

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

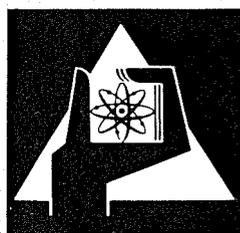
November 1973

KFK 1705

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

**Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR 2
für das Jahr 1971**

W. Steiger, I. Möller



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

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 1705

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2
für das Jahr 1971

von

W. Steiger und I. Möller

mit Beiträgen

von

G.Baecker, J.Blümle, H.Christoph, E.Geiser, W.Holub, H.Kapulla,
R.Kettner, A.Ketzscher, G.Kimmig, H.Malauschk, D.Philipp, W.Rust,
B.Strehlau, D.Wildberg

Frau U. Hartmann und Herrn Felleisen sind wir für die Mithilfe bei der Erstellung des Berichtes zu Dank verpflichtet.

Zusammenfassung

Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1971

Die für den schwerwassermoderierten Forschungs- und Materialprüfreaktor FR2 im Jahre 1971 gemäß Terminleitplan vorgesehenen 10 Betriebsphasen (zu je 4 Wochen außer Betriebsphase B mit 3 Wochen) konnten mit Nennleistung von 44 MW weitgehend eingehalten werden.

In jeder Phase war der Reaktor rund 30 Tage in Betrieb und 5 Tage für Brennelementumladungen, Aus- und Einbau von Experimenten sowie Wartungs- und Prüfarbeiten abgeschaltet. Die Energieabgabe belief sich auf 11.811 MWd.

Der Abbrand der planmäßig ausgeladenen Brennelemente des Typs BE 8 mit 2 % Anfangsanreicherung wurde auf über 14.000 MWd je Tonne Uran gesteigert.

Die Nutzung des FR2 durch Experimente ist gegenüber 1970 gleich geblieben, da praktisch alle Experimentiermöglichkeiten belegt sind. Bei den Kapselbestrahlungen für das Projekt Schneller Brüter (PSB) war ein deutlicher Rückgang der Zahl der Versuchseinsätze festzustellen. Neu hinzu kamen die Bestrahlungen von Brennstoffplatten für die Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) und ein thermionischer Emitter der Fa. Siemens. Bei den nutzbaren Strahlkanälen war nur der Strahlrohrausgang R6 nicht genutzt.

Es waren - wie im Vorjahr - 5 Kreislaufexperimente in Betrieb. Im Druckschwerwasserkreislauf konnte im Verlaufe des Jahres ein zweiter Einsatz in Betrieb genommen werden.

Die Erzeugung radioaktiver Isotope ist im Vergleich zu den Vorjahren weiter gestiegen. Sie erreichte ihren bisher höchsten Stand.

Auch im Jahre 1971 konnte ein sicherer Reaktor- und Experimentierbetrieb ohne besondere Zwischenfälle und größere Störungen durchgeführt werden.

SummaryReport on the Operation in 1971 of the Research Reactor FR2

The ten phases of operation (of four weeks duration each except for operating phase B of three weeks duration) proposed in the schedule for the heavy-water moderated research and material test reactor FR2 were largely adhered to in 1971, while achieving a nominal power of 44 MW.

During each phase, the reactor was operating for about 30 days and shut down for five days for fuel element loading and unloading, withdrawal and installation of experiments, as well as maintenance and inspection work. The total energy produced amounted to 11.811 MWd.

The burnup of the fuel elements, type BE8, with an initial enrichment of 2% and withdrawn according to schedule was increased to more than 14.000 MWd per tonne of uranium.

The utilization of FR2 for experiments was the same as in 1970, since practically all experimental positions were occupied. With respect to the capsule irradiations performed within the framework of the Fast Breeder Project a marked reduction could be observed in the number of experimental rigs. New tasks related to the irradiations of fuel element plates for Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) and a thermionic emitter of the Siemens company. Of the usable beam holes, only the beam hole outlet R6 was not used.

Like in the previous year, five loop experiments were conducted. In the pressurized water loop a second rig was put into operation in the course of the year.

As compared to previous years, the production of radioactive isotopes continued to rise. It attained the highest level so far.

Also in 1971, the reactor and test operations could be performed safely in the absence of noticeable incidents and major disturbances.

Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
Zusammenfassung	I
Inhaltsverzeichnis	III
Abschnitt 1: Einleitung	1
Abschnitt 2: Betrieb des Reaktors	5
1. Betriebszeiten	7
2. Reaktorleistung und Energie- abgabe	8
3. Nutzung und Verfügbarkeit	9
4. Beladungszustände	12
5. Reaktivitätsverhalten	17
6. Leistungsverteilung und Neutronenfluß	22
7. Abbrand	24
8. Allgemeine Störungen und besondere Vorkommnisse	28
Abschnitt 3: Experimentelle Nutzung des Reaktors	32
1. Isotopenproduktion	33
2. Kreislaufexperimente	43
3. Strahlrohrexperimente	61
4. Kapselexperimente	72
5. Sonstige Experimentiereinsätze	80
6. γ -Bestrahlungseinrichtung	85

	<u>Seite</u>
Abschnitt 4: Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen	88
1. Regel- und Abschaltelemente	89
2. Brennelementüberwachung	91
3. Schwerwasserkreislauf	99
4. Heliumkreislauf	102
5. Leichtwassersysteme	103
6. Lüftungssysteme	105
7. Elektrische Energieversorgungsanlagen	108
Abschnitt 5: Eigenüberwachung am FR2	110
Abschnitt 6: Personal	121
1. Zusammensetzung	121
2. Strahlenbelastung der Mitarbeiter	122
3. Schulung	124
4. FR2-Besucher	124
Abschnitt 7: Ausblick	125
Abschnitt 8: Literaturverzeichnis	126
Abschnitt 9: Tabellen und Diagramme	127

Abschnitt 1

Einleitung

Für den Betrieb des schwerwassermoderierten Prüf- und Forschungsreaktor FR2 waren im Jahre 1971 wieder 10 Zyklen vorgesehen, in denen der Reaktor mit einer Nennleistung von 44 MW betrieben werden sollte.

Die Betriebsweise des Reaktors wurde wie üblich in einem Terminleitplan für das kommende Jahr im voraus festgelegt (siehe Abb. 1.1). Wie der nach den tatsächlichen Gegebenheiten überarbeitete Terminleitplan 1971 (Abb. 1.2) zeigt, konnten die vorgesehenen Betriebszyklen eingehalten werden.

Jeder Zyklus enthält eine Abschaltphase von normalerweise 5 Tagen für Wartungs- und Reparaturarbeiten, für Funktionsprüfungen und zur Brennelementumladung.

Bei der experimentellen Nutzung des Reaktors sind hervorzuheben die

Inbetriebnahme des Heißdampf-Kontaminationskreislaufes

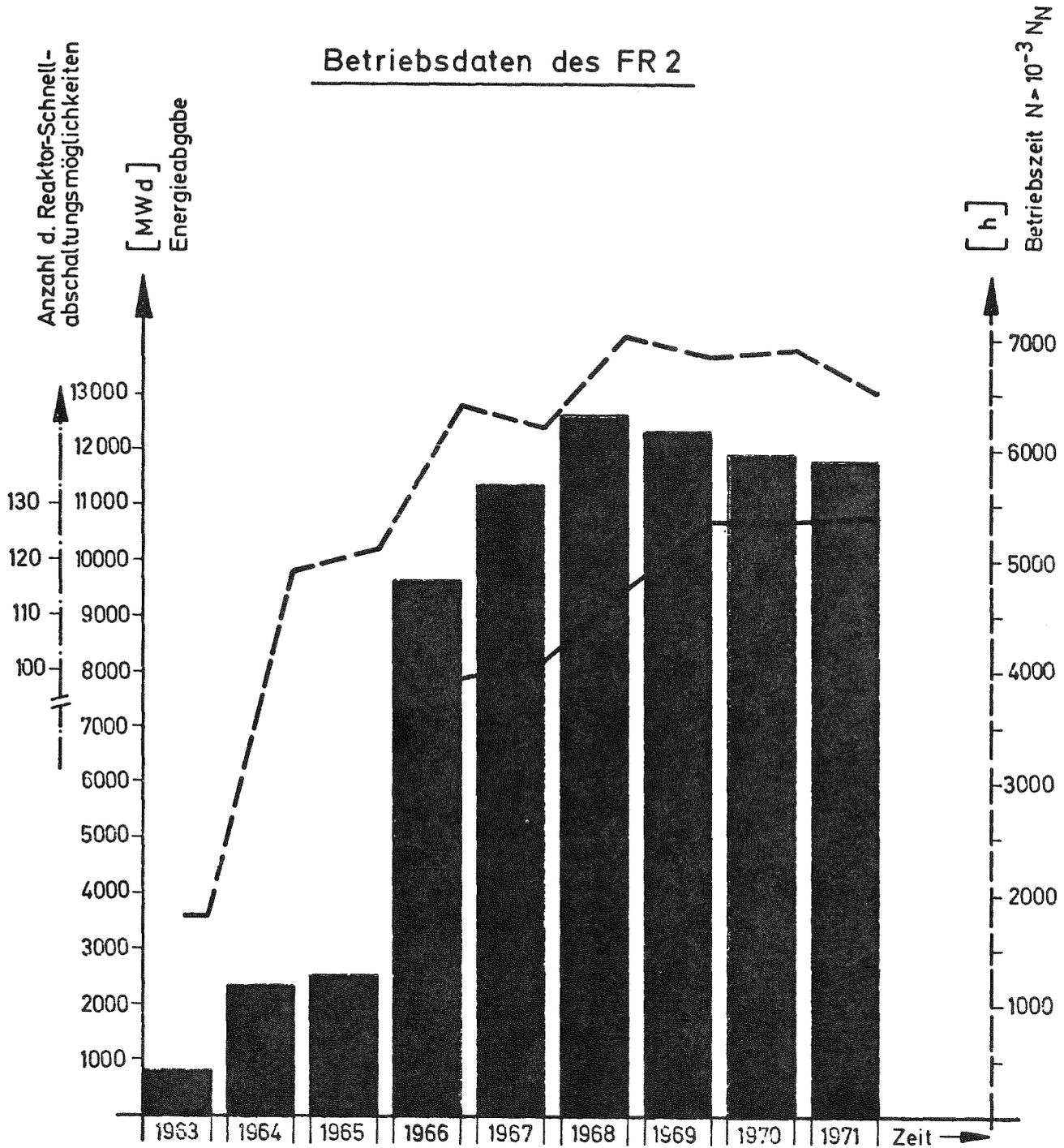
(Projekt FR2/55a) und der

Abschluß mehrerer Versuchsgruppen der Kapselexperimente.

Die Verfügbarkeit des FR2 zur Durchführung von Experimenten wird dokumentiert durch lange, störungsfreie Betriebszeiten bei hoher Leistung.

Abb. 1.3 gibt einen vergleichenden Überblick der Betriebsdaten des FR2 über die vergangenen Jahre. Seit dem Jahre 1967 hat die Anzahl der Reaktor-Schnellabschaltungsmöglichkeiten über das Reaktorsicherheitssystem durch Einbau und Inbetriebnahme neuer Experimente ständig zugenommen, was zu einem geringfügigen Rückgang der Betriebszeit und Energieabgabe des FR2 führte.

Betriebsdaten des FR 2



\leftarrow 12 MW \rightarrow \leftarrow 44 MW \rightarrow
 Reaktor-Nennleistung

- Energieabgabe [MWd]
- Betriebszeit $N > 10^{-3} N_N$ [h]
- Anzahl der Reaktor-Schnellabschaltungs-möglichkeiten (Erhöhung infolge Einbau von Projekten)

Abb. 1.3

Abschnitt 2

Betrieb des Reaktors

Der Betrieb des FR2 erfolgte im Jahre 1971 entsprechend dem korrigierten FR2-Terminleitplan 1971, Ausgabe O-210472 (Abb. 1.2). Das Jahr war in 9 Zyklen zu je 4 Betriebswochen und 1 bis 2 Abschaltwochen sowie in 1 Zyklus mit 3 Betriebswochen und 2 Abschaltwochen unterteilt.

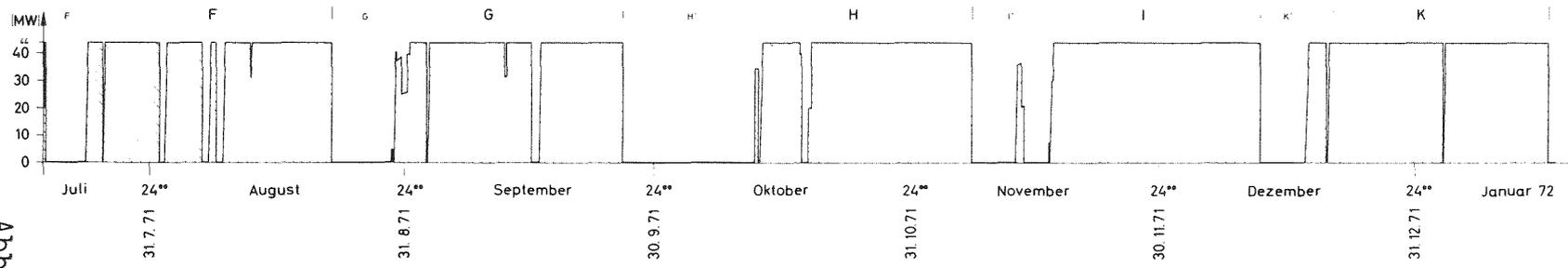
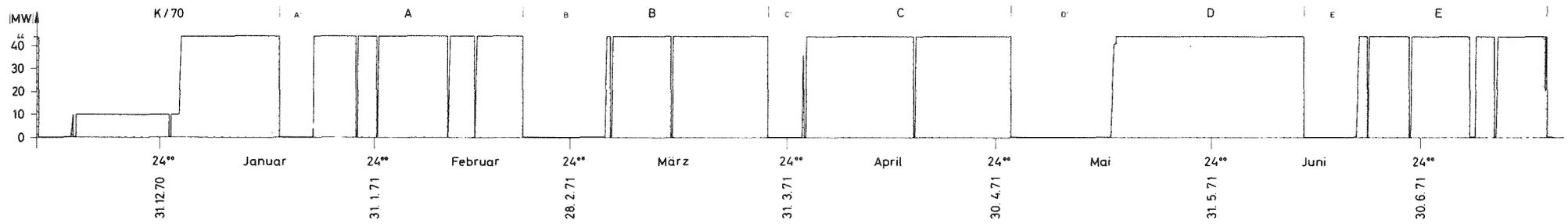
In den normalerweise 5 Abschalttagen je Betriebsphase erfolgten die planmäßigen Aus- und Einladungen sowie die Umladungen von Brennelementen, die rund 2 Arbeitstage beanspruchten (vgl. Abschnitt 2, Kap.4). Der Wechsel und die Umladungen der Kapselversuchseinsätze erforderderten meistens einen weiteren halben Arbeitstag (vgl. Abschnitt 3, Kap.4). In dieser Zeit mußten durch die Technischen Gruppen auch die laufenden Reparatur- und Wartungsarbeiten sowie die Neumontagen ausgeführt werden, die nur bei abgeschaltetem Reaktor möglich sind.

Einen erheblichen Zeitaufwand benötigen die Funktionsprüfungen gemäß FR2-Prüfplan (vgl. Abschnitt 5). Wie schon in [1] erwähnt, wird der Reaktorstart und der anschließende Betrieb mit rd. dem 10^{-3} fachen der Nennleistung (N_N) sowie das weitere Hochfahren des Reaktors in Stufen durch Reaktivitäts- und Temperaturkontrollen, die anfangs noch instationäre Xe-Vergiftung und das Einfahren von Versuchseinsätzen bestimmt. Die allmähliche Leistungserhöhung ist schon deshalb erforderlich, weil die Temperaturdifferenzen im Thermischen Schild nicht zu groß werden dürfen.

Eine Übersicht über den Betriebsverlauf gibt das Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1971 (Abb. 2.1). Nähere Einzelheiten können aus den im Anhang (Abschnitt 9) befindlichen Tabellen 9.1 "Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1971", Tabelle 9.2 "Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit" und den 10 Formblättern Nr. 148/56 bis 148/65 "Reaktorleistung in den Betriebsphasen A bis K für das Jahr 1971 entnommen werden.

Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1971 (Übersicht)

Reaktornennleistung 44 MW



Die Einteilung nach Betriebsphasen A-K entspricht dem FR2-Terminleitplan 1971

Ausgabe: 1-241170

Abb. 2.1

In der 10., 20. und 41. Woche war der Reaktor planmäßig für größere Montagen außer Betrieb (Abschaltphasen B', D' und H', siehe Abbildung 1.2). Am Ende dieser Abschaltphasen wurden diejenigen Funktionsprüfungen durchgeführt, bei denen eine kurze Trockenstehzeit der Brennelemente unvermeidbar ist (vgl. Abschnitt 5).

Die zur Abdichtung des Coretanklecks [2] getroffenen Maßnahmen haben sich weiter bewährt. Veränderungen wurden nicht festgestellt.

Das Rohrkorbleck in der Thermischen Abschirmung konnte durch betriebliche Maßnahmen beherrscht werden, bei konstantem Reaktorbetrieb lag die Leckrate weit unter 1 l/d.

Gemäß [3] lagen die Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Luft (Abluftschornstein des FR2) unterhalb der im Abluftplan des KFZK für 1971 vorgesehenen Grenzen (siehe Abschnitt 4, Kap.6).

Die Abgabe an radioaktiven Abwässern ist in [6] erfaßt (siehe auch Abschnitt 4, Kap.5).

1. Betriebszeiten

Die Betriebszeit umfaßt den Zeitraum vom 1.1.1971, 00.00 Uhr bis 31.12.1971, 24.00 Uhr. Nach dem Terminleitplan 1971 (Abb. 1.1) waren hierfür 294 Betriebstage bzw. 289 Vollastbetriebstage mit 44 MW vorgesehen.

Aufgrund der Betriebsaufzeichnungen nach Tabelle 9.1 wurden folgende Betriebszeiten erreicht:

283,7	Gesamtbetriebstage
272,9	Leistungsbetriebstage ($N > 10^{-3}N_N$)
260,6	Vollastbetriebstage (44 MW)
2,6	Teillastbetriebstage (10 MW für Proj. FR2/2)

Die Erfassung der Gesamtbetriebszeit beginnt mit dem Ziehen der Trimmabschaltstäbe (TA-Stäbe) und endet, wenn diese wieder in ihrer unteren Endlage sind. Die Zeiten für den Reaktorstart sind damit in der Gesamtbetriebszeit enthalten.

2. Reaktorleistung und Energieabgabe

Als planmäßige Reaktorleistung waren für alle Betriebsphasen des Jahres 1971

44 MW

vorgesehen. Diese Leistung sollte nach dem Terminleitplan 1971 an 289 Tagen gefahren werden. Es ergibt sich daraus eine mögliche Energieabgabe von 12.716 MWd.

Die tatsächliche Gesamtenergieabgabe im Berichtszeitraum betrug

11.811 MWd.

Sie liegt um 110 MWd bzw. 1 % niedriger als im Vorjahr und ist 7,1 % niedriger als geplant.

Die in Abschnitt 2, Kap.3 näher beschriebenen Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen sind, mit Ausnahme der vom Heißdampf-Kontaminationskreislauf (Proj. FR2/55a) verursachten, ohne größeren Einfluß auf die Nutzung des Reaktors geblieben. Bei letztgenanntem Experiment traten Schwierigkeiten bei der Wiederinbetriebsetzung auf (siehe Abschnitt 3, Kap. 2.4).

Aus den 272,9 Tagen Betriebszeit im Leistungsbereich ($N > 10^{-3} N_N$) und der Gesamtenergieabgabe läßt sich eine mittlere Reaktorleistung von

43,3 MW

(ohne Berücksichtigung des 10 MW-Betriebes vom 1.1.71, 00.00 Uhr bis 3.1.71, 20.00 Uhr) errechnen.

Auch dieser Wert zeigt die für einen Prüfreaktor gute Nutzung der zur Verfügung stehenden Betriebszeit (siehe auch Abbildung 2.1 Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1971).

Die Tabelle 9.1 "Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1971" gibt eine genaue Aufschlüsselung des Reaktorbetriebes nach Wochen und Betriebsphasen. Die gegenüber dem Plan fehlende Betriebszeit kann aus Tabelle 9.2 im Anhang entnommen werden.

3. Nutzung und Verfügbarkeit

Wie schon erwähnt erfolgte der Betrieb des FR2 im Jahre 1971 in einem 5-Wochen-Zyklus mit Ausnahme der verlängerten Phasen D und H.

In [1] wurden die wesentlichen Abschnitte einer Betriebsphase in Kap. 3.3 dargestellt. Die geplanten Vollastbetriebstage, die in Abschnitt 3, Kap. 1 genannt wurden, entsprechen einer maximal möglichen Nutzung von fast 80 % für das Jahr 1971. Erreicht wurden 71,4 %, d.h. die planmäßige Vollastbetriebszeit konnte zu 90,2 % genutzt werden (siehe Tabelle 2.1).

Tabelle 2.1 Verfügbarkeitszahlen (zeitliche Nutzung)

	max.möglich	erreicht
Vollastverfügbarkeit (N = 44 MW)	79,2 %	71,4 %
Leistungsverfügbarkeit (N > 10 ⁻³ N _N)	80,6 %	74,8 %
Leistungsverfügbarkeit innerhalb der planmäßigen Betriebszeit (N > 10 ⁻³ N _N)	100 %	92,8 %

Die planmäßige Reaktorbetriebszeit wurde durch 33 störungsbedingte Abschaltungen (14 Reaktorschnellabschaltungen (RSA) und 19 Handabschaltungen) unterbrochen, die insgesamt eine Ausfallzeit von 184,4 h verursachten. 22 Abschaltungen (67 %) wurden durch Experimente, 11 Abschaltungen (33 %) durch den Reaktor verursacht. Im einzelnen können die Abschaltungen aus der Tabelle 9.3 "Reaktorabschaltungen im Jahre 1971" im Anhang entnommen werden.

Das Ansteigen der störungsbedingten Abschaltungen von 25 auf 33 wurde hauptsächlich durch die Inbetriebnahme von 2 Experimenten verursacht. Die Mehrzahl der automatischen RSA wurde auch im Jahre 1971 durch Gerätefehler bzw. Fehlbedienungen ausgelöst.

Zu Prüfzwecken wurden 31 RSA durchgeführt, wobei in 16 Fällen die Abschaltung unter gleichzeitiger Prüfung der Sicherheitskanäle des Reaktorschutzsystems erfolgte.

In den Spalten 12 bis 15 der Tabelle 9.3 wurden die verschiedenen Störungen analysiert. Eine Zusammenfassung zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 2.2 Störungsursachen

	1968	1969	1970	1971
echte Grenzwerte	12,9 %	12,2 %	17,2 %	11,9 %
Gerätefehler	25,8 %	29,3 %	10,3 %	23,8 %
Fehlbedienungen	16,1 %	12,2 %	15,5 %	11,9 %
Prüfungen	45,2 %	46,3 %	57,0 %	52,4 %

Der Anteil der Gerätefehler hat sich im Vergleich zum Vorjahr erhöht, was hauptsächlich auf die Störanfälligkeit der Steuerstabantriebe zurückzuführen ist.

Im Verlauf des Jahres erfolgten 10 Leistungsbegrenzungen und 13 Leistungsrücknahmen. Ferner konnte der Reaktor 5 mal nicht planmäßig gestartet werden, wodurch eine Ausfallzeit von 175 h entstand. Einzelheiten können den Tabellen 9.2 und 9.4 im Anhang entnommen werden.

Die gegenüber dem Plan fehlende Betriebszeit war im wesentlichen bedingt durch:

- a) Inbetriebnahme des Heißdampf-Kontaminationskreislaufes (Projekt FR2/55a) in der Betriebsphase D und Anfahrschwierigkeiten der Anlage in den Phasen E, G, I, K.

Gesamtausfallzeit: \approx 10 d.

- b) Ausbau der Al-Dispersionsbrennstoffplattenbestrahlung (Projekt FR2/58a-6) wegen Hüllschaden und Dichtungswechsel am Druckschwerwasserkreislauf (Projekt FR2/58) in der Betriebsphase E.

Gesamtausfallzeit: \approx 0,8 d.

- c) Ausbau des Kapselversuchseinsatzes KVE 93 für Mischkarbidbestrahlungen (Projekt FR2/86) wegen mehrerer Thermoelementschäden in Betriebsphase F.

Gesamtausfallzeit: \approx 0,8 d.

- d) TA-Stab-Wechsel der TA-Stab-Positionen 1 und 7 in Betriebsphase F und G.

Gesamtausfallzeit: \approx 1,5 d.

- e) Ausbau der Flußmeßeinrichtung für den Thermionischen Wandler (Projekt FR2/76) wegen abgeschmolzener Boralscheibe in Betriebsphase H'.

Gesamtausfallzeit: \approx 4 d.

- f) Umsetzung der Kriechkapselbestrahlung KVE 96 (Projekt FR2/73 d) und Ausbau der Kriechkapselbestrahlung KVE 85 (Projekt FR2/73 d) wegen defekter Kapsel in Betriebsphase H.

Gesamtausfallzeit: \approx 2 d.

4. Beladungszustände

Die Beladung des Reaktors kann aus den im Anhang befindlichen Beladungs- und Belegungsplänen für die 10 Betriebsphasen des Jahres 1971 entnommen werden.

Für den Beginn des Jahres war die Beladung Nr. 233 der Betriebsphase K 70/ gültig:

17	UO ₂ -Brennelemente	1,75 %	angereichert	(Typ BE 7)
127	"	"	2,0 %	" (Typ BE 8)
9	"	"	1,86 %	" (Typ BE 9)
20	Kapselversuchseinsätze			
7	sonstige Einsätze mit Brennstoff			
2	Kreislaufexperimenteinsätze			
<hr/>				
165	Reaktorbrennelementpos. mit Zwangskühlung v. Verteilerboden (Gitterplätze)			
1	"	ohne	"	"
13	Zwischengitterpos.	mit	"	"
3	"	ohne	"	"

Die letzte Betriebsphase K des Jahres 1971 wurde mit der Beladung Nr. 263 durchgeführt:

160	UO ₂ -Brennelemente	2,0 %	angereichert	(Typ BE 8)
4	Kapselversuchseinsätze			
7	sonstige Einsätze mit Brennstoff			
4	Kreislaufexperimenteinsätze			
<hr/>				
165	Reaktorbrennelementpos. mit Zwangskühlung v. Verteilerboden (Gitterplätze)			
3	"	ohne	"	"
3	Zwischengitterpos.	mit	"	"
4	"	ohne	"	"

Die Gesamtbelegung der vorhandenen Reaktorpositionen zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 2.3 FR2-Gesamtbelegung zum Jahresende

Gitterpositionen:	160 = 84,2 %	mit Brennelementen
	8 = 4,2 %	mit Versuchseinsätzen
	21 = 11,1 %	nicht besetzt (Randpositionen)
	1 = 0,5 %	nicht nutzbar wegen Proj. FR2/2
	<hr/>	
	190 = 100,0 %	

Zwischen- gitterpositionen:	17 = 29,3 %	mit Steuer- u. Abschaltstäben
	13 = 22,4 %	mit Isotopenbestrahlungseinsätzen
	7 = 12,1 %	mit Versuchseinsätzen
	21 = 36,2 %	nicht besetzt (größtenteils Randpositionen)
	<hr/>	
	58 = 100,0 %	

Im Laufe des Jahres verminderte sich die Zahl der Kapselversucheinsätze von 20 auf 4, was auf das Auslaufen verschiedener Bestrahlungsvorhaben des PSB zurückzuführen ist. Für den Heißdampf-Kontaminationskreislaufes (Projekt FR2/55a) wurde ein Druckrohr in den Reaktor eingebaut. Den notwendigen Reaktivitätsbedarf lieferte eine entsprechende Brennelement-Umladung.

Die Belegung der vertikalen Reaktorpositionen kann der Abb. 2.2 entnommen werden.

Die jeweiligen Beladungszustände zeigt die Tabelle 2.4. Aus der auch die Zahl der Zu- und Ausladungen sowie die der Umsetzungen zu ersehen ist.

Bis Mitte des Jahres wurden alle Brennelemente des Typs BE 7 ausgeladen. Zum Ende des Jahres waren nur noch Brennelemente des Typs BE 8 im Reaktor.

Übersicht über den Reaktorbelegungszustand durch vertikale Reaktoreinbauten

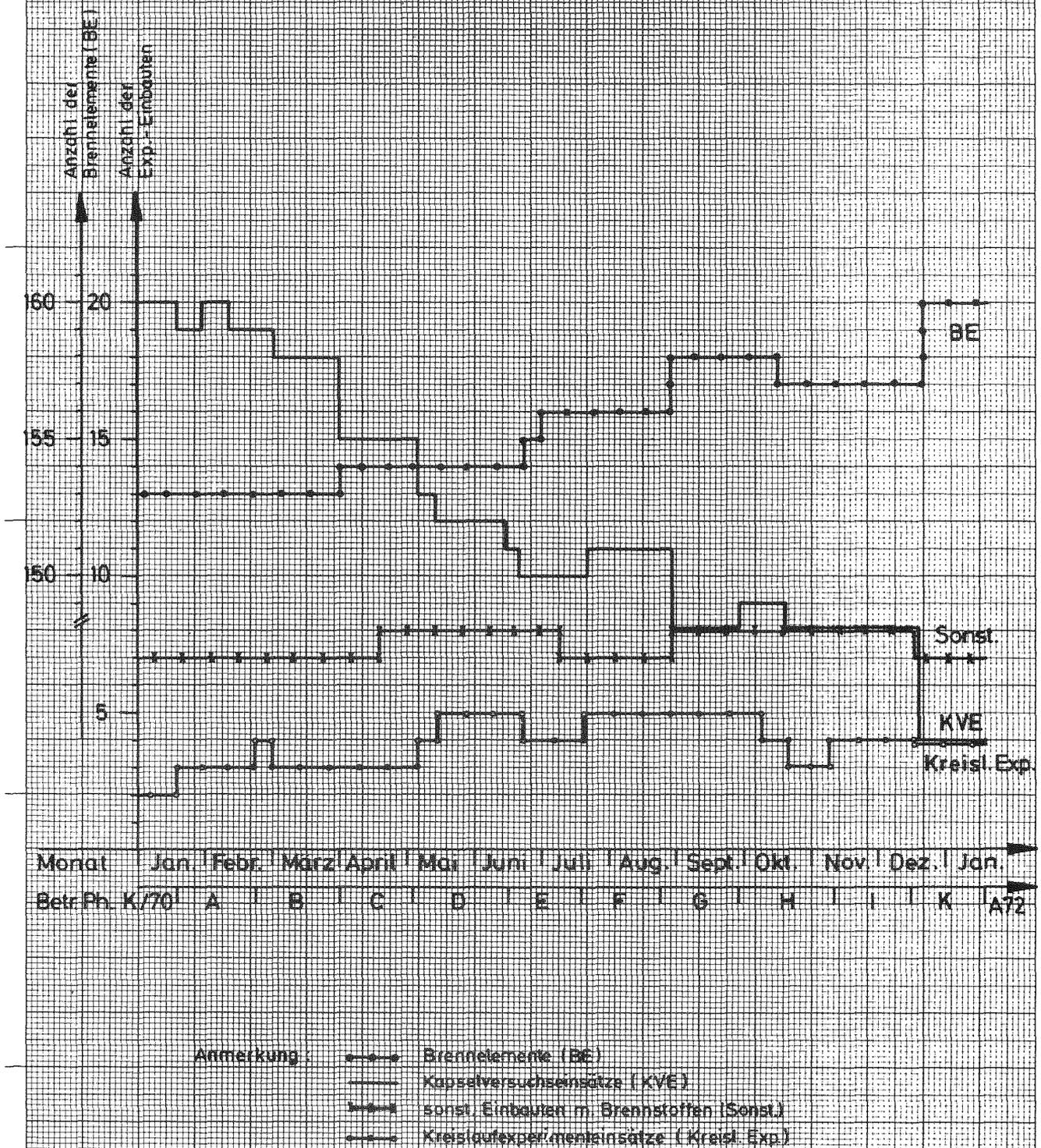


Abb. 2.2

Tabelle 2.4 :

Beladungszustände des FR2 im Jahre 1971

Betr.- Phase	Bel.- Plan Nr.	Veränderungen zu Beginn des Beladeplanes												Bestand im Reaktor				Summe gesamt im Reaktor	Summe der besetzten Positionen mit Kühlung von Reaktorkreislauf auf Gitterposition		auf Zwischen- gitterposition		
		Zuladungen			Kreisl. Exp.	Ausladungen			Umsetzungen			Kreisl. Exp.	KVE	sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	Summe gesamt im Reaktor	auf Gitterposition		auf Zwischen- gitterposition				
		BE8	KVE	sonst. Proj.		BE-Typ 7 8 9	KVE	sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	BE-Typ 7 8 9	KVE									sonst. Proj.		BE-Typ 7 8 9	KVE
K/70	233														17	127	9	20	7	2	182	165	13
A/71	234	4			1	3	1	1				1	19		14	130	9	19	7	3	182	165	12
	235		1												14	130	9	20	7	3	183	165	13
	236							1							14	130	9	19	7	3	182	165	12
B/71	237				1								1		14	130	9	19	7	4	183	164	13
	238	5				3	2	1		1		27	2	4	11	133	9	18	7	3	181	165	11
	239	1					1					1			11	133	9	18	7	3	181	165	11
C/71	240	7	1			3	3	4				1	33	2	8	137	9	15	7	3	179	165	9
	241											4		1	8	137	9	15	7	3	179	165	9
	242			1											8	137	9	15	8	3	180	165	10
D/71	243				1										8	137	9	15	8	4	181	165	10
	244	9				7	2	2				1	38	5	1	144	9	13	8	4	179	164	9
	245				1			1						1	1	144	9	12	8	5	179	164	8
E/71	246	6	1			1	5	2				32	1			145	9	11	8	5	178	164	7
	247	1						1		1						146	9	10	8	4	177	164	7
	248	1										1		1		147	9	10	8	4	178	165	7
	249								1							147	9	10	7	4	177	165	6
F/71	250				1											147	9	10	7	5	178	165	6
	251	4	1			3	1					28	1	1		148	8	11	7	5	179	165	7
	252											1		1		148	8	11	7	5	179	166	6
	253		1					1								148	8	11	7	5	179	166	6
G/71	254															148	8	11	7	5	179	165	6
	255	6	2	2		3	1	5				33	1	1		151	7	8	9	5	180	165	6
H/71	256	8	2	1		4	4	1	1		2	37	1			155	3	9	8	4	179	166	6
	257					1								1		154	3	9	8	4	178	166	5
	258							1		1						154	3	8	8	3	176	166	4
I/71	259	8		1	1	5	3		1			44		1		157		8	8	4	177	166	4
	260															157		8	8	4	177	166	4
K/71	261															157		8	8	4	177	166	5
	262	6				3		4	1			25				160		4	7	4	175	165	3
	263	1				1										160		4	7	4	175	165	3

Der Übergang auf Brennelemente des Typs BE 8 erfolgte aus wirtschaftlichen Überlegungen. Durch die auf 2 % erhöhte Anfangsanreicherung kann die Umladegeschwindigkeit herabgesetzt und der Abbrand erhöht werden. Außerdem werden zur weiteren Kostenersparnis die Wasserführungsrohre abgebrannter Brennelemente wiederverwendet. Bisher mußten insgesamt etwa 20 Wasserführungsrohre, die durch schwingende Führungssterne der Brennelementbündel beschädigt wurden, verschrottet werden. Seit der Einführung von Führungssternen mit 6 Abstandsnocken sind praktisch keine beschädigte Wasserführungsrohre mehr registriert worden. So ist sicher damit zu rechnen, daß die vorhandenen Wasserführungsrohre mehrmals verwendet werden können. Deshalb werden bis auf weiteres nur noch Brennelemente des Typs BE 8 ohne Wasserführungsrohre angeschafft und in der Heißen Zelle des FR2 mit den alten Wasserführungsrohren ausgestattet.

Die Beschaffungskosten ohne Wasserführungsrohre für Brennelemente des Typs BE 8 liegen, bedingt durch die höheren Kosten bei größerer Anreicherung, rd. 15 % über denen von Brennelementen mit 1,5 % Anreicherung. Die festen Kosten für Hüll- und Strukturmaterialien, Verarbeitung und Assemblierung sind für die im FR2 eingesetzten Brennelement-Typen gleich. Sie betragen beim Brennelement des Typs BE 8 etwa 60 % der Gesamtkosten.

Die bereits genannten kostensenkenden Faktoren, die eine längere Betriebszeit des Brennelementes ermöglichen, überwiegen jedoch, so daß sich durch den Übergang auf Brennelemente des Typs BE 8 eine Kostenersparnis von

rd. 30 TDM/a erzielen läßt.

Hinzu kommt die Kostenersparnis durch Wiederverwendung der alten Wasserführungsrohre, die

rd. 180 TDM/a beträgt.

5. Reaktivitätsverhalten

Zur Erläuterung der Reaktivitätsbilanz dient Abbildung 2.3. Sie enthält den Verlauf der kritischen Trimmstabstellung im Jahre 1971 für 2 charakteristische Reaktorzustände:

1. Kritische Trimmstabstellung bei Nulleistungsbetrieb ($0,5 \cdot 10^{-3} N_N$) zu Beginn einer Betriebsphase, d.h. ohne Xe-Vergiftung und Abbrand bzw. nach dem Umladen der Brennelemente.
2. Kritische Trimmstabstellung bei Nennleistungsbetrieb (44 MW) am Ende einer Betriebsphase, d.h. mit Abbrand und Vergiftung.

Da die Moderatortemperatur die Reaktivität beeinflusst, wurde sie ebenfalls mit eingetragen. Die kritische TA-Stab-Stellung für den kalten Reaktor hat einen ausgeglichenen Verlauf. Bei der Eintauchtiefe der TA-Stäbe für den warmen Reaktor wurden 4 Werte ausgespart, weil hierbei der Reaktor nicht gleichmäßig getrimmt war.

Das Reaktivitätsverhalten ist aus den im Anhang beigefügten Formblättern 183b/48 bis 183b/57 "Kritische Trimmstabstellung in den Betriebsphasen A bis K" zu ersehen.

Für den kalten, unvergifteten und frisch umgeladenen Reaktor betrug die Überschubreaktivität im Jahresmittel

$$\begin{aligned} (\rho_{\text{ex}})_{\text{max}} &\approx 7,0 \% & (\text{TA} = 1512 \text{ mm}) \\ & & (\text{FR} = 400 \text{ mm}) \end{aligned}$$

Als Regelreserve stand im Jahresmittel am Ende einer Betriebsphase eine Überschubreaktivität von

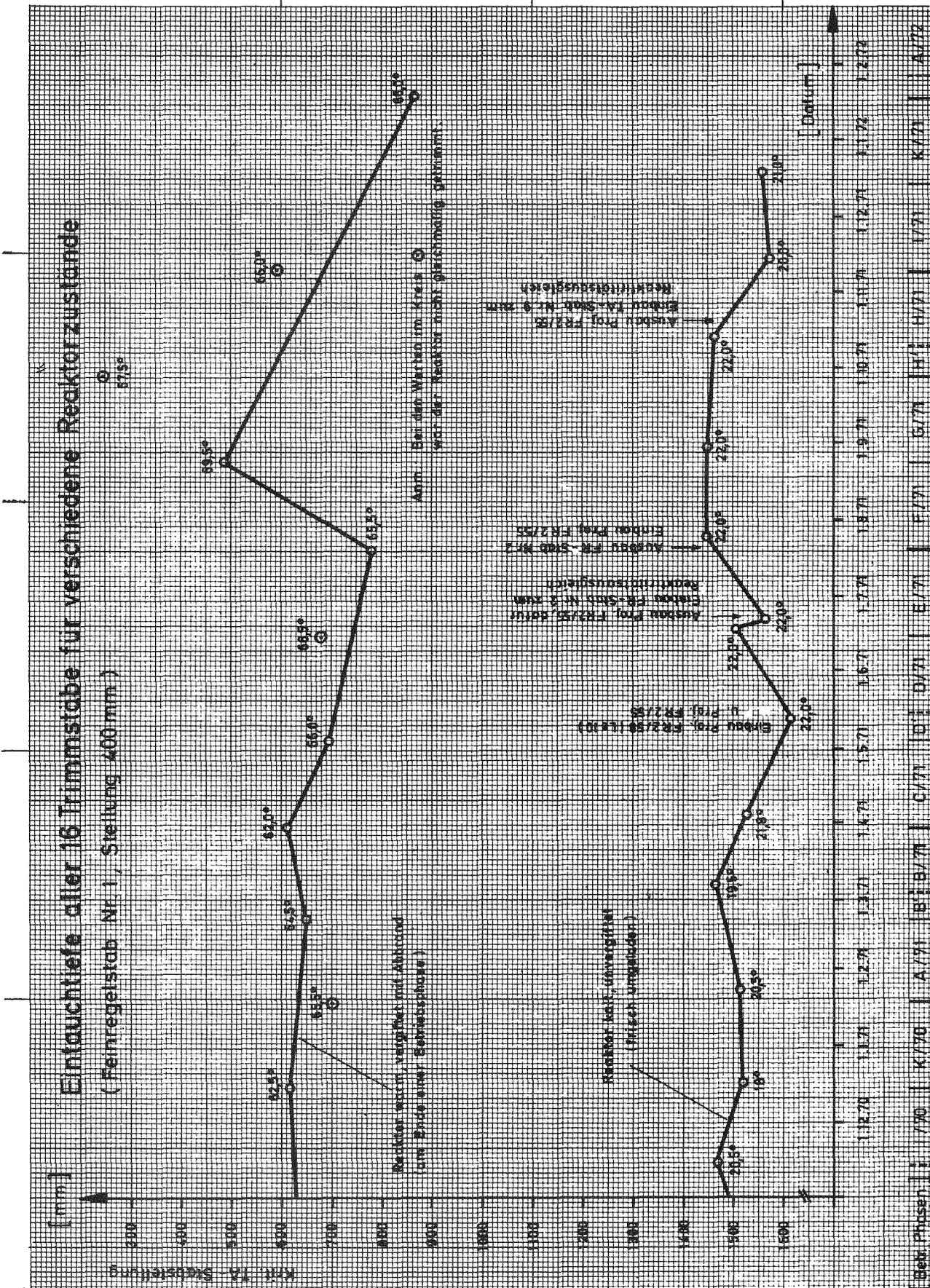
$$\begin{aligned} (\rho_{\text{ex}})_{\text{min}} &\approx 1,1 \% & (\text{TA} = 680 \text{ mm}) \\ & & (\text{FR} = 400 \text{ mm}) \end{aligned}$$

zur Verfügung.

Formblatt:



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb



- a) Beitrag für Spaltproduktvergiftung, Temperaturvergiftung und Abbrand:

$$(\rho_{\text{ex}})_{\text{max}} - (\rho_{\text{ex}})_{\text{min}} \approx 7,0 \% - 1,1 \% = 5,9 \%$$

Davon entfallen auf:

Temperaturvergiftung	1	%	($\Delta t = 40^\circ\text{C}$)
Spaltproduktvergiftung und Abbrand	4,9	%	
		<hr/>	
	5,9	%	

- b) Abschaltsicherheit bei 16 Trimmabschaltstäben, davon 1 Stab (Reaktivitätsäquivalent 1,5 %) ausgefallen

$$\rho_{\text{AB}} \approx 7,0 \% - 15,5 \% = -8,5 \%$$

(gefordert sind mindestens - 3 %).

Durch Neutroneneinfang wird das Cd-Inventar der Regel- und Abschaltelemente während des Reaktorbetriebes stetig verringert. Aufgrund der Überprüfung des Abbrandzustandes einiger Regel- und Abschaltelemente [5] wurden während des Leistungsbetriebes im Jahre 1971 die TA-Stäbe in den Positionen 1, 2, 5, 6 ganz ausgefahren, um den Abbrand dieser Referenzabsorber möglichst klein zu halten. In den Abschaltphasen wurden der FR-Stab und die restlichen TA-Stäbe auf diese 4 Stäbe abgebildet, um den Abbrand der zur Trimmung benötigten Regelstäbe zu überwachen.

Die Abbildung geschieht durch Einfahren der 4 Referenz-TA-Stäbe in Stufen von 300 mm in den Reaktor, bei konstanter Feinregelstabstellung. Gleichzeitig wird der Reaktor mit den zur Trimmung verwendeten 12 TA-Stäben kritisch gefahren. Die Hubdifferenz (ΔTA) der 12 TA-Stäbe ist ein Maß für das Reaktivitätsverhalten dieser Stäbe. Abbildung 2.4 zeigt die "Abbildung" der zur Trimmung verwendeten 12 TA-Stäbe auf die 4 Referenz-TA-Stäbe in der Betriebsphase A/1971.

Formblatt zur Bestimmung der krit.TA/FR-Stabstellung

Abb. TA 1,2,5,6 gegen TA 3,4,7 ÷ 16

FR-Stab Nr.1 400 mm konst.

Datum: 22.01.71

Zeit : 23 08 ÷ 23 57

Beladung - Nr. : 234

Betr.-Phase : A

Zeitpunkt d. letzten Reaktorabschaltung
für $\emptyset > 10^{-1}$ \emptyset_N : 18.01.71 / 8⁰⁰

Neutr. Fluß vor Start : $0,79 \times 10^{-5}$
Neutr. Fluß bei Betrieb : $0,75 \times 10^{-3}$

D₂O - Temp. 1 T1/2 : 20,5°C; 1T33 : 20,1°C

D₂O - Fördermenge 1Q1 : 2080 m³/h
(evtl. 1Q5)

TA-Stabstellung
3,4 u. 7 - 16 [mm]

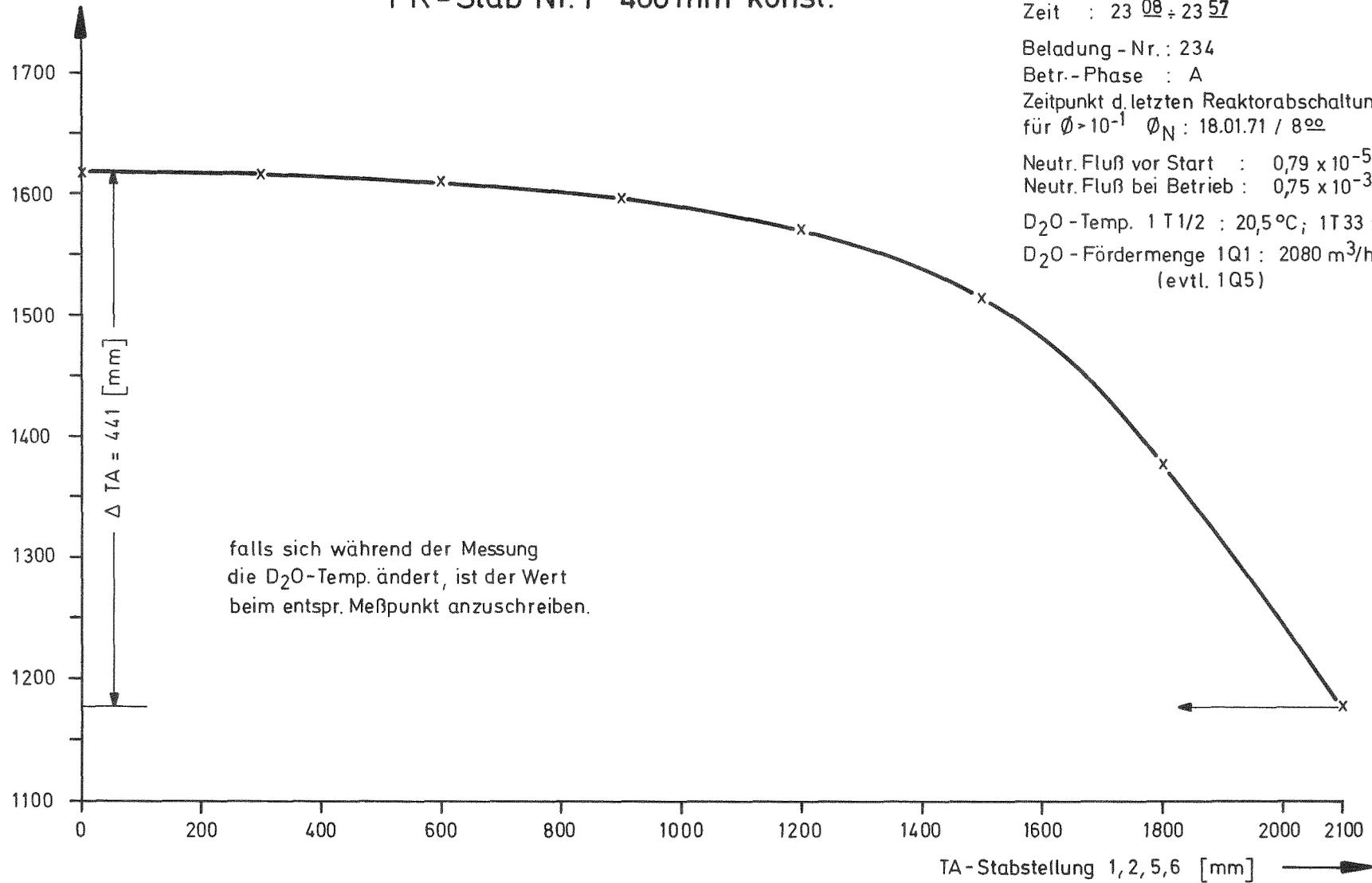
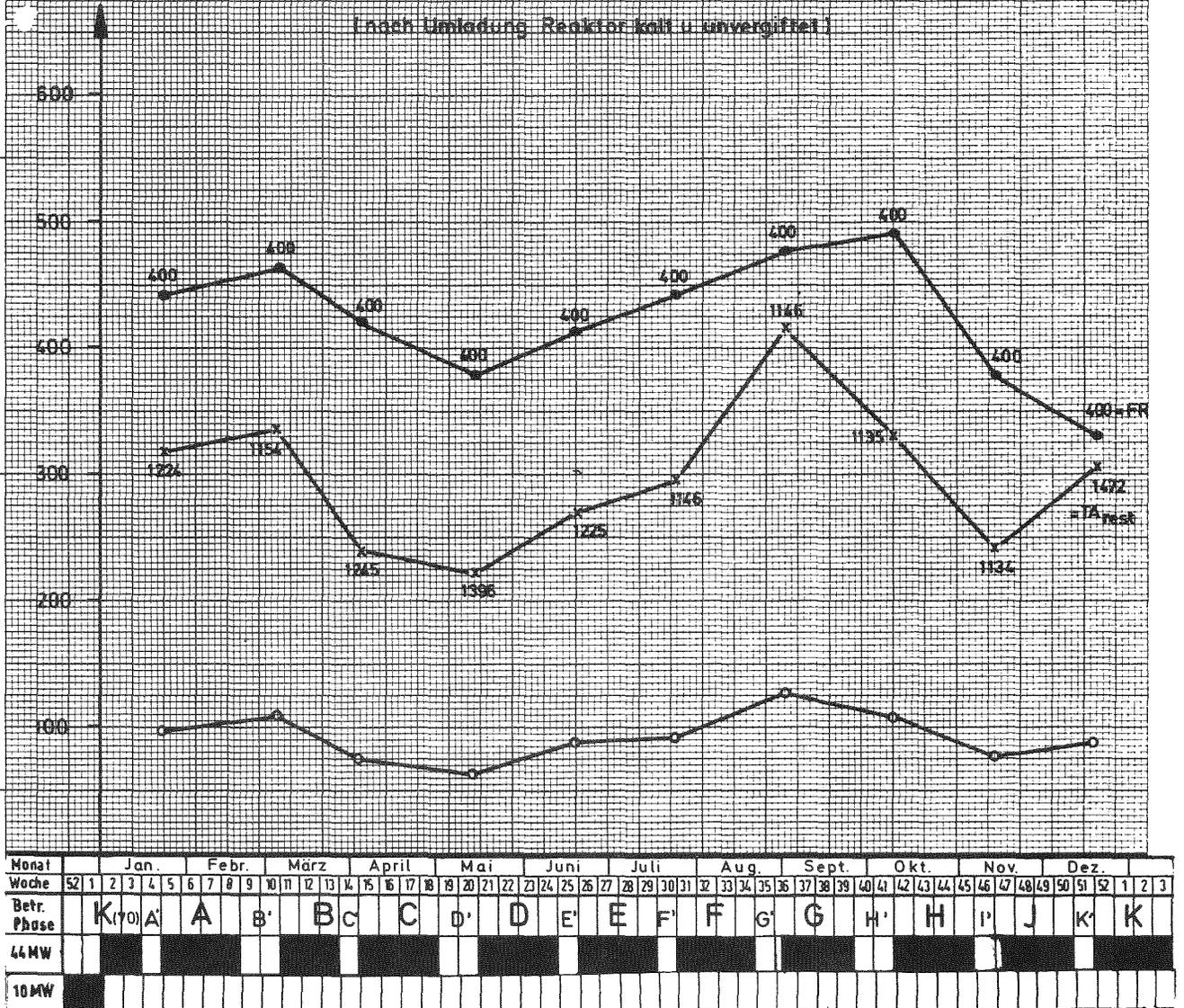


Abb. 2.4

Abbildung FR-Stab gegen TA-Stäbe
FR-Stab gegen TA-Stab Pos. 1, 2, 5, 6
TA-Stab Pos. 1, 2, 5, 6 gegen restl. TA-Stäbe
bei Nullleistungsbetrieb



Anmerkung:

- TA-Stab Pos. 1, 2, 5, 6 gegen restl. TA-Stäbe
Die Zahl zeigt dabei die FR-Stab-Stellung
- ▲—▲ FR-Stab gegen TA-Stab Pos. 1, 2, 5, 6
Die Zahl zeigt dabei die Stellung der restl. TA-Stäbe
- FR-Stab gegen TA-Stäbe

Die Abbildung des Feinregelstabes (FR-Stab) gegen alle TA-Stäbe und des FR-Stabes gegen die 4 Referenz-TA-Stäbe wird in gleicher Form durchgeführt.

In Abbildung 2.5 sind die Hubdifferenzen der TA-Stäbe der verschiedenen "Abbildungen" im Jahre 1971 dargestellt.

6. Leistungsverteilung und Neutronenfluß

Die Leistungsverteilung auf die einzelnen Brennelemente ist aus den im Anhang befindlichen Formblättern Nr. 203 "BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW-Reaktorleistung" ersichtlich. Die mittlere BE-Einzelleistung liegt bei rund 260 kW, die maximale bei 350 kW. Die gemäß Sicherheitsbericht Nachtrag II aus einem Brennelement abzuführende Leistung von maximal 400 kW wurde nicht überschritten.

Die maximalen Neutronenflußdichten im Moderator bei einer Reaktorleistung von 44 MW betragen:

$$\varnothing_{th} = 0,97 \cdot 10^{14} \quad \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$\varnothing_S = 0,64 \cdot 10^{13} \quad \text{cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \quad (E = 0,1-10,5 \text{ MeV })$$

Einen typischen Flußverlauf in einem Tauchrohr der Zwischen-gitterposition 45/15 gibt Abbildung 2.6 wieder.

Vertikaler thermischer Neutronenflußverlauf
im Isotopenkanal 45/15

Sondenbestrahlung vom 2.12.71
TA - Stabs - Stellung : 848 [mm]

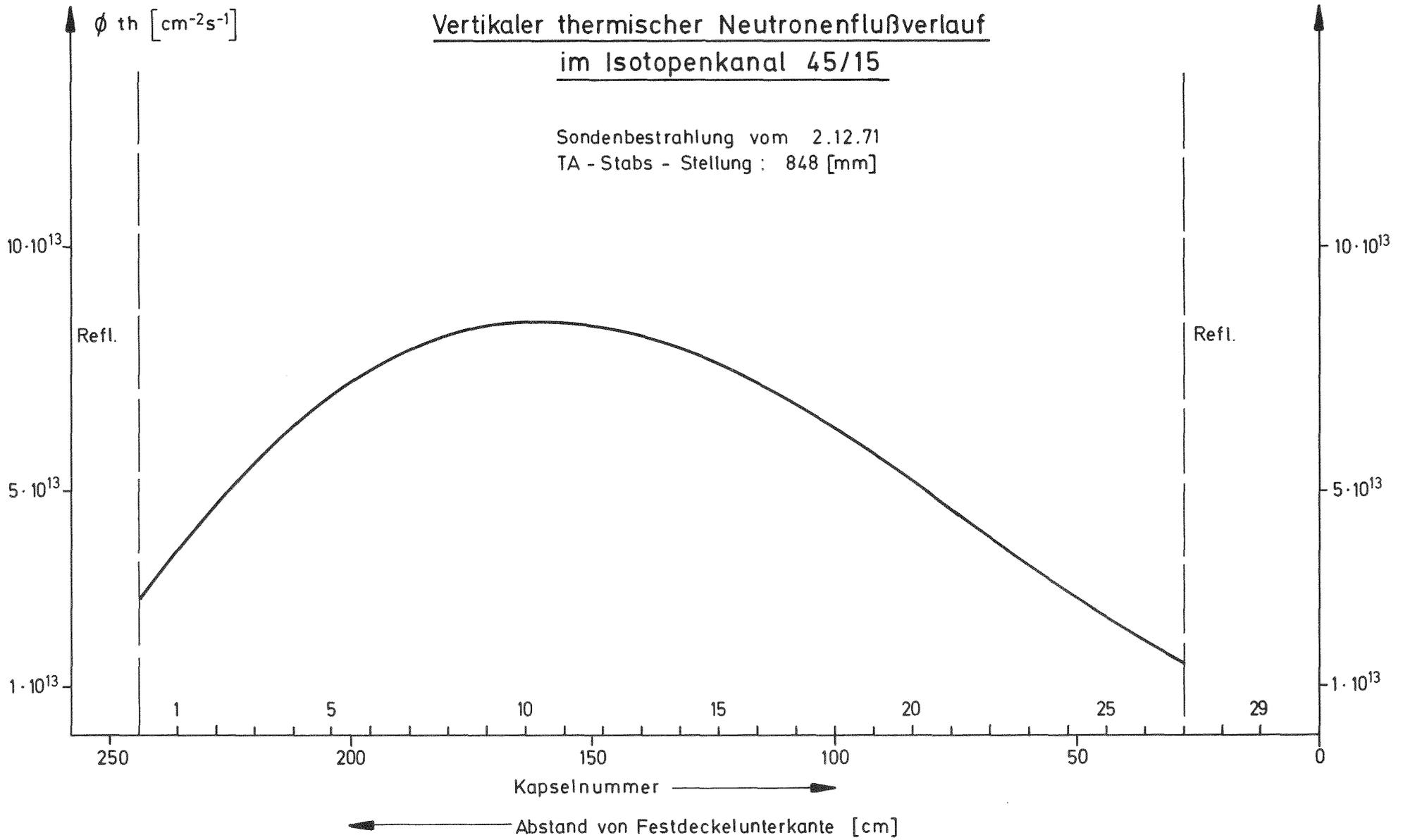


Abb. 2.6

7. Abbrand

Der Abbrand der Brennstoffbeladung über das Jahr 1971 kann aus Tabelle 2.5 und Abb. 2.7 entnommen werden. Man beachte das stetige Ansteigen des mittleren Abbrandes im Reaktor, der durch das allmähliche Übergehen auf BE 8 mit 2,0 % Anfangsanreicherung ermöglicht wurde.

Der mittlere Abbrand der planmäßig ausgebauten Brennelemente betrug:

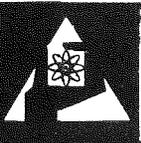
- 16 BE 7 (Anreicherung 1,75 %) $\bar{A} = 12,5 \text{ MWd/kg}_U$
- 28 BE 8 (Anreicherung 2,00 %) $\bar{A} = 14,2 \text{ MWd/kg}_U$
- 9 BE 9 (Anreicherung 1,86 %) $\bar{A} = 14,4 \text{ MWd/kg}_U$

Die in der Tabelle aufgeführten Extremwerte gelten für Elemente, die vor der Ausladung stehen bzw. die zu Beginn der Betriebsphase neu zugeladen wurden.

Tabelle 2.5 Abbrand der Brennstoffbeladung des FR2 am Ende der Betriebsphasen im Jahre 1971

Betr. Phase	Abbrand Brennelement Typ 7 MWd/kg _U				Abbrand Brennelement Typ 8 MWd/kg _U				Abbrand Brennelement Typ 9 MWd/kg _U			
	BE im Core	max.	min.	i.Mittel	BE im Core	max.	min.	i.Mittel	BE im Core	max.	min.	i.Mittel
A	14	12,7	11,3	11,9	130	14,5	0,5	6,6	9	11,6	10,9	11,2
B	11	12,7	11,7	12,2	133	14,8	0,4	6,7	9	12,1	11,3	11,7
C	8	13,0	12,2	12,6	137	14,6	0,5	6,8	9	12,8	11,9	12,3
D	1	12,7			144	14,7	0,5	6,9	9	13,4	12,4	12,8
E	0				147	13,9	0,3	6,9	9	14,0	13,0	13,4
F	0				148	14,1	0,5	7,2	8	14,3	13,5	13,8
G	0				151	14,5	0,3	7,3	7	14,4	14,0	14,2
H	0				154	14,5	0,4	7,4	3	14,6	14,5	14,6
I	0				157	14,6	0,5	7,4	0			
K	0				160	15,0	0,5	7,6	0			

Formblatt:

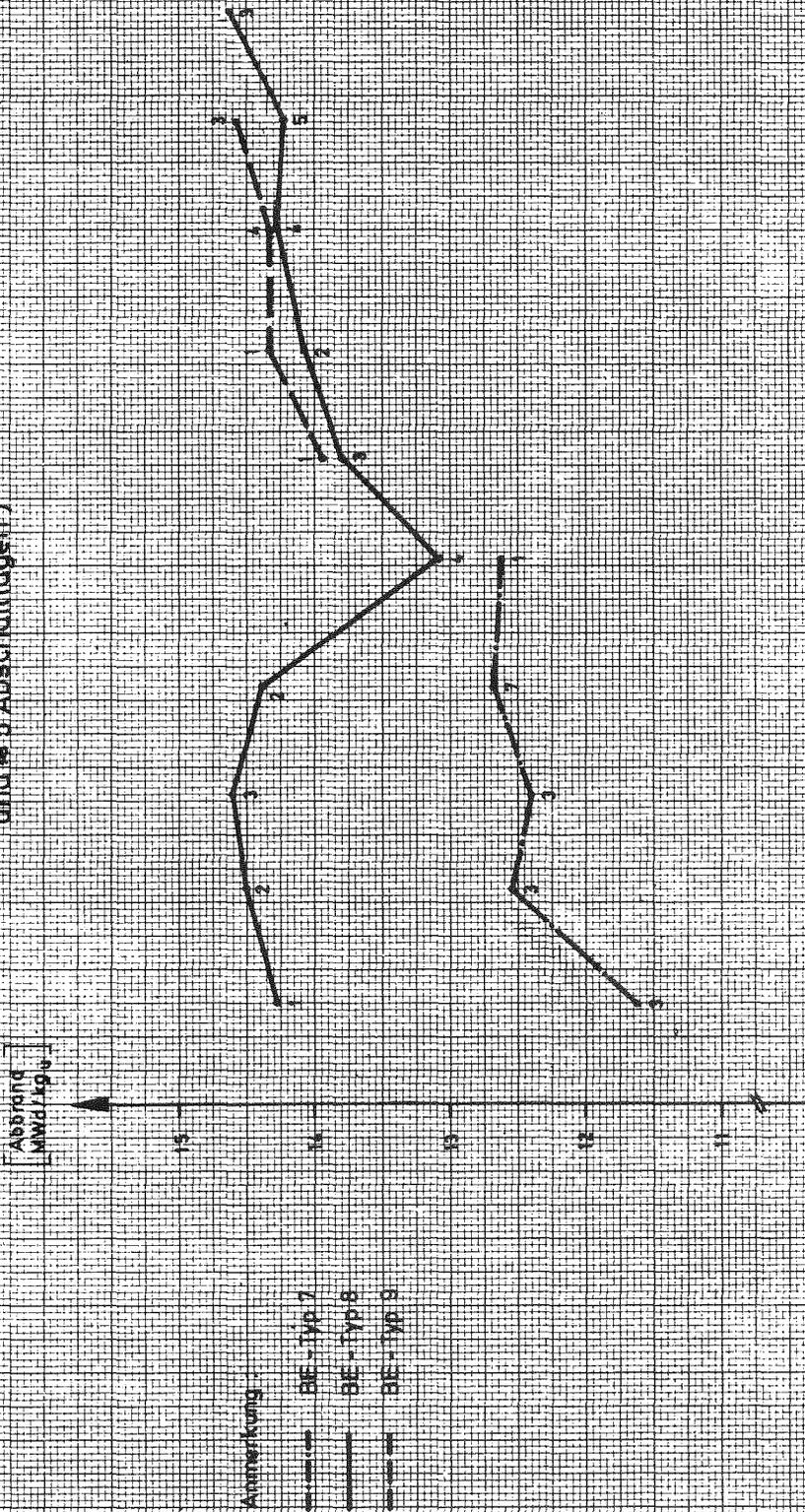


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Mittl. Abbrand und Anzahl der planmäßig
ausgebeuteten Brennelemente

(für einen Betriebsverlauf ~ 30 Betriebstagen bei 44 MW
und ~ 5 Abschalttagen)



Anmerkung:

- BE-Typ 7
- - - BE-Typ 8
- · · BE-Typ 9

Monat	Jan	Febr	Marz	April	Mai	Juni	Juli	Aug	Sept	Okt	Nov	Dez	Jan/72
Woche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Betriebsphase	K	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	K
Reaktorbetrieb	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW	44MW
BE - Wechsel													

Zeit

Abb. 2.7

Zahl und gemittelter mittl. Abbrand aller Brennelemente im Reaktor am Ende der Betriebsphasen

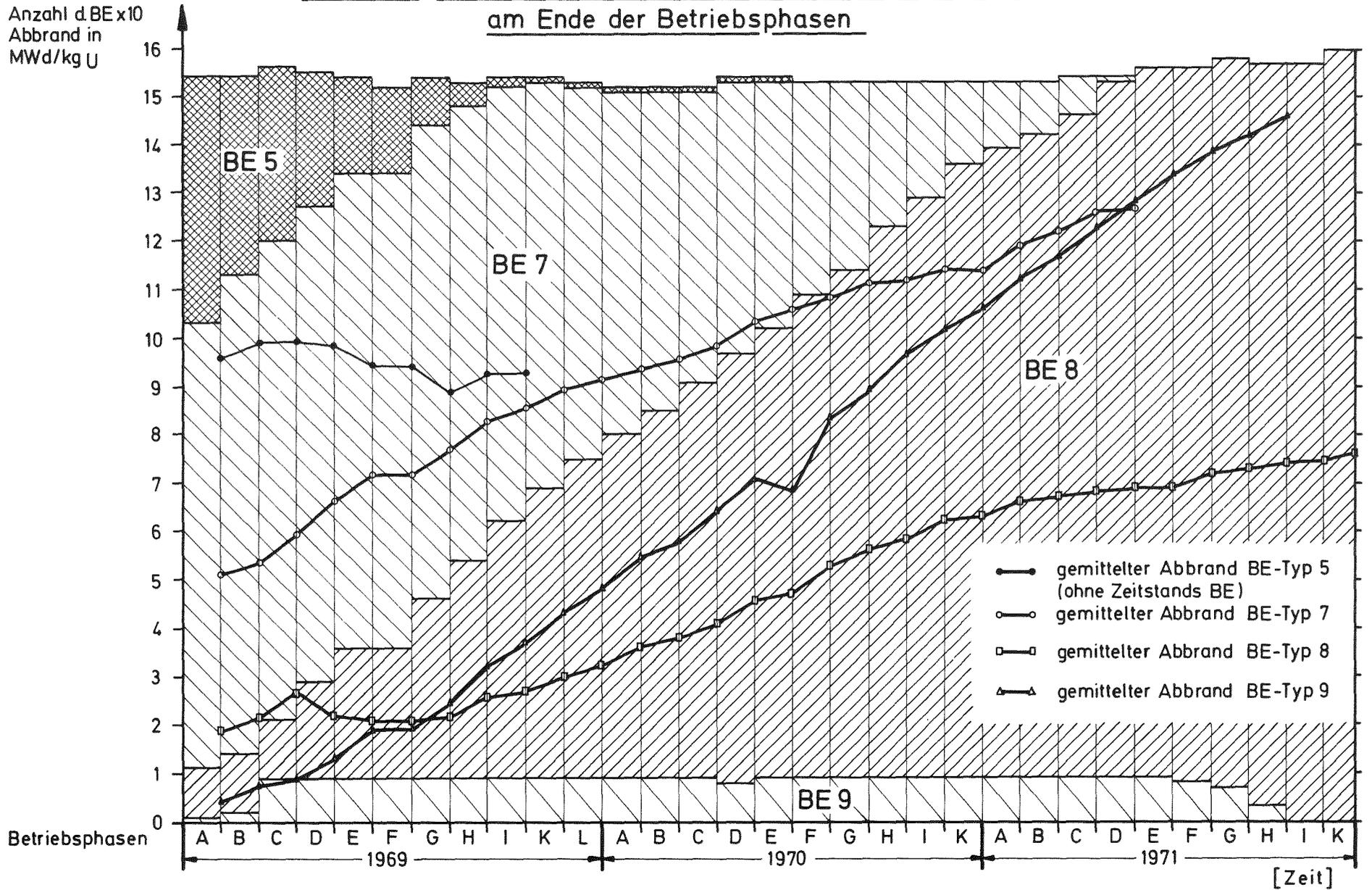


Abb. 2.8

Tabelle 2.6 Gemittelte Abbrand- und Leistungsdaten
der ausgebauten Brennelemente

		1967	1968	1969	1970	1971
BE 5 (1,5 % anger.)	Anzahl der ausgeladenen BE	71	64	72	1	
	mittlerer Abbrand pro BE MWd/to	8614	9903	10559	20767	
	mittlere pro BE abgegebene Arbeit MWd	116.00	133.4	142.2	280	
BE 6 (nicht anger.)	Anzahl der ausgeladenen BE	14				
	mittlerer Abbrand pro BE MWd/to	4056				
	mittlere pro BE abgegebene Arbeit MWd	54.5				
BE 7 (1,75 % anger.)	Anzahl der ausgeladenen BE		1	21	61	17
	mittlerer Abbrand pro BE MWd/to		6235	11659	12530	12428
	mittlere pro BE abgegebene Arbeit MWd		84.36	157.7	169.5	168
BE 8 (2,0 % anger.)	Anzahl der ausgeladenen BE					29
	mittlerer Abbrand pro BE MWd/to					14116
	mittlere pro BE abgegebene Arbeit MWd					186
BE 9 (1,86 % anger.)	Anzahl der ausgeladenen BE					9
	mittlerer Abbrand pro BE MWd/to					14364
	mittlere pro BE abgegebene Arbeit MWd					198
	gesamt:	85	65	93	62	55

In Abbildung 2.8 ist die Anzahl der Brennelemente geordnet nach Jahren und BE-Typ und die Zunahme des Abbrandes dargestellt.

Als wesentlich, schon lange vertraute Sachverhalte können der Abbildung qualitativ entnommen werden:

je höher die Anreicherung der Brennelemente, umso höher der erzielbare Abbrand.

Der Abbrand der BE 7 und 9 nahm mit fortschreitender Einfahrzeit zu.

Die Tabelle 2.6 liefert eine Übersicht über die wesentlichsten den Abbrand und die abgegebene Arbeit betreffenden Daten der Brennelemente der vergangenen Jahre. Ausgebaute Brennelemente, deren Abbrand wesentlich von den Mittelwerten der Tabelle abweicht (z.B. BE 5, ausgebaut 1970), blieben in der Aufstellung unberücksichtigt.

8. Allgemeine Störungen und besondere Vorkommnisse

Die Störungen und besonderen Vorkommnisse, die Experimente betreffen, sind in Abschnitt 3, solche, die mit dem Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen zusammenhängen, in Abschnitt 4 beschrieben. In diesem Kapitel werden deshalb nur Störungen und besondere Vorkommnisse behandelt, die den obengenannten Abschnitten nicht zugeordnet werden können. Die Vorkommnisse werden in zeitlicher Reihenfolge geschildert.

8.1 Feuererscheinungen in einem Polyäthylenbehälter für den Transport radioaktiver Flüssigkeiten

In der 1. Woche 1971 wurden in einem an die Stahltankleitung angeschlossenen 50 l-Polyäthylenbehälter - nach Einlaufen einer geringen Wassermenge - Feuererscheinungen beobachtet.

Die Untersuchung des Behälterinhaltes ergab:

Zur Zeit der Analyse waren rd. 50 ml Petroleum und rd. 100 ml wässrige Phase, bestehend aus stark verschmutzter Natronlauge, im Behälter. Eine Rückrechnung ergab, daß sich vor dem Zufluß des Leckwassers rd. 10 g Natrium im Behälter befanden.

Die verantwortliche Abteilung wurde um eine bessere Behälterausgangskontrolle ersucht.

8.2 Kontamination in der Reaktorhalle Kanal R1 am 31.3.1971

In der 14. Woche 1971 sollte das Seelenrohr des Bestrahlungskanals R1 ausgebaut und durch eine Abschlußplatte ersetzt werden. Als vorbereitende Arbeit wurde hierzu das Luftumlenkrohr gezogen und im Stopfenlager abgesetzt. Nachdem die Überwurfmutter, die das Seelenrohr hält, mit dem vorhandenen Werkzeug nicht gelöst werden konnte, mußte der Kanal für die folgende Betriebsphase C wieder mit dem bereits entfernten Luftumlenkrohr ausgerüstet werden. Hierzu mußte dieses wieder aus dem Stopfenlager geholt und auf das Auswechselwerkzeug aufgesteckt werden. Beim Abziehen einer Schutzfolie fielen, wie sich später herausstellte, Teilchen der leicht oxidierten Metalloberfläche des Rohres zu Boden.

Der Strahlenschutz führte zwar mehrfach Wischteste um den Strahlrohrausgang durch, trotzdem wurde die Kontamination erst um 16.20 Uhr entdeckt. Sie war über eine größere Fläche verteilt und, trotz Gebrauch von Überschuhen, geringfügig bis in die Hauptpersonenschleuse verschleppt. Die Messung der Fußbodenkontamination ergab als höchsten Wert $3,5 \cdot 10^{-3}$ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$. Der kontaminierte Bereich wurde abgesperrt und am 1.4.71 ohne Schwierigkeiten gereinigt.

Bei 4 Mitarbeitern wurden Kontaminationen an der Schutzkleidung festgestellt. Eine Inkorporationsmessung verlief ohne Befund.

8.3 Brennelementbeschädigung

Das unbestrahlte Brennelement BE 8-128 wurde am 4.6.71 bei der Wasserführungsrohr-Montage in der Heißen Zelle des FR2 beschädigt. Beim Absenken des Brennstabbüdels setzte seine Spitze auf einer vorstehenden Kante des Manipulators auf, der versehentlich in die Absenklinie gefahren worden war. Es wurden 3 Stäbe des obersten Stabbündels verbogen. Nach Instandsetzung kann das BE wieder für den Einbau verwendet werden.

8.4 Familienbesuchstag

Beim Familienbesuchstag im Kernforschungszentrum am 22.7.1971 konnten Dank eingehender Vorbereitungen fast 2000 Besucher bei voll in Betrieb befindlichem Reaktor über Schaltwarschleuse, 16 m-Umgang, Absetzblock, Reaktorhalle Nord und Hauptpersonenschleuse geführt werden. Die Abwicklung des Besuchstages verlief ohne Störungen.

8.5 Schwelbrand auf dem Dach über der Reaktorschaltwarte (Zwischenbau)

Am 2.8.1971 entstand bei Ausbesserungsarbeiten von schadhafte Stellen der Dachabdeckung über der Reaktorschaltwarte ein Schwelbrand. Zur Zeit des Brandausbruchs war der Reaktor bereits 4 h für die Umsetzung des Thermionischen Emitters (Proj. FR2/64) außer Betrieb. Die mittels eines Propangasbrenners durchgeführte Reparatur führte zu so starker Hitzeentwicklung, daß das Holz der Dachkonstruktion in Brand geriet. Zur Brandbekämpfung mußte die Feuerwehr ein Loch in die Dachabdeckung schlagen, um an den Brandherd zu kommen. Zunächst wurde der Brand mit Wasser bekämpft. Da jedoch Löschwasser über die Dehnfuge zwischen Rotunde und Zwischenbau in die Schaltwarte drang, mußte die Brandbekämpfung mit Leichtschaum fortgesetzt werden.

Die Rückseiten der Leitstandtafeln wurden mit Plastikfolie gegen Tropfwasser geschützt. Das eingedrungene Wasser konnte mit Saugern entfernt werden. Beschädigungen im Bereich der Schaltwarte traten nicht auf. Die Instrumentierung des Reaktors war zu keiner Zeit des Brandes gestört bzw. außer Betrieb. Zur Minderung der Brandgefahr wurde die Bauabteilung beauftragt, die auf der Betondecke der Schaltwarte aufgebraachte Wärmeisolierung aus Kork und Bitumen durch eine nicht brennbare Isolierung zu ersetzen.

8.6 Probealarm im FR2-Bezirk

Im FR2-Bezirk wurde zu Übungszwecken am 25.10.1971 ein Probealarm mit Alarmstufe II ausgelöst. Der Probealarm war nur einem kleinen Teil von Mitarbeitern, die mit der Beobachtung des Ablaufes beauftragt waren, bekannt. Die Alarmzentrale des Kernforschungszentrums wurde vor Übungsbeginn durch den Schichtleiter informiert. Die Räumung erfolgte ohne Beanstandungen. Es zeigte sich jedoch, daß für eine schnellere Alarmabwicklung bestimmte Mitarbeitergruppen, die z.B. im schweren Atemschutz oder in Erster Hilfe ausgebildet sind, nach Verlassen des Kontrollbereichs und Freigabe durch den Strahlenschutz feste Aufgaben übernehmen und das vorhandene Hilfspersonal verstärken müssen. Die neue Aufgabenverteilung wurde in einer Dienstweisung zur Alarmregelung des FR2 festgelegt.

Abschnitt 3

Experimentelle Nutzung des Reaktors

Die experimentelle Nutzung des FR2 war, verglichen mit den Vorjahren, unverändert hoch. Sie kann in folgende 6 Gruppen eingeteilt werden:

- Isotopenproduktion
- Kreislaufexperimente
- Strahlrohrexperimente
- Kapselexperimente
- sonstige Experimentiereinsätze
- γ -Bestrahlungen außerhalb des Reaktors

Der Betrieb der Experimente erfolgte im Jahre 1971 entsprechend dem korrigierten FR2-Terminleitplan 1971, Ausgabe 1-210472 (Abb. 1.2). Er konnte ohne größere Störungen abgewickelt werden. Es wurden 11 automatische Reaktorabschaltungen ausgelöst, was etwa 80 % der gesamten automatischen Schnellabschaltungen ausmacht. Außerdem waren 11 Handabschaltungen des Reaktors erforderlich (siehe auch Tabelle 9.3 im Anhang).

Nach Experimenten aufgeschlüsselt verteilen sich die Reaktorschnellabschaltungen (RSA) wie folgt:

Heißdampf- und Kontaminationskreislauf (Proj. FR2/55a):

1 echter Grenzwert, 1 Gerätefehler, 2 Fehlbedienungen.

He-Druckgaskreislauf (Proj. FR2/26):

1 echter Grenzwert, 1 Fehlbedienung.

Druckschwerwasserkreislauf (Proj. FR2/58):

1 echter Grenzwert, 1 Gerätefehler.

Kapselversuchseinsätze (Proj. FR2/86-KVE 93):

1 echter Grenzwert.

Tieftemperaturbestrahlungsanlage (Proj. FR2/2):

1 Fehlbedienung.

Isotopenrohrpostanlage (Proj. FR2/44):

1 Fehlbedienung.

1. Isotopenproduktion

Der Herstellung radioaktiver Isotope stehen 3 Einrichtungen zur Verfügung:

Projekt FR2/1: 12 luftgekühlte Zwischengitterpositionen mit normalerweise 1/1 Harwell-Kapseln von 25 mm Ø (Sonderlängen möglich).

Projekt FR2/38: Verschiedene Kanäle in der Thermischen Säule (Probengröße bis 180 mm Ø und 1000 mm Länge).

Projekt FR2/44: Eine Isotopenrohrpostanlage für Kurzzeitbestrahlungen, Probengröße bis 35 mm Ø und 100 mm Länge.

Eine Übersicht über die Isotopenproduktion seit 1963 mit den obengenannten Bestrahlungseinrichtungen gibt Abb. 3.1.

Die Zahl der bestrahlten Kapseln stieg von 1621 im Jahre 1970 auf 1838, was einer Steigerung von etwa 13 % entspricht. Die Zahl der bestrahlten Proben liegt ungefähr um den Faktor 3 höher, da sich meist mehrere Proben in einer Kapsel befinden. Etwa 50 % der Bestrahlungen wurden für 13 Institute der GfK durchgeführt. Sie dienten hauptsächlich der Darstellung von Radionukliden, der Herstellung von Eichstrahlern und radioaktiven Quellen, Aktivierungsanalysen, Diffusionsuntersuchungen, Materialprüfungen, Flußdichtemessungen und der Kernspektroskopie.

Isotopenproduktion des FR2

Anzahl der bestrahlten
Kapseln
[Stück]

Kleinprobenbestrahlungen meist
in Therm. Säule



Proj. FR2/38

Kurzzeitbestrahlungen in der
Rohrpostanlage



Proj. FR2/44

Langzeitbestrahlungen in 14 bzw. 13
Zwischengitterbestrahlungspositionen



Proj. FR2/1

2000

1900

1800

1700

1600

1500

1400

1300

1200

1100

1000

900

800

700

600

500

400

300

200

100

0

1963

1964

1965

1966

1967

1968

1969

1970

1971

Abb. 3.1

Die übrigen 50 % der bestrahlten Proben waren für 36 auswärtige Auftraggeber bestimmt. Im wesentlichen wurden die Bestrahlungen für die gleichen Zwecke wie oben genannt durchgeführt. Besonders zu erwähnen ist die Herstellung radioaktiver Isotope für die Nukleardiagnostik und -therapie.

1.1 Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen (Proj. FR2/1)

Es standen im Jahre 1971 12 Bestrahlungsmöglichkeiten mit je 29 Kapselpositionen zur Verfügung, deren Reaktorpositionen aus Beladeplan Iso/10 ab 26.08.69, der im Anhang beigelegt ist, ersichtlich sind. Im Berichtszeitraum wurden 323 Beladungen durchgeführt und 1085 Kapseln mit Bestrahlungsmaterial ausgeliefert, was eine Zunahme der bestrahlten Kapseln gegenüber dem Jahre 1970 von etwa 34 % bedeutet. Zusätzlich wurden zur Ermittlung der Flußverhältnisse im Reaktor 143 Beladeoperationen durchgeführt. Die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1971 gibt Abb. 3.2 wieder.

Tabelle 3.1 Isotopenproduktion und Flußmessungen auf Zwischengitterpositionen

Monat	Beladeoperation	Isotopenproduktion		Anzahl gesamt	Flußmessungen			Erprobung VA-Detektor -Ionisations- Kammer
		Anzahl d. bewegten Kapseln	Anzahl d. ausgeladenen bestrahlten Kapseln		Co- Detektor	Aktivierung Co- Sonden	Ni/Al/Au Sonden	
Januar	31	176	83	12	12	-	-	-
Februar	29	178	136	13	13	-	-	-
März	34	178	109	12	12	-	-	-
April	29	175	106	12	12	-	-	-
Mai	12	68	37	2	-	-	2	-
Juni	26	156	92	12	12	-	-	-
Juli	24	113	71	12	12	-	-	-
August	32	232	93	12	12	-	-	-
September	28	189	94	18	16	2	-	-
Oktober	26	143	101	-	-	-	-	-
November	32	200	99	14	12	-	-	2(Proj.76)
Dezember	22	105	64	24	12	12	-	-
Σ	323	1913	1085	143	125	14	2	2

Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen

(Isotopenkanäle Proj. FR2/1)

Anzahl *)
[Stück]

*) Es ist die Anzahl der Bestrahlungskapseln angegeben,
die Zahl der Proben liegt etwa um den Faktor 3 höher
Bei Flußmessungen mit Aktivierungssonden waren 15 der 29
Kapseln je Kanal beladen.
Bei Flußmessungen mit Detektoren war jeweils 1 Detektor
im Kanal.

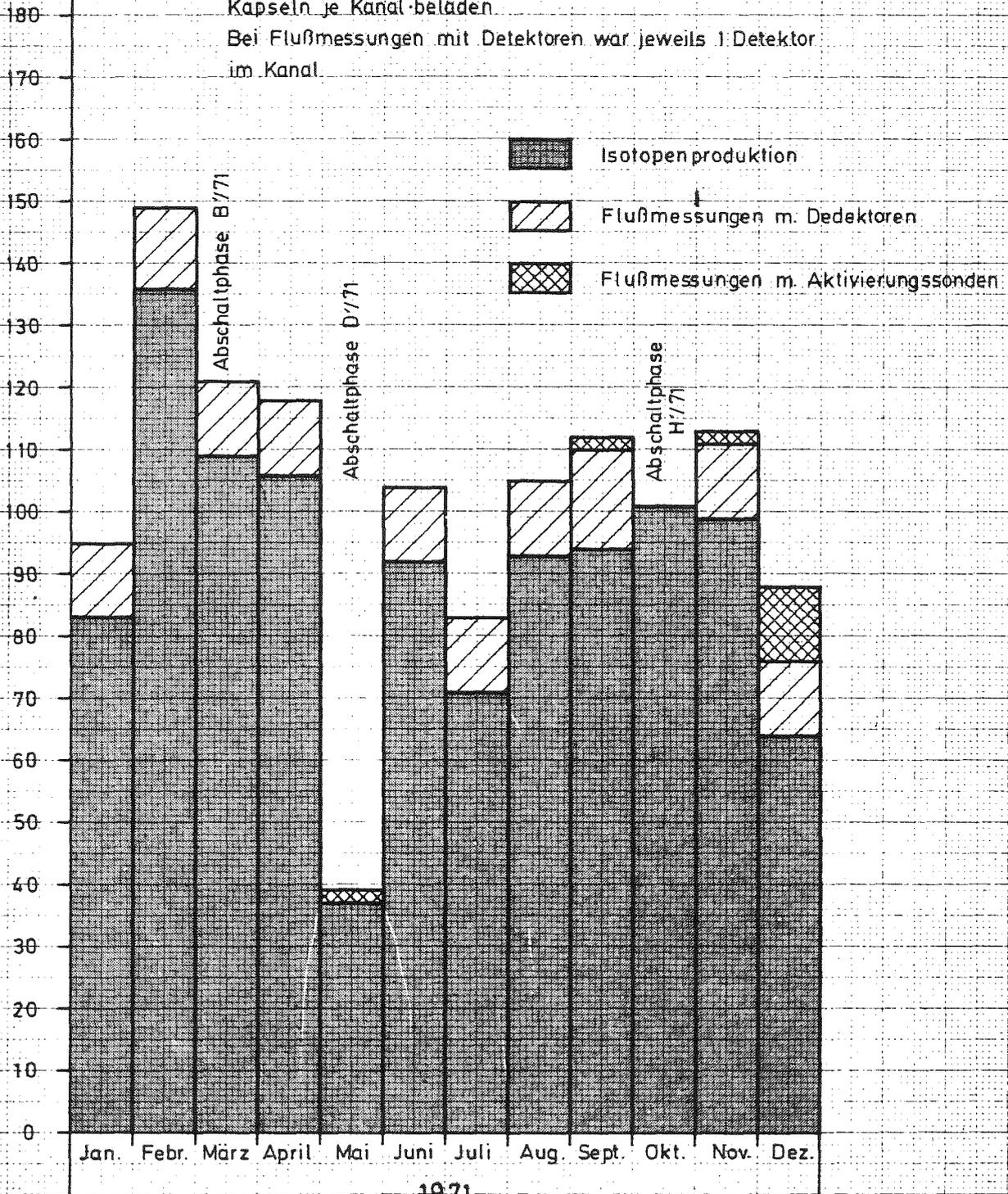


Abb. 3.2

Die Aufträge zur Herstellung von Radionukliden durch Bestrahlung auf Zwischengitterpositionen wurden zu etwa 60 % von auswärtigen Auftraggebern erteilt, während etwa 40 % der Bestrahlungen für Institute der GfK durchgeführt wurden. Im Einzelnen waren 32 auswärtige Auftraggeber zu verzeichnen, gegenüber 13 internen Auftraggebern, von denen das IRCH und LIT die meisten Bestrahlungen durchführen ließen.

Störungen und besondere Vorkommnisse

a) Hängenbleiben einer Kapsel bei Entladung

Am 12.7.71 blieb die leere Kapsel Nr. 1 der Beladung 1-70-325 bei der Entladung mit der Wechselmaschine hängen und wurde deformiert. Sie konnte leicht in der Heißen Zelle des FR2 aus dem Trägerrohr entfernt werden.

b) Heruntergefallenes Trägerrohr-Verschlußstück in der Wechselmaschine

Durch eine Fehlbedienung fiel am 19.11.71 das Verschlußstück vom Kapselträgerrohr Nr. 17 in die Wechselmaschine. Das Verschlußstück wurde geborgen und das Kapselträgerrohr Nr. 17 bis zur Inspektion als nicht einsatzbereit erklärt. Die Inspektion des Kapselträgerrohres ergab keine Beanstandungen.

1.2 Bestrahlungen in der Therm. Säule

Mit der Bestrahlungseinrichtung Projekt FR2/38 wurden in 3 Kanälen der Thermischen Säule zusammen 217 Bestrahlungen durchgeführt. Der Anstieg auf das etwa 4fache der Bestrahlungen des Vorjahres ist zum Teil auf den Ausfall der Isotopenrohrpostanlage (Projekt FR2/44) in der Zeit vom 28.1.71 bis 17.5.71 zurückzuführen. Die Hälfte der Bestrahlungen wurden als Drehtellerbestrahlungen ausgeführt, die eine gleichmäßige Bestrahlung der Proben ermöglichen, jedoch durch Sondereinbauten einen größeren Einsatz an Personal verlangen.

Bestrahlungen in der Therm. Säule

Anzahl der
bestrahlten
Kapseln

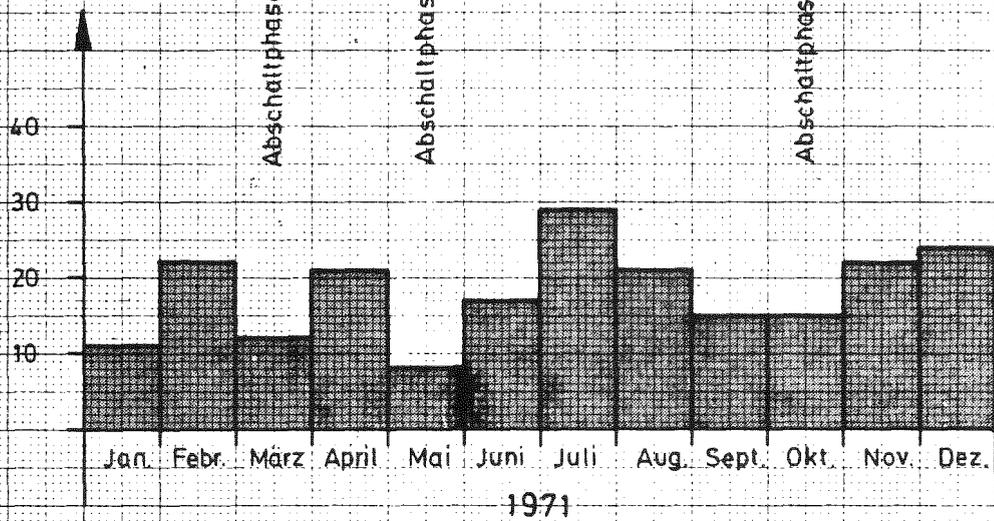


Abb. 3.3

Tabelle 3.2 Isotopenproduktion in der Thermischen Säule

Monat	Bestrah- lungen	Be-Ent- ladungen	Bestr. Zeit [h]	längste Bestrahlung [h]	kürzeste Bestrahlung [h]	Bestrahlungskanal		
						V1	V2*)	V5
Januar	8	11	339,34	358,75	0,17	1	5	2
Februar	22	22	519,87	143,25	0,25	12	9	1
März	12	12	344,95	167,58	0,75	6	6	-
April	21	21	240,75	120,00	0,50	15	6	-
Mai	8	8	37,00	24,00	1,00	3	5	-
Juni	16	17	118,57	48,00	0,20	5	11	-
Juli	29	29	904,83	24,00	0,17	21	8	-
August	21	21	179,46	48,00	0,01	10	11	-
September	15	15	108,82	48,00	0,17	12	3	-
Oktober	15	15	65,35	24,22	0,01	4	11	-
November	22	22	656,22	503,10	0,03	6	16	-
Dezember	24	24	297,63	120,00	0,03	5	19	-
Σ	213	217	3072,79	503,10	0,01	100	110	3

*) Drehtellerbestrahlungen

Etwa 46 % der Bestrahlungen in der Thermischen Säule wurden für 8 auswärtige Auftraggeber durchgeführt. 54 % der Bestrahlungen entfielen auf Institute der GfK, von denen das IHCH die meisten Aufträge erteilte.

Die Bestrahlungsabwicklung verlief im Berichtszeitraum störungsfrei.

Abb. 3.3 zeigt die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1971.

1.3 Bestrahlungen in der Isotopenrohrpostanlage

Mit der Isotopenrohrpostanlage Projekt FR2/44 wurden 536 Bestrahlungsfahrten durchgeführt. Dies bedeutet einen Rückgang der Bestrahlungsfahrten um etwa 31 %. Der Rückgang ist auf den Ausfall der Anlage durch einen Fahrrohrdefekt im Stopfen des D1ost-Kanals für die Zeit vom 28.1.71 bis 17.5.71 zurückzuführen. Ein erheblicher Teil der Bestrahlun-

gen konnte ersatzweise mit den Einrichtungen Projekt FR2/1 und FR2/38 durchgeführt werden. Für Bestrahlungen im Sekundenbereich sind diese Einrichtungen jedoch nicht geeignet.

Tabelle 3.3 Isotopenproduktion in der Isotopenrohrpostanlage

Monat	Bestrahlungs- Fahrten	Bestrahlungs- Zeit [h]	längste Bestrahlung [h]	kürzeste Bestrahlung [s]	Fahrten für Erprobungen
Januar	72	28,08	5,00	2	78
Februar					
März	wegen Fahrrohrdefekt vom 21.1.71 bis 17.5.71 außer Betrieb				
April					
Mai	24	31,57	5,00	1	41
Juni	68	86,58	24,00	1	21
Juli	86	122,50	17,08	1	3
August	67	97,38	24,00	1	6
September	62	81,48	24,00	3	7
Oktober	25	63,00	16,00	360	5
November	67	141,98	64,00	6	4
Dezember	65	87,09	16,00	2	4
Σ	536	739,66	64,00	1	169

71 % der Bestrahlungen wurden für Institute der GfK, insbesondere des LIT und das IRCH durchgeführt. Für 29 % der Bestrahlungen waren insgesamt 20 auswärtige Industrieunternehmen, Universitäten und Institute die Auftraggeber.

Abb. 3.4 gibt Aufschluß über die Bestrahlungen in der Isotopenrohrpostanlage.

Störungen und besondere Vorkommnisse

a) Defekt und Reparatur des Fahrrohres

Am 28.1.71 blieb die Rohrpostkapsel Nr. 702 des Bestrahlungsauftrages Nr. 44-71-8 bei der Einfahrt im Fahrrohrstück des Stopfens (Dlost-Kanal) hängen.

Bestrahlungen in der Rohrpostanlage

(Kurzzeitbestrahlungen / Proj. FR2/44)

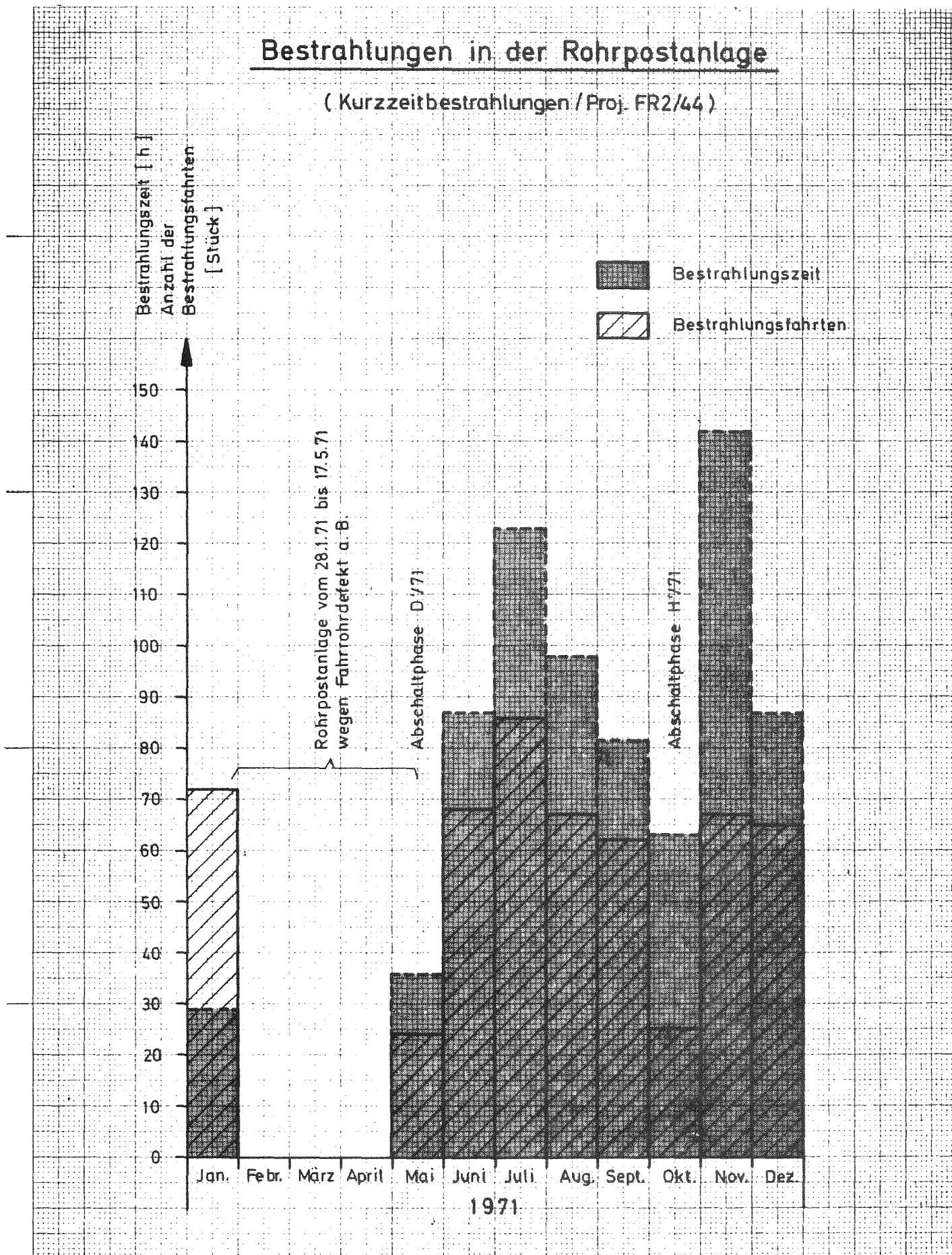


Abb. 3.4

Eine Ausfahrt der Kapsel war auch über Notausfahrt nicht möglich. Da die Rohrpostkapsel nicht in der Spaltzone ankam und die defekte Stelle des Fahrrohres durch eine frühere Untersuchung bekannt war, brauchte der Reaktor nicht abgeschaltet zu werden.

Die Untersuchung des Fahrrohres war in der 51. Woche 1970 durchgeführt worden, nachdem zeitweise Rohrpostkapseln hängenblieben und ein Anfall von einigen cm^3 Graphitstaub in der Box des Rohrpostlabors festgestellt wurde. Daraus konnte auf einen Defekt des Fahrrohres im Bereich des Stopfens geschlossen werden. Eine Besichtigung des Stopfens mit dem Endoskop ergab, daß das aus Al 99,5 bestehende Fahrrohr in der Krümmung (Übergang Steigstrecke in ebene Fahrstrecke) durchgescheuert war. Die Fertigung eines neuen Stopfens aus Werkstoff 4541 wurde in Auftrag gegeben und die Rohrpostanlage weiterbetrieben.

Zunächst wurde der Versuch unternommen, den Schaden ohne Beeinträchtigung des Experimentierbetriebes durch Einschieben eines Rohrstückes über das defekte Fahrrohr provisorisch zu beheben. Dieser Versuch schlug fehl. Es lockerte sich dabei jedoch die hängengebliebene Rohrpostkapsel, die nach Beendigung des Reparaturversuches ins Rohrpostlabor ausgefahren werden konnte.

Am 12.5.71 konnte, nach teilweiser Demontage des Strahlrohrexperimentes Projekt FR2/70 vor dem D2ost-Kanal, der inzwischen fertiggestellte neue Stopfen mit einem 2,5 mm dicken Fahrrohr eingesetzt werden. Am 17.5.71 ging die Anlage wieder in Betrieb.

Alle Reparaturarbeiten konnten ohne Kontamination von Mitarbeitern und Räumen durchgeführt werden.

b) Festfahren des Stoßdämpfers

Am 14.5.71 fuhr der Stoßdämpfer bei einer Erprobung in der Stellung 300 mm (fast Reaktormitte) fest. Eine Reparatur war ohne Abbau der Strahlrohrexperimente Projekt FR2/24 und FR2/52 nicht möglich. Sie wurde deshalb auf das Jahr 1972 verschoben. Alle Bestrahlungen wurden von da an bei obengenannter Stoßdämpferstellung durchgeführt.

c) Reaktorschnellabschaltung (RSA) wegen Fehlbedienung

Bei der monatlichen Überprüfung der Rohrpostgebläsefortschaltung wurde irrtümlich die thermische Auslösung des Gebläsemotors betätigt. Dabei erfolgte Ausfall beider Gebläse und RSA über die Meßstellen 44P-Q1/Q2.

2. Kreislaufexperimente

Im Berichtszeitraum waren unverändert 5 Kreislaufexperimente in Betrieb. Es handelt sich hierbei um die umfangreichsten Experimentieranlagen im FR2, die sowohl für den Betrieb als auch für die Wartung und Instandhaltung einen größeren Personalaufwand erfordern.

Projekt FR2/2: Tieftemperaturbestrahlungsanlage für das MPI-Stuttgart, Bereich Sondermetalle.

Projekt FR2/16: Kalte Neutronenquelle für das IAK und I. Physik. Institut der Uni Heidelberg.

Projekt FR2/26: He-Druckgaskreislauf für spezielle Abbranduntersuchungen im Rahmen des Projektes Schneller Brüter (PSB).

Projekt FR2/55a: Heißdampf-Kontaminationskreislauf für das Dampfkontaminationsprogramm des PSB und IRCH/AFTS sowie für die Neutronenmonitorentwicklung des LEM.

Betriebs- und Bestrahlungszeiten der FR2 Kreislaufexperimente

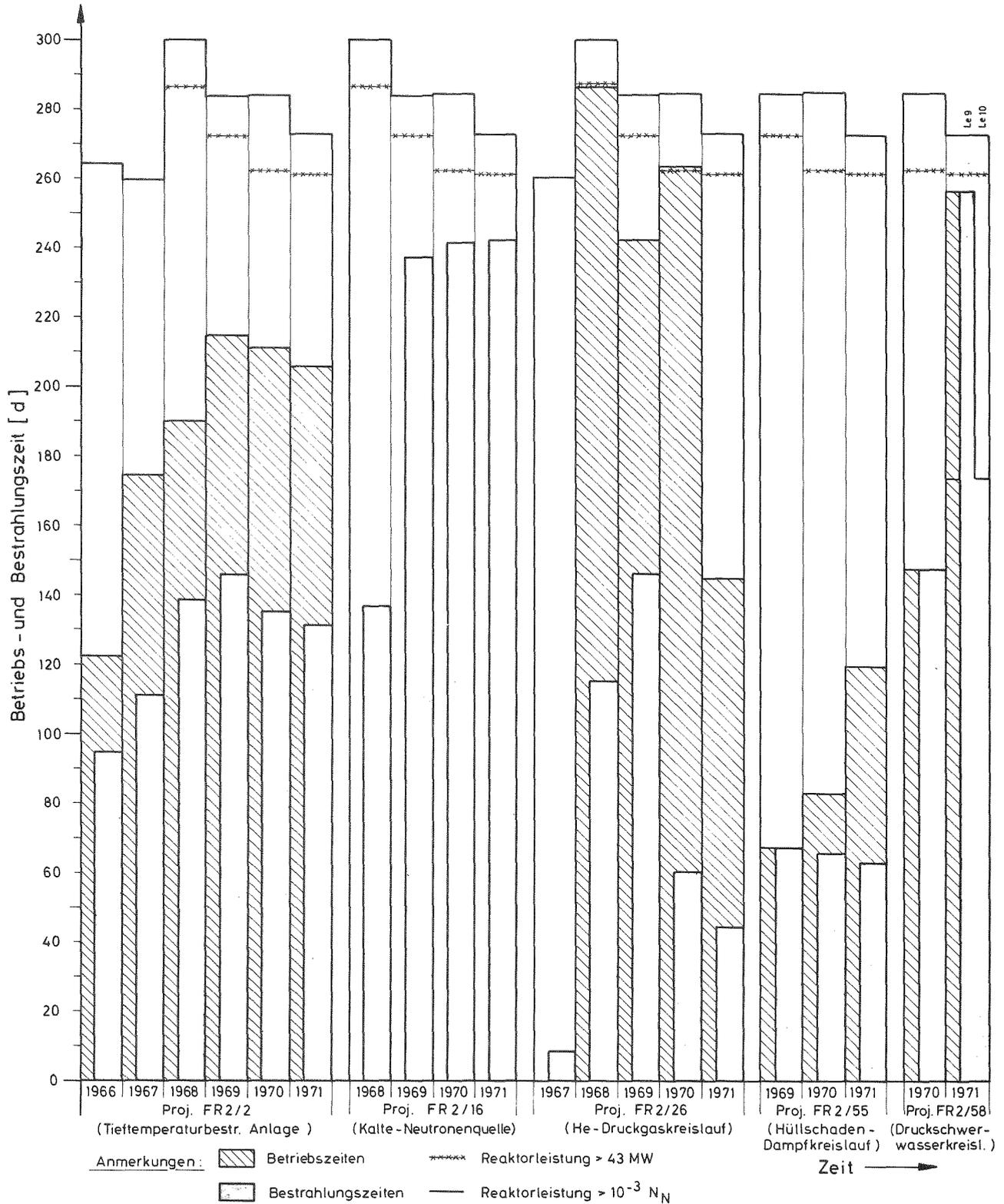


Abb. 3.5

Projekt FR2/58: Druckschwerwasserkreislauf zur Uran-Aluminid-Brennstoffplattenbestrahlung für das IMF.

Über die Betriebs- und Bestrahlungszeiten der einzelnen Experimente gibt Abb. 3.5 näheren Aufschluß.

2.1 Tiefemperaturbestrahlungsanlage (Projekt FR2/2)

Die Tiefemperaturbestrahlungsanlage ermöglicht die Bestrahlung von Proben bei Temperaturen zwischen 15 K und 300 K. Die durch die Bestrahlung entstehenden Gitterfehlstellen können anschließend ohne Ausbau der Probe ausgemessen werden.

Die Anlage ging 1965 in Betrieb, sie ist das älteste Kreislaufexperiment am FR2. Der Reaktoreinsatz befindet sich weiterhin auf der Gitterposition 54/26.

Im Berichtszeitraum wurden 21 Proben und 2 Tiefemperaturfühler bestrahlt. Einzelheiten über die Probenbestrahlungen können der Tabelle 3.4 entnommen werden.

Tabelle 3.4

Proben- einbau	Nr.	Material	Versuchsdauer [h]	Eichmessungen im TK-Meßeinsatz	Bestrahlung bei 20 K 200 K	
04.01.71	K22	Nb	310,00		x	
17.01.71	D64	Cu	3,00	x		
09.02.71	D874	Cu	192,50			x
18.03.71	Eichprobe	Cu-Draht	16,25	x		
22.03.71	TK1	Cu	93,41		x	
26.03.71	Eichprobe	Cu-Draht	72,12	x		
10.05.71	Eichprobe	Cu-Draht	74,50	x		
21.05.71	TK2	Cu	164,00		x	
01.06.71	TK3	Cu	246,00		x	
22.06.71	Eichprobe	Cu-Draht	1,00	x		
23.06.71	TK4	Cu	221,75		x	
05.07.71	K26	Nb	166,00		x	
12.07.71	K27	Nb	124,08		x	
27.07.71	D876	Cu	50,00		x	
03.08.71	K28	Nb	436,75		x	
06.09.71	D847	Cu	190,00			x
14.09.71	D892	Cu	214,50			x
24.09.71	Eichprobe	Cu	5,40	x		
14.10.71	K92	Nb	173,91		x	
29.11.71	Temp.-Fühler		19,50	x		
30.11.71	D894	Cu	196,75			x
09.12.71	Temp.-Fühler		9,50	x		
28.12.71	D898	Cu	171,66		x	
Gesamt:	12 Cu		1748,97	8	11	4
	5 Nb		1210,74			
	4 Cu-Draht		163,87			
	21 Proben		3123,58			
	2 Temp.-Fühler		29,00			
			3152,28			

In der Zeit vom 1.1.71 bis 4.1.71 wurde der Reaktor für spezielle Experimentierarbeiten nur mit einer Leistung von 10 MW betrieben. Es wurden Proben bei extrem tiefen Temperaturen bestrahlt und ausgemessen.

Am 19.2.71 wurde ein Versuchsprogramm zur Ermittlung der Temperaturerhöhung im Versuchseinsatz bei einer möglichen Steigerung der Reaktorleistung von 44 MW auf 50 MW durchgeführt. Als Ergebnis konnte festgestellt werden, daß eine Leistungserhöhung von der experimentellen Seite vertretbar erscheint und keine einschneidende Maßnahme für den Experimentierbetrieb darstellt.

Die Gesamtexperimentierzeit an der Tieftemperaturbestrahlungsanlage betrug 130,2 d, was einer zeitlichen Ausnutzung des Reaktoreinsatzes, bezogen auf die Reaktorleistung > 43 MW und auf die für das Experiment gefahrenen 10 MW, von rd. 50 % entspricht. Auf den Berichtszeitraum bezogen betrug die Ausnutzung 36 %. Die Betriebsbereitschaft der Anlagen bezogen auf Leistungsbetrieb > 43 MW bzw. 10 MW lag mit 88,5 % sehr hoch.

An der Anlage mußten im Berichtszeitraum mehrere Störungen behoben und größere Reparaturen durchgeführt werden. Außerdem wurde durch das Experiment eine RSA ausgelöst.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Am 17.2.71 erfolgte eine selbsttätige Abschaltung der He-Anlage durch eine Unterbrechung in der Magnetspule des Druckluftsteuerventils D-Ve166, was ein Aufsteuern des Kreislaufentlastungsventils P-Ve 25 zur Folge hatte. Dadurch wurde der He-Kreislauf in den Behälter H-Bh2 entlastet.
- b) Durch Undichtheiten an der Ölpumpe O-Mo10 trat am 4.2.71 Luft in den Ölkreislauf zur Drehzahlregelung der Expansionsmaschine. Die Ölpumpe wurde durch eine neue ersetzt. Gleichzeitig wurden Wartungs- und Reparaturarbeiten an der Expansionsmaschine und am Membrankompressor H-Gb3 durchgeführt.

- c) Am 23.2.71 wurde bei der halbjährlichen Ventilkontrolle am He-Hochdruckkompressor P-Gb 1/2 in den Ventilkammern der Saugventile Öl festgestellt. Bei einer nachfolgenden Generalrevision durch die Herstellerfirma wurden mehrere Teile des Kompressors erneuert.
- d) Beim Anfahren der He-Anlage am 16.4.71 trat ein He-Leck von der Expansionsmaschine zum Vakuumraum an den Kolbenstangendurchführungen auf. In der 17. und 18. Woche 1971 wurde die Reparatur und Überholung der Expansionsmaschine und gleichzeitig eine Generalrevision aller Vakuumpumpen sowie der Membrankompressoren H-Gb 3 und H-Gb 4 durch die Herstellerfirma durchgeführt.
- e) Am 23.6.71 wurde bei einer Störungsbehebung an der Vakuumanlage durch eine elektrische Fehlschaltung der Vakuumraum belüftet und dadurch Anlagenabschaltung und RSA ausgelöst.
- f) Nach Inbetriebnahme der Expansionsmaschine am 27.9.71 stieg die Drehzahl sofort über den oberen Grenzwert der Meßstelle 20-R1, was eine Abschaltung des He-Kreislaufes zur Folge hatte. Die Ursache war ein Wasserleck im Wärmetauscher 20-Wt6 zum Ölkreislauf der Drehzahlregelung der Expansionsmaschine.
- g) Beim planmäßigen Wechsel eines defekten Dichtringes am schwungradseitigen Lagerschild vom He-Hauptkompressor P-Gb 1/2 wurden am 8.11.71 im Ölraum des Lagerschildes Lagermetallteile gefunden. Der Kompressor wurde demontiert und dabei Defekte an der Kurbelwelle, den Kurbelwellen-, Kreuzkopfpfzapfen- und Schubstangenlagern festgestellt. Es erfolgte eine Reparatur und Überholung durch die Herstellerfirma.

- h) In den Abschaltwochen C', D', H' und K' wurden die Prüfungen der Grenzwerteinstellungen und Funktionen zur Auslösung des Reaktorschnellschlusses sowie die Prüfungen der Steuerprogramme und Verriegelungen durchgeführt. Alle Prüfungen und Folgeschaltungen verliefen ohne Beanstandungen.

2.2 Kalte Neutronenquelle

Das Kreislaufexperiment Projekt FR2/16 gestattet physikalische Untersuchungen mit Neutronen niedriger Energie ($< 0,005$ eV), die durch Moderation thermischer Reaktorneutronen mit flüssigem Wasserstoff in der "Kalten Neutronenquelle" in ausreichender Flußdichte erzeugt werden. Die Moderatorkammer ist im Strahlkanal R3 eingebaut und stand im Jahre 1971 mehreren Experimentatoren des IAK und des I. Physikalischen Instituts der Universität Heidelberg zur Verfügung, die hauptsächlich folgende Experimente durchführten:

Messung und Bestimmung der Streugesetze von Rubidium und Gallium.

Bestimmung von Kern-Dipol und Kern-Quadrupolmomenten mit Hilfe polarisierter Neutronen.

Untersuchungen über Relaxationen von Festkörpern.

Die Kalte Neutronenquelle war 5072,25 h mit flüssigem Wasserstoff gefüllt. In der Zeit vom 8.9.71 bis 27.9.71 und vom 14.10.71 bis 20.10.71 wurde die Anlage zeitweilig ohne Füllung der Moderatorkammer aber mit Stickstoffkühlung des Neutronenfilters betrieben. Während dieser Zeit standen für den Experimentierbetrieb nur rd. ein Zehntel der sonst angebotenen subthermischen Neutronen zur Verfügung. Diesen Betrieb eingeschlossen war die Anlage an 5420 h während des Reaktorleistungsbetriebs > 43 MW experimentierbereit, was einer Nutzung von 87 % entspricht.

Die Moderatorkammer hatte Ende des Jahres 1971 eine Füllzeit mit flüssigem Wasserstoff von 20080 h erreicht. Dieses gute Ergebnis wurde mit dem ersten Strahlrohrpfropfen, mit dem die Anlage auch weiterhin trotz eines zeitweiligen kleinen H₂-Lecks betrieben werden kann, erzielt. Das H₂-Leck trat in den Betriebsphasen A bis C nicht in Erscheinung. Ab Betriebsphase D wechselte die Leckrate kurzfristig von 10⁻⁴ Torr l/sec auf 10⁻³ Torr l/sec. Der zulässige Leckratengrenzwert von 5·10⁻³Torr l/sec wurde jedoch nicht überschritten.

Im Berichtszeitraum war der Betrieb der Kalten Neutronenquelle zufriedenstellend. Es erfolgten 6 außerplanmäßige Abschaltungen der Anlage, von denen eine durch Fehlbedienung, zwei von Hand wegen Anlagenfehlern und drei durch Grenzwertüberschreitungen bzw. durch Netzausfall <1 sec ausgelöst wurden. Durch größere Störungen, die hauptsächlich am Trockenlaufkompressor Gb 7 auftraten, entstand ein Verlust an Bestrahlungszeit bei Betrieb mit flüssigem Wasserstoff von etwa 57 d.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Am 11.7.71 fiel die Anlage durch zu niedrigen Öl-
druck des Trockenlaufkompressors aus. Lagerschäden
an allen drei Pleuellagern machten eine größere
Reparatur erforderlich. Die Anlage konnte erst am
29.7.71 wieder in Betrieb genommen werden.
- b) Der Trockenlaufkompressor Gb 7 mußte am 12.8.71
wiederum außer Betrieb genommen werden, da durch einen
starken Leckgasanfall an den Stopfbuchsen der Druck
im Kurbelgehäuse auf unzulässige Werte anstieg. Eine
Generalrevision durch die Herstellerfirma ergab
Schäden an den Pleuel- und Hauptlagern. Außerdem
mußten Kurbelwelle, Pleuel, Kreuzkopfgleitsteine und
Kolben zur Kontrolle bzw. Überarbeitung ans Hersteller-
werk gesandt werden. Durch die umfangreichen Repara-
turarbeiten konnte der Betrieb mit flüssigem H₂ in
der Moderatorkammer erst am 21.10.71 wieder aufge-

nommen werden. Bis zum Jahresende lief die Anlage störungsfrei.

- c) In der 25. Woche 71 überprüfte der Beauftragte des TÜV die Sicherheitsventile und inspektionspflichtigen Behälter der He-Gaskälteanlage. Die Ventile hielten den vorgeschriebenen Öffnungsdruck ein. Die Innenflächen der geöffneten Behälter waren in einwandfreiem Zustand.
- d) In den Abschaltphase A', C', H' und K' wurden die Prüfungen der Sicherheitsschaltungen und die Aufschaltungen auf das Reaktorsicherheitssystem durchgeführt. Die Prüfungen verliefen ohne Beanstandungen.

2.3 He-Druckgaskreislauf

Das Kreislaufexperiment Projekt FR2/26 dient der kurzzeitigen und zyklischen Bestrahlung von Brennstoffprüflingen für das Projekt Schneller Brüter (PSB). Der Reaktoreinsatz befindet sich in der unteren Hälfte des zentralen Bestrahlungskanals. Im Berichtszeitraum wurden nur 3 Prüflinge der PSB-Versuchsgruppe 4a mit Brennstoff UC/PuC bestrahlt. Die Bestrahlungen können aus nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 3.5

Prüfl. Nr.	Bestrahlungszeit [h]	spez. Stableistung [W/cm]	Bemerkungen
L4-7	336	895 - 1000	Bei Bestrahlungsbeginn 10 Leistungszyklen zu je 24 h
L4-5	360	980 - 1000	2 Unterbrechungen wegen Reaktorschnellschluß
L4-6	360	975 - 1000	1 Unterbrechung wegen Reaktorschnellschluß

Zusätzlich wurde 1 Sondenbestrahlung von 1 h Dauer zur Neutronenflußmessung im Versuchseinsatz durchgeführt.

Am 14.6.71 wurde die Anlage nach störungsfreiem Betrieb stillgesetzt, da vom Experimentator keine Prüflinge angeliefert wurden. Die Gesamtbestrahlungszeit betrug deshalb nur 44 d, was einer Nutzung bezogen auf Reaktorbetrieb >43 MW bis zur Stillsetzung von 36 % entspricht.

Die Flüssigstickstoffherzeugungsanlage lieferte den gesamten N_2 -flüssig Bedarf für die Gasreinigungsanlage und erbrachte darüberhinaus einen Überschuß von 7937 l N_2 -flüssig, der dem FR2-Bedarf zur Verfügung gestellt wurde.

Betriebszeiten und Betriebsdaten der Anlage:

He-Druckgaskreislauf	3472,42 h
He-Gasreinigung	1766,45 h
fl.- N_2 -Erzeugungsanlage	2335,27 h
fl.- N_2 -Produktion	2004,63 h
fl.- N_2 -Erzeugung	rd. 78099 l

Die Stillstandzeit der Anlage wurde für notwendige Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten genutzt. Durch Experimentierbetrieb wurde 2 mal RSA ausgelöst.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Am 1.2.71 wurde durch einen Bedienungsfehler beim Ziehen des bestrahlten Prüflings I4-7 in die Transportflasche über die oberen Grenzwerte der Meßstellen 26H - T107 bis T109 eine RSA ausgelöst.
- b) Durch einen Druckabfall im He-Kreislauf am 15.2.71 wurden die oberen Grenzwerte der Meßstellen 26H - T107 bis T109 überschritten und eine weitere RSA ausgelöst. Die Fehlerursache konnte nicht geklärt werden. Es besteht der Verdacht einer Fehlbedienung.

- c) In der 41. Woche 1971 wurde nach dem Ausbau der Flußmeßeinrichtung für den thermionischen Wandler (Projekt FR2/76) im oberen Teil des Zentralkanals das Fehlen einer etwa 200 g schweren Boralplatte festgestellt. Mehrere Stücke dieser Platte lagen auf dem Druckrohroberteil unterhalb des Greiferpilzes bzw. auf dem Greiferpilz des Projektes FR2/26. Beim Bergungsversuch von der Reaktorplattform aus fielen zwei größere Boralteile in den Spalt zwischen Druckrohroberteil und Zentralkanal. Das Druckrohr wurde daraufhin ausgebaut. Ein Transport des 4 m langen Druckrohres zur Heißen Zelle war nicht möglich. Die Reinigung mußte deshalb vor Ort durchgeführt werden. Dazu waren wegen der hohen Aktivität des Druckrohres (≈ 1000 r/h nahe der Oberfläche) umfangreiche Vorarbeiten wie Aufbau einer Abschirmkabine und Anfertigung von Werkzeugen und Hilfsmitteln notwendig. In der 46./47. Woche 1971 konnte die Reinigung des Druckrohres durchgeführt werden. Außerdem wurde das Zentralkanalrohr mit Hilfe eines Endoskopes einer genauen Besichtigung unterzogen. Es konnten keine Beschädigungen festgestellt werden. Die maximale Personendosis innerhalb der Zeit vom Ausbau bis zum Ende der Reinigung betrug als Ganzkörperdosis 765 mrem und als Teilkörperdosis (Hände) 4985 mrem. Das Druckrohr wurde im Jahre 1971 nicht mehr eingebaut.
- d) Von der 31. Woche bis zur 34. Woche und in der 41. Woche wurde eine TÜV-Revision der Behälter, Apparate und Sicherheitsventile der He- und Flüssigstickstoff-erzeugungsanlage durchgeführt.
- e) In der Abschaltphase B' wurden die Grenzwerteinstellungen und Aufschaltungen auf das Reaktorsicherheitssystem überprüft. Die Funktionsprüfung der vertikalen Wechselmaschine wurde in der Abschaltphase D' durchgeführt. Die Prüfungen verliefen ohne Beanstandungen.

2.4 Heißdampf-Kontaminationskreislauf

Der im Jahre 1970 begonnene Umbau des Hüllschadendampf-kreislaufes (FR2/55) in einen Heißdampfkontaminations-kreislauf (DK-Kreislauf) Projekt FR2/55a wurde im Juni 1971 beendet. Die Inbetriebnahme erfolgte in den Betriebsphasen E bis I. Die Anlage mit mehreren speziellen Boxen und Entnahmestationen ermöglicht ein vielfältiges Experimentierprogramm:

Verhalten von beschädigten Brennstäben unter Heißdampfbedingungen.

Freisetzungsraten von Spaltprodukten aus dem Brennstoff in das Kühlsystem bei verschiedenen Dampfzuständen, Brennstoffzusammensetzungen und unterschiedlichen Schadensgeometrien.

Transport von Spaltprodukten in Heißdampf und in verschiedenen Trägergasen; Nachweis mittels verschiedener Hüllschadenüberwachungssysteme.

Ablagerung von Spaltprodukten in Anlagenkomponenten und auf speziellen Probenträgern; Entwicklung von Verfahren zur Dekontamination.

Rückhaltung von Spaltprodukten in verschiedenen Filtern mit Wasser, Dampf oder Gas als Trägermedium.

Korrosionsbeständigkeit verschiedener Strukturmaterialien in Heißdampf unter Neutronenbestrahlung.

Während der Umbau des Projektes zügig und termingerecht durchgeführt werden konnte, erfolgten in der Inbetriebnahmephase mehrere Abschaltungen und Ausfälle, die auch für den Reaktorbetrieb längere Ausfallzeiten zur Folge hatten. Aus diesem Grunde konnte im Jahre 1971, außer in Betriebsphase K, kein nennenswerter Experimentierbetrieb durchgeführt werden. In den wenigen und meist nur kurzen Betriebszeiten der Anlage wurde das Betriebsverhalten getestet, Störungen beseitigt und Anlagenverbesserungen durchgeführt.

Im Berichtszeitraum wurde ein Prüfling ohne und ein Prüfling mit Hüllschaden im DK-Kreislauf bestrahlt. Beide Prüflinge waren auf 35 % U235 angereichert. Ihre Betriebsdaten können aus Tabelle 3.6 entnommen werden.

Tabelle 3.6

Prüfling Nr.	Brennstoff	Hüllschaden	Einbau	Ausbau	spezif. Leistung [W/cm]	Dampfdruck [atü]	Durchsatz [kg/h]	Dampf-temp. [°C]
U31	UO ₂	-	24.08.	04.10.	243	70 [±] 160	80 [±] 120	350 [±] 550
U35	UO ₂	1,1 Ø mm in Mitte der Brennstoffsäule	09.11. 13.12.	17.11. 18.01.	310 310	70 [±] 160 70 [±] 160	80 [±] 120 80 [±] 120	350 [±] 550 350 [±] 550

Eine echte Nutzung des Reaktors durch einen Experimentierbetrieb erfolgte erst in der Betriebsphase K, in der die Anlage 715 h störungsfrei lief.

Zur Erprobung und Fehlerbeseitigung wurde die Anlage 2081 h betrieben.

Der Reaktoreinsatz (RE) war am Ende der Betriebsphase K/71 insgesamt 11.076 h im Reaktor eingebaut, davon 7.826 h bei einer Reaktorleistung > 43 MW. In dieser Zeit wurde der RE 148 Lastwechseln durch Druck- oder Temperaturveränderungen ausgesetzt. Im Genehmigungsbescheid des TÜV vom 5.3.71 für den weiteren Betrieb des RE wurden die Lastwechsel definiert und ihre Gesamtzahl auf 300 beschränkt.

Tabelle 3.7 gibt den Lebenslauf des RE im Jahre 1971 wieder.

Schwierigkeiten im Betrieb der Anlage ergaben sich besonders durch häufige Störungen im kontaktlosen Steuersystem, durch Dichtheitsprobleme vornehmlich an den Hochdruck-Verschraubungen, sowie bei der Leistungsbestimmung der Prüflinge mittels der dafür eingebauten Instrumentierung.

Tabelle 3.7 Lebenslauf des Reaktoreinsatzes (RE) im Jahre 1971

Datum		Einbauzeit im Reaktor		Lastwechsel	Bemerkungen
von	bis	N > 43 MW [h]	gesamt [h]		
19.08.68	22.04.70	4.648	6.283	100	vor Umbau zum Projekt FR2/55a
14.05.71	--	--	} 918 } 2.202 } 1.673	--	Einbau RE in Reaktorposition 40/12 nach Umbau Projekt FR2/55a.
14.05.71	14.06.71	660		2	RE im Reaktor, Ringspalt und Druckrohr mit He geflutet.
14.06.71	21.06.71	--		2	RE im Reaktor mit Prüflingsattrappe (Dampfkühlung)
21.06.71	--	--		--	Ausbau RE wegen Störung an Pumpensteuerung
15.07.71	--	--		--	TÜV-Prüfung des RE out-of-pile
19.07.71	--	--		--	Einbau RE in Reaktorposition 40/12
19.07.71	24.08.71	644		17	RE im Reaktor mit Probeträgerrohr Nr. 1 und Prüflingsattrappe aus VA-Stahl (Dampfkühlung)
24.08.71	04.10.71	586		11	RE im Reaktor mit Prüfling Nr. U31 <u>ohne</u> Hüllschaden (Dampfkühlung)
04.10.71	19.10.71	--		2	RE im Reaktor mit Probeträgerrohr Nr. 3 und instrumentierter Prüflingsattrappe zur Bestimmung der Prüflingsleistung (Dampfkühlung)
19.10.71	--	--		--	Ausbau RE wegen Erprobung der He-Einspeisung in Speisewasser
09.11.71	--	--		--	Einbau RE in Reaktorposition 40/12
09.11.71	17.11.71	--		2	RE im Reaktor mit Prüfling Nr. U35 <u>mit</u> Hüllschaden (Dampfkühlung)
17.11.71	13.12.71	601		2	RE im Reaktor, Ringspalt und Druckrohr mit He geflutet
13.12.71	18.01.72	687	10	RE im Reaktor mit Prüfling Nr. U35 <u>mit</u> Hüllschaden (Dampfkühlung)	
Σ		7.826	11.076	148	Ende Betriebsphase K/71

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Größere Wartungs- und Reparaturarbeiten wurden parallel zum Umbau des Systems in den Betriebsphasen A bis D durchgeführt. Vor der Wiederinbetriebnahme wurde die Einrichtung überprüft, alle Meßstellen kalibriert sowie die Steuer-, Signal- und Sicherheitseinrichtungen den neuen Betriebsbedingungen angepaßt. Ein Erweiterungsschrank mit zusätzlichen elektrischen Steuerungen wurde in Betrieb genommen. An den Hochdruckspeisepumpen wurden die Pumpenzylinder beim Hersteller nachgearbeitet.

Die einzelnen Kreislaufabschnitte wurden einer Dichtungsprüfung unterzogen, wobei zahlreiche Leckstellen beseitigt und die Dichtheit der Ventil-Stopfbuchsen verbessert wurden.

- b) Am 19.6.71 wurde der Reaktor bei der Prüfung der Aufschaltungen auf das Reaktorsicherheitssystem durch eine Fehlbedienung automatisch abgeschaltet. Danach führten zahlreiche Störungen am kontaktlosen Steuerungssystem zu mehreren Anlagenabschaltungen. Der Reaktor wurde daraufhin am 21.6.71 von Hand abgeschaltet, um den Reaktoreinsatz wieder ausbauen zu können. Ein Wiedereinbau erfolgte in dieser Betriebsphase nicht mehr.
- c) Bei der Leistungsbestimmung des ersten Prüflings U31 ergaben sich im Vergleich zur Rechnung zu hohe Werte. Die Ursache war ein Dampf-Bypaß zum äußeren Dampf-führungsrohr, was eine Fehlanzeige der Meßstellen (P-T15/35) zur Folge hatte. Dadurch wurde der Reaktorstart erheblich verzögert und vom 29.8.71 bis 1.9.71 eine Leistungsbegrenzung erforderlich. Die Anordnung der Meßstellen wurde bis Betriebsphase I geändert.

- d) Durch Fehllansprechen des Sicherheitsventils hinter dem Verdampfer (P-Ve102) bei einem Dampfdruck von 120 kp/cm^2 erfolgte am 3.9.71 ein Anlagenausfall, der eine RSA auslöste. Eine weitere RSA wurde am 16.9.71 durch Ausfall der Vorwärmer-, Verdampfer und Überhitzer-Heizungen (P-Hz1-3) ausgelöst. Die Ausfallursache konnte nicht geklärt werden.
- e) Wegen Undichtheiten an den Hochdruck-Verschraubungen der Anlage traten am 13.11.71, bei Betrieb mit dem angebohrten Prüfling U35, Aktivitätsanstiege im Deckelungsgang und im Second-Containment (R110b) auf. Zunächst wurde die Reaktorleistung reduziert, am 14.11.71 mußte der Reaktor zum Ausbau des Prüflings und zur Lecksuche abgeschaltet werden. Der Reaktoreinsatz verblieb im Reaktor und wurde mit He geflutet. Die Anlage konnte über einen "Kurzschlußbügel" zur Lecksuche und Erprobung weiterbetrieben werden. Nach Abschluß dieser Arbeiten konnte der Reaktorbetrieb am 17.11.71 wieder aufgenommen werden.
- f) In den Abschaltphasen F', G', I' und K' wurden die Umschaltungen auf das Reaktorsicherheitssystem überprüft. Die Erprobung sämtlicher Verriegelungen und Fortschaltungen erfolgte in Betriebsphase E, die Überprüfung der Grenzwerte in Betriebsphase G. Vom TÜV wurde die Anlage in den Betriebsphase F und G abgenommen. Die Prüfungen verliefen ohne wesentliche Beanstandungen.

Eine Zusammenfassung der Störungen, die während des Reaktorbetriebes auftraten und diesen beeinflussten, enthält Tabelle 3.8.

Tabelle 3.8 Störungen des Reaktorbetriebes durch Projekt FR2/55a

Betriebs-Phase	Tag	Störung	Ursache
E	19.06.71	SS	Prüfung Sicherheitssystem bei Reaktorleistung $< 10^{-3} N_N$
	21.06.71	AB	Störungen an Pumpensteuerung, Ausbau Reaktoreinsatz
F	07.08.71	LR	Ausfall der Kondensat-, Einspritz- und Speisepumpen (P=Pu4, P=Pu5, P=Pu1) durch mechanische Störung P=Pu1
	13.08.71	LR	Ausfall der Kondensat-, Einspritz- und Speisepumpen (P=Pu3, P=Pu5, P=Pu1) ohne erkennbare Ursache
G	29.08.71	LB	Probetrieb des Projektes
	30.08.71	LR	Leck am Druckspeicher P=8h 15
	31.08.71	LB	Prüflingsleistung U31 zu hoch (20 % U235)
	31.08.71	LR	Prüflingsleistung U31 zu hoch, Ermittlung der Prüflingsleistung
	01.09.71	LB	Wegen Prüflingsleistung U31
	03.09.71	SS	Sicherheitsventil hinter dem Verdampfer (P=Ve102) angesprochen, Heizungsausfall über Temperatur in Abblaseleitung (P=T40)
	13.09.71	LR	Ausfall Verdampfer- und Überhitzer-Heizung P=Hz1 und P=Hz2
	16.09.71	SS	Automatische Anlagenabschaltung ohne erkennbare Ursache
I	13.11.71	LB	Meßverstärker der auf Reaktorsicherheitssystem geschalteten Druckmeßstelle hinter RE (P=P23) defekt
	13.11.71	LB	Aktivitätsanstieg im Deckelungang (DU) wegen undichter HD-Verschraubungen
	14.11.71	LR	Messung des Aktivitätsverlaufes im DU
	14.11.71	AB	Lecksuche und Leckbeseitigung
	17.11.71	LB/LR	Trocknung des Reaktoreinsatzes
	17.11.71	AB	Evakuierung und Flutung des Reaktoreinsatzes

Anmerkung: LB = Leistungsbegrenzung
 LR = Leistungsrücknahme
 AB = Reaktorabschaltung von Hand
 SS = Reaktorschnellabschaltung (RSA)

2.5 Druckschwerwasserkreislauf

Das Kreislaufexperiment Projekt FR2/58 wurde im Auftrage des Instituts für Material- und Festkörperforschung erstellt und betrieben. Das Experiment ermöglicht die Bestrahlung von Al-Dispersionsbrennstoffplatten für Hochflußreaktoren in Druckschwerwasser. Als Brennstoff wurden Dispersionen aus U Al₂-Al und U Al₃-Al verwendet, während Al 99,5 als Hüllmaterial diente. Diese Dispersionsplatten wurden im Experiment Proj. FR2/58a vorgeprüft (siehe Abschnitt 3, Kap. 5.2). Der Druckschwerwasserkreislauf wurde erstmals am 25.4.70 mit dem Einsatz Le 0 betrieben. Nach der Abschaltung des Experimentes während der gesamten Betriebsphase K/70 wurde es mit dem Einbau des Einsatzes Le 9 am 21.2.1971 wieder in Betrieb genommen. Am 4.5.1971 wurde ein zweiter Einsatz Le 10 eingebaut. Damit waren die zwei zur Verfügung stehenden Reaktorpositionen belegt. Nachfolgende Tabelle gibt Aufschluß über die Bestrahlungszeiten der einzelnen Einsätze.

Tabelle 3.9

Einsatz Nr.	Einbau	Ausbau	Reaktorposition	bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	bei > 43 MW [h]	Leistungsabgabe [Mwd]
Le 9	21.1.71	-	41/29	6.138,65	5.911,10	20,47
Le 10	4.5.71	-	41/23	4.152,04	3.966,57	15,46

Der Druckwasserkreislauf wurde, bezogen auf Reaktorleistungsbetrieb >43 MW, mit dem Einsatz Le 9 zu 95 % und mit dem Einsatz Le 10 zu 65 % der möglichen Zeit betrieben. Der für die Betriebsphase B geplante Einbau des Einsatzes Le 10 verzögerte sich, weil in den Betriebsphase B und C nur eine Kreislaufpumpe betriebsbereit war.

Störungen traten beim Druckschwerwasserkreislauf insbesondere an den Kreislaufpumpen und den Schnellschlußkupplungen auf. Außerdem wurde durch das Experiment 2 mal RSA ausgelöst.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Die Kreislaufpumpen erforderten bis zur Betriebsphase H einen erheblichen Reparatur- und Wartungsaufwand, da durch Unwuchten der Rotoren die Keramiklager zerstört wurden. Außerdem zeigte Pumpe 101 Anlaufspuren an den Laufrädern. Die Pumpe 101 konnte nach ihrer Reparatur ab Betriebsphase D und die Pumpe 102 ab Betriebsphase H wieder betrieben werden.
- b) An den im Bereich des Deckelunganges installierten Schnellschlußkupplungen, die ein schnelles Trennen der Einsätze vom Kreislaufsystem ermöglichen, war trotz mehrerer Versuche keine befriedigende Dichtheit zu erzielen. Die Undichtheiten traten hauptsächlich bei Reaktorabschaltungen und der damit verbundenen Abkühlung des Schwerwassers auf. Eine konstruktive Änderung der Anschlüsse wird erwogen.
- c) Seit der Betriebsphase G konnte an den Prüflingen keine Plattentemperatur mehr gemessen werden. Alle Plattenthermoelemente waren durch Bruch oder Masseschluß ausgefallen bzw. hatten von der Plattenoberfläche abgehoben. Aufgrund früherer in-pile-Versuchsmessungen konnten aus der Aufheizspanne des Kühlmittels Rückschlüsse auf die Plattentemperatur gezogen werden.
- d) Am 11.7.71 wurde durch Ausfall der Kreislaufpumpe 101 eine RSA über die Einzeldurchflußmeßstellen 58P-Q201 und 58P-Q301 ausgelöst. Der Grund für die Pumpenabschaltung konnte nicht geklärt werden. Daraufhin wurde eine Überwachungseinheit eingebaut, die bei nochmaligem Pumpenausfall die Ermittlung der Ausfallursache ermöglicht. Weitere Störungen traten jedoch im Jahre 1971 nicht mehr auf.
- e) Eine weitere RSA wurde durch das Experiment am 7.8.71 ausgelöst. Bei einer planmäßigen Reaktorleistungsreduzierung für Projekt FR2/55a wurde der Mengenstrom durch die Reaktoreinsätze von den auf konstante Austrittstemperatur regelnden Durchsatzregelventilen soweit gedrosselt, daß die Grenzwerte der Einzeldurchsatzmeßstellen 58P-Q201 und 58P-Q301 ansprachen.

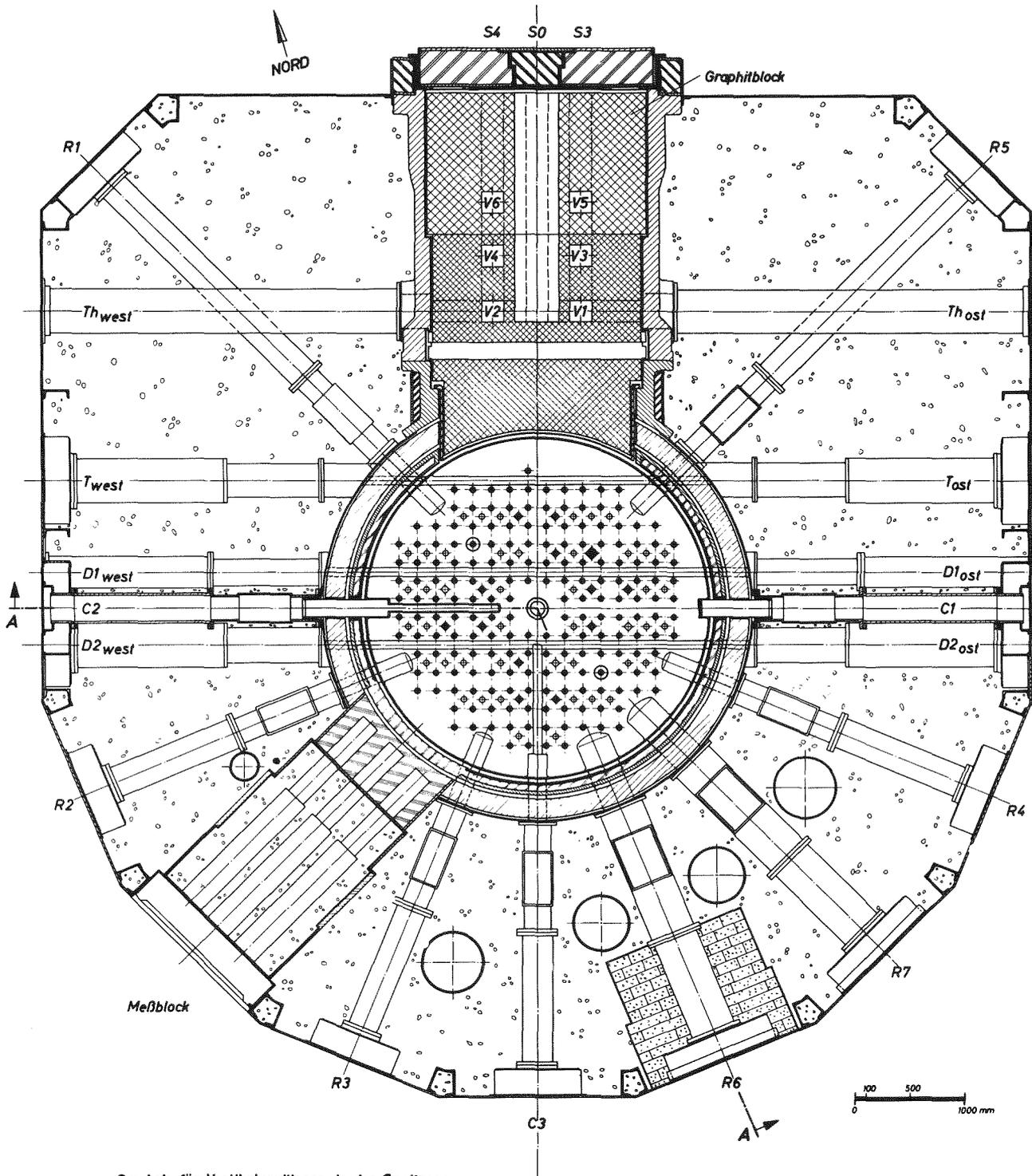
- f) Die Funktionsprüfung der auf das Reaktorsicherheitssystem aufgeschalteten Grenzwerte wird in jeder Abschaltphase vor einem Reaktorstart auf Leistungsbetrieb $N > 10^{-3} N_N$ durchgeführt. Beanstandungen traten nicht auf.

3. Strahlrohrexperimente

Der FR2 hat 16 Strahlrohrausgänge. Drei Strahlrohre führen, jeweils um 90° versetzt, bis zur Kernmitte. Von diesen drei Strahlrohren, die mit C1 bis C3 bezeichnet werden, enthält der C1-Kanal seit Ende 1967 einen Stopfen mit kontrollierbarer Doppeldichtung, da an dieser Stelle der Reaktortank an einer Schweißnaht der Strahlrohrendkappe undicht geworden war. Für den Experimentierbetrieb ist der Ausgang des Strahlrohres deshalb nicht nutzbar. Die sieben Strahlrohrkanäle R1 bis R7 enden im Reflektorbereich des Reaktors. Ferner sind drei, mit D1, D2 und T bezeichnete, durch den Reaktor hindurchgehende Strahlrohre vorhanden. Die Durchgangsstrahlrohre D1 und D2 führen durch die Reaktormitte, während der Strahlrohrkanal T tangential am Kern vorbeiführt. Der D1-Kanal ist mit einer pneumatischen Rohrpostbestrahlungseinrichtung ausgerüstet (vgl. Abschnitt 3, Kap. 1.3) und ist, wie der Westausgang des D2-Kanals, der zu nahe am Ausgang des C2-Kanals liegt, für Strahlrohrexperimente nicht nutzbar.

Eine Übersicht über die Anordnung der Experimente gibt Abbildung 3.6.

Von den verfügbaren Strahlrohrausgängen, einschließlich der Strahlrohre der Thermischen Säule, waren bis zu 13 Kanäle mit bis zu 14 Experimenten belegt. Der Ausgang des R6-Kanals wurde im Berichtszeitraum nicht genutzt. Es wurde jedoch der Aufbau eines Doppelmonochromators mit Doppelbeugungseinheit durch das IAK vorgesehen. An den Strahlrohren Th ost und Th west, die durch die Thermische Säule führen, wurde kein Experimentierbetrieb durchgeführt. Der vorgesehene Aufbau eines Cäsium-Experimentes am Th west-Kanal wurde fallengelassen.



Symbole für Vertikalpositionen in der Spaltzone

- ◆ Brennelement
- ◆◆ Trimm- Abschaltenelement
- ◆ Feinregelelement
- ⊕ Isotopenkanal
- ⊙ Zentraler Prüfkanal
- ⊙ Exzentrischer Prüfkanal
- Gitterposition nur im Deckel, nicht im Boden des Aluminiumtanks

Reaktor- Querschnitt

1596 mm über dem Fußboden der Reaktorhalle.

Abb. 3.6

Einige Strahlrohre werden mehrfach genutzt. Es werden am R5-Kanal drei Experimente betrieben, während der R7-Kanal einen Stopfen mit zweifacher Strahlführung besitzt, an dem drei Versuchsanordnungen eines Experimentes aufgebaut sind. Eine Aufteilung des Neutronenstrahls zur zweifachen Nutzung erfolgt außerdem am R2-, R3- und Twest-Kanal.

Einen Eindruck über die Belegung der Reaktorhalle und die Anordnung der Strahlrohrexperimente geben die 4 Bilder der Abbildung 3.7 und die Abbildung 3.8.

Abbildung 3.7.1 bis 3.7.4 Blick in die FR2-Experimentierhalle, Kote 9,25 m



Bild 1:

Blickrichtung R1-Kanal

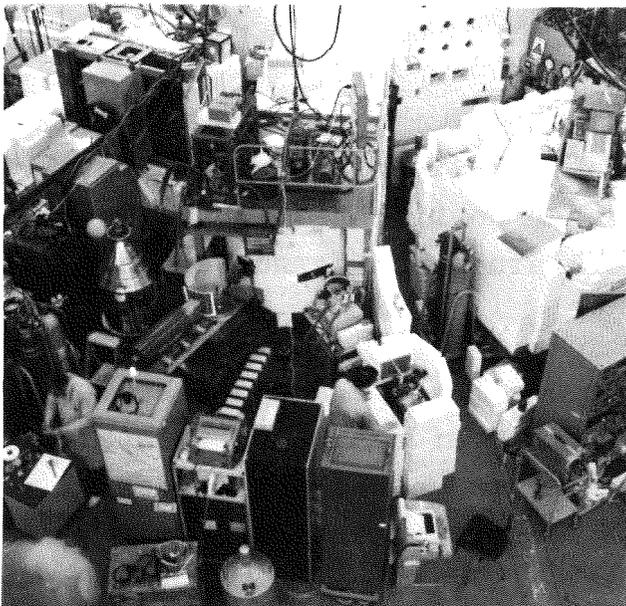


Bild 2:

Blickrichtung R2-Kanal

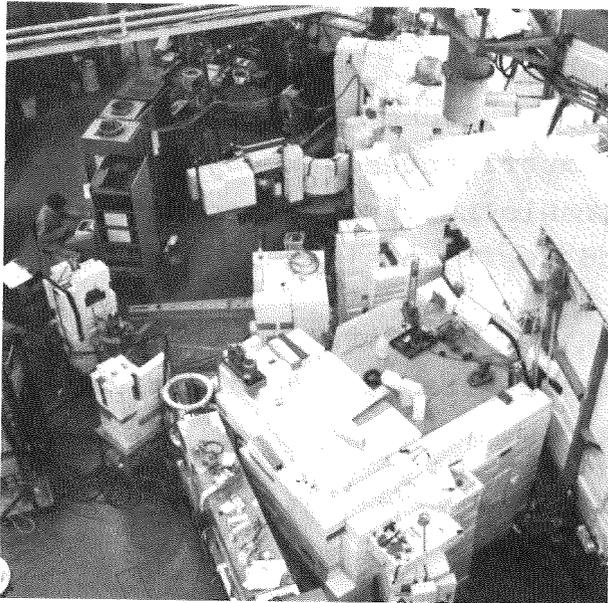


Bild 3:

Blickrichtung R7/C3-
Kanal

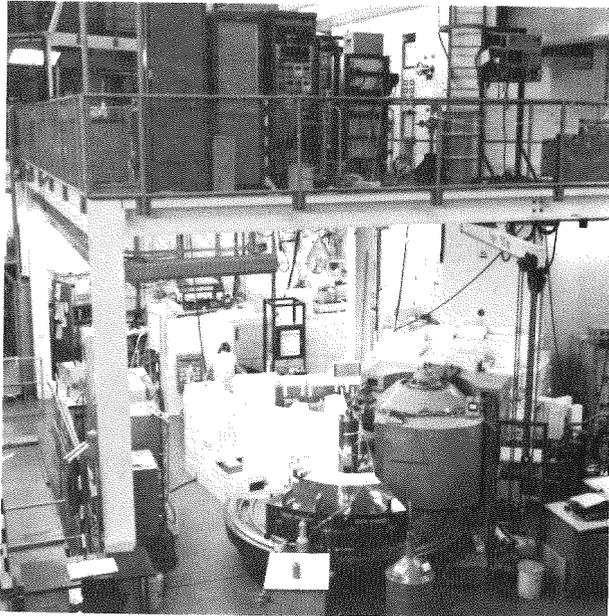
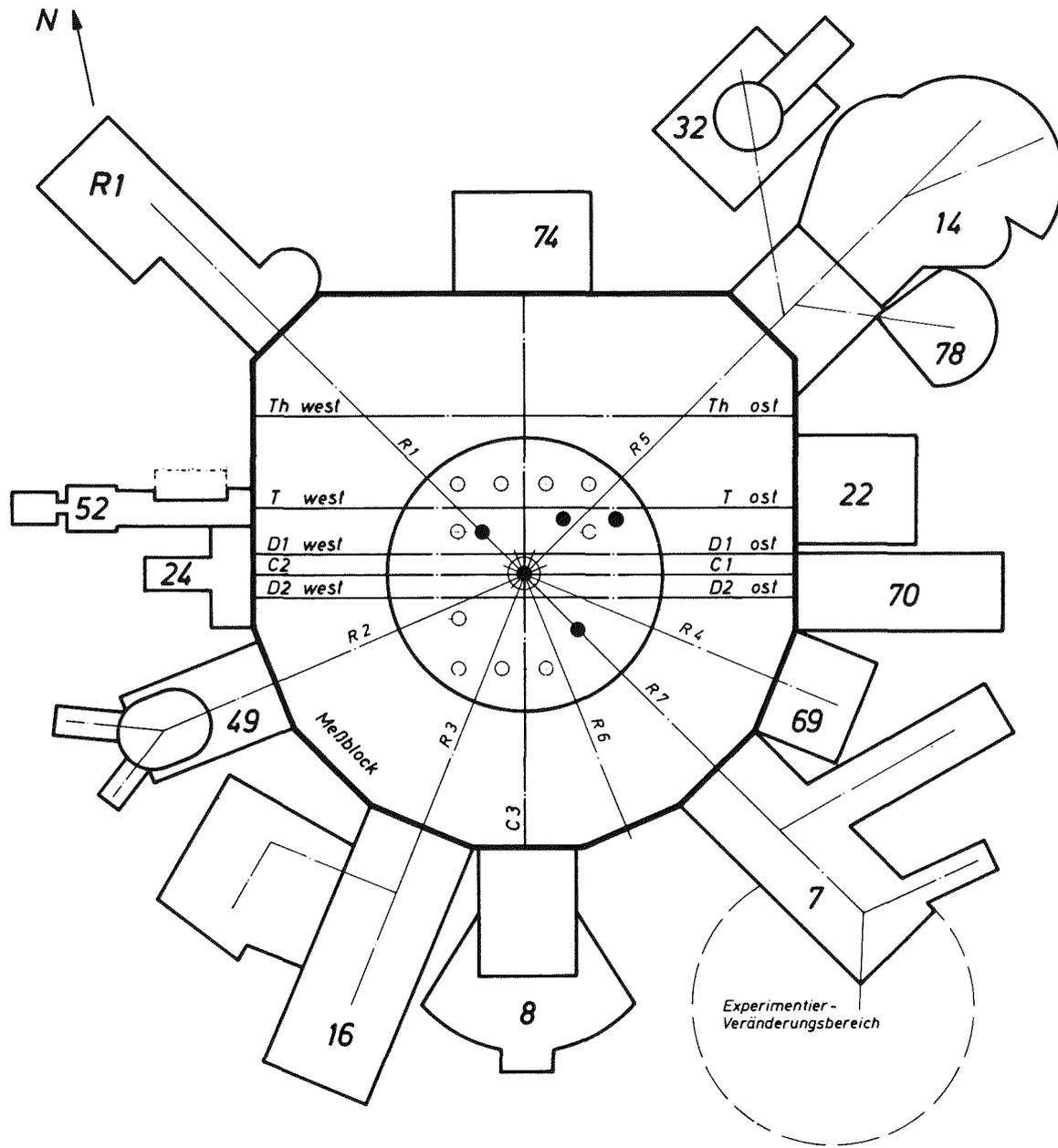


Bild 4:

Blickrichtung R5-Kanal

Der überwiegende Teil der Strahlrohrexperimente arbeitet mit elastischer und inelastischer Neutronenstreuung, deren Hauptziele die Atomstrukturaufklärung und Kerndatenbestimmung sind.

Zur schritthaltenden Erfassung und Bearbeitung der Meßdaten können bis zu 8 dieser Experimente auf das Doppelrechner-system Midas in der Halle des FR2 aufgeschaltet werden. Siehe auch [4]. Andere Experimente wiederum sind mit Einzelrechnern ausgestattet.



Strahlrohrexperimente am
Forschungsreaktor FR 2
Stand : September 1971

Abb. 3.8

Im Jahre 1971 wurden folgende Strahlrohrexperimente betrieben:

3.1 Projekt FR2/7

Das Experiment ist vor dem R7-Kanal aufgebaut und besteht aus drei voneinander getrennten Spektrometern. Einem Drehkristallspektrometer zur Bestimmung der Phononenfrequenzverteilung, einem Flugzeitspektrometer zur Bestimmung der Phononendispersion und einem Zweiachsenspektrometer zur Untersuchung von Festkörpern.

3.2 Projekt FR2/8

Das vor dem C3-Kanal befindliche Einkristallspektrometer wurde in der 15. Woche abgebaut und in der Hauptwerkstatt zu einem Dreiachsenspektrometer umgebaut. Die Wiederinbetriebnahme erfolgte in der 48. Woche mit der Untersuchung der elastischen und inelastischen Neutronenstreuung an Einkristallen.

3.3 Projekt FR2/14 und FR2/32

Vor dem R5-Kanal wurden zunächst zwei Neutronenbeugungsanlagen parallel betrieben. Eine 3. Anlage (s. Kap. 3.13) ist im Aufbau. Externe Benutzer führten meist Strukturuntersuchungen an Einkristallen und kristallinen bzw. quasikristallinen Substanzen durch.

3.4 Projekt FR2/16 "Kalte Quelle"

Betriebsdaten und Untersuchungsziel des vor dem R3-Kanal betriebenen Experimentes siehe Abschnitt 3, Kap. 2.2.

3.5 Projekt FR2/22

An diesem vor dem T ost-Kanal aufgebauten Experiment wurde nur bis zur 8. Woche ein Experimentierbetrieb zur Aufnahme von γ -Spektren und γ -Kaskaden von Kernenergieniveaus zur Verbesserung und Prüfung theoretischer Kernmodelle durchgeführt. In der 53. Woche erfolgte ein Austausch des Wismutfilters gegen ein Scandiumfilter mit anschließenden Probe- und Eichmessungen.

3.6 Projekt FR2/24

Vor dem C2-Kanal wurde das Multidetektorexperiment CONCA (Combined Neutron Capture Apparatus) zur Untersuchung der Anregungszustände von Atomkernen mit Hilfe von (n,γ) -Reaktionen betrieben.

3.7 Projekt FR2/44

Der Betrieb der Isotopenrohrpostanlage in D1-Kanal ist in Abschnitt 3, Kap. 1.3 beschrieben.

3.8 Projekt FR2/49

Das Experiment besteht aus zwei Diffraktometern, die nebeneinander vor dem R2-Kanal aufgebaut sind. Ein Pulverdiffraktometer dient der Untersuchung magnetischer Strukturen antiferromagnetischer Festkörper in Abhängigkeit von Temperatur und Magnetfeld. Am Einkristalldiffraktometer werden Untersuchungen von kristallinen Strukturen, Bindungslängen und Bindungspolarisationen von Einkristallen durchgeführt.

3.9 Projekt FR2/52

Der T west-Kanal war mit zwei Experimentieranlagen belegt: Einem shape-isomere-Experiment zur Erfassung der von einem verzögert spaltenden Kern vor der Spaltung emittierten γ -Strahlung und einem Anti-Compton-Spektrometer für Präzisionsmessungen im niederenergetischen γ -Strahlungsbereich. Das letztgenannte Experiment soll nach seiner Erprobung am Hochflußreaktor in Grenoble eingesetzt werden.

3.10 Projekt FR2/69

Das Mehrparameterexperiment zur Messung von Elektronen an primären Spaltkomponenten im Zeitbereich von 10^{-9} sec nach der Spaltung wurde am R4-Kanal betrieben. In der 46. Woche wurde der Experimentierbetrieb abgeschlossen. Das Experiment blieb jedoch für Nachmessungen betriebsbereit.

3.11 Projekt FR2/70

Am D2 ost-Kanal war ein anwendungsorientiertes Experiment im Rahmen des Projektes Spaltstoffflußkontrolle in Betrieb. Messungen wurden an einer bei der AEC ausgeliehenen Probe von 500 mg Pu 241, vorgenommen. Zur Reparatur der Isotopenrohrpostanlage (vgl. Abschnitt 2, Kap. 1.3) mußte das Experiment teilweise abgebaut werden und konnte deshalb von der 19. bis zur 23. Woche nicht betrieben werden.

3.12 Projekt FR2/74

Ein Uranblock-Experiment wurde vor dem SO-Kanal der Thermischen Säule betrieben. Es diente der Messung des inelastischen Streuquerschnittes und des Einfangquerschnittes von U-238.

3.13 Projekt FR2/78

Dieses Experiment wird neben den Strahlrohrexperimenten Projekt FR2/14 und FR2/32 als 3. Anlage am R5-Kanal betrieben. Nach Abschluß der Aufbauarbeiten eines Pulverdiffraktometers sowie Eich- und Testmessungen konnte ab der 38. Woche mit der Untersuchung von Temperaturfaktoren mit elastisch gestreuten Neutronen begonnen werden.

Nutzung der Strahlrohre 1971
in der Reihenfolge der Anordnung am FR2

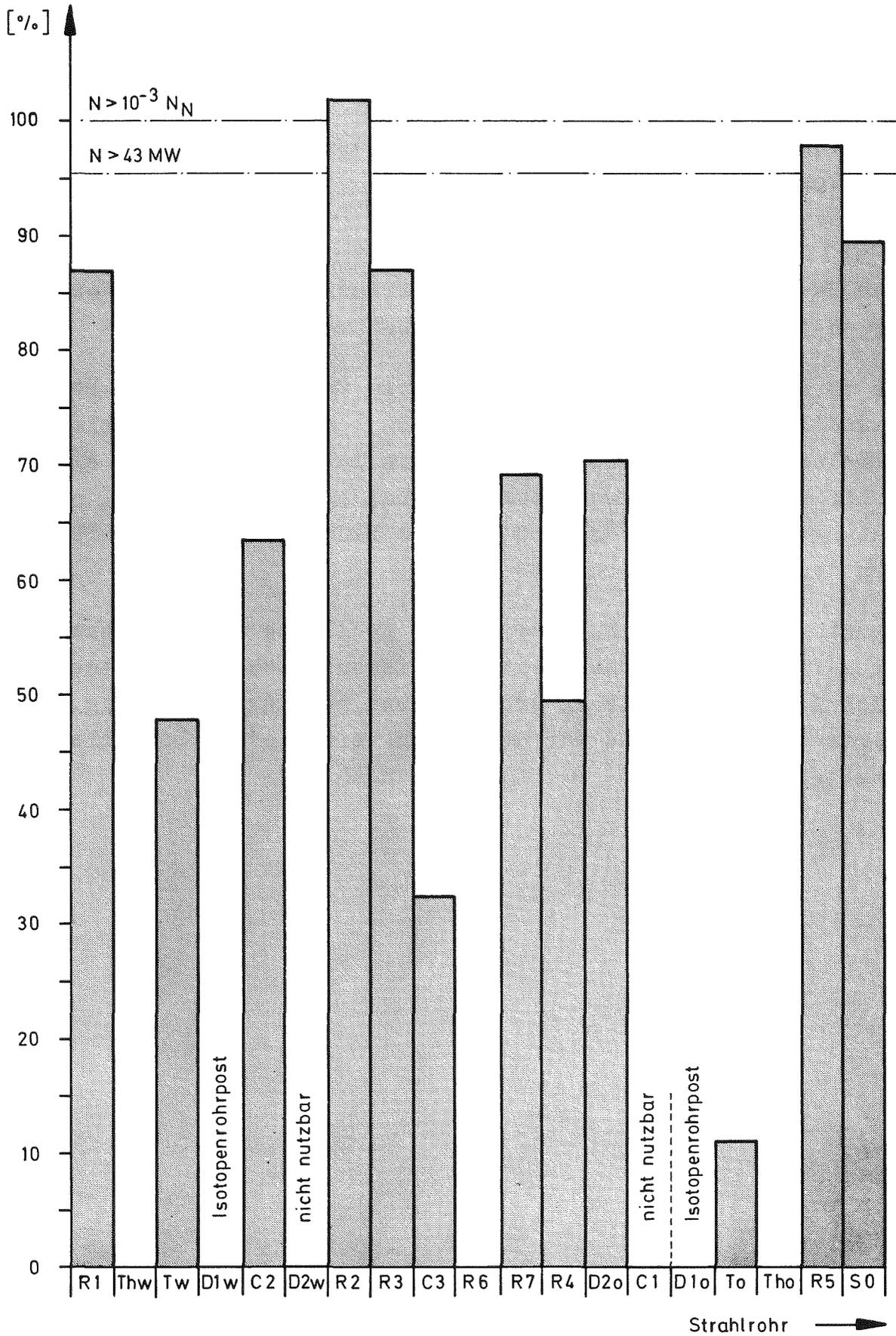


Abb. 3.9

3.14 Projekt FR2/92

Das Strukturspektrometer wurde bis zur 44. Woche aufgebaut und dann vor dem R1-Kanal betrieben. Zielsetzung ist die Untersuchung der Phasenübergängen bei intermetallischen Verbindungen mit A15 Struktur (Supraleiter) bei tiefen Temperaturen.

Durch den Betrieb der Strahlrohrexperimente wurde der Reaktorbetrieb im Berichtszeitraum nicht gestört.

Etwa 80 % der Strahlrohrausgänge waren von den internen Benutzern IAK und INR belegt. Die restlichen 20 % der Strahlrohrbelegungen entfielen auf 5 externe Benutzer. Die Tabelle 3.10 gibt einen Überblick über die Strahlrohrbelegung, wobei die Nutzung auf Leistungsbetrieb $> 10^{-3} N_N$ und auf die Dauer der Strahlrohrbelegung durch das Experiment bezogen wurde.

Die unterschiedliche Nutzung (siehe Abbildung 3.9) ist hauptsächlich auf Auf- und Umbauarbeiten sowie auf Eich- und Testmessungen zurückzuführen. An diesen Arbeiten und bei der Abwicklung des Experimentierbetriebes war RBT durch verschiedene Dienstleistungen beteiligt.

Tabelle 3.10 Strahlrohrbelegung im Jahre 1971

Strahlrohr	Projekt FR2/	Belegung Anfang Ende 1971		Strahlen- schieber offen [d]	rd.Nutzung bez. auf Leist-Betr. $N \geq 10^{-3} N_N$ [%]	Experiment	Haupt- Experimentator
C1	-	-	-	0	0	nicht nutzbar	-
C2	24	x	x	173	63,4	Multidetektorexperiment	IAK
C3	8	x	x	89	32,6	Dreiachsenspektrometer	IAK
R1	92	ab 44. Woche	x	47	87,1	Strukturspektrometer	IAK
R2	49	x	x	278	100	Neutronenbeugungsanlage III	TH Darmstadt
R3	16	x	x	237	86,9	Kalte Neutronenquelle	IAK I.Phys.Inst. Heidelberg
R4	69	x	x	135	49,5	Mehrparameterexperiment	IAK
R5	14	x	x	268	98,2	Neutronenbeugungsanlage I	MPI Stuttgart
	32	x	x	268	98,2	Neutronenbeugungsanlage II	Uni Tübingen
	78	x	x	55	20,2	Pulverdiffraktometer	Uni Frankfurt
R6	-	-	-	-	-	nicht genutzt	-
R7	7	x	x	189	69,3	Drehkristallspektrometer Flugzeitspektrometer Zweiachsenspektrometer	IAK
D1	44	-	-	-	-	siehe Isotopenrohrpostanlage	div.
D2 ost	70	x	x	192	70,4	Experiment zur Spaltstoff- flußkontrolle	IAK
T ost	22	x	x	30	11,0	Scandiumfilter	IAK
T west	52	x	x	131	48,0	Anti-Compton-Spektrometer	IAK
S0 Th.Säule	74	x	x	258	94,6	Uranblockexperiment	INR
Gesamt	15	13	14				

4. Kapselexperimente

Dieser Abschnitt beschreibt den Betrieb der Kapselexperimente mit Versuchseinsätzen (KVE), die wie Brennelemente aus dem Verteilerboden des Reaktors gekühlt werden. Nach ihrer Zielsetzung werden 2 große Gruppen unterschieden:

Abbrandbestrahlungen von Brennstoffprüflingen
im Rahmen des Projektes Schneller Brüter (PSB).

Grundlegende Kernbrennstoff-Bestrahlungsversuche
des Instituts für Material- und Festkörperforschung
(IMF).

Eine Übersicht über die Einteilung der Kapselexperimente
gibt folgende Tabelle:

Tabelle 3.11 Übersicht Kapselversuchseinsätze

Proj. Nr. FR2/...	Anzahl KVE	Versuchsgruppe	Kapsel Typ	Kapselbauart	Brennstoff	Versuchsaufgabe
36	3	PSB/4b	4a	NaK/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Abbrandbestrahlung
	3	PSB/4c	4a	NaK/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Abbrandbestrahlung
36.3	5	PSB/5b	4	NaK/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Abbrandbestrahlung
68	1	IMF/D	5a	NaK/PbBi	UO ₂ -Cr-Cermets	Cermet-Bestrahlung
	1	IMF/F	5a	NaK/PbBi	UO ₂ -V-Cermets	Cermet-Bestrahlung
	1	IMF/G	5a	NaK/PbBi	UO ₂ -V-Cermets	Cermet-Bestrahlung
73 b	1	IMF/D	4b	NaK/PbBi	UN	Kriechkapselbestrahlung (qualitativ)
	2	IMF/D	6a	NaK/He-Spalt	UN	Kriechkapselbestrahlung (qualitativ)
73 d	4	IMF/E	8	Na/Ne Na/He	UN, UO ₂ UO ₂ -PuO ₂	Kriechkapselbestrahlung (quantitativ)
77	1	IMF	6	Mo/He-Spalt	UN (UO ₂)	Hochtemperaturbestrahlung
80	1	PSB/5a	4a	NaK/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Integrierter Dichterversuch
86	4	PSB/6A	7	NaK	UC-PuC	Hochleistungsbrennstäbe

Im Verlaufe des Jahres ging die Zahl der gleichzeitig bestrahlten KVE gegenüber dem Vorjahr stark zurück. Ursache waren der Abschluß eines Teils der Abbrandbestrahlungen und Schwierigkeiten bei der Beschaffung von Materialien für neue Kapseln sowie bei deren Herstellung.

Zu Jahresbeginn befanden sich 20 KVE und am Jahresende 4 KVE im Reaktor. Im Berichtszeitraum wurden 9 KVE zu-, 16 KVE um- und 25 KVE ausgeladen, wobei 20 Ausladungen nach Plan und 5 unplanmäßig vorgenommen wurden. Siehe dazu auch die Tabellen 3.12 und 3.13.

Einen Überblick über die gleichzeitig im Reaktor bestrahlten KVE gibt Abbildung 3.10.

Abbildung 3.10:

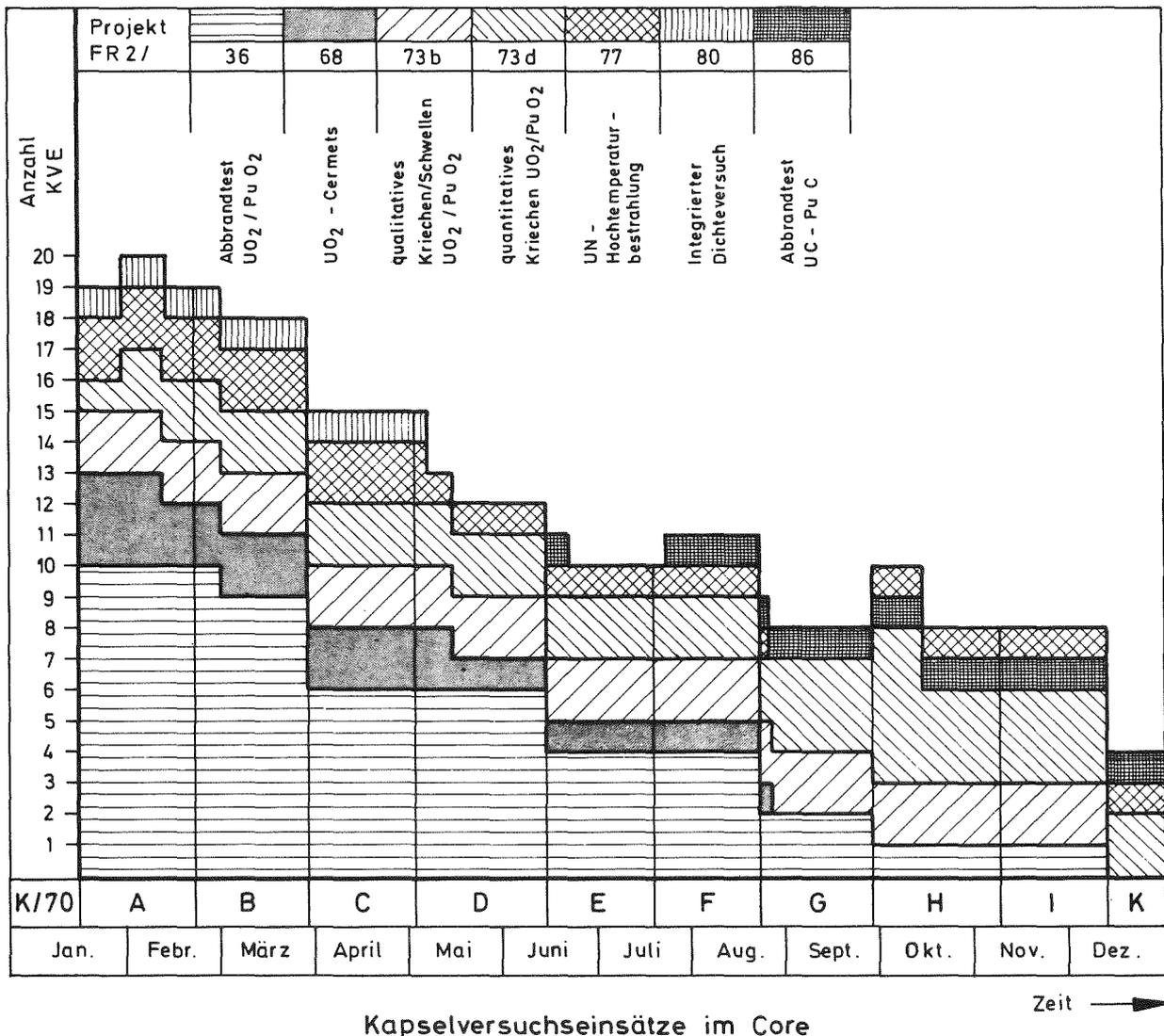


Tabelle 3.12 Beladung des Reaktors mit Kapselversuchseinsätzen im Jahre 1971

Betr.- Phase	Bestand im Reaktor, lfd. KVE-Nr. (Anzahl der Prüflinge)																				Summe KVE (Prüfl.) i. Core	KVE-Bewegungen								
	Auslad.	Umlad.	Zulad.																											
K/70	49 (4)	57 (2)	58 (3)	61 (3)	62 (3)	64 (3)	71 (4)	74 (3)	75 (1)	76 (2)	77 (3)	79 (4)	80 (3)	81 (3)	82 (3)	84 (4)	85 (2)	86 (3)	87 (2)	88 (8)	20 (57)									
A	49 (4)	57 (3)	58 (3)		62 (3)	64 (3)	71 (4)	74 (3)	75 (1)	76 (2)	77 (3)	79 (4)	80 (3)	81 (3)	82 (3)	84 (4)	85 (2)	86 (3)	87 (2)	88 (1)	89 (2)	20 (56)	61,84*)		89,					
B	49 (4)	57 (3)	58 (3)		62 (3)	64 (3)	71 (4)	74 (3)	75 (1)	76 (2)	77 (3)	79 (4)	80 (3)	81 (3)	82 (3)		85 (2)		87 (2)	88 (1)	89 (2)	18 (49)	86*),	74,76,81, 82						
C	49 (4)		58 (3)				71 (4)	74 (3)	75 (1)		77 (3)	79 (4)	80 (3)	81 (3)	82 (3)		85 (2)		87 (2)	88 (1)	89 (2)	90 (6)	15 (44)	57,62,64 76	90	90				
D	49 (4)		58 (3)				71 (4)				77 (3)		80 (3)	81 (3)	82 (3)		85 (2)		87 (2)	88 (1)	89 (2)	90 (6)	12 (36)	74,57*)79,	77,82,80 89,90					
E							71 (4)				77 (3)		80 (3)	81 (3)	82 (3)		85 (2)		87 (2)	88 (1)	89 (2)	90 (6)	92 (1)	11 (30)	49,58,42	90	92			
F							71 (4)				77 (3)		80 (3)	81 (3)	82 (3)		85 (2)		87 (1)	88 (2)	89 (8)	90 (6)	91 (1)	93 (1)	12 (31)	93	90,93	91,93		
G											77 (3)		80 (3)				85 (2)		87 (2)		89 (2)	90 (6)		94 (1)	95 (2)	8 (21)	71,81,82 88*)91	77	94,95	
H													80 (3)				85 (2)		87 (2)	88 (1)	89 (2)	90 (6)		94 (1)	95 (2)	96 (2)	9 (21)	77,85*)	96	88,96
I													80 (3)						87 (2)	88 (1)	89 (2)	90 (6)		94 (1)	95 (2)	96 (2)	8 (19)		94	
K																				88 (1)				94 (1)	95 (2)	96 (2)	4 (6)	80,87,89,90		

Anmerkung: Die mit *) bezeichneten KVE wurden unplanmäßig ausgebaut.

- 74 -

Tabelle 3.13 Zuladungen und Ausladungen von Kapselversuchseinsätzen im Jahre 1971

Betr. Phase	Zuladungen							Ausladungen								
	Tag	KVE Nr.	Proj. Nr. FR2/...	Vers.-gruppe	Kapsel-typ	Anz. Prüfl.	Brennstoff	Tag	KVE Nr.	Proj. Nr. FR2/...	Vers.-gruppe	Kapsel-typ	Bestrahlungszeit N 10^{-3} N _R [h] Zyklen	Abbrand [Mwd/tu]	Grund	
A	29.01.	89	73 d	IMF/E	8	2	UN	22.01. 11.02.	61 84	36 68	PSB 4c IMF/G	4a 5a	8133 2553	12 3,6	61000 19000	planmäßig unplanmäßig (vermutlich NaK-Kapsel defekt)
B								02.03.	86	36.3	PSB 5b	4	2097	3	32000	planmäßig
C	02.04	90	73 b	IMF/D	4b	6	UN	31.03. 31.03. 01.04. 02.04.	64 62 57 76	36 36 36 73b	PSB 4c PSB 4c PSB 4b IMF/D	4a 4a 4a 6a	9455 9338 11524 5495	14 14 17 8	60000 63000 92000 36000	planmäßig planmäßig planmäßig planmäßig
D								06.05. 07.05. 17.05.	75 74 79	77 80 68	IMF PSB 5a IMF/F	6 4a 5a	5653 7019 4823	8,3 10 7	20600 53500 45000	planmäßig planmäßig planmäßig
E	18.06.	92	86	6A	7	1	UC-PuC	17.06. 18.06. 21.06.	58 49 92	36 36 86	PSB 4b PSB 4b PSB 6A	4a 4a 7	12898 16460 0	19 23 0	91000 91000 0	planmäßig planmäßig unplanmäßig (Fertigungsfehler)
F	23.07. 09.08.	93 91	86 86	6A 6A	7 7	1 1	UC-PuC UC-PuC	09.08.	93	86	PSB 6A	7	350	0,5	2100	unplanmäßig (mehrere TE defekt)
G	27.08. 27.08.	94 95	86 73 d	6A IMF/E	7 8	1 2	UC-PuC UO ₂	26.08. 26.08. 27.08. 27.08. 27.08.	71 88 82 81 91	68 77 36.3 36.3 86	IMF/D IMF PSB 5b PSB 5b PSB 6A	5a 6 4 4 7	9703 5332 6758 6974 320	14 - 10 10 0,5	82000 - 100000 103000 1850	planmäßig Bestr. Unterbrechnung v. 26.8. - 11.10.71 planmäßig planmäßig unplanmäßig (mehrere TE defekt)
H	01.10. 11.10.	88 96	77 73 d	IMF IMF/E	6 8	1 2	UN UO ₂ -PuO ₂	11.10. 19.10.	77 85	36.3 73d	PSB 5b IMF/E	4 8	8106 6101	12 9,3	120000 80000	planmäßig unplanmäßig (innere Kapsel defekt)
K								17.12. 17.12. 17.12. 18.12.	89 87 90 80	73d 73b 73b 36.3	IMF/E IMF/D IMF/D PSB 5b	8 6a 4b 4	5683 7214 4560 8640	8,8 11 7 13	67000 37400 38000 120000	planmäßig planmäßig planmäßig planmäßig

Im Berichtszeitraum wurden 7 verschiedene KVE-Typen betrieben, deren Bestrahlungszeiten in Abbildung 3.11 dargestellt sind. Im einzelnen sind dies:

4.1 Projekt FR2/36 und FR2/36.3

Hierbei handelt es sich um Abbrandbestrahlungen im Rahmen des Projektes Schneller Brüter (PSB), die im Laufe des Jahres abgeschlossen wurden. Die Bestrahlung der UO_2 - PuO_2 -Mischoxid-Brennstoffprüflinge erfolgte in kombinierten NaK/PbBi-Doppelkapseln. Parameter der Versuchsgruppe 4b waren Brennstoffdichte und Abbrand. In Versuchsgruppe 4c wurde das Verhalten verschiedener Hüllrohrwerkstoffe bei Brennstoffschwellen getestet und in Versuchsgruppe 5b (Projekt FR2/36.3) ein Kurzzeitabbrand von SHTR (FR3)-Brennstäben durchgeführt. Der Reaktorbetrieb wurde im Berichtszeitraum durch den Betrieb dieser KVE nicht beeinträchtigt.

4.2 Projekt FR2/68

Die Cermetbestrahlungen im Rahmen des PSB wurden abgeschlossen. Ziel des Experiments war das Verhalten von UO_2 in den Matrix-Metallen Chrom und Vanadium und bei verschiedenen Hüllwerkstoffen. Der KVE lfd.Nr. 84 mußte am 11.2.71 vorzeitig aus dem Reaktor ausgebaut werden, da die Temperaturmeßstellen ein völlig abnormales Betriebsverhalten zeigten, was auf ein inneres Leck der NaK-Kapsel schließen ließ.

4.3 Projekt FR2/73b

Hierbei handelt es sich um qualitative UN-Kriechkapselbestrahlungen, die mit unterschiedlichen Beladungen der Kapseln, wie z.B. Brennstoffgewicht, Tablettenhöhe und Brennstoffsäulenlänge durchgeführt werden. Alle KVE dieses Experimentes wurden bis zum Jahresende planmäßig aus dem Reaktor ausgeladen. Der KVE lfd.Nr. 90 wurde am 3.4.71 neu in den Reaktor eingesetzt. Nach dem Reaktorstart wurde er so heiß, daß der Reaktor von Hand abgeschaltet und der KVE auf eine kältere Reaktorposition umgeladen werden mußte. Das Experiment wird im nächsten Jahr mit neuen KVE weiterbetrieben.

Bestrahlungszeiten der KVE im Jahre 1971

Monat		Januar				Februar				März				April				Mai				Juni				Juli				August				September				Oktober				November				Dezember																																							
Wache		52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53																														
Betriebsphase		K 70				A'				A				B'				B				C'				C				D'				D				E'				E				F'				F				G'				G				H'				H				I'				I				K'				K			
KVE - Nr.	Projekt FR 2/...																																																																																				
49	36	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
57	36	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
58	36	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
61	36	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
62	36	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
64	36	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
71	68	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
74	80	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
75	77	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
76	73 b	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
77	36.3	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
79	68	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
80	36.3	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
81	36.3	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
82	36.3	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
84	68	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
85	73 d	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
86	36.3	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
87	73 b	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
88	77	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
89	73 d	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
90	73 b	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
91	86	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
92	86	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
93	86	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
94	86	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			
95	73 d	[planmäßiger Ausbau]																																																																																			
96	73 d	[unplanmäßiger Ausbau]																																																																																			

planmäßiger Ausbau
 unplanmäßiger Ausbau

Abb. 3.11

4.4 Projekt FR2/73d

Unter dieser Experimentbezeichnung werden im Rahmen des PSB instrumentierte Kriechkapseln bestrahlt. In einem KVE befinden sich 2 Probenkapseln, die mit einem elektromagnetischem Wegaufnehmer ausgerüstet sind. Der Brennstoff (UN, UO_2 , UO_2 - PuO_2) ist in Form von Ringpellets mit Molybdän-Zwischenplättchen in der mit Na gefüllten Probenkapsel untergebracht. Die Bestrahlungskapseln sind mit max. 35 atm He oder Ne gefüllt. Im Berichtszeitraum wurden 2 KVE aus- und 2 KVE eingeladen. Am 13.10.71 war nach dem Reaktorstart eine Leistungsbegrenzung und Abschaltung des Reaktors von Hand nötig, weil der neu eingesetzte KVE lfd.Nr. 96 zu heiß wurde und auf eine andere Position umgesetzt werden mußte. Die Ausladung des KVE lfd.Nr. 85 erfolgte am 19.10.71 unplanmäßig wegen eines Defekts der inneren Kapsel. Dazu war am 18.10.71 eine Leistungsreduzierung und am 19.10.71 eine weitere Abschaltung des Reaktors von Hand erforderlich.

4.5 Projekt FR2/77

Eine UN-Bestrahlung wurde im Rahmen des PSB in 1 KVE über den gesamten Berichtszeitraum durchgeführt. Während der Betriebsphase G war der KVE für eine Betriebsunterbrechung ausgebaut. Ziel des Experimentes ist die Untersuchung des Verhaltens von UN bei Zentraltemperaturen von $> 1200^{\circ}C$.

4.6 Projekt FR2/80

Der integrierte Dichterversuch im Rahmen des PSB wurde in der 19. Woche mit dem Ausbau des KVE lfd. Nr. 74 abgeschlossen. Bei diesem Vorhaben sollte nur ein Parameter, nämlich die Brennstoffdichte variiert werden.

4.7 Projekt FR2/86

Mischkarbidbestrahlungen wurden erstmals im Jahre 1971 im Rahmen des PSB aufgenommen. Als Kernbrennstoff fand ein Gemisch aus UC-PuC in Tablettenform Verwendung, der in einer einwandigen NaK-Kapsel bis zu einer Stableistung von 1150 W/cm bestrahlt wurde. Bei diesem Experiment handelt es sich um

Tabelle 3.14 Störungen des Reaktorbetriebes
durch Kapselversuchseinsätze (KVE)

Betriebs- phase	Tag	Störung	Ursache
C	03.04.71	AB	KVE 90 nach Reaktorstart zu heiß, Einsatz umgeladen
D	18.05.71	LB	KVE 90 und Proj. FR2/64 nach Reaktorstart vorübergehend zu heiß
E	21.06.71	SS	KVE 92, oberer Grenzwert TE 8 bis TE 10 wegen falscher NaK-Füllung in Kapsel
	21.06.71	LR	Ausbau KVE 92 nach Meßprogramm
F	02.08.71	AB	KVE 93 planmäßig umgeladen
	09.08.71	AB	Ausbau KVE 93 wegen mehrerer defekter Meßstellen
H	13.10.71	LB	KVE 96 nach Reaktorstart zu heiß
	13.10.71	AB	KVE 96 umgeladen
	18.10.71	LR	Für Kriechmessungen KVE 96 und Nachkühlzeit KVE 85
	19.10.71	AB	Ausbau KVE 85, innere Kapsel defekt

Anmerkung: LB = Leistungsbegrenzung
 LR = Leistungsrücknahme
 AB = Reaktorabschaltung von Hand
 SS = Reaktorschnellabschaltung (RSA)
 TE = Thermoelement

einen Parametertest, in dem das Schwellverhalten des Brennstoffes, die Spaltgasfreisetzung und die Verträglichkeit zwischen Hülle und Brennstoff untersucht werden soll. Neu entwickelt wurde auch die einwandige NaK-Kapsel (Typ 7). Der Betrieb der 4 ersten im Berichtszeitraum eingesetzten KVE verursachte mehrere Störungen des Reaktorbetriebes. Drei KVE mußten vorzeitig aus dem Reaktor ausgeladen werden. Beim Reaktorstart am 21.6.71 stiegen die auf das Reaktorschutzsystem geschalteten Temperaturmeßstellen des neu eingesetzten KVE lfd.Nr. 92 bei einer Reaktorleistung von $\approx 10^{-1} N_N$ über die oberen Grenzwerte an und lösten eine RSA aus. Der KVE mußte ausgeladen werden, da durch einen Fertigungsfehler der NaK-Spiegel unterhalb der Brennstoffoberkante lag und dadurch in diesem Bereich eine schlechte Wärmeübertragung vorhanden war. Die KVE lfd.Nr. 91 und lfd. Nr. 93 wurden wegen mehrerer defekter Thermoelemente aus dem Reaktor ausgeladen. Während die Ausladung von KVE lfd. Nr. 91 in Abschaltphase G' erfolgte, mußte der Reaktor für die Ausladung von KVE lfd.Nr. 93 von Hand abgeschaltet werden.

Bis auf die KVE des Projektes 73d waren alle KVE auf das Reaktorsicherheitssystem aufgeschaltet. Eine Zusammenfassung aller Störungen durch KVE, die den Reaktorbetrieb beeinflussten, enthält Tabelle 3.14.

5. Sonstige Experimentiereinsätze

Unter diesem Abschnitt soll der Betrieb aller sonstigen Experimentiereinsätze mit oder ohne Kernbrennstoff dargestellt werden.

5.1 Projekt FR2/53

Unter dieser Bezeichnung werden seit Mitte September 1968 4 Plutonium-Bündelelemente zur Erzeugung von Transplutonium-elementen bestrahlt. Sie waren das gesamte Jahr 1971 mit kurzer Unterbrechung für Inspektionen und Leckprüfungen im Reaktor. Der Betrieb und die Prüfungen verliefen ohne Beanstandungen. Die Betriebsdaten der Einsätze können Tabelle 3.15 entnommen werden.

Tabelle 3.15 Betriebsdaten der Pu-Bündelelemente

Projekt Nr. FR2/...	Reaktor- position	Gesamt-Bestr.-Zeit bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	Gesamt-Energie- abgabe [MWd]
53-1	52/18	22.068,18	151,1
53-2	48/24	22.373,90	152,5
53-3	42/20	22.373,90	151,2
53-4	46/14	21.644,40	151,5

Der Einsatz 53-1 wurde in der Abschaltphase K' am 17.12.71 nach einer Gesamtbestrahlungszeit von 22.068 h bei $> 10^{-3} N_N$ planmäßig aus dem Reaktor ausgebaut.

Die Einsätze verursachten keine Störungen des Reaktorbetriebes.

5.2 Projekt FR2/58a

Hier handelt es sich um UAl_x -Al Dispersionsplatten-Brennelemente als Vorläufer für die Elemente im Druckwasserkreislauf, die wie Brennelemente gekühlt werden. Der Einsatz 58a-6 wurde am 11.6.70 ein- und am 8.7.71 unplanmäßig wegen Hüllschaden ausgebaut. Der Schaden war erstmals am 3.2.71 über die Hüllschadenüberwachungsanlage festgestellt worden. Die maximale Impulsrate während einer Dauerabfrage war 1200 Imp/sec, die jedoch bis zum 19.2.71 auf 800 Imp/sec gegenüber einem Nulleffekt von 700 Imp/sec zurückfiel. Zu Beginn des Reaktorbetriebes der

Betriebsphase B/71 konnte ein gleiches Verhalten festgestellt werden (max. 980 Imp/sec).

Am 8.7.71 wurde der Reaktor abgeschaltet, weil ein Ausbau des Einsatzes dringend notwendig geworden war. Die Freisetzung der Spaltprodukte von dem sich vergrößernden Hüllschaden am Einsatz 58a-6 führte zu einer nicht mehr vertretbaren Kontamination der D₂O- und He-Kühlkreisläufe.

Erreichte Betriebsdaten:

Einsatzzeit seit Einbau	=	9387,62 h
Bestrahlungszeit $N > 10^{-3} N_N$	=	7157,15 h

Weitere Störungen des Reaktorbetriebes erfolgten nicht.

5.3 Projekt FR2/64

Im Rahmen der industriellen Entwicklung eines Incore-Thermionik-Reaktors (ITR) zur Energieversorgung von Raumflugkörpern wurde im Reaktor ein Thermionischer Emitter bestrahlt. Ziel der Bestrahlung ist die technologische Erprobung der Emitterkonstruktion, des Brennstoffverhaltens, der Spaltgasventilation und der thermionischen Emissionsschicht. Als Brennstoff werden UO₂-Pellets in einem Molybdänemitter verwendet.

In der He-gefüllten Bestrahlungskapsel befinden sich zwei Emitter und ein Getterofen. Der elektrisch beheizte Getterofen soll Verunreinigungen der He-Atmosphäre in der Kapsel binden. Der eigentliche Emitterkörper ist ein Wolframbeschichteter Molybdänzylinder, der mit axialen Bohrungen versehen ist, in denen die Brennstoffpellets untergebracht sind. Der Emitterkörper ist von einem Heizmantel umgeben, mit dessen Hilfe nukleare Leistungsschwankungen ausgeglichen werden. Zwischen Emitter und Heizmantel befindet sich ein He-Gasspalt.

Der Reaktoreinsatz kann auf Brennelement- oder Zwischengitterposition eingesetzt werden.

Der Einsatz wurde am 19.4.71 in den Reaktor eingebaut. Der Betrieb war von mehreren Störungen begleitet. Sofort nach dem Reaktorstart fiel ein Zentralthermoelement des Emitters 2 aus. Während des Betriebes erfolgten noch weitere Ausfälle von Thermoelementen sowie der Heizung des Emitters 2 und der Getterofenheizung. Der Betrieb zeigte, daß Flußänderungen wegen zu hoher Heizmanteltemperaturen nicht ausgeregelt werden konnten. Zur Erzielung einer höheren Zentraltemperatur wurde der Reaktor am 29.6.71 von Hand abgeschaltet und ein frisches Brennelement in Nähe des Einsatzes eingebaut. Nach dieser Beladungsänderung wurde festgestellt, daß die Eigenleistung beider Emitter nicht mehr ausreichend war, um die gewünschte Zentraltemperatur von 1800°C , ohne Überschreitung der Heizmantelgrenzwerte, einzustellen. Eine weitere planmäßige Abschaltung des Reaktors erfolgte am 2.8.71 wegen Umladung des Einsatzes auf eine Reaktorposition höherer Flußdichte und Ausladung des KVE lfd.Nr.92. Ab Betriebsphase G wurde der Einsatz ohne Heizungen betrieben. Störungen des Reaktorbetriebes durch das Experiment traten danach nicht mehr auf.

Die bisher erreichten Betriebszeiten bei Reaktorbetrieb $N > 10^{-3} \text{N}_N$ lagen am Jahresende bei 4484,9 h.

5.4 Projekt FR2/73a

Die Kriechkapselinsätze 73a - 14 und 73a - 15 wurden im Berichtszeitraum durchgehend bestrahlt. Ziel dieser Kriechkapselbestrahlungen ist es, das Brennstoffkriechen auf halbquantitative Art zu bestimmen. Der Brennstoff wird in Form von Ringpellets durch Stempel und Feder belastet. Aus der Verformung und Eindringtiefe läßt sich ein Maß für das Kriechen ableiten. Die Bestrahlungsdaten sind aus Tabelle 3.16 zu entnehmen.

Tabelle 3.16 Bestrahlungsdaten Projekt FR2/73a

Projekt Nr. FR2/...	Einbau		Umsetzung		Ausbau		Kapsel- Nr.	Brenn- stoff	Gesamt- Bestrahlungszeit [h]
	Tag	Pos.	Tag	Pos.	Tag	Pos.			
73a-14	16.12.70	53/31	31.3.71	45/31	-	-	C15,C16,C19	UO ₂	8260,49
73a-15	21.09.70	53/23	-	-	-	-	C18,C20,C21	UO ₂	6878,29

Von den bisher bestrahlten Einsätzen erfolgte keine Störung des Reaktorbetriebes.

5.5 Projekt FR2/76

Im Jahre 1971 wurde kein nuklear beheizter Thermionischer Wandler im Reaktor bestrahlt.

Am 30.8.71 wurde in die Zentralkanalposition (47/19 oben) eine Flußmeßeinrichtung für die 1972 vorgesehene Bestrahlung eingebaut. Beim planmäßigen Ausbau am 5.10.71 wurde das Fehlen einer Boralscheibe festgestellt. [Das Boral hatte die Aufgabe, bei der Flußmessung den im Zentralkanal herrschenden Vertikalfluß abzuschirmen. Es war verschiebbar angeordnet, um mittels zweier Messungen den Anteil des vertikalen Streuflusses bestimmen zu können.] Eine Besichtigung des Zentralkanals ergab, daß die fehlenden Teile abgeschmolzen waren und im Bereich des Greiferpilzes des Druckrohres Proj. FR2/26 lagen, das in der unteren Hälfte des Zentralkanals eingebaut ist. Zur Bergung waren umfangreiche Arbeiten und der zeitweise Ausbau des Druckrohres Proj. FR2/26 erforderlich. Eine nennenswerte Störung des Reaktorbetriebes trat nicht ein. Siehe dazu auch Abschnitt 3, Kap. 2.3.

5.6 Projekt FR2/95

Für die Physikalisch Technische Bundesanstalt, Braunschweig wurde die Bestrahlung von Brennstoffplatten zur Entwicklung eines Verfahrens zur gammaspektrometrischen Abbrandbe-

stimmung durchgeführt.

Als Brennstoff wurde eine 90 % angereicherte U-Al-Verbindung in Al-Matrix verwendet.

Der Versuchseinsatz besteht aus einem Plattenkasten, in dem bis zu 3 MTR-Brennstoffplatten übereinander angeordnet werden können, einem Brennelement-Oberteil, einem verlängerten Umkehrstück und einem Wasserführungsrohr. Die Kühlung erfolgt wie bei Brennelementen.

Die Brennstoffplatten selbst sind nicht instrumentiert. Die Überwachung erfolgt durch Messung der D₂O-Aufheizungs-spanne im Einsatz. Außerdem wird dieser von der Hüllschadenüberwachungsanlage des FR2 mit überwacht.

Die Betriebsdaten sind aus Tabelle 3.17 ersichtlich.

Tabelle 3.17 Betriebsdaten der PTB-Brennstoffplatten

Einsatz Nr.	Platten Nr.	Einbau	Reaktor- Core Pos.	Bestrahlung bei		Ausbau
				$N > 10^{-5} N_N$ [h]	>43 MW [h]	
95-1	17,20,23	27.08.71	37/23	639,10	585,60	12.10.71
95-2	20,23	12.10.71	37/23	601,84	572,51	12.11.71
95-3	23	12.11.71	37/23	696,44	686,45	26.01.72
Gesamt- bestrahlungs- zeiten:				639,10	585,60	
				1240,94	1158,11	
				1937,38	1844,56	

Das Projekt verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes.

6. γ-Bestrahlungseinrichtung

Die γ-Bestrahlungseinrichtung (Projekt FR2/40) ist im ehemaligen Sägebecken der Lagerbeckenhalle aufgebaut. Sie besteht aus max. 12 abgebrannten Brennelementen die in zwei konzentrischen Ringen zu je 6 Brennelementen um ein Tauchrohr von 118 mm Innendurchmesser und 1850 mm aktiver Länge angeordnet

sind. Entsprechend dem Betriebsrhythmus des Reaktors werden bis zu 8 Elemente nach 7 Wochen ersetzt, so daß eine möglichst hohe γ -Dosisleistung erzielt wird. Einen typischen Verlauf der γ -Dosisleistung entlang der Tauchrohrachse zeigt Abb. 3.12. Die zeitliche Abnahme der γ -Dosisleistung erfolgt mit einer Halbwertszeit von etwa 104 d.

Mit der γ -Bestrahlungseinrichtung werden z.B. Detektoren, die für Messungen im Reaktor bestimmt sind, getestet. Ferner können in dieser Einrichtung Kurz- und Langzeitbestrahlungen von Materialien (z.B. optische Gläser) oder Bauelementen vorgenommen werden, um Aufschluß über deren Strahlenresistenz zu erhalten.

In der Bestrahlungseinrichtung wurden im Berichtszeitraum insgesamt 133 Proben mit einer Gesamtbestrahlungszeit von etwa 510 d bestrahlt. Einen Aufschluß über die durchgeführten Bestrahlungen gibt folgende Tabelle.

Tabelle 3.18 Bestrahlungen in der γ -Bestrahlungseinrichtung

Proj. Nr.	Bestrahlungsobjekt	Teilprobe-Nr.	Bestr.-Zeit [h]	Empf. -Dosis [R]
40-9	optische Gläser versch. Zusammensetzung	2	0,08	1×10^4
		3	0,79	$0,85 \times 10^5$
		4	17	9×10^5
40-10	Borosilikat		792	$1,02 \times 10^8$
40-11	Glas		744	
40-12	Simmeringe, Gummiprüfen	1	65	$1,22 \times 10^7$
		2	762	$1,04 \times 10^8$
40-13	Kabeldurchführung f. stopfbuchslose Primär-Reaktor-pumpen		60,08	2×10^5
40-14	Bitumen, Zelluloseazetat		720	$1,02 \times 10^8$
40-15	Magnetspule	1	7	$0,79 \times 10^6$
		2	90	1×10^7
40-16	verschiedene Kunststoffe		528	1×10^8
40-17	Bitumen, Zelluloseazetat	1	624	$1,07 \times 10^8$
		2	768	$1,0 \times 10^8$
		3	1080	$0,98 \times 10^8$
		4	816	$1,01 \times 10^8$
40-18	elektronische Bauelemente		576	$0,97 \times 10^8$
40-19	Probekörper m. Klebeverbindung		1,8	2×10^5
40-20	photoelektr. Impulsgeber	1 bis 10	839,67	1×10^8
40-21	Va-Detektoren	3	9,0	3×10^5

Teufe [m]

Gamma - Dosisleistung D_γ entlang der
Tauchrohrachse gemessen m. Graphitkalorimeter

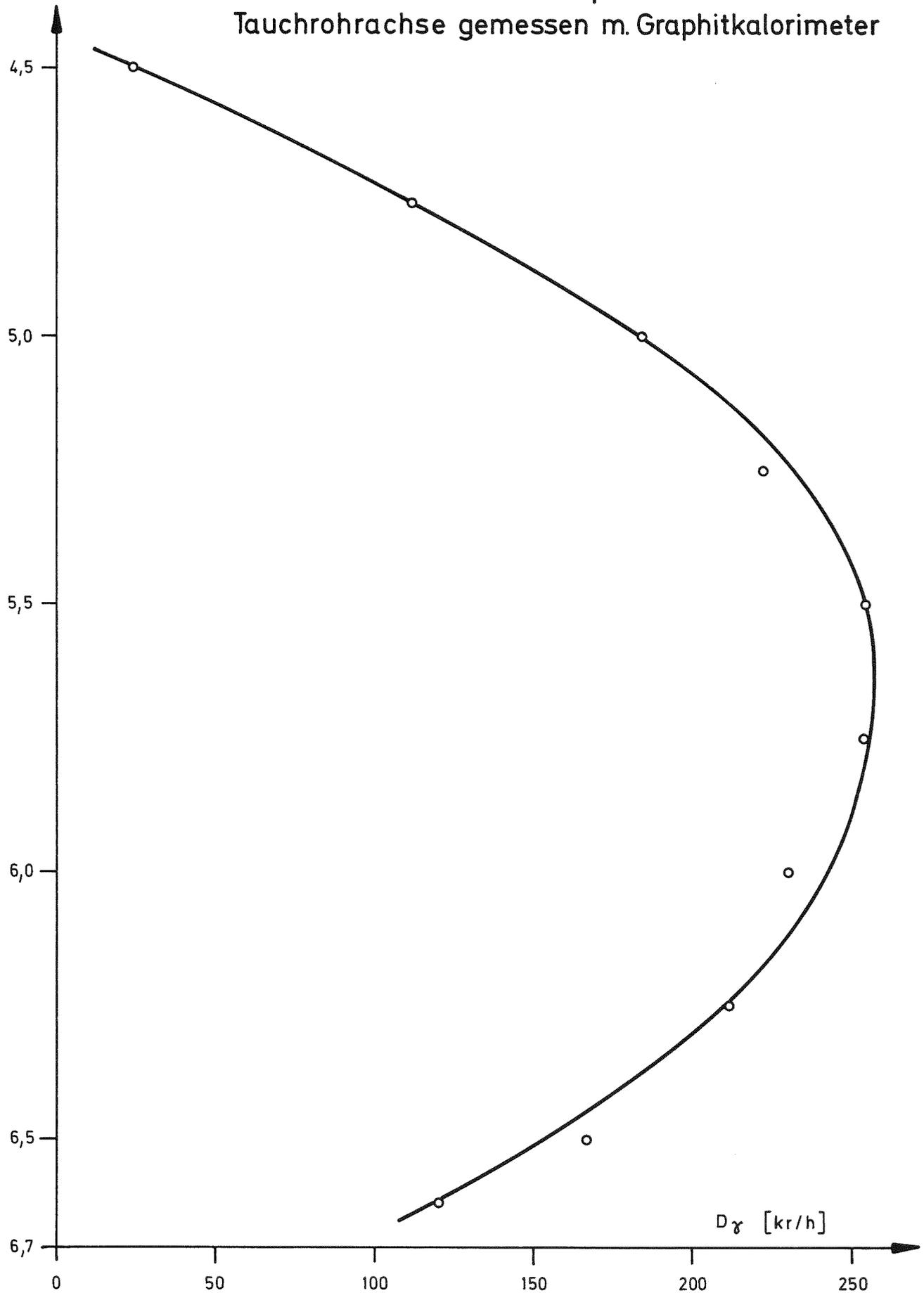


Abb. 3.12

Abschnitt 4

Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen

Die Reaktorhilfseinrichtungen

Regel- und Abschaltelemente
Brennelementüberwachung
Schwerwasserkreislauf
Heliumkreislauf
Leichtwassersysteme
Lüftungssysteme
Elektrische Energieversorgungsanlagen

verursachten trotz ihres erheblichen Umfanges, sehr wenig Störungen des Reaktorbetriebes, was zu einem erheblichen Teil der vorsorglichen Wartung und Prüfung dieser Anlagen zuzuschreiben ist.

Es wurden nur 3 automatische Reaktorschnellabschaltungen durch Gerätefehler im Reaktorschutzsystem und Fehlbedienung bei unumgänglichen Arbeiten an elektrischen Anlagen ausgelöst. Außerdem waren 8 störungsbedingte Handabschaltungen des Reaktors erforderlich. (Siehe auch Tabelle 9.3 im Anhang).

Nähere Angaben über den Betrieb beeinträchtigende Störungen und besondere Vorkommnisse sowie Reparaturarbeiten finden sich in den folgenden Kapiteln.

1. Regel- und Abschaltetelemente

Über die Funktionsfähigkeit der Trimmabschaltstäbe (TA-Stäbe) gibt Spalte 17 in Tabelle 9.3 Aufschluß. Bei 59 registrierten Funktionsabläufen wurden 44 mal Störungen in den automatischen Funktionen dokumentiert. Dabei wurden in allen Fällen die TA-Stäbe zwar ordnungsgemäß abgeworfen, die Ankunfts meldung aber kam verzögert bzw. war bei insgesamt 6 TA-Stab-Positionen wegen Defekt gebrückt. Es wird versucht, diese Störungsquelle durch Einbau verbesserter Ankunfts meldekontakte zu beseitigen.

Der Reaktor mußte 5 mal von Hand wegen Störungen bei der Absorberhaftung abgeschaltet werden. Verschmutzungen zwischen Haltemagnet und Weicheisenteil des Absorbers bedingten einen vergrößerten Luftspalt und damit keine sichere Haftung. Als Folge davon kam es zum Abfall von TA-Stäben während des Reaktorbetriebs.

Weitere 4 Störungen wurden gezielt zur Funktionsprüfung des Schnellablasses im Rahmen der vierteljährlichen D₂O-Kreislauf-Steuerungs-Prüfung eingeleitet (Moderatorablaß wird nur bei Versagen von Abschaltstäben bei anstehenden Grenzwerten aus den nuklearen Kanälen des Sicherheitssystems ausgelöst).

Im Berichtszeitraum wurden 9 von 16 Trimmabschaltstäben für Reparatur, Inspektion und Wartung gewechselt.

Die nachfolgende Tabelle 4.1 gibt hierzu einen Überblick. Die Gesamtbetriebszeit bei mehr als 20 MW liegt bei einigen Abschaltstäben bereits über 1.200 d. Irgendwelche Veränderungen an den Absorberteilen wurden bei Inspektionen nicht festgestellt.

Am 24.8.71 wurde der defekte Antrieb des Feinregelstabes (FR-Stab) Nr. 1 gewechselt.

Tabelle 4.1 Trimm-Abschalt- und Feinregelstabwechsel im Jahre 1971

TA=Stab-Nr.	TA=Stab-Pos.	Reaktorpos.	Einbau-Datum	Ausbau-Datum	Zeit im Reaktor (d)	Gesamt-betriebszeit bei >20 MW (d)	Ausbaugrund	ersetzt durch TA=Stab-Nr.	wesentlich Reparaturen an den Ersatzstäben
20	5	53/21	19.08.68	03.03.71	926	922,83	Ankunftsmeldung defekt	4	Kabeldurchführung abgedichtet neuer Ankunfts-meldekontakt
11	10	45/09	07.10.69	03.03.71	512	1180,79	Inspektion Ankunftsmeldung defekt	7	neuer Ankunfts-meldekontakt
16	14	49/29	17.08.70	03.03.71	199	1283,75	Inspektion Ankunftsmeldung defekt	9	Kabeldurchführung abgedichtet neuer Ankunfts-meldekontakt
14	7	45/25	17.08.70	23.03.71	345	618,33	Ankunftsmeldung defekt	24	neuer Ankunfts-meldekontakt
24	7	45/25	23.07.71	07.08.71	15	546,46	Ankunftsmeldung defekt	16	neuer Ankunfts-meldekontakt
17	1	41/17	19.12.70	16.09.71	271	1208,33	Inspektion Ankunftsmeldung defekt	11	Kabeldurchführung abgedichtet neuer Ankunfts-meldekontakt
6	6	49/25	10.11.71	04.10.71	328	1109,58	Inspektion Ankunftsmeldung defekt	17	E-Magnet u. Weicheisenteil gereinigt
9	14	49/29	03.03.71	06.10.71	217	1036,25	Ankunftsmeldung defekt	24	neuer Ankunfts-meldekontakt
18	12	57/17	12.11.69	06.10.71	694	1036,25	Ankunftsmeldung defekt	20	neuer Ankunfts-meldekontakt
9	-	40/12	19.10.71	09.11.71	21	1055,91	wurde als Reaktivitätsausgleich (Stellung 2100 mm) ohne Antrieb für Proj. FR2/55a eingebaut.		
FR=Stab Nr. 1	-	41/25	13.11.70 24.08.71	24.08.71	285	206,35	Antriebswechsel	-	-----
FR=Stab Nr. 2	-	40/12	21.06.71	19.07.71	28	26,41	Wurde als Reaktivitätsausgleich (Stellung 1200 mm) für Proj. FR2/55a eingebaut		

2. Brennelementüberwachung

Alle Brennelemente, Kapselexperimente und einige weitere Experimentiereinsätze sind an die Hüllschadenüberwachungsanlage angeschlossen und werden von dieser im 25 min Zyklus kontrolliert.

Der Nachweis eines Hüllschadens wird durch elektrische Präzipitation fester Folgeprodukte aus gasförmigen Spaltprodukten geführt, die beim Leckwerden einer Brennelement- oder Kapselhülle in das Schwerwasser des Reaktors gelangen.

Zur Verminderung der Störanfälligkeit wurde der Umbau auf neue Magnetventilanordnungen (anstelle von Ventilblöcken) im Berichtszeitraum fortgesetzt. Zum Jahresende waren 6 Ventilblöcke umgebaut. Der Betrieb mit den neuen Magnetventilanordnungen verlief bisher ohne Störungen.

Zusätzlich zur oben beschriebenen Überwachung wurden von den rd. 400 um- bzw. ausgeladenen Brennelementen in der Brennelementwechsellmaschine "γ-scans" angefertigt, die Rückschlüsse auf mögliche Bündeldefekte zulassen. (Siehe auch [17]).

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Verdacht auf Brennelementscha- den am BE 7-71. Bei der Aufnahme des γ-scans am Brennelement 7-71 zeigten sich am 20.1.71 Unregelmäßigkeiten. Das Brennelement wurde mit einem Abbrand von 10,7 MWd/kg_U aus Pos. 44/24 vorzeitig ausgebaut. Eine optische Überprüfung am 11.3.71 in der Heißen Zelle des FR2 zeigte jedoch keinen Schaden. Das Brennelement wurde wegen seines hohen Abbrandes nicht wieder eingeladen.
- b) Hüllschaden an den Dispersionplatten-Brennelementen des Projektes FR2/58a-6.
Der erstmals am 19.2.72 festgestellte Hüllschaden am Einsatz 6 vergrößerte sich im Laufe der Zeit so, daß der Einsatz am 8.7.71 aus dem Reaktor ausgebaut werden mußte. Siehe dazu Abschnitt 3, Kapitel 5.2.

- c) Verdacht auf Hüllschaden am BE 8-63. Am Ende der Betriebsphase E/71 wurde ein kurzer Leistungszyklus (44-20-44 MW) gefahren, um den Verdacht auf einen am 12.7.71 festgestellten Hüllschaden am Brennelement 8-63 zu erhärten. Das Brennelement zeigte dabei jedoch kein abnormales Verhalten und konnte im Reaktor bleiben.
- d) Hüllschaden am Brennelement 8-8. Am 21.12.71 wurde über die Hüllschadenüberwachungsanlage ein echter Hüllschaden, welcher der Coreposition 42/28 bzw. dem dort befindlichen Brennelement 8-8 zugeordnet werden konnte, signalisiert. (Siehe Abbildung 4.1). Der Reaktor wurde abgeschaltet und das defekte Brennelement ausgebaut. Das bei Ausbau aufgenommene γ -scanning (Abbildung 4.2) ließ vermuten, daß neben dem Hüllschaden noch eine Beschädigung am untersten Brennstabbündel vorhanden sein mußte. Der Verdacht bestätigte sich am 22.3.72, als in Gegenwart von Herren der Lieferfirma die Besichtigung des Brennelementes in der HZ des FR2 durchgeführt wurde.

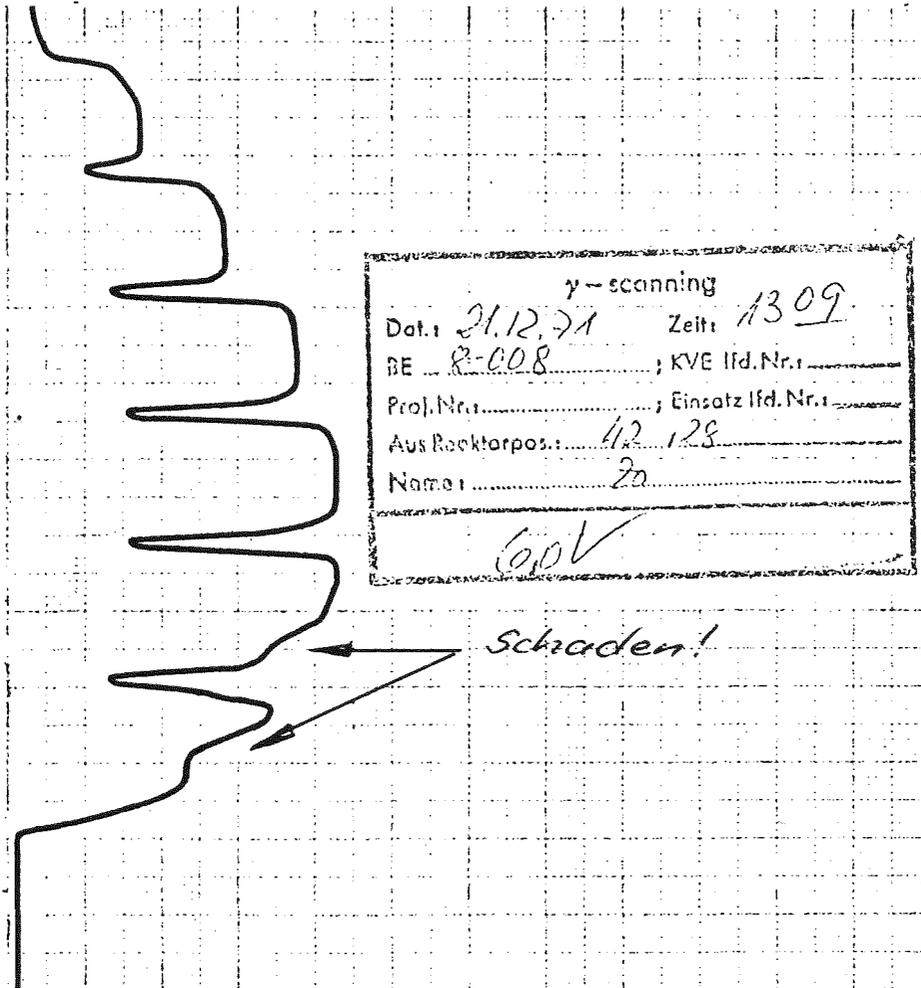
Der Lebenslauf von BE 8-8 ist aus folgender Aufstellung ersichtlich:

Lebenslauf BE 8-8:

von Pos.	nach Pos.	Tag *) γ -scannings	Gesamtabbrand [MWd/tu]
Einbau	54/06	23.04.70	-
54/06	36/26	16.07.70 *)	1214
36/26	44/08	17.12.70 *)	3572
44/08	42/28	26.08.71 *)	7764
42/28	Ausbau	21.12.71 *)	9521

Abbrand	9521	MWd/t _u
Gesamtbetriebszeit	11286	h
Betriebszeit $N > 10^{-3}N_N$	10922	h
Reaktorschnellabschaltungen	53	Stück

Abb.: 4.2 γ -scanning bei Ausbau des BE 8-8



Die Besichtigung des Brennelementes in der Heißen Zelle ergab die in Bild 1 bis 8 der Abbildung 4.3 dargestellten Beschädigungen an den Brennstäben und den Bündelbesfestigungen. Die Bilder zeigen im Einzelnen:

Bild 1 zeigt das 5. Brennstabbündel. Die Feder ist durchgeschliffen, ein Stab ist aus der Fassung heraugetreten und weitere Brennstäbe sind lose.

Bild 2 zeigt das unterste Brennstabbündel. Der Stern ist deformiert und die Feder durchgeschliffen. 4 der 7 Brennstäbe des Bündels sind aus ihrer Aufhängung herausgerissen. 2 Stäbe haben umlaufende blanke Stellen.

Bild 3 zeigt den letzten Stern. Der Stern ist bis auf ein Reststück, welches 3 Stäbe umschließt, nicht mehr vorhanden. Ein Stab hat eine starke umlaufene Abtragung in der Nähe der unteren Schweißnaht.

Bild 4 zeigt Aufnahmen von 4 Brennstäben, die lose im Wasserführungsrohr lagen. Die Abtragungen sind deutlich zu erkennen. Die auf Bild 8 zu erkennende Beschädigung ist ein etwa 6 mm^2 großes Loch in der Hülle eines Brennstabes.

Abbildung 4.3.1 bis 4.3.8 Brennelementschaden an BE8-8

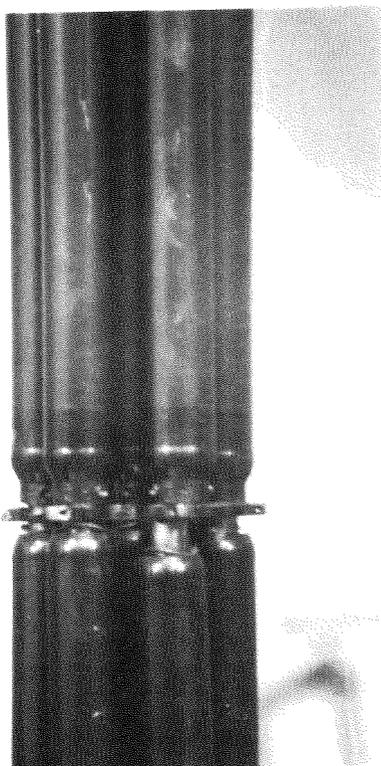


Bild 1

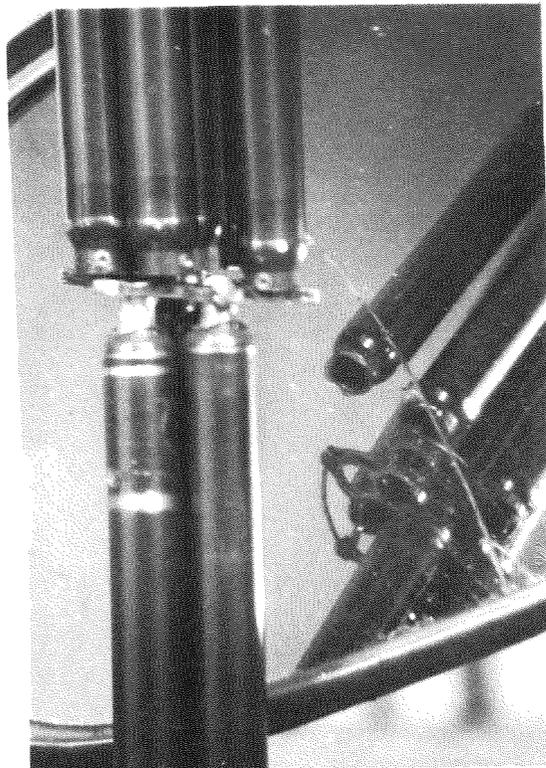
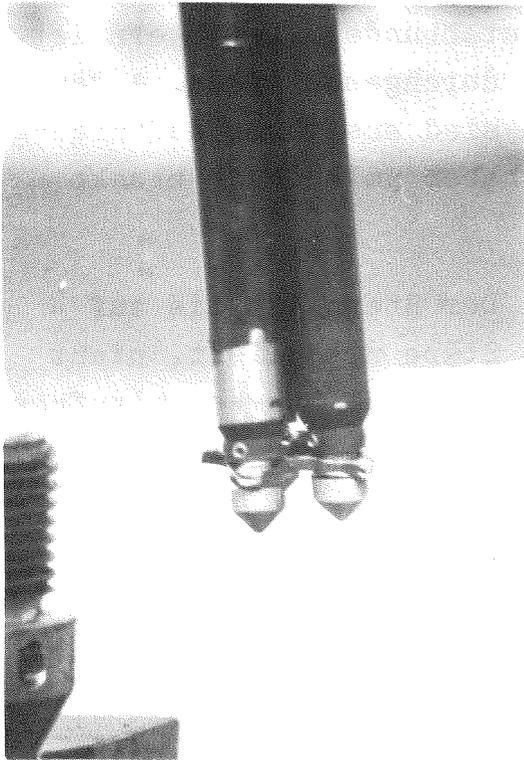


Bild 2



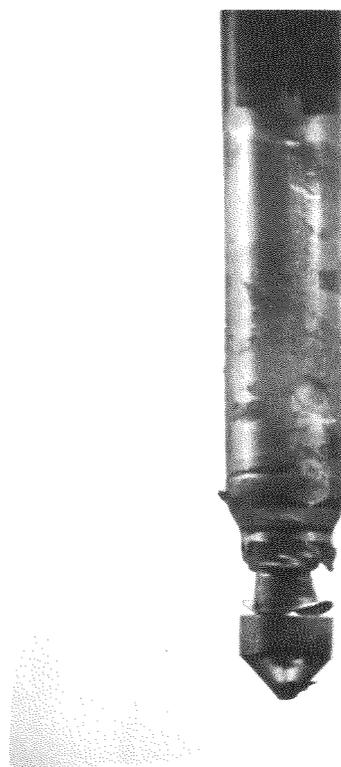
Bild_3



Bild_4



Bild_5



Bild_6

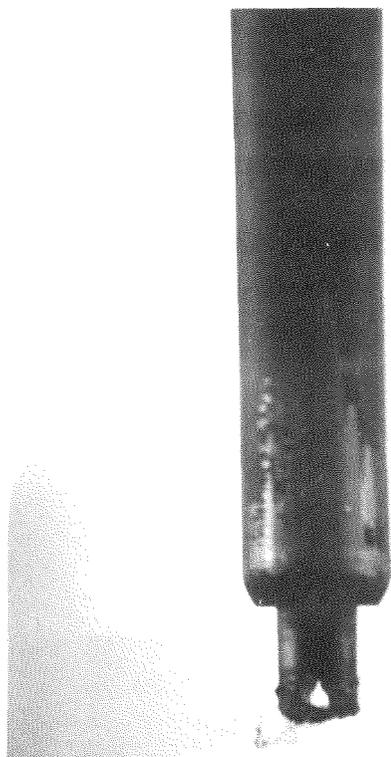


Bild 7

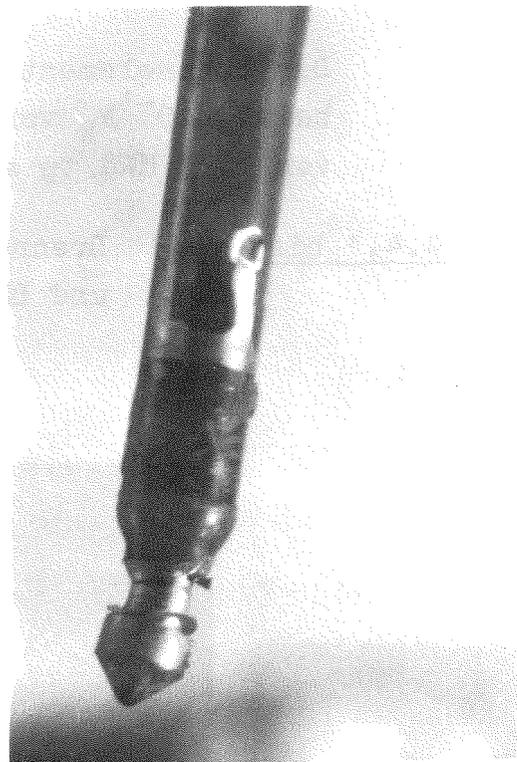


Bild 8

- e) Brennelementschäden am BE 8-58 und 72 bei Demontage.
An den Brennelementen 8-58 und 8-72 wurden bei der Demontage nach planmäßigem Ausbau aus dem Reaktor Beschädigungen festgestellt. Eine Inspektion am 22.12.71 in der Heißen Zelle ergab folgendes Bild :

BE 8-58: Am 2. Bündel von oben war ein Stab lose. Die Scheuerstelle an der rechten Seite des Hüllrohres deutet drauf hin, daß dieser Stab einige Zeit am Wasserführungsrohr angelegen hat (Abb. 4.4, Bild 1). Das Brennelement war nach einer Betriebszeit bei $N > 10^{-3} N_N$ von 16.154 h und einem Abbrand von 14,4 MWd/kgU am 11.11.71 ausgebaut worden.

BE 8-72: Bei diesem Brennelement waren zwischen dem obersten und dem darunterliegenden Bündel alle Befestigungsstifte aus ihren Führungslöchern herausgerutscht (Abb. 4.4, Bild 3). Am unteren Ende des Brennelementes fehlte ein Endzapfen (Abb. 4.4, Bild 2).

Das Brennelement war nach einer Betriebszeit bei $N > 10^{-3} N_N$ von 16.154 h und einem Abbrand von 13,5 MWd/t_U am 12.11.71 ausgebaut worden.

Abbildung 4.4.1 bis 4.4.3 Brennelementschäden an BE8-58 und BE8-72

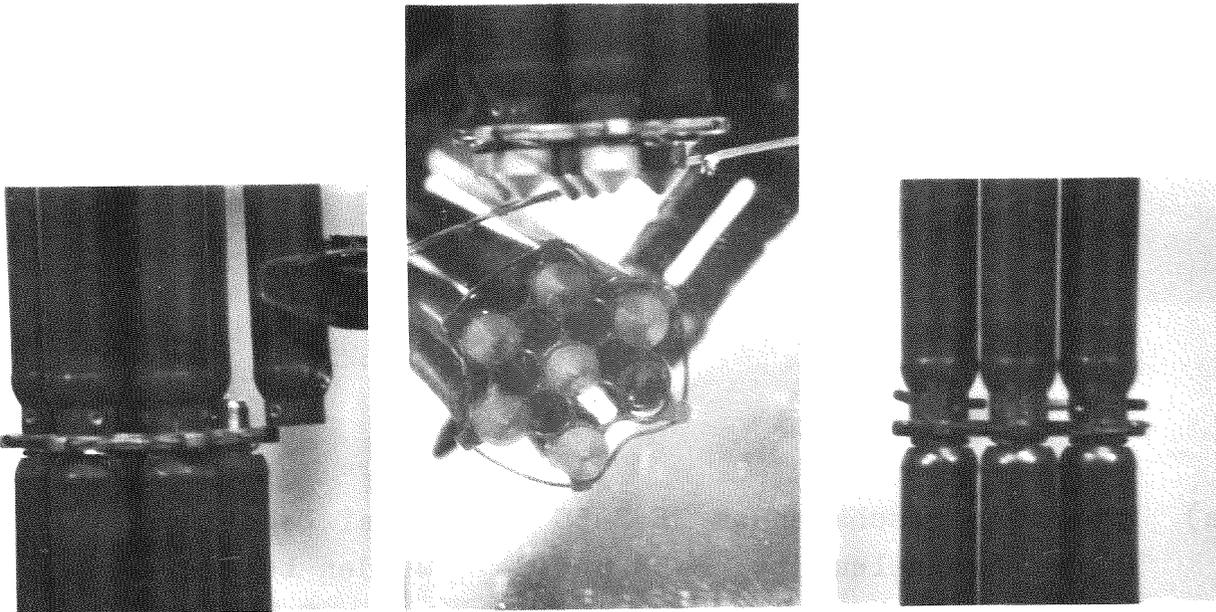


Bild 1

Bild 2

Bild 3

An den beiden untersuchten Brennelementen konnte während der Betriebszeit durch die Hüllschadennachweisanlage kein Hüllschaden detektiert werden.

Auch die beim Ausbau aufgenommenen γ -scannings zeigten keine Unregelmäßigkeiten.

f) Untersuchung von Wasserführungsrohren

Im Jahre 1971 wurden die Wasserführungsrohre von insgesamt 59 abgebrannten Brennelementen untersucht. Es konnten keine Beschädigungen festgestellt werden, die Wasserführungsrohre werden für neue BE wiederverwendet.

g) Umrüstung der Brennelement-Temperaturmessung

Zur Kontrolle der Brennelement-Aufheizspanne wird die Kühlmittelaustrittstemperatur der Brennelemente mit Thermoelementen gemessen. Für den geplanten Umbau der Meßwertverarbeitungsanlage (MVA) auf den Betrieb mit Widerstandsthermometern wurden bei drei Brennelementen zusätzlich Widerstandsthermometer eingebaut. Mit diesen Brennelementen werden Untersuchungen der Langzeitstabilität durchgeführt.

3. Schwerwasserkreislauf

Der Schwerwasserkreislauf (D_2O -Kreislauf) zeigte auch im Jahre 1971 ein gutes Betriebsverhalten. Siehe Tabelle 4.3

Die Tabelle 4.2 gibt einen Überblick über die Betriebsdaten des Schwerwassers (D_2O).

Tabelle 4.2 Betriebsdaten des D_2O

	Jahres-		Bemerkungen
	Anfang	Ende	
Isotopenreinheit [Mol %]	99,635	99,628	Abreicherung kontinuierlich 0,007 Mol % wegen Aus-, Ein- und Umsetzungen von vertikalen einbauten.
Tritiumkonzentration [$\mu\text{Ci/ml}$]	4200	5000	Kontinuierlich steigend, Sättigungsaktivität noch nicht erreicht.
Leitfähigkeit (gesamt D_2O) [$\mu\text{S/cm}$]	0,10	0,25	Im Juli wurde bei 0,37 $\mu\text{S/cm}$ auf Reserve-Mischbettfilter umgeschaltet, danach Core-0,14 $\mu\text{S/cm}$. Austausch kontinuierlicher Verlauf.

Tabelle 4.3 D₂O-Bilanz für das Jahr 1971:

D ₂ O-Bestand im FR2 am 1.1.1971			37.761,180 kg
Eingefüllte D ₂ O-Mengen von Reaktorqualität (RQ) $\hat{=}$ 99,800 Mol %			
Tag	Menge [kg]	Bemerkungen	
05.01.	372,50	in 5 m ³ -Behälter eingefüllt	
08.02.	217,00	Harze in Mischbettfilter 1.3 eingespült	
19.11.	226,60	in 5 m ³ -Behälter eingefüllt	
25.11.	218,30	Harze in Mischbettfilter 1.4 eingespült	
01.01. bis 31.12.	46,58	für Sperrflüssigkeiten und Perlwasser	
	1080,98		+ 1.080,98 kg
Entnahmen für Proben, Analysen und Leihgaben			
01.01. bis 31.12.	624,27	Bestimmung der H ³ + -Aktivität sowie D ₂ O-Qualität	- 642,27 kg
Unwiederbringliche Verluste bei Montagearbeiten, Leckagen, sowie kontinuierliche Verluste			
04.01.	rd. 3	Entdeutrieren der Mischbettfilterharze (Fehlbedienung)	
15.02.	rd. 1	Membrandefekt Ve 12.03	
25.02.	rd. 1	Demontage Pumpe 101 (nicht an System, Fehlbedienung)	
01.03.	rd. 1	Leck an Meßstelle 1010 (Korrosion)	
09.10.	rd. 4	Prüfung D ₂ O-Kreislauf jährl. (Sicherheitsventil 27.11 angesprochen, Fehlbedienung)	
13.10.	rd. 1	Membrandefekt Ve 10.33	
13.12.	rd. 1	Kupplungswechsel Proj. FR2/58	
01.01. bis 31.12.	rd. 3	bei Montagearbeiten im D ₂ O-Kreislauf	
01.01. bis 31.12.	rd. 105	Aus- Umbau von Reaktoreinbauten wie BE, KVE etc. kontinuierliche Verluste *)	
	rd. 120		- 120,00 kg
D ₂ O-Bestand im FR2 am 31.12.1971			38.079,89 kg

Anmerkung: *) für die rd. 440 (Stück) umgeladenen Reaktoreinbauten ergaben sich insgesamt 46 kg,
für die kont. Verluste ergaben sich rd. 160 g/d.

Störungen und besondere Vorkommnisse

a) Korrosionsschäden im Wärmetauscher

Die seit Januar 71 durchgeführten Messungen der Tritiumaktivität zur Leckratenbestimmung am außer Betrieb befindlichen Wärmetauscher Position 1.1 wurden eingestellt, nachdem eindeutig ein kleines Leck gemessen wurde. Im Juni wurde der Wärmetauscher von der H_2O -Seite her im Bereich des unteren Mannlochdeckels inspiziert. Es wurden Anfrassungen der Rohroberflächen festgestellt. Am 21.7.71 wurde der Wärmetauscher ausgebaut und ein Ersatzwärmetauscher eingebaut.

Der am 11.11.1970 ausgebaute Notkühlwärmetauscher Pos. 1.6 (siehe auch [47]) wurde am 16.12.1971 neu verrohrt eingebaut.

b) D_2O -Verlust beim Entdeutrieren

Am 4.1.1971 wurde mit der Entdeutrierung der Mischbettfilterharze der Ionentauscherreinigung in einem Entdeutrierungsbehälter begonnen.

Bei der Entdeutrierung wird das Schwerwasser (D_2O) in diesem Behälter durch Leichtwasser (H_2O) verdrängt. Das verdrängte D_2O fließt dabei über ein Refraktometer zur laufenden Kontrolle der D_2O -Konzentration und einen Strömungsmesser in ein D_2O -Faß.

Eine Schlauchverbindung am Refraktometer hielt dem anstehenden Druck nicht stand und es gingen etwa 3 l D_2O in dem Raum R105 verloren, bevor die Apparatur von dem vor Ort befindlichen Bedienungspersonal abgestellt werden konnte.

c) D_2O -Leck an defektem Ventil

Die Membrane an Ventil 12.03 wurde am 15.2.1971 defekt. Durch die Bohrungen der Naßfühler trat etwa 1 l D_2O in den Raum R006 aus. Die Störung wurde durch Ansprechen von 2 Feuchtefühlern zur Schaltwarte gemeldet.

d) D₂O-Leck an Durchflußmeßstelle

Über die Tritiumraumüberwachung wurde an der Durchflußmeßstelle 1Q10 am 1.3.1971 ein D₂O-Leck festgestellt. Ein Loch von 1 mm Ø (vermutlich durch Korrosion) konnte provisorisch mit einer Gummimanschette abgedichtet werden. Der D₂O-Verlust betrug etwa 1 l.

e) Korrosion in der Tankbruchleitung

In der Tankbruchleitung wurde am 29.3.1971 bei Ventil 19.13 an einer Schweißnaht eine Korrosionsstelle festgestellt. Die Reparatur (Nachschweißung) erfolgte am 1.4.1971. Die Beschädigung war ohne Folgen auf den Betrieb der Anlage.

f) D₂O-Verlust bei Prüfung D₂O-Kreislauf

Durch einen Bedienungsfehler wurde der Notflutbehälter am 9.10.1971 vollkommen entwässert, so daß das als Energiespeicher dienende Druckhelium in den Kreislauf entwich und das He-Sicherheitsventil des Kreislaufs ansprach. Als Folge gingen etwa 4 l D₂O verloren. Siehe Abschnitt 4, Kap. 4.

4. Heliumkreislauf

Der Heliumkreislauf konnte ohne nennenswerte Störungen betrieben werden. Bei den Heliumgebläsen sind die Probleme mit der Wellenabdichtung zwischen Sperrwasser- und Getrieberaum durch Gleitringdichtungen immer noch nicht zufriedenstellend gelöst.

Besondere Vorkommnisse

Ansprechen des He-Sicherheitsventils im Hauptkreislauf. Bei der jährlichen Prüfung des D₂O-Kreislaufes am 9.10.1971 sprach das Sicherheitsventil Ve 27.11 unprogrammgemäß an.

Durch einen Bedienungsfehler wurde der Notflutbehälter vollkommen entwässert. Das als Energiespeicher dienende Druckhelium strömte aus dem Notflutbehälter über das offene Ventil 15.80 in den Heliumkreislauf. Durch den Überdruck im System öffnete das Sicherheitsventil zur Entlastung des Reaktortanks. Bei diesem Vorfall gingen 5 m³ Helium und rd. 4 l D₂O verloren. Die elektrische Steuerung wurde daraufhin so geändert, daß beim Erreichen

des unteren Füllstandgrenzwertes (Meßstelle 1H14) das Ventil 15.80 einen Dauer-Zu-Befehl enthält und damit ein Entweichen von Helium bei entwässertem Notflutbehälter verhindert wird.

5. Leichtwassersysteme

Im Berichtszeitraum traten in den Leichtwassersystemen

Hauptkühlkreislauf mit Kühltürmen

Therm.-Schildkühlkreislauf

Experimentierkühlkreislauf

Absetzblock- und Absetzbeckenkühlkreislauf

Rohwassernetz

Regenwassernetz

Chemieabwassernetz

Fäkalabwassernetz und

Netz für möglicherweise radioaktive Abwässer

keine nennenswerten Störungen auf.

In der 19., 25. und 41. Woche 1971 wurden die Ansaugrohre in den Kühlturmbecken 2.1 bis 2.3 auf 250 mm über Beckenboden verkürzt und die Siebe ausgebaut. Dadurch entfällt die relativ schwierige Reinigung der Siebe, die 2 mal wöchentlich erforderlich war. Außerdem sollte durch den Umbau eine bessere Schmutzablagerung innerhalb des Kühlturmbeckens erreicht werden.

Der Wasserverbrauch für den gesamten FR2-Bezirk betrug im Jahre 1971 insgesamt

562.450 m³ Rohwasser

zum Vergleich:	1968	=	577.379 m ³
	1969	=	664.294 m ³
	1970	=	610.660 m ³

Davon wurden für die Reaktor-Sekundärkreislauf-Einspeisung

331.187 m³ Rohwasser

in der Wasseraufbereitungsanlage vollentsalzt. Hierzu waren

482 Regenerationen der Ionen-Austauscherstufen mit einem Gesamtverbrauch von

335,8 t Salzsäure
114,8 t Natronlauge

erforderlich.

Der Durchsatz je Vollentsalzungsbahn ist von der Wasserqualität des Rohwassers abhängig und betrug im Mittel 686 m^3 zwischen zwei Regenerationen. Dieser Wert zeigt die starke Verschlechterung der Wasserqualität gegenüber dem Vorjahr, in dem noch 820 m^3 je Vollentsalzungsbahn durchgesetzt werden konnten. Sie erklärt sich daraus, daß immer mehr Wasser aus dem Wasserwerk "Tiefgestade" den FR2 erreicht. Dieses Wasser hat einen deutlich erhöhten Cl-Ionengehalt. Das im Laufe des Jahres anfallende Abwasser verteilt sich wie folgt:

Abwasserart/ Abwassersystem	Abwassermenge [m^3]	Bemerkungen
Regenwassernetz	185.827	hauptsächlich Kühlwasser für Experimente
Chemieabwasser	46.418	hauptsächlich aus Wasseraufbereitungsanlage
radioaktives Abwasser	323	
häusliches Abwasser	5.950	

Die Abgabe von radioaktiven Abwässern ist in [6] erfaßt.

6. Lüftungssystem

An den Lüftungssystemen des FR2

- Luftkreislauf Reaktorgebäude (LKL I)
- Luftkreislauf Schaltwarte und Geräteraum (LKL II)
- Luftkreislauf Reaktor (LKL III)
- Abluftanlage Absetzblock und Heiße Zelle
- Abluftanlage Brennelementwechselmaschine
- Abluftanlage für halogenhaltige Abgase
- Abluftanlage für Experimente
- Abluftanlage Lagerbecken
- Belüftungsanlage Betriebsgebäude
- Druckluftanlage

traten keine, den Reaktorbetrieb beeinträchtigenden Störungen auf.

Die Räume R 110b von Projekt FR2/55a und R 209 von Projekt FR2/58, die als "Second Containment" (SC) ausgebildet sind, wurden an die Abluftanlagen für halogenhaltige Abgase (1000-AAA) bzw. Abluftanlage für Experimente (8000-AAA) angeschlossen.

Als lüftungstechnische Maßnahme zur Beherrschung des größten anzunehmenden Unfalls (GAU) beim Kreislaufexperiment Projekt FR2/55a wurde ein Frischluft-Sonderprogramm im Luftkreislauf Reaktorgebäude (LKL I) eingeführt. Bei diesem Lüftungsprogramm werden die Experimentierräume vom LKL I getrennt und nicht mehr be- und entlüftet. Die Unterdruckhaltung im SC vom Dampfkontaminationskreislauf (Projekt FR2/55a) und im SC vom Druckschwerwasserkreislauf (Projekt FR2/58) geschieht weiterhin über die 1000-AAA bzw. 8000-AAA. Das neue Programm wurde mit Erfolg erprobt.

Die Überwachung der Schornsteinabluft auf Tritium wurde mittels einer Ausfriereinrichtung weitergeführt. Die gemessene Aktivitätsabgabe kann aus folgender Tabelle 4.4 und Abbildung 4.5 entnommen werden.

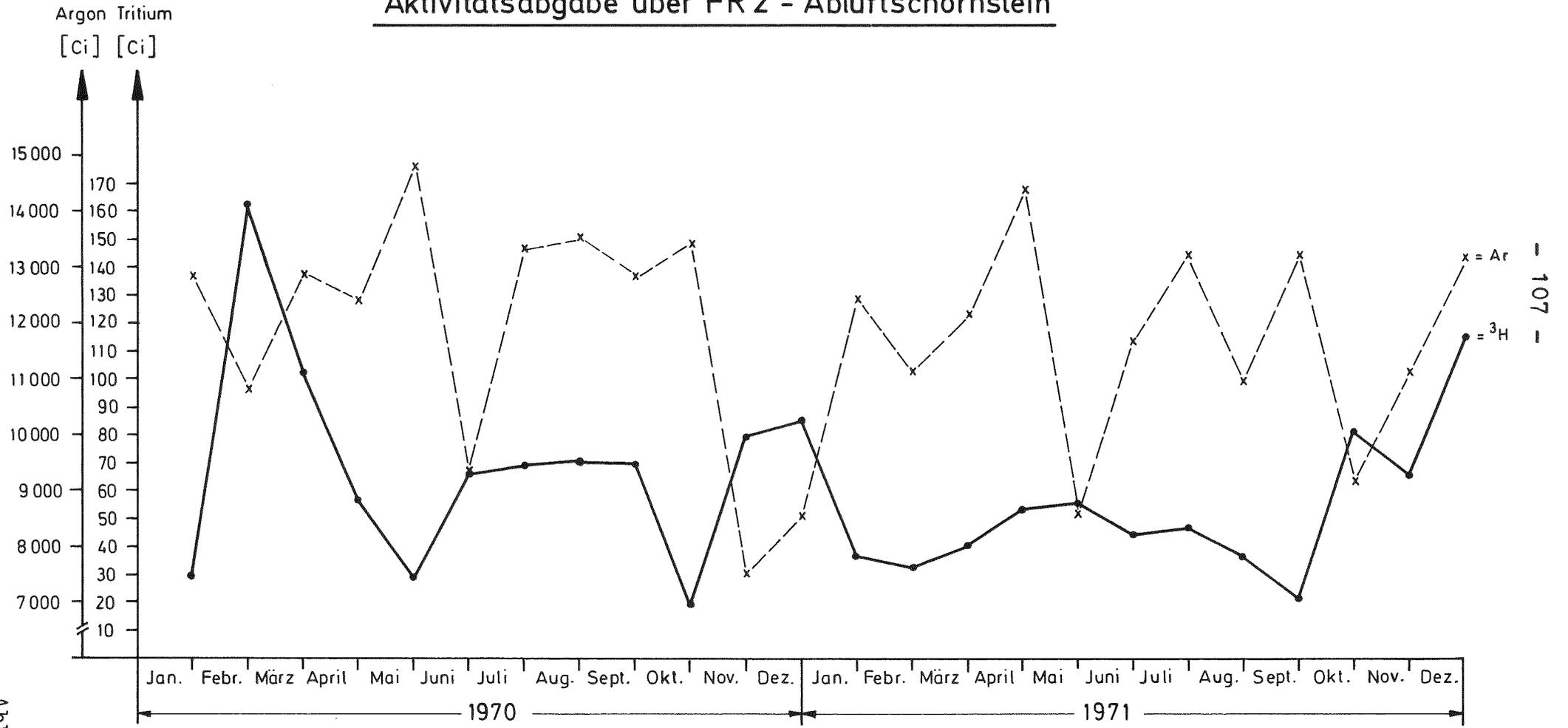
Tabelle 4.4 Aktivitätsabgabe über FR2-Abluftschornstein
im Jahre 1971

Monat	Tritium (H3) [Ci]	Argon (Ar41) [Ci]
Januar	38,8	12.450
Februar	33,6	11.150
März	40,6	12.150
April	54,0	14.360
Mai	55,4	8.596
Juni	44,2	11.637
Juli	47,0	13.180
August	37,8	10.930
September	21,9	13.200
Oktober	80,7 *)	9.188
November	65,0	11.111
Dezember	115,0 *)	13.180
Gesamt	634,0	141.132

*) D₂O-Verluste siehe Abschnitt 4, Kapitel 3

Die Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Luft lagen somit unterhalb des Abluftplanes 1971, der für Tritium (H3) maximal 120 Ci/Monat jedoch nicht mehr als 1000 Ci/Jahr und für Argon (Ar-41) maximal 30000 Ci/Monat jedoch nicht mehr als 220000 Ci/Jahr in der Abluft zuläßt. Die sonstigen Abgaben radioaktiver Stoffe in die Atmosphäre sind im Abluftplan des KFZK in 4 Nuklidgruppen unterteilt. Die zulässigen Emissionen wurden nicht überschritten. Gruppeneinteilung und zulässige Emissionsraten siehe [3].

Aktivitätsabgabe über FR 2 - Abluftschornstein



Anmerkung : x-x Argon
 ●-● Tritium

Abb. 4.5

7. Elektrische Energieversorgungsanlagen

Im Bereich der elektrischen Energieversorgungsanlagen traten keine den Reaktorbetrieb beeinträchtigenden Störungen auf.

Im Berichtszeitraum wurden 2 Netzausfälle < 1 s registriert. Der erste Netzausfall erfolgte am 9.6.1971 durch einen Kurzschluß in der 110 kV-Leitung außerhalb des KFZK und der zweite am 19.6.1971 durch einen Erdschluß in der 20 kV-Anlage des Kernforschungszentrums. Der Betrieb des Reaktors und der Experimente wurde durch diese Netzausfälle nicht gestört, da die Sofortbereitschaftsaggregate über die Schwungmassen die Netzeinbrüche abfangen.

Der Verbrauch an elektrischer Energie für den gesamten FR2-Bezirk betrug im Jahre 1971 insgesamt

16.488.515 kWh
=====

zum Vergleich: 1968 = 16.272.241 kWh
1969 = 16.718.032 kWh
1970 = 17.428.110 kWh

Der Rückgang des Verbrauchs an elektrischer Energie gegenüber dem Vorjahr ist hauptsächlich auf die kurze Betriebszeit des He-Druckgaskreislaufes (Projekt FR2/26) zurückzuführen.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Lagerschaden am Sofortbereitschaftsaggregat (SBA 4).
Am 10.2.1971 wurden starke Laufgeräusche im Lager zwischen der Induktionskupplung und dem Schwungrad des SBA 4 festgestellt. Das SBA wurde sofort stillgesetzt. Nach Aufnahme des Lagers wurden starke Materialabtragungen auf der Innenseite des Lagerringes festgestellt. Das Lager wurde gewechselt. Der Probetrieb des SBA mußte nach 40 h wegen starker Laufgeräusche abgebrochen werden. Der neue Schaden war auf mangel-

hafte Lagermontage zurückzuführen. Nach nochmaligem Wechsel dieses Lagers mit genauer optischer Vermessung lief das SBA störungsfrei.

b) Wartung aller Leistungsschalter

Die routinemäßige Wartung und Reparatur aller Leistungsschalter durch die Lieferfirma erfolgte am 23. und 24.2.1971 sowie am 2.3.1971 in der Abschaltphase B'. Dazu war die Abschaltung der Notschiene I erforderlich. Sicherheitstechnisch wichtige Verbraucher wurden während dieser Zeit auf die Hauptschiene bzw. Notschiene II umgeschaltet.

Abschnitt 5

Eigenüberwachung am FR2

Der Prüfplan für die in Eigenüberwachung durchzuführenden und vom TÜV-Baden bestätigten Wiederholungsprüfungen entsprechend dem Genehmigungsbescheid für die Leistungserhöhung des FR2 vom 26.1.1966 war bestimmend für den Terminleitplan "Funktionsprüfungen 1971". (Abb. 5.1/1-5).

Periodische Prüfungen mit mindestens vierteljährlichen Wiederholungszeitabständen wurden in [5], in kürzeren Zeitabständen wiederkehrende Prüfungen nach Betriebsanweisung (BAW) in [4] beschrieben. Ein Prüfprotokoll für eine fünfwöchentlich wiederkehrende Prüfung nach BAW, die im Terminleitplan (Abb. 5.2) enthalten ist, ist in Abb. 5.3 dargestellt.

Der Umfang und die Anzahl der Prüfungen hat durch Inbetriebnahme neuer Experimente und Reaktorhilfseinrichtungen ständig zugenommen. Im Berichtszeitraum beanspruchte die Durchführung dieser Prüfungen insgesamt 4410 Mannstunden = 2,2 Mannjahre.

In Tabelle 5.1 sind die im Jahre 1971 durchgeführten Prüfungen auf Grund der Unfallverhütungsvorschriften angegeben.

Tabelle 5.1

1. Durch den TÜV nach VGB 17 Druckbehälter § 24, Absatz 1:
regelmäßige äußere Prüfung
 - 1.1 He-D₂O-Kreislauf
Rieselkühlbehälter Pos. 4.1.9/6 am 14.11.71
 - 1.2 Kühlkreis Thermischer Schild
Druckbehälter Pos. 4.2.18/6 am 24.11.71
 - 1.3 Preßluft
Adsorber A Pos. 4.4.16/6a am 17.02.71
Adsorber B Pos. 4.4.16/6b am 17.02.71

Druckluftfilter	Pos. 4.4.16/7	am	17.02.71
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8a	am	17.02.71
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8b	am	17.02.71
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8c	am	17.02.71
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8d	am	17.02.71
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/9	am	17.02.71
Druckluftbehälter	Technikumshalle "		17.02.71
1.4 FR2/2 Tieftemperatur-Bestrahlungsanlage			
Wärmetauscher	Pos. 2P-Wt 1/2	am	23.07.71
Speicherbehälter	Pos. 2C-Bh 1	am	23.07.71
Speicherbehälter	Pos. 2H-Bh 2	am	23.07.71
1.5 FR2/16 Kalte Neutronenquelle			
Helium-Pufferbehälter	Pos. PK-Bh 50	am	15.06.71
Sicherheitsventil		am	14.07.71
Helium-Pufferbehälter	Pos. PK-Bh 51	am	15.06.71
Sicherheitsventil		am	14.07.71
Druckgaskühler	Pos. PK-Wt 7	am	16.05.71
Sicherheitsventil		am	14.07.71
Druckgaskühler	Pos. PK-Wt 8	am	15.06.71
Sicherheitsventil		am	14.07.71
Ring-Gegenströmer	Pos. PK-Wt 9	am	15.06.71
Sicherheitsventil		am	14.07.71
Helium-Reiniger I	Pos. PR-Wt 3	am	15.06.71
	PR-Bh 38		
Sicherheitsventil	PR-Fi 14	am	14.07.71
Helium-Reiniger II	Pos. PR-Bh 39	am	15.06.71
	PR-Wt 4		
Sicherheitsventil	PR-Fi 15	am	14.07.71
1.6 FR2/26 Heliumloop			
Druckrohrunterteil eingebaute Fabrik.Nr. 3093	Pos. H-Le 101	am	06.10.71
Staubfilter	Pos. H-Fi 105	am	06.10.71
Halogenfilter	Pos. H-Fi 101	am	06.10.71
Wasserkühler	Pos. H-Wt 101	am	06.10.71
Halogen-Adsorber	Pos. H-Fi 102	am	06.10.71
Staubfilter	Pos. H-Fi 103	am	06.10.71
Wärmeaustauscher	Pos. R-Wt 201	am	13.08.71
Erhitzer	Pos. R-Hz 201	am	13.08.71
Cu-O-Kontakt	Pos. R-Fi 201	am	13.08.71
Gegenstrom-Wärmetauscher	Pos. R-Wt 203	am	13.08.71
Tieftemperatur-Adsorber	Pos. R-Fi 202	am	13.08.71
Auffangtank	Pos. S-Bh 401	am	04.08.71
Regenerator	Pos. 26K-Rg 1	am	13.08.71
Regenerator	Pos. 26K-Rg 2	am	13.08.71
N ₂ -Wärmeaustauscher	Pos. 26K-Wt 7	am	06.10.71
N ₂ -Vakuum-Standtank		am	24.11.71

2. Durch den TÜV nach VGB 17 Druckbehälter § 22, Absatz 1:
regelmäßige innere Prüfung

2.1 FR2/16 Kalte Neutronenquelle

Helium-Pufferbehälter	Pos. PK-Bh 50	am 15.06.71
Pufferbehälter	Pos. PK-Bh 51	am 15.06.71

2.2 FR2/26 Heliumloop

Auffangtank	Pos. S-Bh 401	am 04.08.71
-------------	---------------	-------------

3. Durch den TÜV nach VGB 17 Druckbehälter § 22, Absatz 3:
Gasdruckprüfung an Stelle einer regelmäßigen inneren Prüfung

3.1 FR2/26 Heliumloop

Staubfilter	Pos. H-Fi 105	am 06.10.71
Halogenfilter	Pos. H-Fi 101	am 06.10.71
Wasserkühler	Pos. H-Wt 101	am 06.10.71
Halogen-Adsorber	Pos. H-Fi 102	am 06.10.71
Staubfilter	Pos. H-Fi 103	am 06.10.71
Wärmeaustauscher	Pos. R-Wt 201	am 13.08.71
Erhitzer	Pos. R-Hz 201	am 13.08.71
Cu-O-Kontakt	Pos. R-Wt 201	am 13.08.71
Gegenstrom-Wärmeaustauscher	Pos. R-Wt 203	am 13.08.71
Tieftemperatur-Adsorber	Pos. R-Fi 202	am 13.08.71
Regenerator	Pos. 26K-Rg 1	am 13.08.71
Regenerator	Pos. 26K-Rg 2	am 13.08.71
N ₂ -Wärmeaustauscher	Pos. 26K-Wt 7	am 06.10.71

4. Durch den TÜV nach VGB 17 Druckbehälter § 22, Absatz 2:
regelmäßige Druckprüfungen

4.1 FR2/16 Kalte Neutronenquelle

Helium-Reiniger II	Pos. PR-Bh 39	am 03.02.71
	PR-Wt 4	
	PR-Fi 15	

5. Durch den TÜV nach Aufzugsverordnung:

5.1 nach § 6, Absatz 1

Selbstfahreraufzug Kamin	61/1890	am 30.06.71
--------------------------	---------	-------------

5.2 nach § 7

Selbstfahreraufzug Bau 605	59/2021	am 12.01.71
Selbstfahreraufzug Bau 605	59/2022	am 12.01.71
Selbstfahreraufzug Rotunde	5458/8	am 12.01.71
Selbstfahreraufzug Bau 601	5458/34	am 12.01.71

6. Nach VGB 8 Hebezeuge § 94, Absatz 2 wurden sämtliche Krane und Hebezeuge in Eigenverantwortung durch Sachkundige im Jahre 1971 überprüft.

7. Nach UVV 10 Flurförderzeuge § 20 wird der 2,5 t Gabelstapler Fabrik-Nr. 30626 durch Wartungsvertrag mit dem Lieferer überprüft.

Die übrigen Flurförderfahrzeuge wartet RB/FR2.



FR 2 PHB	Prüfung	Reaktorbetr. Woche	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53																																																				Bemerkungen			
1.336 E	C1-Kanal (2-jährlich)		nächste Prüfung 1972																																																							
1.337 E	Dichtheit Schleusen (jährlich)																																										2d 4															
1.338 201	TA-Stab-Isolationsprüfung (vierteljährlich)										3h 2																			3h 2																			3h 2	direkt vor PHB 2.102	I/III							
2.101 186	Magnetsteuergeräte										1d 1																			1d 1																			1d 1		I/III							
2.102 186	TA-Stäbe										2d 1																			2d 1																			2d 1	direkt nach PHB 1.338	I/III							
2.103 195	FR-Stab im Core										2h 1																			2h 1																			2h 1		I/III							
2.104 308	TA-Stab-Ankunftsmeldung																										1d 4																															
2.106 E	Sicherheitssystem, Totzeiten (4-jährlich)																																										1d 3															
2.301 128	Horizontale Experimentierkanäle (Einzelfunktionen)																				5h 2																			5h 2																		
2.302 129	Horizontale Experimentierkanäle (Dichtschleiber)																																																						1d 2			
2.305 217	Thermische Säule (2-jährlich)																																																							verschoben auf 1972		
2.306 85	Rotunde, 60/5 Rundlaufkranschiene (4-jährlich)																																																							nächste Prüfung 1973	rechtzeitige Information der betreffenden Hilfsstellen	
2.307 E	Rotunde, Beulstelle (4-jährlich)																																																							nächste Prüfung 1973	rechtzeitige Information der betreffenden Hilfsstellen	
2.310 F	Untersuchung repräsentativer Stellen auf Korrosion (4-jährlich)																																																							nächste Prüfung 1972	D ₂ O-Kreislauf, Tankspalt (2d 4)	
2.311 F	Seele Rohr																																																							R1-Kanal oder nach Wechsel D1-Kanal (Rohrpaß)		
2.313 F	Iso-Kesselträgerrohre, Korrosion																																																								2d 2	

Abb. 5.1.4

Formblatt Nr. 294/2

Zeichenerläuterung: Reaktor a. B. (erforderlich für Prüfung);

2h → Zeitdauer der Prüfung
3 → notwendige Anzahl der Mitarbeiter

Freigabe: *Millobog*

PHB1.131	Prüfprotokoll-Schaltwarte			Woche:		
				Datum:		
				Name:		
Fernsehkamera Einbauort:		Sichtgerät SF 31 oben/unten				
Inbetriebnahme Sichtgerät	Sichtgerät Schaltwarte einschalten					
	Helligkeit einstellen					
	Kontrast einstellen					
	Stromferneinschaltung Taste "Bereit" ein					
	Meldeleuchte "Ein" HD					
	Warmlaufen des Gerätes abwarten (ca. 3 min)					
	Stromferneinschaltung Taste "Betrieb" ein					
	Meldeleuchte "Betrieb" HD					
	Brennweite Taste "Mittel" ein (Bild abwarten)					
	Entfernungseinstellung "Weit/Nah" in Ordnung					
Bildqualität				gut	mäßig	schlecht
Brennweiten Umschaltung	Einstellung der Brennweiten und Beurteilung der Bildqualität	Brennweite	Scharfeinst.	Bildqualität		
		groß		gut	mäßig	schlecht
		klein				
		mittel				
Schwenken der Kamera	Schwarze Vorwahltaste (1.von links) drücken					
	Kamera folgt den mit den schwarzen Drehknöpfen "neigen" und "schwenken" gegebenen Steuerbefehlen					
	Rote Vorwahltaste (1. von rechts) drücken					
	Kamera folgt bei Betätigung der roten Tasten nach "rechts - links - oben - unten"					
Anfahren der Festpositionen	weiße Tasten	Bei mittlerer Brennweite eingestellt auf Objekt		Bildqualität		
	1			gut	mäßig	schlecht
	2					
	3					
	4					
Kenntnisnahme der Betriebsleitung:						
 GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE Abteilung Reaktorbetrieb						

Abb. 5.3

Abschnitt 6

Personal

1. Zusammensetzung

Die Betriebsmannschaft des FR2 hat im Gegensatz zu anderen Forschungsreaktoren nicht nur den Betrieb des Reaktors einschließlich Wartungsarbeiten und Funktionsprüfungen sondern auch den Betrieb der Experimente als Aufgabe. Außerdem ist der Schichtleiter des FR2 gleichzeitig Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für das gesamte Kernforschungszentrum.

Reparaturen, Um- und Neubauten werden dagegen von 2 "Techn. Bereichen" (Masch. bzw. Elektrotechnik) durchgeführt.

Die Besetzung der Schichten blieb gegenüber dem Vorjahr unverändert, obwohl das personalintensive Kreislaufexperiment Projekt FR2/55a nach Umbau und Erweiterung der Anlage wieder in Betrieb genommen wurde. Das Schichtpersonal wird von 5 ständigen Schichtgruppen und 1 Reserveschichtgruppe für Urlaubs- und Krankheitsvertretungen gebildet. Eine Übersicht über den Personalstand dieser Schichtgruppen gibt die Tabelle 6.1, Stand 31.12.1971.

Tabelle 6.1 Personalstand der Schichtgruppen

Funktion	5 Schichtgruppen	1 Reserve-schichtgruppe	Gesamt
Schichtleiter und EvD	5	1	6
Schichtleiter-Stellvertreter	5	1	6
Reaktorbetriebs-Ingenieur	5	1	6
Reaktorfahrer	10	-	10
Reaktortechniker	10	4	14
Anlagenfahrer	4	1	5
Schichtpersonal	39	8	47

Im Tagesdienst sind 35 (36) * Mitarbeiter beschäftigt.

Eine Einteilung nach Ausbildungsstand wird in Tabelle 6.2 vorgenommen, Stand 31.12.1971 (Zahlen in Klammern, Stand 31.12.1970/31.12.1969/31.12.1968/31.12.1967).

Tabelle 6.2 Personaleinteilung nach Ausbildung

Akademiker	5	(6/6/7/10)
Ingenieure (grad.)	14	(15/15/17/12)
Betriebsingenieure	7	(7/4/4/4)
Sachbearbeiter	3	(3/3/3/2)
Betriebsmeister	6	(6/6/6/6)
Reaktorfahrer	10	(10/10/5/5)
Reaktortechniker	23 (24)*	(24/21/25/25)
Anlagen- und Kran- fahrer	8	(7/8/7/6)
Hilfsarbeiter	5	(6/6/6/7)
Sekretariat	1	(1/1/1/1)
<hr/>		
Gesamt:	82 (83)*	(85/80/81/78)
<hr/>		

* Klammerwert 1971 = RT Bundeswehr

Das Durchschnittsalter der Angestellten beträgt 35 - 40 Jahre, das der Arbeiter liegt über 40 Jahre.

Die relative Krankheitszeit von 4 % liegt im Vergleich zum gesamten Kernforschungszentrum mit 5 % sehr gut, zumal über die Hälfte des Personals im Wechselschichtdienst tätig ist und auf 2 Mitarbeiter etwa 30 % der gesamten Ausfallzeit durch Krankheit entfällt.

2. Strahlenbelastung der Mitarbeiter

Die Strahlenbelastung der im Jahre 1971 bei Betriebsabwicklung tätigen Mitarbeiter blieb deutlich unter der in der I. Strahlenschutzverordnung zugelassenen Höchstgrenze. Bei 2 Mitarbeitern liegt die Jahresdosis zwischen 2,5 und 3 rem. Nennenswerte Personenkontaminationen erfolgten nicht. Siehe auch [3].

Strahlenbelastung der Mitarbeiter RBT/FR2

im Jahre 1971

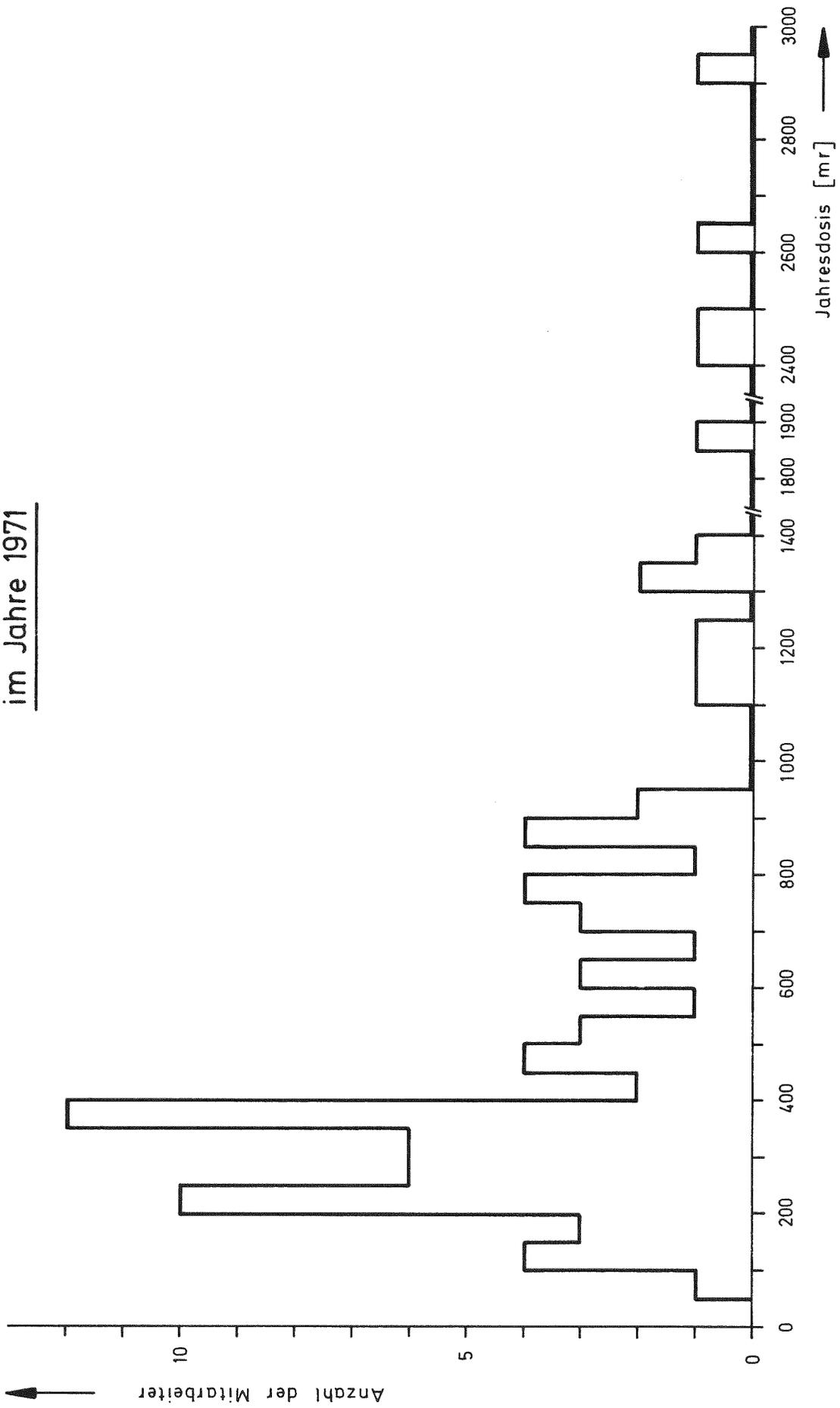


Abb. 6.1

In Abbildung 6.1 ist die Verteilung der Strahlenbelastung der Mitarbeiter des Reaktorbetriebes dargestellt.

3. Schulung

Um eine sichere und möglichst optimale Betriebsführung zu gewährleisten, ist eine gute Schulung des Personals unerlässlich. Daneben fordert der Genehmigungsbescheid für den Betrieb des FR2 ausdrücklich eine gute Ausbildung.

Die Ausbildungsmöglichkeiten der Schule für Kerntechnik (SKT) wurden wie folgt genutzt:

15-Wochen-Lehrgang für Reaktorbetriebsingenieure:	3 Mitarbeiter
2-Wochenkurs über Kernstrahlungstechnik:	1 Mitarbeiter
2-Wochenkurs über techn. Strahlenschutz:	6 Mitarbeiter

Für die technischen Mitarbeiter (Reaktortechniker) wurden einmal wöchentlich, ausgenommen die Urlaubszeit und die Abschaltwochen, Vorträge im Rahmen der innerbetrieblichen Ausbildung veranstaltet, um das Wissen über die umfangreichen Anlagen des FR2 zu vertiefen bzw. zu erweitern. Es wurden 13 Einzelvorträge mit einer durchschnittlichen Teilnehmerzahl von 23 Mann je Vortrag gehalten. Eine weitere Maßnahme der betrieblichen Schulung insbesondere für Reaktortechniker, ist der Einsatz dieser Mitarbeiter in den verschiedenen Teilbereichen des FR2-Tagesdienstes.

Die Ausbildungs- und Wiederholungslehrgänge in schwerem Atemschutz wurden auch im Jahre 1971 für fast alle RBT/FR2-Mitarbeiter weitergeführt.

4. Besucher

Im Jahre 1971 wurden 346 Fachbesucher registriert. 11.099 Besucher besichtigten den FR2 im Rahmen von Besichtigungen des Kernforschungszentrums. In dieser Zahl sind auch die nahezu 2000 Besucher des Familienbesuchstages am 22.7.1971 enthalten.

Abschnitt 7

Ausblick

Für das Jahr 1972 ist erstmals eine Verlängerung der Zyklusdauer von 5 auf 7 Wochen vorgesehen. Das bedeutet 6 Betriebsphasen mit 38 Betriebstagen und 2 Betriebsphasen mit 32 Betriebstagen sowie jeweils dazwischen rd. 11 Abschalttage. Diese Änderung soll mehr zusammenhängende Reparaturzeit und einen Reaktorstart während Werktagen ermöglichen.

Die Reaktornennleistung soll weiterhin 44 MW betragen. Im Verlauf des Jahres 1972 ist eine weitere Erhöhung des Abbrandes zu erwarten.

Bei den Kapselexperimenten ist ein neues Experiment zur Untersuchung des Schwellverhaltens von Kernbrennstoffen in Schwellkapseln Typ 9, geplant (Projekt FR2/96).

Im Auftrage der Firma BBC (Zentrales Forschungslabor, Heidelberg) soll ein neuer Thermionischer Wandler (Projekt FR2/76) zum Einsatz kommen.

Außerdem ist der Betrieb von zwei weiteren Experimentiereinsätzen vorgesehen. Es handelt sich beim ersten Experiment um einen Siedesimulator (Projekt FR2/79) zur Simulation und zum Nachweis der durch Natriumsieden in schnellen Reaktoren verursachten Reaktivitätsänderungen. Im zweiten Experiment (Projekt FR2/97) soll untersucht werden, inwieweit der FR2 zur Erzeugung von Pu 238 aus Np 237 geeignet ist. Dieses Experiment soll im Rahmen von PACT durchgeführt werden.

Im Bereich der Strahlrohrexperimente wird der Aufbau eines Doppelmonochromators mit Doppelbeugungseinheit (Projekt FR2/83), zur Bestimmung der Phononendispersion in Festkörpern, vor dem R6-Kanal erwogen.

Abschnitt 8

Literaturverzeichnis

- [1] W. Steiger: "Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1968"
(KFK-Bericht Nr. 742)
- [2] W. Steiger: "Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1967"
(KFK-Externer Bericht Nr. 15/68-2)
- [3] H. Kiefer
W. Koelzer: Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit,
Jahresbericht 1971
(KFK-Bericht Nr. 1565)
- [4] W. Steiger
D. Wildberg: "Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1970"
(KFK-Bericht Nr. 1415)
- [5] W. Steiger
D. Wildberg: "Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1969"
(KFK-Bericht Nr. 746)
- [6] H. Krause: Abteilung Dekontaminationsbetriebe,
Jahresbericht 1971
(KFK-Bericht Nr. 1830)

Abschnitt 9

Tabellen und Diagramme

Tabelle 9.1	Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1971
Tabelle 9.2	Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit
Tabelle 9.3	Reaktorabschaltungen im Jahre 1971
Tabelle 9.4	Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Betriebszeit 1971
Formblätter Nr. 148/56- 148/65	Reaktorleistung in Betriebsphase A bis K 1971
Formblätter Nr. 9/4	Beladungs- und Belegungspläne Betriebsphase A bis K 1971
Formblätter Nr. 203 f	BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW Reaktorleistung Betriebsphase A bis K 1971
Formblätter Nr. 183b/48 183b/57	Kritische Trimmstabstellung Betriebsphase A bis K 1971
Formblatt Nr. 9 b	Beladungsplan für Isokanalpositionen Iso/10

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1971

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden						Reaktor a.B.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW			
			(MWh)	(Mwd)	$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)		Gesamt		(h)	(h)	(h)	(h)
					(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)				
1.1. 00 ⁰⁰	K/70	1.	738,00		1,55		65,74		0,00		67,29		4,71		*) 6,38	
		2.	7379,95		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		3.	7418,62		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
18.1. 8 ⁰⁸		4.	357,90		0,00		8,13		8,00		8,13		0,00		0,13	
			15894,47	662,27		1,55		409,87		344,00		411,42		4,71		6,51
18.1. 8 ⁰⁸	A/71	4.	1845,80		6,62		43,68		38,35		50,30		0,00		0,00	
		5.	7199,89		0,95		163,63		161,52		164,58		3,42		6,48	
		6.	7343,68		0,32		167,12		165,52		167,40		0,60		2,49	
		7.	7354,04		0,40		166,89		165,24		167,24		0,76		2,76	
22.2. 8 ⁰⁷		8.	7333,68		0,58		166,45		164,67		166,98		1,02		3,33	
		9.	354,57		0,00		8,11		8,00		8,11		0,00		0,12	
			31431,66	1309,65		8,87		715,88		703,30		724,61		5,80		15,18
22.2. 8 ⁰⁷	B/71	9.	1,40		27,36		0,00		0,00		27,36		0,00		0,00	
		10.	1804,14		6,49		45,45		32,20		51,94		1,26		4,55	
		11.	7410,78		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		12.	7372,17		0,31		167,06		165,70		167,37		0,63		2,40	
29.3. 8 ¹²		13.	7438,57		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		14.	357,38		0,03		8,17		8,00		8,20		0,00		0,20	
			24384,44	1016,02		34,19		556,68		541,90		590,87		1,89		7,15

*) 10 MW Betrieb Proj. 2

1
128
1

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1971

2v4

Zeit	Betr.- Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden						Reaktor a.B.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW			
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)		Gesamt		(h)	(h)	(h)	(h)
					(MWh)	(Mwd)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)				
29.3. 8 ¹²	C/71	14.	1383,58		9,98		35,76		23,42		45,74		4,58		8,42	
		15.	7423,94		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		16.	7434,77		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		17.	7313,09		0,68		166,19		163,97		166,87		1,13		4,32	
		18.	7462,85		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
3.5. 8 ⁰⁶		19.	357,73		0,00		8,10		8,00		8,10		0,00		0,10	
			31375,96	1307,33		10,66		714,05		699,39		724,71		5,71		12,84
3.5. 8 ⁰⁶	D/71	19.	0,29		8,13		0,00		0,00		8,13		0,00		0,00	
		20.	0,00		4,00		0,00		0,00		4,00		40,00		28,00	
		21.	6309,81		2,95		148,27		134,79		151,22		16,78		33,40	
		22.	7446,52		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		23.	7445,82		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		24.	7429,79		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
14.6. 8 ⁰⁶		25.	357,44		0,00		8,10		8,00		8,10		0,00		0,10	
			28989,67	1207,90		15,08		660,37		646,79		675,45		56,78		61,50
14.6. 8 ⁰⁶	E/71	25.	0,29		25,03		0,00		0,00		25,03		25,98		28,00	
		26.	6263,01		3,70		145,54		136,21		149,24		18,76		32,03	
		27.	7218,02		0,68		164,10		161,80		164,79		3,21		6,33	
		28.	6512,81		18,88		148,47		144,78		167,35		0,64		23,54	
		29.	7416,63		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		2,25	
19.7. 8. ¹⁰		30.	351,18		0,00		8,17		7,67		8,17		0,00		0,33	
			27761,94	1156,75		48,29		634,28		618,46		682,58		48,59		92,48

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1971

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW	
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)		Gesamt					
					(MWh)	(Mwd)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)				
19.7. 8 ¹⁰	F/71	30.	1711,82		10,53		41,73		35,09		52,26		0,00		0,00	
		31.	7327,71		0,60		166,80		165,55		167,40		0,60		3,13	
		32.	5726,85		16,93		135,94		123,84		152,87		15,14		44,47	
		33.	6499,90		6,78		148,98		143,42		155,76		12,24		24,77	
		34.	7425,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
23.8. 8 ⁰⁵		35.	357,60		0,00		8,10		8,08		8,10		0,00		0,08	
			29049,78	1210,41		34,84		669,55		644,08		704,39		27,98		72,45
23.8. 8 ⁰⁵	G/71	35.	0,00		26,49		0,00		0,00		26,49		17,00		43,40	
		36.	5896,70		18,08		148,88		100,06		166,96		1,03		52,53	
		37.	7429,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		38.	6391,10		18,90		146,04		141,41		164,94		3,06		26,81	
		39.	7423,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
27.9. 8 ¹¹		40.	362,80		0,00		8,18		8,13		8,18		0,00		0,06	
			27504,10	1146,00		63,47		639,10		585,60		702,57		21,09		122,80
27.9. 8 ¹¹	H/71	40.	0,90		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		41.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		40,00		28,00	
		42.	4697,80		4,10		111,54		92,79		115,64		52,37		71,81	
		43.	6238,30		12,85		146,30		135,72		159,18		8,83		29,37	
		44.	7424,70		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
8.11. 8 ⁰⁰		45.	7429,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		46.	354,10		0,00		8,00		8,00		8,00		0,00		0,00	
			26145,30	1089,38		16,95		601,84		572,51		618,82		101,20		129,18

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1971

4v4

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW		
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)		Gesamt						
					(MWh)	(Mwd)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)					(h)
8.11. 8 ⁰⁰	I/71	46.	708,80		15,75		25,33		0,00		41,08		6,92		36,92		
		47.	4260,90		2,26		103,62		89,00		105,88		62,12		79,03		
		48.	7411,30		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00		
		49.	7412,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00		
		50.	7408,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00		
13.12. 8 ¹⁴		51.	360,50		0,00		8,23		8,00		8,23		0,00		0,23		
			27562,60	1148,44		18,01		641,18		601,00		659,19		69,04		116,18	
13.12. 8 ¹⁴	K/71	51.	909,60		8,99		22,98		17,38		31,97		11,70		10,50		
		52.	7165,50		0,38		162,74		160,75		163,12		4,88		7,28		
		53.	5290,80		0,00		120,00		120,00		120,00		0,00		0,00		
			13365,90	556,91		9,37		305,72		298,13		315,09		16,58		17,78	
1.1.1971 0 ⁰⁰ bis 31.12.1971 24 ⁰⁰			283465,82	11811,08		261,18		6548,52		6255,16		6809,70		359,37		654,05	
365 (d) ≙ 100 (%)						10,88d		272,85d ≙ 74,75%		260,63d ≙ 71,40%		283,73d ≙ 77,73%		14,97d		27,25d	
Betriebszeit nach Plan 289 d (Vollast 44 MW) ≙ 100 %								94,41%		90,18%							

Mittlere Leistung bei Betriebszeiten $N > 10^{-3} N_N$: 43,29 MW (ohne Berücksichtigung des 10 MW Betriebs (2,57 d))

Abkürzungen: LB - Leistungsbegrenzung
 LR - Leistungsrücknahme
 AB - Reaktorabschaltung v. Hand
 SS - Reaktorschnellabschaltung (RSA)
 SV - Startverzögerung

nähere Aufschlüsselung
 siehe folgende Tabelle

- 131 -

Tabelle 9.2 : Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1971

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vorgang	Bemerkungen	Ausfallzeiten			
			von	bis			Reaktor abgesch.	verminderte Reaktor-Leistung		Leist.Begr.
							$N < 10^{-3} N_N$	$< 43MW \pm 43MW$		
						[h]	[h]	[h]	[h]	
K/70	1.	2. 1.71	9.00	13.23	AB	Einbau Versuchseinsatz Proj. FR2/26 nach Umbau Gebläseanlaufschaltung	4,38	1,33	5,71	-
	1.	2. 1.71	14.43	15.03	AB	beim Start wegen Wechsel der Aufschalteinheit Kanal 2b	0,33	0,22	0,67	-
A/71	5.	29. 1.71	10.27	13.52	SS	Sicherungsfall e60/II/6 (Fehlbedienung)	3,42	0,95	6,48	-
	6.	1. 2.71	9.45	10.21	SS	Proj. FR2/26 (Fehlbedienung)	0,60	0,32	2,49	-
	7.	11. 2.71	14.37	15.22	SS	Sicherungsfall e54/II/6 (Fehlbedienung)	0,76	0,40	2,76	-
	8.	15. 2.71	11.20	12.21	SS	Proj. FR2/26	1,02	0,58	3,33	-
B/71	10.	6. 3.71	23.19	0.35	AB	wegen Brennelementwechsel (BE8-137 wegen defekter Temp.-Messung aus- und BE8-210 (neu) eingebaut)	1,26	0,32	4,55	-
	12.	15. 3.71	9.06		9.44	SS	Sicherungsfall e54/II/6 (Kurzschluß)	0,63	0,31	2,40
C/71	14.	3. 4.71	12.07	16.42	AB	wegen zu hoher Temp. am neu eingebauten KVE-90 (Proj. FR2/73b) KVE u. BE-Umsetzung	4,58	0,20	8,42	-
	17.	19. 4.71	9.53	11.00	AB	Einbau Proj. FR2/64	1,13	0,68	4,32	-
D/71	20.	15. 5.71	8.00	16.47	SV	Inbetriebnahme Hochdruck Heißdampfkreislauf Proj. FR2/55a	56,78	-	55,33	-
	21.	18. 5.71	3.20		9.24	LB	auf 40 MW wegen zu hoher Temp. am Proj. FR2/64 u. 73b (KVE 90)	-	-	6,07
E/71	25.	19. 6.71	18.24	19.03	SS	Prüfung Sich.-System Proj. FR2/55a	0,65	-	0,65	-
	25.	19. 6.71	22.40			Anfahrsvierigkeiten am Proj. FR2/55a	43,06	-	54,39	-
	26.	21. 6.71		17.44	AB					
	26.	21. 6.71	19.17	19.43	SS	Proj. FR2/86 (KVE-92) NaK-Füllung ungenügend	0,43	0,28	0,71	-
	26.	21. 6.71	20.43	22.24	LR	Ausbau Proj. FR2/86 (KVE-92)	-	1,67	1,95	-
	26.	23. 6.71	11.30	12.06	SS	Proj. FR2/2 (elektr. Fehlschaltung)	0,60	0,25	2,33	-
	27.	29. 6.71	10.08	13.20	AB	wegen Proj. FR2/64 (< Leistung) BE- u. KVE-Umsetzung	3,21	0,68	6,33	-
	28.	8. 7.71	6.01	2.25	LR	Ausbau Proj. FR2/58a6 wegen Hüllschaden und Dichtungswechsel an Proj. FR2/58	-	10,68 5,83	20,41	-
	28.	11. 7.71	20.53	21.31	SS	Proj. FR2/58 (Pu 101 ausgefallen)	0,64	2,42	5,38	-
	30.	19. 7.71	7.30	7.50	LR	Hüllschadentest am BE8-63	-	-	0,33	-

Tabelle 9.2: Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1971

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vorgang	Bemerkungen	Ausfallzeiten			
			von	bis			Reaktor abgesch. [h]	verminderte Reaktor-Leistung N < 10 ⁻³ N _N [h]	< 43MW ÷ 43MW [h]	Leist.Begr. [h]
F/71	31.	26. 7.71	10.24	11.00	SS	Proj. FR2/44 (Fehlbedienung)	0,60	0,60	3,13	-
	32.	2. 8.71	8.09	16.58	AB	nach Plan wegen Proj. FR2/64 und Proj. FR2/86 (KVE-93)	8,82	5,83	21,50	-
	32.	7. 8.71	13.14	13.15	LR	wegen Proj. FR2/55a dabei:	-	-	0,02	-
	32.	7. 8.71	13.15	14.07	SS	Proj. FR2/58 (Q201 u. Q301)	0,87	0,70	1,57	-
	32.	7. 8.71	14.49	15.20	AB	wegen TA-Stab-Pos.7 (Haftung gestört)	0,52	0,03	0,55	-
	32.	7. 8.71	15.22	20.18	AB	wegen TA-Stab-Wechsel Pos. 7	4,93	10,37	20,83	-
	33.	9. 8.71	5.13	16.48	AB	wegen Ausbau Proj. FR2/86 (KVE-93) Thermoelemente defekt	11,57	6,32	18,05	-
	33.	9. 8.71	23.05	23.45	SS	Kanal 2/I-III (Ursache unbekannt)	0,67	0,45	6,45	-
	33.	13. 8.71	11.52	12.08	LR	wegen Proj. FR2/55a (Pumpenausfall)	-	-	0,27	-
	G/71	35.	28. 8.71	8.00	12.00	SV	wegen Proj. FR2/58 (Rücklaufkupplung von Le 10 undicht)	4,00	-	-
35.		28. 8.71	12.00		SV	wegen Proj. FR2/55a (Pumpenausfall, Undichtheit)	13,00	-	5,00	-
		29. 8.71		1.00						
35.		29. 8.71	1.00		LB	auf N < 10 ⁻³ N _N wegen Probebetrieb Proj. FR2/55a	-	36,55	38,40	38,40
36.		30. 8.71		13.33		vor Leistungserhöhung				
36.		30. 8.71	15.24	20.58	LR	Proj. FR2/55a (Leck am Druckspeicher)	-	4,02	11,22	-
36.		31. 8.71	2.37	4.13	LB	Proj. FR2/55a (Prüflingsleistung U31 zu hoch)	-	-	1,60	1,60
36.		31. 8.71	4.13	16.58	LR	Proj. FR2/55a (Prüflingsleistung U31 zu hoch)	-	-	12,75	12,75
36.		31. 8.71	16.58		LR	Proj. FR2/55a (Ermittlung d. Prüflingsleistung U31)	-	-	16,35	-
36.		1. 9.71		9.19						
36.		1. 9.71	9.19	16.07	LB	auf 39 MW wegen Proj. FR2/55 (Prüfl.Leist.U31 begrenzt)	-	-	7,15	7,15
36.		3. 9.71	19.09	19.57	SS	Proj. FR2/55a (Heizungsausfall) dabei:	0,80	0,10	0,90	-
36.		3. 9.71	20.03	20.17	AB	wegen TA-Stab-Pos. 1 (Haftung gestört)	0,23	0,47	2,56	-
38.		13. 9.71	7.51	8.48	LR	Proj. FR2/55a (Heizungsausfall)	-	-	0,95	-
38.		16. 9.71	11.21	12.22	SS	Proj. FR2/55a (Ursache unbekannt) dabei:	1,02	0,10	1,12	-
38.		16. 9.71	12.28	12.35	AB	wegen TA-Stab-Pos. 1 (Haftung gestört)	0,12	0,22	0,34	-
38.	16. 9.71	12.48	14.43	AB	TA-Stab-Wechsel Pos. 1 (Reaktorstart w. Xe-Vergiftung verzögert)	1,92	14,28	16,20	-	
38.	17. 9.71	5.00	9.19	LB	wegen He-Leck (Ursache nicht geklärt)	-	4,32	8,20	8,20	

Tabelle 9.2 : Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1971

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vor-gang	Bemerkungen	A u s f a l l z e i t e n			
			von	bis			Reaktor abgesch.	$N < 10^{-3}$	$N < 43\text{MW} \div 43\text{MW}$	Leist.Begr.
							[h]	[h]	[h]	[h]
H/71	41.	9.10.71	8.00		SV	wegen Flußmeßeinrichtung für Proj. FR2/76 (beim Ausbau fehlte Boralscheibe)	89,50	-	83,54	-
	42.	13.10.71		1.30		deswegen BE-Umsetzung verschoben u. Ausbau Druckrohr Proj. FR2/26				
	42.	13.10.71	7.33	15.54	LB	auf 35 MW wegen Proj. FR2/73d (KVE 96 zu heiß)	-	-	8,35	8,35
	42.	13.10.71	15.57	18.50	AB	wegen Proj. FR2/73d (KVE 96 umgesetzt)	2,87	0,99	7,92	-
	43.	18.10.71	18.00	18.16	LR	für Proj. FR2/73d (Messungen an KVE 96)			0,27	-
	43.	18.10.71	18.16		LR	für Nachkühlzeit Proj. FR2/73d (KVE 85) dabei Abbilden der Xe-Vergiftung auf TA-Stäbe	-	11,45	11,65	-
	43.	19.10.71		5.55						
	43.	19.10.71	5.55	14.45	AB	wegen unplanmäßigem Ausbau Proj. FR2/73d (KVE 85 innere Kapsel defekt)	8,83	1,40	11,17	-
	43.	19.10.71	17.05	23.22	LB	auf 20 MW wegen Proj. FR2/73d (Messungen an KVE 96)	-	-	6,28	6,28
I/71		13.11.71	5.05	15.45	LB	auf $N < 10^{-3}$ wegen Proj. FR2/55a (Meßstelle P-P23 defekt)			10,67	
	46.	13.11.71	21.45		LB	auf 37 MW wegen Proj. FR2/55a (Aktivitätsanstieg im Deckelzwischenraum wegen undichten Verschraubungen)	-	-	11,00	11,00
		14.11.71		8.45						
	46.	14.11.71	8.45	17.05	LR	Proj. FR2/55a (Beobachtung des Aktivitätsverlaufs)	-	-	8,33	-
	46.	14.11.71	17.05		AB	wegen Proj. FR2/55a (Lecksuche und Beseitigung)	68,17	0,18	68,35	-
	47.	17.11.71		13.15						
	47.	17.11.71	13.26	15.01	LB	auf $N < 10^{-3}$ wegen Proj. FR2/55a	-	1,58	3,33	1,58
	47.	17.11.71	16.46	18.00	LR	wegen Proj. FR2/55a } Ausdampfen des RE	-	-	1,23	-
	47.	17.11.71	18.00	18.52	AB	wegen Proj. FR2/55a (Evakuieren und He-Fluten d. RE)	0,87	0,52	13,04	-
K/71	51.	18.12.71	8.00	19.42	SV	wegen Proj. FR2/55a (Montagearbeiten nicht fertiggestellt, dadurch BE-Umladung verschoben)	11,70	-	10,50	-
	52.	21.12.71	9.07	14.00	AB	wegen Hüllschaden BE8-8 (BE-Wechsel)	4,88	0,38	7,28	-
Summe:					61		359,37h ^14,97d	127,98h ^5,33d	654,05h ^27,25d	101,38h ^4,22d

Anmerkung: LB = Leistungsbegrenzung = 10 Anzahl im Jahr 1971
 LR = Leistungsrücknahme = 13
 AB = Reaktorabschaltung von Hand = 19
 SS = Reaktorschnellabschaltung (RSA) = 14
 SV = Startverzögerung = 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1fd. Nr.	Datum	Zeit	Abschaltart			Abschaltgrund	Schnellabschaltungs- auslösung		Störungsart				Ausfallzeiten (falls planm. Reaktorbetr.)			Bemerkungen				
			Hand	Hand über Si-System	< 1 MW ausomp.		> 1 MW ausomp.	Plan	Störung	Reaktor Si-Kanal Meßstelle bzw. Reaktorhilfsanrichtung	Experiment Nr./ Meßstelle	echter Grenzwert	Geräte- oder Anlagenfehler	Fehlbedienung	Prüfung		Verursachung der Auslösesignale	Funktion der Abschaltstäbe	Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung ≤ 10 ⁻³ MW
1	02.01.	09.00		x				x	K4/I K5/III	(26)				(x)	2v3	TA5(+)	4,38	1,33	5,71	Einbau Versuchseinsatz Proj. FR2/26, Ankunftsmeldung TA5 defekt.
2	02.01.	14.43	x					x	Pult/SW (K2b)			(x)			1v1	TA5(x)	0,33	0,22	0,67	Aufschalteinheit Si-Kanal 2b gewechselt, Ankunftsmeldung TA5 gebrückt.
3	18.01.	08.08	x				x		K7/I+III					x	2v3	TA5(+)				Ende Betriebsphase K/1970, Ankunftsmeldung TA5 gebrückt.
4	21.01.	18.47	x				x		K2b/I+II					x	2v3	TA14				Prüfung D20-Kreislauf (Programm: Moderator-Notablaß); Ankunftsmeldung TA14 zur Prüfung gezogen.
5	29.01.	10.27			x		x			55a/div		x			2v3	TA14(+)	3,42	0,95	6,48	Sicherungsfall bei Montagearbeiten Proj. FR2/55a, Ankunftsmeldung TA14 gebrückt.
6	01.02.	09.45			x		x			26/1107-109		x			2v3	TA5,10,14 (+)	0,60	0,32	2,49	Bei Prüflingsausfahrt L4-7 waren Temperaturmeßstellen nicht gebrückt, Ankunftsmeldung TA5,10,14 gebrückt.
7	11.02.	14.37			x		x		Si Nr. 54 GR II/6				x		2v3	TA5,10,14 (+)	0,76	0,40	2,76	Sicherungsfall bei Montagearbeiten, Ankunftsmeldung TA5,10,14 gebrückt.
8	15.02.	11.20			x		x			26/1107-109	x				2v3	TA5,10,14 (+)	1,02	0,58	3,33	Druckabsenkung im He-Kreislauf Proj. FR2/26 bei eingebaute Prüfling L4-5, Ankunftsmeldung TA5,10,14 gebrückt.
9	22.02.	08.07			x		x			1				x	1v1	TA5,10,14 (+)				Ende Betriebsphase A/1971, Ankunftsmeldung TA5,10,14 gebrückt.
10	26.02.	05.04	x				x		K4/II K10/I				x		2v3	TA5,10,14 (+)				Bestimmung kritischer Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA5,10,14 gebrückt.
11	27.02.	18.11	x				x		K4/III K10/II				x		2v3	TA5,10,14 (+)				Bestimmung des Einflusses der Moderatortemperatur, Ankunftsmeldung TA5,10,14 gebrückt.
12	01.03.	14.55	x				x		Pult/SW				x		1v1	i.0.				Abbildung Einsatz Proj. FR2/55a auf FR-Stab.
13	06.03.	23.19	x				x		Pult/SW (BE8)			(x)			1v1	i.0.	1,26	0,32	4,55	BE-Wechsel wegen defekter Temperaturüberwachung (BE8-137).
14	15.03.	09.06			x		x		Stahlitank 2Q23				x		1v1	TA6(+)	0,63	0,31	2,40	Sicherungsfall bei Montagearbeiten hinter Schalttafelblöcken, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
15	29.03.	08.12	x				x		Pult/SW					x	1v1	TA6(+)				Ende Betriebsphase B/1971, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
16	03.04.	12.07	x				x		Pult/SW	(73b/KVE90)	(x)				1v1	TA6(+)	4,58	0,20	8,42	Zu hohe Temperatur Proj. FR2/73b-KVE90, deshalb Umsetzung, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
17	19.04.	09.53	x				x		Pult/SW	(64)			(x)		1v1	TA6(+)	1,13	0,68	4,32	Einbau Proj. FR2/64, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
18	03.05.	08.08	x				x			Not-Aus P64				x	1v1	TA6(+)				Ende Betriebsphase C/1971, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
19	04.05.	11.30	x				x		K6/I Störsch. K6/II				x		1v2	TA6(+)				Bestimmung Xe-Vergiftung und Einfluß von Proj. FR2/58-Le10, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
20	06.05.	04.02	x				x		Reaktor- plattform					x	1v1	TA6(+)				Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.

135

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
1fd. Nr.	Datum	Zeit	Abschaltart			Abschaltgrund	Schnellabschaltungs- auslösung		Störungsart				Wertungsschaltung der Auslössignale	Funktion der Abschaltstäbe	Ausfallzeiten (falls planm. Reaktorbetr.)			Bemerkungen			
			Hand	Hand über Si-System	< 1 MW autom. > 1 MW durch RSA		Plan	Störung	Reaktor-Si-Kanal Meßstelle Dr. Reaktormittel Einrichtung	Experiment Nr./ Meßstelle	echter Grenzwert	Geräte- oder Anlagenfehler			Fehlbedienung	Prüfung	Reaktor außer Betrieb		Reaktorleistung < 10 ² MW	Reaktorleistung bis 45 MW	
21	12.05.	03.54		x			x		K2b/I+II					x	2v3	TA6(+)					Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
22	14.06.	08.06	x				x		(Pu 2,12)	26/0601				x	1v1	TA6(+)					Ende Betriebsphase D/1971, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
23	16.06.	04.06		x			x		K5/I+II					x	2v3	TA6(+)					Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
24	17.06.	18.37		x			x		K3b/I+II					x	2v3	TA7					Prüfung D ₂ O-Kreislauf (Programm: Moderator, Notablaß), Ankunftsmeldung TA7 zur Prüfung gezogen.
25	19.06.	18.24			x			x		55a			x		2v3	i.0.	0,65	-	0,65		Prüfung Sicherheitssystem Proj. FR2/55a.
26	19.06.	22.40	x					x		Not-Aus P58 (55a)		(x)			1v1	i.0.	43,06	-	54,39		Anfahrsvchwierigkeiten Proj. FR2/55a.
27	21.06.	19.17			x			x		86/KVE92	x				2v3	TA6(+)	0,43	0,28	0,71		Ungenügende Mak-Einfüllung bei Proj. FR2/86-KVE92, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
28	23.06.	11.30				x		x		2/Fall A			x		2v3	TA6(+)	0,60	0,25	2,33		Anlagenausfall Proj. FR2/2 durch Bedienungsfehler Vakuumanlage, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
29	29.06.	10.08		x				x	K4/I K5/II	(64)				(x)	2v3	TA6(+)	3,21	0,68	6,33		Wegen zu kleiner Leistung Proj. FR2/64 BE- und KVE-Umsetzungen, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
30	11.07.	20.53				x		x		58/Q201- Q301		x			1v1	TA6(+)	0,64	2,42	5,38		Ausfall Pu 101 von Proj. FR2/58, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
31	19.07.	08.10	x					x		Not-Aus P64				x	1v1	TA6(+)					Ende Betriebsphase E/1971, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt.
32	22.07.	04.12		x				x	K3b/I+II					x	2v3	TA6(+)					Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA6 gebrückt, Ankunftsmeldung TA14 defekt.
33	26.07.	10.24				x		x		44/Q1/2			x		2v2	TA6,14 (+)	0,60	0,60	3,13		Fehlbedienung bei Wartungsarbeiten Proj. FR2/44, Ankunftsmeldung TA6,14 gebrückt.
34	02.08.	08.09	x					x	Pu18/SW	(64)				(x)	1v1	TA10(+)	8,82	5,83	21,50		Umsetzung Proj. FR2/64 sowie BE's und KVE's, Ankunftsmeldung TA10 gebrückt.
35	07.08.	13.15			x			x		58/Q201- Q301	x				1v1	i.0.	0,87	0,70	1,57		Anlagenausfall Proj. FR2/55a, bei Reaktorleistungsrücknahme Abschaltung über Proj. FR2/58.
36	07.08.	14.49	x					x	Pu17/SW (TA7)			(x)			1v1	i.0.	0,52	0,03	0,55		TA7 abgefallen.
37	07.08.	15.22	x					x	Pu17/SW (TA7)			(x)			1v1	i.0.	4,93	10,37	20,38		TA7 abgefallen, TA7 gewechselt.
38	09.08.	05.13	x					x		86/KVE93	(x)				1v1	i.0.	11,57	6,32	18,05		Ausbau Proj. FR2/86-KVE93 wegen defekter Thermolemente.
39	09.08.	23.05			x			x	K2b/I-III			x			2v3	i.0.	0,67	0,45	6,45		Ursache unbekannt.
40	23.08.	08.05				x	x			1				x	1v1	i.0.					Ende Betriebsphase F/1971.
41	26.08.	04.00		x				x	K4/I+II					x	2v3	i.0.					Bestimmung kritische Steuerstabstellung.
42	03.09.	19.09				x		x		55a/div	x				2v3	TA6,10,14 (+)	0,80	0,10	0,30		Ansprechen des Sicherheitsventils Ve102 von Proj. FR2/55a, Ankunftsmeldung TA6,10,14 gebrückt.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ifd. Nr.	Datum	Zeit	Abschaltart				Abschaltgrund		Schnellabschaltungs-auslösung	Experiment Nr./MeiStelle	Störungsart				Ausfallzeiten (falls planm. Reaktorbetr.)			Bemerkungen		
			Hand	Hand über Si-System	< 1 MW autom.	> 1 MW durch RSA	Plan	Störung			Reaktor Si-Kanal MeiStelle bzw. Reaktorhilfsanordnung	echter Grenzwert	Gefährd. oder Anlagengefährd.	Fehlbedienung	Prüfung	Wertungsschaltung der Auslösesignale	Funktion der Abschaltstäbe		Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung <= 10 MW
43	05.09.	20.03	x					x	Pult/SW (TA1)		(x)				1v1	TA6,10,14 (+)	0,23	0,47	2,56	TA1 abgefallen, Ankunftsmeldung TA6,10,14 gebrückt.
44	16.09.	11.21				x		x		55a		x			2v3	TA10,13 14 (+)	1,02	0,10	1,12	Anlagenausfall Proj. FR2/55a, Ursache unbekannt, Ankunftsmeldung TA10,13,14 gebrückt.
45	16.09.	12.28	x					x	Pult/SW (TA1)		(x)				1v1	TA10,13 14 (+)	0,12	0,22	0,34	TA1 Haftung gestört, Ankunftsmeldung TA10,13,14 gebrückt.
46	16.09.	12.48	x					x	Pult/SW (TA1)		(x)				1v1	TA10,13, 14 (+)	1,92	14,28	16,40	TA1 Haftung gestört, TA1 gewechselt, Ankunftsmeldung TA10,13,14 gebrückt.
47	27.09.	08.11				x	x			44/01/2				x	2v2	TA10,13, 14 (+)				Ende Betriebsphase G/1971, Ankunftsmeldung TA10,13,14 gebrückt.
48	07.10.	18.56			x		x		Netzausfall > 1 sec					x	1v2	TA10,13 (+)				Prüfung Netzausfall, Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
49	07.10.	19.17			x		x		Netzausfall > 1 sec					x	1v2	TA10,13 (+)				Prüfung Netzausfall, Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
50	10.10.	11.05		x			x		K2b/I+II					x	2v3	TA10,13(+) TA4				Prüfung D ₂ O-Kreislauf (Programm: Moderator-Notablaß), Ankunftsmeldung TA4 gezogen, Ankunftsmeldung TA10, 13 gebrückt.
51	13.10.	15.57	x					x	Pult/SW	(73d KVE96)	(x)				1v1	TA10,13 (+)	2,07	0,99	7,92	Zu hohe Temperatur Proj. FR2/73d-KVE96, deshalb Umsetzung, Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
52	19.10.	05.55	x					x	Pult/SW	(55a 73d/KVE85)	(x)				1v1	TA10,13 (+)	8,03	1,40	11,17	Ausbau Einsatz Proj. FR2/55a, Ausbau Proj. FR2/73d-KVE85 (innere Kapsel defekt), Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
53	08.11.	08.00			x		x			58				x	1v1	TA10,13 (+)				Ende Betriebsphase H/1971, Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
54	14.11.	17.05		x				x	K7/I+II	(55a)	(x)				2v3	TA10,13 (+)	68,17	0,18	68,35	Leckbeseitigung an Rücklaufleitung Proj. FR2/55a, Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
55	17.11.	18.00	x					x	Pult/SW	(55a)			(x)		1v1	TA10,13 (+)	0,07	0,52	13,04	Evakuieren und He-fluten des Einsatzes von Proj. FR2/55a, Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
56	13.12.	08.14			x		x		73b KVE87					x	2v3	TA10,13 (+)				Ende Betriebsphase I/1971, Ankunftsmeldung TA10,13 gebrückt.
57	16.12.	03.30		x					K8/I+III					x	2v3	i.o.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung.
58	18.12.	01.15		x				x	K2b/II K3a/III Störsch.					x	2v3	TA12				Prüfung D ₂ O-Kreislauf (Programm: Moderator-Notablaß) Ankunftsmeldung TA12 zur Prüfung.
59	21.12.	09.07			x			x	(BE8)	44/01/2	(x)				2v2	TA1	4,88	0,38	7,28	Ausbau BE8-8 wegen Hülschaden, Ankunftsmeldung TA1 defekt.
Abschaltungen			21	16	10	12	26	33	15	18	7	14	7	31		29	184,39	52,24	311,63	

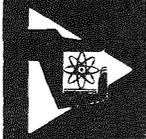
- 137 -

Anmerkungen zu Tabelle 9.3:

1. Die Schnellabschaltungsursachen sind unterteilt in die Gebiete Reaktor und Experimente.
2. Die "Störungsarten sind in folgende Gruppen eingeteilt:
 - 2.1 Ein "echter Grenzwert" liegt vor, wenn vorgegebene Grenzwerte tatsächlich erreicht wurden und eine Abschaltung des Reaktors aus Sicherheitsgründen erforderlich wurde.
 - 2.2 Ein "Gerätefehler" liegt vor, wenn bei Störungen an Meßgeräten der Sicherheitseinrichtungen wegen des Prinzips "fail-to-safe" Reaktorabschaltung erfolgte.
 - 2.3 Bei "Fehlbedienungen" handelt es sich um Reaktorabschaltungen, die infolge von Bedienungsfehlern sowohl bei der Durchführung von Betriebsoperationen als auch zur Überprüfung einzelner Signale und ihre Folgefunktionen.
 - 2.4 Bei "Prüfung" handelt es sich um Schnellabschaltungen zu Prüfzwecken sowohl im Rahmen der periodischen Funktionsprüfungen (Eigenüberwachung) als auch zur Überprüfung einzelner Signale und ihrer Folgefunktionen.
- (x) In Spalt 12 - 15 sind zwingende Abschaltungen, jedoch nicht automatisch sondern von Hand eingeleitet.

Tabelle 9.4 Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Betriebszeit 1971

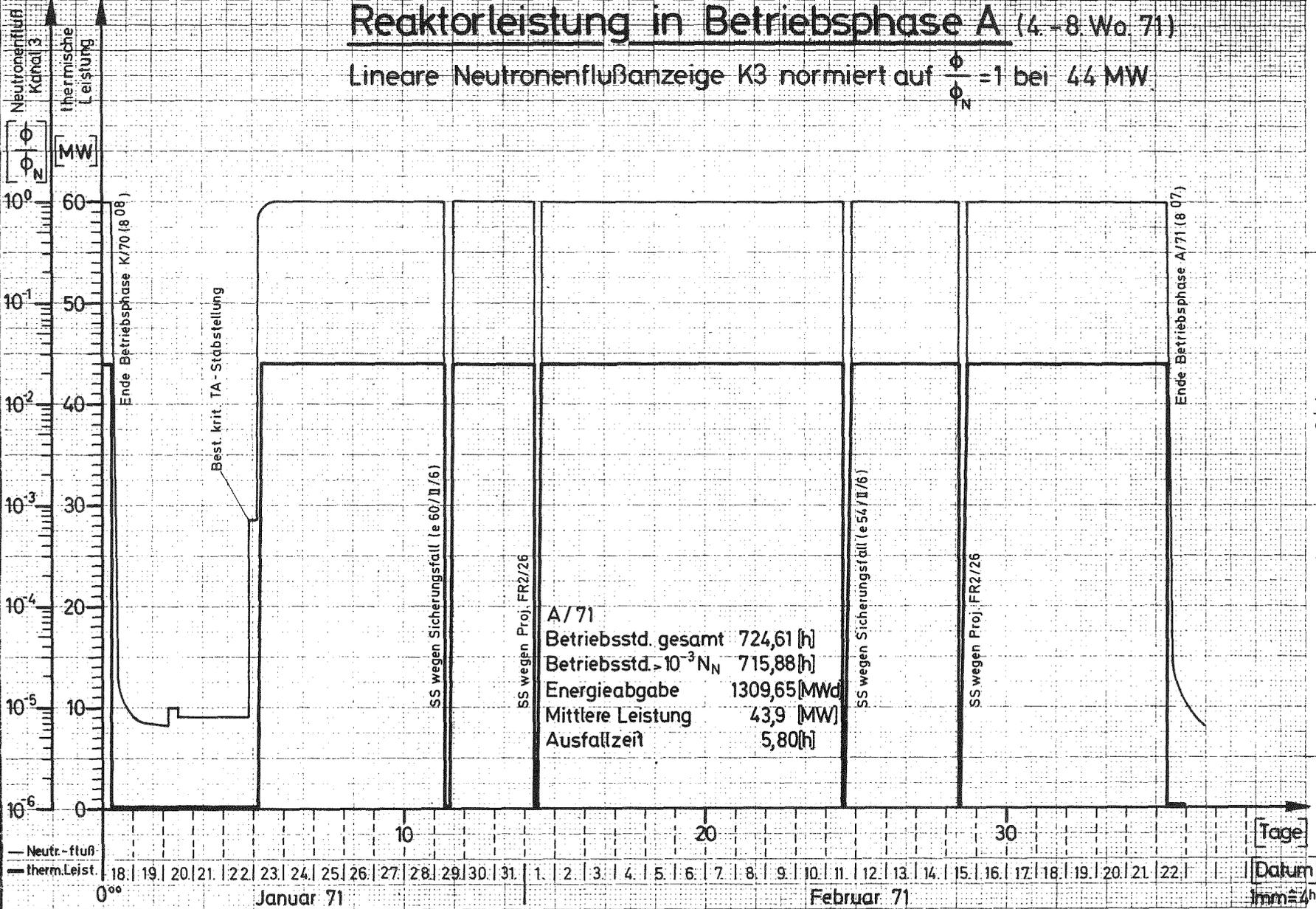
Lfd. Nr.	Datum	Zeitpunkt	Maßnahme		Reaktorleistung			Ausfallzeit		Ursache		Bemerkungen	
			Plan	Störg.	vor Rückn. [MW]	nach Rückn. <10 ⁻³ N _N	>10 ⁻³ N _N [MW]	Plan [h]	Störg. [h]	Reakt.	Exp.		
1	21.06.71	20 ⁴³		x	1	x			1,95		x	Proj. FR2/86 (KVE-92) NaK-Füllung ungenügend	
2	08.07.71	6 ⁰¹		x	44	x			20,41		x	Proj. FR2/58a6 (Hüllschaden) und Dichtungswechsel an Proj. FR2/58	
3	19.07.71	7 ³⁰	x		44		20	0,33		x		Hüllschadentest am BE8-63	
4	07.08.71	13 ¹⁴		x	44	x			0,02		x	Proj. FR2/55a (Anlagenausfall)	
5	13.08.71	11 ⁵²		x	44		28		0,27		x	Proj. FR2/55a (Pumpenausfall)	
6	30.08.71	15 ²⁴		x	1	x			11,22		x	Proj. FR2/55a (Leck am Druckspeicher)	
7	31.08.71	4 ¹³		x	41		39		12,75		x	Proj. FR2/55a (Prüflingsleistung U31 zu hoch)	
8	31.08.71	16 ⁵⁸	x		39		25	16,35			x	Proj. FR2/55a (Ermittlung d. Prüflingsleistung U31)	
9	13.09.71	7 ⁵¹		x	44		31		0,95		x	Proj. FR2/55a (Heizungsausfall)	
10	18.10.71	18 ⁰⁰	x		44		40	0,27			x	Proj. FR2/73d (Messungen an KVE 96)	
11	18.10.71	18 ¹⁶		x	40	x			11,65		x	Proj. FR2/73d (für Nachkühlzeit KVE 85 zwecks Ausbau)	
12	14.11.71	8 ⁴⁵		x	37		21		8,33		x	Proj. FR2/55a (Beobachtung d. Aktivitätsverlaufs weg. Leck i. DU)	
13	17.11.71	16 ⁴⁶		x	8		4		1,23		x	Proj. FR2/55a (Ausdampfer des RE)	
14	Leistungsrücknahmen		3	10		5	8	16,95	68,78		1	12	
								85,73					

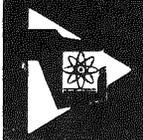


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

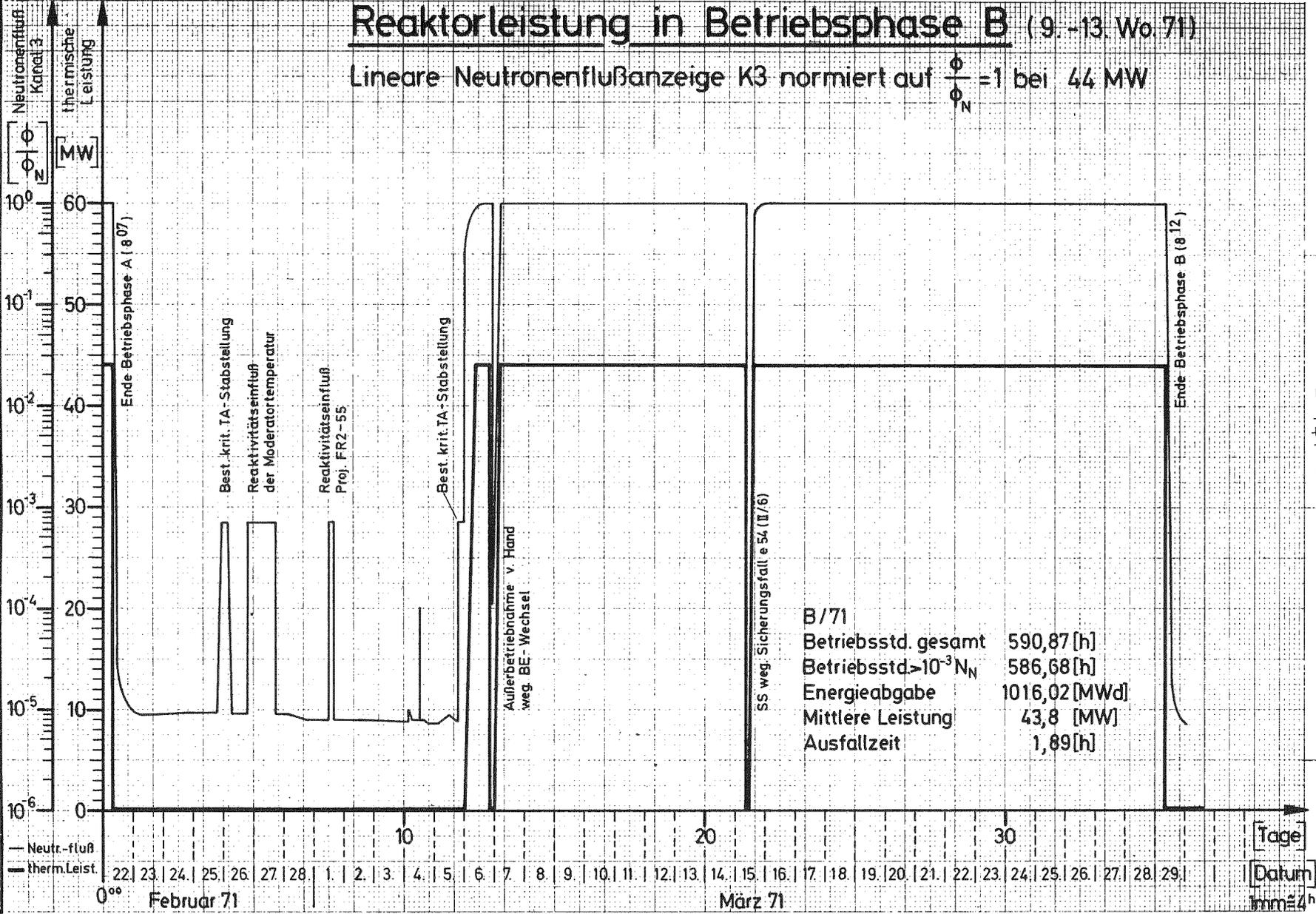
Reaktorleistung in Betriebsphase A (4.-8. Wo. 71)

Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\frac{\phi}{\phi_N} = 1$ bei 44 MW

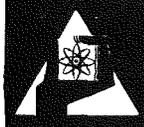




GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

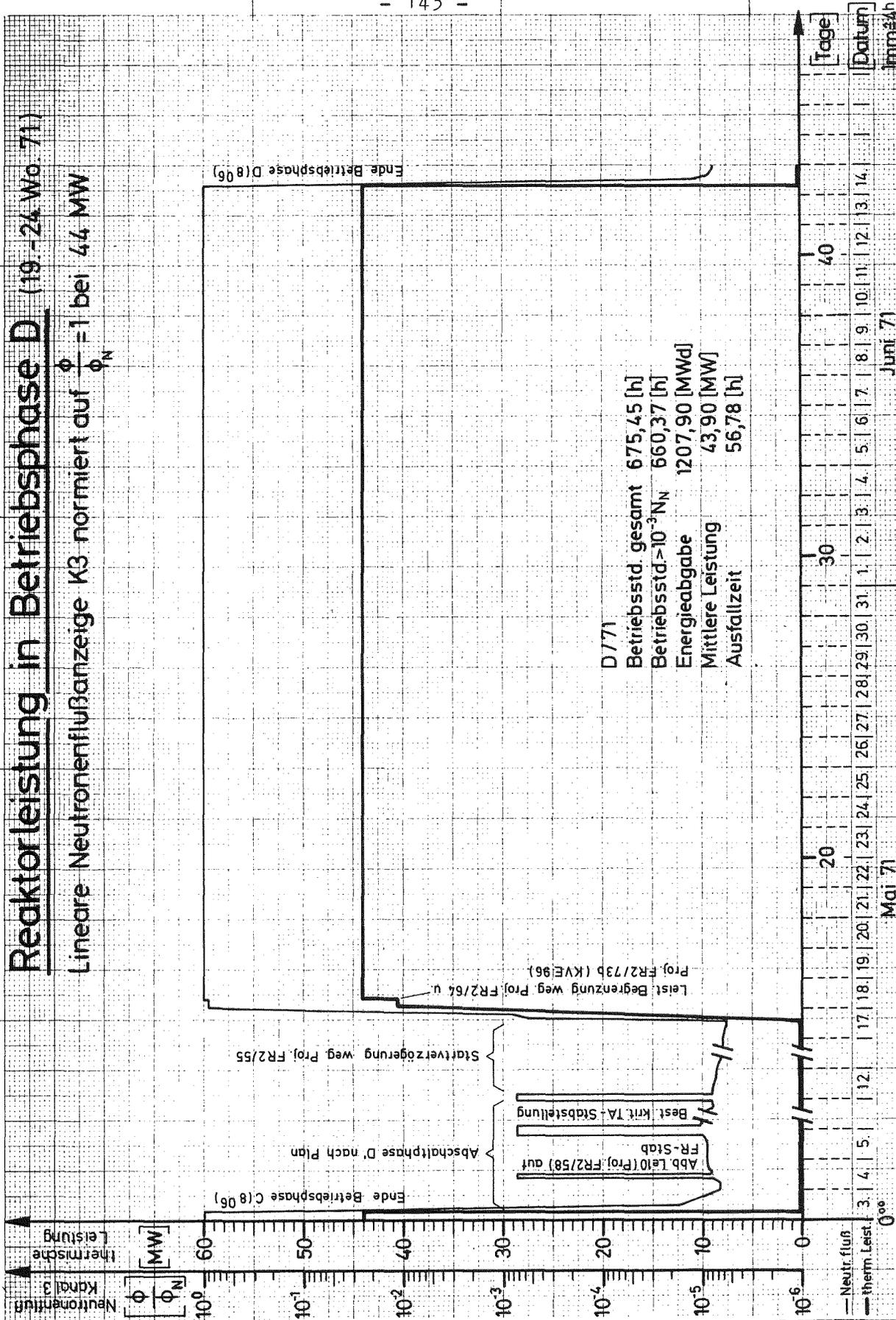


Formblatt: 148/59



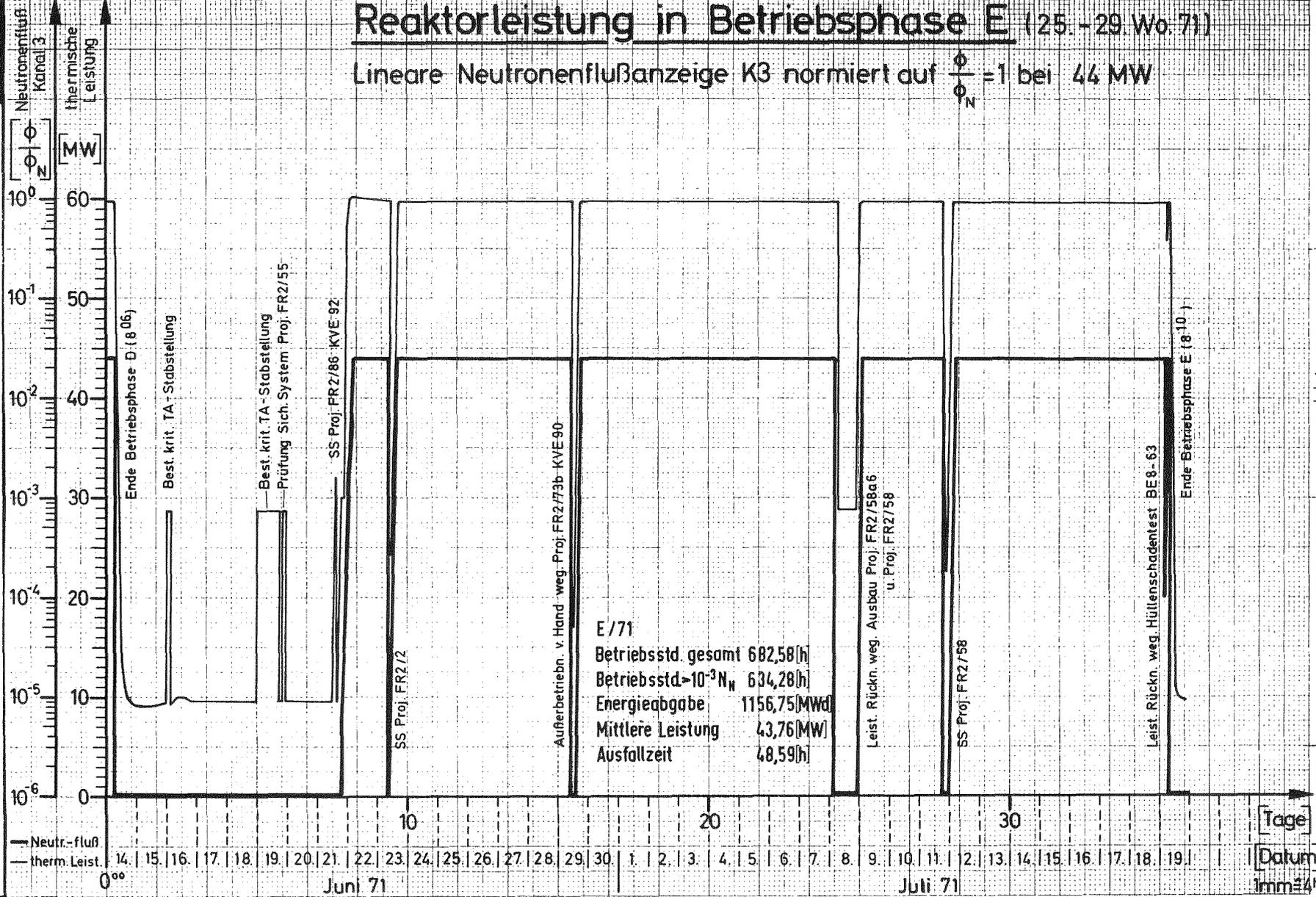
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

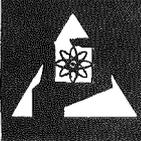




GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb



Formblatt: 148/61

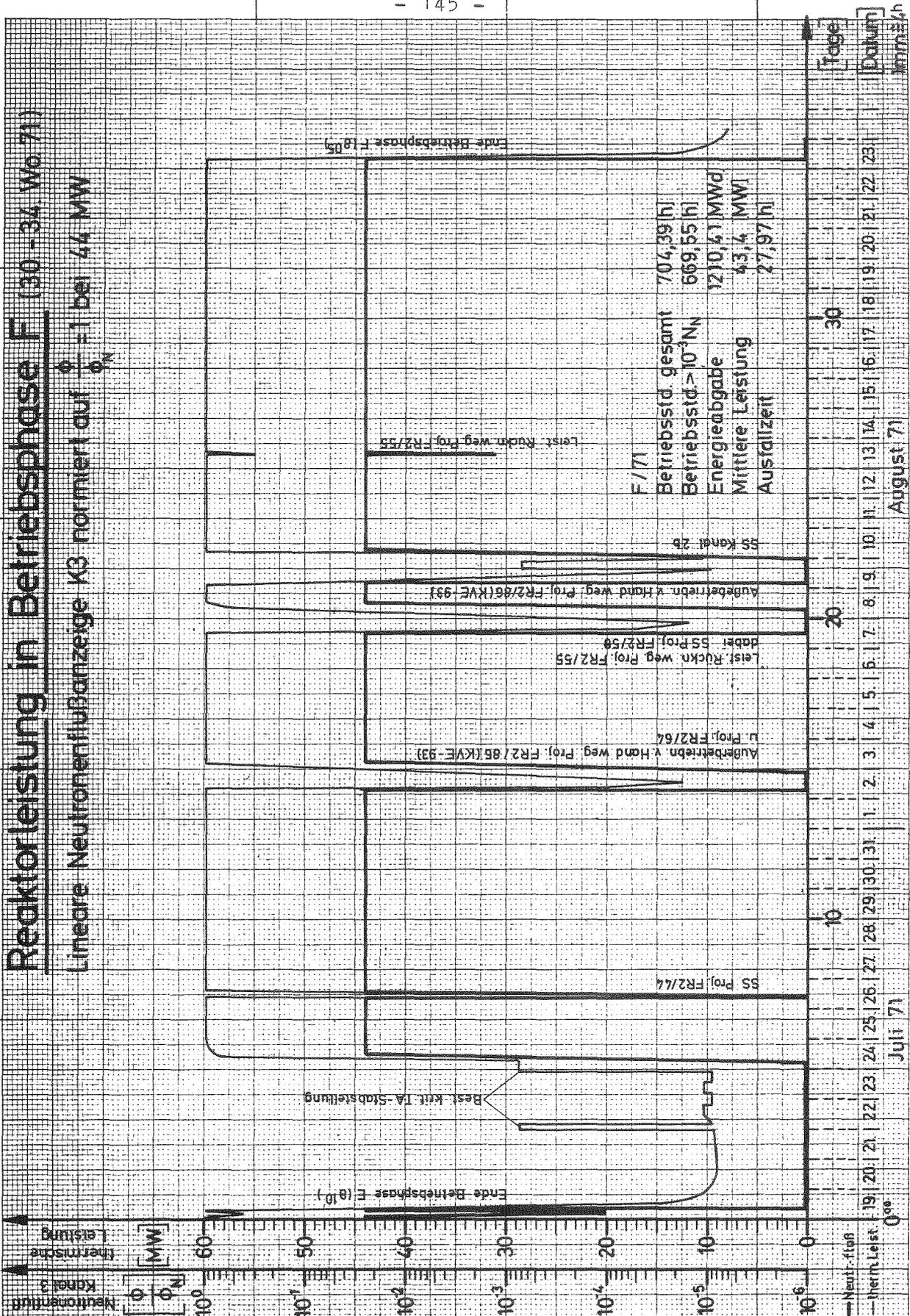


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

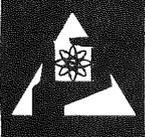
Reaktorleistung in Betriebsphase F (30.3.71 - Wo. 71)

Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\frac{\phi}{\phi^N} = 1$ bei 44 MW



Tage: 30
Datum: August 71

Formblatt: 148/62

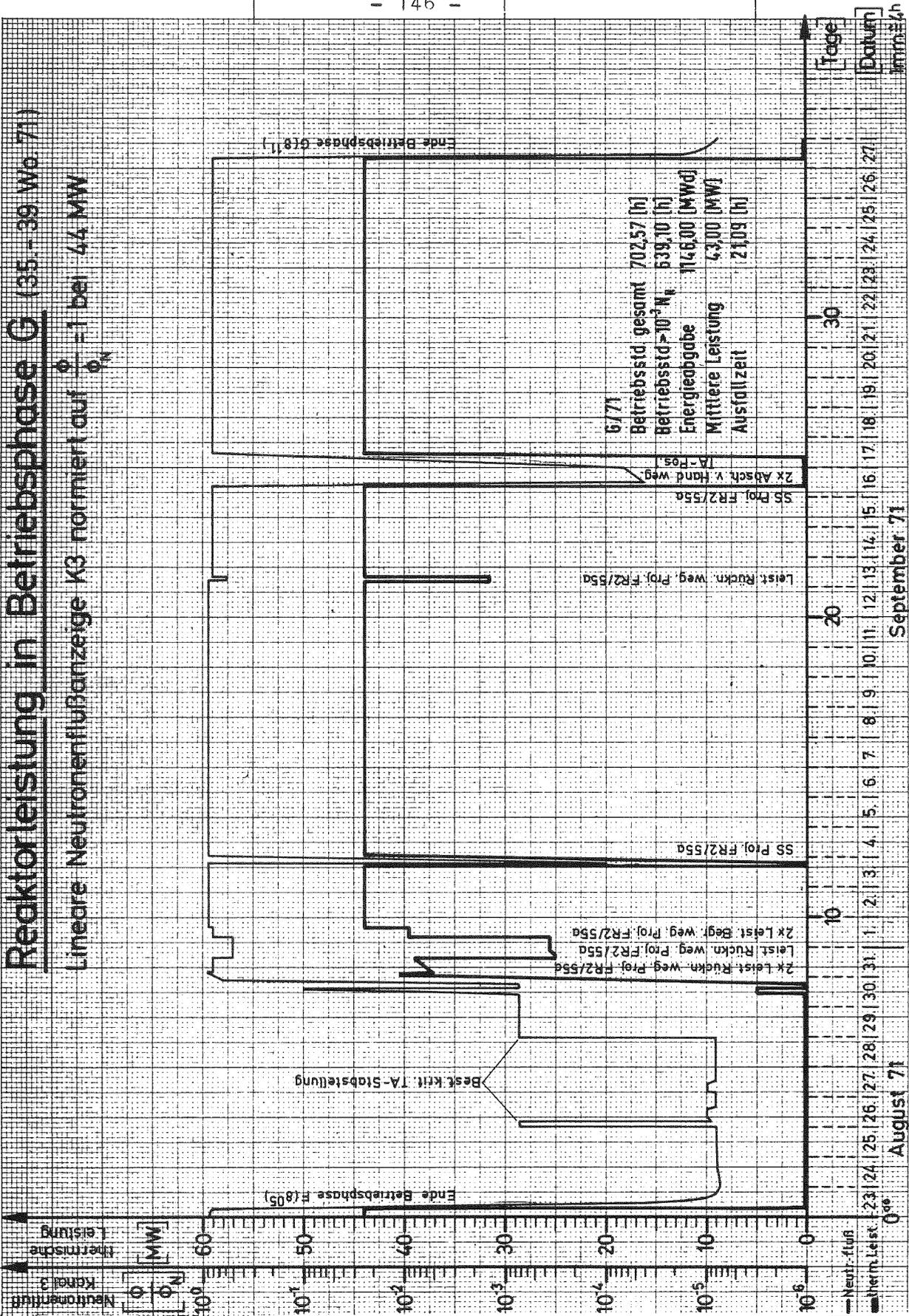


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase G (35.-39. Wo. 71)

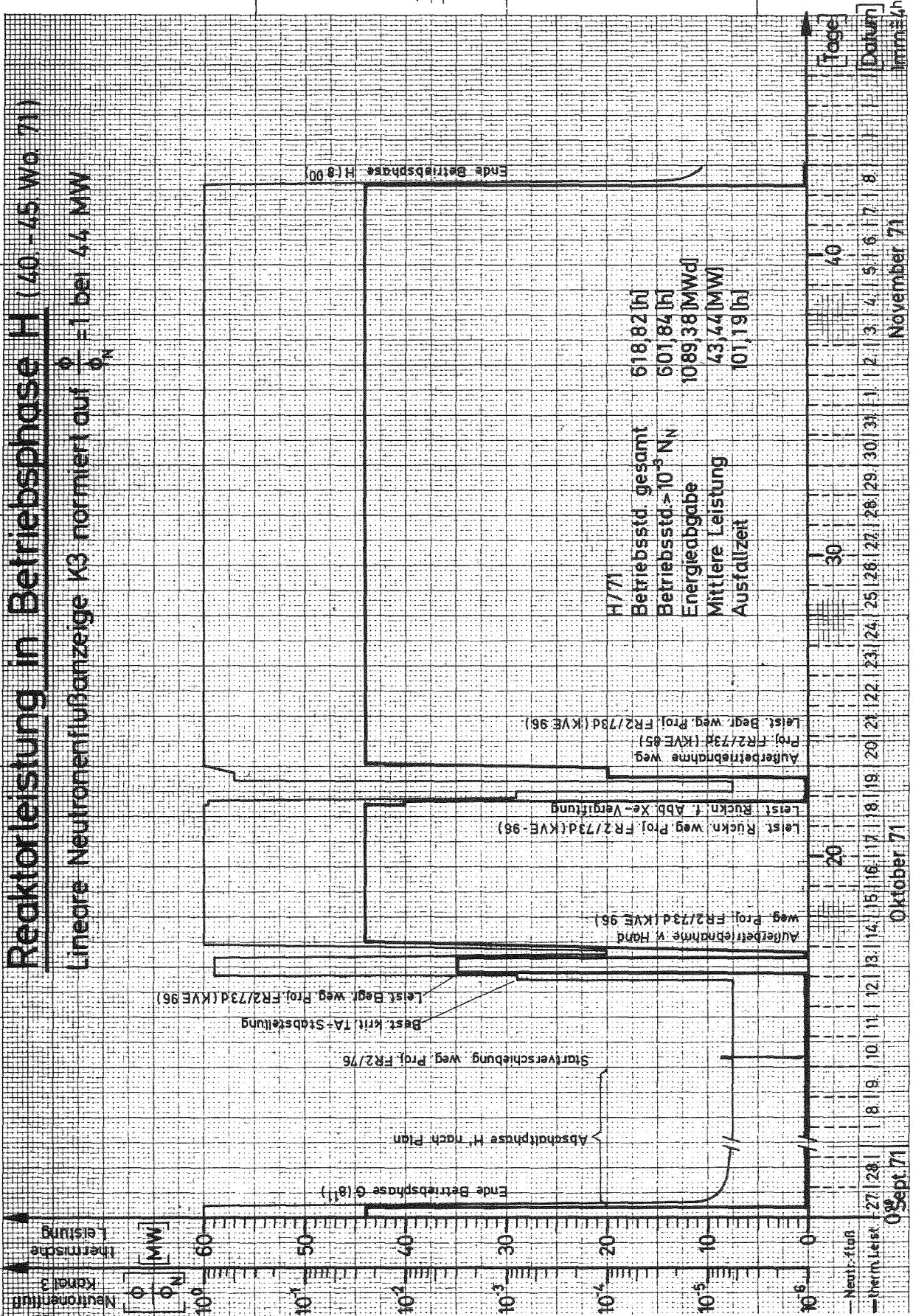
Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\phi_N = 1$ bei 44 MW



Formblatt: 148/63



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

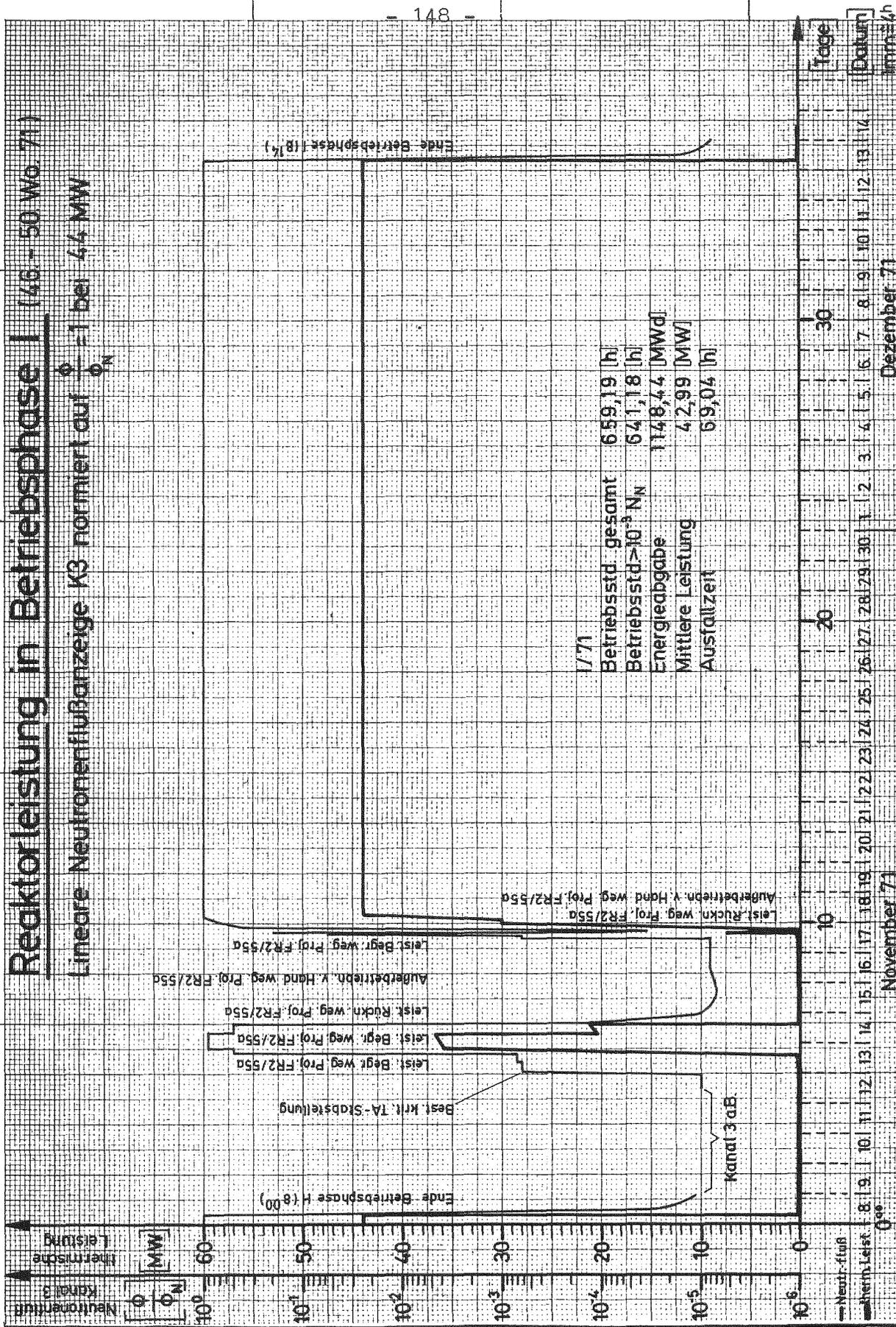


Tage
Datum
mm/yy

November 71

Oktober 71

01 Sept. 71



Formblatt: 148/65

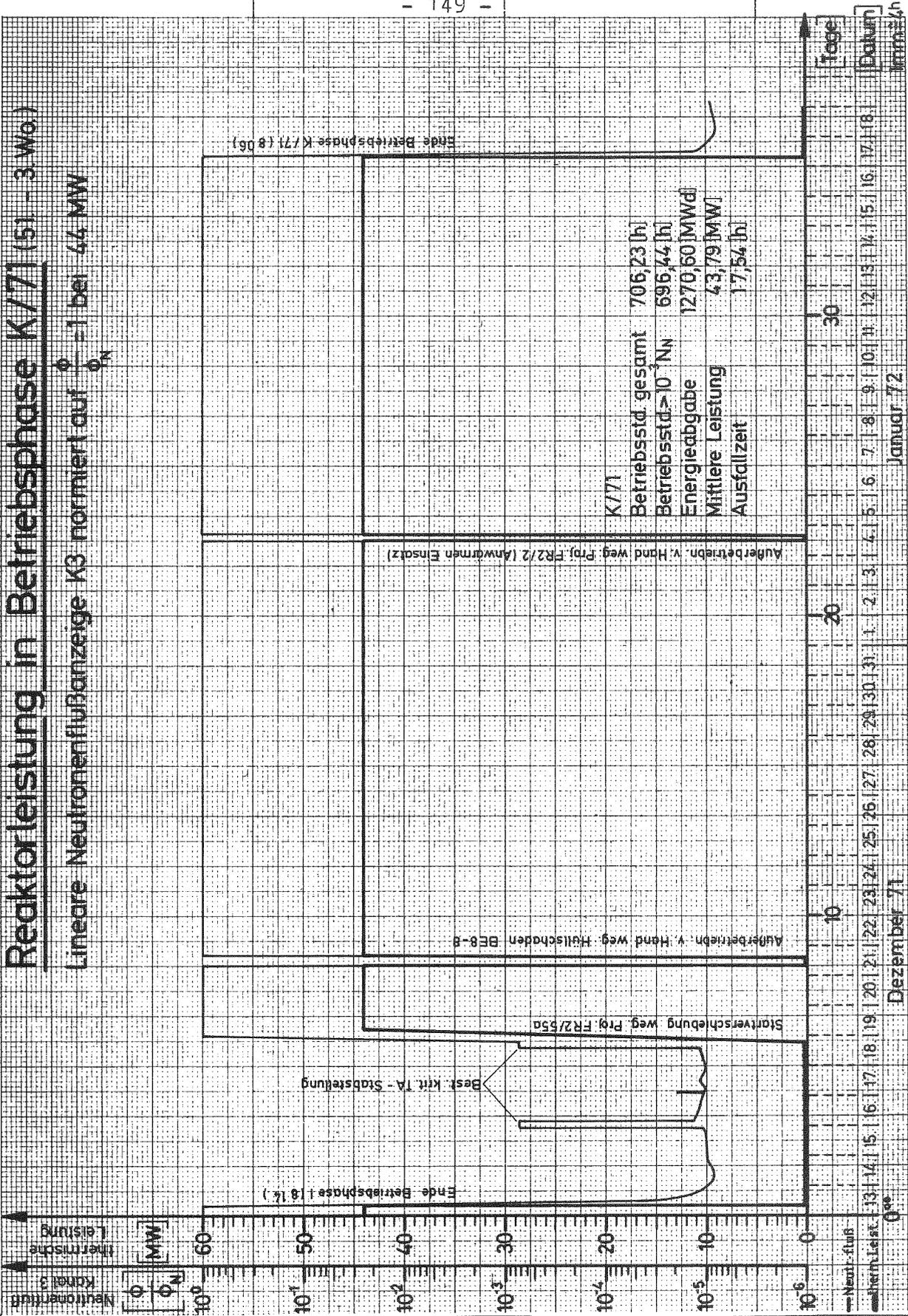


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase K/71 (51 - 3. Wo.)

Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\phi_{IN} = 1$ bei 44 MW



Neutronenfluß
therm. Leist. [MW]

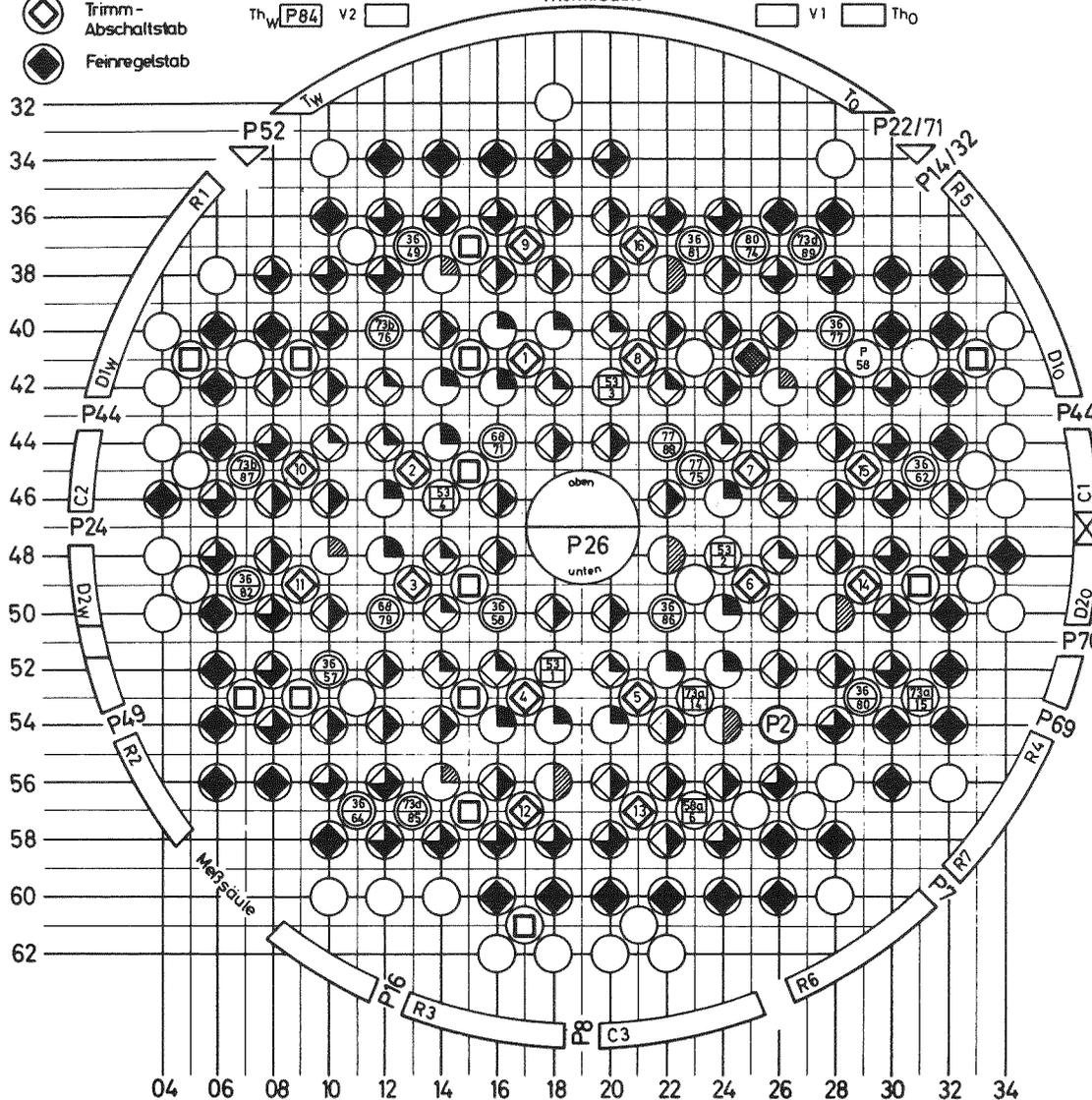
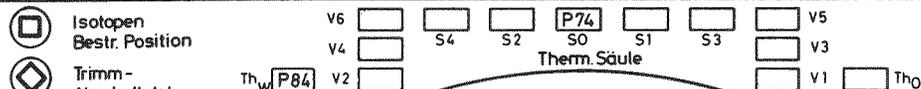
10⁰ 10⁻¹ 10⁻² 10⁻³ 10⁻⁴ 10⁻⁵ 10⁻⁶

0 10 20 30 40 50 60

13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18

Dezember 71 Januar 72

Tage Datum



1. Brennelemente :

Abbrand: ≤ 25 25-50 50-75 > 75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U

- - - - - 0 BE 5 (15% anger.)
 - - - - - 14 BE 7 (175% anger.)
 37 - 130 BE 8 (2% anger.)
 - - - 9 BE 9 (186% anger.)
 Summe BE im Core - 153

2. Kapselversuchseinsätze :

<input type="checkbox"/>	Proj. Nr.	- 19
	lfd. Nr.	

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

<input type="checkbox"/>	Proj. Nr.	- 7
	lfd. Nr.	

4. Kreislaufexperimente :

- 4.1 Proj. FR2/2 (He - Tieftemperaturbestrahlungseinrichtung)
Position 54/26
- 4.2 Proj. FR2/26 (Brennstoffbestr.-He - Druckgaskreislauf)
Position 47/19

Prüf. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
L4-5	2. 2. 71	8 36	18. 2. 71	13 20

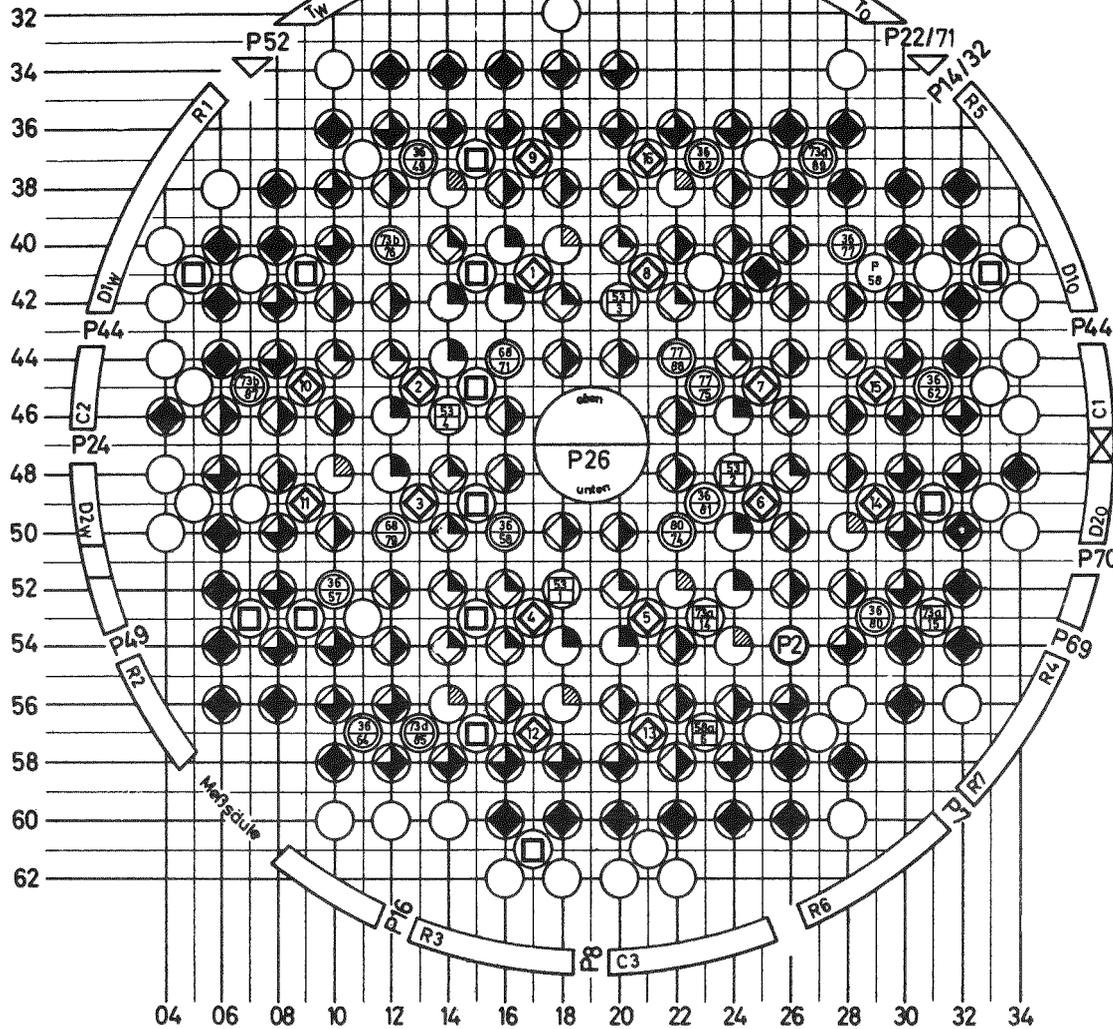
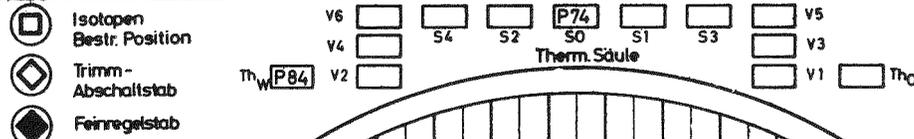
- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position 41/29 (Einsatz Le9)

5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg. v. Reaktor-Kreislauf:

165 auf Gitterpositionen 12 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen :

- BE 8 am - neu einges. - BE 9 am - neu einges.



1. Brennelemente:

Abbrand: -25 $25-50$ $50-75$ >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U

— ● — ● — ● — ● — 0 BE 5 (15% anger.)

— ● — ● — ● — ● — 11 ● — 11 BE 7 (1,75% anger.)

39 ● 37 ● 39 ● 18 ● — 133 BE 8 (2% anger.)

— ● — ● — ● — ● — 9 ● — 9 BE 9 (1,86% anger.)

Summe BE im Core — 153

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj. Nr. — 18
fd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen

⊖ Proj. Nr. — 7
fd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

4.1 Proj. FR2/2 (He-Tiefemperaturbestrahlungseinrichtung)
Position 54/26

4.2 Proj. FR2/26 (Brennstoffbestr.-He-Druckgaskreislauf)
Position 47/19

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
L 4-6	11.3.71	11 02	26.3.71	16 13

4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadensampfkreislauf)
Position —

4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position 41/29 (Einsatz Le 9)

5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg. v. Reaktor-Kreislauf:

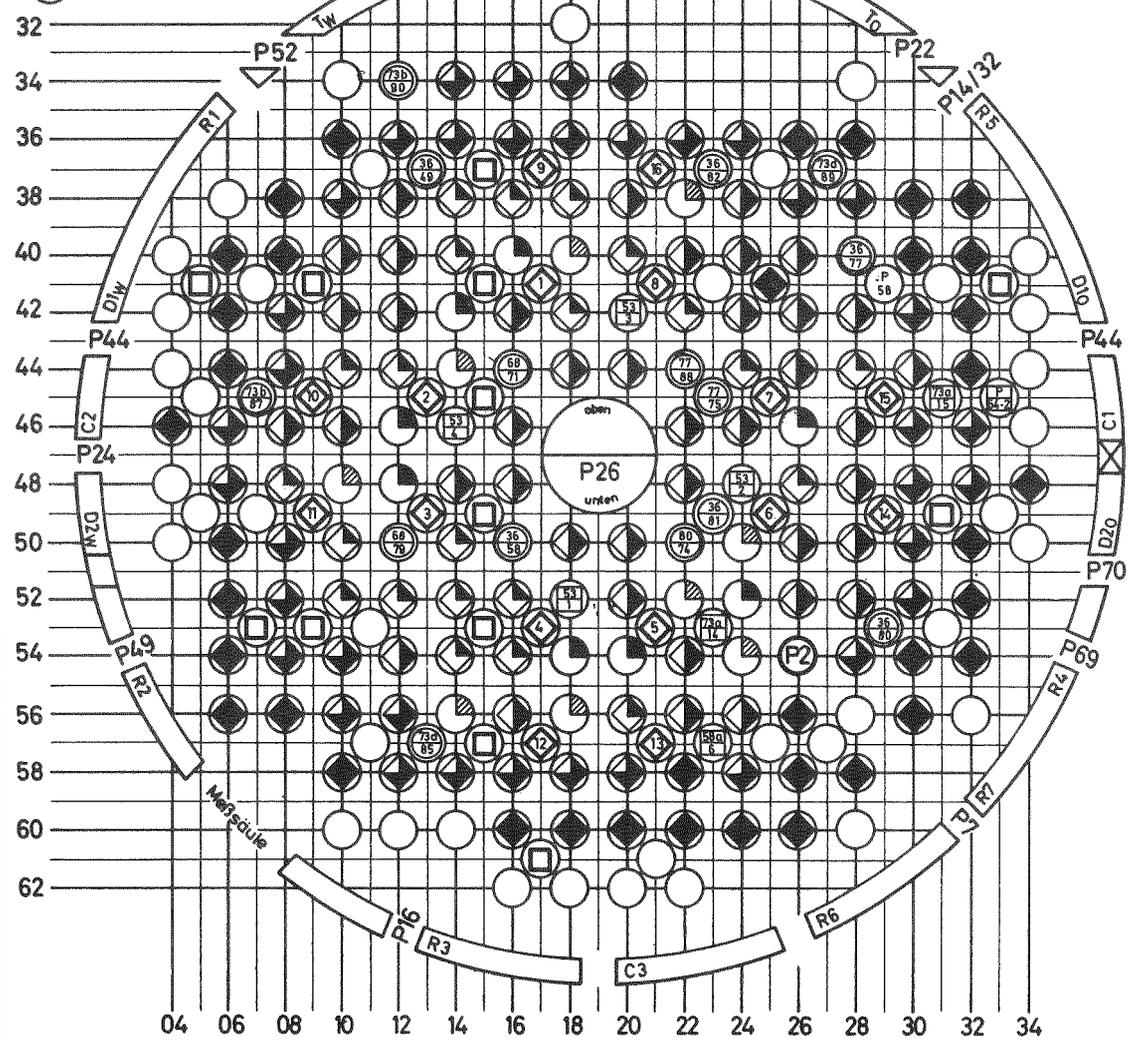
165 auf Gitterpositionen 11 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

1 ● BE 8 am 7.3.71 neu einges. — ● BE 9 am — neu einges.

Isotopen Bestr. Position
 Trimm-Abschaltstab
 Feinregelstab

V6 S4 S2 P74 S0 S1 S3 V5
 V4 Therm. Säule V3
 Th_w P84 V2 V1 Th_o



1. Brennelemente:

- Abbrand: -25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U
- - - - - 0 BE 5 (1,5% anger.)
 - - - - 8 BE 7 (1,75% anger.)
 - - - - 22 BE 8 (2% anger.)
 - - - - 9 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 154

2. Kapselversuchseinsätze:

Proj. Nr. - 15
Itd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

Proj. Nr. - 8
Itd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

4.1 Proj. FR2/2 (He-Tiefemperaturbestrahlungseinrichtung)
Position 54/26

4.2 Proj. FR2/26 (Brennstoffbestr.-He-Druckgaskreislauf)
Position 47/19

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
-	-	-	-	-

4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position -

4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position 41/29 (Einsatz Le 9)

5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

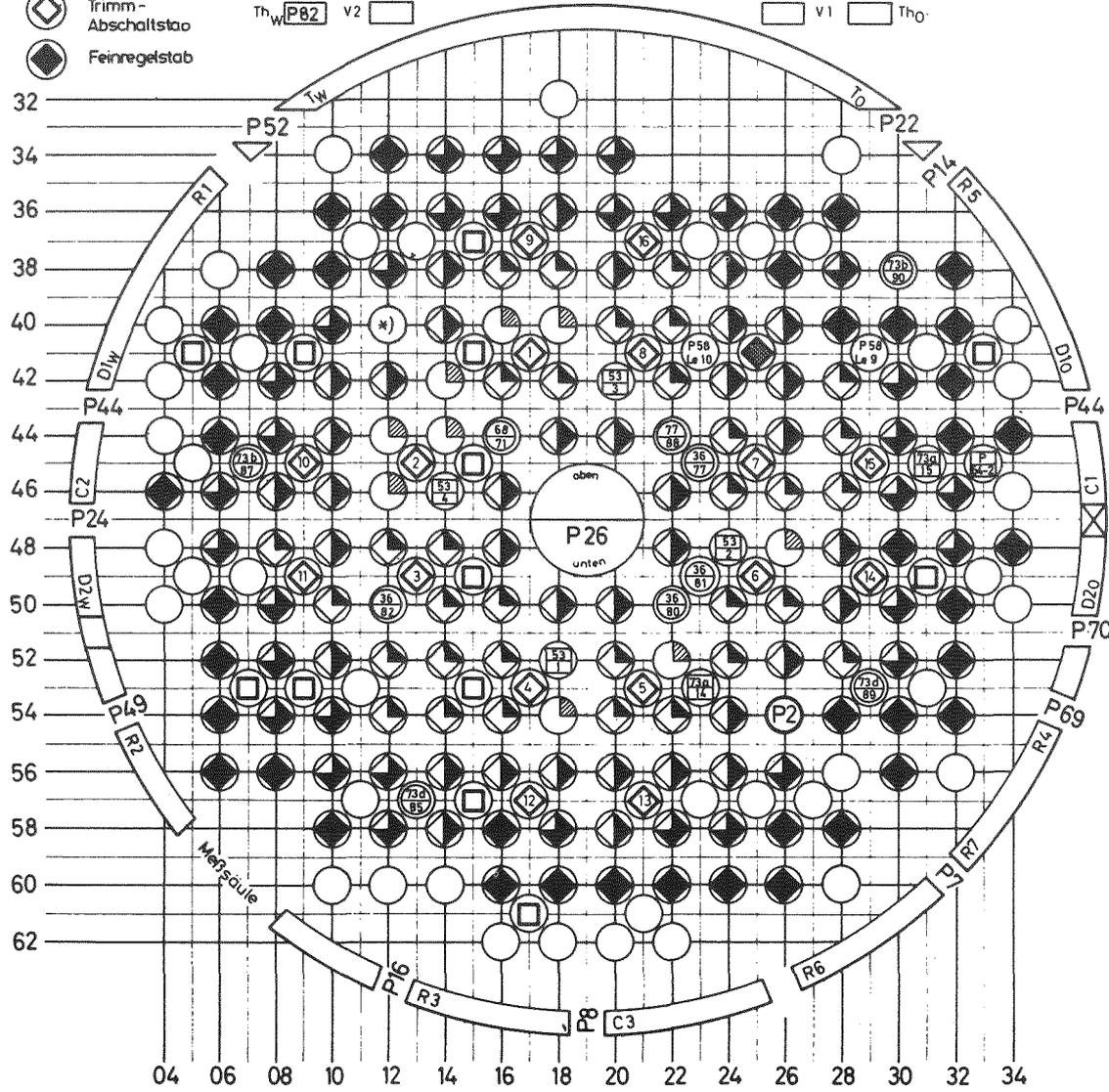
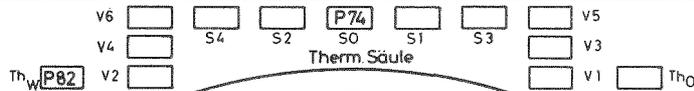
165 auf Gitterpositionen 10 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

- BE 8 am - neu einges. - BE 9 am - neu einges.
Proj. FR2/64-2 (Therm. Emitter) am 19.4.71 in Pos. 45/33 eingebaut



- Isotopen Bestr. Position
- ◇ Trimm-Abschaltstab
- ◆ Feinregelstab



1. Brennelemente:

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U

○	○	○	○	○	= 0 BE 5 (1,5% anger.)
○	○	○	○	○	= 0 BE 7 (1,75% anger.)
●	●	●	●	●	= 147 BE 8 (2% anger.)
○	○	○	○	○	= 9 BE 9 (1,86% anger.)

Summe BE im Core - 156

2. Kapselversuchseinsätze:

○	Proj. Nr.	- 10
	ifd. Nr.	

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

○	Proj. Nr.	- 7
	ifd. Nr.	

4. Kreislaufexperimente:

- 4.1 Proj. FR 2 / 2 (He - Tieftemperaturbestrahlungseinrichtung) Position 54 / 26
- 4.2 Proj. FR 2 / 26 (Brennstoffbestr.-He - Druckgaskreislauf) Position 47 / 19

Prüf. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
-	-	-	-	-

- 4.3 Proj. FR 2 / 55 (Hüllschadendampfkreislauf) Position
- 4.4 Proj. FR 2 / 58 (Brennstoffplattenbestr. - Druckwasserkreislauf) Position 41 / 23 (Einsatz Le 10) 41 / 29 (Einsatz Le 9)

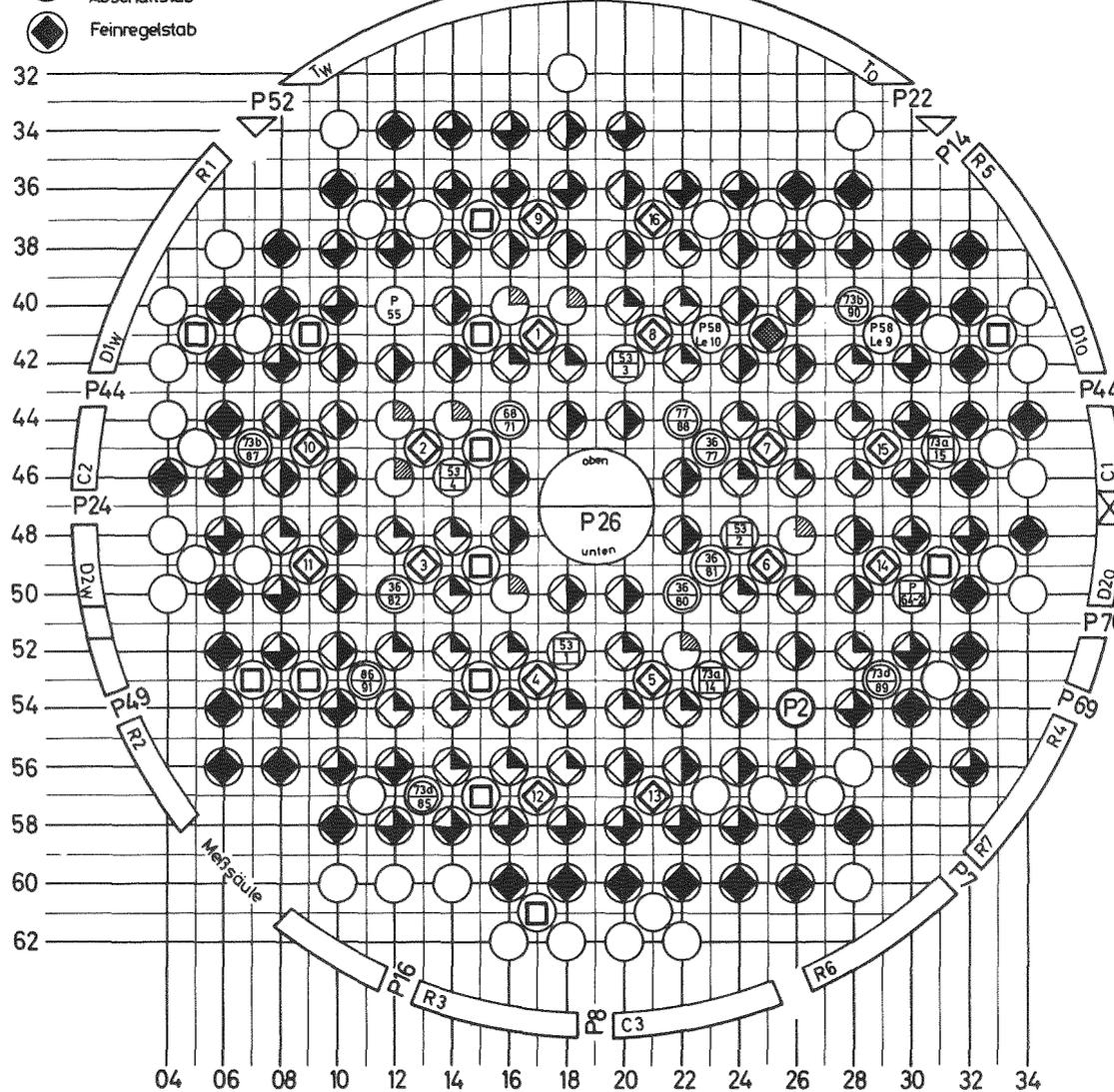
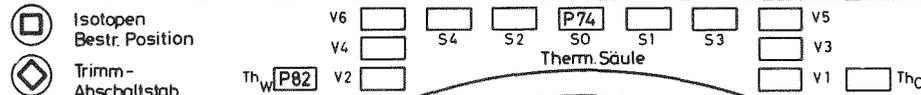
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg. v. Reaktor-Kreislauf:

165 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

○ BE 8 am - neu einges. ○ BE 9 am - neu einges.

*) FR - Stab Nr. 2 (abgebrannt, Stellung 1200 mm) als Ausgleich für Einsatz Proj. FR 2 / 55 eingebaut.



1. Brennelemente:

- Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U
- [Symbol] - [Symbol] - [Symbol] - [Symbol] = 0 BE 5 (1,5% anger.)
 - [Symbol] - [Symbol] - [Symbol] - [Symbol] = 0 BE 7 (1,75% anger.)
 - 38 [Symbol] 39 [Symbol] 38 [Symbol] 33 [Symbol] - 148 BE 8 (2% anger.)
 - [Symbol] - [Symbol] - [Symbol] 8 [Symbol] - 8 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 156

2. Kapselversuchseinsätze:

- [Symbol] Proj.Nr. - 11
[Symbol] ffd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

- [Symbol] Proj.Nr. - 7
[Symbol] ffd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

- 4.1 Proj. FR2/2 (He- Tieftemperaturbestrahlungseinrichtung)
Position 54/26
- 4.2 Proj. FR2/26 (Brennstoffbestr.-He- Druckgaskreislauf)
Position 47/19

Prüft Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
-	-	-	-	-

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.- Druckwasserkreislauf)
Position 41/23 (Einsatz Le 10)
41/29 (Einsatz Le 9)

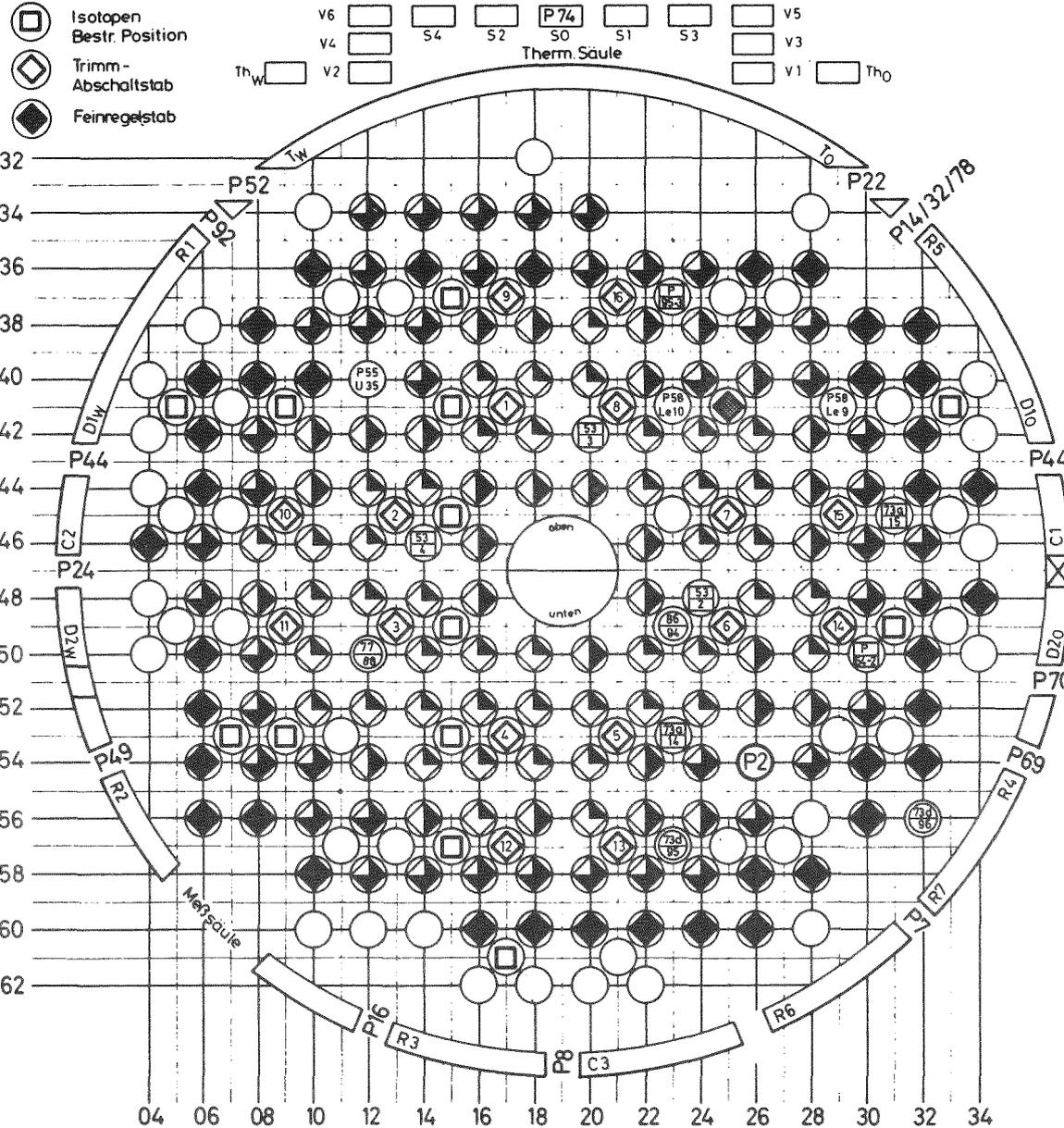
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

166 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

- [Symbol] BE 8 am - neu einges. - [Symbol] BE9 am - neu einges.

- 155 -



1. Brennelemente:

Abbrand <25 25-50 50-75 >75 %: 100% Δ 15 MWd / kp_U

- ● - ● - ● - ● = 0 BE 5 (1,5% anger.)

- ● - ● - ● - ● = 0 BE 7 (1,75% anger.)

39 ● 45 ● 31 ● 45 ● - 160 BE 8 (2% anger.)

- ● - ● - ● - ● = 0 BE 9 (1,86% anger.)

Summe BE im Core - 160

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj.Nr. - 4
Itd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj.Nr. - 7
Itd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

- 4.1 Proj. FR2/2 (He - Tieftemperaturbestrahlungseinrichtung)
Position 54/26
- 4.2 Proj. FR2/26 (Brennstoffbestr.-He - Druckgaskreislauf)
Position 47/19 Druckrohr am 8.10.71 ausgebaut

Prüf. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
-	-	-	-	-

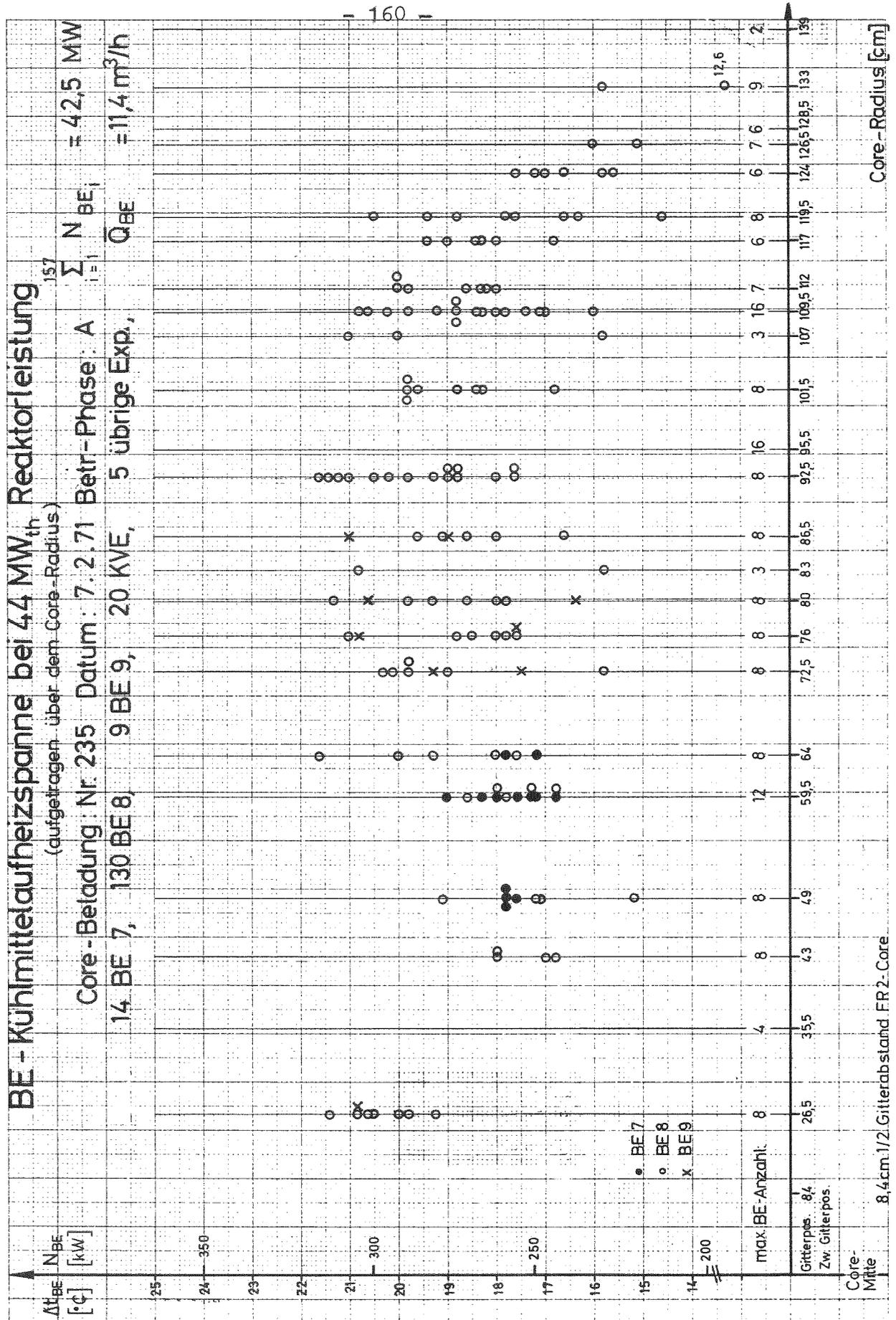
- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12 Prüfling U35
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr. - Druckwasserkreislauf)
Position 41/23 Einsatz Le 10
41/29 Einsatz Le 9

5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v. Reaktor-Kreislauf:

165 auf Gitterpositionen 3 auf Zwischengitterpositionen

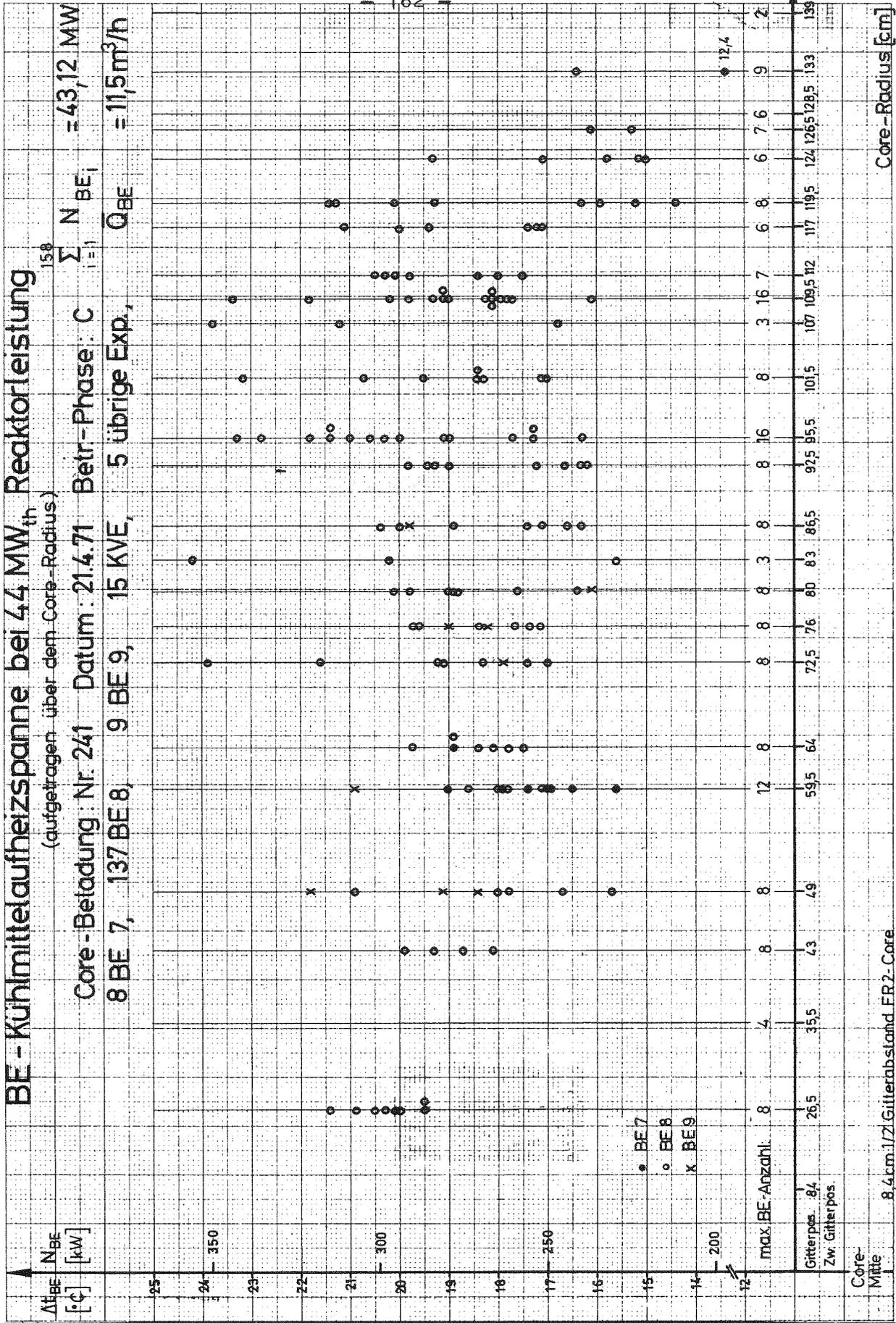
6. Bemerkungen:

- ● BE 8 am - neu einges. - ● BE 9 am - neu einges.





GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb



BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

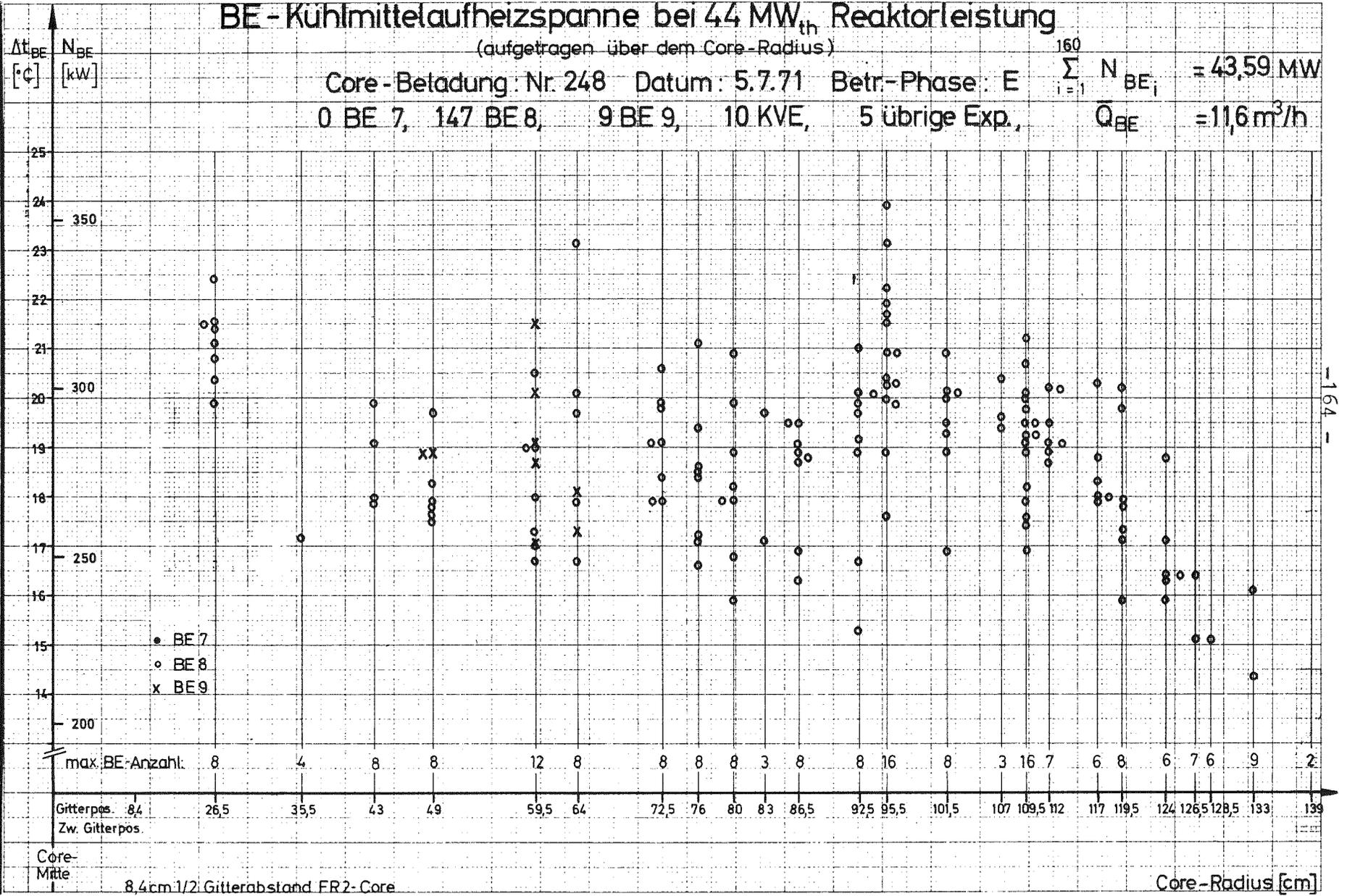
Core-Beladung: Nr. 248 Datum: 5.7.71 Betr-Phase: E

$$\sum_{i=1}^{160} N_{BE_i} = 43,59 \text{ MW}$$

0 BE 7, 147 BE 8, 9 BE 9, 10 KVE, 5 übrige Exp.,

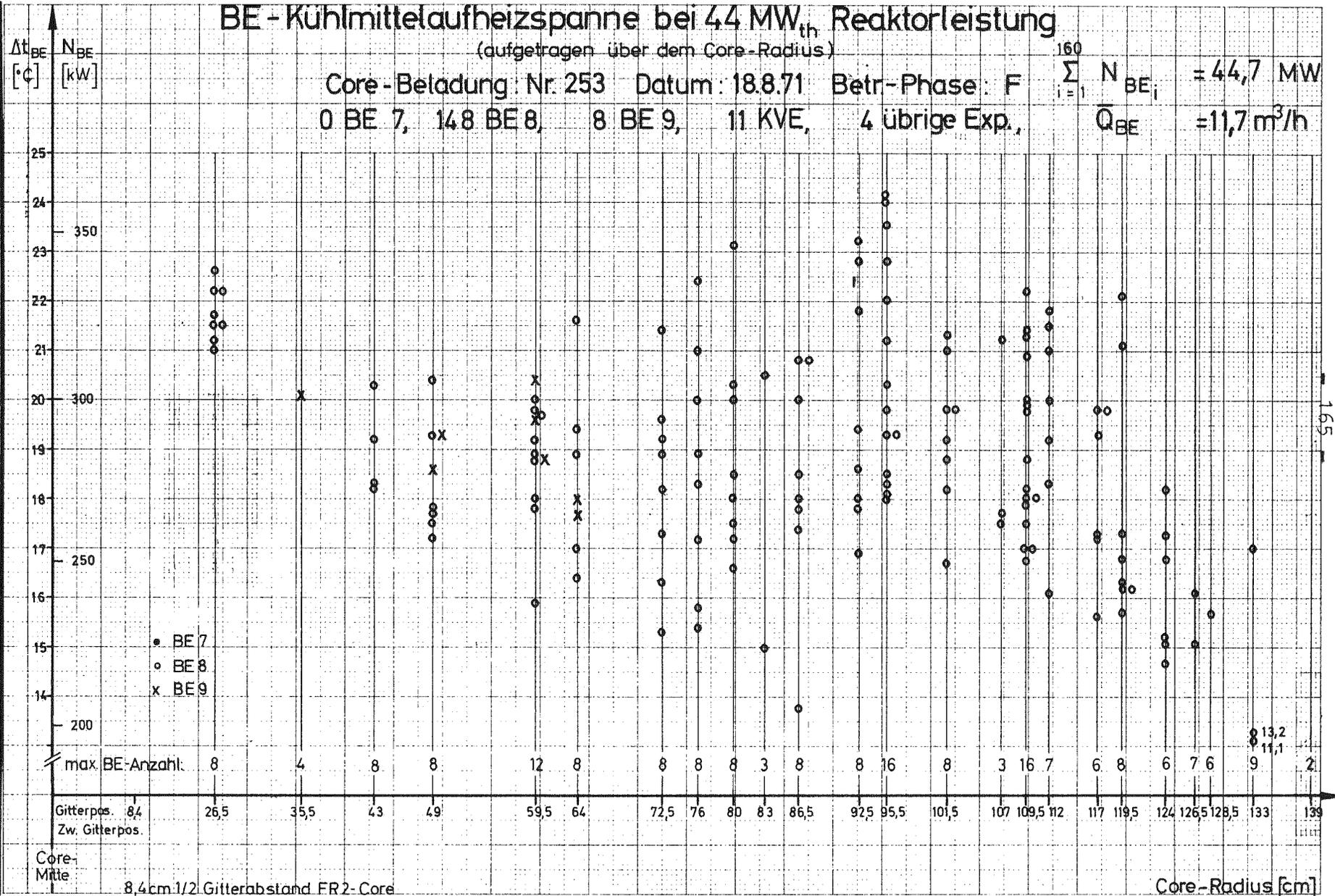
$$\bar{Q}_{BE} = 11,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb



-164-

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb



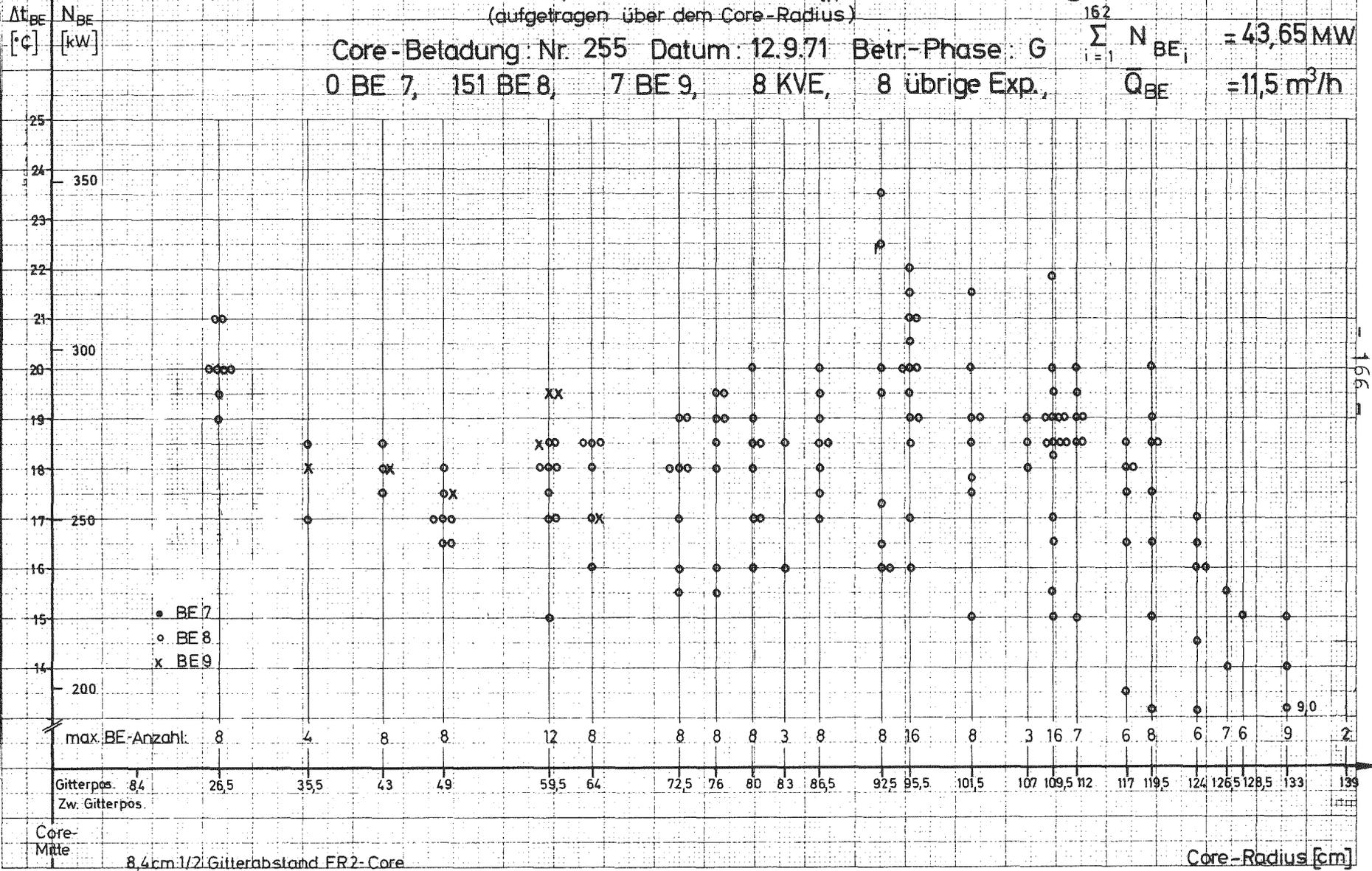
BE - Kühlmittelauflheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

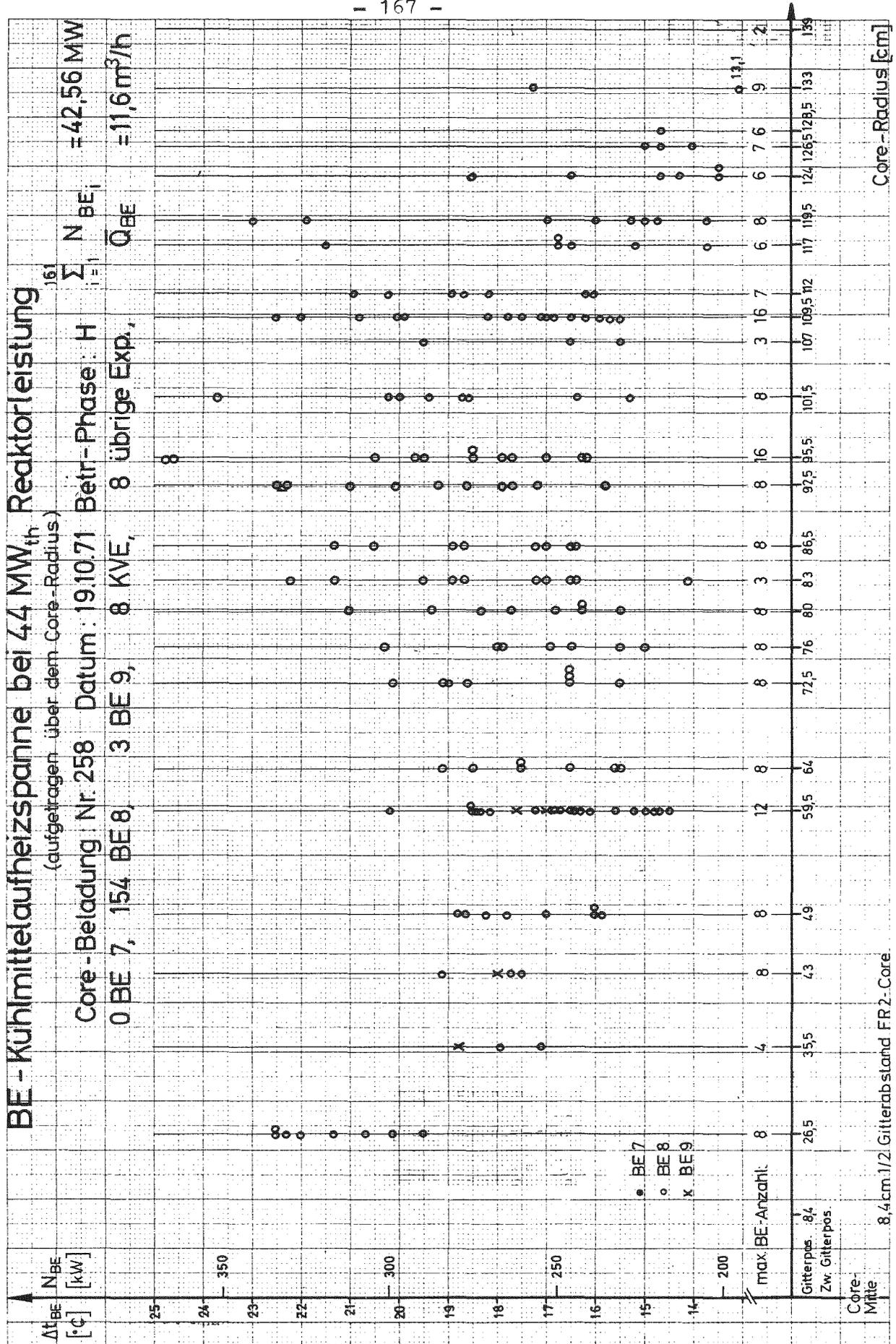
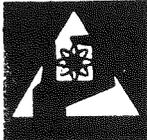
(aufgetragen über dem Core-Radius)

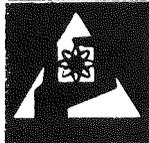
Core-Beladung: Nr. 255 Datum: 12.9.71 Betr-Phase: G
 0 BE 7, 151 BE 8, 7 BE 9, 8 KVE, 8 übrige Exp.,

$\sum_{i=1}^{162} N_{BE_i} = 43,65 \text{ MW}$
 $\bar{Q}_{BE} = 11,5 \text{ m}^3/\text{h}$

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

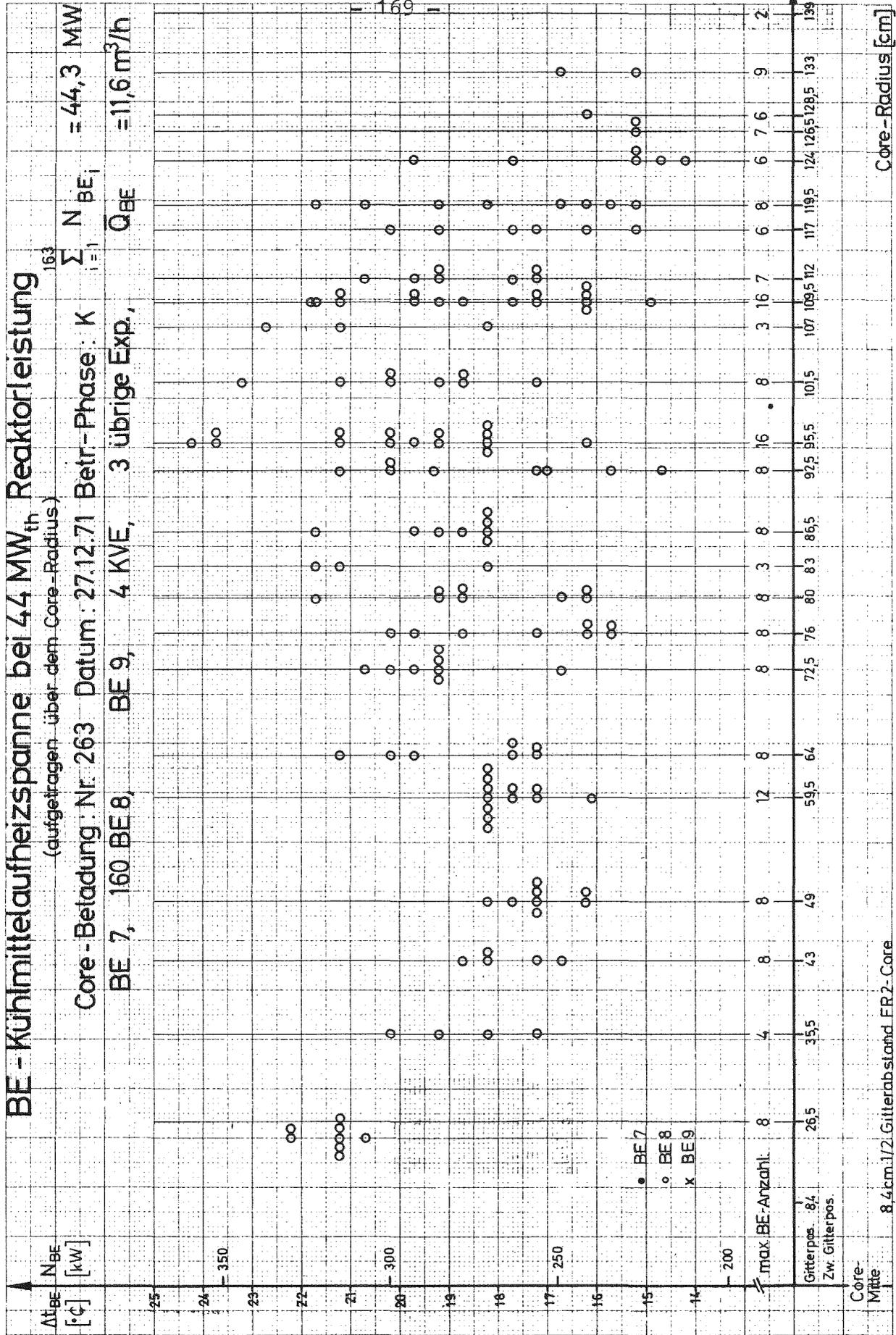






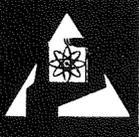
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb



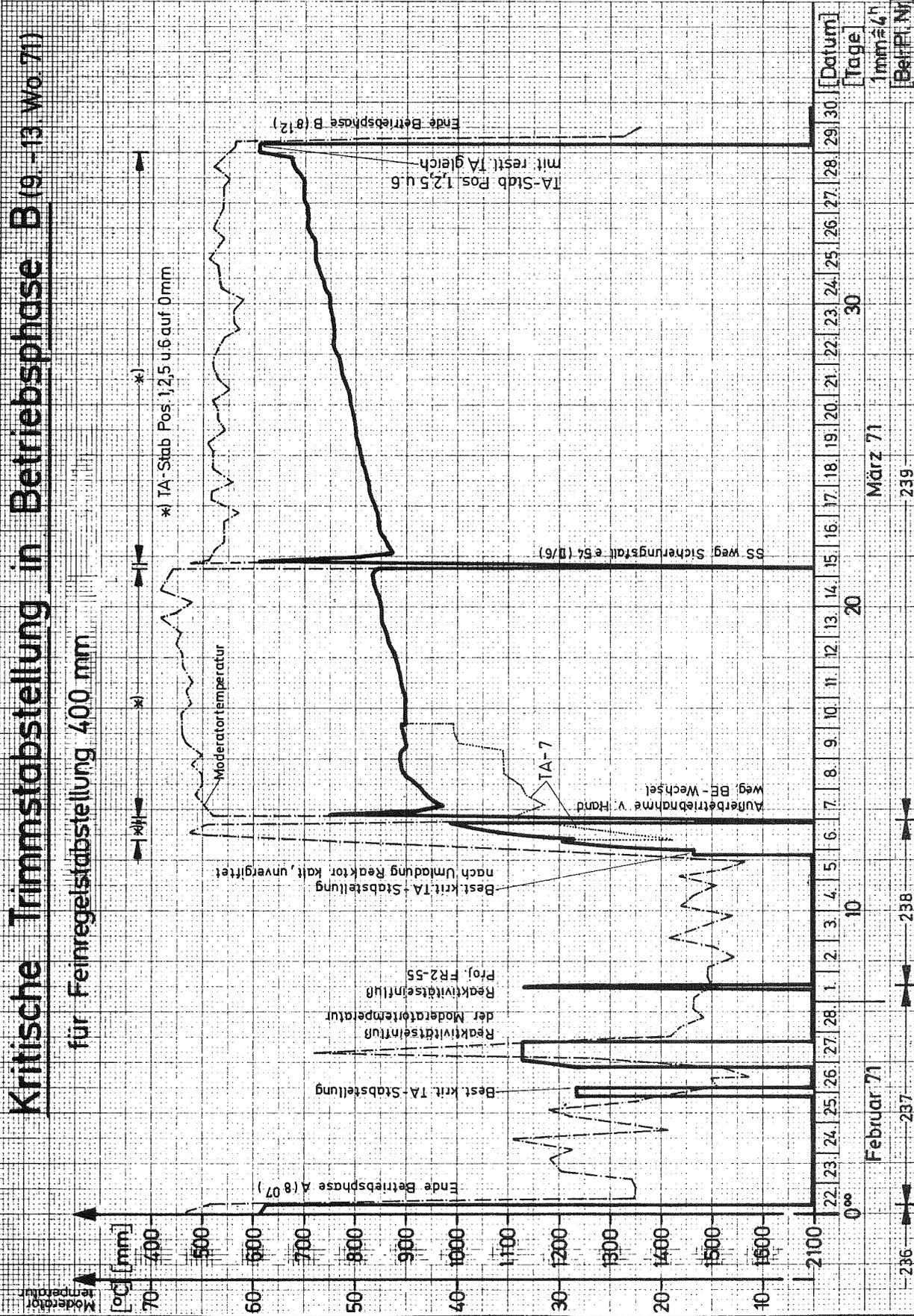
8,4cm:1/2.Gitterabstand FR2-Core

Formblatt: 183 b/49

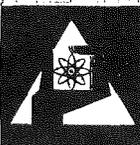


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb



Formblatt: 183 b / 50

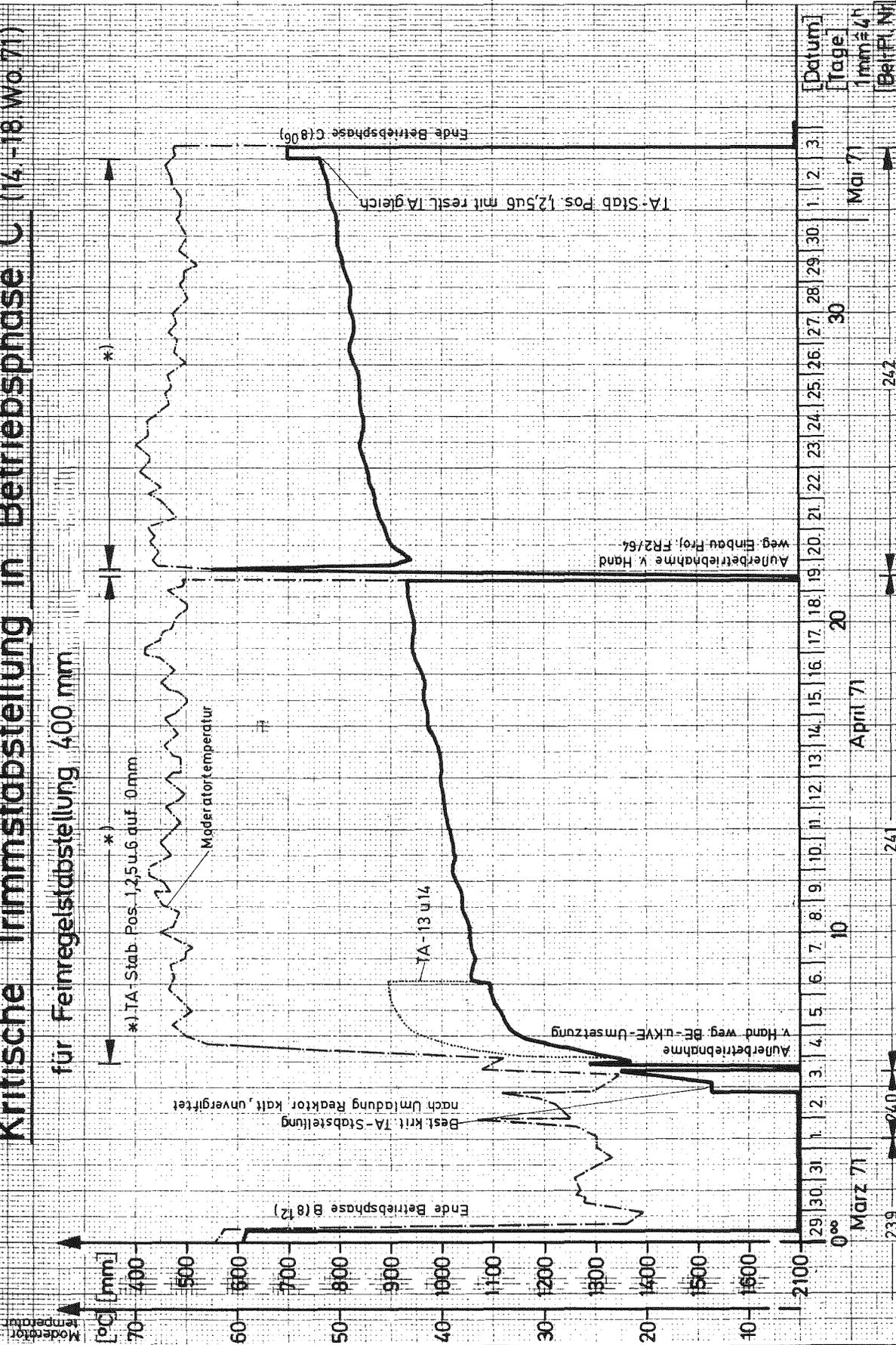


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

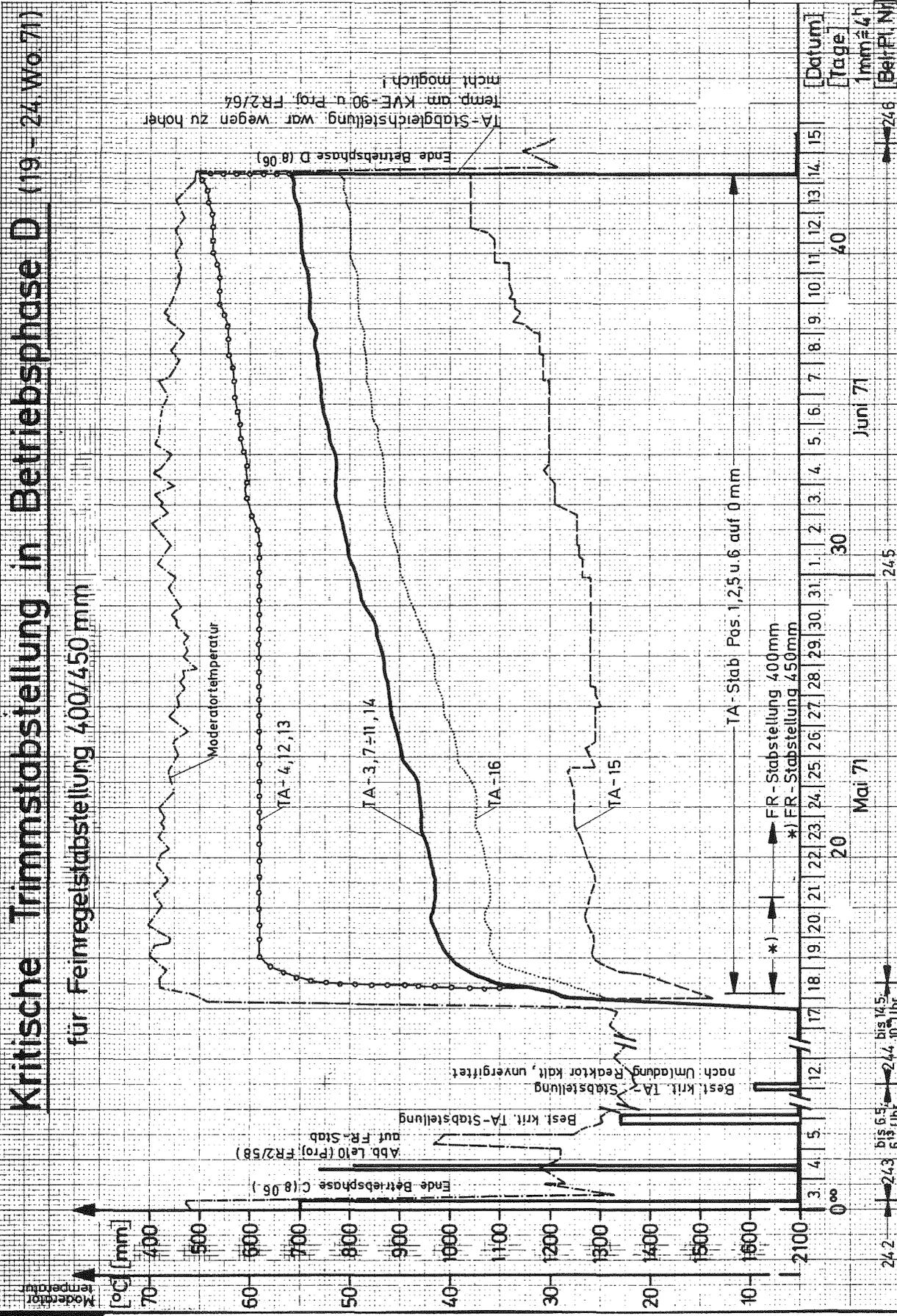
Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase C (14-18 Wo 71)

für Feinregelstabstellung 400 mm



1mm=4h
Betrieft. Nr.

Formblatt: 183 b/51



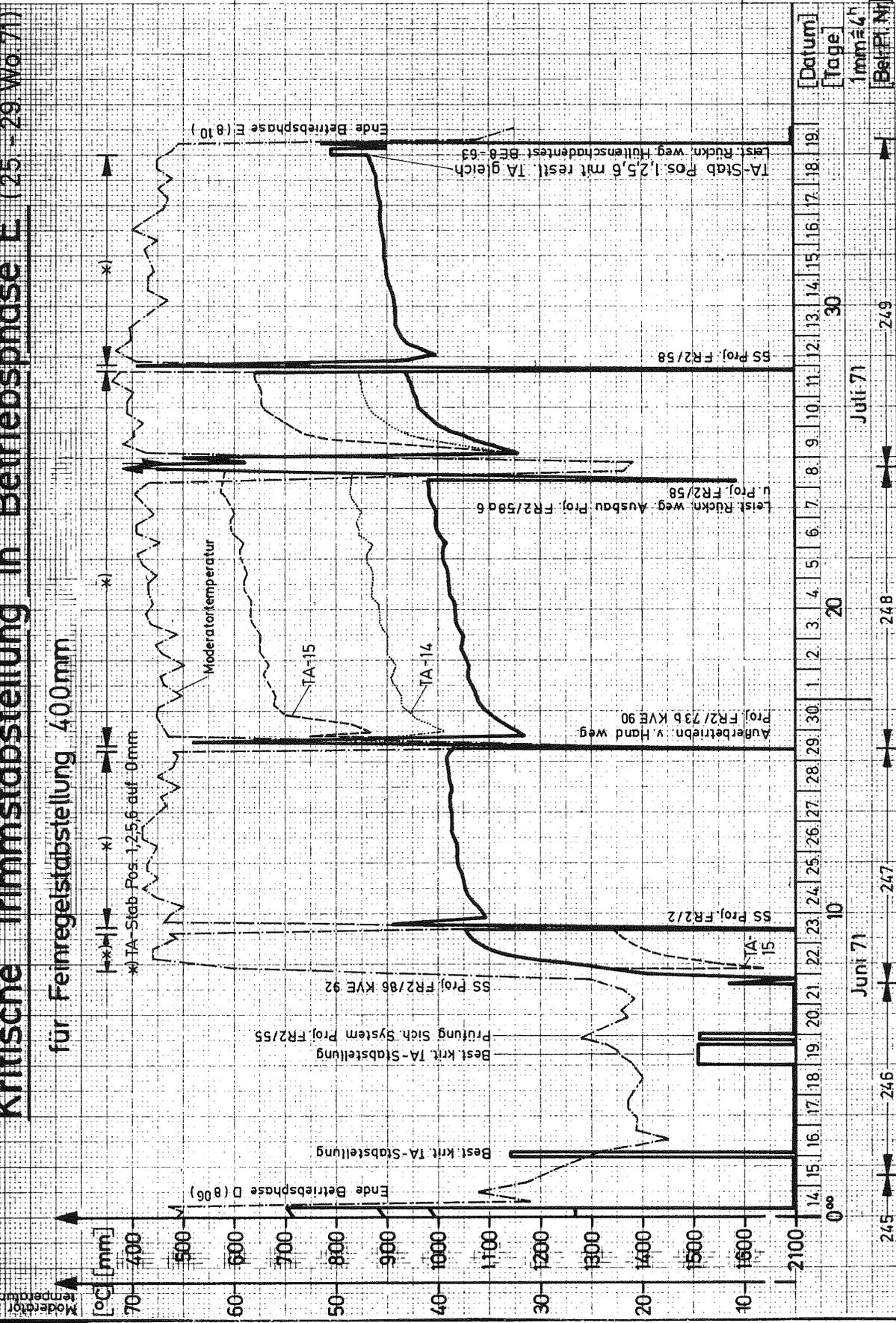
Formblatt: 183 b / 52



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase E (25 - 29.07.71)

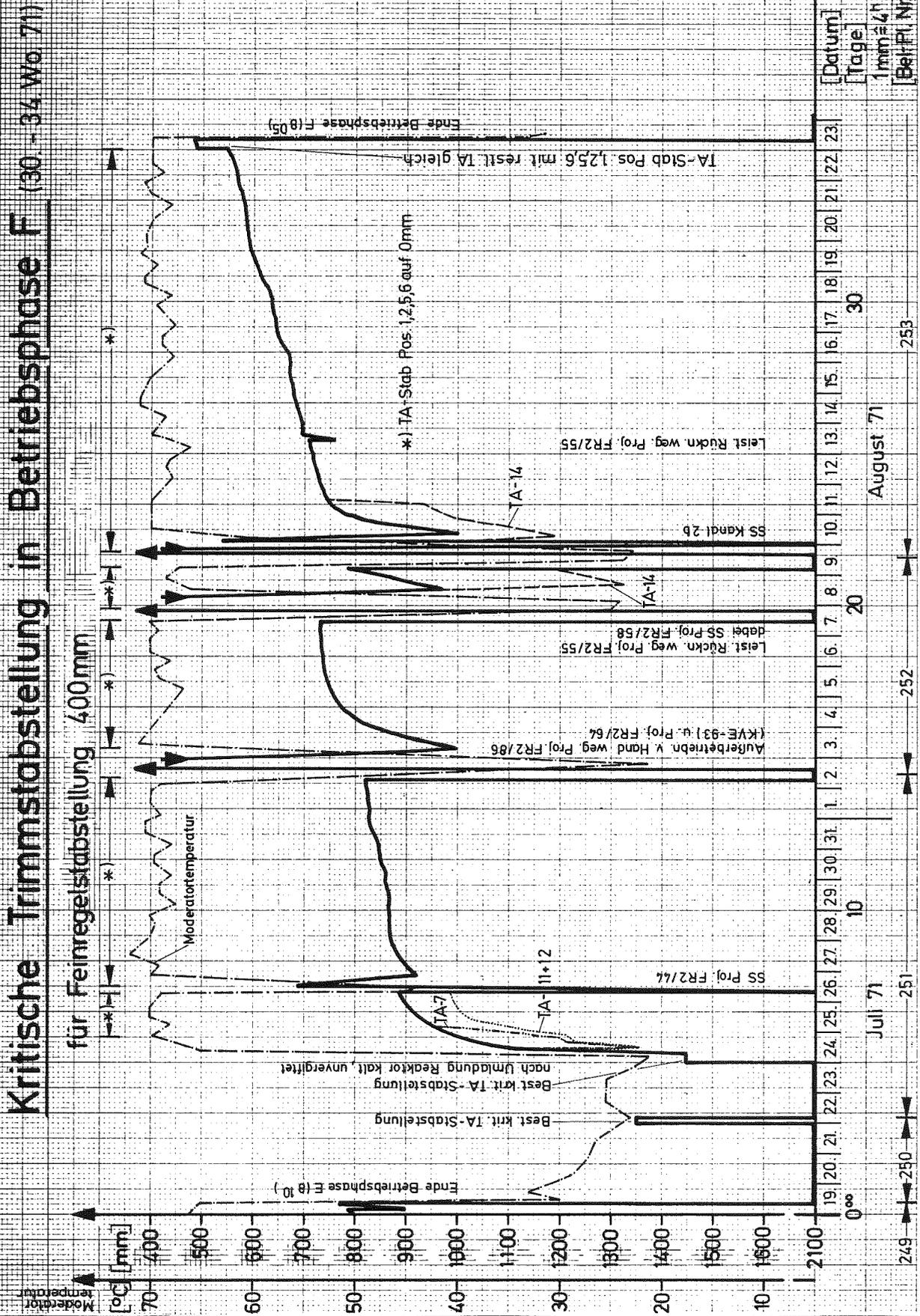
für Feinregelstabstellung 400mm



Formblatt: 183 b/53

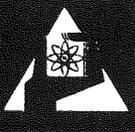


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

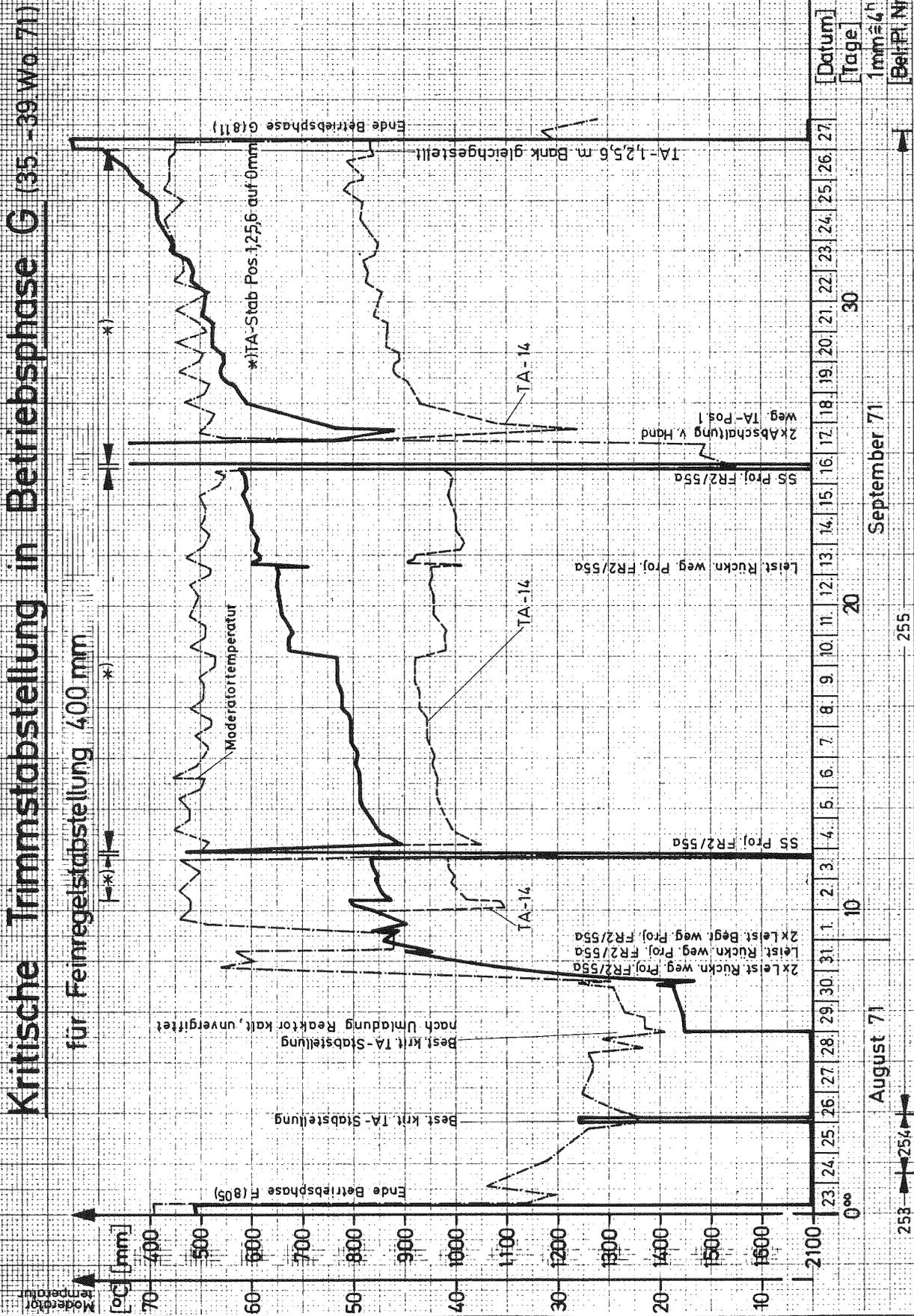


[Datum] [Tage] 1mm = 4h [Betriebl. Nr.]

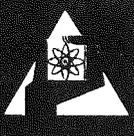
Formblatt: 183 b / 54



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb



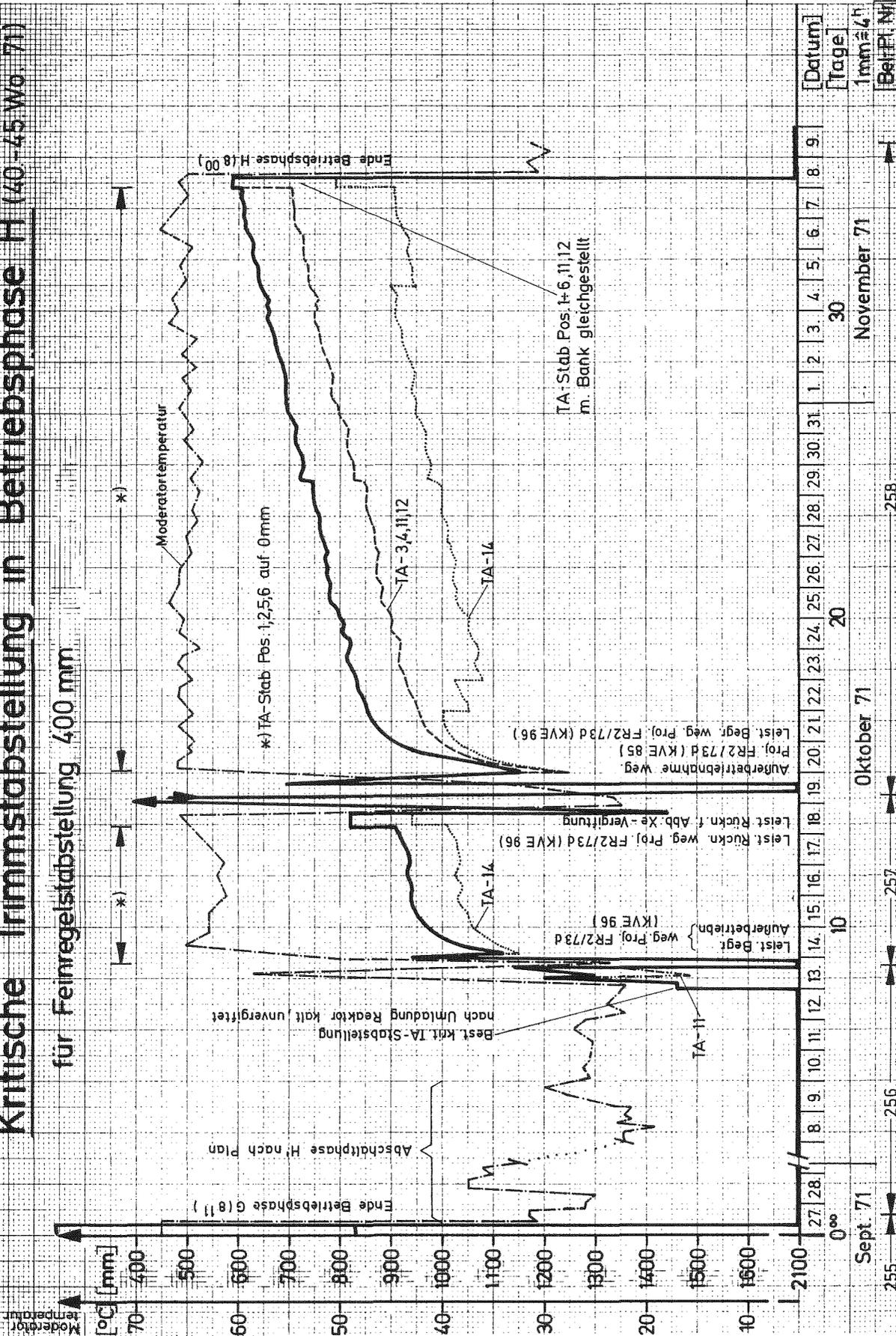
Formblatt: 183 b / 55



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase H (40-45 wo. 71)

für Feinregelstabstellung 400 mm



258

257

256

255

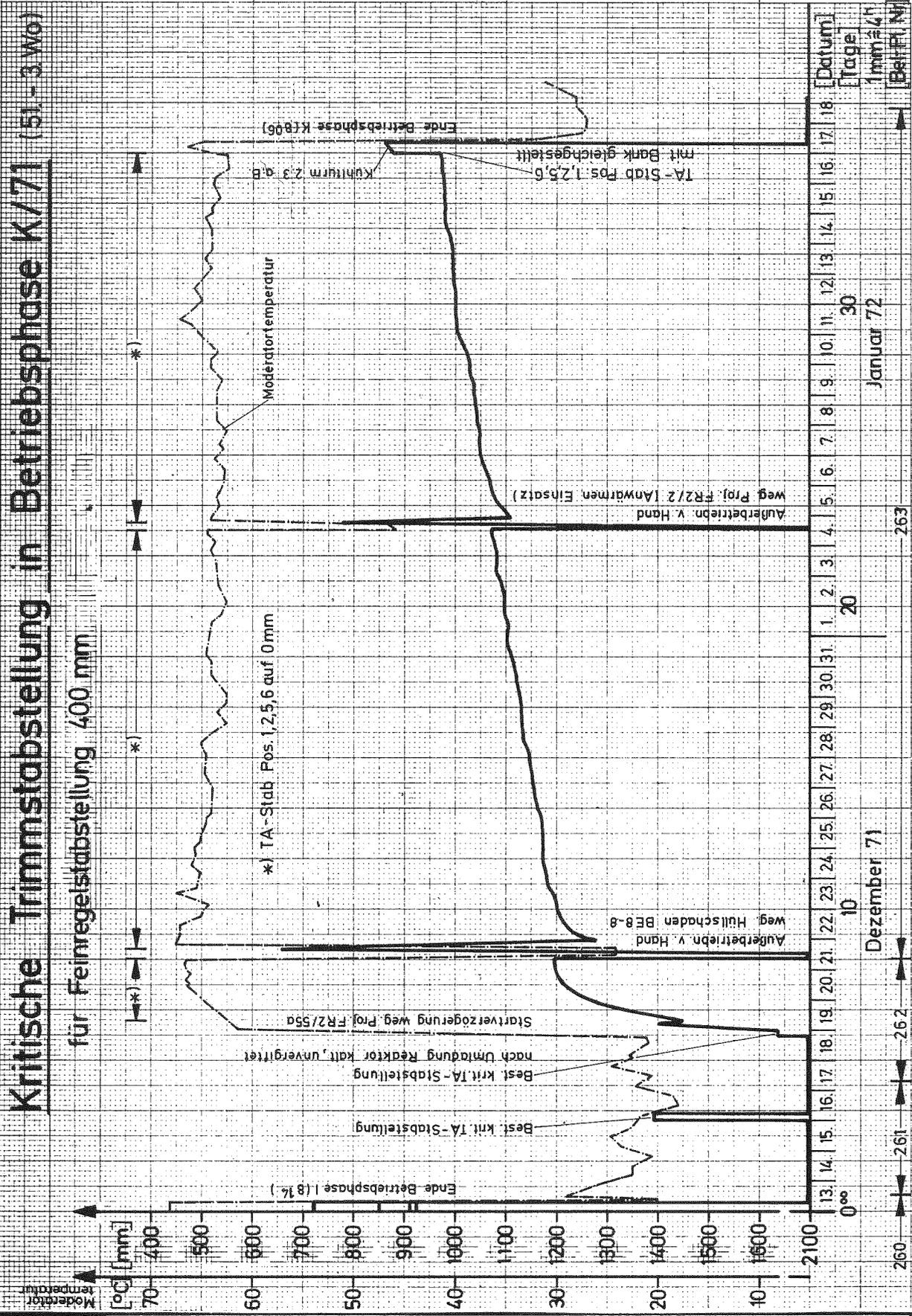
[Datum]
[Tage]
1mm ≈ 4h
Bel. Pl. Nr.

27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sept. 71										Oktober 71										November 71																					

Formblatt: 183 b/57

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase K/71 (51.-3.Wo)

für Feinregeleinstellung 400 mm



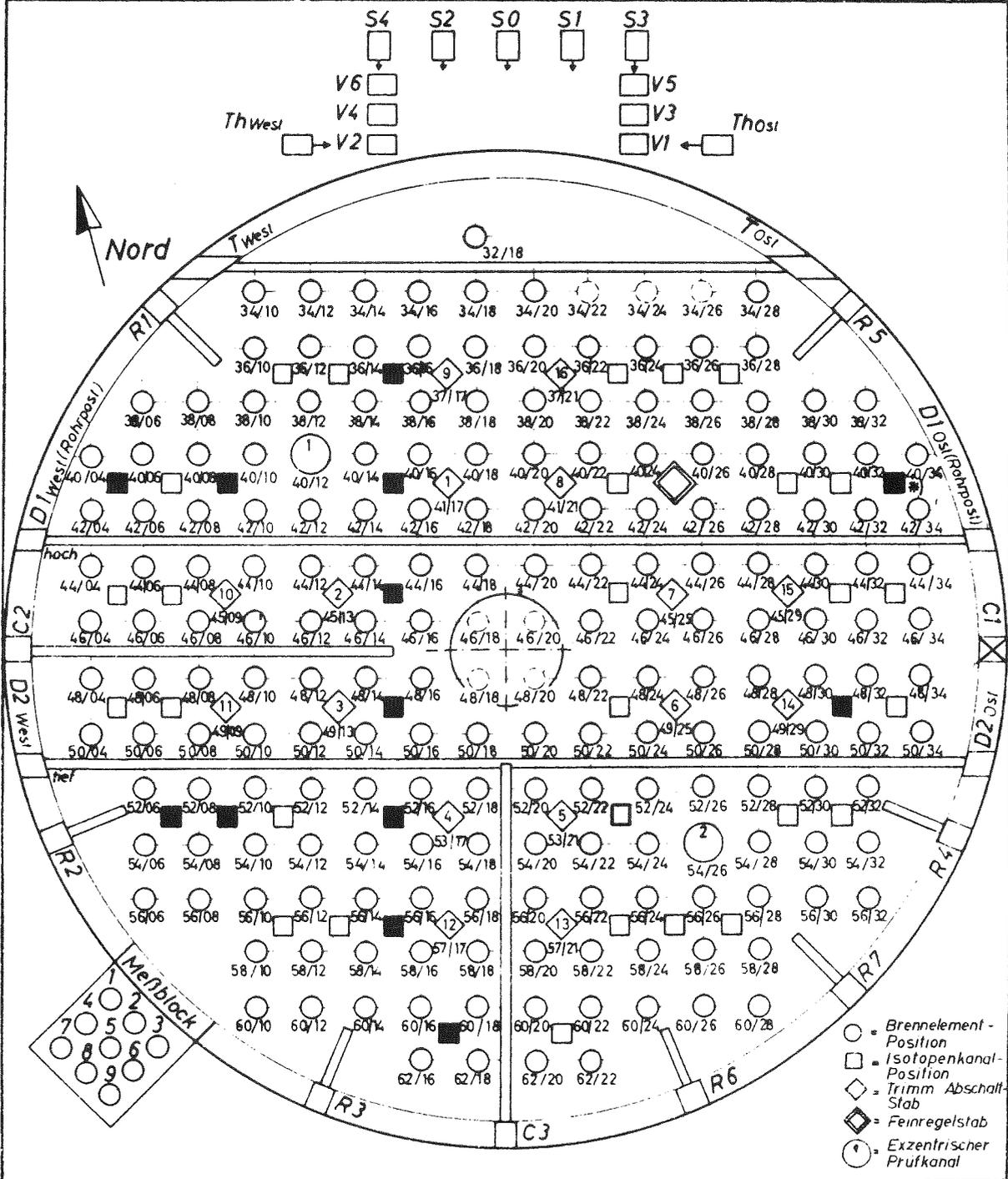
Positionskarte FR2 - Core

Beladung Nr.: Iso 10

Datum: ab 26.08.69

Standardbeladung Nr.10 mit 13 Isotopentauchrohren einschließlich leeren Kapselträgerrohren.

*) Pos. 41/33 wegen Rohrleitungsabstützung von Proj. FR 2/58 nicht beladbar



- Brennelement-Position
- Isotopenkanal-Position
- ◇ Trimm Abschalt-Stab
- ◆ Feinregelstab
- ⊙ Exzentrischer Prüfkanal

Formblatt: 9b



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb