

## Hochtemperaturreaktorlinie

# THTR-300—Erfahrungen mit einer fortschrittlichen Technologie

Von R. Bäumer, Hamm

Der seit dem 16.11.85 am Netz befindliche Thorium-Hochtemperaturreaktor THTR-300 hat als Prototyp die in ihn gestellten Erwartungen erfüllt und bereits heute wertvolle Erkenntnisse für die Weiterentwicklung dieser fortschrittlichen Reaktorlinie erbracht. Seine Aufgaben waren im wesentlichen, neuartige Kraftwerkskomponenten im großtechnischen Einsatz zu erproben, Erkenntnisse zu gewinnen für den Bau rein kommerzieller Anlagen sowie den Nachweis zu liefern, daß die technologische Linie des Hochtemperaturreaktors sich im täglichen Kraftwerksbetrieb bewährt. Ein Weiterbetrieb des THTR-300 kann über die jetzigen Betriebserfahrungen hinaus noch wesentliche Erkenntnisse liefern. Zu den weiteren Aufgaben zählen die Erprobung des Langzeitverhaltens der prototypischen Komponenten, die Erweiterung der Kenntnisse zum Kugelfließen innerhalb des Kugelbettes und zur Schädigungsrate der Kugeln sowie die Entwicklung von Ausbau- und Reparaturgeräten für die innerhalb des Spannbetons liegenden Bauteile. Zur Erfüllung dieser Aufgaben und zur Abdeckung des finanziellen Risikos ist die finanzielle Basis für das Projekt THTR-300 neu zu definieren.

## 1. Partner und Ziele des THTR-Projektes

Am 29.10.71 wurde der Liefervertrag für die Errichtung und Inbetriebnahme des Kernkraftwerkes THTR-300 unterzeichnet. Partner dieses Vertrages sind das *Bundesministerium für Forschung und Technologie (BMFT)*, das *Land Nordrhein-Westfalen*, die *Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH (HKG)* als Bauherr und Betreiber sowie ein Errichterkonsortium, bestehend aus den Firmen *ASEA Brown, Boveri AG* (früher: *Brown, Boveri & Cie AG*), der *Hochtemperatur-Reaktorbau GmbH (HRB)*, Mannheim und der Firma *Nukem GmbH*, Hanau.

Anschrift des Verfassers:

Dr. R. Bäumer, Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH (HKG), Siegenbeckstr. 10, 4700 Hamm, 1.

Bereits damals war klar, daß der Hochtemperaturreaktor eine bedeutende Innovation auf dem Energieversorgungssektor darstellt; daß er einen wichtigen Beitrag zur sicheren umweltschonenden und wirtschaftlichen Energieversorgung leisten kann. Ein besonderer Anreiz für die Entwicklung dieser Reaktorlinie war die Möglichkeit, mit der hohen Temperatur des Primärkreislaufes Wärme zur Nutzung für chemische Prozesse, u. a. zur Kohlevergasung oder zur Streckung von Kohlenwasserstoffen, auszukoppeln. Ebenso war ein wichtiger Anreiz die Chance, mit dieser Linie kleine Reaktoren in wirtschaftlichen Einheiten bauen zu können.

Großtechnische Technologieentwicklungen wie sie zur Einführung einer neuen Reaktorlinie notwendig sind, vollziehen sich nicht kurzfristig, sondern bedürfen einer stetigen Fortführung von Forschung und Entwicklung, die durch den Bau von Prototypanlagen begleitet wird. Auf diesem Wege von der Forschung zur kommerziellen Realisierung der Hochtemperaturtechnologie stellt der THTR-300 das Bindeglied zwischen dem 15 MWel-Versuchsreaktor AVR und einer späteren rein kommerziellen Anlage dar.

Projektziele sind daher die Bestätigung der technologischen Machbarkeit eines großen Hochtemperaturreaktors und auch das Gewinnen von Erfahrungen, die in den Bau einer späteren kommerziellen Anlage einfließen können. Für dieses Projekt haben von 1971 bis heute Teile einer ganzen Generation von Ingenieuren ihren Sachverstand eingesetzt. Nachdem der THTR-300 am 16.11.85 erstmals Strom in das öffentliche Verbundnetz lieferte und nachdem am 1.6.87 nach erfolgreicher Inbetriebnahme die Übergabe an den Betreiber erfolgte, kann aus heutiger Sicht die zielstrebige Arbeit der Ingenieure als ein großer Erfolg angesehen werden.

Bund und Land verfolgten die Absicht, die Linie des Hochtemperaturreaktors aus volkswirtschaftlichen Gesichtspunkten weiter zu entwickeln. Beide haben aufgrund dieser Zielsetzung bis heute die wesentlichen finanziellen Mittel zur Realisierung des Projektes beigetragen. In Abb. 1 sind die bis heute aufgebrauchten Finanzmittel aufgeschlüsselt.

Das Lieferkonsortium wollte aus industrieller Sicht die technische Machbarkeit der Hochtemperaturtechnologie an einer Großanlage demonstrieren. Auch das *Konsortium THTR* stellte finanzielle Mittel zur Verfügung und führte mit dem Sachverstand seiner Ingenieure die technischen Detailplanungen und Untersuchungen durch.

