

Peter Liewers

Reaktorphysikalische Forschungen in der DDR

Meine Damen und Herren,

in den 35 Jahren, in denen Reaktorphysik in der DDR betrieben wurde, sind viele interessante Arbeiten entstanden. Ich muß mich daher stark beschränken, um Ihnen in 30 Minuten einen Eindruck davon vermitteln zu können, was auf diesem Gebiet geleistet wurde. Ehemalige Kollegen, deren Arbeiten dabei nicht ausreichend gewürdigt werden, bitte ich von vornherein um Nachsicht.

Zunächst zur Frage, was ist Reaktorphysik? Es ist eine Richtung der angewandten Forschung, die sich mit den in einem Kernreaktor ablaufenden physikalischen Vorgängen befaßt, d.h. sie versucht, diese Prozesse modellmäßig (Reaktortheorie) und meßtechnisch (Experimentelle Reaktorphysik) zu erfassen. In erster Linie sind dies neutronenphysikalische Prozesse, wie Spaltung, Absorption und Streuung, aber auch thermohydraulische und mechanische. Die Modelle sind natürlich von dem speziellen Reaktortyp abhängig und erfordern jeweils eingehende Untersuchungen. In den ersten 15 Jahren hat es in der DDR mehrere Projekt-Wechsel hinsichtlich des Reaktortyps gegeben, der von der Reaktorphysik untersucht werden sollte. Die Reaktortheoretiker mit ihren Modellrechnungen konnten auf diese Änderungen leichter reagieren als die Experimentatoren, deren Ausrüstung an Sensoren und Geräten immer wieder neu angepaßt werden mußte, was unter den Bedingungen der DDR nicht so ganz einfach war.

Die Entwicklung begann 1956. Es herrschte weltweit eine wahre Kernenergie-Euphorie. Man erwartete Wunderdinge von dieser neuen Energiequelle. Auch die DDR-Führung hatte große Pläne bzgl. Eigenentwicklung und Eigenbau von Kernreaktoren, basierend auf den eigenen Uranvorräten im Lande. Um die Problematik der Urananreicherung zu umgehen, orientierte man zunächst auf einen Natururanreaktor, einen Reaktortyp, der an die Reaktorphysik höchste Anforderungen stellt.

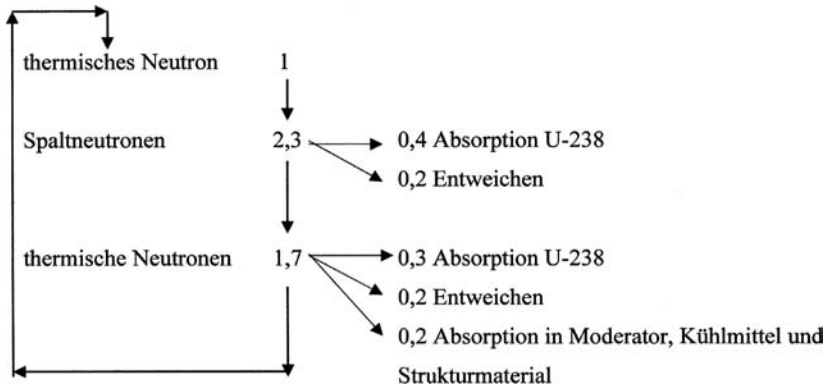


Abb. 1: Etwaige Neutronenbilanz eines Natururanreaktors

Das Hauptproblem dieses Reaktortyps ist die Neutronenökonomie (Abb. 1). Zwar entstehen bei einer Spaltung von Uran-235 im Mittel 2,3 schnelle Neutronen, von denen aber im Mittel nur 1,7 den thermischen Energiebereich erreichen (etwa 0,4 werden vom U-238 absorbiert, 0,2 entweichen aus dem Reaktor). Dort gehen noch einmal im Mittel 0,7 verloren (0,2 durch Entweichen, 0,2 durch Absorption in Moderator, Kühlmittel, und Strukturmaterial, 0,3 durch Absorption in U-238), so daß im Mittel gerade noch 1 Neutron für die nächste Spaltung, d.h. zum Aufrechterhalten der Kettenreaktion, zur Verfügung steht. Um eine derartige Bilanz zu erreichen, ist eine sehr sorgfältige Auswahl der Materialien (geringe Neutronenabsorptionsquerschnitte, gute Moderationseigenschaften) und eine optimale Anordnung notwendig. Dies erfordert sehr genaue Modellrechnungen für die Konzeption und den späteren Betrieb des Reaktors. Durch experimentelle Untersuchungen sowohl hinsichtlich der neutronenphysikalischen Eigenschaften der Materialien als auch Neutronenfluß- und Reaktivitätsmessungen an Testaufbauten der vorgesehenen Reaktorgitter müssen die Modellrechnungen justiert werden.

In Rossendorf wurde 1956 mit dem Aufbau der späteren Abteilungen Reaktortheorie und (experimentelle) Reaktorphysik begonnen.

Die Reaktortheorie entwickelte in den 35 Jahren immer verfeinerte Berechnungsmethoden. Entsprechend dem Fortschritt der Rechentechnik, beginnend mit elektromechanischen Rechenmaschinen in den fünfziger Jahren bis zu digitalen Großrechnern in den achtziger Jahren, wurden die Berechnungen immer mehr verfeinert. Ich kann nicht näher darauf eingehen, möchte hier nur darauf hinweisen, daß die Basis dieser Rechnungen immer Materialparameter waren, wie Absorptions- und Streuquerschnitte der Materialien

in Abhängigkeit von der Neutronenenergie. Diese wurden internationalen Neutronendatensammlungen entnommen, die aus kernphysikalischen Messungen stammen. Allerdings blieben immer Unsicherheiten, die nur durch Justierung der Daten mit Hilfe reaktorphysikalischer Experimente beseitigt werden konnten.

