

Kernkraftwerk THTR-300 Wikipedia Stnd 31. Juli 2013

Dieser Originalbeitrag aus Wikipedia wurde an entscheidenden Stellen von Herrn Dr. ing. Günther Dietrich, langjähriger Geschäftsführer der HKG, sowie Jochen Michels mit Hilfe anderer Experten ergänzt und korrigiert. Er wird hier gezeigt, weil Korrekturversuche in Wikipedia von Kernkraftgegnern regelmässig schnell gelöscht werden. Da uns laufend weitere Erkenntnisse zufließen, kann mit weiteren Richtigstellungen gerechnet werden.

Das Kernkraftwerk THTR-300 (Thorium-Hoch-Temperatur-Reaktor) war ein heliumgekühlter Hochtemperaturreaktor mit einer elektrischen Leistung von 300 Megawatt. Trotz seiner Bezeichnung als Thorium-Reaktor handelte es sich im Wesentlichen um einen auf normaler Uranspaltung basierenden Reaktor: Zwar bestand sein Kernbrennstoff zu 90 Prozent aus Thorium, aber dieses war zu weniger als 30 Prozent an seiner Energieerzeugung beteiligt.

Inhaltsverzeichnis

- 1 Lage und Nutzung
- 2 Kernphysikalische Grundlagen des THTR
 - 2.1 Energiegewinnung
 - 2.2 Brutprozess
- 3 Brennelemente und Reaktorkern
- 4 Funktionsprinzip des THTR
- 5 Bau und Betrieb
- 6 Probleme und Störfälle
- 7 Stilllegung und sicherer Einschluss
- 8 Mikrokügelchen in der THTR-Umgebung
- 9 Auswirkungen der Stilllegung auf die HTR-Entwicklung
- 10 Trockenkühlturm
- 11 Daten des Reaktorblocks
- 12 Siehe auch
- 13 Einzelnachweise
- 14 Literatur
- 15 Weblinks

Lage und Nutzung

Er lag im Stadtbezirk Hamm-Uentrop (Stadtteil Schmehausen) der Stadt Hamm in Nordrhein-Westfalen auf dem Gelände des Kraftwerks Westfalen. Nachdem am Versuchsreaktor AVR (Jülich) das Funktionsprinzip des Hochtemperaturreaktors in Kugelhaufen-Bauweise erprobt worden war, wurde der THTR-300 als Prototyp für die kommerzielle Nutzung von Hochtemperaturreaktoren (HTR) gebaut. Er wurde 1983 testweise in Betrieb genommen, 1987 an den Betreiber übergeben und im September 1989 aus wirtschaftlichen Überlegungen nach nur 423 Tagen Vollastbetrieb endgültig stillgelegt. **(Technische und sicherheitstechnische Gründe spielten dabei keine Rolle)** und Im gleichen Jahr wurde sein geistiger Vater Rudolf Schulten emeritiert.

Kernphysikalische Grundlagen des THTR

Energiegewinnung

Die Energiegewinnung erfolgt wie in anderen Kernreaktoren durch Kernspaltung, die durch thermische Neutronen herbeigeführt und als Kettenreaktion kontrolliert aufrechterhalten wird. Als Moderator dient Graphit, der hier Bestandteil der Brennelemente (siehe unten) ist. Die Steuerung der Kettenreaktion erfolgt wie bei anderen Reaktortypen durch Steuerstäbe aus neutronenabsorbierendem Material.

Die Besonderheit des Thorium-Hochtemperaturreaktors ist, dass er als Brennstoff nicht nur ^{235}U , sondern außerdem ^{233}U nutzt. Das ^{233}U wird aus ^{232}Th im laufenden Reaktorbetrieb in den Brennelementen erbrütet und teilweise sofort mitverbrannt; da graphitmoderierte Reaktoren aus neutronenphysikalischen Gründen im Prinzip höhere Abbrände gestatten als konventionelle Leichtwasserreaktoren (aber geringere als schwerwassermoderierte Reaktoren wie CANDU), erhoffte man sich eine insgesamt bessere Ausnutzung von Brennstoff und Brutstoff als in Leichtwasserreaktoren. Da aber die existierenden HTR-Brennelemente aus materialtechnischen Gründen nur begrenzte Abbrände zulassen, kam dieser theoretische Vorteil in der Realität bisher fast nicht zum Tragen. (Diese Aussage ist unzutreffend, wie im weiteren Text zu entnehmen ist.) Für einen geschlossenen Brennstoffkreislauf und eine weitgehende Brenn- und Brutstoffnutzung wäre zudem, wie bei anderen Reaktoren, eine Wiederaufarbeitung erforderlich.[1] Der dem PUREX-Wiederaufarbeitungsprozess für Plutonium analoge THOREX-Prozess für thoriumhaltige Brennelemente wurde zwar entwickelt, aber wegen der bei graphitmoderierten Reaktoren sehr hohen Kosten einer Wiederaufarbeitung nie technisch umgesetzt. (Hierbei handelt es sich um ein typisches Anlaufproblem – Henne oder Ei – weil die Anzahl der HT-Reaktoren zu gering war, um auf wettbewerbsfähige spezifische Kosten zu kommen)

Zum Schreckbegriff „waffenfähig“ muss man folgendes wissen: viele Dinge sind in kleiner Menge nutzlos und lästig, in grösseren Mengen nützlich und hilfreich, in noch grösseren Menge manchmal gefährlich. Es „kommt auf die Dosis an“ sagt auch eine alte medizinische Regel.

Ebenso ist es hier: von waffenfähig (oder auch hochangereichert, HEU) spricht man, wenn „in einer Probe“ ca. 93 Prozent ^{235}U enthalten sind. Es liegt auf der Hand, dass man mit einer Probe von einem Gramm nur ganz wenig dieser „gefährlichen Substanz“ hat. Waffen, die damit bestückt würden, wären völlig ungefährlich, vielleicht sogar zu Heilzwecken im Krankenhaus einsetzbar.

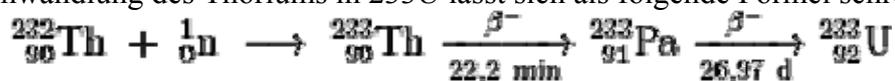
Um zur Waffe zu werden, muss man viele Kilo davon in einer einzigen Probe haben, wohl mindestens 50 Kilo. Das heisst, man müsste 50.000 Kugel-Brennelemente (BE) à 200 Gramm zermahlen (eine Menge von 50.000 mal 200 = 10.000.000 g = 10 To) und dann mit speziellen chemischen Verfahren den Brennstoff (Uran und Thorium) aus den Beschichtungen herauslösen und danach das Uran aus dem Uran-Thorium Mischoxid wie bei einer Wiederaufarbeitung separieren. Da über jede einzelne Kugel genau Buch geführt wird, dürfte es unrealistisch sein, hierin eine Gefahr zu erblicken. Die „Waffenfähigkeit“ ist also ein unscharfer Begriff, sie besagt nichts für die Praxis.

Das THTR-Reaktorkonzept gestattete also die teilweise Ausnutzung des auf der Erde im Vergleich zum Uran wesentlich reichlicher vorhandenen Thoriums zur Energiegewinnung. Thoriumhaltige Brennstoffe sind jedoch nicht auf Kugelhaufenreaktoren beschränkt, sondern

können in allen anderen Reaktoren ebenfalls eingesetzt werden.[1] Ein wesentlicher Nachteil der Thoriumverwendung liegt darin, dass frische Brennelemente leicht abtrennbares waffenfähiges Material enthalten müssen, im Falle des THTR-300 auf 93 Prozent angereichertes ^{235}U . Wegen dieses waffenfähigen Urans sind die THTR-Brennelemente (nicht die BE, sondern nur das Uran!) rechtlich Eigentum der EU (Euratom), sie es wurden dem THTR-Betreiber zum Verbrauch unter Euratom-Kontrolle überlassen. Das steigende Bewusstsein für Proliferationsgefahren erzwang für die später entwickelten Kugelhaufenreaktorkonzepte die Abkehr vom Thorium und die Verwendung von niedrig angereichertem Uranbrennstoff vorzusehen. Insbesondere beendete US-Präsident Carter schon 1977 die Lieferung von hochangereichertem Uran für Hochtemperaturreaktoren. Bis zu diesem Zeitpunkt waren aber schon ca. 1300 kg hochangereichertes Uran für HTR nach Deutschland geliefert worden.

Brutprozess

Die Umwandlung des Thoriums in ^{233}U lässt sich als folgende Formel schreiben:



In Worten: ein ^{232}Th -Atomkern fängt ein thermisches Neutron ein und wird dadurch zu ^{233}Th . Dieses zerfällt mit einer Halbwertszeit von 22,2 Minuten durch Betazerfall in ^{233}Pa ; dieser Kern geht mit knapp 27 Tagen Halbwertszeit durch einen weiteren Betazerfall in ^{233}U über. Das Neutron in der obigen Formel entstammt dem normalen Spaltungsprozess des im Brennstoff enthaltenen ^{235}U , oder zu einem geringeren Anteil der Spaltung des erbrüteten ^{233}U . Das entspricht dem Erbrüten und der Verbrennung des Plutoniums bei Verwendung von ^{238}U als Brutmaterial im Standardbrennstoff von Leichtwasserreaktoren.

Der THTR erbrütete zwar ^{232}U (falsch, es handelt sich um ^{233}U), war aber – wie die LWR – kein Brutreaktor, da er weniger Spaltstoff erbrütete als er verbrauchte. Die ursprüngliche Absicht, Kugelhaufenreaktoren und speziell den THTR-300 (Falsch: der THTR 300 war nie dabei) als thermische Thoriumbrüter zu entwickeln,[2][3] scheiterte an den zu hohen Neutronenverlusten im HTR, bedingt u.a. durch seine niedrige Leistungsdichte. Nur maximal etwa vier Prozent des THTR-Thoriuminventars konnte (Was nachteilig aussieht, hat einen ganz einfachen Grund: die kurze Betriebszeit erlaubte nicht genügend Recycle-Gänge, so dass nur ein Abbrand von 6 % - statt geplanter 11,4 % - erreicht werden konnte. Vergleich: wenn man einen Wohnzimmerkamin kurz nach dem Anzünden löscht, bleiben die meisten Holzscheite unverbrannt) zur Energieerzeugung genutzt werden, was zu einem Beitrag an der Leistung des Reaktors von knapp 30 Prozent führte. Der überwiegende Teil des Thoriums der Brennelemente war zur Endlagerung vorgesehen. Der THTR arbeitete mit einem Brutverhältnis von nur $< 0,5$, was seine Charakterisierung als Nahebrüter oder Hochkonverter kaum rechtfertigt. Derzeit wird Thorium international wieder stärker als Brutstoff diskutiert. Allerdings sind Kugelhaufenreaktoren dabei kaum noch involviert, da eine effiziente Thoriumnutzung sowohl einen Brutreaktor als auch eine Wiederaufarbeitung erfordert; beides ist bei Kugelhaufenreaktoren praktisch nicht zu gewährleisten. Aktuell wird daher insbesondere der Flüssigsalzreaktor zur Thoriumnutzung genannt, der ein deutlich höheres Brutverhältnis als der HTR gestattet.

Brennelemente und Reaktorkern

Im THTR-300 waren die Brennelemente, in denen sich das Spalt- und Brutmaterial befindet, Kugeln mit sechs Zentimetern Durchmesser und einer Masse von rund 200 g. Diese haben eine äußere brennstofffreie Schale aus Graphit mit einer Dicke von 5 mm. Im Inneren ist der o. g. Brennstoff in Form von beschichteten Teilchen (coated particles, siehe Pac-Kügelchen)(es sind keine (!) Pac-Kügelchen, der Verweis führt in die Irre) in eine Graphitmatrix eingebettet. Als coated particles wurden im THTR-300 noch zweifach (nein: dreifach)

beschichtete Partikel ohne Siliciumcarbid eingesetzt (BISO-coated particles). Diese galten zwar im Vergleich mit den dreifach beschichteten TRISO-Partikeln mit Siliciumcarbid schon ab ca. 1980 als veraltet; aus genehmigungstechnischen Gründen war aber ein Einsatz von TRISO-Partikeln im THTR-300 nicht mehr zu erreichen. Jedes Brennelement enthielt ca. 1 g ^{235}U und ca. 10 g ^{232}Th (genau : 0,96 und 10,2 Gramm) in Form von Mischoxiden aus beiden Schwermetallen. Die Wahl eines Mischoxidbrennelementes erwies sich als Auslegungsfehler (hierzu fehlt eine Quellenangabe), da bei seiner Wiederaufarbeitung im Unterschied zu den ursprünglichen Erwartungen kein brauchbarer Brennstoff zurück gewonnen werden kann: Aus ^{235}U entsteht nämlich in einer Nebenreaktion zur Spaltung ^{236}U , welches sich im Mischoxid nicht mehr vom erbrüteten Brennstoff ^{233}U trennen lässt. Wegen des vergleichsweise hohen Einfangquerschnitts von ^{236}U für thermische Neutronen hätte das aus einer Wiederaufarbeitung von THTR-300 Brennelementen gewonnene Uran damit nicht zur Rückführung in den THTR-300 getaugt.[4] Versuche, an Stelle eines Mischoxids getrennte Uran- und Thoriumpartikel zu verwenden, um reines ^{233}U bei der Wiederaufarbeitung erhalten zu können, kamen nicht über das Experimentierstadium hinaus (feed/breed Konzept) und die fertiggestellte HTR-Wiederaufarbeitungsanlage JUPITER in Jülich konnte wurde daher nie in Betrieb genommen werden. Vor dem Einsatz im THTR-300 wurden ca. 30.000 Brennelemente des THTR-Typs vom Forschungszentrum Jülich im AVR-Reaktor getestet.

Die brennstofffreie Schale ist zusammen mit der Graphitmatrix für die mechanische Festigkeit des Brennelements verantwortlich. Graphit sublimiert erst bei ca. 3.500 °C, d. h. bis nahe dieser hohen Temperatur wird ein Schmelzen der Brennelemente vermieden. Jedoch wird schon oberhalb von 1600 °C in erheblichem Umfang Radioaktivität aus den Brennelementen freigesetzt.[5] Dennoch stellt der Erhalt der mechanischen Stabilität gemeinsam mit der vergleichsweise geringen Leistungsdichte einen begrenzten sicherheitsrelevanten Vorteil gegenüber den in Leichtwasserreaktoren üblicherweise verwendeten Brennstäben dar, die anfälliger für Überhitzungen sind. Allerdings waren die Kugelbrennelemente des THTR-300 brennbar (Entzündungstemperatur ca. 650 °C) und ein Unfall mit Luftzutritt in den Reaktor hätte einen Graphitbrand mit hoher Radioaktivitätsfreisetzung zur Folge gehabt.[6][7] Leckagen des Dampferzeugers mit Wasser/Dampfzutritt in den Kern hätten zu chemischen Reaktionen mit Graphit unter Bildung brennbarer Gase (Wasserstoff und Kohlenmonoxid) geführt. Daher hatte der THTR eine aufwändige Kühlgasreinigungsanlage.[1a]

Der Reaktor THTR-300 enthielt keinerlei Halterungen oder Führungen für die Brennelemente, sondern diese bildeten unter ihrem eigenen Gewicht eine Kugelschüttung (Kugelhaufenreaktor). Dadurch hatte dieser Reaktor den Vorteil, dass sich im Kern nur Materialien befanden, die auch einer Temperatur weit oberhalb der Betriebstemperatur standhalten. Allerdings ergaben sich sehr ungleichmäßige mechanische Belastungen der Kugeln durch das Hineindrücken von Absorberstäben beim Herunterfahren des Reaktors, die zu Kugelbrüchen und ungleichmäßigem Abbrand führten. (die Wirklichkeit war anders: sondern die Belastung ergab sich nur, wenn beim längerfristigen Abfahren die an sich betriebsseitig vorgesehene NH_3 Schmierung (Ammoniak) unterlassen wurde)

Leistungsänderungen wurden mit den im Reflektor eingebauten Regelstäben vorgenommen. Der „Kugelbruch“ resultierte aus den von den Behörden geforderten Versuchen während der Inbetriebnahme des THTR 300 und war gegen Ende der Betriebszeit der Anlage auf 0,6 Prozent zurückgegangen.[7a]

Nach der Entnahme aus dem Kern wurde der Abbrand, d.h. der Verbrauch an Kernbrennstoff, eines Brennelementes bestimmt. Da die Abbrandmessung im AVR Jülich nicht befriedigend funktioniert hatte, wurde im THTR-300 ein kleiner Hilfsreaktor mit 3,9 kg hochangereichertem Uran (U/Al-Legierung) verwendet, dessen Leistung sich nach Einschleusen einer Brennelementkugel entsprechend dem Spaltstoffgehalt der Kugel vergrößerte. Je nach Abbrand sollten die Kugeln entweder entnommen, oder an den Kernrand oder in den Bereich der Kernachse zurückgeführt werden.

