

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM**

**KARLSRUHE**

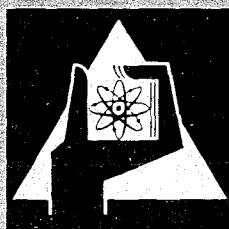
Juni 1971

KFK 742

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR 2  
für das Jahr 1968

W. Steiger



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Mai 1971

KFK 742

Abteilung Reaktorbetrieb

Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2  
für das Jahr 1968

---

von

Werner Steiger

unter Mitwirkung

von

J. Blümle, E. Geiser, R. Kettner, D. Philipp,  
R. Rappenberg, G. Schöffel, D. Wildberg

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

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

## Abstract

In 1968, the research reactor FR2 was operated largely along the lines of the schedule for 1968 drawn up in December 1967. On January 4, 1968, 12.32 p.m., full reactor power was reached again after repair of the leak of the core tank discovered on November 17, 1967.

The schedule provided for 10 operations phases of 5 weeks each and one shutdown phase of 3 weeks. Reactor power for all operations phases was fixed at 44 MW.

Within the ten operations phases of 35 days each, the reactor was run on the average for 30 days and shut down for 5 days, which corresponds to a maximum possible utilization of 86%. The rate actually attained was 82%.

In the shutdown period, 62 fuel elements were added according to schedule: 55 BE7 (1.75% enrichment) and 7 BE8 (2.0% enrichment). The 72 fuel elements unloaded of type 5 (1.5% enrichment) had burnups between 9.2 MWd/kg<sub>U</sub> at the beginning of the year and 10,5 MWd/kg<sub>U</sub> at the end of the year. One fuel element (BE7-8) was removed outside the schedule because of suspected can failure.

The experiments were run without major interruptions of reactor operation. There has been a definitive increase in utilization of the experimental facilities as against the previous year. The number of disturbances resulting in reactor scram has increased in accordance with the number of systems connected with the scram system.

There were three interruptions, each lasting for the period of one reactor operations phase, which occurred in the low temperature irradiation facility because of repair work on the expansion machine.

## 1. Zusammenfassung

Der Forschungsreaktor FR2 konnte im Jahre 1968 weitgehend gemäß dem im Dezember 1967 aufgestellten Terminleitplan für 1968 betrieben werden. Die volle Reaktorleistung wurde nach Reparatur des am 17. November 1967 festgestellten Coretanklecks am 4. Januar 1968 um 12.32 Uhr wieder erreicht.

Der Plan sah 10 Betriebsphasen zu jeweils 5 Wochen und 1 Abschaltphase zu 3 Wochen vor. Die planmäßige Reaktorleistung betrug für alle Betriebsphasen 44 MW.

Innerhalb der 10 Betriebsphasen zu jeweils 35 Tagen war der Reaktor durchschnittlich 30 Tage in Betrieb und 5 Tage abgeschaltet, was einer max. möglichen Nutzung von 86 % entspricht. Erreicht wurden 82 %.

In den Abschaltwochen wurden planmäßig 62 Brennelemente - 55 BE7 (1,75 % Anreicherung) und 7 BE8 (2,0 % Anreicherung) - neu zugeladen. Die ausgeladenen 72 Brennelemente des Typs 5 (1,5 % Anreicherung) hatten Abbrände zwischen 9,2 MWd/kp<sub>U</sub> am Jahresanfang und 10,5 MWd/kp<sub>U</sub> am Jahresende. 1 Brennelement (BE7-8) wurde unplanmäßig wegen eines Hüllschadenverdachts ausgebaut.

Der Betrieb der Experimente wurde ohne größere Betriebsunterbrechungen abgewickelt. Die experimentelle Nutzung der Versuchseinrichtungen hat sich im Vergleich zum Vorjahr deutlich erhöht. Die zu Reaktorschnellschluß führenden Störungen sind entsprechend der Zahl der Schnellschlußaufschaltungen angestiegen.

Drei Unterbrechungen von der Dauer je einer Reaktorbetriebsphase gab es bei der Tieftemperaturbestrahlungsanlage wegen Reparaturarbeiten an der Expansionsmaschine.

Inhaltsverzeichnis	Seite
-----	-----
1. Zusammenfassung	2
2. Einleitung	3
3. Betrieb des Reaktors	5
3.1 Reaktorleistung und Energieabgabe	10
3.2 Betriebszeiten	12
3.3 Ausnutzung und Verfügbarkeit	13
3.4 Beladung des Reaktors, Leistungsverteilung	15
3.5 Abbrand	23
3.6 Reaktivitätsverhalten, Neutronenfluß	26
3.7 Schwerwasserkreislauf	29
3.8 Brennelementüberwachung	30
3.9 Funktionsfähigkeit der Abschaltelemente	34
3.10 Betriebsunterbrechungen, Fehleranalyse	36
3.11 Leistungsrücknahmen	37
3.12 Besondere Vorfälle	38
3.13 Elektrizitäts- und Wasserverbrauch	40
4. Betrieb der Experimente	41
4.1 Isotopenproduktion	41
4.2 Strahlrohrexperimente	48
4.3 Kapselexperimente	51
4.4 Kreislaufexperimente	54
4.5 Sonstige Coreeinbauten	60
5. Eigenüberwachung des FR2	65
6. Personal	70
6.1 Zusammensetzung	70
6.2 Strahlenbelastung	71
6.3 Schulung	72
7. Ausblick	73
8. Literaturverzeichnis	74
9. Tabellen und Diagramme	75

## 2. Einleitung

Kernstück des Karlsruher Forschungszentrums ist der FR2, der in sich die Eigenschaften eines Materialprüfreaktors und eines Forschungsreaktors mit hoher Neutronenflußdichte vereinigt.

Seine Aufgaben sind:

Herstellung radioaktiver Isotopen zur Anwendung in Medizin, Technik und Forschung,

äußere Nutzung des Neutronenflusses an 13 Strahlkanälen für physikalische Experimente,

innere Nutzung (im Reaktorkern) des Neutronenflusses für Bestrahlung von neuartigen Brenn- und Brutstoffen sowie Strukturmaterialien.

Seine erste Ausbaustufe mit einer thermischen Leistung von 12 MW erreichte er im Dezember 1962 mit Brennelementen aus metallischem Natururan. Der Dauerleistungsbetrieb nach Maßgabe der Experimente begann Mitte 1963. Ende 1965 war die erste Brennelementladung abgebrannt.

Die zweite Ausbaustufe mit einer thermischen Leistung von 44 MW wurde im Juni 1966 mit Brennelementen aus Urandioxyd und einer Anreicherung von 1,5% erreicht. Der allmähliche Austausch dieser Brennelemente gegen solche mit einer Anreicherung von 1,75% ist im Gange.

Die Hauptaufgabe für den Betrieb des FR2 sehen wir darin, seine optimale Nutzung zu ermöglichen. Das wird erreicht durch lange Betriebszeiten bei hoher Leistung.

Periodische Abschaltungen sind notwendig, um die Reaktivität des FR2 durch Brennelementumladungen aufrechtzuerhalten. Dabei werden abgebrannte Brennelemente nach einem bestimmten Schema durch neue ersetzt. Außerdem ist eine Abschaltung von etwa 3 Wochen im Jahr notwendig, um Reparaturen und größere Wartungsarbeiten sowie von der Aufsichtsbehörde vorgeschriebene Prüfungen der Sicherheitseinrichtungen durchzuführen.



Die Ausnutzung in den 2 letzten Jahren betrug:

Jahr	Verfügbarkeit innerhalb der planmäßigen Betriebszeit	Nutzung
1967	(86,4 %)	(77 %)
Abdichtung des Lecks im C1-Kanal, unter Berücksichtigung dieses unvorhersehbaren Zwischenfalls:		
	99,3 %	86 %
1968	96,4 %	96 %

Damit gehört der FR2 zu einem der bestausgenutzten Forschungsreaktoren.

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

n = Anzahl der Betriebsphasen

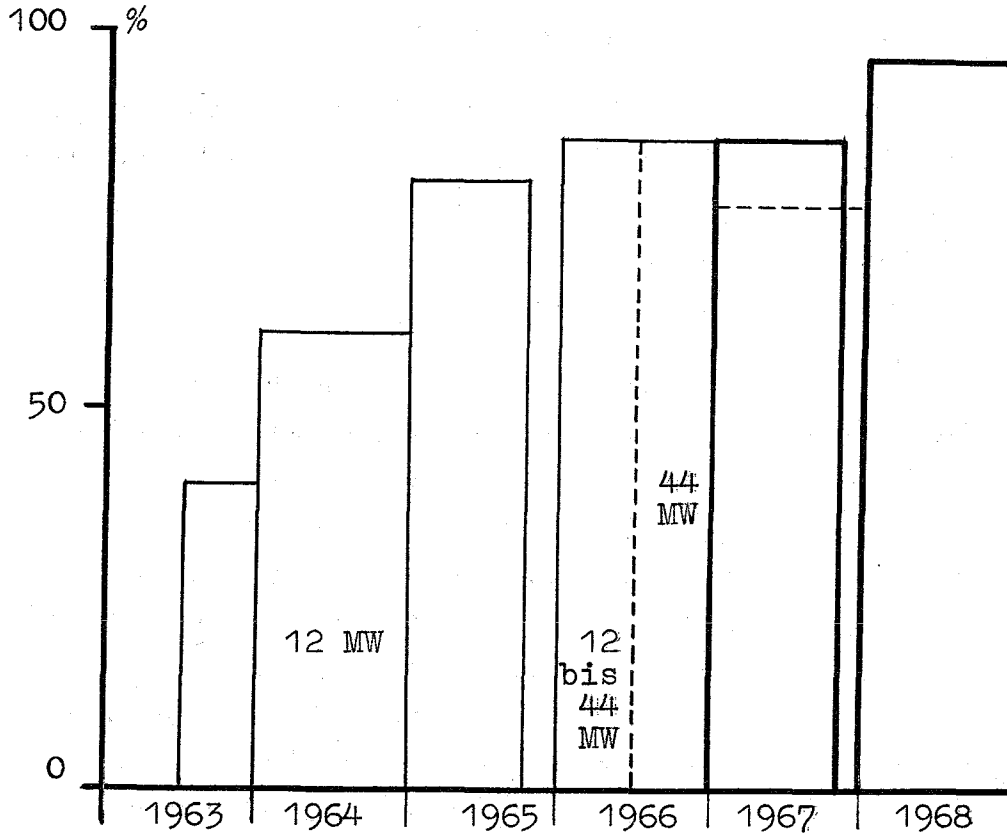


Abb.2.1: Die Nutzungsfaktoren des FR2

### 3. Betrieb des Reaktors

Der Reaktorbetrieb im Jahre 1968 erfolgte entsprechend dem im Dezember 1967 aufgestellten "FR2-Terminleitplan 1968" (Abb. 3.1). Das Jahr war wie im Vorjahr in 10 Betriebsphasen zu jeweils 5 Wochen (A bis F und H bis K) und in 1 Abschaltphase (G) zu 3 Wochen unterteilt.

In den 35-tägigen Betriebsphasen war der Reaktor durchschnittlich 30 Tage in Betrieb und 5 Tage abgeschaltet. Von den 30 Betriebstagen waren rd. 29,5 Tage Vollastbetrieb bei 44 MW (Nennleistung).

Für den Start des Reaktors waren bis zum Erreichen der Nennleistung maximal 12 Stunden erforderlich. Diese vielleicht etwas lang erscheinende Zeit ist dadurch bedingt, daß in jeder Abschaltphase sowohl Brennelemente als auch Kapselversuchseinsätze umgeladen bzw. aus- und eingeladen wurden. Ferner wird nach jeder Brennelementumladung bei verschiedenen Leistungsstufen die Kühlmittelaufheizspanne für alle Positionen überprüft. Diese Maßnahme läßt die Leistungsverteilung auf die einzelnen Brennelemente und Versuchseinsätze erkennen und stellt eine ordnungsgemäße Umladung sicher. Ein weiterer Grund für das langsame Hochfahren der Reaktorleistung ist die anfänglich noch nicht stationäre Xe-Vergiftung, die bei frisch umgeladenem Reaktor ein tiefes Eintauchen der Trimmabschaltstäbe in den Kern bewirkt. Dadurch wären bei Vollast Leistungsüberhöhungen im unteren Teil der Brennelemente denkbar.

In den 5 Abschalttagen je Betriebsphase erfolgten die planmäßigen Aus- und Einladungen sowie Umladungen von Brennelementen, die rd. 2 Arbeitstage beanspruchten (vgl. Kap. 3.4). Der Wechsel und die Umladungen der Kapselversuchseinsätze erforderten meistens einen weiteren Arbeitstag (vgl. Kap. 4.3).

Daneben wurden durch die Technischen Gruppen die laufenden Reparatur- und Wartungsarbeiten sowie Neumontagen ausgeführt, die einen abgeschalteten Reaktor erforderten.



# FR2 - Terminleitplan 1968

Lfd. Nr.	Monat Woche	Januar				Februar				März				April				Mai				Juni				Juli				August				September				Oktober				November				Dezember				Jan. 1969		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51
	<b>Betriebsphase</b>	L-67	A				B				C				D				E				F				G				H				I				K				L									
1	Reaktorbetrieb 44 MW		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2	Funktionsprüfungen (Reaktor und Experimente)					■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■						
3	Montagen					■				■				■				■				■				■				■				■				■				■				■						
4	Brennelementumsetzungen																																																			
5																																																				
6	FR2-Projekt 2 (Tieftemp.-Bestr.-Anlage) <b>Betrieb</b>		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
7	FR2-Projekt 16 (Kalte Quelle) <b>Einbau</b>																																																			
7	FR2-Projekt 16 (Kalte Quelle) <b>Betrieb</b>																																																			
8	FR2-Projekt 26 (He-Prüfkreislauf) <b>Betrieb</b>																																																			
9	FR2-Projekt 36 (Kapsel-Bestr.) <b>Einb./Wechs</b>																																																			
9	FR2-Projekt 36 (Kapsel-Bestr.) <b>Betrieb</b>																																																			
10	FR2-Projekt 53 (Pu-Bündel-Bestr.) <b>Einb./Wechs</b>																																																			
10	FR2-Projekt 53 (Pu-Bündel-Bestr.) <b>Betrieb</b>																																																			
11	FR2-Projekt 54/II (Canschaden-BE) <b>Einbau</b>																																																			
11	FR2-Projekt 54/II (Canschaden-BE) <b>Betrieb</b>																																																			
12	FR2-Projekt 55 (Heißdampf-Prüfkreislauf) <b>Einbau</b>																																																			
12	FR2-Projekt 55 (Heißdampf-Prüfkreislauf) <b>Betrieb</b>																																																			
13	FR2-Projekt 57 (Thermion. Konverter-Bestr.) <b>Einbau</b>																																																			
13	FR2-Projekt 57 (Thermion. Konverter-Bestr.) <b>Betrieb</b>																																																			
14	FR2-Projekt 58 (Brennstoffplatten-Bestr.) <b>Einbau</b>																																																			
14	FR2-Projekt 58 (Brennstoffplatten-Bestr.) <b>Betrieb</b>																																																			
15	FR2-Projekt 64 (Thermion. Emmitter-Bestr.) <b>Einbau</b>																																																			
15	FR2-Projekt 64 (Thermion. Emmitter-Bestr.) <b>Betrieb</b>																																																			
16	FR2-Projekt 65 (Heiße Quelle) <b>Einbau</b>																																																			
16	FR2-Projekt 65 (Heiße Quelle) <b>Betrieb</b>																																																			
17																																																				
18	16 Strahlrohrexperimente <sup>*)</sup> <b>Betrieb</b>		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
19																																																				
20	Isotopenbestrahlungen (FR2-Projekte 1/38/44)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			

<sup>\*)</sup> ohne FR2-Projekte 16 und 65

■ Vorrangigkeit gegenüber    ▨ bei Punkt 2 und 3

Freigabe: *W. J. Schmidt*

Datum: 15.12.1967

Einen erheblichen Zeitaufwand benötigten auch die periodischen Funktionsprüfungen gemäß dem FR2-Prüfplan, ferner der Reaktorbetrieb  $\leq 10^{-3}$  Nennleistung für Reaktivitätskontrollen und zur Schulung des Personals. Soweit als möglich wurden die nur bei abgeschaltetem Reaktor durchführbaren Funktionsprüfungen durch die Mitarbeiter der Spät- und Nachtschichten erledigt (vgl.Kap.5).

Ein Vergleich des nach den tatsächlichen Gegebenheiten überarbeiteten FR2-Terminleitplans 1968 (Abb.3.2) mit dem Leitplan vom Dezember 1967 (Abb.3.1) zeigt, daß keine wesentlichen Verschiebungen im Betrieb des Reaktors eingetreten sind. Eine Übersicht über den Betriebsverlauf gibt das Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1968 (Abb.3.3). Nähere Einzelheiten können aus den im Anhang (Kap. 9) beigelegten 11 Formblättern Nr. 148/24 bis 148/34 "Reaktorleistung in den Betriebsphasen A bis L" für das Jahr 1968 entnommen werden.

In der 30. bis 33. Woche des Jahres war der Reaktor planmäßig für größere Montagen außer Betrieb (Abschaltphase G, siehe Abb.3.2). Ferner wurden nach 3-wöchiger Abschaltzeit des Reaktors die Funktionsprüfungen durchgeführt, bei denen eine kurze Trockenstehzeit der Brennelemente unvermeidbar ist (vgl.Kap.5).

Das im November 1967 im Reaktortank an der Strahlrohrposition C1 aufgetretene Leck, das bis zum Jahresende 1967 mit einer kontrollierbaren Doppeldichtung verschlossen wurde [3], bereitete keine Schwierigkeiten. Die volle Reaktorleistung konnte am 4.1.1968 um 12.32 Uhr nach Reparatur der Leckstelle wieder erreicht werden. Die Dichtstelle wurde im Laufe des Jahres mehrfach kontrolliert und hat sich nicht verändert. Zur laufenden Überwachung wurde der Kontrollraum an einem unter leichtem Helium-Überdruck stehenden und entsprechend instrumentierten Behälter angeschlossen. Ein Nachziehen des Doppelstopfens war nicht erforderlich.

Das seit November 1963 bestehende Leck im Rohrkorb und das rd. 3 Jahre später im Juli 1966 entdeckte Leck am Stahlmantel der wassergekühlten thermischen Abschirmung konnten durch betriebliche Maßnahmen beherrscht werden.

Bei konstanter Reaktorleistung sind nur unwesentliche Wasserverluste aus dem Kühlkreislauf feststellbar, da der Kreislauf mit so niedrigem Druck gefahren wird, daß kein Wasser aus dem Rohrkorbleck austritt. Lediglich beim Anfahren des Reaktors - die Umwälzpumpen für den Kühlkreislauf werden ab 1/10 Nennleistung eingeschaltet - ist bis zum Erreichen des stationären Betriebs ein Wasseranfall aus der Leckleitung vorhanden. Beide Probleme wurden ausführlich in [2] behandelt.

Bezüglich der Abluftaktivität des FR2 im Jahre 1968 wird auf [4] verwiesen. Die Abgabe an radioaktiven Abwässern ist in [5] erfaßt. Siehe auch Kap.3.13.

Die Beseitigung der natürlichen Verschmutzung der Rohrbündel in den Hauptwärmetauschern erfolgt seit dem 2.1.1967 mit dem Detergentium Detex 11 zu unserer vollen Zufriedenheit. Jeder Wärmetauscher wird 2 bis 3 mal im Jahr je nach Verschlechterung seiner Wärmedurchgangszahl nach einem genau vorgeschriebenen Reinigungsverfahren über zusätzliche Anschlüsse und Leitungen gereinigt.



Lfd. Nr.	Monat	Jan.												Febr.							März							April							Mai							Juni							Juli							Aug.							Sept.							Okt.							Nov.							Dez.							Jan. 69						
		Woche												Woche							Woche							Woche							Woche							Woche							Woche							Woche							Woche							Woche																											
1	Reaktorbetrieb 44 MW ( Betriebsphase )	A B C D E F G H I K L (A 69)																																																																																															
2	Funktionsprüfungen einschl. Sicherh. - System ( abgesch. Reaktor erf. )	[Gantt chart bars]																																																																																															
3	Montagen Luftkreislauf	[Gantt chart bars]																																																																																															
	D <sub>2</sub> O - He Kreislauf Canschadenanlage	[Gantt chart bars]																																																																																															
	H <sub>2</sub> O - Kreislauf	[Gantt chart bars]																																																																																															
	Experimente Core	[Gantt chart bars]																																																																																															
	E. - Versorgung	[Gantt chart bars]																																																																																															
4	Brennelement - Ausbau = A / Stückzahl Einbau = E / Stückzahl Umsetzung = U / Stückzahl	[Gantt chart bars]																																																																																															
5	FR2 - Proj. 2 Bestrahlungen He-Anlage in Betrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															
	Reparaturen	[Gantt chart bars]																																																																																															
6	FR2 - Proj. 16 Kalte Neutronenquelle Einbau Betrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															
	Kälte - Verflüssigungs - und Reinigungsbetrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															
	Reparaturen	[Gantt chart bars]																																																																																															
7	FR2 - Proj. 26 Prüfl. - Bestr. ( 0,17 - 18 d ) He-Anlage in Betrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															
	Reparatur u. Umbau N <sub>2</sub> -flüssig Produktion	[Gantt chart bars]																																																																																															
8	FR2 - Proj. 36 KVE - Einbau = E / lfd. Nr. KVE - Ausbau = A / lfd. Nr.	[Gantt chart bars]																																																																																															
	Anzahl KVE ( Zahl d. Prüfl. ) im Reaktor	[Gantt chart bars]																																																																																															
9	FR2 - Proj. 53 ( Pu-Bündel - Bestr. ) Einbau Betrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															
10	FR2 - Proj. 57 ( Thermion. Konvert. - Bestr. ) Einbau Betrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															
11	FR2 - Proj. 58 ( Brennstoffplatten - Bestr. ) Einbau Betrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															
12	FR2 - Proj. 66 ( Verträglichkeitsbestr. ) Einbau Betrieb ( UO <sub>2</sub> , UN, UC )	[Gantt chart bars]																																																																																															
13	FR2 - Proj. 73 ( Kriechkapselbestr. ) Einbau Betrieb	[Gantt chart bars]																																																																																															

Anmerkung: Die Ausgabe 1 ist die nach den tatsächl. Gegebenheiten überarbeitete Ausgabe 0-12 12 67

### 3.1 Reaktorleistung und Energieabgabe

Als planmäßige Reaktorleistung waren für alle Betriebsphasen des Jahres 1968

44 MW

vorgesehen. Diese Leistung sollte an 295,5 Tagen gefahren werden. Es ergibt sich daraus eine mögliche Energieabgabe von 13.000 MWd.

Die tatsächliche Gesamtenergieabgabe im Berichtszeitraum betrug

12.678,5 MWd.

Sie liegt rd. 11% höher als im Vorjahr und ist um 2,5% niedriger als geplant.

Daraus ist ersichtlich, daß die in den Kap. 3.10 und 3.11 näher beschriebenen Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen ohne nennenswerten Einfluß auf die Nutzung des Reaktors waren.

Aus den 290,8 Tagen Betriebszeit im Leistungsbereich ( $> 10^{-3} N_N$ ) und der Gesamtenergieabgabe läßt sich eine mittlere Reaktorleistung von

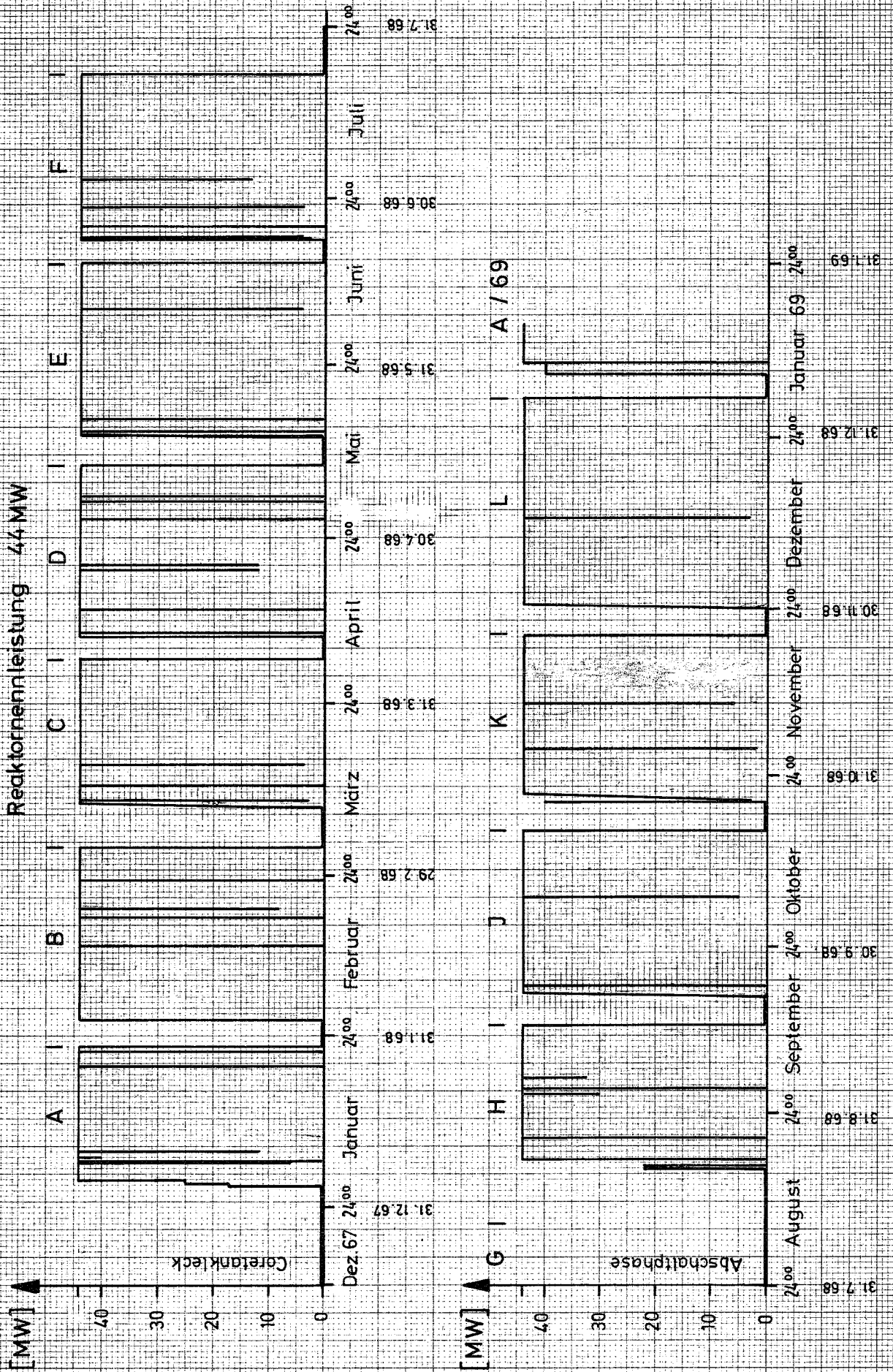
43,7 MW

errechnen. Auch diese Zahl zeigt die für einen Forschungsreaktor gute Nutzung der zur Verfügung stehenden Betriebszeit. Siehe auch Abb. 3.3 "Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1968".

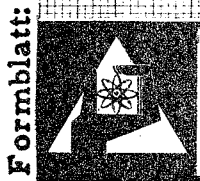
Die Tabelle 9.1 "Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1968" gibt eine genaue Aufschlüsselung des Reaktor-Betriebs nach Wochen und Betriebsphasen.

# Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1968 (Übersicht)

Reaktornennleistung 44 MW



Die Einteilung nach Betriebsphasen A-L entspricht dem FR2 - Terminleitplan 1968





### 3.2 Betriebszeiten

Der FR2 erreichte im Jahre 1968 eine Gesamtbetriebszeit von  
7.181 Stunden bzw. 299,2 Tagen.

(Die Erfassung der Gesamtbetriebszeit beginnt mit dem Ziehen der Abschaltstäbe und endet, wenn diese wieder in ihrer Endlage sind. Daraus geht hervor, daß auch die Zeiten für den Reaktorstart in der Gesamtbetriebszeit enthalten sind.)

Im Leistungsbereich ( $>10^{-3}$  Nennleistung) wurde der Reaktor  
6.979 Stunden bzw. 290,8 Tage  
betrieben.

Ferner zeigen die Betriebsaufzeichnungen, daß die Reaktor-  
nennleistung von 44 MW an  
6.780 Stunden bzw. 282,5 Tagen  
des Jahres gefahren wurde.

Als planmäßige Vollastbetriebszeit waren, wie aus dem  
Terminleitplan (Abb.3.1) ersichtlich,  
7.092 Stunden bzw. 295,5 Tage  
vorgesehen.

### 3.3 Ausnutzung und Verfügbarkeit

Wie schon eingangs erwähnt, erfolgte der Betrieb des FR2 auch im Jahre 1968 in einem 5-Wochen-Zyklus.

Eine Betriebsphase hat, wie unten-stehende Abb.3.4 zeigt, folgende wesentliche Abschnitte:

Abschaltzeit:	von Mo	8.00	bis Fr	20.00	der 1. Woche	4,5 d
Start-						
Vorbereitung:	von Fr	20.00	bis Sa	8.00	der 1. Woche	0,5 d
Reaktorstart:	von Sa	8.00	bis Sa	20.00	der 1. Woche	0,5 d
Vollast-						
betrieb	: von Sa	20.00	bis Mo	8.00	der 5. Woche	<u>19,5 d</u>
						35,0 d

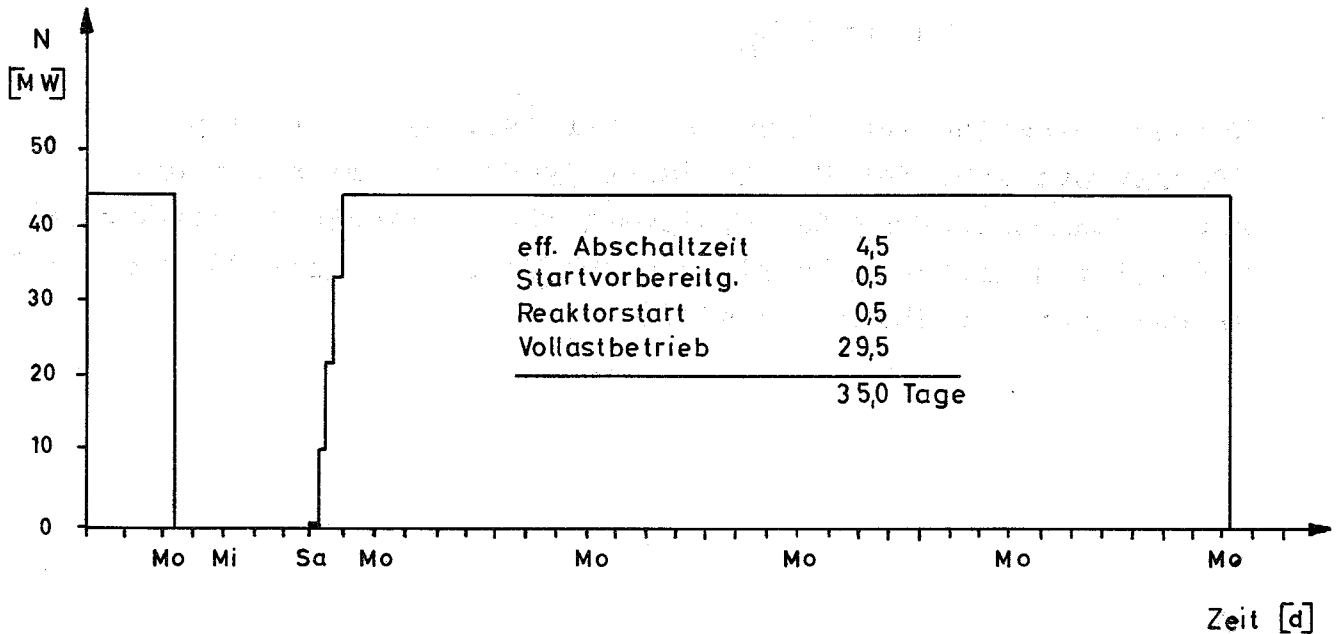


Abb. 3.4: Schematisches Betriebsdiagramm für eine Betriebsphase von 35 Tagen

Unter Einbeziehung einer zusätzlichen 3-wöchigen Abschaltphase (30. bis 32. Woche 1968), ergibt sich bei 10 Betriebsphasen für die Nominalleistung eine max. mögliche Nutzung von rd. 80% für das Jahr 1968.

Tabelle 3.1 : Verfügbarkeitszahlen (zeitliche Nutzung)

	max. möglich	erreicht
Vollastverfügbarkeit	80,7 %	77,2 %
Gesamtverfügbarkeit	82,0 %	79,5 % (81,7 %)
Verfügbarkeit innerhalb der planmäßigen Betriebszeit	100,0 %	96,4 % (99,2 %)

Die Werte in Klammern ergeben sich, wenn auch Betriebszeiten  $<10^{-3}$  Nennleistung berücksichtigt werden.

Aus der Energieabgabe nach Kap. 3.1 ergibt sich - ohne Einbeziehung der planmäßigen Abschaltphase G - für das Jahr 1968:

$$\text{Lastfaktor} = 82,3 \%$$

$$(\text{Lastfaktor} = \text{Gesamtenergieabgabe } 1968 / 35d \times 10 \text{ Betriebsphasen} \times N_N)$$

Weitere Einzelheiten können aus der Tab. 9.1 im Anhang "Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1968" entnommen werden. Eine Zusammenfassung der unplanmäßigen Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen mit den Ausfallzeiten gibt die Tab. 9.2 in zeitlicher Reihenfolge wieder.

### 3.4 Beladung des Reaktors, Leistungsverteilung

Am 28.12.1967 wurde nach Reparatur des bereits erwähnten Reaktortanklecks mit der Wiederbeladung des Reaktors begonnen. Am 31.12.1967 um 01.50 Uhr wurde der Reaktor mit der Beladung Nr. 157/1 erstmals wieder kritisch.

Die Beladung des Reaktors kann aus den im Anhang befindlichen Beladungs- und Belegungsplänen für die 10 Betriebsphasen des Jahres 1968 entnommen werden.

Für die Betriebsphase A war die Beladung Nr. 159 gültig:

122	UO <sub>2</sub> -Brennelemente	1,5 % angereichert (Typ BE5)
39	UO <sub>2</sub> -Brennelemente	1,75% angereichert (Typ BE7)
10	Brennstoffkapseleinsätze	(KVE)

---

171 Reaktorbrennelementpositionen

Im Nachtrag II zum Sicherheitsbericht für den Reaktor FR2 war aufgrund der theoretischen Durchrechnung für das mit UO<sub>2</sub>-Brennelementen bestückte Core die Einteilung des Cores radial in 4 Zonen vorgenommen worden. In der zentralen (4.) Zone stehen die am weitesten abgebrannten Elemente. Umladen erfolgt in Richtung von außen nach innen. Um die auftretenden Schwankungen in Fluß- und Leistungsverteilung klein zu halten, sollten in jeder Abschaltwoche 18 Brennelemente um- bzw. 6 aus- und 6 neu eingeladen werden.

Im praktischen Betrieb zeigte es sich aber, daß diese 3 Umladungen pro Ausladung nicht genügten. Um ein einigermaßen ausgeglichenes Fluß- und Leistungsbild im Core zu bekommen, müssen mindestens 4 Umladungen pro Ausladung durchgeführt werden - die Zahl der Zonen mußte also erhöht werden. Siehe auch Tabelle 3.2 "Beladungszustände des FR2 im Jahre 1968".

Tabelle 3.2:

## Beladungszustände des FR2 im Jahre 1968

Betr.- Phase	Bel. Plan Nr.	Veränderungen zu Beginn des Beladeplanes														Bestand im Reaktor						Summe gesamt im Reaktor	Summe der besetzten Positionen mit Kühlung v. Reaktorkreislauf				
		Zuladungen						Ausladungen				Umsetzungen				BE - Typ		KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	auf Gitterposition		auf Zwischen- Gitterposition				
		BE - Typ				KVE	Sonst. Proj.	BE-Typ		KVE	Sonst. Proj.	BE-Typ			KVE	Sonst. Proj.											
5	7	8	9	5	7			5	7			8	5	7			8	9	5	7	8	9					
L/67	158	(9)	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	101	0	0	0	9	0	2	112	110	-
A/68	159	(21)	7 (32)	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	122	39	0	0	10	0	2	173	171	-
B/68	160*	-	5	-	-	1	-	6	-	1	-	22	5	-	-	-	-	116	44	0	0	10	0	2	172	170	-
	161	3	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	44	0	0	10	0	2	172	170	-
	162	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	44	0	0	10	0	2	172	170	-
C/68	163*	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	44	0	0	10	1	2	173	170	-
	164*	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	44	0	0	12	2	2	176	170	3
	165	1	5	-	-	-	-	7	-	-	-	20	7	-	-	-	-	110	49	0	0	12	2	2	175	169	3
D/68	166	1	6	-	-	1	-	8	-	2	1	24	11	-	5	1	-	103	55	0	0	11	1	2	172	166	3
	167	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	103	55	0	0	11	1	2	172	166	3
E/68	168	2	7	-	-	3	-	10	-	1	-	19	16	-	4	-	-	95	62	0	0	13	1	2	173	164	6
F/68	169	-	7	-	-	-	-	8	-	-	-	22	17	-	3	-	-	87	69	0	0	13	1	2	172	163	6
	170	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	88	68	0	0	13	1	2	172	163	6
	171	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	88	68	0	0	13	1	2	172	163	6
G/H/68	172*	3	8	3	-	-	-	12	-	3	-	12	11	-	2	-	-	79	76	3	0	10	1	2	171	163	5
I/68	173	-	1	3	-	3	4	6	1	1	-	8	19	-	1	-	-	73	76	6	0	12	5	2	174	163	8
	174	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	73	76	6	0	12	5	2	174	163	8
K/68	175*	-	3	-	-	-	1	4	-	-	-	7	21	-	-	3	-	69	79	6	0	12	6	2	174	163	8
	176	-	-	-	-	2	1	1	-	1	-	3	5	-	3	1	-	68	79	6	0	13	7	2	175	163	8
	177	1	-	-	-	-	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	69	78	6	0	12	8	2	175	163	7
L/68	178	1	8	1	-	2	1	10	-	-	1	15	27	1	1	-	-	60	86	7	0	14	8	2	177	164	9
	179	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	61	86	7	0	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

Anmerkung: Die mit \* bezeichneten Beladepäne sind Beladungszustände, bei denen kein Reaktorleistungsbetrieb erfolgte (Umladungen).

Die letzte Betriebsphase L des Jahres 1968 wurde mit der Beladung Nr. 179 durchgeführt:

61  $UO_2$ -Brennelemente 1,5 % angereichert (Typ BE5)  
86  $UO_2$ -Brennelemente 1,75% angereichert (Typ BE7)  
7  $UO_2$ -Brennelemente 2,0 % angereichert (Typ BE8)  
10 Brennstoffkapsелеinsätze (KVE)

---

164 Reaktorbrandnelementpositionen

Mit der Zuladung frischer Elemente des Typs BE8, die gegenüber den BE7 eine um 0,25 % erhöhte Anreicherung von 2,0 % haben, wurde am Ende der großen Abschaltphase (Beladung Nr. 172) begonnen. Durch diese leichte Erhöhung der Anreicherung der frischen Elemente wird der Zielabbrand erhöht und eine bessere Wirtschaftlichkeit erreicht. Die betrieblich erforderliche Überschußreaktivität und die Flußverteilung im Kern wird durch Variation der Umladeschwindigkeit eingestellt.

Die jeweiligen Beladungszustände zeigt die Tabelle 3.2. Daraus ist auch die Zahl der Zu- und Ausladungen sowie die der Umsetzungen zu ersehen.

Abb. 3.5 zeigt die Eintauchtiefe aller 16 Trimmabschaltstäbe (TA-Stäbe) für 2 Reaktorzustände über das Jahr 1968:

kalt, unvergiftet, ohne Abbrand	(frisch umgeladen),
warm, vergiftet, mit Abbrand	(am Ende einer Betriebsphase).

Siehe hierzu auch Kap. 3.6.

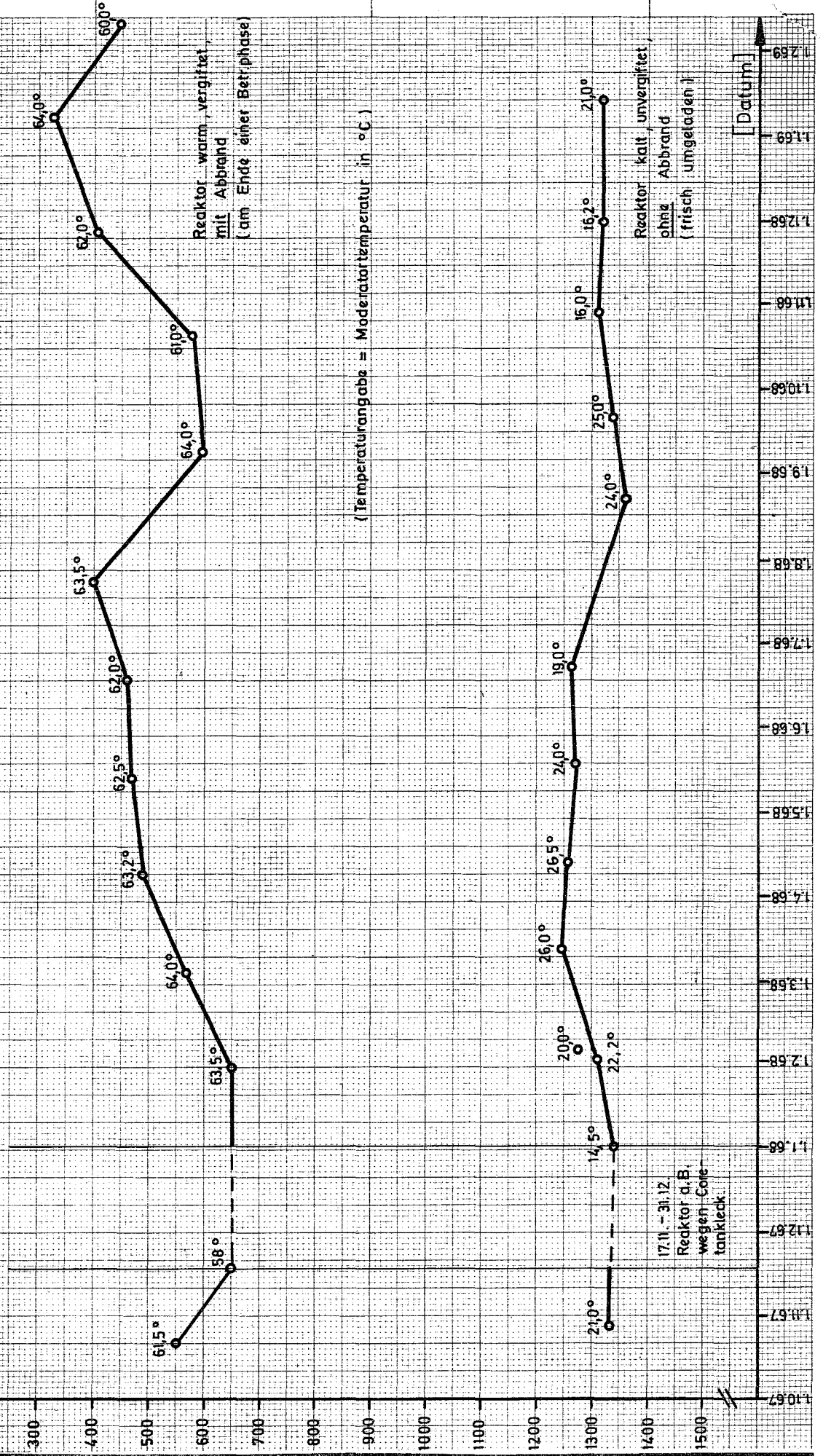
Da die Moderatorortemperatur die Reaktivität beeinflusst, wurde sie ebenfalls mit eingetragen. Die kritische TA-Stab-Stellung für den kalten Reaktor hat den erwarteten ausgeglichenen Verlauf. Die Eintauchtiefe der TA-Stäbe für den warmen Reaktor zeigt größere Unterschiede, so wirkt sich z.B. die 5-wöchige Betriebsphase L am Ende des Jahres durch eine besonders kleine Eintauchtiefe aus.

Im Laufe der großen Abschaltphase wurden mehr Brennelemente

# Eintauchtiefe aller 16 Trimmstäbe für verschiedene Reaktorzustände

(Feinregelstabstellung 400 mm)

Krit. IA-  
Stabstellig  
[mm]



(Temperaturangabe = Moderatoratmosphäre in °C)



als üblich zugeladen, um den im Laufe des ersten halben Jahres stattgefundenen Reaktivitätsverlust wieder auszugleichen. Deshalb ist die Eintauchtiefe am Ende der Betriebsphase H besonders groß. Der nächste Sprung in der Betriebsphase K wird durch den Neueinbau von 5 Brennstoffkapsелеinsätzen und nur 4 Brennelementen erklärt.

Nach jeder Umladung des Cores erfolgt bei kleiner Reaktorleistung ( $< 10^{-3} N_N$ ), um den Einfluß der Xenon-Vergiftung möglichst auszuschließen, die Abbildung des Feinregelstabes (FR-Stab) von 0 bis 1200 mm auf die 16 TA-Stäbe. Damit erhält man eine relative Aussage über die Reaktivitätswirkung des FR-Stabes. Es ist

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

Die Kurve in Abb. 3.6 für die Eintauchtiefe der TA-Stäbe bei kaltem, frisch umgeladenem Reaktor zeigt erwartungsgemäß einen ausgeglichenen Verlauf, da bereits bei der Festlegung des Umladeplanes die Reaktivitätseinflüsse von Experimenten berücksichtigt werden.

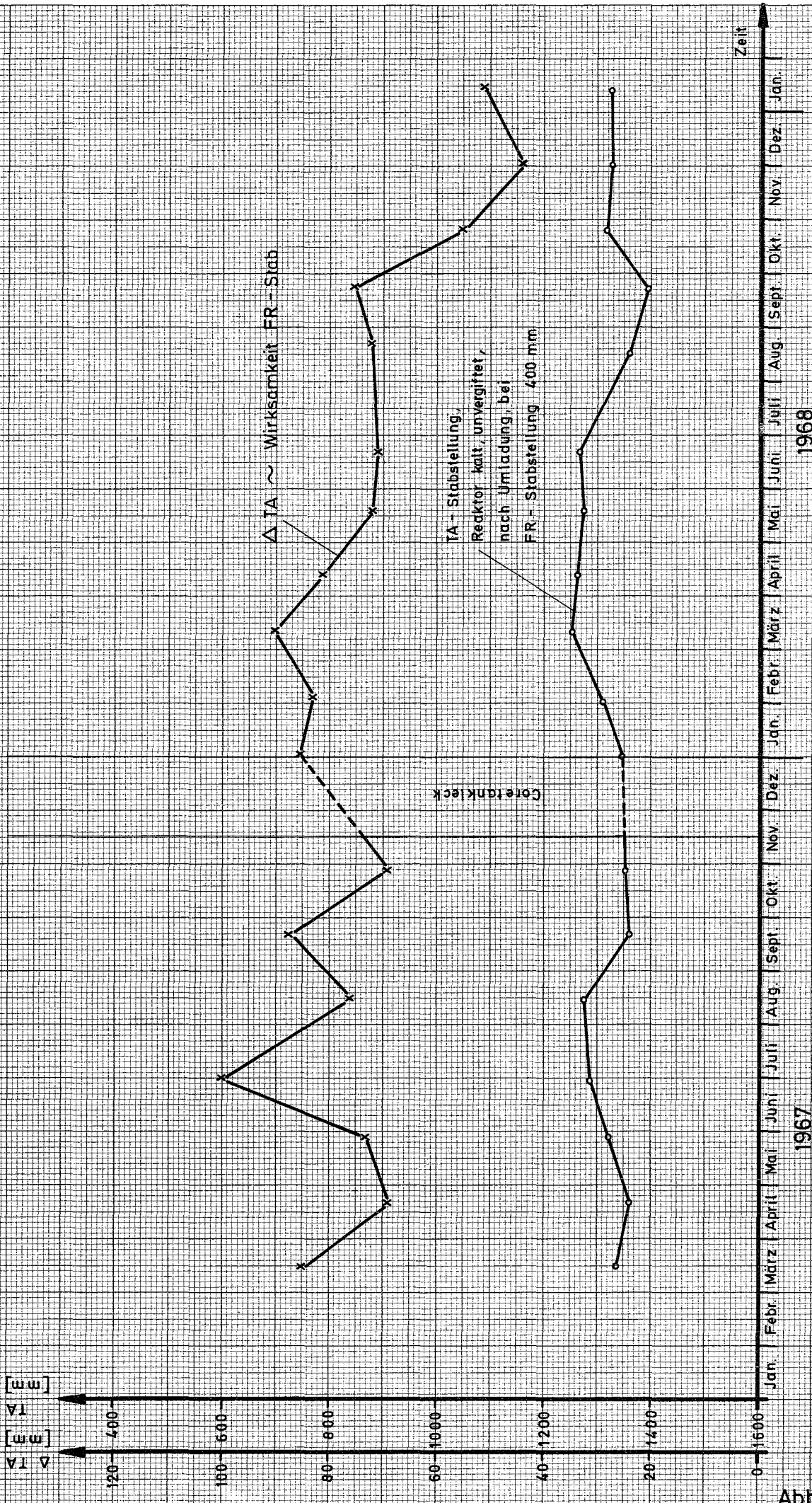
Zur Reaktivitätsüberwachung des FR-Stabes - er ragt weiter ins Core (siehe Abb. 3.7) und brennt entsprechend schneller ab - ist in Abb. 3.6  $\Delta TA = f(FR)$  aufgetragen.

Bei der Beurteilung der  $\Delta TA$ -Kurve ist zu beachten, daß die absolute Eintauchtiefe der 16 TA-Stäbe - abhängig von der bestehenden Überschußreaktivität - und die örtliche Brennstoffverteilung im Core die Wirksamkeit des FR-Stabes beeinflussen.

Die Kurve  $\Delta TA$  verläuft im ganzen leicht abfallend. Bei den drei letzten Messungen im Jahre 1968 wurde erstmals  $\Delta TA \approx 50$  mm erreicht. Daraufhin wurden entsprechende Schritte unternommen, um im Jahre 1969 die Wirksamkeit eines neuen FR-Stabes zu messen und diesen evtl. gegen den alten FR-Stab auszuwechseln.



Abbildung Feinregelstab Nr.2 auf Trimmabschaltstäbe.

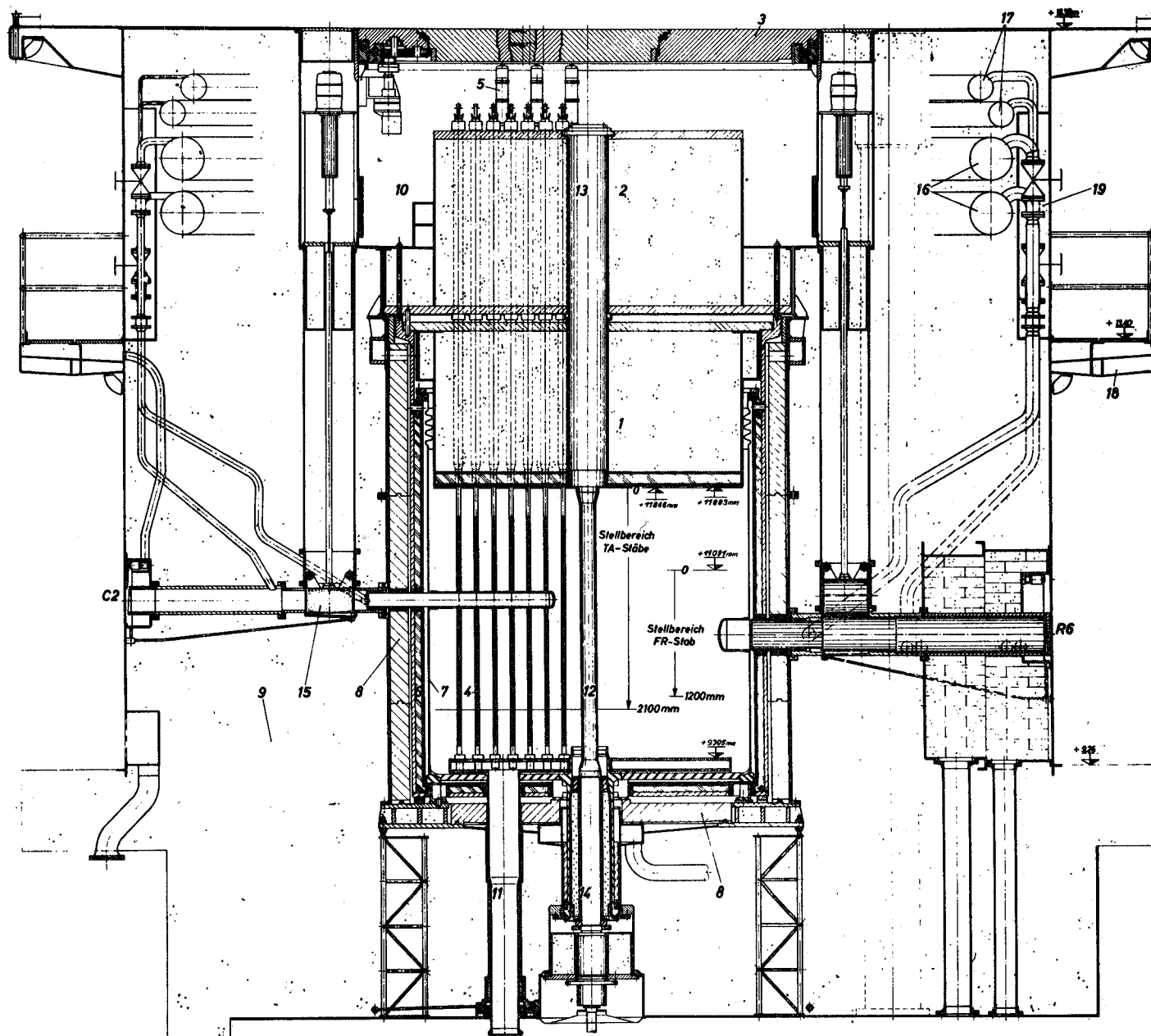


1.4.77 P.G.

Abb. 3.6

Die Leistungsverteilung auf die einzelnen Brennelemente ist aus den im Anhang beigefügten Formblättern Nr. 203 "BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW-Reaktorleistung" ersichtlich. Die in den ersten Betriebsphasen gleichmäßige Leistungsverteilung wird gegen Ende des Jahres schlechter, weil die BE7 mit einer Anreicherung von 1,75% von außen erst die Hälfte des Core-Radius erreicht haben. Dadurch gibt es in der Mitte bei den niedriger angereicherten BE5 mit größerem Abbrand eine Einbeulung.

Der Schaden am BE5-139 wurde dadurch entdeckt (siehe auch Kap.3.8), daß die Core-Position 40/22 bei Leistungsbetrieb und bei abgeschaltetem Reaktor eine um 2-3 C höhere Temperaturdifferenz als bei den Nachbarpositionen aufwies. Siehe auch die Abb. im Anhang "BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW-Reaktorleistung" vom 29.4.68, Core-Radius 64.



- 1 Unterer Festdeckel
- 2 Oberer Festdeckel
- 3 Drehdeckel
- 4 Brennelemente
- 5 Trimm-Abschallelemente
- 6 Stahl-Bleitank
- 7 Aluminiumtank
- 8 Gußeisenschirm
- 9 Belonschirm
- 10 Deckel-Rundgang
- 11 D<sub>2</sub>O-Zulauf
- 12 Zentraler vertikaler Prüfkanal
- 13 Oberer Adapter
- 14 Unterer Adapter
- 15 Strahlenschieber
- 16 Luft-Ringleitung off. Kreisl.
- 17 Luft-Ringleitung geschl. Kreisl.
- 18 Kabelkanal
- 19 Ventil- u. Instrumentennische

**Reaktor - Längsschnitt**

Abb. 3.7

### 3.5 Abbrand

Der Abbrand der Brennstoffbeladung über das Jahr 1968 kann aus Tabelle 3.3 entnommen werden. Man beachte auch die längere Verweilzeit im Core, die durch den allmählichen Austausch der BE5 durch BE7 mit 1.75 % Anreicherung ermöglicht wurde.

Der Abbrand für die BE5 beträgt im Mittel

am Ende der Betriebsphase A/68:

$$\bar{A}_{BE5} = 5820 \text{ MWd}/t_U \text{ für } 122 \text{ BE5,}$$

am Ende der Betriebsphase L/68:

$$\bar{A}_{BE5} = 9513 \text{ MWd}/t_U \text{ für } 61 \text{ BE5.}$$

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

Gegen Ende des Jahres wurde mit der Zuladung von Brennelementen des Typs BE8 begonnen, die außer einer Anreicherung von 2 % auch konstruktive Verbesserungen der Halterung der Stäbchen aufweisen. Siehe hierzu auch Kap.3.8.

Die zeitliche Zunahme des mittleren Abbrands für die im Verlauf des Jahres 1968 ausgebauten Brennelemente zeigt Abb.3.8. Daraus ist deutlich die schon in [2] erwähnte bessere wirtschaftliche Nutzung der Elemente zu ersehen.

Tabelle 3.3:

Abbrand der Brennstoffbeladung des FR2 am Ende der Betriebsphasen im Jahre 1968

Betr.- Phase	BE im Core	Abbrand Brennelement Typ 5				BE im Core	Abbrand Brennelement Typ 7				BE im Core	Abbrand Brennelement Typ 8				Abbrand gesamt [Mwd/t <sub>U</sub> ]
		max.	[Mwd/t <sub>U</sub> ] min.	Gesamt	Mittel		max.	[Mwd/t <sub>U</sub> ] min.	Gesamt	Mittel		max.	[Mwd/t <sub>U</sub> ] min.	Gesamt	Mittel	
A	122	12 185	1 823	710 043	5 820	39	2 404	339	50 073	1 283						760 116
B	116	9 797	2 463	723 932	6 240	44	3 038	532	74 420	1 691						798 352
C	110	10 324	3 006	737 248	6 702	49	3 630	397	98 923	2 018						836 171
D	103	10 919	3 649	739 856	7 183	55	4 016	616	131 562	2 392						871 418
E	95	11 451	4 268	707 907	7 451	62	4 935	450	166 293	2 682						874 200
F	88	12 092	4 866	688 791	7 827	68	5 568	448	205 801	3 026						894 592
G	85	12 092	4 866	658 458	7 758	71	5 568	483	209 415	2 949						867 873
H	79	12 520	5 385	640 939	8 113	76	6 112	270	245 992	3 236						886 931
I	73	13 013	6 017	627 634	8 597	76	6 726	829	296 452	3 900	6	1 238	520	4 640	770	928 726
K	69	13 451	6 641	619 474	8 977	78	7 356	415	340 142	4 360	6	1 883	1 047	8 058	1 343	967 674
L	61	14 246	7 679	580 331	9 513	86	8 261	662	409 022	4 756	7	2 769	642	13 152	1 878	1002 505
mittlerer Abbrand		BE 5 7 653				BE 7 2 936				BE 8 1 330						



### 3.6 Reaktivitätsverhalten, Neutronenfluß

Zur Erläuterung der Reaktivitätsbilanz dient Abb.3.5. Aus ihr ist der Verlauf der kritischen Trimmstabstellung im Jahre 1968 für 2 Reaktorzustände ersichtlich.

Kurve 1 : Krit. Trimmstabstellung bei Betrieb mit 44 MW am Ende einer Betriebsphase, d.h. mit Abbrand und Vergiftung bei einer Moderator Temperatur von rd. 65 C.

Kurve 2 : Krit. 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. Moderator Temperatur  $\approx 20$  C.

Abb.3.5 entstand aus einer Zusammenfassung von Meßwerten aus den im Anhang beigefügten Formblättern 183/16 bis 26 "Kritische Trimmstabstellung in den Betriebsphasen A bis L".

Aus dem Verlauf der 2 Kurven und aus Abb.3.8 ist ersichtlich, daß sich die Überschußreaktivität des FR2 mit Zunahme des mittleren Abbrands trotz einer Vergrößerung der Umladegeschwindigkeit gegen Jahresmitte etwas verkleinerte und mit Beginn der Zuladung von Brennelementen mit 2,0 % Anreicherung wieder etwas anstieg. Eine anschließende Verringerung der Umladegeschwindigkeit und der Anzahl der Brennelemente führte zum Jahresende zu einer fallenden Tendenz der Überschußreaktivität.

Als Mittelung aus den 10 Betriebsphasen im Jahre 1968 ergeben sich folgende Werte:

Überschußreaktivität für den kalten, unvergifteten und frisch umgeladenen Reaktor:

$$\underline{(\rho_{ex})_{max} \approx 6,0 \%}$$

$$\begin{aligned} (TA = 1.300 \text{ mm} &\hat{=} 5,8 \%) \\ (FR = 400 \text{ mm} &\hat{=} 0,2 \%) \end{aligned}$$

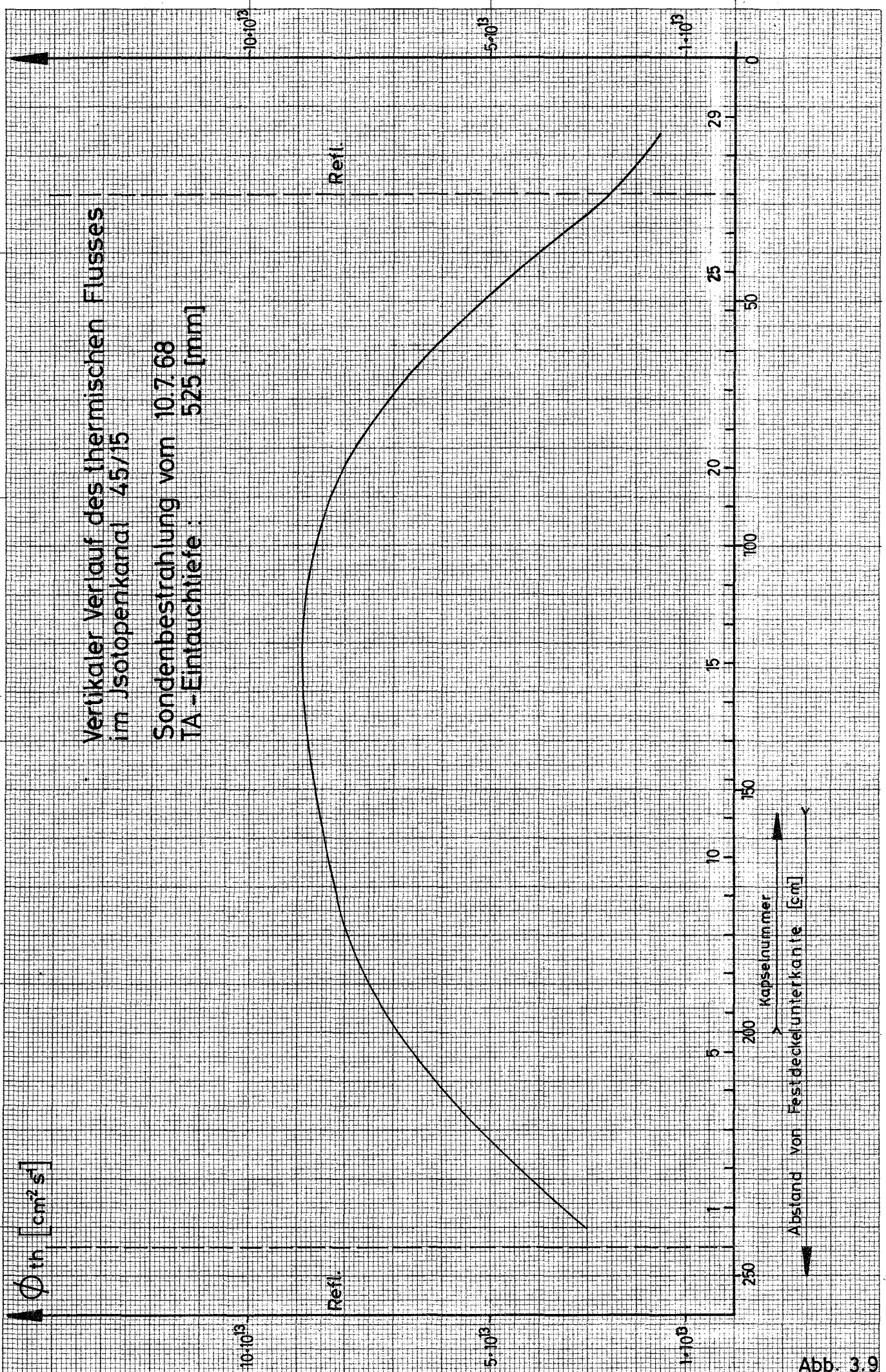


Abb. 3.9



Überschußreaktivität für den im stationären Leistungsbetrieb (44 MW) befindlichen Reaktor am Ende einer Betriebsphase, also mit Abbrand und Vergiftung:

$$\underline{(\rho_{ex})_{min} \approx 0,9 \%}$$

$$\begin{aligned} (\text{TA} = 500 \text{ mm} &\hat{=} 0,70 \%) \\ (\text{FR} = 400 \text{ mm} &\hat{=} 0,20 \%) \end{aligned}$$

- a) Beitrag für Spaltproduktvergiftung, Temperaturvergiftung und Abbrand:

$$(\rho_{ex})_{max} - (\rho_{ex})_{min} \approx 6,0 \% - 0,9 \% = 5,1 \%$$

Davon entfallen auf: Temperaturvergiftung 1 %  
( $\Delta t = 40 \text{ grad}$ )

Spaltproduktvergiftung und Abbrand 4,1 %  
-----  
5,1 %

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

$$\begin{aligned} \rho_{Ab} &\approx 6,0 \% - 15,5 \% = - 9,5 \% \\ &(\text{gefordert sind mindestens } - 3 \%). \end{aligned}$$

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

Zahlreiche Messungen, vornehmlich in Isotopenkanälen und im Rohrpostkanal, bestätigten diese Angabe.

Einen typischen Flußverlauf im Isotopenkanal, Position 45/15, gibt Abb.3.9 wieder.

### 3.7 Schwerwasserkreislauf

Die Isotopenreinheit des Schwerwassers betrug am Jahresanfang  
99,674 Mol %

und am Jahresende

99,667 Mol %.

Es ergab sich also eine kontinuierliche Abreicherung  
im Jahre 1968 von

0,007 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

2200  $\mu\text{Ci/ml}$  am Jahresanfang

auf 3000  $\mu\text{Ci/ml}$  am Jahresende

nahezu stetig entsprechend dem Betriebsverlauf.

Die Leitfähigkeit des Kreislaufwassers ( $\text{D}_2\text{O}$ ) lag zum  
Jahresanfang bei rd. 0,12  $\mu\text{S/cm}$  und am 22.7.1968 (große  
Abschaltphase) bei rd. 0,30  $\mu\text{S/cm}$ . Für die erschöpften  
Filter 1.3/1.6 wurden am 20.8.1968 die Filter 1.4/1.5 in  
Betrieb genommen. Durch die stete Reinigung ging dann die  
Leitfähigkeit wieder auf rd. 0,14  $\mu\text{S/cm}$  bis zum Jahresende  
zurück.

Die spezifische Aktivität des Schwerwassers an langlebigen  
Korrosions- und Spaltprodukten (Halbwertzeit  $>1$  Tag) war  
weiterhin gering und lag unter  $10^{-2}$   $\mu\text{Ci/ml}$ .

Die Impulsrate der Gesamt- $\text{D}_2\text{O}$ -Überwachung in der Hüllens-  
schadennachweisanlage hat sich im Berichtszeitraum praktisch  
nicht verändert. Sie lag bei

800  $\pm$  70 Impulse/s.

Der Schwerwasserverlust im Jahre 1968 bei BE- und KVE-Wechsel u.a.m. und an Leckverlusten betrug insgesamt:

63,18 kp D<sub>2</sub>O (RQ)

(RQ = Reaktorqualität auf 99,750 Mol % standardisiert)

In den Reaktorkreislauf wurden 466,01 kp D<sub>2</sub>O (RQ) eingefüllt und 34,699 kp D<sub>2</sub>O für Analysen sowie 235,38 kp D<sub>2</sub>O an Leckwässern entnommen.

Der Urangehalt im Schwerwasser lag immer unter der Nachweisgrenze von  $5 \cdot 10^{-10}$  pU/ml D<sub>2</sub>O mit Ausnahme der Probeentnahme am 2.2.68, die aus ungeklärten Gründen ein Ergebnis von  $9 \cdot 10^{-10}$  pU/ml D<sub>2</sub>O brachte.

### 3.8 Brennelementüberwachung

Eine Überprüfung der Brennelemente auf ihre  $\gamma$ -Intensität in Abhängigkeit von ihrer Länge wird seit Mitte September 1968 durchgeführt. Beim Umsetzen oder Ausladen aus dem Core wird das betreffende Brennelement durch das sog. " $\gamma$ -scanning" untersucht. Damit können Beschädigungen der Brennstabbündel innerhalb des Wasserführungsrohrs mit Sicherheit festgestellt werden.

Die Abb.3.10 zeigt die Aufnahme der  $\gamma$ -Intensität eines intakten und eines beschädigten Brennelementes. Wie der praktische Betrieb gezeigt hat, entstehen Hüllschäden meist erst nach der Beschädigung eines Brennstabbündels, wenn sich Stäbe durch Schwingungen (verursacht durch zu große Fertigungs-Toleranzen) und temperaturbedingte Längenänderungen aus ihrer Aufhängung gearbeitet haben und heruntergefallen sind. Bedingt durch die Wasserströmung kommt es dann zu gegenseitiger Reibung und damit mechanischer Abtragung des Hüllmaterials. Es ist also wichtig, solche Beschädigungen rechtzeitig zu erkennen.

Die Meßeinrichtung wurde innerhalb der Abteilung RB konzipiert, entwickelt und gebaut. Da die Erprobung zur vollsten Zufriedenheit ausgefallen ist, wurden die beiden Kanäle der BE-Flasche (Brennelement-Auswechsellvorrichtung) mit je einer solchen Einrichtung versehen. Eine  $\gamma$ -scanning-Meßeinrichtung besteht im

$\gamma$  - scanning

Dat.:	19.9.68	Zeit:	8 <sup>20</sup>
BE	7-1	KVE lfd. Nr.:	
Proj. Nr.:		Einsatz lfd. Nr.:	
Aus Reaktorpos.:	40/10	→	52/28
Name:	U		

Umsetzung

Abb. 3.10a

$\gamma$  scanning eines unbeschädigten Brennelements

$\gamma$  - scanning

Dat.:	12.11.70	Zeit.:	1 <sup>47</sup>
BE	7-83	KVE lfd. Nr.:	
Proj. Nr.:		Einsatz lfd. Nr.:	
Aus Reaktorpos.:	52/20	/	
Name:	B		

Ausbau

Abb. 3.10b

$\gamma$  scanning eines defekten Brennelements

(am unteren Bündel fehlen Stäbe)

wesentlichen aus Kollimator,  $\gamma$ -Ionisationskammer mit Vorverstärker und Hochspannungsgerät.

Die Hüllschadennachweisanlage zeigte am 5.5. und am 4.9.1968 einen zeitlich begrenzten Spaltgasausbruch an, der auf das BE7-8 hindeutete.

Ein erneuter Spaltgasausbruch erfolgte zweimal kurz nacheinander am 10.11.1968. Hier konnte eindeutig das BE7-8 als Ursache ermittelt werden. Daraufhin wurde das Brennelement ausgebaut. Bei der Untersuchung in den Heißen Zellen konnte allerdings kein Hüllschaden festgestellt werden. Dies ist nicht verwunderlich, da die in relativ großen Zeitabständen auftretenden Spaltgasausbrüche auf eine sehr kleine Störstelle hindeuten, die nur bei bestimmten Druck- und Temperaturverhältnissen zur Auswirkung kommt. Das BE7-8 hatte einen Abbrand von 6237 MWd/t<sub>U</sub> erreicht.

Auf Wasserführungsrohr-Schäden (Perforation durch Führungssterne) wurden im Jahre 1968 folgende Brennelemente untersucht (BE5 und BE7):

Betriebsstunden	untersucht	beschädigt	relat. Anteil in %
6-8 x 10 <sup>3</sup>	17	0	0
8-10 x 10 <sup>3</sup>	33	4	12,1
10-12 x 10 <sup>3</sup>	67	5	7,5
12-14 x 10 <sup>3</sup>	29	5	5,8
14-16 x 10 <sup>3</sup>	2	2	100
	148	16	10,8

Von den zeitlich früher ausgebauten Brennelementen des Typs BE6 wurden bisher 18 untersucht. An 3 Wasserführungsrohren wurden Löcher festgestellt. Das entspricht einer relativen Häufigkeit von 16,6 %.

Das 6-fach unterteilte Brennstabbündel hängt entgegen der Strömung in einem Wasserführungsrohr und wird von 3 Nasen der Führungsstücke zwischen den Bündeln im Wasserführungsrohr geführt. Durch das mit knapp 5 m/s durchströmende Kühlwasser kann das gesamte Brennstabbündel in Schwingungen versetzt werden, deren Amplituden durch fertigungsbedingte Toleranzen variieren. Diese Schwingungen führen zur Reibung zwischen den Nasen der Führungsstücke und dem Wasserführungsrohr und damit zur Materialabtragung. Durch die kleinen Kontaktflächen wird dieser Vorgang begünstigt. Mit zunehmendem Materialabtrag werden die Toleranzen und dadurch die Schwingungsamplituden größer. Die Folge ist der schnellere Fortschritt der Beschädigung. So kommt es zu den Löchern im unteren Teil des Wasserführungsrohres. Wie oben schon angedeutet, kann es auch zu einem Herabfallen von einzelnen Stäben oder sogar dem untersten Bündel kommen. Durch inzwischen durchgeführte konstruktive Verbesserungen wird die Anzahl solcher Schäden mit Sicherheit erheblich kleiner werden.

Bei dem am 3.5.1968 aus dem Core ausgebauten BE5-139 (6801 MWd/t<sub>U</sub>) waren alle 7 Brennstäbe des untersten Bündels und 3 Stück des nächsten abgefallen. Es hatte bei Leistungsbetrieb und bei abgeschaltetem Reaktor - wie schon erwähnt - eine um 2-3 C höhere Temperatur als vergleichbare Brennelemente angezeigt. Solche Schäden können künftig durch die  $\gamma$ -scanning-Überwachung beim Umsetzen erfaßt werden.

An zwei Umkehrstücken von Brennelementen wurden nach längerer Betriebszeit Risse festgestellt. Bei einem davon handelte es sich übrigens um das oben erwähnte BE5-139. Die Risse gingen vom unteren Rand der aus austenitischem Chrom-Nickel-Stahl gefertigten Rohre aus und waren etwa 60 mm lang. Beim Umkehrstück des BE5-139 fehlte ein Stück der Wandung des Wasserleitrohres.

Zur Ermittlung der Schadensursache wurden Proben metallographisch untersucht. Wahrscheinlich haben verschiedene Faktoren bei der Entstehung des Schadens zusammengewirkt: Gefügebild und Härte deuten auf Spannungen im nach der letzten Kaltverformung unvollständig rekristallisierten Material hin, die durch die Art der Befestigung der Umkehrstücke an der Brennelement-Aufhängung verstärkt wurden; hinzu kommen der Korrosionsangriff an der Innenseite der Rohre und Schwingungen des Brennelements.

### 3.9 Funktionsfähigkeit der Abschalt Elemente

Über die Funktionstüchtigkeit der Trimmabschaltstäbe gibt Spalte 17 in Tabelle 9.3 Aufschluß. Bei 53 registrierten Funktionsabläufen wurden 3 mal Störungen in den automatischen Funktionen dokumentiert. Weitere 3 Störungen wurden gezielt zur Funktionsprüfung des Schnellablasses im Rahmen der vierteljährlichen D<sub>2</sub>O-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 8 von 16 Trimmabschaltstäben für Wartung, Inspektion und Reparatur gewechselt. Die nachfolgende Tabelle 3.4 gibt einen Überblick über die Ursachen der Störungen.

Irgendwelche Veränderungen an den Absorberteilen wurden nicht festgestellt.

Tabelle 3.4: Trimm-Abschalt-Stabwechsel 1968

TA-Stab	Reaktor Pos.	Einbau Datum	Ausbau Datum	Zeit im Reaktor [h]	davon Betriebszeit bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	Gesamtbetriebszeit bei $N > 10^{-3} N_N$ [h]	Ausbaugrund	ersetzt durch TA-Stab Nr.	Wesentliche Reparaturen an den Ersatzstäben
10	49/25	22.12.67	29. 1.68	902	607	19 927	Ankunftsmeldung defekt	9	Neuer Magnet und neue Kunststoffkugeln für die Kugelumlaufmutter
11	53/17	22. 4.67	29. 1.68	6 768	4 606	15 011	He-Verlust (Kabeldurchführung undicht)	4	Neuer Magnet und neue Kunststoffkugeln für die Kugelumlaufmutter
19	45/25	22.12.67	4. 3.68	1 752	1 333	17 346	Ankunftsmeldung defekt	10	Neuer Ankunftsmeldungskontakt
24	37/21	20. 9.67	4. 3.68	3 984	2 555	14 412	Ankunftsmeldung defekt	11	Spindeldurchführung mit neuem Simmerring versehen
6	45/09	2. 9.64	14. 5.68	31 752	22 416	26 803	Routineausbau zwecks Überprüfung	19	Neuer Ankunftsmeldungskontakt
12	53/21	15. 3.67	19. 8.68	12 552	8 883	22 834	Absorber haftet nicht Verschmutzung von Magnet und Weicheisenteil	20	Neuer Ankunftsmeldungskontakt
23	45/13	29.10.64	19. 8.68	33 432	23 116	27 266	Routineausbau zwecks Überprüfung	24	Neuer Ankunftsmeldungskontakt
15	37/17	11. 1.66	25.10.68	24 480	18 040	29 629	Ankunftsmeldung defekt	8	Kabeldurchführung abgedichtet



### 3.10 Betriebsunterbrechungen, Fehleranalyse

Es ereigneten sich 21 störungsbedingte meist kurzzeitige Abschaltungen, die im einzelnen aus Tabelle 9.3 ersichtlich sind und zu insgesamt 37,67 Stunden Ausfallzeit führten. Im Mittel ist demnach der Reaktor alle 10 Tage störungsbedingt abgeschaltet worden. Das bedeutet zum Vorjahr eine leichte Verschlechterung, die allein auf die 19,9 Stunden für die Beseitigung eines Montagefehlers an den Thermoelement-Ausgleichsleitungen der Brennelement-Überwachung zurückzuführen ist. Die Anzahl der störungsbedingten Abschaltungen ist im Vergleich zum Vorjahr wieder etwas zurückgegangen. Bei den 21 störungsbedingten Abschaltungen wird unterschieden zwischen 4 Handabschaltungen des Reaktors durch Einfahren der Trimmabschaltstäbe und 17 Schnellabschaltungen (Schnellschluß) des Reaktors durch Abwurf der Trimmabschaltstäbe über Automatikbefehle bzw. Nothandabschaltung. Weitere 14 Schnellschlüsse wurden zu Prüfzwecken ausgelöst.

Die Unterscheidung der 30 Schnellschlüsse in Schnellabschaltungen aus dem Leistungsbereich  $\leq 1$  MW (13) und  $> 1$  MW (17) erfolgte wegen der Beurteilung der Brennelemente und der Anlagenteile hinsichtlich ihrer thermischen Beanspruchung.

Entsprechend der erhöhten Zahl von Experimenten mit auf das Sicherheitssystem geschalteten Grenzwerten ist die Zahl der durch Experimente verursachten Schnellabschaltungen aus dem Leistungsbereich von 6 im Jahre 1967 auf 11 gestiegen, während die Zahl der Schnellschlüsse mit der Ursache "Reaktor" von 9 auf 6 zurückgegangen ist.

Das Sicherheitssystem des FR2 hat stets ordnungsgemäß gearbeitet. Es traten keine Ereignisse ein, bei denen eine erforderliche automatische Abschaltung unterblieben ist.

In den Spalten 11 bis 14 der Tabelle 9.3 erfolgt eine Analyse der verschiedenen Störungen nach ihrer Art:

echte Grenzwerte	4	≅	12,9 %
Gerätefehler	8	≅	25,8 %
Fehlbedienungen	5	≅	16,1 %
Prüfungen	14	≅	45,2 %
	-----		
Summe	31	≅	100 %

Hinzu kommen 4 störungsbedingte Handabschaltungen:

Ausbau Projekt FR2/65

aus Strahlrohrposition R6 (Seelenrohr hatte sich gelockert und ragte in den Bereich des Strahlenschiebers)

Brennelementkühlmittelüberwachung

(Temperatur und Durchfluß) von BE5-179 defekt

Unterbrechung Thermoelementleitung

der Brennelementkühlmittelüberwachung von BE7-29

Montagefehler an Thermoelement-Ausgleichsleitungen der BE-Überwachung.

Im Vergleich zum Vorjahr sind die Anteile der verschiedenen Störungen etwa gleich geblieben.

### 3.11 Leistungsrücknahmen

Die Leistungsrücknahmen im Jahre 1968 sind aus der Tabelle 9.4 ersichtlich.

Von den insgesamt 24 Vorkommnissen waren 19 (79 %) störungsbedingt, die restlichen 5 (21 %) stellten planmäßige Maßnahmen größtenteils zur Erprobung von Experimenten dar.

12 Leistungsrücknahmen erfolgten auf  $<10^{-3}$  Nennleistung (davon 7 störungsbedingt zu Lasten des Reaktors und 5 zu Lasten der Experimente).

Von 11 Leistungsrücknahmen im MW-Bereich entfielen 8 auf störungsbedingte Maßnahmen (7 mal Reaktor, 1 mal Projekt FR2/65) und 3 auf planmäßige Maßnahmen (2 mal Thermoschock-Behandlung für Projekt FR2/36 und 1 mal für Inbetriebnahme Projekt FR2/57).

Der Ausfall an Experimentierzeit für die 19 störungsbedingten Maßnahmen betrug zusammen 42,04 Stunden.

### 3.12 Besondere Vorfälle

Wie bei jedem Großbetrieb kommen im Laufe eines Jahres unvorhersehbare Zwischenfälle kleineren oder größeren Ausmaßes vor. Die Anzahl dieser Zwischenfälle und die Größe des Schadens sind in erster Näherung proportional der Menge der anfallenden Arbeiten und umgekehrt proportional der guten Ausbildung und der Qualität der Mitarbeiter.

Nachstehend werden die Zwischenfälle kurz geschildert, die in irgendeiner Form bemerkenswert sind.

- 3.12.1 Während der Abschaltphase C-D gingen am 8.4.1968 infolge einer Fehlmanipulation am Core (Einbau BE-Adapter in Isotopenposition) rund 25 m<sup>3</sup> Helium und 35 l D<sub>2</sub>O verloren. Das aus dem Reaktortank ausgetretene D<sub>2</sub>O fand sich größtenteils in der Isotopenabluftleitung leicht abgereichert wieder. Außerdem wurde das Programm "D<sub>2</sub>O-Notfluten" automatisch eingeschaltet.

Ein ähnlicher Vorfall wird künftig durch folgende Maßnahmen vermieden:

Durch eine konstruktive Änderung der Verdrehsicherung des Adapters, Beschaffung einer Vorrichtung für die Dichtheitsprüfung des eingebauten Adapters, Einbau eines unteren Grenzwertes der Meßstelle 3P1 (Coredruck), Herstellen einer Rohrverbindung zwischen den Minus-Seiten der Bartonzellen der Meßstellen 1P7-9 (Sicherheitssystem Kanal 9) und dem He-Druck im Core (damit wird der echte Vordruck für

die BE gemessen, Grenzwerte können so nur bei einer echten Gefährdung ansprechen und Kühlprogramme umschalten) sowie einer betrieblichen Anweisung an das Schaltwartenpersonal (Abschaltung von Zu- und Abluft Reaktor und Isotopenkanäle während Ein- und Ausbau eines Adapters, Kontrolle des He-Blasenstands 3H1 und des Coredrucks 3P1 bei Wiederinbetriebnahme).

3.12.2 Im April traten mehrfach Betriebsstörungen durch Abfall einzelner TA-Stäbe bei der täglichen Prüfung des Sicherheitssystems auf. Durch Austausch der Relaiskontakte in der 2v3-Schalteinheit konnten diese Störungen behoben werden.

3.12.3 Ein versehentliches Einfüllen von 0,5 t Lauge in den Säurebehälter (10 t 33 %ige Salzsäure) der Wasseraufbereitungsanlage erfolgte am 9.10.68. Um Verwechslungen zu vermeiden, ist der Anschlußstutzen für den Säurebehälter mit einem Flansch, der Stutzen für den Laugebehälter mit einem Gewinde versehen. Wohl waren die Einfüllventile in die beiden Behälter der Permutit-Anlage stets offen, aber das Einfüllen wurde immer im Beisein vom FR2-Betriebspersonal durchgeführt. Dieses Mal schloß der Tankwagenfahrer der Lieferfirma seinen Abfüllschlauch selbständig an und öffnete sogar das Wagenventil, ohne das Eintreffen eines unserer Mitarbeiter abzuwarten. Als der zuständige Betriebsmeister eintraf, waren schon etwa 0,5 t Lauge in den Säurebehälter eingelaufen.

Wie eine eingehende Untersuchung gezeigt hat, hat der Säurebehälter trotz der entstehenden großen Wärmeentwicklung keinen Schaden erlitten.

Um ähnliche Vorfälle zu vermeiden, wird neben einer eindeutigen Kennzeichnung der Einfüllstutzen an der Außenwand der Wasseraufbereitungsanlage das Betriebspersonal angewiesen, die Behältereintrittsventile geschlossen zu halten. Eines dieser Ventile darf erst nach Kontrolle des richtigen Anschlusses des Tankwagens geöffnet werden.

### 3.13 Elektrizitäts- und Wasserverbrauch

Der Verbrauch an elektrischer Energie für den gesamten FR2-Bezirk betrug im Jahre 1968 insgesamt

16.272.241 kWh

(zum Vergleich 1967: 13.756.690 kWh).

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

Der Zuwachs von 1967 auf 1968 ist durch den Bezug des Erweiterungsbaues im Dezember 1967, die N<sub>2</sub>-Anlage des Projektes FR2/26, die Inbetriebnahme des Projektes FR2/55 und den Probetrieb des Projektes FR2/58 zu erklären.

Der Wasserverbrauch für den gesamten FR2-Bezirk betrug im Jahre 1968 insgesamt

577.379 m<sup>3</sup>

(zum Vergleich 1967: 552.097 m<sup>3</sup>).

Diese Menge verteilt sich wie folgt:

Regenwassernetz	201.836 m <sup>3</sup>	(186.156)
Chemieabwasser	44.848 m <sup>3</sup>	( 50.107)
radioakt.Abwasser	1.424 m <sup>3</sup>	( 1.768)
häusliches Abwasser	2.899 m <sup>3</sup>	( 3.231)
Kühltürme	326.372 m <sup>3</sup>	(310.835)

Für den Zuwachs gegenüber 1967 gelten die gleichen Gründe wie beim Elektrizitätsverbrauch, wenn sich das auch nicht so stark auswirkt.

Um das Rohwasser in der Wasseraufbereitungsanlage von unerwünschten Beimengungen wie Kalk und Silikaten zu befreien, wurden gebraucht:

Salzsäure	338,95 t	(455,65 t)
Natronlauge	111,41 t	(164,04 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.

#### 4. Betrieb der Experimente

Die Hauptnutzung des FR2 liegt in seinen Experimenten, die in folgende Gruppen eingeteilt werden können:

Isotopenproduktion  
Strahlrohrexperimente am Reaktor  
Kapselbestrahlungsexperimente im Reaktor  
Bestrahlungsexperimente mit Sonderkreisläufen  
im Reaktor.

Der Betrieb der im Reaktor befindlichen Experimente konnte ohne größere Störungen abgewickelt werden. Die Tabelle 9.3 "Reaktorabschaltungen im Jahre 1968" ist in Kap.3.10 behandelt.

Nach Experimenten aufgeschlüsselt verteilen sich die Schnellschlüsse wie folgt:

Projekt 2:	3	(2 echte Grenzwerte, 1 Gerätefehler)
Projekt 26:	3	(1 " " , 2 " )
Projekt 36:	1	( - - , 1 " )
Projekt 44:	2	(2 " " , - )
Projekt 57:	2	(2 " " , - )

Der im Terminleitplan für 1968 (Abb.3.1) vorgesehene Termin für die Inbetriebnahme des Projektes 55 konnte nicht eingehalten werden, die Reaktorinbetriebnahme ist jetzt für Anfang 1969 vorgesehen.

##### 4.1 Isotopenproduktion

Die Herstellung radioaktiver Isotope erfolgte im Rahmen der Projekte

FR2/1 (Kapselbestrahlungen in  
Isotopenkanälen)  
FR2/38 (Kleinprobenbestrahlungen  
in der Therm. Säule)  
FR2/44 (Kapselbestrahlungen in  
der Rohrpostanlage).

Eine Übersicht über die bisherige Isotopenproduktion von 1963 ab zeigt die Abb.4.1.

4.1.1 Für das Projekt FR2/1 standen im Jahre 1968 14 Bestrahlungsmöglichkeiten auf Zwischengitterpositionen mit je 29 Kapselpositionen zur Verfügung. Es galt der Beladeplan Nr. Iso/9 ab 25.10.67. Der genannte Beladeplan ist im Anhang beigelegt.

Im Berichtszeitraum wurden 408 Beladungen durchgeführt und 1071 Kapseln mit Bestrahlungsmaterial ausgeliefert. Zur Ermittlung der Flußverhältnisse wurden zusätzlich 297 sondenbestückte Kapseln (22 Messungen) bestrahlt. Die mittlere Beladung der vorhandenen Bestrahlungspositionen betrug 2,7 Kapseln je Beladung und Kanal.

Als weiteres wurden 7 Messungen zur Ermittlung des Neutronenflußprofils mit einem Rhodium-Detektor vorgenommen.

Die Abb.4.2 zeigt die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1968.

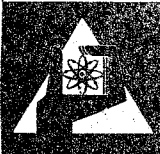
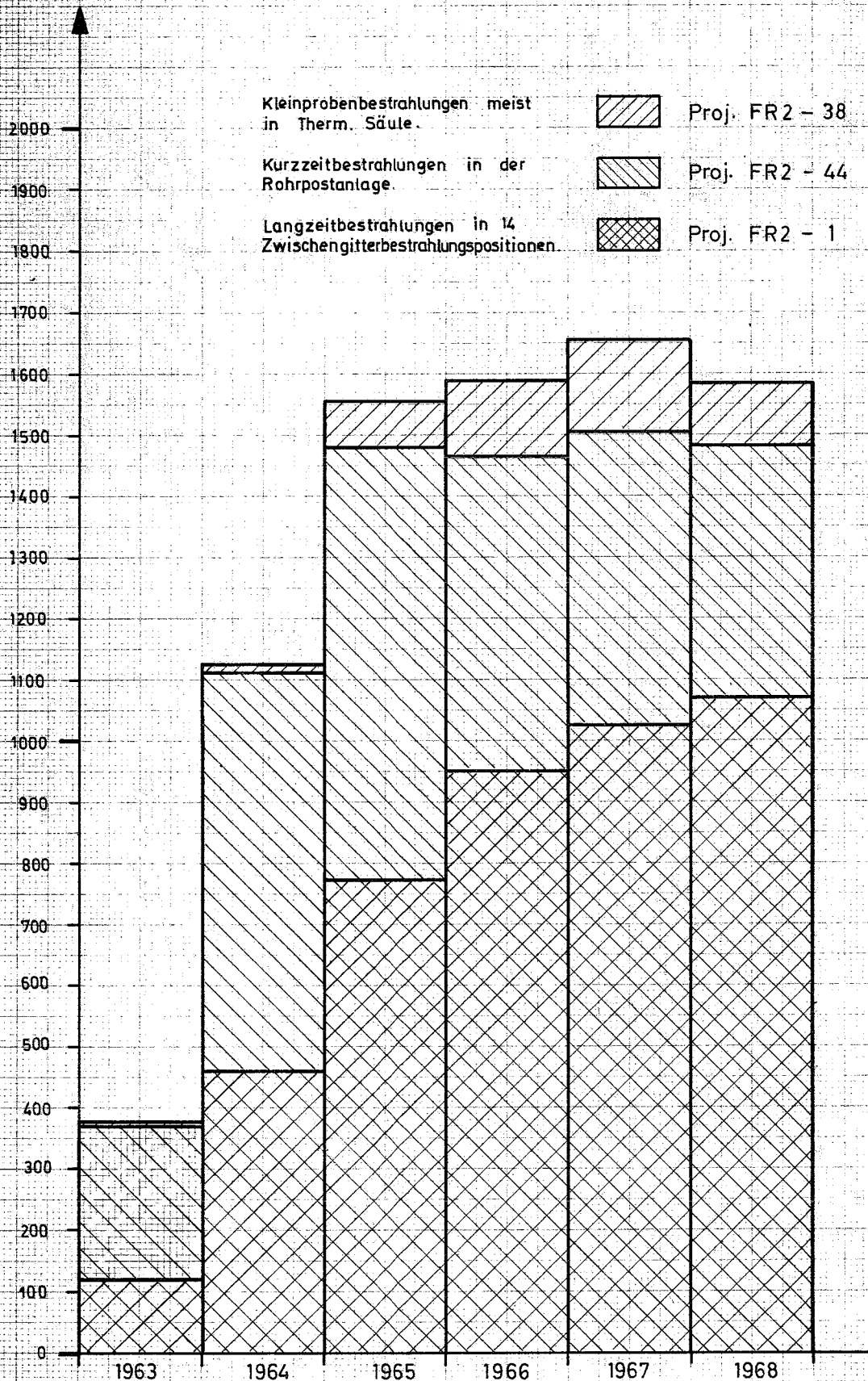
In der 38. Woche wurden im Schornsteinfuchs beim Auswechseln der Glasdosimeter auch einige Wischteste gemacht und  $\gamma$ -spektroskopisch ausgewertet. Der überwiegende Anteil der gefundenen Aktivität stammte von J-131. Nach einer eingehenden Untersuchung über mehrere Wochen wurde die Ursache in verschweißten aber undichten Aluminiumkapseln mit Spaltstoffproben gefunden. Aufgrund dieses Vorfalls wurde neben einer Verbesserung der Dichtheitsprüfung für verschweißte Kapseln für eine kontinuierliche Überwachung der Isotopenkanäle gesorgt:

1. Aufschaltung eines Linienschreibers auf Meßstelle 4A12 'Aktivitätsüberwachung Isotopenkanäle'.
2. Im Schornsteinfuchs werden an einigen Stellen Wischteste in jeder Abschaltwoche vorgenommen und  $\gamma$ -spektroskopisch ausgewertet.

Bei dieser Gelegenheit wurde auch festgestellt, daß die  $\gamma$ -spektroskopisch festgestellte leichte Quecksilberkontamination im Schornsteinfuchs und in der Iso-Wechselmaschine von einer beim Aufschneiden

Anzahl der be-  
strahlten Kapseln  
[ Stück ]

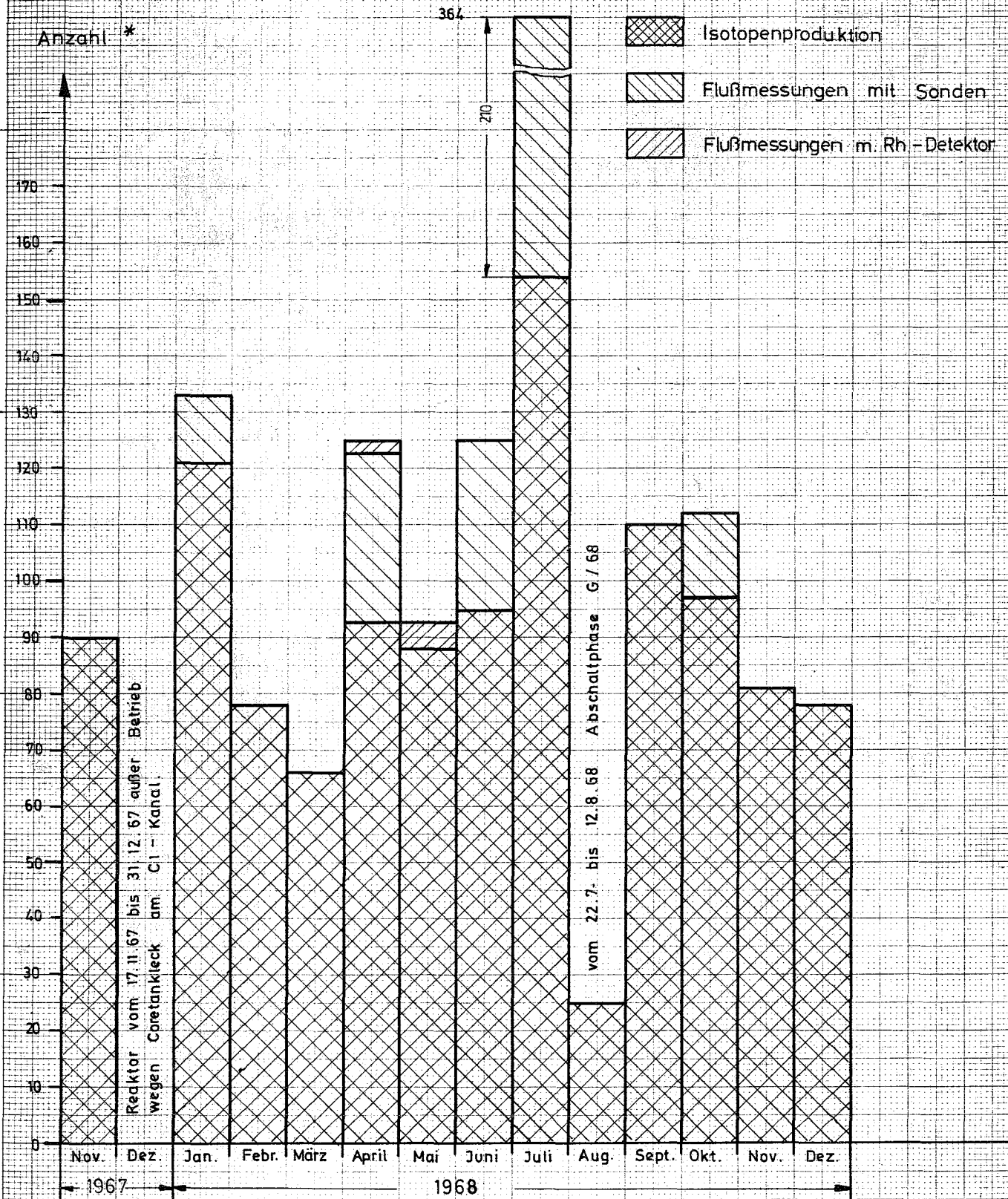
# Isotopenproduktion des FR2



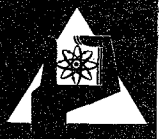


# Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen

( Isotopenkanäle / Projekt FR2 - 1 )



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



in der Kopfzelle der Isotopenstelle zerbrochenen Quarz-Ampulle mit Quecksilber im Mai 1968 herrührt. Eine Verschleppung erfolgte über Magazine und Isotopenkapseln in den Reaktor. Deshalb wurde die Schneidvorrichtung aus der Absetzblockzelle der Isotopenstelle entfernt. In dieser Heißen Zelle dürfen nur noch Isotopenkapseln be- und entladen werden. Die Öffnung von verschweißten Kapseln oder Quarzampullen erfolgt jetzt in einer anderen Heißen Zelle.

4.1.2 Im Rahmen von Projekt FR2/38 (Thermische Säule) wurden 100 Bestrahlungen in verschiedenen Kanälen der Thermischen Säule durchgeführt. Die Bestrahlungszeiten lagen zwischen wenigen Minuten und 266 Stunden.

Vom 20.5.1968 bis zur Abschaltphase am 22.7.1968 wurden bei Projekt FR2/38 das 3fache an Bestrahlungen durchgeführt. Dieser Anstieg ist auf die Blockierung des Projektes FR2/44 (steckengebliebene Rohrpostkapsel) zurückzuführen. Irgendwelche Betriebsstörungen traten nicht auf.

Abb.4.3 zeigt die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1968.

### Bestrahlungen in der Therm. Säule

( Vorwiegend im Kanal V2, Proj. FR 2 - 38 )

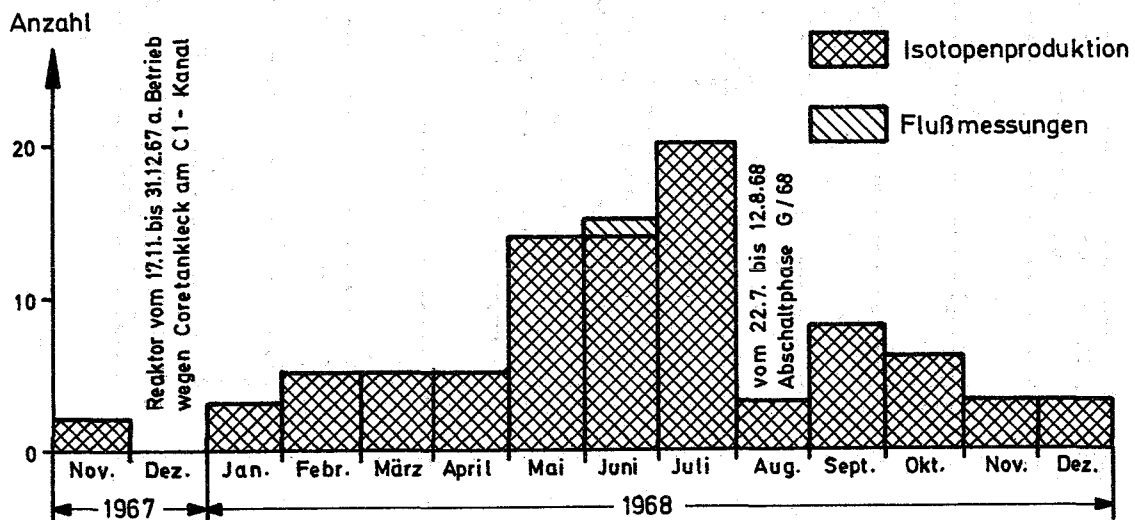
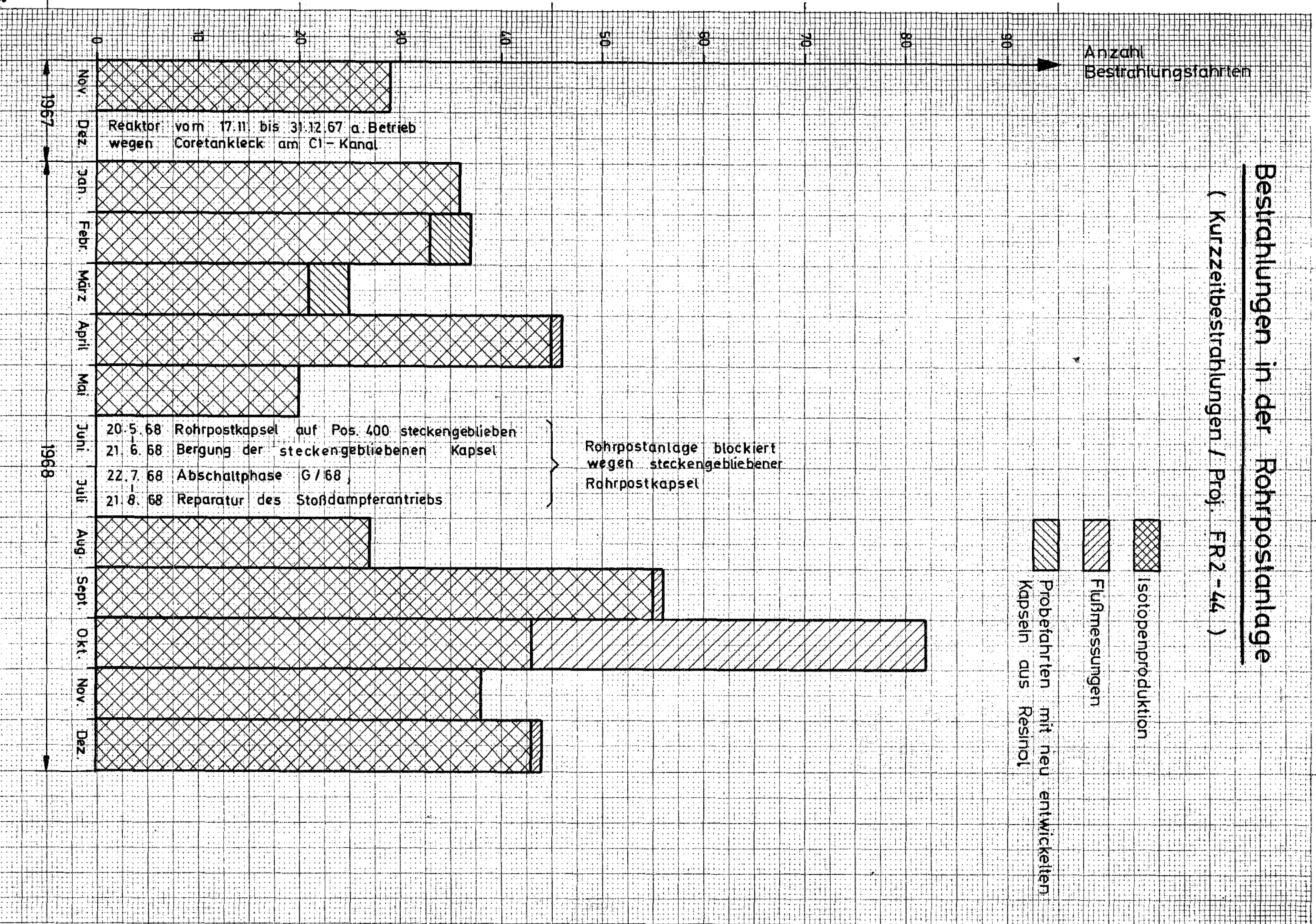
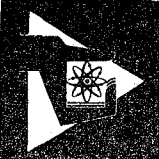


Abb. 4.3



4.1.3 Mit dem Projekt FR2/44, Isotopenrohrpostanlage, wurden insgesamt 411 Bestrahlungsfahrten durchgeführt. Die Bestrahlungszeiten lagen zwischen 1 s und 70 h.

Die Bestrahlungen teilten sich auf in 361 Kapseln zur Erzeugung radioaktiver Isotope, 42 Kapseln für Flußmessungen und 8 Kapseln zur Erprobung der Strahlenbeständigkeit von Resinol V 109 (Entwicklung einer sogenannten Wegwerfkapsel).

Eine größere Betriebsstörung trat durch eine steckengebliebene Kapsel (Bestrahlungsauftrag Nr. 44-68-165) am 20.5.68 auf. Die Kapsel war in Stoßdämpferposition 400 steckengeblieben. Verschiedene Versuche zur Bergung der Kapsel blieben ohne Erfolg. Ursache des Verklemmens war eine von der Isotopenstelle ohne Wissen von uns vorgenommene äußere Halterung einer innen befindlichen Sonde. Die Kapsel konnte erst am 21.6.68 mit Hilfe eines Spezialwerkzeuges geborgen werden. Allerdings erfolgte die Wiederinbetriebnahme der Rohrpostanlage erst am 23.8.68, weil bei den oben beschriebenen Bergungsversuchen der Stoßdämpferantrieb gebrochen war.

Durch diesen Vorfall konnte eine Kapsel mit sehr langer Bestrahlungszeit (688,15 h bei 44 MW) in den Heißen Zellen (RB/Z) genau untersucht werden. Die guten Untersuchungsergebnisse veranlaßten uns, die Rohrpostkapsel Typ "h" aus Resinol V 109 für eine Gesamtbestrahlungszeit von 100 h oder insgesamt 10 Fahrten freizugeben.

Durch die Rohrpostanlage wurde am 21.5.68 ein Reaktorschnellschluß durch Sicherheitsfall bei Montagearbeiten verursacht, der dazu führte, daß alle Kühlgebläse ausfielen.

Am 23.9.68 erfolgte wieder ein Schnellschluß wegen Betriebsstörung am Ventil Ve 15 - dadurch verminderte Kühlluftmenge nach Ausfahrt und Ansprechen des unteren Grenzwertes der Meßstelle Q 1.

Am 25.9.68 öffnete sich eine Kapsel Typ "h" zwischen der Außenstrecke Reaktorlabor (Bau 607) und Isotopenstelle (Bau 341). Die Bestrahlungsproben und die Verpackung konnten geborgen werden.

Dieser Zwischenfall veranlaßte uns, die Eingangsprüfung zu verschärfen und Stichproben im Rohrpostlabor auf ordnungsgemäßen Verschuß durchzuführen. Im Isotopenlabor wurde die dortige Schließ- und Öffnungsvorrichtung verbessert.

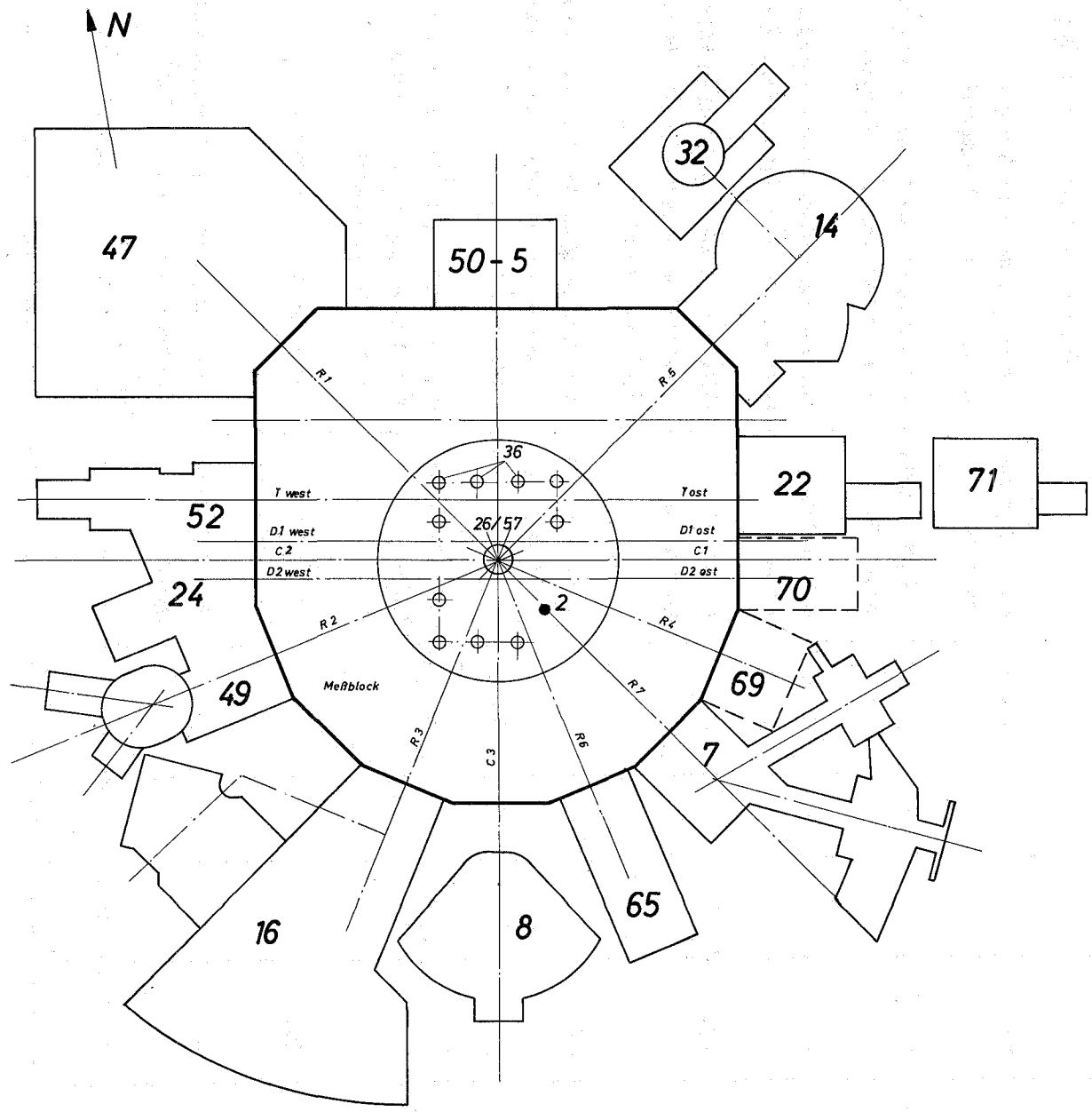
Die Abb.4.4 zeigt die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1968.

#### 4.2 Strahlrohrexperimente

Die Strahlrohrexperimente nutzen die 13 Strahlkanäle für Experimente, deren Hauptziele die Atomstrukturaufklärung mittels Neutronenbeugung und die Kerndatenbestimmung über Neutronenreaktionen sind. Einzelne Strahlkanäle werden sogar mehrfach genutzt.

Von den 13 horizontalen Strahlrohrausgängen waren bis zu 11 Kanäle besetzt. Die restlichen 2 Kanäle  $D_2$  ost und  $D_2$  west konnten wegen Aufbauten an den Nachbarkanälen nicht genutzt werden. Einzelheiten können der folgenden Tabelle 4.3 entnommen werden.

Einen Eindruck über die Belegung der Reaktorhalle mit Strahlrohrexperimenten gibt die Abb.4.5.



Strahlrohrexperimente am  
Forschungsreaktor FR 2  
Stand: Sept. 1968

Abb. 4.5

Tabelle 4.1: Strahlrohrbelegung im Jahre 1968

Projekt	Strahlrohr	Belegung		Neueinbau an	Projekt- Bezeichnung	Zielsetzung
		Anfang	Ende			
FR2/47	R 1	X	X		Einfangpolari- meter	Kernphysikalische Streuexperimente mit polarisierten Neutronen
FR2/49	R 2	X	X		Neutronenbeugungs- anlage III	Strukturuntersuchungen
FR2/16	R 3	X	X		Kalte Neutronen- quelle	Messung d. Wirkungsquerschnitte u. Be- stimmung d. Energiezustände von Festkörpern u. Flüssigkeiten mittels subtherm. Neutronen
FR2/69	R 4		X	20. 8.68	Neutroneneinfang- Experiment	Messung der inneren Paarerzeugung Messung der prompten Spaltgammis
FR2/14+32	R 5	X	X		Neutronenbeugungs- anlage I/II	Untersuchung der Atomanordnung in kristal- linen u. quasikristallinen Substanzen
FR2/65	R 6		X	11. 3.68	Heiße Neutronen- quelle	Neutronenintensitätserhöhung im Energiebe- reich von ca. 200 MeV für Streuexperimente
FR2/7	R 7	X	X		Drehkristall- spektrometer	Bestimmung von Energiezuständen in Atomver- bänden über die inelastische Streuung gepul- ster therm. Neutronen
FR2/24	C 2	X	X		Winkel- und Korre- lationsspektrom.	Bestimmung von Kernspins durch die Winkel- Abhängigkeit der in Kaskaden ausgesandten $\gamma$ - Quanten
FR2/8	C 3	X	X		Einkristallspek- trometer	Erzeugung monoenergetischer Neutronen zur Bestimmung von partiellen Wirkungsquer- schnitten und Kernniveaus
FR2/22/23 /71	T <sub>est</sub>	X	X		Fünfkristall- Paarspektrometer	Untersuchung von $n\gamma$ -Prozessen
FR2/52	T <sub>west</sub>	X	X		Neutroneneinfang- Experiment	Kernstrukturuntersuchungen, Anregungszustände von Kernen, prompte $\gamma$ -Strahlung bei Spaltung
11		9	11	2		

### 4.3 Kapselexperimente

Die Kapselbestrahlungen dienen hauptsächlich der Entwicklung von Brennstoffen und Hüllmaterialien im Rahmen des Schnell-Brüter-Programmes. Es werden Abbrände bis 80.000 MWd/t Brennstoff angestrebt. Die Brennstoffproben befinden sich in den Kapseln mit Blei-Wismut, Natrium und Natrium-Kalium als wärmeübertragende Medien. Es werden Temperaturen an der Hülle um 600 C (bei Stableistungen um 700 W/cm) erreicht.

Im Berichtszeitraum waren bis zu 14 Kapsel-Versuchseinsätze (Projekte FR2/36 und FR2/68) im Reaktor eingesetzt. Sie dienten in der Hauptsache der Bestrahlung von Kernbrennstoffen im Rahmen der Schnell-Brüter-Entwicklung.

Die hohe Zahl der gleichzeitig im Reaktor befindlichen Kapsel-Versuchseinsätze (KVE) machte es erforderlich, daß Zwischengitterpositionen mit KVE belegt wurden. Es wurden dafür bis zu 6 nicht belegte Isotopenpositionen umgebaut. Durch diese Besetzung wurde eine zu starke Auflockerung des Reaktorkerns vermieden.

Tabelle 4.2: Einteilung der Kapselversuchseinsätze

KVE-Nr.	Proj.-Zugehörigkeit	Versuchsgruppe	Brennstoff
22 - 32	FR2/36	3	UO <sub>2</sub> /11,5 % U-235
33 - 38	FR2/36	4 a	UO <sub>2</sub> -PuO <sub>2</sub> /11,5 % Pu
40 - 41	FR2/36	4 a	UO <sub>2</sub> -PuO <sub>2</sub> /15 % Pu
42 - 45	FR2/36	4 b	UO <sub>2</sub> -PuO <sub>2</sub> /20 % Pu
39	FR2/68	B	UO <sub>2</sub> -Mo/Nb
46	FR2/68	B	UO <sub>2</sub> -Cr/Nb

Im Berichtszeitraum wurden insgesamt 12 KVE mit 39 Prüflingen aus den Versuchsgruppen 4a und 4b neu eingesetzt, siehe Tabelle 4.2. Ab KVE 42 wurde in der inneren Kapsel das Na durch NaK ersetzt und zusätzlich ein Antikonvektionsrohr eingesetzt. Durch diese Maßnahme lassen sich um ca. 150 C höhere Hülltemperaturen erreichen.



Die Bestrahlung wurde bei insgesamt 10 KVE mit 31 Prüflingen planmäßig beendet. Bei 5 KVE mußte ein vorzeitiger Ausbau erfolgen. Die Begründung ist in Tabelle 4.3 gegeben.

Einzelheiten der im Verlauf des Jahres 1968 im Core bewegten Kapsel-Versuchseinsätze können der Tabelle 4.3 und den im Anhang beigefügten Beladungs- und Belegungsplänen Nr. 159 bis 179 entnommen werden.

Jeder KVE ist mit 3 Thermoelementen in 2v3-Schaltung auf das Sicherheitssystem des Reaktors aufgeschaltet. Ein Schnellschluß wurde von den KVE nicht ausgelöst. Die Reaktorleistung mußte jedoch 5 mal zurückgenommen werden: zu hohe Temperatur (3 Thermoschockbehandlungen), Naßfühlermeldung (O-Ring gewechselt) und Ausbau (Übertemperatur und Verdacht auf Prüflingsdefekt). Siehe Tabelle 9.4.

Die Zunahme der KVE und ihrer Prüflingszahl kann aus der Abb. 4.6 entnommen werden.

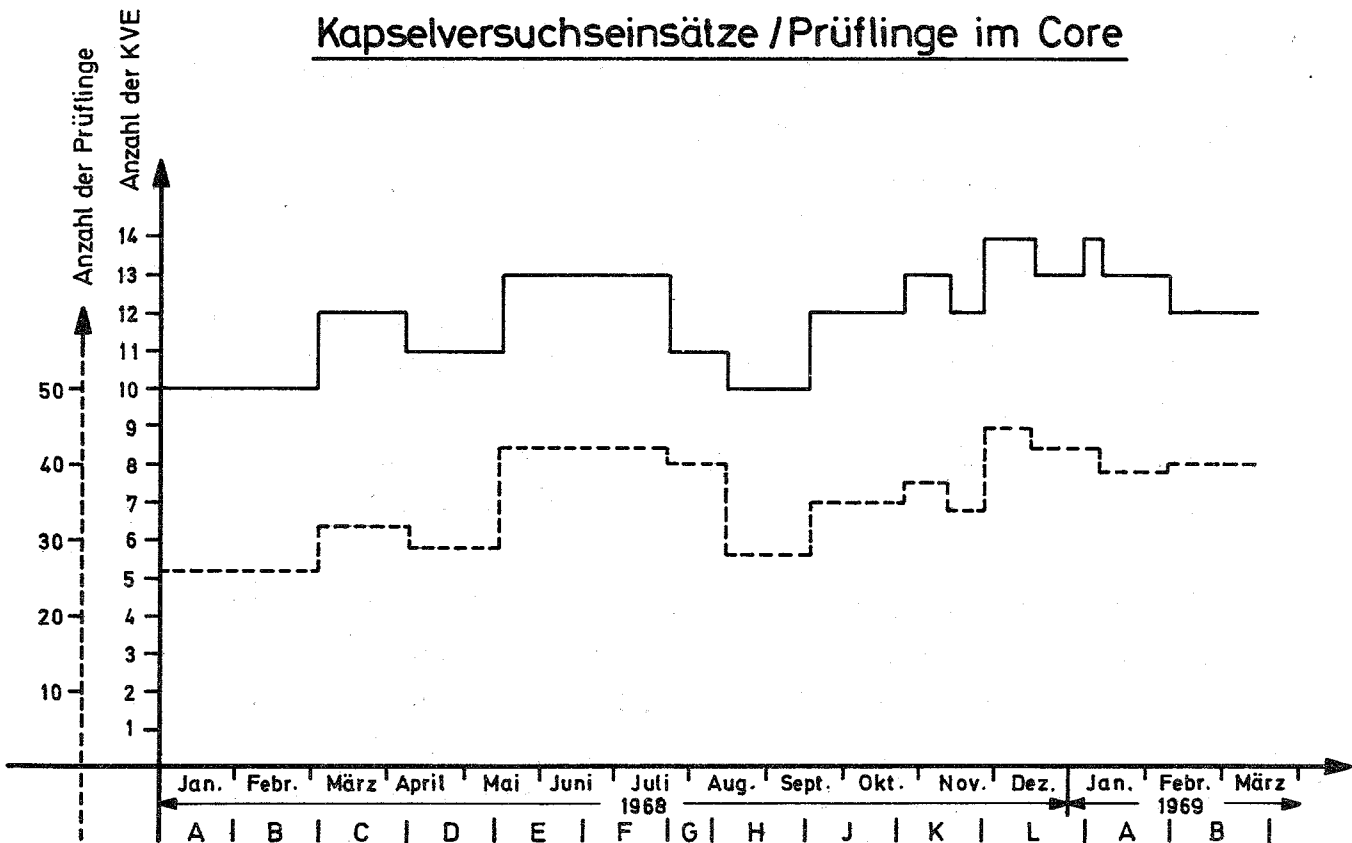


Abb. 4.6



#### 4.4 Kreislaufexperimente

Im Berichtszeitraum waren 3 Kreislaufexperimente in Betrieb. Es handelte sich hierbei um eine Tieftemperaturbestrahlungsanlage zur Untersuchung von Strahlenschäden an Festkörpern durch das Max-Planck-Institut für Metallforschung, um einen Helium-Gaskältekreislauf für eine kalte Neutronenquelle und um einen Helium-Druckgaskreislauf für Abbranduntersuchungen an Brennstoffproben im Rahmen des Projektes Schneller Brüter.

Ein Heißdampfkreislaufexperiment hat seine Erprobung außerhalb des Reaktors bestanden.

##### 4.4.1 Die Tieftemperaturbestrahlungsanlage (Projekt FR2/2) wurde weiterhin auf der Brennelementposition 54/26 betrieben.

Im Berichtszeitraum wurden bestrahlt und durch die Experimentatoren ausgemessen:

- 7 Al-Proben
- 4 Cu-Proben
- 6 Eloxal-Proben
- 1 Al-Widerstands-Probe
- 3 Thermoelement-Proben

Außerdem wurde der Prototyp eines Ausschleuskryostaten erprobt und ein Kaltfahrversuch an der Tiefkühlbox durchgeführt.

Die Gesamtversuchsdauer betrug 3.326,4 h bzw. 138,6 d, was gegenüber dem Jahr 1967 eine Steigerung um fast 25 % bedeutet. Bezogen auf die Betriebszeit des Reaktors sind es 47,7 % bzw. bezogen auf den Berichtszeitraum (8.784 h) 37,9 %.

Der He-Gaskältekreislauf erreichte eine Einschaltdauer von 4560 h. In den Betriebsphasen C, F teilweise und H konnte die Anlage wegen Reparaturarbeiten nicht betrieben werden. Störungen traten im Ölkreislauf der Expansionsmaschine und durch Bruch der Kolbenstange der Expansionsmaschine auf. Durch Austausch aller zugänglichen O-Ringe in der Abschalt-

phase G konnten die allmählich aufgetretenen Undichtigkeiten beseitigt werden. Am 19.12. wurde die Anlage wegen eines großen Öl-Lecks am He-Kompressor abgeschaltet.

Das Experiment führte 3 mal zu Reaktorschnellschluß durch den unteren Drehzahl-Grenzwert der Expansionsmaschine (Kolbenstangenbruch und Vakuumgrenzwert verbunden mit Anlagenabschaltung).

- 4.4.2 Die kalte Neutronenquelle (Projekt FR2/16) wurde nach eingehender out-of-pile-Erprobung in den R3-Kanal eingebaut und am 20.6. in Betrieb genommen. Sie war in den folgenden Betriebsphasen F bis L ohne größere Störungen in Betrieb.

Im Berichtszeitraum betrug die Anzahl der Betriebsstunden mit Füllgrad 100 % flüssigem Wasserstoff in der Moderatorkammer 3.279,7 h, die Betriebsstunden bei mindestens 1 MW-Reaktorleistung 3.122,9 h. Durch Gerätestörungen und einen Netzausfall ist die Anlage im Berichtszeitraum insgesamt 9 mal ausgefallen (4 mal Gaskälteanlage und 4 mal H<sub>2</sub>-Anlage, 1 mal Netzausfall). In allen Fällen verliefen die dabei ausgelösten selbsttätigen Sicherheitsoperationen einwandfrei. Die Ausfallzeiten beliefen sich auf 391,5 h.

Nach einem Ausfall der Anlage werden für das Wiederauffahren etwa 2 Arbeitstage benötigt. Deshalb lohnt sich ein Anfahren wenige Tage vor einer längeren planmäßigen Abschaltung nicht mehr.

Folgende Experimente wurden an der kalten Neutronenquelle durchgeführt:

Streumessungen an schwerem Eis,  
Spaltproduktverteilung bei Spaltung  
durch subthermische Neutronen,  
Transmissionsmessungen an Methan,  
inelastische Streuung an  $H_2O$  in der festen  
und flüssigen Phase,  
inelastische Streuung an organischen Substanzen,  
Streumessungen an flüssigem Cu.

Mindestens ein Versuch war dauernd an das Projekt angeschlossen, maximal waren bis zu 3 Experimente in Betrieb.

An den  $H_2$ -führenden Teilen, die sich im Vakuumraum des Pfropfens befinden (Moderatorkammer oder  $H_2$ -Zuleitungen) wurde ein Leck festgestellt, durch das Wasserstoff mit ca.  $2 \times 10^{-4}$  Torr l/s in den Vakuumraum gelangte. Eine meßbare Beeinflussung des Füllgrades der Moderatorkammer tritt innerhalb einer Fahrperiode nicht ein. Das austretende  $H_2$  (ca.  $25 \text{ Nm}^3/\text{d}$ ) wurde laufend abgesaugt, in der Vakuum-Auspuffleitung mit gasförmigem  $N_2$  vermischt und von dort in die Abluftleitung geblasen. Eine Gefährdung kann dadurch nicht entstehen. Die Leckrate wird laufend überwacht, besondere Maßnahmen werden nur bei einer wesentlichen Vergrößerung des Lecks erforderlich.

Mit der He-Gaskälteanlage wurden ca. 3.900 Liter flüssiges Helium erzeugt und zum größten Teil für Experimente am FR2 und in anderen Instituten des Kernforschungszentrums verwendet.

Seit der Inbetriebnahme konnte die Anlage planmäßig nach dem FR2-Terminleitplan betrieben werden.

4.4.3 Das umfangreichste Kreislaufexperiment ist der Helium-Druckgaskreislauf für die Bestrahlung von Brennstoffprüflingen (Projekt FR2/26). Diese Anlage gestattet den Einbau einer Brennstabprobe in den Reaktor bzw. deren Ausbau, ohne den Reaktorbetrieb zu unterbrechen. Es wurden spezifische Stableistungen bis 1000 W/cm Stablänge erreicht. Bei diesen Leistungen ist der Brennstoff im Zentrum weitgehend flüssig (Schmelztemperatur 2.850 C).

Störungsbedingte Unterbrechungen traten bei Bestrahlung der Prüflinge L 20, J 1 und J 14 auf. Insgesamt wurden 20 Prüflinge bestrahlt, siehe Tabelle 4.4.

In der Abschaltwoche der Betriebsphase L wurde die Kurzzeitbestrahlungseinrichtung ausgebaut, da wegen Terminverzögerungen bei der Prüflingsfertigung eine längere Betriebspause eintrat. Diese Zeit wurde zu fälligen Wartungs-, Reparatur- und Umbauarbeiten genutzt.

Der Heliumkreislauf war mit Ausnahme der Betriebsphase L im Jahre 1968 voll in Betrieb und erreichte 6.859,5 Betriebsstunden.

Bei den Prüflingen L 20 und J 1 mußte die Bestrahlung vorzeitig abgebrochen werden, da wegen defekter Thermoelemente keine exakte Messung mehr möglich war. Es stellte sich ein grundsätzlicher Fehler heraus: Beim Aufheizen der Prüflingshalterung wächst die keramische Vergußmasse mit der die Thermoelemente in den Stecker eingegossen sind. Dadurch reißen dann die Drähte der Ausgleichsleitungen ab. Durch eine besondere Eigenheit der Honeywell-Transmitter war die Temperaturanzeige vom Übergangswiderstand der Bruchstellen abhängig. Aus Sicherheitsgründen wurde auf eine Fortsetzung der Bestrahlung dieser Prüflinge verzichtet. Bei den anderen Prüflingen kam es durch Verwendung einer anderen Vergußmasse zu keinem weiteren Thermoelementausfall.

Prüfling J 14 brachte 3 Schnellschlüsse durch Temperaturgrenzwerte. Die Ursache der Schnellschlüsse war ein

Tabelle 4.4: Durchgeführte Bestrahlungen im Rahmen des Projektes FR2/26 im Jahre 1968

Prüfling	Bestrahlungsdaten 1968	Zeit h	Stableistung W/cm	Bemerkungen
1 L 39	4. 2.	2	1000	Kurzzeitbestrahlungen
2 L 33	5. 2.	0,17	1000	
3 L 20	18.-19. 2.	24	1000	
4 L 29	21. 2.	0,68	500	
5 J 1	26. 2.	0,90	500	Zyklische Bestrahlungen, Versuchsgruppe 2 Z
	27. 2.	1,83	500	
	28. 2.	1,33	500	
6 J 12	13.-14. 3.	22,0	700	
	14.-15. 3.	18,62	700	
7 J 9	18.-19. 3.	18,62	500	
	19.-20. 3.	25,38	500	
8 J 10	21.-25. 3.	2 x 44	500	
9 J 13	27.-31. 3.	2 x 44	700	
10 J 18	1.- 3. 4.	2 x 22	700	
11 J 14	12.-29. 4.	4 x 44	700	
12 J 22	30.5.-7.6.	4 x 44	700	
13 J 20	10.-14. 6.	2 x 44	700	
14 J 16	23.6.-7.7.	6 x 44	700	
15 J 23	9.-21. 7.	6 x 44	700	
16 J 17	23.8.-10.9.	9 x 44	700	
17 J 24	24.9.-12.10.	9 x 44	700	
18 L 13	14.10.-20.10.	136,5		Kurzzeitbestrahlungen mit Zentraltemperaturmessung
19 L 22	30.10.-13.11.	325,22		
20 L 27	15.11.-24.11.	209,18		
Gesamtbestrahlungszeit		2.766,43 h		

Hängenbleiben des Prüflings im Gasführungskolben bei gleichzeitigem Verklemmen des Gasführungskolbens im Versuchseinsatz. Beim Abfahren des Hubwerkes wurde dann die Steckverbindung der Theroelemente zwischen Prüflingseinsatz und Prüflingshalterung gelöst und der Temperaturgrenzwert ausgelöst (Schaltung fail-to-safe). Das Oberteil der Kurzzeitbestrahlungseinrichtung wurde daraufhin gewechselt.

Undichte Magnetventile waren die Ursache für eine längere Unterbrechung der Bestrahlung von Prüfling J 14.

Die Flüssig-Stickstoff-Erzeugungsanlage war ab Juni nach den Umbauarbeiten der Firma Linde bis Ende des Jahres voll in Betrieb. Die maximale Produktion beträgt jetzt 45 l/h. Der Einbau der Trennbodensäule erleichterte den Betrieb und die Reinheit des erzeugten Stickstoffs blieb unter der geforderten 2000 ppm-O<sub>2</sub>-Grenze. Auch die Steigerung der Drehzahl von 11.682 auf 15.515 U/min der Schraubenverdichter wirkte sich vorteilhaft aus. Zeitweise Störungen treten nur noch an den Rückschlagklappen der Regeneratoren auf. Die Anlage produzierte 119.708 l flüssigen Stickstoff, davon verbrauchte der Tiefkühlabsorber im Helium-Kreis 108.848 l. Die Überschußproduktion wurde in den N<sub>2</sub>-Vorratstank gefördert. In der Betriebsphase L wurde die Anlage zur Beseitigung von Undichtheiten in der cold-box außer Betrieb genommen.

- 4.4.4 Ein Heißdampfkreislaufexperiment (Projekt FR2/55), mit dem ein Brennelementprüfling mit beschädigter Hülle betrieben wird, hat seine Erprobung außerhalb des Reaktors (out-of-pile) zufriedenstellend bestanden. Es dient zur Entwicklung einer Hüllenschadennachweisanlage für Siedewasser- und Heißdampfreaktoren. Die Betriebsdaten des Reaktoreinsatzes sind 55 - 180 ata und 260 - 550 C. Neben der Dampfkühlung ist auch die Kühlung mit Druckwasser möglich. Mit dem Einbau in den Reaktor und der Inbetriebsetzung des Kreislaufes ist im Februar 1969 zu rechnen.



#### 4.5 Sonstige Coreeinbauten

4.5.1 Plutonium-Bündelelemente: Die Pu-Bündelelemente (Projekt FR2/53) entsprechen in ihrem Aufbau weitgehend den FR2-Brennelementen, sie enthalten jedoch statt 6 nur 5 Bündel mit je 7 Brennstäben. Der Brennstoff besteht aus einer Pu-Al-Legierung mit 6 % Pu und wird von einer Zircaloy-2-Hülle umschlossen.

Tabelle 4.5: Projekt FR2/53

Projekt Nr.	Einbau		Umsetzung	
	Tag	in Pos.	Tag	nach Pos.
53-1	19.9.	44/32	24.10.	58/20
53-2	19.8.	36/26	24.10.	36/22
53-3	19.9.	38/32	24.10.	58/22
53-4	24.10.	56/06	29.11.	60/22

Der Einsatz der Pu-Bündelelemente erfolgt zunächst auf BE-Positionen am Rand, dann in der mittleren Zone und zum Schluß im Zentrum des Reaktorkerns.

Die Umsetzungen erfolgten zur Erreichung einer möglichst max. Leistung (rd. 300 kW) und damit eines schnellen Abbrandes. Kühlmitteldurchfluß und Austrittstemperatur der Elemente werden gemessen und überwacht.

Nach Abschluß der Bestrahlung im FR2 wird der Brennstoff in einem Element vereinigt und soll dann in einem Höchstflußreaktor bestrahlt werden. Ziel ist die Gewinnung von Transplutoniumelementen.

4.5.2 Nuklear beheizter thermionischer Konverter: Der Versuch (Projekt FR2/57) dient zur Erprobung und Weiterentwicklung von thermionischen Generatoren, die durch Kernspaltung erzeugte Wärme direkt in elektrische Energie umwandeln.

Der Reaktoreinsatz der Firma Brown, Boveri u. Cie wurde nach einer eingehenden Erprobung am 6.3.68 in den Reaktor in Zentralposition 47/19 oben eingebaut.

Die Versuchseinrichtung besteht im wesentlichen aus der Bestrahlungskapsel, dem Zwischenstopfen, der Ionengetterpumpe, dem Abschirmstopfen mit Hubwerk, drei Kühlkreisläufen sowie den Meß-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen.

In der Bestrahlungskapsel befindet sich die Thermionik-Diode, deren Emitter in 15 Bohrungen ca. 5,9 g auf 90 % angereichertes pulverförmiges  $UO_2$  enthält. Der Emitter arbeitet bei Temperaturen um 1.600 - 1.700 C, die Diode gibt eine Leistung von rund 80 W ab.

Aufgrund des störungsfreien Betriebs wurde die nach Plan angesetzte Bestrahlungsdauer von 1.800 h  $\hat{=}$  75 d verlängert.

Erreichte Betriebsdaten:

Betriebszeit gesamt: 3.747 h  $\hat{=}$  156,13 d  
Leistung im Mittel : 140 A  
0,6 V  
80 W

Der Einsatz wurde am 13.11.68 wegen eines Kurzschlusses in der Diode ausgefahren und am 27.11.68 ausgebaut. Bei der Untersuchung in der Heißen Zelle zeigte der Versuchseinsatz starke Korrosionserscheinungen bei den vernickelten Oberflächen [6].

Das Experiment verursachte am 6.5.68 wegen einer Fehlbedienung eine Reaktorabschaltung. Als weiteres mußte am 3.7.68 die Reaktorleistung von 44 auf 12,8 MW wegen Inbetriebnahme der Emitterkühlung zurückgenommen werden.

4.5.3 UAl<sub>x</sub>-Al-Dispersionsbrennstoffplatten

Am 20.9.68 wurde der erste Reaktoreinsatz mit Uranaluminid-Brennstoffplatten (Projekt FR2/58a) in das Core des FR2 eingesetzt. Die Einsätze dienen der Entwicklung von Brennelementen für Forschungsreaktoren mit sehr hoher Neutronenflußdichte. Der Brennstoff ist Uranaluminid, der in folgenden Varianten untersucht werden soll:

UAl<sub>4</sub>-Al, UAl<sub>3</sub>-Al, UAl<sub>2</sub>-Al Dispersion.

Es sollen Aufschlüsse erzielt werden über

die Reaktionen zwischen dem Brennstoffteil  
und der Al-Matrix

die Form der Spaltgasansammlung und das  
Schwellen

die Festigkeitsänderungen, das Korrosionsver-  
halten und die Formstabilität des zur Anwendung  
gekommenen Hüllmaterials.

Die Brennstoffplatten sind nach der Bilderrahmentchnik  
von einer Al 99,5-Umhüllung eingefasst.

Die Kühlung im Reaktor erfolgt wie bei Brennelementen aus  
dem Verteilerboden.

Tabelle 4.6: Projekt FR2-58a

Projekt Nr.	Einbau Tag	in Pos.	Umsetzung Tag	nach Pos.	Ausbau
58a 1	20. 9.	49/05	25.10.68	49/07	8.1.69
58a 2	29.11.	37/23	7.1.69	41/23	-

4.5.4 Kobaltbestrahlung auf Zwischengitterpositionen: Im Berichts-  
zeitraum kam das Projekt FR2/59 bestückt mit 18 Kobalt-  
stäben mit je 35,35 g Co 1 mal zum Einbau.

Einbau: in Core-Pos. 41/33 am 21. 9.68

Ausbau: aus Core-Pos.41/33 am 21.10.68

Die Bestrahlung dient zur Erzeugung von Co-60 und zur  
Reaktortrimmung.

4.5.5 Untersuchung der Verträglichkeit von Kernbrennstoffen  
mit Hüllwerkstoffen: Der Brennstoff ist pulverförmig in  
Mengen von ca. 0,2-3 g in eine dickwandige Hülse aus dem  
gewählten Material eingepackt und gasdicht verschweißt  
(Projekt FR2/66).

Die Proben werden in ein Tauchrohr eingebaut, das auf Zwischengitterpositionen eingesetzt werden kann. Die im Bestrahlungseinsatz erzeugte Wärme (max. 30 W/cm) wird durch die Wand des Tauchrohres an das Moderator-Wasser abgegeben. Die Probentemperatur wird mit Thermoelementen in der Probenhülsenwand gemessen und registriert. Durch eine metallographische Untersuchung der Kontaktzonen zwischen Brennstoff und Hülle an verschiedenen Querschnitten der Proben werden dann Rückschlüsse auf die Verträglichkeit gezogen.

Tabelle 4.7: Projekt FR2/66

Projekt Nr.	Einbau		Kapsel- zahl	Brenn- stoff	Umsetzung		Ausbau Tag	Bestr.- zeit(h)	Bemerkungen
	Tag	in Pos.			Tag	nach Pos.			
66-1	7. 3.68	57/23	4	UN	8. 4.68	41/23	29. 4.68	1061,50	Ausbau n.Plan
66-2	13.11.68	41/29	4	UN	-	-	30.12.68	1009,00	Ausbau n.Plan

Zwei weitere Einsätze sind geplant und sollen im Jahre 1969 eingebaut werden.

4.5.6 Kriechkapselbestrahlung (Typ C): Die Bestrahlungskapsel (Projekt FR2/73a) besteht aus einer inneren Kapsel (Werkstoff 4571) und einer äußeren Kapsel (Werkstoff AlMg3). In der inneren Kapsel steckt eine UO<sub>2</sub>-Tablette in einer Matrize unter Druckbelastung durch einen federgespannten Stempel. Der freie Raum zwischen innerer Kapsel, Stempel und Matrize ist teilweise mit NaK gefüllt.

Brennstoff : UO<sub>2</sub>-Tablette 5 mm Ø, 1 mm stark  
 Anreicherung: 15 % U<sub>235</sub>  
 Dichte : 90 % der theor. Dichte  
 Gewicht : 0,193 g, 0,029 g U<sub>235</sub>  
 Einbau : In Core-Pos. 49/23 am 25.10.68

Die Kühlung wird durch freie Konvektion im Moderator gegeben.

4.5.7 Rohrpostanlage in der Thermischen Säule: Die Bestrahlungen (Projekt FR2/50-5) dienen zur Messung des zeitlichen Intensitätsverlaufs der von den verzögerten Neutronenstrahlern emittierten Neutronen. Durch Analyse der erhaltenen Abfallkurven soll die relative Ausbeute der einzelnen Gruppen verzögerter Neutronenstrahler in Abhängigkeit von der spaltenden Kernsorte ( $U_{235}$ ,  $U_{233}$ ,  $Pu_{239}$ ) bestimmt werden.

Dazu wurde am 16.8.68 mit dem Aufbau des Projektes FR2/50-5 am S4-Kanal der Thermischen Säule begonnen.

Der Probebetrieb mit darauffolgenden Messungen fand am 23.8.68 statt.

Die Anlage mußte am 3.9.68 wegen steckengebliebener Kapsel außer Betrieb genommen und zur Bergung der Kapsel am 9.9.68 abgebaut werden. Alle Teile der Kapsel wurden geborgen und die Anlage wieder aufgebaut.

Nach der Rohrpostkapselabänderung wurde am 23.9.68 wieder mit dem Bestrahlungsbetrieb begonnen und die Anlage zeigte bisher keine nennenswerten Störungen.

## 5. Eigenüberwachung des FR2

In der Anlage zum Genehmigungsbescheid für den Betrieb des Forschungsreaktors FR2 vom 5.12.1962 erhielt die Abteilung Reaktorbetrieb von der Aufsichtsbehörde auch Auflagen bezüglich der durchzuführenden Prüfungen.

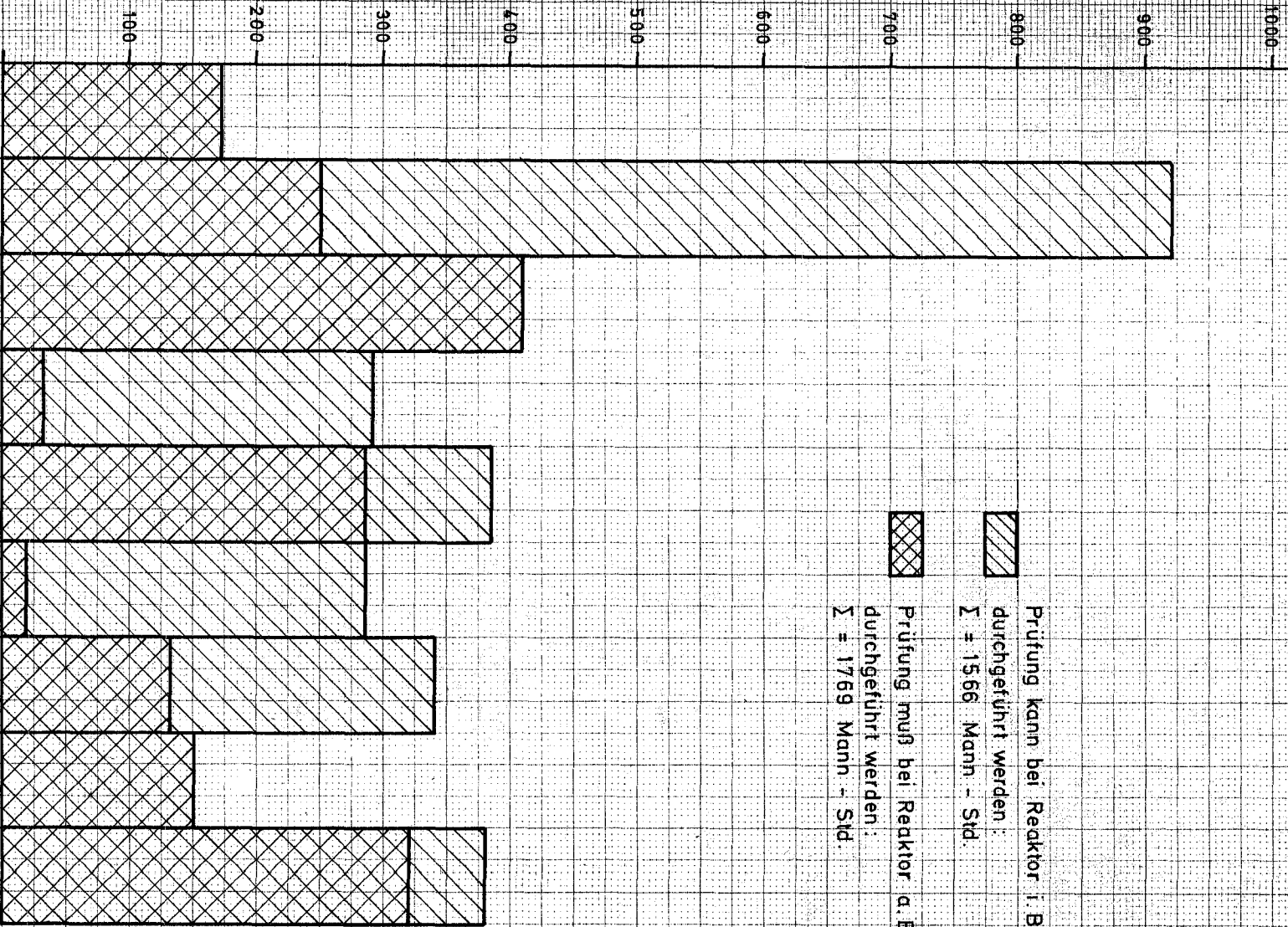
Die ersten Prüfungen vor der Inbetriebnahme des FR2 wurden in Anwesenheit des TÜV und die dann folgenden während des 12 MW-Betriebes des FR2 in Eigenverantwortung durchgeführt. Aufgrund der daraus gewonnenen Erfahrungen wurde nach der Leistungserhöhung auf 44 MW in Zusammenarbeit mit dem TÜV und in enger Fühlungnahme mit der Aufsichtsbehörde der sogenannte Prüfplan für den Reaktor FR2 (Eigenüberwachung) vom 12.8.1966 erstellt. Siehe auch hierzu § 48 des Genehmigungsbescheids für die Leistungserhöhung des FR2 vom 26.1.1966.

Erstmals stattfindende Prüfungen wichtiger Anlagenteile werden im Beisein des TÜV durchgeführt, die dann folgenden allein durch das FR2-Betriebspersonal. Eine Ausnahme bilden hier die Prüfungen von Behältern nach UVV.

Die Prüfungen dienen der Gewährleistung der Sicherheit des FR2. Weitere Gesichtspunkte bei den Prüfungen (bei deren Umfang und den Wiederholungszeitabständen) sind Erhaltung des Arbeitsschutzes innerhalb des Betriebes und Schadensvorsorge im Hinblick auf die Erhaltung einer hohen Verfügbarkeit des FR2.

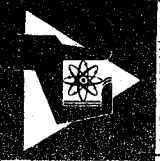
Aus diesen Gründen werden eine ganze Anzahl von Prüfungen in kürzeren Zeitabständen als im Prüfplan gefordert durchgeführt, bis eingehende betriebliche Erfahrungen vorliegen, die größere Zeitabstände rechtfertigen. Werden Termine des oben erwähnten Prüfplans berührt, so erfolgen Änderungen nur in Absprache mit der Aufsichtsbehörde. Da die Anlagen gewissen Veränderungen unterliegen, müssen die Prüfungen ständig auf dem laufenden gehalten werden. Ebenso werden für neu hinzukommende Anlagen Prüfungen notwendig.

# Zeitlicher u. personeller Aufwand für Funktionsprüfungen gemäß Auflage



Prüfung kann bei Reaktor i. B. durchgeführt werden :  
Σ = 1566 Mann - Std.

Prüfung muß bei Reaktor d. B. durchgeführt werden :  
Σ = 1769 Mann - Std.



Prüfungen, bei denen der Reaktor nicht außer Betrieb sein muß, werden, so weit es geht, in den planmäßigen Betriebsperioden erledigt.

Beim FR2 waren es im Jahr 1968

72 verschiedene Prüfungen ohne Großprojekte.

Sie sind in 1/4-, 1-, 2- bzw. 4-jährlichem Turnus zu wiederholen. Davon können fast die Hälfte bei in Betrieb befindlichem Reaktor durchgeführt werden, bei den restlichen muß der Reaktor wenigstens teilweise abgeschaltet sein.

Bis Ende des Jahres 1968 waren 4 Großprojekte in Betrieb, Projekt FR2-2, -16, -26 und -36, die durch das RB/FR2-Betriebspersonal betrieben wurden. Auch zur Aufrechterhaltung der Sicherheit dieser Anlagen waren Prüfungen in 1/4- bzw. 1-jährlichem Turnus notwendig.

Insgesamt beanspruchten diese Prüfungen 3.340 Mannstunden (die Nettoarbeitszeit eines Mitarbeiters beträgt 1.976 h/a).

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

Die Abb.5.1 gibt einen Überblick über den Aufwand in Mannstunden für diese Prüfungen, aufgeteilt nach Anlagenteilen bzw. Kreisläufen. Dabei wird unterschieden zwischen Prüfungen, bei denen der Reaktor außer Betrieb sein muß und Prüfungen, bei denen der Reaktor mit voller Leistung betrieben werden kann.

Unter Anlagen fallen z.B. die BE-Flasche, die Gegensprechanlage, die Wechselmaschine in R 111, der Absenkschacht, der Behälterbau, die Thermische Säule.

Die Sicherung der Energieversorgung spielte bei der Auslegung des FR2 eine wichtige Rolle, deshalb ist der Zeitaufwand für die Prüfung der umfangreichen Meldeanlagen und der Batterien relativ groß.



In Tabelle 5.1 sind die im Jahre 1968 durchgeführten Prüfungen auf Grund der Unfallverhütungsvorschriften angegeben.

Die Sicherstellung der geforderten Mindestabschaltreaktivität, der Nachweis des Abbrands der Steuerstäbe, die Überwachung des Primär- und Sekundär-Kühlmittels, die Einsatzzeit und der Abbrandzustand der Brennelemente u.a.m. werden beim FR2 durch organisatorische Regelungen erfaßt und gewährleistet. Für die Ermittlung des Abbrands besteht ein eigenes Rechenprogramm.

Tabelle 5.1: Prüfungen im Jahre 1968 aufgrund der Unfallverhütungsvorschriften

1. Durch den TÜV nach VBG 17 Druckbehälter § 24, Absatz 1 - regelmäßige äußere Prüfung:
  - 1.1 He-D<sub>2</sub>O-Kreislauf Rieselkühlungsbehälter Pos. 4.1.9/6 am 18. 9.68
  - 1.2 Kühlkreislauf Therm.Schild Druckbehälter Pos. 4.2.18/2 am 18. 9.68
  - 1.3 Preßluft Druckluftbehälter Pos. 4.4.16/8c am 14. 8.68  
Druckluftbehälter Pos. 4.4.16/8d am 14. 8.68
  - 1.4 FR2/16 Helium Kälteanlage  
Pufferbehälter Pk-Bh 51 am 14. 8.68  
Pufferbehälter Pk-Bh 50 am 14. 8.68  
Druckgaskühler Pk-Wt 7 am 14. 8.68  
Druckgaskühler Pk-Wt 8 am 18. 8.68  
Ring-Gegenströmer Pk-Wt 9 am 28.11.68  
Helium-Reiniger I PR-Wt 3, PR-Bh 38, am 28.11.68  
PR-Fi 14  
Helium-Reiniger II PR-Wt 4, PR-Bh 39, am 28.11.68  
PR-Fi 15
  - 1.5 FR2/26 Abbrandloop  
Druckrohrunterteil H-Le 101 am 28.11.68  
Staubfilter H-Fi 105 am 18. 9.68  
Halogen-Filter H-Fi 101 am 14.11.68  
Wasserkühler H-Wt 101 am 12.11.68  
Halogen-Adsorber H-Fi 102 am 14.11.68  
Staubfilter H-Fi 103 am 12.11.68  
Wärmeaustauscher R-Wt 201 am 12.11.68  
Erhitzer R-Hz 101 am 12.11.68  
CuO-Kontakt R-Fi 201 am 12.11.68  
Gegenstrom-Wärmeaustauscher R-Wt 203 am 12.11.68  
Tiefemperatur-Adsorber R-Fi 202 am 12.11.68  
Auffangtank S-Bh 401 am 18. 9.68  
Regenerator 26K-Rg 1 am 21.11.68  
Regenerator 26K-Rg 2 am 21.11.68  
N<sub>2</sub>-Wärmeaustauscher 26K-Wt 7 am 21.11.68
2. Nach Aufzugsverordnung § 7 Zwischenprüfung durch TÜV
  - 2.1 Selbstfahrer-Aufzug Fabrik-Nr.66/1936 im Erweiterungsbau des Dienstgebäudes am 3. 7.68
3. Nach VBG 8 Hebezeuge § 94, Absatz 2  
In Eigenverantwortung wurden unter Mitwirkung von Ekf/FK, AVW/SM und RB/E sämtliche Hebezeuge im Laufe des Jahres überprüft.
4. Nach UVV 10 Flurförderzeuge § 20 wird der 2,5 t Gabelstapler Fabrik-Nr.: 30626 durch Wartungsvertrag mit dem Lieferanten geprüft. Die übrigen Flurförderzeuge wartet RB/FR2 selbst.

## 6. Personal

### 6.1 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 6.1, Stand 31.12.68. Zahlen in Klammern Stand 31.12.67.

Tabelle 6.1 : Personalstand der Fachgruppen

Leitung	4	(4)		
Betriebsbüro und Sekretariat	4	(4)		
<u>Tagesdienst</u> RBI	4	(4)	RBI	= Reaktorbetriebs- Ingenieur
BM	6	(6)	BM	= Betriebsmeister
RT	15	(15)	RF	= Reaktorfahrer
AF	3	(2)	RT	= Reaktortechniker
HA	5	(6)	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	10	(7)		
RF	5	(5)		
RT	10	(10)		
AF	5	(5)		
Schichtpersonal	40	(37)	gesamt =	81 (78)

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. Für die Einarbeitung von neueingestellten

Mitarbeitern werden diese gern als Hospitanten einer Schichtgruppe zugeteilt, deshalb ist die Zahl der Betriebsingenieure in der Schicht am 31.12.68 auch so hoch.

Eine Einteilung nach Ausbildungsstand wird in Tabelle 6.2 vorgenommen, Stand 31.12.68. Zahlen in Klammern Stand 31.12.67.

Bei den RBI handelt es sich hier um gute Reaktorfahrer, die mit Ingenieuraufgaben betraut werden konnten. Kündigungen und Neuzugänge, die sich nicht überschneiden, wurden also nicht berücksichtigt.

Tabelle 6.2 : Personaleinteilung nach Ausbildung

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

In Tabelle 6.3 sind die Gesamtarbeitsstunden der RB/FR2-Mitarbeiter im Jahre 1968 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 31.12.67 zugrundegelegt. Neu eingetretene Mitarbeiter im Laufe 1968 wurden nicht berücksichtigt, da sie erst eingearbeitet werden müssen.

## 6.2 Strahlenbelastung

Bezüglich der Strahlenbelastung der Mitarbeiter verweisen wir auf [4]. Aufgrund der Auswertung der Film- und Glasdosimeter liegt bei 5 Mitarbeitern die Jahresdosis zwischen 1,5 und 2,3 rem. Zwischen 1,0 und 1,5 rem be-

finden sich 8 Leute und zwischen 0,5 und 1,0 sind es 15. Alle anderen Mitarbeiter liegen darunter.

### 6.3 Schulung

Da der Genehmigungsbescheid für den Betrieb des FR2 ausdrücklich eine gute Ausbildung des Betriebspersonals fordert, wurden auch im Jahre 1968 die gebotenen Möglichkeiten genutzt. Es nahmen 5 Ingenieure am Lehrgang für Reaktorbetriebsingenieure an der Schule für Kerntechnik (SKT) teil. 4 Mitarbeiter belegten den Praktikumkurs am Unterrichtsreaktor. Am Reaktoroperateurkurs und am Einführungskurs in die Kernstrahlenmeßtechnik nahmen je 2 Mitarbeiter teil. Zum Grundkurs über Reaktortechnik wurde ein Mitarbeiter delegiert.

Tabelle 6.3: Gesamtarbeitsstunden der RB/FR2-Mitarbeiter im Jahre 1968 ohne Krankheitszeiten

1. Urlaubstage der Mitarbeiter im Durchschnitt:

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

2. Arbeitstage im Jahre 1968:

366 d/a	
- 104 Sa+So	} 250 d
- 12 Feiertage	
- 3 GfK-Sondertage	
- 21,5 Urlaub	(Betr.-Ausfl.+ 4 x 1/2 d)
- <u>1</u> Sonderurlaub	
224,5 d/a	

3. Wochenarbeitsstunden: 44 h

$$\frac{44}{5} = 8,8 \text{ h/d im Mittel}$$

4. Nettoarbeitsstunden für den Mitarbeiter:

$$224,5 \text{ d/a} \times 8,8 \text{ h/d} = 1.975,6 \text{ h/a}$$

5. Anzahl der Mitarbeiter der Gruppe RB/FR2, Stand 31.12.1967:

78 Mitarbeiter

6. Gesamtarbeitsstunden:

$$78 \times 1.975,6 \text{ h/a} = 154.096,8 \text{ h}$$

## 7. Ausblick

Für das Jahr 1969 sind wiederum 10 Betriebsphasen mit jeweils 4 Betriebswochen und 1 Abschaltwoche vorgesehen. In der Jahresmitte ist wieder eine große Abschaltphase von insgesamt 4 Wochen geplant.

Die Reaktornennleistung wird weiterhin 44 MW betragen. Zu den bereits vorhandenen Experimenten, die in vollem Umfang weitergeführt werden, wird u.a. als sehr personalintensiv die Inbetriebnahme des Heißdampfkreislaufes (Projekt FR2/55) kommen.

8. 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.P.Schmidt: "Schäden an der Abschirmung und am Coretank des Karlsruher Forschungsreaktors FR2"  
(Techn. Überwachung Band 9/1968, Nr.12/S. 405-409)
- [4] L.A.König: "Arbeitsbericht des Strahlenschutzdienstes in der Abteilung Strahlenschutz und Dekontamination für das Jahr 1968"  
(KFK-Externer Bericht Nr. 20/69-2)
- [5] H.Krause: "Abteilung Dekontaminationsbetriebe Jahresbericht 1968"  
(KFK-Bericht Nr. 1030)
- [6] Enderlein,  
Zöllner : "Nachuntersuchung an einem bestrahlten thermionischen Wandler"  
(Kerntechnik 13. Jahrgang Nr. 1/1971)

9. Tabellen und Diagramme

Tabelle 9.1	Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1968
Tabelle 9.2	Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit
Tabelle 9.3	Reaktorabschaltungen im Jahre 1968
Tabelle 9.4	Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Betriebszeit 1968
Formblätter Nr. 148/24 - 148/34	Reaktorleistung in den Betriebsphasen A bis L 1968
Formblätter Nr. 9/2 und 9/3	Beladungs- und Belegungspläne Betriebsphasen A - L 1968
Formblätter Nr. 203	BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW Reaktorleistung Betriebsphasen A - L 1968
Formblätter Nr. 183a/16-183a/26	Kritische Trimmstabstellung Betriebsphasen A - L 1968
Formblatt Nr. 9a	Beladungsplan für Isotopenkanal- Positionen Iso/9



Tabelle 9.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1968

(1v4)

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden > 10 <sup>-3</sup> n		Ges.Betr.Stunden		Ausfallzeit (R.abgeschaltet)		Bemerkungen
			[MWh]	[Mwd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	
1. 1. 00 <sup>00</sup> bis 29. 1. 08 <sup>14</sup>	A/68	1.	4145,75		102,80		150,11		17,89		Leck im Coretank und Proj. 26 Ausbau Proj. 65  Spannungsausfall Schaltwarte und K6/III
		2.	7062,48		161,79		164,90		3,10		
		3.	7435,77		168,00		168,00		0,00		
		4.	7333,41		166,26		166,97		1,03		
		5.	356,00		8,23		8,23		0,00		
			26333,41	1097,23		607,08		658,21		22,02	
29. 1. 08 <sup>14</sup> bis 4. 3. 08 <sup>08</sup>	B/68	5.	2073,03		50,01		60,72		0,00		K6/III Proj. 2 Exp.-Masch. u. BE-Wechsel Pos. 38/18 K3a/III Prüfung Sicherheitssystem
		6.	7446,10		168,00		168,00		0,00		
		7.	7336,65		166,61		166,97		1,03		
		8.	7234,58		166,20		166,70		1,30		
		9.	7361,73		166,69		167,14		0,90		
10.	356,00		8,13		8,13		0,00				
			31808,09	1325,36		725,64		737,66		3,23	
4. 3. 08 <sup>08</sup> bis 8. 4. 08 <sup>15</sup>	C/68	10.	3,19		0,00		18,51		0,00		Proj. 36 durch Abfall TA 7
		11.	5666,54		135,79		143,98		1,55		
		12.	7439,84		168,00		168,00		0,00		
		13.	7466,16		168,00		168,00		0,00		
		14.	7448,16		168,00		168,00		0,00		
15.	353,00		8,25		8,25		0,00				
			28376,89	1182,37		647,94		674,74		1,55	

Tabelle 9.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1968

(2v4)

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden > 10 <sup>-3</sup> N		Ges. Betr. Stunden		Ausfallzeit (R. abgeschaltet)		Bemerkungen
			[MWh]	[Mwd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	
8. 4. 08 <sup>15</sup> bis 13. 5. 08 <sup>16</sup>	D/68	15.	2860,11		67,83		74,00		0,40		Proj. 26 (Störung)
		16.	7346,25		167,10		167,46		0,55		Proj. 26
		17.	7337,54		168,00		168,00		0,00		
		18.	7287,64		166,13		166,55		1,47		Proj. 26
		19.	7304,90		166,24		166,98		1,01		Proj. 57 Fehlbedienung u. SS Proj. Ursache unbek.
		20.	355,00		8,27		8,27		0,00		
			32491,44	1353,78		743,57		751,26		3,43	
13. 5. 08 <sup>16</sup> bis 18. 6. 08 <sup>00</sup>	E/68	20.	824,94		22,68		46,77		0,77		Proj. 16 (Erprobung)
		21.	7341,63		167,19		167,51		0,48		Proj. 44 (Montagearbeiten)
		22.	7407,38		168,00		168,00		0,00		
		23.	7412,24		168,00		168,00		0,00		
		24.	7356,96		167,42		167,85		0,00		
		25.	1396,00		31,73		32,00		0,27		Kanal 2b Prüfung Sicherheitssystem
			31739,15	1322,46		725,02		750,13		1,52	
18. 6. 08 <sup>00</sup> bis 22. 7. 08 <sup>19</sup>	F/68	25.	1404,39		40,77		52,75		2,18		BE-Wechsel
		26.	7236,74		165,49		167,59		0,42		Proj. 2
		27.	7413,12		168,00		168,00		0,00		
		28.	7419,26		168,00		168,00		0,00		
		29.	7414,00		168,00		168,03		0,00		
		30.	357,20		8,18		8,31		0,00		
			31244,32	1301,84		718,44		732,68		2,60	

-77-

Tabelle 9.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1968

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden $\geq 10^{-3} N_n$		Ges. Betr. Stunden		Ausfallzeit (R. abgeschaltet)		Bemerkungen
			[MWh]	[Mwd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	
22. 7. 08 <sup>19</sup> bis 11. 8. 24 <sup>00</sup>	6/68	30. 31. 32.	0,00 0,00 0,00		0,00 0,00 0,00		0,00 0,00 0,19		0,00 0,00 0,00		
			0,00	0,00		0,00		0,19		0,00	
12. 8. 00 <sup>00</sup> bis 16. 9. 08 <sup>29</sup>	H/68	33. 34. 35. 36. 37. 38.	0,00 3548,90 7295,77 7295,89 7392,65 367,61		0,00 85,22 166,39 167,14 168,00 8,42		0,20 90,47 166,77 167,46 168,00 8,48		0,00 19,91 1,23 0,55 0,00 0,00		Montagefehler Th.-Element-Ausgleichsleitungen Kanal 2b/III Prüfung Sicherheitssystem Proj. 2
			25900,17	1079,20		595,17		601,38		21,69	
16. 9. 08 <sup>29</sup> bis 21. 10. 08 <sup>17</sup>	I/68	38. 39. 40. 41. 42. 43.	1779,34 7174,44 7376,27 7288,69 7385,44 357,00		43,51 165,13 168,00 166,39 168,00 8,13		63,31 167,37 168,00 167,98 168,01 8,28		0,00 0,62 0,00 0,00 0,00 0,00		Proj. 44
			31361,18	1306,72		719,16		742,95		0,62	
21. 10. 08 <sup>17</sup> bis 25. 11. 08 <sup>15</sup>	K/68	43. 44. 45. 46. 47. 48.	1912,22 7381,82 7360,76 7295,36 7406,86 355,00		57,91 168,00 167,78 166,38 168,00 8,15		76,10 168,00 168,01 167,98 168,01 8,25		0,00 0,00 0,00 0,00 0,00 0,00		
			31712,02	1321,33		736,22		756,35		0,00	

Tabelle 9.1: Betriebsverlauf des FR2 im Jahre 1968

(4v4)

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden $>10^{-3} \beta_N$		Ges.Betr.Stunden		Ausfallzeit (R.abgeschaltet)		Bemerkungen
			[MWh]	[Mwd]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	[h]	
25.11. 08 <sup>15</sup>	L/68	48.	1658,86		41,30		55,84		0,00		
		49.	7400,42		168,00		168,00		0,00		
bis		50.	7390,13		168,00		168,00		0,00		
		51.	7345,03		167,37		167,99		0,00		
31.12. 24 <sup>00</sup>		52.u.53.	9521,40		216,00		216,00		0,00		
			33315,84	1388,16		760,67		775,83		0,00	
1. 1.68 00 <sup>00</sup> bis											
31.12.68 24 <sup>00</sup>			304283,5	12678,5		6979,0		7181,4		56,7	
					= 290,8 (d)		= 299,2 (d)		= 2,4 (d)		
					= 79,5 (%)		= 81,7 (%)		= 0,7 (%)		
					= 96,4 (%)		= 99,2 (%)		= 0,8 (%)		

Mittlere Leistung bei Betriebszeiten  $\beta > 10^{-3} \beta_N$ : 43,71 MW

**Tabelle 9.2: Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit (1v2)**

Betr.-Phase	Datum	Zeit		Vor-gang	Bemerkungen	Ausfallzeit	
		von	bis			Reaktor ab-geschaltet	verminderte R.Leistung (10 <sup>-3</sup> -10 <sup>0</sup> N <sub>N</sub> )
A	bis						
	3. 1.68		11.50	AB	Reaktor zeitweise abgeschaltet wegen Coretankleck (Rep. Restarbeiten)	17,56	
	3. 1.68	15.22		SS	Projekt 26 (Prüfung bei Reaktorstart)	0,33	(19,26)
	8. 1.68	16.11	18.21	LR	Ausbau Proj. 65 aus Strahlkanal R6		2,17
		18.21	19.30	LR	Strahlenschieber R6-Kanal schließt nicht		1,15
		19.30	22.36	AB	Ausbau Proj. 65	3,10	(3,39)
	9. 1.68	08.51	10.01	LR	KVE 32 Temperatur zu hoch		1,17
	10. 1.68	00.11	01.35	LR	wegen Störung Reaktorregelung		1,40
		10.16	10.18	LR	für KVE 32 (Thermoschockbehandlung)		0,03
		11.26	11.30	LR	für KVE 32 (Thermoschockbehandlung)		0,07
	25. 1.68	16.10	16.39	SS	Teilspannungsausfall Stromversorgung Schaltwarte (Kurzschluß)	0,48	(2,17)
	28. 1.68	14.46	15.19	SS	Kanal 6/III (Unterbrechung der Thermo-elementleitung am BE)	0,55	(1,80)
	B	16. 2.68	08.20	09.22	SS	Kanal 6/III (Unterbrechung der Thermo-elementleitung am BE)	1,03
21. 2.68		11.38	12.15	SS	Proj. 2 Exp.-Maschine	0,60	( - )
		12.21	13.03	AB	BE-Pos. 38/18 keine Temp.-Anzeige	0,70	(1,97)
23. 2.68		05.21	11.23	LR	TA-Stab Pos. 15 abgefallen, Prüfung Sicherheitssystem		6,03
28. 2.68		10.59	11.53	SS	K3a/III bei Prüfung Sicherheitssystem	0,90	(2,00)
C	13. 3.68	09.20	11.53	LR	Naßfühler Pu 1.2 in R 107		2,55
	16. 3.68	10.00	11.33	SS	Proj. 36 durch Abfall TA-Pos. 7 bei Prüfung Sicherheitssystem	1,55	(2,77)
	20. 3.68	09.34	10.50	LR	TA-Pos. 7 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem		1,27
D	12. 4.68	12.18	12.42	SS	Proj. 26, Prüflingstemperatur zu hoch	0,40	(0,78)
	17. 4.68	06.47	07.20	SS	Proj. 26, Prüflingstemperatur zu hoch	0,55	(1,35)
	24. 4.68	08.08	09.38	LR	TA-Pos. 5 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem		1,50
	25. 4.68	09.16	10.18	LR	TA-Pos. 7 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem		1,03
	3. 5.68	08.44	10.12	SS	Proj. 26, Prüflingstemperatur zu hoch	1,47	(0,93)
	6. 5.68	15.57	16.26	SS	Proj. 57, Fehlbedienung	0,48	(1,35)
	7. 5.68	14.31	15.02	SS	Projekte, Ursache Sicherungsfall Abschaltlinie	0,53	(0,80)
	E	19. 5.68	09.11	09.57	SS	planmäßig von Hand, Erprobung Proj. 16	0,77
21. 5.68		15.13	15.42	SS	Proj. 44, Sicherungsfall bei Montagearbeiten	0,48	(1,17)
10. 6.68		06.14	07.27	LR	zur Abschaltung von Proj. 2, Störung im Vakuumkreis		1,22
18. 6.68		07.44	08.00	SS	bei Funktionsprüfung Kanal 2 (Kennlinienaufnahme) Ende der Betr.Phase	0,27	( - )

Tabelle 9.2: Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit (2v2)

Betr.-Phase	Datum	Zeit		Vor-gang	Bemerkungen	Ausfallzeit	
		von	bis			Reaktor ab-geschaltet	verminderte R.Leistung ( $10^3-10^0 N_N$ )
F	22. 6.68	07.16	09.26	LR	Naßfühler KVE 28		2,17
		15.57	16.11	LR	BE-Wechsel Pos. 50/30 Q u. T-Messung defekt		0,23
		16.11	18.22	AB	BE-Wechsel Pos. 50/30	2,18	( 7,83)
	26. 6.68	00.20	00.45	SS	Proj. 2: Ausfall Expansionsmaschine	0,42	( 1,23)
	28. 6.68	14.20	20.02	LR	BE-Wechsel Pos. 56/22 Q u. T-Messung defekt		5,70
	3. 7.68	14.22	15.08	LR	Inbetriebnahme P 57		0,77
H	21. 8.68	19.58	bis	AB	Montagefehler an Thermoelement-Ausgleichsleitungen der BE-Überwachung	19,91	( 8,72)
	22. 8.68		15.53				
	26. 8.68	11.12	12.26	SS	Prüfung Sicherheitssystem	1,23	( 1,07)
	3. 9.68	10.14	12.08	LR	TA-Pos. 12 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem		1,90
	4. 9.68	18.10	18.43	SS	Proj. 2: Ausfall Expansionsmaschine	0,55	( 0,95)
	6. 9.68	18.24	19.43	LR	TA-Pos. 4 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem		1,32
I	23. 9.68	11.55	12.32	SS	Proj. 44 (Rohrpost)	0,62	( 4,62)
	9.10.68	08.40	11.13	LR	BE-Wechsel Pos. 52/24 Q u. T-Messung defekt		2,55
K	26.10.68	09.41	10.35	LR	Feuchtefühler R 107 beim Reaktorstart		0,90
		10.35	16.10	LR	Feuchtefühler R 107 beim Reaktorstart		5,58
	4.11.68	16.02	17.09	LR	Begehen von R 107, Leckverdacht Wt 1.5		1,12
	13.11.68	09.00	12.45	LR	Einbau Proj. 66, Ausbau KVE 36, BE-Wechsel Pos. 40/10 (Q u. T-Messung defekt)		3,75
L	16.12.68	15.15	18.30	LR	Ausbau KVE 43, Temperatur zu hoch		3,25
						56,7 [h]	48,8 [h]
							(68,1 [h])

Anzahl 1968:

Anmerkung: LR = Leistungsrücknahme von Hand 24  
 AB = Reaktorabschaltung von Hand 5  
 SS = Automatische Schnellabschaltung (Schnellschluß) 19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Lfd.Nr.	Datum	Zeit	Abschaltart		Abschaltgrund		Schnellschlußursache	Störungsart				Wertungsschaltung der Auslösesignale	Funktion der Abschaltstäbe	Ausfallzeiten (falls planm. Reaktorbetrieb)			Bemerkungen		
			Hand	automatisch < 1MW	durch > 1MW	Plan		Störung	Reaktor Si.-Kanal bzw. Meßstelle	Experiment Nr./Meßstelle	echter Grenzwert			Gerätefehler	Fehlbedienung	Prüfung		Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung < 10 <sup>-3</sup> N <sub>N</sub>
1	02.01.	16.42	x			x									i.0.				Abschaltung nach Beendigung Wiederbeladung
2	02.01.	23.54		x		x		K3a					x	1 v 2	TA7				Prüfung D <sub>2</sub> O-Kreislaufsteuerung Moderatorschnellablaß durch gewollte Störung TA7
3	03.01.	15.22		x		x			26				x	1 v 1	i.0.	0,33	0,30	19,26	Prüfung Aufschaltung auf Sicherheitssystem von Proj. FR2/26 nach Bestimmung der kritischen Steuerstabstellung
4	08.01.	19.30	x				x									3,10	0,53	3,39	Reaktor abgeschaltet durch Entregung der Haltemagnete nach vorangehender Leistungsrücknahme wegen Ausbau Proj. FR2/65 aus Strahlrohrpos. R6
5	25.01.	16.10			x	x		div.				x		div.	i.0.	0,48	0,18	1,66	Teilspannungsausfall der Energieversorgung Schaltwarte durch Kurzschluß, SS wegen fail-safe Prinzips (Strahlungspegel zu hoch)
6	28.01.	14.46			x	x		K6/IIIb			x			1 v 3	i.0.	0,55	0,52	0,79	Unterbrechung Thermoelementleitung der Brennelementkühlmittelüberwachung
7	29.01.	08.14	x			x									i.0.				Ende Betriebsphase A
8	01.02.	03.00	x			x									i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung
9	02.02.	03.25	x			x									TA16 (x)				Ankunftsmeldung von TA16 defekt
10	16.02.	08.20			x	x		K6/IIIb			x			1 v 3	i.0.	1,03	0,36	1,92	Unterbrechung Thermoelementleitung der Brennelementkühlmittelüberwachung
11	21.02.	11.38			x	x			2		x			1 v 1	TA7 (x)	0,60	0,10		Proj. FR2/2: Vermutl. Vakuumgrenzwert m. Fehlmeldung; Ankunfts- u. von TA7 defekt
12	21.02.	12.21	x			x									i.0.	0,70	0,42	1,97	Brennelementkühlmittelüberwachung (Temp. und Durchfl.) defekt, BE5-179 gewechselt
13	28.02.	10.59			x	x		K3a/III			x			2 v 3	i.0.	0,90	0,47	2,00	Prüfung Sicherheitssystem vor Reaktorstart, Kontaktschwierigkeiten in 2 v 3 - Einheit, Auslösung 1 v 3
14	04.03.	08.08	x			x									i.0.				Ende Betriebsphase B
15	06.03.	04.35	x			x									i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung
16	06.03.	15.46	x			x									i.0.				Nach Einbau Proj. FR2/57
17	07.03.	04.17	x			x									i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung
18	07.03.	10.59		x		x		K3a/Iu, III					x	2 v 3	i.0.				Prüfung Sicherheitssystem nach Einbau Proj. FR2/66 durch Überfahren von 1;2 β <sub>N</sub>
19	08.03.	02.57	x			x									i.0.				Bestimmung kritische Steuerstabstellung
20	16.03.	10.00			x	x			36/div. uGW		x			2 v 3	i.0.	1,55	0,58	2,77	Beim Prüfen Sicherheitssystem TA-Stab Pos. 7 abgefallen (Kontaktschwierigkeiten in 2 v 3 - Einheit) dadurch Leistungsabfall und SS Proj. FR2/36 durch uGW
21	08.04.	08.15	x			x									i.0.				Ende Betriebsphase C
22	09.04.	00.16		x		x		K2b					x	1 v 2	TA13				Prüfung D <sub>2</sub> O-Kreislaufsteuerung, Moderatorschnellablaß durch gewollte Störung TA 13
23	10.04.	19.22	x			x									i.0.				Prüfung Sicherheitssystem
24	10.04.	20.30	x			x									i.0.				Prüfung Sicherheitssystem
25	12.04.	12.18			x	x			26/T107-9	x				2 v 3	i.0.	0,40	0,28	0,78	Temperaturgrenzwert T107, T108 und T109 durch Fehlbedienung beim Zurückfahren des Prüflings ohne Erhöhung des Differenz-Druckes
26	17.04.	06.47			x	x			26/T107-9		x			2 v 3	i.0.	0,55	0,37	1,35	Temperaturgrenzwerte durch Lösen der Steckverbindung beim Ausfahren des Prüflings (fail-safe-Prinzip)
27	03.05.	08.44			x	x			26/T107-9		x			2 v 3	i.0.	1,47	0,43	0,93	Temperaturgrenzwerte durch Lösen der Steckverbindung beim Ausfahren des Prüflings (fail-safe-Prinzip)
28	06.05.	15.57			x	x			57/div.			x			i.0.	0,48	0,38	1,35	Stecker von Aufschalteinheit wurde irrtümlich gezogen
29	07.05.	14.31			x	x			57			x			i.0.	0,53	0,40	0,80	Sicherungsfall Abschaltzweig Experimente, Ursache vermutlich Wechsel des Einschubes für Feuchterfühler Proj. FR2/57
30	13.05.	08.16	x			x									i.0.				Ende Betriebsphase D

1	2	3	4		6	7	8	9	10	11	12			14	15	16	17	18		19	20
			Hand	automatisch							durch	Schnellschluß	Plan					Störung	Reaktor Si.-Kanal bzw. Meßstelle		
31	16.05.	03.02		x		x		K3a/Iu.II						x	2 v 3	i.0.					Prüfung Sicherheitssystem nach Bestimmung kritischer IA-Stabstellung durch Überfahren von $1,2 \times 10^{-3} \phi_N$
32	16.05.	22.29		x		x		K2b/II						x	1 v 2	i.0.					Erprobung der 2 v 3 - Einheit
33	17.05.	08.55		x		x		K4/I						x	1 v 2	i.0.					Erprobung der 2 v 3 - Einheit
34	19.05.	09.11	x			x								x		i.0.	0,77	0,68	2,03		Erprobung Proj. FR2/16 durch Kühlungsunterbrechung
35	21.05.	15.13			x		x		44					x		i.0.	0,48	0,33	1,17		Sicherungsfall Rohrpost bei Montagearbeiten
36	18.06.	07.44			x		x	K2b/II u. III						x	2 v 3	i.0.	0,27				Prüfung Kanal 3, Aufnahme Plateau-Kurven Ionisationskammern bei Betrieb kurz vor Ende Betriebsphase E
37	22.06.	16.11	x				x									i.0.	2,18	0,33	7,83		Unterbrechung Thermoelementleitung der Brennelementkühlmittelüberwachung BE 7-29
38	26.06.	00.20			x		x		2/R1	x					1 v 1	i.0.	0,42	0,35	1,22		Kolbenstange von Expansionsmaschine Proj. FR2/2 gerissen (Maschine 7), Schnellschluß durch unteren Drehzahlgrenzwert
39	22.07.	08.19	x			x										i.0.					Ende Betriebsphase F
40	11.08.	09.10		x		x		"Netz fehlt"						x	1 v 1	i.0.					Prüfung Netzausfall
41	12.08.	12.16		x		x		"Notablaß"						x	1 v 1	i.0.					Prüfung D <sub>2</sub> -Kreislaufsteuerung Moderator- Notablaßauslösung
42	12.08.	16.45		x		x		"Tankbruch"						x	1 v 1	i.0.					Prüfung D <sub>2</sub> -Kreislaufsteuerung, Tankbruchüberwachung
43	21.08.	19.58	x				x									i.0.	19,91	0,28	8,55		Montagefehler an Thermoelement-Ausgleichsleitungen der BE-Überwachung
44	26.08.	11.12			x		x	K2b/II						x	1 v 1	i.0.	1,23	0,38	1,07		Prüfung Sicherheitssystem, Sicherung Strangvergleichseinheit defekt
45	04.09.	18.10			x		x		2/R1	x					1 v 1	i.0.	0,55	0,34	0,95		Kolbenstange von Expansionsmaschine Proj. FR2/2 gerissen (Maschine 8)
46	16.09.	08.29	x			x										i.0.					Ende Betriebsphase H
47	23.09.	11.55			x		x		44/Q1	x					1 v 1	i.0.	0,62	2,23	4,38		Ventil Ve-15 blieb bei Kapselausfahrt hängen dadurch uGW von Durchflußmeßstelle
48	21.10.	08.17	x			x										i.0.					Ende Betriebsphase I
49	24.10.	06.24	x			x										TA9 (x)					Ankunftsmeldung TA9 etwa 30s verzögert
50	25.10.	06.18		x		x								x	1 v 1	TA9 (x)					Ankunftsmeldung TA9 fehlt, daraufhin Steuerstab gewechselt
51	25.11.	08.15	x			x										i.0.					Ende Betriebsphase K
52	27.11.	18.15		x		x		K7/Iu.II						x	2 v 3	i.0.					Prüfung einer neuen 2 v 3 - Einheit
53	29.11.	00.38		x		x		K2b/II u. III						x	2 v 3	TA1					Prüfung D <sub>2</sub> -Kreislaufsteuerung, Moderatorschnellablaß durch gewollte Störung IA 1
54	30.11.	03.14	x			x										i.0.					Prüfung der Abschaltreaktivität
55	Abschaltungen		24	13	17	33	21	17	13	4	8	5	14		53	38,77	9,94	46,91			Spalte 16: Davon 4 nicht i.0., in Tabelle mit (x) gekennzeichnet

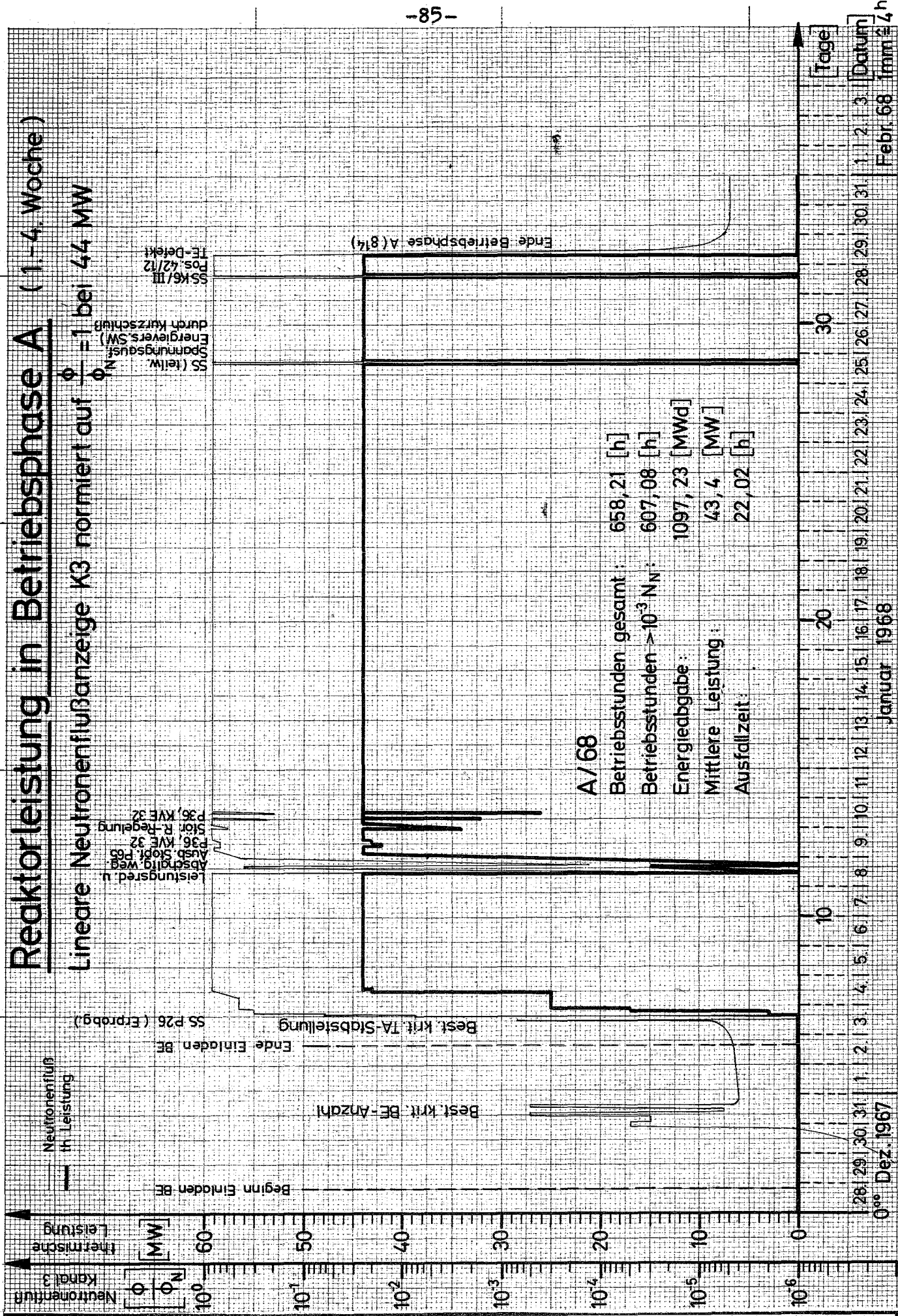
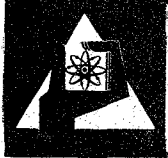
Anmerkungen:

- 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 eintraten.
  - 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.



Tabelle 9.4: Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Betriebszeit 1968

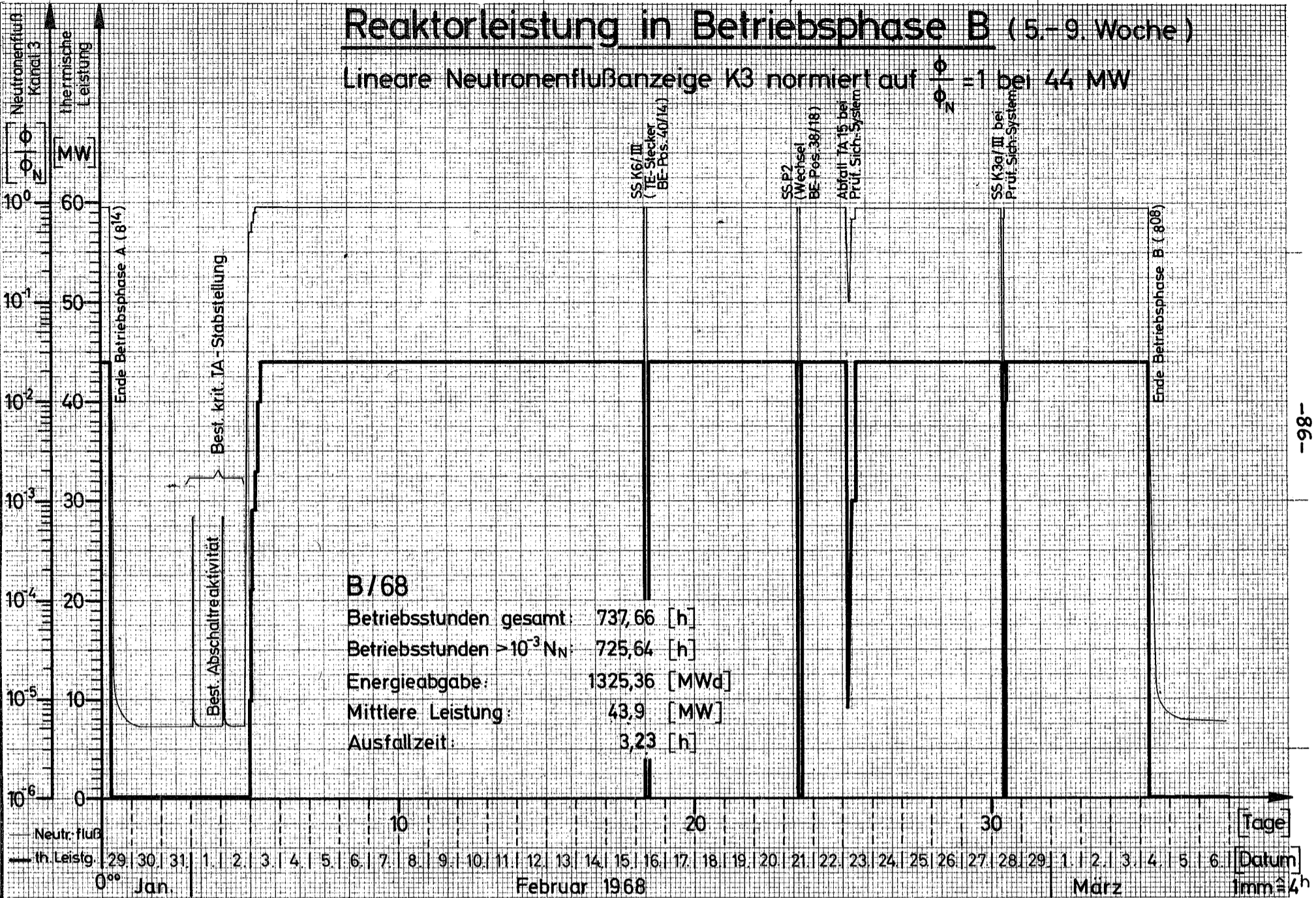
Lfd. Nr.	Datum	Zeitpunkt	Maßnahme		Reaktorleistung		Ausfallzeit		Ursache		Bemerkungen	
			Plan	Störg.	$< 10^{-3} N_N$	$\geq 10^{-3} N_N$	Plan	Störg.	Reakt.	Exp.		
					[MW]	[h]	[h]					
1	08.01.	16.11 18.21	x	(x)	x		2,17	1,15	(x)	x	Ausbau Proj. FR2/65 nach Plan aus Strahlkanal R6 Strahlenschieber Kanal R6 schließt nicht; Reaktor mußte wegen gelockertem Seelenrohr, das in den Bereich des Strahlenschiebers ragte, abgeschaltet werden.	
2	09.01.	08.51		x		41		1,17		x	Proj. FR2/36 Kapselversuchseinsatz Nr. 32 Temperatur zu hoch (Thermoschockbehandlung)	
3	10.01.	00.11		x		32		1,40	x		Störung der Neutronenflußdichte-Regelung	
4		10.16	x			11		0,03	x		Thermoschockbehandlung für Proj. FR2/36 KVE-32	
5		11.26	x			8		0,07	x		Thermoschockbehandlung für Proj. FR2/36 KVE-32	
6	23.02.	05.21		x		8		6,03	x		TA-Stab Pos. 15 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem	
7	13.03.	09.20		x	x			2,55	x		Feuchtefühler Flansch D <sub>2</sub> O-Hauptpumpe Pos. 1.2 in R 107	
8	20.03.	09.34		x		3		1,27	x		TA-Stab Pos. 7 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem	
9	24.04.	08.08		x		12		1,50	x		TA-Stab Pos. 5 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem	
10	25.04.	09.16		x		12		1,03	x		TA-Stab Pos. 7 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem	
11	10.06.	06.14		x	x			1,22		x	Zur Abschaltung von Proj. FR2/2 wegen Störung im Vakuumkreis	
12	22.06.	07.16		x	x			2,17		x	Proj. FR2/36 Naßfühler KVE-28, Entnahmekupplung für Hüllschadennachweis undicht.	
13		15.57		x	x			0,23		x	Brennelementwechsel Core Pos. 50/30 wegen defekter Kühlmittelüberwachung, Reaktor wurde anschließend abgeschaltet.	
14	28.06.	14.20		x	x			5,70		x	Brennelementwechsel Core-Pos. 56/22 wegen defekter Kühlmittelüberwachung	
15	03.07.	14.22	x			12	0,77			x	Inbetriebnahme Proj. FR2/57	
16	03.09.	10.14		x		29		1,90		x	TA-Stab Pos. 12 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem	
17	06.09.	18.24		x		29		1,32		x	TA-Stab Pos. 4 abgefallen bei Prüfung Sicherheitssystem	
18	09.10.	08.40		x	x			2,55		x	Brennelementwechsel Core-Pos. 52/24 wegen defekter Kühlmittelüberwachung	
19	26.10.	09.41		x	x			0,90		x	Feuchtefühlermeldung aus Kreislaufraum R 107	
20		10.35		x	x			5,58		x	Feuchtefühlermeldung aus Kreislaufraum R 107	
21	04.11.	16.02		x	x			1,12		x	Feuchtefühlermeldung aus Kreislaufraum R 107 (Leckverdacht Wärmetauscher Pos. 1.5, Fehlmeldung)	
22	13.11.	09.00	x		x			3,75		x	Einbau Proj. FR2/66, dabei Ausbau KVE-36 und Brennelementwechsel Core-Pos. 40/10 wegen defekter Kühlmittelüberwachung	
23	16.12.	15.15		x	x			3,25		x	Ausbau KVE-43 wegen zu hoher Zentraltemperatur	
24	Leistungsrücknahmen		5	18	12	11		6,69	42,14	14	9	
								48,83 h				

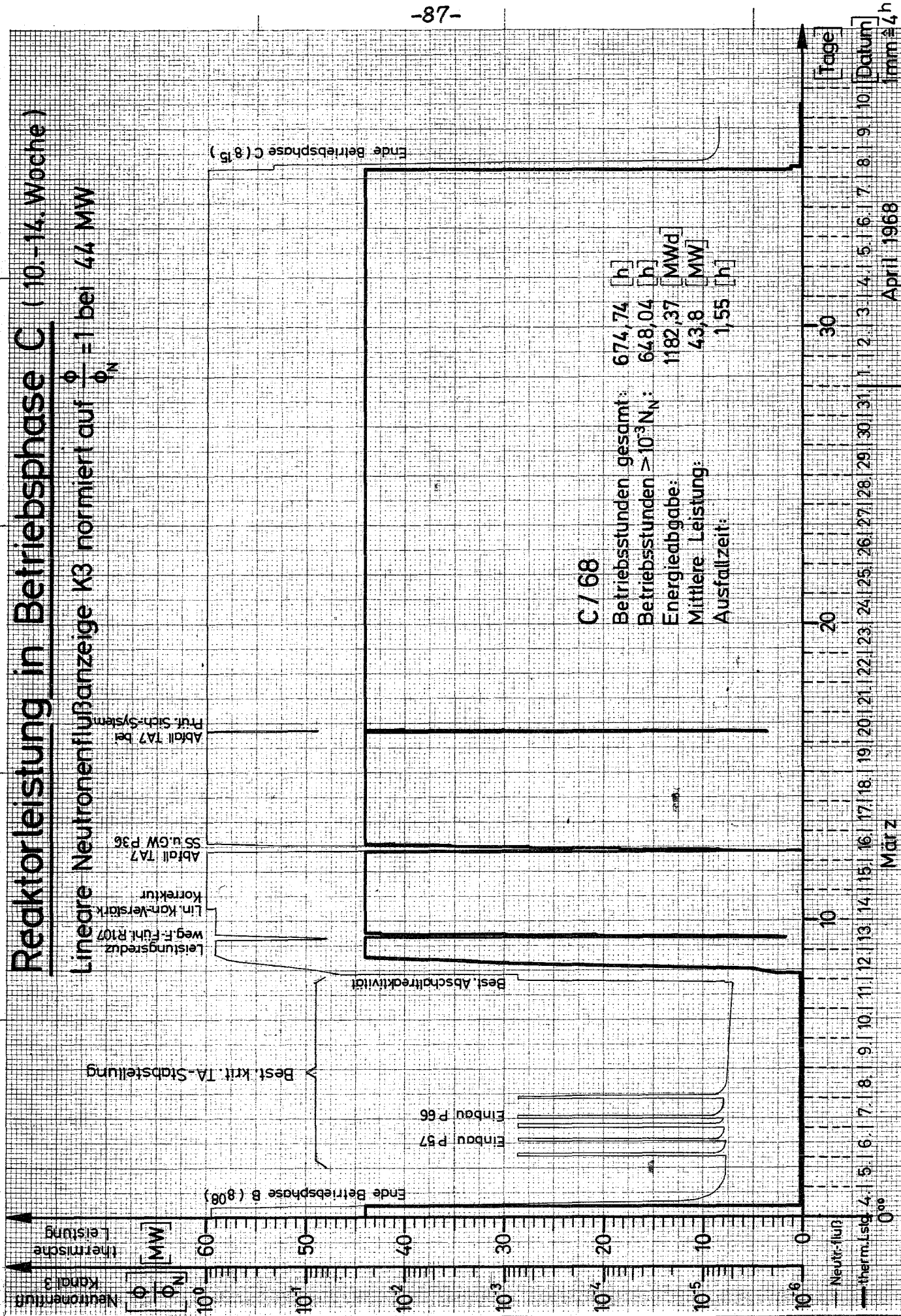


# Reaktorleistung in Betriebsphase B (5.-9. Woche)

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

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

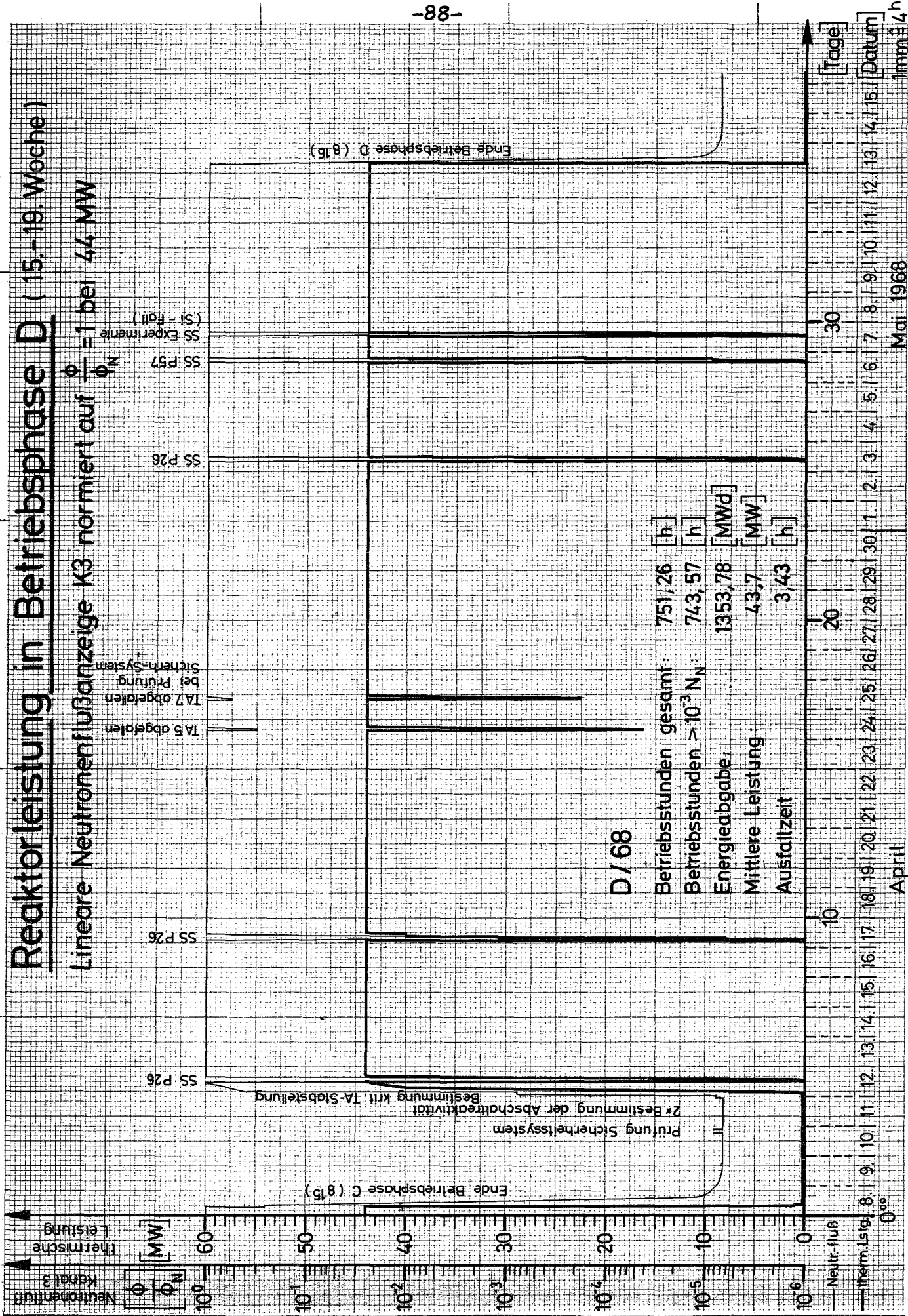


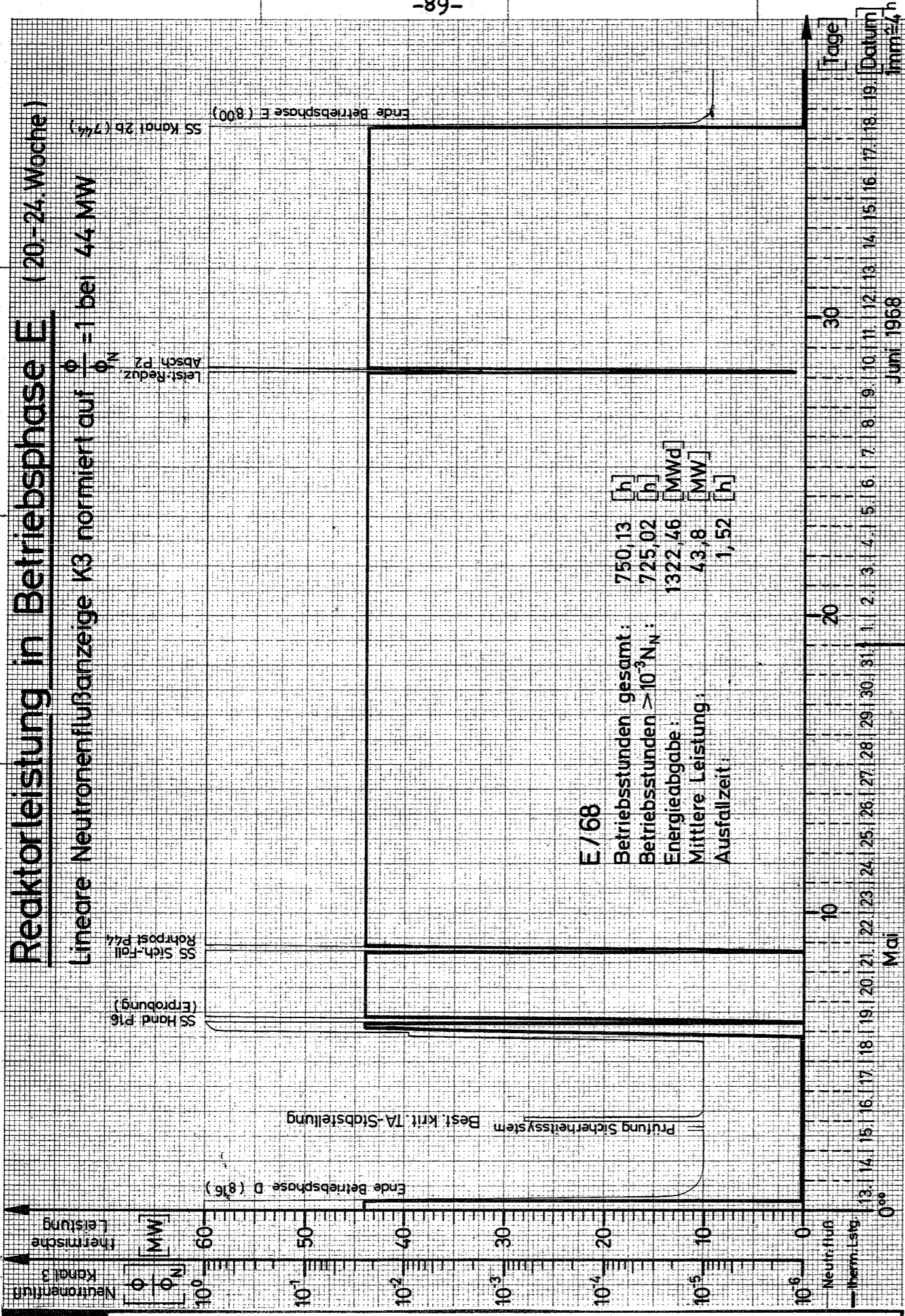
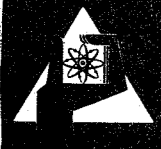




# Reaktorleistung in Betriebsphase D (15.-19. Woche)

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

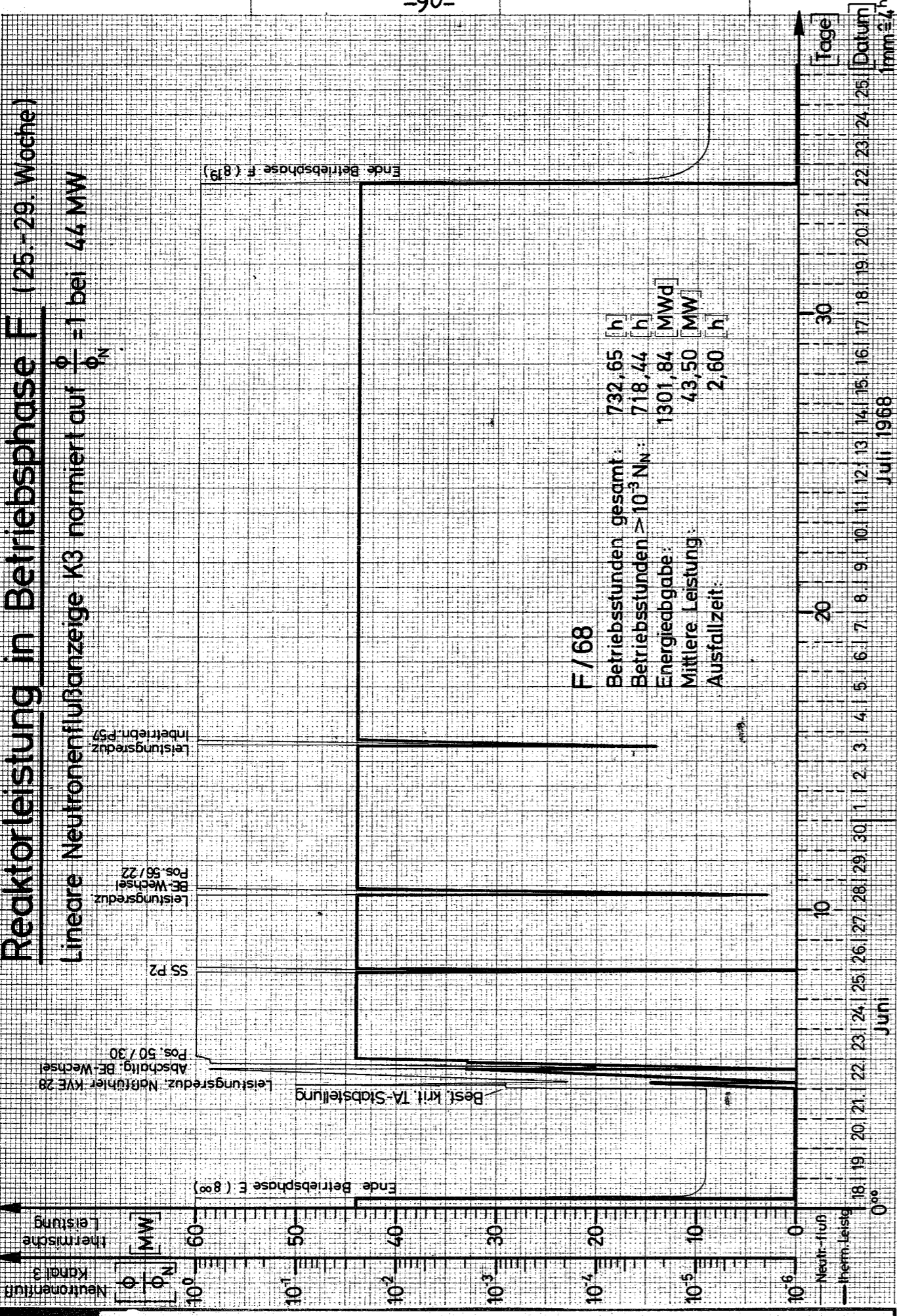


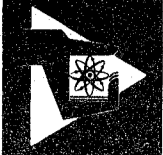


# Reaktorleistung in Betriebsphase F (25.-29. Woche)

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

-90-

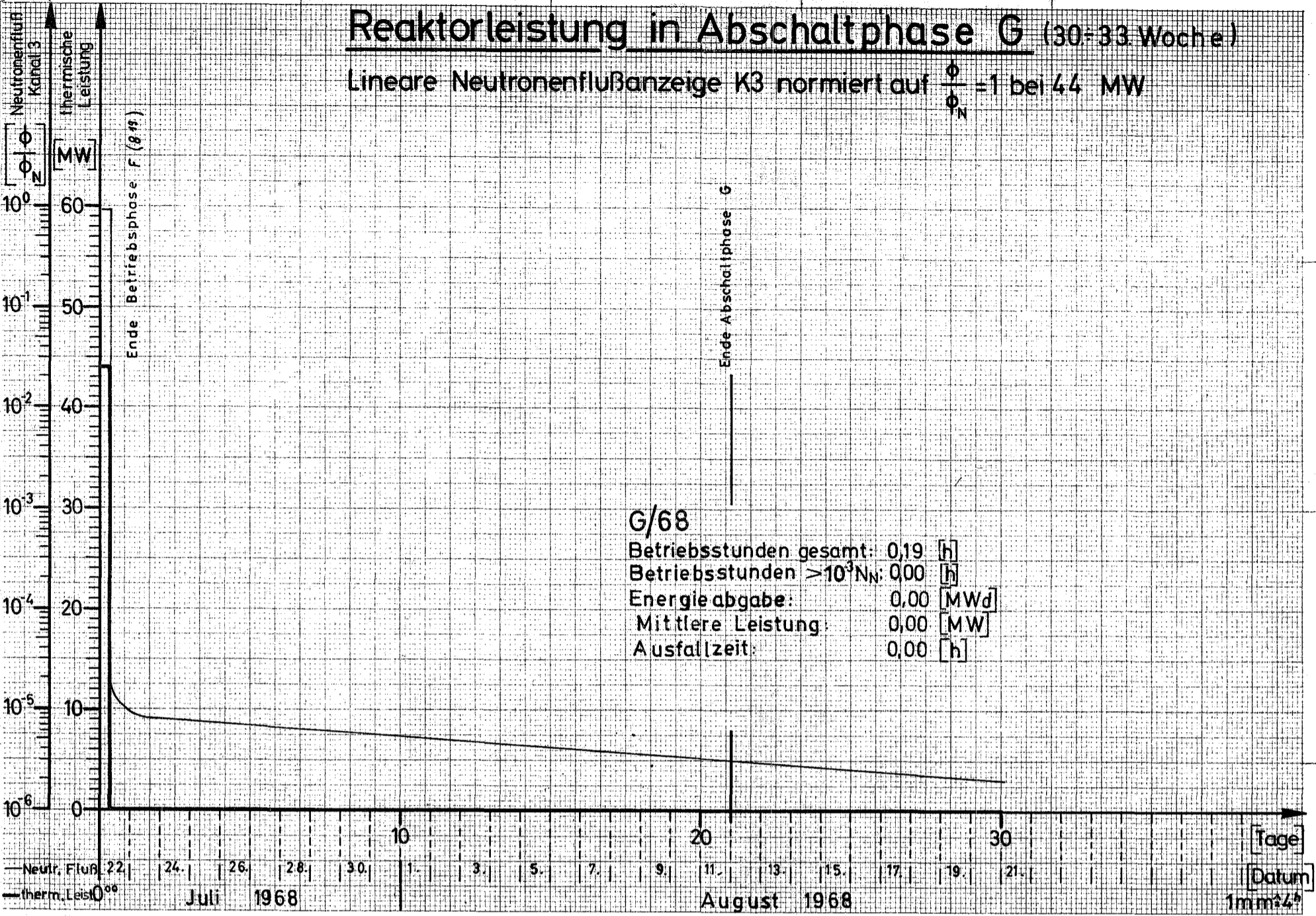




GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE  
 Abteilung Reaktorbetrieb

# Reaktorleistung in Abschaltphase G (30-33. Woche)

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



**G/68**

Betriebsstunden gesamt:	0,19	[h]
Betriebsstunden $> 10^3 N_N$ :	0,00	[h]
Energieabgabe:	0,00	[MWd]
Mittlere Leistung:	0,00	[MW]
Ausfallzeit:	0,00	[h]

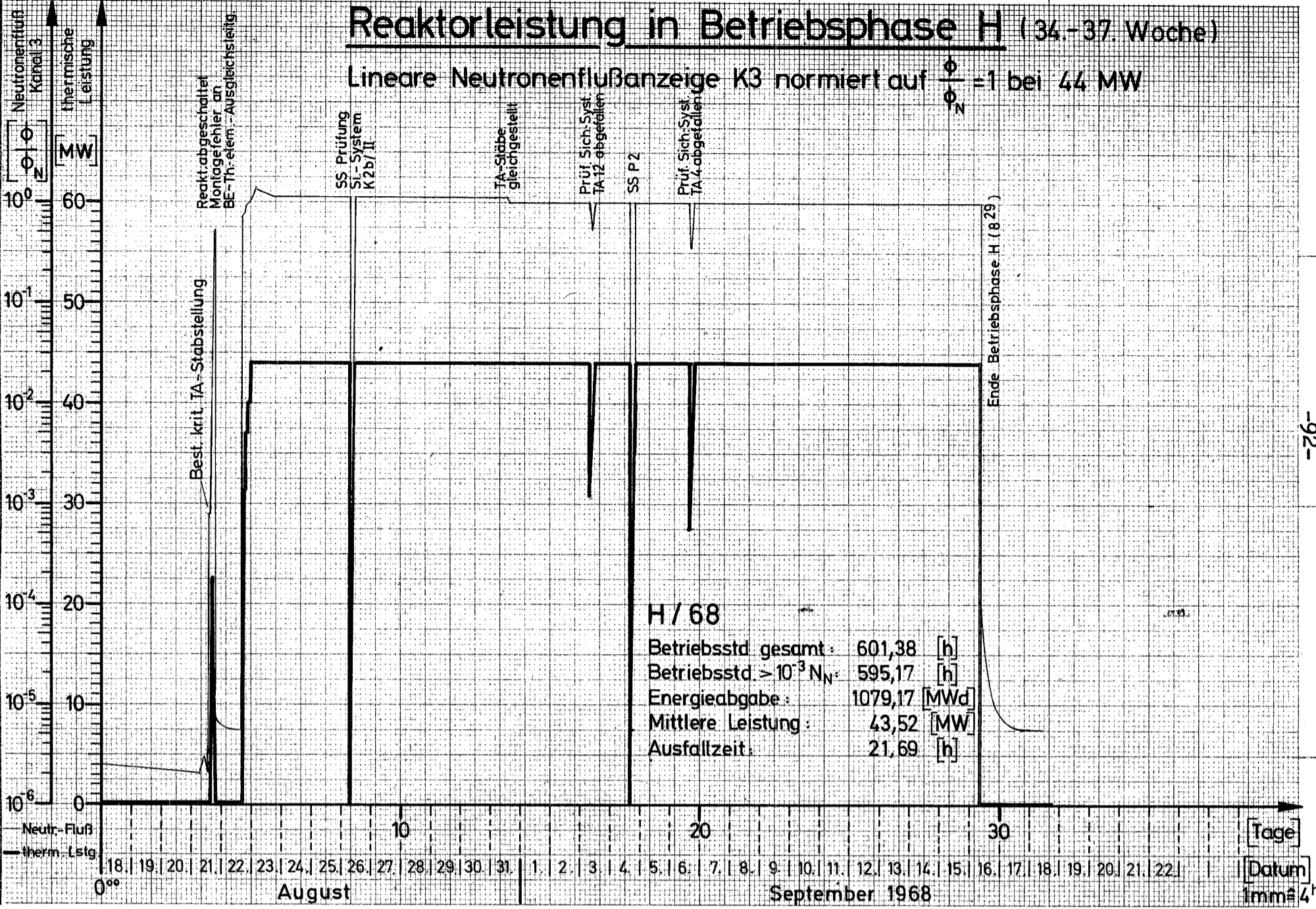
Neutr. Fluß  $10^6$  22 24 26 28 30 1 3 5 7 9 11 13 15 17 19 21  
 Therm. Leist  $10^6$  Juli 1968 August 1968  
 Tage Datum  
 1mm/4h

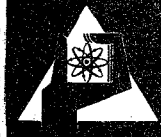


# Reaktorleistung in Betriebsphase H (34.-37. Woche)

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

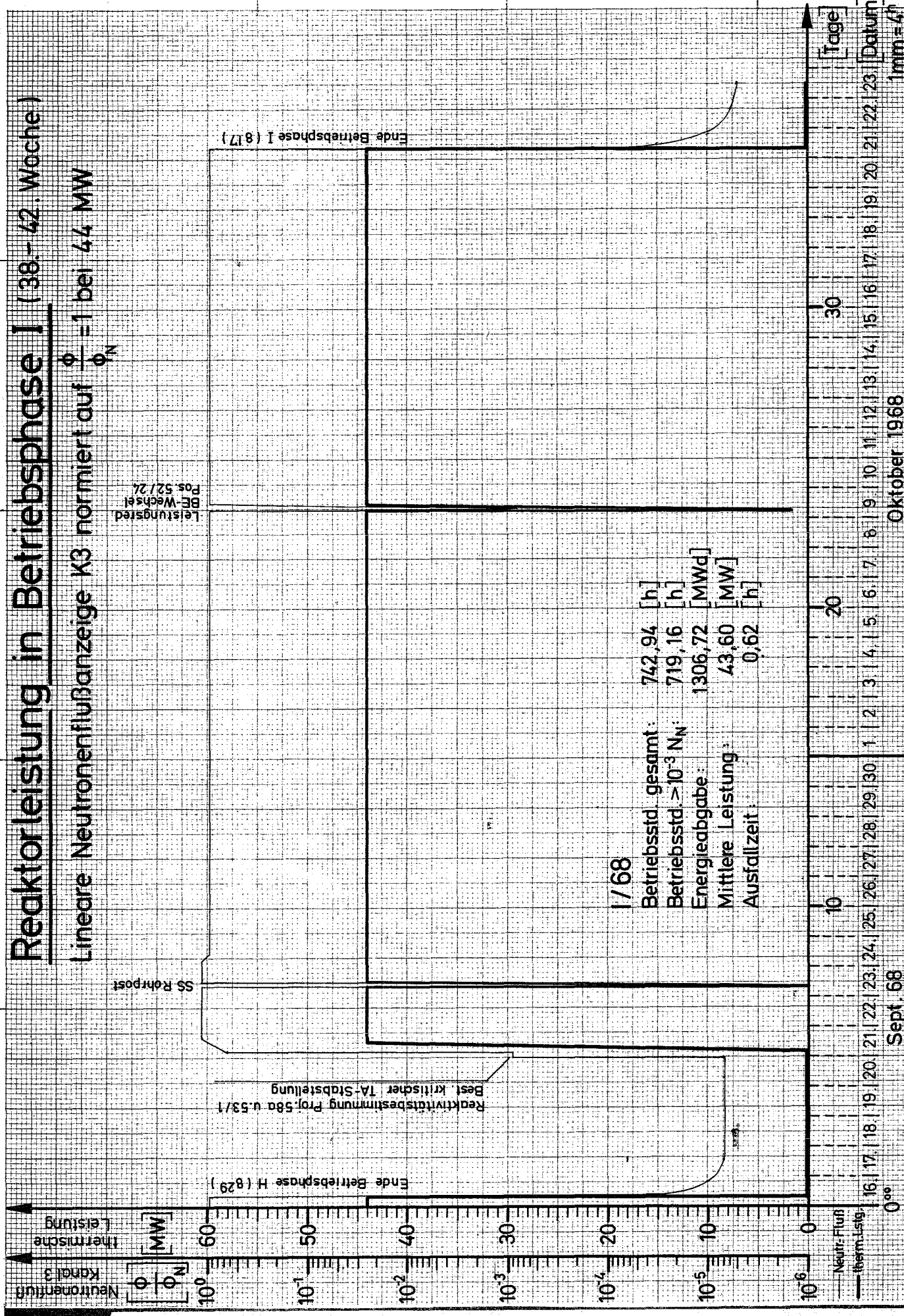
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE  
 Abteilung Reaktorbetrieb

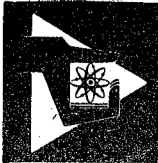




# Reaktorleistung in Betriebsphase I (38.-42. Woche)

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



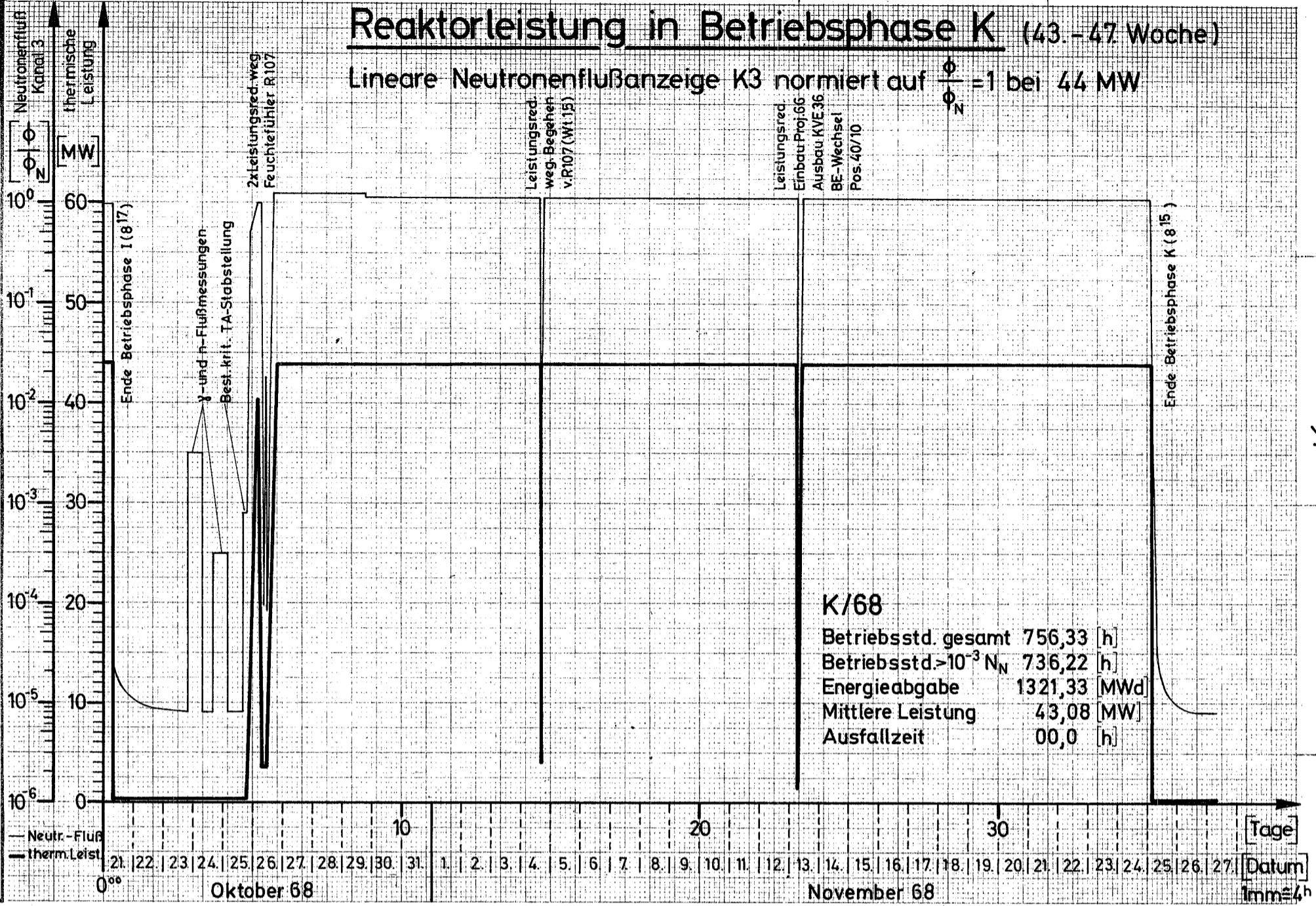


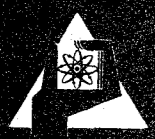
GESSELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

# Reaktorleistung in Betriebsphase K (43. - 47. Woche)

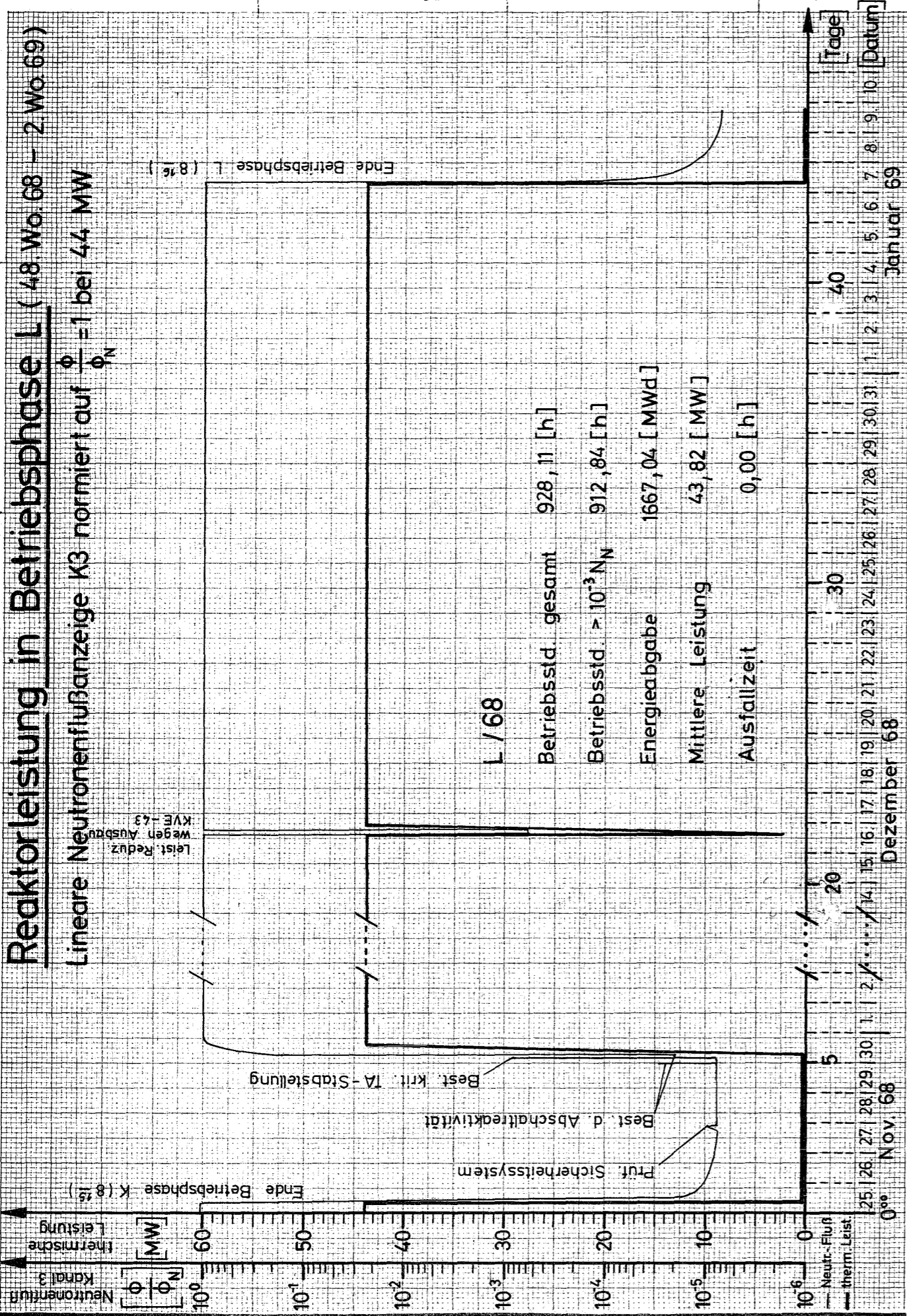
Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf  $\frac{\phi}{\phi_z} = 1$  bei 44 MW





# Reaktorleistung in Betriebsphase L (48 Wo. 68 - 2 Wo. 69)

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



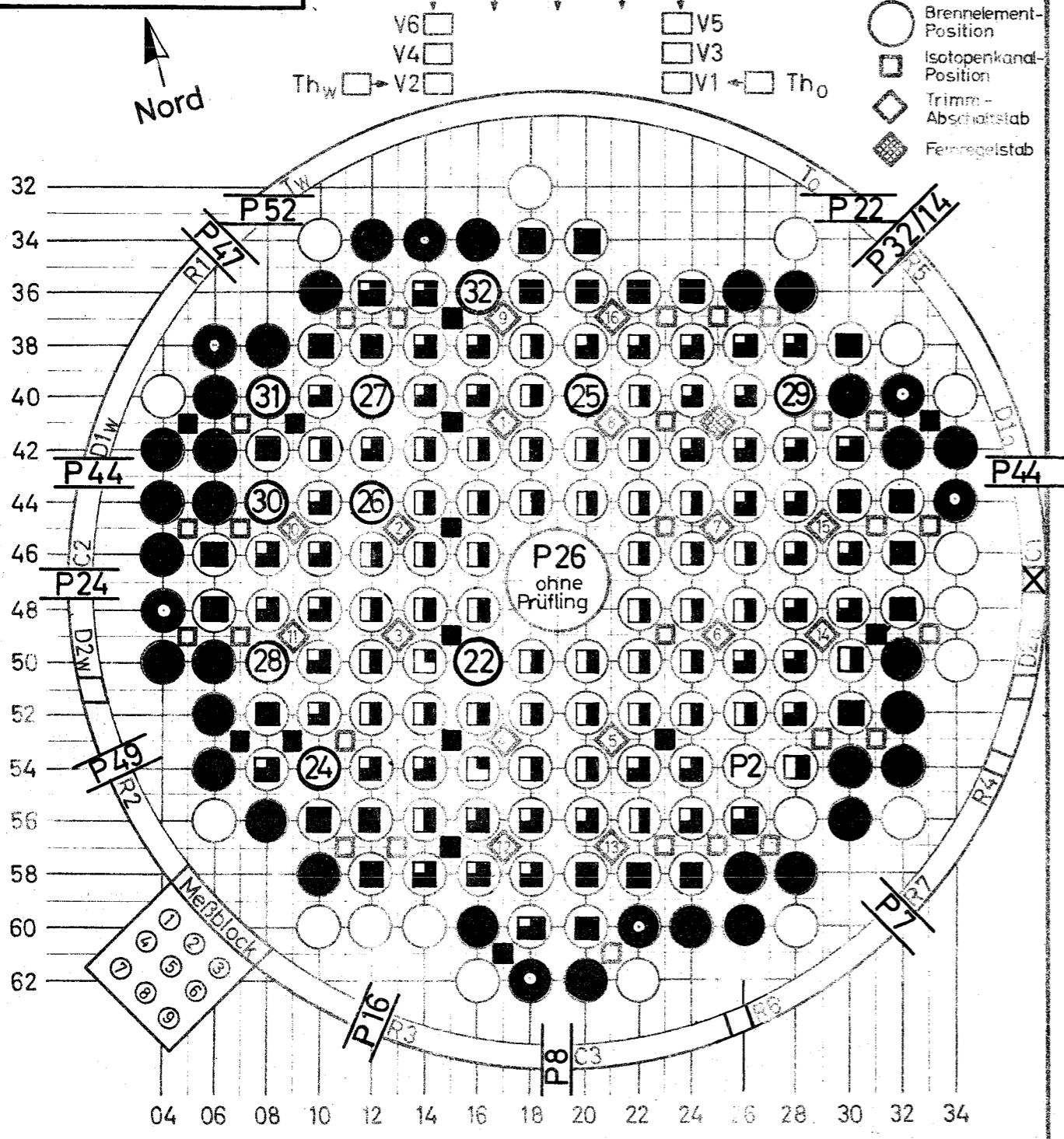
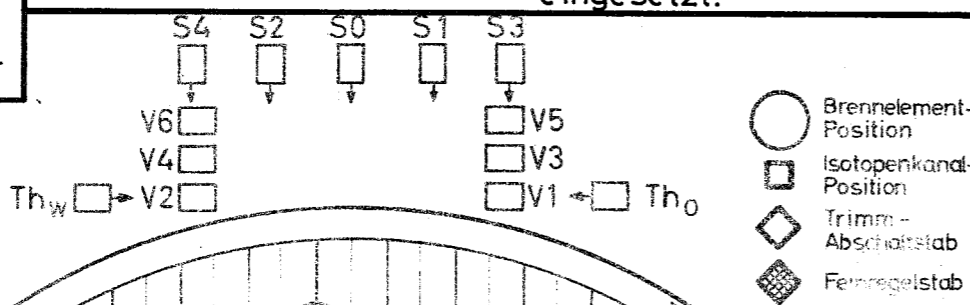
# Beladungs- und Belegungsplan Betriebsphase A

2 46 49 25 = 122 BE 5 (UO<sub>2</sub>-Element, 15% anger.) 10 KVE mit lfd.Nr.(Proj. 36)

= 39 BE 7 (UO<sub>2</sub>-Element, 1,75% anger.) Isotopenk.-Pos. mit Belademöglichkeit (Proj.1)

>75% / . >50 <75% . >25 <50% . <25%  
100% = 12000 MWd/t<sub>j</sub> 7 BE 7 am 2.1.68 neu eingesetzt.

Beladung: 159  
Datum: 31.12.67 ÷ 1.2.68  
Uhrzeit: 16<sup>01</sup> / 6<sup>23</sup> Uhr



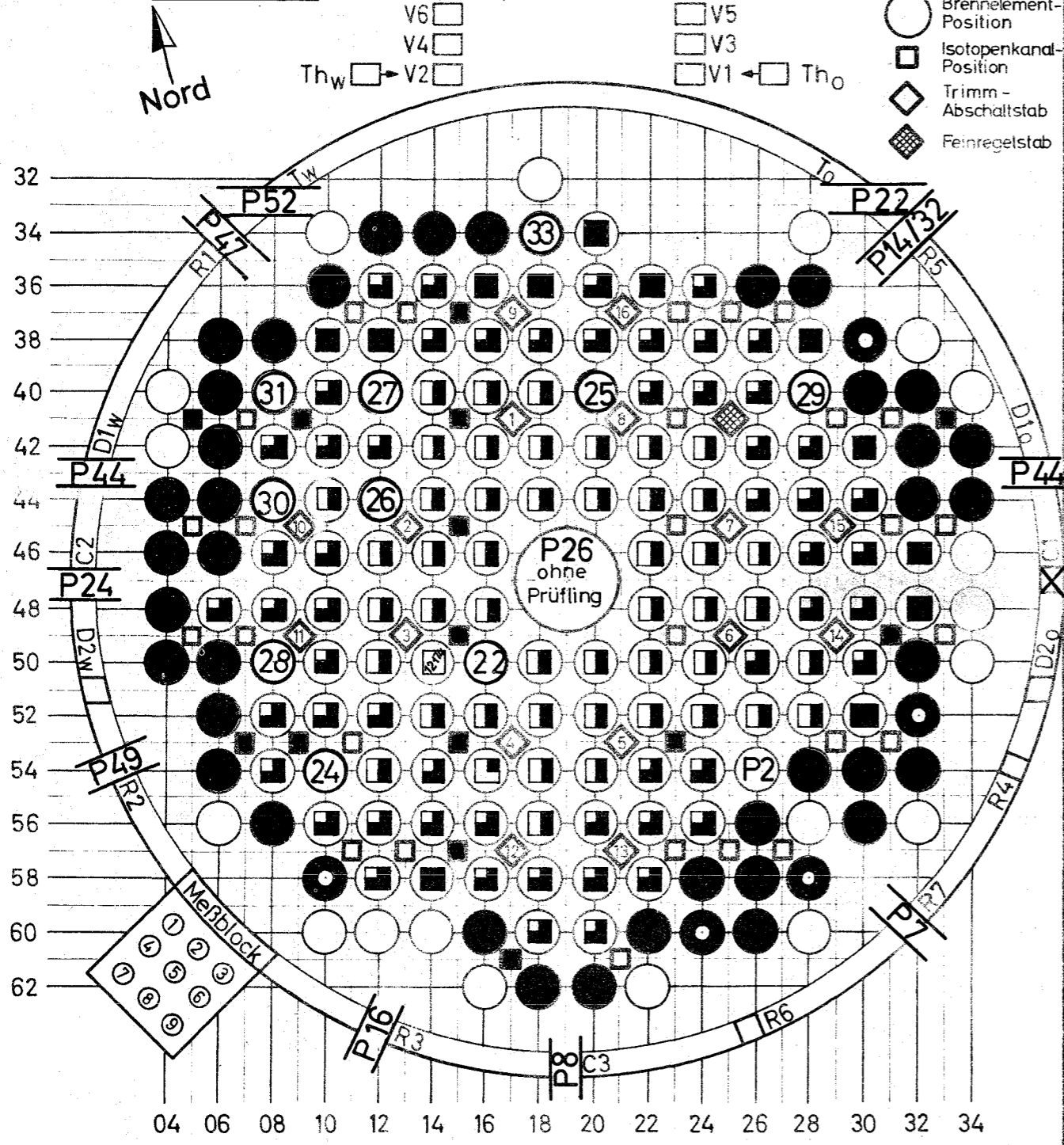
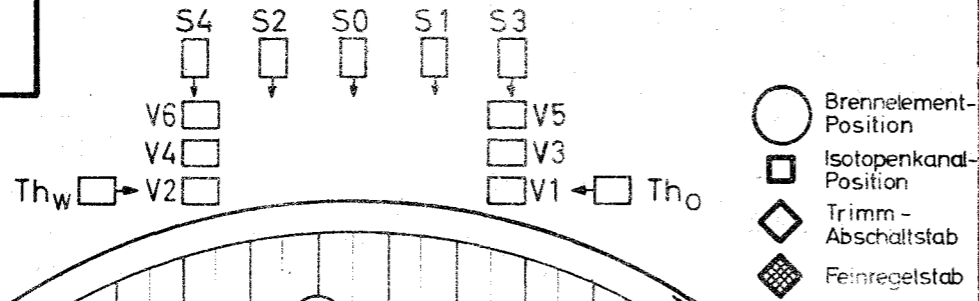
Formblatt: 9/2 (Positionskarte FR 2 - Core)

### Beladungs - und Belegungsplan Betriebsphase B

1 1 46 56 12 = 116 BE 5(UO<sub>2</sub>-Element, 1,5%anger.) 10 KVE mit lfd.Nr. (Proj.36)  
 = 44 BE 7(UO<sub>2</sub>-Element, 1,75%anger.) Isotopenk.-Pos. mit Belade  
 möglichkeit (Proj.1) 5 BE 7 am 1. 2. 68 neu  
 eingesetzt.

> 75% / > 50 < 75% / > 25 < 50% / < 25% /  
 100% = 12000 MWd/t<sub>U</sub>

Beladung: 160  
 Datum: 1. 2. 68 ÷ 2. 2. 68  
 Uhrzeit: 6<sup>23</sup> / 12<sup>51</sup> Uhr

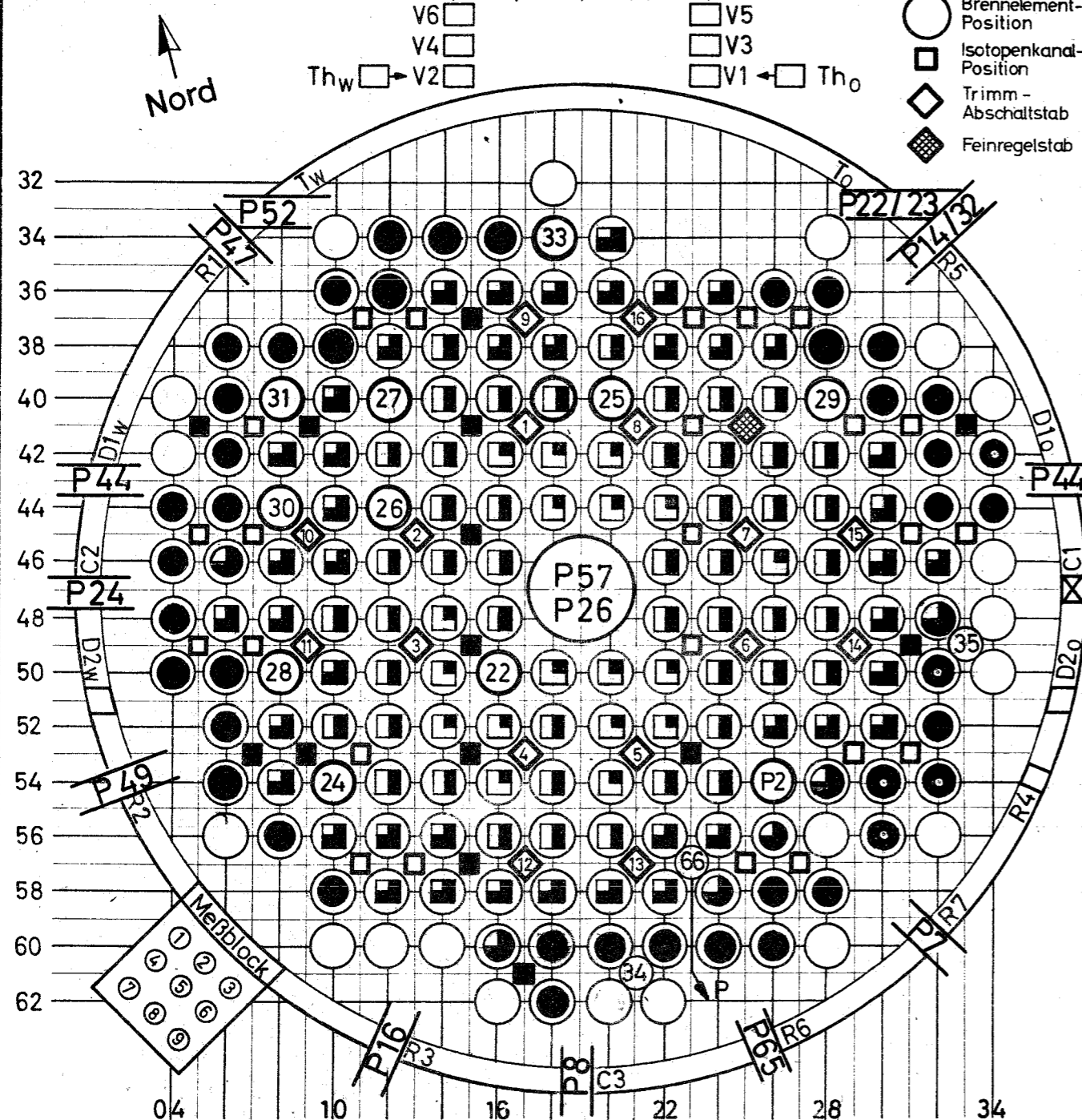
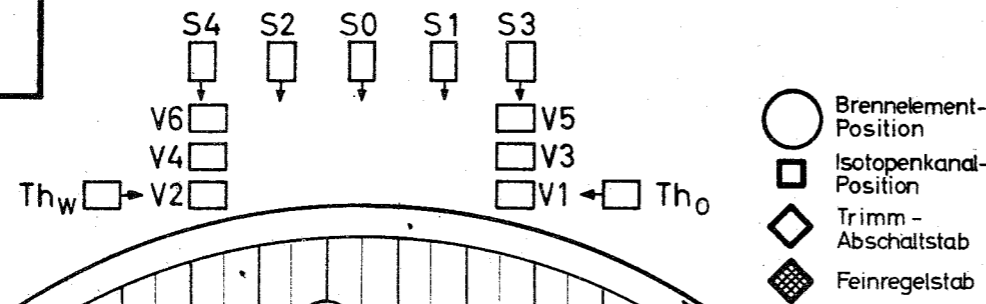


Formblatt: 9/2 (Positionskarte FR 2 - Core)

# Beladungs - und Belegungsplan Betriebsphase C

18 44 = 110 BE5(UO<sub>2</sub>-Element 1,5% anger.)    12 KVE mit lfd. Nr. (Proj. 36)  
 6 = 49 BE7(UO<sub>2</sub>-Element 1,75% anger.)    Isotopenk.-Pos. mit Belademöglichkeit (Proj.1)  
 >75% > 50 <75% >25 <50% <25%  
 100% = 12000 MWd/t<sub>U</sub>    5BE7 am 8.3.68 neu eingesetzt.

Beladung: 165  
 Datum: 8.3. ÷ 8.4. 68  
 Uhrzeit: 6<sup>17</sup> / 19<sup>57</sup> Uhr



P 26:

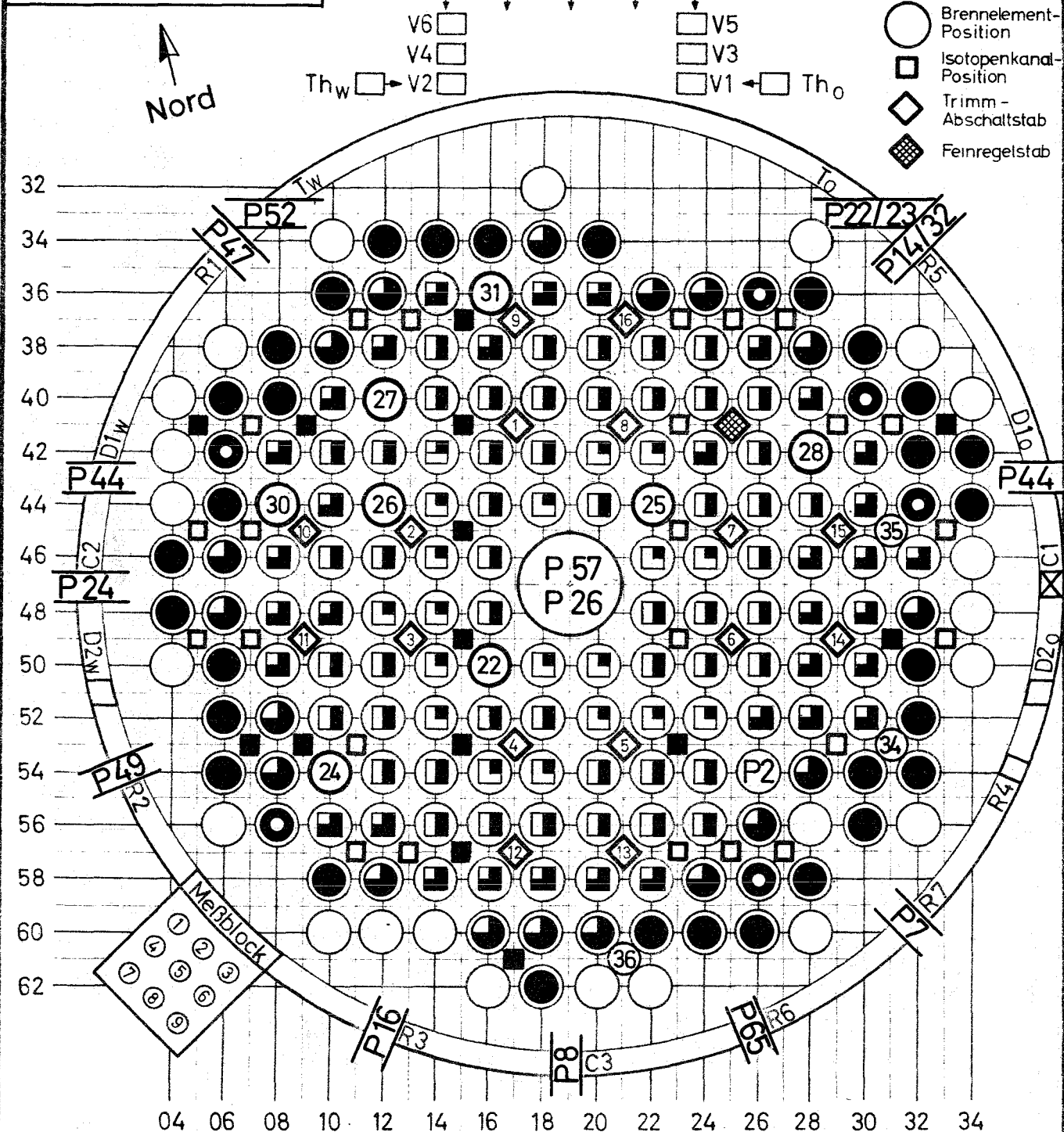
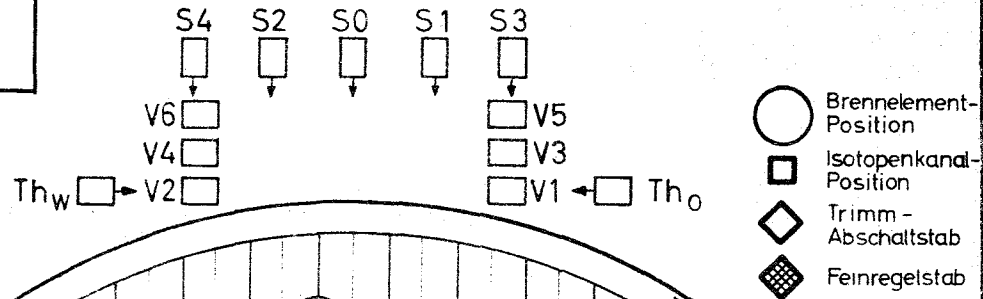
Prüf. J12	bestrahlt am	14.3.	von 15 <sup>23</sup>	bis 15.3.68	-13 <sup>23</sup>	u. am 15.3.	von 15 <sup>27</sup>	bis 16.3.-10 <sup>13</sup>
" J 9	"	" 19.3.	" 14 <sup>57</sup>	" 20.3.68	-9 <sup>38</sup>	" 20.3.	" 11 <sup>39</sup>	" 21.3.-12 <sup>57</sup>
" J10	"	" 22.3.	" 14 <sup>15</sup>	" 24.3.68	-10 <sup>22</sup>	" 24.3.	" 14 <sup>24</sup>	" 26.3.-10 <sup>15</sup>
" J13	"	" 27.3.	" 14 <sup>13</sup>	" 29.3.68	-10 <sup>13</sup>	" 29.3.	" 14 <sup>14</sup>	" 31.3.-10 <sup>14</sup>
" J18	"	" 1.4.	" 14 <sup>37</sup>	" 2.4.68	-12 <sup>27</sup>	" 2.4.	" 14 <sup>26</sup>	" 3.4.-12 <sup>26</sup>

Formblatt: 9/2 (Positionskarte FR 2 - Core)

# Beladungs- und Belegungsplan Betriebsphase D

19 50 34 - = 103 BE 5 (UO<sub>2</sub>-Element 1,5% anger.)    11 KVE mit lfd. Nr. ( Proj. 36 )  
 18 37 = 55 BE 7 (UO<sub>2</sub>-Element 1,75% anger.)    Isotopenk.-Pos. mit Belade -  
 >75% , >50<75% , >25<50% , <25% ,    6 BE7 am 10.+11.4.68 neu eingesetzt  
 100%  $\pm$  12 000 MWd/t<sub>U</sub>

Beladung: 167  
 Datum: 3.5. + 16.5.68  
 Uhrzeit: 10<sup>10</sup> / 6<sup>24</sup> Uhr



P26: Prüfling J14 in Abklingposition

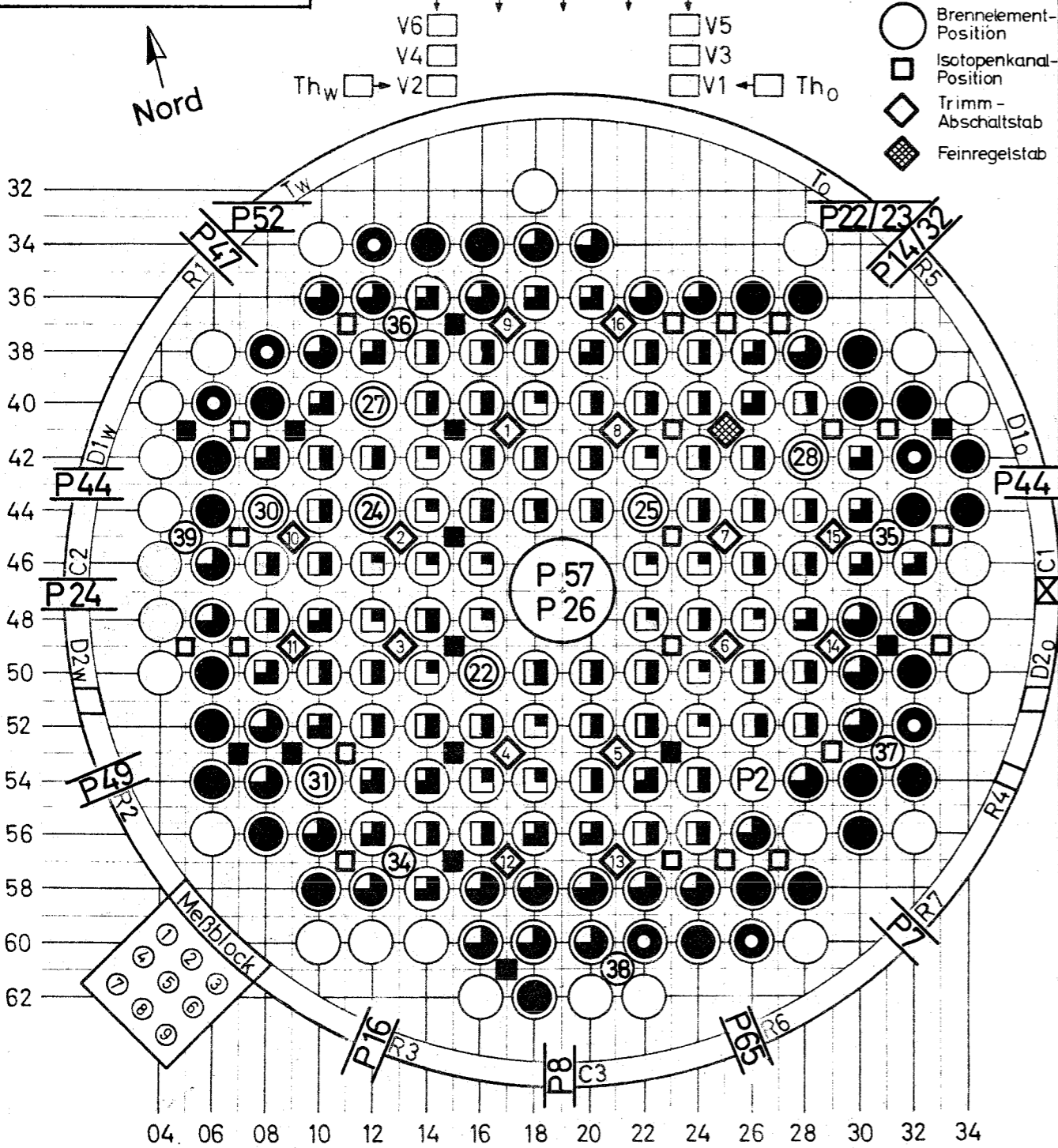
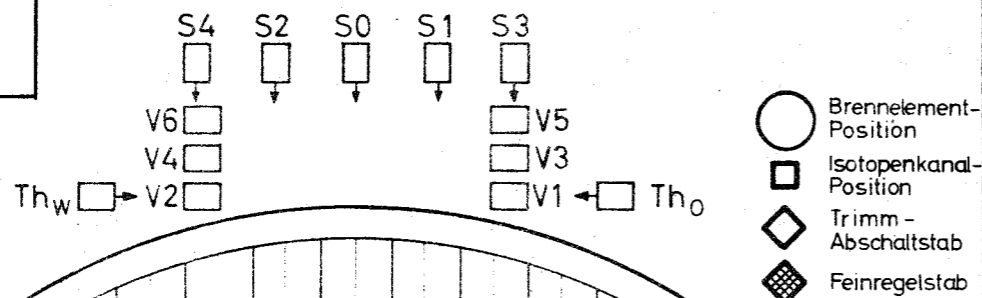
Formblatt: 9/2 ( Positionskarte FR 2 - Core )



# Beladungs- und Belegungsplan Betriebsphase E

19 52 24 - = 95 BE 5 (UO<sub>2</sub>-Element 1,5% anger.)    = 13 KVE mit lfd. Nr. ( Proj. 36 )  
 29 33 = 62 BE 7 (UO<sub>2</sub>-Element 1,75% anger.)    = Isotopenk.-Pos. mit Belademöglichkeit ( Proj. 1 )  
 >75%   >50<75%   >25<50%   <25%  
 100% ± 12.000 MWd/t<sub>U</sub>    = 7BE7 am 16.5.68 neu eingesetzt

Beladung: 168  
 Datum: 16.5. → 19.6.68  
 Uhrzeit: 6<sup>24</sup> / 8<sup>52</sup> Uhr



**P26:** Prüfling J20 vom 10.6.68 (14<sup>36</sup>) bis 18.6.68 (9<sup>38</sup>) mit 1 Unterbrechung  
 Prüfling J22 " 30.5.68 (15<sup>45</sup>) " 7.6.68 (11<sup>45</sup>) " 3 Unterbrechungen

Formblatt: 9/2 ( Positionskarte FR 2 - Core )

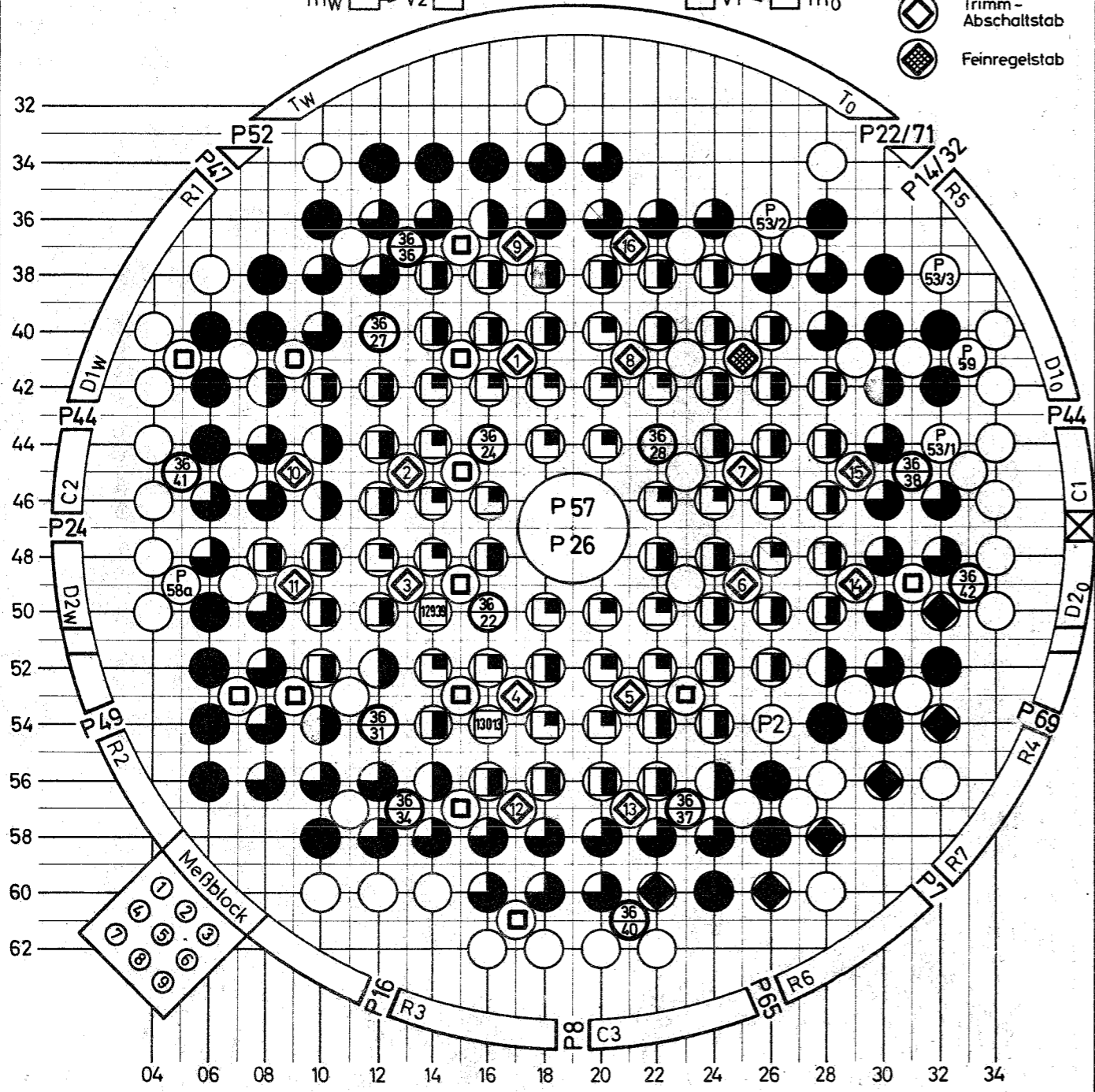
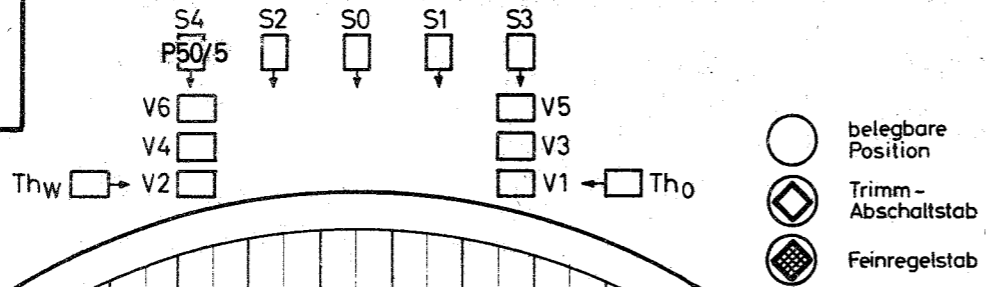




### Beladungs und Belegungsplan Betriebsphase I

- = 73 BE 5 (UO<sub>2</sub>-Element, 1,5% anger.)     mit Proj. Nr. / Ifd. Nr.
- 25 - = 76 BE 7 (UO<sub>2</sub>-Element, 1,75% anger.)     Isotopen - Bestrahlungspos. (Proj. 1)
- 6 - - = 6 BE 8 (UO<sub>2</sub>-Element, 2% anger.)     - BE 7 am - neu eingesetzt
- ←25   >25-50   >50-75   >75 [%]
- 100% ± 12 000 MWd/t<sub>U</sub>     - BE 8 am - neu eingesetzt

Beladung: 174  
 Datum: 9.10. ÷ 24.10.68  
 Uhrzeit: 10<sup>07</sup> / 7<sup>40</sup> Uhr



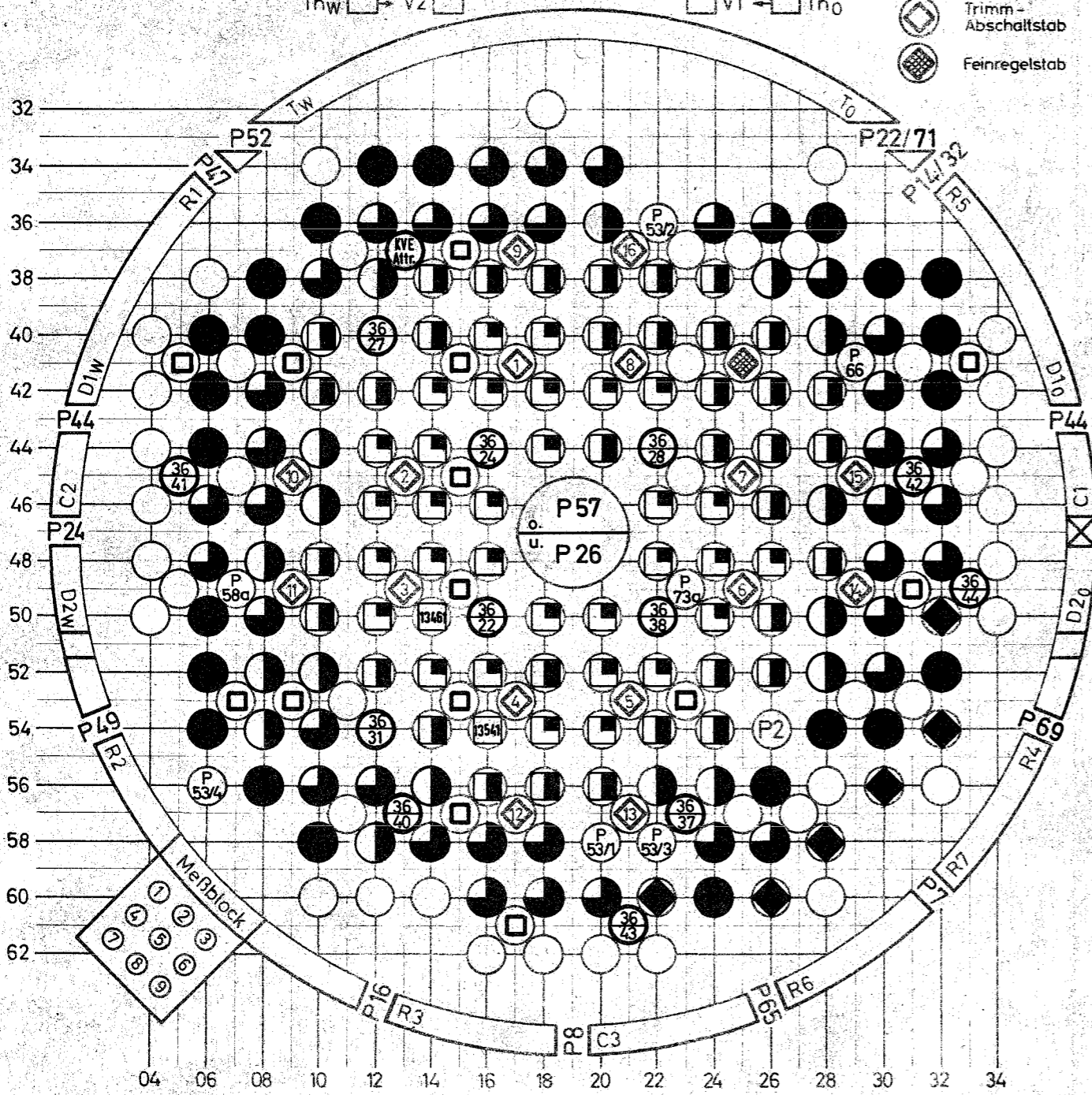
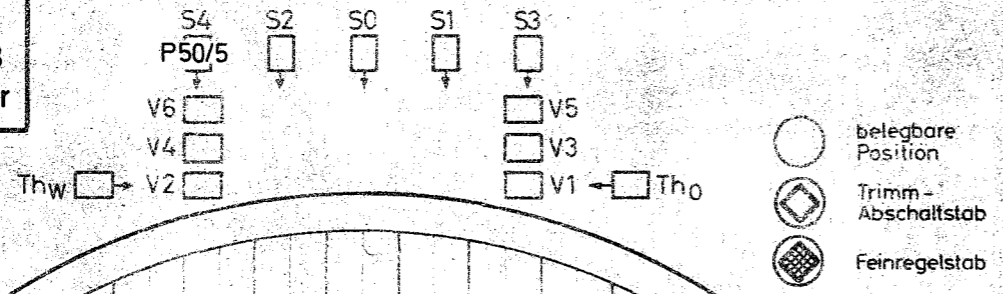
P26: Prüfling J24 vom 24.9.68 (15<sup>18</sup>) bis 12.10.68 (15<sup>52</sup>) mit 9 Unterbrechungen bestrahlt.  
 " L13 " 14.10.68 (15<sup>28</sup>) " 20.10.68 (8<sup>00</sup>) bestrahlt.

Formblatt: 9/3

### Beladungs und Belegungsplan Betriebsphase K

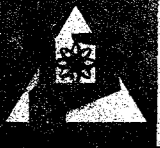
- = 69 BE 5 (UO<sub>2</sub>-Element, 1,5% anger.)     = 12KVE mit Proj. Nr. / Iff. Nr.
- 23 - = 78 BE 7 (UO<sub>2</sub>-Element, 1,75% anger.)     = Isotopen - Bestrahlungspos. (Proj.1)
- 6 - - = 6 BE 8 (UO<sub>2</sub>-Element, 2% anger.)     = - BE 7 am - neu eingesetzt
- <25   >25-50   >50-75   >75 [%]
- 100%  $\hat{=}$  12 000 MWd/t<sub>U</sub>     = - BE 8 am - neu eingesetzt

Beladung: 177  
 Datum: 13.11.+26.11.68  
 Uhrzeit: 9<sup>28</sup> / 14<sup>12</sup> Uhr



P 26: Prüfling L27 vom 15.11.68 (14<sup>49</sup>) bis 24.11.68 (8<sup>00</sup>) bestrahlt.

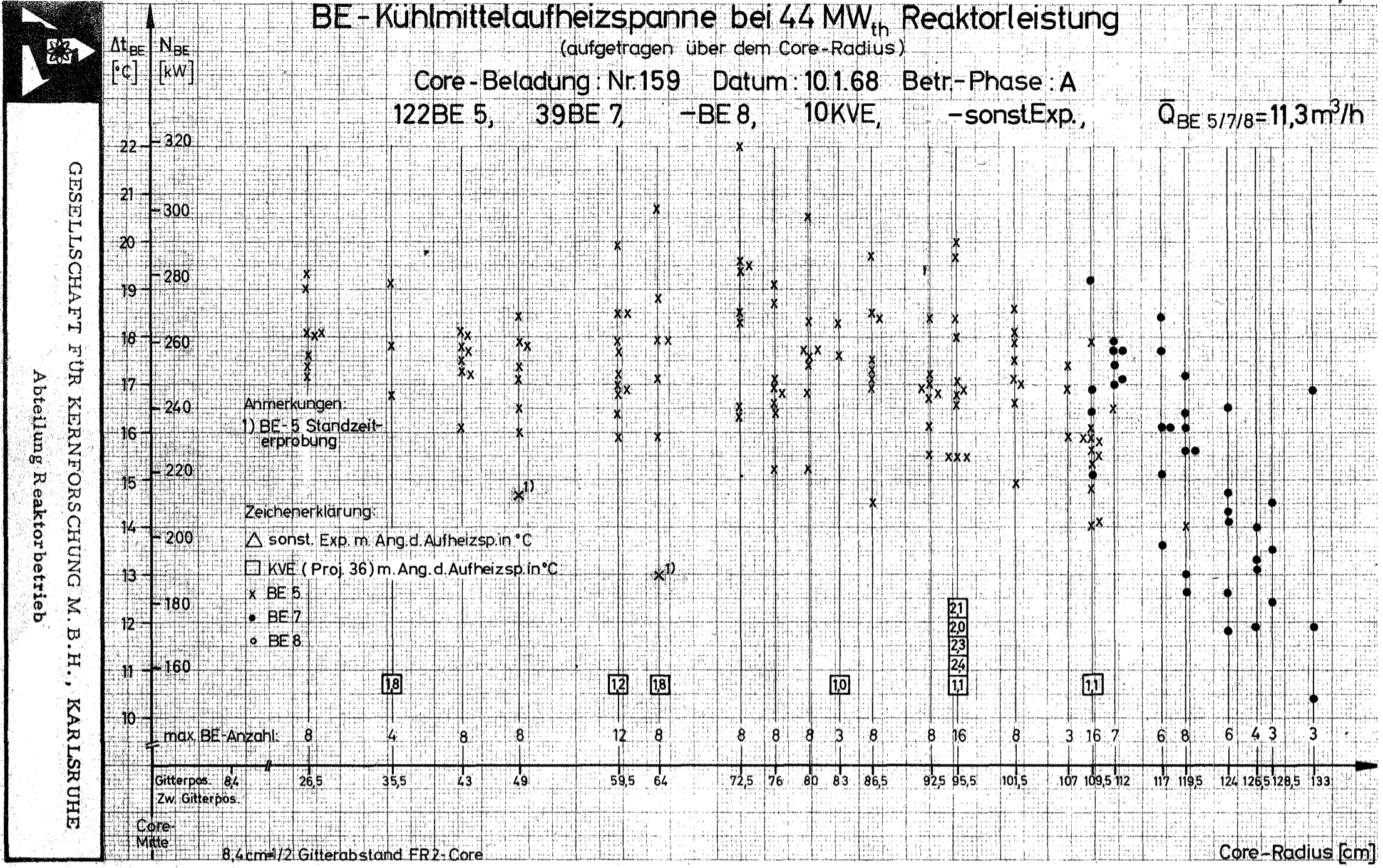
Formblatt: 9/3





# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung (aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr.159 Datum: 10.1.68 Betr-Phase: A  
122BE 5, 39BE 7, -BE 8, 10KVE, -sonstExp.,  $\bar{Q}_{BE\ 5/7/8} = 11,3\text{m}^3/\text{h}$



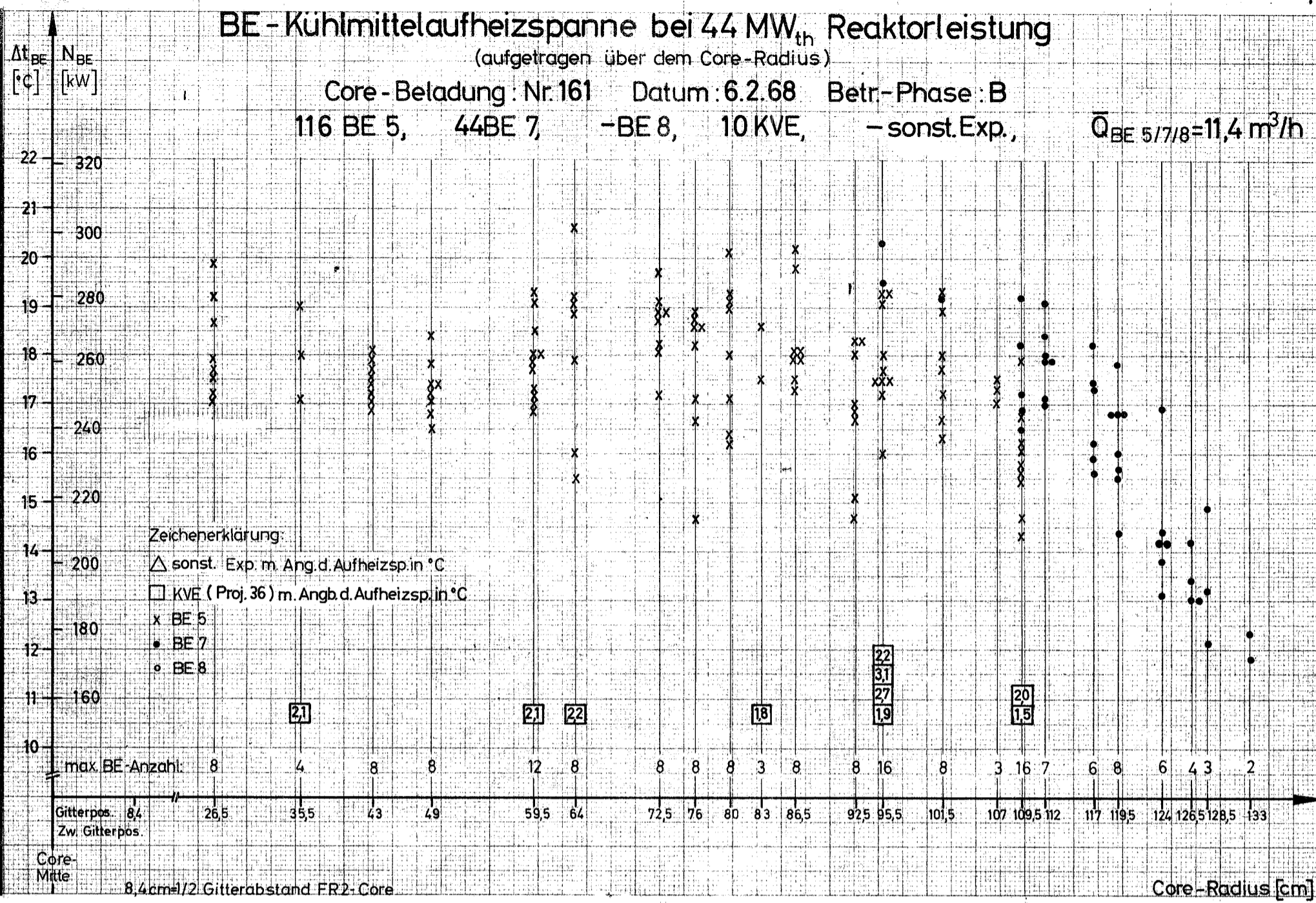
# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core - Beladung : Nr.161 Datum : 6.2.68 Betr.-Phase : B

116 BE 5, 44BE 7, -BE 8, 10 KVE, - sonst.Exp.,  $\bar{Q}_{BE\ 5/7/8} = 11,4\ m^3/h$

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





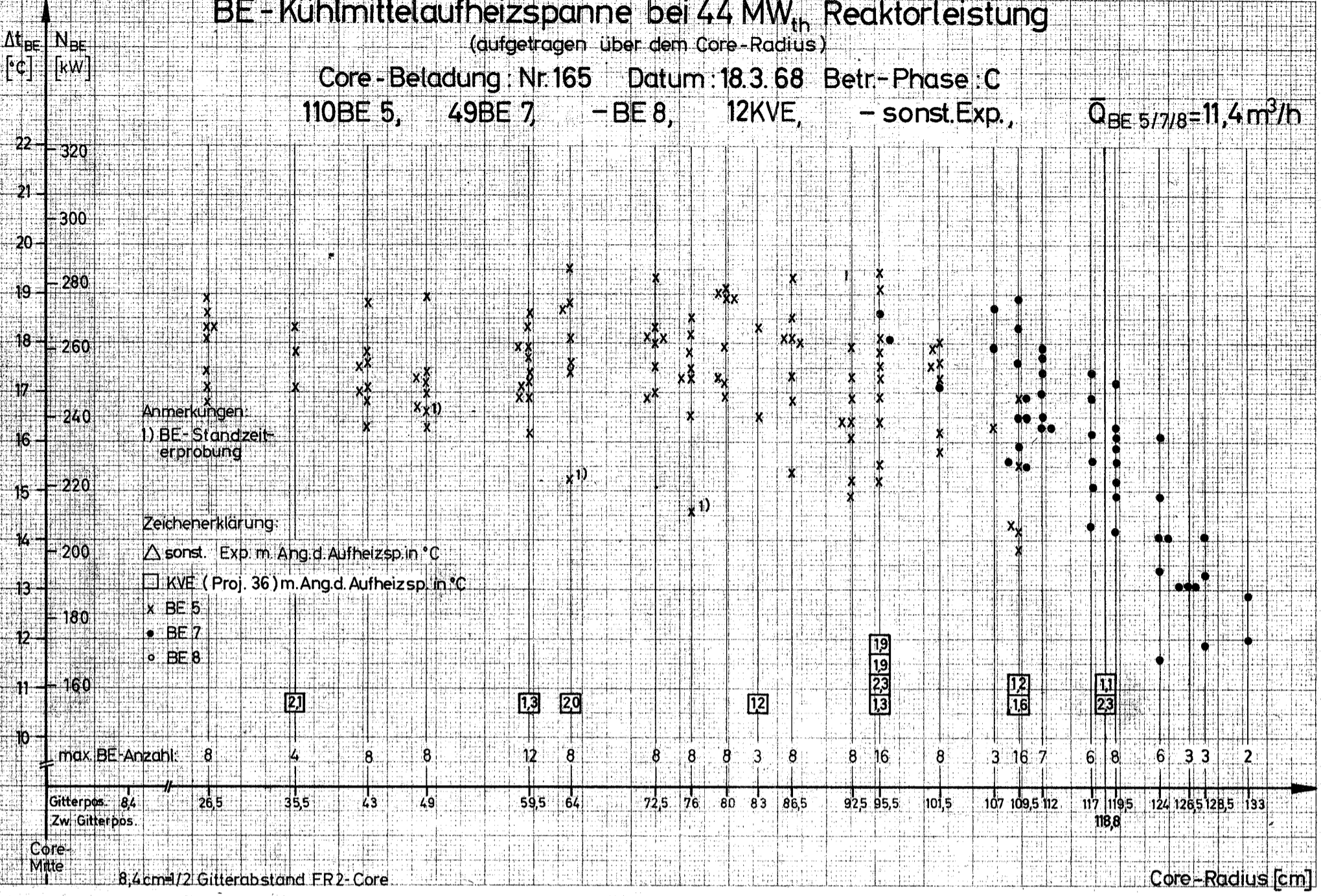
# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core - Beladung: Nr.165 Datum: 18.3.68 Betr.-Phase: C

110BE 5, 49BE 7, - BE 8, 12KVE, - sonst.Exp.,  $\bar{Q}_{BE\ 5/7/8} = 11,4\ m^3/h$

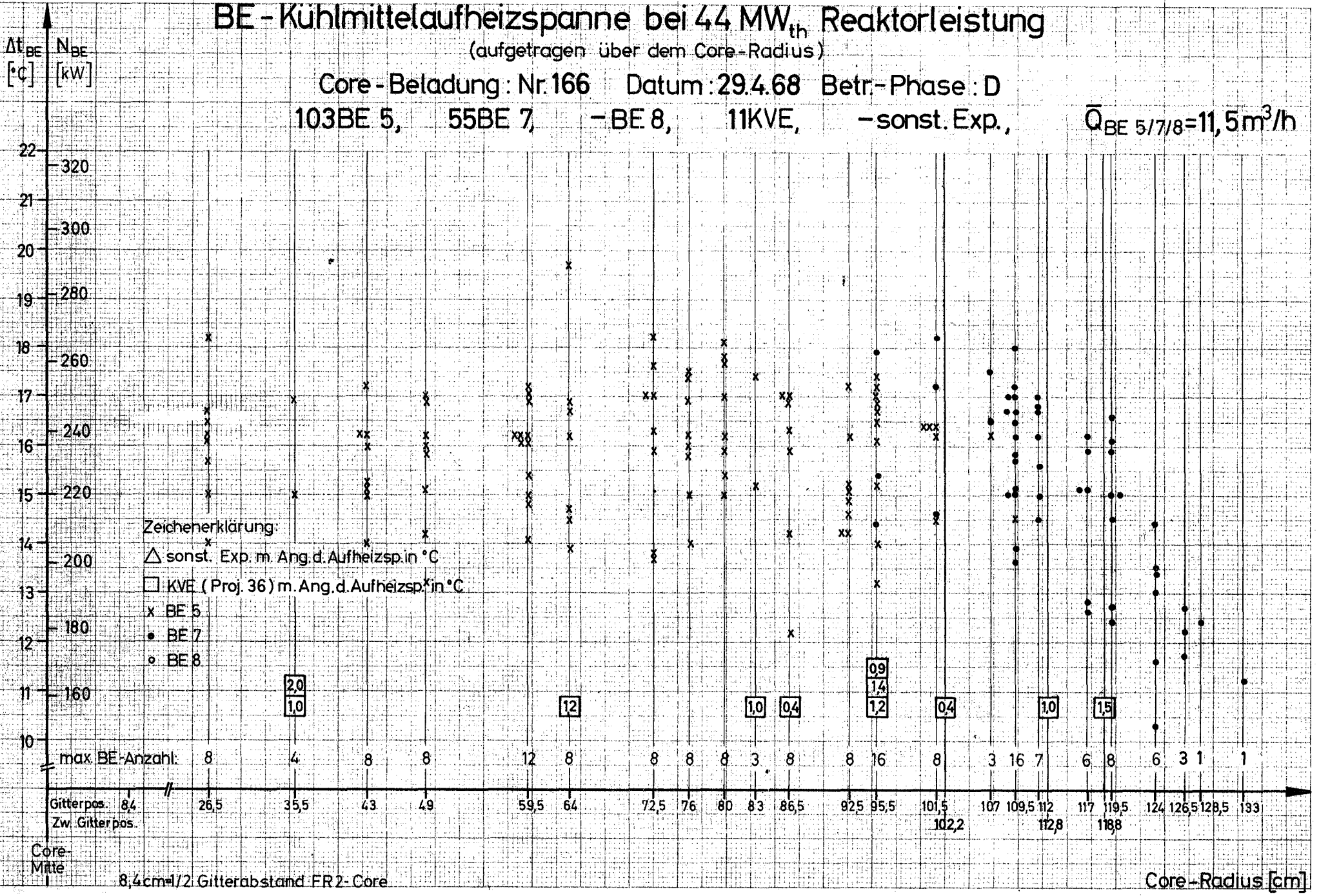
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE  
Abteilung Reaktorbetrieb



# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung (aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr.166 Datum: 29.4.68 Betr.-Phase: D  
103BE 5, 55BE 7, -BE 8, 11KVE, -sonst. Exp.,  $\bar{Q}_{BE\ 5/7/8} = 11,5\ m^3/h$

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



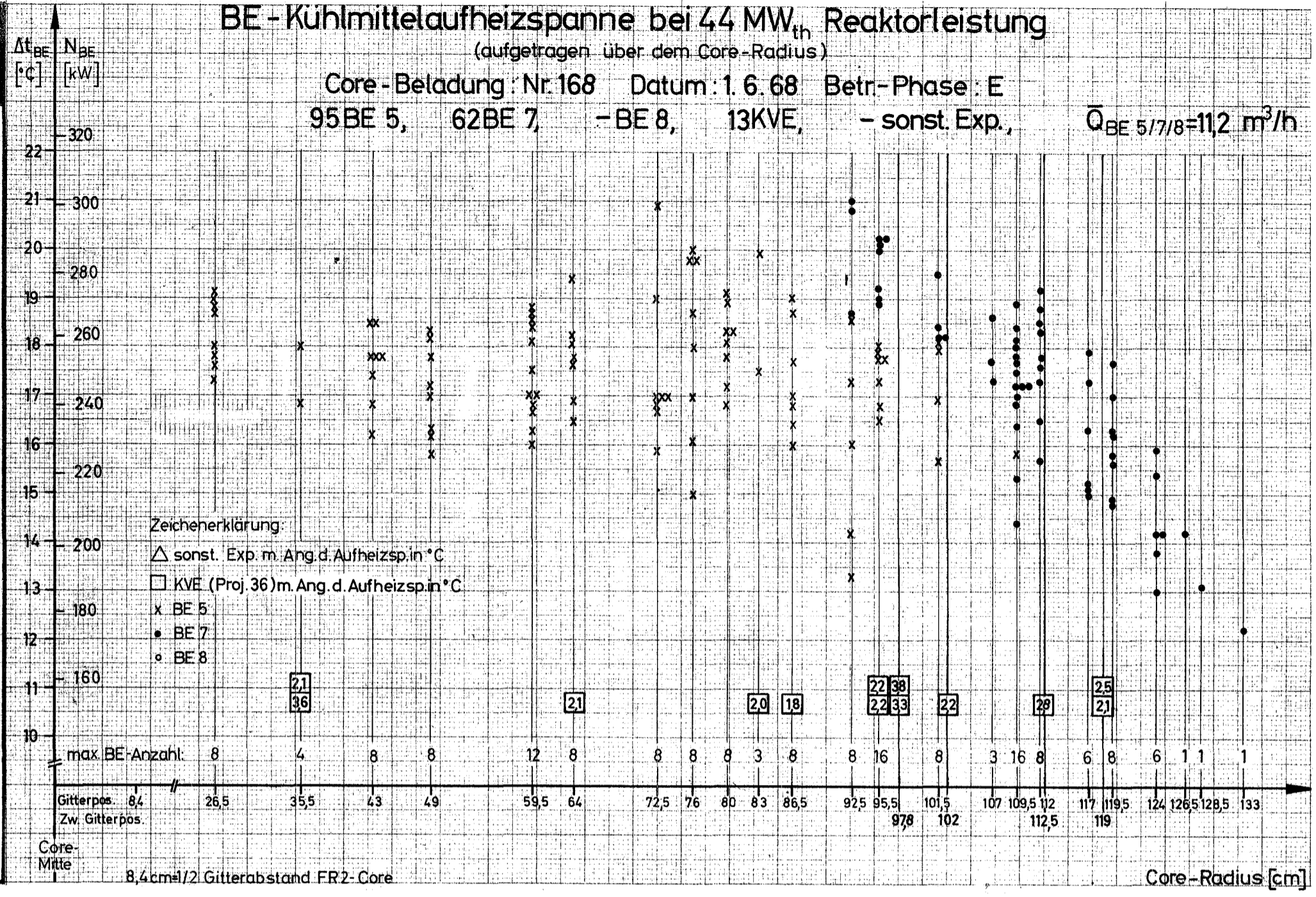
# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 168 Datum: 1. 6. 68 Betr-Phase: E  
95 BE 5, 62 BE 7, - BE 8, 13 KVE, - sonst. Exp.,

$\bar{Q}_{BE\ 5/7/8} = 112\ m^3/h$

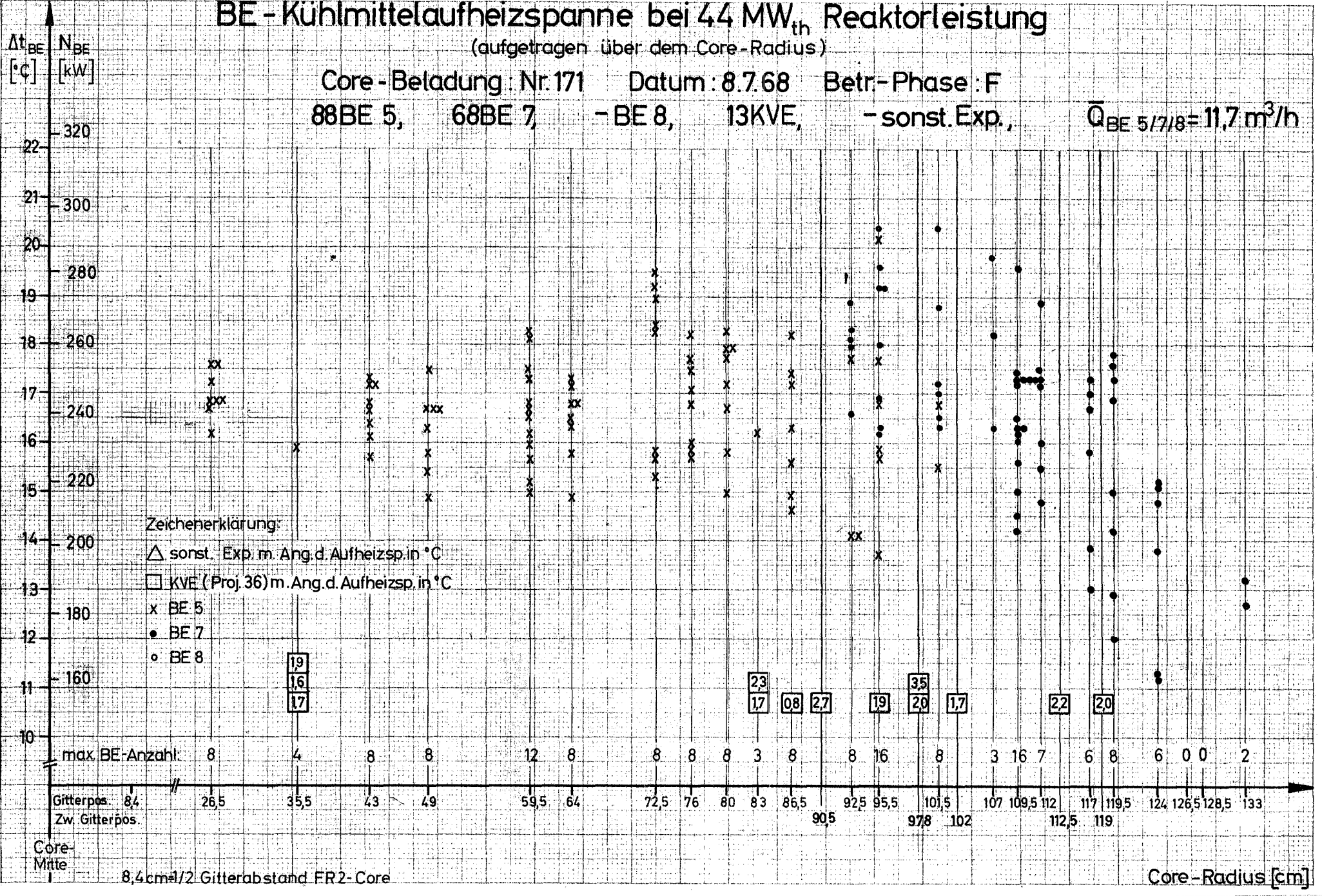
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE  
Abteilung Reaktorbetrieb

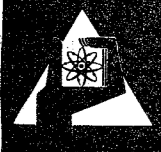


# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung (aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr.171 Datum: 8.7.68 Betr-Phase: F  
88BE 5, 68BE 7, - BE 8, 13KVE, - sonst.Exp.,  $\bar{Q}_{BE 5/7/8} = 11,7 \text{ m}^3/\text{h}$

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



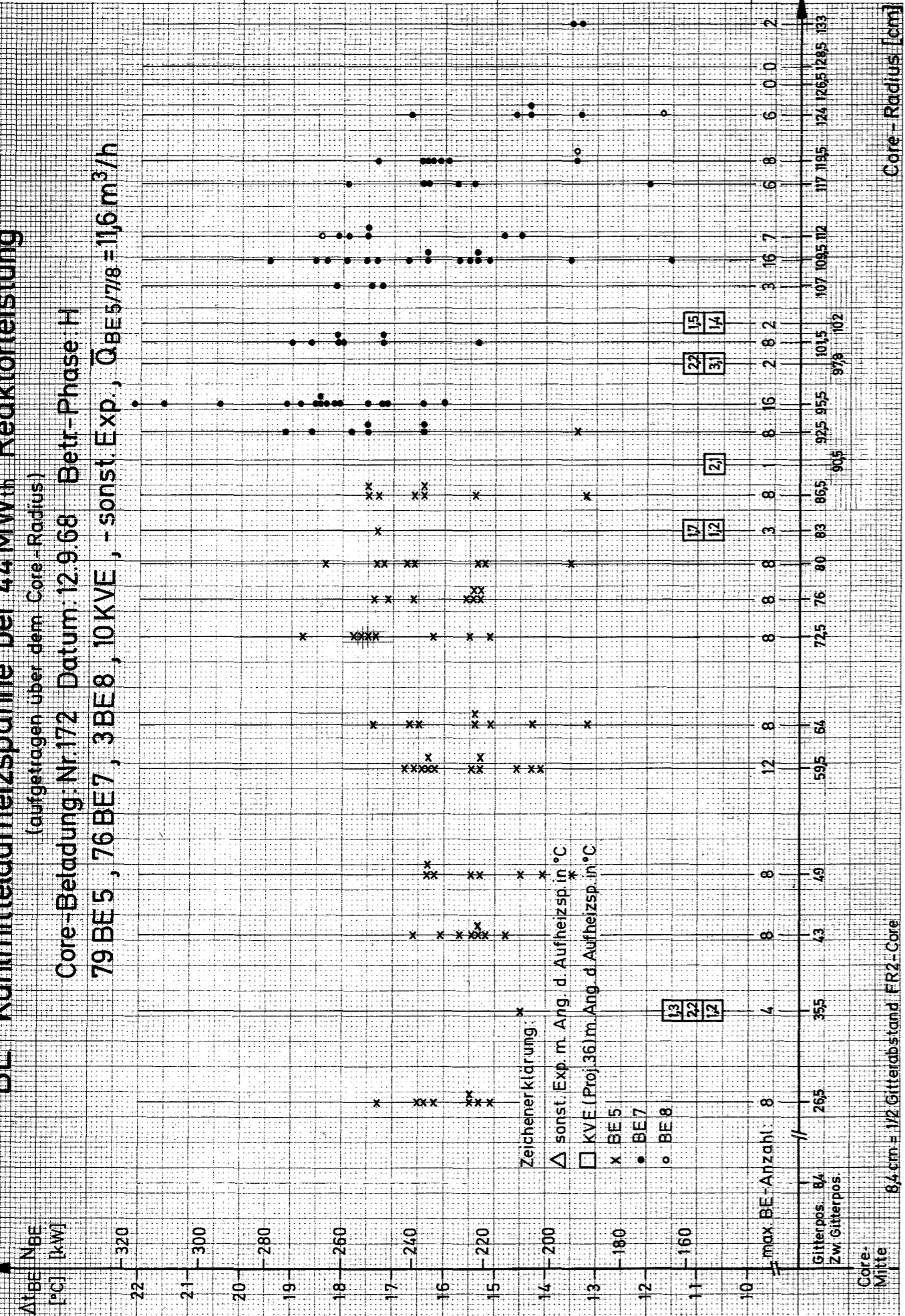


# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung Nr.172 Datum: 12.9.68 Betr.-Phase H

79 BE 5, 76 BE 7, 3 BE 8, 10 KVE, - sonst. Exp.,  $\bar{Q}_{BE5/7/8} = 11,6 \text{ m}^3/\text{h}$



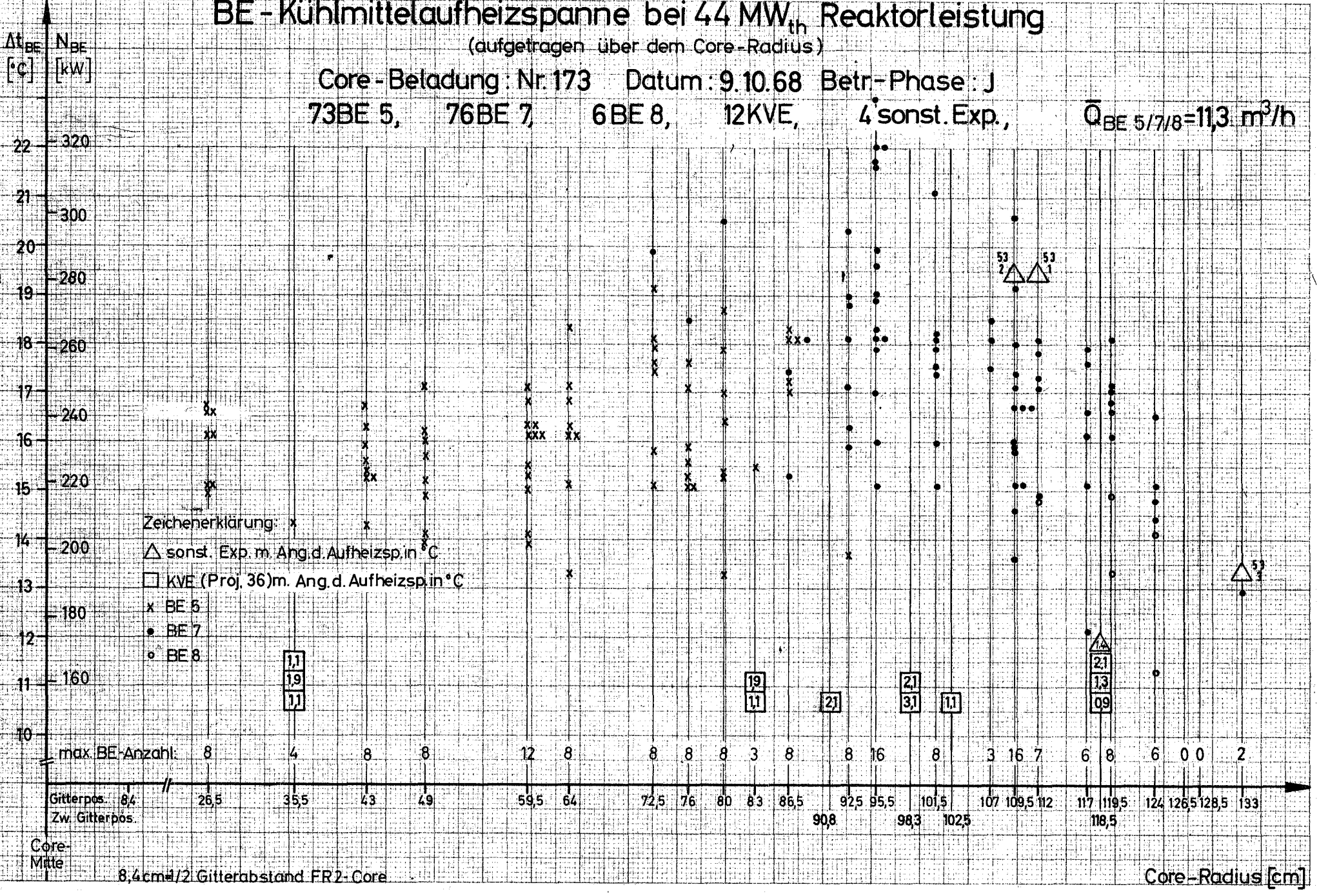
Core-Radius [cm]

# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung (aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 173 Datum: 9.10.68 Betr-Phase: J

73BE 5, 76BE 7, 6BE 8, 12KVE, 4 sonst. Exp.,  $\bar{Q}_{BE\ 5/7/8} = 11,3\ m^3/h$

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



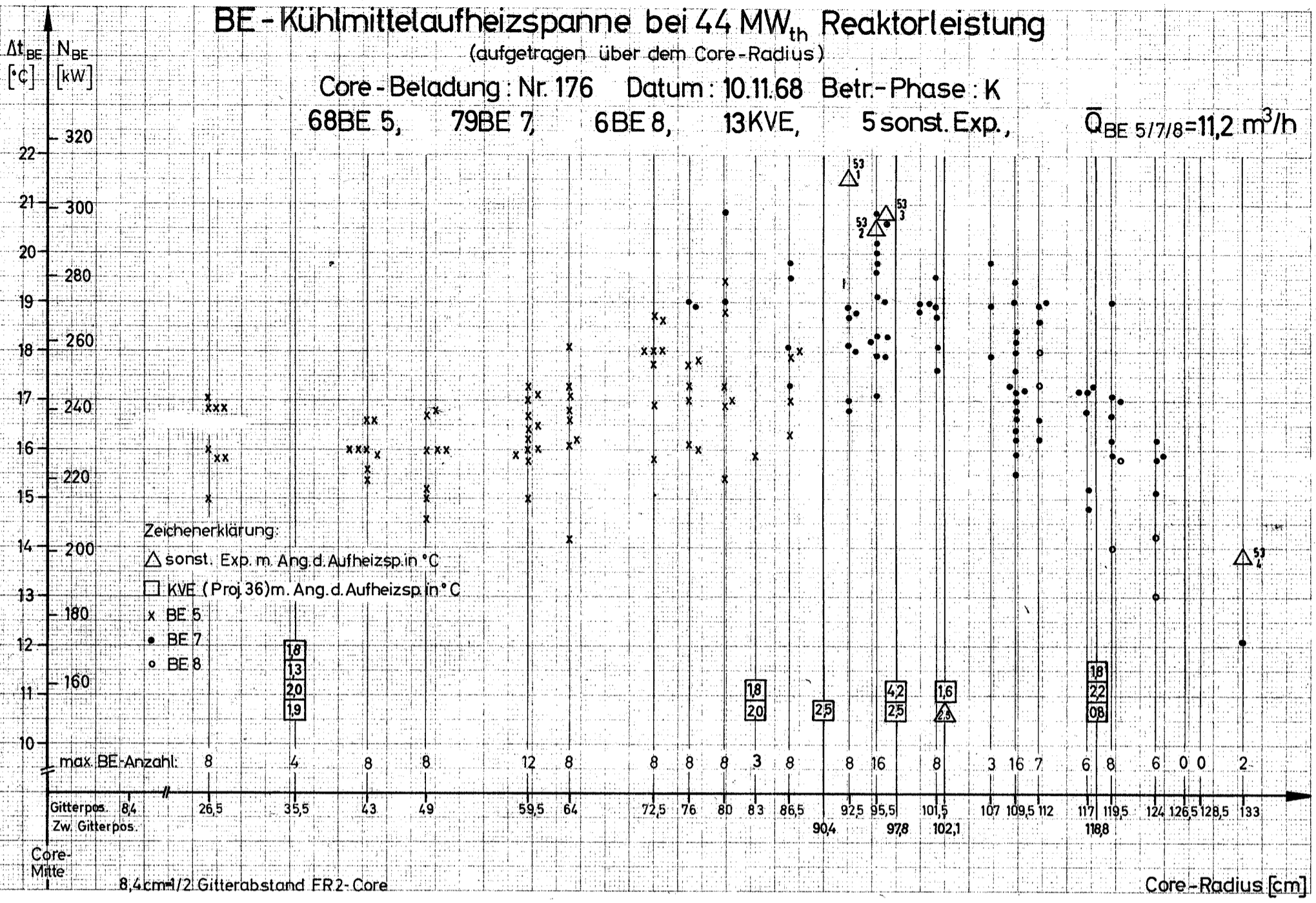
8,4cm/2 Gitterabstand FR2-Core

Core-Radius [cm]

# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung (aufgetragen über dem Core-Radius)

Core - Beladung : Nr. 176 Datum : 10.11.68 Betr.-Phase : K  
68BE 5, 79BE 7, 6BE 8, 13KVE, 5 sonst. Exp.,  $\bar{Q}_{BE\ 5/7/8} = 11,2\ m^3/h$

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



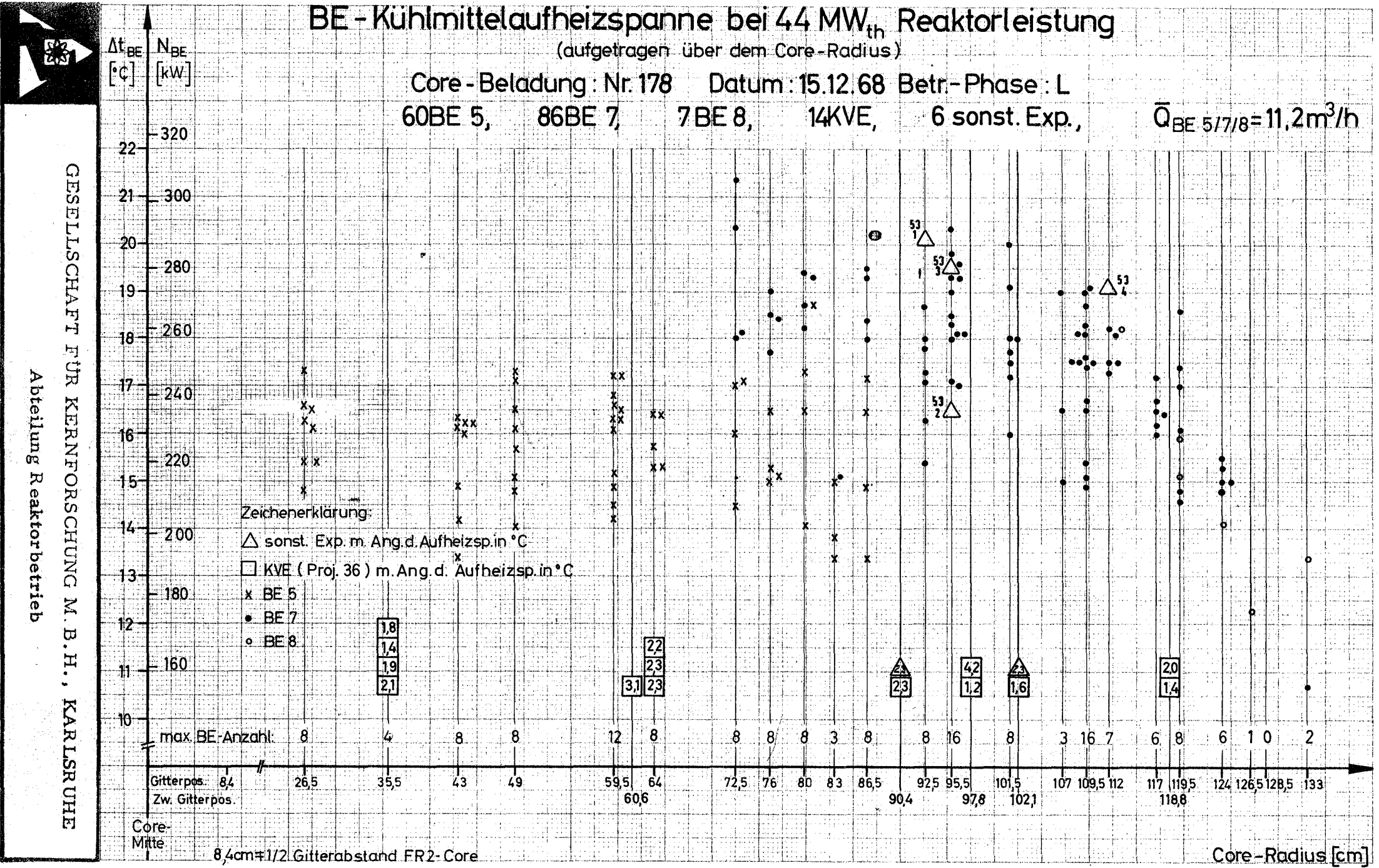
# BE - Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW<sub>th</sub> Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core - Beladung : Nr. 178 Datum : 15.12.68 Betr.-Phase : L

60BE 5, 86BE 7, 7BE 8, 14KVE, 6 sonst. Exp.,

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



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

Core-Mitte 8,4cm ± 1/2 Gitterabstand FR2-Core

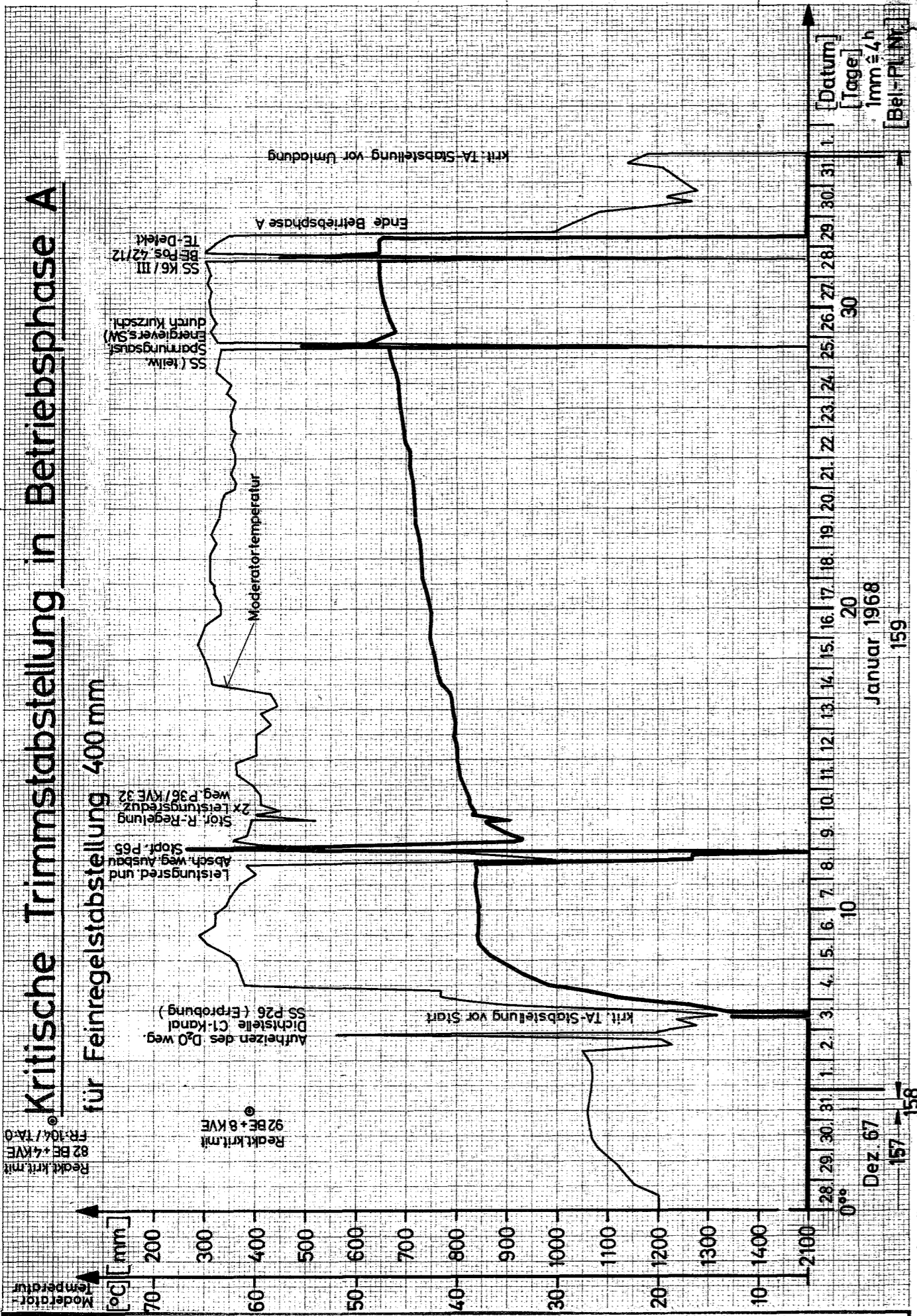
Core-Radius [cm]





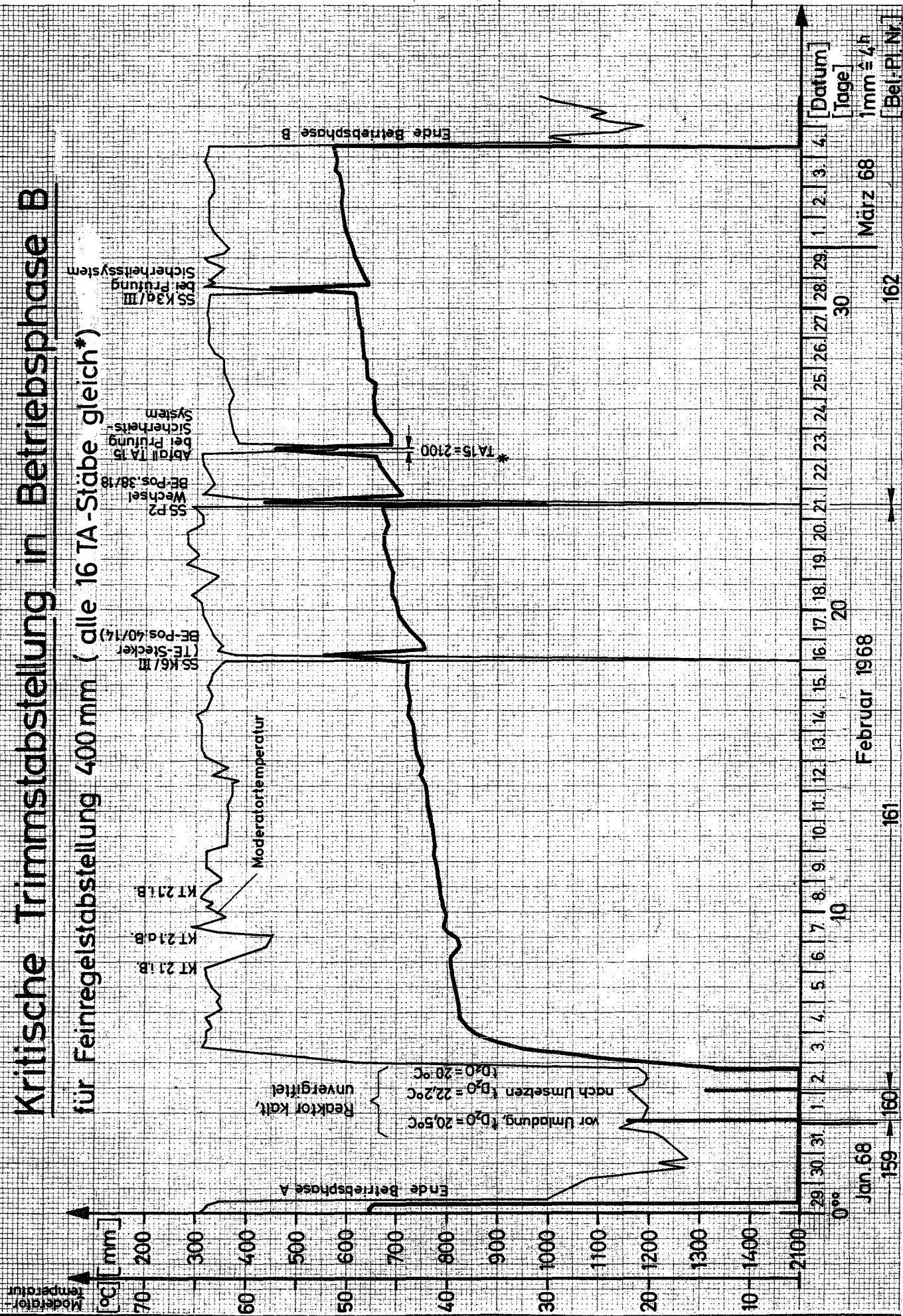
# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase A

## für Feinregelstabstellung 400 mm



# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase B

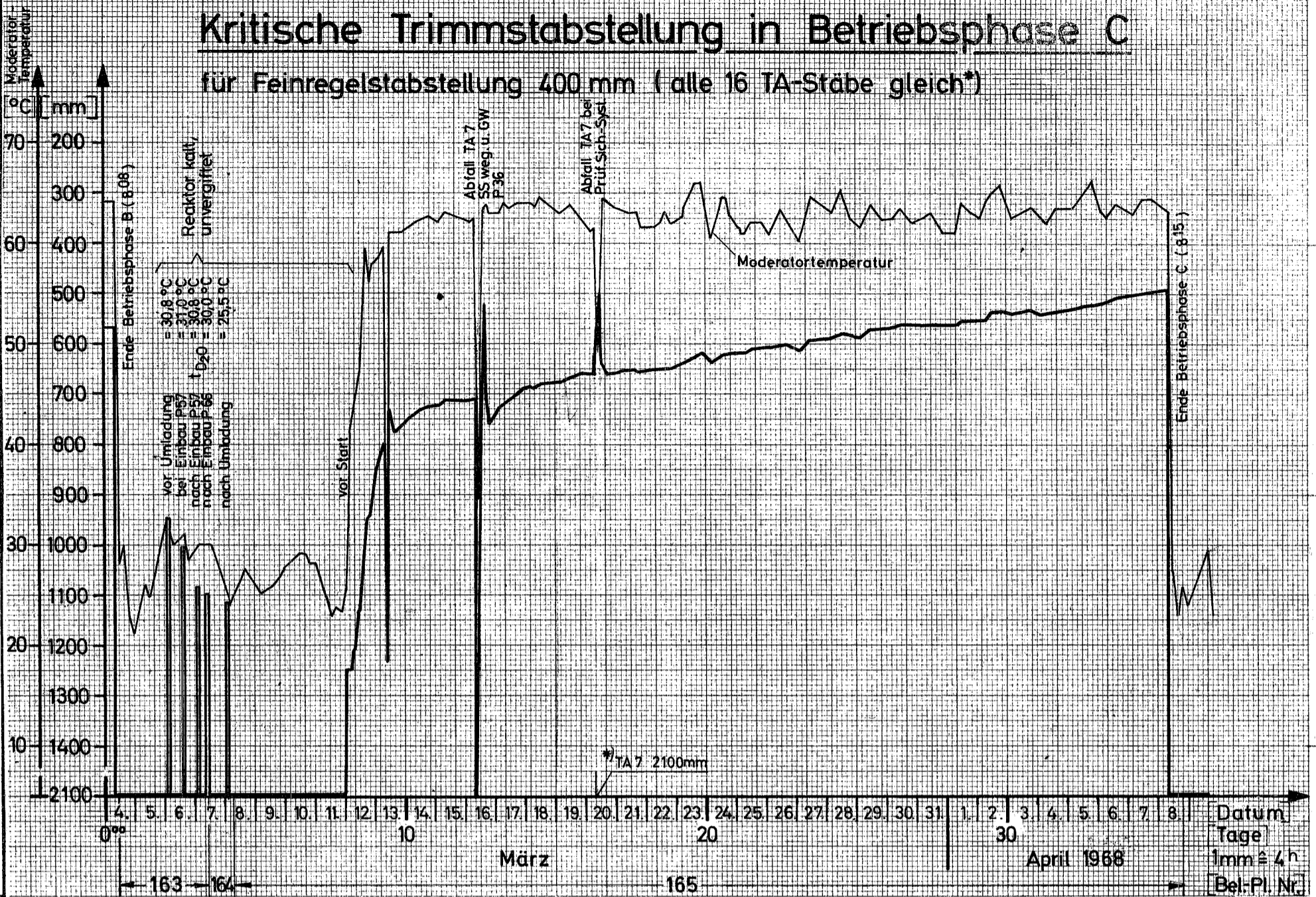
für Feinregelstabstellung 400 mm (alle 16 TA-Stäbe gleich\*)



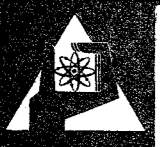
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE  
Abteilung Reaktorbetrieb

# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase C

für Feinregelstabstellung 400 mm (alle 16 TA-Stäbe gleich\*)



Formblatt: 183a/19

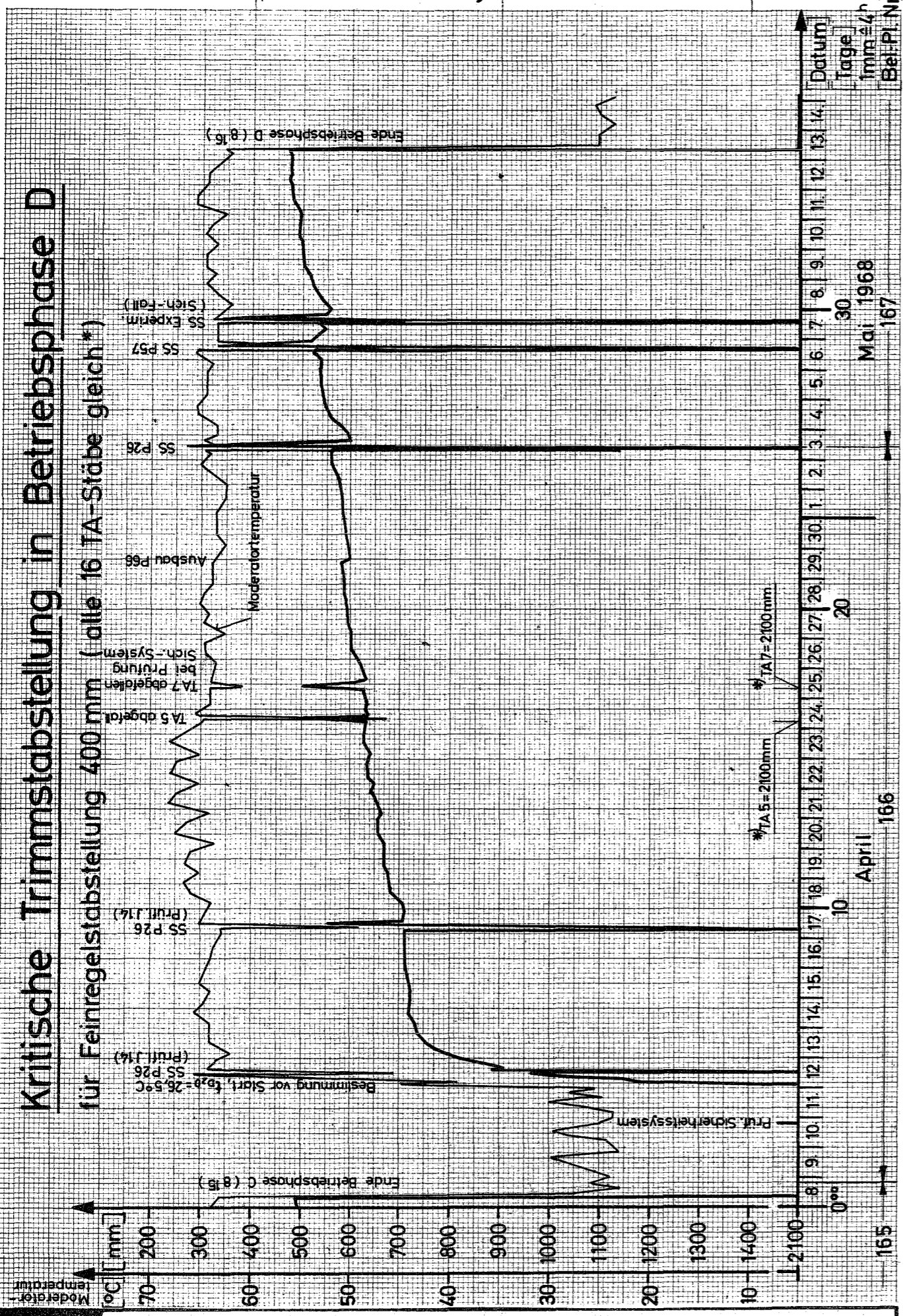


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase D

## für Feinregelstabstellung 400 mm (alle 16 TA-Stäbe gleich\*)

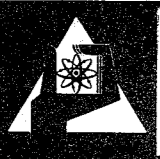


Datum  
Tage  
1mm = 4  
Bet.-Pl. Nr.

Mai 1968  
30  
167

April  
10  
166

Formblatt: 183a/20

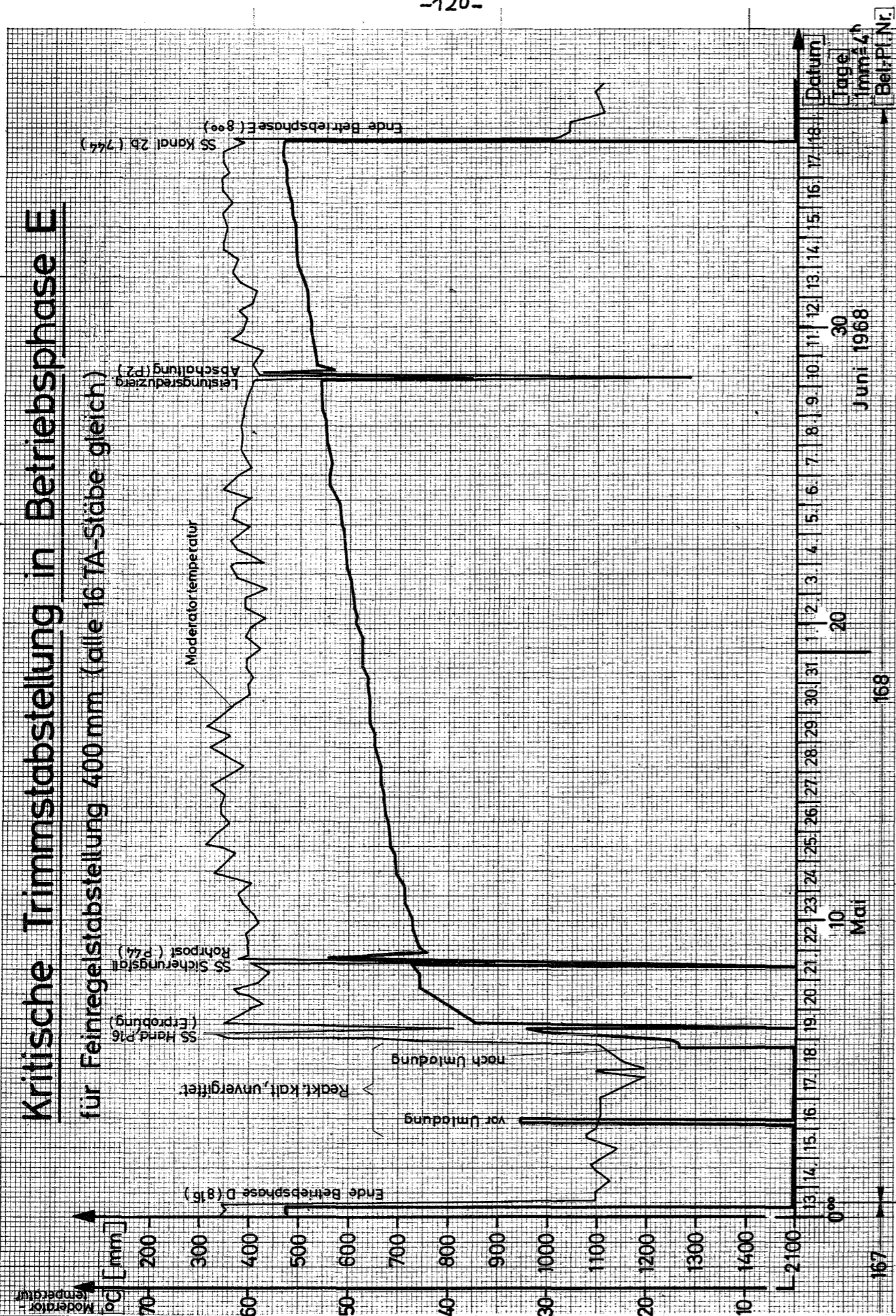


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase E

## für Feinregelstabstellung 400 mm (alle 16 7A-Stäbe gleich)



167

168

Juni 1968

20

10

Mai

30

Juni 1968

Datum

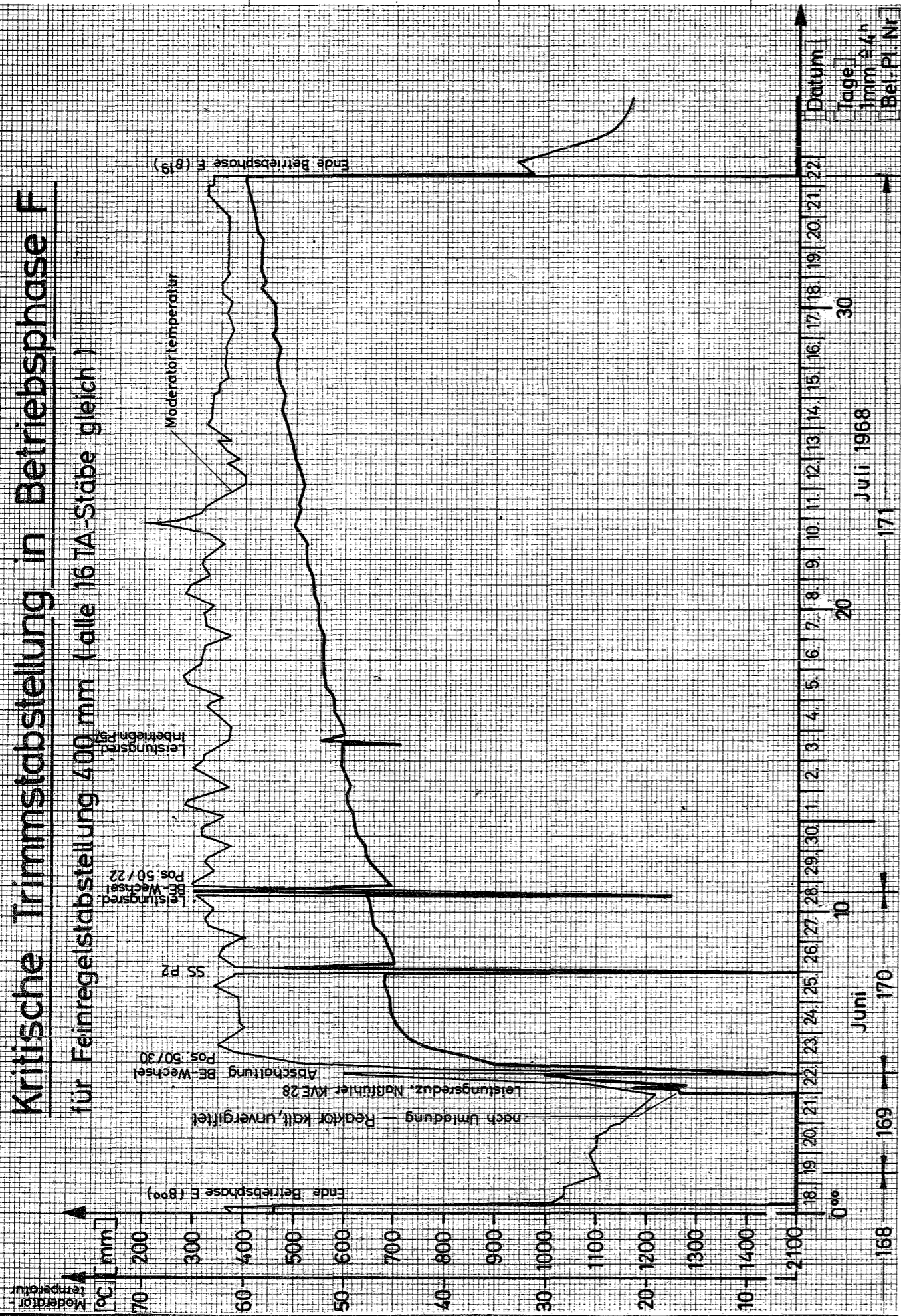
Tage

mm

Bet.-Pl.-Nr.

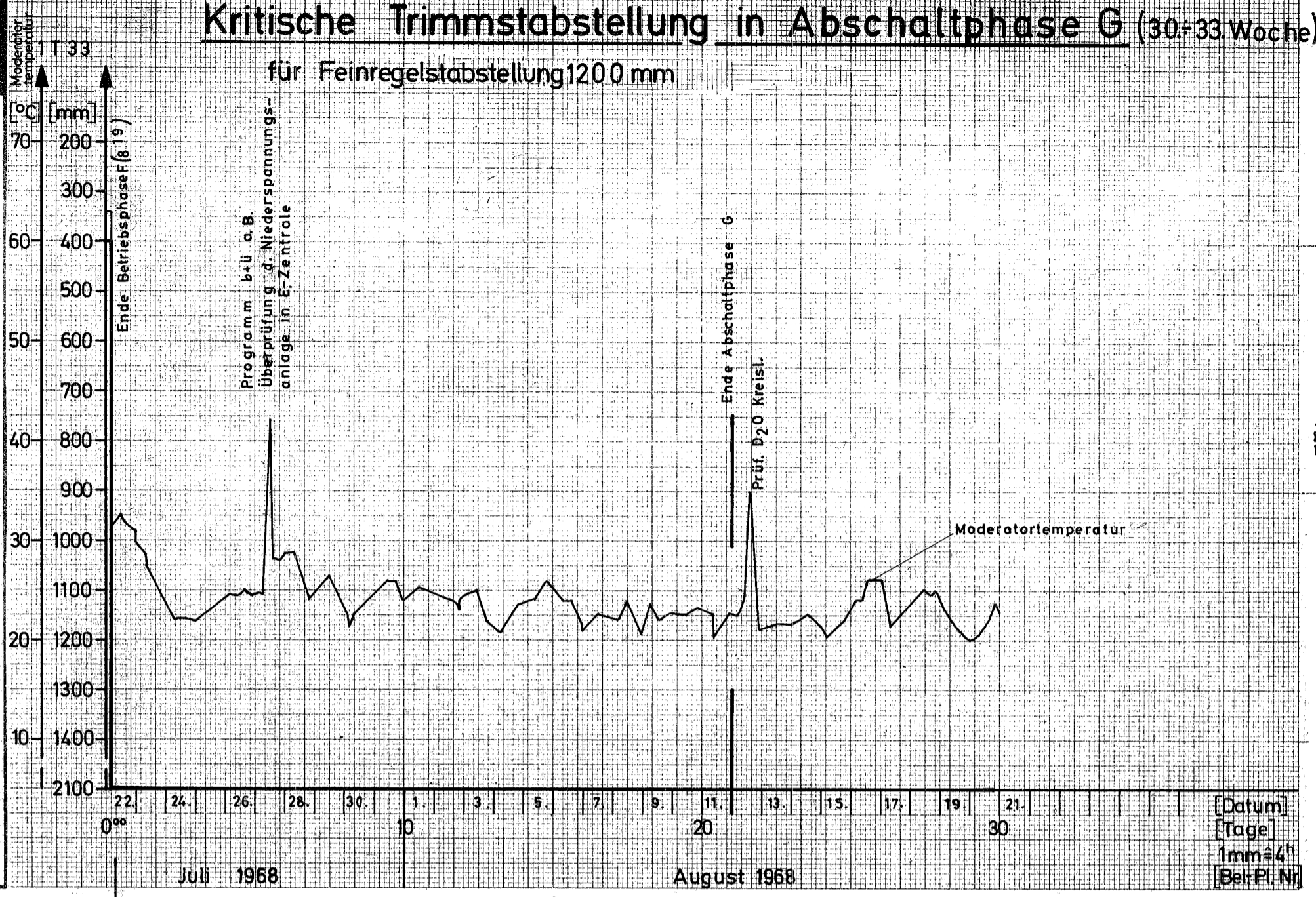
# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase F

## für Feinregelstabstellung 400 mm (alle 16 TA-Stäbe gleich)



# Kritische Trimmstabstellung in Abschaltphase G (30.-33. Woche) für Feinregelstabstellung 1200 mm

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

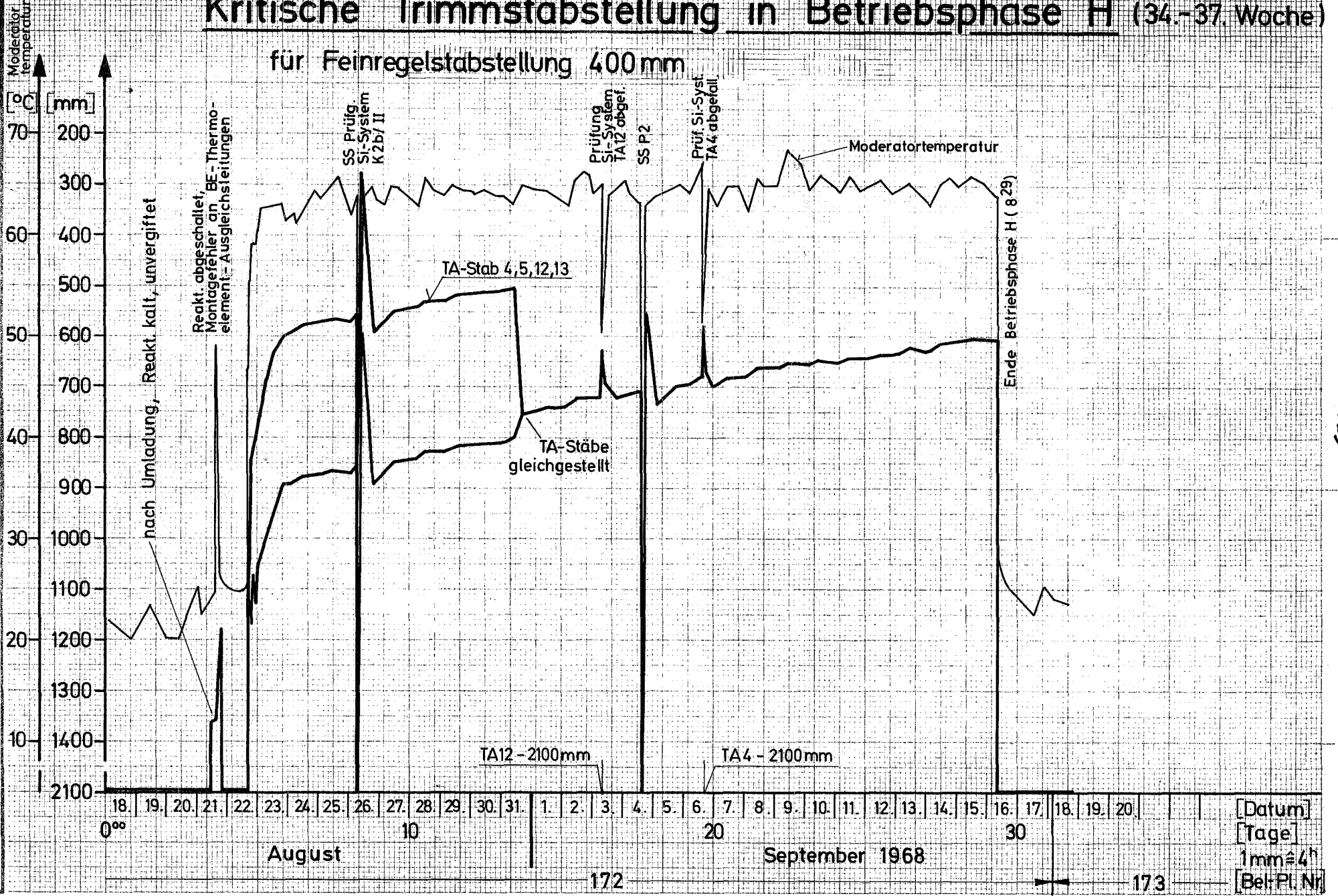


-122-

# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase H (34.-37. Woche)

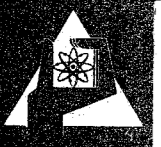
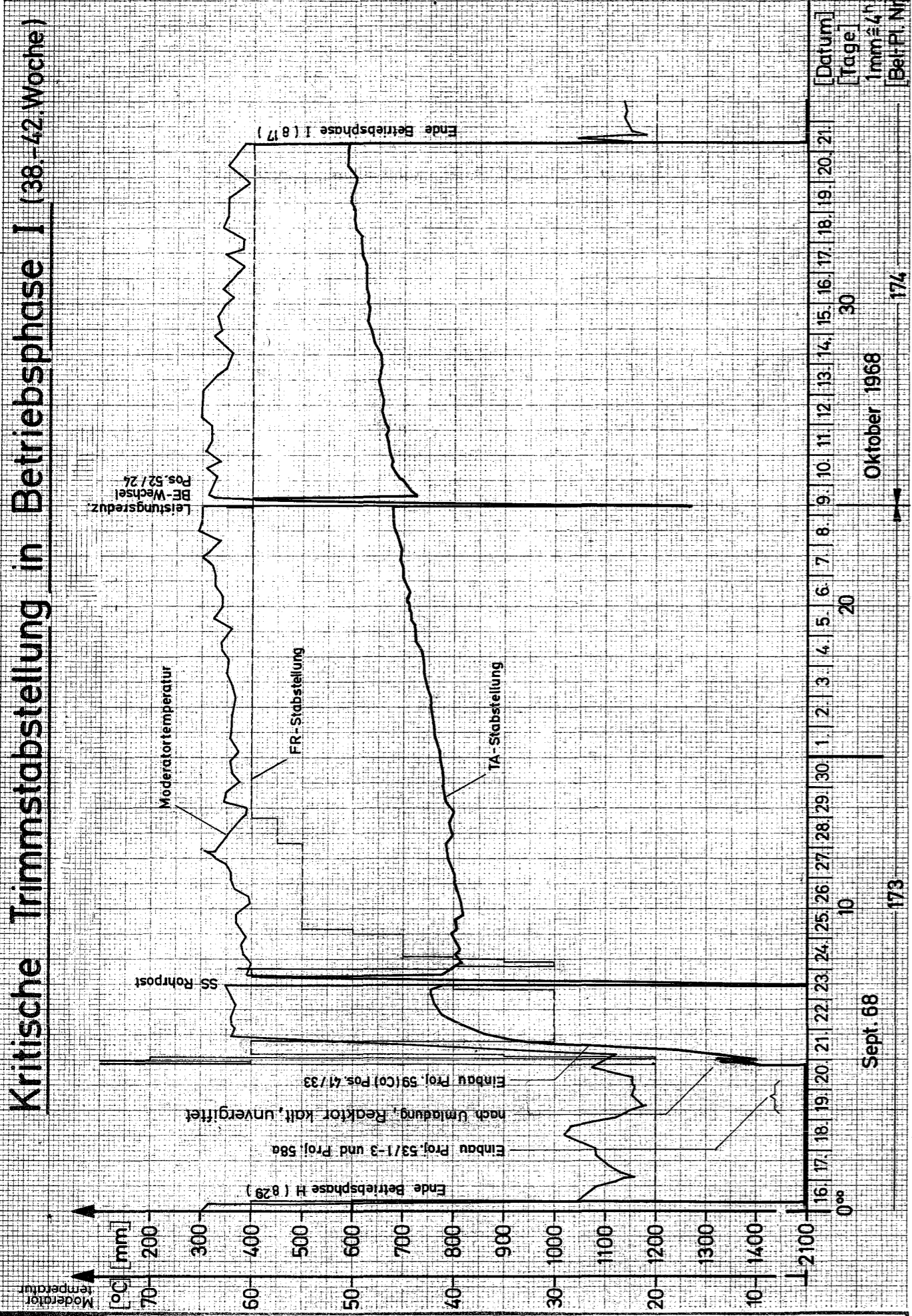
für Feinregelstabstellung 400 mm

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





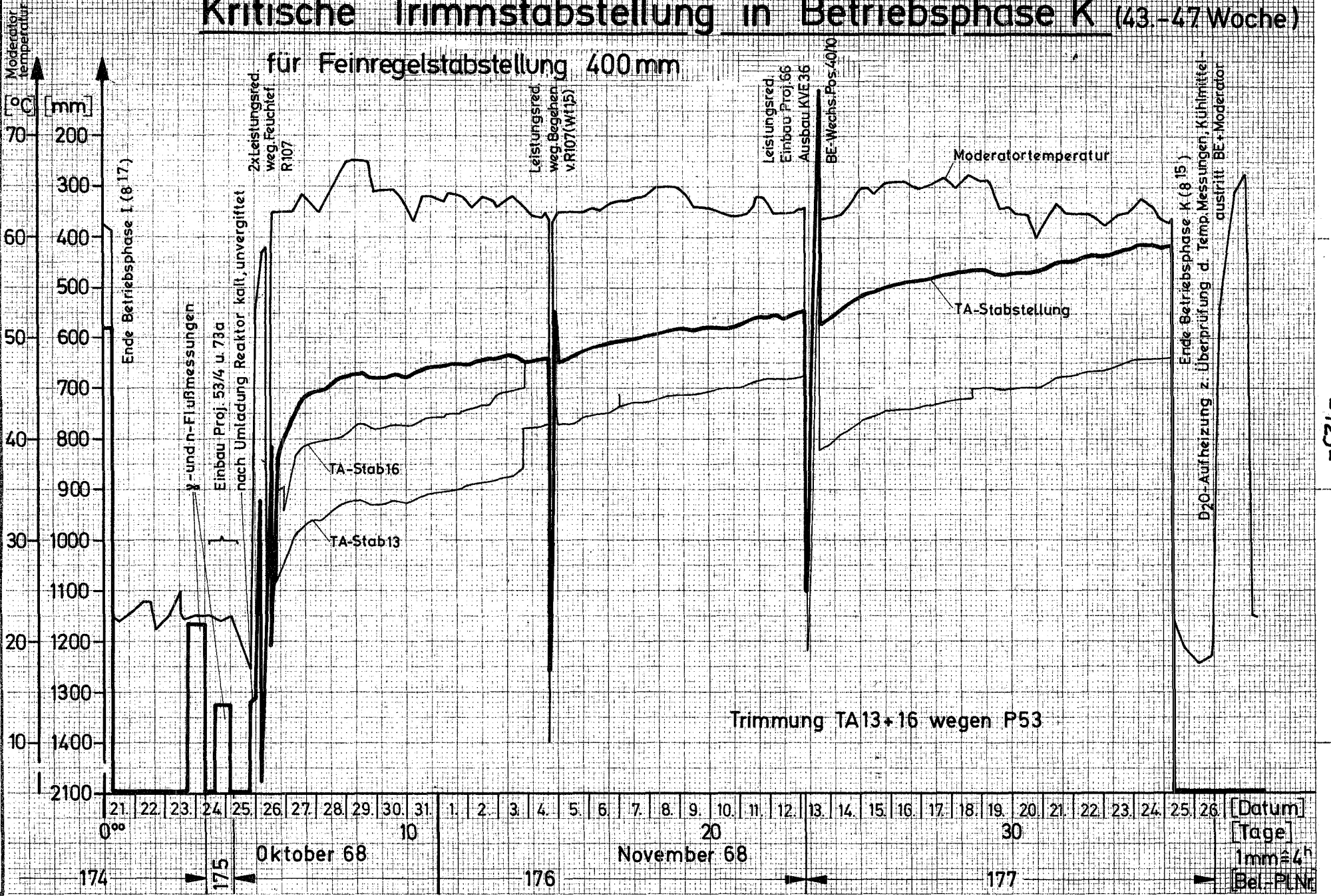
# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase I (38-42. Woche)



# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase K (43.-47. Woche)

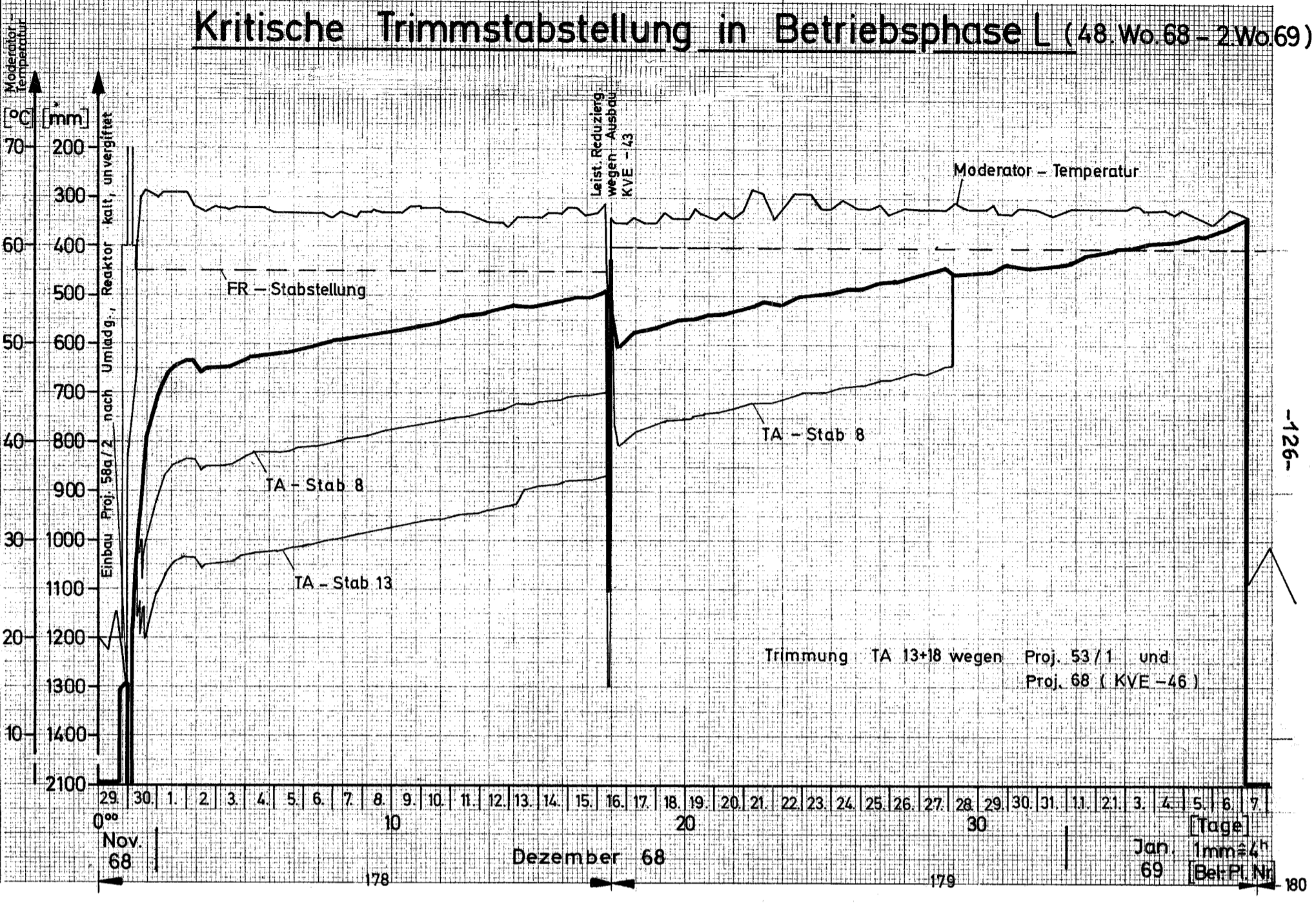
für Feinregelstabstellung 400 mm

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



# Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase L (48. Wo. 68 - 2. Wo. 69)

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

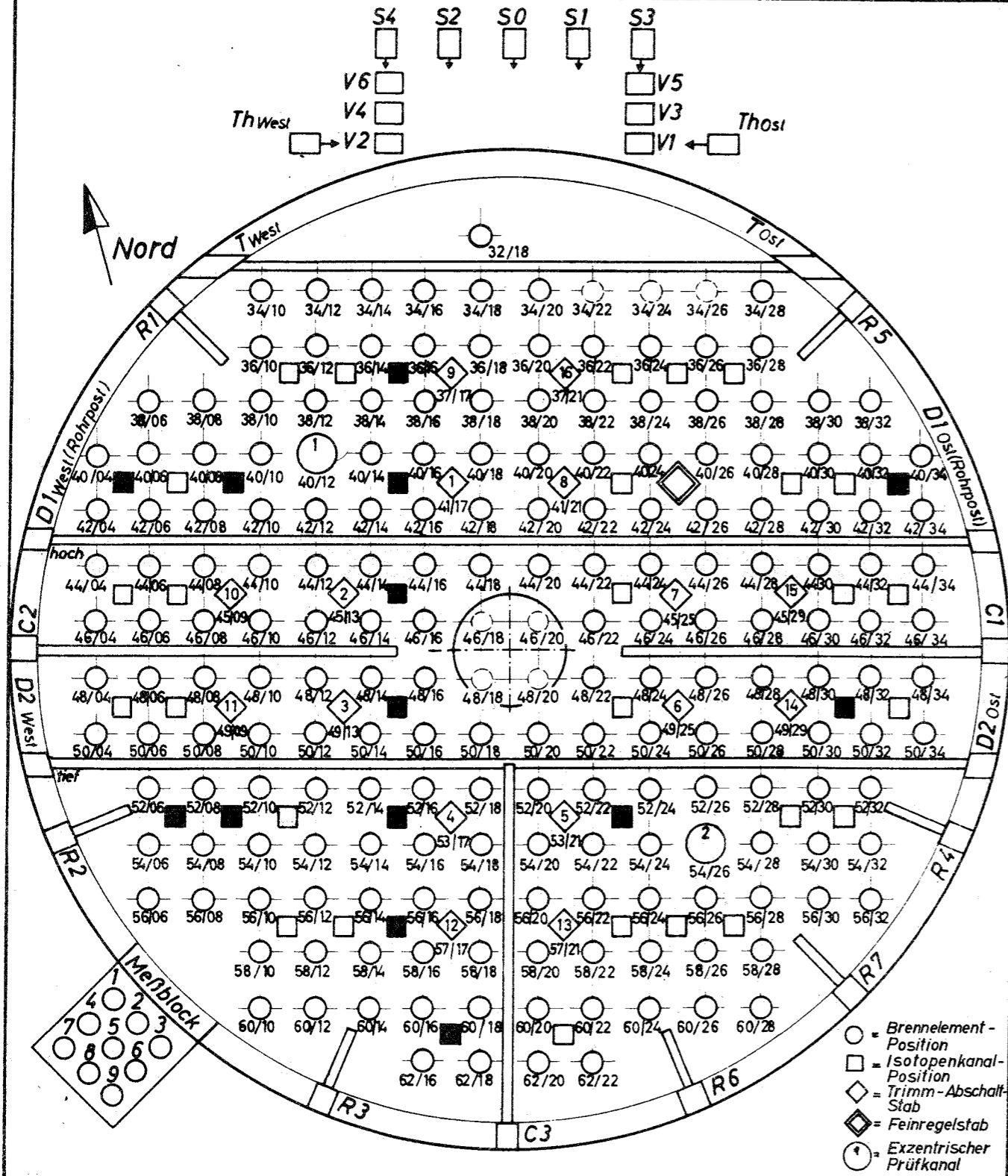


-126-

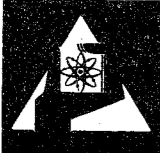
Positionskarte FR2 - Core  
Beladungsplan für Isotopenkanal-Positionen

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