

Strahlentelex

mit **ElektrosmogReport**

Unabhängiger Informationsdienst zu Radioaktivität, Strahlung und Gesundheit

ISSN 0931-4288

www.strahlentelex.de

Nr. 664-665 / 28.Jahrgang, 4. September 2014

Leukämie bei Jülich:
Bereits 1993 war eine Häufung von Leukämiefällen bei Kindern und Jugendlichen in der Nähe der ehemaligen Kernforschungsanlage Jülich bekannt. Jetzt kennen wir die Ursache. Seite 6

Windscale/Sellafield:
Nach dem Brand 1957 in Windscale/Sellafield gingen die Geburtenzahlen von Jungen und Mädchen in den exponierten Ländern Nord- und Osteuropas zurück. Seite 7

Folgen von Fukushima:
„Zielgerichtete Dekontamination“ anstelle der Einhaltung von Grenzwerten soll Kosten sparen. Das ist Ziel japanischer Behörden. Seite 10

Atommüll:
2.000 Tonnen kontaminiertes Abriebmaterial aus dem Atomkraftwerk Stade in Niedersachsen soll auf die Deponie des 1.700-Einwohner-Dorfs Grumbach in Sachsen. Seite 11

Atomforschung und Politik

Kugelhaufenreaktoren – Status nach Erscheinen einer unabhängigen Expertenstudie zum AVR Jülich

Von Rainer Moormann und Jürgen Streich*

Nach dreijähriger Arbeit erschien Ende April 2014 ein Bericht unabhängiger Experten zum Kugelhaufenreaktor AVR (Jülich), welcher in wesentlichen Punkten die seit 2006 geäußerten Vermutungen über vermeintliche schwere Zwischenfälle und Probleme bestätigt und Zweifel am Kugelhaufenreaktorkonzept artikuliert. Die Vorgeschichte dieses Expertenberichtes und seine wichtigsten Ergebnisse werden hier dargestellt und Schlussfolgerungen diskutiert. Die durch diesen Expertenbericht verursachte Diskussion veranlasste das Forschungszentrum Jülich (FZJ) im Mai 2014, die Einstellung der noch laufenden Arbeiten zu Kugelhaufenreaktoren und zur Unterstützung des chinesischen Kugelhaufenreaktorprojektes anzukündigen.

Strahlentelex, Th. Dersee, Waldstr. 49, 15566 Schöneiche b.Bln.
Postvertriebsstück, DPAG, „Entgelt bezahlt“ A 10161 E

Hintergrund

Der AVR (Arbeitsgemeinschaft Versuchsreaktor) war der erste Kugelhaufenreaktor, ein Versuchs-AKW von 15 Megawatt elektrischer Nettoleistung. Kugelhaufenreaktoren, die zu den Hochtemperaturreaktoren (HTR) gehören, gelten noch vielfach als ein in Deutschland erfundenes AKW-Konzept; tatsächlich wurden sie jedoch schon in den 1940er Jahren in den USA erdacht [7], aber bald zugunsten von Leichtwasserreaktoren (LWR) aufgegeben. Der AVR, der viel Ähnlichkeit zu dem von Farrington Daniels 1945 zum US-Patent angemeldeten Pebble bed reactor [7] aufweist, wurde in Nachbarschaft zum Forschungszentrum Jülich (FZJ) von BBC/Krupp in den Jahren 1960 bis 1966 gebaut und von einem Konsortium aus diversen kleineren und mittelgroßen Elektrizitätsversorgern von 1967 bis 1988 betrieben. Das FZJ betreute das Projekt wissenschaftlich und

* Dr. Rainer Moormann, Aachen, rainer.moormann@t-online.de
Jürgen Streich, Frechen-Königsdorf, j.streich@aussichten-online.de

glich die beim Betrieb entstehenden finanziellen Defizite, wie später bekannt wurde, größtenteils aus. Ursprünglich war ein AVR-Betrieb nur für wenige Jahre vorgesehen, um die Machbarkeit einer Energieerzeugung mit Kugelhaufenreaktoren zu demonstrieren. Da sich aber der Nachfolgereaktor THTR-300 (in Hamm) um mehr als zehn Jahre verzögerte und schon in der Inbetriebnahmephase schwerste Probleme zeigte, wurde der AVR-Betrieb erheblich verlängert. Das wurde unter anderem damit gerechtfertigt, dass der AVR als Prototypreaktor für die ab 1980 entwickelten kleinen modularen Kugelhaufenreaktoren zur Verfügung stehen müsse.

Da der Rückbau ab 1989 außergewöhnliche Schwierigkeiten bereitete und der Bundesrechnungshof wegen enormer Kostensteigerungen (1989 geplant: 39 Millionen DM, bis heute verbraucht: circa 700 Millionen Euro; heute geschätzte Gesamtentsorgungskosten: 1,5 bis 2 Milliarden Euro) ein warnendes Gutachten verfasste, wurde der AVR 2003 vollständig von der öf-

fentlichen Hand übernommen: Das FZJ übernahm die Verantwortung für die Brennelemente, die bundeseigenen Energiewerke Nord (EWN) den Reaktor. Die Entsorgungskosten, denen nur geringe Rückstellungen gegenüberstanden, hätten die früheren Betreiber weit überfordert.

Eine Beschreibung des Reaktors mit Abbildungen findet sich in Kapitel 3 von [1], daher soll hier nur kurz auf den Aufbau eingegangen werden. Der Reaktorkern bestand aus circa 100.000 tennisballgroßen Brennelementen, welche ihrerseits je circa 10.000 beschichtete Brennstoffteilchen (coated particles, Durchmesser circa 0,9 Millimeter) eingebettet in Graphit enthielten. Im Unterschied zu normalen Reaktorbrennelementen bilden Moderator (Graphit) und Brennstoff hier also eine Einheit, was das Abfallvolumen der Brennelemente sehr stark vergrößert. Gekühlt werden Kugelhaufenreaktoren nicht mit Wasser, das in Standardreaktoren als Kühlmittel und Moderator dient, sondern mit dem Edelgas Helium. Im Sekundärkreis, der die Turbine enthält, befindet sich aber Wasser bzw. Dampf unter hohem Druck. Ein Dampferzeuger, welcher über dem Kern angeordnet ist, übergibt die Wärme des Primärkühlmittels Helium an das Sekundärkühlmittel Wasser. Die Brennelemente werden über dem Kern an verschiedenen Positionen zugegeben und wandern langsam (4 Monate bis über 5 Jahre) aufgrund der Schwerkraft durch den Reaktor. Wenn sie unten angekommen verbraucht sind, werden sie entnommen, ansonsten oben wieder zurückgegeben. Ab 1974 wurde die Kühlmitteltemperatur des AVR auf 950°C angehoben, um die prinzipielle Eignung für Kohlevergasung (nukleare Prozesswärme) nachzuweisen.

Das Störfallspektrum eines Kugelhaufenreaktors unterscheidet sich wesentlich von

demjenigen eines LWR und weist einige Ähnlichkeiten zu dem vom RBMK (Tschernobyl-Typ, ebenfalls graphitmoderiert) auf. Nicht Kühlmittelverlust oder Kühlungsausfall

chen der Aufsichtsbehörde im Genehmigungsverfahren sowie bei jeder größeren Änderung des Betriebszustandes nachzuweisen ist. Von einigen Befürwortern des Kugelhaufen



Das AVR-Gebäude. Die obere Umhüllung ist Teil des „sicheren Einschusses“, die in die dahinterliegende Sicherheitsschleuse übergeht, durch die der herausgehobene Reaktor auf ein Spezialfahrzeug abgelegt werden soll. (Foto: © Jürgen Streich)

mit Kernschmelze bestimmen das Risiko, sondern Lufteinbruch mit Graphitbrand nach Leckagen und Wassereinbruch durch Lecks im Dampferzeuger: Wassereinbruch kann zu nuklearen Instabilitäten (Durchgehen des Reaktors) und durch chemische Reaktionen des Wasserdampfs mit dem Graphit bei höheren Temperaturen zur Bildung explosionsfähiger Gasmischungen führen – beides mit Potential zur Zerstörung des Reaktors. Wassereintritte sind als Auslegungstörfälle (früher als Größter anzunehmender Unfall, GaU, bezeichnet) von Kugelhaufenreaktoren definiert, das heißt, dass die Beherrschbarkeit bestimmter Sequenzen von Wassereintritten

fenreaktors werden das Ausbleiben einer Kernschmelze und die Selbstabschaltung bei Temperatursteigerung immer noch als Beweis für seine „Katastrophenfreiheit“ propagiert, nicht ohne damit einen gewissen Erfolg in der öffentlichen Diskussion zu erzielen. Allerdings wiesen schon 1977 LWR-Vertreter darauf hin, dass der Kugelhaufenreaktor „andere schwere Störfälle kennt als der LWR“ und die angeblich generell höhere Sicherheit damit in Zweifel zu ziehen ist. Lothar Hahn, einer der Autoren des AVR-Expertenberichts, schrieb schon 1986: „Seit den Anfängen der Hochtemperaturreaktor-Entwicklung wird von interessierter Seite versucht, der Öffent-

lichkeit zu suggerieren, der HTR sei „inhärent“ sicher. Diese geschickt eingefädelte Werbestrategie hat ohne Zweifel einen gewissen Erfolg gehabt, denn sie hat zu einer – selbst in der Atomenergiedebatte – beispiellosen Desinformation geführt. Wie kaum eine andere Behauptung der Atomindustrie beruht sie auf wissenschaftlich nicht haltbaren Annahmen und auf unzutreffenden Schlussfolgerungen. [12]“

Im Betrieb des AVR kam es zu mehreren gravierenden Ereignissen, die stark verspätet bzw. nur unvollständig kommuniziert wurden. Nur die wichtigsten seien hier genannt:

1. Ab 1974 wurden große Mengen an besonders toxischen Spaltprodukten (Strontium-90, Cäsium-137) aus den Brennelementen in den Primärkreis freigesetzt (je circa 100 Terabecquerel (TBq; 1 TBq = 10^{12} Bq = 1 Billion Bq)), wo sie sich heute noch befinden, da es für Kugelhaufenreaktoren – anders als bei LWR – kein wirksames Verfahren zur Reinigung von Primärkreis/Kühlmittel gibt. Diese extreme Kontamination des Primärkreislaufs stellt ein wesentliches Hindernis beim Reaktorrückbau dar. Nach Angaben des Betreibers im Jahr 2000 ist der AVR die am stärksten mit Strontium kontaminierte Nuklearanlage weltweit, wobei das Strontium in der ungünstigsten Form, nämlich staubgebunden, vorliegt [2].

2. Im Mai 1978 kam es zu einer Leckage im Dampferzeuger des AVR, wobei 25 bis 30 Tonnen Wasser in den Primärkreis eindringen. Der Vorgang wurde als Ereignis von untergeordneter sicherheitstechnischer Bedeutung heruntergespielt und durfte im FZJ damals nicht als Störfall bezeichnet werden (sondern nur als Störung, Vorfall, Ereignis o.ä.). 1999 wurde entdeckt, dass Grundwasser und Boden unter dem AVR, ver-

mutlich als Folge dieses Störfalls, mit Strontium-90 kontaminiert sind, was zu enormen Mehrkosten beim Rückbau führt. Das Rückbaukonzept musste daraufhin nämlich geändert werden: Um Grundwasser und Boden zu sanieren, muss der Reaktor entfernt werden. Da der Reaktorbehälter wegen seiner extremen Kontamination aber nicht zerlegt werden kann, muss er als Ganzes (betonverfüllt, 2.100 Tonnen schwer) in ein eigens gebautes Zwischenlager im FZJ transportiert werden – eine weltweit bisher einmalige Aktion, die nach mehrjähriger Verzögerung nun im Herbst 2014 beginnen soll.

3. Ende 1987 wurde durch 1986 begonnene Messungen mit Monitorkugeln, die Schmelzdrähte enthielten, klar, dass die Temperaturen im Reaktorkern sehr viel höher waren, als berechnet. Da in vielen Monitorkugeln alle Schmelzdrähte geschmolzen waren, lässt sich das jedoch nicht gesichert quantifizieren. Normale Messsonden, die eine kontinuierliche Messungen von Temperaturen oder Neutronenflussdichte gestatten, sind im Kern von Kugelhaufenreaktoren nicht anwendbar, da sie durch den sich bewegenden Kugelhaufen zerdrückt werden. Als Folge dieser Ergebnisse wurde der Reaktorbetrieb im letzten Betriebsjahr 1988 stark eingeschränkt, vermutlich weil die notwendige Beherrschbarkeit eines Auslegungsstörfalls „Wassereintritt“ wegen Bildung explosionsfähiger Gase nicht mehr gegeben war.

Bereits Anfang 1988 hatte ein Münchener Expertenteam um Jochen Benecke in einem Gutachten für die nordrhein-westfälische Landesregierung vor erheblichen Kritikalitätsproblemen bei Wassereintrittsstörfällen in Kugelhaufenreaktoren gewarnt und gewisse Parallelen zum Tschernobyl-Reaktor gesehen [3]. Das Gutachten wurde damals von der Landesregierung nicht

veröffentlicht. Eine offene Diskussion dieses Gutachtens unterblieb daher bis 2007. Es darf aber vermutet werden, dass dieses Gutachten eine Ursache für den unerwarteten Beschluss war, den AVR zum 31.12.1988 außer Betrieb zu



Auf der oberen Etage der Sicherheitsschleuse, in der Luft-Unterdruck herrscht. Auf Schienen befindet sich der Kran (hinten), der das mit einem Spezialbeton verfüllte, 2.100 Tonnen schwere Reaktordruckgefäß, in dem sich noch 197 zerborstene Brennelemente befinden, in einem Stück auf einem 81-achsigen Spezialfahrzeug ablegen soll. (Foto: © Jürgen Streich)

nehmen. Ab 2006 führte eine kritische Interpretation der vorgenannten Fakten durch Rainer Moormann [4, 5] zu intensiven Auseinandersetzungen [8]. Moormann sieht die Ursache der extremen und für zukünftige Nuklearanlagen unakzeptablen AVR-Primärkreis-kontamination einerseits in den erhöhten Kerntemperaturen, andererseits in einer weit überschätzten Rückhaltefähigkeit für Spaltprodukte auch neuerer Kugelbrennelemente. Er erkennt zwar eine deutlich verbesserte Strontiumrückhaltung in neueren Brennelementen, weist aber auf eine markante Verschlechterung der Cäsiumrückhaltung hin.

Moormann sieht zudem die Ursachen der überhitzten AVR-Kernbereiche als ungeklärt an und hält es für wahrscheinlich, dass sie in Kugelhaufenreaktoren generell auftreten können. Die Kugelhaufenbefürworter bestreiten die oben skizzierten drei Problemfelder im AVR zwar nicht mehr, interpretieren sie aber als AVR-

spezifisch und schließen eine Wiederholung in eventuellen zukünftigen Reaktoren aus. Die extreme Kontamination soll auf angeblich schlechte Brennelemente zurückzuführen sein, da man erst seit 1980 gute Brennelemente habe her-

stellen können. Eine nennenswerte Radioaktivitätsfreisetzung aus modernen Brennelementen wird für Temperaturen unterhalb von 1.600°C weiter ausgeschlossen. Die Ursachen der erhöhten Kerntemperaturen sollen auf unbeabsichtigte Kühlgasbypässe zurückzuführen sein, die sich in zukünftigen Reaktoren vermeiden lassen [10]. Die von Benecke und Moormann unterstellte Unterschätzung des realen Wassereintritts 1978 und des hohen Risikos von Wassereintrittsstörfällen allgemein wurden von den Kugelhaufenreaktorbefürwortern zurückgewiesen, während an der Version eines unbedeutenden Ereignisses 1978 und an der These vom grundsätzlich geringen Risiko von Wassereintrittsstörfällen im Kugelhaufenreaktor festgehalten wurde.

Zur Klärung dieser Auseinandersetzung wurde frühzeitig eine unabhängige Untersuchung gefordert, was das FZJ aber zurückwies. In diesem Zusammenhang ist zu erwäh-

nen, dass das FZJ seit den 1990er Jahren den Bau eines Kugelhaufenreaktors (PBMR) in Südafrika unterstützte und dieses Projekt durch die aufkommende Sicherheitsdiskussion zum AVR erheblich beeinträchtigt wurde, da der AVR in vielen entscheidenden Punkten als Vorbild für den südafrikanischen Reaktor diente. Es ist zu vermuten, dass das FZJ durch eine Expertengruppe zum AVR das südafrikanische Reaktorprojekt nicht noch weiter beeinträchtigen wollte, da das Projekt die wichtigste Stütze der Jülicher Reaktorentwicklung darstellte.

Erst als die designierte neue Landesregierung von Nordrhein-Westfalen im Sommer 2010 die Klärung dieser AVR-Probleme im Koalitionsvertrag festschrieb, das südafrikanische Reaktorprojekt im September 2010 zusammenbrach und durch den Fukushima-Unfall im März 2011 weiterer Druck auf das FZJ ausgeübt wurde, richteten das FZJ und die AVR/EWN im April 2011 eine entsprechende Expertengruppe ein. Dieser gehörten insgesamt vier – sowohl AKW-kritische als auch AKW-freundliche – Mitglieder an. Diese Expertengruppe hörte die verschiedenen Positionen an und veröffentlichte ihren Bericht nach dreijähriger Arbeit am 26. April 2014. Das Votum erfolgte einstimmig. Aus Kapazitätsgründen konnten nur ausgewählte Themenkreise bearbeitet werden. Beispielsweise wird auf die möglicherweise undurchsichtige Rolle der Atomaufsicht im Abschlussbericht nicht näher eingegangen. Auch Moormann wird im Expertenbericht ausdrücklich für seine Unterstützung gedankt; das dürfte nach Einschätzung der Autoren dieses Artikels so zu interpretieren sein, dass von Seiten der AVR/des FZJ wichtige Informationen zu Problemen des AVR-Betriebes zurückgehalten wurden und nur über Moormann an die Experten-

nen, dass das FZJ seit den 1990er Jahren den Bau eines Kugelhaufenreaktors (PBMR) in Südafrika unterstützte und dieses Projekt durch die aufkommende Sicherheitsdiskussion zum AVR erheblich beeinträchtigt wurde, da der AVR in vielen entscheidenden Punkten als Vorbild für den südafrikanischen Reaktor diente. Es ist zu vermuten, dass das FZJ durch eine Expertengruppe zum AVR das südafrikanische Reaktorprojekt nicht noch weiter beeinträchtigen wollte, da das Projekt die wichtigste Stütze der Jülicher Reaktorentwicklung darstellte.

gruppe gelangten.

Wesentliche Ergebnisse des Expertenberichtes

Die Expertengruppe

- sieht bei den Kugelhaufenreaktorentwicklern eine Überschätzung der eigenen Fähigkeiten („ausgeprägtes Überlegenheitsgefühl“, „Unfähigkeit zur Selbstkritik“, s. S. 14); das könnte eine mögliche Ursache der Reaktorprobleme sein;
- hält die Vermutung von Moormann für plausibel, dass die überhitzten Kernbereiche ursächlich für die hohe Primärkreiskontamination im AVR sind. Details lassen sich angesichts der unbefriedigenden Datenlage nach ihrer Meinung jedoch nicht ableiten;
- hält es für unverständlich, dass nicht unmittelbar nach Entdeckung des drastischen Anstiegs der Primärkreiskontamination Maßnahmen ergriffen wurden (s. S. 80);
- hält die Ursachen der überhitzten AVR-Kernbereiche – im Unterschied zu Behauptungen der Kugelhaufenreaktorbefürworter und in Einklang mit der Position von Moormann – für ungeklärt;
- verweist darauf, dass erste Temperaturmessungen im Kern bereits Anfang der 1970er Jahre auf Unregelmäßigkeiten hindeuteten und dass es schon 1977 Vermutungen gab, welche den drastischen Anstieg der Spaltproduktfreisetzung aus den Brennelementen mit Kernüberhitzungen in Verbindung brachten. Vor diesem Hintergrund äußert sie Unverständnis darüber, dass mit weiteren Temperaturmessungen zehn Jahre gewartet wurde;
- äußert Zweifel daran, dass die von den Kugelhaufenbefürwortern behaupteten überlegenen Rückhalteeigenschaften moderner Kugelbrennelemente für radioaktive Spaltprodukte als nachgewiesen gelten können. Da nach ihrer Meinung diese behaupteten

Rückhalteeigenschaften die Basis des Sicherheitskonzeptes von Kugelhaufenreaktoren darstellen, beziehen sich diese Zweifel auch auf die Sicher-

Ihr wurden vom FZJ und der AVR keine belastbaren Unterlagen zu diesem Problemkreis vorgelegt und sie forderte nochmals dazu auf, entspre-



Hier geschah der Wassereinbruch. Oberhalb des Schraubenschranks befindet sich der Wärmetauscher, aus dem über 25 Tonnen Wasser in den darunterliegenden Reaktor gelangten.

(Foto: © Jürgen Streich)

heit dieses Reaktortyps im Allgemeinen;

- hält die Einordnung des realen Wassereinbruchstörfalles 1978 in die ungefährlichste Kategorie (damals C) für unangemessen; sie hält eine Einordnung mindestens in Kategorie B, eventuell sogar in die höchste Kategorie A für erforderlich;
- verweist auf eine relativ geringe Anzahl von der Behörde gemeldeten AVR-Betriebsstörungen und listet einige Vorkommnisse auf, die hätten gemeldet werden müssen;
- hält die Einschätzungen von Benecke und Moormann zum hohen Gefährdungspotential von Wassereinbruchstörfällen für nicht widerlegt.

chende Dokumente, sofern verfügbar, nachzureichen (S. 59);

- bestätigt die Vermutung, dass die Betriebsmannschaft während des Wassereinbruchstörfalles 1978 das Reaktorschutzsystem mehrfach unzulässig manipuliert hat, um den Reaktor trotz des Störfalles wieder in Betrieb nehmen zu können;
- verweist auf eine auch nach dem damaligen Stand unzureichende Umgebungsüberwachung hinsichtlich radioaktiver Emissionen. So wurde abfließendes Grund- und Trinkwasser erst ab 1995 auf Tritium hin überwacht. Messungen zu eventuellen Kontaminationen im mit Grundwasser gefüllten Keller

unter dem Reaktor wurden bis 1999 (als eher zufällig Strontium im Regenwasserkanal entdeckt wurde) nie durchgeführt. Damit konnte die Boden-/Grundwasserkontamination aufgrund des Störfalles 1978 ihr problematisches Ausmaß annehmen. Von 1966 bis 1973 funktionierte der Tritiumfilter im Abgasstrom nicht, was wegen unterbliebener Messungen lange unentdeckt blieb. Die Direktstrahlung aus dem Reaktor war am Zaun zeitweise zu hoch.

Kommentare und Schlussfolgerungen

Der Expertenbericht begnügt sich weitgehend mit Tatsachenfeststellungen und überlässt es meist dem Leser, Schlussfolgerungen daraus zu ziehen. Zwei Ausnahmen sollen kurz angesprochen werden. Die eine betrifft die Qualität auch moderner Kugelbrennelemente, die als unzureichend nachgewiesen dargestellt wird mit entsprechenden Folgen für die sicherheitstechnische Gesamtbewertung. Dem ist uneingeschränkt zuzustimmen. Zum anderen werden radiologische Gesundheitsfolgen des AVR-Betriebs ausgeschlossen. Dieses erscheint uns angesichts der im Bericht dargestellten Unzulänglichkeiten als zu weitgehend und soll – vor dem Hintergrund des in der Jülicher Umgebung aufgetretenen Clusters von Kinderleukämie 1990-92 [6] – hier diskutiert werden. Das Ausbleiben radiologischer Folgen wird im Expertenbericht mit einer Dosisberechnung untermauert, die versucht, durch Annahme möglichst ungünstiger Messwerte zu einer Obergrenze für die radiologische Dosis zu gelangen. Methodisch problematisch ist dieses eigentlich sinnvolle Vorgehen im Falle der Tritiuminkorporation über Grund- und Trinkwasser. Mangels Messwerten für die Zeit vor 1995 wird der höchste danach gemessene verwendet, ein Wert vom November 1997. Es ist aber offensicht-

lich, dass in den Jahren nach 1978, als höchstwahrscheinlich zusammen mit Strontium (noch vorhanden) große Mengen an Tritium in das Grundwasser unter dem Reaktor gelangten, die Belastungen durch Tritiuminkorporation viel höher gewesen sein müssen. Das beim Wassereinbruch 1978 in den Reaktor gelangte Wasser enthielt nämlich im Vergleich zu Strontium etwa die 100-fache Tritiumaktivität. Da Tritium sich chemisch wie Wasser verhält, und das Grundwasser hier mit einer Geschwindigkeit von etwa fünf Metern pro Tag fließt, ist dieses Tritium nach einigen Jahren nicht mehr nachweisbar. Hinzu kommt, dass eine zuverlässige Tritiumgesamtanzahl für den AVR nicht existiert. Hätte es weitere, bisher unbekannte Emissionen über den Grundwasser-/Trinkwasserpfad gegeben, so ließen sich diese heute nicht mehr identifizieren. Angesichts des insgesamt eher sorglosen AVR-Betriebs darf man Letzteres aber nicht ausschließen, zumal undichte erdverlegte Rohre am AVR 1999 entdeckt wurden, die noch zehn Jahre nach Betriebsende Tritium emittierten. Diese Argumente dürfen nicht so verstanden werden, als sei der AVR mit Sicherheit für das Leukämiecluster verantwortlich. Die Frage nach den Ursachen ist heute angesichts der skizzierten Unzulänglichkeiten schlicht nicht mehr klärbar, aber für einen sicheren Ausschluss des AVR als Ursache, wie im Expertenbericht angegeben, fehlt damit ebenso die Basis.

Wichtige Schlussfolgerungen, die aus dem Expertenbericht gezogen werden können, aber nicht oder nicht deutlich artikuliert werden, sind:

- Die Kugelhaufenreakorteknologie ist nicht annähernd anwendungsreif.
- Das Kugelbrennelement wird hinsichtlich seiner Rückhalteigenschaften für Spaltprodukte überschätzt.

- Das noch aktive chinesische, vom FZJ unterstützte Reaktorprojekt HTR-PM ist damit auch sicherheitstechnisch als problematisch einzut



Das AVR-Zwischenlager, in dem der Reaktor mehrere Jahrzehnte abklingen soll, bevor er zerlegt und endgelagert werden kann. (Foto: © Jürgen Streich)

stufen, zumal dieser Reaktor nicht einmal ein Volldruckcontainment besitzen soll und auf eine Billigentsorgung der Brennelemente setzt. [13]

- Die jahrzehntelange äußerst kostenintensive Kugelhaufenreaktorentwicklung in Deutschland war nur möglich, weil entscheidende Schwachstellen lange gezielt verheimlicht werden konnten (u.a. überhitzte Kernbereiche, Folgen des Wassereinbruchs, extreme Reaktorkontamination). In Kenntnis dieser Schwachstellen wäre der Zufluss staatlicher Entwicklungsgelder höchstwahrscheinlich viel früher beendet worden und die Kugelhaufenreakorteknologie hätte ein ähnlich frühes Ende gefunden wie andere zeitgleich begonnene deutsche Reaktorentwicklungen (z.B. Grosswetzheim, Niederaibach).

- Die Jülicher Reaktorentwicklung genügt in der Gesamtdarstellung sowie in einzelnen Teildisziplinen (Brennelemententwicklung) nicht den Mindestanforderungen wissenschaftlicher Redlichkeit. Zwar hat das FZJ das auch für die fernere Vergangenheit eingeräumt [9], aber die Veröffentlichungen der Jülicher Reak-

torentwickler aus der jüngeren Zeit lassen unserer Meinung nach noch nicht erkennen, dass diese Grundregeln wissenschaftlicher Ehrlichkeit

jetzt ausreichend beherzigt werden, denn weiterhin bleiben hochproblematische Aspekte zum Kugelhaufenreaktor unerwähnt oder werden grob verharmlost [10, 11].

- Der AVR-Betrieb genügt wahrscheinlich nicht den Mindestanforderungen, die damals für den sicheren Betrieb eines AKW gefordert wurden. Das mit dem Betrieb verbundene Risiko war daher ungewöhnlich hoch.

- Zu einigen entscheidenden AVR-Problemen (Wassereinbruch 1978, überhöhte Temperaturen usw.) hat die Expertengruppe, wie im Bericht dargestellt, zusätzliche Dokumente angefordert, aber trotz mehrfacher Aufforderung nicht erhalten. Da es sich hierbei um hochbrisante und sogar (vor mittlerweile eingetretener Verjährung) strafrechtlich relevante Aspekte handelt, ist es wenig wahrscheinlich, dass hierzu bei der AVR und dem FZJ keinerlei zusätzliche Informationen vorliegen. Vielmehr ist zu vermuten, dass die AVR und das FZJ nur die Probleme eingeräumt haben, die nicht mehr abzustreiten waren, aber ansonsten keine echte Aufklärung betrieben

haben. Es darf daher bezweifelt werden, dass der AVR-Expertenbericht alle wesentlichen Probleme enthält.

- Der AVR-Betrieb erfolgte ohne ausreichende Rücksicht auf die Sicherheit; Hauptziel war vielmehr die Demonstration eines Dauerbetriebs unter extremen Bedingungen. Dieser Umstand ist zu einem wesentlichen Teil für die enormen Entsorgungskosten verantwortlich.

- Die FZJ-Leitung hat eklatant versagt, da sie den frühzeitigen Hinweisen auf grobe Unregelmäßigkeiten in der FZJ-Reaktorentwicklung nicht rechtzeitig, spätestens 2007, nachging. Bei

pflichtgemäßem Verhalten der FZJ-Leitung wären dem Schwellenland Südafrika HTR-Entwicklungskosten in dreistelliger Millionenhöhe wohl erspart geblieben.

- Die undurchsichtige Rolle der NRW-Atomaufsicht, die dieses Debakel hätte verhindern können und müssen, bleibt noch aufzuklären.

Auswirkungen des Berichtes

Das FZJ bedauerte bei Erscheinen des Berichtes, dass im Jülicher Reaktorbereich in der Vergangenheit die Regeln guter wissenschaftlicher Praxis nicht immer eingehalten wurden [9]. Als wichtige unmittelbare Auswirkung des Berichtes ist die auf der Aufsichtsratsitzung des FZJ am 14. Mai 2014 auf Druck der FZJ-Gesellschafter angekündigte Beendigung der Entwicklungsarbeiten zu Kugelhaufenreaktoren zu nennen. Diese Entwicklungsarbeiten für zukünftige Reaktoren wurden, getarnt als Sicherheitsforschung, zeitweise entgegen dem Willen der FZJ-Gesellschafter unverändert fortgeführt. Höhepunkt war die umfangreiche, mehr als ein Jahrzehnt andauernde Jülicher Zusammenarbeit zum mittlerweile gescheiterten südafrikanischen Reaktorprojekt PBMR, für das

unter anderem die Kernaussage überwiegend im FZJ erstellt wurde. Auch wurden FZJ-Beiträge zum noch andauernden chinesischen Reaktorprojekt HTR-PM geliefert. Im Gegensatz zu diesen intensiven Entwicklungsarbeiten wurden in Jülich keine ausreichenden Untersuchungen zu den spezifischen Entsorgungsproblemen von Kugelhaufen-HTR ausgeführt, was das aktuelle Entsorgungsdebakel beim AVR und THTR-300 sicher verstärkt hat. Für die wegfalende Kugelhaufen-HTR-Entwicklung soll in Jülich nun LWR-Forschung betrieben werden, die eigentlich notwendige Entsorgungsforschung für Kugelhaufen-HTR unterbleibt allerdings weiter.

Als weniger offensichtliche Folge ist der sich beschleunigende Bedeutungsverlust der Kugelhaufenreakorteknologie in der internationalen AKW-Diskussion zu nennen. In den Jahren 2000 bis 2010 hatte die Kugelhaufenreakorteknologie eine auffällige Renaissance erlebt.

Schlussbemerkung

Insgesamt darf der Expertenbericht zum AVR als Erfolg gewertet werden. Für andere als problematisch bekannte deutsche AKW bietet sich also eine unabhängige Expertenuntersuchung ebenfalls an. Es wäre bei zukünftigen Untersu-

chungen aber sinnvoll, unabhängige staatliche Stellen als Auftraggeber der Untersuchungen zu wählen.

Aktuell ist geplant, die 455 Castoren mit Brennelementen aus AVR und THTR-300 in die USA abzugeben. In Savannah River soll eine Wiederaufarbeitung für diese Brennelemente entwickelt werden. Mit von Deutschland zu übernehmenden Kosten von circa einer Milliarde US-Dollar wird gerechnet. Das entspricht etwa dem vierfachen Wert der aus diesen Kugeln gewonnenen Elektrizität und unterstreicht damit den Tenor des Expertenberichts, dass die Kugelhaufen-HTR-Technologie als gescheitert anzusehen ist. Von der Umweltbewegung werden diese Pläne als rechtlich unzulässig und unverantwortlich abgelehnt, da es einen Freikauf von der Entsorgungsverantwortung zu Lasten der schon mit erheblichen Atommüllproblemen kämpfenden US-Region South Carolina darstellt und eine unnötige Finanzierung von gefährlicher nuklearer Wiederaufarbeitungstechnik bedeutet.

Die Autoren dieses Beitrags arbeiten derzeit an einem Buch zur deutschen Kugelhaufenreakorteknologie und ihren Problemen.

1. Der Versuchsreaktor AVR: Entstehung, Betrieb, Störfälle. Abschlussbericht der AVR-Ex-

pertengruppe. C. Küppers, L. Hahn, V. Heinzl, L. Weil, April 2014.

http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UEberUns/se/bstverstaendnis/verantwortung/av/Aktuelles/bericht-avr-expertengruppe_lang.pdf

2. E. Wahlen et al.: Status of the AVR decommissioning project with special regard to the inspection of the core cavity for residual fuel. Waste Management Symp. 2000, Tuscon, <http://www.wmsym.org/archives/2000/pdf/36/36-5.pdf>

3. J. Benecke et al.: Kritik der Sicherheitseinrichtungen und Sicherheitskonzepte des THTR 300 in Hamm und des Versuchsreaktors Jülich (AVR). Gutachten für die NRW-Landesregierung (1988); http://www.westcastor.de/Benecke/THTR_AVR_komplett.pdf

4. R. Moormann: A safety re-evaluation of the AVR pebble bed reactor operation and its consequences for future HTR concepts. Bericht Jül-4275 (2008)

http://juwel.fz-juelich.de:8080/dspace/bitstream/2128/3136/1/Juel_4275_Moormann.pdf

5. R. Moormann: AVR prototype pebble bed reactor. Kerntechnik (2009) <http://juwel.fz-juelich.de:8080/dspace/bitstream/2128/3585/1/Moormann-Juwel.pdf>

6. H. Kuni: A cluster of childhood leukaemia in the vicinity of the German Research reactor Jülich. In Schmitz-Feuerhake, I., Schmidt, M. (Ed), Radiation exposures by nuclear facilities. Ges. f. Strahlenschutz, Berlin 1998, p. 251-255. ISBN 3-9805260-1-1

<http://www.kuni.org/h/neues/beitrag/6>

7. F. Daniels: Neutronic reactor system, Patent US2809931, angemeldet Oktober 1945, <http://www.freepatentsonline.com/2809931.pdf>

8. D. Deiseroth, A. Falter: Whistleblowing im nuklear-industriellen Komplex: Preisverleihung 2011 – Dr. Rainer Moormann. Berlin, BWV (2012), ISBN 978-3-8305-3021-3

9. Stellungnahme des FZJ zum Expertenbericht. 26. April 2014 <http://www.fz-juelich.de/portal/DE/UEberUns/se/bstverstaendnis/verantwortung/av/Aktuelles/fz-stellungnahme-bericht-avr-expertengruppe.html>

10. K. Verfondern: Consequences from the AVR Meltwire Experiments. (2012) http://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2012/2012-07-10-07-12-TM-NPTD/12_meltwire.pdf

11. H. Nabilek: Cs release from AVR: the "Moormann problem" (2013) http://www.iaea.org/NuclearPower/Downloadable/Meetings/2013/2013-06-10-06-12-TM-NPTD/24_cs_release.pdf

12. L. Hahn: Grundsätzliche Sicherheitsprobleme beim Hochtemperaturreaktor und besondere Defizite beim THTR-300. Juni 1986 <http://www.reaktorpleite.de/htr-sicherheit-1986-l-hahn.html>

13. K. Bradsher: A radical kind of reactor. NY Times, 25.03.2011 <http://www.nytimes.com/2011/03/25/business/energy-environment/25chinanuke.html>

Die Leukämiefälle bei Jülich:

Jetzt kennen wir die Ursache

Ein Nachtrag zum vorstehenden Bericht von Rainer Moormann und Jürgen Streich

Von Inge Schmitz-Feuerhake*

Im Jahr 1993 berichtete der Marburger Nuklearmediziner Prof. Dr. Horst Kuni über eine auffällige Häufung von Leukämiefällen bei Kindern

und Jugendlichen in der Nähe der ehemaligen Kernforschungsanlage Jülich. Seinem Verdacht, dass die Erkrankungen mit dem Betrieb des Versuchsreaktors AVR zusammenhängen, wurde mit dem üblichen Hinweis der Behörden begegnet, dass die Überwachung der

Kernreaktoren und ihrer radioaktiven Emissionen in Deutschland funktioniere und die Dosis in der Umgebung keinen messbaren Effekt erzeugen könne.

Aus der Gemeinde Niederzier mit nur 6.800 Einwohnern hatte sich eine Bürgerin an den Nuklearmediziner Horst Kuni gewandt, nachdem dort von 1990 bis 1992 drei Erkrankungsfälle an akuter Leukämie (AL) bei Kindern und einer bei einem 15-Jährigen aufgetreten waren. Niederzier liegt etwa 5 Kilometer südöstlich von der Kernforschungsanlage entfernt. Im Nachbarort

Titz mit einer Entfernung 5 bis 10 Kilometern vom Versuchsreaktor wurden von 1984 bis 1992 vier kindliche Leukämiefälle diagnostiziert (ebenefalls AL).

Seit 1980 gibt es für die Bundesrepublik Deutschland ein Kinderkrebsregister an der Universität Mainz. Im Vergleich zum westdeutschen Mittelwert leitet sich danach ab, dass in Titz 0,05 akute Leukämiefälle pro Jahr bei Kindern zu erwarten waren [Haaf 1993]. Damit zeigte sich dort von 1984 bis 1992 eine fast 9-fache Erhöhung. In Niederzier

* Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, Gesellschaft für Strahlenschutz e.V. ingesf@uni-bremen.de

betrug der entsprechende Erwartungswert 0,06 Fälle pro Jahr und ergab eine signifikante Erhöhung für den Zeitraum 1990 bis 1992 um den Faktor 17.

Kuni untersuchte, ob andere bekannte oder denkbare Risikofaktoren als Ursache für die Leukämieerkrankungen in Frage kämen wie Röntgenstrahlen, Leben unter Hochspannungsleitungen, Pflanzenschutzmittel und Kohlebergbau, konnte diese aber ausschließen. Als einzige Gemeinsamkeit war die Nähe zur Kernforschungsanlage zu verzeichnen.

Die Erhöhungen fallen in den Betriebszeitraum des AVR bzw. ergaben sich noch kurz danach (Ende des Betriebes Dezember 1988). Strahleninduzierte akute Leukämieerkrankungen haben relativ kur-

ze Latenzzeiten. Ab 1978 traten nennenswerte Leckagen auf, der Leukämieeffekt zeigte sich erst ab 1984, 6 Jahre später: Das ist aber kein Widerspruch, da unbekannt ist, wie sich die Leckagen in der Umgebung zeitlich ausbreiteten.

Kuni machte darauf aufmerksam, dass offensichtlich insbesondere der „Normalbetrieb“ von Forschungsreaktoren eine Gesundheitsgefährdung für die umliegende Bevölkerung darstellt, da noch bei 3 anderen Atomforschungsinstituten mit Reaktoren Leukämiehäufungen registriert wurden: bei Garching (TU München) und den früheren Zentren GSF in Neuherberg bei München, Rossendorf in der Nähe von Dresden und GKSS in Geesthacht. Bei letzterer erfolgten die umfangreichsten Untersuchungen der

Umgebungscontamination. Nicht-regierungshörige Personen identifizierten einen vertuschten Unfall im September 1986 [Bürgerinitiative 2006].

Offiziell gibt es das alles nicht. Keine Bundes- oder Landesregierung hat je eingeräumt, dass ein deutscher Bürger durch radioaktive Emissionen aus einer kerntechnischen Anlage umgekommen ist. Umso berechtigter ist daher für die kommenden Zeiten des verstärkten Rückbaus solcher Anlagen die Forderung nach unabhängigen Kontrollen durch die Betroffenen selbst. Sogar der atomfreundliche Fachverband für Strahlenschutz e.V. plädiert neuerdings für Messstationen in Bürgerhand beim undicht gewordenen Endlager Asse, um Vertrauen wiederzugewinnen.

Kuni, H.: A cluster of childhood leukaemia in the vicinity of the German Research reactor Jülich. In Schmitz-Feuerhake, I., Schmidt, M. (Ed), Radiation exposures by nuclear facilities. Ges. f. Strahlenschutz, Berlin 1998, p. 251-255. ISBN 3-9805260-1-1

<http://www.kuni.org/h/neues/beitrag/6/>;

<http://www.staff.uni-marburg.de/~kunih/all-doc/juele.pdf>

Haaf, H.G., Michaelis, J., Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation, Universität Mainz: Schreiben an das Gesundheitsamt Düren, 6.08.1993

Bürgerinitiative gegen Leukämie in der Elbmarsch e.V. et al.: Die Elbmarschleukämien-Stationen einer Aufklärung. Strahlentelex Nr. 480-481 v. 4.1.2007, 1-8

www.strahlentelex.de/Stx_07_48_0_S01-08.pdf ●

Windscale/Sellafield-Folgen

Rückgang der Geburten von Mädchen und Jungen

Von Hagen Scherb, Ralf Kusmierz und Kristina Voigt*

Hintergrund

Am 10. Oktober 1957 kam es in einem Kernreaktor in Windscale (heute Sellafield, Großbritannien) zu einem Brand. Der Brand setzte radioaktives Material frei, das sich vorwiegend über Großbritannien und Nordeuropa verteilte. Neuere Messungen von archivierten Filtermaterialien und verbesserte meteorologische Analysen haben gezeigt, dass sich die radioaktiven Wolken aufgrund der damals vorherrschenden West/Südwest-Strömungen weiter nach Nord- und Osteuropa ausgebreitet

hatten als ursprünglich angenommen [1].

Bereits vor etwa 100 Jahren wurde eine strahleninduzierbare Veränderung der Erbanlagen (Mutagenität, strahleninduzierte genetische Effekte) im Tierversuch von H. J. Muller festgestellt und für den Menschen postuliert. Mullers Versuche zeigten hohe Raten dominanter genetischer Veränderungen im Tierversuch, die sich unter anderem in einer Veränderung des Geschlechtsverhältnisses manifestierten [2]. Muller erhielt für seine Entdeckungen den Nobelpreis.

In unseren Arbeiten zu dem Zusammenhang von ionisierender Strahlung mit genetischen Effekten (Krebs, Totgeburten, Fehlbildungen, Geschlechtsverhältnis) haben wir unter anderem die langfristige Zunahme des Geburtenge-

schlechtsverhältnisses beim Menschen nach der Reaktor-katastrophe von Tschernobyl dokumentiert [3-6]. Ausgehend von unseren Tschernobyl-Ergebnissen hat der Kinderarzt Prof. Victor Grech aus Malta in der Zeitschrift „The International Journal of Risk & Safety in Medicine“ kürzlich untersucht, ob der Atomunfall von Windscale/Sellafield ebenfalls eine Erhöhung des Geschlechtsverhältnisses in Europa zur Folge hatte [7]. In Analogie zu unseren Resultaten nach Tschernobyl [5] beschreibt Grech signifikante Anstiege des Geschlechtsverhältnisses in Norwegen und Schweden nach dem Brand von Windscale. Zur Diskussion der Arbeit von Grech siehe die Leserbriefe (im Druck) von Körblein bzw. Scherb/Kusmierz/Voigt in Volume 26, Number 3/2014, der Zeitschrift „The International Journal of Risk & Safety in Medicine“.

Erweiterte Analyse

In diesem Beitrag schlagen wir eine erweiterte Methodik mit hoher statistischer Nachweiskraft vor. Der gewählte

Ansatz der synoptischen Trendanalyse des Geschlechtsverhältnisses [4] entspricht der Vorgehensweise in unseren Tschernobyluntersuchungen [5]. Nach dem Reaktorunfall von Windscale im Vereinigten Königreich sind die radioaktiven Wolken überwiegend in nördliche und östliche Richtung gezogen. Deshalb untersuchen wir folgende Fragestellung: Gab es in Windrichtung in exponierten Ländern Nord- bzw. Osteuropas im Vergleich mit den entgegen den atmosphärischen Strömungen liegenden USA und Frankreich einen Anstieg des Geschlechtsverhältnisses nach dem Unfall von Windscale? Gleichzeitig können mit den Geburtenzahlen in der Größenordnung von 2 Millionen pro Jahr in den exponierten Ländern auch die Trends der absoluten Mädchen- und Jungengeburten auf Veränderungen nach Windscale geprüft werden.

Die erforderlichen historischen jährlichen geschlechtsspezifischen Geburtendaten für die exponierten Länder Vereinigtes Königreich, Dä-

* Dr. Hagen Scherb, Dipl.-Ing. Ralf Kusmierz, Dr. Kristina Voigt Helmholtz Zentrum München Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH) Ingolstädter Landstraße 1 D-85764 Neuherberg scherb@helmholtz-muenchen.de