Die *Hochtemperatur-Kernkraftwerk GmbH (HKG)* ist Bauherr und jetziger Betreiber wie atomrechtlicher Inhaber der Anlage THTR-300. Sie besteht aus den Gesellschaftern *Gemeinschaftskraftwerk Weser GmbH*, Porta Westfalica-Veltheim 26%  
*Elektromark Kommunales Elektrizitätswerk Mark AG*, Hagen 26%

*Vereinigte Elektrizitätswerke Westfalen AG*, Dortmund 31%

*Gemeinschaftswerk Hattingen GmbH*, Hattingen 12%

*Stadtwerke Aachen AG*, Aachen 5%

Die Prozenze geben die Anteile am Stammkapital (90,0 Mio. DM) wieder.

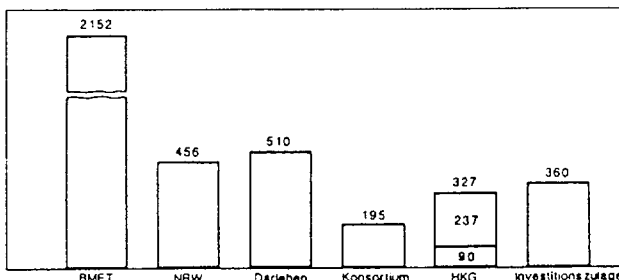


Abb. 1: Mittelherkunft für das Projekt THTR-300.

R-8

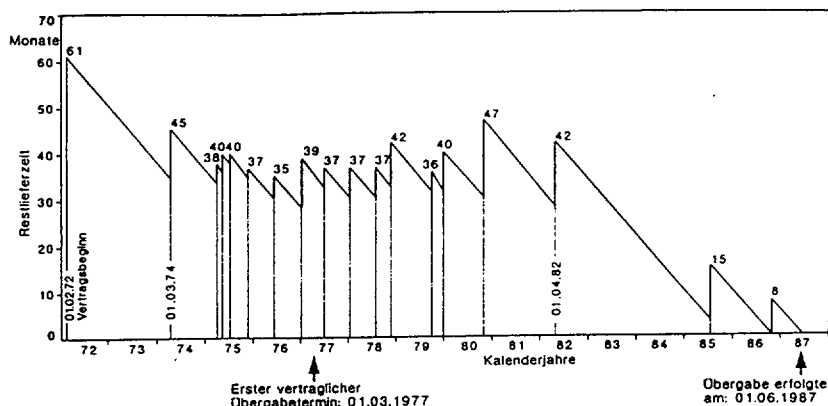


Abb. 2: Entwicklung der Lieferzeit THTR-300.

Die Betreibergesellschaft stellte den Standort für den THTR-300 zur Verfügung. Sie mußte auch die notwendige Leistungsreserve im Netz zur Verfügung haben, um den nicht immer kontinuierlichen Betrieb einer Prototypanlage im Netz auffangen zu können.

Des weiteren haben es die Gesellschafter übernommen, die elektrische Arbeit aus dem THTR-300 zu festgelegten Bedingungen zu übernehmen. Aus heutiger Sicht sind die THTR-300-Strompreise aufgrund der Kostensteigerungen während der Errichtung derart gestiegen, daß die HKG-Gesellschafter mit der Übernahme der Stromabnahmeverpflichtung einen weiteren erheblichen finanziellen Beitrag für die Existenz dieser Anlage leisten.

Die HKG hat sich immer als eine Gesellschaft verstanden, die die Erfahrungen und Erkenntnisse aus Planung und Errichtung des Forschungsprojektes THTR-300 allen Partnern aus Industrie und Elektrizitätswirtschaft auch auf internationaler Ebene freizügig übermitteln will. Sie hat sich frühzeitig um den Status eines *Gemeinsamen Europäischen Unternehmens* bemüht und hat während der Zeit der Errichtung dafür Sorge getragen, daß Lieferfirmen aus dem gesamten europäischen Raum an dem Bau dieses Projektes beteiligt wurden. So wurde z. B. die Innenisolierung des Spannbetonbehälters aus Großbritannien geliefert; die Panzerrohre für die Durchführungen im Spannbetonbehälter aus Italien; Frankreich war am Dampferzeuger beteiligt, ebenso Firmen aus der Schweiz.

Eine weitere Aufgabe, die von der HKG ganz wesentlich mitgefördert wurde, ist die Schaffung einer Infrastruktur für die Fortführung der Hochtemperaturreaktorlinie. Unter Infrastruktur ist hier der Aufbau einer Brennelementversorgung mit den Fertigungsanlagen für kugelförmige Brennelemente wie auch auf die Schaffung von Zwischenlager- und Endlagermöglichkeiten für abgebrannte Brennelemente zu verstehen. Hierfür hat sich die HKG in der Vergangenheit finanziell wie auch öffentlich immer wieder engagiert.

Heute nun ist das Projekt THTR-300 in finanzielle Schwierigkeiten geraten, die noch nicht gelöst sind. Auf jeden Fall ist es Zeit, einmal Bilanz zu ziehen.

## 2. Erfahrungen

### 2.1. Erfahrungen aus der Errichtung der Anlage

Zu Beginn der Errichtungsphase des THTR-300 gab es weder für den Hochtemperaturreaktor spezifische technische Regeln,

noch ein Genehmigungsverfahren, das für die THTR-spezifischen Komponenten durchgeführt worden wäre. Im Zuge der THTR-300-Abwicklung bestand also die Aufgabe darin, die Anforderungen aus dem und an das Genehmigungsverfahren neu zu formulieren. Auch hier wird der Forschungs- und Entwicklungscharakter des THTR-300 deutlich.

Eine Analyse des Projektablaufes dokumentiert, daß nach zügigem Baubeginn bis 1974 dann von 1974 bis 1982 die Fertigstellung der Anlage stagnierte, obwohl mit vollem Personaleinsatz auf der Baustelle gearbeitet wurde. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, daß im Jahre 1974 auf dem Gebiet der Kernenergie die Entwicklung des Technischen Regelwerkes stark voranschritt. So wurden die BMI-Kriterien festgelegt, wie auch die RSK-Leitlinien, alle aber bezogen auf den Druckwasserreaktor. Es wurden Anforderungen gestellt, die Anlagen auszulegen gegen

- Einwirkungen von Außen: Flugzeugabsturz, Druckwelle, Erdbeben, Objektschutz;
- Einwirkungen von Innen: Beherrschung spontaner Rohrbrüche und Behälterversagen und
- es wurden neue Vorschriften erlassen, wie z. B. Strahlenschutzverordnungen u. a. spezielle Regelwerke.

Nachdem im Jahre 1974 der gesamte Baukörper, also der Rohbau der THTR-300-Anlage bereits fertiggestellt war, mußten planerische Änderungen am Gesamtkonzept erfolgen, um diese neuen Regelwerke in eine vorhandene Baustruktur HTR-gerecht zu integrieren. Dabei wurde mit fortschreitender Abwicklung die ursprüngliche Planung teilweise verlassen, und der Schwerpunkt der Arbeiten rückte immer mehr in den Bereich „Forschung und Entwicklung“. Dies wird besonders deutlich, wenn man sich die Terminabwicklung in Abb. 2 vor Augen führt. Am 1.3.74 hatte das Projekt aufgrund einer ersten Terminanpassung eine Restlaufzeit von 45 Monaten auszuweisen. Durch eine Vielzahl von Terminverlängerungen wurde zwischen 1974 und 1982 trotz vollem Einsatz in Planung und Errichtung durch immer neu auftretende Anforderungen die Restlaufzeit immer noch im Bereich von 40 Monaten ausgewiesen. Der vertragliche Übergabetermin verschob sich vom 1.3.77 auf den 1.6.87.

Die Arbeiten schritten erst dann zügig voran, nachdem Planungsrichtlinien für den THTR-300 erarbeitet wurden, die die Umsetzung der BMI-Kriterien für Druckwasserreaktoren für den Hochtemperaturreaktor vollzogen. Hierdurch war eine formale Voraussetzung geschaffen, HTR-gerechte Kriterien im Genehmigungsverfahren anzuwenden.

Die Anpassung des Projektes THTR-300 an den Stand von Wissenschaft und Technik und die Anpassung an das im Wandel befindliche Genehmigungsverfahren führten zu einer erheblichen Projektkostensteigerung für die Anlage (Abb. 3). Der Zeitraum bis 1979 war durch das Anpassen des Projektes an

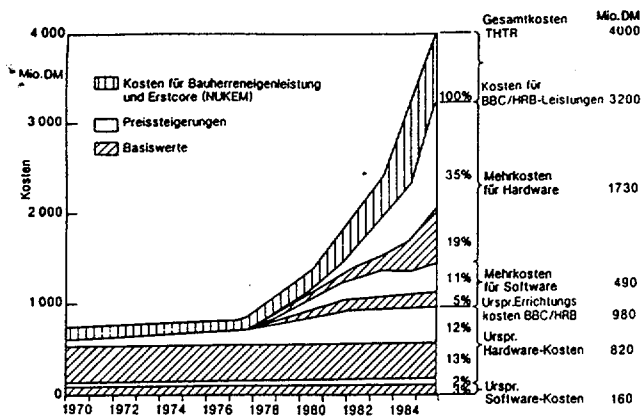


Abb. 3: Projektkostenentwicklung des THTR-300.

die ständig erhöhten sicherheitstechnischen Anforderungen sowie durch die aus der Anpassung resultierende stop-and-go-Abwicklung mit einem relativ flachen Verlauf der Kostenkurve bestimmt. Der überproportionale Kostenanstieg ab 1978 ist im wesentlichen auf den erhöhten Personaleinsatz aufgrund des gestiegenen Bearbeitungs- und Nachweismfanges, den Beginn der Montageaktivitäten sowie auf das Bestreben zurückzuführen, die entstandenen Terminverzögerungen aufzuholen. Es muß jedoch beachtet werden, daß die erhöhten Projektkosten, bezogen auf den Lieferumfang des Herstellers, ihre wesentliche Ursache in der Preisleistung (60%) und den überproportional gestiegenen Ingenieurleistungen hatte.

Der eigentliche prototypische Teil der Anlage THTR-300 ist der Spannbetonbehälter mit allen seinen Einbauten. Für die Errichtung dieses Bauteils haben erhebliche Teile der deutschen Industrie Entwicklungsarbeit geleistet. Hier konnten auch die Erfahrungen des Versuchsreaktors AVR nicht voll zum Tragen kommen, da eine andersartige Technik angewandt wird; so z.B. für die Abschaltung des Reaktors mit in den Kugelhäufen einfahrenden Absorberstäben, so z.B. für die

Tabelle 1: Hersteller der Prototyp-Komponenten

Brennelemente	Nukem, Hanau
Absorberstäbe	Brown, Boveri & Cie. AG
Gebälse	Brown, Boveri & Cie. AG
Liner	Steinmüller, Gummersbach
Spannbetonbehälter	Krupp Universalbau, Essen
Beschickungsanlage	Leybold-Heraeus, Hanau
Gasreinigungsanlage	Linde, München
Keramische Einbauten	Sigri, Augsburg
Trockenkühlturm	GEA/Balcke-Dürr, Ratingen
Rohrleitungen des Wasserdampfkreislaufes	Mannesmann, Düsseldorf
Dampfzeuger	Sulzer/EVT, Winterthur/Stuttgart
Bauteil	Heitkamp/Hochtief, Herne/Essen

Einschließung des Primärkreis-Heliums mit einem Spannbetonbehälter, wie auch für die Strömungsführung des Heißgases innerhalb des Spannbetonbehälters selbst. In Tab. 1 sind einige Hersteller von Prototypkomponenten aufgezählt, die beispielhaft für die große Innovativkraft der deutschen Industrie sein mögen. Nach der Fertigstellung der Anlage THTR-300 kann daher guten Gewissens gesagt werden, daß die deutsche Industrie Erfahrung in der Herstellung von Prototypkomponenten für einen Hochtemperaturreaktor dergestalt gewonnen hat, daß sie jederzeit in der Lage wäre, für eine Folgeanlage das nötige Know-how zu liefern.

Aus den Erfahrungen bei Errichtung des THTR-300 können folgende Feststellungen getroffen werden:

1. Die wirtschaftliche Errichtung eines Folge-HTR ist nur bei kalkulierbarer Bauzeit möglich.
2. Eine wesentliche Voraussetzung hierfür sind weitgehend abgeschlossene Genehmigungsverfahren bei Baubeginn. Diese Erkenntnisse wurden bei der Planung des HTR-500 berücksichtigt.

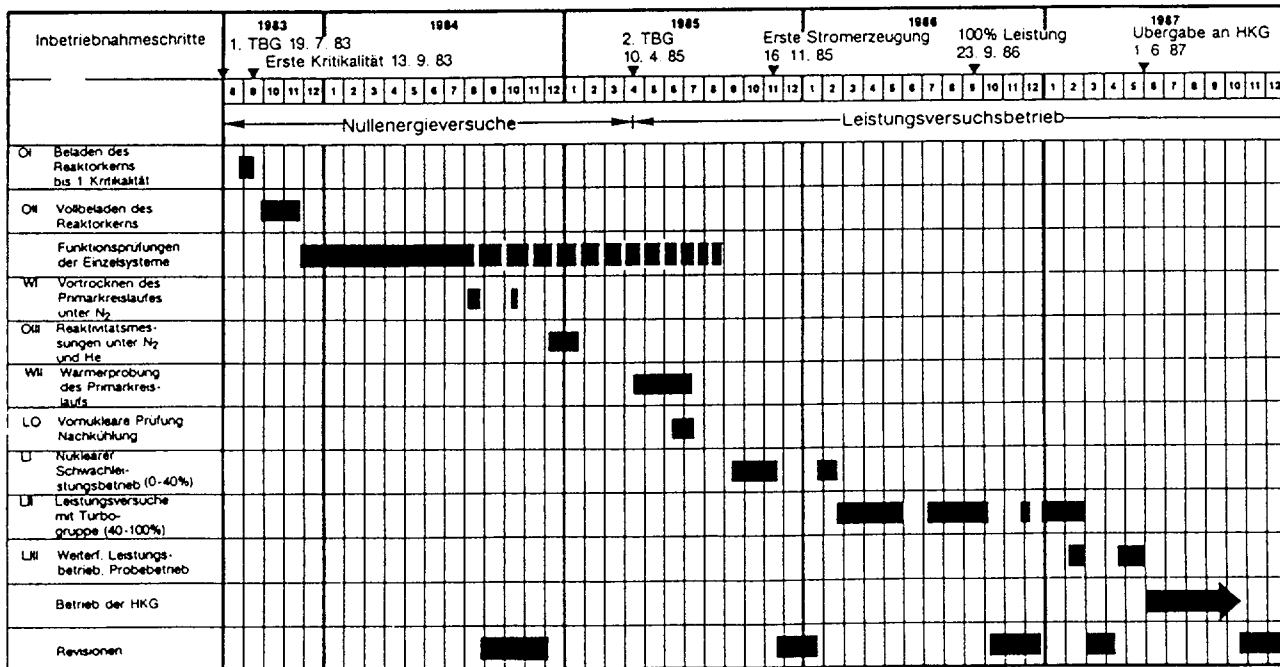


Abb. 4: Abwicklung der Inbetriebnahmeschritte.

## 2.2. Erfahrungen aus Inbetriebnahme und Betrieb

Die Inbetriebnahme des THTR-300 wurde in zwei atomrechtliche Betriebsgenehmigungen aufgeteilt:

Die erste Teilbetriebsgenehmigung für die Beladung mit Betriebselementen, die Versuche mit sehr niedriger Leistung (Null-Energie-Versuche) und die Vortrocknung des Primärkreislaufes unter Stickstoff wurde am 19. 7. 83 erteilt:

Die zweite Teilbetriebsgenehmigung für den Leistungsversuchsbetrieb lag am 9. 4. 85 vor; sie gilt bis zum Erreichen von 1100 Reaktorvolllasttagen.

Die Strategie der THTR-Inbetriebnahme war dadurch gekennzeichnet, daß zum frühestmöglichen Zeitpunkt parallel zu den Restmontagen mit der Kernbeladung und den nuklearen Nullenergieversuchen begonnen wurde. Daraus ergab sich die Möglichkeit, die Kernausslegung so früh wie möglich zu verifizieren, die Funktion der Reaktorkomponenten des Primärkreislaufes rechtzeitig zu testen und eventuelle Korrekturen termingerecht zu veranlassen.

Die nukleare Inbetriebnahme wurde in neun Inbetriebnahmeschritten unterteilt (Abb. 4). Die äußerst sorgfältig und dem Charakter des Prototyps und der Forschungsanlage angemessene Abwicklung der Inbetriebnahme läßt sich auf sechs Eckdaten zurückführen. Diese sind:

Beginn	30. 8. 83
Erste Kritikalität	13. 9. 83
Erstmals Nukleare Leistung	6. 9. 85
Erste Stromlieferung	16. 11. 85
Erstmals 100%-Leistung	23. 9. 86
Übernahme durch HKG	1. 6. 87

Die bis heute gewonnenen wesentlichen Betriebsergebnisse nach Bereitstellung von 2891000 MWh elektrischer Arbeit und 16410h Reaktorbetrieb lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Die Zeitausnutzung der Anlage betrug in 1987 61%,  
in 1988 52%.

Als eindeutig positive Ergebnisse lassen sich nennen:

- die Auslegungsleistung von 100% wurde auf Anhieb erreicht.
- die thermodynamischen Primärkreislaufdaten haben sich bestätigt.
- die Personendosisbelastung ist äußerst gering.
- Ausbaurbeiten am Primärkreis sind trotz schwieriger Zugangsverhältnisse durchführbar.

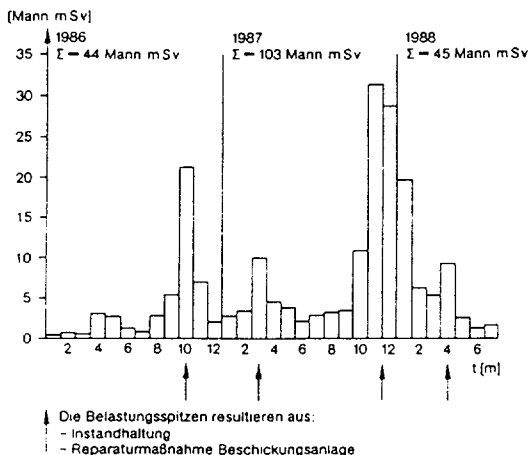


Abb. 5: Monatlich akkumulierte Gesamtpersonendosis.

Alle diese Ergebnisse bestärken uns in der Aussage, daß mit den nunmehr vorliegenden Erfahrungen aus dem THTR-300 ein technischer Anforderungskatalog erstellt werden kann, mit dem ein Folgereaktor in die entscheidende Planungsphase gehen könnte.

Als Beleg für die obengenannten positiven Betriebsergebnisse dient Abb. 5 mit der Darstellung der monatlich akkumulierten Gesamtpersonendosis.

Die Übereinstimmung der technischen thermodynamischen Datenvorhersage und die Meßergebnisse aus der Inbetriebnahme zeigt Abb. 6 am Beispiel der Temperaturverläufe für das Schnellabfahren aus 60% Leistung.

Neben diesen positiven Betriebserfahrungen wurden in der bisherigen Betriebszeit des THTR-300 wertvolle Erkenntnisse gewonnen. Abb. 7 zeigt das Diagramm der elektrischen Leistung vom 1. 1. 88 bis 29. 9. 88, aus dem sich auch die obengenannte Zeitverfügbarkeit für 1988 errechnet. Eine Analyse der Nichtverfügbarkeitszeiträume zeigt eindeutig, daß die Ursachen überwiegend im Bereich der Beschickungsanlage und im Bereich der Handhabung der Kugelemente zu suchen sind. Diese Handhabung wird zusätzlich erschwert durch das Vorhandensein von beschädigten Kugelementen, die während der Zeit der Inbetriebnahme durch die umfangreichen Fahrversuche der Kernstäbe verursacht wurden. Da die Kugelbeschädigungsrate rückläufig ist - sie liegt derzeit bei ca. 0,6% der abgezogenen Kugeln -, ist auch langfristig mit einem Rückgang der Schwierigkeiten bei der Kugelhandhabung zu rechnen.

Zur Bewältigung der Schwierigkeiten bei der Handhabung der Kugelemente wurden bis heute verschiedene Maßnahmen ergriffen:

- Es wurde eine Reparatur am Kugelabzug in unmittelbarer Nähe des Primärkreislaufes durchgeführt, die ein verbessertes Ausschleusen der Kugelemente bei 100% Reaktorleistung und vollem Gasdurchsatz ermöglicht.
- Um die Kugelbeschädigungen niedrig zu halten, wurden die Kugelbelastungen dadurch reduziert, daß die Einfahrtiefe und die Zahl der Kernstäbe bei längeren Abschaltungen in Abhängigkeit der erforderlichen Abschaltreaktivität festgelegt wird. Ebenso wurde das Verfahren der  $NH_3$ -Einspeisung, das eine Schmierwirkung bei der Abschaltung erzeugt, optimiert.
- Die beschädigten Kugeln werden langsam aus dem Reaktorkern ausgeschleust.

Die Kugelbeschädigungen und die Probleme bei der Handhabung haben keine sicherheitstechnische Bedeutung; die Kühlgasaktivität liegt unverändert im Erwartungsbereich.

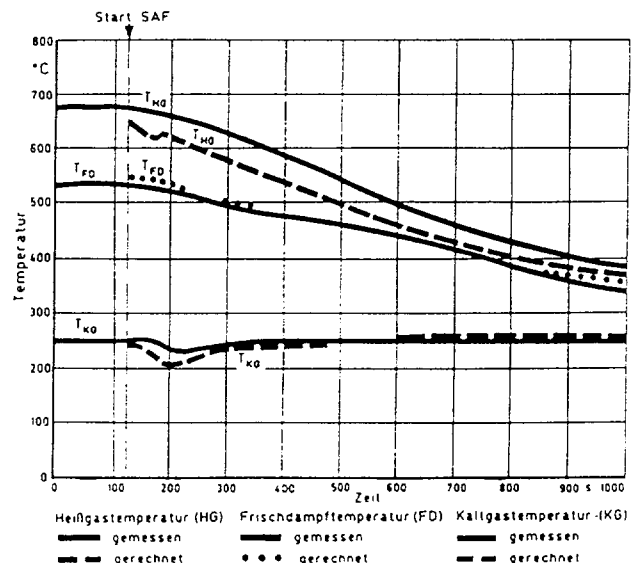


Abb. 6: Schnellabfahren aus 60%-Leistung (Temperaturen).

Damit kann auch ein signifikanter Bruch beschichteter Teilchen ausgeschlossen werden.

Die Zeitnichtverfügbarkeit gegen Ende 1988 wurde bestimmt durch den Schaden am Heißgaskanal. In einer Routine-revision besichtigte die HKG vorsorglich einen Heißgaskanal, der die Strömungsführung des heißen Heliums vom Reaktorkern zu den Dampferzeugern übernimmt. Abb. 8 zeigt einen Blick in einen Heißgaskanal mit dem rechteckigen Durchtritt durch den graphitischen Seitenreflektor. Die unteren Kanalblöcke aus Graphit sind jeweils mit einem Graphitdübel auf den Kohlesteinblöcken fixiert. In der Außenwand des Seitenreflektors sind diese Dübel in Durchgangsbohrungen der Blöcke angeordnet. Weiter ist in Abb. 8 der Anfang des metallischen Teils des Heißgaskanals zu sehen mit der Innenisolierung, bestehend aus metallischen Folienpaketen, 30 cm × 30 cm Abdeckfläche, die mit jeweils 4 Eckbolzen und 1 Zentralbolzen fixiert werden. Nachdem bei der ersten Kanalbesichtigung Schädigungen an den Befestigungsbolzen (Zentralbolzen) festgestellt wurden, entschloß sich die HKG, alle sechs Kanäle zu besichtigen und stellte dabei fest, daß von ca. 2600 Bolzen insgesamt 35 Bolzenköpfe abgesprengt waren. Es wurde außerdem festgestellt, daß die Graphitdübel zur Fixierung der unteren Außenkanalblöcke ausgehoben waren.

In der Folgezeit bis heute wurde dieser festgestellte Schaden sorgfältig untersucht und als Schadensursache liegt folgendes Ergebnis vor:

Die Bolzen haben versagt aufgrund einer Abnahme der Werkstoffduktilität infolge der Bestrahlung mit thermischen Neutronen und im Temperaturbereich größer 500 °C. Desweiteren ergaben sich Spannungskonzentrationen im Kopfbereich der Bolzen durch unterschiedliche Wärmeausdehnungsquotienten der Materialien der 18lagigen Metallfolienisolierung und der Konstruktion der Haltebolzen.

Die HKG kommt nach sorgfältiger Prüfung gemeinsam mit dem Anlagelieferer zu der Ansicht, daß ein Weiterbetrieb des



Abb. 8: Blick in einen Heißgaskanal, im Vordergrund Steine des Graphitaufbaues.

THTR-300 mit den vorhandenen Schäden vertretbar ist. Dadurch, daß sich die Schäden im wesentlichen auf die Zentralbolzen konzentrieren, wird die Innenisolierung im metallischen Teil des Heißgaskanals nach wie vor durch die Eckbolzen gehalten. Damit ist die Funktionsfähigkeit der Innenisolierung auch jetzt sicher gewährleistet. Sollte es dennoch zum Ablösen von Teilen der Isolierung kommen, so läßt sich dieses anhand der betrieblichen Überwachung der Prozeßparameter Massenstrom und Druckverlust über dem Heißgaskanal erkennen. Die HKG wird gleichwohl weiterhin durch kürzere Besichtigungsintervalle das Schadensbild beobachten.

Die aus dem bisherigen Betrieb gewonnenen Erkenntnisse haben schon wesentlich zum gesetzten Forschungsziel des THTR-300 beigetragen und wichtige Erkenntnisse für die Planung einer Folgeanlage liefern können.

### 2.3. Erwartete Erfahrungen bei einem Weiterbetrieb des THTR-300

Ein Weiterbetrieb des THTR-300 kann über die jetzigen Betriebserfahrungen hinaus noch wesentliche Erkenntnisse liefern und damit den Forschungsauftrag sinnvoll abrunden. Insbesondere erwartet die HKG, daß sich die Kenntnisse zum Kugelfließen innerhalb des Kugelbettes, die Erkenntnisse zur Schädigungsrate der Kugeln und die Erkenntnisse über Aktivitätsfreisetzung aus den Kugeln noch sehr stark verbessern und erhärten lassen.

Eine weitere Aufgabe wäre die Erprobung des Langzeithaltens der prototypischen Komponenten. Der Heißgaskanal ist hier nur ein im Augenblick signifikantes Beispiel, aber auch die anderen Prototypkomponenten, wie Abschaltstäbe, Spannbetonbehälter, Graphitaufbau sind hier langfristig von großem Interesse.

Eine weitere Aufgabe, die bei einem Weiterbetrieb angegangen werden kann, ist die Entwicklung von Ausbau- und Reparaturgeräten für die innerhalb des Spannbetons liegenden Bauteile. Der bisherige Betrieb hat gezeigt, daß die Frage der Zugänglichkeit für den Betreiber von herausragender Bedeutung ist und die Entwicklung von Ausbaugeräten dringend erforderlich ist. Der Nachweis der Reparaturfreundlichkeit von Hochtemperaturreaktoren ist nach Meinung der HKG somit auch Aufgabe eines Prototyps.

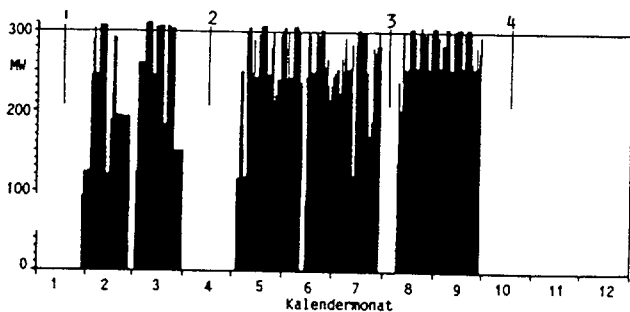


Abb. 7: Diagramm der elektrischen Leistung I. 1. 88 bis 29. 9. 88.

- |   |   |
|---|---|
| <p>1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Verbesserungen im Bereich des Kugelabzuges</li> <li>- Verbesserung der Außenfassade der Reaktorhalle</li> <li>- Generator-Hauptrevision und Kurzrevision an den Hilfsturbinen</li> <li>- Wiederkehrende Prüfungen und Instandhaltungsmaßnahmen</li> </ul> <p>2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechsel der beiden Kannen für beschädigte Betriebs-elemente</li> <li>- Beseitigen von Kugelverklebungen in Vereinzeln-scheidern und Wendelabscheider</li> <li>- Wiederkehrende Prüfungen</li> </ul> | <p>3</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechsel einer Kanne für beschädigte Betriebs-elemente</li> <li>- Instandhaltungsmaßnahmen</li> </ul> <p>4</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wechsel einer Kanne für beschädigte Betriebs-elemente</li> <li>- Inspektion des Wendelabscheiders YE04 D010 und der Heißgaskanäle</li> <li>- Wiederkehrende Prüfungen</li> <li>- Instandhaltungs- und Änderungsarbeiten</li> </ul> |
|---|---|

Damit diese Aufgaben jedoch angegangen werden können, ist die finanzielle Basis für das Projekt THTR-300 neu zu definieren.

### 3. Der Risikobeteiligungsvertrag und die Abdeckung finanzieller Risiken

Bereits im Jahre 1971 waren sich die Partner des Projektes THTR-300 darüber im klaren, daß ein von Anfang an kommerzieller Betrieb des THTR-300 aufgrund seines Prototypcharakters und der mit ihm verfolgten Forschungsziele nicht zu erreichen ist. Aus diesem Grunde wurde in vielen Verhandlungen bereits zu Beginn des Projektes ein Risikobeteiligungsvertrag (RBV) geschlossen, der zur Abdeckung der wirtschaftlichen Betriebsrisiken und zur Abdeckung der Stilllegung der Anlage eine Haftsumme von zum gegenwärtigen Zeitpunkt 450 Mio. DM ausweist. Diese Haftsumme von 450 Mio. DM wurde zu 1/3 vom Bund und zu 2/3 vom Land Nordrhein-Westfalen aufgebracht. 270 Mio. DM sind für den Ausgleich von Betriebsverlusten reserviert; 180 Mio. DM derzeit für die Stilllegung der Anlage.

Der Vertrag sieht weiter vor, daß während der ersten drei Jahre die HKG-Gesellschafter 10% der Betriebsverluste übernehmen und 90% aus der Haftsumme des RBV gedeckt wird. Nach drei Jahren erhöht sich die Verlustübernahme der HKG-Gesellschafter auf 30%. Seit der letzten Anpassung des RBV im Jahre 1983 haben sich die Kosten für die Stilllegung (Beseitigung) der Anlage gegenüber den Ansätzen im RBV erhöht. Die Kosten für die Beseitigung der Anlage sind von 180 Mio. DM aus dem derzeitigen RBV auf Basis eines Gutachtens heute auf ca. 450 Mio. DM angewachsen.

Durch das Auftreten neuer von außen an das Projekt THTR-300 herangetragenener Risiken, die zu Stillständen führen können, sind die Gesellschafter der HKG der Ansicht, daß die Haftsumme von 450 Mio. DM nicht ausreichend ist. Alle diese neuen Risiken haben sich gegen Ende des Jahres 1988 konkretisiert. Sie sollen im folgenden kurz angerissen werden:

#### - Stillstandsrisiko Brennelementversorgung

Die derzeit durch Nukem gefertigten Brennelemente für den THTR-300 reichen für eine Betriebszeit bis Ende 1991. Zum 31. 12. 88 hat die Nukem mit der Produktion von kugelförmigen Brennelementen aufgehört. Eine termingerechte Anschlußfertigung ist derzeit nicht sichergestellt.

#### - Stillstandsrisiko Brennelemententsorgung

In der Betriebsgenehmigung für den THTR-300 ist nach dem Erreichen von 600 Volllasttagen, das wäre ein Zeitpunkt Anfang 1990, nachzuweisen, daß Zwischenlagermöglichkeiten für Brennelemente extern gesichert sind und daß weiterhin die Transportbereitstellungshalle zur Einlagerung von schwachaktiv-Abfällen auf dem Gelände des THTR-Standortes genehmigt ist.

Beide Bedingungen sind derzeit noch in Arbeit und nicht abgeschlossen.

#### - Stillstandsrisiko Dauerbetriebsgenehmigung

Die derzeitige Betriebsgenehmigung für den THTR-300 erstreckt sich auf 1100 Volllasttage, d. h. sie läuft Mitte 1992 aus. Für die daran anschließende Dauerbetriebsgenehmigung ist ein Genehmigungsverfahren noch durchzuführen. Es ist derzeit nicht abzusehen, unter welchen Auflagen und Kriterien dieses Genehmigungsverfahren durchgeführt wird. Auf jeden Fall wird die zuständige atomrechtliche Genehmigungsbehörde vor Erteilung einer weiterführenden Betriebsgenehmigung eine detaillierte Sicherheitsprüfung wahrscheinlich erwägen.

Diese Umstände haben die Gesellschafter der HKG veranlaßt, an die Partner des Risikobeteiligungsvertrages heranzutreten und eine Aufstockung des Vertrages auf die Haftsumme

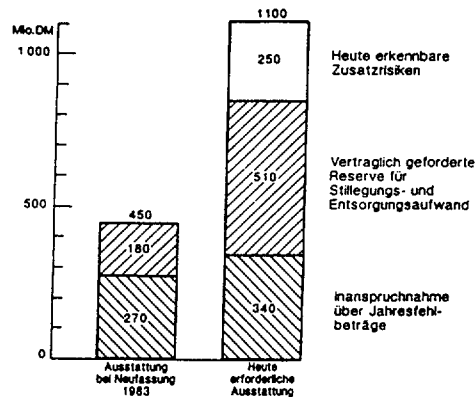


Abb. 9: Ausstattung des Risikobeteiligungsvertrages.

von 1,1 Mrd. DM zu fordern. Bei der Beurteilung der Erhöhung der Haftsumme muß immer wieder deutlich gemacht werden, daß es sich hier um die Abdeckung eines finanziellen Risikos handelt, das nicht mit Sicherheit eintreten muß. Würde z. B. der THTR-300 im Rahmen einer Langfristplanung mit 70,4% Verfügbarkeit betrieben werden können, so würde die Haftsumme maximal mit 340 Mio. DM beansprucht werden.

Es ist also eindeutig, daß nicht sicherheitstechnische Gründe diese Aufstockung der Risikobeteiligung notwendig machen, sondern daß es ausschließlich von außen herangetragene wirtschaftliche Faktoren sind, die die notwendige Erhöhung fordern.

In Abb. 9 sind die Bestandteile des Risikobeteiligungsvertrages und die von den HKG-Gesellschaftern für notwendig erachtete Erhöhung dargestellt.

### 4. Schlußwort

Die Hochtemperaturreaktorlinie genießt derzeit weltweit erhöhte Aufmerksamkeit und wissenschaftliches Interesse. Zusammenarbeitsverträge der deutschen Industrie mit der Sowjetunion und Verträge mit der Volksrepublik China sind hier nur ein Gradmesser für den Aufwind, der die Hochtemperaturreaktorlinie auf internationalem Gebiet trägt.

Die technologischen Möglichkeiten, die in der Hochtemperaturreaktorlinie stecken, sind nach wie vor technisch und wissenschaftlich unbestritten, sei es die Erzeugung von Wasserstoff oder die Bewältigung des CO<sub>2</sub>-Problems. Die in Studien konzipierte Symbiose von nuklearer und fossiler Energie über den Hochtemperaturreaktor ist eine Option für eine umweltschonende Energieversorgung für die Zukunft. Bei dieser weitgespannten Zielsetzung ist zu fragen, ob eine neuartige Technologie Bestand haben kann, wenn der Betrieb der weltweit einzigen Referenzanlage aus finanziellen Erwägungen nicht fortgeführt werden kann. Der THTR-300 war als Bindeglied zwischen dem AVR und einer kommerziellen Hochtemperaturreaktoranlage gedacht. Wenn das Bindeglied fehlt, ist ein Bruch in der technologischen Weiterentwicklung vorprogrammiert.

In der heutigen Diskussion über eine langfristig ausreichende und umweltschonende Energieversorgung werden häufig neue Technologien unter den Begriffen Solarwasserstoff, Windenergie, Biomasse usw. aufgeführt.

Im Vergleich zum Entwicklungsstand dieser Energieträger ist mit dem THTR die großtechnische Reife der HTR-Linie erreicht. Er ist damit den Entwicklungen auf dem Sektor der sog. Alternativenergien um Jahrzehnte voraus.

Wir werden unter dem Gesichtspunkt zu entscheiden haben, ob es sinnvoll ist, diese Entwicklung zu unterbrechen oder abzuwarten, bis andere sie uns liefern können.

DK 621.039.524.2.034HTR