absorbiert Neutronen (verringert Reaktivität) und es moderiert Neutronen (vergrößert Reaktivität). Oberhalb einer Menge von 250 kg flüssigem Wasser im AVR überwiegt der Absorptionseffekt. Wenn Wasser

6.1 Knapp an der Katastrophe vorbei

Auf zweierlei Weise (chemisch und kernphysikalisch) hätte daraus eine Katastrophe entstehen können.

Erstens: Wäre Wasser in den Reaktorkern eingedrungen, hätten sich durch die chemische Reaktion mit den heißen Graphitkugeln explosive Gase (Kohlenstoffmonoxid CO und Wasserstoff H₂) bilden und – bei einer Explosion – der Reaktorbehälter undicht werden können. Das ist vermutlich nur deshalb unterblieben, weil der Riss klein blieb, solange der Reaktor noch sehr heiß war. Diese Gefahr war eigentlich gut bekannt.

Zweitens: Wäre Wasser in den Reaktorkern gelangt, so hätten 250 kg flüssiges Wasser zwischen den Graphitkugeln gereicht und die Kettenreaktion hätte außer Kontrolle geraten können, d.h. es wäre zu einem plötzlichen starken Anstieg der Reaktorleistung durch Bildung von Wasserdampf (positiver void Koeffizient der Reaktivität²⁷) gekommen²⁸. Doch dass flüssiges Wasser in dieser Weise wirken könnte, wurde beim AVR erst durch den Reaktorunfall von Tschernobyl im April 1986 erkannt.²⁹

6.2 Das Aus für den AVR

Der Reaktor wurde bis nach der Beseitigung des Wassers aus dem Reaktorbehälter 1978 einige Jahre zur Trocknung mit etwas geringeren Temperaturen betrieben. Danach wurde mit den üblichen hohen Temperaturen weiter gemacht. Erst ab dem 4. Quartal von 1986 – also nach den Erkenntnissen von Tschernobyl – wurden die Temperaturen erstmalig mit den Messkugeln gemessen und die tatsächlichen – viel höheren – Temperaturen im Reaktorkern festgestellt. Allerdings sind diese Messungen unvollständig geblieben, da der AVR ein Jahr später stillgelegt wurde. Dabei sind ca. 25 % der Messkugeln im Reaktor verblieben, da sie – wie die Brennelementekugeln – langsam nach unten durch den Reaktorkern wandern sollten. Da während der Messperiode die Produktion von metallischen Spaltprodukten gleich blieb oder sogar geringer wurde, ist davon auszugehen, dass die gemessenen überhöhten Temperaturen während der ganzen Betriebszeit von 1967 bis 1988 zutreffend waren und nicht nur während der kurzen Messperiode.

Sobald die ersten Messergebnisse ausgewertet waren, wurde angeordnet, dass die Heißgastemperatur ab Anfang 1988 – als Lehre aus Tschernobyl? – drastisch runtergefahren werden musste.³⁰ Damit konnte der AVR nur noch mit für die Prozesswärmeerzeugung uninteressanten tiefen Temperaturen betrieben werden. Folgerichtig folgte im Laufe des Jahres 1988 das Aus für den AVR.

dann verdampft, können mehr Neutronen bis an den Graphit gelangen, der sehr gut moderiert, d.h. die Kettenreaktion beschleunigt sich. Das führt zu mehr Wärmeentwicklung und damit zu einer stärkeren Verdampfung usw., d.h. der Reaktor „geht durch“. Weil wir es hier mit Wassertropfen zu tun haben und nicht mit einer geschlossenen Wassermenge, spricht man nicht von Dampfblasenkoeffizient wie bei Tschernobyl, sondern von void coefficient, aber die Physik ist dieselbe.

