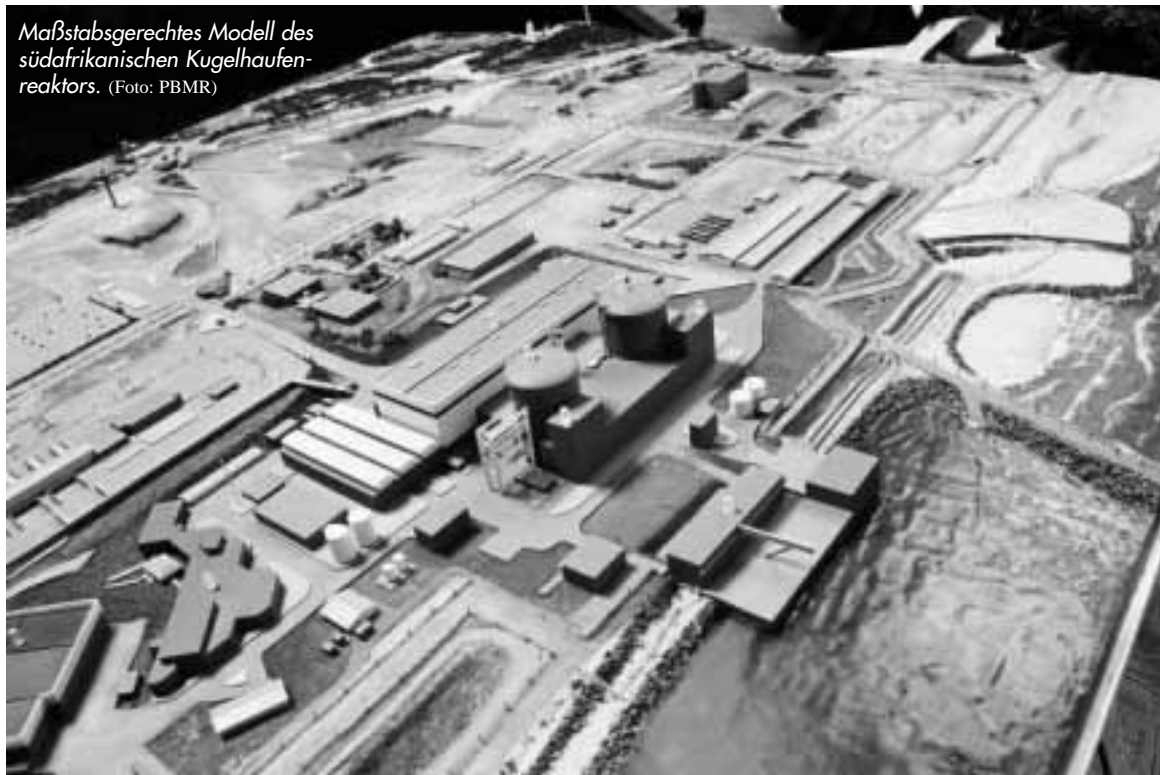


RENAISSANCE DER KERNKRAFT

Maßstabsgerechtes Modell des südafrikanischen Kugelhaufenreaktors. (Foto: PBMR)



Südafrika baut den 100% sicheren Kugelhaufenreaktor

Das südafrikanische Projekt eines modularen Kugelhaufenreaktors (MKHR) zur Strom- und Wärmeerzeugung stand im Mittelpunkt einer Konferenz in London.

Mit dem MKHR übernimmt Südafrika die Führungsrolle in der vierten Generation der Kerntechnik.

Im kommenden Jahr wird Südafrika mit dem Bau des ersten Modularen Kugelhaufen-Reaktors (MKHR) beginnen – eines revolutionären Kernkraftwerks, das Südafrikas Minister für Öffentliche Unternehmen als „die perfekte Kerntechnik für Afrika und die Entwicklungsländer“ bezeichnete.

Mit dem MKHR übernimmt Südafrika die Führungsrolle in der vierten Generation der Kerntechnik, bei der sich außergewöhnliche Simplizität, Robustheit und „inhärente Sicherheit“ mit der Fähigkeit verbindet, hohe Temperaturen für die Produktion von Treibstoffen auf Wasserstoffbasis und billigen Strom zu erzeugen. Der MKHR gehört zur Familie der Hochtemperaturreaktoren, die Lyndon LaRouche und seine Mitarbeiter schon seit langem als das wichtigste „Arbeitspferd“ unter den Kraftwerkstypen für den Wiederaufbau und künftiges Wachstum bezeichnet haben.

Das MKHR-Projekt baut auf einer langen historischen Entwicklung auf, die in den 50er Jahren begann, als sich der deutsche Kernphysiker Prof. Rudolf Schulten erste Gedanken über den Bau eines 100prozentig „inhärent sicheren“ Kernkraftwerkstyps machte, der überall auf der Welt, also auch in Entwicklungsländern als effiziente industrielle Wärme- und Elektrizitätsquelle dienen könnte.

Schultens einfallsreiche Lösung sah vor, kleine Brennstoffpartikel in keramisches Material einzuhüllen, das hohen Temperaturen widerstehen kann, so daß die radioaktiven Spaltprodukte auf Dauer dort eingeschlossen bleiben, wo sie entstehen. Gleichzeitig wählte Schulten den Brennstoff, das Kühlmittel Helium und die Konstruktion des Reaktors so, daß die Gefahr einer außer Kontrolle geratenden Kettenreaktion ausgeschlossen und ein Normalbetrieb bei Betriebstemperaturen bis zu 1 000 °C möglich ist. Schultens Konzept wurde durch

den mehr als 20jährigen Betrieb des 30 MW-AVR-Forschungsreaktors im Kernforschungszentrum Jülich erprobt und bestätigt.

Leider wurden in Deutschland aufgrund der politisch-ideologisch motivierten faktischen Aufgabe des einst weltführenden Kernkraftsektors alle Arbeiten an Schultens Konzept eingestellt. Es ist drei anderen Ländern – Südafrika, Japan und China – zu verdanken, daß diese Technologie erhalten blieb.

Heute laufen Forschungsreaktoren in China und Japan – ersterer beruht im wesentlichen auf Schultens Plänen, letzterer ähnelt eher einem anderen HTR-Entwurf, der aus den USA stammt. China kündigte kürzlich an, daß es im Rahmen seines Kernkraftprogramms eine große Zahl kommerzieller HTR-Einheiten produzieren werde. Das am weitem fortgeschrittene Projekt, das Schultens ursprünglicher Idee zum entscheidenden, längst überfälligen Durchbruch verhelfen könnte, ist Südafrikas MKHR.

Die internationale MKHR-Konferenz

Am 30. Januar veranstaltete Großbritanniens Nuklearindustrieverband eine internationale Konferenz, die sich ausschließlich mit dem MKHR befaßte. Rund 200 Industrielle, Kerntechniker und Politiker als Südafrika, Großbritannien, den Vereinigten Staaten, Japan, Frankreich, Deutschland, Spanien und der Schweiz nahmen daran teil. Die Konferenz, auf der auch die Verantwortlichen des südafrikanischen Programms und Südafrikas Minister für Öffentliche Unternehmen sprachen, diente dazu, erstmals das gesamte MKHR-Programm in Europa vorzustellen, nachdem bereits im August letzten Jahres eine Konferenz internationaler Zulieferer und Investoren in Südafrika stattgefunden hatte.

Dr. Alistair Ruiters, Projektleiter der Firma PBMR, die den MKHR entwickelt, hob „die Früchte von 14 Jahren harter Arbeit“ hervor, die mit der Entscheidung des staatlichen südafrikanischen Stromkonzerns Eskom begannen, mit einem kleinen Budget das Potential des ursprünglichen deutschen Konzepts zu untersuchen. Ein wichtiger Wendepunkt kam 1994-1995, als Südafrika freiwillig sein ursprünglich militärisches Nuklearprogramm einstellte und dessen Mitarbeiter und Ressourcen für das MKHR-Projekt einsetzte. Heute beschäftigt das Projekt Zulieferer in aller Welt. Die kommerzielle Tragfähigkeit dieses neuen Weges der Kerntechnik ist gesichert. Gleichzeitig bildet der MKHR einen wichtigen Beitrag Südafrikas zur Verbesserung der Lebensbedingungen der Menschen in Afrika.

„Kommen Sie mit auf eine aufregende Reise“

Jaco Kriek, Vorstandschef von PBMR, zeigte einen faszinierenden Videofilm über das südafrikanische Projekt, dessen Hauptbotschaft lautete: Südafrika braucht für das schnelle Wachstum seiner Wirtschaft eine neue Infra-



Professor Rudolf Schulten entwickelte das geniale Konzept des Kugelhaufenreaktors. Nach 21 Jahren erfolgreicher Erprobung in Jülich wurde in Hamm-Uentrop ein kommerzieller Thorium-Hochtemperaturreaktor gebaut – und dann aus grün-ideologischer Verblendung stillgelegt.

struktur, die Schwerindustrie und die wissenschaftlich-technologischen Kapazitäten müssen erneuert werden. Deswegen habe das Land beschlossen, sich zu einem „Weltzentrum herausragender Leistungen im Nuklearbereich“ zu entwickeln und über den Export standardisierter Reaktormodule die Rolle Südafrikas als führender Kapitalgüterexporteur zu festigen. Derzeit seien mindestens zwölf Länder am Kauf des MKHR interessiert.

Der erste MKHR soll 2011 fertiggestellt sein. Ihm soll eine kommerzielle Massenproduktion von mindestens 30 weiteren Modulen für den Einsatz im In- und Ausland folgen. Hunderte weitere könnten sich anschließen.

Kriek betonte auch die Entschlossenheit von PBMR, über das Projekt zahlreiche neue Arbeitsplätze in Südafrika zu schaffen. Durch den MKHR wird nicht nur das Potential des Landes für den Export hochwertiger Kapitalgüter gestärkt, PBMR ermutigt auch internationale Zulieferer, Teile der Produktion in Südafrika anzusiedeln. Bei der Produktion von MKHR-Modulen wird die einheimische Wertschöpfung einen Anteil von rund 60% erreichen.

Die stromerzeugende Variante des MKHR hat schon jetzt einen wichtigen Kunden im südafrikanischen Stromkonzern Eskom, der sich verpflichtet hat, MKHR-Module mit einer Kapazität von mindestens 4 000 MW abzunehmen, um seine Stromerzeugung zu modernisieren und zu erweitern. Künftig verspricht jedoch der Einsatz des MKHR zur Bereitstellung von Prozeßwärme nicht zuletzt zur Erzeugung von Wasserstoff noch interessanter zu werden. PBMR plant den Bau eines zweiten Demonstrationsreaktors, der diese Fähigkeit zur Prozeßwärmeerzeugung zeigen soll.

Der MKHR ist in Südafrika zwar als „nationales strategisches Projekt“ eingestuft, wird aber mit einer erstaunlich großen internationalen Beteiligung hergestellt. Zu den PBMR-Zulieferern in aller Welt gehören Mitsubishi Heavy Industries (MHI), die das Helium-Turbinensystem für die direkte Stromproduktion des MKHR bauen wird, Nukem und Uhde aus Deutschland, SGL

Carbon, Spaniens Stahlproduzent ENSA, Kanadas SNC-Lavalin, Murray Roberts und viele andere.

Afrika braucht Strom!

Sehr aufschlußreich war auch der Vortrag des Eskom-Vorstandschefs Thulane Gcabashe. Eskom sei derzeit der neuntgrößte Stromversorger der Welt, erklärte er, und erzeuge 95% des südafrikanischen Stroms und die Hälfte des gesamten afrikanischen Stromverbrauchs.

Gcabashe zeigte auch die bekannte Satellitenaufnahme der Welt bei Nacht und wies darauf hin, daß Afrika zwar 12% der Weltbevölkerung hätte, aber nur über 2% des weltweiten Energieverbrauchs verfüge, und deswegen immer noch buchstäblich der „dunkle Kontinent“ sei. Andererseits habe Afrika natürliche Ressourcen zur Stromproduktion im Überfluß – Wasser, Kohle und Uran – die genutzt werden könnten. Gcabashe machte deutlich, daß Eskom in seiner Strategie nicht nur den Bedarf Südafrikas, sondern die Bedürfnisse des gesamten afrikanischen Kontinents mit seinen rund 700 Millionen Einwohnern berücksichtige.

In den letzten zehn Jahren sei es Eskom trotz massiver Elektrifizierungsanstrengungen in Südafrika gelungen, immer freie Kapazitäten zur Stromerzeugung vorzuhalten. Dieser Überschuß schrumpfe jedoch immer schneller, und schon in etwa einem Jahr werde die schnell wachsende Stromnachfrage die jetzigen Kapazitäten übersteigen. Mit bestimmten Maßnahmen, so der Wiederinbetriebnahme schon in den 80er Jahren stillgelegter Kraftwerke, ließe sich zwar kurzfristig die Lage noch halten, aber mittelfristig werde es nur durch ein massives Programm zum Bau neuer Kraftwerke gelingen, mit der schnell wachsenden Nachfrage mitzuhalten.

Nach Prüfung aller zur Verfügung stehenden Optionen habe sich Eskom entschieden, auf die Kernkraft in Form des MKHR als wichtigstem Mittel zur Deckung des Strombedarfs zu setzen. Die wichtigsten Gebiete, in denen dieser Reaktor zum Einsatz kommen werde, seien die schnell wachsenden Küstenregionen am Kap und in Kwa Zulu, die weit von den Kohlefördergebieten des Landes entfernt liegen.

Nach einer detaillierten Machbarkeitsstudie entschloß sich Eskom 2002 zunächst, mindestens 1100 MWe an nuklearer MKHR-Kapazität zu bauen, angefangen mit dem „strategischen nationalen Demonstrationsprojekt“, das im kommenden Jahr in Angriff genommen wird. Darüber

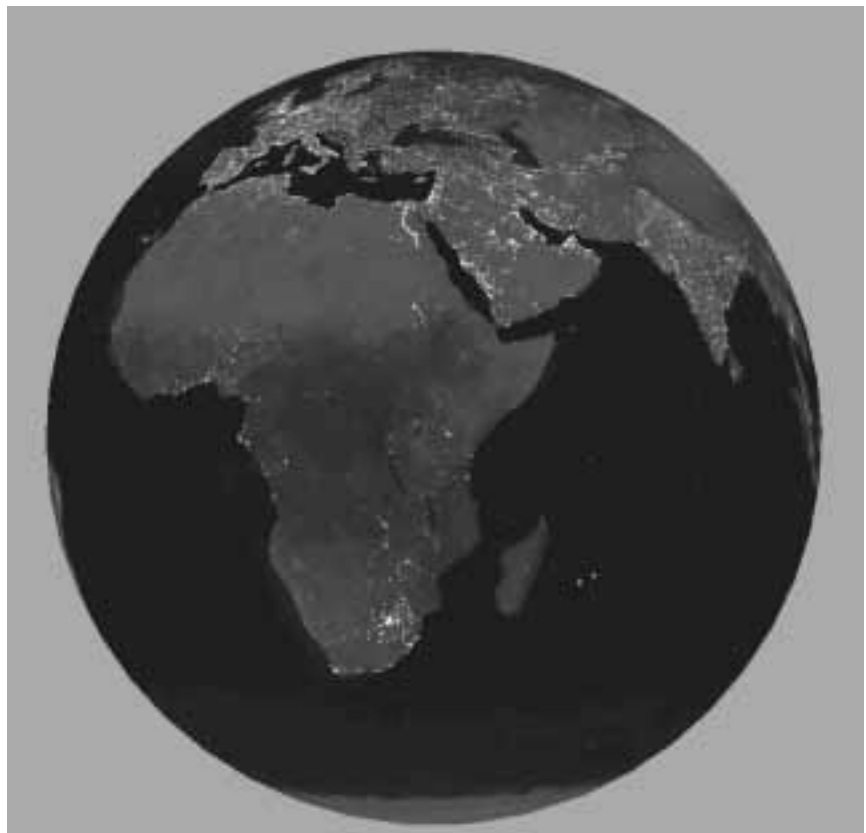
hinaus erwägt Eskom den Bau von insgesamt mindestens 4000 MWe MKHR-Kapazität. Langfristig wird eine zusätzliche Kapazität von rund 10.000 MWe benötigt, was rund 60 standardisierten MKHR-Modulen entspricht.

Für ein stabiles Energiesystem

Südafrikas Minister für öffentliche Unternehmen Alec Erwin schilderte den Denkprozeß der Regierung hinter dem ehrgeizigen MKHR-Programm. Warum entscheidet sich ein Land wie Südafrika für einen solchen Kurs? Nach zehn Jahren raschen Wachstums, sagte Erwin, mußte man sich Gedanken darüber machen, wie ein stabiles Energiesystem aufgebaut werden könne. Da es in den Nachbarländern keine leistungsstarken Energielieferanten gebe, mußte der Schwerpunkt auf die Produktion im eigenen Land gelegt werden.

Südafrikas Regierung beschloß daher, den staatlichen Stromkonzern Eskom nicht aus den Händen zu geben, um ihm die Möglichkeit zu geben, Kapital zu beschaffen und fortgeschrittene technische Projekte in Angriff zu nehmen.

Erwin betonte die Vorteile des MKHR für die Entwicklungsländer in Afrika und der übrigen Welt (siehe das folgende Interview mit ihm) und verwies auf das starke Interesse vieler Länder wie Brasilien, Indien und



Der geringe Stromverbrauch Afrikas wird in dieser Satellitenaufnahme bei Nacht schlagend deutlich, wo elektrische Beleuchtung durch weiße Punkte sichtbar wird. Auf dem Kontinent leben zwar 12% der Weltbevölkerung, doch wird hier nur 2% des weltweiten erzeugten Stroms verbraucht. (Daten von AVHRR, NDVI, SEAwifs, MODIS, NCEP, DMSp und Sky2000 star catalog)

China, mit denen Südafrika in Verhandlungen stünde. China, das selbst einen kleinen Forschungsreaktor auf der Grundlage der Kugelhaufentechnologie betreibt, hat mit Südafrika eine Zusammenarbeit vereinbart.

Es gebe zwar eine gewisse Opposition gegen die Kernkraft in seinem Land, die jedoch vor allem durch internationale Nichtregierungsorganisationen (NGOs) ins Land getragen werde. Die Debatte in Südafrika selbst sei vernünftiger als in der sogenannten entwickelten Welt. Tatsächlich stellten die sogenannten erneuerbaren Energien keine ernstzunehmende Alternative zur Kerntechnik dar, sagte er.

Nuklearmodule im Sechserpack

Ein besonders begeisterter Beitrag kam aus den Vereinigten Staaten. Regis Matzie, technischer Direktor der Firma Westinghouse Electric, bezeichnete das MKHR-Projekt als „Vorbild internationaler Zusammenarbeit“ und bemerkte, neben den bereits erwähnten internationalen Zulieferern spiele auch Rußland eine wichtige unterstützende Rolle, indem es Testeinrichtungen für die Brennelemente des MKHR zur Verfügung gestellt habe.

Er war voll Lobes für das südafrikanische Projekt und die umfassende Unterstützung durch die Regierung. „Es gibt keine wesentlichen offenen technischen Fragen mehr“, erklärte Matzie, was auch daher rühre, daß die Erfahrungen der Brennelementeentwicklung und des Betriebs des AVR in Jülich und des THTR in Hamm-Uentrop sowie standardisierte Komponenten konventioneller Leichtwasserreaktoren in den MKHR eingegangen seien.

Was die künftigen Märkte angehe, so heißt es, daß der MKHR eine „Nische“ für Kernkraftwerke bis zu 700 MWe füllen können. Doch „diese Nische“, so Matzie, „ist ziemlich groß.“ Sie umfasse einen großen Teil des Entwicklungssektors der Welt. Zudem könnte die Möglichkeit, standardisierte MKHR-Module nach dem sogenannten „multimodularen Design“ im „Vierer-, Sechser- oder Achterpack“ zu bündeln, sie zu einem Baustein für kommerzielle Kraftwerke in aller Welt machen.

Aber das Potential für die Verwendung von Prozeßwärme sei sogar noch größer. So sei beispielsweise der Energieverbrauch in den USA nur zu einem Drittel Strom, aber zu zwei Dritteln Verkehr und Wärmeeinwendungen. Der MKHR werde eine Schlüsselrolle beim Übergang zur Wasserstoffwirtschaft spielen.

Europas strategische Herausforderung

Dr. Sue Ion, technische Direktorin der Firma British Nuclear Fuels (BNF), die zu den wichtigsten Partnern des südafrikanischen Projekts gehört, sprach über „Eine europäische Perspektive für die Kernenergie und den MKHR“.

Sie fragte: „Kann es eine Renaissance der Kernkraft in Großbritannien und Europa geben?“ Die Europäische

Union sei der größte Energieimporteur der Welt, und der Importanteil könnte von derzeit 50% in den kommenden Jahrzehnten sogar auf bis zu 70 % ansteigen.

Die Stabilität und Sicherheit der Energieversorgung stehe in Frage. Großbritanniens Erdöl- und Erdgasreserven unter der Nordsee gingen zur Neige. Die strategischen Erdgasvorräte des Landes reichten nur für 14 Tage. Europa habe derzeit eine Stromerzeugungskapazität von 685 GWe, die bis 2020 auf über 900 GWe erweitert werden müßten. Gleichzeitig sei ein großer Teil der derzeitigen Kraftwerke veraltet und müsse in den kommenden 10-15 Jahren ersetzt werden. Der jetzige Zustand des Stromversorgungsnetzes in Europa mit seinen begrenzten Querverbindungen erlaube keine andere Lösung als massive Anstrengungen für den Bau neuer Kraftwerke.

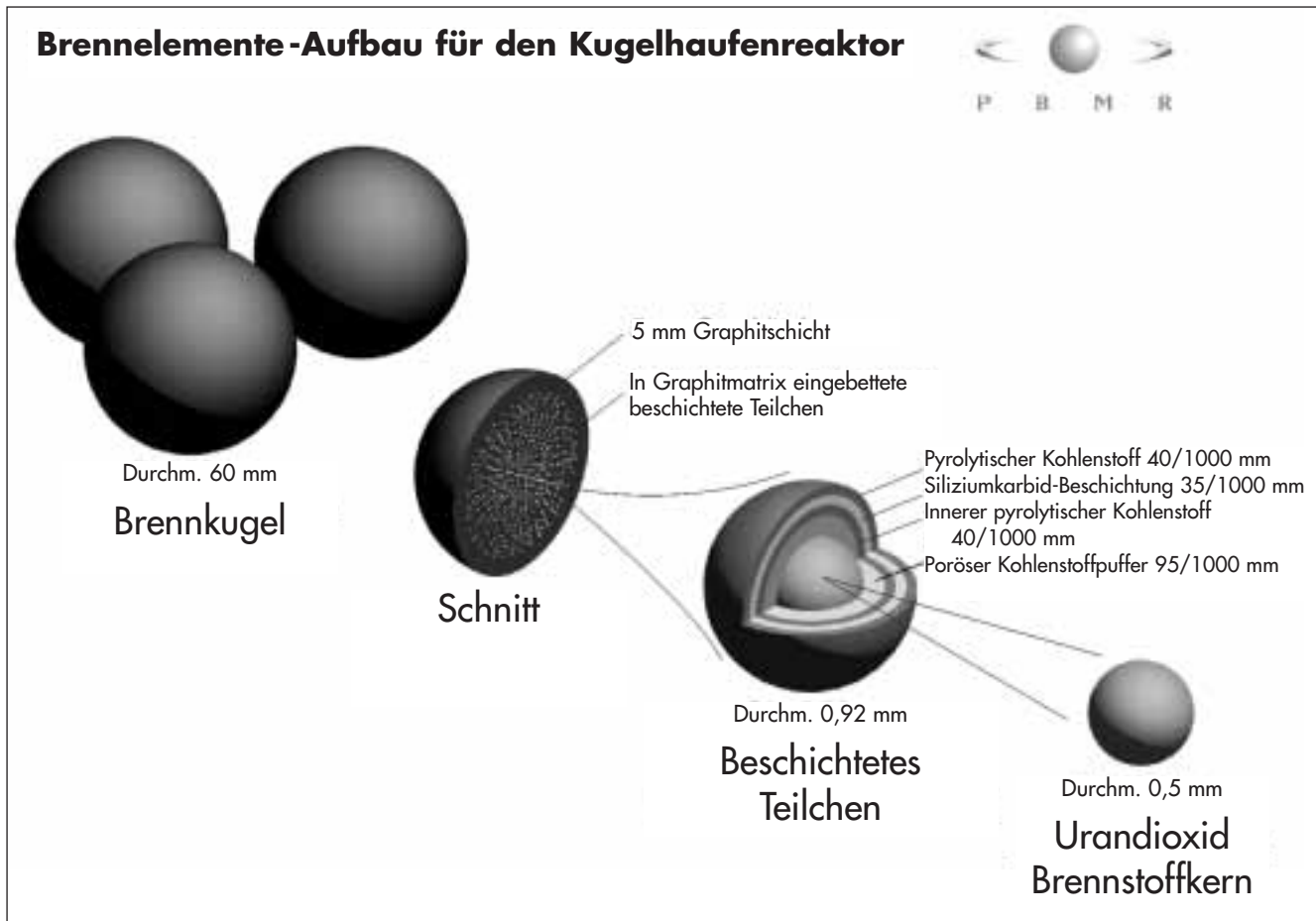
In diesem Kontext müßten die europäischen Länder die Rolle der Kernkraft ersthaft in Erwägung ziehen. Frankreich werde demnächst zahlreiche seiner Kernreaktoren ersetzen. In Großbritannien hätten sich sogar einflußreiche „Umweltschützer“ wie der Gaia-Prophet James Lovelock und Hugh Montefiore für die Kernkraft ausgesprochen, und neue Studien des Britischen Ingenieurs-Instituts hätten die Schwäche der Windkraft und anderer sogenannter „alternativer“ Technologien unterstrichen. Finnland baue derzeit ein neues Kernkraftwerk, und in der Schweiz habe die Bevölkerung in einem Referendum entschieden, sich die Nuklearoption offen zu halten.

Neben dem Problem der Stromerzeugung, so Ion, müsse man etwas in bezug auf den Energiebedarf des Transportsektors tun, der rund 56% der Energie in der Europäischen Union verschlinge. Hier bedeute die Kugelhaufentechnologie als Wärmequelle für die Herstellung von Wasserstoff und synthetischen Treibstoffen den „ersten wirklichen Durchbruch“. „Der MKHR ist eine phantastische Technologie“, sagte Ion, er sei ideal für zahlreiche Standorte in Großbritannien, wo kleinere Einheiten viel besser geeignet seien. Außerdem könne Großbritannien seine umfangreichen Erfahrungen mit gasgekühlten Reaktoren nutzen. „Ich hoffe, daß ich es noch erlebe, wenn hier der erste MKHR angeschaltet wird“, schloß sie.

Auf einer langen Tradition aufbauen

Dieter Matzner, Generalmanager der Kraftwerksabteilung von PBMR, beschrieb detailliert den Prozeß, der dazu führte, daß Südafrika die ursprünglich in Deutschland entwickelte Hochtemperaturtechnik aufgriff. Ironischerweise bildete dabei der Beschluß der Bundesregierung im Jahr 1990, alle Arbeiten am Hochtemperaturreaktor einzustellen, einen entscheidenden Wendepunkt. Nur wenige Monate zuvor hatte die Deutsche Reaktorsicherheitskommission die Basisversion des HTR, die die Grundlage des späteren südafrikanischen Moduldesigns bildete, zugelassen.

Der Erfinder des HTR, Prof. Rudolf Schulten, starb



überraschend im April 1995, nur zwei Wochen nach der Unterzeichnung einer wichtigen Vereinbarung über den Transfer der HTR-Technologie mit Südafrika. Südafrikas frühzeitiges Interesse am HTR wurde durch die Erkenntnis verstärkt, welche Bedeutung dieser Reaktortyp für die Entsalzung großer Mengen Meerwasser in einem weitgehend aus Trockengebieten bestehenden Land hat, wo außerdem riesige Entfernungen zwischen den großen Kohlevorkommen und den Bevölkerungszentren liegen.

Matzner hob die einzigartigen Sicherheitsaspekte des MKHR hervor, insbesondere den Unterschied zwischen der sogenannten „passiven“ Sicherheit, die der neuesten Generation von Leichtwasserreaktoren wie dem Europäischen Druckwasserreaktor (EPR) oder dem AP-1000 der Firma Westinghouse zugrundeliege, und der „inhärenten“ Sicherheit des MKHR. Ein wesentlicher Unterschied sei, daß beim MKHR ein Durchschmelzen des Reaktorkerns nicht nur, wie beim (EPR) oder AP-1000, äußerst *unwahrscheinlich*, sondern buchstäblich *unmöglich* sei.

Das System kugelförmiger Brennelemente, in denen winzige Kernbrennstoffpartikel in hitzebeständige Keramik eingehüllt seien, sei auch ein konkurrenzloses System für die Lagerung von Nuklearabfällen. Das dabei verwendete keramische Material bleibe Millionen Jahre lang stabil und sei korrosionsresistent. Die Keramikumhüllung verhindere die Freisetzung größerer Mengen Radioaktivität aus den Brennelementen bis zu einer

Temperatur von über 1800 °C, was weit oberhalb der Höchsttemperatur liegt, die selbst im schlimmsten Fall im Reaktor erreicht werden.

Neben anderen Vorteilen des MKHR-Designs (siehe das folgende Interview mit Matzner) erwähnte Matzner das besonders günstige Dynamikverhalten des Reaktors, das mit seinem stark negativen Temperatur-Koeffizienten zusammenhänge: Wenn die Temperatur des Reaktors über einen bestimmten Wert hinaus steige, sinke die Effizienz der Spaltreaktionen sehr schnell, so daß sich die Kettenreaktion selbst „abwürgt“. Dadurch sei nicht nur die Möglichkeit ausgeschlossen, daß die Kettenreaktion außer Kontrolle gerate, die Anlage überhitze usw., sondern die Leistung des Reaktors selbst könne über das Kühlsystem gesteuert werden. Je stärker der Reaktor gekühlt werde, desto mehr Leistung bringe er – und je weniger er gekühlt werde, desto weniger Wärme erzeuge der Reaktor, weil sich die Kettenreaktion im Reaktorkern automatisch verlangsamt.

Ein wichtiger Aspekt des südafrikanischen MKHR-Systems ist die Nutzung einer direkt in den Kühlkreislauf eingebundenen Heliumturbine als Antrieb des Stromgenerators. Die sehr hohe Betriebstemperatur des MKHR (900 °C), die äußerst geringen Mengen Radioaktivität, die aus den Brennelementen freigesetzt werden, und die Eigenschaften des Kühlmittels (inertes Heliumgas) ermöglichen den Einsatz einer extrem effektiven Gasturbine und zugleich den Verzicht auf den



Der Hochtemperaturreaktor in Hamm-Uentrop. Typisch für die absurde nach-industrielle Politik ist, daß gerade inhärent sichere Kraftwerkstypen wie der HTR und der Schnelle Brüter aufgegeben wurden.

Einbau sehr großer und komplexer Wärmetauscher, wie sie in Leichtwasserreaktoren zum Einsatz kommen. Dadurch werden auch Reparaturen und Instandhaltungsarbeiten in einer Umgebung mit nur geringer Radioaktivität stark erleichtert.

Die Heliumturbine des MKHR ähnelt dem Düsenantrieb eines Flugzeugs, aber sie ist einfacher aufgebaut, deutlich kleiner und hat eine höhere Leistungsdichte als die Dampfturbinen konventioneller Kraftwerke. Für diesen Teil des Kraftwerks griffen die Südafrikaner auf die Erfahrungen und Kenntnisse des bekannten japanischen Unternehmens Mitsubishi Heavy Industries (MHI) zurück, das zu den wichtigsten Kraftwerksturbinenherstellern der Welt gehört.

Auf dem Weg zu einer weltweiten Wasserstoff-Wirtschaft

Willem Kriel, Leiter der US-Programme der Firma

PBMR, behandelte das Potential des HTR-MKHR-Systems als Wärmequelle für industrielle Prozesse – eine Verwendung, die noch größere Bedeutung erlangen dürfte als die Stromerzeugung. Dazu gehören die Produktion von Wasserstoff, synthetischem Erdgas und anderen flüssigen oder gasförmigen Treibstoffen, die aus Kohle, Öl und anderen Rohstoffen hergestellt werden können, Prozeßwärme für Raffinerien und andere Chemiewerke sowie Hitze und Dampf für die Gewinnung von Schweröl und verschiedenen Ressourcen, ebenso wie Meerwasserentsalzung und anderes.

Hier eröffne sich wissenschaftliches und wirtschaftliches Neuland, wie sich auch am plötzlich erwachten Interesse fossiler Treibstoffhersteller zeige, die Möglichkeiten der Kernenergie zur „Aufwertung“ bestehender Kohlenwasserstoffreserven zu untersuchen. Der MKHR ist (neben der Verbrennung fossiler Brennstoffe) derzeit die einzige existierende Technologie, die auf wirtschaftliche Weise große Wärmemengen im Bereich

von 900 °C liefern kann, und das ganz ohne CO₂-Freisetzung. Wird diese Wärme dazu genutzt, Kohle und Öl durch endothermische Schritte in synthetische Brennstoffe umzuwandeln oder auf thermochemischem Wege Wasserstoff zu erzeugen, der eine wichtige Vorstufe synthetischer Treibstoffe ist, könne man die bestehenden Reserven fossiler Energieträger um einen beträchtlichen Faktor „strecken“.

Der MKHR könnte die Erdgasreserven um 30% und die Kohlevorräte um 100% „vermehrten“ und gleichzeitig die wirtschaftliche Nutzung von Ölsanden ermöglichen. Allein die nutzbaren Kohlenwasserstoffe in den Ölsänden Kanadas und Venezuelas entsprächen den gesamten Ölreserven Saudi-Arabiens.

„Wer hier zögert, wird zu spät kommen“, erklärte Kriel, und verwies auf fünf Bedingungen, die eine einzigartige Gelegenheit zur Einführung nuklearer Prozeßwärme auf dem Weltenergiemarkt schüfen: Eine solche Energiequelle müsse 1) bald zur Verfügung stehen, 2) sicher und 3) wirtschaftlich sein, 4) die richtige Größenordnung (am besten 400-500 MW) haben und 5) die richtigen Temperaturen (zwischen 800 und 1000 °C) erreichen. Der MKHR erfülle alle diese Kriterien und sei darin praktisch ohne Konkurrenz.

Parallel zu den Bemühungen, den MKHR-Demonstrationsreaktor zur Stromerzeugung fertigzustellen, werde bereits an einer Pilotanlage für die Erzeugung von Prozeßwärme gearbeitet. Darüber werde mit mehreren potentiellen Nutzern verhandelt, u.a. in der petrochemischen Industrie. Kriel sprach von „drei bis vier möglichen Projekten“, die kurzfristig realisiert werden könnten. Priorität sei es nun, die Planungen voranzutreiben, die technische Entwicklung bis 2012 fertigzustellen, die Pilotanlagen bis 2015 im Betrieb zu nehmen und damit die kommerzielle Nutzung der Wärme-MKHR zu beginnen.

Ausbildung junger Afrikaner

Thabang Makubire, Leiter des Brennelementewerks von PBMR, erläuterte den Anwesenden den Herstellungsprozeß der kugelförmigen Brennelemente, die das Kernstück der MKHR-Technologie bilden. Zunächst werden in speziellen Düsen kleinste Tröpfchen einer uranhaltigen Lösung gebildet, die dann geliert und bei hohen Temperaturen gehärtet werden. Dadurch entstehen winzige Urandioxid-„Kerne“ mit einem Durchmesser von 0,5 mm. Diese werden dann bei Temperaturen von

1 000 °C durch einen Brennofen zur chemischen Gasphasenabscheidung geleitet, wo sie abwechselnd mit einer Siliziumkarbid-Keramik und pyrolytischem Kohlenstoff beschichtet werden.

Dadurch entstehen hermetisch versiegelte, beschichtete Teilchen von knapp 1 mm Durchmesser, die extrem hart und hitzebeständig sind. Die Mehrfachbeschichtung bildet eine praktisch undurchdringliche Barriere für die Freisetzung radioaktiver Spaltprodukte, die infolge der Kernspaltung im Zentrum des Urankornes entstehen. Etwa 15.000 solcher umhüllter Partikel werden dann mit Graphitpulver und Harz vermischt und in eine Kugel von etwa 6 cm Durchmesser gepreßt, mit einer zusätzlichen Schicht reinen Kohlenstoffs (als Puffer) umhüllt und schließlich gesintert, gebrannt und bearbeitet, bis sie extrem hart sind.

Der Kern des MKHR-Moduls – der Kugelhaufen – enthält rund 450-500.000 dieser tennisballgroßen Brennelemente. Während des Betriebs werden diese Brennelemente ständig erneuert, indem neue Brennstoffkugeln von oben in den kegelförmigen Reaktorkern nachgefüllt werden, während unten verbrauchte Brennelemente entnommen werden. Jede dieser Kugeln wird etwa sechsmal durch den Kern geschickt, wobei jedesmal gemessen wird, wieweit sie schon „abgebrannt“ sind.

Wegen dieser ständigen Nachladung muß der Reaktor nicht in regelmäßigen Abständen (18-20 Monate) zur Neubeladung abgeschaltet werden, wie es bei konventionellen Kernkraftwerken der Fall ist. Ein Pilotwerk zur Brennelementeproduktion ist bereits in Betrieb, wo eine kleine Serie von 81 Brennkugeln gefertigt wurde, die derzeit in Rußland unter Reaktorbedingungen getestet werden.

2008-2009 soll eine gesamte Brennelementefabrik die Produktion aufnehmen. In der Pilotanlage werden in der Zwischenzeit die technischen Mitarbeiter für den kommerziellen Betrieb ausgebildet. Dies, so Makubire, sei Teil der Bemühungen der PBMR und der südafrikanischen Regierung, das Kernenergieprogramm zum Motor einer Arbeitsplatzoffensive zu machen. Besonders junge Afrikaner, die für die Zukunft des Landes entscheidend sind, sollen vor Ort angestellt werden.

Als strategisches Projekt der südafrikanischen Regierung scheint der MKHR auf dem Weg zum Erfolg zu sein. Südafrika befindet sich im Countdown: In rund 2 000 Tagen wird sein erster modularer Kugelhaufenreaktor ans Netz gehen.

Dr. Jonathan Tennenbaum