

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

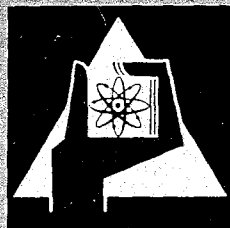
Februar 1972

KFK 746

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

**Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR 2
für das Jahr 1969**

W. Steiger, D. Wildberg



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

Februar 1972

KFK 746

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2
für das Jahr 1969

von

W. Steiger und D. Wildberg

unter Mitwirkung

von

G. Baecker, J. Blümle, E. Geiser, H. Kapulla,
R. Kettner, H. Malauschek, D. Philipp,
B. Strehlau, W. Zimmermann

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Frl. H. Baumgärtner, Frau M. Filke und Frau E. Krüger sind wir für die Mithilfe bei der Erstellung des Berichtes zu Dank verpflichtet.

Zusammenfassung

Die für den schwerwassermoderierten Forschungs- und Materialprüfreaktor FR2 im Jahre 1969 gemäß Terminleitplan vorgesehenen 10 Betriebsphasen (zu je 5 Wochen) konnten mit Nennleistung von 44 MW weitgehend eingehalten werden. Durch den Einbau des Reaktoreinsatzes für den Hüllschadendampfkreislauf mußte Phase "H" verlängert und Phase "L" entsprechend verkürzt werden.

In jeder Phase war der Reaktor rund 30 Tage in Betrieb und 5 Tage für Brennelementumladungen, Aus- und Einbau von Experimenten sowie für Wartungs- und Prüfarbeiten abgeschaltet (entspricht einer max. möglichen Nutzung von 86 %). Erreicht wurden 80 %. Die Energieabgabe belief sich auf 12.311,2 MWd.

Der Abbrand der ausgeladenen Brennelemente wurde auf über 12.000 MWd je Tonne Uran gesteigert, da mittlerweile die Anfangsanreicherung der oxidischen Brennelemente auf 2 % (früher 1,5 %) erhöht wurde. Im Monat Dezember wurden die ersten 134 oxidischen Brennelemente an die GWK zur Wiederaufbereitung übergeben.

Die Nutzung des Reaktors durch Experimente hat im Jahre 1969 weiter zugenommen:

Bei den Strahlrohrexperimenten kamen im Verlaufe des Jahres 2 weitere Experimente hinzu (Spaltstoffflußkontrolle und Mößbauerexperiment). Ende des Jahres waren 18 Strahlrohrexperimente in Betrieb bzw. im Aufbau. Wegen Belegung aller Strahlrohrausgänge muß bei einigen Experimenten der Neutronenstrahl mehrfach genutzt werden.

Die Erzeugung radioaktiver Isotope ist im Vergleich zu den Vorjahren leicht rückläufig. Es wurden 1327 Kapseln in den Isotopenkanälen, der Rohrpost und der Thermischen Säule bestrahlt.

Die Zahl der in den Reaktor eingesetzten instrumentierten Kapseln hat sich weiter erhöht. Bis zu 30 Positionen waren durch Versuchseinsätze mit größtenteils mehreren Brennstoffprüflingen belegt. Dies konnte nur durch Ausrüsten noch vorhandener Zwischengitterpositionen mit Adaptern bewerkstelligt werden.

Bei den maschinen- und apparatetechnisch sowie in personeller Hinsicht recht aufwendigen Kreislaufexperimenten erfolgte um Jahresmitte die Inbetriebnahme einer vierten Anlage, des ersten Heißdampfprüfkreislaufes im FR2. Bis Jahresende konnte ein Experimentierprogramm für 2 Brennstabprüflinge mit Hüllschaden (HDR, Großwelzheim) abgewickelt werden.

Daneben wurden mit Erfolg ein Helium-Druckgaskreislauf für die Kurzzeitbestrahlung von Brennstoffprüflingen bei spezifischen Stabileistungen bis 1000 W/cm (20 Prüflinge), eine Helium-gekühlte Tieftemperaturbestrahlungsanlage zum Studium von Strahlenschäden an Metallen (18 Proben) und die Helium-Gaskälteanlage für die Kalte Neutronenquelle (223,5 Tage) betrieben.

Im September wurde mit der Aufnahme des Probetriebes (out-of-pile) für den Druckwasserkreislauf zur Brennstoffplattenbestrahlung begonnen.

Summary:

The 10 operational phases of 5 weeks each which had been scheduled for operation at the design power level of 44 MW of the heavy water moderated research and materials test reactor FR2 in 1969 were largely met. An extension of the "H"-phase and a corresponding reduction of the "L"-phase were due to the installation of the in-pile rig for the can burst steam loop.

The use of FR2 for experiments continued to increase also in 1969. The three loop experiments already in operation were added the can burst steam loop, which was commissioned by the middle of the year, and the start of out-of-pile trial operation of the pressurized water loop for fuel plate irradiation.

Additional capsule irradiations were accomodated by installing adapters in those intermediate grid positions which were still available.

Two further experiments were added to the beam tube experiments in 1969 (nuclear safeguards and mößbauer experiment). Relative to previous years, isotope production has decreased slightly. A total of 1327 capsules were irradiated.

Inhaltsverzeichnis -----	Seite -----
1. Einleitung	1
2. Betrieb des Reaktors einschließlich Hilfsanlagen	3
2.1 Reaktorleistung und Energieabgabe	8
2.2 Betriebszeiten	10
2.3 Ausnutzung und Verfügbarkeit	10
2.4 Beladung des Reaktors, Leistungsverteilung	12
2.5 Regel- und Abschaltelemente und ihre Reaktivitätsauswirkung	16
2.6 Abbrand	22
2.7 Reaktivitätsverhalten, Neutronenfluß	27
2.8 Schwerwasserkreislauf	30
2.9 Brennelementüberwachung	31
2.10 Funktionsfähigkeit der Abschaltelemente	34
2.11 Betriebsunterbrechungen, Fehleranalyse	36
2.12 Leistungsrücknahmen	39
2.13 Besondere Vorfälle	40
2.14 Elektr. Energie- und Wasserverbrauch	44
3. Betrieb der Experimente	46
3.1 Isotopenproduktion	46
3.2 Strahlrohrexperimente und Thermische Säule	56
3.3 Kapselexperimente	61
3.4 Kreislaufexperimente	67
3.5 Sonstige Coreeinbauten	75
4. Eigenüberwachung des FR2	82
5. Personal	91
5.1 Zusammensetzung	91
5.2 Strahlenbelastung der Mitarbeiter	95
5.3 Schulung	95
6. Ausblick	96
7. Literaturverzeichnis	97
8. Tabellen und Diagramme	99

1. Einleitung

Für den Betrieb des schwerwassermoderierten Forschungsreaktors FR2 waren im Jahre 1969 wieder 10 Betriebsphasen zu je 5 Wochen vorgesehen, in denen der Reaktor mit seiner derzeitigen Nennleistung von 44 MW betrieben werden sollte.

Die Betriebsweise des Reaktors wurde wie üblich in einem Terminleitplan für das kommende Jahr im voraus festgelegt. Jede Betriebsphase enthält eine Abschaltphase von etwa 5 Tagen, die für Wartungs- und Reparaturarbeiten, für Funktionsprüfungen und zur Brennelement-Umladung genutzt wird.

Es war geplant, die Nutzung des FR2 durch Experimente weiter zu steigern - einmal durch eine größere Zahl von Kapselbestrahlungen, zum anderen durch 2 weitere Kreislaufexperimente Projekt FR2/55 "Heißdampfprüfkreislauf" und Projekt FR2/58 "Brennstoffplattenbestrahlung mit Druckwasserkreislauf".

Ein konstruktiv anders aufgebautes Brennelement sollte im Reaktor getestet werden. Außerdem sollte der Abbrandzustand des Feinregelstabes durch eine experimentelle Überprüfung festgestellt werden.

Die optimale Nutzung des FR2 wird von der betrieblichen Seite aus dokumentiert durch lange Betriebszeiten bei hoher Leistung. Periodische Abschaltungen sind wegen der Aufrechterhaltung der Reaktivität des FR2 durch Brennelementumladungen notwendig. Außerdem wird eine längere Abschaltung von rund 3 Wochen im Jahr dazu gebraucht, um Reparaturen und größere Wartungsarbeiten sowie von der Aufsichtsbehörde vorgeschriebene Prüfungen der Sicherheitseinrichtungen durchzuführen.

Die Ausnutzung in den letzten 3 Jahren betrug:

Jahr	Verfügbarkeit innerhalb der planmäßigen Betriebszeit	Nutzung
1967	99,3 %	86 % ohne Berücksichtigung der unplanmäßigen Abschaltung durch das Coretankleck
1968	96,4 %	96 %
1969	98,1 %	93 %

Damit gehört der FR2 mit zu den zuverlässigsten Forschungsreaktoren.

$$\text{Nutzung} = \frac{\text{effekt. Leistung} \times \text{Betriebszeit}}{\text{Nennleistung} \times \text{planm. Betriebszeit (30dxn)}}$$

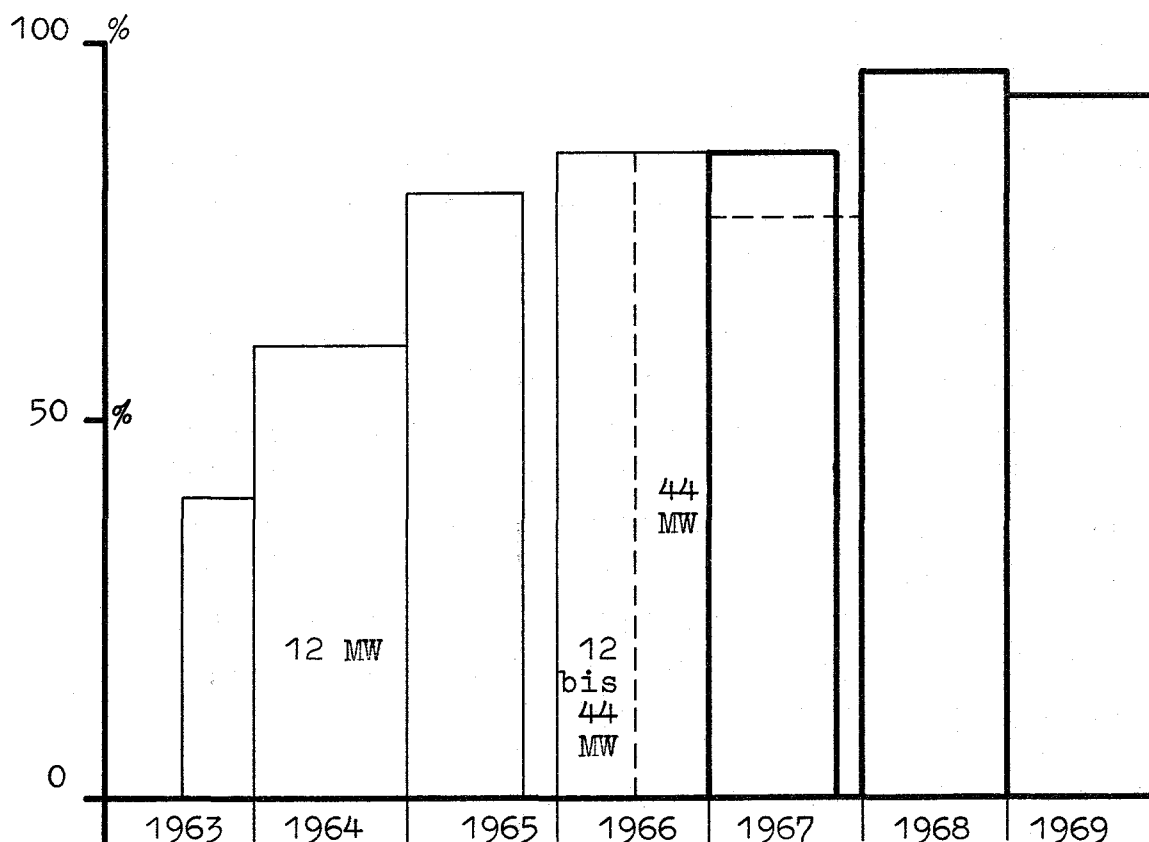


Abb.1.1 : Die Nutzungsfaktoren des FR2

2. Betrieb des Reaktors einschließlich Hilfsanlagen

Der Betrieb des FR2 und der Experimente erfolgte im Jahre 1969 entsprechend dem FR2-Terminleitplan 1969, Ausgabe 0-181168 (Abb.2.1). Das Jahr war wie im Vorjahr in 10 Phasen zu je 4 Betriebswochen und einer Abschaltwoche sowie in eine längere Abschaltphase unterteilt. Bedingt durch die Inbetriebnahme des Heißdampfprüfkreislaufs (Projekt FR2/55) wurde der FR2-Terminleitplan im September 1969 so abgeändert, daß der Reaktor in der Betriebsphase "H" um eine Woche länger gefahren und deshalb erst in der 41. Woche abgeschaltet wurde. Die zwei folgenden Betriebsphasen "I" und "K" wurden um eine Woche verschoben, die Phase "L" dauerte nur 3 Wochen und endete, wie vorgesehen, am Anfang der 3. Woche 1970. Siehe auch Abb.2.2.

In den 5 Abschalttagen je Betriebsphase erfolgten die planmäßigen Aus- und Einladungen sowie die Umladungen von Brennelementen, die rund 2 Arbeitstage beanspruchten (vgl. Kap.2.4). Der Wechsel und die Umladungen der Kapselversuchseinsätze erforderten meistens einen weiteren Arbeitstag (vgl. Kap.3.3). 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. Kap.4). Wie schon in [3] 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.

Wie der nach den tatsächlichen Gegebenheiten überarbeitete FR2-Terminleitplan 1969 (Abb.2.2) zeigt, konnten die vorgesehenen Betriebsphasen weitgehend eingehalten werden. Eine Übersicht über den Betriebsverlauf gibt das Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1969 (Abb.2.3). Nähere Einzelheiten können aus den im Anhang (Kap.8) befindlichen Tabellen 8.1 "Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969", 8.2 "Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit" und den 11 Formblättern Nr. 148/35 bis 148/45 "Reaktorleistung in den Betriebsphasen A bis L" für das Jahr 1969 entnommen werden.

In der 27. bis 30. Woche war der Reaktor planmäßig für größere Montagen außer Betrieb (Abschaltphase "F", siehe Abb.2.2). Am Ende dieser Abschaltphase wurden diejenigen Funktionsprüfungen durchgeführt, bei denen eine kurze Trockenstehzeit der Brennelemente unvermeidbar ist (vgl. Kap.4).

Aufgrund einer eingehenden Untersuchung wegen aufgetretener Schwierigkeiten beim Wechsel eines Filtereinsatzes wurden im September 1967 erhebliche Mängel, die sich auch auf die Abdichtung auswirkten, an den Schwebstofffiltern im Luftkreislauf festgestellt. Daraufhin wurden an jedem Absolutfilter und am Filterkran umfangreiche Verbesserungen durchgeführt. Das letzte Filter wurde im Februar 1969 abgeändert.

Die Schornsteinabluft wird seit März auf Tritium überwacht. Im Hochbehälterraum wurde dafür eine Absaug- und Ausfriereinrichtung aufgebaut.

Im Juni wurde die Erweiterung der E-Zentrale in Betrieb genommen (zusätzlich 3 Hauptschienen mit 2 x 1200 kVA und 1 x 800 kVA). Die thermische Belastung des Kabelkanals wurde durch Umrangieren von Kabeln über einen zweiten Kabelschacht zum neuen Teil der E-Zentrale erheblich verringert. Gleichzeitig erhielt damit auch das

Energieversorgungskabelsystem eine gewisse Redundanz.

Die Erfahrungen mit der neuen Magnetventilanordnung in der Hüllschadenüberwachungsanlage (anstelle eines Ventilblocks seit der 30. Woche 1968) sind so verlaufen, daß die anderen Ventilblöcke bis Ende 1971 umgebaut werden sollen. Die Ventilblöcke hatten immer häufiger zu Störungen geführt.

Die zur Abdichtung des Coretanklecks getroffenen Maßnahmen haben sich weiter bewährt. Für den Dichtstopfen des im November 1967 entdeckten Coretanklecks [2] wurde Anfang Januar eine Drucküberwachungseinrichtung eingebaut. Ein mit Helium unter leichtem Überdruck gefüllter Behälter ist mit dem Kontrollraum des Dichtstopfens verbunden und entsprechend instrumentiert (automatische Druckabfallsignalisierung).

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

Gemäß [4] lagen die Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Luft (Abluftschornein des FR2) unterhalb der in der Abluftplanung für 1969 vorgesehenen Grenzen.

Die Abgabe an radioaktiven Abwässern ist in [5] erfaßt. Siehe auch Kap.2.14.

2.1 Reaktorleistung und Energieabgabe

Als planmäßige Reaktorleistung waren für alle Betriebsphasen des Jahres 1969

44 MW

vorgesehen. Diese Leistung sollte an 289,0 Tagen gefahren werden. Es ergibt sich daraus eine mögliche Energieabgabe von 12.716 MWd.

Die tatsächliche Gesamtenergieabgabe im Berichtszeitraum betrug

12.311,2 MWd.

Damit liegt die Energieabgabe um rund 370 MWd bzw. 3 % niedriger als im Vorjahr (entspricht etwa 8 Tagen bei 44 MW). Die Energieabgabe ist 3,2 % niedriger als geplant.

Die in Kap.2.11 und 2.12 näher beschriebenen Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen sind ohne nennenswerten Einfluß auf die Nutzung des Reaktors geblieben.

Aus den 283,4 Tagen Betriebszeit im Leistungsbereich ($>10^{-3} N_N$) und der Gesamtenergieabgabe läßt sich eine mittlere Reaktorleistung von

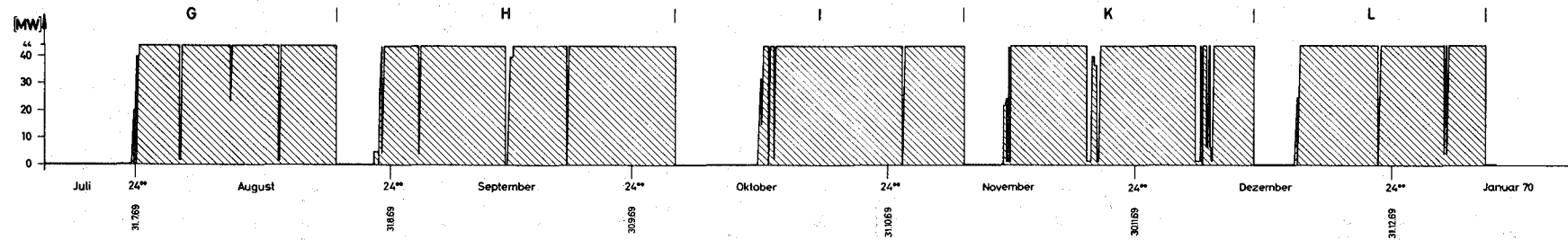
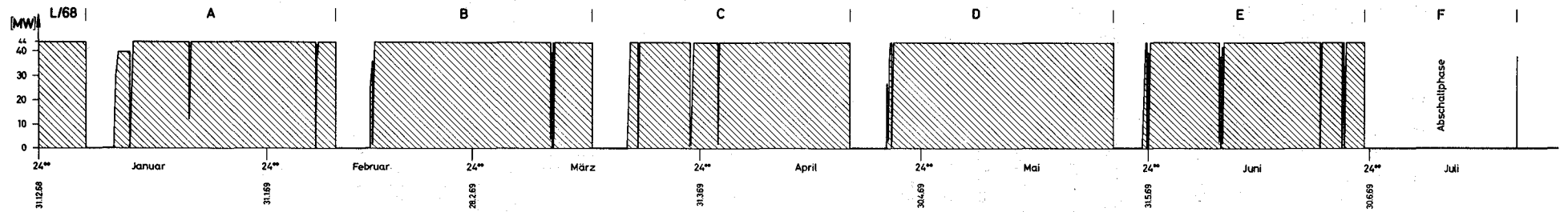
43,44 MW

errechnen. Auch dieser Wert zeigt die für einen Forschungsreaktor gute Nutzung der zur Verfügung stehenden Betriebszeit, siehe auch Abb.2.3 "Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1969".

Die Tabelle 8.1 "Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969" gibt eine genaue Aufschlüsselung des Reaktorbetriebs nach Wochen und Betriebsphasen.

Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1969 (Übersicht)

Reaktornennleistung 44 MW



Die Einteilung nach Betriebsphasen A-L entspricht dem FR2-Terminleitplan 1969

2.2 Betriebszeiten

Die Betriebszeit umfaßt den Zeitraum vom 1.1.1969 0.00 Uhr bis 31.12.1969 24.00 Uhr. Nach dem Terminleitplan 1969 Abb.2.1 waren hierfür 294 Betriebstage bzw. 289 Vollastbetriebstage mit 44 MW vorgesehen.

Aufgrund der Betriebsaufzeichnungen Tabelle 8.1 wurden folgende Betriebszeiten erreicht:

298,7	Betriebstage (gesamt)
283,4	Leistungsbetriebstage ($N > 10^{-3} N_N$)
272	Vollastbetriebstage (44 MW)

Die Erfassung der Gesamtbetriebszeit beginnt mit dem Ziehen der Abschaltstäbe und endet, wenn diese wieder in ihrer Endlage sind. Die Zeiten für den Reaktorstart sind also auch in der Gesamtbetriebszeit enthalten.

2.3 Ausnutzung und Verfügbarkeit

Wie eingangs erwähnt, erfolgte der Betrieb des FR2 im Jahre 1969 in einem 5-Wochen-Zyklus mit Ausnahme der verkürzten Phasen G, I, L und der verlängerten Phase H.

In [3] wurden die wesentlichen Abschnitte einer Betriebsphase in Kap.3.3 dargestellt. Die geplanten Vollastbetriebstage, die im vorhergehenden Kap.2.2 genannt wurden, entsprechen einer maximal möglichen Nutzung von fast 80 % für das Jahr 1969. Erreicht wurden 74,5 %, das heißt die planmäßige Vollastbetriebszeit konnte zu 94,1 % genutzt werden. Siehe Tabelle 2.1.

<u>Tabelle 2.1</u> Verfügbarkeitszahlen (zeitliche Nutzung)	max.möglich	erreicht
Vollastverfügbarkeit ($N=44$ MW)	79,2 %	74,5 %
Gesamtverfügbarkeit ($N > 10^{-3} N_N$)	82,2 %	77,6 %
Verfügbarkeit innerhalb der planmäßigen Betriebszeit ($N > 10^{-3} N_N$)	100,0 %	98,1 %

Die gegenüber dem Plan fehlende Betriebszeit ist im wesentlichen bedingt durch (siehe auch Tabelle 8.2):

- a) Verlängerung der Abschaltzeit in Phase "G" um rd. 5 Tage, da für die technischen Gruppen unvorhergesehene Aufgaben hinzu kamen,
- b) Verlängerung der Abschaltzeit in Phase "I" um rd. 5 Tage, die wegen der Inbetriebnahme des Hülschadendampfkreislaufes (Projekt FR2/55) notwendig waren,
- c) Begrenzung der Reaktorleistung oder Leistungsrücknahme auf Werte ≤ 44 MW hauptsächlich bedingt durch Experimente (u.a. Projekte FR2/36 und FR2/55). Insgesamt sind 39 Ereignisse mit einer Gesamtzeit von rd. 7,5 Tagen zu verzeichnen.

Bezogen auf das ganze Jahr wurde eine Gesamtverfügbarkeit von 77,6 % erreicht, bei Berücksichtigung von Betriebszeiten mit $N \leq 10^{-3} N_N$ sogar 81,8 %.

Aus der Energieabgabe nach Kap.2.1 ergibt sich - ohne Einbeziehung der planmäßigen Abschaltphase F - für das Jahr 1969

$$\text{Lastfaktor} = 79,9 \%$$

(Lastfaktor = Gesamtenergieabgabe 1969/35 d x 10 Betriebsphasen x N_N)

Maximal möglich wäre ein Lastfaktor von 86 %.

Weitere Einzelheiten können aus der Tabelle 8.1 im Anhang "Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969" entnommen werden. Eine Zusammenfassung der unplanmäßigen Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen mit den Ausfallzeiten gibt die Tabelle 8.2 in zeitlicher Reihenfolge wieder.

2.4 Beladung des Reaktors, Leistungsverteilung

Die Beladung des Reaktors kann aus den im Anhang befindlichen Beladungs- und Belegungsplänen für die 10 Betriebsphasen des Jahres 1969 entnommen werden.

Für die Betriebsphase A war die Beladung Nr. 182 gültig:

51	UO ₂ -Brennelemente	1,5	%	angereichert	(Typ BE5)
92	"	1,75	%	"	(" BE7)
10	"	2,0	%	"	(" BE8)
1	"	1,86	%	"	(" BE9)
13	Brennstoffkapsелеinsätze				
7	sonstige Einsätze mit Spaltstoffen				

165	Reaktorbrennelementpositionen (Gitterplätze)				
8	Zwischengitterpositionen mit Kühlung				

Die letzte Betriebsphase L des Jahres 1969 wurde mit der Beladung Nr. 207 durchgeführt:

1	UO ₂ -Brennelement	1,5	%	angereichert	(Typ BE5)
77	"	1,75	%	"	(Typ BE7)
66	"	2,0	%	"	(Typ BE8)
9	"	1,86	%	"	(Typ BE9)
19	Brennstoffkapsелеinsätze				
11	sonstige Einsätze mit Spaltstoffen				

164	Reaktorbrennelementpositionen (Gitterplätze)				
14	Zwischengitterpositionen mit Kühlung				

Im Laufe des Jahres erhöhte sich die Zahl der Versuchseinsätze von 20 auf 30, ferner kam das Druckrohr für Projekt FR2/55 zum Einbau. Der dafür notwendige Reaktivitätsbedarf konnte durch entsprechende Brennelement-Umladungen gedeckt werden.

Zum Jahresende waren folgende Reaktorpositionen besetzt:

Gitterpositionen:	153 = 80,6 %	mit Brennelementen
	13 = 6,8 %	mit Versuchseinsätzen
	24 = 12,6 %	nicht besetzt (Randpositionen)
	<hr/>	
	190 = 100,0 %	
Zwischengitter- positionen:	17 = 29,4 %	mit Steuer- und Abschaltstäben
	13 = 22,4 %	mit Isotopen- bestrahlungseinsätzen
	18 = 31,0 %	mit Versuchseinsätzen
	10 = 17,2 %	nicht besetzt (größtenteils Randpos.)
	<hr/>	
	58 = 100,0 %	
Zentralkanal:	2	(oben und unten) mit Versuchseinsätzen

Seit Anfang des Jahres sind 9 Brennelemente des Typs BE9 mit durchgehenden Stäben und einer Anfangsanreicherung von 1,86 % als Versuchselemente im Reaktor. Auch hier handelt es sich um Bündelelemente. Um einen zentralen Stab sind in gleichem Abstand sechs durchgehende Stäbe angeordnet. Am unterteilten Zentralstab befinden sich vier gleichmäßig verteilte Abstandhalter. An dieser Stelle ist der zentrale Brennstab eingeschnürt und ohne Brennstoff-Pellets. Der Typ BE9 weist gegenüber dem Typ BE7 einen um 17 % höheren Druckverlust auf. Die Verwendung durchgehender Brennstäbe bringt bei Erhöhung des Abbrandes voraussichtlich eine Verringerung der Anschaffungskosten gegenüber den BE7. Die zunächst eingesetzten Testelemente haben sich bisher gut bewährt. Der höchste mittlere Abbrand lag Ende des Jahres bei 4800 MWd/t_U. Siehe Tabelle 2.3.

Die jeweiligen Beladungszustände zeigt die Tabelle 2.2. Daraus ist auch die Zahl der Zu- und Ausladungen sowie die der Umsetzungen zu ersehen.

Tabelle 2.2: Beladungszustände des FR2 im Jahre 1969

Betr.-Phase	Bel.-Plan Nr.	Veränderungen zu Beginn des Beladeplanes															Bestand im Reaktor							Summe gesamt im Reaktor	Summe der besetzten Reaktorpos. m. Kühlung v. Reaktor-Kreislauf						
		Zuladungen					Ausladungen					Umladungen					BE - Typ								Kreisl. Exp.	auf Gitterpos.	auf Zwischen- Gitter-Pos.				
		BE - Typ	Kreisl. Exp. Proj.FR2	BE-Typ	Kreisl. Exp. Proj.FR2	BE - Typ	Kreisl. Exp. Proj.	BE - Typ	Kreisl. Exp.	BE - Typ	Kreisl. Exp.	BE - Typ	Kreisl. Exp.	BE - Typ	Kreisl. Exp.	BE - Typ	Kreisl. Exp.	BE - Typ	Kreisl. Exp.	BE - Typ	Kreisl. Exp.	BE - Typ	Kreisl. Exp.					BE - Typ	Kreisl. Exp.		
L/68	179	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	86	7	-	13	7	2	176	164	9
A/69	180	-	3	3	1	2	2	-	8	-	1	2	-	8	14	1	-	3	1	53	89	10	1	14	7	2	176	165	8		
	181	-	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	4	13	-	-	-	-	50	92	10	1	14	7	2	176	165	8		
	182	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	51	92	10	1	13	7	2	176	165	8		
B/69	183	1	7	2	1	1	2	-	11	-	2	-	-	10	32	5	-	1	-	41	99	12	2	12	9	2	177	165	7		
	184	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	41	99	12	2	12	9	2	177	165	7			
C/69	185	4	-	-	7	-	-	-	9	-	2	1	-	5	21	1	-	2	-	36	99	12	9	10	8	2	176	165	7		
	186	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	36	98	12	9	11	8	2	176	165	7		
D/69	187	3	-	8	-	1	2	-	11	-	-	1	-	3	24	3	-	-	-	28	98	20	9	12	9	2	178	165	8		
E/69	188	3	-	7	-	3	-	-	11	-	-	-	-	3	28	3	1	2	-	20	98	27	9	15	9	2	180	165	10		
	189	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	1	-	20	98	27	9	15	9/8	2	180/179	165	10		
	190	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	98	27	9	15	8	2	179	165	10		
F/69	191	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	98	27	9	15	8	2	178	164	10		
	192	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19	98	27	9	15	8	3	179	164	10		
	193	-	-	-	-	4	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	3	-	-	18	98	27	9	18	8	3	181	164	12		
G/69	194	-	-	10	-	-	1	-	8	-	1	1	-	4	27	12	4	1	-	10	98	37	9	17	8	3	182	164	13		
	195	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	98	37	9	17	8	3	182	164	13		
H/69	196	-	-	-	-	3	1	-	-	1	2	-	-	1	1	-	-	2	-	10	97	37	9	18	9	3	183	164	13		
	197	-	-	8	-	-	-	-	5	3	-	-	-	2	29	10	7	1	-	5	94	45	9	18	9	3	183	164	13		
	198	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	5	94	45	9	17	9	2	181	164	12		
I/69	199	-	-	8	-	1	2	1	3	4	3	1	-	-	28	17	2	2	1	2	90	53	9	15	10	3	182	164	11		
	200	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	90	53	9	15	10	3	182	164	11		
K/69	201	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2	90	53	9	15	10	3	182	164	11		
	202	-	-	6	-	2	-	-	1	5	-	1	-	-	23	10	3	-	-	1	85	59	9	17	9	3	183	164	12		
	203	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	4	1	-	-	1	84	60	9	17	9	3	183	164	12		
	204	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	84	60	9	17	9	3	183	164	12		
	205	-	-	-	-	2	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	84	60	9	18	9	3	184	164	13		
	206	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	84	60	9	18	9/10	3	184/185	164	13	
L/69	207	-	-	6	-	2	1	-	-	7	1	-	-	-	19	17	1	1	-	1	77	66	9	19	11	3	186	164	14		
A/70	208	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	77	66	9	18	11	4	186	164	13		

Abb.2.4 zeigt die Eintauchtiefe aller 16 Trimmabschaltstäbe (TA-Stäbe) für 2 Reaktorzustände über das Jahr 1969:

kalt, unvergiftet, ohne Abbrand (frisch umgeladen)

warm, vergiftet, mit Abbrand (am Ende einer Betriebsphase)

Siehe hierzu auch Kap.2.7.

Da die Moderator Temperatur die Reaktivität beeinflusst, wurde sie ebenfalls mit eingetragen. Die kritische TA-Stab-Stellung für den kalten Reaktor hat einen ausgeglichenen Verlauf. Die Eintauchtiefe der TA-Stäbe für den warmen Reaktor zeigt größere Unterschiede, so brachte die auf 5 Wochen verlängerte Betriebsphase L Ende 1968 eine besonders kleine Eintauchtiefe der Bank der TA-Stäbe mit sich.

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.

Bis Mitte des Jahres wurden die BE-Typ 5 bis auf 4 Testelemente aus dem Reaktor ausgeladen. Zum Ende des Jahres war bereits das äußere Drittel der radialen Zone mit BE8 beladen. Beim Vergleich der Diagramme ist zu beachten, daß die Meßstelle 1T18 "D₂O-Temperatur im Zu-
lauf zum Verteilerboden des Reaktortanks" einige Zeit eine Fehlanzeige lieferte. Die aus der Summation der einzelnen BE-Leistungen gebildete Gesamtleistung erreichte deshalb nicht 44 MW. Der Korrekturfaktor beträgt $k = N_N / \sum N_{BE}$ (z.B. für Betriebsphase B: $k=44/38,6=1,14$).

Durch Verwendung von Brennelementen mit höherer Anfangsanreicherung konnte die "Umladegeschwindigkeit" bei gleichbleibender Überschußreaktivität herabgesetzt und damit der Abbrand erhöht bzw. die Standzeit verlängert werden. Zwar stehen die reinen Uranoxidkosten der Anreicherungen 1,5/1,75/2,0 % im Verhältnis 1 : 1,27 : 1,54, aber da pro Betriebsphase weniger Brennelemente des Typs BE8 benötigt werden, ergeben sich geringere Betriebskosten. Zudem werden die relativ teuren Wasserführungsrohre aus Zircaloy wieder verwendet, die geringeren Umlade- und Abfallkosten wirken sich gegenüber den Montagekosten in der Heißen Zelle mehr aus. Auch das erhöht die Wirtschaftlichkeit des Reaktorbetriebs.

2.5 Regel- und Abschaltetelemente und ihre Reaktivitätsauswirkung

Durch Neutroneneinfang wird das Cd-Inventar der Regel- und Abschaltetelemente während des Reaktorbetriebs stetig verringert, vor allem ist dies beim FR-Stab der Fall, dessen normale Betriebsstellung 400 mm (\cong TA=1175 mm) ist. Er ragt normalerweise um rd. 700 mm über die Bank der TA-Stäbe hinaus.

In [3] wurde die Feststellung getroffen, daß der bisher eingebaute Feinregelstab (FR-Stab) in seiner Reaktivitätsauswirkung nachgelassen haben mußte. Siehe auch in Abb.2.5 den abfallenden Verlauf der Kurve

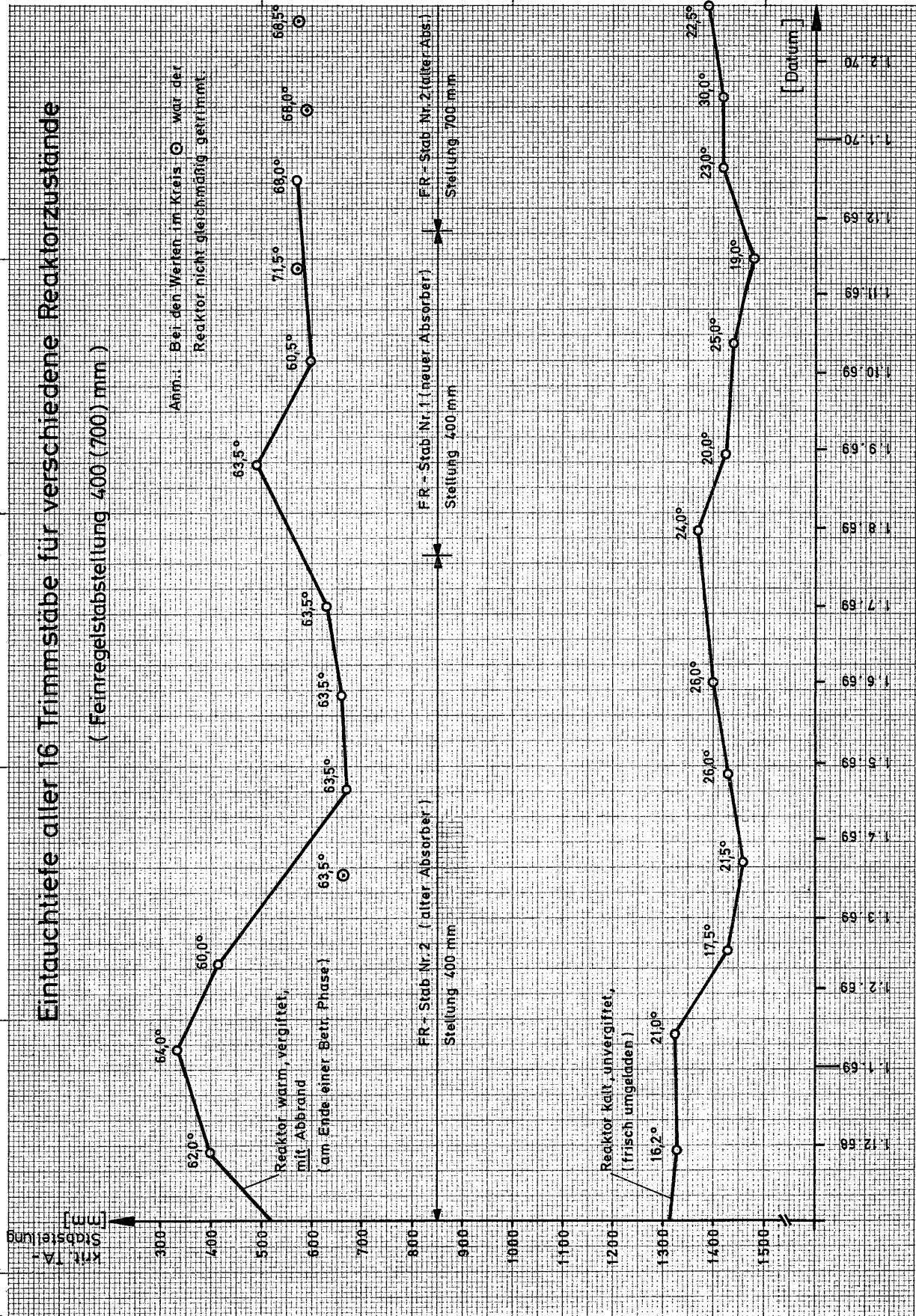
$$\Delta TA = TA (FR=0) - TA (FR=1200).$$

Deshalb wurde in der großen Abschaltphase der Abbrandzustand einiger Regel- und Abschaltetelemente des FR2 überprüft.

Zur Prüfung des Abbrandzustandes kamen nur indirekte Methoden in Frage. Es wurden zwei Verfahren angewandt:

- a) Messung der Wertigkeitsänderung im Vergleich mit relativ unverbrauchten Absorbern
- b) Bestimmung des Flußverlaufes auf der Absorberoberfläche.

Eintauchtiefe aller 16 Trimmstäbe für verschiedene Reaktorzustände (Feinregelstabstellung 400 (700) mm)



Formblatt:

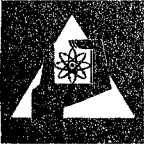
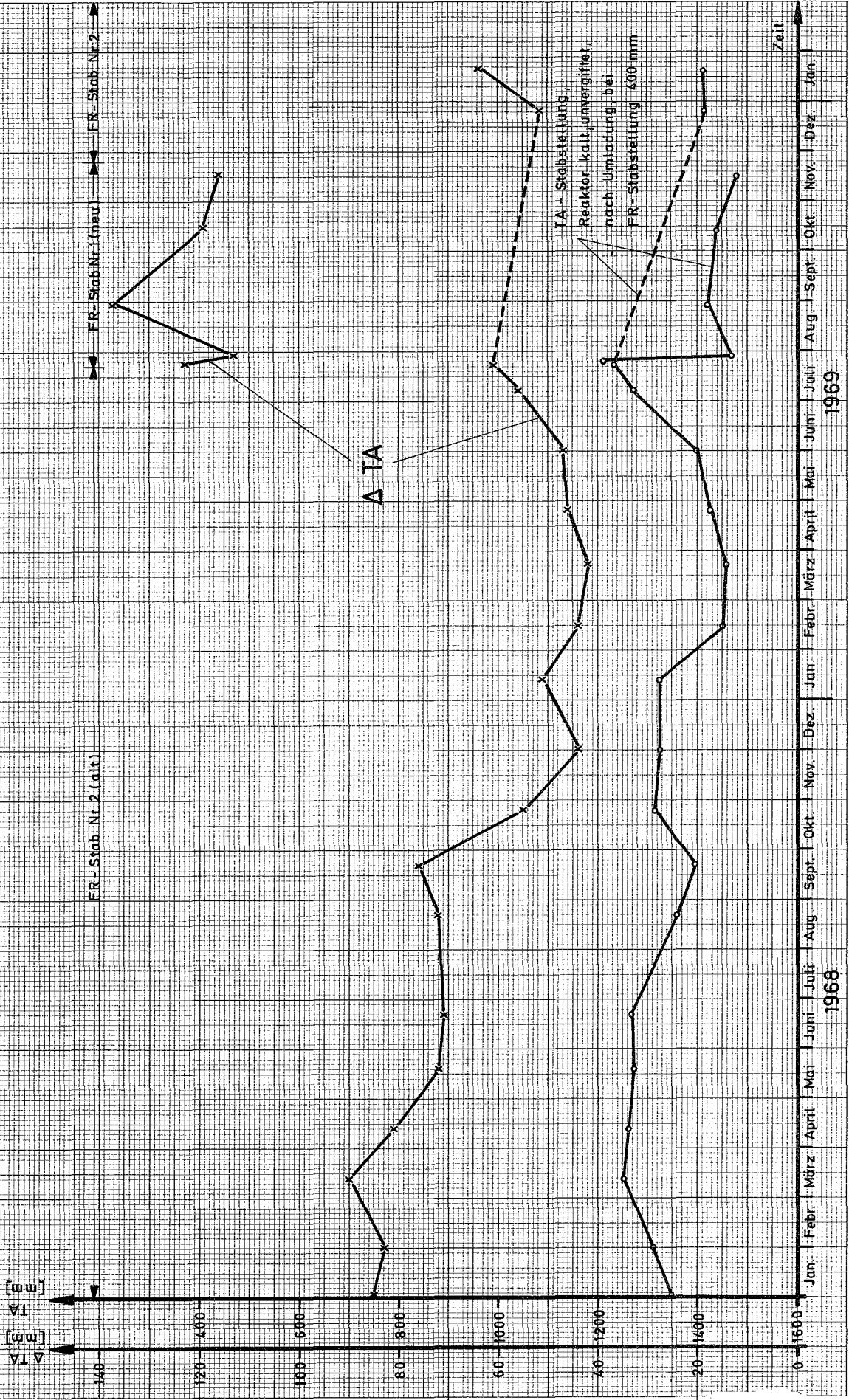


Abbildung Feinregelstab auf Trimmabschaltstäbe



1.4.71 9.5.

Wenn bei einem Cd-Stab die Reduktion der Flächenbelegung mit Cd-113-Atomen bzw. der Abbrand so weit fortgeschritten ist, daß sein unterer Teil nicht mehr als schwarz gegenüber Neutroneneinfang angesehen werden kann, dann wird die von ihm verursachte Flußstörung und damit auch sein Reaktivitätsäquivalent im Vergleich zu einem neuen unverbrauchten Absorber kleiner. Die Abbildung von zwei zu vergleichenden Absorbern mit und ohne Abbrand auf mehrere Referenzabsorber führt zu unterschiedlichen Hubdifferenzen der letzteren. Eine solche Messung liefert eine qualitative Beurteilung des Abbrandzustandes des betreffenden Absorbers und ermöglicht die Feststellung, ob dieser einen Teil seiner effektiven Länge durch Abbrand eingebüßt hat.

Diese Bedingungen waren anzustreben, es standen für die Untersuchung die beiden TA-Stäbe Nr. 22 und Nr. 18 mit dem größten und dem geringsten Abbrand aller verfügbaren Stäbe zur Verfügung:

TA-Stab Nr. 22: 10.000 h bei 12 MW und 22.341 h bei 44 MW

TA-Stab Nr. 18: 6.400 h bei 12 MW und 12.811 h bei 44 MW

Beide TA-Stäbe wurden nacheinander auf der TA-Stabposition 12 gegen die TA-Stäbe in Position 10, 14 und 16 abgebildet. Die gefundenen Hubdifferenzen der TA-Bank Position 10, 14, 16 für einen Gesamthub der zu untersuchenden TA-Stäbe von 1018 mm betragen:

TA-Stab Nr.	Δ TA (10,14,16)
22	346 mm)
18	359 mm)

) siehe Abb.2.6

Der Hub der Dreierbank war beim TA-Stab Nr. 22 deutlich geringer als beim TA-Stab Nr. 18. Aus der Abb.2.6a wurde für jeweils gleiche Eintauchtiefe der Dreierbank die Hubdifferenz der beiden TA-Stäbe abgegriffen und in Abb.2.6b eingetragen. Man entnimmt der Abbildung, daß

bis auf geringe Abweichungen die Hubdifferenz über der Eintauchtiefe der Dreierbank im Mittel bei ca 90 mm liegt.

Diese Hubdifferenz kann als Unterschied in der effektiv wirksamen Länge beider TA-Stäbe interpretiert werden. Da der TA-Stab 18 nicht als unverbraucht angesehen werden kann (etwa Hälfte der Betriebsstunden des TA-Stabes 22), kann nicht ausgeschlossen werden, daß mehr als 90 mm an der Gesamtlänge des Absorbermaterials bereits fehlen.

Der zu prüfende FR-Stab Nr. 2 war wegen seiner relativ großen Eintauchtiefe im Core und der langen Einsatzzeit (14.100 h bei 12 MW und 19.100 h bei 44 MW) der am stärksten belastete Absorber. Zur Prüfung seines Abbrandzustandes wurde am äußeren Can des Cd-Absorbers eine Drahtsonde aus einer Al/Au-Legierung (20 % Au 0,5 mm \emptyset) angebracht. Damit wurde der FR-Stab ins Core eingesetzt und auf 400 mm eingefahren. Stab und Drahtsonden wurden bei einer Reaktorleistung von $10^{-3} N_N$ eine Stunde lang bestrahlt. Wegen der starken Flußdepression an der Cd-Oberfläche wurde an der Übergangsstelle zwischen dem abgebrannten unteren und dem noch wirksamen oberen Ende des Absorberstabes ein Sprung im Flußprofil erwartet. Die Bestimmung des Flußprofils erfolgte durch Messung der β -Aktivität des Drahtes. Eine weitere Bestrahlung einer Drahtsonde wurde am Can des FR-Stabes Nr. 2 vorgenommen. Der FR-Stab Nr. 1 kann als relativ unverbraucht angesehen werden, da er im Reaktor nur ca 1.300 h bei 12 MW eingesetzt war.

Die Diskontinuität im Flußverlauf trat bei abgebranntem FR-Stab 620 mm und beim neuen FR-Stab 1180 mm unter der Festdeckelunterkante auf (siehe Abb.2.7). Beim neuen FR-Stab wird die sprunghafte Zunahme des Flusses ziemlich genau an der Stelle beobachtet, an der der Cd-Absorber endet. Beim FR-Stab Nr. 2 liegt die Änderung des Flusses mit viel flacherem Verlauf im Cd-Bereich. Der Übergangsbereich ist ca 90 mm lang, die effektive Cd-Dicke könnte dort von 1 mm auf 0 abgenommen haben.

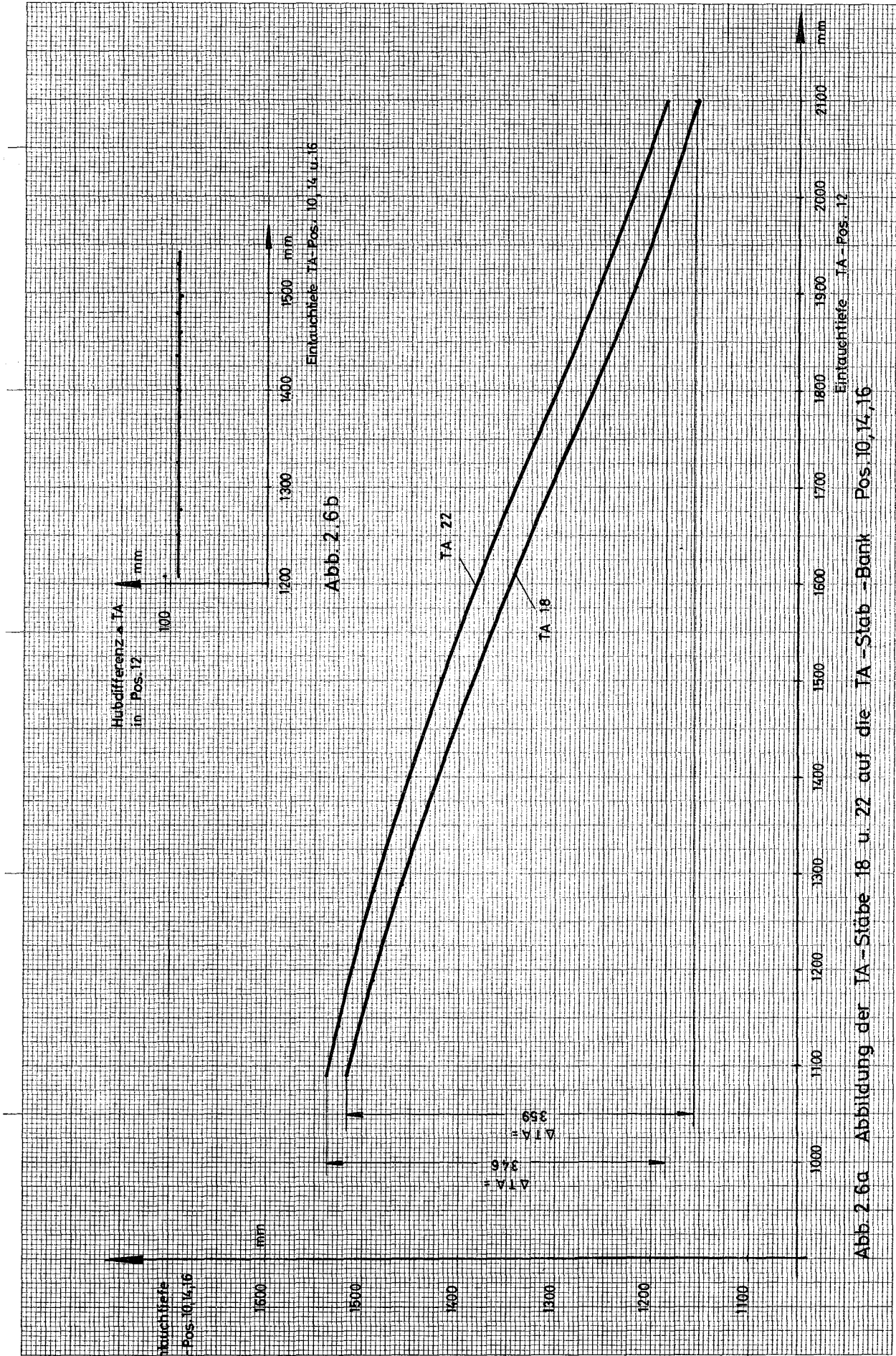


Abb. 2.6b

Abb. 2.6a Abbildung der TA - Stäbe 18 u. 22 auf die TA - Stab - Bank Pos. 10, 14, 16

Die Lage der Diskontinuitäten im Flußverlauf weist darauf hin, daß beim alten FR-Stab etwa 500-600 mm vom unteren Teil des Cd-Absorbers aufgezehrt sind.

Statt des FR-Stabes Nr. 2 wurde der FR-Stab Nr. 1 eingebaut. Gegen Ende des Jahres mußte dieser Wechsel allerdings wegen einer durchzuführenden Reparatur am Antrieb des FR-Stabes Nr. 1 rückgängig gemacht werden.

