



1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronen- streuung für die Wissenschaft

Wie alles anfang und warum die Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH, kurz GKSS, nach 650.000 Seemeilen einen neuen Kurs eingeschlagen hat.

Ein Bericht über eine Reise, die 1956 begann ...

1956

1960

1970

1980

1990

2000

2006

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.1 Kernenergie für die Schifffahrt: Die Gründung der GKSS 1956

1.1 Kernenergie für die Schifffahrt: Die Gründung der GKSS 1956

Im Jahre 1955 legten die Pariser Verträge die Stellung der Bundesrepublik Deutschland innerhalb der westlichen Staatengemeinschaft fest und erlaubten auch deutschen Forschern die Beteiligung an der Atomforschung. Im selben Jahr begannen in Hamburg die Vorbereitungen zur Entwicklung eines Kernenergieantriebs für Frachtschiffe. In kurzer Zeit ließen sich die vier Küstenländer Schleswig-Holstein, Hamburg, Bremen und Niedersachsen ebenso wie zahlreiche Unternehmen von der Bedeutung und den Erfolgsaussichten eines derartigen Projekts überzeugen. Mit Hilfe der Schiffbautechnischen Gesellschaft und der Hamburger Wirtschaftsbehörde konnte schließlich auch das Bundesministerium für Atomfragen als wichtigster Förderer gewonnen werden. Am 18. April 1956 wurde dann die Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt mbH (GKSS) mit einem feierlichen Festakt in den Räumen der Hamburger Handelskammer unter Anwesenheit der Landesminister und Senatoren für Wirtschaft der vier Küstenländer sowie Vertretern des Bundesministeriums für Atomfragen gegründet.

Bereits ein Jahr zuvor, im Juli 1955, hatten die Initiatoren der geplanten Forschungseinrichtung die Studiengesellschaft für Kernenergieverwertung in Schifffahrt und Industrie e.V. (KEST) gegründet. Deren satzungsgemäße Aufgabe bestand darin, die Verwertung der Kernenergie in Schifffahrt und Industrie mit dem Ziel zu erforschen, die Bedingungen für die Erstellung von wirtschaftlich rentablen Kernreaktoren für diese Zwecke in allen Einzelheiten praktisch zu klären.

Mit der Gründung der Betriebsgesellschaft GKSS durch die KEST wurden die Voraussetzungen geschaffen, für die Durchführung von Forschungs- und Entwicklungsarbeiten Fördermittel der vier Küstenländer und des Bundes zu erhalten. Bereits einen Monat nach der Gründung der Gesellschaft teilte die Hamburger Behörde für Wirtschaft und Verkehr im Auftrag der vier Küstenländer mit, für Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Rahmen der ersten Ausbaustufe 450.000,- DM zu bewilligen und wenig später signalisierte das Atomministerium die Bereitstellung von 1,3 Mio. DM.

1955 • Beschränkung der Nutzung von Kernenergie entfällt.

1956

Derart politisch abgesichert und mit breiter Unterstützung aus Wirtschaft und Wissenschaft gingen die Wissenschaftler der GKSS an die Realisierung des Projekts Forschungsreaktor.

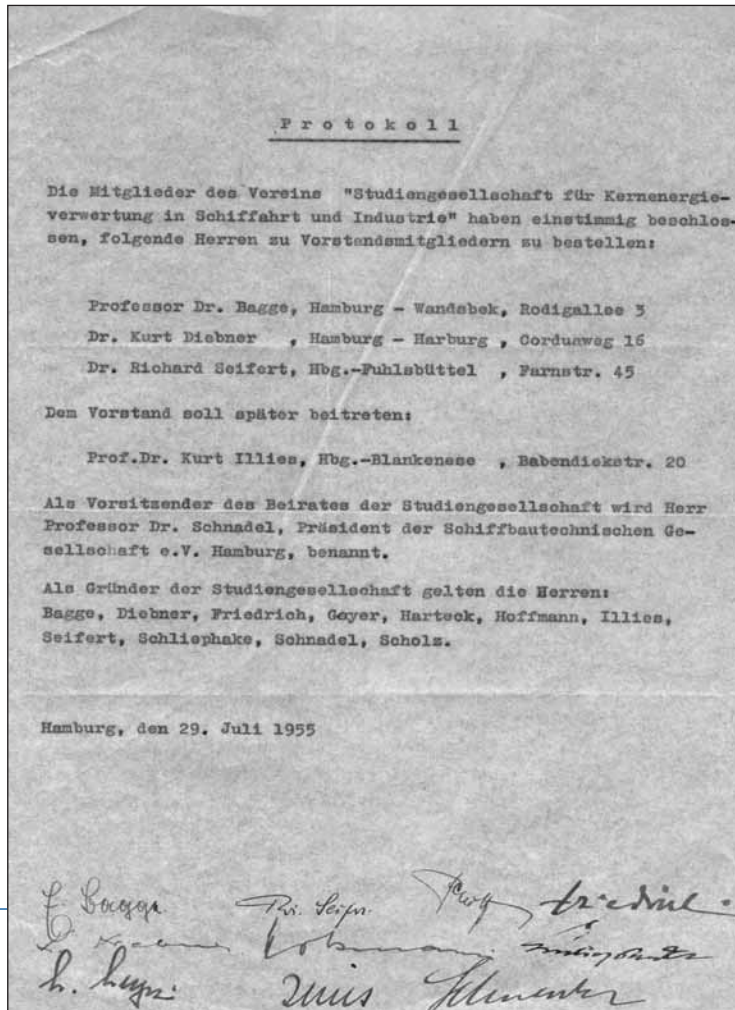
60

70

80

90

00



2006

Protokoll der Gründungssitzung der Studiengesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffahrt und Industrie vom 29. Juli 1955.

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.2 Die Forschungsreaktoren: FRG-1 (1958 bis heute) und FRG-2 (1963-1995)



GESELLSCHAFTS- UND TRÄGERSTRUKTUR DER GKSS

Die GKSS wurde als GmbH gegründet, die gemeinnützige Ziele verfolgt und hat diese Rechtsform bis heute beibehalten. In den Anfangsjahren war sie eine Betriebsgesellschaft der Studiengesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffahrt und Industrie (KEST) sowie von Anteilseignern aus der Industrie. Zuschüsse seitens der Gesellschafter sowie des Bundes und der Küstenländer wurden von Jahr zu Jahr neu ausgehandelt.

Der mit den Aufgaben rasch steigende Finanzierungsbedarf machte aber bereits nach vier Jahren ein neues Arrangement nötig: 1960 schloss GKSS mit dem Bund und den vier Küstenländern einen Konsortialvertrag mit 10 Jahren Laufzeit, demzufolge die Zuschüsse zu 60 % durch den Bund und zu 40 % durch die Küstenländer zu tragen seien – abgesehen von Einzelprojekten, bei denen auch Unternehmen als Finanziere auftraten. Haushaltsrechtliche Bestimmungen machten es dabei zugleich nötig, dass der Bund und die beteiligten Länder auch als Gesellschafter auftraten.

In den 1960er Jahren wurde jedoch absehbar, dass der langfristige Finanzierungsbedarf moderner Großforschung bald Größenordnungen annehmen würde, denen nur noch auf Bundesebene entsprochen werden konnte. 1972 trat ein neuer und bis heute gültiger Konsortialvertrag in Kraft, der das Finanzierungsgewicht fast vollständig zu Gunsten des Bundes verschob: 90 % der Zuschüsse wurden von nun an durch den Bund aufgebracht. Die Länder Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen und Bremen, später Schleswig-Holstein, Hamburg, Niedersachsen und Brandenburg trugen und tragen die übrigen 10 %.

1.2 Die Forschungsreaktoren: FRG-1 (1958 bis heute) und FRG-2 (1963-1995)

Kurz nach Gründung der GKSS fiel die Entscheidung, einen Swimmingpool-Reaktor bei dem deutschen Tochterunternehmen des amerikanischen Herstellers Babcock & Wilcox in Auftrag zu geben. Neben seiner Hauptaufgabe, die Entwicklung des Kernenergieantriebs voranzutreiben, sollte der Reaktor der Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses dienen und allen Forschern die Möglichkeit eröffnen, Erfahrungen in dieser neuen Form der Energiegewinnung zu sammeln. Einen zusätzlichen Nutzen sahen die Initiatoren von GKSS außerdem im Einsatz des Reaktors als Forschungseinrichtung für technologische Untersuchungen.

Nachdem die Wahl für den Standort des Forschungszentrums auf das Gelände der Dynamit-Nobel-AG in Geesthacht-Tesperhude gefallen und Ende 1956 der Ankauf abgeschlossen war, begannen im Mai 1957 die Bauarbeiten für das Reaktorgebäude. Nach 15 Monaten erfolgte im August 1958 der Einbau des von Babcock & Wilcox angefertigten Reaktors, dessen 25 Brennelemente insgesamt 3,5 kg Uran 235 in 20-prozentiger Anreicherung enthielten.

Zur Ausstattung des Forschungsreaktors Geesthacht 1 (FRG-1) gehörten ein vierteiliges, 30 m langes Reaktorbecken, eine Experimentierhalle und eine so genannte Heiße Zelle (Betonzelle), die die Handhabung radioaktiven Materials ermöglichte. Das Becken war von vornherein so angelegt, dass der Reaktor entsprechend unterschiedlicher Betriebsweisen und Experimentiereinrichtungen in den vier durch Schotten abgetrennten Beckenteilen bewegt werden konnte. Am 23. Oktober 1958 wurde der Reaktor zum ersten Mal in Betrieb genommen und erreichte in nur wenigen Monaten seine Maximalleistung von 5 MW.

Neben der Entwicklung des Schiffsantriebs waren die ersten Jahre ebenfalls von Forschungen zur Reaktorsicherheit geprägt. Für Vortests der Brennelemente, die im Reaktor der NS OTTO

1956

60

70

80

90

00

2006

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.2 Die Forschungsreaktoren: FRG-1 (1958 bis heute) und FRG-2 (1963-1995)

HAHN Verwendung finden sollten, wurde 1962/63 eine Anlage für Nullleistungsexperimente (ANEX) errichtet. Diese diente in den folgenden Jahren auch zur Durchführung verschiedener Tests für Brennstabanordnungen anderer Reaktoranlagen.

Da sich das GKSS-Forschungszentrum schnell einer großen Attraktivität innerhalb der Forschergemeinde erfreute, konnten bereits 1963 die Kapazitäten durch die Installation eines zweiten Forschungsreaktors FRG-2 im vierten Reaktorbecken ausgeweitet werden. Ebenso wie der FRG-1 war auch der FRG-2 ein Swimmingpool-Reaktor und wurde zunächst mit einer Leistung von maximal 5 MW betrieben. 1967 wurde die Erhöhung der Leistung auf 15 MW genehmigt. Dank seiner Leistungsfähigkeit setzte sich der FRG-2 an die Spitze der damaligen deutschen Forschungsreaktoren. Mit einer maximalen Neutronendurchflussdichte von 10^{14} n/cm² in der Sekunde konnten Bestrahlungsexperimente nun auch unter wirtschaftlichen Effizienzkriterien durchgeführt werden.

1967 ging ebenfalls ein neuer Trakt mit Heißen Zellen in Betrieb, die die alte Betonzelle ergänzten und die Durchführung verschiedener Untersuchungen gestatteten. Das GKSS-Forschungszentrum verfügte nun über drei Betonzellen, in denen sowohl Bestrahlungskapseln als auch Loopeinsätze, geschlossene Rohrkreisläufe zur Prüfung von Materialien und Einzelteilen, sowie Brennelemente zerlegt werden konnten. Daneben verfügte die Einrichtung über neun Bleizellen, die bei technologischen Forschungen und Experimenten aus dem Bereich der Heißen Chemie und der Metallografie zum Einsatz kamen.

1963 • Installation eines zweiten Forschungsreaktors, FRG-2.



1956

60

70

80

90

00

2006

Ausgestattet war der Forschungsreaktor Geesthacht 1 (FRG-1) mit einem vierteiligen, 30 m langen Reaktorbecken, einer Experimentierhalle und einer so genannten Heißen Zelle, die die Handhabung radioaktiven Materials ermöglichte.

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.3 NS OTTO HAHN: Hochtechnologie für die Praxis (1963-1982)



DAS GELÄNDE IN GEESTHACHT UND SEINE VORLÄUFER

Das Gelände, auf dem heute die GKSS-Gebäude und Anlagen stehen, ist ein Ort der Wissenschaftsgeschichte. 1865 war das Dorf Geesthacht „beiderstädtisch“ sowohl von Hamburg als auch von Lübeck regiert und verfügte über erste Industrieansiedlungen. Hier erwarb der aus Schweden kommende Chemiker Alfred Nobel zusammen mit Geschäftspartnern ein 42 ha großes Ufergrundstück, genannt „der Krümmel“, und ließ dort eine Fabrik für Nitroglycerin errichten. Der Standort empfahl sich nicht nur durch die Nähe zur Weltstadt Hamburg, der Hamburger Hafen war auch einer der größten Umschlagplätze für Salpeter in Europa, einem der Grundstoffe für die Herstellung von Nitroglycerin.

Als bereits einen Monat nach Inbetriebnahme die Fabrik durch eine Explosion zerstört wurde und dabei mehrere Mitarbeiter ums Leben kamen, hätte das um ein Haar das Aus für den Chemie-Standort bedeutet, denn die Dorfvertreter wandten sich energisch gegen eine Wiederaufnahme der Arbeit. Sie konnten sich zwar nicht durchsetzen, aber der Wiederaufbau des Werks dauerte mehrere Monate und Nobel nutzte diese Zeit für die Suche nach einem sichereren Sprengstoff.

Er experimentierte in einem provisorischen Labor auf einer bei Grünhof verankerten Schute und erfand schließlich im Herbst 1866 das Dynamit. Rückstände von Kieselalgen, die bis dahin nur als Verpackungsmaterial gedient hatten, wurden als Bindemittel für das flüssige Nitroglycerin verwendet. Das verringerte zwar die Sprengkraft, aber die neugewonnene Substanz konnte nur noch durch einen Zünder zum Explodieren gebracht werden und ließ sich daher sicher transportieren und handhaben.

Der neue Sprengstoff erlangte schnell große Bedeutung, im Tunnel- und Kanalbau ebenso wie beim Militär, und machte den 1873 nach Paris übergesiedelten Nobel zu einem wohlhabenden Mann. Die Fabrik bei Geesthacht entwickelte sich bis zur Jahrhundertwende zur größten Sprengstoff-Fabrik Europas. Nach dem II. Weltkrieg wurde sie demontiert und zurückblieb ein Stück Industriebrache – bis 1957 GKSS einen Teil des Geländes kaufte.

1961 • Der Auftrag zum Bau der OTTO HAHN wird erteilt.

1.3 NS OTTO HAHN: Hochtechnologie für die Praxis (1963-1982)

Die Entwicklung eines wirtschaftlich nutzbaren Nuklearantriebs für Schiffe bildete das primäre Ziel von GKSS. Nachdem die Pläne zur Entwicklung eines organisch moderierten Reaktors (OMR) mit 10.000 WPS, der in einen ausrangierten Tanker eingebaut werden sollte, wieder fallen gelassen wurden, entschied sich GKSS, ein neues Schiff zu bauen und mit einem Druckwasserreaktor integrierten Typs zu bestücken. Am 5. Oktober 1961 wurde im Aufsichtsrat von GKSS die grundsätzliche Entscheidung zum Bau des ersten deutschen Nuklearschiffs getroffen. Um interessierten Werften die Gelegenheit zu geben, Erfahrungen im Bau von Kernenergieschiffen zu sammeln, ging eine Ausschreibung an die elf deutschen Großwerften und am 28. November 1961 erging an die Kieler Howaldtswerke der Auftrag, für 19 Mio. DM einen Erzfrachter zu bauen.

Gemeinsam mit der deutschen Babcock und der Interatom GmbH wurde der leichte und kompakte, zugleich aber leistungsstarke „Fortschrittliche Druckwasser Reaktor“ (FDR) entwickelt.



*oben: FDR-Regelstäbe im Test auf dem Schlingerstand.
rechts: Franz Josef Strauß und Kai Uwe von Hassel besichtigen ein Modell der NS OTTO HAHN.*

1956

60

70

80

90

00

2006

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.3 NS OTTO HAHN: Hochtechnologie für die Praxis (1963-1982)



Mit der USS NAUTILUS setzte sich 1955 erstmals ein U-Boot mittels Reaktorantrieb in Bewegung. 1958 gelang der NAUTILUS die erste Unterquerung der Nordpol-Eisdecke – auch jenseits des symbolischen Werts ein bedeutender Vorgang, denn damit ergab sich eine neue strategische Option für den Fall eines Krieges mit der Sowjetunion. Diese konnte allerdings im gleichen Jahr ebenfalls ein erstes Atom-U-Boot, die LENINSKI KOMOSOL, in Betrieb nehmen und vier Jahre später mit einer Nordpolunterquerung gleichziehen.

Die Sowjetunion war es auch, die 1958 das erste zivile Schiff mit Atomantrieb fertig stellte: den Eisbrecher LENIN. Die eigentliche mit der Nutzung der Kernenergie in der zivilen Schifffahrt verbundene Hoffnung und zugleich Schwierigkeit war allerdings die eines sich wirtschaftlich rechnenden atomgetriebenen Frachtschiffes. Das erste Test-Schiff dieser Art wurde die 1962 in Betrieb genommene US-amerikanische SAVANNAH, das zweite die bundesdeutsche NS OTTO HAHN.

Die Atom-Utopien der 1950er und 1960er Jahre gingen allerdings noch viel weiter: In den USA wurde zeitweise auch an der Entwicklung atombetriebener Züge, Flugzeuge und Luftschiffe gearbeitet. Alle diese Nachrichten lösten in der Öffentlichkeit eine Atomzeitalter-Euphorie aus, so dass in der populärwissenschaftlichen („futuologischen“) Literatur der Zeit sogar über atombetriebene Autos und private Atomstromgeneratoren im Garten spekuliert wurde.

In der Realität sollte sich allerdings schon der Einsatz in der Frachtschifffahrt als problematisch erweisen. Sowohl in der Bundesrepublik als auch in den USA und in Japan, das ebenfalls 1972 einen Atomfrachter in Betrieb genommen hatte, kamen Wirtschaftlichkeitsanalysen zu ernüchternden Ergebnissen. Insbesondere die Einbeziehung der Wartungskosten und die komplexe Frage der Hafen-Anlauf-genehmigungen führten schließlich dazu, dass die Idee einer atomgetriebenen Handelsschifffahrt im Laufe der 1970er Jahre aufgegeben wurde. So finden sich auch heute Atomreaktoren nur an Bord von U-Booten, Flugzeugträgern und Eisbrechern.



Die NS OTTO HAHN vor dem Zuckerhut in Rio de Janeiro.

1964 • Stapellauf der NS OTTO HAHN.



In Geesthacht entstanden gleichzeitig zahlreiche neue Experimentiereinrichtungen, die der Entwicklung des neuen Schiffstyps und seines Antriebs dienen. So wurde 1961 eine große Schlingeranlage installiert, die es ermöglichte, Bauteile des Reaktors unter Seegang simulierenden Bedingungen (wie z. B. Stampfen, Rollen oder Vibrieren) zu testen. Einrichtungen für Abschirmungsexperimente, Rohrleitungssysteme usw. sollten aber nicht nur dem projektierten Nuklearschiff selbst, sondern auch einem inzwischen angelaufenen typenunabhängigen Forschungsprogramm für Kleinreaktoren dienen.

Ein erstes Ziel der Entwicklung war am 13. Juni 1964 erreicht: In Anwesenheit seines Namensgebers lief das NS OTTO HAHN getaufte Forschungsschiff auf den Kieler Howaldtswerken vom Stapel. Nach der ersten Werksprobefahrt am 14. Dezember 1967 und der Übergabefahrt am 1. Februar 1968 – beide noch mit konventionellem Antrieb – fand am 11. Oktober 1968 unter den Augen des Bundesforschungsministers die erste Fahrt mit Reaktorbetrieb statt. Nach zahlreichen Sicherheitszertifizierungen durch verschiedene nationale und internationale

Der Rohbau der NS OTTO HAHN auf der Werft der Kieler Howaldtswerke.

1956

60

70

80

90

00

2006

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.3 NS OTTO HAHN: Hochtechnologie für die Praxis (1963-1982)



NUTZUNG DER KERNENERGIE FÜR DIE BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Die Nutzung von Kernenergie war in der jungen Bundesrepublik ein hoch sensibles Politikum. Die Haltung von Politik und breiter Öffentlichkeit in der Nachkriegszeit war uneinheitlich. Viele verbanden mit der Kernenergie vor allem deren militärische Nutzung und hatten dabei noch die erschreckenden Bilder aus Hiroshima und Nagasaki vor Augen. Das nukleare Wettrüsten zwischen den USA und der Sowjetunion – die seit 1949 ebenfalls im Besitz der Atombombe war – löste zusätzlich erhebliche Ängste aus. Daneben führte aber spätestens die erste internationale Konferenz zu Kernenergiefragen, die die UN 1956 in Genf abhielten, zu einer wahren Atom-Euphorie, die das Atom-Zeitalter einläutete. Schließlich kam hinzu, dass die Alliierten nach dem II. Weltkrieg in Deutschland jede Nuklearforschung verboten hatten.

Das änderte sich am 5. Mai 1955. An diesem Datum traten die Pariser Verträge in Kraft und die noch junge Bundesrepublik Deutschland der Westeuropäischen Union und der NATO bei. Zugleich entfielen auch die Beschränkungen für den Einsatz von Kerntechnik in Forschung und Anwendung, insbesondere beim Bau von Reaktoren, die zuvor bestanden hatten. Der Weg zur Nutzung der weltweit auf dem Vormarsch befindlichen neuen Möglichkeit der Energiegewinnung war damit für die Bundesrepublik frei.

Die Vorbereitungen auf diesen Tag liefen bereits seit 1952, als zum einen die Kommission für Atomphysik der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gegründet worden war und zum anderen Konrad Adenauer die Zusammensetzung des Gremiums zur Vorbereitung der deutschen Kernenergie im Bundeswirtschaftsministerium initiierte. Zeitgleich mit dem Abschluss der Pariser Verträge konnte so 1955 das Bundesministerium für Atomfragen eröffnet und Franz Josef Strauß der erste Atomminister der Bundesrepublik Deutschland werden.

Die von Adenauer geführte Bundesregierung verfolgte zunächst auch das Ziel einer Nuklearbewaffnung der Bundeswehr. Dies stieß jedoch bei großen Teilen der Bevölkerung auf Ablehnung: Unter der Losung „Kampf dem Atomtod!“ gab es 1957/58 eine breite Protestbewegung und führende Nuklearforscher, unter ihnen auch Otto Hahn, unterzeichneten den Göttinger Appell gegen eine Atombewaffnung der Bundeswehr. Ebenso wenig behagte den NATO-Partnern der Bundesrepublik die Vorstellung einer deutschen Atom-Macht. Endgültig aufgegeben wurden die Pläne einer Nuklearbewaffnung der Bundeswehr 1969, als die Bundesrepublik den Atomwaffensperrvertrag unterzeichnete.

Mit der Aufgabe aller Pläne einer Atombewaffnung war es letztlich möglich geworden, dass die tatsächlich stattfindende friedliche Nutzung der Atomkraft zunehmend von ersterer getrennt gesehen wurde und die Haltung weiter Teile der Öffentlichkeit gegenüber den Möglichkeiten der Kernkraft entschieden positiver wurde.

1968 • Erste reaktorgetriebene Fahrt der OTTO HAHN.

1956



Prüf- und Zertifizierungsinstitutionen wurde am 6. Februar 1969 auch die Genehmigung zur Fahrt auf allen Weltmeeren erteilt. Nun begann der umfangliche Praxistest, der in erster Linie wissenschaftliche Erkenntnisse über die Arbeit des Schiffsreaktors und seine Optimierungsmöglichkeiten bringen sollte, aber auch den Beweis, dass ein Kernenergieschiff tatsächlich wirtschaftlich zu betreiben war.

In ihrer 10-jährigen Betriebszeit unternahm die NS OTTO HAHN 131 Reisen in 22 Staaten; 58 Forschungsreisen und 73 Frachtfahrten, wobei sie fast 650.000 Seemeilen zurücklegte. Transportiert wurden Massengüter wie Erz, Kohle, Phosphat und Getreide, für die die NS OTTO HAHN als Erzschiff ausgelegt war – insgesamt 776.000 t. Obwohl 1972/73 ein zweiter von GKSS weiterentwickelter und leistungsstärkerer



*Der Stapellauf war ein großes mediales Ereignis.
unten: Professor Otto Hahn bei der Schiffstaufe.*

2006

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.3 NS OTTO HAHN: Hochtechnologie für die Praxis (1963-1982)



DER FORSCHER OTTO HAHN



Als am 13. Juni 1964 in Kiel das erste und einzige Kernergieschiff der Bundesrepublik vom Stapel lief, war ein Mann anwesend, der die Kernphysik des 20. Jahrhunderts maßgeblich geprägt hatte und der Namenspatron des Schiffes war: Professor Dr. Otto Hahn.

Angefangen hatte die Karriere des am 28. März 1879 in Frankfurt am Main als Sohn eines Glaserei-Unternehmers geborenen Otto Hahn auf einer Oberrealschule. Dort entdeckte er seine Neigung zu den Naturwissenschaften, begann anschließend in Marburg Chemie zu studieren und promovierte 1901 „Über Bromderivate des Isoeugenols“, ein Thema aus der organischen Chemie. Nach dem Militärdienst und einer kurzen Zeit als Assistent an der Universität Marburg, wurde er 1904 am University College London Mitarbeiter von William Ramsey. Hier wandte er sich erstmals intensiver dem Bereich Radiochemie zu und entdeckte das zunächst so genannte Radiothorium – ein radioaktives Isotop des Thoriums. Damit hatte Otto Hahn seine zukünftige Forschungsrichtung gefunden. Um sich weiter zu spezialisieren, wechselte er 1905 an die McGill-Universität in Montreal zu Ernest Rutherford.

Bereits 1907 kehrte Hahn nach Deutschland zurück und habilitierte sich am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie in Berlin. Hier lernte er im gleichen Jahr auch die Physikerin Lise Meitner kennen, mit der ihn eine lange und fruchtbare wissenschaftliche Zusammenarbeit verbinden sollte. 1938 leistete Otto Hahn seinen wichtigsten Beitrag zum Wissenschaftsfortschritt, als er zusammen mit Fritz Straßmann die Kernspaltung entdeckte.

Ausgehend von der damaligen Annahme, dass die Elemente mit Ordnungszahl über 92 durch den Beschuss von Urankernen mit Neutronen entstünden, untersuchten sie entsprechend bestrahltes Uran nach Transuranen. Worauf sie stießen, waren aber Spuren von Barium und bewiesen damit eine frühere Vermutung der Chemikerin Ida Noddack-Tacke, dass die Kerne durch diesen Beschuss in größere Bruchstücke zerfallen, die zwar Isotope bekannter Elemente, aber nicht Nachbarn der bestrahlten Elemente sind.

Für seine Arbeiten zur Kernspaltung erhielt Otto Hahn 1945 den Chemie-Nobelpreis – konnte ihn aber erst 1946 in Empfang nehmen, nachdem er und zahlreiche andere deutsche Atomphysiker aus britischer Internierung entlassen worden waren.

Die Berichte und später die Bilder aus Hiroshima schärften Hahns Bewusstsein für die Verantwortung der Wissenschaft. In der jungen Bundesrepublik wurde er zu einem der Kritiker der diskutierten Bewaffnung der Bundeswehr mit Atomwaffen und als einer der Initiatoren unterzeichnete er 1957 den Göttinger Appell der deutschen Atomforscher gegen dieses Vorhaben.

Otto Hahn starb am 28. Juli 1968.

1979 • NS OTTO HAHN nach 10-jährigem störungsfreiem Betrieb stillgelegt.

1956



60

70

80

Kern eingesetzt werden konnte, kristallisierte sich dennoch immer stärker heraus, dass der erhoffte Beweis der Wirtschaftlichkeit nicht zu erbringen sein würde. Diese Erkenntnis untermauerten sowohl die Ergebnisse der bei GKSS betriebenen Forschungen zu den nuklearen Containerschiffen NCS80 und NCS240 als auch die Abschlussberichte anderer internationaler Forschungsinstitutionen.

90

So entschlossen sich die Entscheidungsträger aus Politik, Wirtschaft und GKSS, die NS OTTO HAHN nach 10-jährigem störungsfreiem Betrieb still zu legen. Das Schiff wurde im Februar 1979 außer Betrieb gesetzt. Nach Erteilung der Stilllegungsgenehmigung (Ende 1980) wurden die kerntechnischen Anlagen ausgebaut. Die Stilllegung kostete insgesamt 46 Mio. DM, von denen allein 17 Mio. DM auf die Lagerung und Wiederaufbereitung der Brennstäbe entfielen. Als die Hamburger Behörden im Juni 1982 die Auflagen zum Strahlenschutz aufhoben und das Schiff freigaben, war für GKSS das Experiment Atomschiff beendet.

00



2006

oben: Das „Gehirn“ der NS OTTO HAHN, der Maschinen- und Reaktor-Leitstand.
rechts: Die NS OTTO HAHN auf Erprobungsfahrt.

1.4 Reaktorsicherheit (1975-1987)

Bei der Entwicklung der NS OTTO HAHN standen nicht zuletzt sicherheitstechnische Fragen im Vordergrund und zwar mit dem Ziel, einen kompakten Antrieb zu entwickeln, der den hohen Belastungen durch den Schiffsbetrieb gewachsen war. Als eigenständiger Forschungsschwerpunkt jedoch wurde Reaktorsicherheit erst 1974 eingerichtet. Dabei sollten theoretische und praktische Arbeiten im Rahmen des Reaktorsicherheitsprogramms des Bundes durchgeführt werden. Im Bewusstsein der zunehmenden Bedeutung dieses Themas ging man bei GKSS auch vielfältige internationale Kooperationen ein: GKSS beteiligte sich an länderübergreifenden Projekten wie ab 1972 im schwedischen Marviken, wo in einem nie in Betrieb genommenen 140 MW-Kernkraftwerk Kühlmittelverluststörfälle simuliert wurden. Außerdem wurde die Ausarbeitung von Sicherheitsstandards für Kernenergieschiffe im Rahmen der „Ad hoc Working Group on the Safety of Nuclear Ships“ der OECD / NEA wie des „Sub-Committee on Ship Design and Equipment“ der IMCO unterstützt.

Im Kontext des neuen Forschungsgebiets sollte der Nachweis erbracht werden, dass die Notkühlung und das Containment (der Sicherheitsbehälter) eines nuklear angetriebenen Frachtschiffes beim Auslegungsstörfall (gaU – größter anzunehmende Unfall) ihren Dienst sicher versehen. Dafür wurde bis 1976 eine Pressure Suppression System-Versuchsanlage (PSS-Versuchsstand) zur Durchführung von Druckabbauversuchen aufgebaut. Mit umfangreichen Versuchen ließ sich belegen, dass das bei GKSS entwickelte schiffsspezifische Druckabbausystem (DAS) funktionssicher war.



oben: Vorbereitung von Modellkollisionsversuchen im Maßstab 1:12, hier mit dem Vorschiff eines 200.000 tdw-Tankers.

unten: Das zerstörte Vorschiff nach Kollision mit einem Schiffsseitenteil mit Kollisionsschutzkonstruktion.

1976 • Inbetriebnahme der Pressure Suppression System–Versuchsanlage (PSS).

1956



60

70

80

90

00

Dank intensiver Bemühungen gelang es zudem bis 1978, einen Pumpenversuchsstand einzurichten, der es erlaubte, Kühlpumpen mit extrem niedrigen Zulaufhöhen zu untersuchen, was für die Analyse von Kavitationserscheinungen von großer Bedeutung ist. Daran schlossen sich weitere Aktivitäten zur Erforschung von Sicherheitskomponenten und ihren Funktionen in Kernkraftwerken an, wie die Entwicklung und der Betrieb eines Untersuchungsstandes für Nachwärmepumpen (1978), sowie Untersuchungen zur Kavitation in Nachkühlpumpen, der Aufbau und Betrieb eines Wasser-Hochdruck-Versuchsstandes (WHS, 1979) und Forschungen damit zu speziellen Transienten (bis 1984). Dabei wurden thermohydraulische Prozesse und Verläufe im Primärkühlkreislauf des ungestörten und gestörten Reaktorbetriebes theoretisch mit Modellrechnungen sowie experimentell untersucht.

1979 startete unter nationaler und internationaler Beteiligung ein Programm, mit dem am PSS-Versuchsstand detaillierte Untersuchungen an dem in deutschen und ausländischen Kernkraftwerken der Siedewasser-Reaktor-Baulinien eingesetzten Druckabbausystem (DAS) durchgeführt

2006

Vordergrund rechts: Pumpenversuchsstand. Er diente der Erprobung einer Primärkühlmittel-Umwälzpumpe eines integrierten Druckwasserreaktors und war für den Betriebsdruck bis 110 bar und Volumenströme bis 6.000 m³/h ausgelegt.

Hintergrund links: PSS-Versuchsstand für die Untersuchung von Kühlmittelverluststörfällen.

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.4 Reaktorsicherheit (1975-1987)

wurden. Auch in diesem Projekt konnten mit der großmaßstäblichen Versuchsanlage sowohl die sichere Funktionsweise nachgewiesen als auch Maßnahmen zur Minderung der Lasten in Störfällen entwickelt werden.

Ein wichtiger Schritt für die Entwicklung von GKSS stellte die Beteiligung am Komponentensicherheitsprogramm des Bundes dar, das ein Teilprojekt des von der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) koordinierten nationenübergreifenden Programms bildete. GKSS übernahm den Bau einer Bestrahlungseinrichtung für Stahlproben, die für Druckbehälter Verwendung finden sollten und große Abmessungen besaßen. Die ersten Bestrahlungen wurden 1979 durchgeführt. In den folgenden Jahren wurde dieser Bereich noch wesentlich stärker ausgebaut und die Tätigkeiten auf das Gesamtgebiet Materialforschung ausgedehnt.

Mit auf Bundesebene angesiedelten Forschungen zur Sicherheit der so genannten Schnelle Brüter (SBR) wurde ab 1979 auch GKSS in diese Entwicklungen einbezogen und übernahm die Untersuchung von Schlüsselproblemen im Sicherheitsbereich der SBR. In diesem Zusammenhang wurden 1981 Simulationsexperimente und Modellrechnungen durchgeführt, die unter anderem Wechselwirkungen zwischen der SBR-Kühlflüssigkeit Natrium und verschiedenen Betonzusammensetzungen untersuchen und vorhersagen sollten.

Anfang der 1980er Jahre erhielt die GKSS zunehmend Aufträge aus der Industrie. Dazu zählten beispielsweise Untersuchungen von bestrahlten Bauteilen aus Kernkraftwerken oder die Beteiligung an der Entwicklung des „cask for storage and transport of radioactive material“ (CASTOR) zum Transport und zur Lagerung hochradioaktiver Materialien.

Zu dieser Zeit, da abzusehen war, dass sich der Bund aus der Reaktorsicherheitsforschung zurückziehen würde, weil er die Klärung noch offener Fragen als Aufgabe der Hersteller/Betreiber von KKW ansah, wurden von GKSS bereits andere Schwerpunkte in der Forschung gesetzt und weiter ausgebaut. So rückten etwa Werkstoffanalysen stärker in den Vordergrund, mit denen man im Rahmen der Reaktorsicherheitsforschung schon Erfahrungen gesammelt hatte. 1986 wurde der gesamte Schwerpunkt dem neu geschaffenen Bereich Materialforschung zugeordnet.

1.5 Neutronen für die Forschung: Kalte Neutronenquelle und Neutronenstreuungseinrichtung am FRG-1 (seit 1984)

Nach 1984 gelang es GKSS, die Hochtechnologieforschung mit der Installierung einer Kalten Neutronenquelle am FRG-1 einen maßgeblichen Schritt voranzubringen und damit ihre herausragende Stellung als Großforschungszentrum einmal mehr unter Beweis zu stellen. Bis dahin war es zwar bereits möglich gewesen, Experimente mit thermischen und epithermischen Neutronen durchzuführen; aber erst mit der neuen Einrichtung konnte der subthermische Neutronenfluss so weit erhöht werden, dass sich die Möglichkeiten werkstoffphysikalischer Untersuchungen mit Neutronen erheblich erweiterten. Aber auch der gesamte Neutronenfluss konnte seit der Inbetriebnahme mehrfach gesteigert werden, zuletzt 2000 im Rahmen einer Kompaktierung des Reaktorkerns. Dadurch steht der Wissenschaft eine der modernsten Mittelflussneutronenquellen Europas zur Verfügung.

Von Mitte der 1980er bis weit in die 1990er Jahre wurden im Zusammenhang mit dem Umbau des FRG-1 und der Installation der Kalten Neutronenquelle von GKSS auch die Experimentiertechniken zur effektiven Nutzung des höheren Neutronenflusses für gezielte Forschungsprogramme neu- und weiterentwickelt. Man baute Diffraktometer, Reflektometer und zwei Kleinwinkelstreuanlagen sowie eine Neutronenradiographieanlage. Dabei entstanden neuartige Geräte wie die Neutronengeschwindigkeitsselektoren und die Flächendetektoren; hinzu kamen komplexe Experimentiereinrichtungen zur Untersuchung von biologischen Zellstrukturen oder Ober- und Grenzflächen mit polarisierten Neutronen. Inzwischen konnten die Neutronengeschwindigkeitsselektoren und Flächendetektoren zu marktreifen Produkten weiterentwickelt und erfolgreich am Markt platziert werden.

1989 wurde die Kalte Neutronenquelle in Betrieb genommen und der Aufbau der modernisierten



*Tscherenkow-Strahlung des FRG-1:
Kompaktkern mit 12 Brennelementen.*

1956

60

70

80

90

00

2006

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.5 Neutronen für die Forschung: Kalte Neutronenquelle und Neutronenstreuungseinrichtung am FRG-1 (seit 1984)



NEUTRONENSTREUUNG

Neutronen sind für die Werkstoffuntersuchung ein hervorragendes Werkzeug. Ob sie in Gläser oder Keramiken, in Kunststoffe, in Metalle, Proteine, in Aminosäuren oder magnetische Strukturen „hineinsehen“, in jedem Fall erhalten Wissenschaftler und Ingenieure den direkten Zugang zu inneren Strukturen, Anordnungen, magnetischen Eigenschaften, teilweise bis hin zur Bewegung von Atomen. Neutronen haben die Fähigkeit, tief in Materialien einzudringen – ohne sie zu verändern oder zu zerstören – und sie reagieren besonders empfindlich auf Wasserstoff und Magnetismus in Materie.

Da Neutronen als quantenmechanische Teilchen über Welleneigenschaften verfügen, entstehen wie bei sichtbarem Licht Interferenzmuster, wenn sie an Materie gestreut werden. Das Grundprinzip der Neutronenstreuung besteht darin, aus derartigen Interferenzmustern oder Streubildern auf die Struktur der zu

untersuchenden Materie zurückzuschließen. Auf diese Weise kann man zerstörungsfrei Aussagen auf Längenskalen von Bruchteilen von atomaren Abständen bis in den Mikrometerbereich machen, die so mit anderen Methoden nicht zugänglich sind.

Beispiele sind die Bestimmung der Anordnung der Atome in Kristallen und deren Abstandsänderung, die in Bauteilen durch den Herstellungsprozess oder durch den Betrieb zu Eigenspannungen führen, z.B. in Schweißnähten, in Motorgehäusen oder in Turbinenscheiben. Weitere Beispiele sind die Bestimmung von Schichtdicken und Grenzflächenrauigkeiten an Schichtstrukturen, die Analyse von Ausscheidungen und Poren in Legierungen sowie die Untersuchungen komplexer molekularer Strukturen in Kunststoffen oder biologischen Zellen, oder auch die Untersuchung kleinster magnetischer Strukturen für die Rechner-technik.



Ansicht des Instruments ARES zur Analyse von Resteigenspannungen.

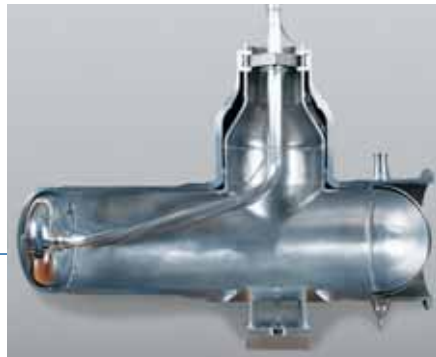
1989 • Die Kalte Neutronenquelle geht in Betrieb.

Streuereinrichtung in einer erheblich erweiterten Versuchshalle abgeschlossen. Damit verfügte GKSS über wesentlich verbesserte Möglichkeiten der Forschung, die jetzt mit nahezu allen denkbaren Materialien durchgeführt werden konnte: vom hochfesten Werkstoff bis hin zu hoch organisierten lebenden Zellen. Die zuvor schon eingesetzten und mittlerweile in den Mittelpunkt gerückten polarisierten Neutronen gehören zu den empfindlichsten und vor allem zu den zerstörungsfreien Sonden der Strukturforschung.

Sie sind damit in besonderer Weise geeignet, beispielsweise molekulare Mechanismen von elementaren Lebensvorgängen zu erforschen. Seit 1991 versucht man in Geesthacht, mit gestreuten Neutronen den Fluss der genetischen Informationen von der DNS im Zellkern bis zu ihrer Umsetzung in Fleisch und Blut nachzuvollziehen und die Kenntnisse von zellinneren Prozessabläufen zu verbessern. Man hofft auf diese Weise, zur Entwicklung neuer und verbesserter medizinischer Therapien beitragen zu können. Die Neutronenstreuereinrichtung SANS-1 von GKSS avancierte so zum Instrument der Gesundheitsforschung.

Die Neutroneneinrichtungen bei GKSS wurden national und international derart schnell bekannt, dass zahlreiche Anfragen nach Messzeiten eingingen. Vor allem in den Bereichen Stahlegierungen, Schweißverbindungen, Verbundwerkstoffe, Modell-Legierungen, keramische Werkstoffe und Polymere, Kolloide und magnetischen Nanostrukturen traten in- und ausländische Arbeitsgruppen an GKSS heran, um in Geesthacht zu arbeiten. Bereits 1992 waren nicht mehr alle Wünsche für Messzeiten zu erfüllen.

Seit 1997 werden die Neutronenstreuereinrichtungen – inzwischen ergänzt um mehrere Instrumente, die von externen Forschergruppen an Universitäten und an der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) in Braunschweig betreut und betrieben wurden – als Geesthacht Neutron Facility (GeNF) zur allgemeinen Nutzung durch die Wissenschaft und Industrie angeboten. Dieser internationale Nutzerbetrieb an GeNF durch externe Messgäste wird seitdem stetig ausgebaut und seit 2004 von der EU gefördert.



Die Kalte Quelle: Schnitt durch die Vakuumkammer mit Moderator topf.

1956

60

70

80

90

00

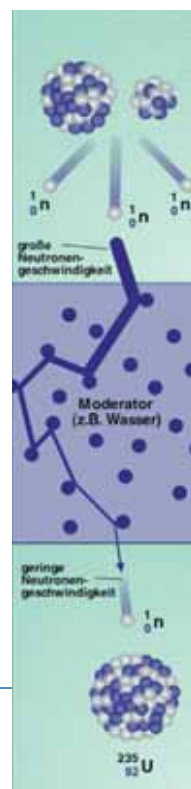
2006

1. Vom Kernenergieantrieb zur Neutronenstreuung für die Wissenschaft

1.5 Neutronen für die Forschung: Kalte Neutronenquelle und Neutronenstreuereinrichtung am FRG-1 (seit 1984)

Eines wurde bei allen diesen Grundlagenforschungen bei GKSS nie vergessen: Für eine industriell orientierte Volkswirtschaft wie der deutschen ist es von entscheidender Bedeutung, den technologischen Vorsprung auch in Zukunft zu sichern. Das aber kann nur gelingen, wenn schon bei der Entwicklung der Produkte auch die Qualitätssicherung im Vordergrund steht. GKSS bot und bietet durch ihre Einrichtungen, etwa die Neutronenstreuereinrichtung, Möglichkeiten, auch serielle Prüfungen von Materialien durchzuführen und erlaubt damit eine Qualitätssicherung, die sich sowohl wissenschaftlich auf der Höhe der Zeit befindet als auch wirtschaftlich rentabel ist. So wurde 1997 eine Neutronen-Radiographie-Anlage in Betrieb genommen, die speziell auf die Untersuchung von Bauteilen ausgerichtet ist. Mit der Neutronen-Radiographie ist es außerdem möglich, sogar große Bauteile zerstörungsfrei zu durchleuchten und das Innere bestimmter Materialien sichtbar zu machen – vergleichbar der Erstellung eines Röntgenbildes beim Menschen. Damit werden von GKSS heute z.B. regelmäßig im Rahmen von Industriaufträgen besonders kritische Komponenten der europäischen Ariane-V Rakete untersucht. Nur nach deren positiver Begutachtung dürfen diese Komponenten wieder in die Rakete eingebaut werden. In jüngster Zeit wurden die Möglichkeiten der Neutronenradiographie noch zur Neutronentomographie erweitert. Damit können sogar 3-dimensionale Bilder der Untersuchungsobjekte erzeugt werden, ähnlich wie bei der Kernspin- oder der Computertomographie in der Medizin.

Heute umfassen die Tätigkeitsspektren der Forscherteams in Geesthacht, die mit der weltweit nahezu einmalig hohen Verfügbarkeit an Neutronen durch die Streueinrichtung bei GKSS arbeiten, ganz verschiedenartige Themen: Die Struktur von weicher Materie wie Membranen wird ebenso analysiert wie die Zusammensetzung von Saurierknochen oder die Funktionsweisen der ökologisch äußerst wertvollen Huminstoffe. Weitere Untersuchungen gelten den inneren Spannungen von Bauteilen, die deren Belastbarkeit bestimmen, oder der kristallinen Vorzugsorientierung (Texturen), die im Rahmen von Produktionsprozessen entstehen und die mechanischen Materialeigenschaften wesentlich beeinflussen; analysiert werden ferner die Ausscheidungen, die die Festigkeit von



Abbremsung schneller Neutronen durch einen Moderator.



metallischen Legierungen bestimmen können. Ein neues Thema ist die Forschung an magnetischen Schichten- und Nanostrukturen wie sie in der Informationstechnologie benötigt werden. Trotz dieser Themenbreite ist im Rahmen der engen Einbindung in das GKSS-Institut für Werkstoffforschung ein weltweit einmaliger Schwerpunkt von Neutronenstreuinstrumenten für die moderne Werkstoffforschung entstanden: Die Hälfte der gesamten Instrumentierung des FRG-1 dient hauptsächlich der Werkstoffforschung.

In den letzten Jahren hat sich GKSS in Ergänzung zur Forschung mit Neutronen zunehmend der Nutzung von Synchrotronstrahlung zugewandt. Diese erlaubt es, bestimmte Experimente schneller und mit höherer Auflösung durchzuführen und eröffnet erstmals die Möglichkeit – z. T. in Echtzeit – die Veränderungen von Werkstoffen nachzuverfolgen. Für derartige Versuche hat GKSS 2005 das neue Experiment HARWI II am benachbarten DESY in Betrieb genommen.

Insgesamt stehen damit sowohl GKSS als auch den vielen externen Messgästen aus Forschung und Industrie hochmoderne Möglichkeiten für die Forschung mit Neutronen und in Zukunft sogar verstärkt mit Synchrotronstrahlung zur Verfügung.

Blick auf die Kleinwinkelstreuanlagen SANS-1 (links im Bild) und SANS-2 (rechts im Bild). Die Kollimationsstrecken sind blau und die Detektorrohre gelb.