³⁰ Moormann, R.: Kerntechnik 74, S. 10

7. Jahrzehnte später: Kontaminationen

7.1 Entdeckung des kontaminierten Wassers und Bodens 1999

Erst 1999, als das Reaktorgebäude abgebaut und der Reaktor entsorgt werden sollte, wurde im Reaktorgebäude, unterhalb des Reaktorbehälters, kontaminiertes Wasser entdeckt. Das Wasser war hoch mit u.a. Strontium (Sr-90) belastet. Noch 2001 wurde die hohe Belastung vom Wirtschaftsministerium NRW auf eine schadhafte Charge von Brennelementen zurückgeführt.³¹ Nach den Erkenntnissen, die durch den Abbau des AVR gewonnen worden sind, wurde inzwischen klar, dass die Radioaktivität von den metallischen Spaltprodukten, im Heliumgas herrührt, die wiederum durch den jahrelangen AVR-Betrieb bei viel zu hohen Temperaturen freigesetzt sind.

7.2 Rekonstruktion der „Entsorgung“ des kontaminierten Wassers aus dem Reaktorbehälter

Das Wasser musste also 1978 aus dem Reaktorbehälter (dick umrandeter Bereich in der Abbildung „Schema des AVR“) durch das Containment in ein Behältnis in der sog. Warmen Werkstatt (in der mit radioaktivem Material umgegangen werden darf) umgefüllt werden. Die Warme Werkstatt liegt neben dem Gebäude, in dem sich der Reaktorbehälter befindet. Zwischen beiden Gebäuden gibt es eine Baufuge (undichte Stelle). Das Fundament des Reaktorgebäudes besteht aus einem Betonkammersystem. Aus Gründen der Gebäudestatik war das Fundament bei der Errichtung des Reaktorgebäudes mit Ballastwasser gefüllt worden, um eine Hebung des Gebäudes bei steigendem Grundwasser zu vermeiden. Der Wasserstand in den Kammern ist nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren abhängig vom Wasserstand im umgebenden Erdreich, also damit verbunden.³²

Was danach mit dem radioaktiv belasteten Wasser in der Warmen Werkstatt passiert sein muss wird vom Wirtschaftsministerium 2001 wie folgt geschildert:

„Beim Umpumpen des Dampferzeugerstörfallwassers von rund 30 m³ aus dem Reaktorschutzbehälter in einen Behälter in der Warmen Werkstatt waren offenbar Leckagewässer in die Wasserauffangrinne am Übergang des Schienenweges in das Reaktorgebäude und somit über die Baufuge zwischen Reaktorgebäudefundament und Fundament des Schienenweges in die Betonkammern sowie den Baugrund gelangt. Dieser durch Undichtigkeiten der Wasserauffangrinne ermöglichte „Wasserweg“ wurde durch Untersuchungen und Radioaktivitätsmessungen an Material an der unter der Wasserauffangrinne befindlichen Baufuge bestätigt.“³³ Dabei ist eine Gesamt-Beta-Aktivität (ohne Tritium) von einigen Tausendmillionen Becquerel in das Betonkammerwasser gelangt.

Bemerkt wurde das damals 1978 angeblich nicht. Erst im Februar 1999 wurde ein Aktivitätseintrag in einen Regenwasserkanal des Betriebsgeländes des Forschungszentrums festgestellt. Auf der Suche nach der Ursache wurde festgestellt, dass das Wasser im Betonkammersystem des AVR radioaktiv verunreinigt

ist. „Die gemessene spezifische Aktivität, maßgeblich verursacht durch die Radionuklide Strontium-90 / Yttrium-90 (Betastrahler), betrug 80 Becquerel pro Liter bei einer Gesamtwassermenge von rund 800 m³.“³⁴

Der Vorfall wurde der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde gemeldet und wurde als „Ereignis mit geringer sicherheitstechnischer Bedeutung“ kategorisiert.³⁵ Die atomrechtliche Aufsichtsbehörde hat dann 1999 einerseits Sofortmaßnahmen veranlasst und andererseits dem TÜV Rheinland verschiedene Prüfaufträge erteilt.

7.3 Entdeckung des kontaminierten Wassers im Erdreich

In einem Strahlenschutzbericht für den Landtag NRW im Jahr 2001 gibt das Wirtschaftsministerium einen Zwischenstand: Das kontaminierte Wasser in der Betonkammer des Reaktorgebäudes wurde zwar nach und nach gegen frisches Wasser ausgetauscht. Doch ist aus dem umgebenden Erdreich immer wieder kontaminiertes Wasser eingedrungen. Die Zusammensetzung der festgestellten Radionuklide weist eindeutig auf den Störfall von 1978 hin. „Die Tatsache, dass das Betonkammerwasser nach dem Wasseraustausch im April 1999 wieder deutlich angestiegen ist, lässt den Schluss zu, dass das Betonkammersystem lediglich als Teil eines größeren Gesamtkontaminationsbereichs anzusehen ist, der in seiner räumlichen Ausdehnung vor allem den Baugrund um und unterhalb des Reaktorgebäudes umfasst“ und „AVR und Betriebsgelände sind also aufgrund der Fundamentkonstruktion eine Altlasteneinheit.“³⁶

Weiter heißt es, dass eine unzulässige Strahlenexposition der Bevölkerung mit dieser Kontamination nicht verbunden und auch nicht in Zukunft zu erwarten sei. Da allerdings weiterhin radioaktive Stoffe in unzulässiger Weise in die Rur abgeleitet werden und die oben beschriebene Altlast beseitigt werden muss, kann das Reaktorgebäude des AVR trotzdem nicht an dieser Stelle für 30 bis 60 Jahre stehen bleiben. Der hochkontaminierte Reaktorbehälter muss weg bewegt werden.³⁷ Ein Radioaktivitätsüberwachungsprogramm wird weiter fortgeführt.

Im Forschungszentrum Jülich gibt es für die kugelförmigen Brennelemente des AVR ein AVR-Behälterlager (AVR-BL), in dem die Brennelemente in Transport und Lagerbehälter der Bauart CASTOR®THTR/AVR aufbewahrt werden. Die Genehmigung hierfür ist bis zum 30. Juni 2013 befristet. Ein Weiterbetrieb des Lagers könnte nur genehmigt werden, wenn der aktuelle Stand von Wissenschaft und Technik nachgewiesen würde. Dadurch würde, wegen der verschärften Anforderungen infolge des 11. Septembers 2001, ein teurer Lager-Neubau erforderlich werden. Alternativ dazu könnten die Castor-Behälter ins Transportbehälterlager Ahaus überführt werden, da dort die seismologische Situation stabiler ist als in Jülich.³⁸

³¹ Moormann, R.: Kerntechnik 74, S. 10

³² MWMTV (1999), S. 1

³³ MWMEV (2001), S. 7

³⁴ MWMEV (2001), S. 2

³⁵ MWMTV (1999), S. 1

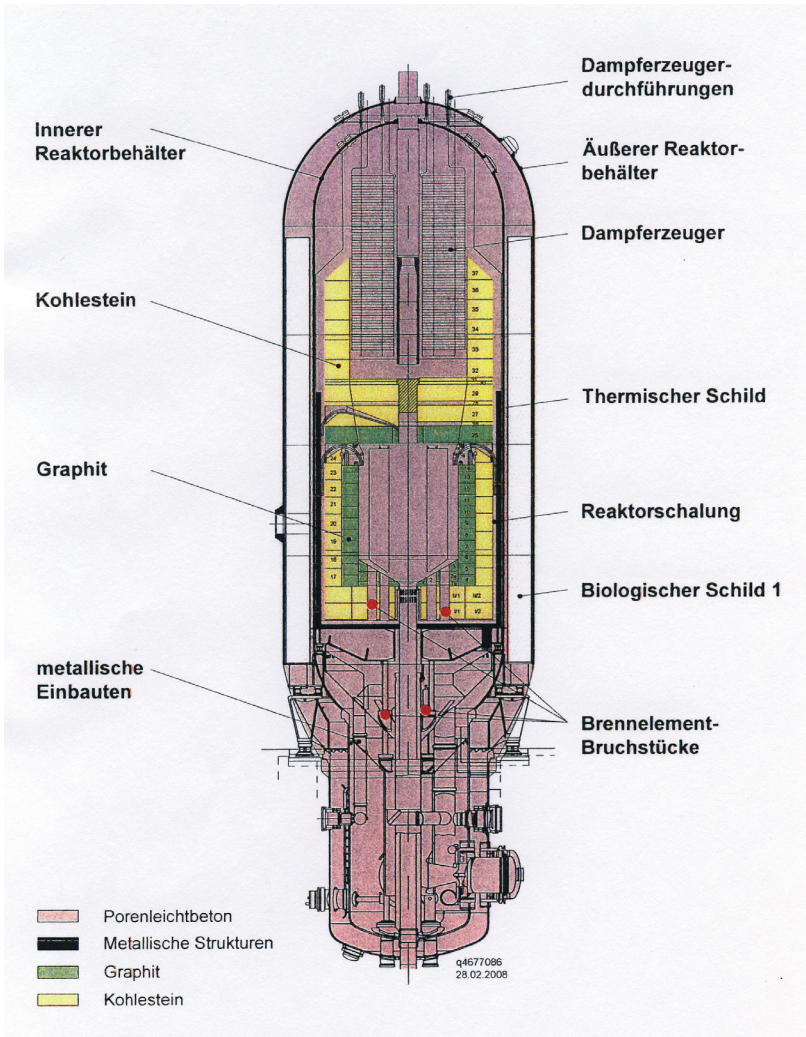
³⁶ MWMEV (2001), S. 13

³⁷ MWMEV (2001), S. 14

³⁸ MWME (2009), S. 3

7.4 Wie weiter mit der Altlast?

Die ersten Versuche, den Reaktorbehälter zu zerlegen, brachten an den Tag, dass sich im Innern hoch radioaktiv strahlende Bruchstücke von Kugelbrennelementen befinden und dass diese nicht zu entfernen sind. (Abb.: Das Inventar des Reaktorbehälters zum Zeitpunkt 2008³⁹). Faktisch befinden sich im Reaktorkern an einer Stelle in einem Riss des unplanmäßig zerbrochenen Bodenreflektors noch insgesamt 98 g Kernbrennstoff (Brennelementbruchstücke) – zusätzlich zu dem im ganzen Reaktorkern verteilten kontaminierten Graphitstaub.



Der Reaktorbehälter des AVR ist also extrem hoch mit Spaltprodukten, Aktivierungsprodukten⁴⁰ und Kernbrennstoff kontaminiert, die, bezogen auf die Leistung von 46 MW, um mehr als den Faktor 100.000 größer ist als in herkömmlichen Leichtwasserreaktoren. Und bezieht man die Anlage auf die im Kern vorhandenen beta-Strahler, dann ist der AVR nach Auskunft von Verantwortlichen für den AVR-Rückbau⁴¹ die vermutlich am stärksten strahlende aller Nuklearanlagen weltweit – nur übertroffen von Harrisburg und Tschernobyl.

³⁹ AVR: Technische Unterlage zum Antrag „Zwischenlagerung eines Reaktorbehälters“. S. 4

⁴⁰ Dies sind ursprünglich nichtradioaktive Materialien aus dem Reaktor oder dessen Umgebung, die durch Neutronen-einfang von Spalt-Neutronen in radioaktive Nuklide (z.B. Co-60) umgewandelt wurden. WIKIPEDIA: Radioaktiver Abfall

⁴¹ Nucleonics Week: Juli, 2002

⁴² Aussage der Betreiber auf dem Erörterungstermin zum Genehmigungsverfah-

7.5 Abbau und Entsorgung des Atomversuchsreaktors AVR

Im Februar 2005 hat die AVR GmbH beim NRW-Wirtschaftsminister die Genehmigung beantragt, das seit 1988 stillgelegte und im vermeintlich sicheren Einschluss befindliche Versuchskraftwerk AVR endgültig und vollständig abzubauen. Dazu wurde der 28 m hohe, senkrecht stehende Reaktorbehälter mit Porenleichtbeton (Beton geringer Dichte) gefüllt. Der Beton hat die Aufgabe, die inneren Bauteile, besonders aber die hochradioaktive Brennelementekugeln, die nicht entfernt werden konnten, und vor allem hochradioaktiven Staub, zu fixieren. Der insgesamt 2.100 Tonnen schwere Reaktorbehälter soll mindestens 60 Jahre in einer Halle mit Betonwänden in der Nähe des ursprünglichen Standortes zwischengelagert werden. Diese Betonwände sind aber nicht so stark, dass sie einem Flugzeugabsturz standhalten könnten. Es wird erwartet, dass die Radioaktivität nach 60 Jahren so weit abgeklungen ist, dass der Reaktorbehälter vielleicht sogar zerlegt werden kann. Auf jeden Fall hat die Bundesregierung dem Betreiber versprochen, dass es dann ein Endlager für dieses Problem geben wird.⁴²

7.6 Kosten für Forschung, Entwicklung und Entsorgung des Atomversuchsreaktors AVR⁴³

Die mit Bau und Betrieb des AVR verbundenen Forschungs- und Entwicklungsausgaben betragen nach Angaben der AVR GmbH rund 168 Mio. Euro. Seit der Stilllegung des AVR sind nach Angaben der AVR-GmbH bis heute rund 252 Mio. Euro angefallen. Nach Angaben der AVR GmbH ist für den weiteren Rückbau des AVR mit dem Ziel der „grünen Wiese“ mit zukünftigen Ausgaben in Höhe von rund 147 Mio. Euro zu rechnen. Hinzu kommen Kosten für die Endlagerung, deren endgültige Höhe noch nicht quantifiziert werden kann.

Der Anteil des Landes NRW lag bis 2006 bei rund 47 Mio. Euro. Den Rest trugen die Bundesrepublik Deutschland, AVR GmbH, Arbeitsgemeinschaft BBC/Krupp und EURATOM. Es ist wahrscheinlich, dass die Kosten noch steigen. Die Kosten der Bodensanierung und die Endlagerung sind in diesen Kosten auch noch nicht enthalten.

Mit der Übernahme aller Geschäftsanteile der AVR GmbH durch die im Bundeseigentum befindliche Energiewerke Nord GmbH ging am 2. April 2003 die AVR GmbH in das Eigentum des Bundes über. Die Gesamtkosten entfallen gemäß der zwischen Bund und Land NRW geschlossenen Verwaltungsvereinbarung vom 25. Februar/13. März 2003 im Verhältnis 70:30 auf den Bund und das Land NRW.

ren über den Betrieb des Zwischenlagers für den Reaktorbehälter der AVR GmbH am 24.11.2008

⁴³ Antwort des Ministers für Innovation, Wissenschaft, Forschung und Technologie vom 7. August 2006 namens der Landesregierung im Einvernehmen mit der Ministerin für Wirtschaft, Mittelstand und Energie und dem Finanzminister auf eine kleine Anfrage des Abgeordneten Reiner Priggen (Bündnis 90 / Die Grünen)

Allein für den Abbau des AVR hatte das Land NRW bis zum Dezember 2008 rd. 31,7 Mio. Euro beigetragen. Insgesamt, Bundesmittel und Eigenmittel der AVR GmbH eingerechnet, wurden bis dato rd. 152,6 Mio. Euro verbraucht. Diese Zahlen enthalten nicht die Endlagervorausleistungen, für die NRW bisher ca. 6 Mio. Euro aufgewendet hat (Kosten insgesamt rd. 16,3 Mio. Euro).⁴⁴

8. Wie weiter mit der einmal vermeintlich vielversprechenden Reaktorlinie „Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktor“?

8.1 HTR ist nicht katastrophensicher und nicht ohne die Umwelt belastenden Emissionen

Wie bei dem Entsorgungsversuch des AVR deutlich wurde, sind die Temperaturen im Innern des Reaktorkerns nicht zu kontrollieren. Zu hohe Temperaturen führen zum Bruch der Kugeln und zum Freiwerden metallischer Spaltprodukte, auch durch die Keramikumhüllung des spaltbaren Materials hindurch. Durch den vermehrten Abrieb der Graphitkugeln kommt es zu einer Verteilung von radioaktiven Spaltprodukten im ganzen Innenraum des Reaktorkerns, so dass dieser über Jahrzehnte unter Verschluss gehalten werden muss. Bei einem Störfall mit Leck des Reaktorbehälters kann dieser hochradioaktive Staub in die Umgebung gelangen. Durch Kühlwasser, das in den Reaktorkern gelangt war, hätte es zu einer Katastrophe vom Ablauf wie in Tschernobyl kommen können.

Auch Graphitbrände sind sehr schwerwiegende Unfälle. Die Sicherheit des Kugelhaufen-HTR wird auch in dieser Hinsicht überschätzt.

8.2 HTR nutzt das Spaltmaterial nicht effizient und ist nicht wirtschaftlich

Beim Betrieb des AVR und auch beim Probetrieb des Thorium-Hochtemperaturreaktors (THTR) in Hamm-Uentrop, der nur 423 Volllasttage in Betrieb war, wurde deutlich, dass sich die Graphitkugeln nicht so wie erhofft verhielten. Sie glitten nicht leicht aneinander vorbei, sondern rieben aneinander. Sie bildeten dichte Kugelpackungen – am Rand mehr als in der Mitte. Dadurch war die Verweildauer der Brennelementekugeln im Reaktorkern unterschiedlich lang. Zerbrochene Kugeln behinderten den Fluss der Kugeln zusätzlich. Alles in allem führte diese Art der Energiegewinnung dazu, dass zwei Reaktoren nach dem Ende des Betriebes nicht entsorgt werden können, wie Druck- oder Leichtwasserreaktoren. Um den Reaktorkern – sowohl des HTR als auch des AVR – muss eine Betonhülle für mindestens 30 Jahre dafür sorgen, dass niemand dem kontaminierten Gebäude zu nahe kommt. Effizient und wirtschaftlich ist das nicht.

8.3 HTR bietet die Möglichkeit, waffentaugliches Material abzuweigen

Schon 1988 hatte Lothar Hahn (heute Geschäftsführer der Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH) auf die überzogenen Beschreibungen der HTR-Sicherheit der Befürworter geantwortet:

„Der HTR ist für die Herstellung von Atomwaffenmaterial keineswegs ungeeignet, weil die Kugeln ständig abgezogen werden und Kugeln mit geeigneter Brennstoffzusammensetzung deshalb leicht entnommen werden können. Brennelementekugeln, wie die im THTR benutzten, ohne Siliziumcarbid lassen sich auch leicht militärisch aufarbeiten. Ein auf HTR basierender militärischer Reaktor zur Erzeugung von Tritium für Wasserstoffbomben ist in den USA konzipiert worden.“⁴⁵

8.4 HTR darf keine hohen Temperaturen für Prozesswärme erzeugen

Der jahrelange Versuchsbetrieb mit dem AVR hat gezeigt, dass ein Kugelhaufenreaktor mit Graphitkugeln gerade nicht zum Erzeugen besonders hoher Temperaturen im Dauerbetrieb (Prozesswärme) geeignet ist, ja dass der Dauerbetrieb bei hohen Temperaturen höchst gefährliche Zwischenfälle herbeiführen kann und jahrzehntelang nach dem Betrieb noch Kosten verursacht.

Rainer Moormann schreibt dazu, dass das Konzept eines Kugelhaufen-Hochtemperaturreaktors nur Jahrzehnte lang überleben konnte, weil man lange Zeit im Innern des Reaktors keine Messungen vorgenommen hat. Sonst wären die Gastemperaturen im Reaktor auf weit unter 950°C begrenzt worden und die Hoffnung auf einen „Hoch“temperaturreaktor zur Erzeugung z.B. von Prozesswärme wären schon früh dahin gewesen.

„Ironically, the pebble bed HTR concept has probably survived until now only as consequence of one of its weak points, its insufficient in-core instrumentation abilities : In case of known AVR core temperatures from beginning of its operation, the AVR hot gas temperatures would have been limited to values far below 950°C . This means that its main advantage, its apparent capability for process heat generation, would not have been demonstrated.“⁴⁷

8.5 Untauglichkeit der Kugelhaufenreaktoren

Noch immer wird trotz des AVR-Desasters an der Technologie der Kugelhaufenreaktoren festgehalten. Dabei ist klar:

- Der erhoffte Dauerbetrieb bei hohen Temperaturen ist nicht möglich und damit auch nicht der erhoffte vielseitige Einsatz im gesamten Energiemarkt.
- Die erhoffte problemlose Entsorgung von Kugelhaufenreaktoren ist nicht möglich, was sich gerade beim AVR-Reaktor zeigt, der wegen hoch radioaktiven Staubs und Kugelbruchstücke nicht geöffnet werden kann. Stattdessen

⁴⁴ Aussage der Betreiber auf dem Erörterungstermin zum Genehmigungsverfahren über den Betrieb des Zwischenlagers für den Reaktorbehälter der AVR GmbH am 24.11.2008

⁴⁵ Hahn, L. (1988), www.reaktorsicherheit.de

⁴⁶ Hahn, L. (1988), www.reaktorsicherheit.de

⁴⁷ Moormann, R.: Jülich 4275, S.5

fallen jahrzehntelange Lagerungskosten an.

- Wenn ein Wasserrohr des Wasser/Wasserdampf-Kreislaufes (siehe Abb. HTR) leck wird, können radioaktive Stoffe aus dem Reaktorkern heraus gelangen – wie es in Jülich 1978 geschehen ist.
- Bei einem solchen Leck mit Eindringen von flüssigem Wasser in den Reaktorkern eines HTR kann es zu einem ähnlichen Phänomen kommen, wie das, welches den Tschernobyl-Unfall verursacht hat.
- Bei einem Störfall (Leaks im Druckbehälter) kann der hochkontaminierte Graphitstaub in die Umwelt gelangen.

8.6 Fazit und Forderungen des BUND NRW

Angesichts der nüchternen Fakten um den AVR-Versuchsreaktor in Jülich kann die diesbezügliche Position der NRW-Energieministerin Christa Thoben nur noch als grob fahrlässig und unverantwortlich bezeichnet werden. Wörtlich sagte Thoben: „Wir haben uns, nach meiner Überzeugung in einer Kurzschlussreaktion, aus der THTR-Technik verabschiedet. Dieser Ausstieg war ein Fehler! Heute wird diese Technik in Südafrika und China angewandt. Meine Sorge ist: Wenn wir uns tatsächlich dem Zeitalter der Wasserstofftechnologie nähern, dann fehlt uns die Kompetenz, die der Hochtemperaturreaktor schon vor vielen Jahren hatte, nämlich sehr hohe Temperaturen laufend zur Verfügung zu stellen. Was haben wir da nur gemacht! Solche Fehler dürfen sich nicht wiederholen!“

Dass Energieministerin Thoben die Fakten um das AVR-Desaster solcherart in ihr Gegenteil verkehrt, kann nicht hingenommen werden.

Daher fordert der BUND:

- Das Märchen vom sicheren und effizienten Kugelhaufenreaktor muss offiziell aus der Welt geschafft werden.
- Die Fachleute des (staatlichen) Forschungszentrums Jülich und der AVR GmbH sollten verpflichtet werden, weltweit über die Gefahren dieser Reaktorlinie aufzuklären.
- Der Bau des AVR-Zwischenlagers muss nach dem Atomgesetz genehmigt werden. Der Betreiber muss nachweisen, dass keine Gefahr von dem Betonlager ausgeht.
- Die Bevölkerung im Umkreis von Jülich muss über die vergangenen, gegenwärtigen und zukünftigen Gefahren durch den AVR-Reaktor-Versuchsbetrieb, durch seine Verlegung und die Lagerung während der nächsten 60 Jahre aufgeklärt werden. ■

Literatur:

Moormann, Rainer (2008): *A safety re-evaluation of the AVR pebble bed reactor operation and its consequences for future HTR concepts. Berichte des Forschungszentrums Jülich; 4275*

Moormann, Rainer (2009): *AVR prototype pebble bed reaktor: a safety re-evaluation of its operation and consequences for future reactors. in Kerntechnik 74 (2009) S. 8 ff*

Natur und Technik CVK Physik 9/10 Ausgabe NRW, S. 254

Hahn, Lothar (1988): *Proliferationsprobleme bei der HTR-Linie (siehe www.reaktorpleite.de)*

Hahn, Lothar (1986): *Grundsätzliche Sicherheitsprobleme beim HTR und besondere Defizite beim THTR300 (siehe www.reaktorpleite.de)*

Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes NRW (MWM-TV): *Unterrichtung über besondere Vorkommnisse in den Kraftwerken der Bundesrepublik Deutschland, Atomversuchsreaktor (AVR) in Jülich. Düsseldorf, 30. März 1999 (LT-Vorlage 12-2647)*

Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Energie und Verkehr des Landes NRW (MWMEV): *Strahlenschutzbericht „Son-derausgabe AVR“ – Ermittlungen zur Ursache für die Kontamination in den Betonkammern des Atomversuchsreaktors (AVR) in Jülich und zur Abklärung der Auswirkungen des kontaminierten Betonkammerwassers auf die Umgebung. Düsseldorf, 27. Februar 2001 (LT-Vorlage 13-493)*

Ministerium für Wirtschaft, Mittelstand und Energie des Landes NRW (MWME): *Bericht der Landesregierung „Sicherheits-risiko AVR Jülich – kein Kugelhaufenreaktor in Jülich“ (LT-Vorlage 14-2466)*

AVR GmbH: *Antrag nach § 7 StrSchV Betrieb des Zwischenlagers (RB-ZL-I) für den AVR-Reaktorbehälter RB). Jülich 06.03.2008*

Links:

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kohlekraftwerk>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Kernkraftwerk>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Dampfblasenkoeffizient>

http://de.wikipedia.org/wiki/Radioaktiver_Abfall

<http://kernergie.de> Gut zu wissen K Kugelhaufenreaktor

<http://www.ewn-gmbh.de/>

<http://www.reaktorpleite.de/Proliferation-Gutachten-2.html>

<http://www.thtr.de>

<http://www.pbmr.co.za>

<http://www.platts.com> (Nucleonics Week)

<http://www.busrep.co.za> (Business Report)

http://www.wirtschaft.nrw.de/2000/2200/Reden/060509_Berlin_Rede_Min.pdf

⁴⁸ „Über Sachverhalte reden – Energiepolitische Positionen des Landes NRW“ – Rede von Frau Ministerin Christa Thoben anlässlich der Veranstaltung in der Landesvertretung NRW am 9. Mai 2006 in Berlin. http://www.wirtschaft.nrw.de/2000/2200/Reden/060509_Berlin_Rede_Min.pdf



IMPRESSUM

Herausgeber:

Bund für Umwelt
und Naturschutz Deutschland
Landesverband
Nordrhein-Westfalen e.V.
Merowingerstr. 88
40225 Düsseldorf
Tel.: 0211/302005-0
Fax: -26,
e-Mail: bund.nrw @bund.net

V.i.S.d.P.:

Paul Kröfges, Landesvorsitzender

Autorin:

Dorothea Schubert

Redaktion:

Dirk Jansen

BUND-Spendenkonto:

Bank für Sozialwirtschaft GmbH Köln
BLZ: 370 205 00
Konto-Nr. 8 204 700

Nachdruck oder sonstige
Verwertung nur mit
Genehmigung des
BUND NRW e.V.

Der BUND im Internet:

www.bund-nrw.de

Düsseldorf, Mai 2009



Werden Sie aktiv im BUND
oder unterstützen Sie unsere Arbeit
durch eine Spende:
Konto 8 204 700, BLZ 370 205 00,
Bank für Sozialwirtschaft, Köln

Mehr Infos: www.bund-nrw.de