Künftig werden die TA-Stäbe in den Positionen 1, 2, 4, 5 während des Leistungsbetriebs ganz ausgefahren sein, damit man den Abbrand dieser Referenzabsorber möglichst klein hält. In regelmäßigen Abständen werden der FR-Stab und die restlichen 12 TA-Stäbe auf diese 4 TA-Stäbe abgebildet werden, um den Abbrand der zur Trimmung benötigten Regelstäbe zu überwachen.

2.6 Abbrand

Der Abbrand der Brennstoffbeladung über das Jahr 1969 kann aus Tabelle 2.3 entnommen werden. Man beachte die längere Verweilzeit im Core, die durch den allmählichen Austausch der BE7 durch BE8 mit 2,0 % Anfangsanreicherung ermöglicht wurde.

Der Abbrand für die BE7 im Reaktor betrug im Mittel

am Ende der Betriebsphase A/69:

$$\bar{A}_{BE7} = 5080 \text{ MWd}/t_U \text{ für } 92 \text{ BE7}$$

am Ende der Betriebsphase L/69:

$$\bar{A}_{BE7} = 9089 \text{ MWd}/t_U \text{ für } 77 \text{ BE7.}$$

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



A 4 210 x 297 mm



Neutronenfluß
in rel. Einheiten

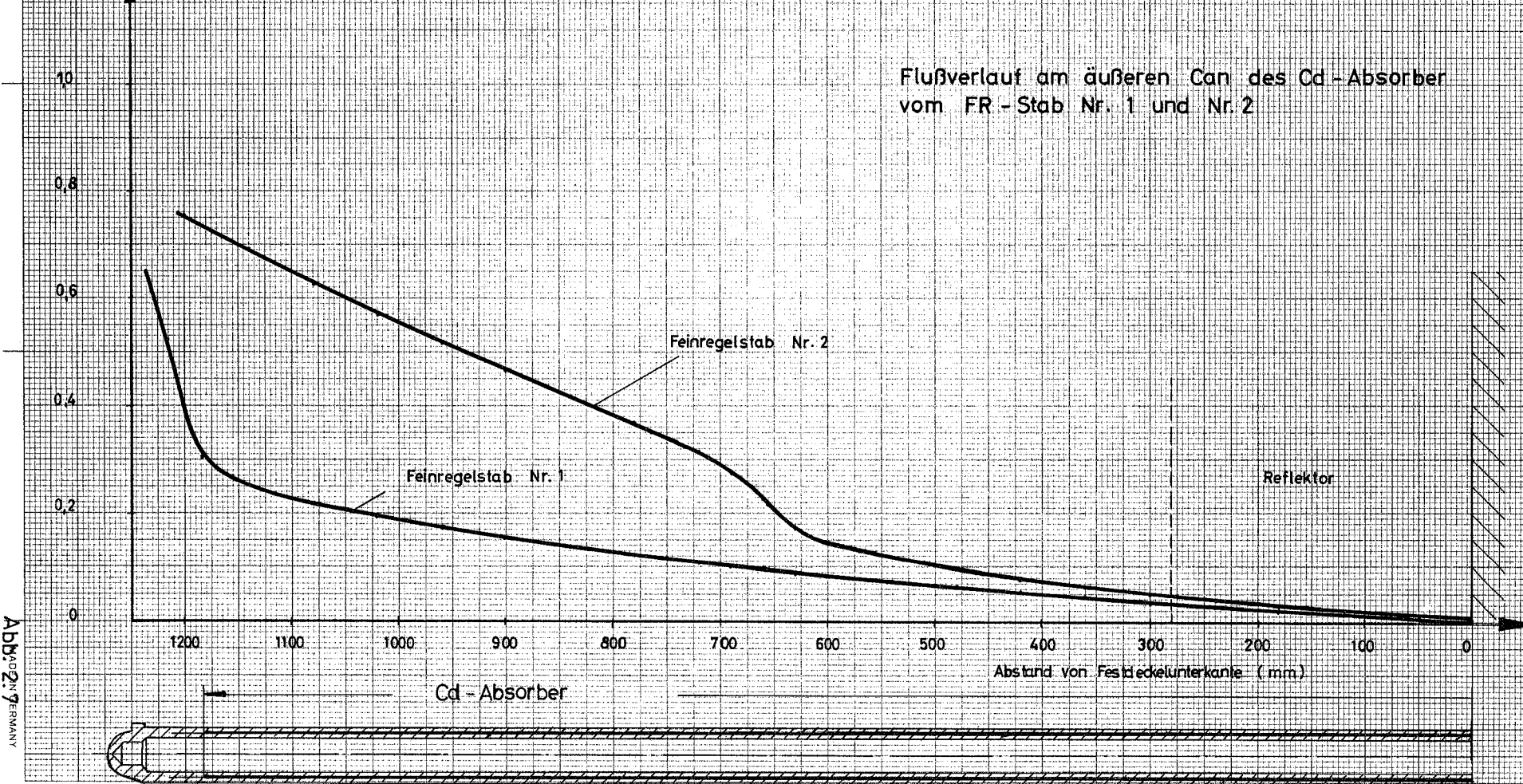


Abb. 2: 7
GERMANY

Das eine zur Standzeiterprobung im Reaktor verbliebene BE5-115 wurde am 5.7.69 mit einem Abbrand von 16.515 MWd/t_U und einer Betriebszeit ($\gg 10^{-3} N_N$) von 850,6 d ausgebaut. Seine Leistung vor dem Ausbau betrug noch 175 kW.

Die Untersuchung in den Heißen Zellen ergab, daß die Führungsstücke alle etwas verbogen und abgetragen waren. Vier Stäbchen hatten deshalb Berührungsstellen mit dem Wasserführungsrohr. Das Wasserführungsrohr wies ein Loch infolge Reibwirkung durch die Nase eines Führungsstückes auf. Siehe [9] .

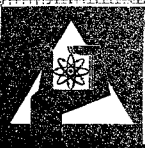
Fünf Stäbe aus den mittleren Bündeln wurden einem Aufheizversuch unterworfen, um festzustellen, ob der Spaltgasdruck Probleme aufwirft. Sie wurden im Vakuum innerhalb von 7 Stunden langsam auf 1000 C aufgeheizt. Keiner der Stäbe wurde undicht. Der Innendruck betrug bei 1000 C etwa 5 Atm.

Ein Stab aus einem mittleren Bündel wurde einer Druckprüfung unterzogen. Nachdem seine Dichtheit bei Raumtemperatur durch Abdrücken mit 20 atü Helium festgestellt war, wurde er auf 120 C aufgeheizt und mit Helium stufenweise bis zu 200 atü Innendruck beaufschlagt. Auch bei der höchsten Druckstufe blieb die Dichtheit des Prüflings erhalten.

An 6 Proben aus BE-Mitte und den beiden BE-Enden wurden der Abbrand und der Plutonium-Gehalt radiochemisch bestimmt. Der maximale Abbrand in Stabmitte betrug 16.200 MWd/t_U, zum oberen und unteren BE-Ende nahm er auf 49 % bzw. 84 % ab (gemessen über Ce-144). Die an den Zentralstäben ermittelten Werte lagen 6 bis 14 % unter denen der Randstäbe. Der Plutonium-Gehalt wurde in Stabmitte zu maximal 6,5 Gewichts-^o/oo ermittelt, an den Stabenden lag er bei minimal 2,5 ^o/oo. Die Werte aus 2 verschiedenen Analysen streuten hierbei um 30 %.

Ein weiteres BE5 befindet sich mit einem Abbrand von über 18,7 MWd/kg_U noch im Reaktor.

Formblatt:



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Abb. 2.8

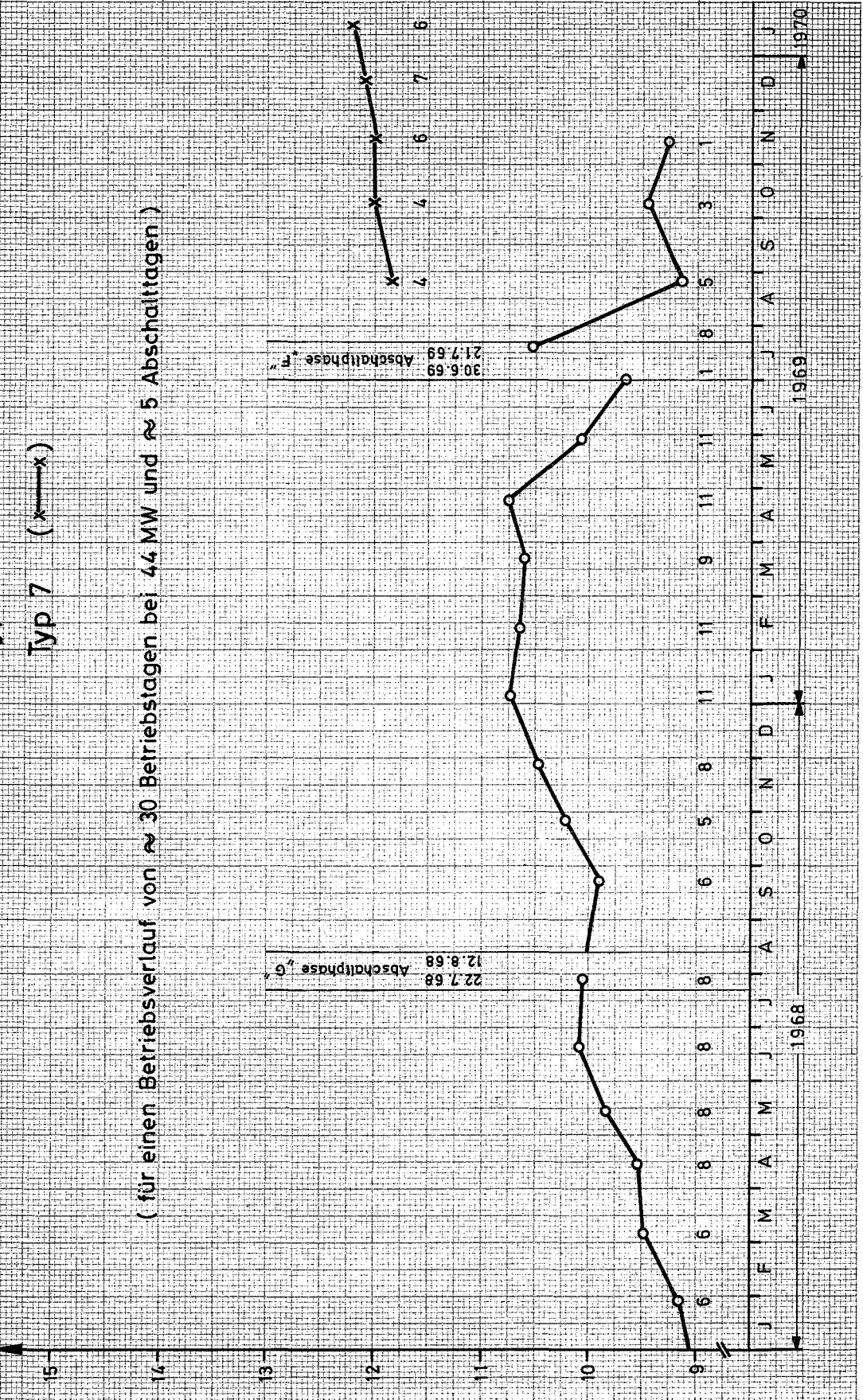
Mittl. Abbrand und Anzahl der planmäßig ausgeladenen Brennelemente Typ 5 (○—○)

Brennelemente Typ 7 (x—x)

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

Abbrand

[MWD/kpu]



22.7.68 Abschaltphase „G“ 12.8.68

30.6.69 Abschaltphase „F“ 21.7.69

20.4.71

Tabelle 2.3: Abbrand der Brennstoffbeladung des FR2 am Ende der Betriebsphasen im Jahre 1969

Betr. Phase	BE im Core	Abbrand Brennelement Typ 5 [Mwd/t _U]				BE im Core	Abbrand Brennelement Typ 7 [Mwd/t _U]				BE im Core	Abbrand Brennelement Typ 8 [Mwd/t _U]				BE im Core	Abbrand Brennelement Typ 9 [Mwd/t _U]				Abbrand gesamt [Mwd/t _U]		
		max.	min.	Gesamt	i.Mittel		max.	min.	Gesamt	i.Mittel		max.	min.	Gesamt	i.Mittel		max.	min.	Gesamt	i.Mittel			
A	51	14591* 11111	8269	502575	9658	92	8941	483	467344	5080	10	3394	613	18771	1877	1	452	452	452	452	989142		
B	41	15218* 10981	7696	414676	9856	99	9565	650	529721	5351	12	4000	583	25784	2149	2	911	509	1412	706	971593		
C	36	15687* 11382	7822	368351	9914	98	10179	1168	582577	5945	12	4613	1057	32474	2706	9	1378	445	6838	759	990240		
D	28	16193* 11218	7902	288294	9848	98	10828	1790	649350	6626	20	5303	478	44992	2249	9	1829	943	12310	1367	994946		
E	20	16645* 11294	7613	203238	9448	98	11415	2416	700737	7150	27	5978	121	56492	2092	9	2281	1435	17547	1950	978014		
F	18	16645* 11294	7613	177075	9437	98	11410	2416	700716	8759	27	5978	516	61492	2277	9	2281	1435	17547	1950	956830		
G	10	17040* 9707	8095	97180	8904	96	11918	2935	753366	7687	37	5693	337	80507	2175	9	2789	1942	21734	2415	952787		
H	5	17578* 9575	8824	54789	9303	94	12289	3610	775817	8253	45	7356	602	116295	2584	9	3593	2652	29104	3234	976005		
I	2	17975* 9287	9287	27262	9287	90	12097	4117	771503	8572	53	7953	411	144186	2720	9	4106	3151	33615	3735	976566		
K	1	18403* 18403	18403	18403	18403	84	12241	4715	749377	8921	60	8611	476	179956	2999	9	4713	3819	39213	4357	986949		
L	1	18748* 18748	18748	18748	18748	77	12266	5173	699834	9089	66	9168	386	212047	3213	9	5197	4330	43726	4858	974355		
BE5 (mittl. Abbrand)		11164				BE7 (mittl. Abbrand)		7403				BE8 (mittl. Abbrand)		2458				BE9 (mittl. Abbrand)		2344			

Anmerkung: Die mit * bezeichneten BE sind Standzeiterprobungen und im Mittelwert nicht enthalten.

Mit der Zuladung frischer Elemente des Typs BE8 mit einer Anreicherung von 2,0 % war in der zweiten Hälfte des Jahres 1968 begonnen worden. Der konstruktive Aufbau entspricht weitgehend dem der BE7 (Anreicherung 1,75 %). Aufgrund der Betriebserfahrungen mit den BE7 wurden jedoch an den BE8 Verbesserungen der Halterung und Führung der Brennstäbchen vorgenommen. Siehe hierzu auch [3]. Wie schon in Kap.2.4 erwähnt (Kostenvergleich), konnte bei etwa konstanter Brennelementzahl (154/153) durch Übergang auf höher angereicherte Elemente (1,5 % → 1,75 % → 2,0 %) der Abbrand der ausgeladenen Elemente beträchtlich erhöht werden. Er betrug am Jahresanfang rd. 10,7 MWd/kp_U, am Jahresende rd. 12,1 MWd/kp_U. Die Zunahme des mittleren Abbrands für die im Verlauf des Jahres 1969 ausgebauten Brennelemente zeigt Abb.2.8. Insgesamt wurden 93 abgebrannte Brennelemente ausgebaut.

Im Monat Dezember wurden die ersten oxidischen Brennelemente an die GWK zur Wiederaufbereitung versandt. Es wurden in drei Transporten 96 BE5 und 38 BE6 abgegeben, zwei weitere Transporte folgen im Januar/Februar 1970.

Die unbeschädigten Wasserführungsrohre der alten Brennelemente werden wieder verwendet (siehe auch Kap.2.4).

2.7 Reaktivitätsverhalten, Neutronenfluß

Zur Erläuterung der Reaktivitätsbilanz dient Abb.2.4. Sie enthält den Verlauf der kritischen Trimmstabstellung im Jahre 1969 für 2 charakteristische Reaktorzustände:

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

Kritische Trimmstabstellung bei Betrieb mit 44 MW am Ende einer Betriebsphase, d.h. mit Abbrand und Vergiftung.

Das Reaktivitätsverhalten ist aus den im Anhang beige-fügten Formblättern 183/27 bis 183/37 "Kritische Trimmstabstellung in den Betriebsphasen A bis L" zu ersehen.

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

$$\begin{aligned} (\rho_{\text{ex}})_{\text{max}} &\approx 6,5 \% & (\text{TA} = 1400 \text{ mm}) \\ & & (\text{FR} = 400 \text{ mm}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} (\rho_{\text{ex}})_{\text{min}} &\approx 0,9 \% & (\text{TA} = 570 \text{ mm}) \\ & & (\text{FR} = 400 \text{ mm}) \end{aligned}$$

zur Verfügung.

a) Beitrag für Spaltproduktvergiftung, Temperaturvergiftung und Abbrand:

$$(\rho_{\text{ex}})_{\text{max}} - (\rho_{\text{ex}})_{\text{min}} \approx 6,5 \% - 0,9 \% = 5,6 \%$$

Davon entfallen auf:

Temperaturvergiftung	1	% ($\Delta T=40 \text{ C}$)
Spaltproduktvergiftung und Abbrand	4,6	%
	<u>5,6</u>	%

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

$$\begin{aligned} \rho_{\text{Ab}} &\approx 6,5 \% - 15,5 \% & = & - 9 \% \\ & & & (\text{gefordert sind mindestens } - 3 \%). \end{aligned}$$

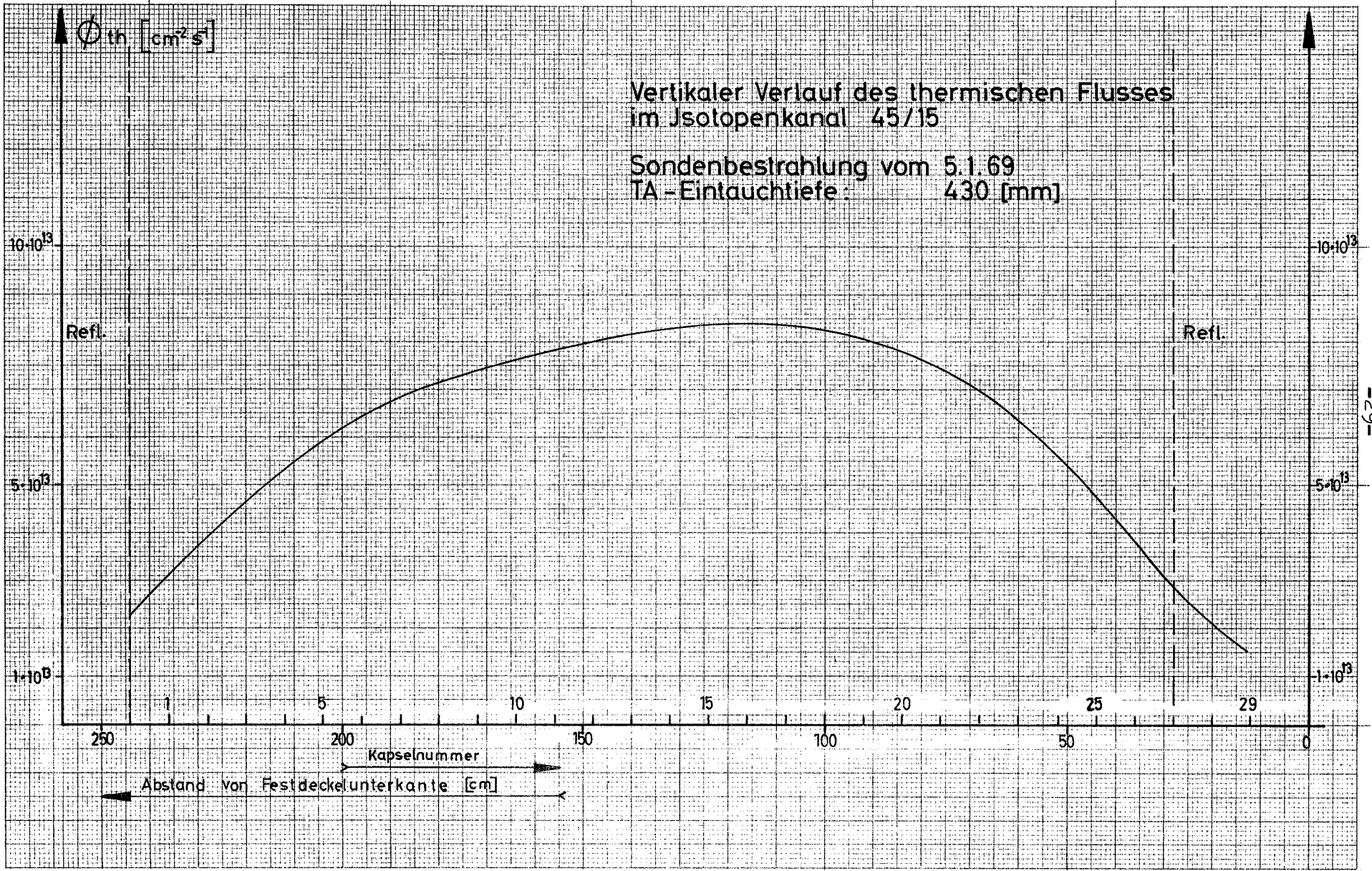


Abb. 2.9

Die maximale thermische Neutronenflußdichte im Moderator lag bei $0,95 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ für eine Reaktorleistung von 44 MW.

Einen typischen Flußverlauf im Isotopenkanal Position 45/15 gibt Abb.2.9 wieder.

2.8 Schwerwasserkreislauf

Die Isotopenreinheit des Schwerwassers betrug am Jahresanfang

99,667 Mol %

und am Jahresende

99,651 Mol %.

Die kontinuierliche Abreicherung im Verlauf des Jahres 1969 betrug also

0,016 Mol %.

Diese Abreicherung ist auf die große Zahl der im Verlauf der einzelnen Betriebsphasen umgesetzten sowie aus- und eingebauten Brennelemente zurückzuführen.

Die Tritiumkonzentration des Schwerwassers erhöhte sich von

3000 $\mu\text{Ci/ml}$ am Jahresanfang

auf 3900 $\mu\text{Ci/ml}$ am Jahresende

nahezu stetig entsprechend dem Betriebsverlauf.

Die Leitfähigkeit des Kreislaufwassers (D_2O) lag zum Jahresanfang bei rd. $0,14 \mu\text{S/cm}$ und stieg zuerst langsam, dann schneller bis auf $0,4 \mu\text{S/cm}$ im September an.

Nach Umschaltung auf das Reserve-Mischbettfilter 1.3 mit neuer Harzfällung fiel die Leitfähigkeit auf 0,11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ bis Jahresende ab.

Die spezifische Aktivität des Schwerwassers an langlebigen Korrosions- und Spaltprodukten (Halbwertszeit > 1 Tag) war weiterhin gering und lag bis August unter 10^{-2} $\mu\text{Ci}/\text{ml}$. Ab August stieg die spezifische α -Aktivität etwas an, um von Mitte Oktober ab etwas über 1×10^{-2} $\mu\text{Ci}/\text{ml}$ zu liegen. Die größten Meßwerte lagen gegen Jahresende bei $C_{\alpha} = 2,1$ $\mu\text{Ci}/\text{ml}$. Es liegt nahe, diesen Anstieg mit dem Anfang Dezember festgestellten Hüllschaden an BE7-89 (siehe Kap.2.9) in Verbindung zu bringen.

Die Impulsrate der Gesamt- D_2O -Überwachung in der Hüllschadennachweisanlage hat sich im Berichtszeitraum praktisch nicht verändert.

Der Schwerwasserverlust im Jahre 1969 bei BE- und KVE-Wechsel u.a.m. und an Leckverlusten betrug insgesamt:

106,33 kp D_2O (RQ)

(RQ = Reaktorqualität auf 99,659 Mol % standardisiert)

In den Reaktorkreislauf wurden 888,44 kp D_2O (RQ) eingefüllt und 42,82 kp D_2O für Analysen sowie 464,46 kp D_2O an Leckwässern entnommen.

Der Urangehalt im Schwerwasser lag immer unter der Nachweisgrenze von $5 \cdot 10^{10}$ pU/ml D_2O .

2.9 Brennelementüberwachung

Von allen über 500 um- bzw. ausgeladenen Brennelementen wurden in der Brennelementwechselmaschine γ -scans angefertigt, die Rückschlüsse auf mögliche Bündeldefekte zulassen. Siehe auch [3].

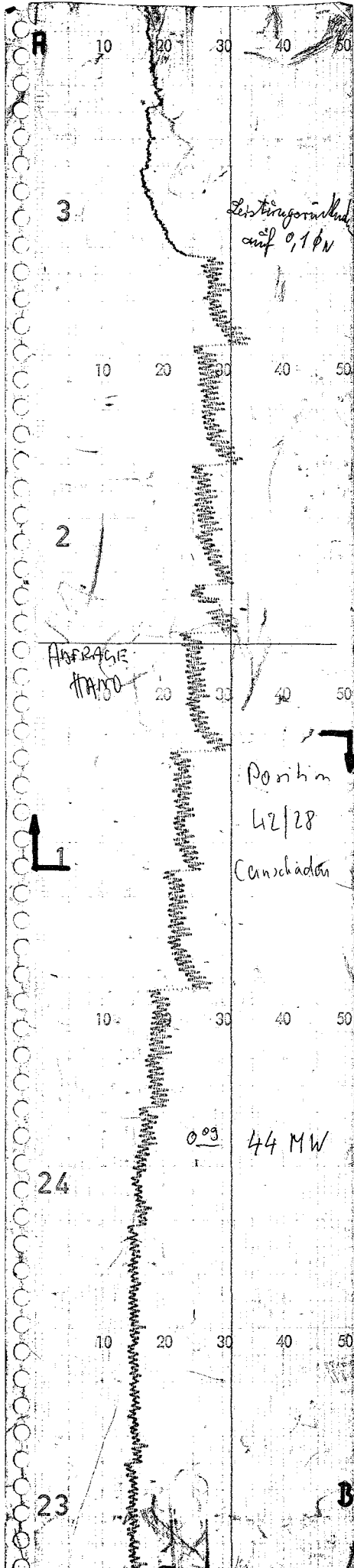
Das BE7-40 wies eine höhere Kühlmittelaufheizspanne als benachbarte Brennelemente bei kleinerem Durchfluß auf. Die γ -scanning-Aufnahme bestätigte dann den Verdacht auf Bündeldefekt, deshalb wurde das BE am 30.3. mit einem Abbrand von 7.613 MWd/t_U (Betriebsstunden bei $N > 10^{-3} N_N : 9.985 \text{ h}$) aus dem Core ausgebaut. Die Inspektion in der Heißen Zelle ergab, daß das unterste Bündel abgefallen war. Ein Hüllschaden lag nicht vor.

Das BE7-89 wurde am 10.12. wegen Hüllschadenverdacht ausgebaut, siehe Abb.2.10. Die γ -scanning-Aufnahme erbrachte einen Bündeldefekt. Bei einem Abbrand von 8.977 MWd/t_U hatte das BE 10.664 Betriebsstunden bei $N > 10^{-3} N_N$. Die Inspektion in der Heißen Zelle des FR2 ergab, daß von den 2 letzten Bündeln Stäbe einzeln im Wasserführungsrohr lagen. Die beiden untersten Führungsstücke fehlten, die restlichen waren beschädigt. Die Endzapfen der Stäbe des untersten Bündels fehlten zum Teil. Die losen Stäbe wiesen Reibstellen auf.

Die Untersuchung von ausgeladenen Brennelementen (BE5, BE6, BE7) auf Beschädigung der Wasserführungsrohre infolge von Schwingungen der Führungssterne ergab bis zum 30.9.69 folgendes Bild:

Betriebsstunden	untersucht	beschädigt	Anteil in %
< 6 x 10 ³	27	8 (29,6 %)	3,4
6- 8 x 10 ³	25	2 (8,0 %)	0,9
8-10 x 10 ³	36	4 (11,1 %)	1,7
10-12 x 10 ³	76	8 (10,5 %)	3,4
12-14 x 10 ³	59	7 (11,9 %)	3,0
14-16 x 10 ³	10	4 (40,0 %)	1,7
> 20 x 10 ³	1	1 (100,0 %)	0,4
	234	34	14,5

Das erste Maximum von beschädigten Wasserführungsrohren liegt also schon innerhalb der ersten 6000 Betriebsstunden. Unter Berücksichtigung der Anzahl von unter-



Hüllschaden BE7-89

Lebenslauf:

Schadensfeststellung: 09.12.1969

Brennelementeinbau: 16.05.1968

Brennelementausbau: 10.12.1969

Betriebsstunden
($N > 10^{-3} N_N$): 10663,66 h

Abbrand: 8977 MWd/t_U

Abschaltungen: 41

Umsetzungen:

von Pos.	nach Pos.	Datum
	60/22	16.05.68
60/22	34/16	19.09.68
34/16	46/32	28.11.68
46/32	36/16	30.05.69
36/16	40/14	23.07.69
40/14	42/28	29.08.69
42/28	Ausbau	10.12.69

γ-scanning:

auf Pos. 34/16 am 19.09.68

46/32 30.05.69

40/14 29.08.69

suchten Brennelementen fällt dann der Anteil an beschädigten Wasserführungsrohren erheblich ab, um von da ab wieder allmählich anzusteigen. Es wird auf [8] hingewiesen.

Durch inzwischen durchgeführte konstruktive Verbesserungen wird die Anzahl der Wasserführungsrohrschäden mit Sicherheit erheblich kleiner werden (siehe Kap.2.6).

2.10 Funktionsfähigkeit der Abschaltetelemente

Über die Funktionsfähigkeit der Trimmabschaltstäbe gibt Spalte 16 in Tabelle 8.3 Aufschluß. Bei 58 registrierten Funktionsabläufen wurden 3 mal Störungen in den automatischen Funktionen dokumentiert. Das heißt, auch hierbei wurden die TA-Stäbe ordnungsgemäß abgeworfen, nur die Ankunfts meldung kam verzögert bzw. war in einem Fall wegen Defekt gebrückt.

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

Im Berichtszeitraum wurden 7 von 16 Trimmabschaltstäben für Reparatur, Inspektion und Wartung gewechselt. Die nachfolgende Tabelle 2.4 gibt einen Überblick über die Ursachen der Störungen. Die Gesamtbetriebszeit bei $N > 10^{-3} N_N$ liegt bei einigen Abschaltstäben über 30.000 h. Irgendwelche Veränderungen an den Absorberteilen wurden nicht festgestellt.

Am 23.7.69 wurde der Feinregelstab Nr. 2 aus Core-Pos. 41/25 aus- und FR-Stab Nr. 1 eingebaut. Der Grund für den Ausbau des FR-Stabes Nr. 2 war, wie schon geschildert, die Abnahme seiner Reaktivitätswirkung nach rund 7 Jahren Einsatz im Reaktor.

Tabelle 2.4: Trimm-Abschalt- und Feinregel-Stabwechsel 1969

TA-Stab Nr.	Reaktor- Pos.	Einbau Datum	Ausbau Datum	Zeit im Reaktor [d]	davon Betriebs- Zeit bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	Ges.-Betr.- Zeit bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	Ausbaugrund	ersetzt durch TA-Stab Nr.	Wesentliche Reparaturen an den Ersatzstäben
18	57/21	27.10.65	8.01.69	1 169	12 811	19 203	Ankunftsmeldung defekt	6	Neuer Ankunftsmeldungskontakt
5	49/13	15.01.65	9.01.69	1 454	24 820	31 480	Routineausbau zwecks Überprüfung	12	Kabeldurchführungen abge- dichtet
24	45/13	19.08.68	25.04.69	248	5 998	20 410	Absorber haftet nicht	23	Neuer Ankunftsmeldungskontakt
11	37/21	4.03.68	28.07.69	511	9 324	24 335	Ankunftsmeldung defekt	15	Neuer Ankunftsmeldungskontakt, Kabeldurchführungen abgedichtet
4	53/17	29.01.68	6.10.69	615	11 617	29 411	Ankunftsmeldung u. E-Magnet defekt	5	Neuer Ankunftsmeldungskontakt, Kabeldurchführungen abgedichtet
19	45/09	14.05.68	7.10.69	511	9 500	26 846	Ankunftsmeldung u. E-Magnet defekt	11	Neuer Ankunftsmeldungskontakt, Spindel und Kugelführung nach- gearbeitet.
22	57/17	8.03.65	12.11.69	1 684	28 304	34 310	Routineausbau zwecks Überprüfung	18	Kellermeldungskontakt überprüft, Magnetkabel ausgewechselt, Kabeldurchführungen abgedichtet
FR-Stab Nr. 1	41/25	23.07.69	25.11.69	125	2 306	2 404	schwergängig	FR-Stab Nr. 2	Kunststoffhülse gekürzt um 20 mm Kratzspuren an Spindel beseitigt
FR-Stab Nr. 2	41/25	29.04.66	23.07.69	1 210	21 840	35 325	Überholung, schwer- gängig, hoher Ab- brand	FR-Stab Nr. 1	
		25.11.69	17.03.70	113	2 193	37 518	Hoher Abbrand	FR-Stab Nr. 2	

Wegen schwergängiger Spindel mußte der Feinregelstab Nr. 1 am 25.11.69 jedoch wieder ausgebaut werden. Dafür wurde Feinregelstab Nr. 2 eingesetzt. Wegen des hohen Abbrandes im unteren Teil wurde dieser mit einer mittleren Regelstellung von 700 mm statt 400 mm gefahren.

2.11 Betriebsunterbrechungen, Fehleranalyse

Die planmäßige Reaktorbetriebszeit wurde durch 23 störungsbedingte Abschaltungen (20 Schnellschlüsse und 3 Handabschaltungen) unterbrochen, die insgesamt eine Ausfallzeit von rd. 1 Tag verursachten. 16 Abschaltungen (70 %) wurden durch Experimente und 7 Abschaltungen (30 %) durch die Reaktorinstrumentierung verursacht. Im einzelnen können die Abschaltungen aus der Tabelle 8.3 "Reaktorabschaltungen im Jahre 1969" entnommen werden.

Eine Analyse der 23 Ereignisse zeigt folgendes Bild der Ursachen:

2	P 1	(Isotopenprod.)	1 x "echt" über K10 Abluftüberwachung durch geplatzte Quarzampulle mit 35 mg U5-Nitrat (IMF)	2v3
			1 x Störung in der Luftkühlung (Gerätefehler)	1v1
2	P 2	(Tief-temp.Bestr.)	2 x Gerätefehler der Instrumentierung	1v1
2	P26	(Brennstoffloop)	1 x Fehlbedienung Druckrohrkühlung	1v1
			1 x Störung der Energieversorgung durch Gerätefehler	1v1
4	P36	(Kapselbestrahl.)	2 x obere Temp.-Grenzwerte an Kapseln	2v3
			2 x ungeklärt	
2	P44	(Isotop.Rohrp.)	2 x Fehler in der automat. Steuerung, schwergängige Ventile	1v1

- | | | |
|---|-------------------------------------|--|
| 3 | P55 (Heißdampf-Spaltprod.Kreisl.) | 1 x Fehlbedienung bei Fehlersuche |
| | | 1 x Ausfall einer Pumpe und der Heizung (Gerätefehler) |
| | | 1 x Ausbau des Reaktoreinsatzes wegen Beschädigung |
| 1 | P58 (Brennstoffpl.-Druckw.-Kreisl.) | 1 x Erprobung des Reaktoreinsatzes im Core |
| 2 | Reaktor | TA-Stab-Antriebe defekt |
| 2 | Reaktor | Sicherheitssystem nukleare Instrumentierung in 1v2 bei Prüfung
Sicherheitssystem Sicherungsfall durch Fehlbedienung |
| 1 | Reaktor | Störung der Reaktorregelung |
| 1 | Reaktor | Gerätefehler der Instrumentierung
Kühlkreislauf Therm.Schild |

Die Anzahl der störungsbedingten Abschaltungen ist im Vergleich zum Vorjahr etwas angestiegen. Bei den insgesamt 25 störungsbedingten Abschaltungen wird unterschieden zwischen 6 Handabschaltungen des Reaktors durch Einfahren der Trimmabschaltstäbe und 19 Schnellabschaltungen (Schnellschlüsse) des Reaktors durch Abwurf der Trimmabschaltstäbe über Automatikbefehle. Die automatischen Abschaltungen waren größtenteils durch Gerätefehler bedingt, die Abschaltzeit lag im Mittel bei 1 Stunde je Fehler. Weitere 19 Schnellschlüsse wurden zu Prüfzwecken ausgelöst.

Die Unterscheidung der 38 Schnellschlüsse in Schnellabschaltungen aus dem Leistungsbereich < 1 MW (22) und > 1 MW (16) erfolgte wegen der Beurteilung der Brennelemente und der Anlagenteile hinsichtlich ihrer thermischen Beanspruchung.

Entsprechend der großen Zahl von Experimenten mit auf das Sicherheitssystem geschalteten Grenzwerten ist die Zahl der durch Experimente verursachten Schnellabschaltungen aus dem Leistungsbereich von 11 vergleichsweise höher als die Zahl der Schnellschlüsse mit der Ursache "Reaktor"

von 5 Stück. Gegenüber dem Vorjahr ist die Anzahl der Schnellabschaltungen aus dem Leistungsbereich praktisch gleich geblieben.

Das Sicherheitssystem des FR2 hat stets ordnungsgemäß gearbeitet.

In den Spalten 11 bis 14 der Tabelle 8.3 wurde eine Analyse der verschiedenen Störungen nach ihrer Art durchgeführt:

echte Grenzwerte	5	≐	12,2 %	(12,9 %)
Gerätefehler	12	≐	29,3 %	(25,8 %)
Fehlbedienungen	5	≐	12,2 %	(16,1 %)
Prüfungen	19	≐	46,3 %	(45,2 %)
	41	≐	100 %	

Zum Vergleich die Werte aus dem Vorjahr in Klammern dahinter.

Hinzu kommen 6 störungsbedingte Handabschaltungen:

Störung Reaktorregelung

Kurzschluß im Stellungsmelder vom TA-Stab Pos.4

D₂O-Hauptpumpe Pos. 1.3 Verdacht auf Spaltröhrlleck

Iso-Bestrahlungskanal Pos. 53/15 "Kühlung zu gering"

Bestrahlungssonde Projekt FR2/55 abgerissen

Antriebswechsel TA-Stab-Pos. 3

Im Vergleich zum Vorjahr sind die Anteile der verschiedenen Störungen etwa gleich geblieben. Die in der Tabelle 8.3 in Klammern gesetzte Ausfallzeit wurde nicht berücksichtigt, da sie eine Startverschiebung bedeutet und in der planmäßigen Betriebszeit nicht mit enthalten ist.

2.12 Leistungsrücknahmen

Die Leistungsrücknahmen im Jahre 1969 sind aus der Tabelle 8.4 ersichtlich.

Von den insgesamt 30 Vorkommnissen waren 23 (77 %) störungsbedingt, die restlichen 7 (23 %) stellten planmäßige Maßnahmen größtenteils zur Erprobung von Experimenten dar.

Von den Leistungsrücknahmen erfolgten 22 auf $<10^{-3}$ Nennleistung (davon 9 störungsbedingt zu Lasten des Reaktors und 13 zu Lasten der Experimente).

Von 8 Leistungsrücknahmen im MW-Bereich entfielen 4 auf störungsbedingte Maßnahmen (1 mal Reaktor, 3 mal Experimente) und 4 auf planmäßige Maßnahmen (3 mal Anfahren und Versuche mit Prüfling von Projekt FR2/55, 1 mal Leistungsoszillation für Projekt FR2/75).

Der Ausfall an Experimentierzeit für die 23 störungsbedingten Maßnahmen betrug zusammen 81,73 Stunden. Zeitaufwendig waren dabei Ausbau BE7-40 wegen Bündeldefekt, Ausfall der Anlage Projekt FR2/55 und Anfahren der gleichen Anlage.

2.13 Besondere Vorfälle

Auch im Jahre 1969 ereigneten sich einige Zwischenfälle, die nachstehend kurz geschildert werden. Ihre Anzahl hat gegenüber dem Vorjahr zwar zugenommen, Personenschäden waren jedoch nicht zu verzeichnen.

2.13.1 Beschädigung Druckrohr Proj. FR2/55 und Hallenkontamination:

Beim Proj. FR2/55 umschließt ein Tauchrohr das Druckrohr mit dem Dampfführungsrohr. In das letztere ist eine innere Abschirmung eingesetzt, die ein Austreten der Strahlung nach oben verhindert und außerdem an ihrem unteren Ende die Prüflingshalterung trägt.

Am 10.9.1969 wurden in drei Isotopenkanälen und im Kapillarrohr in der inneren Abschirmung von Proj. FR2/55 Neutronenflußdichtemessungen mit Aktivierungs sonden durchgeführt.

Es wurden zunächst planmäßig die drei Isotopenkanäle beladen und dann der Reaktordrehdeckel auf Position 40/12 für Projekt FR2/55 eingestellt. Um 15.08 Uhr wurde ein Stützflansch auf die schwere Rohrverschraubung des Kapillarrohres aufgeschraubt, um die dünne Kapillare nicht durch das Gewicht des Greifers des abgeschirmten Transportbehälters (Looprohrabschirmbehälter) zu beschädigen. Anschließend wurde die Meßsonde mit dem Kran eingebaut.

Nach einer Stunde Bestrahlungszeit wurde die Meßsonde mit dem genannten Abschirmbehälter gezogen. Um die nur rund 2 mm starke Sonde aus dem Abschirmbehälter sicher ausfahren zu können, wurde die Sonde nur so weit hochgezogen, daß sie sich knapp oberhalb der Abschirmbehälterunterkante befand. Deshalb konnte der Bleischieber nicht geschlossen werden. Weil an der Unterseite des offenen Abschirmbehälters die Dosisleistung rd. 10 rem/h betrug, wurde er zur Entladung der Sonde sofort zur Heißen Zelle transportiert.

Um die Bestrahlungszeit der Meßsonden in den Isotopenkanälen von 1 h nicht zu überschreiten, wurde gleich nach dem Entfernen des Looprohr-Abschirmbehälters der Drehdeckel in Richtung der ersten Isotopenposition in Bewegung gesetzt. Dabei wurde übersehen, daß der Stützflansch noch montiert war und dieser - entgegen der Zeichnung - in den Drehdeckel hineinragte: Der Flansch wurde von der Unterkante des kleinen Drehdeckels erfaßt und durch die Drehbewegung in horizontaler Richtung mitgenommen. Gleichzeitig wurde durch das Gewicht des Drehdeckels eine axiale Kraft auf das Druckrohr ausgeübt.

Da ein Zurückfahren des kleinen Drehdeckels aufgrund der Konstruktion des Antriebes nicht möglich war, wurde mit dem kleinen Drehdeckel eine gesamte Umdrehung gefahren. Als der Kopf des Reaktoreinsatzes in der Deckelöffnung wieder sichtbar war, waren sowohl der aufgeschraubte Flansch als auch das Druckrohr selbst verbogen. Der Kreislauf wurde sofort außer Betrieb genommen und druckentlastet. Am 15.9. wurde der Reaktor abgeschaltet und der Reaktoreinsatz aus dem Reaktor ausgebaut. Nach genauer Schadensaufnahme konnte der Einsatz bei entsprechender Wärmebehandlung wieder gerichtet werden. Anschließend erfolgte eine Druckprobe und Abnahme durch den TÜV.

Am 23.9. wurde die innere Abschirmung mit dem anstelle der Prüflingshalterung angebauten Führungsrohr für die Kapillare mit der Brennelementwechsellmaschine ausgebaut. Dabei wurde das Kapillarführungsrohr beim Absetzen im Schieberschacht der Brennelementwechsellmaschine abgebrochen.

Das abgebrochene Teil konnte relativ leicht von Hand aus dem Schieberschacht der BE-Flasche geborgen werden. Wegen seiner Radioaktivität mußte es in einen Abschirmbehälter verpackt werden. Bei der Zerkleinerung und der anschließenden Umladung des abgebrochenen Teiles des Kapillarführungsrohres aus einem Polyäthylensack in einen Abschirmbehälter wurden die horizontalen Flächen der Reaktorhalle oberhalb der Kote 9,26 m kontaminiert. Nach Schätzungen von ASS/Ü waren rd. 5 mCi Cr-51 nahezu gleichmäßig über die Halle verteilt. Durch

den sofortigen Einsatz von 19 Mann (10 RB/FR2, 4 ASS/Ü, 5 ADB) konnte die Reaktorhalle innerhalb von 3 Arbeitstagen wieder ohne besondere Schutzmaßnahmen betreten werden.

Es wurden Maßnahmen getroffen, um ähnliche Schäden künftig zu vermeiden:

Freigabevermerk vom zuständigen Tagesdienstleiter für alle Zeichnungen von Teilen, die für den Einbau in den Reaktor vorgesehen sind.

Sofern eine Gefährdung eines Reaktoreinsatzes durch den Drehdeckel gegeben ist, hat der Betriebsmeister 'Reaktorbeladung' die Steuerung des Drehdeckels durch Abziehen des Schlüsselschalters außer Betrieb zu nehmen.

Am Steuerpult des Drehdeckels wurde ein klappbares Hinweisschild angebracht, was die Betätigungstasten überdeckt.

In Strahlenschutzbelehrungen wurde auf die Fehler hingewiesen, die zur Kontamination der Reaktorhalle führten.

2.13.2 D₂O-Verlust durch Undichtheit am Ventil 50.01

Am Wochenende der 32. Woche trat im Bereich des Deckelungsgangs erhöhte Tritiumaktivität auf. Das Leck wurde erst am Mittwoch der folgenden Woche gefunden, weil sich das Ventil 50.01 in einer schwer zugänglichen Nische des Deckelungsgangs befand. Das Leck entstand durch Bruch der Membrane von Ventil 50.01.

Das Ventil war erst kurz zuvor für das Proj. FR2/55 an den D₂O-Kreislauf angeschlossen worden, nachdem es seit der Inbetriebnahme des Reaktors ohne Funktion an dieser Stelle eingebaut gewesen war. Deshalb hatte es auch keinen Feuchtefühler zur Kontrolle eines Membranbruches.

Das Ventil wurde ausgebaut und durch ein Rohrstück ersetzt, da es noch andere Absperrarmaturen für diesen Kreislaufabschnitt gab. Der D₂O-Verlust wurde über die erhöhte Tritiumaktivität der Schornsteinabluft zu rund 4,0 kg errechnet.

2.13.3 D₂O-Abreicherung in den beiden 150 l - Behältern

Wegen einer kontinuierlichen Abreicherung des D₂O von 99,656 auf 99,525 Mol % in den beiden gekoppelten 150 l - Behältern wurden am 29.8. ca. 83 l D₂O nicht mehr wie üblich in den Kreislauf zurückgepumpt, sondern in ein Transportfaß abgepumpt. Trotz Trennung der Behälter konnte die Ursache der D₂O-Abreicherung nicht gefunden werden. Ab 3.10. wurden die Behälter wieder zusammengeschlossen, weil keine Abreicherung mehr erfolgte.

2.13.4 Zu hohe Strahlendosis eines Anlagenfahrers

Infolge eines Mißverständnisses erhielt am 1.9. ein Mitarbeiter im Raum R107 eine Strahlendosis von 1,4 rem. Außer einer Unterweisung des Betroffenen und einer Belehrung seines unmittelbaren Vorgesetzten (Meister) wurde die Anbringung und die Beschriftung der Warnschilder des Strahlenschutzes verbessert.

2.13.5 Reaktorabschaltung durch Experimentier-Kühlkreislauf

Nach Reparaturarbeiten war das normalerweise geschlossene Füllventil 33.12 offen und führte am 26.4.69 beim Füllen des 5 m³-Kunststoffbehälters mit vollentsalztem Wasser zum Überlaufen des 1,5 m³-Pufferbehälters des Therm. Schild-Kühl-Kreislaufes. Dadurch trat Wasser in die Abluftleitung-Absetzblock und gelangte über die Belüftungsleitung in den D₂O-Sumpf. Durch eine Fehlschaltung ging die Fördermenge des genannten Kreislaufs zurück und löste über den unteren Grenzwert der Kühlwassermenge für die Druckrohrkühlung Proj. FR2/26 die Reaktorabschaltung aus.

Das Ventil 33.12 wurde deshalb betriebsmäßig zu blockiert.

2.13.6 Absturz des BE5-12 im Absenkschacht

Am 29.10. wurde in der Heißen Zelle das Wasserführungsrohr von BE5-12 demontiert. Das Brennelement wurde anschließend in ein Transportrohr eingesetzt und sollte dann

in das Lagerbecken umgesetzt werden. Bei der Handhabung im Absenkschacht - als der Greifer des Hilfshubs den Pilz des Brennelementes berührte - drehte sich das Brennelement aus der Gabel und stürzte ab. Das Brennelement konnte mit einigem Aufwand aus dem Absenkschacht geborgen werden. Bei der anschließenden Untersuchung in der Heißen Zelle zeigte es sich, daß das Transportrohr und die Transportstange verbogen waren, das Brennelement aber keine Beschädigung aufwies.

Vor der Wiederinbetriebnahme des Absenkschachts wurde die Aufnahmegabel so abgeändert, daß ein Abrutschen durch eine trichterförmig ausgebildete Zwangsführung praktisch kaum mehr vorkommen kann.

2.13.7 Isotopen- und Rohrpostbestrahlungseinrichtung

Siehe Kap. 3.1.1 und 3.1.3.

2.14 Elektr. Energie- und Wasserverbrauch

Der Verbrauch an elektrischer Energie für den gesamten FR2-Bezirk betrug im Jahre 1969 insgesamt

16.718.032 kWh

(zum Vergleich 1968: 16.272.241 kWh).

Hierbei sind RB/Z und RB/STARK nicht enthalten.

Der Verbrauch ist also praktisch gleich geblieben.

Der Wasserverbrauch für den gesamten FR2-Bezirk betrug im Jahre 1969 insgesamt

664.294 m³

(zum Vergleich 1968: 577.379 m³).

Als Abwasser verteilt sich diese Menge wie folgt:

Regenwassernetz	285.246 m ³	(201.836)	(Kühlwasser Experimente)
Chemieabwasser	42.148 m ³	(44.848)	
radioakt. Abwasser	840 m ³	(1.424)	
häusliches Abwasser	3.094 m ³	(2.899)	
Kühltürme	332.966 m ³	(326.372)	(Verdunstung für Reaktorkühlung)

Um das in den Sekundärkreislauf des Reaktors eingespeiste Wasser ($333 \cdot 10^3 \text{ m}^3$) in der Wasseraufbereitungsanlage von unerwünschten Beimengungen wie Kalk und Silikaten zu befreien, wurden verbraucht:

Salzsäure	336,0 t	(338,95 t)
Natronlauge	108,2 t	(111,41 t)

Zum Vergleich sind die Zahlen aus dem Vorjahr in Klammern angegeben. Je nach Qualität des Wassers ist der Bedarf an Salzsäure und Natronlauge höher oder niedriger.

Da die Energieabgabe des Reaktors im Vergleich zum Vorjahr etwa gleich blieb, was sich auch im Wasserverbrauch 'Kühltürme' widerspiegelt, kann aufgrund des Chemikalienverbrauchs gesagt werden, daß sich die angebotene Wasserqualität praktisch nicht geändert hat.

3. Betrieb der Experimente

Der Betrieb der im Reaktor befindlichen Experimente konnte ohne größere Störungen abgewickelt werden. Von den in Tabelle 8.3 aufgeführten 25 störungsbedingten Reaktorabschaltungen gehen 13, also die Hälfte, zu Lasten der Experimente. Bei 11 Störfällen handelt es sich um Schnellschlüsse aus dem Leistungsbereich > 1 MW. Da es im Berichtszeitraum 16 dieser Abschaltungen gab, sind die Experimente mit nahezu 70 % daran beteiligt.

Nach Experimenten aufgeschlüsselt verteilen sich die Schnellschlüsse wie folgt:

- Projekt 36: 4 (1 echter Grenzwert, 2 Gerätefehler, 1 Fehlbedienung)
- Projekt 44: 2 (beides Gerätefehler)
- Projekt 2: 2 (Gerätefehler, Fehlbedienung)
- Projekt 26: 2 (echter Grenzwert, Gerätefehler)
- Projekt 55: 1 (echter Grenzwert)

Nähere Angaben über diese den Betrieb beeinträchtigenden Störungen finden sich dann bei den Einzelexperimenten (Kap. 3.4.1 - 5). Ebenfalls sind dort besondere Vorfälle geschildert.

Die im Terminplan für 1969 vorgesehene Inbetriebnahme des Projektes FR2/58 konnte nur out-of-pile vorgenommen werden.

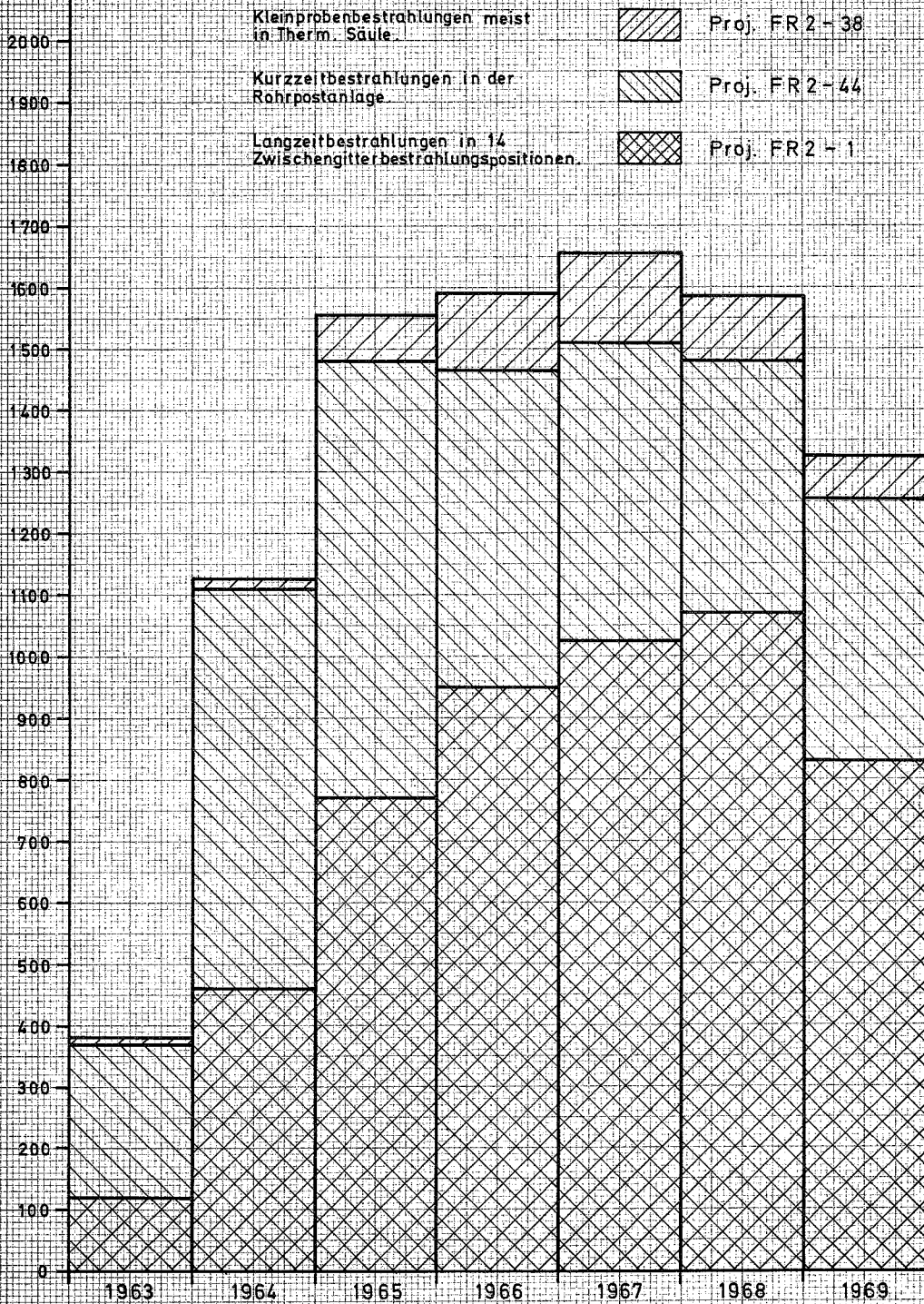
3.1 Isotopenproduktion

Die Herstellung radioaktiver Isotopen erfolgte in 14 bzw. 13 Isotopenkanalpositionen (Zwischengitterpositionen) mit je 29 Kapseln, ferner in der Therm. Säule und mit Hilfe einer pneumatischen Rohrpostanlage in Kanal D1. Die Rohrpostanlage gestattet, die Bestrahlungsposition durch Verändern des Stoßdämpfers von Coremitte bis zum Reaktorrand zu wählen.

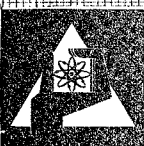
Anzahl der be-
strahlten Kapseln

Isotopenproduktion des FR 2

[Stück]



Formblatt:



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Abb. 3.1

17.4.79

Da die meisten Kunden an einer hohen Neutronenflußdichte interessiert sind, werden die Zwischengitter-Bestrahlungskanäle in Reaktormitte und die Rohrpostanlage am meisten genutzt. Die Gesamtzahl der vorhandenen Bestrahlungsmöglichkeiten für Isotopen beim FR2 wird jedoch bei weitem nicht voll ausgenutzt.

Eine Übersicht über die bisherige Isotopenproduktion von 1963 ab zeigt die Abb. 3.1. Die Zahl der bestrahlten Proben in den drei Isotopenbestrahlungseinrichtungen war in den Jahren 1964 bis 1967 zunächst ansteigend (von 1130 auf 1650 Proben pro Jahr), in den Jahren 1968 und 1969 ist dann ein Rückgang auf 1590 bzw. 1320 Proben pro Jahr festzustellen. Dieser Rückgang liegt vor allem daran, daß in den Reaktoren Geesthacht und Heidelberg entsprechende Bestrahlungseinrichtungen in Betrieb genommen wurden. Außerdem wurde der Diorit-Reaktor in Würenlingen/Schweiz nach einer längeren Betriebsunterbrechung durch Brennelementschaden wieder in Betrieb gesetzt. Auch das Abkommen über den Devisen-Zahlungsausgleich mit England bedingt eine starke Einfuhr von radioaktiven Isotopen aus diesem Land.

Die im Jahr 1969 durchgeführten Bestrahlungen teilen sich wie folgt auf:

Rund 65 % wurden für Institute und Abteilungen der GfK durchgeführt. Ihr Zweck war u.a. die Darstellung von Radionukliden, die Herstellung von radioaktiven Quellen und Eichstrahlern, Aktivierungsanalysen, Material- und Diffusionsuntersuchungen, Kernspektroskopie und Flußdichtemessungen.

Rund 35 % der bestrahlten Proben waren für auswärtige Auftraggeber bestimmt. Ihr Zweck war ähnlich wie oben geschildert. Außerdem ist die Anwendung von radioaktiven Isotopen in der Tumor-Therapie und für medizinische Untersuchungen zu nennen. Weiterhin wurden Prüfungen auf Strahlenbeständigkeit durchgeführt und Substanzen für Tracerversuche hergestellt.

3.1.1 Für das Proj. FR2/1 standen im Jahre 1969 14 bzw. 13 Bestrahlungsmöglichkeiten auf Zwischengitterpositionen mit je 29 Kapselpositionen zur Verfügung. Es galt der Beladeplan Iso/9 und ab 26.8.69 Beladeplan Iso/10, nachdem die Iso-Position 53/23 für Projekteinbauten benötigt wurde. Die genannten Beladepläne sind im Anhang beigelegt.

Im Berichtszeitraum wurden 256 Beladungen durchgeführt und 830 Kapseln mit Bestrahlungsmaterial ausgeliefert. Zur Ermittlung der Flußverhältnisse wurden zusätzlich 92 Beladeoperationen durchgeführt.

Die Abb. 3.2 zeigt die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1969.

3.1.1.1 Bersten einer Quarzampulle in einer Isotopenkanal-Bestrahlungskapsel auf Pos. 41/15:

Am 13.1.1969, 9.40 Uhr, wurde der Reaktor durch Schnell-schluß über Kanal 10 des Sicherheitssystems (Überwachung der Abluftaktivität im Schornsteinfuchs mit den Meßstellen 4A8 - 10 und 4Q66a - c) abgeschaltet. Die Anzeige dieses Kanals war kurzzeitig (< 1 min) größer als 200 Ci/h (Grenzwerteinstellung z.Zt. 160 Ci/h).

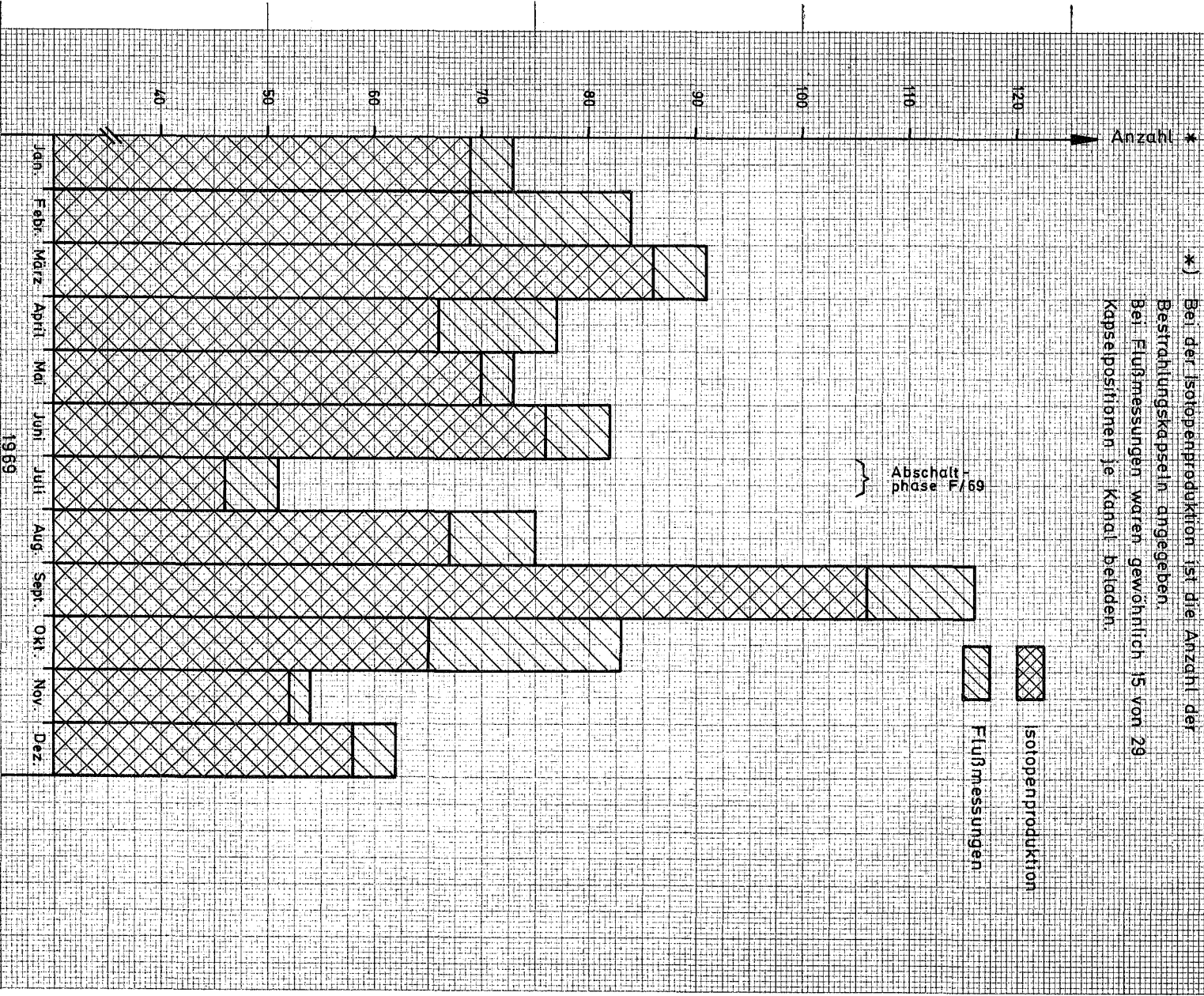
Der wegen der etwas unklaren Situation ausgelöste Gebäudealarm II (Räumung von Rotunde und Lüfterbau) konnte nach verhältnismäßig kurzer Zeit wieder aufgehoben werden (u.a. wurden Luftstaubmessungen in der Reaktorhalle ohne Befund durchgeführt).

Auf Grund einer umfangreichen Fehlersuche (Wischteste im Schornsteinfuchs hatten 10fachen Nulleffekt gegenüber Vergleichsmessungen, ihr γ -Spektrum deutete auf Spaltjod hin) wurde Isotopenkanal 41/15 als wahrscheinliche Ursache festgestellt. In Kapselträgerrohrposition 25 war Spaltstoff (100 mg Uran, 35 % angereichert als $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2$ in einer abgeschmolzenen Quarzampulle) 14 min vor der automatischen Reaktorabschaltung eingesetzt worden.

Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen

(Isotopenkanäle / Projekt FR 2/1)

*) Bei der Isotopenproduktion ist die Anzahl der Bestrahlungskapseln angegeben. Bei Flußmessungen waren gewöhnlich 15 von 29 Kapselpositionen je Kanal beladen.



Formblatt:



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb
Abb. 3.2

Eine γ -spektroskopische Analyse des Filterbandes der Meßstelle für Aerosole im Schornsteinfuchs ergab auch Spaltprodukte.

Bei der Entladung des Kapselträgerrohrs in der Iso-Wechselmaschine zeigte sich, daß der Deckel der fraglichen Kapsel einseitig angehoben war. Die endgültige Entladung wurde deshalb in der Heißen Zelle durchgeführt. Im Isotopenlabor wurde die Kapsel dann geöffnet und besichtigt. In der Al-Kapsel befanden sich nur noch Bruchstücke der Quarzampulle und der Al-Folienverpackung. Die Ursache war entweder ein Materialfehler im Quarzglas (diese Quarzampullen halten sonst einem Druck von mindestens 45 atü stand, bei der Bestrahlung war der Druck sicher nicht größer als 24 atü) oder eine trotz Vorbehandlung nicht wasserfreie Probe.

Seither werden Spaltstoffe in einer Menge von mehr als 10 mg nur noch in verschweißter und dichtgeprüfter Stahlkapsel bestrahlt.

Das verschmutzte Isotopentauchrohr der Pos. 41/15 wurde gewechselt.

Die freigesetzte Aktivität führte weder in der Umgebung noch beim Betriebspersonal zu meßbaren Strahlenbelastungen.

3.1.1.2 Heruntergefallenes Verschlußstück in Iso-Wechselmaschine

Bei einem Iso-Wechsel am 24.3.69 um 9.40 Uhr wurde durch einen Bedienungsfehler an der Iso-Wechselmaschine das Verschlußstück des Kapselträgerrohres 16 aus dem Speichermagazin gestoßen.

Da noch 2 Wechsel durchzuführen waren, wurde das Verschlußstück unter Beachtung der notwendigen Sicherheitsmaßnahmen sofort ausgebaut. Durch die starke Strahlung des VA-Teiles am Verschlußstück konnte allerdings nicht vermieden werden, daß diejenigen, die die unmittelbare Handhabung durchführten, kurzzeitig einer γ -Dosis bis zu 60 mR ausgesetzt wurden.

Die Heiße Zelle des FR2 war durch andere Arbeiten (P 67) belegt, deshalb wurde der Abschirmbehälter mit dem Verschlusstopfen in eine Heiße Zelle des Isotopenlabors gebracht, um zu gegebener Zeit der Abfallverwertung zugeführt zu werden.

In das Kapselträgerrohr wurde ein neues Verschlusstück eingesetzt. Die Iso-Wechselmaschine wurde nochmals einjustiert.

Nachteilig hatte sich ausgewirkt, daß keine geeigneten Abschirmbehälter zur Verfügung gestanden hatten (RB/FR2 verfügte bisher über keine). Inzwischen wurden je 1 A1- und A2-Behälter beschafft.

3.1.1.3 Wegen des Signals 'Iso-Kanal Pos. 53/15 Kühlung zu gering' wurde der Reaktor am 31.7.69 um 23.55 Uhr abgeschaltet. Die Iso-Position war mit dem Kapselträgerrohr Nr. 10 und Beladung Nr. 69-204 beladen. Um zu prüfen, ob das Ansprechen des Meßfühlers auf die Beladung zurückzuführen sei, wurde das Kapselträgerrohr mit der Beladung ausgebaut.

Der Verdacht bestätigte sich nach weiteren Versuchen nicht. Deshalb wurde die Wiederbeladung mit einem neuen Kapselträgerrohr ausgeführt. Die Überprüfung des Kapselträgerrohres in der Heißen Zelle ergab vorerst keine Beanstandungen. Eine genaue Untersuchung soll noch durchgeführt werden.

3.1.1.4 Dekontamination der Iso-Wechseleinrichtungen

In der 12. Woche wurde eine Dekontamination der Iso-Wechselmaschine und des Transportwagens durchgeführt. Gleichzeitig erfolgte die Dekontamination der mit der Abwicklung der Bestrahlungen beaufschlagten Heißen Zellen im Isotopenlabor.

Die Verschleppung von Staub über Isotopenkapseln in den Reaktor wird durch solche Reinigungsaktionen wesentlich vermindert.

Die Abluftrohre werden durch den aufaktivierte, von der Kühlluft mitgerissenen und dann abgesetzten Staub allmählich immer mehr radioaktiv verunreinigt.

3.1.1.5 Kaltverschweißmaschine für Bestrahlungskapseln

Mitte des Jahres wurde im Isotopenlabor die Kaltverschweißmaschine für Al-Kapseln in Betrieb genommen. Durch Versuche wurde festgestellt, daß normalerweise ein Druck von 20 atü nicht ausreicht, den Kapseldeckel abzuheben. Die Al-Kapseln sollen anstelle von Quarzkapseln verwendet werden, wenn es die Bestrahlungssubstanz erlaubt. Diese Verpackungsart ist bruchstark, bietet eine bessere Wärmeableitung und erbringt Zeiteinsparungen bei Bestrahlungsvorbereitung und Versand.

3.1.2 Im Rahmen von Proj. FR2/38 (Kleinprobenbestrahlungen in der Thermischen Säule) werden vor allem solche Proben bestrahlt, die einen niedrigen zeitintegrierten Fluß beanspruchen oder deren Aktivierung in einem rein thermischen Neutronenspektrum erfolgen soll bzw. deren Abmessungen die Bestrahlung in anderen Kanälen nicht zulassen. Im Jahre 1969 wurden 73 Bestrahlungen in verschiedenen Kanälen der Thermischen Säule durchgeführt. Die Bestrahlungszeiten lagen zwischen 1 Minute und 168 Stunden. Irgendwelche Betriebsstörungen traten nicht auf.

Abb.3.3 zeigt die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1969.

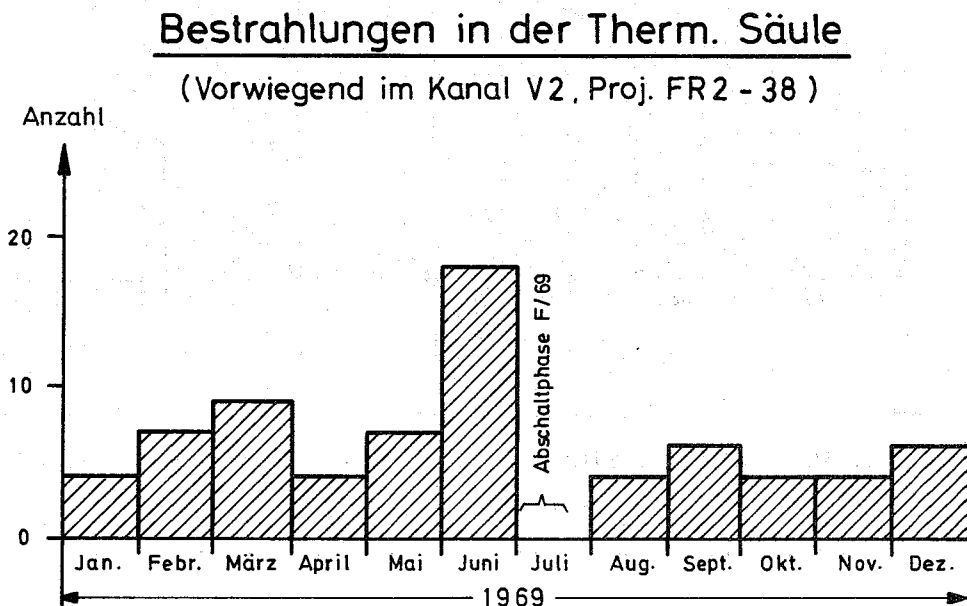
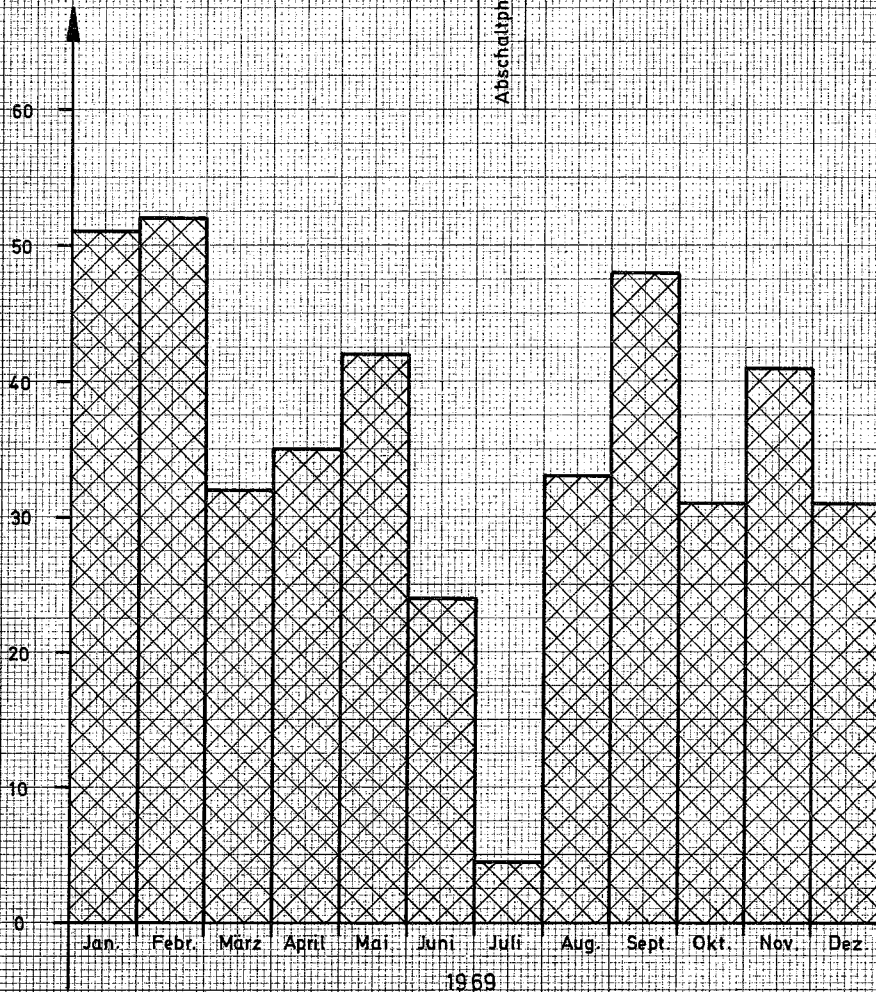


Abb.3.3

Bestrahlungen in der Rohrpostanlage

(Kurzzeitbestrahlungen / Proj. FR2/44)

Anzahl der
Bestrahlungsfahrten



1969

Formblatt:



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Abb. 3.4

Zur Durchführung orientierender Messungen für das geplante Projekt FR2/82 wurde der Horizontalkanal Th_{west} am 11.11.69 geöffnet und der Graphitpfropfen ausgebaut. Damit bleibt auch der Vertikalkanal V2 nach unten offen. Da der Pfropfen vorläufig nicht wieder eingebaut wird, wurde die in diesem Kanal befindliche Beschickungseinrichtung (für max. 12 Harwell-Kapseln) komplett in den V1-Kanal umgesetzt. Für Drehtellerbestrahlungen wird seitdem der V2-Kanal (bisher V1) benutzt.

- 3.1.3 Mit Hilfe des Projekts FR2/44, Isotopenrohrpostanlage, wurden insgesamt 424 Bestrahlungsfahrten mit einer Gesamtbestrahlungszeit von rd. 1051 h durchgeführt. Die Bestrahlungszeiten lagen zwischen 1 s und 64 h. Siehe Abb.3.4.

Durch die Rohrpostanlage wurde am 7.2.69 ein Reaktorschnellschluß durch Ansprechen des unteren Grenzwertes der Meßstelle 44P-Q1 (verminderte Kühlluftmenge nach Ausfahrt) ausgelöst. Die Ursache war eine durchgebrannte Spule am Ventil Ve-15.

Am 23.5.69 kam nach einer Kurzzeitbestrahlung in der Heißen Zelle des Isotopenlabors nur der vordere Teil der Kapsel mit eingeschraubtem Deckel an. Die Kapsel war nahezu in der Mitte durchgebrochen. Nach Wiedereinschalten des Gebläses wurde der gesamte noch fehlende Teil herausbefördert. Untersuchungen der durchgebrochenen Kapsel ließen keine Schlußfolgerungen auf die Schadensursache zu.

Da die bisherigen Betriebserfahrungen mit diesen Rohrpostkapseln aus Kunststoff (Resinol V109) mit Asbesteinlage gut waren, wurde die Anlage nach einigen Probefahrten wieder freigegeben.

Einen weiteren Schnellschluß verursachte die Anlage am 17.10.69 ebenfalls durch Ansprechen des unteren Grenzwertes der Meßstelle 44P-Q1. Trotz Fehlersuche an Meßstellen und verschiedenen Ventilen konnte die Ursache nicht ermittelt werden.

3.2 Strahlrohrexperimente und Thermische Säule

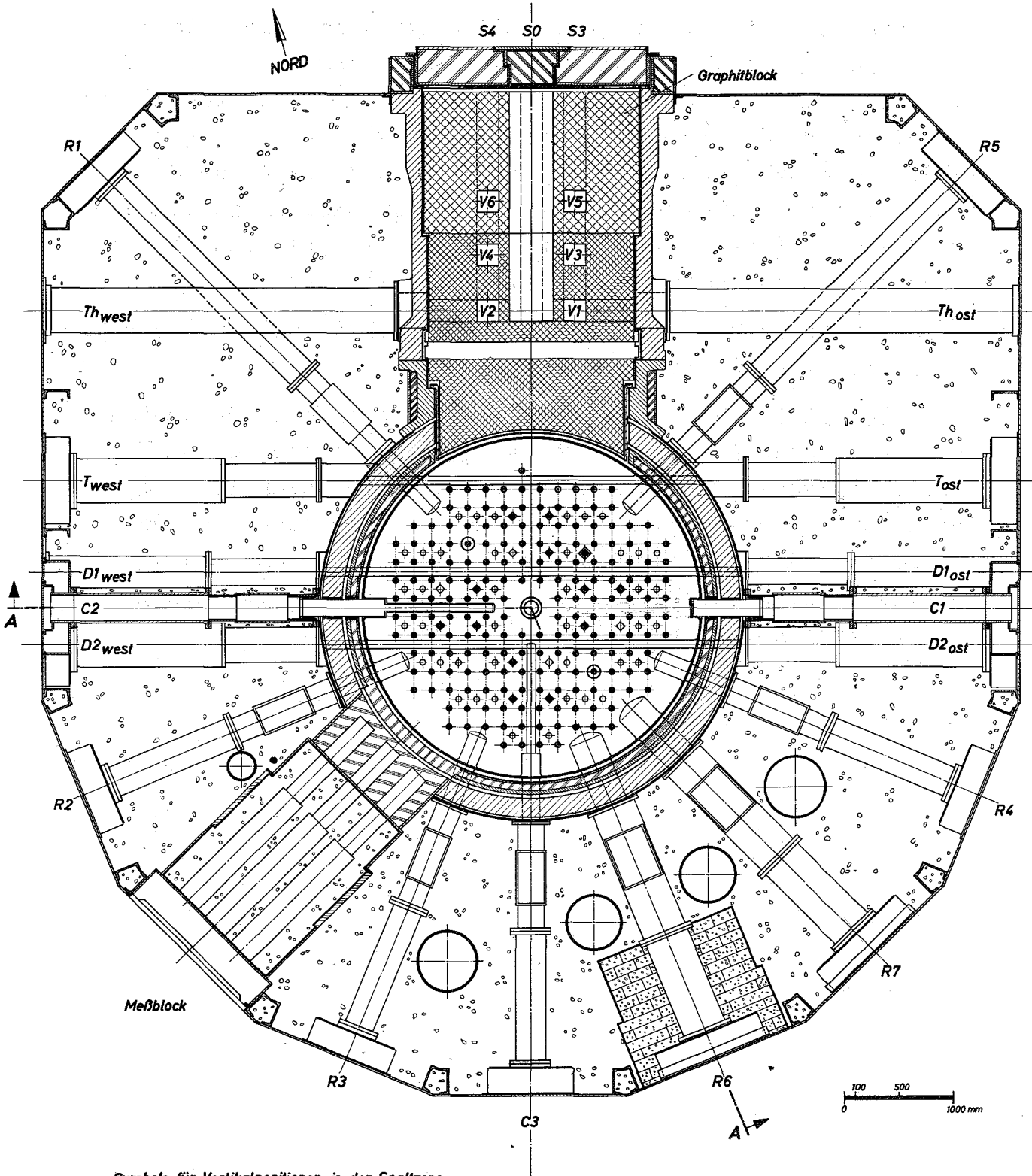
Der FR2 besitzt 16 Strahlrohrausgänge. 7 Strahlrohrausgänge enden im Reflektorbereich des Reaktors (R1 - R7), 3 Strahlrohre führen - um jeweils 90° versetzt - bis in Reaktormitte (C1 - C3). Ferner sind 3 durchgehende Strahlrohrkanäle vorhanden, die damit 6 Ausgänge besitzen. Zwei dieser Strahlrohrkanäle führen nahe am Reaktorzentrum vorbei, ein Kanal tangiert den Reaktor.

Von den durch die Reaktormitte gehenden Kanälen ist einer mit der pneumatischen Rohrpostbestrahlungs-Einrichtung ausgerüstet (vgl. Kap.3.1.3), der andere und der tangentielle Strahlrohrkanal werden zu Strahlrohrexperimenten genutzt. Sie haben zur Neutronenintensitätserhöhung in der Mitte der Kanäle eine Graphitstreuprobe.

Einen Überblick über die Anordnung der Strahlrohre gibt die Abb.3.5.

Von den verfügbaren Strahlrohrausgängen (einschl. Thermische Säule) waren bis zu 13 Kanäle mit bis zu 15 Experimenten besetzt. Damit sind alle nutzbaren Strahlrohrausgänge belegt.

Zwei Strahlrohrausgänge können nicht ausgenutzt werden. Kanal C1 enthält einen Dichtstopfen, da im Herbst 1967 an dieser Stelle durch ein Schweißnahtfehler der Reaktortank undicht wurde. Der Ausgang von Kanal D2_{west} liegt zu nahe am Ausgang von Kanal C2, so daß auch hier eine Nutzung nicht möglich ist.



Symbole für Vertikalpositionen in der Spaltzone

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

Reaktor-Querschnitt

1596 mm über dem Fußboden der Reaktorhalle.

Die Experimentierzeiten an den Strahlkanälen waren stark unterschiedlich. Zwei Experimente (Proj. FR2/65 und FR2/24) wurden praktisch nicht genutzt, 4 Experimente nutzten die zur Verfügung stehende Reaktorbetriebszeit vollständig (Proj. FR2/8 am Kanal C3, FR2/14 und 32 am R5 und FR2/49 am R2), die restlichen Experimente hatten Nutzungszeiten zwischen 90 % und 37 % der Reaktorbetriebszeit. Weitere Einzelheiten können der folgenden Tabelle 3.1 entnommen werden.

Einen Eindruck über die Belegung der Reaktorhalle mit Strahlrohrexperimenten gibt die Abb.3.6.

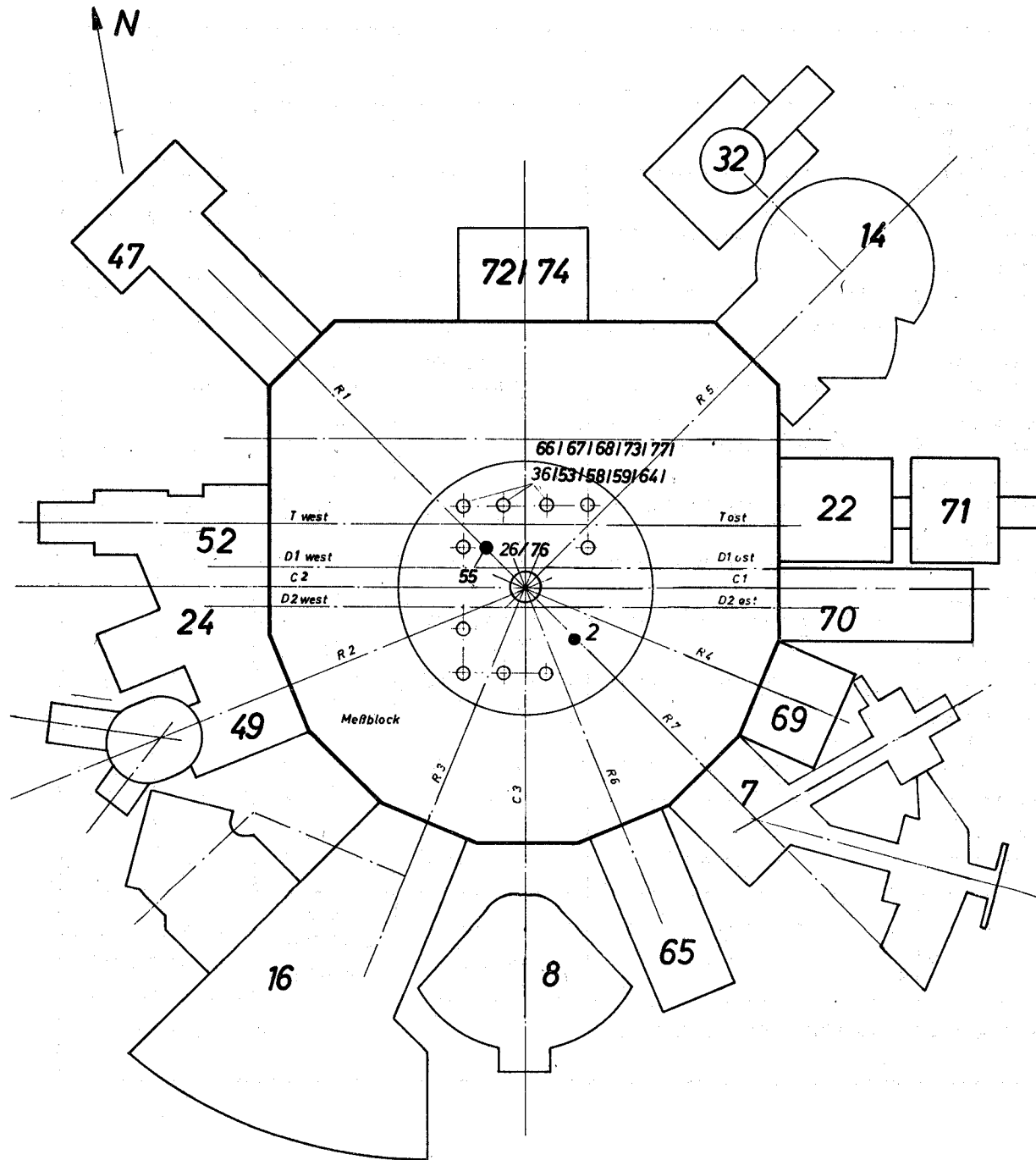
Das Projekt FR2/72 (Mößbauereffektmessungen nach Neutroneneinfang) wurde in der 12. Woche 1969 in und vor dem SO-Kanal der Thermischen Säule aufgebaut. Die Versuchseinrichtung besteht im wesentlichen aus einem Kollimatorstopfen, einem Einsatz in der Bleitüre der Thermischen Säule und aus den äußeren Versuchsaufbauten. Die Bestrahlungen wurden im gesamten Berichtszeitraum durch IAK ausgeführt.

Tabelle 3.1:

Strahlrohrbelegung im Jahre 1969

Projekt FR2/	Strahl- rohr	Belegung		Auftrag- geber	Projekt- bezeichnung	Zielsetzung
		Anfang 1969	Ende 1969			
47	R1	x	x	IEKP	Einfangspolarimeter	Kernphysikalische Streuexperimente mit polarisierten Neutronen
49	R2	x	x	Uni Frankfurt	Neutronenbeugungsanlage III	Strukturuntersuchungen
16	R3	x	x	RB und IAK	Kalte Neutronenquelle	Messung d. Wirkungsquerschnitte und Bestimmung der Energiezustände von Festkörpern und Flüssigkeiten mittels subtherm. Neutronen.
69	R4	x	x	IAK	Neutroneneinfang-Experiment	Messung der inneren Paarerzeugung Messung der prompten Spaltgammas
14 + 32	R5	x	x	Uni Tübingen	Neutronenbeugungsanlage I/II	Untersuchung der Atomanordnung in kristallinen und quasi-kristallinen Substanzen
65	R6	x	x	IAK	Heiße Neutronenquelle	Neutronenintensitätserhöhung im Energiebereich von ca. 200 MeV für Streuexperimente
7	R7	x	x	IAK	Drehkristallspektrometer	Bestimmung von Energiezuständen in Atomverbänden über die inelastische Streuung gepulster therm. Neutronen
24	C2	x	x	IAK	Winkel- und Korrelations- spektrom.	Bestimmung von Kernspins durch die Winkelabhängigkeit der in Kaskaden ausgesandten γ -Quanten
8	C3	x	x	Uni Heidelberg und IAK	Einkristallspektrometer	Erzeugung monoenergetischer Neutronen zur Bestimmung von partiellen Wirkungsquerschnitten und Kernniveaus
22 + 71	T _{ost}	x	x	IAK	Fünfkristall-Paarspektrometer	Untersuchung von $n\gamma$ -Prozessen
52	T _{west}	x	x	IAK	Neutroneneinfang-Experiment	Kernstrukturuntersuchungen, Anregungszustände von Kernen, prompte γ -Strahlung bei Spaltung
70	D2 _{ost}	x	x	IAK	Spaltstoffflußkontrolle	Zerstörungsfreie Spaltstoffflußkontrolle über γ_{nf} - und nf -Reaktionen
72	S0 Th.Säule	ab 1.4.	x	IAK	Mößbauer-Experiment	Bestimmung magnetischer Felder, elektr. Feldgradienten und Ladungsdichten am Kernort, Bestimmung von Kernmomenten und Kernradiusänderungen
13		12	13			

Strahlrohrexperimente am
Forschungsreaktor FR 2
Stand: März 1969



3.3 Kapselexperimente

Gegenüber 1968 erfuhr das Bestrahlungsprogramm zur Entwicklung von Kernbrennstoffen, Hüllmaterialien und Brennstabkonzepten sowohl dem Umfang als auch der Aufgabenstellung nach im Berichtszeitraum eine wesentliche Erweiterung.

Während zu Beginn des Jahres 2 Projekte mit insgesamt 4 Versuchsgruppen (3, 4a, 4b, IMF/B) bzw. 3 Kapseltypen (4, 4a, 5) vertreten waren, erhöhte sich die Anzahl bis Jahresende auf 6 Projekte mit 11 Versuchsgruppen bzw. 7 Kapseltypen. Eine Übersicht über den Gesamtstand vermittelt Tabelle 3.2.

Proj.-Nr.	Anzahl KVE	Versuchsgruppe	Kapseltyp	Kapselbauart	Brennstoff	Versuchsaufgabe
FR2/36	5	3	4	Na/PbBi	UO ₂	Abbrandbestrahlung
	2	4aI	4	Na/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Abbrandbestrahlung
	2	4aII	4	Na/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Abbrandbestrahlung
	10	4b	4a	NaK/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Abbrandbestrahlung
	4	4c	4a	NaK/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	Hüllrohrtest
FR2/55a	1	DK	4a	NaK/PbBi	UO ₂	Dampf-Kontaminations-
	1	DK	4a	NaK/PbBi	UO ₂ -PuO ₂	vorbestrahlung
FR2/68	1	IMF/B	5	NaK/PbBi	UO ₂ -Cr/Nb	Cermet-Bestrahlung
	1	IMF/C	5	NaK/PbBi	UO ₂ -Cr/...	Cermet-Bestrahlung
	1	IMF/D	5a	NaK/PbBi	UO ₂ -Cr/...	Cermet-Bestrahlung
FR2/73b	2	IMF	D/4b	NaK/PbBi	UO ₂ , UN, UC, PuO ₂	Kriechkapselbestrahlung, qualitativ
FR2/73d	4	IMF/E	8	Na/He	UO ₂ +(Mo)	Kriechkapselbestrahlung, quantitativ
FR2/77	1	IMF	6	Mo/He	UN	Hochtemperaturbestrahlung

Neben Bestrahlungsaufgaben zur Schnellbrüterentwicklung konnten in erhöhtem Umfang Bestrahlungen mit anderen Forschungszielen begonnen und durchgeführt werden. Es befanden sich gleichzeitig bis zu 19 Kapselversuchseinsätze im Reaktor.

Wegen der begrenzten Zahl von Gitterpositionen wurde ein verstärktes Ausweichen auf ursprünglich für Isotopenproduktion vorgesehene Zwischengitterpositionen notwendig.

Der Einbau von Adaptern erlaubt eine Nutzung wie normale Gitterpositionen mit Kühlung vom Verteilerboden.

So standen zum Jahresende 13 umgebaute Iso-Positionen für KVE-Bestrahlungen zur Verfügung; weitere 5 wurden von anderen Projekten (P58a, P66, P73a) mit Vertikaleinsätzen belegt.

Einen Überblick über die Core-Beladung mit Kapselversuchseinsätzen bringt Tabelle 3.3.

Veränderungen von Phase zu Phase sowie die Anteile der einzelnen Projekte am Bestrahlungsprogramm veranschaulicht Abb. 3.6, während Abb. 3.7 den zeitlichen Ablauf von Zuladungen und Ausladungen wiedergibt.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Fakten aller Zugänge und Abgänge von Kapselversuchseinsätzen findet sich in Tabelle 3.4. Weitere Einzelheiten können den im Anhang beigegeführten Beladungs- und Belegungsplänen entnommen werden.

Entsprechend den unterschiedlichen Versuchsaufgaben bewegten sich die spezifischen Stableistungen der Prüflinge in den Bereichen 250 - 300, 500 - 770 und bis 1000 W/cm. Die Hüllwandtemperaturen lagen in Bereichen bis 600 °C, bis 750 °C und über 1000 °C. Ein am 20.8.69 ausgebaute Einsatz hatte den bislang höchsten Abbrand aller im FR2 bestrahlten Versuchseinsätze mit ca. 74.000 MWd/t_U erreicht.

Als wärmeübertragende Medien fanden Verwendung:

- a) Natrium/Blei-Wismut (Kapseltyp 4)
- b) Natrium-Kalium/Blei-Wismut (Kapseltypen 4a, D/4b, 5, 5a)
- c) Natrium/Helium-Gasspalt (Kapseltyp 8)
- d) Molybdän/Helium-Gasspalt (Kapseltyp 6)

An Kernbrennstoffen wurden eingesetzt:

- e) UO₂ in verschiedenen Anreicherungen an U235
- f) UO₂-PuO₂-Gemische in verschiedenen Anreicherungen an Pu239
- g) UN für Brennstoff-Kriechversuche und Hochtemperaturstäbe
- h) UC für Kriechversuche
- i) UO₂-Cr-Metallkeramik

Tabelle 3.3: Beladung des Reaktors mit Kapselversuchseinsätzen im Jahre 1969

Betr.- Phase	Bestand im Reaktor lfd. KVE-Nr. (Anzahl der Prüflinge)																				Summe KVE (Prüfl.) i. Core	KVE-Bewegungen									
	Aus- ladungen KVE-Nr.	Um- ladungen KVE-Nr.	Zu- ladungen KVE-Nr.																												
L 68/69	22 (2)	24 (2)	27 (2)	28 (2)	31 (3)	37 (4)	38 (3)	40 (4)	41 (3)	42 (3)	44 (3)	45 (3)	46 (8)									13 (42)									
A ₁	22	24	27	28	31	37	38	40	41	42 (3)	44	45	-	47 (4)	48 (4)							14 (42)	46	41, 42 45	47, 48						
A ₂	22	24	27 (2)	28	31	37	38	40	41	-	44 (3)	45 (3)	-	47	48							13 (39)	42								
B	22	24	-	28	31 (3)	37	38	40	41	-	44 (3)	-	-	47	48	49 (4)						12 (38)	27, 45	44 44	49						
C ₁	22	24	-	28	-	37	38	40	41	-	-	-	-	47	48	49						10 (32)	31, 44	47, 49							
C ₂	22	24	-	28	-	37	38	40	41	-	-	-	-	47	48	49	50 (10)					11 (42)			50						
D	22	24	-	28	-	37	38	40	41	-	-	-	-	47	48	49	50	51 (8)				12 (50)			51						
E	22 (2)	24	-	28	-	37	38	40	41	-	-	-	-	47	48	49	50 (10)	51	52 (3)	53 (1)	54 (1)		15 (55)		41, 48 53	52, 53 54					
F	/																				18 (66)	22	37, 38 41	55, 56 57, 58							
G	24 (2)	28 (2)	37 (4)	38 (3)	40 (4)	41 (3)	47 (4)	48 (4)	49 (4)	51 (8)	52 (3)	53 (1)	54 (1)	55 (3)	56 (3)	57 (4)	58 (3)					17 (56)	50	28							
H ₁	24	-	37	38	40	41	47	48	49	51 (8)	52	53	-	55	56	57	58	59 (3)	60 (1)	61 (3)		18 (60)	28, 54	40, 55 58	59, 60 61						
H ₂	24 (2)	-	37 (4)	38	40	41	47	48	49	-	52	53 (1)	-	55	56	57	58	59	60 (1)	61		17 (52)	51								
I	-	-	-	38	40	41	47	48	49	-	52	-	-	55	56	57	58	59	-	61	62 (3)	63 (10)		15 (57)	24, 37 53, 60	41, 47	62, 63				
K ₁	-	-	-	38	40	41	47	48	49	-	52	-	-	55	56	57	58	59	-	61	62	63	64 (3)	65 (4)	17 (64)		65	64, 65			
K ₂	-	-	-	38	40	41 (3)	47	48	49	-	52	-	-	55	56	57	58	59	-	61	62	63	64	65 (2)	18 (66)			66			
L	-	-	-	38 (3)	40 (4)	-	47 (4)	48 (4)	49 (4)	-	52 (3)	-	-	55 (3)	56 (3)	57 (4)	58 (3)	59 (3)	-	61 (3)	62 (3)	63 (10)	64 (3)	65 (4)	66 (2)	67 (3)	68 (1)	19 (67)	41	65	67, 68

Tabelle 3.4: Zuladungen und Ausladungen von Kapselversuchseinsätzen im Jahre 1969

Betr.-Phase	Zuladungen							Ausladungen								Grund
	Tag	KVE-Nr.	Proj. Nr.	Vers.-gruppe	Kapsel-typ	Anz. Prüfl.	Brennstoff	Tag	KVE-Nr.	Proj. Nr.	Vers.-gruppe	Kapsel-typ	Bestrahlungszeit $N > 10^{-3} \phi_N$ (d)	Zyk- len	Abbrand Mwd/t _U	
A	07.01.	47	36	4b	4a	4	UO ₂ -PuO ₂	07.01.	46	68	IMF/B	5	38,0	1	9500	<u>unplanmäßig</u> (Übertemperatur, Korrosionsgefahr) <u>unplanmäßig</u> (Übertemperatur im Pb/Bi)
	07.01.	48	36	4b	4a	4	UO ₂ -PuO ₂	13.01.	42	36	4b	4a	100,9	3,1	23000	
B	10.02.	49	36	4b	4a	4	UO ₂ -PuO ₂	12.02.	27	36	3	4	405,4	14	62300	<u>planmäßig</u> <u>unplanmäßig</u> (Übertemperatur, Korrosionsverdacht)
								12.02.	45	36	4a/b	4a	68,1	2	15000	
C	30.03.	50	73b	IMF/C	4b	10	UO ₂ , UN	18.03.	44	36	4b	4a	128,8	4	20000	<u>unplanmäßig</u> (Korrosionsverdacht) <u>planmäßig</u>
								21.03.	31	36	3	4	377,9	13	58700	
D	22.04.	51	68	IMF	5	8	UO ₂ -Cr-Cermets									
E	28.05.	52	55a	DK	4a	3	UO ₂									
	28.05.	53	77	IMF	6	1	UN, (UO ₂)									
	28.05.	54	73d	IMF/E	8	2	UO ₂									
F	17.07.	55	36	4b	4a	3	UO ₂ -PuO ₂	17.07.	22	36	3	4	614,2	21	67000	<u>planmäßig</u>
	17.07.	56	36	4b	4a	3	UO ₂ -PuO ₂									
	17.07.	57	36	4b	4a	4	UO ₂ -PuO ₂									
	17.07.	58	36	4b	4a	3	UO ₂ -PuO ₂									
G								25.07.	50	73b	IMF/C	4b	82,2	2,8	17500	<u>planmäßig</u> (Wunsch des Experimentators)
H	26.08.	59	55a	DK	4a	3	UO ₂ -PuO ₂	27.08.	54	73d	IMF/E	8	54,2	2	18000	<u>planmäßig</u> <u>planmäßig</u> <u>unplanmäßig</u> (Korrosionsverdacht)
	27.08.	60	73d	IMF/E	8	2	UO ₂	28.08.	28	36	3	4	550,5	19	74000	
	28.08.	61	36	4c	4a	3	UO ₂ -PuO ₂	15.09.	51	68	IMF	5	101,7	3,5	27200	
I	07.10.	62	36	4c	4a	3	UO ₂ -PuO ₂	08.10.	24	36	3	4	617,2	21	85000	<u>planmäßig</u> <u>planmäßig</u> <u>unplanmäßig</u> (Wegaufnehmer defekt) <u>planmäßig</u>
	16.10.	63	73b	IMF	4b	10	UO ₂ /PuO ₂ / UN/UC	08.10.	37	36	4a	4	395,8	13	67000	
								08.10.	60	73d	IMF/E	8	37,0	1	12000	
								16.10.	53	77	IMF	6	91,2	3	10000	
K	12.11.	64	36	4c	4a	3	UO ₂ -PuO ₂									
	12.11.	65	68	IMF/D	5a	4	UO ₂ -Cr-Cermets									
L	26.11.	66	73d	IMF/E	8	2	UO ₂									
	19.12.	67	36	4c	4a	3	UO ₂ -PuO ₂	19.12.	41	36	4a	4	364,3	12	62000	<u>planmäßig</u>
	19.12.	68	73d	IMF/E	8	2	UO ₂									

Alle KVE, ausgenommen die Kapseltypen D/4b und 8 (beide mit geringen Stableistungen), waren in 2v3-Überwachung der oberen und unteren Grenzwerte auf das Reaktor-Sicherheitssystem geschaltet. Auf Grund bisher gesammelter Erfahrungen wurde die Aufschaltung der unteren Grenzwerte am 11.7.1969 vom Sicherheitssystem getrennt und in eine Vorwarnungsmeldung umgewandelt.

Sämtliche Grenzwerteinheiten wurden während der Abschaltphase F überholt und in verschiedenen Details verbessert. Betriebsstörungen des Reaktors durch KVE zeigt folgende Tabelle 3.5.

Tabelle 3.5: Störungen durch Kapselversuchseinsätze			
Phase	Datum	Störung	Ursache
A	07.02.69	LR	KVE 47 zu heiß; geringfügige LR erforderlich
B	15.02.69	LB	KVE 44 und P66-3 nach Reaktorstart zu heiß; beide Einsätze umgeladen
	12.03.69	SS	KVE 47, oberer GW TE8 und 9 beim Trimmen von TA-Stab 15
D	26.04.69	LB	KVE 49 nach Reaktorstart vorübergehend zu heiß
E	31.05.69	SS	oGW durch KVE 53 oder KVE 49 (bei Leistungserhöhung auf 44 MW)
	31.05.69	SS	oGW Proj. 36; Ursache nicht erkennbar
	10.06.69	SS	KVE 48 oGW (beim Hochfahren nach einer LR)
K	15.11.69	LB	KVE 65 nach Reaktorstart zu heiß; Einsatz umgeladen

Siehe auch [7]

Kurzzeichenerläuterung:

- LR - Leistungsrücknahme
- LB - Leistungsbegrenzung
- SS - Schnellabschaltung
- TE - Thermoelement
- oGW - oberer Grenzwert

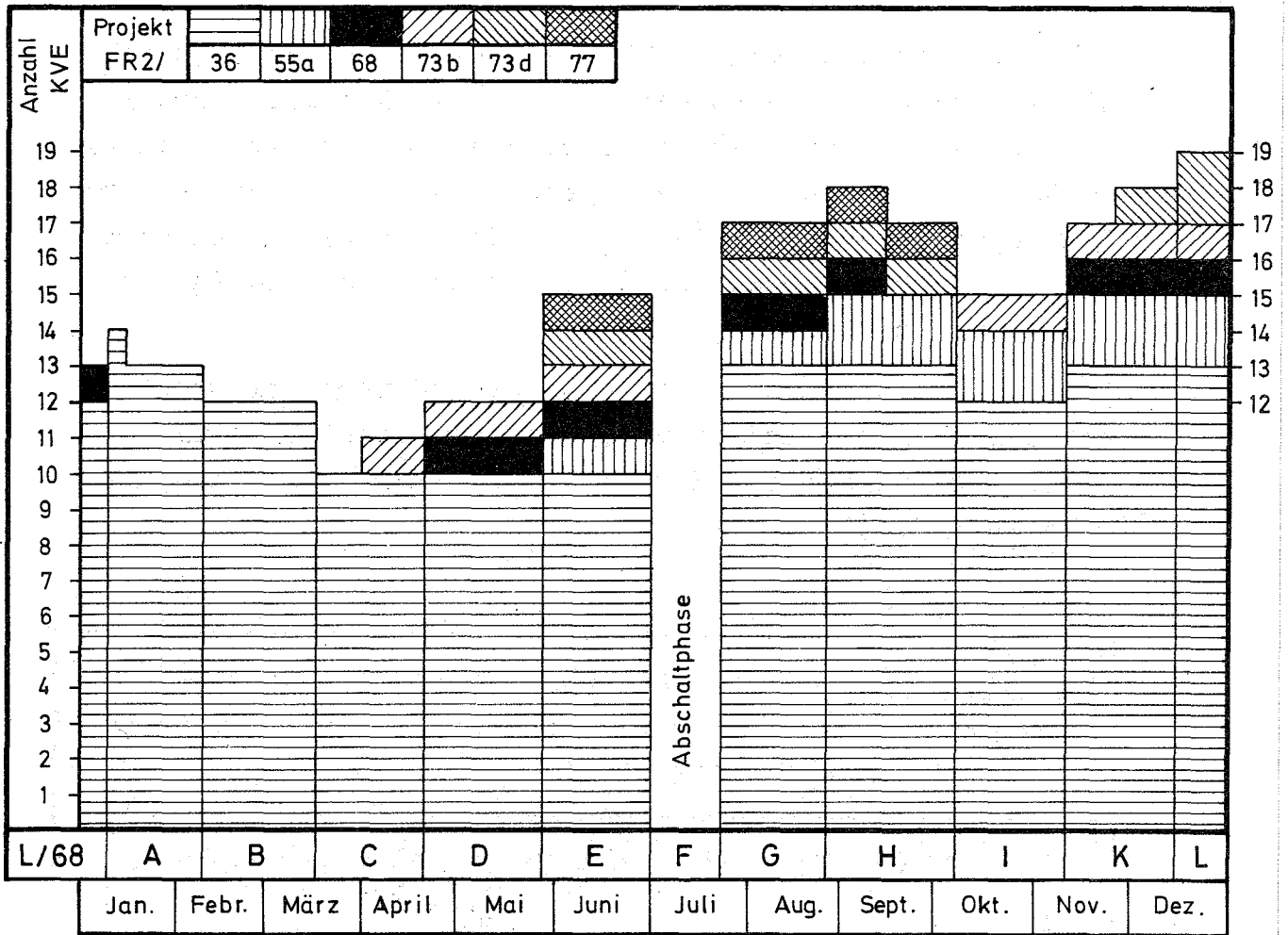


Abb. 3.6 : Kapselversuchseinsätze im Core

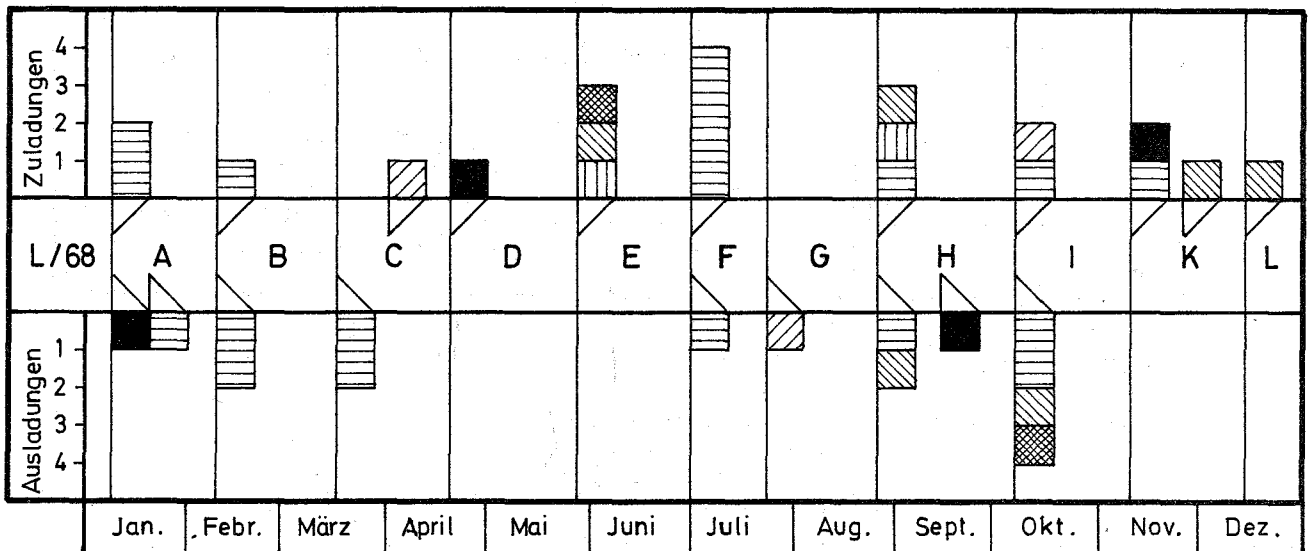


Abb. 3.7 : Zuladungen und Ausladungen von Kapselversuchseinsätzen

3.4 Kreislaufexperimente

Die Kreislaufexperimente sind die umfangreichsten Anlagen im FR2. Ihr Betrieb ist dem Umfang der Anlagen entsprechend personalintensiv und unter dem Aspekt der Sicherheit kommt ihnen die größte Bedeutung zu.

Im Berichtszeitraum waren bis zu 5 Kreislaufexperimente in Betrieb, das letzte davon out-of-pile.

Im einzelnen sind das:

- Projekt FR2/2: Tieftemperaturbestrahlungsanlage für das MPI-Stuttgart (Bereich Sondermetalle)
- Projekt FR2/16: Kalte Neutronenquelle für das IAK und auswärtige Gästegruppen
- Projekt FR2/26: He-Druckgaskreislauf zu Abbranduntersuchungen im Rahmen des Projektes Schneller Brüter
- Projekt FR2/55: Hülschaden-Heißdampfkreislauf für das PSB und zur Entwicklung von Präzipitationsmethoden durch das LEM
- Projekt FR2/58: Druckwasserkreislauf zur Brennstoffplattenbestrahlung für das IMF

Die 3 erstgenannten waren das ganze Jahr über in Betrieb.

3.4.1 Die Tieftemperaturbestrahlungsanlage (Proj. FR2/2) wurde auch im 5. Jahre weiterhin auf der Gitterposition 54/26 betrieben und ist die älteste Kreislaufeinrichtung am FR2.

Im Berichtszeitraum wurden bestrahlt und durch die Experimentatoren des MPI-Stuttgart untersucht:

- 8 Nb-, Ta-, Mo und W-Proben; Messung des elektr. Widerstandes,
- 5 Cu-Proben; Messung der kritischen Schubspannung,
- 2 Al-Cu-Proben; Messung der Thermokraft,
- 2 Fe-Proben,
- 1 magnetischer Meßeinsatz.

Die Gesamtversuchsdauer betrug 145,8 d, was gegenüber dem Jahr 1968 eine Steigerung um 5 % bedeutet. Für Spiegelversuche zur Lufteisdetektion in der Tiefkühlbox wurden 17,7 d in Anspruch genommen. Die effektive zeitliche Ausnutzung des Versuchseinsatzes bezogen auf die Reaktorleistung $> 43 \text{ MW}$ hat $\approx 49 \%$ betragen, bezogen auf den Berichtszeitraum 39,8 %.

Der He-Gaskältekreislauf erreichte eine Einschaltdauer von 214,8 d, was einer zeitlichen Ausnutzung bezogen auf die Reaktorleistung ($N > 10^{-3} N_N$) von 75,5 % entspricht.

Wegen Störungen mußte die Anlage im Berichtszeitraum 3 mal außer Betrieb genommen werden:

In der Zeit vom 27.6. bis 8.8. wurde der Versuchseinsatz wegen undichtem Schleusenventil ausgebaut; bei dieser Gelegenheit wurden die Kompressoren Gb 1/2, 3 und 4 generalüberholt, die Wärmetauscher Wt 1 und 2 gereinigt und konserviert, die Druckbehälter 1 und 2 durch den TÜV überprüft und die jährlichen Prüfungen aller sicherheitstechnisch wichtigen Meßstellen, Grenzwerteinstellungen, Programme und Steuerungen nach Prüfhandbuch durchgeführt.

Die nächste Abschaltung erfolgte am 25.8. wegen eines He-Lecks im Vakuumkreis, Rückgang der Kälteleistung der Exp.-Maschinen sowie Druck- und Temperaturanstieg am He-Hauptkompressor. Es war eine Erneuerung der Kolbenlaufflächen beider Stufen des He-Hauptkompressors notwendig. Am 25.8. wurde die Anlage wieder in Betrieb genommen.

Die dritte Abschaltung vom 11.11. bis 3.12. wurde durch Vakuumzusammenbruch verursacht. Es mußte ein He-Leck am Kompressorflansch der Stufe 1 gedichtet und die Stopfbuchspackungen der Kolben- und Ventilstangen der Exp.-Maschine erneuert werden. Gleichzeitig wurden die Diff.-Pumpen gereinigt.

Das Experiment verursachte 2 mal Reaktorschnellschluß: Am 9.12. beim Umschalten der Vakuumanlage von Hand auf Automatik und am 20.12. durch Grenzwert der Lufteisdetektion.

3.4.2 Die Kalte Neutronenquelle (Proj. FR2/16) stand im Jahre 1969 mehreren Experimentatoren insgesamt 237,1 d, das sind rd. 87 % der Reaktorbetriebszeit (> 43 MW), zur Verfügung. Es wurden folgende Experimente durchgeführt:

Untersuchung der inelastischen Streuung von 5 meV-Neutronen an festem und flüssigem Cu unter großem Streuwinkel,

Untersuchung der Spaltproduktverteilung von Spaltungen durch subthermische Neutronen,

Untersuchung der Abhängigkeit des Absorptionsquerschnittes vom Ortho-Para-Verhältnis im Wasserstoff,

Vorbereitende Messungen zu den Untersuchungen der inelastischen Streuung von subthermischen Neutronen an festem und flüssigem Rubidium,

Bestimmung der Phonondispersion von Caesiumbromid,

Messungen zur Bestimmung des Streugesetzes von flüssigem Rubidium.

Der Betrieb der Anlage einschließlich der Heliumgaskälteanlage war gut; es traten keine den Reaktorbetrieb beeinträchtigenden Störungen auf. Die Flüssigwasserstoffanlage hatte 5 außerplanmäßige Abschaltungen zu verzeichnen, die 2 mal durch Fehlbedienungen und 3 mal automatisch ausgelöst wurden. Die He-Gaskälteanlage fiel 1 mal durch einen Turbinenlagerschaden aus, was im Vergleich zu den früheren Jahren als sehr gut zu bezeichnen ist.

Die selbsttätigen Sicherheitsoperationen liefen bei allen Abschaltungen ordnungsgemäß ab.

Neben umfangreichen Wartungsarbeiten wurden in den Abschaltphasen zwei größere Reparaturen durchgeführt:

Revision des Trockenlaufkompressors Gb 7 nach
13 000 Betriebsstunden

(erneuert wurden Stopfbüchsen, Kolbenringe,
Ölabstreifungen, Gleitringdichtung sowie
das Pleuellager der dritten Stufe),

Revision der Expansionsturbinen Tb 1 und Tb 2 nach
11 700 Betriebsstunden

(nach Reinigung waren alle Teile wieder ver-
wendungsfähig).

Das seit Inbetriebnahme der Anlage vorhandene H₂-Leck in dem Vakuumraum des Strahlrohrpfropfens hat sich seit September 1969 etwas vergrößert. Die Leckrate erreichte aber nicht den im Sicherheitsbericht festgelegten Grenzwert. Besondere Maßnahmen bei laufender Überwachung waren daher nicht erforderlich.

Die Kalte Neutronenquelle hatte zum Ende des Jahres eine Gesamtbetriebszeit von 9.000 h überschritten.

Während der $1 \frac{1}{2}$ Jahre stand die Versuchsanlage den Experimentatoren mit einer relativen Nutzung von mehr als 85 % der Reaktor-Leistungsbetriebszeit zur Verfügung.

3.4.3 Der He-Druckgaskreislauf (Proj. FR2/26) dient der Bestrahlung von Brennstoffprüflingen für das Projekt Schneller Brüter (siehe dazu auch [6_7]). Im 1. Quartal war die Anlage außer Betrieb, da vom Experimentator keine Prüflinge angeliefert worden waren. Die Stillstandzeit wurde für einige dringend notwendige Verbesserungen der Instrumentierung und für Reparaturen genutzt.

In den 3 übrigen Quartalen lief die He-Anlage störungsfrei im Dauerbetrieb. Es wurden insgesamt 18 Prüflinge der PSP-Versuchsgruppe 3 mit einer Gesamtbestrahlungsdauer von rd. 146 Tagen bestrahlt. Einzelheiten können der folgenden Tabelle entnommen werden.

Tabelle 3.6:

Prüflings- Nr.	Bestrahlungs- zeit [h]	spez. Stab- leistung [W/cm]	Bemerkungen
L3 - 3	71	600	1 Unterbrechung
L3 - 16	216	500	1 Unterbrechung
L3 - 18	220	335-465	
L3 - 19	216	500	3 Zyklen zu je 6 h
L3 - 4	72	600	
L3 - 20	216	500	3 Zyklen zu je 6 h, 1 Unterbrechung
L3 - 1	24	600	
L3 - 21	216	500	3 Zyklen zu je 6 h, 1 Unterbrechung
L3 - 2	24	600	
L3 - 26	72	500	
L3 - 17	216	500	1 Unterbrechung
L3 - 22	216	500	9 Zyklen zu je 6 h, 2 Unterbrechungen
L3 - 28	216	500	
L3 - 31	72	600	
L3 - 32	72	600	1 Unterbrechung
L3 - 33	72	600	
L3 - 29	648	500	4 Unterbrechungen
L3 - 30	648	500	3 Unterbrechungen
Gesamtbestrahlungszeit 3507 h $\hat{=}$ 146 d			

Da die Prüflinge der Versuchsgruppe 3 eine zu hohe Plutoniumanreicherung hatten, wurden die Gasführungsrohre mit einer Silberschicht ($\approx 150 \mu\text{m}$) belegt. Bei der Bestrahlung der ersten beiden Prüflinge zeigte sich jedoch, daß diese Flußabschirmung etwa um den Faktor 10 zu klein war. Daraufhin wurden die Gasführungsrohre mit einer Cadmiumschicht belegt ($\approx 70 \mu\text{m}$).

Die Flüssigstickstofferzeugungsanlage arbeitete nicht störungsfrei. Von den rd. 166.500 l Flüssigstickstoff, die für die Gasreinigungsanlage benötigt wurden, mußten rd. 50.000 l fremd bezogen werden. Für Anfang 1970 ist eine eingehende Überholung der Anlage geplant.

Betriebszeiten und zeitliche Nutzung der Anlage:

He-Druckgaskreislauf	5.806,00 h
He-Gasreinigung	4.937,23 h
fl. N ₂ -Erzeugungsanlage	4.797,25 h
fl. N ₂ -Produktion	3.945,82 h
fl. N ₂ -Erzeugung	rd. 116.500 l

He-Druckgaskreislauf bezogen
auf Reaktorbetrieb $> 10^{-3} N_N$ 85 %

Gesamtbestrahlungszeit bezogen
auf Reaktorbetrieb > 43 MW 22,5 %

He-Gasreinigung bezogen
auf He-Druckgaskreislauf 85 %

fl. N₂-Erzeugungsanlage bezogen
auf He-Gasreinigung 80 %

Der Experimentierbetrieb verursachte 2 mal Reaktorschnellschluß (1 x Fehlbedienung und 1 x Hauptschalterfall der elektrischen Energieversorgung).

Im Verlauf des Berichtszeitraumes wurden folgende Reparaturen und Instandsetzungen durchgeführt:

fl. N₂-Erzeugungsanlage: Beseitigung von Undichtheiten, Expansionsturbine überholt und div. Verschleißteile ersetzt, Lager für Schraubenverdichter gewechselt.

He-Anlage: Reparatur des Frequenzumformers, Um- und Neueinbau von Meßstellen.

Wechselmaschine: Beseitigung von Undichtheiten in der Hydraulik und allgemeine Wartung.

3.4.4 Die Inbetriebnahme des Hüllschaden-Heißdampfkreislaufes (Proj. FR2/55) war das herausragende Ereignis im Jahre 1969. Der Versuchseinsatz (VE) konnte am 9.7. erstmals noch ohne Brennstoff in den Reaktor eingebaut werden. Nach einem Probetrieb mit Heißdampf wurde bei Neutronenflußdichtemessungen am 10.9. durch versehentliches Verfahren des Reaktordrehdeckels der Kopf des VE verbogen (siehe hierzu 2.13.1). Er wurde am 15.9. ausgebaut und konnte durch unsere Techn. Gruppen wieder instandgesetzt werden. Der Wiedereinbau erfolgte am 6.10.

Am 12.10. wurde der erste mit einem Plenumschaden versehene HDR-Brennstoffprüfling in den Versuchseinsatz eingesetzt. Anschließend konnte der Versuchsbetrieb ab 14.10. aufgenommen werden.

Durch eine Gerätestörung in der Frischwasserversorgung fiel die Anlage am 25.11.1969 aus. Das Abgassystem wurde z.T. überflutet, da sich der Abblasebehälter des Sicherheitsventils in den Kreislauf entleert hatte.

Die Bestrahlung des Prüflings mußte bis zum 8.12. unterbrochen werden, da die Anlage wegen der erforderlichen Trocknung und Dichtheitsprüfungen nicht in Betrieb gehen konnte. Planmäßig bis zum 5.12. wurde dann der Anlagenbetrieb mit dem HDR-Brennstoffprüfling weitergeführt.

In der Zeit vom 19.12.69 bis 14.1.70 wurde die Anlage mit dem zweiten HDR-Brennstoffprüfling, der mit einem Schaden im Brennstoffbereich versehen war, betrieben.

Die Betriebszeit des Projektes für die in-pile-Erprobung betrug 606 h, mit Brennstoffprüfling 1616 h. Die zeitliche Nutzung des Projektes mit Brennstoffprüfling bezogen auf die Reaktorleistung > 43 MW betrug etwa 80 %.

Die gefahrenen Dampfzustände variierten nach den Versuchsbedingungen zwischen 70 bis 160 atü bei einer Überhitzung von 400 bis 550 °C. Die Dampfdurchsätze bewegten sich zwischen 60 bis 120 kg/h. Im Berichtszeitraum wurden 180 Korrosionsproben in den Probenhaltern 1 und 2 eingesetzt.

Wegen Störungen fiel die Anlage während der in-pile-Erprobung einmal und während der Brennstoffbestrahlung zweimal aus.

Vom 10.9. - 6.10. war der VE nach Beschädigung durch den Drehdeckel ausgebaut.

Am 2.11. wurde die Anlage durch Ausfall der Speisepumpen abgeschaltet. Die Ursache konnte nicht geklärt werden.

Am 25.11. fiel die Anlage wegen Störung der Frischwasserversorgung durch Spannungsausfall am Meßumformer des Höhenstandes am 5 m³-Hochbehälter aus. Der Abblasebehälter des Sicherheitsventiles entleerte sich in den Kreislauf und überflutete teilweise das Abgassystem. Die Zeit bis zum 8.12.1969 wurde für die Trocknung und Dichtheitsprüfung des Systems benötigt.

Das Projekt verursachte während der in-pile-Erprobung einen Reaktorschnellschluß und machte 4 Leistungsrücknahmen und eine Reaktorabschaltung erforderlich.

- 31.7.1969 Leistungsrücknahme wegen zu hoher Temperatur im VE beim Anfahren des Reaktors.
- 6.8.1969 Leistungsrücknahme wegen Gasaustausch im Ringspalt des VE.
- 11.8.1969 Reaktorschnellschluß durch Fehlbedienung.
- 4.9.1969 Leistungsrücknahme wegen Anfahren des Kreislaufes.
- 15.9.1969 Reaktorabschaltung wegen Ausbau des VE nach Beschädigung durch Verfahren des Drehdeckels.

Während der Betriebszeit mit Brennstoffprüflingen verursachte das Projekt einen Reaktorschnellschluß am 2.11.1969 wegen Ausfall der Speisepumpen.

2 Leistungsrücknahmen wurden am 6.10. und 8.12. durch den Einbau des VE ins Core erforderlich.

1 Leistungsbegrenzung ergab sich am 16.10. beim Anfahren des Reaktors mit eingebautem Prüfling Nr. 1.

1 Leistungsrücknahme wurde am 25.11. wegen Ausfall des Projektes durch Kühlwassermangel erforderlich.

4 Leistungsrücknahmen, die im Versuchsprogramm vorgesehen waren, wurden am 26.11., 9.12. und zwei am 7.1.70 durchgeführt.

3.4.5 Bestrahlung von Brennstoffplatten in einem Druckwasser-Halbloop (Proj. FR2/58 bzw. 58a)

Im Auftrage des Instituts für Material- und Festkörperforschung wurde eine Versuchseinrichtung erstellt, mit deren Hilfe Dispersionsbrennstoffplatten für Hochflußreaktoren bestrahlt werden sollen. Als Brennstoff wurde eine UAl_3Al -Dispersion gewählt, als Hüllmaterial diente Al bzw. eine Al-Legierung. Die vorgesehenen Untersuchungen sollen über das Verhalten von Brennstoff und Hüllmaterial unter Reaktorbedingungen Aufschluß geben sowie die Kenntnis der Reaktion zwischen Matrix und Brennstoffteil, der Spaltgasbildung und evtl. Grobstrukturschäden (Korrosion, Rißbildung, Verbiegen u.a.) verbessern. Der Versuchskreislauf wurde nach Erprobung der wesentlichen Komponenten out-of-pile in Betrieb genommen. Die in-pile-Inbetriebnahme wird im 1. Quartal 1970 erfolgen.

Als Vorstufe für dieses Projekt wurden insgesamt 5 Versuchseinsätze im Reaktor bestrahlt. Die Kühlung dieser Einsätze erfolgt ähnlich der von Brennelementen. Da die Oberflächentemperaturen der Brennstoffplatten 100 C nur unwesentlich überschreiten, ist zur Kühlung kein Druckwasser erforderlich. Diese Vorexperimente liefern orientierende Daten für die Hauptversuche und dienen der Erprobung der meßtechnischen Einrichtungen. Die ausgebauten Einsätze erreichten Bestrahlungszeiten bis zu 7800 h. Siehe Punkt 3.5.2.

3.5 Sonstige Coreeinbauten

3.5.1 Plutonium-Bündelelemente:

Im Reaktor befinden sich seit Herbst 1968 4 Pu-Bündelelemente (Proj. FR2/53-1 bis 4) zur Erzeugung von Transplutoniumelementen. Der Einsatz der Plutonium-Elemente erfolgte auf BE-Positionen. Sie werden entsprechend ihrem Abbrand von Randpositionen zum Zentrum des Reaktorkerns versetzt. Einzelheiten können der folgenden Tabelle 3.7 entnommen werden.

Tabelle 3.7: Projekt FR2/53

Projekt Nr.	Tag	Umsetzungen von Pos. nach Pos.		Bestr.-Zeit bei $N < 10^{-3} N_N$ (h)	Energieabgabe (MWd)
53/1	13.2.	58/20	56/20	} 9489,94	100,8
	20.3.	56/20	52/18		
53/2	10.2.	38/22	48/24	9489,94	99,7
53/3	14.2.	58/22	56/22	} 9489,94	100,8
	21.3.	56/22	44/18		
53/4	14.2.	60/20	58/22	} 8560,44	93,4
	20.3.	58/22	42/16		

Die Leistungsfreisetzung liegt z.Zt. noch bei 170 bis 180 kW.

Die bisherigen Betriebserfahrungen mit den Einsätzen sind gut. Eine äußere Untersuchung der Wasserführungsrohre am 27.8.69 und die routinemäßig durchgeführten γ -scanning-Untersuchungen bei den Umsetzungen sowie die Überwachung mit der Hüllschadenanlage ergaben keine Beanstandungen.

3.5.2 UAl_x-Al-Dispersionsbrennstoffplatten (Proj. FR2/58a):

Wie schon in Kap. 3.4.5 erwähnt (siehe auch [3.7]) wurden seit September 1968 Reaktoreinsätze mit Uranaluminid-Brennstoffplatten im FR2 bestrahlt. Sie werden wie Brennelemente vom Kühlmittelstrom des Reaktors gekühlt.

Tabelle 3.8: Projekt FR2/58a

Projekt Nr.	Einbau		Umsetzung		A u s b a u			Bestr.-Zeit bei $N < 10^{-3} N_N$ [h]	Bemerkungen
	Tag	Pos.	Tag	Pos.	Tag	nach Plan	unplanmässig		
58a2	29.11.68	37/23	7.1.69	41/23	12.11.69	x		7861,58	
58a3	8. 1.69	49/07	-	-	7.10.69	x		5092,97	
58a4	7.10.69	49/07	-	-	24. 4.70		x	3741,74	Hüllschaden
58a5	19.12.69	44/16	-	-	23. 4.70	x		2460,61	

Die Projekteinsätze verursachten keine Störungen des Reaktorbetriebes.

3.5.3 Kobaltbestrahlung auf Zwischengitterpositionen:

Im Berichtszeitraum kam das Proj. FR2/59 bestückt mit 18 Kobaltstäben mit je 35,35 g Co 1 mal zum Einbau.

Einbau: in Core Pos. 41/33 am 20.12.69
 Ausbau: aus Core Pos. 41/33 am 16. 1.70
 Bestrahlungszeit: 988,6 MWd

Die Bestrahlung dient im wesentlichen zur Reaktortrimmung. Gleichzeitig wird damit auch radioaktives Kobalt erzeugt.

3.5.4 Untersuchung der Verträglichkeit von Kernbrennstoffen mit Hüllwerkstoffen:

Die im Jahre 1968 begonnenen Bestrahlungen von instrumentierten Kapselversuchseinsätzen im Rahmen von Proj. FR2/66 wurden erfolgreich fortgesetzt:

Proj. FR2/66-3 (7 Brennstoffpatronen aus Vanadinlegierungen mit dem Brennstoff von 0,22 g/Patrone UN und U235 auf 8 % angereichert),

Proj. FR2/66-5 (7 Brennstoffpatronen aus Vanadinlegierungen mit dem Brennstoff von 0,2 g/Patrone UC und U235 auf 8 % angereichert).

Die Bestrahlung und die Überwachung erfolgt wie in [3] bereits beschrieben.

Tabelle 3.9: Projekt FR2/66

Projekt Nr.	Einbau		Umsetzung		Ausbau Tag	Bestr.-Zeit bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	Bemerkungen
	Tag	in Pos.	Tag	nach Pos.			
66-3	10.2.69	41/29	15.2.69	41/07 *)	20.4.70	8114,4	*) zu heiß
			7.10.69	37/23			
66-5	7.10.69	41/07	16.1.70	45/23 +)			+)

3.5.5 Radiolyseversuche mit Bestrahlungseinsätzen für Spannungsrißkorrosion (Projekt FR2/67):

Spannungsrißkorrosion (SRK) ist eine bekannte Erscheinungsform bei metallischen Werkstoffen (gleichzeitige Einwirkung eines Korrosionsmittels und einer Zugspannung). Bei Neutronenbestrahlung im Reaktor ändern sich die Werkstoffeigenschaften, da Gitterfehler überwiegend durch schnelle Neutronen gebildet werden. Praktische Beispiele gibt es bei Brennelementumhüllungen, die einen interkristallinen Rißverlauf zeigen.

Die Versuchseinrichtung besteht im wesentlichen aus dem Reaktoreinsatz in einer Zwischengitterposition, bestehend aus kurzem BE-Oberteil und instrumentierter Autoklavkapsel zur Erzeugung der Bedingungen für SRK, einer Einrichtung zum Spülen der Autoklavkapsel mit Helium unter Druck, einem Meß- und Steuerschrank und einer Einrichtung zur Entnahme von Gasproben für gaschromatographische Analysen.

Es standen 2 Reaktoreinsätze zur Verfügung, die jedoch infolge starker Korrosion an Edelstahlteilen (großes Leck) bzw. Fressen der Kapselverschraubung vorzeitig ausgebaut wurden. Die Versuchsreihe wurde unterbrochen, da eine sofortige Instandsetzung der Einsätze wegen zu hoher Aktivität nur mit großem Aufwand möglich gewesen wäre.

Parallel zu diesen Radiolyseversuchen liefen Untersuchungen für SRK durch Vorbestrahlung von Zugproben in Isotopenkanälen des FR2. Die auf diese Weise mit Gitterschäden versehenen Proben werden bei IRCH auf SRK untersucht. Da diese Methode zu positiven und brauchbaren Resultaten führte, werden die beiden defekten Reaktoreinsätze nicht mehr benötigt.

Tabelle 3.10: Versuchsreihe mit Projekt FR2/67

Tag	Pos.	Reaktor-Einsatz Nr.	Bestrahl.-Zeit [h]	Flußsonde Nr.	Beladung		He-Druck [atü]	D ₂ O [cm ³]	MgCl ₂ [mg]
					Zugprobe Nr.	Federkraft [kp]			
19.2.69	45/23	2	1,38	1	27	130	3	120	-
24.2.69	45/23	2	5,20	1	27	130	4,5	118	-
6.3.69	45/23	2	25,07	1	27	130	4,5	108	-
27.3.69	45/23	2	30,08	-	27	130	4,5	120	1,77
9.4.69	45/23	2	47,68	-	27	130	3,5	120	17,7
16.4.69	45/23	2	48,10	-	27	130	5,6	120	177
13.5.69	57/13	1	72,68	-	ohne Nr.	55	5,3	208	-
19.5.69	57/13	1	97,28	-	ohne Nr.	55	4,5	208	177
2.6.69	37/23	1	90,93	-	ohne Nr.	144	4,6	208	177
23.6.69	37/23	1	44,10	-	ohne Nr.	144	4,92	208	1 %

3.5.6 Kriechkapselbestrahlungen (Typ C1 bis C9), Projekt FR2/73a

Aufbau siehe [3].

Tabelle 3.11: Projekt FR2/73a

Projekt Nr.	Einbau		Ausbau Tag	Bestr.-Zeit bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	Kapsel Nr. Brennstoff		
	Tag	Pos.					
73a1	25.10.68	49/23	7.1.69	1 649,0	C1		
73a2	7. 1.69	49/23	18.3.69	1 441,1	C2		
73a3	22. 4.69	49/23	22.7.69	1 455,0	C3	C4	C5
73a4	22. 7.69	49/23	11.11.69	2 068,3	C4	C5	C6 UN
73a5	26. 8.69	53/23	11.11.69	1 479,9	C7 UO ₂	C8 UO ₂	
73a6	11.11.69	49/23	18. 2.70	1 940,8	C10 UN, UO ₂	C11 UN, UO ₂	C12 UO ₂
73a7	11.11.69	53/23	18. 2.70	1 940,8	C7 UO ₂	C9 UN	

3.5.7 Kriechkapselbestrahlung (Projekt FR2/73c):

Das Experiment dient dem Zweck, das Kriechverhalten von UO_2 unter Reaktorbestrahlung auf luftgekühlter Isotopenkanalposition zu untersuchen.

Der Versuchseinsatz besteht im wesentlichen aus der Bestrahlungskapsel mit einem UO_2 -Pellet, der Kapselträgerhülse und dem Kapselträgerrohr. Diese Einheit ist mit dem Isotopenoberteil verbunden.

Brennstoff: UO_2 als Ring
Anreicherung 11 % $U235$
Abmessung: $D = 6,25/4$ mm \varnothing x 5,35 dick
NaK-Füllung ca. $0,3$ cm³

Kapsel: Kapsel aus AlMg3 mit Kühlrippen versehen, mit Kriechvorrichtung

Kühlung: 30 m³/h Kühlluft des Isotopen-Tauchrohres

Einbau: 12.2.69, Pos. 41/15

Bestrahlungszeit bei $N > 10^{-3}$ $N_N = 60,02$ d

3.5.8 Rohrpostanlage in der Thermischen Säule:

Das Projekt FR2/50-5 wurde am 21.1.69 nach Beendigung der Versuchsreihe aus dem S4-Kanal der Therm.-Säule ausgebaut.

3.5.9 Thermionischer Wandler (Projekt FR2/76):

Unter dieser Projekt-Bezeichnung wurde von Fa. BBC eine weiterentwickelte Version des Proj. FR2/57 gegen Ende des Berichtszeitraumes zum Einsatz gebracht. Letzteres war im Jahre 1968 mit großem Erfolg im FR2 betrieben worden.

Die Wirkungsweise eines thermionischen Konverters (zur direkten Stromerzeugung) beruht im wesentlichen auf der unterschiedlichen elektr. Austrittsarbeit von Elektronen aus einem nuklear beheizten Mo-Emitter und einem wassergekühlten Mo-Kollektor.

Am 15.12.1969 wurde der Bestrahlungseinsatz erstmals in Core-Pos. 47/19 (Zentralkanal, oben) eingebaut. Alle Anschlüsse zum Reaktoreinsatz wurden in der 51. Woche im Deckelungang verlegt, gleichzeitig wurde dort auch der Hubantrieb für die fernbedienbare Höhenverstellung des Einsatzes montiert.

Der zum Projekt gehörende Leitstand wurde auf der oberen Experimentierbühne (Kote +16,40 m) im Süden der Reaktorhalle aufgestellt und angeschlossen.

Während der Betriebsphase L/69 wurden überwiegend Anfahrmessungen durchgeführt und Testbetrieb der Anlage in oberster Stellung des Reaktoreinsatzes gefahren. Störungen des Reaktorbetriebes waren nicht zu verzeichnen.

4. Eigenüberwachung des FR2

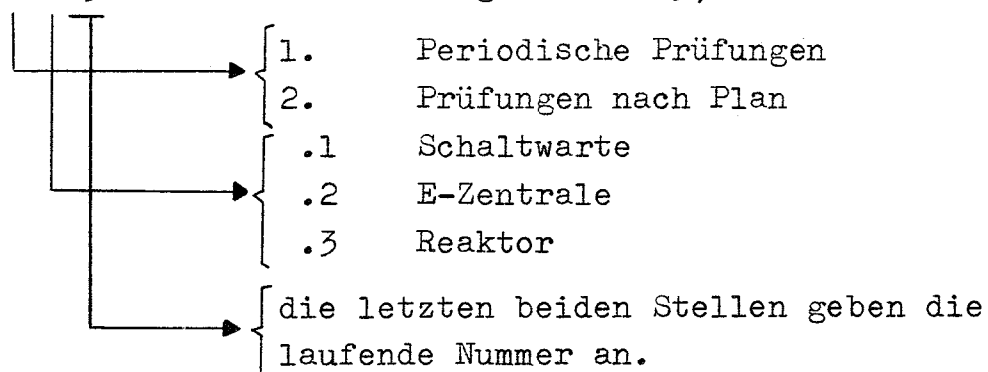
Wie schon in [3] erläutert, wurde der Prüfplan für die in Eigenüberwachung durchzuführenden Wiederholungsprüfungen mit dem TÜV abgestimmt. Wie jedes Jahr wurde im Dezember 1968 entsprechend dem Prüfplan für den Reaktor FR2 (Eigenüberwachung) für das kommende Jahr ein Terminleitplan für Funktionsprüfungen 1969 aufgestellt. Die Abb. 4.1/1-5 zeigen den nach den tatsächlichen Gegebenheiten überarbeiteten Terminleitplan für Funktionsprüfungen 1969.

Manche Prüfungen können nur durchgeführt werden, wenn der Reaktor außer Betrieb ist, deswegen ist ein entsprechender Hinweis im Terminleitplan notwendig. In Abb. 2.1 wurde auf diejenigen Abschaltwochen besonders hingewiesen, in denen Funktionsprüfungen Vorrang gegenüber Montagen haben.

Im Terminleitplan sind verschiedene, beim FR2 gebräuchliche Abkürzungen erwähnt. Für fast jede Prüfung gibt es eine Betriebsanweisung (BAW) und ein Betriebshandbuch (PHB) mit Formblatt (Fbl.):

z.B.

BAW 1.105 - Betriebsanweisung Nr. 1.105,



Jede Prüfung (und damit auch Betriebsanweisung) einer abgeschlossenen Anlage erhält eine entsprechende Kennzeichnung. Die Betriebsanweisung enthält die Festlegung für die Wiederholungszeitabstände und eventuell notwendige sicherheitstechnische Einschränkungen. Außerdem wird die Berechtigung bzw. Qualifikation des verantwortlichen Prüfers festgelegt.

PHB 1.105 - Prüfhandbuch Nr. 1.105,

die Aufschlüsselung entspricht der obengenannten. Das Prüfhandbuch nennt den Prüfgegenstand, außerdem enthält es die Voraussetzungen zur Prüfung und Richtlinien für die Prüfung.

Fbl. 190 - Formblatt Nr. 190 (fortlaufende Nummer)

Das Formblatt enthält die einzelnen Prüfschritte, es ist gleichzeitig Prüfprotokoll.

Jede Prüfung wird nach Durchführung auf Grund des ausgefüllten Formblattes von einem Sachbearbeiter beurteilt, ehe sie der Betriebsleitung zur Freigabe vorgelegt wird. Das Betriebsbüro erhält dann das Prüfprotokoll zur Ablage in der Betriebsdokumentation.

Die Erfahrungen mit der Form und dem Umfang der Wiederholungsprüfungen beim FR2 sind gut. Die Prüffristen sind vorsichtig festgelegt, d.h. auf Grund der betrieblichen Erfahrungen läßt sich jetzt schon sagen, daß sie in manchen Fällen länger sein könnten.

Dagegen mußten wir feststellen, daß beispielsweise konventionelle Prüfungen nach UVV mit 4-jährigem Rhythmus (z.B. Sicherheitsventile) zu Beanstandungen führten, die bei kürzeren Prüfzeiten wahrscheinlich vermieden worden wären.

In Tabelle 4.1 sind die im Jahre 1969 durchgeführten Prüfungen auf Grund der Unfallverhütungsvorschriften angegeben.

Wartungsarbeiten sowie tägliche und wöchentliche Überprüfungen der Funktion eines Anlagenteils (z.B. Alarmanlage), die man mehr als Kontrollen auffassen kann, werden im Terminleitplan nicht mit aufgeführt. Ebenso nicht die umfangreichen Überprüfungen vor jedem Reaktorstart (Startliste) und vor jedem Anfahren der Großprojekte.

Tabelle 4.1: Prüfungen im Jahre 1969 aufgrund der Unfallverhütungsvorschriften

1. Durch den TÜV nach VBG 17 Druckbehälter § 24 Absatz 1 - regelmäßige äußere Prüfungen		
1.1 He-D ₂ O-Kreislauf Rieselkühlungsbehälter	Pos. 4.1.9/6	am 28.11.69
1.2 Kühlkreis Thermischer Schild Druckbehälter	Pos. 4.2.18/2	am 28.11.69
1.3 Druckluft Adsorber A	Pos. 4.4.16/6a durch Herrn Schmelzer Ekt/FK	am 17. 9.69
Adsorber B	Pos. 4.4.16/6b durch Herrn Schmelzer Ekt/FK	am 17. 9.69
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8a	am 19.12.69
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8b	am 19.12.69
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8c	am 19.12.69
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8d	am 19.12.69
1.4 FR2/2 Tieftemperatur-Bestrahlungsanlage		
Wärmetauscher	Pos. 2P-Wt 2	am 16.12.69
Speicherbehälter	Pos. 2C-Bh 1	am 28.11.69
Speicherbehälter	Pos. 2H-Bh 2	am 28.11.69
1.5 FR2/16 Kalte Neutronenquelle		
Helium Pufferbehälter	PK-Bh 50	am 28.11.69
Pufferbehälter	PK-Bh 51	am 28.11.69
Druckgaskühler	PK-Wt 7	am 28.11.69
Druckgaskühler	PK-Wt 8	am 28.11.69
Ring-Gegenströmer	PK-Wt 9	am 4.12.69
Helium Reiniger I	PR-Wt 3 PR-Bh 38 PR-Fi 14	am 4.12.69
Helium Reiniger II	PR-Bh 39 PR-Wt 4 PR-Fi 15	am 4.12.69
Wasserstoff-Pufferbehälter	H-Bh 2	am 28.11.69
1.6 FR2/26-Heliumloop		
Druckrohrunterteil	H-Le 101	am 4.12.69
Staubfilter	H-Fi 105	am 3.12.69
Halogen-Filter	H-Fi 101	am 4.12.69
Wasserkühler	H-Wt 101	am 3.12.69
Halogen-Adsorber	H-Fi 102	am 4.12.69
Staubfilter	H-Fi 103	am 4.12.69
Wärmeaustauscher	R-Wt 201	am 3.12.69
Erhitzer	R-Hz 201	am 4.12.69
Cu-O-Kontakt	R-Fi 201	am 4.12.69
Gegenstrom-Wärmeaustauscher	R-Wt 203	am 3.12.69
Tieftemperatur-Adsorber	R-Fi 202	am 3.12.69
Auffangtank	S-Bh 401	am 3.12.69
Regenerator	26K-Rg 1	am 19.12.69
Regenerator	26K-Rg 2	am 19.12.69
N ₂ -Wärmeaustauscher	26K-Wt 7	am 19.12.69

2. Durch den TÜV nach VBG 17 Druckbehälter § 22 Absatz 1 - regelmäßige innere Prüfungen

2.1	Kühlkreislauf Thermischer Schild Druckbehälter	Pos. 4.2.18/2	am 8. 7.69
2.2	Druckluft Adsorber A	Pos. 4.4.16/6a durch Herrn Schmelzer Ekf/FK	am 17. 9.69
	Adsorber B	Pos. 4.4.16/6b durch Herrn Schmelzer Ekf/FK	am 17. 9.69
	Druckluft-Filter	Pos. 4.4.16/7	am 16. 7.69
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8a	am 16. 7.69
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8b	am 16. 7.69
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/9	am 16. 7.69
2.3	FR2/2 Tieftemperatur-Bestrahlungsanlage Wärmetauscher	Pos. 2P-Wt 2	am 14. und 16.7.69

3. Durch den TÜV nach VBG 17 Druckbehälter § 22 Absatz 2 - regelmäßige Druckprüfung (Wasserdruckprüfung)

3.1	Druckluft Adsorber A	Pos. 4.4.16/6a durch Herrn Schmelzer Ekf/FK	am 17. 9.69
	Adsorber B	Pos. 4.4.16/6b durch Herrn Schmelzer Ekf/FK	am 17. 9.69
	Druckluft-Filter	Pos. 4.4.16/7	am 17. 7.69
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8a	am 13.11.69
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8b	am 12.11.69
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/9	am 17. 7.69

4. Durch den TÜV nach VBG 17 Druckbehälter § 23 Absatz 1 - Gasdruckprüfung

4.1	FR2/2 Tieftemperatur-Bestrahlungsanlage Speicherbehälter	Pos. 2C-Bh 1	am 18. 7.69
	Speicherbehälter	Pos. 2H-Bh 2	am 18. 7.69

5. Nach Aufzugsverordnung § 7 Zwischenprüfung durch TÜV

5.1	Selbstfahraufzug Bau 605	59/2021	am 10. 1.69
5.2	Selbstfahraufzug Bau 605	59/2022	am 10. 1.69
5.3	Selbstfahraufzug Rotunde	5458/8	am 10. 1.69

6. Nach VBG 8 Hebezeuge § 94 Absatz 2

In Eigenverantwortung wurden unter Mitwirkung von Ekf/FK, AVW/BW und RB/E sämtliche Hebezeuge im Laufe des Jahres überprüft.

7. Nach UVV 10 Flurförderzeuge § 20 wird der 2,5 t Gabelstapler Fabr.-Nr. 30626 durch Wartungsvertrag mit dem Lieferer überprüft. Die übrigen Flurförderzeuge wartet RB/FR2 selbst.

5. Personal

5.1 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.

Eine Übersicht über den Personalstand der Fachgruppen gibt die Tabelle 5.1, Stand 31.12.69. Zahlen in Klammern Stand 31.12.68.

Tabelle 5.1: Personalstand der Fachgruppen

Leitung	5	(4)		
Betriebsbüro und Sekretariat	4	(4)		
<u>Tagesdienst</u> RBI	5	(4)	RBI	= Reaktorbetriebs- Ingenieur
BM	6	(6)	BM	= Betriebsmeister
RT	11	(15)	RF	= Reaktorfahrer
AF	4	(3)	RT	= Reaktortechniker
HA	6	(5)	AF	= Anlagen- und Kran- Fahrer
Tagesdienst- personal	41	(41)	HA	= Hilfsarbeiter (Transport- und Dekontarbeiter)
 <u>Schichtdienst</u>				
Schichtleiter und EvD	5	(5)		
Schichtleiter- Stellvertreter	5	(5)		
RBI	5	(10)		
RF	10	(5)		
RT	10	(10)		
AF	4	(5)		
Schichtpersonal	39	(40)	gesamt	= 80 (81)

Entsprechend den gewachsenen Aufgaben der Abteilung RB/FR2 wurde die Leitung um die Fachgruppe 'Strahlrohrexperimente, Elektrotechnik und Ausbildung' erweitert; bisher gab es außer dem verantwortlichen Betriebsleiter und dem Leiter des Betriebsbüros die Fachgruppen 'Kreislaufexperimente' und 'Reaktoranlage und Kapselexperimente'.

Der Normalstand der Betriebsingenieure (RBI) ohne Schichtleiter und Stellvertreter in der Schicht beträgt 5 Mitarbeiter, da es insgesamt 5 Schichten sind, also 1 RBI pro Schichtgruppe. Im Jahre 1968 war jeder Schicht 1 Hospitant zugeteilt, was sich in der erhöhten Zahl der RBI bemerkbar gemacht hatte.

Gegenüber 1968 mußte jeder Schicht 1 Reaktorfahrer für Experimente zugeteilt werden, da zu den personalintensiven Großexperimenten 2 neue hinzugekommen waren.

Ab 1.4.1969 wurde die Wasseraufbereitungsanlage größtenteils nur noch in Früh- und Spät-Schicht durch einen Anlagenfahrer besetzt. Diese Schichtreduzierung um 1 auf insgesamt 4 Mann konnte hauptsächlich durch Einführung einer neuen Anionen-Harzsorte erreicht werden, die je nach Wasserqualität einen Durchsatz von 700 bis 1000 m³ je Aufbereitungsbahn zuläßt. Die Regenerationen in der Zeit zwischen 22.00 und 6.00 Uhr konnten somit entfallen.

Dieses Beispiel zeigt, wie schwierig Rationalisierungsmaßnahmen beim Betrieb eines Forschungsreaktors durchzuführen sind.

Eine Einteilung nach Ausbildungsstand wird in Tabelle 5.2 vorgenommen, Stand 31.12.69 (Zahlen in Klammern Stand 31.12.68/31.12.67). Die Zahl der Akademiker wurde bewußt gesenkt, Abgänge wurden durch Ingenieure ersetzt. Auch dies ist eine Form der Einsparung.

Tabelle 5.2: Personaleinteilung nach Ausbildung

Akademiker	6	(7 / 10)
Ingenieure (grad.)	15	(17 / 12)
Betriebsingenieure	4	(4 / 4)
Sachbearbeiter	3	(3 / 2)
Betriebsmeister	6	(6 / 6)
Reaktorfahrer	10	(5 / 5)
Reaktortechniker	21	(25 / 25)
Anlagen- und Kranfahrer	8	(7 / 6)
Hilfsarbeiter	6	(6 / 7)
Sekretariat	1	(1 / 1)

Bei den RBI handelt es sich um ehemalige, qualifizierte Reaktorfahrer, die mit Ingenieuraufgaben betraut werden konnten.

In Tabelle 5.3 sind die Gesamtarbeitsstunden der RB/FR2-Mitarbeiter im Jahre 1969 ohne Fehlzeiten vereinfacht berechnet. Das Durchschnittsalter der Angestellten beträgt 30 - 40 Jahre, das der Arbeiter liegt über 40 Jahre. Entsprechend den durchschnittlichen Tarifgruppen wurde die mittlere Urlaubszeit errechnet. Für die Anzahl der Mitarbeiter wurde der Stand vom 31.12.68 zugrundegelegt. Neu eingetretene Mitarbeiter im Laufe 1968 wurden nicht berücksichtigt, da sie erst eingearbeitet werden müssen.

Tabelle 5.3: Gesamtarbeitsstunden der RB/FR2-Mitarbeiter im Jahre 1969 ohne Krankheitszeiten

1. Urlaubstage der Mitarbeiter im Durchschnitt:

Angestellte BAT Ib-IVa	(30-40 Jahre)	23	d/a
und Arbeiter	(> 40 Jahre)		
Angestellte BAT IVb-VI	(30-40 Jahre)	20	d/a
Durchschnitt		21,5 d/a	

2. Arbeitstage im Jahre 1969:

365	d/a	} 249 d	
- 104	Sa+So		
- 12	Feiertage		
- 3	GfK-Sondertage		(Betr.-Ausfl. + 4 x 1/2 d)
- 21,5	Urlaub		
- 1	Sonderurlaub		
<u>223,5</u>	d/a		

3. Wochenarbeitsstunden: 43 h (ab 1.1.69)
 $\frac{43}{5} = 8,6$ h/d im Mittel
4. Nettoarbeitsstunden für den Mitarbeiter:
223,5 d/a x 8,6 h/d = 1.922,1 h/a (im Jahre 1968:
1.975,6 h/a)
5. Anzahl der Mitarbeiter der Gruppe RB/FR2,
Stand 31.12.1968:
81 Mitarbeiter
6. Gesamtarbeitsstunden:
81 x 1.922,1 h/a = 155.690,1 h

Die Tabelle 5.3 gibt die 'Erwartung' für das Jahr 1969 wieder. Auf Grund der tatsächlichen Gegebenheiten wurde dann Tabelle 5.4 erstellt, die sich in der Errechnung der relativen Krankheitszeit an die bei der Personalabteilung übliche Berechnungsweise anlehnt, um einen Vergleich durchführen zu können.

Tabelle 5.4: Urlaubs- und Krankheitszeiten der RB/FR2-Mitarbeiter im Jahre 1969

1. Durchschnittliche Zahl der Mitarbeiter im Jahre 1969		80,75	
2. Urlaub	1.862 d		
Sonderurlaub	47 d	gesamt 1909	d
3. Durchschnittliche Urlaubstage	$(\frac{1909}{80,75})$	23,6	d
4. Ausfallzeit durch Krankheit (keine Arbeitsunfälle)		810	d
5. Durchschnittliche Ausfallzeit durch Krankheit	$(\frac{810}{80,75})$	10	d
6. Arbeitstage			
365	d/a		
- 104	Sa + So		
- 12	Feiertage		
- 23,6	Urlaub		
225,4	d/a		
7. Krankheitszeit in % der Arbeitstage			
	$(\frac{100 \cdot 10}{225,4})$	4,44	%

Die relative Krankheitszeit von 4,44 % bei RB/FR2 liegt im Vergleich zum gesamten Kernforschungszentrum mit 4,1 % ausgezeichnet, wenn berücksichtigt wird, daß rd. die Hälfte des Personals im Wechselschichtdienst tätig ist und drei Mitarbeiter mit mehr als 50 Krankheitstagen dabei waren (2 davon mehr als 100).

5.2 Strahlenbelastung der Mitarbeiter

Auf Grund der Auswertung der Film- und Glasdosimeter liegt bei 1 Mitarbeiter die Jahresdosis zwischen 3,0 und 3,5 rem, ein weiterer erhielt zwischen 2,5 und 3,0 rem. Zwischen 2,0 und 2,5 rem befinden sich 3; in den Grenzen 1,5 bis 2,0 rem liegen 6 und 11 Mitarbeiter haben eine Strahlendosis zwischen 1,0 und 1,5 rem abbekommen. Die Strahlenbelastung der Mitarbeiter hat sich also gegenüber dem Vorjahr erhöht, sie blieb aber deutlich unter der gesetzlich zugelassenen Höchstgrenze.

Nennenswerte Personenkontaminationen erfolgten nicht.

Siehe auch [4].

5.3 Schulung

Da der Genehmigungsbescheid für den Betrieb des FR2 ausdrücklich eine gute Ausbildung des Betriebspersonals fordert, wurden auch im Jahre 1969 die von der Schule für Kerntechnik (SKT) gebotenen Möglichkeiten weitgehend genutzt. Es nahmen 3 Ingenieure am 15-Wochen-Lehrgang für Reaktorbetriebsingenieure teil. 2 Mitarbeiter belegten den Praktikumskurs am Unterrichtsreaktor. Am 4-Wochen-Reaktoroperatorkurs nahmen 4 und am Einführungskurs in die Kernstrahlenmeßtechnik 3 Mitarbeiter teil.

Außer in der Urlaubszeit wurden für die Mitarbeiter einmal in der Woche Vorträge im Rahmen der innerbetrieblichen Ausbildung veranstaltet, um das Wissen über die komplexen Anlagen des FR2 zu vertiefen bzw. zu erweitern.

Es wurden 45 Einzelvorträge mit einer durchschnittlichen Teilnehmerzahl von 14 Mann je Vortrag durchgeführt.

6. Ausblick

Für das Jahr 1970 sind wiederum 10 Betriebsphasen mit jeweils 4 Betriebswochen und 1 Abschaltwoche vorgesehen. Im Herbst ist eine große Abschaltphase von insgesamt 3 Wochen geplant.

Die Reaktornennleistung wird weiterhin 44 MW betragen. Im Verlauf des Jahres 1970 ist eine weitere Erhöhung des Abbrands zu erwarten.

Zu den bereits vorhandenen personalintensiven Kreislaufexperimenten, die in vollem Umfang weitergeführt werden, wird die In-Pile-Inbetriebnahme des Druckschwerwasserkreislaufes zur Bestrahlung von Brennstoffplatten (Projekt FR2/58) kommen.

7. Literaturverzeichnis

- [1] W. Steiger: 'Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1966'
(KFK-Bericht Nr. 688)
- [2] W. Steiger: 'Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1967'
(KFK-Externer Bericht Nr. 15/68-2)
- [3] W. Steiger: 'Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1968'
(KFK-Bericht Nr. 742)
- [4] H. Kiefer,
W. Koelzer: Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit Jahresbericht 1969
(KFK-Bericht Nr. 1158)
- [5] H. Krause: 'Abteilung Dekontaminationsbetriebe Jahresbericht 1969'
(KFK-Bericht Nr. 1346)
- [6] E. Bojarsky: Helium-Kreislaufanlage für Bestrahlungsversuche mit Brennstoffstäben im Reaktor FR2
(Kerntechnik, 10. Jahrg. 1968, Nr. 6)
- [7] H. Häfner: Bestrahlung von Brennstäben in instrumentierten Blei-Wismut-Kapseln
(KFK-Bericht Nr. 780)
- [8] H. Krautwedel,
W. Stegmaier: 'Untersuchungen an bestrahlten Brennelementen des FR2'
(RB-Bericht Nr. 4/69) x)
- [9] Nachbestrahlungsuntersuchung BE5-115
(Untersuchungsbericht Abt. Reaktorbetrieb und Technik/Heiße Zellen
Aug. 1970) x)

- x) Diese Literatur ist zum Verständnis dieses Berichtes nicht notwendig und nur einem bestimmten Personenkreis zugänglich.

8. Tabellen und Diagramme

Tabelle 8.1	Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969
Tabelle 8.2	Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit
Tabelle 8.3	Reaktorabschaltungen im Jahre 1969
Tabelle 8.4	Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Betriebszeit 1969
Formblätter Nr. 148/35 - 148/45	Reaktorleistung in den Betriebsphasen A bis L 1969
Formblätter Nr. 9/4	Beladungs- und Belegungspläne Betriebsphasen A - L 1969
Formblätter Nr. 203	BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW Reaktorleistung Betriebsphasen A - L 1969
Formblätter Nr. 183/27-183/37	Kritische Trimmstabstellung Betriebsphasen A - L 1969
Formblatt Nr. 9a und 9b	Beladungsplan für Isotopenkanal- Positionen Iso/9 Iso/10

Tabelle 8.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden > 10 ⁻³ N _N		Ges. Betr. Stunden		Ausfallzeit (Reaktor abgeschaltet)		Bemerkungen
			[MWh]	[MWd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	
1. 1. 00 ⁰⁰	L/68	1.	5278,74		120,00		120,00		0,00		
7. 1. 8 ¹⁶		2.	1414,53		32,17		32,27		0,00		
			6693,27	278,88		152,17		152,27		0,00	
7. 1. 8 ¹⁶	A/69	2.	1658,18		44,31		53,15		0,00		
		3.	7093,12		164,84		166,68		1,30		SS Kanal 10
		4.	7339,99		168,00		168,01		0,00		
		5.	7375,97		168,00		168,00		0,00		
		6.	7314,54		166,97		167,37		0,63		SS Proj. FR2/44 (Rohrpost)
10. 2. 8 ²³		7.	360,83		8,23		8,38		0,00		
			31142,63	1297,60		720,35		731,59		1,93	
10. 2. 8 ²³	B/69	7.	1777,05		44,02		58,05		0,00		
		8.	7406,69		168,00		168,00		0,00		
		9.	7379,78		168,00		168,00		0,00		
		10.	7391,18		168,00		168,00		0,00		
		11.	7142,85		164,53		165,77		1,63		SS von Hand (Störung Reaktorregelung)
17. 3. 8 ⁰⁹		12.	361,82		8,15		8,15		0,00		SS Proj. FR2/36 (KVE-47)
			31459,37	1310,81		720,70		735,97		2,24	
17. 3. 8 ⁰⁹	C/69	12.	1856,21		45,80		50,96		0,37		SS 2 Q 15
		13.	7005,38		162,92		168,00		0,00		BE- und KVE-Wechsel
		14.	7343,10		167,14		168,00		0,00		
		15.	7414,70		168,00		168,00		0,00		
		16.	7411,65		168,00		168,00		0,00		
21. 4. 8 ¹⁴	17.	354,51		8,13		8,23		0,00			
			31385,55	1307,73		719,99		731,19		0,37	

Tabelle 8.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden $> 10^{-3} N_N$		Ges. Betr. Stunden		Ausfallzeit (Reaktor abgeschaltet)		Bemerkungen	
			[MWh]	[Mwd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]		
21. 4. 8 ¹⁴	D/69	17.	1592,37		39,34		59,87		2,12		SS Proj. FR2/26	
		18.	7416,63		168,00		168,00		0,00			
		19.	7396,74		167,99		167,99		0,00			
		20.	7393,82		168,00		168,00		0,00			
		21.	7406,97		168,00		168,00		0,00			
27. 5. 8 ¹¹		22.	1415,41		32,12		32,19		0,00			
			32621,94	1359,25		743,45		764,05		2,12		
27. 5. 8 ¹¹	E/69	22.	1419,50		38,19		52,89		1,25		SS $< 10^{-3} \theta_N$ (kurz nach Start) SS Proj. FR2/36 SS Proj. FR2/36	
		23.	7383,87		168,00		168,00		0,00			
		24.	7209,83		166,02		167,40		0,60			SS Proj. FR2/36
		25.	7399,08		168,00		168,00		0,00			
		26.	7052,53		162,87		164,40		1,56			SS durch Sicherheitsfall 1M14/1P23
30. 6. 8 ³⁵		27.	372,65		8,58		8,58		0,00		SS Kanal 2b/I } bei Prüfung Sicherheitssystem SS Kanal 2b/I }	
			30837,46	1284,92		711,66		729,27		9,40		
30. 6. 8 ³⁵	F/69	27.	0,00		0,00		0,00		0,00			
		28.	0,00		0,00		5,90		0,00			
20. 7. 24 ⁰⁰		29.	0,00		0,00		37,17		0,00			
			0,00	0,00		0,00		43,07		0,00		

Tabelle 8.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden $> 10^{-3} N_N$		Ges.Betr.Stunden		Ausfallzeit (Reaktor abgeschaltet)		Bemerkungen
			[MWh]	[MWd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	
21. 7. 0 ⁰⁰	G/69	30.	0,00		0,00		22,41		0,00		Reaktorstart verzögert durch Restarbeiten Abschaltphase F SS (Handabschaltung) wegen Iso-Pos. 41/15 Leistungsrücknahme wegen Proj. FR2/55
		31.	3249,68		79,67		98,32		0,38		
		32.	7194,62		164,80		167,99		0,00		
		33.	7373,34		168,00		168,00		0,00		
		34.	7392,65		167,76		167,99		0,00		
25. 8. 8 ²²		35.	354,80		8,12		8,37		0,00		
			25565,09	1065,21		588,35		633,08		0,38	
25. 8. 8 ²²	H/69	35.	1495,26		47,15		18,20		0,53		SS Proj. FR2/55 Handabschaltung wegen Ausbau Proj. FR2/55 (eff. Ausfallzeit 4,0 h) SS Proj. FR2/26
		36.	7380,36		168,00		168,00		0,00		
		37.	7404,05		168,00		168,00		0,00		
		38.	6993,09		162,48		166,74		1,26		
		39.	7295,24		166,51		167,26		0,75		
6.10. 8 ¹⁸		40.	7397,33		168,00		168,01		0,00		
		41.	349,24		8,30		8,30		0,00		
			38314,57	1596,46		888,47		934,51		2,54	
6.10. 8 ¹⁸	I/69	41.	1,76		0,00		39,09		0,00		Reaktorstart verzögert durch Inbetriebnahme Proj. FR2/55 SS Proj. FR2/44 SS Proj. FR2/55
		42.	3403,53		82,95		96,30		0,89		
		43.	7440,03		168,00		168,00		0,00		
		44.	7349,94		166,10		167,50		0,50		
		45.	7317,18		166,15		167,99		0,00		
10.11. 8 ¹⁸		46.	356,55		8,18		8,30		0,00		
			25868,99	1077,87		591,38		647,18		1,39	

Tabelle 8.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1969

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden $> 10^{-3} N_N$		Ges.Betr.Stunden		Ausfallzeit (Reaktor abgeschaltet)		Bemerkungen
			[MWh]	[MWd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	
10.11. 8 ¹⁸	K/69	46.	1533,87		40,58		78,53		0,00		Leistungsrücknahme wegen Proj. FR2/55
		47.	7406,69		168,00		168,00		0,00		
		48.	6520,06		152,55		167,99		0,00		
		49.	7438,92		168,00		168,00		0,00		
		50.	6262,42		152,50		167,58		0,42		
15.12. 8 ⁰⁷		51.	363,00		8,12		8,12		0,00	SS Proj. FR2/2, Leistungsrücknahme wegen Proj. FR2/55	
			29524,96	1230,20		689,75		758,22		0,42	
15.12. 8 ⁰⁷	L/69	51.	1806,37		37,45		68,80		1,28		SS (Handabschaltung) für Wechsel Antrieb TA-Pos. 3 SS Proj. FR2/2
		52.	7451,73		168,00		168,00		0,00		
31.12. 24 ⁰⁰		53.	3096,87		70,22		70,70		1,30		
			12054,97	502,29		275,67		307,50		3,72	
1. 1.1969 00 ⁰⁰ bis 31.12.1969 24 ⁰⁰			295468,80	12311,20		6801,60		7167,90		24,51	
365 (d) ± 100 (%)					= 283,41 (d) ± 77,6 (%)		= 298,66 (d) ± 81,8 (%)		= 1,02 d		Vollastbetriebstage (44 MW): 272 d ± 74,5 %
Betriebszeit nach Plan: 289 d ± 100 % (Vollast 44 MW)					± 98,1 (%)						± 94,1 %

Mittlere Leistung bei Betriebszeiten $\beta \geq 10^{-3} \beta_N$: 43,44 MW

Tab. 8.2: Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen bzw. Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1969

Betr. Phase	Datum	Zeit		Vorgang	Bemerkungen	Ausfallzeit		
		von	bis			Reaktor abgeschaltet [h]	verminderte Leistung $N < 10^{-3} N_N$ [h]	R.-Leistung $44 \text{ kW} \leq N \leq 43 \text{ MW}$ [h]
A/69	11. 1.69	17.25		LB	Leistung begrenzt auf 40,5 MW wegen Proj. FR2/36 (KVE-42)	-	-	40,25
	13. 1.69		9.40					
	13. 1.69	9.40	10.58	SS	Schornsteinaktivität Kanal 10/I,II,III (Bersten einer Bestr.-Probe in Iso-Pos. 41/15)	1,30	1,87	5,21
	21. 1.69	8.30	11.09	LR	Antriebswechsel an TA-Stab Pos. 6			2,65
	7. 2.69	15.00	15.38	SS	Proj. FR2/44 (Rohrpost)	0,63	0,40	1,16
	7. 2.69	17.12	18.08	LR	Proj. FR2/36 (KVE-47)	-	-	0,93
B/69	15. 2.69	9.45	14.16	LR	Proj. FR2/66-3 und FR2/36 (KVE-44)	-	3,00	1,52
	11. 3.69	17.03	21.26	LR	Feuchtefühler R 107	-	0,37	4,01
	11. 3.69	21.26	23.04	SS	Abschaltung wegen Störung Reaktorregelung	1,63	0,43	1,77
	12. 3.69	1.38	2,15	SS	Proj. FR2/36 (KVE-47)	0,61	0,43	1,34
C/69	23. 3.69	14.45	15.07	SS	Gerätestörung Meßstelle 2Q15 (Therm.-Schild Kreislauf)	0,37	0,35	0,36
	30. 3.69	13.28		LR	Feuchtefühler R 107 (dabei BE-7-40 wegen Verdacht auf Bündeldefekt aus- und KVE-50 eingebaut)	-	5,07	6,66
	31. 3.69		1.12					
	3. 4.69	11.29	14.02	LR	Feuchtefühler R 107	-	0,86	1,69
D/69	26. 4.69	7.32	8.10	LR	Proj. FR2/36 (KVE-49)	-	0,05	0,58
	26. 4.69	21.53	24.00	SS	Proj. FR2/26 (Druckrohrkühlung)	2,12	1,28	1,87
E/69	31. 5.69	2.51	4.06	AB	Antriebswechsel an TA-Stab Pos. 4	1,25	0,30	-
	31. 5.69	19.55	20.20	SS	Proj. FR2/36 (Grenzwert nicht feststellbar)	0,42	0,40	2,61
	31. 5.69	23.21		SS	Proj. FR2/36 (dabei Antriebswechsel an TA-Stab Pos. 9 und Umsetzung KVE-53)	3,52	0,37	5,04
	1. 6.69		2.53					
	10. 6.69	18.45	20.32	LR	Feuchtefühler R 107	-	0,68	1,10
	10. 6.69	20.32	21.08	SS	Proj. FR2/36 (KVE-48)	0,60	0,45	1,17
	10. 6.69	22.49		LR	Proj. FR2/36 (KVE-48 und 49)	-	-	1,90
	11. 6.69		0.43					
	11. 6.69	0.58	3.35	LR	Feuchtefühler R 107	-	0,25	2,37
	24. 6.69	9.33	11.07	SS	Sicherungsfall 1H14 /1P23 (dabei BE-5-16 aus- und BE-5-89 eingebaut)	1,56	0,57	3,07
	27. 6.69	10.32	11.23	SS	Kanal 2b/I bei Prüfung Sicherheitssystem (dabei Antriebswechsel an TA-Stab Pos. 9)	0,85	0,57	3,01
	27. 6.69	15.25	16.37	SS	Kanal 2b/I bei Prüfung Sicherheitssystem	1,20	0,43	2,34
F/69					planmäßige Abschaltphase			
G/69	30. 7.69	15.57		(AB)	Ausbau Pumpe Pos. 1.3 wegen Verdacht auf Spaltrohrleck	(22,80)	(0,40)	-
	31. 7.69		14.45					
	31. 7.69	20.00	21.03	LR	Proj. FR2/55	-	0,57	0,48
	31. 7.69	23.55	23.58	LR	Proj. FR2/1 (Isotopenbestrahlung) Pos. 53/15 Kühlung zu gering	-	0,05	-
	31. 7.69	23.58		SS	Handabschaltung wegen Proj. FR2/1 Pos. 53/15 Kühlung zu gering	0,38	0,23	0,98
	1. 8.69		0,21					
	1. 8.69	1.34	9.56	LB	Leistung begrenzt auf 40 MW wegen Proj. FR2/55	-	-	8,37
	6. 8.69	9.00	15.00	LR	Proj. FR2/55	--	3,20	2,80
	11. 8.69	12.29	13.37	LR	Proj. FR2/55	-	-	1,13
18. 8.69	10.49	11.27	LR	Feuchtefühler R 107	-	0,23	0,40	

Tabelle 8.2: Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen bzw. Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1969

Betr.-Phase	Datum	Zeit		Vor-gang	Bemerkungen	Ausfallzeit		
		von	bis			Reaktor ab-geschaltet [h]	verminderte N < 10 ⁻³ N _N [h]	R.-Leistung 44kW ≤ N ≤ 43MW [h]
H/69	30. 8.69	10.40	11.12	SS	Proj. FR2/55	0,53	0,96	-
	30. 8.69	21.59		LR	Feuchtefühler R 107	-	0,82	2,30
	31. 8.69		1.06					
	4. 9.69	9.57	10.49	LR	Proj. FR2/55	-	-	0,87
	15. 9.69	15.00	15.08	LR	Proj. FR2/55 } Ausbau Reaktoreinsatz wegen Beschädigung	-	0,02	0,12
	15. 9.69	15.08	19.08	AB		(1,26 2,74)	1,47	8,57
	16. 9.69	5.10	10.00	LB	begrenzt auf 40 MW wegen Bestimmung BE-Einzelleistung	-	-	4,83
	23. 9.69	2.24	3.09	SS	Proj. FR2/26 (Schalterfall in E-Zentrale, Kurzschluß ?)	0,75	0,75	2,60
	6.10.69	6.10	7.52	LR	Proj. FR2/75	-	-	1,70
I/69	6.10.69	8.18	14.41	LB	Proj. FR2/55	-	6,38	-
	16.10.69	0.33	10.04	LB	begrenzt auf $\phi < 10^{-3} \phi_N$ wegen Ausbau Proj. FR2/77 (KVE-53), Einbau Proj. FR2/73b (KVE-63)	-	9,52	-
	16.10.69	17.16	19.31	LR	Proj. FR2/55	-	1,97	0,28
	17.10.69	15.56	16.50	SS	Proj. FR2/44 (Rohrpost)	0,89	1,47	1,20
	18.10.69	8.35	10.27	LR	Feuchtefühler R 107	-	0,63	1,24
	2.11.69	22.05	22.35	SS	Proj. FR2/55	0,50	3,27	1,98
K/69	15.11.69	3.10	8.35	LB	begrenzt auf 22 MW wegen Proj. FR2/36 (KVE-65 Temperatur zu hoch)	-	-	5,42
	15.11.69	10.43	17.06	LR	Proj. FR2/36 (KVE-65 umgesetzt)	-	4,67	1,71
	15.11.69	18.59	20.00	LR	Feuchtefühler R 107	-	0,48	0,54
	25.11.69	4.51	18.53	LR	Proj. FR2/55	-	12,87	1,16
	25.11.69	18.53	20.59	LB	begrenzt auf 33 MW wegen zu hoher BE-Temperatur Pos. 40/30	-	-	2,10
	25.11.69	20.59	23.34	LB	begrenzt auf 37 MW wegen zu hoher BE-Temperatur Pos. 40/30	-	-	2,58
	26.11.69	2.17	10.25	LB	begrenzt auf 37 MW wegen Proj. FR2/55	-	-	8,13
	26.11.69	10.25	18.17	LR	Proj. FR2/55 (dabei Proj. FR2/73d eingebaut)	-	2,57	5,30
	8.12.69	10.09		LR	Proj. FR2/55	-	13,17	3,30
	9.12.69		2.37					
	9.12.69	3.18	3.43	SS	Proj. FR2/2	0,42	0,35	0,28
	9.12.69	18.00	24.00	LR	Proj. FR2/55	-	-	6,00
	10.12.69	3.00	13.40	LR	Canschaden BE-7-89 Pos. 42/28	-	1,56	9,11
L/69	20.12.69	2.15	2.20	LR	Defekt an TA-Stab Pos. 3	-	0,08	-
	20.12.69	2.20	3.37	SS	Defekt an TA-Stab Pos. 3	1,28	1,50	-
	20.12.69	13.13	14.21	SS	Proj. FR2/2	1,14	0,28	0,20
	30.12.69	10.09	10.16	LR	Proj. FR2/58	-	-	0,12
	30.12.69	10.12	11.34	AB	Proj. FR2/58	1,30	0,50	1,23
		Summe:		62 (63)		24,51 h (50,05 h)	87,70 h (88,10 h)	179,64 h △ 7,49 d

Anzahl 1969:

Anmerkung: LB = Leistungsbegrenzung 9
 LR = Leistungsrücknahme (von Hand) 30
 AB = Reaktorabschaltungen (von Hand) 3 (4)
 SS = Automatische Schnellabschaltung (Schnellschluß) 20

Zeitangaben in () sind in der Summe nicht berücksichtigt, da anderweitig erfaßt.

1	2	3	4		6	7	8	9	10	11-14				15	16	17-19			20
			Abschaltart Hand automatisch durch Schnellschluß	Abschaltgrund Plan Störung						Schnellschluß- ursache Reaktor Si-Kanal bzw. Meßstelle Experiment Nr./Meßstelle	Störungsart					Ausfallzeiten (falls plans. Reaktorbetrieb)			
<1MW	>1MW	Reaktor Si-Kanal bzw. Meßstelle			echter Grenzwert	Gerätefehler	Fehlbedienung	Prüfung	Wertungsschaltung der Ausfallsignale		Funktion der Abschaltstöße	Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung < 10 ⁻³ MW	Reaktorleistung > 10 ⁻³ MW < 1/3 MW	Bemerkungen				
1	07.01.	08.16	x					K5/I+K6/II					x	2v3	i.0.				Ende Betriebsphase L/1968, Erprobung 2v3-Einheit
2	10.01.	04.28	x					K2b/II+II					x	2v3	i.0.				nach Flußmessungen mit BE9-6 (Co-Draht) in Pos. 42/14 und mit Iso in Pos. 41/15
3	13.01.	09.40		x				K10/I,II u. III			x			2v3	i.0.	1,30	1,87	5,21	Plätzen der Quarzampulle mit Spaltstoff in Iso-Bestrahlungskapsel F31, Pos. 41/15 (Meßstellen 4A8-10 > 200 Ci/h)
4	07.02.	15.00		x					44/01		x			1v1	i.0.	0,63	0,40	1,16	vermutlich Grenzwertunterdrückung beim Ausfahren der Rohrpostbestrahlung 44-67 kurzzeitig gestört
5	10.02.	08.23	x												i.0.				Ende Betriebsphase A
6	11.03.	21.26	x								x				i.0.(TA7)	1,63	0,43	1,77	Störung Reaktorregelung (wahrscheinlich Einfahren der Trimgruppe), TA7 Breese defekt, Antriebswechsel
7	12.03.	01.38		x					36-KVE47/ 8+9			x		2v3	i.0.	0,61	0,43	1,34	Proj. FR2/36-KVE47, Überschreiten des Temperaturgrenzwertes bei Leistungserhöhung
8	17.03.	08.09	x												i.0.				Ende Betriebsphase B
9	21.03.	18.08	x					K3a/II+III				x	2v3	TA16					Prüfung D ₀ -Kreislaufsteuerung Moderator-schnellablaß durch gewollte Störung TA16
10	23.03.	14.45		x				2015			x		1v1	i.0.	0,37	0,35	0,36	Kühlkreislauf Thera. Schild, Meßstelle 2015 Voltmanflügel defekt	
11	21.04.	08.14	x												i.0.				Ende Betriebsphase C
12	26.04.	00.13	x					K1b				x	1v2	TA10					Prüfung D ₀ -Kreislaufsteuerung Moderator-schnellablaß durch gewollte Störung TA10
13	26.04.	21.53		x					26/0610		x		1v1	i.0.	2,12	1,28	1,87	Überlaufen des 5 m ³ -Kunststoffbehälters, Durchfluß-Störung Druckrohrkühlung beim Schließen Va 33-12	
14	27.05.	08.11	x					K5/I+K6/II					x	2v3	i.0.				Ende Betriebsphase D, Erprobung 2v3-Einheit
15	31.05.	02.51	x								x				i.0.(TA4)	1,25	0,30	-	TA-Stab Pos. 4 Kurzschluß im Stellungswald
16	31.05.	19.55		x					36		x		2v3	i.0.	0,42	0,40	2,61	Proj. FR2/36, vermutlich KVE 53	
17	31.05.	23.21		x					36		x		2v3	i.0.	3,52	0,37	5,04	Proj. FR2/36, vermutlich KVE 53 (anschließend KVE 53 umgesetzt)	
18	10.06.	20.32		x					36-KVE48/ 8+9		x		2v3	i.0.	0,60	0,45	1,17	Proj. FR2/36-KVE48 Temperaturgrenzwert Meßstelle 8 u. 9 bei Leistungserhöhung, defekte Konstantspannungsquelle täuschte niedrigere Meßwerte vor	
19	24.06.	09.33		x				1W14+1P23				x	1v1	i.0.	1,56	0,57	3,07	Sicherungsautomaten a317 und a318 der Meßstellen 1W14 und 1P23 vom Motflutbehälter irrtümlich gezogen	
20	27.06.	10.32		x				K2b/I			x		1v2	i.0.	0,85	0,57	3,01	bei Aufnahme Plateau-Kurven Ionisationskammer K2, Umstecken der Meßleitungen	
21	27.06.	15.25		x				K2b/II			x		2v3	i.0.	1,20	0,43	2,34	bei Aufnahme Plateau-Kurven Ionisationskammer K2, Umstecken der Meßleitungen	
22	30.06.	08.35	x												i.0.				Ende Betriebsphase E
23	09.07.	10.54	x												i.0.				Bestimmung kritische Steuerabstellung nach Einbau Proj. FR2/55
24	18.07.	15.19	x												i.0.				Prüfung Wertigkeitsänderung Feinregelstab Nr. 2 (alt)
25	19.07.	11.58	x												TA10(+)				Prüfung Wertigkeitsänderung Feinregelstab Nr. 1 (neu) und TA-Stab Nr. 22 mit größtem Abbrand sowie anschließend TA-Stab Nr. 18 mit kleinstem Abbrand in TA-Pos. 12 (57/77), Ankunftsmeldung TA10 etwa 10 s verzögert
26	19.07.	16.25	x					K5/I+K6/II				x	2v3	i.0.					
27	20.07.	00.30		x				K3a/I+II			x		2v3	TA10(+)					1,2 β Überfahren, Konstante lin-Kanal nicht umgeschaltet, Ankunftsmeldung TA10 defekt
28	20.07.	04.14	x												i.0.				Bestimmung kritische Steuerabstellung
29	20.07.	06.11	x												i.0.				Flußmessungen Proj. FR2/55
30	20.07.	20.05		x				K8/II+K10/I						2v3	i.0.				Bestimmung kritische Steuerabstellung
31	26.07.	08.55		x				Notablaß					x	1v1	i.0.				Prüfung D ₀ -Kreislaufsteuerung Moderator-Notablaßauslösung

106

1	2	3	4		6	7	8	9		11				15	16	18			19	20
			Hand	Abschaltart				Abschaltgrund	Schnellschlußursache		Störungsart					Ausfallzeiten (falls planm. Reaktorbetrieb)				
Lfd. Nr.	Datum	Zeit		Hand	automa-tisch durch Schnell-schluß	Plan	Störung		Reaktor SI.-Kanal bzw. Meßstelle	Experiment Nr./Meßstelle	echter Grenzwert	Gerätefehler	Fehlbedienung	Prüfung	Vertungschaltung der Auslösesignale	Funktion der Abschaltstäbe	Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung < 10 ⁻³ MW	Reaktorleistung > 10 ⁻³ MW	Bemerkungen
32	26.07.	11.11		x		x		Tankbruch (TP24)					x	1v1	i.0.				Prüfung D ₂ O-Kreislaufsteuerung Tankbruchüberwachung	
33	27.07.	09.02		x		x		Netz fehlt					x	1v1	i.0.				Prüfung Netzausfall > 1 s	
34	29.07.	12.28	x			x									i.0.				Einbau Proj. FR2/2	
35	30.07.	08.08		x		x		K7/I,II,III					x	2v3	i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung	
36	30.07.	15.57	x				x								i.0.	(22,80)	(0,40)	-	D ₂ O-Hauptpumpe 1.3 Verdacht auf Spaltrohr-Leck, deshalb anschließend Ausbau	
37	31.07.	23.58	x				x			(x)					i.0.	0,38	0,23	0,98	Isotopen-Bestrahlungskanal Pos. 53/15 'Kühlung zu gering'	
38	25.08.	06.22		x		x		K5/I-K6/II					x	2v3	i.0.				Ende Betriebsphase G	
39	28.08.	05.04		x		x		K8/I-K10/II					x	2v3	i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung	
40	30.08.	10.40		x			x		55/P15			x		1v1	i.0.	0,53	0,96	-	Fehlersuche Proj. FR2/55 (Abschaltung Stromversorgung aus NSI)	
41	15.09.	15.08	x				x							TA4(+)	i.0.	1,26 (2,74)	1,47	8,57	Ausbau Proj. FR2/55, Ankunfts-meldung TA4 etwa 10 s verzögert	
42	23.09.	02.24			x		x		26/P102			x		1v1	i.0.	0,75	0,75	2,60	Schalterfall in E-Zentrale 1a beim Anfahren des N ₂ -Verdichters	
43	06.10.	14.41		x		x		Notflutbehälter (NP23)						1v1	i.0.				Ende Betriebsphase H	
44	10.10.	07.43		x			x	K8/II					x	1v2	i.0.				Vorverstärker 4A15 defekt	
45	10.10.	21.21	x						(55)						i.0.				Proj. FR2/55-Bestrahlungssonde in Pos. 40/12 abgerissen	
46	12.10.	21.28	x				x								i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung	
47	15.10.	19.40		x		x		K2b					x	1v2	TA3				Prüfung D ₂ O-Kreislaufsteuerung Moderatorschnelllabi durch gewollte Störung TA3	
48	17.10.	15.56		x		x			44/01			x		1v1	i.0.	0,89	1,47	1,20	vermutlich Störung Durchflußmeßstelle bei Ausfahrt der Rohrpostkapsel	
49	02.11.	22.05			x		x		55/H1+4			x		1v2	i.0.	0,50	3,27	1,98	Proj. FR2/55 Pumpe 1 ausgefallen	
50	10.11.	08.18	x				x								i.0.				Ende Betriebsphase I	
51	13.11.	05.46	x				x								-				Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Einfahren der Steuerstäbe	
52	13.11.	21.1		x		x		K8/I-II					x	2v3	i.0.				Flußmessungen	
53	09.12.	03.18			x		x			2/R1			x	1v1	i.0.	0,42	0,35	0,28	Proj. FR2/2, Fall A durch Umschalten der Vakuumanlage von Hand auf Automatik	
54	15.12.	08.07		x		x		2Q23						1v1	i.0.				Ende Betriebsphase K, Abschaltung Pumpe 2.17 Stahltankkühlung	
55	15.12.	20.21		x		x		K3a/I-III					x	1v2	TA5				Prüfung D ₂ O-Kreislaufsteuerung Moderatorschnelllabi durch gewollte Störung TA5	
56	18.12.	05.37		x		x		K5/I-K6/II						2v3	i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung	
57	20.12.	02.20	x				x								i.0.(TA3)	1,28	1,50	-	TA-Stab Pos. 3 Antriebswechsel	
58	20.12.	13.13			x		x		2/F1				x	1v1	i.0.	1,74	0,28	0,20	Proj. FR2/2 Spiegelgrenzwert	
59	30.12.	10.16	x				x		44/T3					1v1	i.0.	1,30	0,50	1,23	Abschaltung für probeweisen Ein- und Ausbau Proj. FR2/58	
60	Abschaltungen		21	22	16	34	25	26	13 (14)	4 (5)	12	5	19	58	24,51 (25,54)	18,63 (00,40)	45,99		Spalte 16: Davon 3 nicht i.0., in Tabelle mit (+) gekennzeichnet Zeitangaben in () sind in der Summe nicht berücksichtigt, da anderweitig erfasst	

- Anmerkungen:
- Die Schnellschlußursachen sind unterteilt in die Gebiete Reaktor und Experimente.
 - Die 'Störungsarten' sind in folgende Gruppen eingeteilt:
 - Ein 'echter Grenzwert' liegt vor, wenn vorgegebene Grenzwerte tatsächlich erreicht wurden und eine Abschaltung des Reaktors aus Sicherheitsgründen erforderlich wurde.
 - Ein 'Gerätefehler' liegt vor, wenn bei Störungen an Meßgeräten der Sicherheitseinrichtungen wegen des Prinzips 'fail-to-safe' Reaktorabschaltung erfolgte.
 - Bei 'Fehlbedienungen' handelt es sich um Reaktorabschaltungen, die infolge von Bedienungsfehlern sowohl bei der Durchführung von Betriebsoperationen als auch bei Wartungs- und Instandsetzungsarbeiten eintreten.
 - 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.

107

Tabelle 8.4: Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Betriebszeit 1969

Lfd. Nr.	Datum	Zeitpunkt	Maßnahme		Reaktorleistung			Ausfallzeit		Ursache		Bemerkungen	
			Plan	Störg.	vor Rückn. [MW]	nach Rückn. $<10^{-3} N_N$	$\geq 10^{-3} N_N$ [MW]	Plan [h]	Störg. [h]	Reakt.	Exp.		
1	21.01.	08.30		x	44		10		2,65	x		Antriebswechsel TA-Stab-Pos. 6 (Bremsen defekt)	
2	07.02.	17.12		x	41		38		0,93		x	Temperatur Proj. FR2/36 KVE-47 zu hoch (TA-Stab-Trimmung)	
3	15.02.	09.45		x	36	x			4,52		x	Temperatur Proj. FR2/66-3 und FR2/36 KVE-44 zu hoch (Umsetzung)	
4	11.03.	17.03		x	44	x			4,38	x		Feuchtfühlermeldung R107	
5	30.03.	13.28		x	44	x			11,73	x		Feuchtfühlermeldung R107 (dabei BE7-40 wegen Bündeldefekt aus- und KVE-50 eingebaut)	
6	03.04.	11.29		x	44	x			2,55		x	Feuchtfühlermeldung R107 (Proj. FR2/55 und 58)	
7	26.04.	07.32		x	28	x			0,63		x	Thermoschockbehandlung Proj. FR2/36 KVE-49	
8	10.06.	18.45		x	44	x			1,78	x		Feuchtfühlermeldung R107	
9	10.06.	22.49		x	42		37		1,90		x	Temperaturen Proj. FR2/36 KVE-48 und 49 zu hoch (TA-Stab-Trimmung)	
10	11.06.	00.58		x	42	x			2,62	x		Feuchtfühlermeldung R107	
11	31.07.	20.00		x	21	x			1,05		x	Proj. FR2/55 (Gasaustausch im Ringspalt)	
12	31.07.	23.55		x	44	x			0,05		x	Proj. FR2/1 (Kühlung Iso-Pos. 53/15 zu gering, Reaktor wurde anschließend abgeschaltet)	
13	06.08.	09.00	x		44	x		6,00			x	Proj. FR2/55 (Anfahren)	
14	11.08.	12.29		x	44		23		1,13		x	Proj. FR2/55 (Kurzschluß bei Fehlersuche)	
15	18.08.	10.49		x	44	x			0,63	x		Feuchtfühlermeldung R107	
16	30.08.	21.59		x	44	x			3,12		x	Feuchtfühlermeldung R107 (Proj. FR2/55 und 58)	
17	04.09.	09.57	x		44		5	0,87			x	Proj. FR2/55 (Anfahren)	
18	15.09.	15.00		x	44	x			0,14		x	Proj. FR2/55 (Druckrohrkopfteil durch Fehlbedienung verbogen, Reaktor wurde anschließend zum Ausbau des Einsatzes abgeschaltet)	
19	06.10.	06.10	x		44		40	1,70			x	Proj. FR2/75 (Leistungszillation)	
20	16.10.	17.16	x		33		13	2,25			x	Proj. FR2/55 (Anfahren)	
21	18.10.	08.35		x	44	x			1,87	x		Feuchtfühlermeldung R107	
22	15.11.	10.43		x	25	x			6,38		x	Temperatur Proj. FR2/36 KVE-65 zu hoch (Umsetzung)	
23	15.11.	18.59		x	44	x			1,02	x		Feuchtfühlermeldung R107	
24	25.11.	04.51		x	44	x			14,03		x	Proj. FR2/55 (Anlage ausgefallen)	
25	26.11.	10.25		x	37	x			7,87		x	Proj. FR2/55 (Druckrohrtemperatur zu hoch), KVE-66 eingebaut	
26	08.12.	10.09	x		44	x		16,47			x	Proj. FR2/55 (Anfahren)	
27	09.12.	18.00	x		44		4	6,00			x	Proj. FR2/55 (Versuche mit Prüfling)	
28	10.12.	03.00		x	44	x			10,67	x		Müllschaden an BE7-89, BE-Wechsel	
29	20.12.	02.15		x	< 1	x			0,08	x		TA-Stab-Pos. 3 defekt	
30	30.12.	10.09	x		44	x		0,12			x	Proj. FR2/58, Reaktor wurde anschließend abgeschaltet (Probeneinbau)	
31	Leist.Rückn.		7	23		22	8	33,41	81,73	10	20		
									115,14				

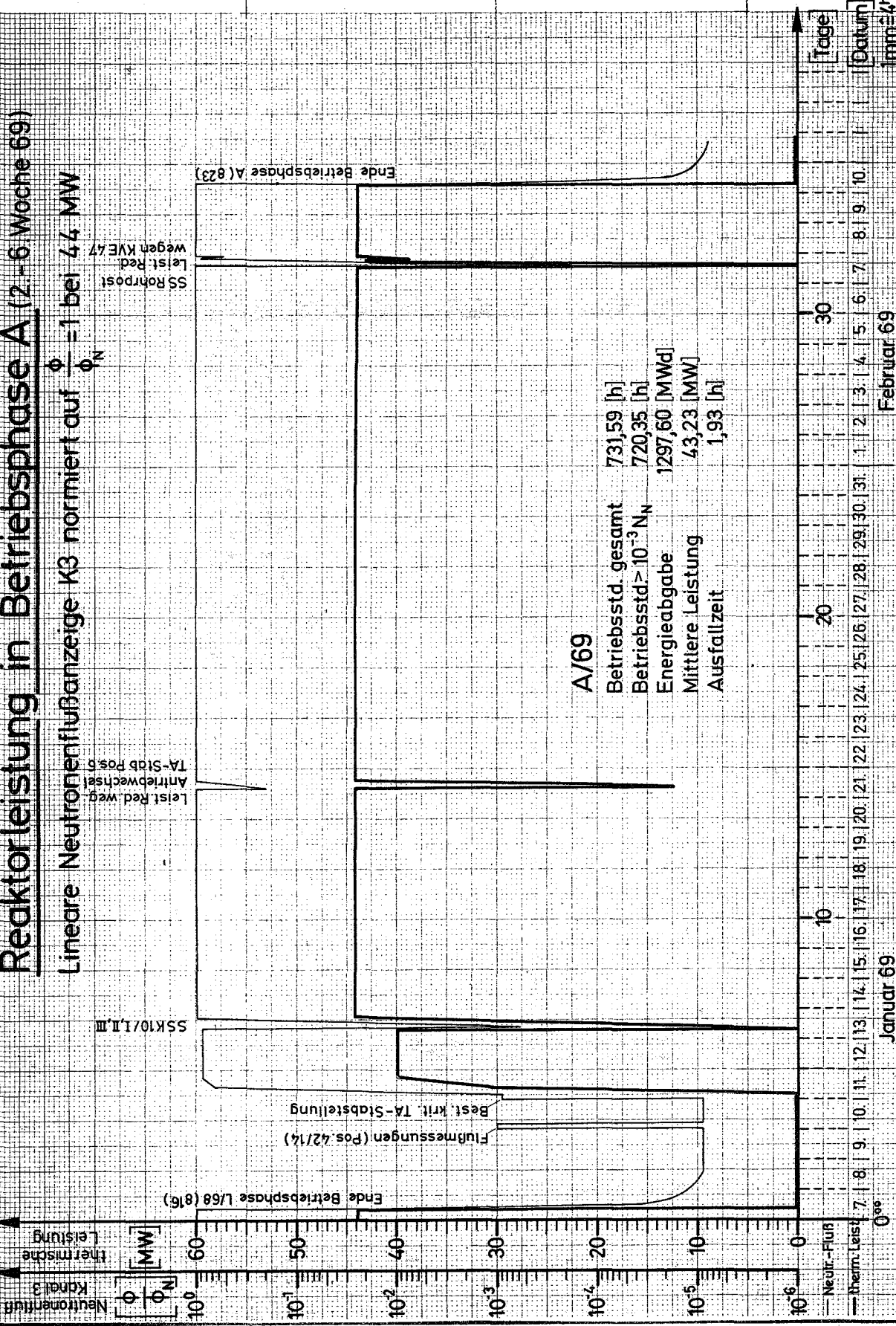
Formblatt: 148/35



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

Reaktorleistung in Betriebsphase A (2.-6. Woche 69)

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



A/69

Betriebsstd. gesamt	731,59 [h]
Betriebsstd. > 10 ⁻³ NN	720,35 [h]
Energieabgabe	1297,60 [MWd]
Mittlere Leistung	43,23 [MW]
Ausfallzeit	1,93 [h]

Januar 69

Januar 69

Februar 69

Februar 69

Formblatt: 148/36



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase B (7-11. Woche)

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

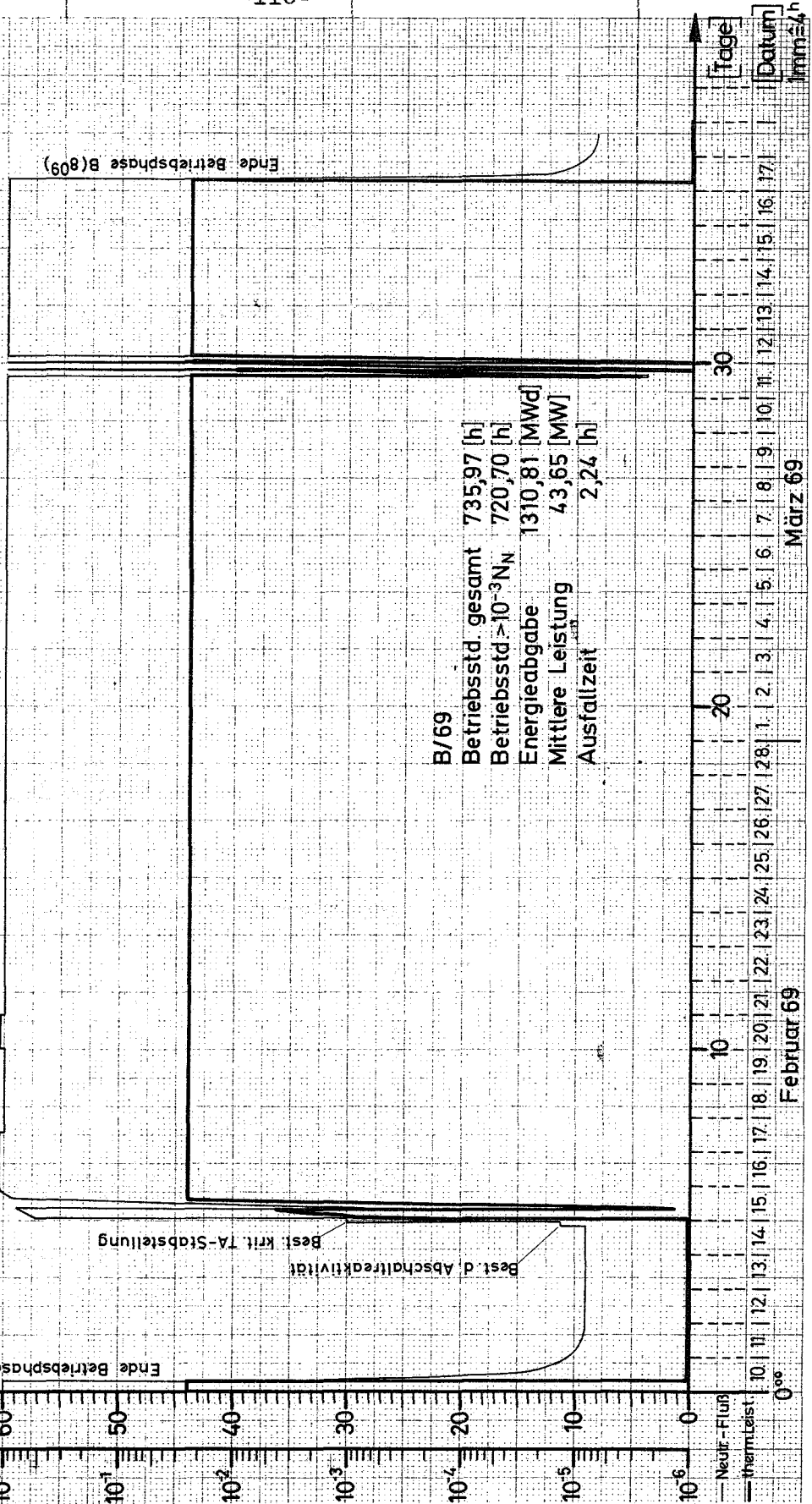
Neutronenfluß
Kanal 3
Thermische
Leistung
[MW]

ϕ
 ϕ_N
10⁰
10¹
10²
10³
10⁴
10⁵
10⁶

Leist. Red. weg
P66/3 u. KVE 44
TA-Stäbe Pos.
1,256 auf
0mm gel.

TA-Stäbe
Gleichst.
TA-Stäbe Pos.
1,256 auf
0mm gel.

Leist. Red. weg
Feuchtet. R107
SS v. Hand
SS Proj. 36
(KVE-47)

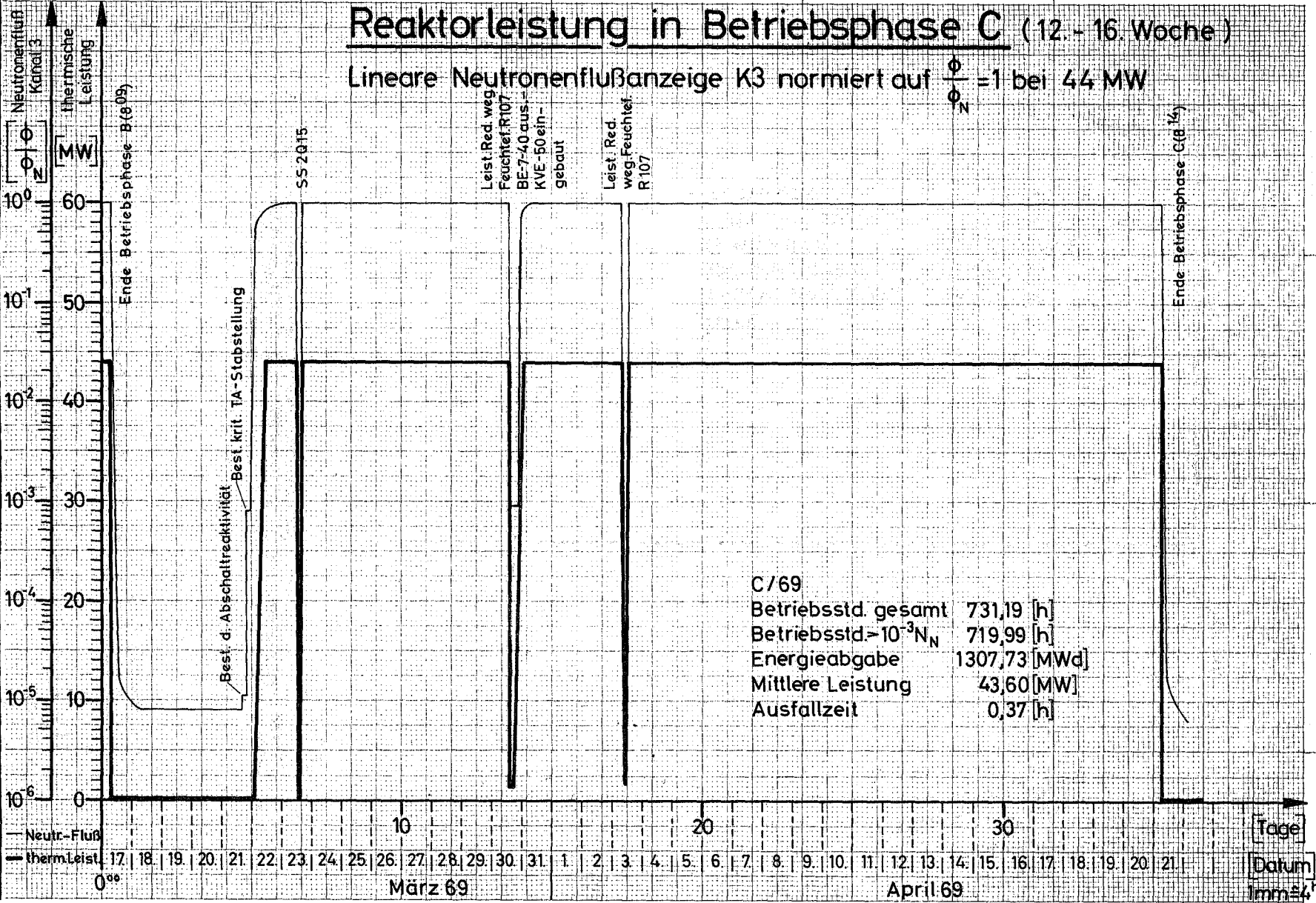


Neutr.-Fluß
therm. Leist.
0⁰⁰

Tage
Datum
mm

10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
Februar 69 | März 69

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

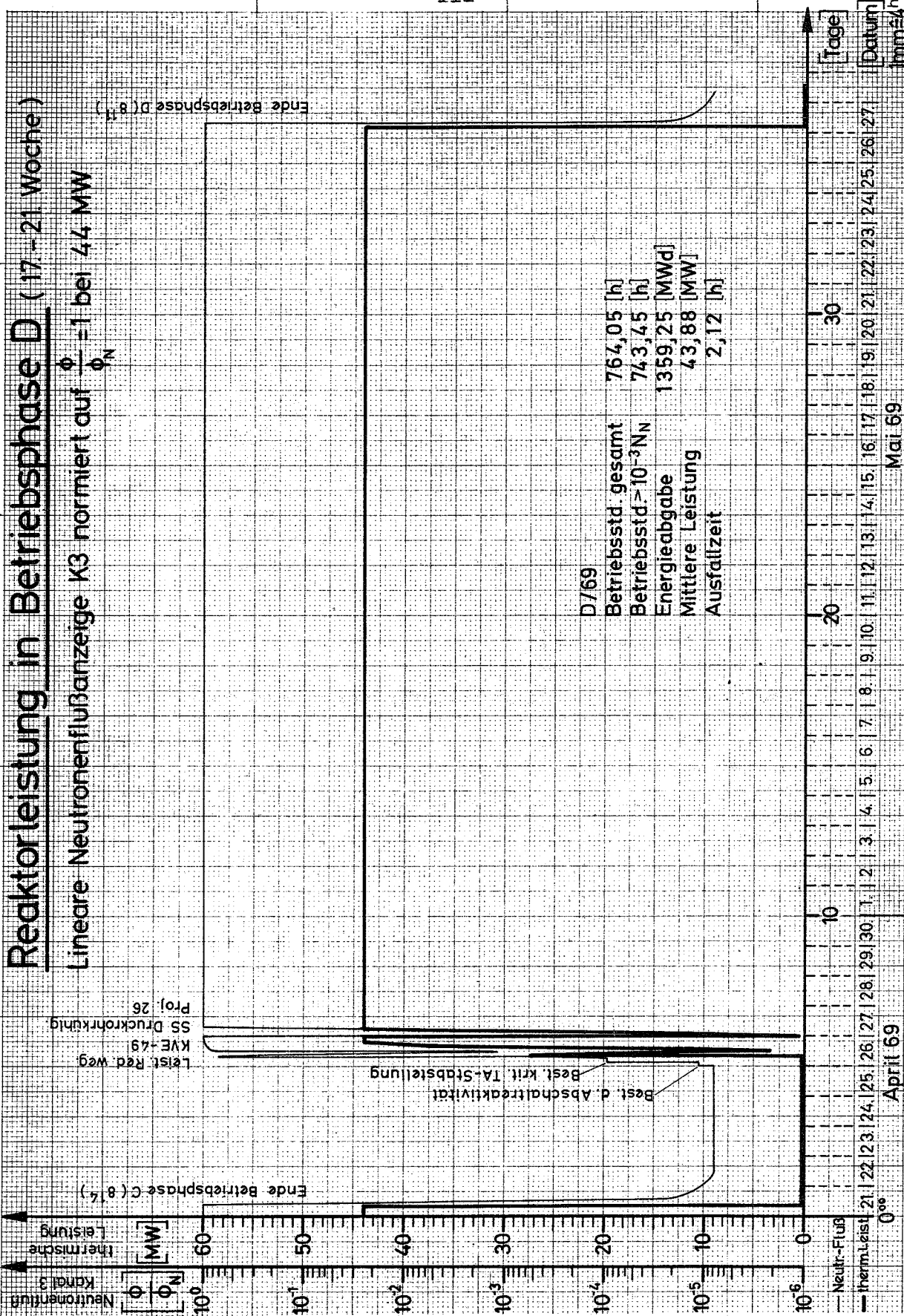


Formblatt: 148 / 38



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb



April 69

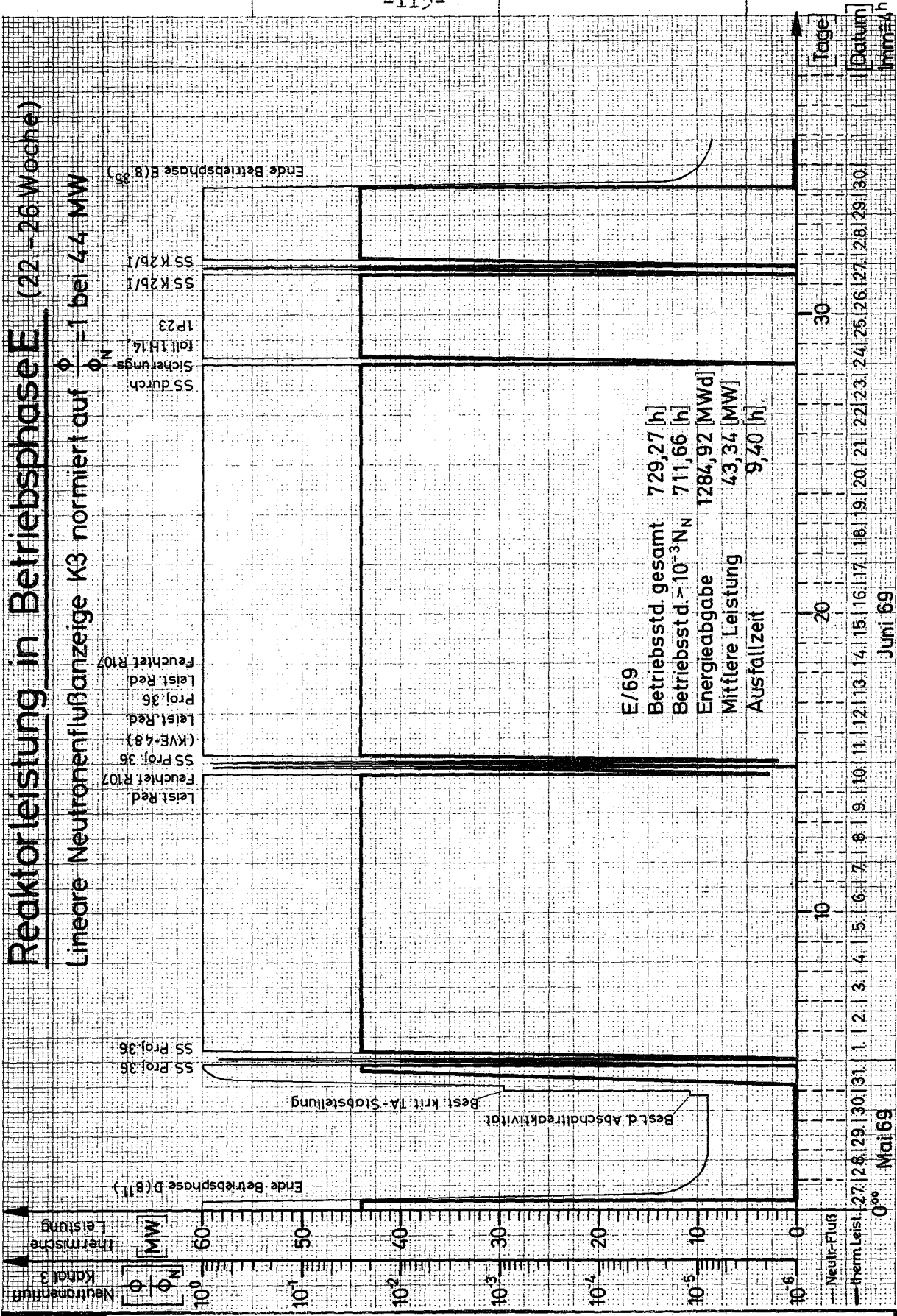
May 69


Tage
Datum
mm/yy/h

Formblatt: 148/39



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

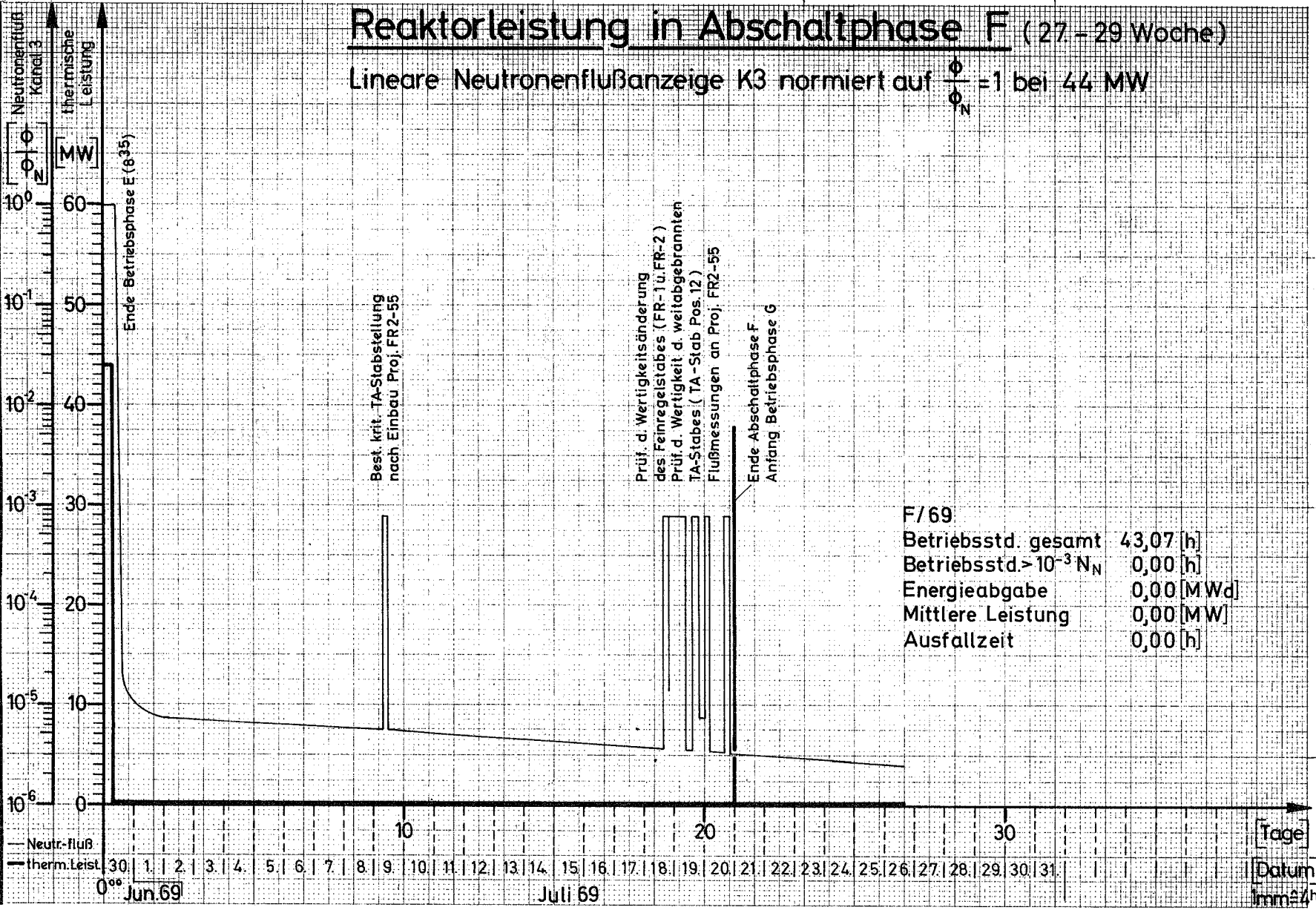




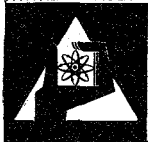
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Abschaltphase F (27 - 29 Woche)

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

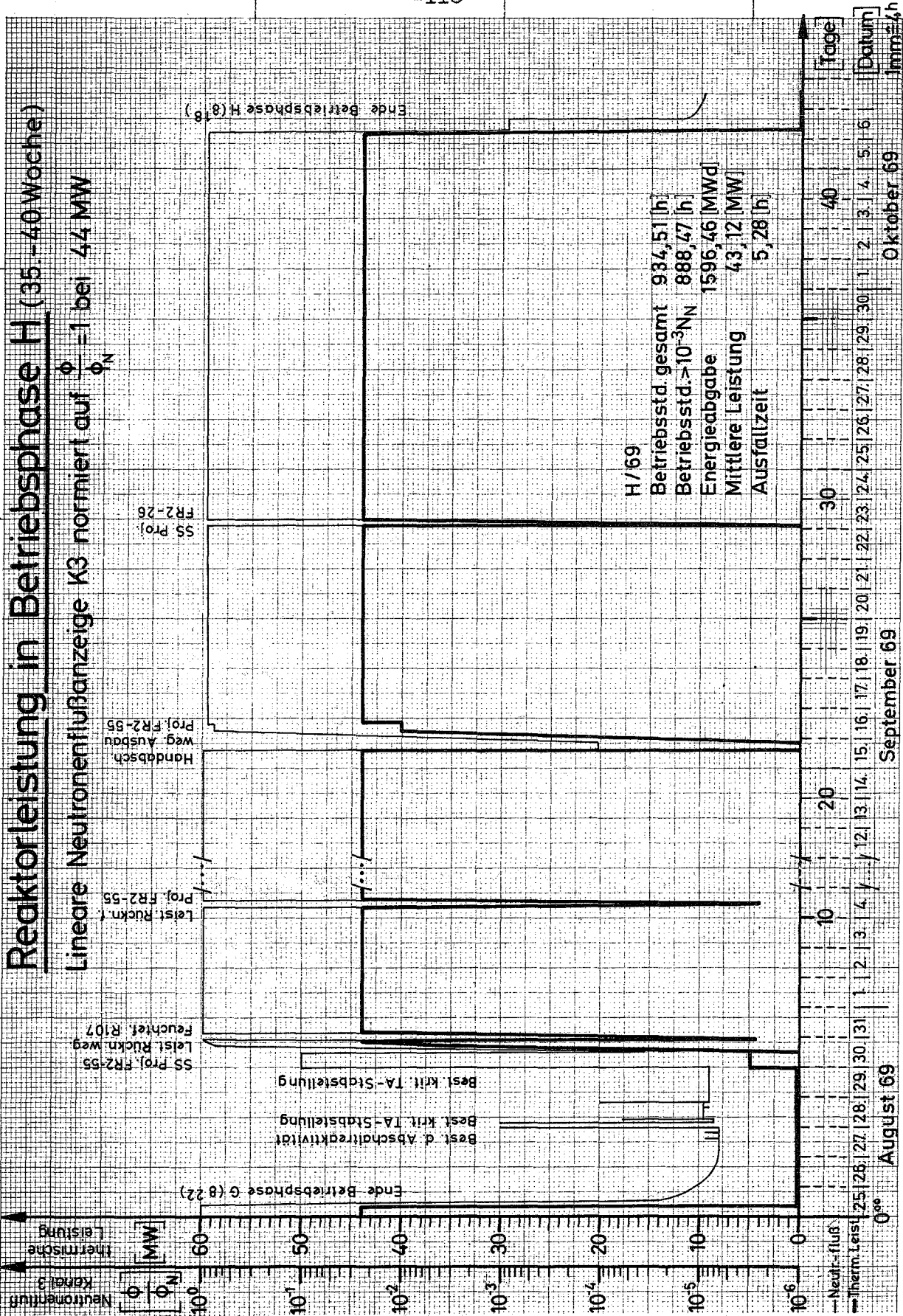


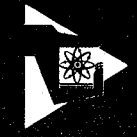
Formblatt: 148/42



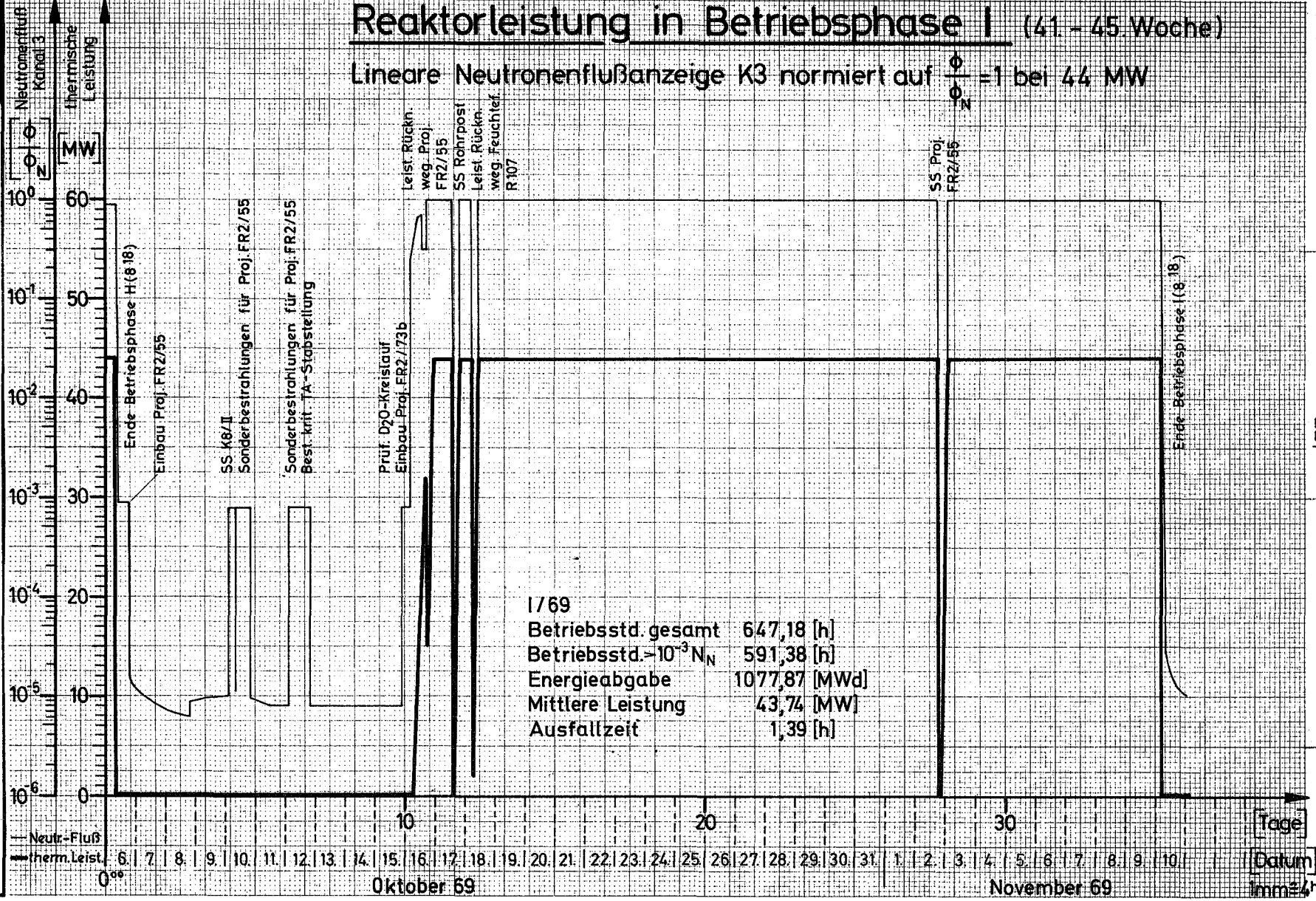
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb





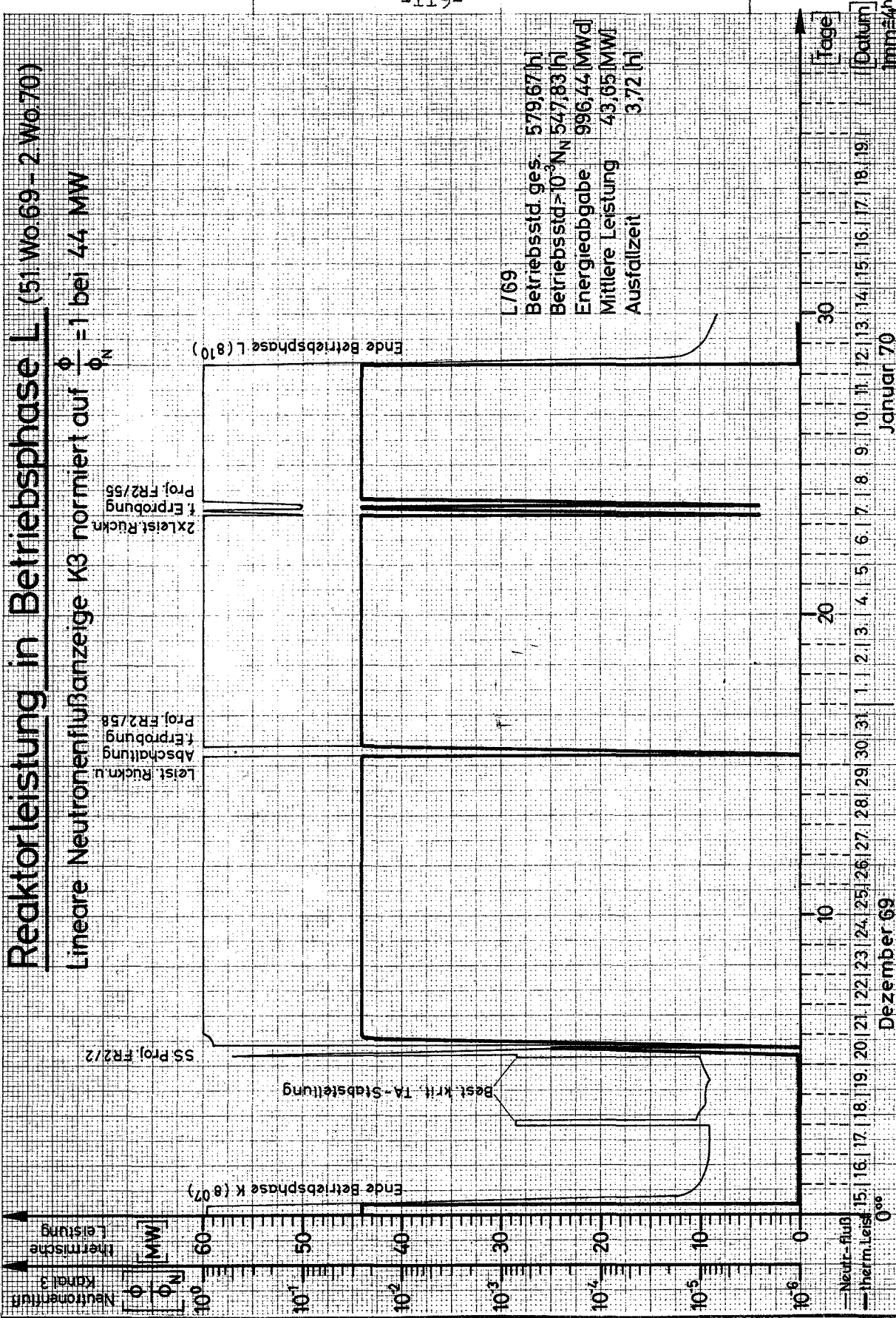
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

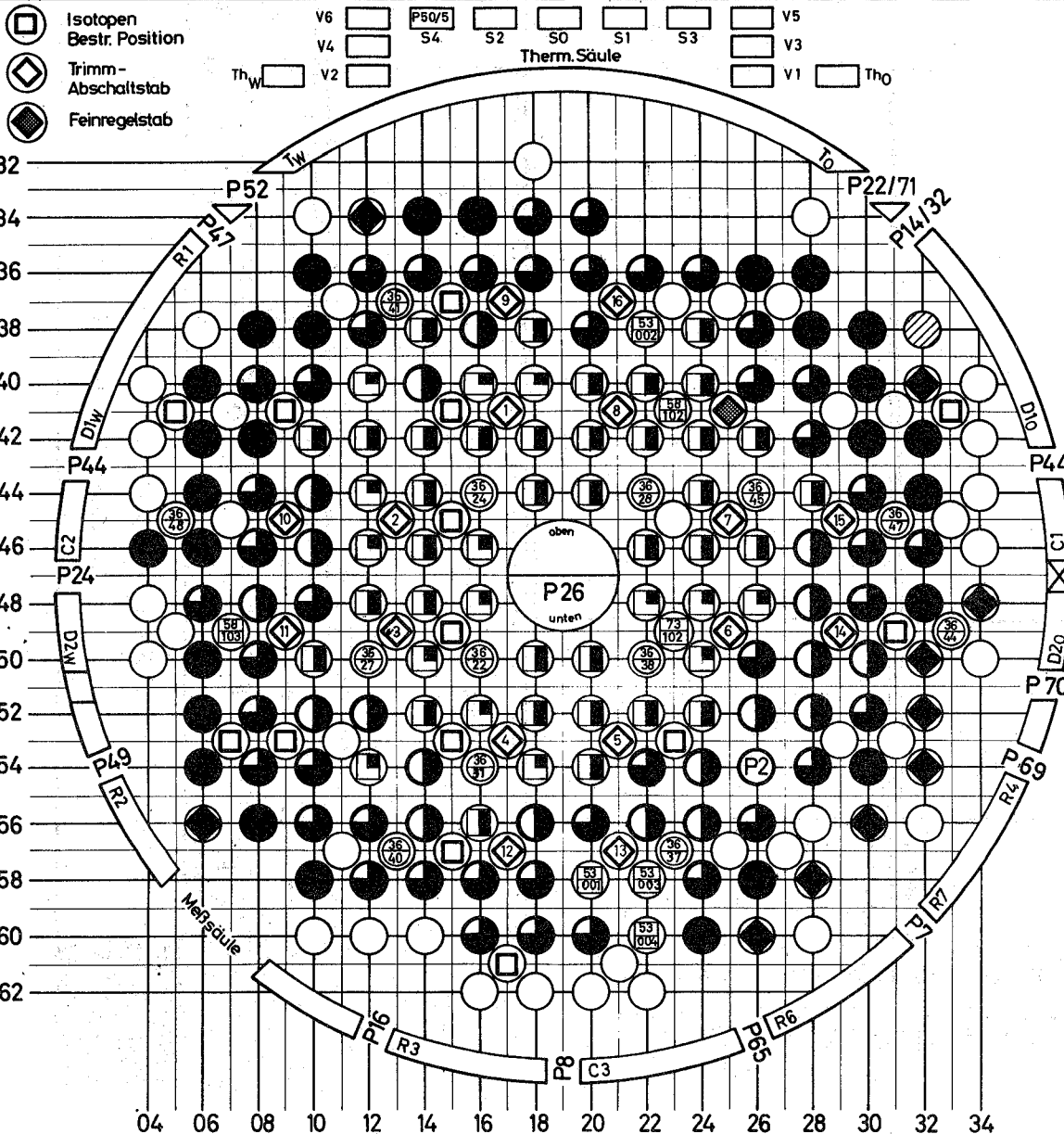


Formblatt: 148/45



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





1. Brennelemente:

- Abbrand: ≤ 25 25-50 50-75 > 75 [%] 100% Δ 15 Mwd / kp_U
- - = 51 BE 5 (15% anger.)
 - 28 19 - = 92 BE 7 (1,75% anger.)
 - 10 - - - = 10 BE 8 (2% anger.)
 - 1 - - - = 1 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 154

2. Kapselversuchseinsätze:

Proj. Nr. - 13
Ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

Proj. Nr. - 7
Ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

- 4.1 Proj. FR2/2 (He-Tiefemperaturbestrahlungseinrichtung) 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
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf) Position

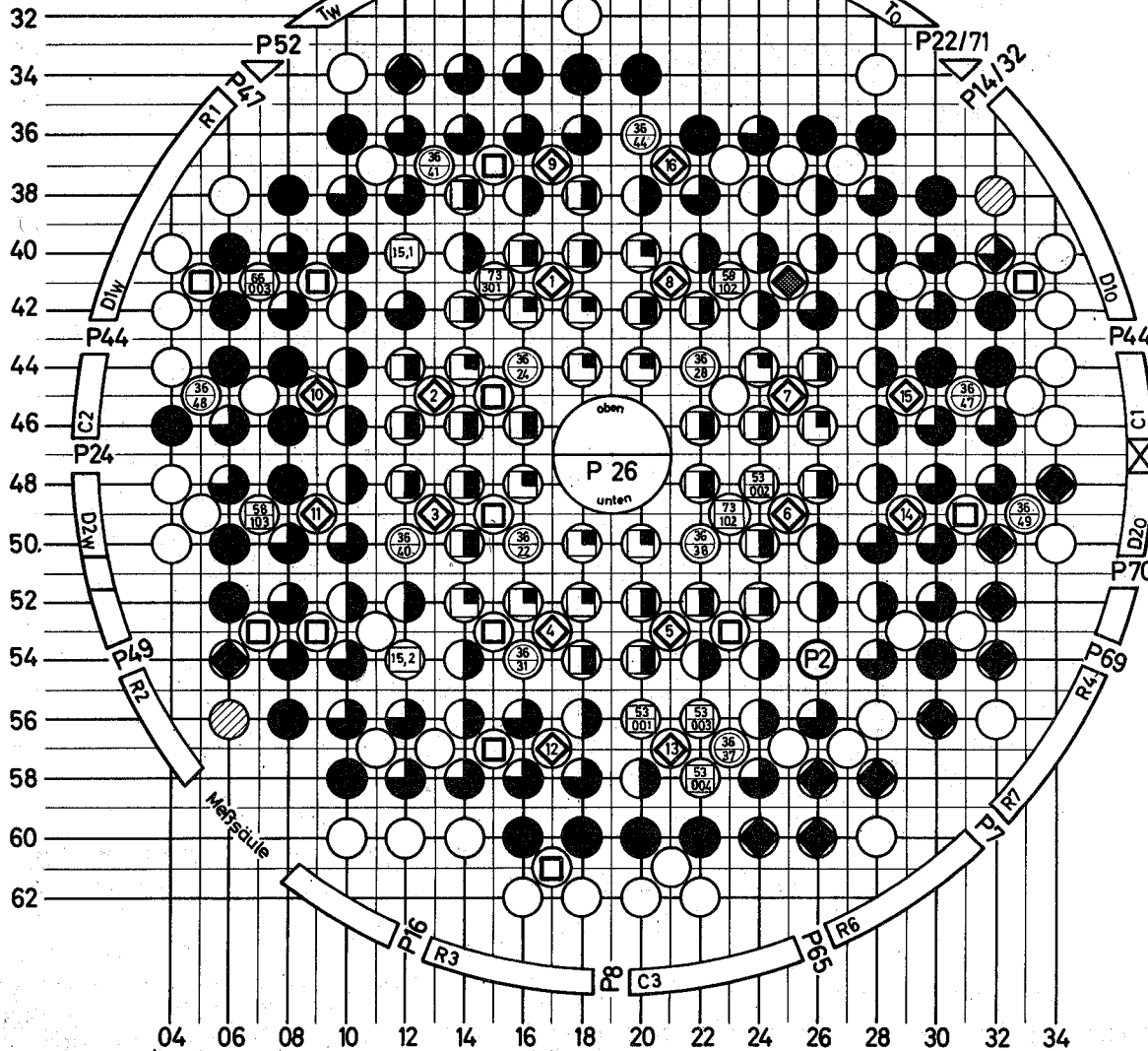
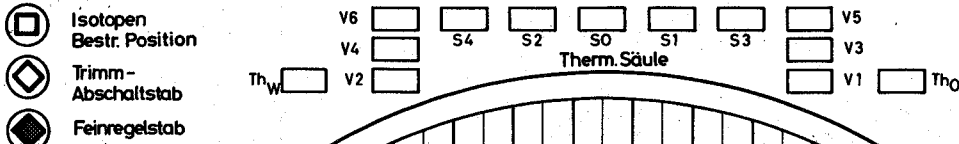
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg. v. Reaktor-Kreislauf:

165 auf Gitterpositionen 8 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

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

Proj. 50/5 im S4 Kanal am 21.1.69 abgebaut.



1. Brennelemente:

- Abbrand: ≤ 25 25-50 50-75 > 75 [%] 100% Δ 15 MWd/kp_U
- - - - = 41 BE 5 (15% anger.)
 - 27 42 30 - = 99 BE 7 (1,75% anger.)
 - 11 1 - - = 12 BE 8 (2% anger.)
 - 2 - - - = 2 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 154

2. Kapselversuchseinsätze:

Proj. Nr. - 12
Ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

Proj. Nr. - 9
Ifd. 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

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

165 auf Gitterpositionen 7 auf Zwischengitterpositionen

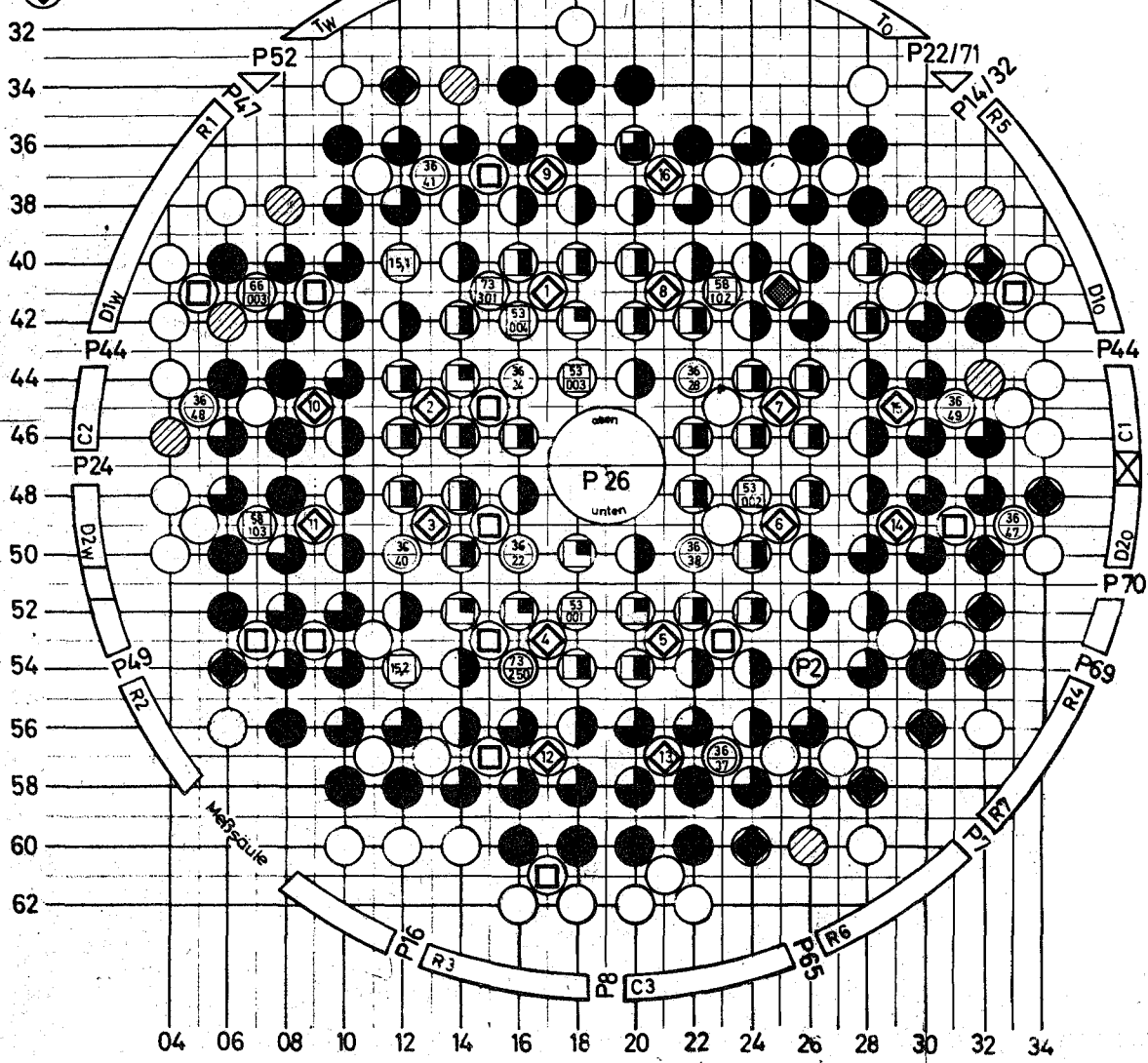
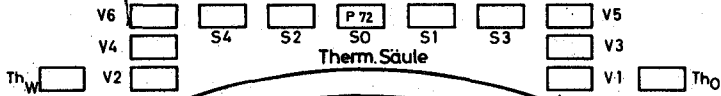
6. Bemerkungen:

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

Proj. 67 Pos. 45/23 Bestr. Nr. 1 vom 19.2.69 10²⁸ bis 19.2.69 11⁵⁰
 Nr. 2 24.2.69 15¹⁵ 24.2.69 20¹¹
 Nr. 3 6.3.69 8⁴¹ 7.3.69 9³⁴

Falls Abbrand > 15 MWd/kp_U, Angabe in Zahlenwerten

- Isotopen Bestr. Position
- Trimm-Abschaltstab
- Feinregelstab



1. Brennelemente:

- Abbrand: ≤ 25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U
- 1 27 8 36 BE 5 (15% anger.)
 - 26 41 31 98 BE 7 (175% anger.)
 - 11 1 12 BE 8 (2% anger.)
 - 9 9 BE 9 (1.86% anger.)
- Summe BE im Core - 155

2. Kapselversuchseinsätze:

- Proj. Nr. - 11
Ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

- Proj. Nr. - 8
Ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

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

Prüf. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
L3-16	31.3.69	13 ⁴⁸	9.4.69	16 ³²

- 4.3 Proj. FR 2/55 (Hüllschadendampfkreislauf) Position
- 4.4 Proj. FR 2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf) Position

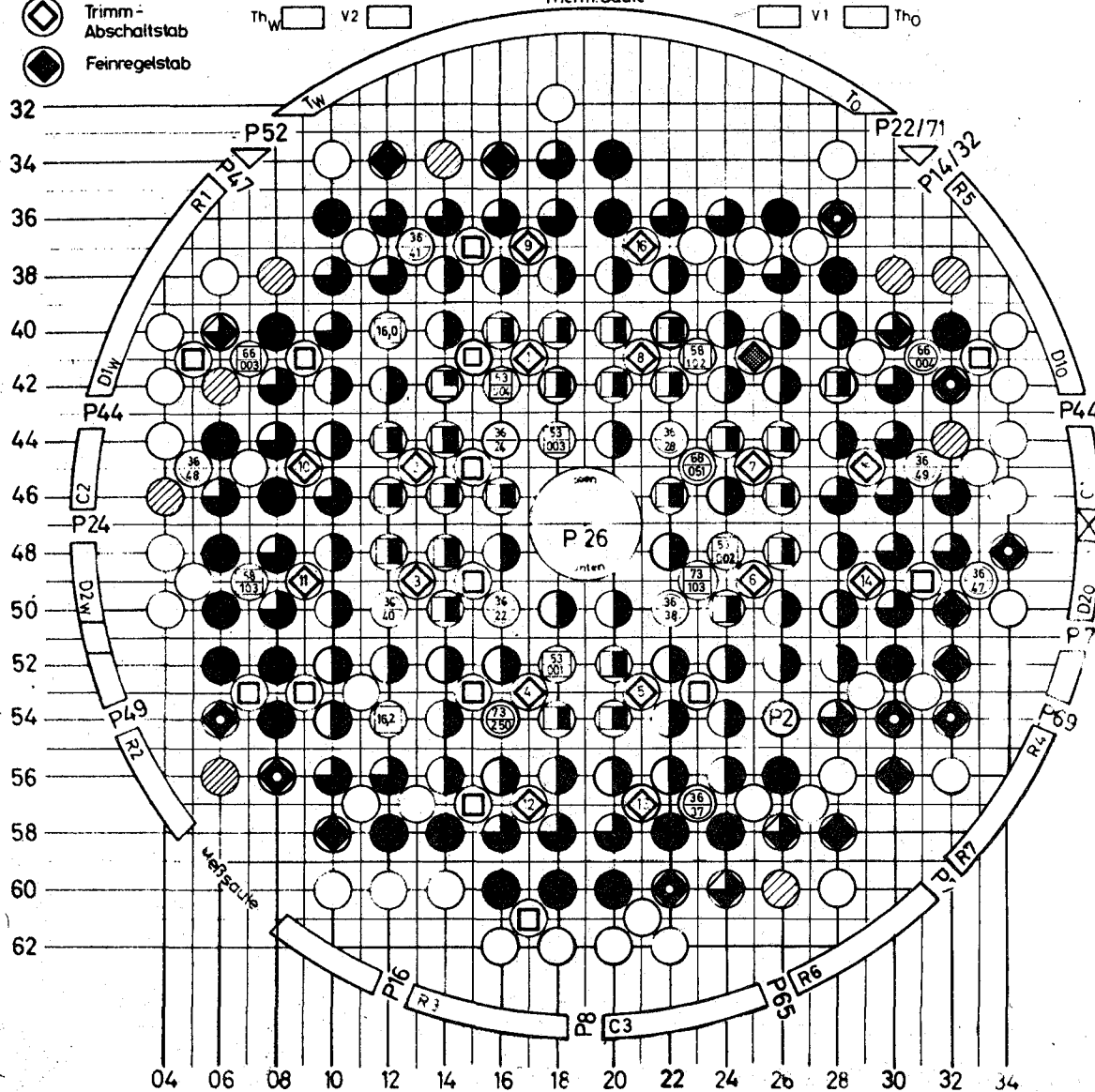
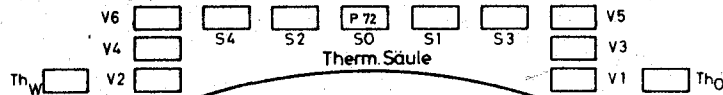
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v. Reaktor-Kreislauf:

165 auf Gitterpositionen 7 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

- BE 8 am neu einges.
- Proj. 67 Pos. 45/23 Bestr. Nr.5 vom 9.4.69 9¹⁸ bis 11.4.69 9⁰⁰
- Bestr. Nr.6 vom 16.4.69 9¹⁸ bis 18.4.69 9²⁴
- Falls Abbrand > 15 MWd/kp_U, Angabe in Zahlenwerten
- Proj. 72 S0 Kanal Therm.Säule in der 12. Woche 1969 eingebaut.

- Isotopen Bestr. Position
- Trimm-Abschaltstab
- Feinregelstab



1 Brennelemente:

- Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd/kp_U
- - 25 3 = 28 BE 5 (15% anger.)
 - 23 30 45 - = 98 BE 7 (1,75% anger.)
 - 15 5 - - = 20 BE 8 (2% anger.)
 - 9 - - - = 9 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 155

2 Kapselversuchseinsätze:

- Proj. Nr. - 12
Ifd. Nr.

3 Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

- Proj. Nr. - 9
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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
L3 - 18	29.4.69	12 ⁵¹	8.5.69	16 ⁵⁴
L3 - 19	13.5.69	8 ⁵³	22.5.69	9 ⁰⁹
L3 - 4	23.5.69	11 ²⁷	26.5.69	11 ²⁷

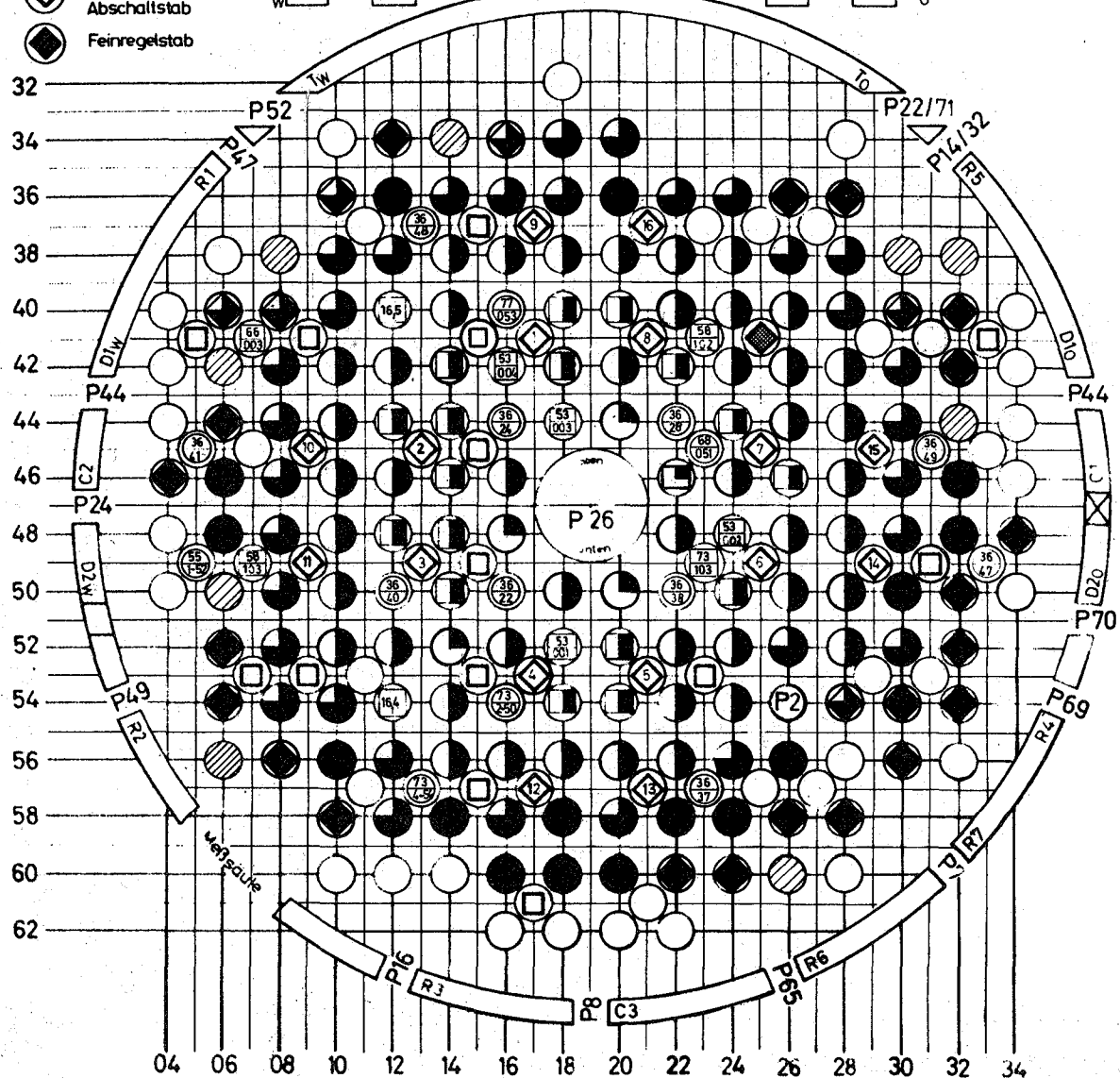
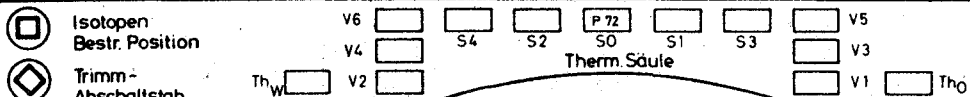
- 4.3 Proj. FR 2/55 (Hüllschabendampfkreislauf)
Position
- 4.4 Proj. FR 2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position

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

165 auf Gitterpositionen 8 auf Zwischengitterpositionen

6 Bemerkungen:

- 8 BE 8 am 24.4.69 neu einges. - BE 9 am - neu einges.
- Proj. 67 Pos. 57/13 Bestr. Nr.7 vom 13.5.69, 8³⁹ bis 16.5.69, 9²⁰
Bestr. Nr.8 vom 19.5.69, 11²⁶ bis 23.5.69, 11²⁶
- Falls Abbrand > 15 MWd/kp_U, Angabe in Zahlenwerten



1. Brennelemente:

- Abbrand
 -25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U
- ● - ● 17 3 = 20 BE 5 (15% anger.)
 - 16 ● 32 ● 46 ● 4 = 98 BE 7 (1,75% anger.)
 - 21 ● 6 ● - ● - ● = 27 BE 8 (2% anger.)
 - 9 ● - ● - ● - ● = 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. 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
L3 - 2	27. 6.69	22 ¹⁰	28. 6.69	22 ¹⁰

- 4.3 Proj. FR 2 / 55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position
- 4.4 Proj. FR 2 / 58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position

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

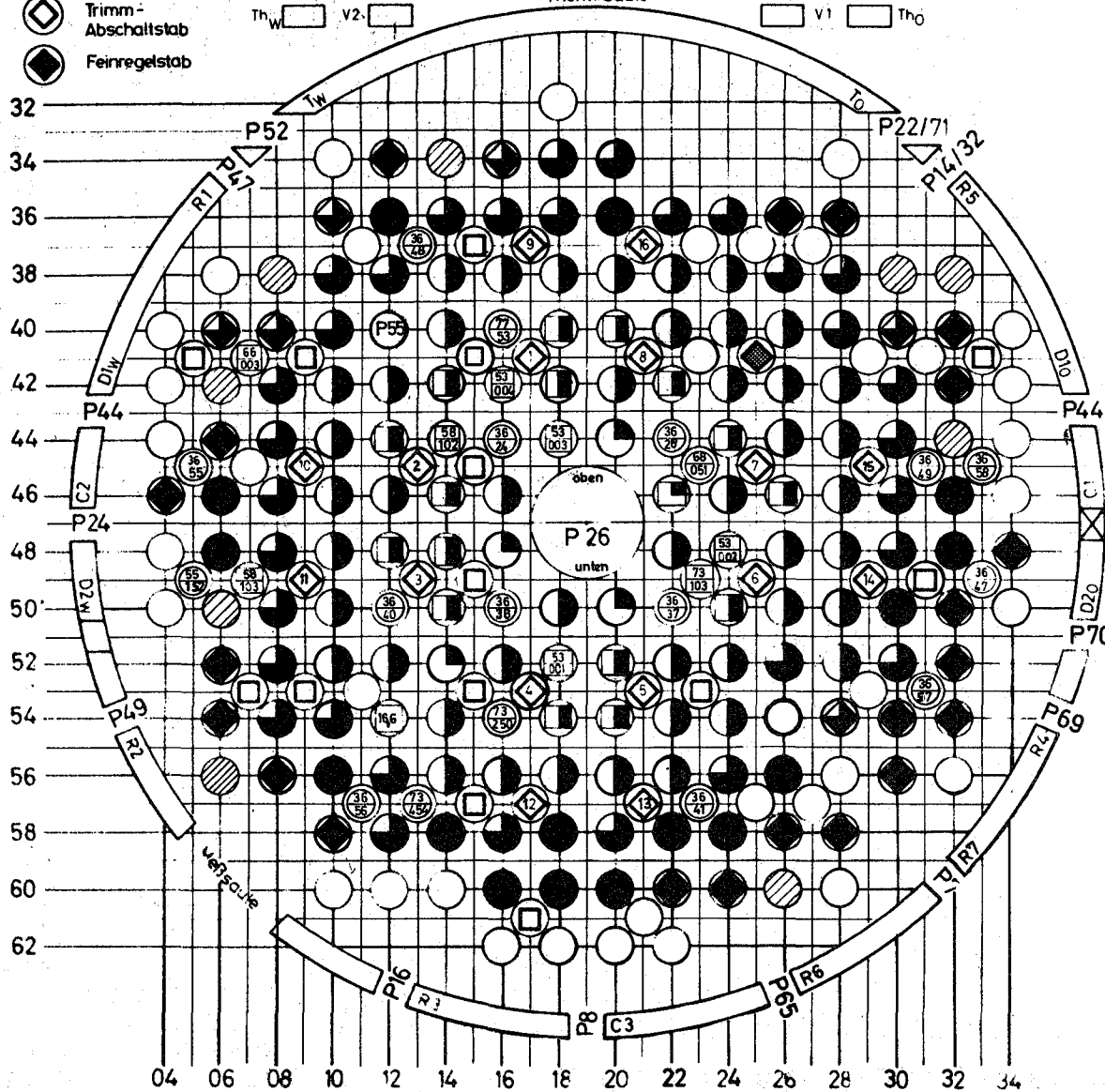
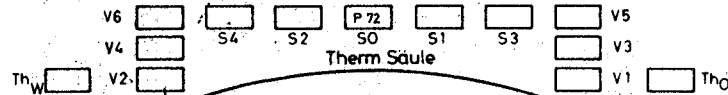
165 auf Gitterpositionen 10 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

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

Falls Abbrand > 15 MWd / kp_U, Angabe in Zahlenwerten

- Isotopen Bestr. Position
- Trimms-Abschaltstab
- Feinregelstab



1. Brennelemente:

- Abbrand: ≤ 25 25-50 50-75 > 75 [1/2] 100% Δ 15 MWd / kp_U
- - - - - - 18 BE 5 (1,5% anger.)
 - 16 - - - 98 BE 7 (1,75% anger.)
 - 21 - - - - 27 BE 8 (2% anger.)
 - 9 - - - - 9 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 152

2. Kapselversuchseinsätze:

- Proj. Nr. - 18
Iff. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

- Proj. Nr. - 8
Iff. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit

- 4.3 Proj. FR 2 / 55 (Hüllschabendampfkreislauf) Position 40 / 12
- 4.4 Proj. FR 2 / 58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf) Position

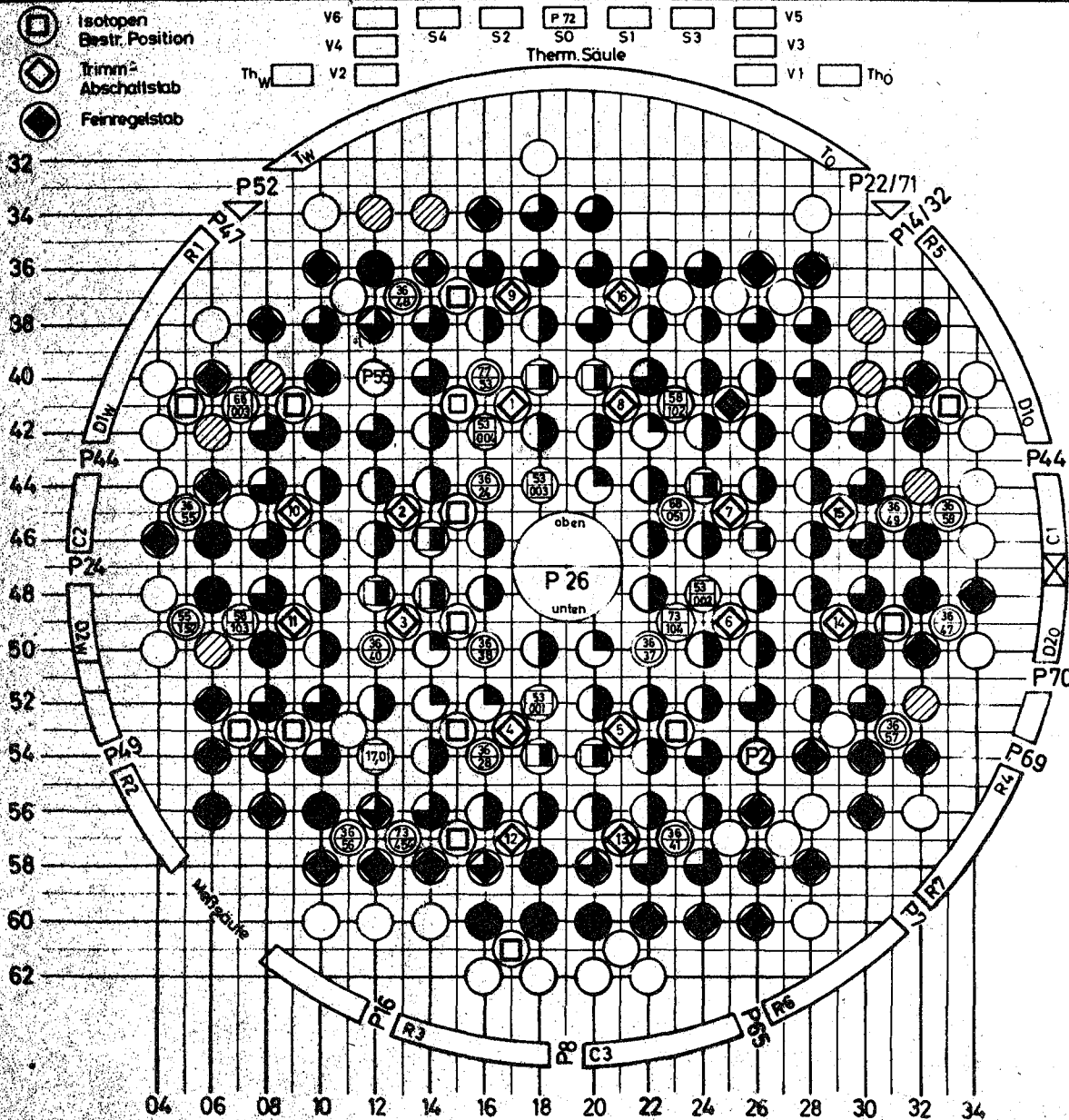
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

164 auf Gitterpositionen 12 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

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

Falls Abbrand > 15 MWd / kp_U, Angabe in Zahlenwerten



1. Brennelemente:

- Abbrand: -25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U
- ● - ● 9 ● 1 ● - 10 BE 5 (15% anger.)
 - 12 ● 34 ● 46 ● 6 ● - 98 BE 7 (175% anger.)
 - 31 ● 6 ● - ● - ● - 37 BE 8 (2% anger.)
 - 9 ● - ● - ● - ● - 9 BE 9 (186% anger.)
- Summe BE im Core - 154

2. Kapselversuchseinsätze:

- ⊖ Proj. Nr. - 17
Ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

- ⊖ Proj. Nr. - 8
Ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

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

Prüf. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
L3-26	18.69	14 ²⁴	4.8.69	14 ³⁰
L3-17	6.8.69	18 ⁰⁰	15.8.69	19 ³⁰
L3-22	18.8.69	14 ⁴⁵	2.9.69	7 ³⁵

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschalen dampfkreislauf) Position 40/12
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf) Position

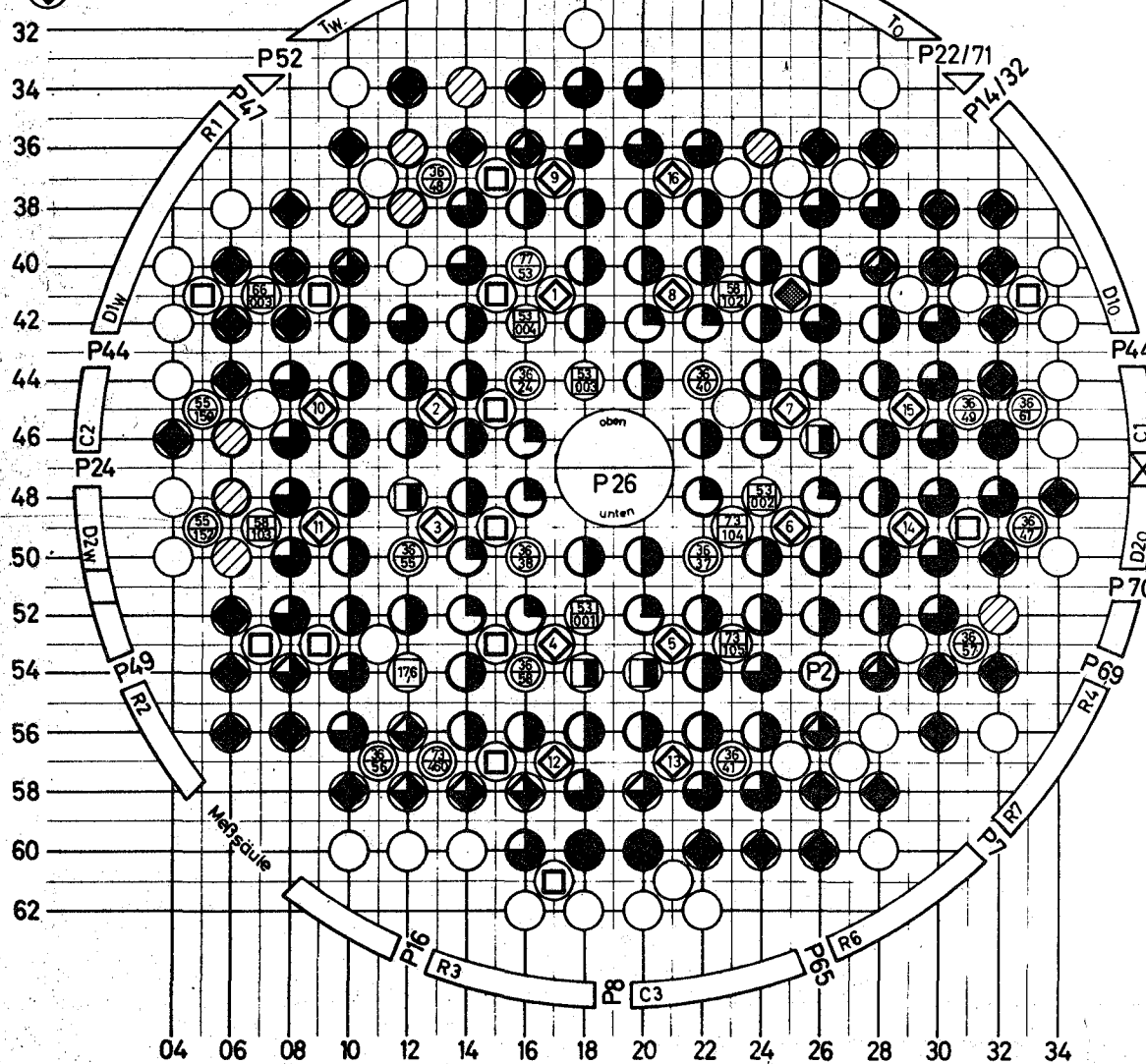
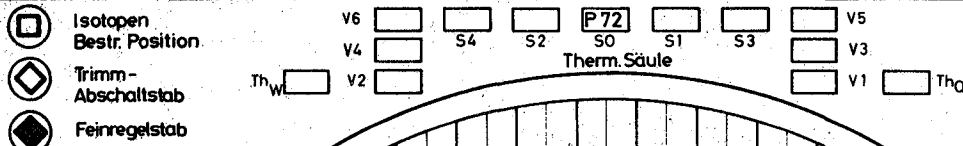
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

164 auf Gitterpositionen 13 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

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

Falls Abbrand > 15 MWd/kp_U, Angabe in Zahlenwerten



1. Brennelemente:

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

- ● - ● 4 ● 1 ● = 5 BE 5 (1,5% anger.)
 3 ● 30 ● 49 ● 12 ● = 94 BE 7 (1,75% anger.)
 34 ● 11 ● - ● - ● = 45 BE 8 (2% anger.)
 9 ● - ● - ● - ● = 9 BE 9 (1,86% anger.)
 Summe BE im Core - 153

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj.Nr. - 17
 ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj.Nr. - 9
 ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

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

Prüf. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
L3-31	16.9.69	10 ³⁴	19.9.69	10 ³⁴
L3-32	20.9.69	12 ⁰¹	23.9.69	16 ³¹
L3-33	29.9.69	15 ²¹	2.10.69	15 ²¹

- 4.3 Proj. FR 2/55 (Hüllschadendampfkreislauf) Position
- 4.4 Proj. FR 2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf) Position

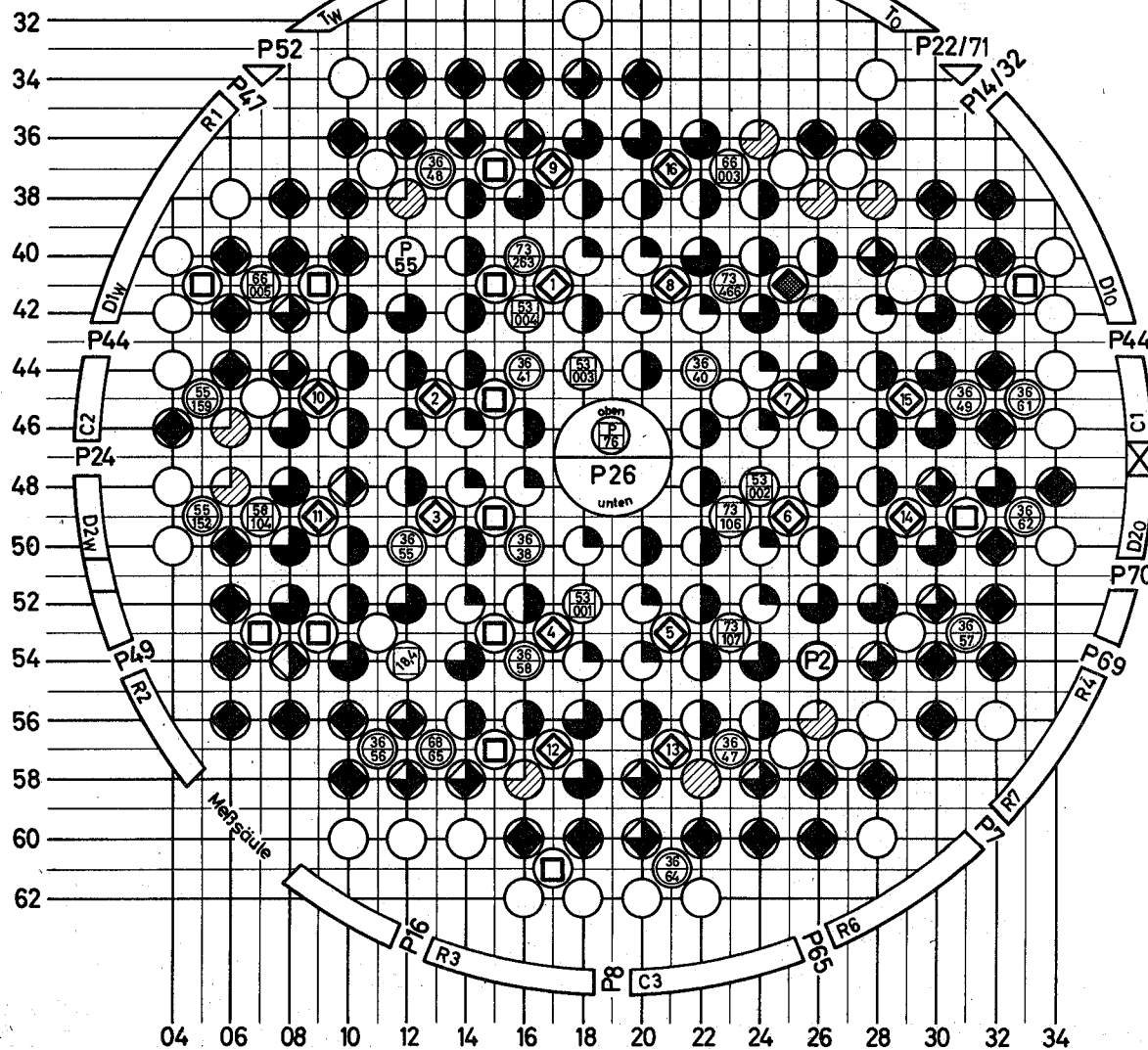
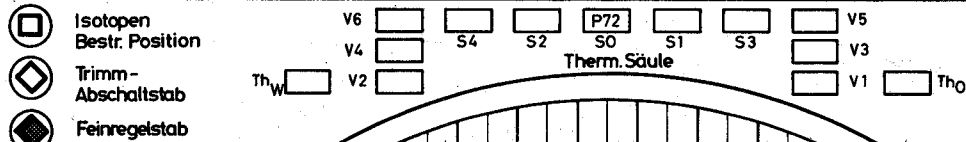
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

164 auf Gitterpositionen 12 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

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

Falls Abbrand > 15 MWd / kp_U, Angabe in Zahlenwerten



1. Brennelemente :

- Abbrand: -25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd / kp_U
- ● - ● - ● 1 □ - 1 BE 5 (15% anger.)
 - ● 26 ● 39 ● 19 □ - 84 BE 7 (1,75% anger.)
 - 43 ● 15 ● 2 □ - □ - 60 BE 8 (2% anger.)
 - 1 ● 8 ● - □ - □ - 9 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 154

2. Kapselversuchseinsätze :

- ⊖ Proj.Nr. - 18
Ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

- ⊖ Proj.Nr. - 9/10
Ifd. 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 40/12 HDR-Prüfling Nr.1 am 17.12.69, 9⁵²Uhr ausgebaut.
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position

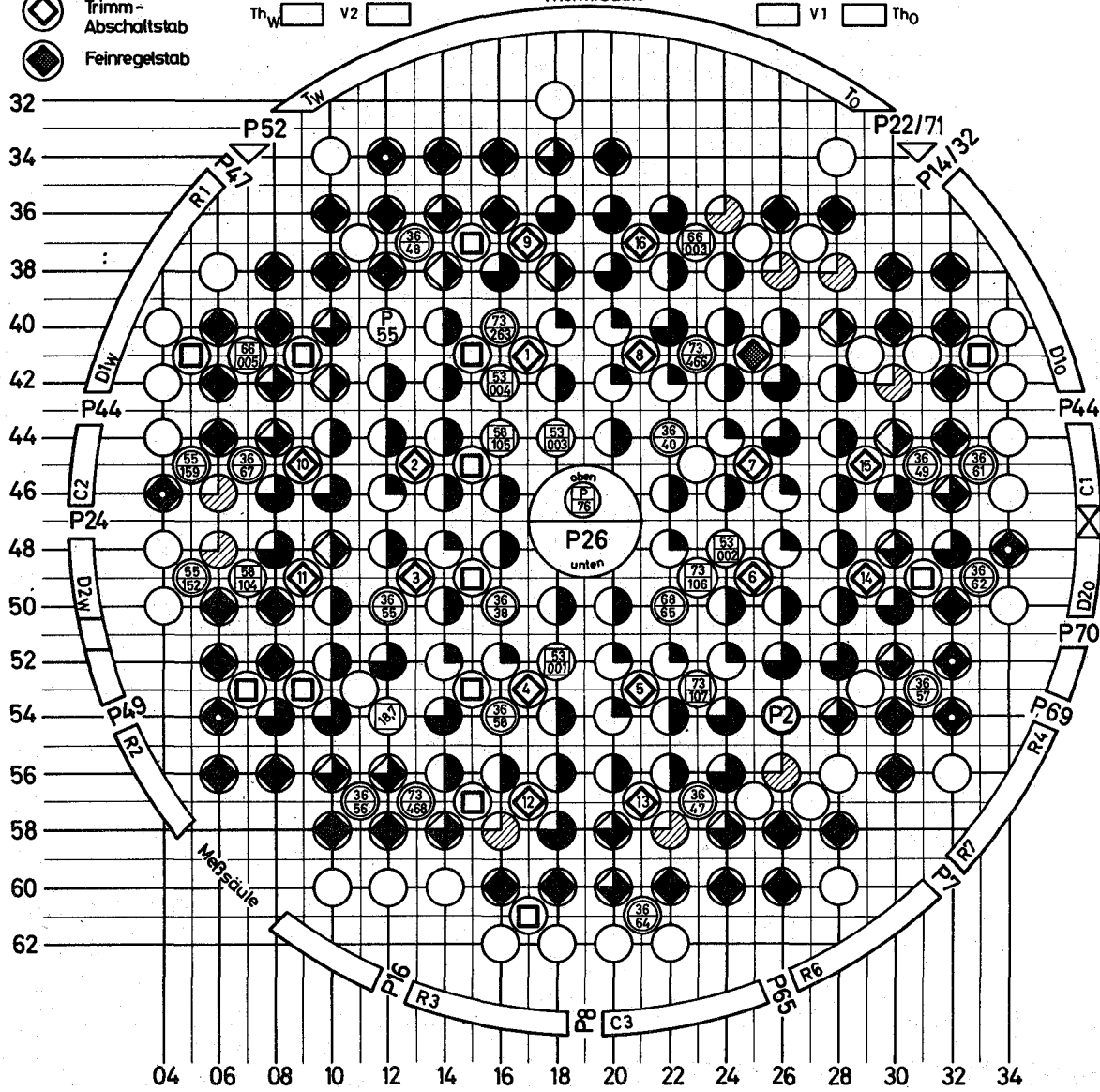
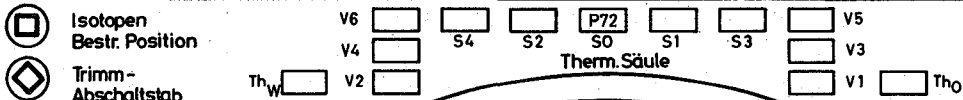
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

164 auf Gitterpositionen 13 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen :

- ● BE 8 am - neu einges. - ● BE9am - neu einges.

Falls Abbrand > 15 MWd / kp_U, Angabe in Zahlenwerten.
Proj. FR2/76 (thermion. Wandler) am 15.12.69 in Core Pos. 47/19 eingebaut.



1. Brennelemente:

- Abbrand: ≤ 25 25-50 50-75 > 75 [1/2] 100% Δ 15 MWd/kp_U
- 1 = 1 BE 5 (15% anger.)
 - 23 ● 38 ● 16 = 77 BE 7 (1,75% anger.)
 - 45 ● 15 ● 6 = 66 BE 8 (2% anger.)
 - 9 = 9 BE 9 (1,86% anger.)
- Summe BE im Core - 153

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj.Nr. - 19
ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj.Nr. - 11
ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

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

Prüf. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
L3-30	24.11.69	16 ⁵⁶	31.12.69	3 ¹⁸
L3-13	8. 1.70	10 ¹²	8. 1.70	14 ¹²
L3- 9	9. 1.70	14 ²²	10. 1.70	14 ²²

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf) Position 40/12 HDR-Prüfling Nr.2 am 19.12.69, 11²¹ Uhr eingebaut.
- 4.4 Proj. FR 2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf) Position

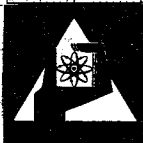
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

164 auf Gitterpositionen 14 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

● BE 8 am 18.12.69 neu einges. - ● BE 9 am - neu einges.

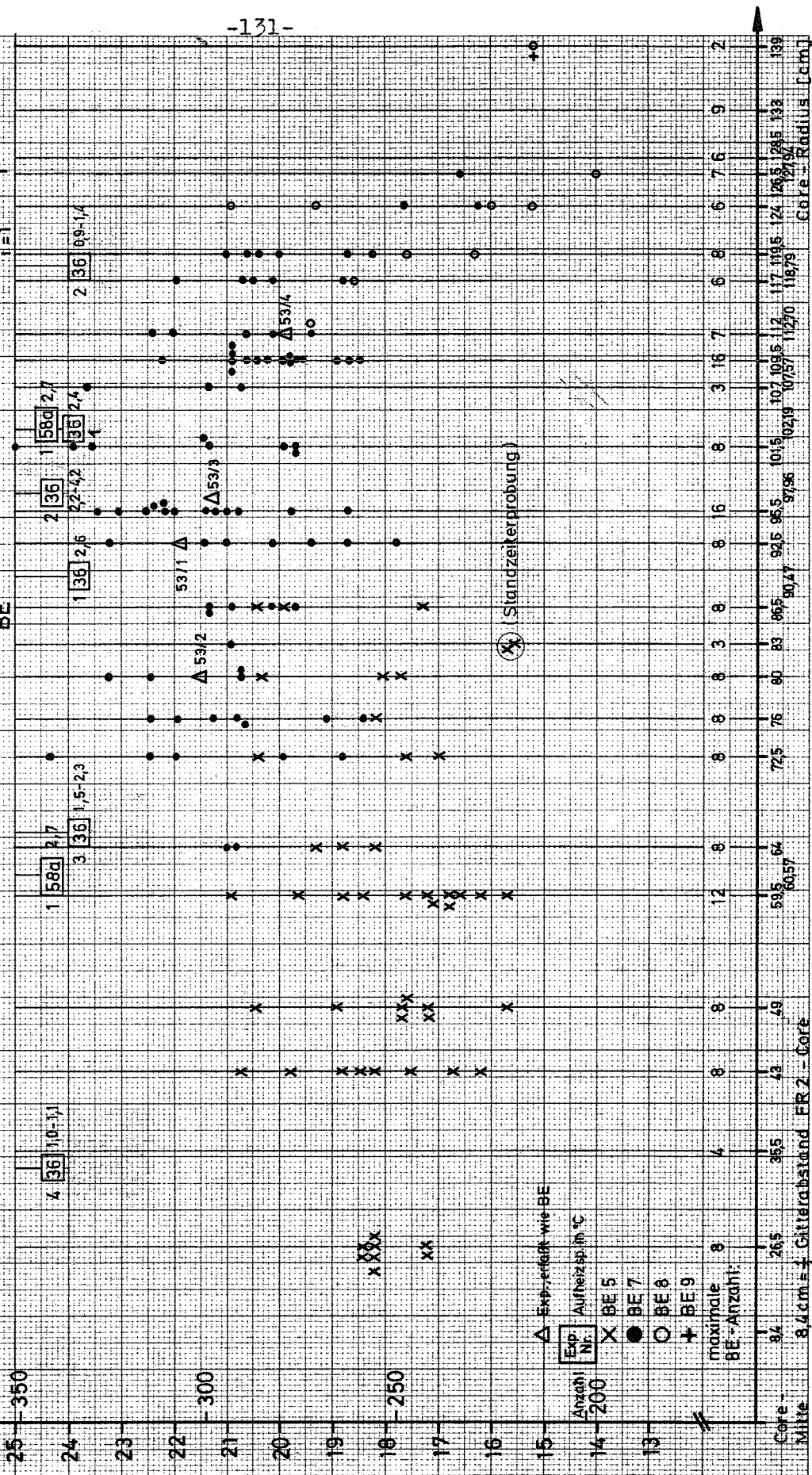
Falls Abbrand > 15 MWd/kp_U, Angabe in Zahlenwerten



BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core - Radius)

Core-Beladung: Nr. 182 Datum: 27.1.69 Betr.-Phase: A
 51 BE 5, 92 BE 7, 10 BE 8, 1 BE 9, 13 KVE, $\dot{Q}_{BE} = 11,0 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\sum_{i=1}^{58} N_{BE_i} = 43,7 \text{ MW}$



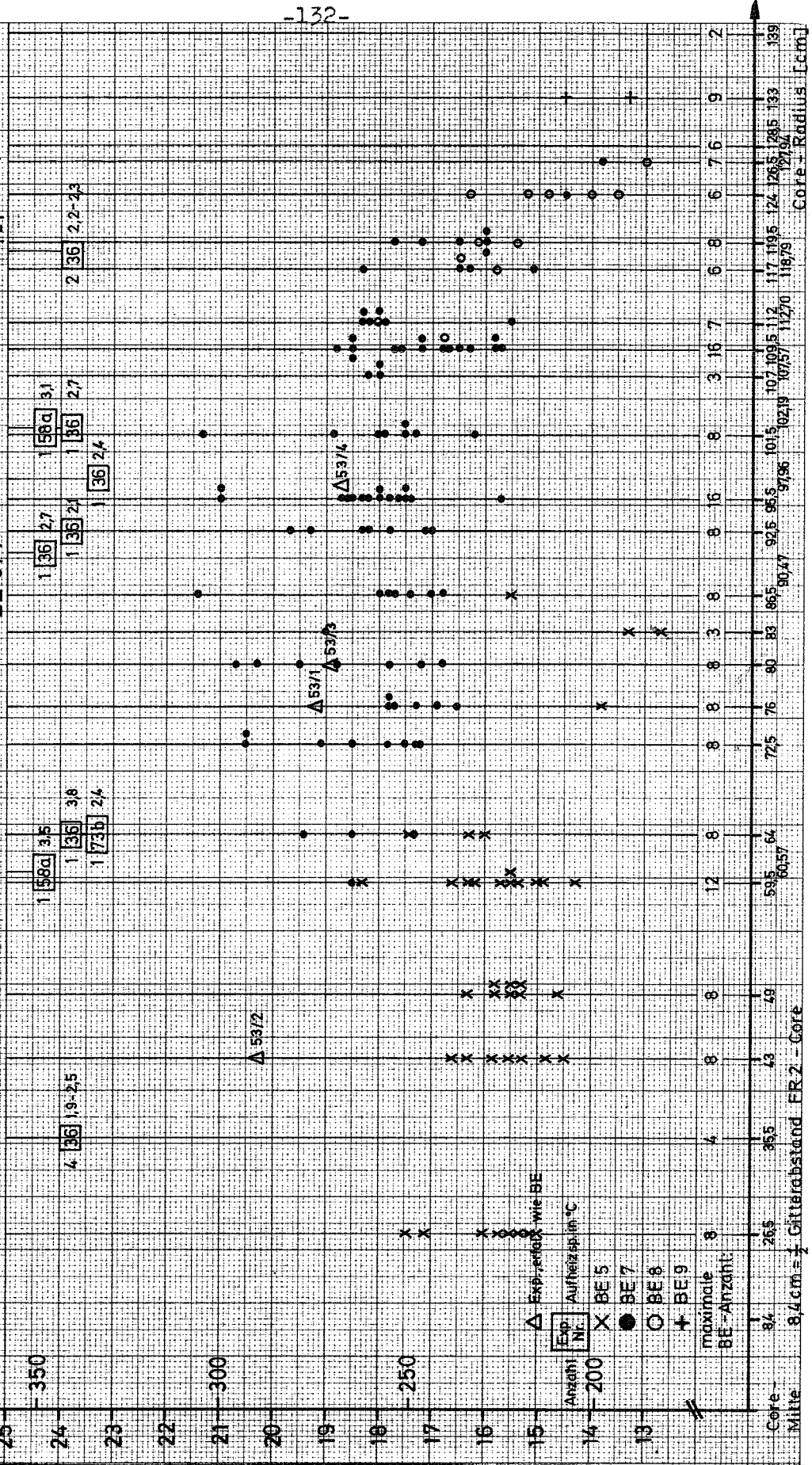


BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

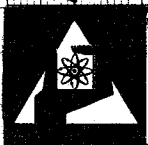
(aufgetragen über dem Core - Radius)

(Messstelle IT118 defekt)
 $\sum_{i=1}^{154} N_{BE} = 38,6 \text{ MW}$

Core-Beladung: Nr. 184 Datum: 2.3.69 Betr.-Phase: B
 41 BE 5, 99 BE 7, 12 BE 8, 2 BE 9, 12 KVE, $Q_{BE} = 11,1 \text{ m}^3/\text{h}$
 $Q_{BE} = 5,7$



Formblatt: 203 d



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core - Radius.)

(Messstelle 11118 defekt.)

Core-Beladung: Nr. 186 Datum: 17.4.69 Belr.-Phase: C

36 BE 5, 98 BE 7, 12 BE 8, 9 BE 9, 10 KVE, $\bar{Q} = 1,32 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\sum_{i=1}^{159} N_{BE_i} = 38,4 \text{ MW}$
 BE 5/7

ΔT_{BE}
 [°C]

N_{BE}

[kW]

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

Core-Mitte

84

265

355

43

49

59

64

72

75

76

78

80

83

85

86

88

90

92

94

96

98

100

102

104

106

108

110

112

114

116

118

120

122

124

126

128

130

132

134

136

138

140

142

144

146

148

150

Core-Radius

8,4 cm

17,8 cm

26,5 cm

35,2 cm

43,9 cm

52,6 cm

61,3 cm

70,0 cm

78,7 cm

87,4 cm

96,1 cm

104,8 cm

113,5 cm

122,2 cm

130,9 cm

139,6 cm

148,3 cm

157,0 cm

165,7 cm

174,4 cm

183,1 cm

191,8 cm

200,5 cm

209,2 cm

217,9 cm

226,6 cm

235,3 cm

244,0 cm

252,7 cm

261,4 cm

270,1 cm

278,8 cm

287,5 cm

296,2 cm

304,9 cm

313,6 cm

322,3 cm

331,0 cm

339,7 cm

348,4 cm

357,1 cm

365,8 cm

374,5 cm

383,2 cm

391,9 cm

400,6 cm

409,3 cm

418,0 cm

426,7 cm

435,4 cm

444,1 cm

452,8 cm

461,5 cm

470,2 cm

478,9 cm

487,6 cm

496,3 cm

505,0 cm

513,7 cm

522,4 cm

531,1 cm

539,8 cm

548,5 cm

557,2 cm

565,9 cm

574,6 cm

583,3 cm

592,0 cm

600,7 cm

609,4 cm

618,1 cm

626,8 cm

635,5 cm

644,2 cm

652,9 cm

661,6 cm

670,3 cm

679,0 cm

687,7 cm

696,4 cm

705,1 cm

713,8 cm

722,5 cm

731,2 cm

739,9 cm

748,6 cm

757,3 cm

766,0 cm

774,7 cm

783,4 cm

792,1 cm

800,8 cm

809,5 cm

818,2 cm

826,9 cm

835,6 cm

844,3 cm

853,0 cm

861,7 cm

870,4 cm

879,1 cm

887,8 cm

896,5 cm

905,2 cm

913,9 cm

922,6 cm

931,3 cm

940,0 cm

948,7 cm

957,4 cm

966,1 cm

974,8 cm

983,5 cm

992,2 cm

1000,9 cm

1009,6 cm

1018,3 cm

1027,0 cm

1035,7 cm

1044,4 cm

1053,1 cm

1061,8 cm

1070,5 cm

1079,2 cm

1087,9 cm

1096,6 cm

1105,3 cm

1114,0 cm

1122,7 cm

1131,4 cm

1140,1 cm

1148,8 cm

1157,5 cm

1166,2 cm

1174,9 cm

1183,6 cm

1192,3 cm

1201,0 cm

1209,7 cm

1218,4 cm

1227,1 cm

1235,8 cm

1244,5 cm

1253,2 cm

1261,9 cm

1270,6 cm

1279,3 cm

1288,0 cm

1296,7 cm

1305,4 cm

1314,1 cm

1322,8 cm

1331,5 cm

1340,2 cm

1348,9 cm

1357,6 cm

1366,3 cm

1375,0 cm

1383,7 cm

1392,4 cm

1401,1 cm

1409,8 cm

1418,5 cm

1427,2 cm

1435,9 cm

1444,6 cm

1453,3 cm

1462,0 cm

1470,7 cm

1479,4 cm

1488,1 cm

1496,8 cm

1505,5 cm

1514,2 cm

1522,9 cm

1531,6 cm

1540,3 cm

1549,0 cm

1557,7 cm

1566,4 cm

1575,1 cm

1583,8 cm

1592,5 cm

1601,2 cm

1609,9 cm

1618,6 cm

1627,3 cm

1636,0 cm

1644,7 cm

1653,4 cm

1662,1 cm

1670,8 cm

1679,5 cm

1688,2 cm

1696,9 cm

1705,6 cm

1714,3 cm

1723,0 cm

1731,7 cm

1740,4 cm

1749,1 cm

1757,8 cm

1766,5 cm

1775,2 cm

1783,9 cm

1792,6 cm

1801,3 cm

1810,0 cm

1818,7 cm

1827,4 cm

1836,1 cm

1844,8 cm



BE - Kühmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core - Radius)

(Meßstelle 1 T18 defekt)

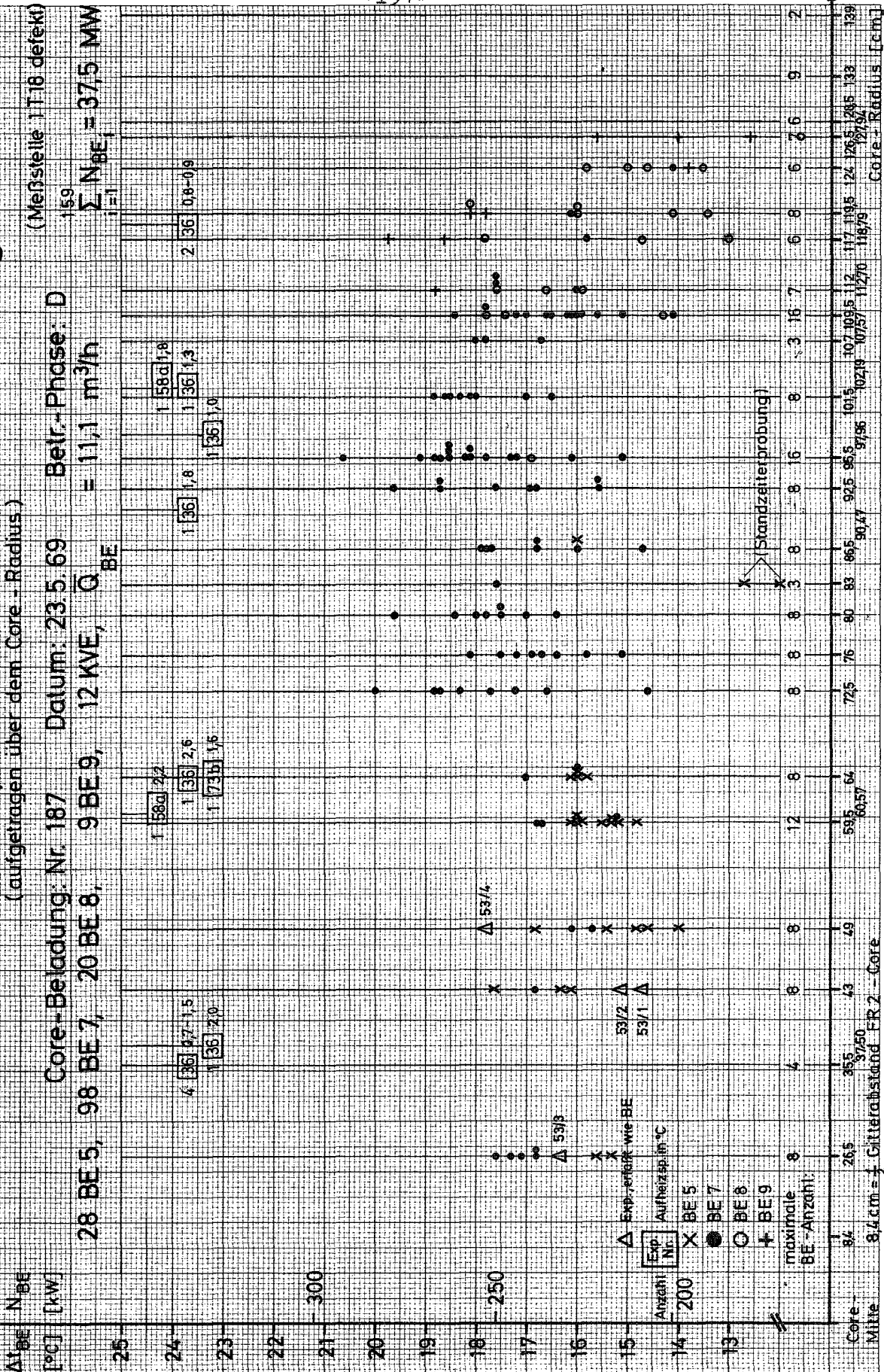
Belr.-Phase: D

Core-Beladung: Nr. 187 Datum: 23.5.69

= 11,1 m³/h

28 BE 5, 98 BE 7, 20 BE 8, 9 BE 9, 12 KVE, 0 BE

$$\sum_{i=1}^{159} N_{BE,i} = 375 \text{ MW}$$



Core-Milte: 84, 265, 355, 375, 43, 49, 59, 64, 60, 57, 72, 5, 76, 80, 83, 86, 5, 92, 5, 96, 5, 102, 5, 107, 5, 112, 5, 117, 5, 124, 5, 129, 5, 133, 5, 139

9,4 cm = f Gitterabstand FR 2 - Core

Formblatt: 203 d

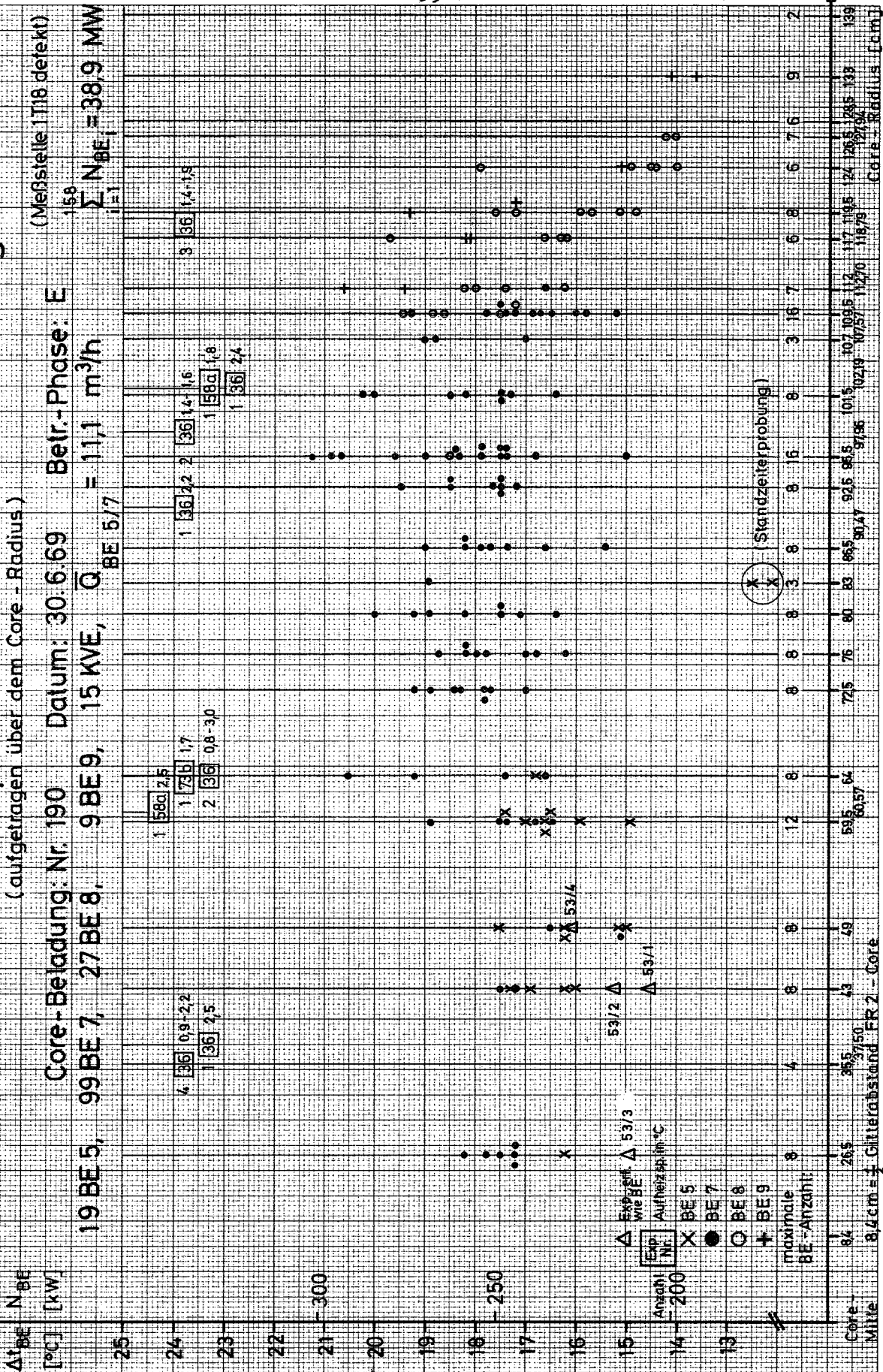


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core - Radius)

ΔT_{BE} [°C] (Meßstelle 1T18 defekt)
 N_{BE} [kW]
 Core-Beladung: Nr. 190 Datum: 30.6.69 Betr.-Phase: E
 19 BE 5, 99 BE 7, 27 BE 8, 9 BE 9, 15 KVE, $\bar{Q}_{BE} = 11,1 \text{ m}^3/\text{h}$
 $\sum_{i=1}^{158} N_{BE} = 38,9 \text{ MW}$



Core-Mitte	84	265	365	43	49	64	76	80	83	86.5	90.47	92.6	98.5	101.5	107	109.6	112	117	119.6	124	126.6	133	139
Core-Mitte	84	265	365	43	49	64	76	80	83	86.5	90.47	92.6	98.5	101.5	107	109.6	112	117	119.6	124	126.6	133	139
Core-Radius [cm]	8.4	26.5	36.5	4.3	4.9	6.4	7.6	8.0	8.3	8.65	9.047	9.26	9.85	10.15	10.7	10.96	11.2	11.7	11.96	12.4	12.66	13.3	13.9

(Standzeitprobung)

Formblatt: 203 d



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

BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung
(aufgetragen über dem Core - Radius)

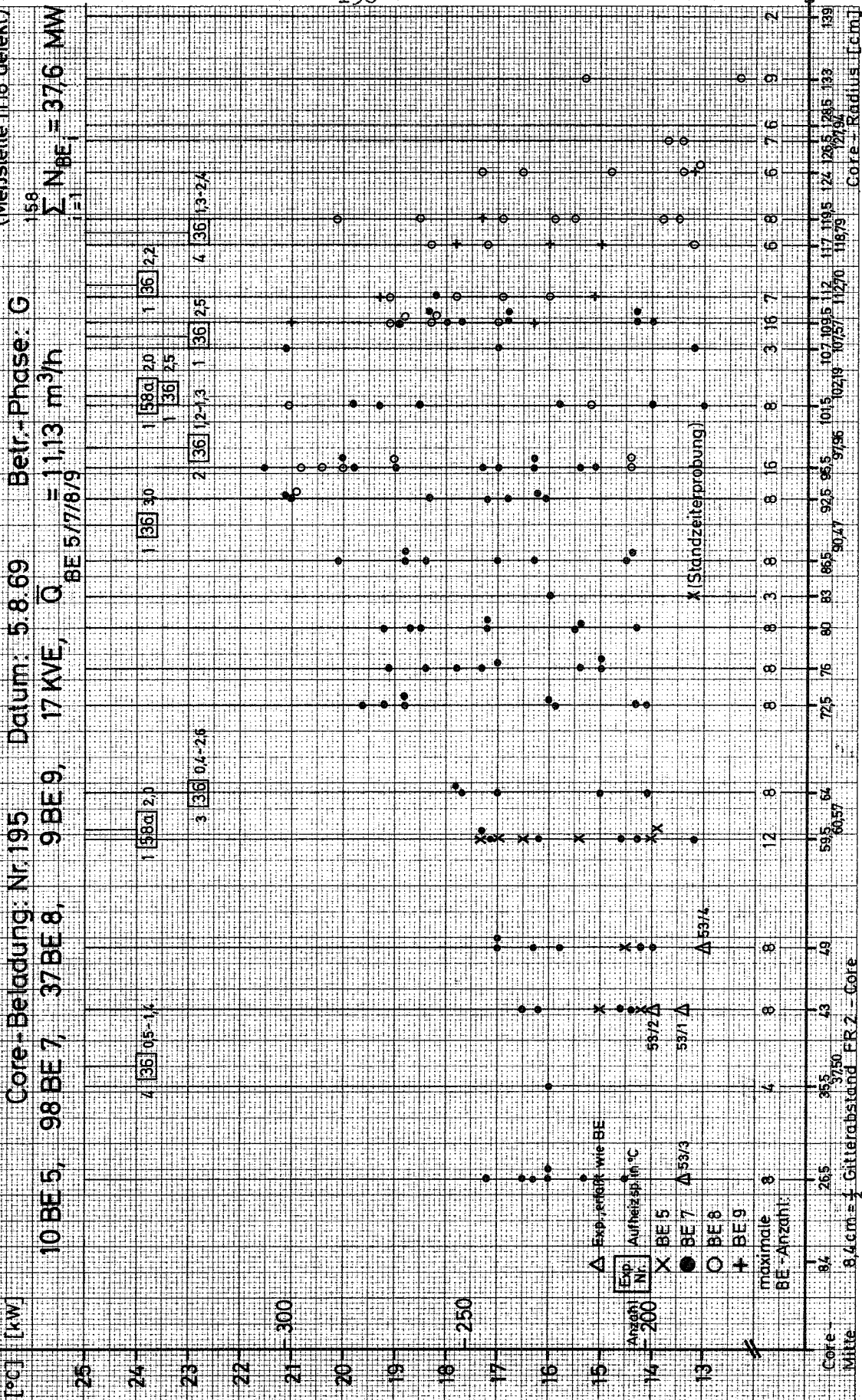
(Meßstelle 1118 defekt)

Core - Beladung: Nr. 195 Datum: 5.8.69 Beitr. - Phase: G

10 BE 5, 98 BE 7, 37 BE 8, 9 BE 9, 17 KVE, Q = 1.113 m³/h
BE 5/7/8/9

$$\sum_{i=1}^{158} N_{BE_i} = 37,6 \text{ MW}$$

Δt_{BE} N_{BE}
[°C] [kW]



Formblatt: 203 d



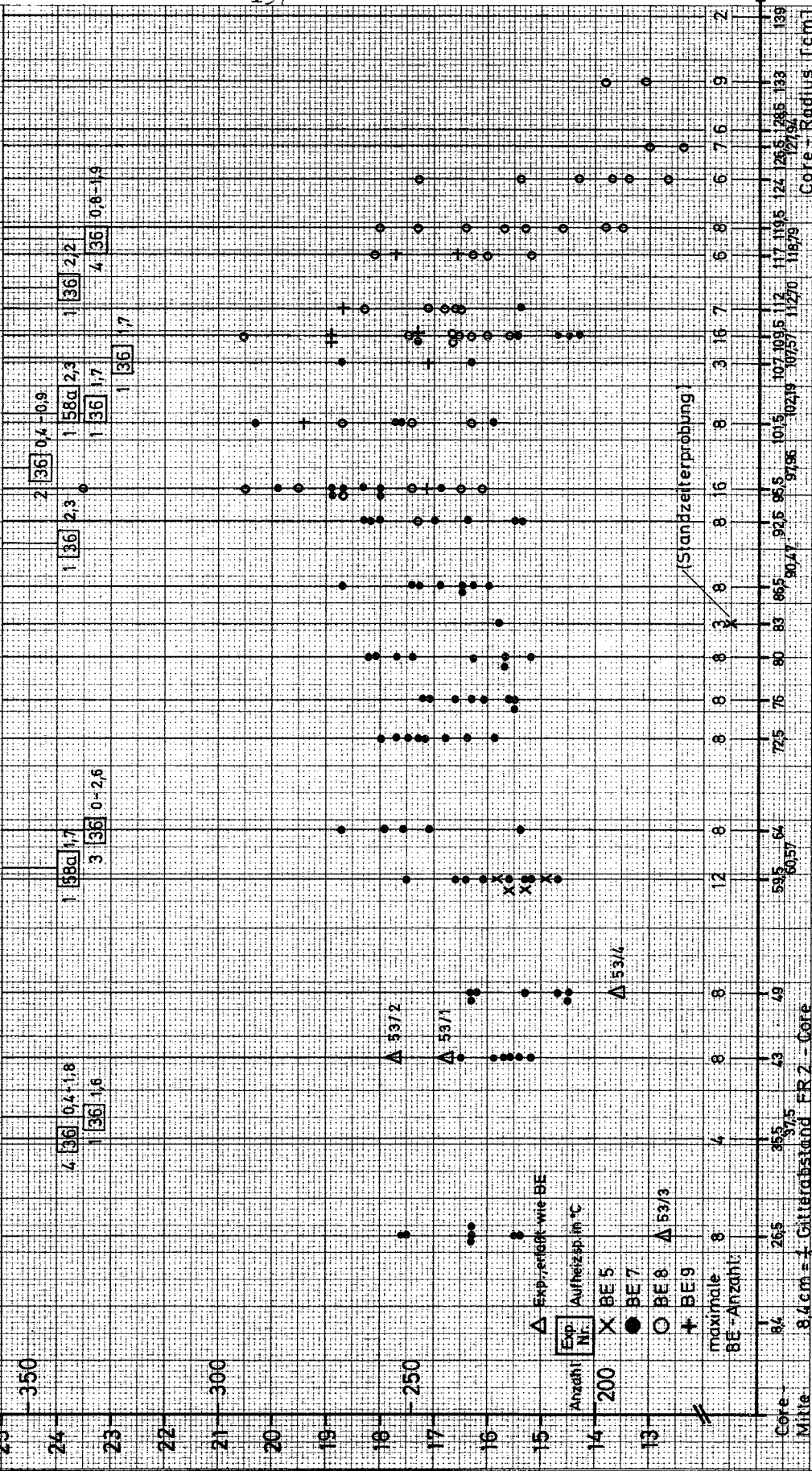
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

BE - Kühlmittel aufheizspanne bei 44 MWth Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core - Radius.)

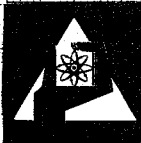
(Messstelle 11:18 defekt)
 $\sum_{i=1}^{157} N_{BE} = 37,2 \text{ MW}$

Core-Beladung: Nr. 197 Datum: 4.9.69 Betr.-Phase: H
5 BE 5, 94 BE 7, 45 BE 8, 9 BE 9, 18 KVE, $\bar{Q}_{BE} = 11,22 \text{ m}^3/\text{h}$
BE 5/7



Core-Mitte 8,4 cm = 1/2 Gitterabstand FR 2 - Core

Formblatt: 203 d



BE - Kühmittelaufheizspanne bei 44 MWth Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core - Radius)

Core-Beladung: Nr. 200 Datum: 30.10.69 Betr.-Phase: 1

2 BE 5, 90 BE 7, 53 BE 8, 9 BE 9, 15 KVE, $\bar{Q}_{BE} = 11,4 \text{ m}^3/\text{h}$ $\sum_{i=1}^{158} N_{BE} = 45,4 \text{ MW}$

Δt_{BE}
[°C] [KW]

25 - 350

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

maximale
BE-Anzahl:

84

Core
Mitte

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

300

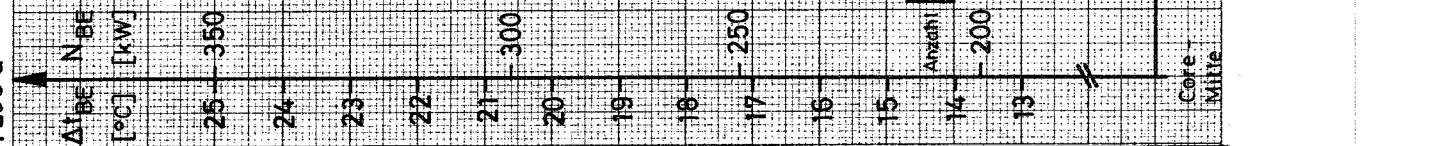
300

300

300

300

300



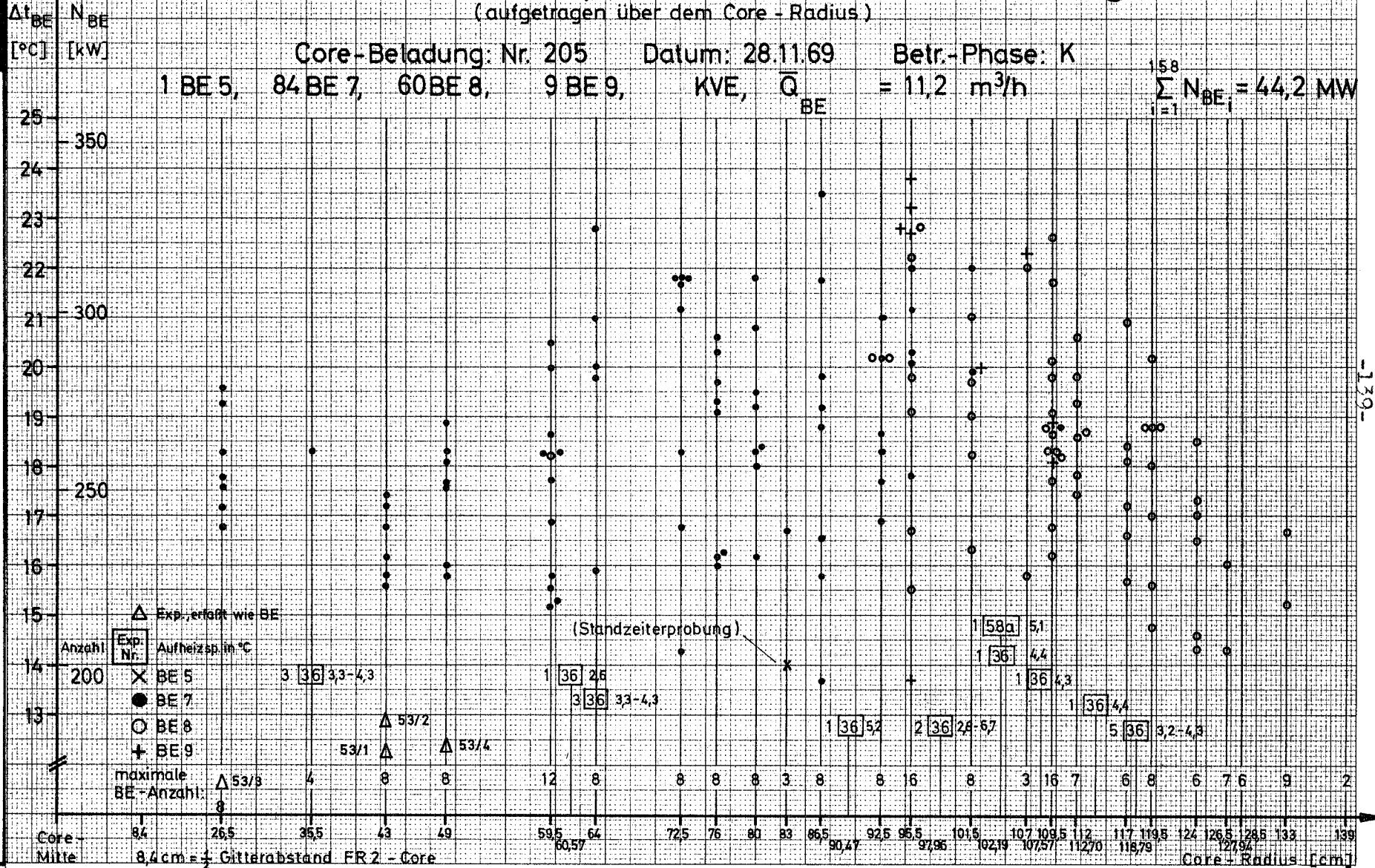
BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung (aufgetragen über dem Core - Radius)

Core-Beladung: Nr. 205 Datum: 28.11.69 Betr.-Phase: K

1 BE 5, 84 BE 7, 60 BE 8, 9 BE 9, KVE, $\bar{Q}_{BE} = 11,2 \text{ m}^3/\text{h}$

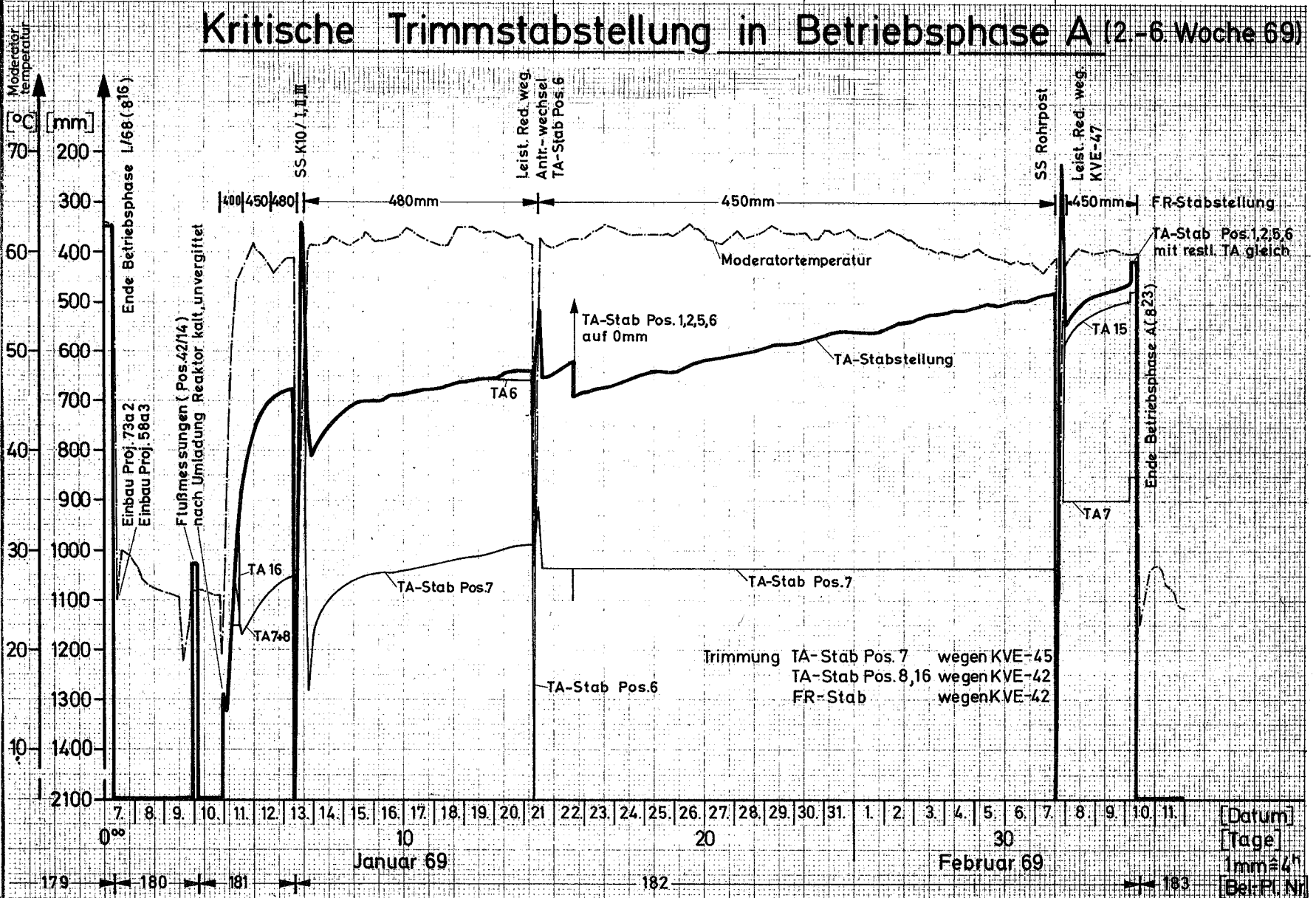
$\sum_{i=1}^{158} N_{BE_i} = 44,2 \text{ MW}$

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



Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase A (2-6 Woche 69)

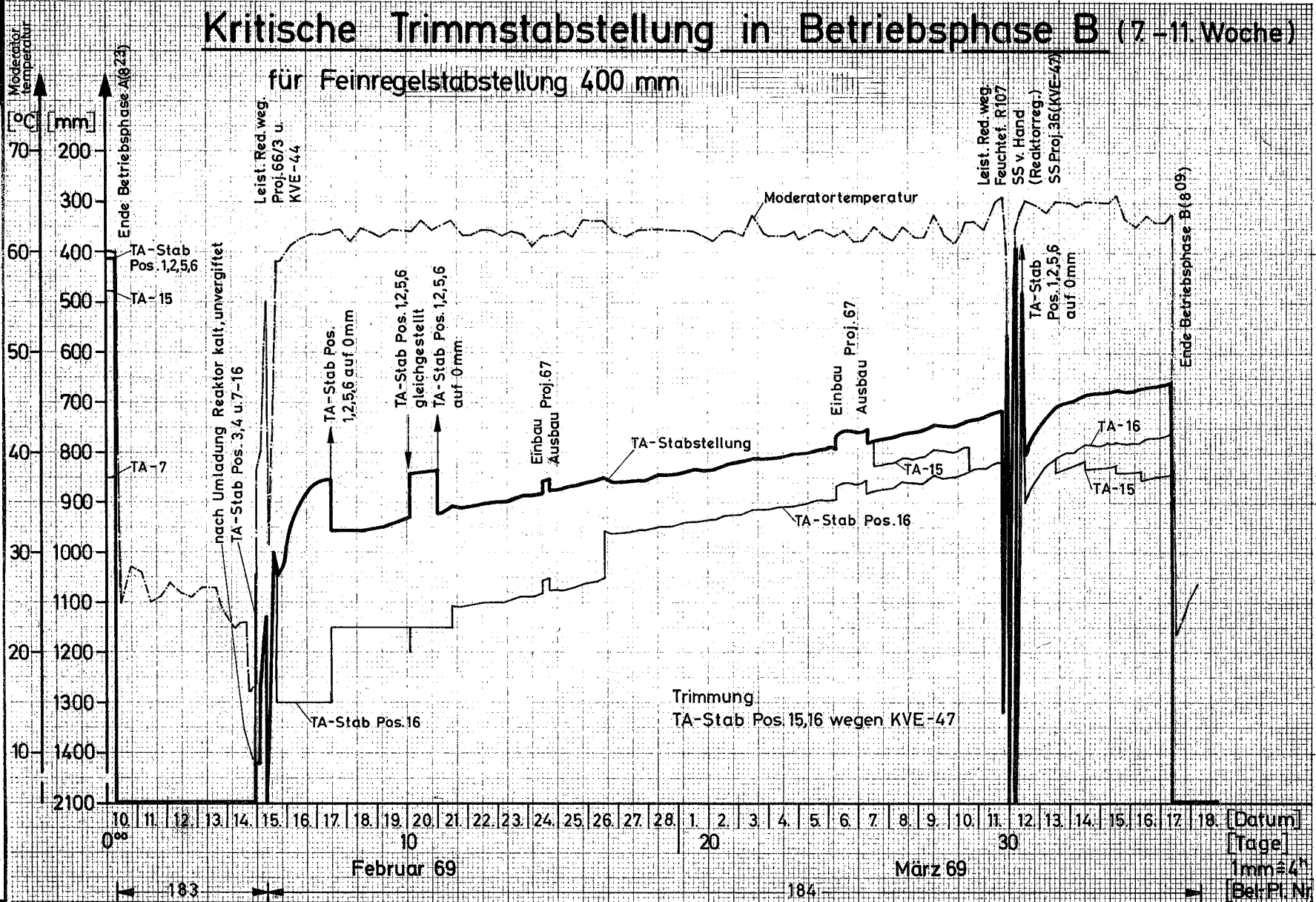
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

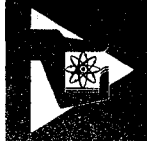


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase B (7.-11. Woche)

für Feinregelstabstellung 400 mm

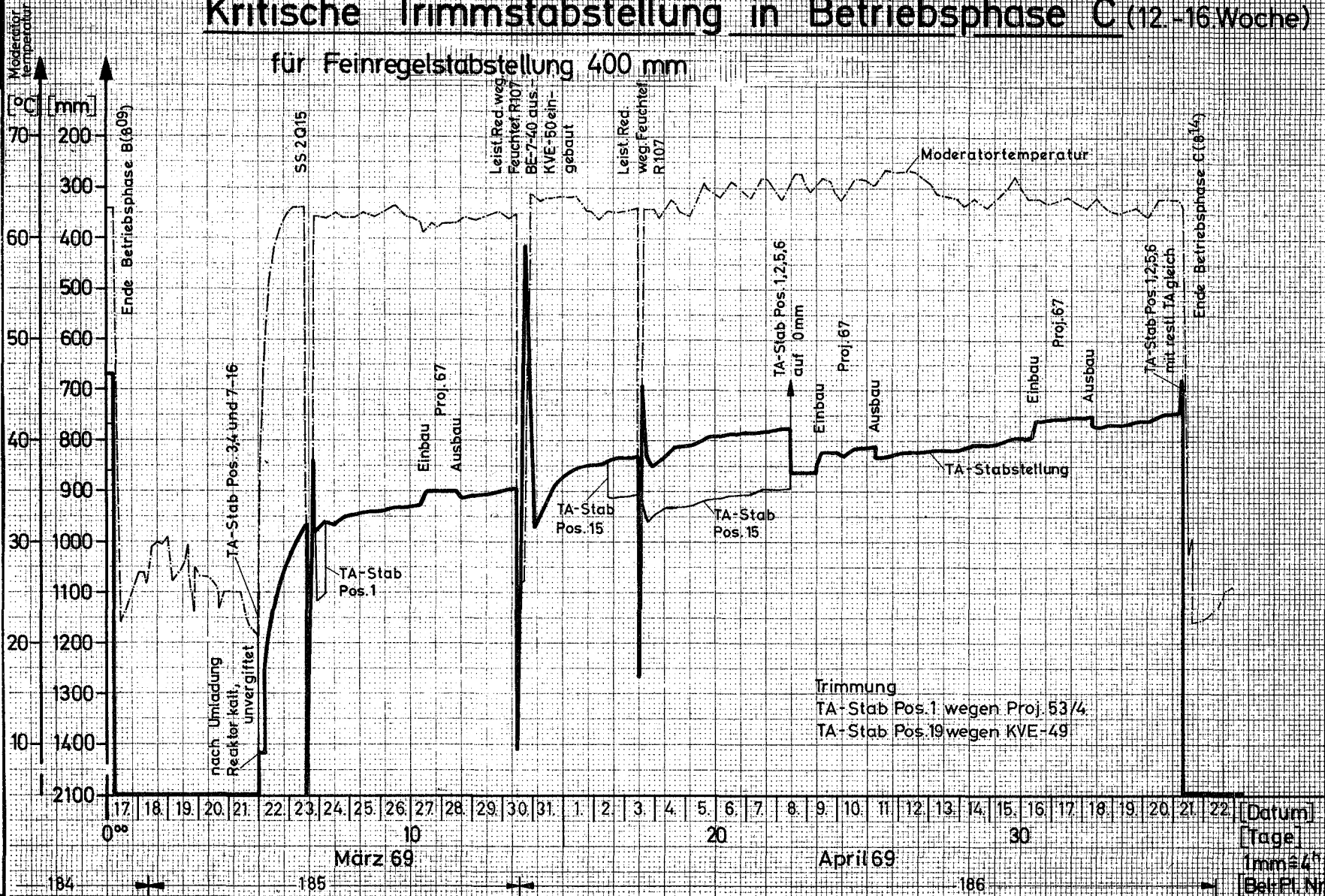




GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase C (12.-16. Woche)

für Feinregelstabstellung 400 mm



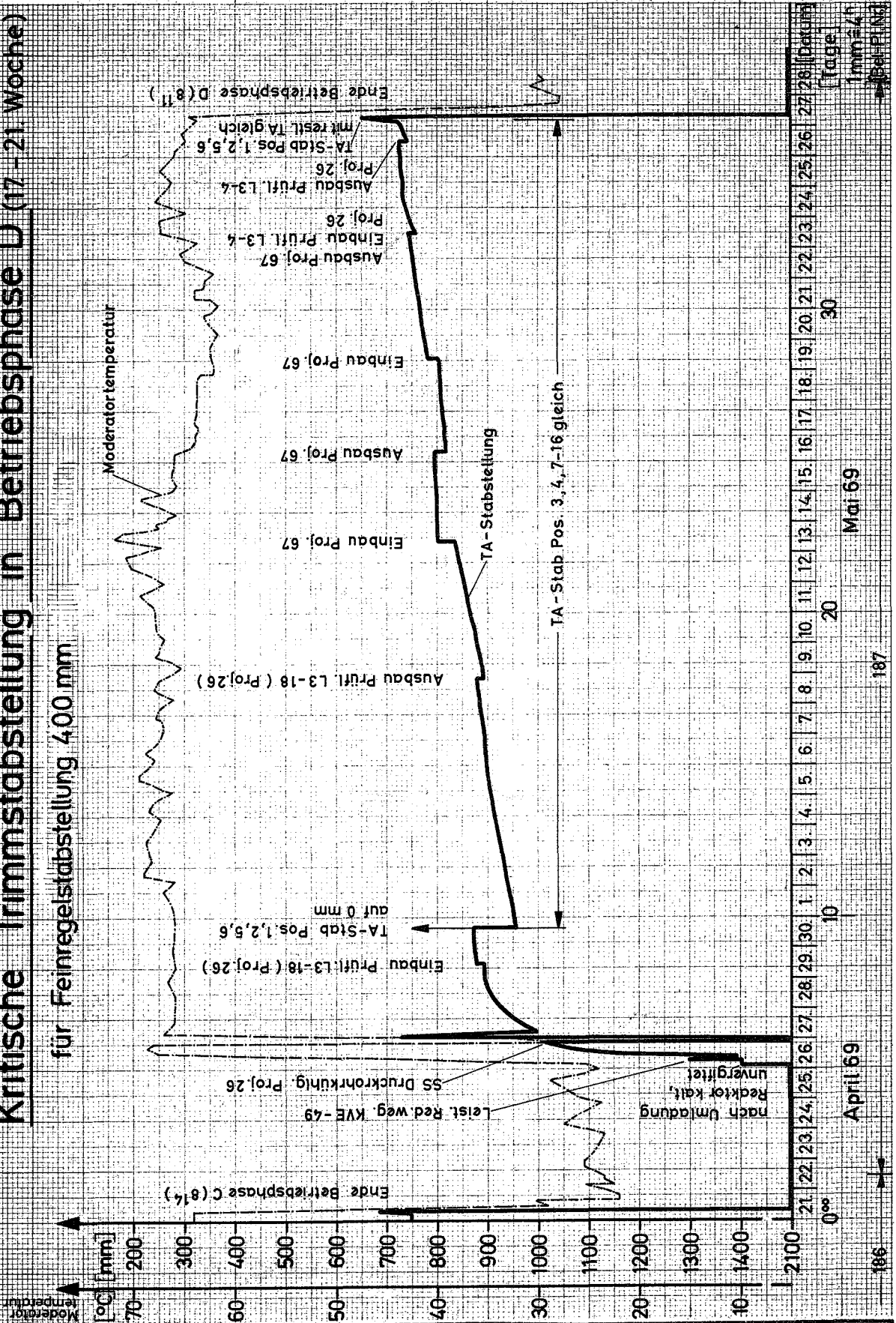
-143-

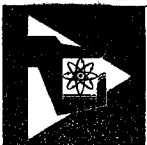
[Datum] _____
 [Tage] _____
 [Imms 4] _____
 [Bel. Pl. Nr.] _____

Formblatt: 183a/30

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase D (17.-21. Woche)

für Feinregelstabstellung 400 mm

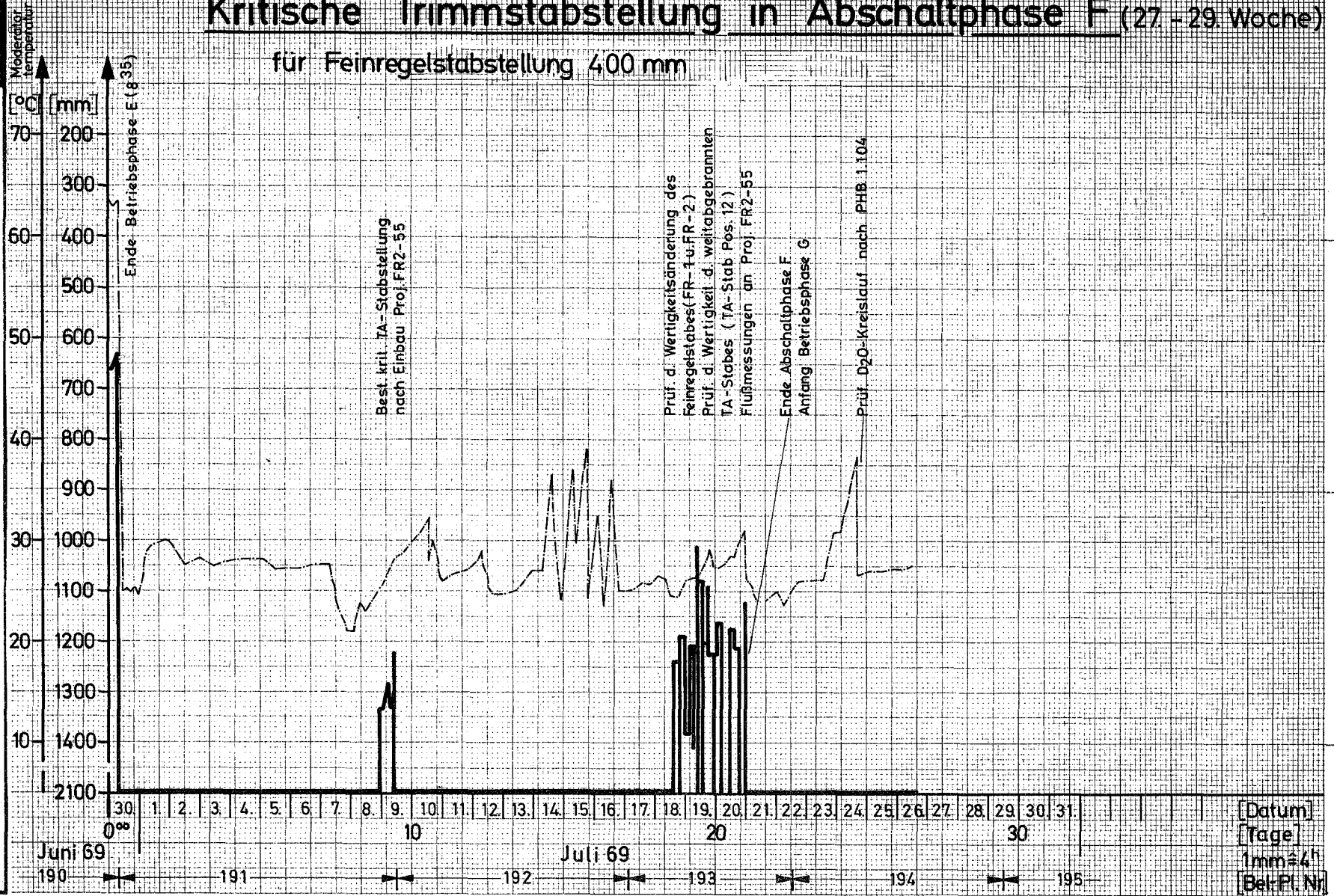




GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

Kritische Trimmstabstellung in Abschaltphase F (27.-29. Woche)

für Feinregelstabstellung 400 mm



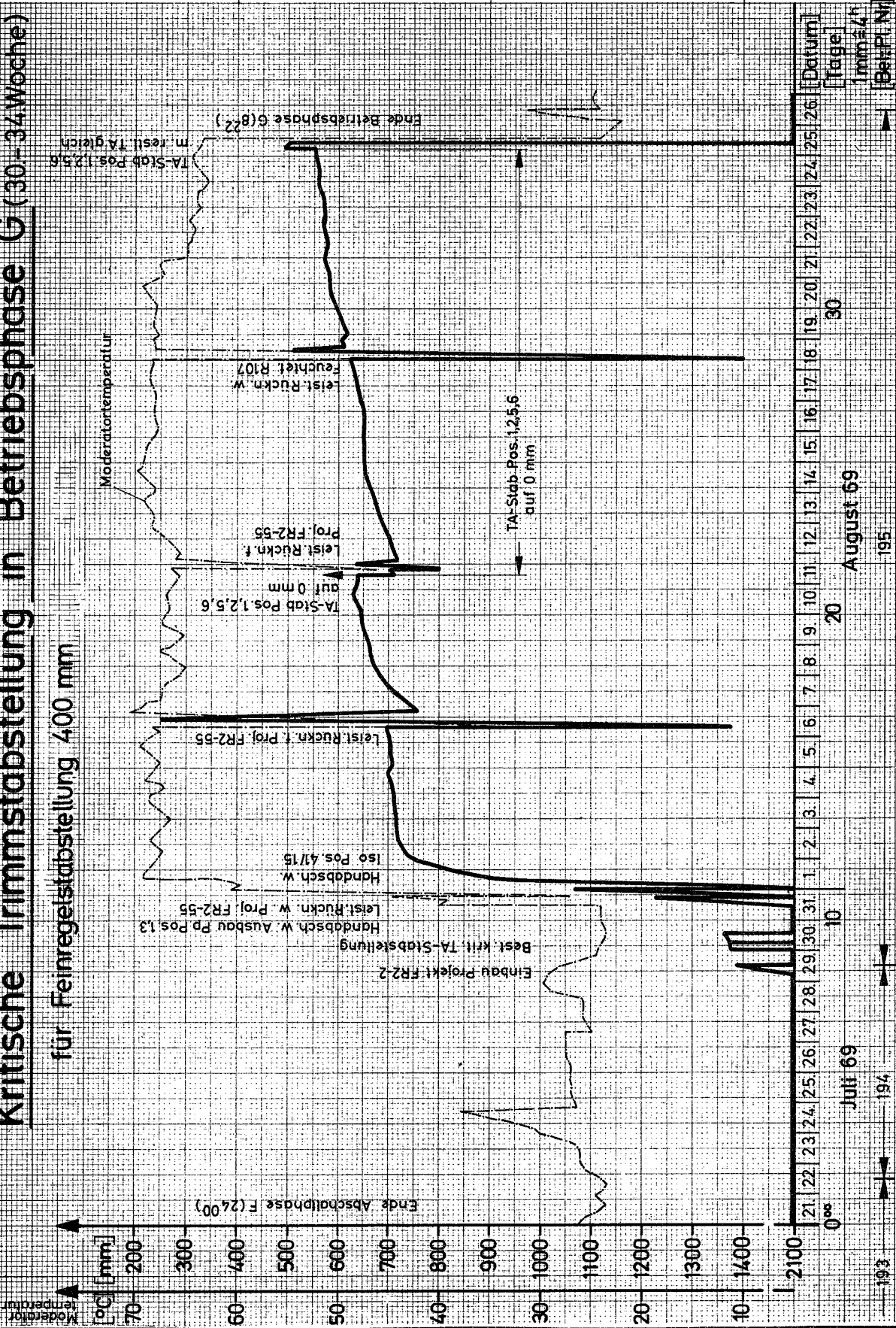
Formblatt: 183a/33



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

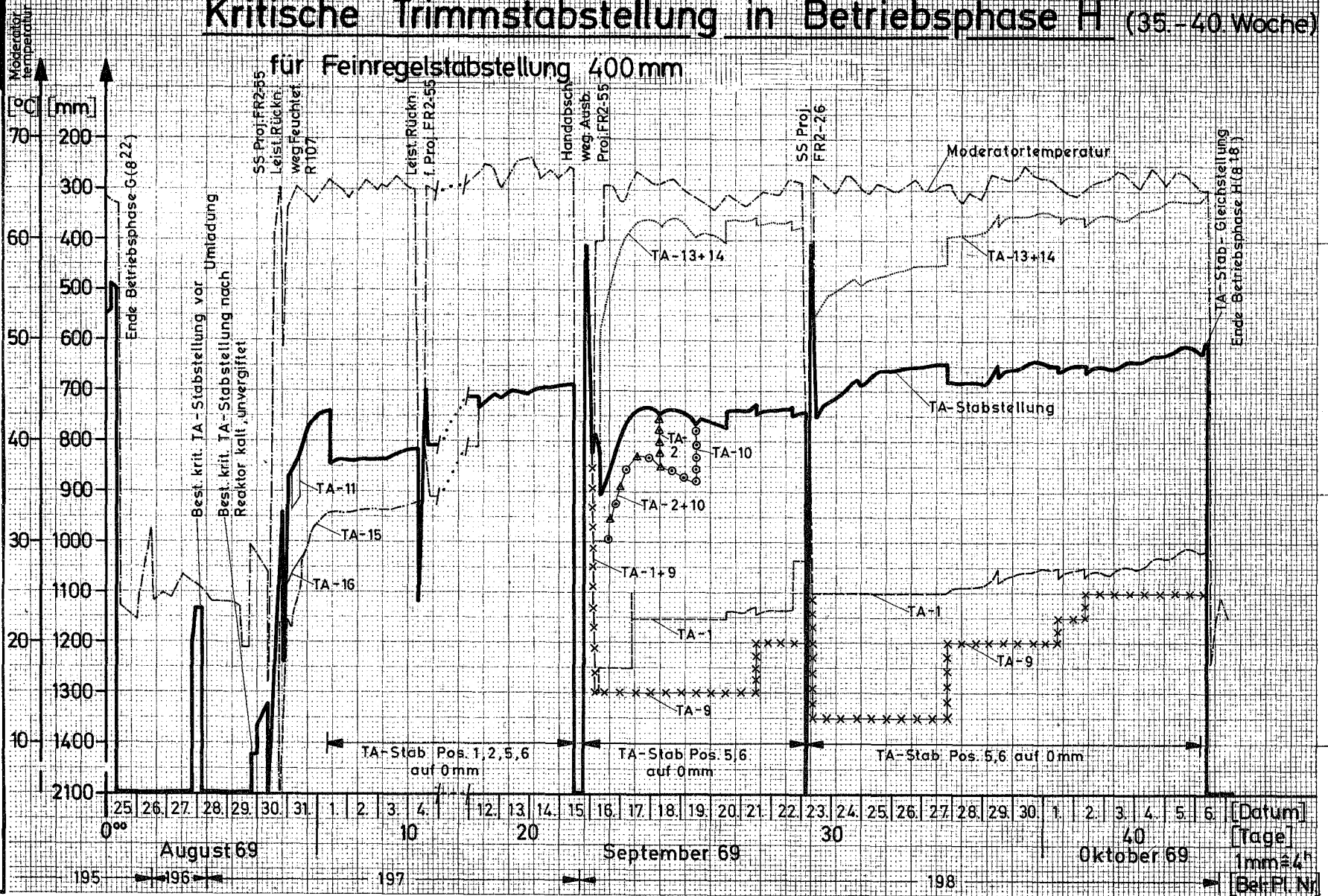
Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase G (30.-34. Woche)

für Feinregelstabstellung 400 mm



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

Kritische Trimmstababstellung in Betriebsphase H (35.-40. Woche)



Formblatt: 183a/35

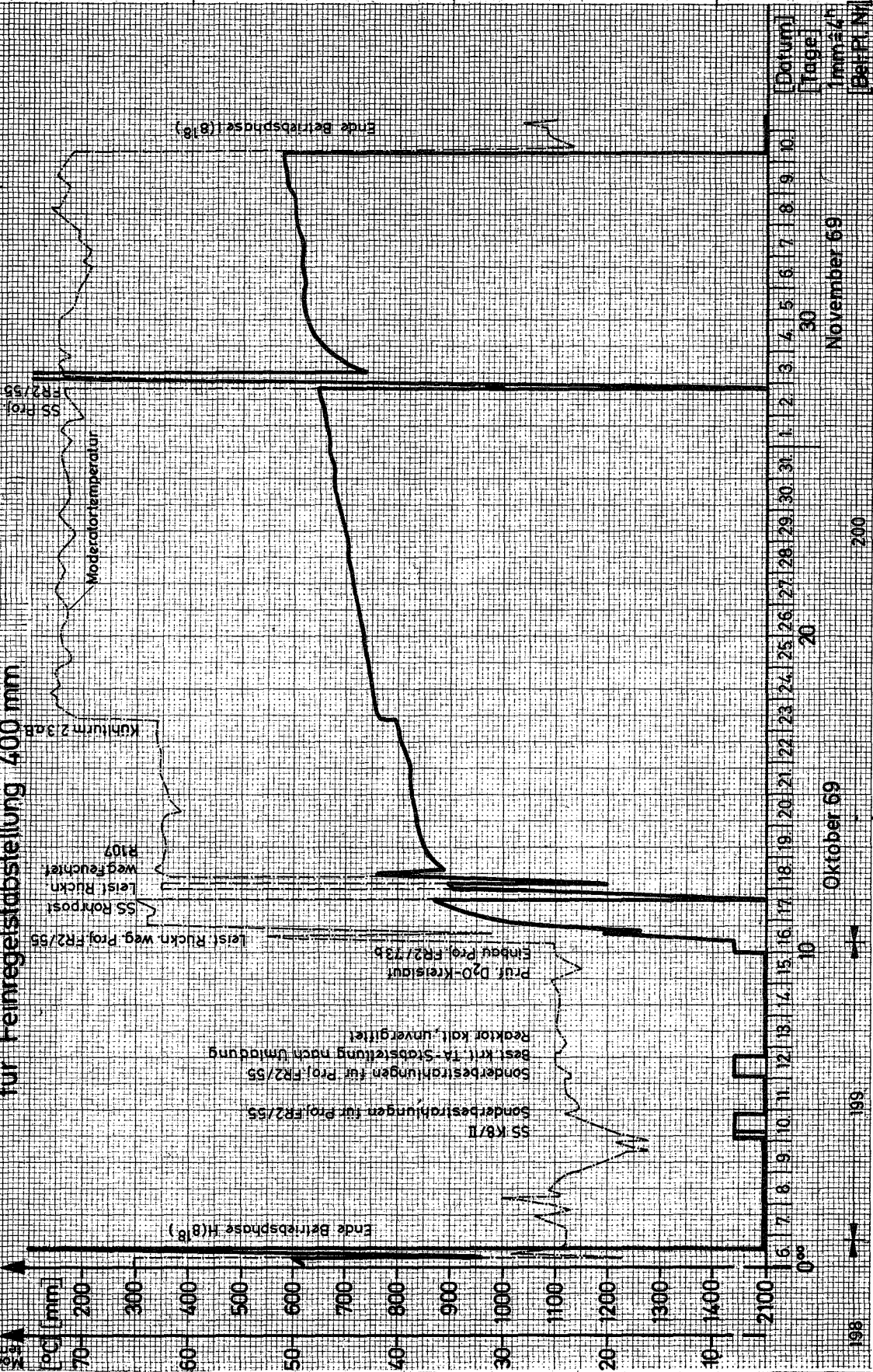


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

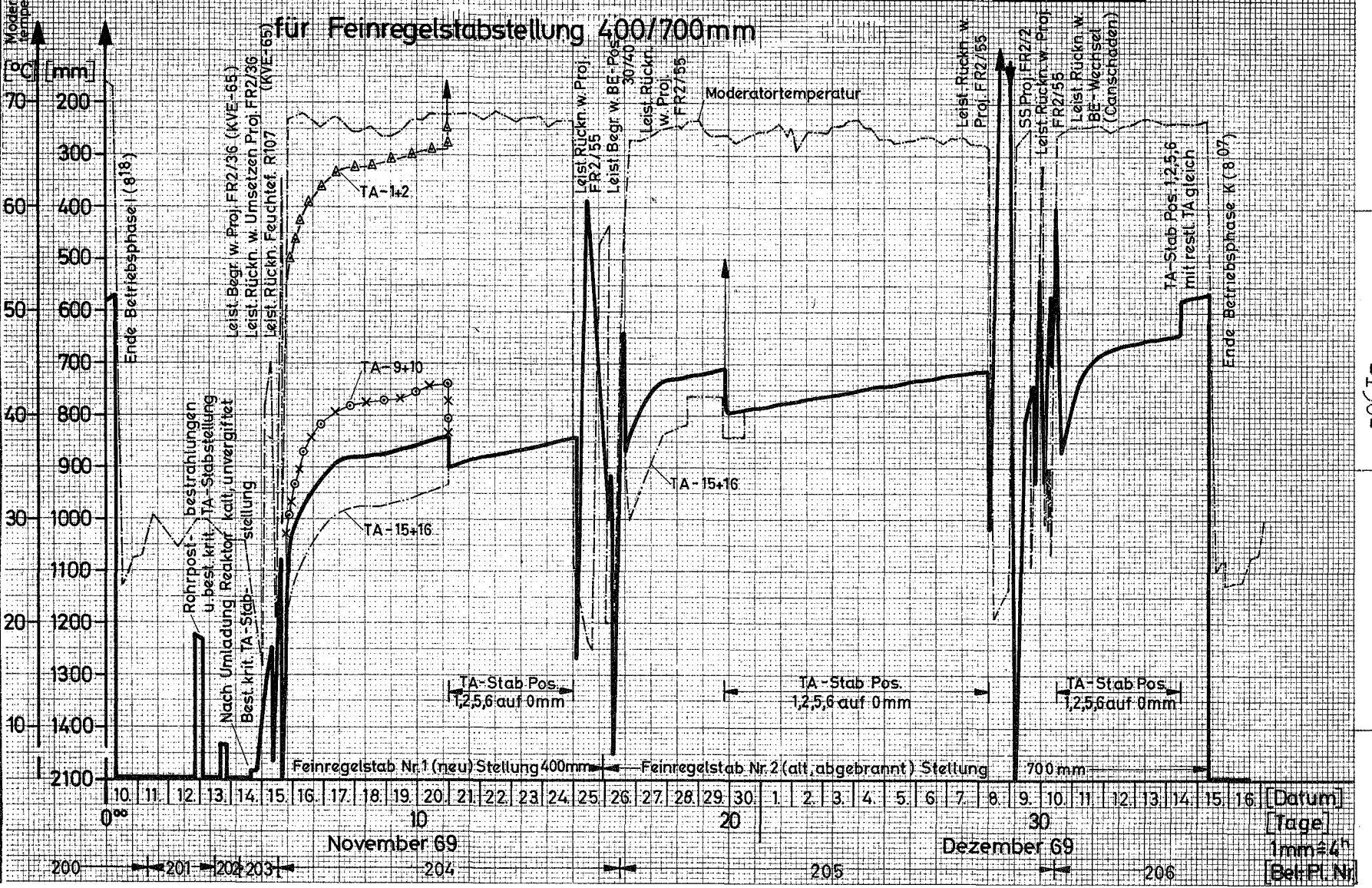
Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase I (41 - 45 Woche)

für Feinregelstabstellung 400 mm





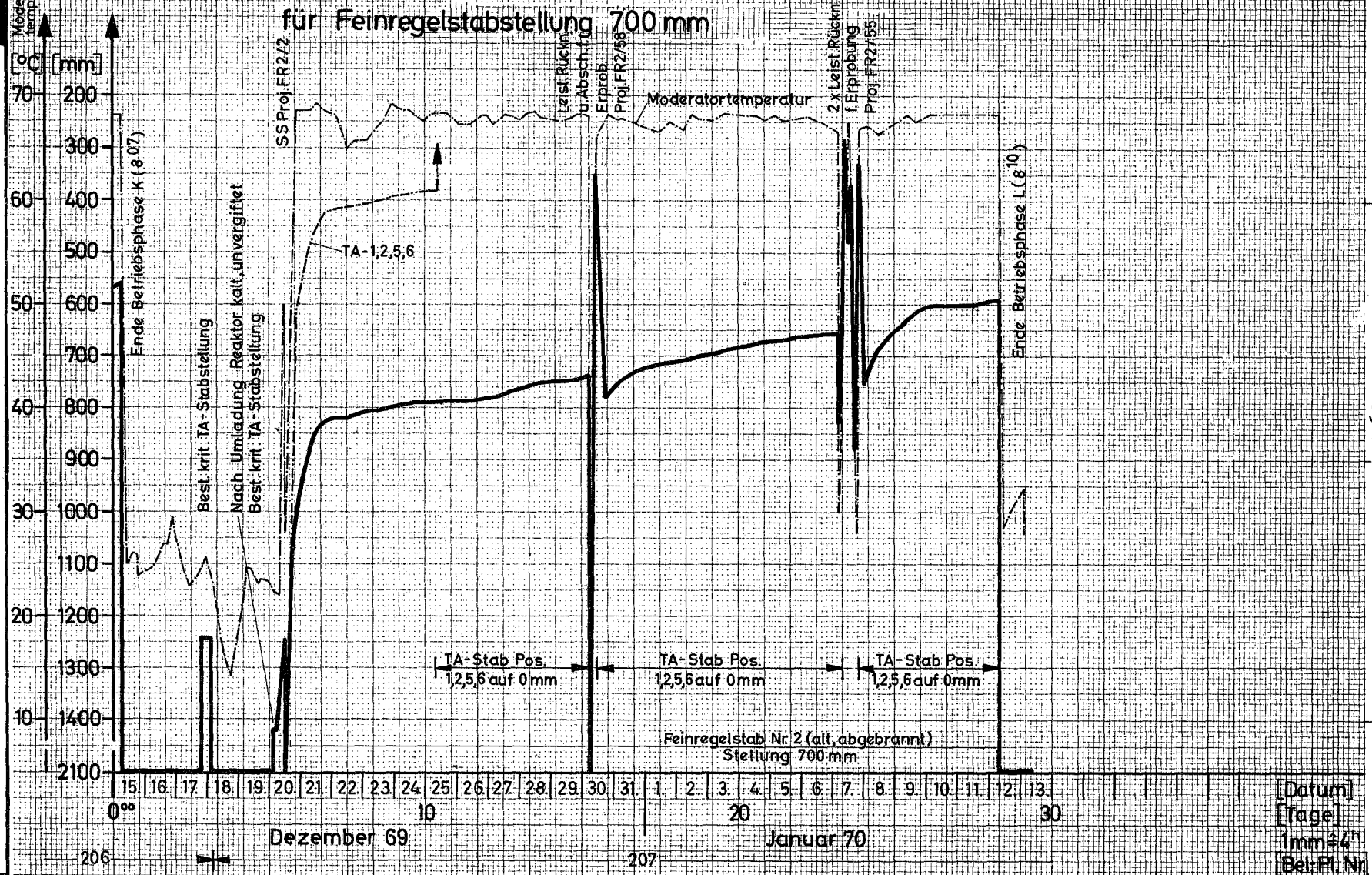
Kritische Trimmstababstellung in Betriebsphase K (46-50. Woche)





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

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase L (51 Wo.69-2 Wo.70)

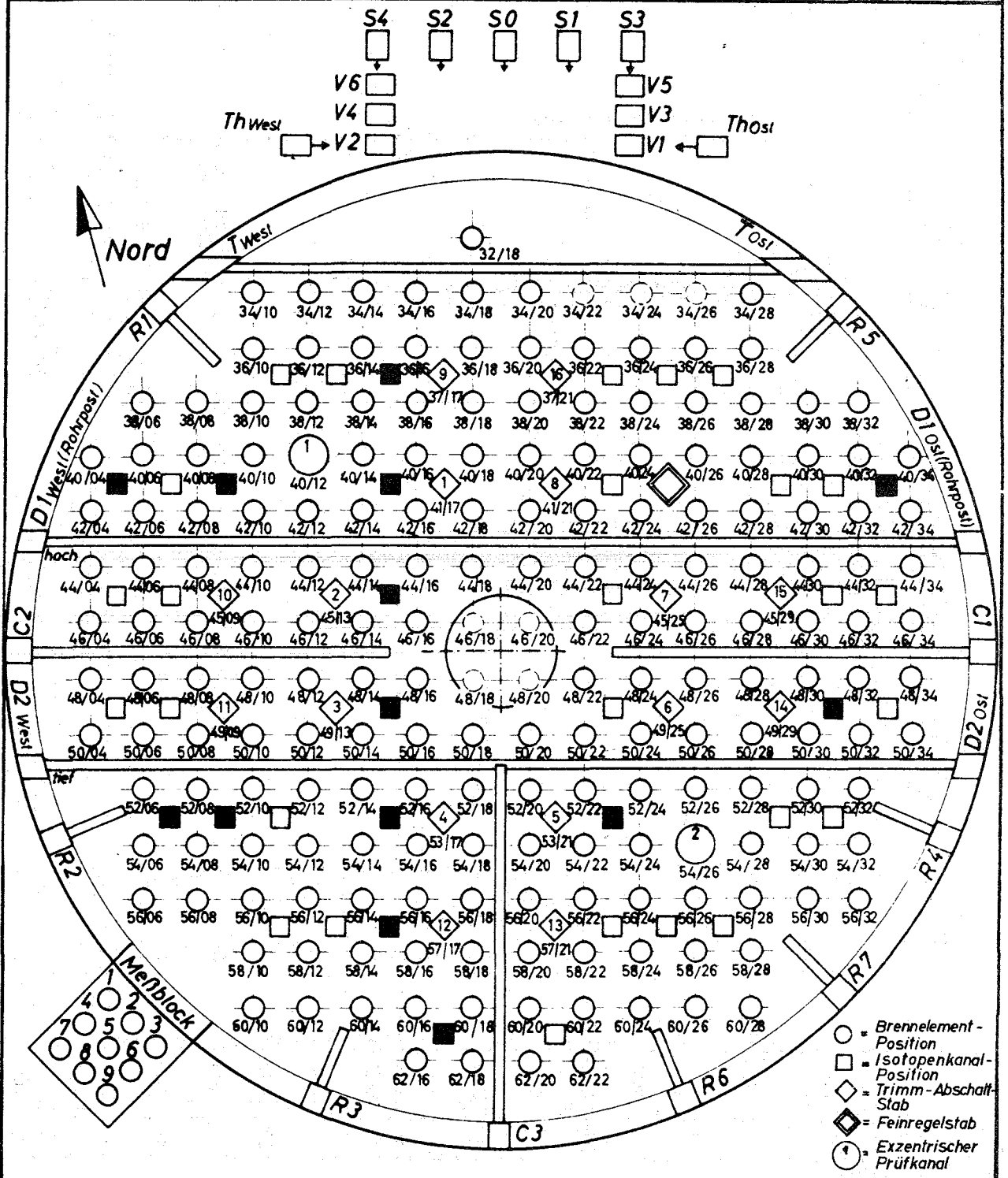


Positionskarte FR2 - Core

Beladungsplan für Isotopenkanal - Positionen

Beladung Nr.: Iso/9
Datum: vom 25.10.67 - 26.8.69

Standardbeladung Nr.9 mit 14 Isotopentauchrohren einschließlich leeren Kapselträgerrohren.



Formblatt: 9a



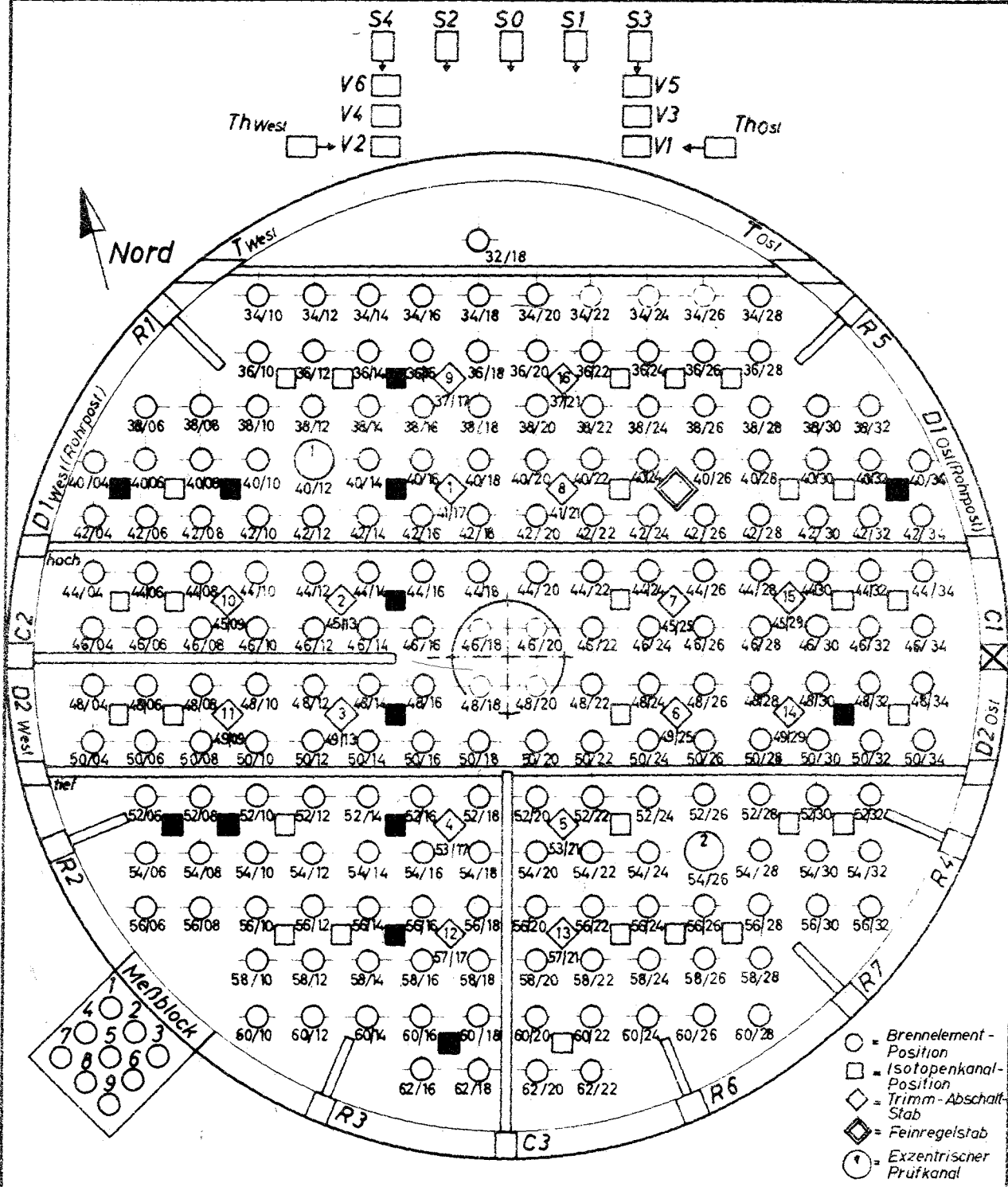
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

Positionskarte FR2 - Core

Beladung Nr.: Iso 10

Datum: ab 26.08.69

Standardbeladung Nr. 10 mit 13 Isotopentauchrohren einschließlich leeren Kapselträgerrohren.



Formblatt: 9 b



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb