

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

Juni 1966

KFK 470

Abteilung Reaktorbetrieb

Der Betrieb des Forschungsreaktors FR 2

W. Eisermann



**GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE**

HERAUSGEBER: Baudirektor Dr. H. Adam, Direktor der Staatl. Ingenieurschule Kiel · Prof. Dr. H.-J. Born, Direktor des Inst. für Radiochemie der Techn. Hochschule München · Prof. Dr. W. Hanle, Direktor des Physikalischen Institutes der Universität Gießen · Prof. Dr.-Ing. K. Illies, Direktor des Inst. für Schiffmaschinen und Dampfkessel der Techn. Hochschule Hannover · Prof. Dr. M. Pollermann, Kernforschungsanl. Jülich, Zentralinstitut für Reaktorexperimente · G. Thiemig, München · TECHNISCHER BEIRAT: Dr. E. Böhm, Gutehoffnungshütte, Oberhausen-Sterkrade · Dr.-Ing. F. Jeitner, Siemens-Planiawerke AG, Meitingen · Dr. G. Pröpstl, Eurisotop-Euratom, Brüssel · Ministerialdirektor Dr. J. Pretsch, Bundesministerium für wissenschaftliche Forschung, Bad Godesberg · Dr. J. van der Spek, Belgo-nucléaire, Brüssel · Prof. Dr.-Ing. R. Spolders, Rhein Stahl Hüttenwerke AG, Essen · Dr. A. Weckesser, Kernkraftwerk RWE-Bayernwerk GmbH, Gundremmingen.

Publikationsorgan

der Studiengesellschaft zur Förderung der Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt e.V., Hamburg 36, Neuer Wall 34

Der Betrieb des Forschungsreaktors FR 2

Operation of the FR 2 research reactor

Von W. Eisermann Aus der Abteilung Reaktorbetrieb, Kernforschungszentrum Karlsruhe

1. Einleitung

Der Reaktor FR 2 wurde erstmals im März 1961 kritisch. Physikalische Messungen bei niedriger Reaktorleistung wurden durchgeführt und bis zum Jahresende 1961 abgeschlossen. Es stand relativ viel Zeit für die Durchführung dieser Messungen zur Verfügung, weil der eingebaute Stahl- und Aluminiumtank für den Betrieb mit höherer Leistung nicht geeignet war [1] und neu hergestellt werden mußte. Das Meßprogramm konnte deshalb sehr breit angelegt werden. Es wurde u. a. eine homogene Vergiftung des Reaktors mit Borsäure [2] durchgeführt, um die Überschußreaktivität des kalten Reaktors zu kompensieren und damit im Hinblick auf den späteren Leistungsbetrieb repräsentative Neutronenflußdichte- und Reaktivitätsmessungen durchführen zu

können. Aus den Messungen bei niedrigerer Reaktorleistung wurde eine umfangreiche Sammlung von Daten gewonnen, die beim späteren Betrieb des Reaktors und bei der Vorbereitung von Experimenten von großem Nutzen war.

In der Betriebsphase, während der der Reaktor mit niedriger Leistung betrieben wurde, waren für die Ausbildung des mit dem Betrieb und der Wartung und Instandhaltung befaßten Personals noch besonders gute Voraussetzungen gegeben, da einerseits die Aufgabe bestand, den Reaktor in Betrieb oder betriebsbereit zu halten, andererseits jedoch noch keine größeren Aktivitäten erzeugt wurden und das Problem der Wärmeabfuhr bei ein- und ausgeschaltetem Reaktor noch nicht bestand.

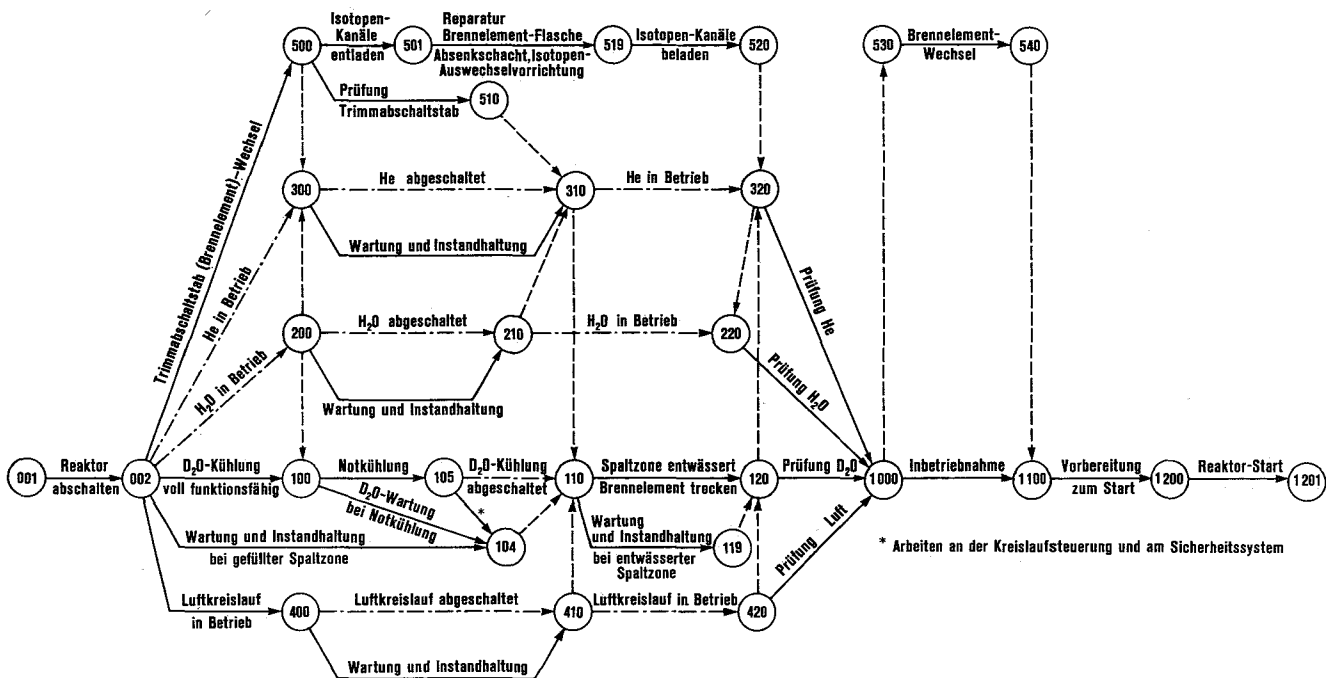


Fig. 1: Allgemeines Netzwerk für Abschaltphasen des FR 2

Fig. 1: General network for the shut-down periods of the reactor FR 2

1962 wurden Stahl- und Aluminiumtank ausgewechselt, Funktionsprüfungen und die Wiederinbetriebnahme [3] durchgeführt. Der Reaktor konnte nach relativ kurzer Erprobung im Teillastbereich mit Vollast betrieben werden, da er in wesentlichen Teilen seiner Funktion mittlerweile bekannt war. Im Dezember 1962 wurde erstmals die Nennleistung von 12 MW erreicht.

In der ersten Jahreshälfte 1963 konnte ein umfangreiches Erprobungsprogramm abgewickelt werden, bei dem sowohl die einzelnen maschinen- und elektrotechnischen Anlage-teile für sich als auch das Zusammenwirken dieser einzelnen Komponenten einer eingehenden Prüfung unterzogen wurden. Außerdem wurden noch einige ergänzende Mes-sungen [4, 5] an der Spaltzone durchgeführt. In der zwei-ten Jahreshälfte fand der Leistungsprobebetrieb statt.

Von Anfang 1964 bis Oktober 1965 wurde der Reaktor nach Plan und Maßgabe der Experimente betrieben. Über die Betriebsweise und einige Erfahrungen während dieser Be-triebsperiode soll im folgenden näher berichtet werden. Der erste Kern des FR 2 wurde im Oktober 1965 außer Be-trieb genommen.

2. Betriebsweise

2.1 Betriebsplan

Der Betrieb des Reaktors erfolgt stets nach einem im vor-aus festgelegten Terminplan. Dieser wird jeweils nach Ab-stimmung mit den Experimentatoren für ein Jahr aufgestellt. Bisher war es immer möglich, die einmal in Kraft gesetzten Betriebspläne ohne wesentliche Änderung einzuhalten. Da-mit waren von Seiten des Reaktorbetriebes die Vorausset-zungen für eine gute Nutzung des Reaktors durch eine große Anzahl von Experimentatoren gegeben.

Im Betriebsplan sind in der Regel Zyklen von 4 Wochen Dauer vorgesehen, wobei der Reaktor 3 Wochen lang durchgehend in Betrieb ist und in der 4. Woche von Montag bis Freitag abgeschaltet wird. Der Reaktor wird fast aus-schließlich mit seiner Nennleistung betrieben. Soweit für spezielle Experimente oder z. B. für die Inbetriebnahme

neuer Experimente Reaktorbetrieb bei niedriger Leistung gefordert wird, erfolgt die Abwicklung des Teillastbetriebes normalerweise zu Beginn oder am Ende einer Betriebs-phase.

2.2 Abschaltphasen

Abschaltphasen sind notwendig, um Beladungsänderungen, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten, Prüfungen usw. durchführen zu können. In der Regel ist eine Abschaltzeit von 5 Tagen (Montag bis Freitag) pro 4 Wochen ausrei-chend. Davon sind vorgesehen: 3 Tage zur Durchführung von Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten sowie für die Ergänzung von Anlageteilen im Hinblick auf den Betrieb von Experimenten, 1 Tag für die Durchführung von Be-ladungsänderungen am Reaktorkern und 1 Tag für die Durch-führung von Restarbeiten, die Vorbereitungen zum Reaktor-start und den Reaktorstart selbst. Während periodisch wie-derkehrende Funktionsprüfungen an Hand eines Prüfhand-buchs vom Betriebspersonal auch in Nachtschichten durch-geführt werden können, steht für die Abwicklung der War-tungs- und Instandsetzungsarbeiten nur Personal in ein-schichtigem Betrieb, d. h. während der normalen Arbeits-zeit, zur Verfügung. Alle in diesem Bereich abzuwickelnden Arbeiten müssen deshalb in einer Gesamtzeit von ca. 30 Stunden pro 4 Wochen erledigt sein. Um einerseits die Abschaltzeiten auf ein Minimum zu reduzieren und anderer-seits die betrieblichen Risiken (z. B. Abreicherung des Schwer-wassers) möglichst klein zu halten sowie den sicherheitstechnischen Belangen jederzeit gerecht zu werden, wird die Arbeitsplanung für die Abschaltphasen unter Zuhilfenahme der Methoden der Netzwerktechnik durchgeführt. Dabei kommt es im wesentlichen darauf an, über ein Organisa-tionsmittel zu verfügen, mit dessen Hilfe es möglich ist, die Auswirkungen einer Reihe von Einzelmaßnahmen auf die betrieblichen und sicherheitstechnischen Belange zu beur-teilen.

Als Beispiel dafür zeigt Fig. 1 ein allgemeines Netzwerk für Abschaltphasen des FR 2, in dem die Grobstruktur des Arbeitsablaufes festgehal-ten ist. Neben der üblichen Darstellung von Tätigkeiten durch ausgezogene Linien zwischen zwei Punkten und von sog. Scheintätigkeiten, die den

Zeitbedarf Null aufweisen und der logischen Verknüpfung von Tätigkeiten dienen, werden zusätzlich parallel zu bestimmten Tätigkeiten die dazugehörigen Betriebszustände, gekennzeichnet durch strichpunktierte Linien, aufgenommen.