Die (experimentelle) Reaktorphysik, auf deren Arbeiten ich mich im folgenden beschränke, entwickelte zunächst die notwendigen Meßmethoden für die wichtigsten Parameter des thermischen Reaktors und für die Neutronenabsorptionsquerschnitte der ausgewählten Materialien. Diese Methoden beruhten

- einerseits auf der Bestimmung des Neutronenflusses im thermischen, epithermischen und schnellen Energiebereich (sog. Reaktorstatik) und
- andererseits auf der Messung der Reaktivität des Reaktors, eines Parameters, der einerseits beim Betrieb des Reaktors eine elementar wichtige Rolle spielt – er beschreibt den Zustand der Kettenreaktion (der kritische Reaktor hat $\rho = 0$, der unterkritische $\rho < 0$ und der überkritische $\rho > 0$) und der andererseits den Einfluß (sog. Reaktivitätsgewicht) einer Komponente, wie zum Beispiel eines Regelstabes, auf die Kettenreaktion beschreibt. Da sich die Reaktivität nur aus der zeitlichen Änderung des Neutronenflusses bestimmen läßt, wurde diese Richtung als Reaktordynamik bezeichnet.

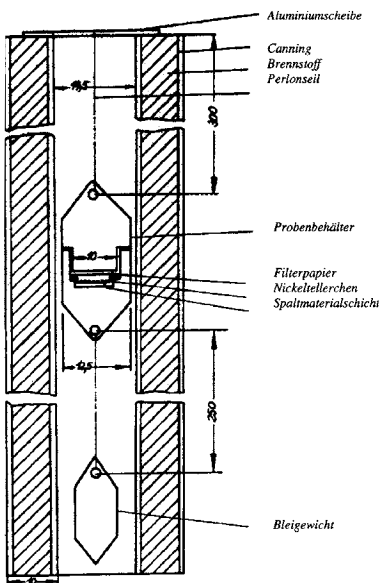


Abb. 2: Rossendorfer Forschungsreaktor mit den experimentellen Anordnungen an den Horizontalbündeln (1960)

Diese Methoden wurden zunächst an dem Rossendorfer Forschungsreaktor (RFR), der ab 1958 für Arbeiten verfügbar war, erprobt und auch schon erste Anwendungen durchgeführt. Der RFR, der für Isotopenproduktion und kernphysikalische Experimente an seinen 8 Horizontalbündeln konzipiert war, eignete sich nur wenig für reaktorphysikalische Arbeiten. Allein die Fülle der experimentellen Aufbauten in der Reaktorhalle (Abb. 2) vermittelt das Problem, den Reaktor für einen längeren Zeitraum für reaktorphysikalische Experimente, diese benötigten mit den notwendigen Vorbereitungen immer eine Woche, zu blockieren. Daher wurde neben den methodischen Entwicklungsaufgaben auch an der Konzeption eines Nullreaktors für Testgitter- und Materialuntersuchungen gearbeitet.

Ein paar Erläuterungen zu den Meßmethoden:

Das Neutronenspektrum wurde bestimmt, indem eine geeignete Materialprobe im Reaktor bestrahlt und dann ihre Aktivität bestimmt wurde. Mit dem bekannten Querschnitt für Neutronenabsorption und dem Zerfallsschema des entstandenen instabilen Isotops konnte dann der Neutronenfluß bestimmt werden. So weit das Prinzip, natürlich war es durch notwendige Korrekturen etwas komplizierter (Störung des Neutronenfeldes durch die Probe, Selbstabschirmung der Probe, Verluste bei der Aktivitätsmessung). Abb. 3 zeigt oben eine typische Probe der damaligen Zeit. Der Probenbehälter hing an einem Perlonsseil zwischen den Brennstoffstäben im Wasserkanal. Die Probe lag in Folienform (wegen geringer Selbstabschirmung) auf einem Nickeltellerchen. Die genaue Höhenposition gewährleistete eine Aluminiumscheibe, die durch das Bleigewicht auf dem oberen Ende des Kühlkanals gehalten wurde. Nach der Bestrahlung wurde die Probe zur Aktivitätsmessung im Nickeltellerchen in einen sogen. 4π -Zähler (Abb. 4) gebracht. Daneben sind das Hochspannungsgerät und der Zählmeßplatz mit Verstärker vom VEB Vakutronik zu sehen.



typische Probe der damaligen Zeit. Der Probenbehälter hing an einem Perlonsseil zwischen den Brennstoffstäben im Wasserkanal. Die Probe lag in Folienform (wegen geringer Selbstabschirmung) auf einem Nickeltellerchen. Die genaue Höhenposition gewährleistete eine Aluminiumscheibe, die durch das Bleigewicht auf dem oberen Ende des Kühlkanals gehalten wurde. Nach der Bestrahlung wurde die Probe zur Aktivitätsmessung im Nickeltellerchen in einen sogen. 4π -Zähler (Abb. 4) gebracht. Daneben sind das Hochspannungsgerät und der Zählmeßplatz mit Verstärker vom VEB Vakutronik zu sehen.

Abb. 3: Meßprobe zur Neutronenflußbestimmung im Reaktorgitter

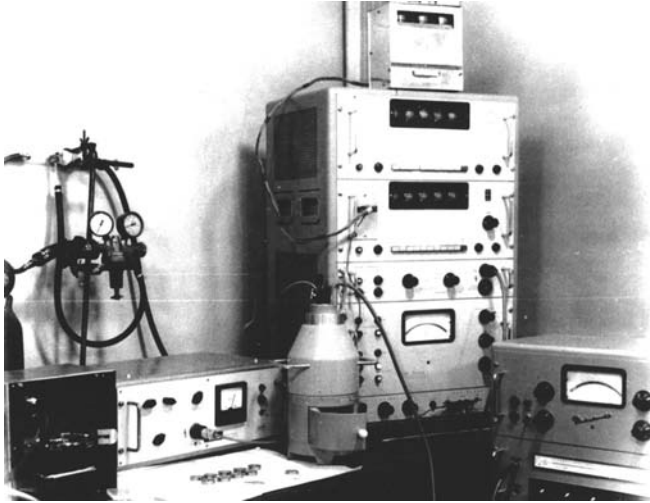
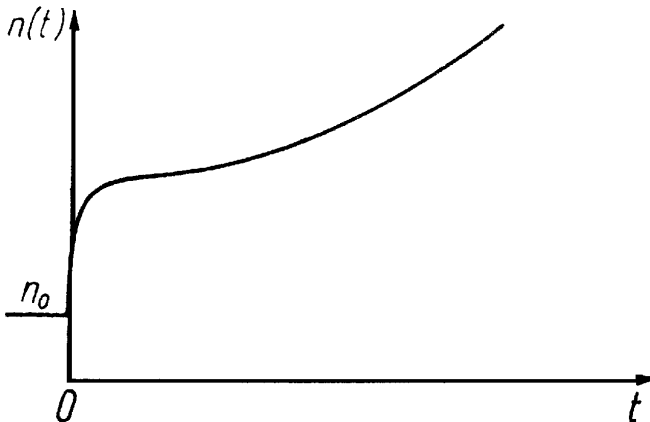


Abb. 4: Meßplatz zur Auswertung der bestrahlten Probe

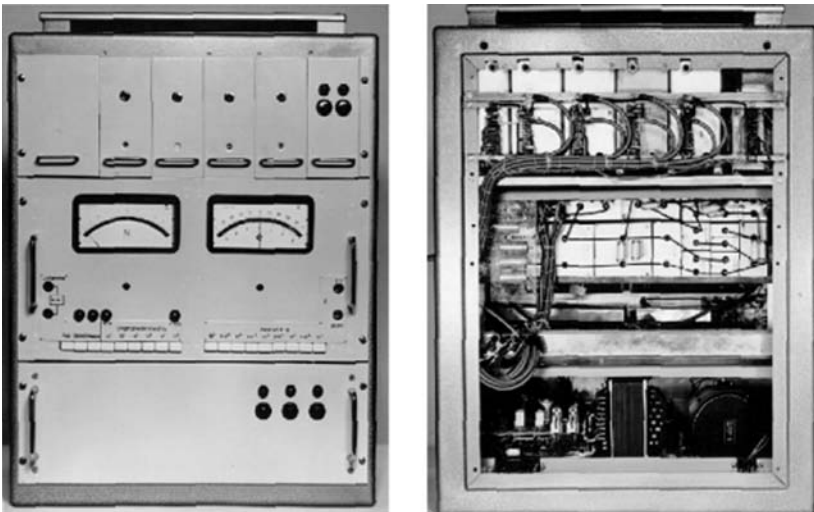
Die Reaktivität ist ein etwas ungewöhnlicher Parameter, der nur über das Zeitverhalten des Neutronenflusses zu erfassen ist. Bei einer Reaktivitätsänderung, z.B. durch plötzliches Herausziehen eines Neutronenabsorbers, ändert sich aufgrund der Erhöhung der Spaltrate sprunghaft (im ms-Bereich) der Neutronenfluß (Abb. 5), danach steigt er allmählich an, bis er nach einigen Minuten einen exponentiellen Anstieg (stabile Periode) zeigt. Diese

Abb. 5: Verlauf der Reaktorleistung nach einem positiven Reaktivitätssprung



für die Reaktorsteuerung elementar wichtige Erscheinung ist durch die verzögerten Neutronen bedingt, die bei U-235 etwa 0,7 % der gesamten Spaltneutronen ausmachen. Der Reaktor bleibt dadurch „promptunterkritisch“, d.h. das Zeitverhalten wird durch die verzögerten Neutronen bestimmt, und der Reaktor damit regelbar. Die damals übliche Reaktivitätsmeßmethode bestand darin, nach einer Wartezeit von etwa 3 Minuten die Verdopplungszeit des Ionisationskammerstromes zu messen und nach einer Tabelle die Reaktivität zu bestimmen. Durch Entwicklung und Bau eines Reaktivitätsmessers, eines Analogrechners, der das kinetische Verhalten simulierte, konnte die Reaktivität schon nach 1 s mit höherer Genauigkeit ermittelt werden. Schon 1962 wurden erste Regelstabeichungen am RFR mit dem Gerät in Abb. 6 durchgeführt. Es war ein festprogrammierter Analogrechner der damaligen Zeit. In dem oberen Einschub waren die voluminösen Rechenverstärker mit Röhrenelektronik angeordnet, in der Mitte die Anzeigeinstrumente für Ionisationskammerstrom und Reaktivität, dahinter die Papierkondensatoren in Spezialausfertigung, die zusammen mit Präzisionswiderständen das Zeitverhalten der 6 Gruppen verzögerter Neutronen simulierten. Im unteren Teil befanden sich die Stromversorgung und ein Servomultiplikator. Dieses Gerät ist später in modernerer Ausführung in mehreren Exemplaren vom wissenschaftlichen Gerätebau produziert worden und auch an anderen Reaktoren in der DDR und im RGW eingesetzt worden.

Abb. 6: Erster Reaktivitätsmesser mit Endim-Analogrechenverstärkern und Servomultiplikator (1963)



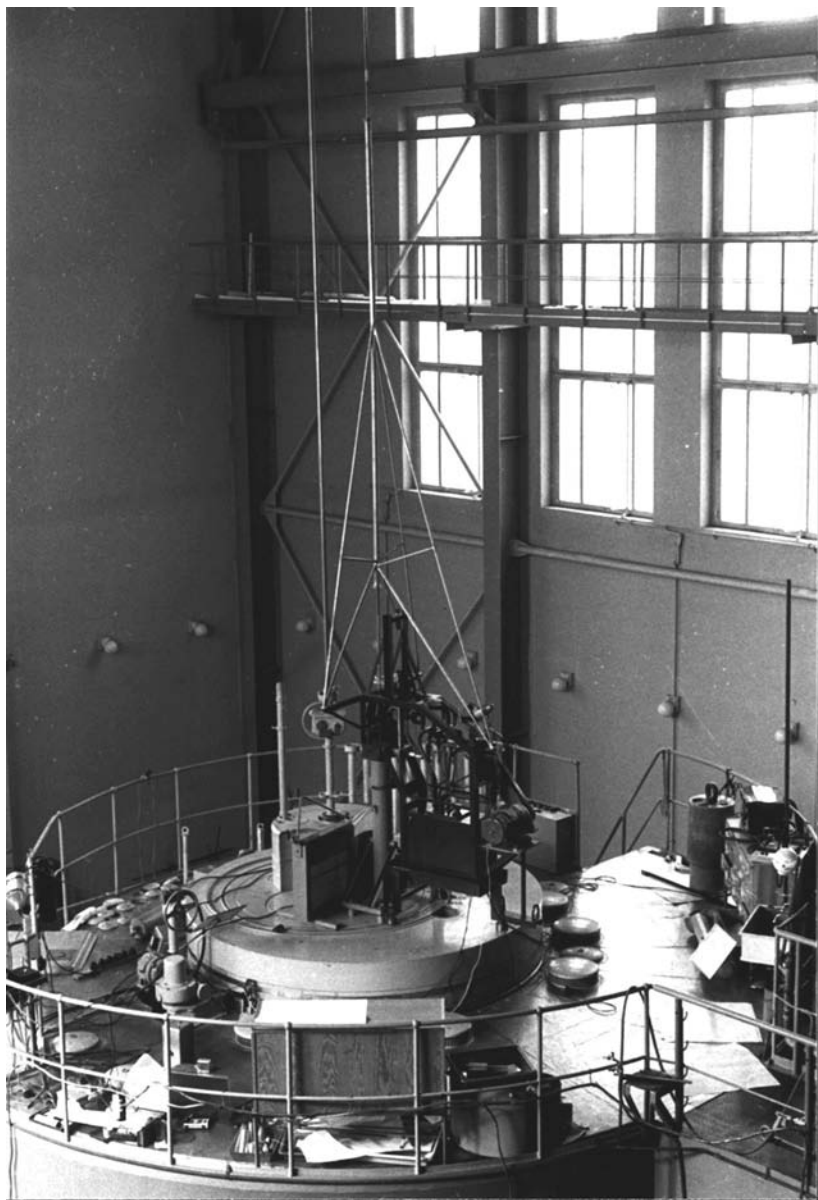


Abb. 7: Rossendorfer Forschungsreaktor mit globalem Pile-Oszillator auf dem Reaktorkopf (1960)

Zur Messung von Neutronenabsorptionsquerschnitten von Materialien ist man an möglichst kleinen Proben interessiert. Um die entsprechend kleinen Reaktivitäten messen zu können, wurden sog. Pile-Oszillatoren eingesetzt. Die Probenposition wurde periodisch zwischen dem oberen Rand der aktiven Zone des Reaktors und dem Zentrum der aktiven Zone gewechselt. Jeweils 10 s blieb die Probe in einer Position. Diese Oszillation wurde, um eine möglichst hohe Meßgenauigkeit zu erzielen, über einen längeren Zeitraum hin bis zu 1 h fortgesetzt. Der Reaktor wurde dabei im Mittel kritisch gehalten, die Leistung oszillierte um eine mittlere Leistung, die möglichst niedrig gewählt werden mußte, um den störenden Kühlmittelpumpenbetrieb und unnötige Probenaktivierung zu vermeiden. Gemessen wurde der Strom einer Neutronenionisationskammer am Rande der aktiven Zone, durch Fourieranalyse wurde die Amplitude der Oszillation bestimmt. Am RFR war die Probe am Ende einer etwa 7 m langen Stange befestigt, die von einer Hydraulik im 10 s-Takt auf und ab bewegt wurde. Abb. 7 zeigt das erste Exemplar eines Pile-Oszillators auf dem Reaktorkopf des RFR.

1961 war die anfängliche Kernenergie-Euphorie einem gewissen Realismus gewichen. Die Nutzung der eigenen Uranvorräte stand nicht mehr zur Debatte, damit war auch die Natururanvariante nicht mehr zwingend. Die neue Vorstellung war, mit sowjetischer Unterstützung einen Versuchsdruckwasserreaktor (WWR-70) zu bauen, dessen Projekt die SU schon weitgehend fertig

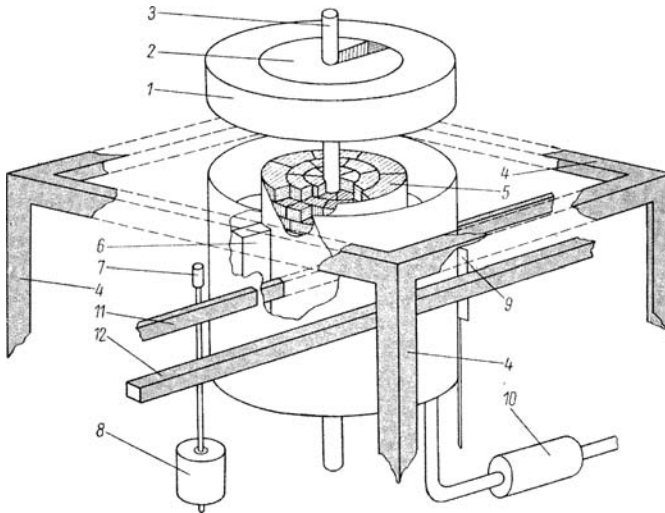


Abb. 8: Rossendorfer Ringzonenreaktor mit seinen Experimentiereinrichtungen

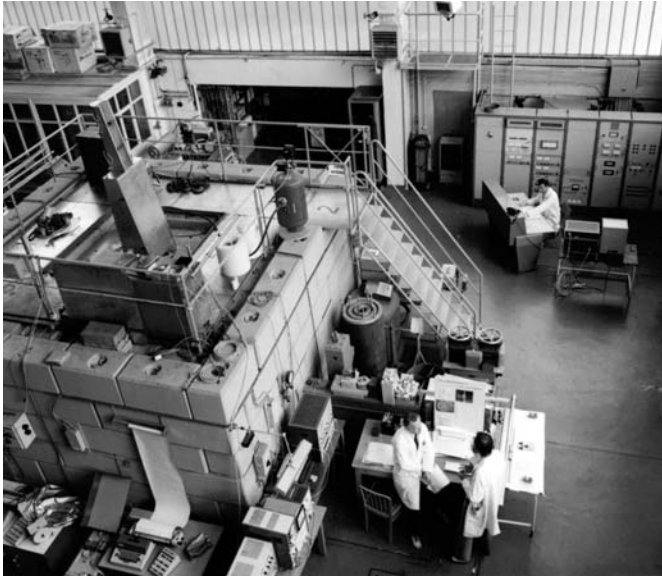


Abb. 9: Rossendorfer Ringzonenreaktor mit seinen Experimentiereinrichtungen

hatte und von dem ein Prototyp in der SU gebaut wurde. An diesem wollte man die technisch-physikalischen Probleme kennenlernen, auf deren Grundlage eine Weiterentwicklung erfolgen sollte, die dann in einer 2. Ausbaustufe in kompletter DDR-Eigenleistung gebaut werden sollte. Als Standort für den WWR-70 war Rheinsberg gewählt worden. Beim Bau wurde schon die 2. Ausbaustufe (AKW-2) berücksichtigt.

Diese Entscheidung für den Druckwasserreaktor beeinflusste die Konzeption des Nullreaktors. Es wurde der damals sehr verbreitete Argonauttyp gewählt (Abb. 8), der eine ringförmige Spaltzone besaß, die in ihrem Innern den Einbau eines Untersuchungsgitters gestattete. Untersuchungsgitter und die ringförmige Spaltzone bildeten zusammen die kritische Anordnung. Im Zentrum des Einsatzgitters herrschten dann die gleichen neutronenphysikalischen Verhältnisse wie im Innern des großen Reaktor. Auf diese Weise konnten mit etwa nur 10% der kritischen Masse die neutronenphysikalischen Parameter des Gitters gemessen werden. Der Reaktor war entsprechend dem damaligen Ehrgeiz bzgl. Eigenentwicklung und -bau ein reines DDR-Produkt. Nur das 20%-ig angereicherte Uranpulver (U_3O_8) wurde aus der SU importiert. Eine wesentliche Abweichung vom Original-Argonautreaktor waren die Brennelemente. Statt Plattenelemente mußten wegen der Herstellungstechnologie Stab-

elemente verwendet werden, die in Plattengeometrie, d.h. in einer Reihe von jeweils 7 Stäben, angeordnet wurden. Diese relativ kleine Abänderung brachte uns beim kritischen Experiment die Überraschung, daß wir fast 20% mehr Brennstoff brauchten, als nach den Modellrechnungen erwartet wurde. Ein Zeichen, wie wichtig die Überprüfung und Justierung von Modellrechnungen ist, die in diesem Fall allerdings nicht möglich gewesen war! Abb. 9 zeigt den Ringzonenreaktor mit aufgesetztem Pile-Oszillator.

Das erste Einsatzgitter im RRR war ein Natururan-Wasser-Gitter, an dem im Auftrag des VEB AKW, bei dem die Druckwasserentwicklungsarbeiten liefen, Untersuchungen durchgeführt wurden. Abb. 10 zeigt das Testgitter. Erste Untersuchungen betrafen den Einfluß des zentralen Wasserloches im Testgitter auf das Neutronenspektrum. Die Ergebnisse in Abb. 11 lassen deutlich erkennen, wie durch die Moderation im Wasserloch der thermische Fluß ansteigt und gleichzeitig das thermische Neutronenspektrum, das durch die Neutronentemperatur charakterisiert wird, weicher wird. Leider war dieses thermische Einsatzgitter das Letzte seiner Art, denn schon 1965 mußten auf Weisung der Leitung des ZfK Rossendorf alle Arbeiten zum thermischen Reaktor abgebrochen werden.

1965 brach in der DDR ein großer Streit um die Perspektive der Kernenergie aus. Die Hauptkontrahenten waren das ZfK Rossendorf und der VEB AKW. Letzterer wollte die Druckwasserlinie weiter verfolgen. Das ZfK argumentierte, die Entwicklung des DWR wäre abgeschlossen, die Zukunft gehörte dem schnellen Reaktor, die DDR sollte sich auf einen wesentlichen Beitrag zu der sowjetischen Entwicklung des SBR konzentrieren und zwar auf den Kernbrennstoffzyklus (KBZ). Im ZfK Rossendorf wurden fast alle Forschungsarbeiten auf den SBR orientiert. Für die Reaktorphysik bedeutete dies eine völlige Neuorientierung.

In erster Linie war davon die Reak-

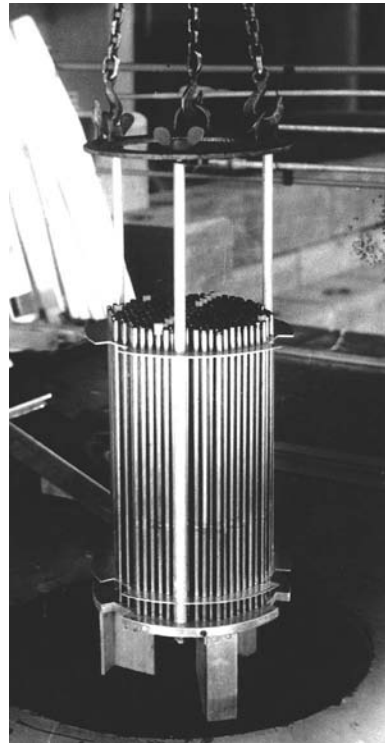


Abb. 10: Thermisches Einsatzgitter (1964)

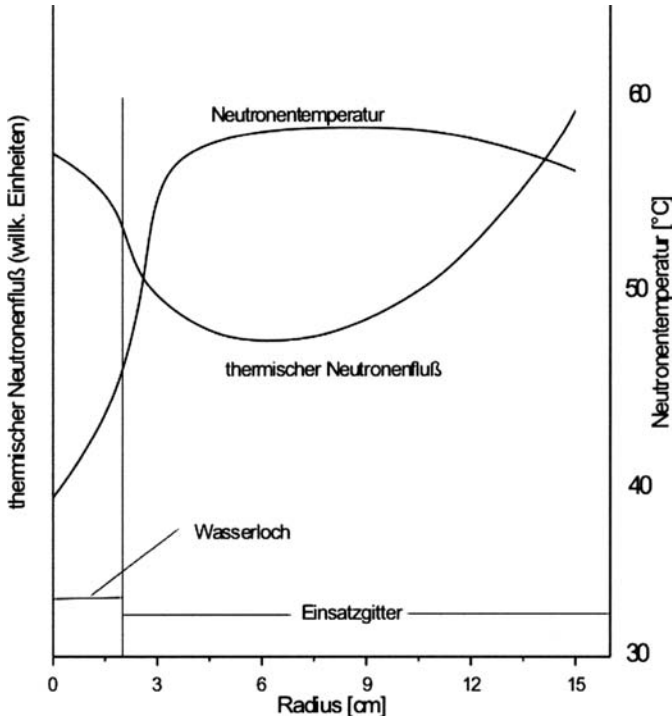


Abb. 11: Erste Ergebnisse der Messungen am Thermischen Einsatzgitter

torstatik betroffen. Diese musste praktisch von vorn beginnen, sowohl mit dem Aufbau eines geeigneten Untersuchungssystems als auch mit der Entwicklung entsprechender Meßmethoden. Zwar gab es die Option der Mitarbeit an sowjetischen Schnellen Nullleistungssystemen (BFS, später KOBRA) im PEI Obninsk, aber für die Entwicklung der Methoden war ein eigenes System erforderlich. Mit der Idee des Schnellen Einsatzgitters im RRR (SEG) wurde eine gangbare Variante gefunden. Jedoch gab es einen langen Entscheidungs- und Entwicklungsprozeß, ehe es 1972 zum ersten Einsatz kam. In der Zwischenzeit liefen einerseits Studien hinsichtlich eines sinnvollen Beitrages der Rossendorfer Reaktorphysik und andererseits die Vorbereitungen für die Messtechnik. Das Ergebnis war, daß zur befriedigenden Berechnung des SBR, insbesondere zur Berücksichtigung von Inhomogenitäten im Gitter die Unsicherheiten in den Neutronenquerschnittsdaten zu groß waren. Daher sollten integrale Messungen in geeigneten Testgittern im SEG für die Überprüfung, Einschätzung und Justierung der vorliegenden Daten durchgeführt werden.

Als integrale Meßmethoden boten sich die Neutronenspektrometrie im schnellen Energiebereich und die Präzisionsmessung von Probenreaktivitäten an. So wurden die Arbeiten auf die Entwicklung eines Rückstoßprotonenzählrohr-Spektrometers und auf die Weiterentwicklung der globalen Pile-Oszillorteknik für den Einsatz im SEG konzentriert.

Die Probleme der Reaktordynamik sind dagegen weitgehend unabhängig vom Reaktortyp, d.h. die laufenden Arbeiten konnten auch unter dem Aspekt „Vorlauf Schneller Brutreaktor“ fortgeführt werden.

1971 gab es endlich das lang ersehnte staatliche Machtwort:

Es gibt weder eine Druckwasserentwicklung noch eine KBZ-Entwicklung. Die Kernkraftwerke vom Typ WWER werden „schlüsselfertig“ importiert und können später durch Schnelle Reaktoren ergänzt bzw. abgelöst werden. Die Forschung erfolgt in zwei Richtungen:

- Unterstützung von Inbetriebnahme und Betrieb der WWER-Kraftwerke
- Mitarbeit am sowjetischen SBR-Programm.

Diese Entscheidung hatte bis zum Ende der DDR Bestand.

Für die Reaktorstatik brach damit eine fast 20-jährige kontinuierliche Arbeit an. Sie konnte 1972 das SEG in Betrieb nehmen (Abb. 12). Das SEG war ein Metallzylinder – wahlweise aus Aluminium oder Eisen –, der eine Vielzahl Bohrungen für die Aufnahme von Pellets verschiedener Materialien (Natururan, 36%-angereichertes Uran, Eisen, Aluminium u.a.) enthielt, die zusammen mit dem Metallzylinder neutronenphysikalisch ein Schnelles System simulierten. Die zentrale Bohrung diente der Messung des Neutronenspektrums und der Reaktivitäten verschiedener Materialproben mit Hilfe des Pile-Oszillators. Eine derartige Beladung benötigte etwa 10.000 Pellets, die mit Hilfe einer mikroprozessor-gesteuerten Be- und Entladeeinrichtung zusammengestellt wurde. Es wurden insgesamt 6 verschiedene Einsatzgitter untersucht. Die Arbeiten erfolgten in Zusammenarbeit mit den Reaktortheoretikern und einem sowjetischen Institut in Obninsk, in dem ebenfalls ein Ringzonenreaktor aufgebaut wurde, allerdings nicht mit einer schnellen Treiberzone. Für diesen lieferte das ZfK auch einen Pile-Oszillator.

Mit dem Betrieb des KKW Rheinsberg hatte sich die Einsicht durchgesetzt, dass die DDR zwar schlüsselfertige Kernkraftwerke kaufte, dass es aber dennoch etliche reaktortechnische und -physikalische für den DDR-Betreiber gab. Dies betraf

- die Inbetriebsetzungsuntersuchungen, bei denen die wichtigsten Parameter des Reaktors bestimmt werden mussten, wie die Reaktivitäten der Regel- und Havarieelemente, den Leistungseffekt der Reaktivität, die Xenonvergiftung u.a.m.,

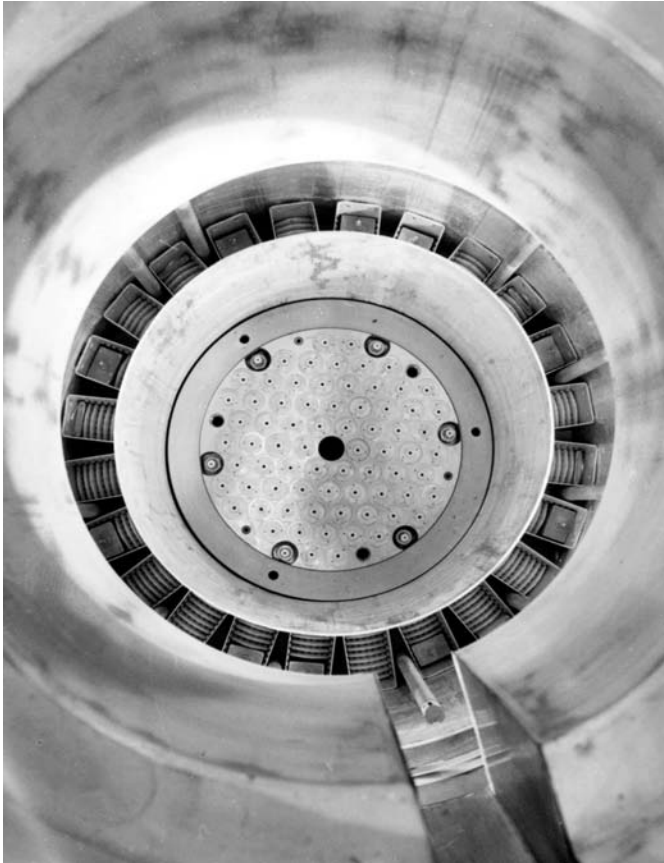


Abb. 12: Schnelles Einsatzgitter

- Kampagnenberechnungen (Kampagnenlänge, Umladeschemata etc.)
- die Nachrüstung einiger Systeme zur Modernisierung der Anlagen (Borsäure-Meßgerät, Incore-Detektorsystem, Prozessrechnersystem zur Erfassung der relevanten Reaktormessdaten, Reaktivitätsmesser).

Dabei war auch das ZFK Rossendorf gefragt. Es wurden neue Abteilungen gebildet (Reaktormess-technik, Prozessrechentechnik), die die Nachrüstungs-aufgaben übernahmen. Die Kampagnenberechnung und auch die Inbetrieb-setzung waren Aufgaben des VEB AKW. Die experimentelle Reaktorphysik beschränkte sich zunächst auf die Teilnahme an der Inbetriebsetzung und führte dynamische Untersuchungen, u.a. Rauschuntersuchungen durch. Die

allerersten Analysen des Rauschens des Stromes einer Ionisationskammer bei unterschiedlichen Stadien der Inbetriebnahme des KKW Rheinsberg, bei 1- bis 3-Pumpenbetrieb, brachten ein überraschendes Ergebnis. In Abb. 13 sind auf der linken Seite die Spektraldichten des Ionisationskammerstromes bei den verschiedenen Stadien gezeigt. Sie zeigten eine bisher in Druckwasserreaktoren unbekannte Resonanz im niederfrequenten Bereich, deren Lage sich proportional zur Zahl der in Betrieb befindlichen Pumpen änderte. Ein untrügliches Zeichen für einen strömungsabhängigen Prozeß, der sich im Reaktor abspielte. Eine klare Aussage, um welchen Prozeß es sich handelte, war zu diesem Zeitpunkt nicht möglich, allerdings war dieses Meßergebnis der Anlaß, dass die Arbeiten zum Rauschen intensiviert wurden. Von Seiten des ZfK, der Akademie und dem VEB KKW wurde das Problem sehr ernst genommen. So wurde für die Inbetriebnahme des 1. Blockes in Lubmin 1973 ein gründliches Rauschanalyseprogramm vorbereitet und die technische Basis auf das damalige Welt-

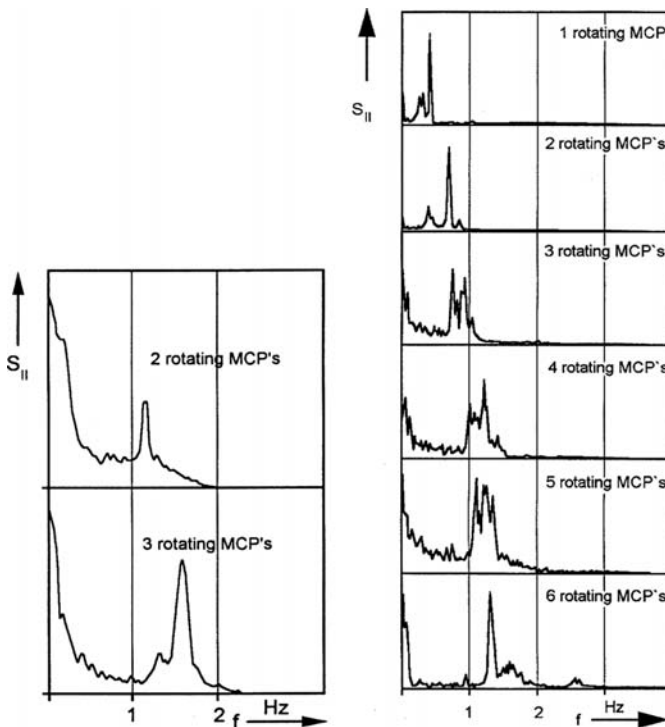


Abb. 13: Autospektraldichten des Ionisationskammerstromes bei Inbetriebnahmemeasureungen (links KKW Rheinsberg, rechts KKW Lubmin, Block 1)

niveau gehoben (Meßverstärker, Mehrkanal-Magnetbandspeicher, Analyse-rechner). Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist in Abb. 13 auf der rechten Seite zu sehen: Die gleiche Resonanz und ihre Abhängigkeit vom Durchfluß, d.h. ein klarer Strömungseffekt. Eine naheliegende Vermutung war, daß strömungsinduzierte Schwingungen von Brennstoffkassetten oder Regelelementen die Ursache waren. Eine Frage war natürlich, wie gefährlich solche Schwingungen waren. Modellrechnungen ergaben, daß die Amplitude dieser Schwingungen im Bereich von mehreren mm liegen müßten. Von den sowjetischen Fachleuten wurde dies jedoch als unmöglich abgetan. Bei der Inbetriebnahme von Block 2 (1975) dann das gleiche Bild, jedoch dauerte es nur wenige Monate, bis die Ursache sich offenbarte. Bei einer Routinekontrolle am Block 2 wurde festgestellt, daß der untere Teil eines Regelelementes, die sog. Folger-Kassette, fehlte. Daraufhin wurden beide Blöcke abgeschaltet. Die Untersuchungen ergaben, daß Schwingungen der Regelelemente von bis zu 1 cm Amplitude zu gravierenden Beschädigungen an beiden Reaktoren geführt hatten. Die Reparatur der Blöcke und die Ausrüstung mit neuartigen Regelelementen dauerte ein halbes Jahr. Die Rauschanalyse gewann dabei erheblich an Ansehen und verführte auch zu übertriebenen Hoffnungen. Es wurden danach alle Blöcke mit eigenen Rauschanalysesystemen ausgerüstet, die vom Wissenschaftlichen Gerätebau des ZfK Rossendorf gebaut wurden. Es wurde über viele Jahre darum gekämpft, eine industrielle Fertigung dieser Systeme im Bereich des Ministeriums für Elektrotechnik durchzusetzen. Allerdings nur mit geringem Erfolg. Auf jeden Fall war für die Reaktordynamik damit auch eine klare Hauptrichtung vorgegeben, die bis zum Ende der DDR galt und auch außerhalb der Kernenergie, insbesondere in der Chemieindustrie, etliche Erfolge verbuchen konnte.

Abschließend möchte ich an Hand folgender Zeittafel eine Übersicht über alle 10 Reaktoren geben, die in der DDR-Zeit entstanden waren.

1957 – der RFR als erster Reaktor mit 2 MW thermischer Leistung, später mit 10 MW

1962 – der RRR mit maximal möglicher Leistung von 1 kW

1966 – der WWER-70 in Rheinsberg mit 70 MW, elektrisch

1967 – die kritische Anordnung RAKE mit 10 W

1973 – der WWER-440, Block 1 in Lubmin

1975 – der WWER-440, Block 2 in Lubmin

1977 – der AKR 1 als Ausbildungsreaktor an der TU Dresden

1978 – der ZLFR als Ausbildungsreaktor an der TH Zittau

1981 – der WWER-440, Block 3 in Lubmin

1985 – der WWER-440, Block 4 in Lubmin

Der gegenwärtige Stand ist, daß bis auf den AKR 1 alle Reaktoren stillgelegt und z.T. schon abgebaut sind.



Abb. 14
links: Nullreaktorhalle
in den 80-er Jahren
rechts: Halle nach Stilllegung
und Demontage



Zum Abschluß möchte ich ihnen auch bildlich den heutigen Stand der Reaktorphysik in den neuen Bundesländern an Hand von Abb. 14 demonstrieren: links der Anblick der Nullreaktorhalle in den 80-er Jahren, rechts nach Stilllegung und Demontage der beiden Nullreaktoren Ende der 90-er Jahre.

Ich danke Ihnen für die Aufmerksamkeit.