Die Zahl der Betriebselemente (Brennelemente, Graphit- und Absorberkugeln) im THTR-300-Kern betrug 675.000 Stück. Rechnerisch wurde im Normalbetrieb eine maximale Kerntemperatur (coated particles) von ca. 1050 °C erreicht.[8] Im Zentrum lagen die Temperaturen aber vermutlich höher, wie Messungen in Heißgasstrahlen auswiesen.

Funktionsprinzip des THTR

Im THTR-300 wird durch den Reaktorkern im sogenannten Primärkreislauf Helium unter einem Druck von ca. 40 bar geleitet. Helium als Edelgas hat gegenüber dem konventionellen Wärmeträger Wasser den Vorteil, dass es auch bei erhöhten Temperaturen nicht mit anderen Materialien chemisch reagiert, also selbst keine Korrosion hervorruft. In Helium können Metalle jedoch keine schützenden Oxidschichten aufbauen, was dazu führt, dass aus dem Graphit freigesetzte Verunreinigungen deutliche Korrosionseffekte an Metallen zur Folge haben (können).[9] Helium besteht überwiegend aus 4He , das nicht in radioaktive Stoffe umgewandelt werden kann. Natürliches Helium enthält jedoch geringe Mengen an 3He , welches sehr leicht in radioaktives Tritium überführt wird und damit eine wesentliche Tritiumquelle im THTR-300 darstellte. Die Viskosität von Gasen wie Helium nimmt mit steigender Temperatur zu, was die nachteilige Folge haben kann, dass heiße Bereiche schlechter gekühlt werden. Das Helium nimmt während des Durchströmens des Reaktors die Wärmeenergie des Kernspaltungsprozesses auf und wird durch Kühlgasgebläse in Heißgaskanälen zu den Wärmetauschern (Dampferzeugern) gepumpt. In diesen gibt es die Wärmeenergie an den sekundären Wasserkreislauf ab. Der Primärkreislauf und der Sekundärkreislauf sind also – wie bei einem Druckwasserreaktor – durch metallische Rohrwandungen voneinander getrennt, so dass keine Verbindung zwischen dem radioaktiven Primärkreislauf und dem fast nichtradioaktiven Sekundärkreislauf besteht. Das so auf 250 °C abgekühlte Helium wird daraufhin oberhalb der Dampferzeuger von den Kühlgasgebläsen angesaugt und erneut dem Reaktorkern zugeführt.

Der in den Dampferzeugern produzierte Dampf strömt durch die Frischdampfleitungen zum Hochdruckteil der Dampfturbine, wird anschließend in den Dampferzeugern erneut erhitzt, durchströmt dann den Mittel- und Niederdruckteil der Dampfturbine, wird schließlich im Kondensator durch den eigentlichen Kühlkreislauf (Tertiärkreislauf) abgekühlt und als Kondensat, also Wasser, niedergeschlagen. Dieses Kondensat wird von den Hauptkühlmittelpumpen (Wasserpumpen) durch die Vorwärmer zum Entgaser mit Speisewasserbehälter gefördert und wieder den Dampferzeugern zugeführt.

Der Tertiärkreislauf hat keinen direkten Kontakt zum Sekundärkreislauf. Die Kühlwasserpumpen fördern das Kühlwasser zum Trockenkühlturm, wo es in geschlossenen Kühlelementen durch die vorbeistreichende Luft abgekühlt wird. Das so abgekühlte Wasser strömt danach zurück zum Oberflächenkondensator.

Bau und Betrieb

Kraftwerk Westfalen mit THTR unten rechts

Vorplanungen gab es ab 1962. Die Erstellung baureifer Unterlagen zum Kernkraftwerk THTR-300 erfolgte 1966–68 durch ein Konsortium aus BBC/Krupp, Euratom und Forschungszentrum Jülich, damals KFA Jülich. Die Planungsarbeiten erfolgten also schon parallel zur Inbetriebnahme des kleineren Kugelhaufenreaktors AVR in Jülich, was negativ zur Folge hatte, dass Betriebserfahrungen des AVR kaum in das THTR-Konzept einfließen konnten. Diese Eile bei Planung/Baubeginn des THTR-300 war bedingt durch die Ende der 1960er-Jahre erfolgte Markteinführung von Leichtwasserreaktoren, mit denen man gleichziehen wollte. Bauherr des THTR-300 war die 1968 (1970) gegründete HKG Hochtemperatur-

Kernkraftwerk GmbH Hamm-Uentrop, deren Muttergesellschaften 6 mittelgroße und kleinere regionale Elektrizitätsversorger waren.[10] Der THTR-300 war als kommerzielles Kernkraftwerk (Falsch: es war ein Prototyp-Kraftwerk) zur Erzeugung elektrischer Energie[1a] ausgelegt und (in der Leistungsgröße) vergleichbar mit dem Reaktor im Kernkraftwerk Fort St. Vrain (kein Kugelhaufenreaktor, sondern ein sogenannter Block-Type-HTR) in den USA. Da ein Druckbehälter der erforderlichen Größe aus Stahl nicht gebaut werden konnte, wurde er als integrierter heliumdichter Spannbetonbehälter ausgeführt, und für einen Betriebs-Innendruck von etwa 40 bar ausgelegt. Die thermische Leistung des Reaktors betrug 750 Megawatt. Mit dem Bau der schlüsselfertigen Anlage wurde ein Konsortium aus den Firmen BBC, Brown, Boveri/Krupp Reaktorbau GmbH und Nukem beauftragt.[11] Fünf Tage vor dem vorgesehenen ersten Spatenstich im Juni 1971 verließ Krupp das Baukonsortium und stellte seine Aktivitäten für Kugelhaufenreaktoren ein, da es in der Firmenleitung u.a. aufgrund von mittlerweile vorliegenden Betriebsergebnissen des AVR (Jülich) ernste Zweifel am Kugelhaufenreaktor-Konzept gab. Das führte zu ersten Verzögerungen von 6 Monaten. BBC erwog nach dem Krupp-Ausstieg auch den Umstieg vom Kugelhaufenkonzept zum anspruchloseren prismatischen Brennelement der US-HTR, was aber auf Widerstand aus Jülich stieß. Nicht verhindern konnte Jülich, dass 1973 umfangreiche Planungen und sogar ein Genehmigungsverfahren für einen größeren HTR mit prismatischen Brennelementen, der neben dem THTR errichtet werden sollte, begannen,[12] die aber wegen der technischen Schwierigkeiten von HTR nach wenigen Jahren zugunsten von Planungen für Druckwasserreaktoren aufgegeben wurden. Aus den projektierten und vertraglich festgeschriebenen fünf Jahren Bauzeit für den THTR wurden aufgrund langwieriger Genehmigungsverfahren technischer Probleme und strengerer Auflagen schließlich 15 Jahre[1a], die Baukosten stiegen von 1968 geschätzten 300–350 Mio DM[3] und zu Baubeginn angegebenen 690 Millionen auf schließlich mehr als vier Milliarden Mark.[13] Von den Baukosten haben die Bundesregierung 63 Prozent und das Land NRW elf Prozent getragen.[14] Ebenfalls aus Steuermitteln stammte der Finanzierungsbeitrag durch die Investitionszulage, der knapp zehn Prozent der Baukosten abdeckte. Eingeweiht wurde das Kraftwerk vom damaligen Bundesforschungsminister Heinz Riesenhuber und am 13. September 1983 zum ersten Mal mit einer sich selbst erhaltenden Kettenreaktion in Betrieb genommen. Bereits während der Inbetriebnahmephase zeichnete sich ein Schwinden der politischen Unterstützung ab[1a], traten so viele Probleme auf, dass die Stadtwerke Bremen ihren Fünf-Prozent-Anteil (es waren knapp drei Prozent) am THTR-300 im Jahre 1984 zum symbolischen Preis von einer DM an den HKG-Hauptgesellschafter Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen (VEW) abgaben, um dem Haftungsrisiko zu entgehen.[15] Es gab später weitere Versuche von Minderheitsgesellschaftern, ihre Anteile an VEW zu übertragen; diese wurden von VEW jedoch zurückgewiesen.[15]