Aus Fig. 1 geht z. B. hervor, daß bei »H₂O abgeschaltet« (200 bis 210) gleichzeitig »He abgeschaltet« (300 bis 310) und »Notkühlung« bzw. »D₂O-Kühlung abgeschaltet« (100 bis 110) vorliegt. Diese betrieblichen Zusammenhänge sind gegeben, weil sowohl die Heliumgebläse als auch die D₂O-Hauptpumpen eine Leichtwasserkühlung besitzen und deshalb bei abgeschaltetem H₂O-Kreislauf nicht betrieben werden können. Ein zweites Beispiel zeigt die sicherheitstechnischen Aspekte, die in dem Netzwerk nach Fig. 1 enthalten sind, auf: Während der Durchführung von Wartungs- und Instandhaltungsarbeiten bei entwässelter Spaltzone (110 bis 119) muß damit gerechnet werden, daß unter Umständen größere Heliummengen, die mit tritiumhaltigem Schwerwassertampf gesättigt sind, aus dem Reaktor-Kreislauf entweichen; es muß deshalb vorausgesetzt werden, daß das Belüftungssystem mit seinen Überwachungs- und Steuerorganen voll in Betrieb ist (410 bis 420).

Die rein terminliche Arbeitsplanung kann, aufbauend auf ein Netzwerk, an Hand einfacher Balkendiagramme erfolgen. In normalen Abschaltphasen wird damit ein genügend guter Überblick gewahrt. In bisher zwei Fällen, nämlich bei der Durchführung eines größeren Umbaus und bei den Vorbereitungsarbeiten zur Leistungserhöhung (Abschnitt 4), wurde wegen der Vielzahl der einzelnen Arbeiten zur Terminverfolgung eine elektronische Rechenanlage eingesetzt. Die Zeitschätzungen wurden nach PERT (Program Evaluation and Review Technique) durchgeführt. Zur Beurteilung der Terminlage wurden der kritische Weg, gekennzeichnet durch die Tätigkeiten, die den Endtermin bestimmen, und die Pufferzeiten der restlichen Tätigkeiten herangezogen.

2.3 Lastfaktoren

Wie bereits erwähnt, wird der Reaktor 3 Wochen durchgehend betrieben und in der 4. Woche von Montag bis Freitag abgeschaltet. Berücksichtigt man sowohl die Belange der Experimentatoren als auch die des Betriebes, so kann festgestellt werden, daß sich diese Betriebsweise in Karlsruhe bewährt hat. Sie soll deshalb auch in Zukunft beibehalten werden. Mit einer Betriebszeit von 23 Tagen pro 4 Wochen ergibt sich ein geplanter Lastfaktor von etwa 82%. Die bisherige Praxis hat gezeigt, daß nicht vorhersehbare Ausfälle infolge von Betriebsstörungen die Verfügbarkeit des Reaktors um ca. 3% mindern. Der über längere Zeiträume erreichbare Lastfaktor beträgt demnach nahezu 80%. Ein derart hoher Lastfaktor wurde in den ersten 9 Monaten des Jahres 1965 bis zur Außerbetriebnahme des ersten Kerns erreicht.

Fig. 2 zeigt die mit dem ersten Kern erreichten Lastfaktoren, über längere Zeiträume gemittelt, für die Jahre 1963 bis 1965. Die Werte sind ermittelt aus der Gesamtenergieabgabe in den angegebenen Zeiträumen und bezogen auf die Nennleistung von 12 MW. Die tatsächlich erreichten Lastfaktoren liegen z. T. noch um einige Prozent höher, weil der Reaktor gelegentlich für spezielle Experimentiervorhaben auch mit Teillast betrieben werden mußte. Mit den erreichten Werten dürfte der FR 2 bezüglich seiner Verfügbarkeit mit an der Spitze aller vergleichbaren Anlagen liegen [6].

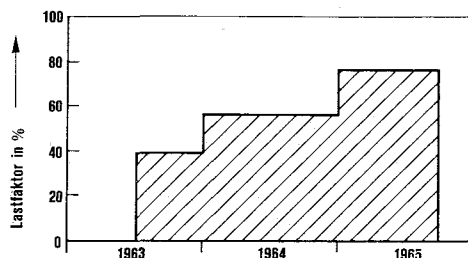


Fig. 2: Lastfaktor des ersten Kerns des FR 2 von 1963 bis Anfang Oktober 1965

Fig. 2: Load-factor of the first FR-2 core from 1963 to the beginning of October, 1965

3. Betriebserfahrungen

3.1 Automatische Abschaltungen des Reaktors

Der Reaktor wird automatisch, d. h. durch Schnellschluß, abgeschaltet beim Ansprechen folgender Sicherheitseinrichtungen:

- 4 Neutronenmeßkanäle, je in 2-von-3-Schaltung,
- 2 Strahlenmeßkanäle, je in 2-von-3-Schaltung,
- 4 Meßkanäle zur Überwachung der Brennelementkühlung, je in 2-von-3-Schaltung,
- 158 Meßstellen zur Überwachung des Kühlmittel-Mengenstromes in jedem Brennelement, in 1-von-158-Schaltung,
- ca. 20 Meßstellen zur Erfassung sonstiger Betriebsstörungen, wie z. B. Ausfall der Energieversorgung, Ausfall der Kühlung im thermischen Schirm usw., je in 1-von-1-Schaltung.

Dazu kommen noch die auf das Abschaltssystem des Reaktors aufgeschalteten Sicherheitseinrichtungen von Experimenten. In größerem Umfang wurden solche Aufschaltungen 1965 notwendig. Es waren aufgeschaltet bis zu 6 Sicherheitskanäle, je in 2-von-3-Schaltung, und bis zu etwa 20 Einzelmeßstellen, je in 1-von-1-Schaltung. In Tab. 1 sind alle automatischen Abschaltungen des Reaktors in der Zeit von Anfang 1963 bis Oktober 1965, der Außerbetriebnahme des ersten Kerns, zusammengestellt.

Im Berichtszeitraum sind innerhalb von 510 Betriebstagen 134 automatische Reaktorabschaltungen aufgetreten. Im Mittel ist demnach der Reaktor alle 3,8 Tage, d. h. etwa zweimal pro Woche, durch Schnellschluß abgeschaltet worden. Vermeidbar dürften dabei in erster Linie die aus Gerätestörungen der Brennelementüberwachung resultierenden Abschaltungen sein. Geht man davon aus, so können der weiteren Diskussion die Angaben unter 7b in Tab. 1

Tab. 1: Automatische Reaktorabschaltungen

Auslösung durch	1963	1964	1965	Summe
			bis 2. 10.	
1) Reaktor	9	6	2	17
2a) Experimente: allgemein	—	—	5	5
2b) Experimente: Rohrpost	2	—	5	7
3) Energieversorgung	1	—	2	3
4a) Gerätestörungen: allgemein	11	8	9	28
4b) Gerätestörungen: Brennelement-überwachung	—	40	13	53
5) Bedienungsfehler	4	6	5	15
6) Prüfung	4	2	—	6
7a) Summe	31	62	41	134
7b) Summe ohne Zeile 4b)	31	22	28	81
8) ungefähre Betriebszeit	Tage 100	200	210	510

Erläuterungen zu Tab. 1

- 1) Es sind die aus Sicherheitsgründen erforderlich gewordenen Abschaltungen angegeben, bei denen für den Reaktor vorgegebene Grenzwerte tatsächlich erreicht wurden.
- 2) Wie bei 1), jedoch für Experimente oder deren Auswirkung auf den Reaktor. Abschaltungen, die durch die pneumatisch betriebene Isotopenrohrpostanlage ausgelöst wurden, sind getrennt aufgeführt, weil sie z. B. im Jahre 1965 genauso häufig aufgetreten sind wie Abschaltungen aus den bis zu 26 Meßstellen aller übrigen Experimente.
- 3) Es handelt sich um Störungen in der Energieversorgung aus dem öffentlichen Netz und aus der Eigenversorgung.
- 4) Es handelt sich um Störungen an Sicherheitseinrichtungen des Reaktors und der Experimente, die im Hinblick auf die zu überwachenden Meßgrößen unnötigerweise zu Abschaltungen geführt haben. Nach dem Prinzip „fail to safe“ waren jedoch bei den aufgetretenen Gerätestörungen Reaktorabschaltungen notwendig. — Unter 4b) sind die 1964 und 1965 aufgetretenen Störungen an den Meßstellen zur Überwachung des Kühlmittelstromes in den Brennelementen erfaßt. Diesen Störungen kommt insofern besondere Bedeutung zu, als sie zwar einerseits einen wesentlichen Beitrag zu den hier unmittelbar zur Diskussion stehenden Reaktorabschaltungen liefern, andererseits es jedoch als glaubhaft erscheint, daß der Beitrag dieser Störungen in Zukunft bedeutend reduziert werden kann (z. B. durch Verbesserung der störanfälligen Meßeinrichtungen oder durch An-

wendung eines anderen Meßprinzips). Es ist deshalb gerechtfertigt, wenn zur Gewinnung mehr allgemeingültiger Aussagen der Anteil von 4b) unberücksichtigt bleibt.

5) Es handelt sich dabei um Fehler bei der Durchführung von Betriebsoperationen, Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten und Prüfungen.

6) Es handelt sich um Reaktorabschaltungen, die zu Prüfzwecken bei vollem Reaktorbetrieb durchgeführt wurden. Das Fehlen von Abschaltungen dieser Art in der Spalte für 1965 hat seinen Grund darin, daß die entsprechenden Prüfungen erst nach dem 2. 10., dem Ende des Berichtszeitraumes, durchgeführt wurden.

8) Die Betriebszeit im Jahre 1963 war nur etwa halb so lang wie in den Jahren 1964 und 1965. Dies ist bei der Beurteilung der Angaben zu berücksichtigen.

zugrunde gelegt werden. Danach ergibt sich die größte Häufigkeit (im Mittel etwa alle 3,2 Tage) für automatische Reaktorabschaltungen im Jahre 1963. 1964 konnte hauptsächlich durch Verbesserungen an den Geräten und durch Anhebung des Ausbildungsstandes in Verbindung mit der Auswertung von Betriebserfahrungen die Häufigkeit der automatischen Abschaltungen wesentlich verringert werden (im Mittel ca. alle 9 Tage). Durch die Inbetriebnahme von größeren Experimenten im Jahre 1965 ist die Häufigkeit der automatischen Reaktorabschaltungen gegenüber dem Vorjahr wieder etwas angestiegen (im Mittel ca. alle 7 Tage). Nach den bisher vorliegenden Erfahrungen wird in Zukunft (bei noch zunehmender Belegung des Reaktors durch Experimente) mit durchschnittlich ein bis zwei automatischen Abschaltungen des Reaktors pro Woche gerechnet. Für den Experimentierbetrieb ergeben sich im Vergleich zu den hier genannten Mittelwerten günstigere Verhältnisse, weil sich erfahrungsgemäß die automatischen Abschaltungen besonders beim Anfahren von Experimenten und beim Reaktorstart nach Abschaltphasen häufen. Dies bedeutet in der Praxis Häufung der Abschaltungen zu Beginn von Betriebsphasen mit anschließenden relativ langen Zeitabschnitten ohne Abschaltungen.

Im Zusammenhang mit den hier behandelten Erfahrungen bezüglich der automatischen Abschaltungen des Reaktors sei abschließend erwähnt, daß keine Situation registriert wurde; in der eine automatische Abschaltung erforderlich gewesen wäre, aber nicht erfolgt ist.

3.2 Schwerwasser

Schwerwasser wird im FR 2 als Kühlmittel, Moderator und Reflektor verwendet. Im Reaktortank und in den angeschlossenen Kreisläufen sind ca. 28 m³ D₂O eingesetzt.

Die Isotopenreinheit des D₂O hat seit dem ersten Füllen der Kreisläufe im Jahre 1961 bis Ende 1965 von 99,80 Molprozent auf 99,69 Molprozent abgenommen. Diese Abreicherung ist, über der Zeit aufgetragen, weitgehend linear erfolgt. Demnach wurden etwa 6 l Leichtwasser pro Jahr in das D₂O-System eingeschleppt. Die Abnahme der Isotopenreinheit hat eine Verminderung der Reaktivität zur Folge. Bei der hier zur Diskussion stehenden Abreicherung des Schwerwassers ist die Reaktivitätseinbuße jedoch relativ gering, sie hat in den letzten 5 Jahren 4 · 10⁻³ betragen. In den relativ komplizierten Reaktorsystemen ist es praktisch unmöglich, eine genaue D₂O-Bilanz durchzuführen. Anhand der durchgeführten Messungen kann jedoch festgestellt werden, daß die unwiederbringlichen Verluste an Schwerwasser mit Sicherheit kleiner als 100 l pro Jahr waren.

Größere D₂O-Leckagen sind bisher nicht aufgetreten. In Verbindung mit Reparatur- und Änderungsarbeiten an den

Kreisläufen mußten jedoch gelegentlich auch größere Schwerwassermengen aus den Rohrleitungen und Apparaten entnommen werden. Dabei konnte nicht in jedem Falle eine Abreicherung oder Verunreinigung des Schwerwassers verhindert werden. Dieses Wasser muß vor dem Rückfüllen in den Reaktor erst gereinigt und aufkonzentriert werden. In den vergangenen 5 Jahren sind auf diese Weise etwa 2800 l Wasser mit einer mittleren Isotopenreinheit von 96 Molprozent angefallen.

3.3 Brennelemente

Die erste Brennelementladung des Reaktors hat aus zylindrischen Natururan-Stäben mit einem Durchmesser von 32 mm und einer Länge von 2160 mm bestanden. Als Hüllmaterial war Aluminium verwendet. Die Masse des metallischen Brennstoffs hat 33 kg pro Brennelement betragen. Es waren bis zu 158 Brennelemente gleichzeitig im Reaktor eingesetzt.

Von den insgesamt verwendeten 203 Brennelementen wurden vorzeitig 29 Elemente ausgeschieden, und zwar 14 wegen Längung um mehr als 30 mm, 7 wegen Verbiegung oder Verbeulung, 3 wegen mechanischer Beschädigung bei der Handhabung außerhalb des Reaktors, 4 wegen bei der Röntgenprüfung im Uranteil festgestellter Spalte oder Risse, 1 wegen Hüllschaden.

Beim letztgenannten Element ist infolge eines Hüllschadens das Kühlwasser mit dem Brennstoff in Berührung gekommen, und es hat eine chemische Reaktion zwischen Uranmetall und Wasser stattgefunden. Das Uranteil ist dabei in zwei Teile zerbrochen.

Aus den 203 Brennelementen mit einer Uranmasse von 6,8 t wurde eine Energie von ca. 5800 MWd freigesetzt. Dies entspricht einem über den gesamten Brennstoff gemittelten spezifischen Abbrand von 850 MWd/t. Eine Reihe von Brennstäben wurde bis zu einem Abbrand von 1250 MWd/t belastet. Berücksichtigt man weiter die axiale Leistungsverteilung an den Brennelementen, so ergibt sich für diese Stäbe ein Abbrand von 2000 MWd/t an der heißesten Stelle des Uranstabes.

4. Zukünftiger Betrieb des Reaktors

Die erste Brennstoffladung des FR 2, bestehend aus metallischen Natururanbrennelementen mit Aluminiumhülle, wurde nach einer Gesamtbetriebszeit von etwa 510 Tagen aus dem Reaktor ausgeladen. Am 2. November 1965 wurde der Reaktor erstmals mit dem neuen Brennelementtyp (7-Stab-Bündel, auf 1,5% U 235 angereichertes Uranoxyd in Zircaloy-2-Hülle) kritisch. Die physikalischen Messungen an dem neuen Kern konnten bis zum Jahresende 1965 abgeschlossen werden. Der Leistungsprobetrieb wurde im Januar 1966 aufgenommen, und es ist vorgesehen, die Reaktorleistung zunächst auf 44 MW, entsprechend einer maximalen thermischen Neutronenflußdichte von 1 · 10¹⁴ cm⁻²s⁻¹ zu erhöhen. (Eingegangen am 28. 3. 1966)

Literatur

- [1] Gallenberger, H.: Atomwirtschaft 8, 237 (1963)
- [2] Diederichs, M., u. a.: Bericht KFK 130 (1963)
- [3] Diederichs, M., und W. Eisermann: Atomwirtschaft 8, 251 (1963)
- [4] Glauner, H. W., u. a.: Bericht KFK 177 (1963)
- [5] Glauner, H. W.: Atompraxis 11, 21 (1965)
- [6] Proc. 3rd U.N. Int. Conf. Peaceful Uses of Atomic Energy, P/534 (1964)