Die Teilgenehmigung der atomrechtlichen Genehmigungsbehörde zum Leistungsversuchsbetrieb regulären Betrieb wurde erst am 9. April 1985 erteilt. Der THTR erhielt keine Dauerbetriebsgenehmigung, sondern eine auf 1100 Volllasttage bzw. bis längstens 1992 befristete Betriebsgenehmigung, die nach erfolgreichem Testbetrieb (und dem Nachweis der Entsorgung der abgebrannten Brennelemente und des radioaktiven Betriebsabfalles) in eine Dauerbetriebsgenehmigung hätte umgewandelt werden können. [1a], Am 16. November 1985 wurde der erste Strom ins Netz eingespeist. Wegen der erheblichen Störungen schon in der Inbetriebnahmephase verweigerte die HKG bis zum 1. Juni 1987 die Übernahme der Anlage. Von 1985 bis zur Stilllegung 1989 verzeichnete der THTR-300 nur 16.410 Betriebsstunden mit einer abgegebenen elektrischen Energie von 2.891.000 MWh. Das entspricht 423 Volllasttagen. Die für einen ökonomischen Betrieb erforderliche Arbeitsverfügbarkeit von mindestens 70 Prozent wurde in keinem Betriebsjahr erreicht (1988: 41 Prozent[16]). Für die im THTR erzeugte Elektrizität gab es eine Abnahmegarantie zu einem an der Steinkohleverstromung orientierten Preis, der damals um etwa 40 % über dem Abnahmepreis für LWR lag. (Es

handelte sich nicht um eine Garantie, sondern um eine Abnahmepflicht der HKG-Gesellschfter zum Mindestpreis von 10,5 Pfg/ kWh. Der Preis orientierte sich nicht am Steinkohlenstrom sondern an den Gestehungskosten für LWR-Strom der damals weit niedriger war.)

1982 plante eine Firmengruppe aus Brown, Boveri & Cie. und Hochtemperatur Reaktorbau GmbH (HRB) mit dem HTR-500 einen Nachfolger des THTR-300 mit einer thermischen Leistung von 1.250 Megawatt und einer elektrischen Leistung von 500 Megawatt. Es kam zwar zu einem Genehmigungsverfahren, aber die Elektrizitätswirtschaft lehnte einen Bauauftrag wegen der im Vergleich zu Leichtwasserreaktoren wesentlich höheren Anlagekosten ab.[15] Neben dem THTR-300 sollte das Kernkraftwerk Hamm gebaut werden. Der Plan wurde jedoch verworfen. In unmittelbarer Nachbarschaft des Wand an Wand mit dem THTR-300 liegt das Kraftwerk Westfalen mit drei kohlegefeuerten Blöcken. zur Kohleverstromung.

Probleme und Störfälle

Die Darstellungen zum 4.5.1986 werden von der Bürgerinitiative Umweltschutz Hamm gespeist, die wider besseres Wissen bei ihren Darstellungen bleibt, obwohl sie auch Kenntnis vom Bericht der Aufsichtsbehörde des Landes NRW vom August 1986 hat. Dieser Bericht sagt eindeutig aus, dass am 3.5.1986 von Tschernobyl 50.000 Bq/m² in Hamm gemessen wurden und die Ableitungen (keine Freisetzungen) vom THTR weniger als 1 Bq/m² betragen und die zulässige Ableitung pro Tag mit ca. 60 % nicht ausgeschöpft wurde.

Das Verhalten der damals Verantwortlichen in Sachen Öffentlichkeitsarbeit war kein "Meisterstück" und dies ist sicher auch ein Grund für die Hartnäckigkeit mit der sich solche Falschmeldungen in den Medien halten und penetrant die international vereinbarten Begrifflichkeiten zu Meldepflichtigen Ereignissen falsch angewendet werden. (Beispiel: es wird immer wieder - bis in höchste Politikerkreise - von Störfällen gesprochen, auch wenn es sich nur um niedrige Ereignisse handelt. Maßgebend ist die INES Skala.

Es hat am THTR **nie einen Störfall** gegeben. Zwar gab es ca. 125 meldepflichtige Ereignisse, diese sind aber nach den internationalen Einstufungen der INES-Skala allesamt in der **Kategorie NULL**.

Der THTR in Hamm war ein Demonstrationsprototyp. Für solche Erstbauten sind solche Anlässe, Lernprozesse und Verbesserungen keine Besonderheit und auch kein Grund, die HTR-Technik einzustellen. Diese Ereignisse sind eher als Betriebsstörungen zu bezeichnen. Man hat daraus die erforderlichen Schlüsse gezogen und wird sie bei neuen Projekten berücksichtigen. Auch die inzwischen weiterentwickelten Konzeptionen der Experten berücksichtigen das.

Die angeblich nicht behandelten Probleme wurden um 2010 vor allem durch den früheren Mitarbeiter in Jülich, Herrn Dr. R. Moormann aufgeworfen, der für seine haltlosen Behauptungen sogar einen Whistleblower Preis erhielt..

Seine Behauptungen wurden allerdings schon damals von Einem, der In Jülich und Hamm Verantwortung trug, mit Leserbriefen in der Presse widerlegt. In Wikipedia ist dies zu finden. Wenn KKW-Gegner weiter behaupten, was nicht wahr ist, müssen sie es verantworten.

Auch Frau Ministerpräsidentin Kraft wurde genauesten darüber informiert. Der von ihr angeforderte Bericht zum Moormann - Report sollte schon Ende 2011 fertig sein. Er wird jedoch durch vorgeblich ökologisch Interessierte ständig verzögert. Grund ist, dass dann zugegeben werden muß, dass Herrn Moormanns Berichte nicht zutreffen.

Der WDR eine kurze Sendung: als man Prof. Allelein fragte, ob die minutenlangen Darlegungen von Dr. M. zuträfen, sagte er nur kurz „Nein“, dann schaltete der WDR ab.

Der THTR-300 galt ursprünglich aufgrund des Funktionsprinzips, bei dem keine Kernschmelze auftreten kann, als wesentlich unfallsicherer als andere Reaktortypen. Allerdings wurde bereits 1984 vom Institut für nukleare Sicherheitsforschung des Forschungszentrums Jülich gezeigt, dass ein Kühlmittelverlust im THTR-300 zu sehr hohen Temperaturen führt (2300 °C), was auch ohne Kernschmelze eine massive Radioaktivitätsfreisetzung zur Folge hat.[5] Als nachteilig erwies sich dabei auch der Spannbetonbehälter, da Beton sich beim Erhitzen unter Wasserdampffreisetzung zersetzt und der entstehende Wasserdampf mit dem heißen Graphit chemisch reagiert.

Auch gab es Probleme bei der Betriebssicherheit. Unter anderem traten durch die Absorberstäbe, die von oben in den Kugelhaufen hineingedrückt wurden, ~~aufgrund während der Inbetriebnahmeversuche von der Aufsichtsbehörde geforderter mehrfacher Einfahrten bis in die untere Endstellung („harte Abschaltungen“)~~ ohne Zugabe des NH₃-Schmiermittels wesentlich häufiger als vorausgerechnet Bruchschäden an den Brennelementen auf[7a].. Insgesamt wurden mindestens 18.000 beschädigte Brennelemente gefunden, das waren tausendmal mehr als erwartet. ~~Der folgende Satz trifft so nicht zu. 1988 musste der Reaktor jeweils nach sechs Wochen Betrieb für mindestens eine Woche abgeschaltet und kaltgefahren werden, um defekte Brennelemente aus dem Sammelbehälter zu entfernen.~~ Die hohe Bruchrate war vermutlich eine Folge der in Helium ungünstigen Reibungseigenschaften,[17][18] die für den THTR-300 nicht hinreichend untersucht worden waren. Durch Ammoniak einspeisung konnte zwar die Reibung der Absorberstäbe vermindert werden, aber auf Kosten intensiverer Fahrweise der Kühlgasreinigungsanlage einer unzulässig hohen Korrosionsrate an metallischen Komponenten. Der entstandene Kugelbruch drohte durch Verstopfung von Kühlgasbohrungen im Bodenreflektor die Reaktorkühlung zu verschlechtern; ~~„jedoch konnte die Anlage bis zu ihrer Stilllegung mit voller Leistung betrieben werden. Für eventuelle zukünftige Anlagen wurde daher eine weniger zu Verstopfungen neigende Auslegung vorgeschlagen.[19] Die Isolation des Betons war stellenweise unzureichend, so dass er zu heiß wurde; eine Reparatur war nicht möglich, und der schadhafte Bereich musste regelmäßig inspiziert werden, wozu der Reaktor abgeschaltet werden musste.[20] (Aufgrund nicht ausreichend dimensionierter Kühlanlagen bestimmter Anlagenräume im Sperrbereich mussten im Frühsommer 1988 bei hohen Außentemperaturen Last einschränkungen vorgenommen werden, um die genehmigten Grenztemperaturen einzuhalten. Durch eine Zusatzkühlanlage sollte dies beseitigt werden, die noch atomrechtlich genehmigt werden musste [21]. Wegen der vorgenannten Reibungsprobleme und möglicherweise wegen des Kugelbruchs flossen die Kugeln nicht so wie erwartet, sondern im Zentrum um einen Faktor 5 bis 10 schneller als am Rand. Das führte dazu, dass der Reaktor im unteren Zentrum um mindestens 150 °C zu heiß wurde.[21] Vermutlich durch überheiße Gasströmen wurden 36 Haltebolzen der Heißgasleitung beschädigt, so dass sie brachen (1988).[22] Dies war jedoch keine Einschränkung für einen Weiterbetrieb der Anlage wie die Gutachten des TÜV und die Stellungnahme der Reaktorsicherheitskommission feststellte [1a]. Eine Kugelentnahme war bis Ende 1987 nur bei verringerter Leistung möglich und konnte daher nur sonntags vorgenommen werden. Außerdem war die Herstellung der Kugelbrennelemente nicht garantiert und deren Wiederaufarbeitung wegen fehlender Nachfolgereaktoren in Deutschland ökonomisch nicht vertretbar.~~

Daher wurden die mittlerweile aufgegebenen[23] Hochtemperaturreaktoren in Südafrika ohne Wiederaufarbeitung geplant. Dieser Nachteil sollte durch einen etwas höheren Abbrand, d. h. eine bessere Ausnutzung des vorhandenen Kernbrennstoffs im Vergleich zu den üblichen Abbränden in leichtwassermoderierten Reaktoren, teilweise kompensiert werden.

Die Wikipedia-Darstellung verkehrt die Kausalitäten ins Negative, richtig ist die folgende Darstellung von Ursache und Wirkung:

Die mittlerweile aufgegebenen Hochtemperaturreaktoren in Südafrika wurden von Beginn an ohne Wiederaufarbeitung geplant, da der bedeutend höhere Abbrand, d. h. eine bessere Ausnutzung des vorhandenen Kernbrennstoffs im Vergleich zu den üblichen Abbränden in LWR Reaktoren, dies teilweise kompensiert und zudem die Wiederaufarbeitung politisch nicht mehr willkommen war.

Ein **Störfall** mit **Freisetzung** von Radioaktivität am 4. Mai 1986[24][25][26] führte zunächst zu einer Phase des Stillstands der Anlage. (es war kein Störfall, sondern ein Ereignis aufgrund Fehlbedienung in der Beschickungsanlage und es erfolgte keine Freisetzung sondern eine Ableitung. Störfälle sind in der INES Skala genau definiert. Störfälle sind in Jülich und Hamm nicht ein einziges Mal aufgetreten – siehe oben und [27a])

Bei dem Störfall (**kein Störfall, sondern Ereignis**) wurde aus der Anlage über den Abluftkamin innerhalb eines kurzen Zeitraums eine **größere geringe** Menge von radioaktiven Aerosolen, nämlich radioaktiver Staub aus Kugelabrieb und -bruch, emittiert.[27a] Dies fiel am folgenden Tag auf. Am Tage vorher (3. Mai 1986) stieg wegen der Katastrophe von Tschernobyl und starkem Regen nach Gewitter die Radioaktivität in der Umgebung an.[27a][28] ~~Im gleichen Zeitraum stieg wegen der Katastrophe von Tschernobyl die Radioaktivität in der Umgebung an.~~[28] Daher wurde der Anstieg der Radioaktivität im Umkreis des Kernkraftwerks zunächst nicht in Zusammenhang mit dem Störfall (**der kein Störfall war, sondern eine Fehlbedienung der Beschickungsanlage**) gestellt, zumal der Betreiber in einem Eilbrief an alle NRW-Landtagsabgeordneten jede Unregelmäßigkeit abstritt. Allerdings hatte ein anonymes Informant aus der Belegschaft des THTR-300 die Aufsichtsbehörden über eine verheimlichte radioaktive Emission am 4. Mai 1986 informiert.[25] Erst als 233Pa ($\text{Pa} = \text{Protactinium}$), in der Umgebung des THTR-300 detektiert wurde (zuerst durch Dietrich Grönemeyer), welches nur aus dem Thorium der zerbrochenen Kugeln des THTR-300, nicht aber aus Tschernobyl stammen konnte, wurde klar, dass es aus dem THTR-300 **signifikante** radioaktive Emissionen in die Umgebung gegeben haben musste. Am 30. Mai 1986 teilte das Öko-Institut mit, dass etwa 75 Prozent der Aktivität in unmittelbarer Nähe des THTR auf diesen selbst zurückzuführen seien. Am 3. Juni 1986 wurde der THTR durch eine atomrechtliche Weisung der Düsseldorfer Aufsichtsbehörde bis zur Aufklärung stillgelegt. Am selben Tag erklärten die Betreiber schließlich, Ursache der Freisetzung von Radioaktivität sei eine Fehlsteuerung in der Beschickungsanlage des Reaktors gewesen.[29]

Die Auswertung des Aerosolfilters ergab, dass in der Woche vom 28. April bis 4. Mai 1986 zirka zwei Drittel der Aerosol-Aktivität emittiert wurde, die gemäß den Festlegungen des Genehmigungsbescheids innerhalb von 180 aufeinanderfolgenden Kalendertagen abgegeben werden durfte.[27] Diese Emissionswerte sind aber nur begrenzt sicher, da die eigentliche Emissionsmessung am Kamin während der Staubemission am 4. Mai 1986 für einige Stunden nicht in Betrieb war. Die Betreiber hatten **zunächst** behauptet, es habe sich um eine normale Abgabe von Radioaktivität im Rahmen des Genehmigungsbescheids gehandelt. was mit dem

detaillierten Untersuchungsbericht der Behörde [27a], vorgelegt im August 1986 auch bestätigt wurde. Die zulässigen Tagesgrenzwerte wurden nicht überschritten und die dem THTR zurechenbare Bodenbelastung lag weit unter der natürlichen Radioaktivität und um den Faktor 50.000 bis 500.000 unter der von Tschernobyl herrührenden Bodenbelastung [1a][27a].

Am 13. Juni 1986 wurde die Wiederinbetriebnahme (nicht: Stilllegungsverfügung) mit Auflagen gestattet (nicht: aufgehoben.). Von THTR-Gegnern wird vermutet, dass die HKG den Störfall (der ein Ereignis war) verheimlicht hatte in der Hoffnung, er könne wegen der Radioaktivität aus Tschernobyl nicht nachgewiesen werden; Motiv für ein Verheimlichen könnte gewesen sein, dass der Störfall (der kein Störfall war, sondern ein Ereignis) auf einige Schwachstellen bei Kugelhaufenreaktoren hinweist, nämlich radioaktiven Staub, Kugelbruch und ein fehlendes Volldruckcontainment. Dieser Störfall (der keiner war, sondern ein Ereignis), insbesondere die Versuche ihn es zu verheimlichen, und die daraus resultierende intensive Berichterstattung in den Medien verschlechterten das bis dahin positive Bild von Kugelhaufenreaktoren in der deutschen Öffentlichkeit erheblich (Hier fehlt eine Quellenangabe).

Stilllegung und sicherer Einschluss

Während der Stillstandsphase ab September 1988 wegen gebrochener Haltebolzen in der Heißgasleitung übermittelte die HKG pflichtgemäß Ende November 1988 nach ergebnislosen Verhandlungen mit den Partnern des den Betrieb der Anlage absichernden Risikobeteiligungsvertrages, also Bund und Land NRW, ein „vorsorgliches Stilllegungsbegehren“ an Bundes- und NRW-Landesregierung, um auf ihre prekäre finanzielle Lage aufmerksam zu machen: Anders als prognostiziert hatte sich der Betrieb des THTR-300 als hochdefizitär herausgestellt und die finanziellen Reserven der HKG waren weitgehend aufgebraucht. Zwar sah der Risikobeteiligungsvertrag zum THTR vor, dass die öffentliche Hand für die ersten 3 Betriebsjahre 90 % der betrieblichen Verluste übernahm, aber dieser Übernahmesatz sank danach auf 70 %. Ohne dauerhafte Lösung dieser finanziellen Probleme sah die Aufsichtsbehörde des Landes NRW die Voraussetzungen (wirtschaftliche Zuverlässigkeit) für einen THTR-Weiterbetrieb nicht mehr als gegeben an und der Reaktor blieb abgeschaltet.

Diese Darstellung ist schief: denn die Aufsichtsbehörde verlangte den Nachweis der wirtschaftlichen Zuverlässigkeit, es ging also um die langfristige Finanzierung. Die technische und sicherheitstechnische Zuverlässigkeit stand nicht in Frage

Im Sommer 1989 geriet die HKG dann an den Rand der Insolvenz[30] und sollte musste, da die Muttergesellschaften der HKG keine weiteren Zahlungen für politische und genehmigungstechnische Risiken leisten wollten, durch die Bundesregierung mit 92 Mio. DM gestützt werden.[31] Die nach vertraglicher Einigung zwischen Bund, Land NRW und HKG-Gesellschaftern geleisteten Zahlungen zeigten ein erheblich höheres finanzielles Engagement der HKG-Gesellschafter als nach den Beteiligungen bei der Errichtung der Anlage erforderlich (35,6 % statt 8,2 %) [10]. Zudem war die THTR-Brennelementefabrik in Hanau 1988 aus Sicherheitsgründen stillgelegt worden. Mit den vorhandenen Reserven stand daher nur noch Brennstoff für zwei Jahre Betrieb zur Verfügung. Wegen des erheblichen, auch ökonomischen Risikos (nein, nicht auch: sondern die Gründe waren im Wesentlichen ökonomisch) des THTR-Betriebes hielt der Betreiber jedoch auch für einen nur zweijährigen Auslaufbetrieb zur Nutzung des vorhandenen Brennstoffes (vor allem aber für die später einmal zu erwartende Stilllegung) zusätzliche Rücklagen von 650 Mio. DM für erforderlich [1a][30], da ein entsprechender Anstieg der Defizite bis 1991 erwartet wurde [7a].. Der Wirtschaftsprüfer Treuarbeit gab eine mittelfristig ungünstige ökonomische Prognose zum THTR-300 ab. Verhandlungen zwischen Bundesregierung, dem Land Nordrhein-Westfalen und der Elektrizitätswirtschaft zu diesen Rücklagen scheiterten, da weder das Land Nordrhein-Westfalen noch die

Elektrizitätswirtschaft wesentliche Beiträge dazu leisten wollten. Aufgrund von wirtschaftlichen, (**nicht aber aus technischen und sicherheitstechnischen**) Überlegungen sowie wegen des geschwundenen Interesses der Energiewirtschaft an Kugelhaufenreaktoren[1a][7a][30][22] wurde dann am 1. September 1989 die Stilllegung des THTR-300 beschlossen, die dann am 26. September 1988 (**richtig ist: 1989**) von der HKG gemäß Atomgesetz bei der Aufsichtsbehörde beantragt wurde. Die HKG schlug 1989 Bund und Land NRW vor, den THTR nach dem sicheren Einschluss an das Forschungszentrum Jülich zum Rückbau zu übereignen.[32] Da das faktisch einem Abwälzen der Entsorgungsverantwortung gleichgekommen wäre, wurde der Vorschlag nicht umgesetzt.

Von Oktober 1993 (**richtig ist : Juni 1992**) bis April 1995 wurden die abgebrannten intakten und zerbrochenen Brennelemente in 305 Brennelementbehältern vom Typ Castor in das Transportbehälterlager Ahaus transportiert. 2 Castoren enthalten die Brennelemente des THTR-Hilfsreaktors zur Abbrandmessung. Wegen der kurzen Betriebszeit wurde nur ein mittlerer Brennelementabbrand von ca. 5,2 Prozent fima erreicht (Zielwert 11,4 Prozent fima) .[33] **der gleichwohl höher liegt als der Nennabbrand von Leichtwasserreaktoren.** Daher ist das hochangereicherte Uran nur unvollständig verbraucht und es ist ein deutliches Proliferationsrisiko bei den entladenen THTR-Brennelementen zu vermuten.

Auch diese Darstellung ist tendenziös, denn wir haben im Frühjahr 2013 das Zwischenlager Ahaus besichtigt. Wer dort von Proliferationsrisiko spricht, hat nichts verstanden. Einen Bericht über unseren Besuch finden Sie im Rundmailarchiv April 2013 auf dieser Website.

Es werden noch ca. 1[33] bis 1,6 kg Spaltstoff (entsprechend 2000 bis 3000 Brennelementen) im entleerten Reaktor vermutet. Die nicht verbrauchten, frischen 362.000 THTR-Brennelemente wurden in der schottischen Wiederaufarbeitungsanlage Dounreay aufgearbeitet und das hochangereicherte Uran wurde nach Deutschland zurückgebracht.[34] Der Reaktor selbst wurde bis 1997 in den sogenannten „sicheren Einschluss“ überführt[35] und verursacht weiter Kosten in Höhe von 6,5 Mio. (**richtig ist: ca. 3 Mio.**) Euro jährlich[3a]. Obwohl diese Kosten bis 2009 ausschließlich von der öffentlichen Hand getragen wurden, erhielten die Eigentümer von der EU Steuervergünstigungen für die Stilllegung; wegen eines laufenden Verlängerungsantrags für diese Steuervergünstigungen kam es 2011 zu einer politischen Kontroverse.[36] **Der Reaktor enthält noch ca. 390 Tonnen radioaktive Anlagenbauteile. Frühestens 2027, nach Unterschreiten der relevanten Grenzwerte, kann endgültig mit dem Abriss begonnen werden, für den ca. 20 Jahre veranschlagt werden.**

Richtig ist:

Der Reaktor enthält noch ca. 5.000 Tonnen radioaktive Anlagenbauteile. Planungen für einen Rückbau der Anlage liegen vor und umfassen einen Zeitraum von ca. 20 Jahren. Hierbei wird angenommen, dass Planungen nach Beginn der Betriebsaufnahme des entsprechenden Endlagers Konrad also nach 2021 aufgenommen werden und die sog. „Grüne Wiese“ etwa 2043 erreicht werden kann. [37a].

Die Kosten für die Entsorgung[37] ohne Endlagerung wurden 2007 vom Eigentümer mit ca. 350 Mio Euro veranschlagt[38], **mittlerweile (2011) werden 1 Mrd Euro angegeben.[39]** Dies trifft jedoch nicht zu: **Richtig ist, dass die mit Preisstand 31.12.2007 mit 347 Mio Euro angegebenen Kosten sich nach neuester Schätzung (Preisstand 31.12.2012) auf 404 Mio Euro belaufen.** Der Vergleich mit dem ebenfalls 1988 stillgelegten ähnlichen US-HTR Fort St. Vrain (prismatische Brennelemente, 330 MWel), der schon bis 1997 mit Kosten von 174 Mio USD **teilweise** zurückgebaut und in ein Gaskraftwerk umgewandelt werden konnte,[40][41] weist auf die schwierigen Rückbaubedingungen beim THTR hin.

Mikrokügelchen in der THTR-Umgebung

2011 wurden in der Umgebung des THTR Mikrokügelchen entdeckt, die teilweise den coated particles des THTR-300 ähneln.[42] Analysen der NRW-Untersuchungsämter konnten aber keine Radioaktivität, insbesondere Thorium, in den Mikrokügelchen nachweisen.[43][44] An den Messmethoden der Untersuchungsämter wird jedoch Kritik geäußert.[45][46]

Auswirkungen der Stilllegung auf die HTR-Entwicklung

Die Probleme und die Stilllegung des THTR-300 führten zum weitgehenden Ende der Kugelhaufenreaktorentwicklung in Deutschland. Verhandlungen zur Markteinführung des bei Siemens entwickelten HTR-Modul (200 MWth) mit dem Chemiekonzern Hoechst, dem Chemiekombinat Leuna/DDR, dem US-Verteidigungsministerium (für eine Anlage zur Erzeugung von Tritium für Wasserstoffbomben) und der Sowjetunion scheiterten vor dem Hintergrund des THTR-300; ein standortunabhängiges Genehmigungsverfahren für den HTR-Modul in Niedersachsen wurde vom Antragsteller, dem Energiekonzern Brigitta & Elwerath, 1988 ergebnislos abgebrochen. Die Firma Hochtemperatur-Reaktorbau (HRB) wurde daraufhin aufgelöst, ebenso die bei Siemens/Interatom vorhandenen Firmenteile zur HTR-Entwicklung. Es verblieb lediglich eine kleine Firma zur Vermarktung des aufgebauten HTR-Know-hows. Die Brennelemententwicklung bei Nukem wurde eingestellt. Die Kernforschungsanlage Jülich wurde in Forschungszentrum Jülich umbenannt und die HTR-Forschungsbereiche wurden 1989 auf 50 Personen reduziert, mit kontinuierlich sinkender Tendenz. Es gelang den Kugelhaufenbefürwortern ab 1988 jedoch, das Know-how nach Südafrika und China zu transferieren – trotz damals geltender Embargos gegen diese Länder. In Südafrika war ursprünglich auch ein kleiner Kugelhaufenreaktor (500 kW) für militärische Zwecke (Atom-U-Boot) (Diese Aussage zeugt nicht von technischem Sachverstand, denn mit 500 kW kann man kaum ein kleines Boot bewegen, ein U-Boot benötigt in der Regel 100 MW und mehr) geplant[47][48], was in Zusammenhang mit den Atomwaffen der Apartheidregierung zu sehen ist[49]; nach dem Ende der Apartheid wurde daraus ein vollständig ziviles Projekt, das aber 2010 endgültig scheiterte. In China wurde ein kleiner Kugelhaufenreaktor (HTR-10) nahe Peking gebaut. Seit 2005 ist der HTR-10 nur noch selten in Betrieb, was von Kugelhaufenbefürwortern auf die Priorisierung des größeren Nachfolgereaktors HTR-PM zurückgeführt wird, von Kritikern aber mit technischen Problemen beim Kugelumwälzen in Verbindung gebracht wird. Aufgrund der sehr reservierten Haltung der deutschen Energieversorger und der reaktorbauenden Industrie gegenüber Kugelhaufenreaktoren, und der Abkehr der Politik von der Stromerzeugung durch Kernkraftwerke, Verbot des Neubaus von Kernkraftwerken [49a]—die wesentlich durch den Misserfolg des THTR-300 verursacht ist, hat es nach dem THTR-300 keinerlei Renaissance dieser Technologie in Deutschland gegeben. Dennoch gibt es in Deutschland für Kugelhaufenreaktoren noch eine Lobby, zu der u. a. Eigner des Werhahn-Konzerns,[50] die LaRouche-Bewegung[51] einzelne konservative Politiker speziell aus Nordrhein-Westfalen[52][53] und nationalkonservative Kreise[54][55] zählen. Versuche dieser Lobby, nach der Nuklearkatastrophe von Fukushima die Kugelhaufentechnologie unter dem Motto „Umsteigen (auf angeblich sichere Kugelhaufenreaktoren), statt Aussteigen“ neu zu beleben, verpufften ohne nennenswerte Resonanz. Strittig innerhalb der Kugelhaufenlobby ist die Bewertung des THTR-300: Während eine Gruppe große technische Schwierigkeiten beim THTR-300 und ihren Einfluss auf die Stilllegung einräumt sowie ein prinzipiell anderes Konzept verlangt,[20] sehen andere im THTR-300 insgesamt einen Erfolg und sprechen von „rein politisch bedingter Stilllegung“ .[1a][7a][56] Dagegen spricht, dass seit Jahren weltweit kein neuer Kugelhaufenreaktor im Dauerbetrieb gehalten werden konnte.

Trockenkühlturm

Der THTR-300 war mit dem damals größten Trockenkühlturm der Welt ausgerüstet. Am 10. September 1991 wurde der Kühlturm gesprengt. Der **Plan von deutschen Denkmalschützern**, ihn als technisches Denkmal zu erhalten, scheiterte an den Kosten.

Daten des Reaktorblocks

Siehe auch

Liste der Kernkraftwerke

Liste der Kernreaktoren in Deutschland

Liste meldepflichtiger Ereignisse in deutschen kerntechnischen Anlagen

Einzelnachweise – die Verlinkung bitte in der Original Darstellung ersehen

[1a] K. Knizia, Der THTR-300 – Eine vertane Chance?, atw 47. Jg. (2002) Heft 2 – Februar, Sonderdruck Seite 7

↑ a b E. Merz, Wiederaufarbeitung thoriumhaltiger Kernbrennstoffe im Lichte proliferations-sicherer Brennstoffkreisläufe, Naturwissenschaften 65 (1978) 424-31

↑ S. Brandes: DER KUGELHAUFENREAKTOR ALS THERMISCHER THORIUMBRÜ-TER. KFA-Bericht Jül-474-RG (1967)

[3a] G. Dietrich, HTR-Technik am Beispiel THTR 300, Einmal Atomkraft und zurück, Vor-
trag VHS Neuss, 22.11.2011

↑ a b Die Zeit 19. Juli 1968 Heißer deutscher Brüter <http://www.zeit.de/1968/29/heisser-deutscher-brueter>

↑ E.Merz, H.Jauer, M.Laser: Studie über die Weiterbehandlung verbrauchter Brennelemente aus Thorium-Hochtemperatur-Reaktoren mit Kugelbrennelementen. Bericht Juel-0943 (1973)

↑ a b J. Fassbender et al., Ermittlung von Strahlendosen in der Umgebung des THTR-300 infolge eines angenommenen Coreaufheizunfalls, Bericht Juel-Spez 275 (1984)

↑ R.Moormann, Air ingress and graphite burning in HTRs: A survey of analytical examinations performed with the code REACT/THERMIX, Forschungszentrum Jülich, Bericht Jül-3062 (1992)

↑ R.Moormann, Phenomenology of Graphite Burning in Air Ingress Accidents of HTRs, Science and Technology of Nuclear Installations, Volume 2011 (2011), Article ID 589747, 13 pages, <http://www.hindawi.com/journals/stni/2011/589747/ref/>

[7a] R. Bäumer, Die Situation des THTR im Oktober 1989, VGB Kraftwerkstechnik, 70. Jg. Heft 1, Januar 1990, S. 8-14

↑ D.Bedenig, Gasgekühlte Hochtemperaturreaktoren, Thiemig Vlg. (1972)

↑ J.Quadackers, Corrosion of high temperature alloys in the primary circuit helium of high temperature gas cooled reactors. Materials and corrosion 36 (1985) S. 141–150 und 335–347

↑ <http://www.thtr.de/aktuelles-ddu.htm>

↑ Broschüre 300-MW-Kernkraftwerk mit Thorium-Hochtemperatur-Reaktor (THTR-300) der HKG in Hamm-Uentrop des Konsortiums BBC/HRB/Nukem

↑ Die Zeit 22. März 1974 <http://www.zeit.de/1974/13/was-eva-trennt-heizt-adam-an/seite-4>

↑ Der Spiegel, 24/1986 vom 9. Juni 1986, Seite 29, „Umweltfreundlich in Ballungszentren“ (Abgerufen am 15. Juni 2011)

↑ Thorium-Reaktor in Hamm-Uentrop: Einmal Atomkraft und zurück. FAZ Wirtschaft 23. April 2011 <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/wirtschaftspolitik/energiepolitik/thorium-reaktor-in-hamm-uentrop-einmal-atomkraft-und-zurueck-1627483.html>

↑ a b c U.Kirchner, Der Hochtemperaturreaktor, Campus Forschung Bd. 667 (1991)

↑ Atomwirtschaft, Mai 1989, S.259

↑ <http://www.slac.stanford.edu/cgi-wrap/getdoc/slac-pub-10429.pdf>

↑ http://www.iaea.org/inisnkm/nkm/aws/htgr/fulltext/htr2004_h01.pdf

↑ <http://www.patent-de.com/19970306/DE19547652C1.html>

↑ a b Facts, 21. Oktober 2004, Seiten 61–64, Atomkraft, ja bitte! – Chinesische Kernphysiker haben eine vergessene geglaubte Reaktortechnik wiederbelebt (PDF; 4,8 MB)

↑ R.Bäumer: Ausgewählte Themen aus dem Betrieb des THTR 300. VGB Kraftwerkstechnik 69 (1989) 158-64

↑ a b Der Spiegel, 8/1989 vom 20. Februar 1989, Seite 103, „Steht schlecht – Das ehrgeizige Projekt eines Hochtemperaturreaktors ist am Ende – doch Abwracken ist zu teuer.“

↑ Nature News, 23. Februar 2010, Pebble-bed nuclear reactor gets pulled (englisch)

↑ Die Zeit, 9. Juni 1986, Störfall – aber bei wem? – Betreiber und Ministerium beschuldigen sich gegenseitig

↑ a b Der Spiegel, 24/1986 vom 9. Juni 1986, Seite 28, „Funkelnde Augen – Der Hammer Reaktortyp galt als zukunftssträchtig – bis zum Störfall Anfang Mai.“

↑ Tagesschau-Meldungen zum Störfall: Hamm-Uentrop THTR: doch ein Störfall (Mai/Juni 1986) <https://www.youtube.com/watch?v=MqjcTy9wyL4&feature=relmfu>

↑ a b Begründung zur atomrechtlichen Anordnung vom 3. Juni 1986 des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie, vorgetragen im Landtag des Landes Nordrhein-Westfalen am 4. Juni 1986, Plenarprotokoll 10-24

[27a] Der Minister für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen; Information zur Emission radioaktiver Aerosole aus dem THTR 300 in Hamm-Uentrop am 4. Mai 1986; Düsseldorf, im August 1986

↑ FAZ.NET, 31. März 2011, Thorium-Versuchsreaktor: Die Schönste der Maschinen – Atomdebatte

↑ Erklärung des Ministers für Wirtschaft, Mittelstand und Technologie im Landtag des Landes Nordrhein-Westfalen am 4. Juni 1986, Plenarprotokoll 10-24

↑ a b c Der Spiegel, 29/1989 vom 17. Juli 1989, Seite 74, Atomruine Hamm: Beahlt Bonn den Abbruch?

↑ Deutscher Bundestag Drucksache 11/5144 6. September 1989 <http://dipbt.bundestag.de/doc/btd/11/051/1105144.pdf>

↑ Jülich soll Abriß von Reaktor leiten. Jülicher Nachrichten 18. Juli 1989

↑ a b S. Plätzer et al. Unloading of the THTR reactor core and spent fuel management of the THTR-300 <http://pbadupws.nrc.gov/docs/ML0215/ML021510148.pdf>

↑ <http://www.nda.gov.uk/documents/upload/Executive-Summary-Letter-of-Compliance-Assessment-Report-Thorium-High-Temperature-Reactor-Graphite-Waste-March-2010.pdf>

↑ Deutsches Atomforum e. V.: Jahresbericht 2008 – Zeit für Energieverantwortung. Berlin 2009, ISSN 1868-3630. Seite 32

↑ <http://nachrichten.rp-online.de/regional/akw-betreiber-will-keine-steuern-zahlen-1.754779>, abgerufen 28. April 2011

↑ Hamm-Uentrop THTR: Wer zahlt den Abriß? <https://www.youtube.com/watch?v=OqS4uz79gb8>

[37a] G. Dietrich, T. Lexow, Why Safe Enclosure, Health Physics and Final Repository, 9th EPRI Workshop Decommissioning, Carbowaste Session, Madrid 4.11.2010

↑ Landtag NRW, 14. Wahlperiode, Vorlage 14/2173, 17. Oktober 2008

↑ <http://www.sueddeutsche.de/wissen/ende-eines-reaktors-jahre-abklingzeit-1.1086821>

↑ <http://en.uatom.org/posts/8>

↑ http://www.westinghousenuclear.com/Products_&_Services/docs/flysheets/NS-IMS-0020.pdf
 ↑ <http://www.wa.de/nachrichten/hamm/stadt-hamm/ominoese-kuegelchen-allen-proben-alten-kraftwerk-1778669.html>
 ↑ http://www.lia.nrw.de/_media/pdf/news/Bericht-Umweltamt-Hamm-ohne-Anschreiben-06072012.pdf
 ↑
http://www.lia.nrw.de/themen/strahlenschutz/umgebungsueberwachung/messung_hamm_uentrop/index.html
 ↑ <http://www.reaktorpleite.de/thtr-rundbriefe-2012/432-thtr-rundbrief-nr-140-dezember-2012.html>
 ↑ <http://www.wa.de/nachrichten/kreis-soest/welver/gutachter-gabriel-kuegelchen-sind-radioaktiv-2666054.html>
 ↑ <http://www.eepublishers.co.za/images/upload/Generation1a.pdf>, abgerufen am 27. April 2011
 ↑ <http://www.pbmr.co.za/contenthtml/files/File/Chronoloy.pdf>, abgerufen 27. April 2011
 ↑ <http://www.issafrica.org/uploads/210.pdf>, abgerufen am 27. April 2011
 [49a] Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren i.d.Fassung vom 15.Juli 1985 (BGBl. I S. 1565) zuletzt geändert durch Zehntes ÄndG vom 17. März 2009 (BGBl. I S. 556)
 ↑ Grüne Atomkraftwerke, Hermann Josef Werhahn im Interview 2008
<http://www.welt.de/wissenschaft/article2725609/Gruene-Atomkraftwerke.html>, abgerufen 24. April 2011
 ↑ Südafrika baut den 100 Prozent sicheren Kugelhaufenreaktor,
<http://www.solidaritaet.com/fusion/2006/1/fus0601-suedafrika.pdf>, abgerufen 24. April 2011,
 ↑ <http://www.tagesspiegel.de/zeitung/ein-haufen-energie/725170.html>, abgerufen am 26. April 2011
 ↑ <http://www.zukunftsenergien.de/hp2/downloads/vortraege/thoben-frei.pdf>, abgerufen 26. April 2011
 ↑ Sigurd Schulien: Die Energiefrage ist eine Überlebensfrage <http://www.terra-kurier.de/Energiefrage.htm>
 ↑ Wie man Deutschland dazu brachte, seine heimische Energiebasis aufzugeben. Kap. 3: Der HTR zur Kohlevergasung. Hüttenbriefe Oktober/November 2005
 ↑ U.Cleve, Die Technik der Hochtemperaturreaktoren, atomwirtschaft Heft 12 (2009), s. Textliste 2009 in <http://www.aktionaere-fuer-technik.de/>, abgerufen 26. April 2011
 ↑ Die Technik des THTR 300 in Zahlen, Herausgeber: Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH, Hamm, 1989
 ↑ Power Reactor Information System der IAEO: „Germany, Federal Republic of: Nuclear Power Reactors“ (englisch)
 ↑ Martin Volkmer: Kernenergie Basiswissen. Informationskreis KernEnergie, Berlin Juni 2007, ISBN 3-926956-44-5. Seite 49
 ↑ Broschüre Hochtemperaturreaktoren BBC/HRB Druckschrift Nr. D HRB 1033 87 D, Seite 6