

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

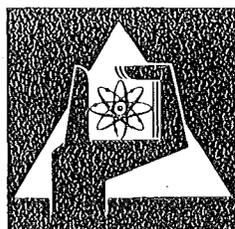
Januar 1976

KFK 2154

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

**Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR 2
für das Jahr 1974**

I. Möller, W. Steiger



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

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 2154

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik
- Kerntechnische Betriebe -

Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2
für das Jahr 1974

von

I. Möller und W. Steiger

mit Beiträgen

von

H.-A.Ammermann, J.Blümle, H.Christoph, W.Demant, W.Holub, Dr.H.Kapulla,
R.Kettner, G.Kimmig, R.Missberger, D.Philipp, B.Strehlau, K.Vogel

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

Zusammenfassung

Betriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1974

Der Betrieb des schwerwassermoderierten Forschungs- und Materialprüfreaktors und der großtechnischen Experimentieranlagen konnte im Jahre 1974, trotz gelegentlicher Personalengpässe, erfolgreich und sicher durchgeführt werden.

Am 26.05.74 erreichte der FR2 50.000 Vollastbetriebsstunden bei 44 MW Reaktorleistung.

Wegen der beginnenden Personalreduzierungen war im Terminleitplan 1974 eine große Abschaltphase vorgesehen, die durch Verlängerung der 6 Betriebszyklen teilweise kompensiert wurde. Der Terminleitplan konnte eingehalten werden.

In der großen Abschaltphase wurde das Leistungsvermögen der Wasseraufbereitungsanlage zur Personaleinsparung so erweitert, daß sie nur noch im Tagesdienst an 7 Tagen der Woche besetzt werden muß. Ferner wurde das Abluftsystem "Reaktordeckelungsgang" so umgebaut, daß eine vorher mögliche Kontamination der Gebäude- luft in Zukunft sicher vermieden wird.

Die experimentelle Nutzung des Reaktors war unverändert gut.

Im Bereich der Strahlrohrexperimente wurden am R 1-Kanal die Experimentiermöglichkeiten durch Einbau eines Stopfens mit zweifacher Strahlführung erweitert. Insgesamt wurden bis zu 13 Strahlrohrexperimente mit 20 Versuchseinrichtungen betrieben.

Nach erfolgreichem Abschluß der Experimente im Druckschwerwasserkreislauf (Exp. FR2/58) am 20.01.74 waren noch 4 großtechnische Experimentieranlagen (Kreislaufexperimente) in Betrieb.

Die Einrichtungen zur Isotopenproduktion wurden um eine Gas-Aktivierungsanlage (Exp. FR2/104) und Bestrahlungseinsätze zur Dotierung von Reinstsilizium (Exp. FR2/108) erweitert. Es war ein wachsendes Bestrahlungsaufkommen der Dotierungsbestrahlungen von Silizium zu verzeichnen.

In speziellen Bestrahlungseinsätzen (Exp. FR2/107) wurden erstmals Bestrahlungen von 100 kg Scandium-markiertem Seesand für das Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, Kiel, durchgeführt. Die Einsätze stehen auch für andere "Massengutbestrahlungen" zur Verfügung.

Als weitere Bestrahlungsmöglichkeit wurde ein "Universeller D₂O-gekühlter Bestrahlungseinsatz"(Exp. FR2/89) gefertigt und im Reaktor erprobt. Der Einsatz gestattet Bestrahlungen mit Zwangskühlung und Probenwechsel ohne Abschaltung des Reaktors.

Neben kleinen Betriebsunterbrechungen wurden keine größeren Betriebsstörungen an den Reaktor- und Experimentieranlagen verzeichnet.

Summary

Report on the Operation of the FR2 Research Reactor in 1974

The heavy-water moderated research and material testing reactor and the large-scale testing facilities were operated in a successful and safe mode in 1974 despite occasional bottlenecks in personnel.

On May 26, 1974 FR2 attained 50,000 operating hours at full load and at 44 MW reactor power.

The onset of reduction in personnel led to the provision of a long shutdown phase in the 1974 time schedule, part of which had been compensated by extension of the six operating cycles. The time schedule was complied with.

To save personnel the output capacity of the water processing facility was enhanced such during the long shutdown phase that in future work can be done during daytime on 7 days of the week. Moreover, the exhaust air system of the "reactor top shielding gallery" was so modified as to safely avoid in future any contamination of the air in the building, which had been possible before.

The experimental utilization of the reactor continued to be good.

As to the beam guide experiments, the testing facilities were expanded at the R 1 channel by installation of a plug provided with a double beam guide. Up to 13 beam guide experiments in total were performed with 20 testing facilities.

Following successful completion of experiments carried out in the heavy water pressurized loop (exp. FR2/58) on January 20, 1974 four large-scale test facilities (loop experiments) were still operating.

The facilities used for isotope production were extended by a gas activation system (exp. FR2/104) and by irradiation rigs allowing to dope very pure silicon (exp. FR2/108). The number of irradiations implying doping of silicon increased.

In special irradiation rigs (exp. FR2/107) irradiations were performed for the first time of 100 kg of scandium labeled see sand on behalf of Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten, Kiel. The rigs are available for irradiations of other bulk goods as well.

A "universal D₂O cooled irradiation rig" (exp. FR2/89) was constructed as an additional means of irradiation and tested in the reactor. The rig allows forced convection irradiations and replacement of samples without the necessity of reactor shutdown.

Besides minor interruptions, remarkable operating disturbances were not recorded for the reactor and the experimental facilities.

Inhaltsverzeichnis		Seite
Zusammenfassung		I
Inhaltsverzeichnis		IV
Abschnitt 1: Einleitung		1
Abschnitt 2: Experimentelle Nutzung des Reaktors		5
1. Zusammenfassung		5
2. Isotopenproduktion		6
3. Kreislaufexperimente		17
4. Strahlrohrexperimente		32
5. Kapselexperimente		40
6. Sonstige Experimentiereinsätze		44
7. γ -Bestrahlungseinrichtung		46
Abschnitt 3: Betrieb des Reaktors		47
1. Zusammenfassung		47
2. Betriebszeiten		48
3. Reaktorleistung und Energieabgabe		48
4. Nutzung und Verfügbarkeit		50
5. Beladungszustände		51
6. Reaktivitätsverhalten		51
7. Leistungsverteilung und Neutronenflußdichte		54
8. Abbrand		54
9. Allgemeine Störungen und besondere Vorkommnisse		55
Abschnitt 4: Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen		56
1. Zusammenfassung		56
2. Reaktorschutzsystem		56
3. Regel- und Abschaltelemente		57
4. Brennelementüberwachung		59
5. Schwerwasserkreislauf		61
6. Heliumkreislauf		64
7. Leichtwassersystem		65
8. Lüftungssysteme		68
9. Elektrische Energieversorgungsanlagen		71
10. Sonstige Reaktorhilfseinrichtungen		74
Abschnitt 5: Eigenüberwachung am FR2		75

	Seite
Abschnitt 6: Personal	86
1. Zusammenfassung	86
2. Personalstand	88
3. Strahlenbelastung	89
4. Schulung	90
5. FR2-Besucher	91
Abschnitt 7: Ausblick	92
Abschnitt 8: Literaturverzeichnis	93
Abschnitt 9: Tabellen und Diagramme	94

Abschnitt 1: Einleitung

Der schwerwassermoderierte Prüf- und Forschungsreaktor FR2 mit seinen umfangreichen Experimentiermöglichkeiten wurde auch im Jahre 1974 erfolgreich betrieben.

Wegen der bereits 1973 sichtbar werdenden angespannten Personallage war im Soll-Terminleitplan 1974 (Abb. 1.1) eine große Abschaltphase von 35 Tagen Dauer vorgesehen worden. Diese lange Unterbrechung hat sich voll bewährt, zumal der Verlust an Reaktorbetriebszeit durch Verlängerung der Betriebszyklen einigermaßen ausgeglichen werden konnte. Der Terminleitplan konnte eingehalten werden, wie Abb. 1.2 - Ist-Terminleitplan 1974 - zeigt.

Die große Abschaltphase wurde dazu benutzt, die Kapazität der Wasseraufbereitungsanlage durch Zubau neuer Filtereinsätze so zu erweitern, daß sie künftig nur noch im Tagesdienst an 7 Tagen der Woche besetzt werden muß (Personaleinsparung). Ferner wurde das Abluftsystem "Reaktordeckelungang" umgebaut, um so eine Kontamination der Gebäudeluft zu vermeiden (Sicherheitsmaßnahme).

Am 26.5.1974 erreichte der FR2 50.000 Vollastbetriebsstunden bei 44 MW Leistung. Dieser Wert war am 25.5.1966 - nach Umbau des Kerns auf oxidischen Brennstoff - erstmals abgegeben worden. Aus diesen Werten läßt sich ein Lastfaktor für den FR2 von 71 % für einen Zeitraum von 8 Jahren errechnen.

Die zeitliche Nutzung des Reaktors bei Vollast - bezogen auf die planmäßige Vollastbetriebszeit - betrug im Jahre 1974 rund 98 %.

Im Rahmen der Isotopenproduktion wurden insgesamt 1880 Kapseln bestrahlt. Ferner konnte mit der Dotierungsbestrahlung von Reinstsilizium für verschiedene Industrieunternehmen in großem Umfang und zur vollen Zufriedenheit der Kunden begonnen werden. Das Bestrahlungsaufkommen soll nach Erweiterung der Bestrahlungsmöglichkeiten noch erheblich ausgeweitet werden.

An den 12 sinnvoll nutzbaren Strahlrohrausgängen wurden 13 Experimente mit insgesamt 20 Versuchsanordnungen gleichzeitig betrieben. Im vergangenen Jahr war ein steigendes Interesse für Neutronenbeugungsanlagen - besonders von externen Benutzern - festzustellen. Es konnten nicht alle Wünsche mit den vorhandenen Einrichtungen erfüllt werden. Die Beschaffung eines rechnergesteuerten Vierkreisdiffraktometers ist angelaufen.

Die Auslastung des Reaktors durch instrumentierte Brennstoffbestrahlungskapseln ist - im Vergleich zum Vorjahr - etwa gleichgeblieben. Es waren bis zu 14 Kapselversuchseinsätze - hauptsächlich für das Projekt Schneller Brüter - gleichzeitig im Reaktor.



FR 2 - Terminleitplan 1974

Lfd. Nr.	Monat	Jan.				Febr.				März				April				Mai				Juni				Juli				Aug.				Sept.				Okt.				Nov.				Dez.				Jan. 75									
	Woche	52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	
1																																																											
2	Betriebsphase	G' (73) A' A B' B c' C D E' E F' F G' G																																																									
3	Reaktorbetrieb 44 MW	[Solid black bars indicating operation]																																																									
4	Funktions- u. Wiederholungsprüfungen 1)	[Diagonal hatched bars indicating tests]																																																									
5	Wartungsarbeiten u. Montagen 1)	[Diagonal hatched bars indicating maintenance]																																																									
6	Brennelementwechsel	[Vertical hatched bars indicating fuel element replacement]																																																									
7																																																											
8	Isotopenproduktion (12 Iso-Kanäle, Rohrpost, Therm Säule)	[Solid black bars]																																																									
9	Kapselbestrahlungen (U/Pu-Karbid-Parameter tests Verträglichkeit, Brennstoffschwellen u.-Kriechen)	[Solid black bars]																																																									
10	20 Strahlrohrexperimente an 13 Kanälen	[Solid black bars]																																																									
11	Kreislaufanlagen:																																																										
12	P 2 : Tieftemperatur-Bestrahlungsanlage	[Solid black bars]																																																									
13	P 16: Kalte Neutronenquelle	[Solid black bars]																																																									
14	P 26: He-Prüfkreislauf	[Dotted bars]																																																									
15	P 55a: Heißdampf - Kontaminationskreislauf	[Dotted bars]																																																									
16	P 58: D ₂ O-Druckwasserkreislauf	[Dotted bars]																																																									
17																																																											
18																																																											
19																																																											
20																																																											
21	Feiertage, Schulferien (Baden-Württemberg)	[Diagonal hatched bars]																																																									
	Bemerkungen:	<p>Arbeitswoche = Montag 0 Uhr bis Sonntag 24 Uhr Nach Plan: Reaktorstart : mittwochs 20 Uhr Reaktorleistung 44 MW : donnerstags 20 Uhr Reaktorabschaltung : montags 8 Uhr</p> <p>1) [Solid black box] vorrangig gegenüber [Diagonal hatched box]</p>																																																									

Abb. 1.1



Lfd. Nr.	Monat	Jan.				Febr.				März				April				Mai				Juni				Juli				Aug.				Sept.				Okt.				Nov.				Dez.				Jan. 75																											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																					
1	Betriebsphase	G (73)				A'				A				B'				B				c'				C				D				E'				E				F'				F				G'				G																							
2	Reaktorbetrieb 44 MW																																																																												
3	Funktions- u. Wiederholungsprüfungen (1)																																																																												
4	Wartungsarbeiten u. Montagen (1)																																																																												
5	Brennelementwechsel																																																																												
6	Isotopenproduktion (12 bzw. 13 [ab 24.75] Iso-Käntle, Rohrpost, Therm. Säule)	Anzahl [bestr. Kapseln] 283				357				248				352				245				422				173																																																			
7	Bestrahlung v. Reinstsilizium für die Halbleiterproduktion (P108)																																																																												
8	Kapselbestrahlungen (U/Pu-Karbid-Parametertests Verträglichkeit, Brennstoffschwellen u.-Kriechen)																																																																												
9	20 Versuchsaufbauten an 12 sinnvoll nutzbaren Strahlrohrausgängen																																																																												
10	P2: Tieftemperaturbestrahlungsanlage i. B. betriebsbereit																																																																												
11	Anzahl der bestrahlten Proben Experimentierbetrieb	3				8				2				2				5				3				17																																																			
12	P16: Kalte Neutronenquelle i. B. betriebsbereit																																																																												
13	Experimentierbereitschaft He-Gaskälteanlage i. B.																																																																												
14	P26: He-Druckgas-Kreislauf i. B. betriebsbereit																																																																												
15	Experimentierbereitschaft Experimentierbetrieb																																																																												
16	Prüflingsbestrahlungen N ₂ -Produktion																																																																												
17	P55a: Heißdampf-Kontaminationskreislauf i. B. Anlagenumbau → P102 (PNS)																																																																												
18	P102: Hüllschaden-Dampfkreisl.-Prüfungen Entspannungsversuche - Bestrahlungen																																																																												
19	P58: D ₂ O-Druckwasserkreislauf i. B.	Ausbau: 21.1.74 (planm.)																																																																											
20	P40: γ-Bestrahlungseinrichtung - Bestrahlungen P79: Siedesimulator - Meßeinsätze eingebaut																																																																												
21	P88: Neutronenradiographieanlage eingebaut P104: Argon-Aktivierungsanlage eingebaut																																																																												
22	Feiertage, Schulferien (Baden-Württemberg)																																																																												
<p>Bemerkungen: Arbeitswoche = Montag 0 Uhr bis Sonntag 24 Uhr</p> <p style="text-align: center;">Nach Plan: Reaktorstart : mittwochs 20 Uhr Reaktorleistung 44 MW : donnerstags 20 Uhr Reaktorabschaltung : montags 8 Uhr</p> <p>1) ■ vorrangig gegenüber ▨</p>																																																																													

Abb. 1.2

Die Gesamtbestrahlungszeit des thermionischen Wandlers überschritt 17.500 Leistungsbetriebsstunden.

Bei den großtechnischen Kreislaufexperimenten wurde mit dem Ausbau des Reaktoreinsatzes Le 11 am 21.1.1974 das Experiment FR2/58 (Druckschwerwasser-Kreislauf) erfolgreich abgeschlossen.

Es sind damit weiterhin 4 Kreislaufexperimente voll in Betrieb. Besondere Erwähnung verdient die Kalte Neutronenquelle, die mit rund 36.000 Betriebsstunden zu den wohl am längsten betriebenen Einrichtungen dieser Art gehört.

Der Heliumdruckgaskreislauf (Experiment FR2/26), in dem Brennstabprüflinge mit wechselnder Leistung für das Projekt Schneller Brüter bestrahlt werden, konnte nahezu störungsfrei betrieben werden. Rationalisierungsüberlegungen führten Mitte des Jahres zur Stilllegung der Flüssig-Stickstoff-Erzeugungsanlage. Der Flüssig-Stickstoff-Bedarf für die Tieftemperaturreinigung wird seit 15.7.1974 von Industriefirmen bezogen. Eine weitere erwähnenswerte Maßnahme bei diesem Experiment war der Wechsel des Druckrohres Ende des Jahres.

Der Heißdampf-Hochdruck-Kreislauf (Experiment FR2/55a) wird künftig für das Projekt Nukleare Sicherheit genutzt. Im vergangenen Jahr wurden einige Vorversuche zu den für die kommenden Jahre vorgesehenen Brennstabversagensexperimenten durchgeführt.

Die Tieftemperaturbestrahlungseinrichtung (Experiment FR2/2), die für Experimente des Max-Planck-Instituts, Stuttgart, betrieben wird, bereitete gewisse Schwierigkeiten bei der Expansionsmaschine. Dadurch bedingt konnten die Nutzungszeiten des vergangenen Jahres nicht erreicht werden.

Die zuvor beschriebenen Stilllegungen des Druckschwerwasser-Kreislaufs und der Flüssig-Stickstoff-Erzeugungsanlage erlaubten es, die Besetzung jeder Schicht um einen Mitarbeiter (2. Operateur) zu reduzieren. Nur so war es möglich, die verfügbaren Personalkürzungen einigermaßen aufzufangen. Daß auch im Jahre 1974 ein sicherer Reaktor- und Experimentierbetrieb ohne besondere Zwischenfälle durchgeführt werden konnte, ist das Verdienst aller Mitarbeiter und Beteiligten, denen an dieser Stelle besonderer Dank ausgesprochen werden soll.

Abschnitt 2: Experimentelle Nutzung des Reaktors

1. Zusammenfassung

Die experimentelle Nutzung des Reaktors war mit

- 5 Anlagen zur Isotopenproduktion
- 4 Kreislaufanlagen
- 13 Strahlrohrexperimenten mit insgesamt 20 Versuchsanordnungen
- 6 Kapselexperimenten mit verschiedenartig instrumentierten Kapselversuchseinsätzen
- 5 sonstigen Experimentiereinsätzen und
- 1 γ -Bestrahlungseinrichtung

außerordentlich gut.

Der Betrieb der Experimente erfolgte entsprechend dem FR2-Terminleitplan 1974 (Abb. 1.2) und konnte ohne größere Störungen abgewickelt werden. Der Reaktorbetrieb und damit auch der Experimentierbetrieb der anderen Experimentiereinrichtungen wurde hauptsächlich durch die Vorversuche zur Untersuchung des Brennstabversagens (Experiment FR2/102) im Heißdampf-Kreislauf (Experiment FR2/55) beeinträchtigt.

Insgesamt verursachten die Experimente zusammen

8 (12) Reaktorschnellabschaltungen	[RSA]
8 (0) Reaktorabschaltungen von Hand	[AB]
10 (6) Reaktorleistungsrücknahmen	[LR]
4 (0) Reaktorleistungsbegrenzungen	[LB]
0 (3) Reaktorstartverzögerungen	[SV]

das sind rd. 80 % aller den Reaktorbetrieb beeinträchtigenden Störungen (Klammerwerte = Ergebnis 1973).

2. Isotopenproduktion

Die Anlagen zur Herstellung radioaktiver Isotope wurden um eine Gas-Aktivierungsanlage auf vier erweitert. Zur Herstellung stabiler Isotope zu Dotierungszwecken in Siliziumkristallen wurden **spezielle** Bestrahlungseinrichtungen gefertigt.

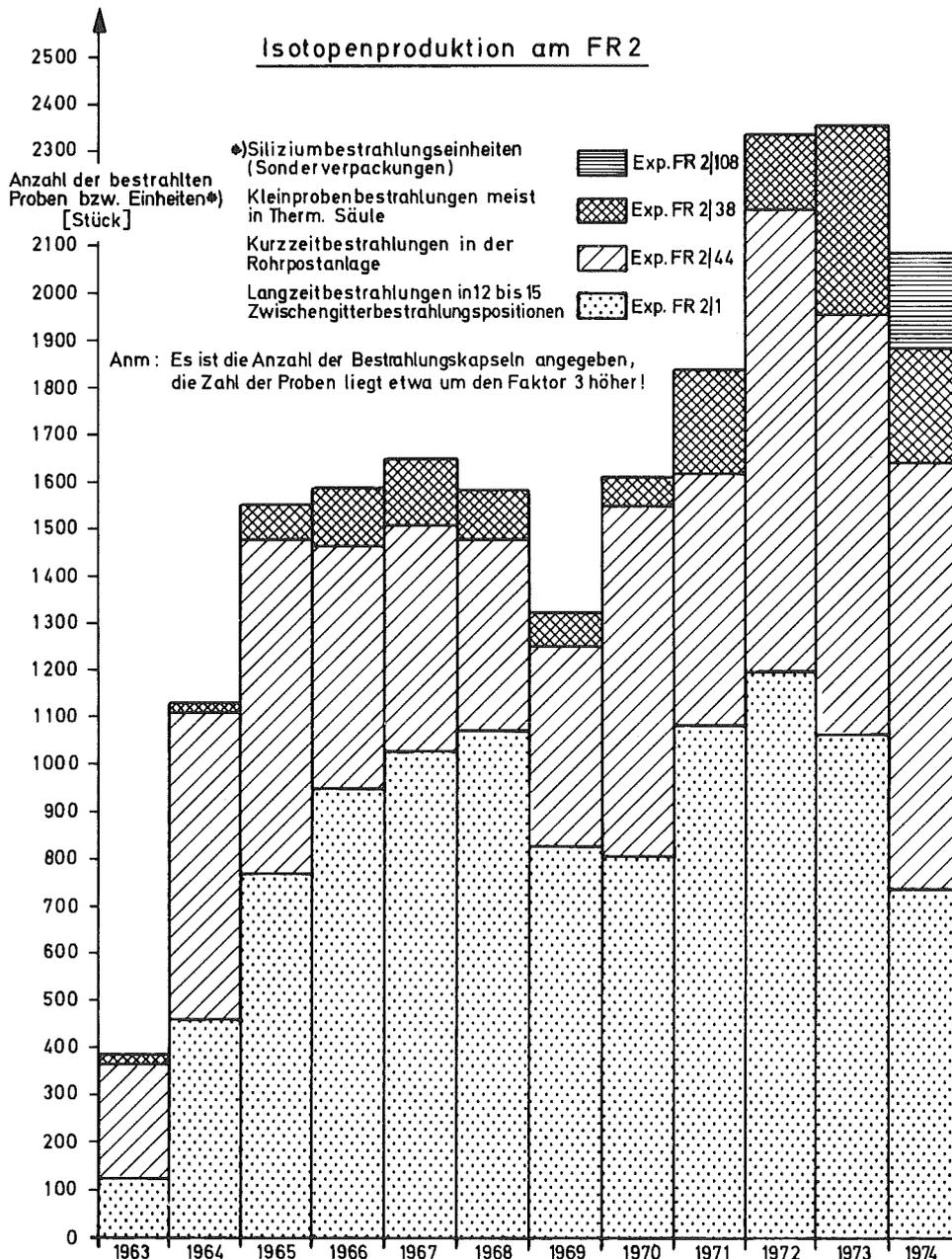


Abb. 2.1

Zum Jahresende standen folgende Anlagen zur Isotopenproduktion zur Verfügung:

1. Experiment FR2/1:

12 luftgekühlte Zwischengitterpositionen mit normalerweise je 29 übereinander angeordneten 1/1 Harwell-Kapseln von 25 mm \emptyset und 70 mm Länge (Sonderlängen sind möglich).

2. Experiment FR2/38:

Verschiedene Kanäle in der Thermischen Säule für Probengrößen bis 180 mm \emptyset und 1000 mm Länge.

3. Experiment FR2/44:

Isotopenrohrpostanlage für Kurzzeitbestrahlungen, Probengröße bis 35 mm \emptyset und 100 mm Länge.

4. Experiment FR2/104

Gas-Aktivierungsanlage zur Aktivierung von Argon bei 0,9 bar.

5. Experiment FR2/108

Si-Bestrahlungseinsätze zur Dotierung von Si-Kristallen bis 52 mm \emptyset (Bestrahlung auch in den Einrichtungen lfd.Nr. 1 und 2 möglich, für Durchmesser > 52 mm in lfd.Nr. 2).

Das Bestrahlungsaufkommen ist mit insgesamt 1880 bestrahlten Kapseln gegenüber dem Vorjahr um 492 Kapseln bzw. 26 % zurückgegangen. Dieser Rückgang läßt sich auf die Inbetriebnahme des Forschungsreaktors im DKFZ, Heidelberg, das noch im Vorjahr Proben für rd. 400 Kapseln in Auftrag gab, sowie auf die Inbetriebnahme der Reaktoren FRN in Neuherberg und BER II im HMI, Berlin, zurückführen. Demgegenüber ist eine deutliche Zunahme der Gesamtbestrahlungszeiten festzustellen, die im Falle der Rohrpost- und Therm.Säule-Bestrahlungen 49 % über den Vorjahreswerten liegen.

Tabelle 2.1: Aktivitätsmengen der 1974 im FR2 hergestellten Radionuklide
(nach Bericht IRCH-Isotopenstelle)

Nuklide	Aktivitäten (Ci)	Nuklide	Aktivitäten (Ci)
Antimon 122	0,118	Phosphor 32	1,489
Antimon 124	0,005	Platin 191	0,766
Arsen 76	2,596	Platin 193	3,530
Brom 82	0,204	Platin 197	26,797
Cadmium-Isotope	11,650	Quecksilber 197	851,560
Cadmium 115	0,048	Rhenium 186	0,800
Calcium 45	0,010	Rhenium 188	3,900
Cer 141	0,940	Rubidium 86	0,014
Chlor 36	0,285	Samarium 153	46,600
Chrom 51	5,667	Scandium 46	104,188
Dysprosium 159	0,320	Silber 110 m	0,102
Eisen 55	0,946	Spaltprodukte	0,440
Eisen 59	0,258	Tantal 183	0,041
Europium 152	0,491	Technetium 99 m	3,069
Europium 153	0,150	Tellur 121 m	5,600
Europium 155	0,046	Tellur 123 m	3,700
Europium 156	2,028	Tellur 125 m	44,200
Gadolinium 153	0,150	Tellur 127 m	2,600
Gallium 72	80,550	Tellur 131 m	5,000
Gold 198	2771,208	Thulium 170	1,132
Gold 199	40,290	Terbium 160	0,062
Hafnium 181	0,027	Terbium 161	0,010
Holmium 166	0,540	Tritium	0,150
Indium 114 m	0,952	Wismut 210	0,060
Iridium 192	8,077	Wolfram 181	0,048
Iridium 194	0,087	Wolfram 185	1,802
Jod 131	66,000	Wolfram 187	4,897
Kalium 42	0,510	Xenon 125	0,106
Kobalt 60	14,073	Xenon 129 m	0,113
Kupfer 64	159,979	Xenon 133	0,440
Lanthan 140	0,021	Ytterbium 169	55,913
Lutetium 176	2,600	Ytterbium 175	19,120
Lutetium 177	0,061	Zink 65	0,010
Molybdän 99	3,069	Zink 69 m	0,235
Natrium 24	53,885	Zinn 113	0,011
Neodym 147	14,000	Zinn 117 m	0,026
Neptunium 238	0,050	Zinn 121	0,064
Neptunium 239	0,211	Zirkon 95	0,022
Palladium 109	0,153	Zirkon 97	0,011

Etwa 70 % der Bestrahlungen wurden direkt oder indirekt, d.h. im Rahmen von Untersuchungsaufträgen an Institute der GfK, für Industrieunternehmen, Forschungsinstitute, Hochschulen und Kliniken durchgeführt.

Die restlichen 30 % der Bestrahlungen entfielen auf Institute und Abteilungen der GfK.

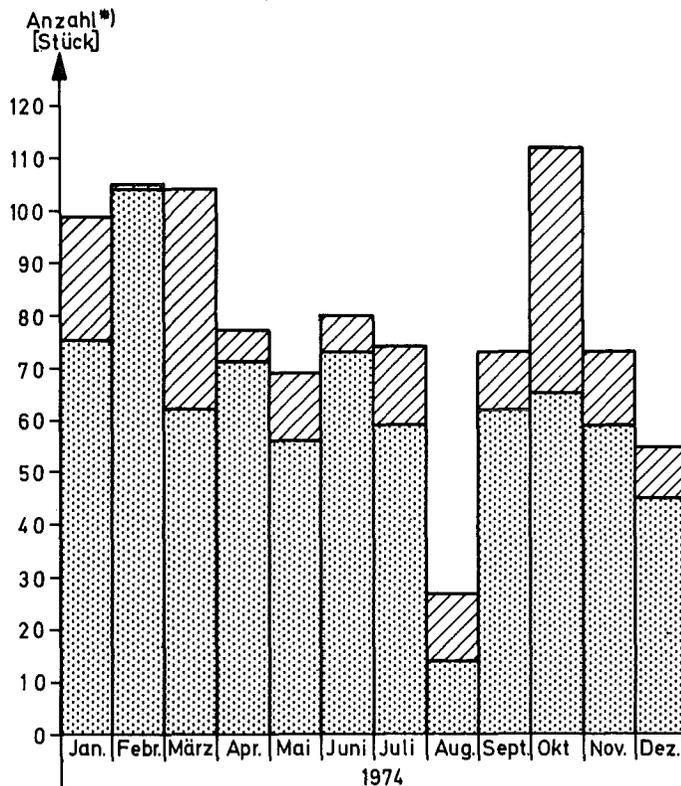
2.1 Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen

(Experiment FR2/1)

Die Anzahl der Bestrahlungsmöglichkeiten wurde am 24.1.74, durch den Einbau eines weiteren Isotopen-Bestrahlungstauchrohres in Zwischengitterposition 53/29, auf 12 erweitert. Ab diesem Zeitpunkt ist der Beladeplan Iso/12 gültig (siehe Abschnitt 9).

Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen

(Isotopenkanäle Exp. FR2 /1)



Anm.: *) Bei der Isotopenproduktion ist die Anzahl der Bestrahlungskapseln angegeben.
Bei Flußmessungen mit Detektoren war jeweils 1 Detektor im Kanal.

 Isotopenproduktion  Flußmessungen

Abb. 2.2

Folgende Tabelle gibt die unterschiedliche Nutzung der einzelnen Bestrahlungspositionen wieder.

Tabelle 2.2: Isotopenproduktion auf Zwischengitterpositionen im Jahre 1974

Zwischengitter-Positionen	Beladeoperationen	Anzahl der bewegten Kapseln	Anzahl der ausgeladenen bestrahlten Kapseln	Flußmessungen mit Co-Detektor
37/15	4	7	7	26
41/05	9	29	24	11
41/09	2	6	6	28
41/15	11	27	27	47
41/33	-	-	-	10
45/15	137	920	407	11
49/15	55	326	171	10
49/31	3	-	4	11
53/07	-	-	-	11
53/15	21	108	33	10
53/29	2	48	48	16
57/15	5	13	13	13
61/17	1	5	5	9

Die Bestrahlungsaufträge wurden erteilt zu

81 % von auswärtigen Kunden, einschließlich Untersuchungsaufträge an Institute der GfK und

19 % von Instituten und Abteilungen der GfK.

Störungen und besondere Vorkommnisse:

17.10.1974: Beim Ziehen eines Co-Detektors aus Zwischengitterposition 37/15 lief Vorwarnung "Isotopenkanal-Kühlung ungenügend" an und brachte nach 2 min (max. Verzögerungszeit bei ungenügender Kühlluftmenge) RSA.

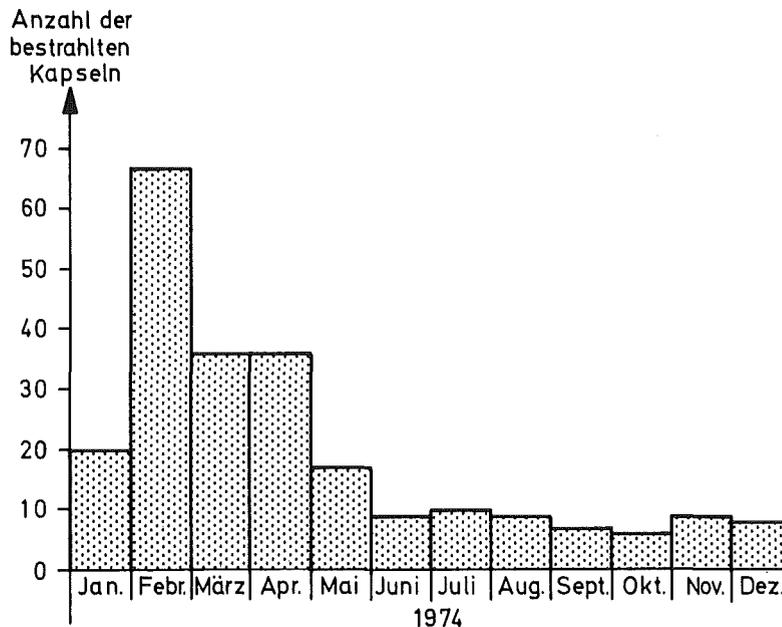
2.2 Bestrahlungen in der Thermischen Säule

(Experiment FR2/38)

Die Anzahl der bestrahlten Proben in der Thermischen Säule sank mit 234 bestrahlten Proben unter den Wert des Vorjahres. Dieses ist einmal auf den nahezu störungsfreien Betrieb der Isotopenrohrpostanlage (Experiment FR2/44), in der im Betriebszeitraum durchgehend bestrahlt werden konnte, und zum anderen auf Silizium-Dotierungsbestrahlungen in der Drehtellerbestrahlungseinrichtung der Thermischen Säule zurückzuführen. Die Dotierungsbestrahlungen waren ausschließlich Langzeitbestrahlungen, mit denen die Drehtellerbestrahlungseinrichtung für 12 Bestrahlungen insgesamt 1920 h belegt war.

Bestrahlungen in der Therm. Säule

(Kleinprobenbestrahlungen Exp. FR2 /38)



Anm.  Isotopenproduktion

Abb. 2.3

Auftraggeber für Bestrahlungen:

31 % auswärtige Kunden,

69 % Institute und Abteilungen der GfK.

Die Bestrahlungseinrichtung verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes.

Störungen und besondere Vorkommnisse:

30.9.1974: Drahtbruch bei einer Kapselbestrahlung in der Thermischen Säule.

Die Kapsel des Bestrahlungsauftrages Nr. 38-74-210 mit 60 mg Stahl und 12 mg Gestein sollte nach einer 21-tägigen Bestrahlung aus dem VI-Kanal ausgebaut werden. Hierbei wurde festgestellt, daß der Alu-Haltedraht, an dem die Kapsel im Bestrahlungskanal hing, knapp oberhalb der Kapsel abgerissen war. Das Ende des Drahtes war zu einer Spitze ausgezogen. Eine sofortige Rückfrage bei der IRCH-Isotopenstelle ergab die Zulässigkeit einer weiteren Bestrahlung der Kapsel.

Der Reaktor wurde am 7. Oktober 1974 planmäßig abgeschaltet, der Graphitstopfen gezogen und die Kapsel mit einem Ferngreifer geborgen.

2.3 Bestrahlungen in der Isotopenrohrpostanlage

(Experiment FR2/44)

Die Rohrpostbestrahlungsanlage arbeitete zufriedenstellend. Insgesamt wurden 901 Bestrahlungsfahrten durchgeführt, wobei durch Fehlbedienung eine RSA ausgelöst wurde.

Bestrahlungen in der Rohrpostanlage
(Kurzzeitbestrahlungen Exp. FR2/44)

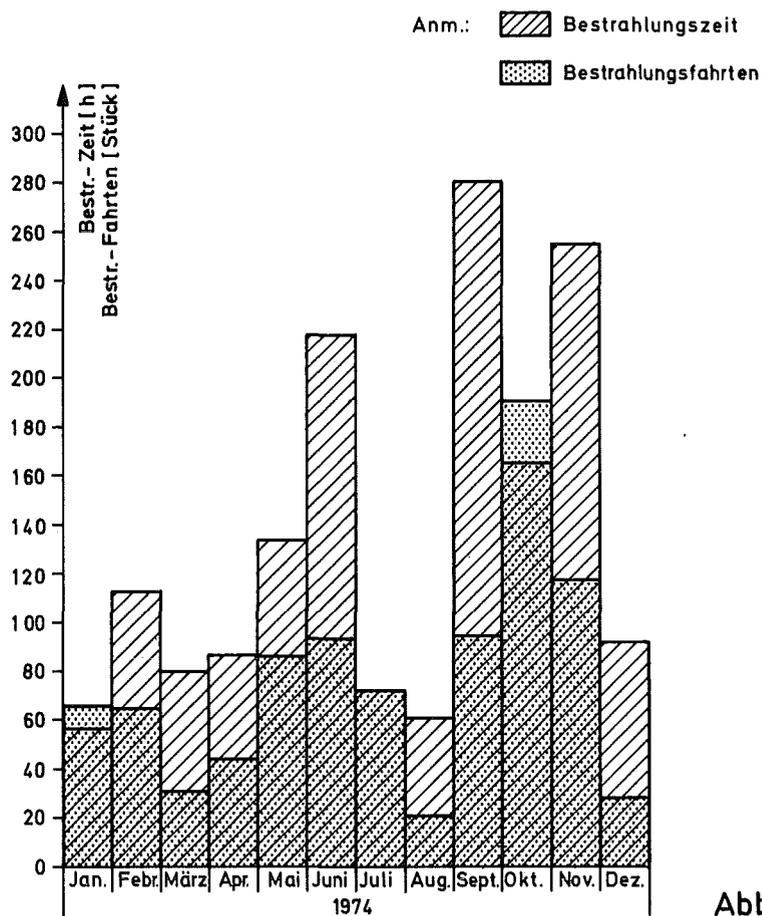


Abb. 2.4

Bestrahlungsaufträge, wurden erteilt zu:

30 % von auswärtigen Kunden und

70 % von Instituten und Abteilungen der GfK, wobei hiervon rd. 25 % aus Untersuchungsaufträgen der Industrie resultieren.

Störungen und besondere Vorkommnisse:

11.11.1974: Bei der Überprüfung des Gebläseschutzventils 44P-Ve 11 wurde dieses durch eine Unachtsamkeit mit einer Plastikfolie verschlossen. Dadurch stieg die Gebläsetemperatur an 44P-Gb 1 auf $> 90^{\circ}\text{C}$ an. Es erfolgte RSA.

07.12.1974: Bruch eines Quecksilberthermometers bei Druck- und Durchflußmessungen in der Rohrpostanlage zur Kalibrierung der Meßstellen 44P-Q 1 und 44P-Q 2. Das Reservoir des Thermometers fiel hierbei in die Rohrleitung. Zur Zeit des Vorfalls wurde Programm "Kühlung leerer Kanal" gefahren. Dadurch gelangte kein Quecksilber in das Fahrrohr im Reaktor. Die Anlage wurde außer Betrieb gesetzt und die verlorenen Teile geborgen. Die Überprüfung der geborgenen Teile ergab einen Quecksilberverlust von rd. 1,5 mg (errechnet aus einem Defizit von 5,5 cm Hg-Säule und 0,05 mm Kapillardurchmesser).

2.4 Gas-Aktivierungsanlage

(Experiment FR2/104)

Im Rahmen von blow-down-Untersuchungen wird zur Messung von Geschwindigkeiten an Mehrphasenströmungen u.a. ein im LIT entwickeltes Verfahren verwendet, bei dem ein radioaktiver Stoff in das strömende Medium injiziert und während seines Durchlaufs durch das System meßtechnisch erfaßt wird. Als Tracermaterial wird Ar-41 bevorzugt, weil es chemisch neutral ist, sich im Medium gut verteilt, meßtechnisch gut identifizierbar ist und die Anlage nur wenige Stunden kontaminiert.

Die Anlage ist im Prinzip auch für die Aktivierung anderer Gase als Argon einsetzbar, in der jetzigen Konzeption wurde sie jedoch für dieses Gas ausgelegt.

Mit dem Einbau eines Bestrahlungseinsatzes am 20.5.1974 in die Core-Randposition 62/20 des FR2 wird künftig - nach Fertigstellung der Anlage - ein Vorrat an aktiviertem Argon vorhanden sein, der nach Bedarf entnommen und diversen Verbrauchern zur Verfügung gestellt werden kann.

Bis zum Jahresende wurde die Anlage mit verschiedenen Bestrahlungsversuchen erprobt.

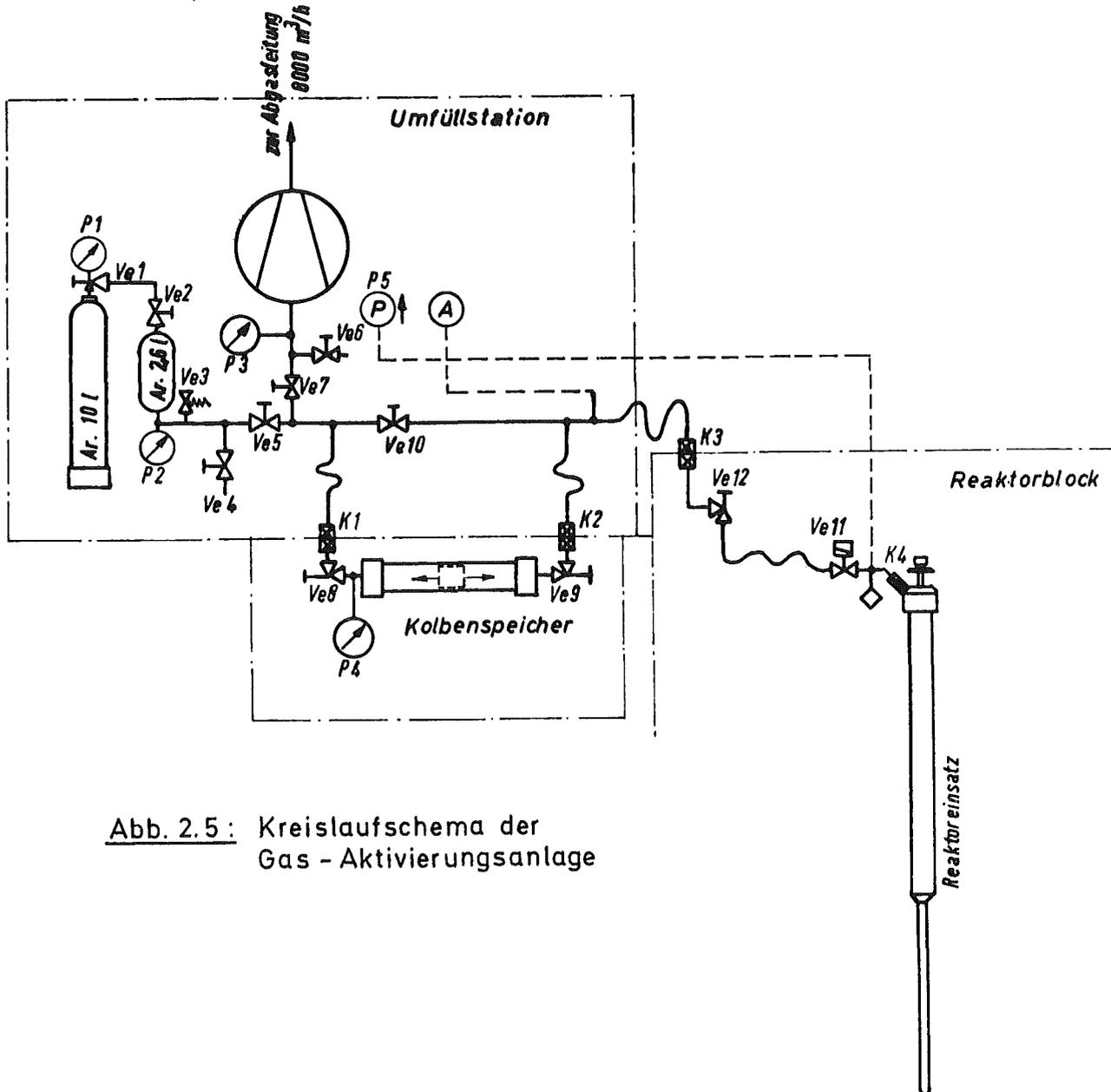


Abb. 2.5 : Kreislaufschema der Gas - Aktivierungsanlage

2.5 Silizium-Bestrahlungseinrichtung

(Experiment FR2/1o8)

Die Bestrahlung von Silizium zu Dotierungszwecken wird aufgrund von Aufträgen mehrerer Industriefirmen durchgeführt.

Reaktordotiertes Silizium wird augenblicklich in der Halbleitertechnik, vor allem im hochohmigen Bereich (z.B. für Thyristoren), eingesetzt, wo es gegenüber herkömmlich dotiertem Material den großen Vorzug einer außerordentlich homogenen Dotierungsdichte aufweist (siehe Abb. 2.6). Die Einführung der Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) in der Energietechnik führt zu einem steigenden Bedarf an diesem Material, so daß mit einem beachtlichen Anwachsen des Bestrahlungsaufkommens in den nächsten Jahren zu rechnen ist, insbesondere, als sich der Reaktor FR2 für die Si-Bestrahlungen, vor allem wegen seiner flachen Neutronenflußverteilung

bei großer Kernhöhe, besonders eignet (lange Stäbe).

Ein Vergleich zwischen den spezifischen Widerständen von konventionell dotierten und im Reaktor durch Neutronenbestrahlung mit $(\text{Si-30} \rightarrow n, \gamma \rightarrow \text{Si-31} \rightarrow \beta^- \rightarrow \text{P-31})$ -Umwandlung dotierten Siliziumkristallen gibt Abb. 2.6.

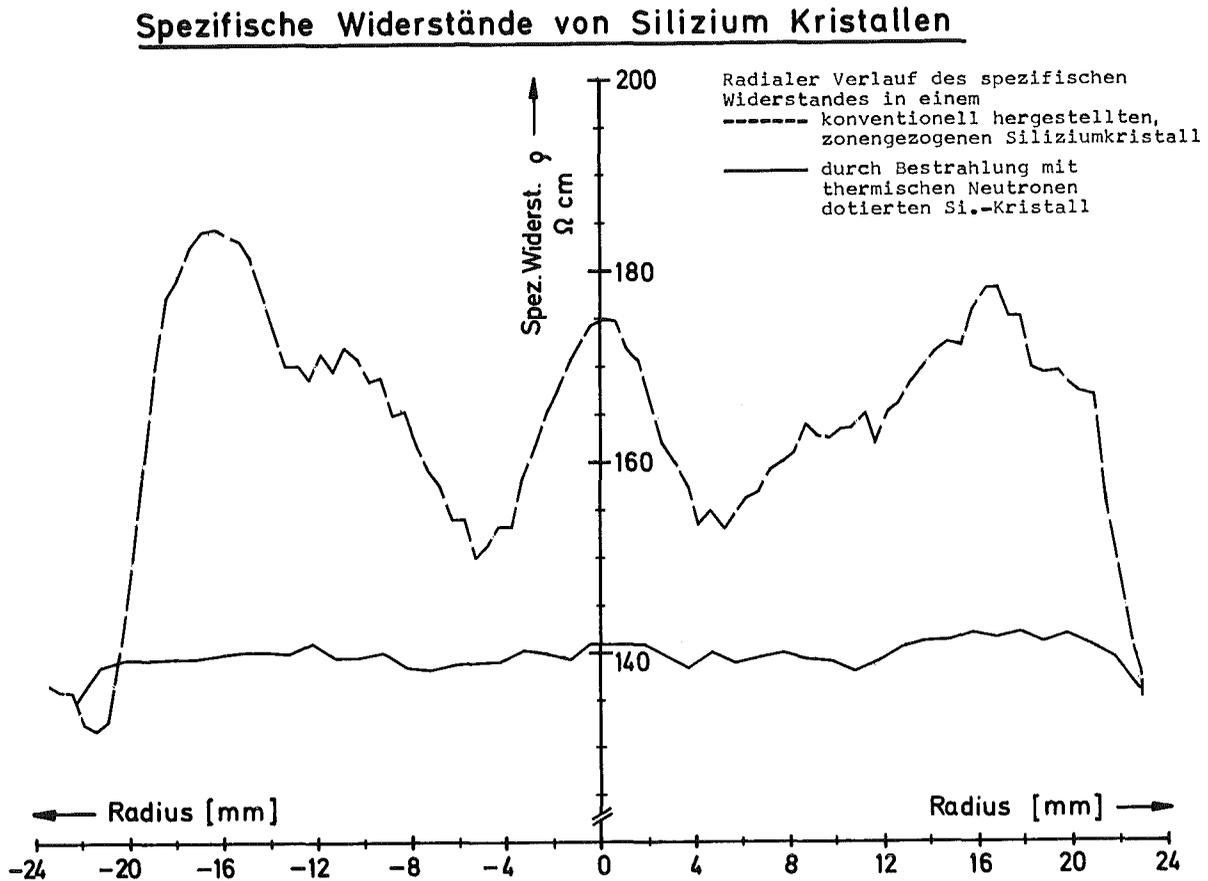


Abb. 2.6

Das Material - Reinstsilizium für Halbleiter - liegt in Form von zylindrischen Körpern oder Stapeln dünner Scheiben bis zu 52 mm \varnothing vor, die in Al-Folie verpackt sind.

Die vom Auftraggeber geforderte Neutronenfluenz muß mit einer garantierten Genauigkeit von $\pm 5\%$ über die ganze Probencharge eingehalten werden. Aus diesem Grund ist für die Bestrahlungen ein besonderer Aufwand hinsichtlich Flußdichtemessung und -überwachung notwendig. An jedem Bestrahlungstag wird einmal in der vorgesehenen Bestrahlungsposition ein Flußprofil aufgenommen, anhand dessen die vertikale Einbauhöhe des Probenstapels festgelegt wird. Der im Bestrahlungseinsatz in Probennähe angeordnete Betastrahlungs-Detektor ermöglicht während der Bestrahlung eine für die Probe repräsentative Flußdichtemessung und, in Verbindung mit einem elektronischen Integrator, eine genaue Überwachung der Neutronenfluenz.

Zur Bestrahlung werden 2 Typen von Bestrahlungseinsätzen verwendet:

1. Reaktoreinsatz für Bestrahlung von Si-Zylindern, maximaler Probendurchmesser: 52 mm, Einbau in Gitterpositionen oder Zwischengitterpositionen mit BE-Adapter; konvektive D₂O-Kühlung.
2. Isotopenkanal für Bestrahlung von Si-Zylindern, maximaler Probendurchmesser: 42 mm, Einbau in luftgekühlte Isotopentauchrohre.

Beide Reaktoreinsätze sind mit je einem Nickel-Chrom-Nickel-Thermoelement ausgerüstet, das bei Bedarf eine Temperaturmessung in der Nähe der Probe erlaubt.

Be- und Entladen der Bestrahlungseinsätze wird in der Heißen Zelle am FR2 durchgeführt.

Die Besonderheit des Probenmaterials (teuer und zerbrechlich) sowie der Bestrahlungsbedingungen machen bei Si-Bestrahlungen im Gegensatz zu normalen Isotopenbestrahlungen einen speziellen organisatorischen Ablauf erforderlich.

Proben mit Durchmessern > 52 mm bis 120 mm können in der Drehtellerbestrahlungseinrichtung der Thermischen Säule dotiert werden. Wegen der hier herrschenden niedrigen Neutronenflußdichte sind jedoch erheblich längere Bestrahlungszeiten erforderlich.

Es sind Überlegungen zur Schaffung einer Bestrahlungseinrichtung im Kern für Durchmesser > 52 mm im Gange.

Insgesamt wurden bereits 205 Einheiten (à 10 cm Länge) in 75 Beladeoperationen bestrahlt und ausgeliefert. Dafür waren 41 spezielle Flußdichtemessungen erforderlich.

Die Bestrahlungsabwicklung verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes.

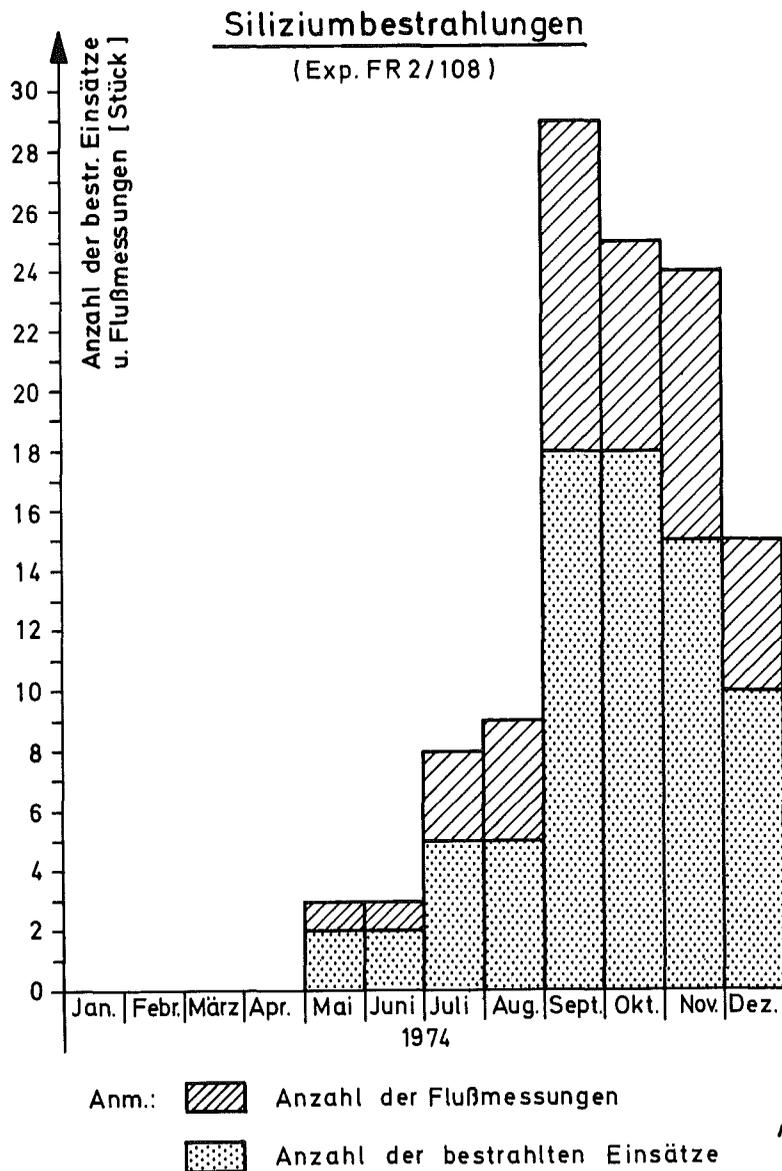


Abb. 2.7

3. Kreislaufexperimente

Die Kreislaufexperimente

1. Experiment FR2/2: Tieftemperaturbestrahlungsanlage für das MPI Stuttgart,
2. Experiment FR2/16: Kalte Neutronenquelle für das IAK und Uni Heidelberg,
3. Experiment FR2/26: He-Druckgaskreislauf für Brennstabuntersuchungen im Rahmen des PSB,
4. Experiment FR2/55-1o2: Heißdampf-Kreislauf zur Untersuchung des Brennstabversagens im Rahmen des PNS,

wurden im Jahre 1974 weiterbetrieben. Das fünfte Kreislaufexperiment, der Druckschwerwasserkreislauf (Experiment FR2/58), wurde am Anfang des Jahres stillgelegt. Eine Weiterverwendung der Experimentieranlage ist vorerst nicht vorgesehen.

Aus Rationalisierungsgründen wurde in Abschaltphase D die Flüssigstickstoff-erzeugungsanlage des Experiments FR2/26 außer Betrieb genommen und die Demontage eingeleitet.

3.1 Tieftemperaturbestrahlungsanlage (TTB-Anlage)

(Experiment FR2/2)

Das Experiment wurde auf Reaktorposition 54/26 zur Untersuchung metallischer Proben bei tiefen Temperaturen für das MPI-Stuttgart, Institut für Werkstoffwissenschaften, betrieben.

Das Versuchsziel ist die Untersuchung der Art, Anzahl und Größenverteilung der bei tiefen Temperaturen durch Neutronenbestrahlung entstehenden Gitterdefekte. Außerdem werden die Mechanismen ihrer Entstehung und Ausheilung bei schrittweisem Tempern sowie ihre Wechselwirkung untereinander und mit definiert eingebrachten Fremdatomen studiert.

Im Versuchseinsatz wurden 27 Proben aus Cu, Al, Fe und Pb bestrahlt und die Bestrahlungsergebnisse ausgewertet.

Im Berichtszeitraum erreichte die TTB-Anlage innerhalb der planmäßigen Betriebszeit eine zeitliche Betriebsbereitschaft von 5233 h. Hieraus errechnet sich eine relative Betriebsbereitschaft von 79,6 %.

Betriebs- und Ausfallzeiten sowie Nutzung der TTB-Anlage siehe Abb. 2.8.

Die geringere Betriebsbereitschaft gegenüber dem Vorjahr lag im wesentlichen an Unregelmäßigkeiten der Expansionsmaschine und an Personalengpässen in der Gruppe "Betriebsinstandhaltung", die es nicht erlaubten, mehrere Reparatur- und Wartungsarbeiten parallel durchzuführen.

Trotzdem muß der Betrieb der TTB-Anlage noch als gut angesehen werden. Einen Vergleich der Betriebs- und Experimentierzeiten der letzten Jahre zeigt Abb. 2.9.

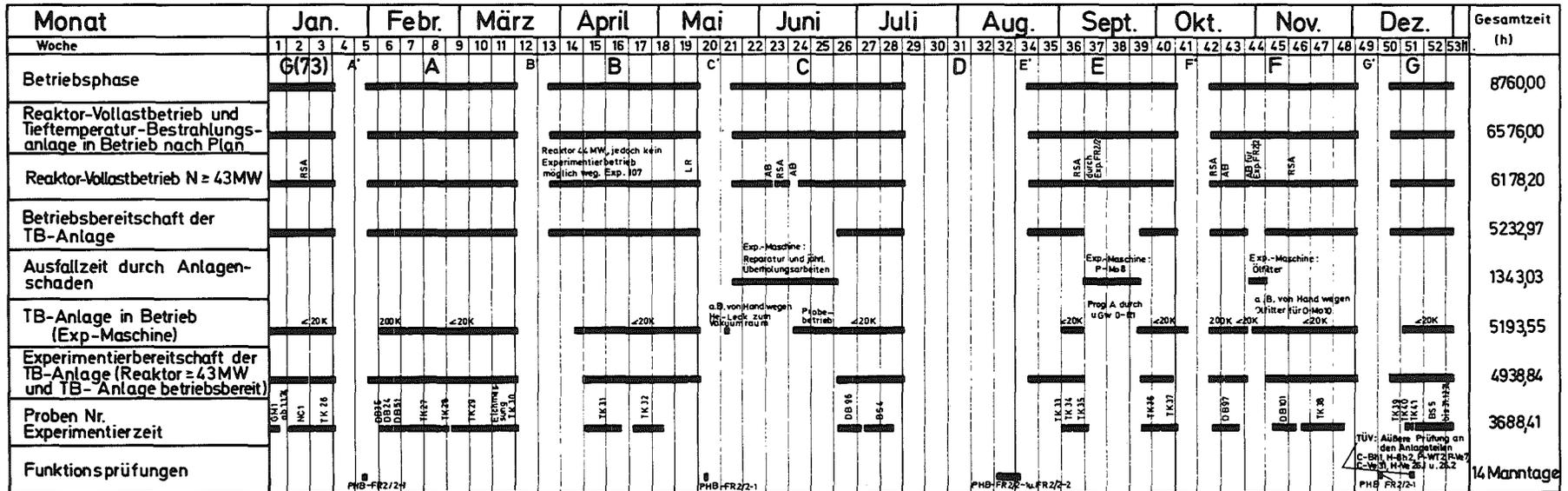
Die Anlage wurde 3 mal außerplanmäßig außer Betrieb genommen, 1 Abschaltung erfolgte automatisch und verursachte eine RSA. 2 Abschaltungen mußten von Hand durchgeführt werden. Dafür wurde eine weitere Reaktorabschaltung erforderlich.

Betriebsmittelverbrauch:

Helium:	134 Nm ³
N ₂ -flüssig:	9.890 l ₃
Kühlwasser:	73.916 m ³
elektrische Energie:	706.080 kWh

Die mittlere β -Aktivität des Kreislaufheliums betrug $3,3 \mu \text{ Ci/m}^3$.

Betriebsdiagramm Experiment FR 2/2 im Jahr 1974



Betriebszeiten:

Planmäßige Betriebszeit	6576,00 h
Betriebsbereitschaft	5232,97 h , entsprechend 79,6% der planmäßigen Betriebszeit
Experimentierbereitschaft	4938,84 h , entsprechend 75,0% der planmäßigen Betriebszeit
Experimentierzeit	3688,91 h , entsprechend 74,7% der Experimentierbereitschaft

Ausfall an :

Reaktor-Betriebszeit > 43MW durch Experiment FR 2/2	6,28 h
Experimentierbereitschaft durch Reaktor-Abschaltungen	50,13 h
Experimentierbereitschaft durch Experiment 107 in Betriebsphase B	244,00 h
Experimentierbereitschaft durch Experiment -Abschaltungen	1343,03 h

Abb. 2.8

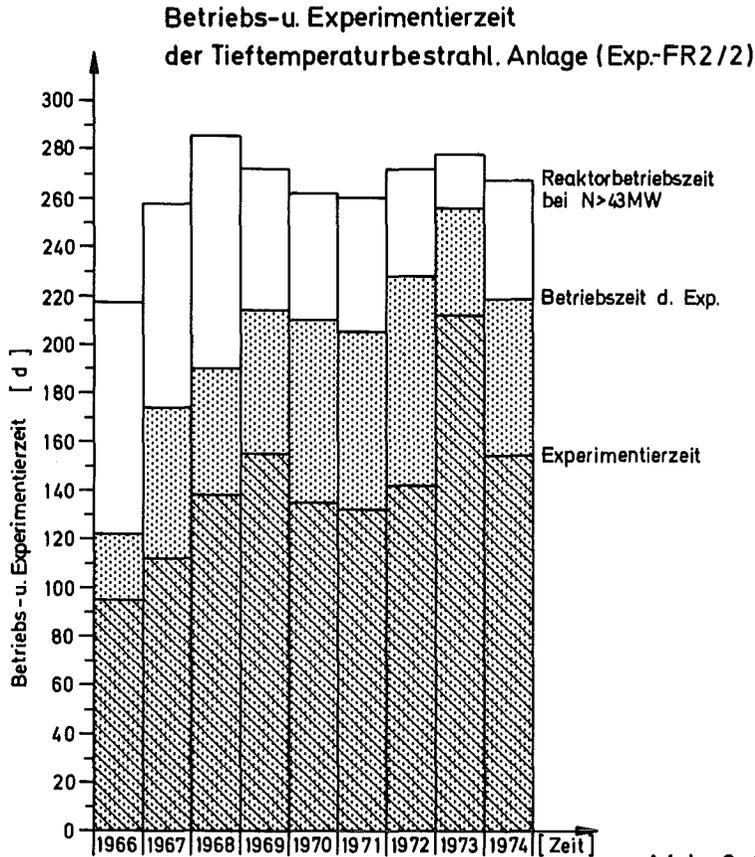


Abb. 2.9

Störungen und besondere Vorkommnisse:

22.05.1974: Anlagenabschaltung von Hand wegen Druckschwankungen im Vakuum-system zwischen $2 \cdot 10^{-5}$ Torr bis $4 \cdot 10^{-4}$ Torr.

Ursache: Mantelrohre für Kolben- und Ventilstangen der Ex-pansionsmaschine im Bereich der O-Ringabdichtung zum Vakuum-raum stark abgenutzt.

08.09.1974: RSA durch u.GW der Drehzahlmeßstelle O-R 1 der Expansions-maschine.

Ursache: Kolbenstange der Expansionsmaschine gebrochen. Metallografische Untersuchungen ergaben einen Dauerbruch der auf folgende äußere Einflüsse zurückzuführen war:

1. Nichtaxiale Belastung im Bereich der Einspannhülse.
2. Verletzung der Stangenoberfläche in diesem Bereich durch Korrosion, begünstigt durch bereits vorhandene Schleif-riefen.

29.10.1974: Anlagenabschaltung von Hand mit kurzzeitiger Reaktorabschal-tung von Hand.

Ursache: Starke Laufgeräusche der Expansionsmaschine. Ver-unreinigungen des Ölsaugfilters der Ölpumpe O-Mo 10 (Dreh-zahlregelung) führten zu unzulässig hohem Ansaugwiderstand und damit zur Kavitation.

Größere Wartungs-, Reparatur- und Umbauarbeiten

a) Expansionsmaschine P-Mo 8/9

Betriebsphase C: Erneuerung der Kolben, Kolbenstangen, Gas- und Labyrinthdichtungen sowie aller Metall- und O-Ringabdichtungen. Die Kolben- und Ventilstangenmantelrohre wurden aufgrund der Störung vom 22.5.1974 um 55 mm gekürzt, neue Anschlußstücke mit den erforderlichen Passungen und Dichtflächen gefertigt und angeschweißt.

Betriebsphase E: Erneuerung der Kolbenstange der Expansionsmaschine nach der Störung am 8.9.1974. Gleichzeitig wurde der Kreuzkopf demontiert und untersucht. Beschädigungen waren nicht feststellbar.

b) He-Hochdruckkompressor P-Gb 1/2

Abschaltphase B' und C': Überprüfung der Kolbenspiele und Ventile nach Wartungsplan und Erneuerung der Stopfbuchsen und Ölabstreifringe.

c) Vakuumpumpen:

10.09.1974: Austausch der Diffusions-Pumpe V-Gb 10 wegen Druckschwankungen, hervorgerufen durch poröse Schweißnaht.

Alle anderen Anlagenteile wurden nach Betriebs- und Wartungsplan gewartet. Funktionsprüfungen

wurden nach FR2-Prüfplan durchgeführt (siehe Abschnitt 5 und Betriebsdiagramm Abb. 2.8). Die Prüfungen verliefen ohne nennenswerte Beanstandungen.

3.2 Kalte Neutronenquelle

(Experiment FR2/16)

Das Kreislaufexperiment gestattet physikalische Untersuchungen mit Neutronen niedriger Energie ($\ll 0,005$ eV), die durch Moderation thermischer Reaktorneutronen mit flüssigem Wasserstoff in der "Kalten Neutronenquelle" in ausreichender Flußdichte erzeugt werden. Die Moderator-kammer ist im Strahlkanal R 3 eingebaut und stand im Jahre 1974 mehreren Experimentatoren des IAK und der Uni Heidelberg zur Verfügung. Experimentierziele siehe Abschnitt 2, Kap. 4.

Im Berichtszeitraum stand die "Kalte Quelle" 5036,9 h für Messungen zur Verfügung. Dies entspricht einer Verfügbarkeit von 76,6 % der planmäßigen Betriebszeit.

Der Ausfall an Verfügbarkeit resultierte im wesentlichen aus Störungen des Trockenlaufkompressors und der Lufteis Spiegelüberwachung im Pfropfenraum der H₂-Anlage. Diese beiden Fehler führten zu einem Verlust an Experimentierzeit von rd. 8,5 Wochen. Einen vergleichenden Überblick über die Experimentierzeiten der letzten Jahre gibt Abb. 2.10.

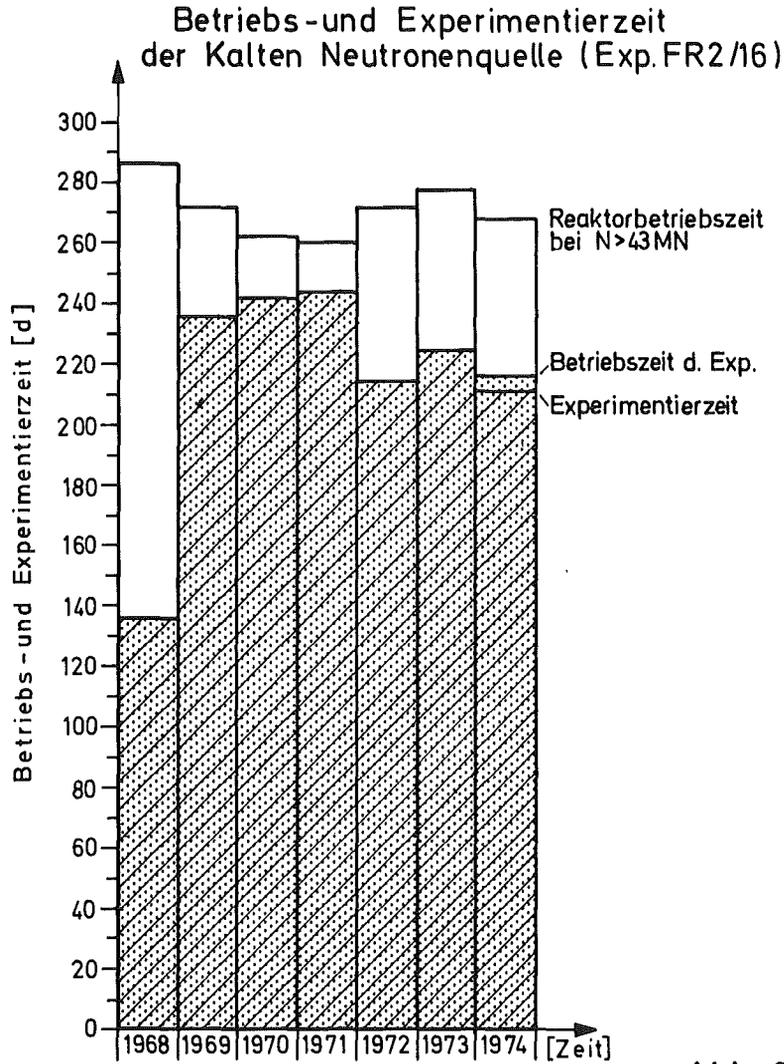


Abb. 2.10

Aufgeschlüsselte Betriebsdaten für das Jahr 1974 siehe Betriebsdiagramm Abb. 2.11.

Die "Kalte Quelle" erreichte mit dem ersten Stopfen zum Jahresende eine Gesamtbetriebszeit von

$$35.939 \text{ h} = 1497,5 \text{ d}$$

mit flüssigem Wasserstoff in der Moderatorkammer.

Betriebsmittelverbrauch:

Wasserstoff:	18 Nm ³
Helium:	272 Nm ³
Stickstoff:	17.852 Nm ³
Kühlwasser:	81.687 m ³
elektrische Energie:	930.092 kWh

Die mittlere β -Aktivität des Kreislaufheliums betrug $2,4 \mu \text{ Ci/m}^3$.

Betriebsdiagramm des Experimentes FR2/16 im Jahr 1974

Monat	Jan.		Febr.		März		April		Mai		Juni		Juli		Aug.		Sept.		Okt.		Nov.		Dez.		Gesamtzeit (h)																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53		
Betriebsphase	G73		A				B				C				D		E				F				G		6576,0h																													
Planmäßige Betriebszeit	█																																																							
Reaktor-Vollastbetrieb N > 43MW	█																																																					6422,1h		
He-Gaskälteanlage in Betrieb	█		█				█				█				█				█				█					█																												
Kalte Ouelle in Betrieb oder betriebsbereit	█																																																						5158,5h	
Ausfall an Exp-bereitschaft durch Experiment 16	█ H2O im Refrigerator		█				█ H ₂ O-Leck Gb7				█ Turbinen verlegt				█ V-G6				█ V-G6				█ V-G6					█																												
Experimentierbereitschaft	█																																																							5036,9h
Reparaturen Wartungsarbeiten	█ Vb7 Gb7		█				█ Gb7				█ Gb7 Pk-FI24+29				█ Gb5 Revision PR-FR2/13				█ V-G6 Revision Wk. Pumpen				█ Db7 V-G6 Gb7				█ Pk-FI224 PR-FI1413																													
Funktionsprüfungen	█																																																							
	█ PHB-FR2/16-1												█ PHB-FR2/16-1												█ PHB-FR2/16-2												█ PHB-FR2/16-1																			
	█																																																							
	█																																																							
	█																																																							
	█																																																							
	█																																																							
	█																																																							

Betriebszeiten:

Planmäßige Betriebszeit 6576,0 h

Betriebsbereitschaft 5158,5h ≙ 78,4% der planmäßigen Betriebszeit

Experimentierbereitschaft 5036,9h ≙ 76,6% der planmäßigen Betriebszeit

Experimentierzeit 5036,9h ≙ 100% der Experimentierbereitschaft

Ausfall an:

Reaktorbetriebszeit durch Experiment FR2/16 0 h

Experimentierbereitschaft durch Reaktorabschaltungen 121,6 h

Experimentierbereitschaft durch Experimentabschaltungen 1417,5 h

Störungen und besondere Vorkommnisse

Störungen, die den Reaktorbetrieb beeinflussten, traten nicht auf.

6 Störfälle führten zur automatischen Abschaltung der H₂-Anlage mit Evakuierung und anschließender He-Flutung der Moderatorokammer. Die Störungen traten an folgenden Tagen auf:

25.05.1974: unterer Grenzwert PK-Q9 (H₂O-Kühlung Trockenlaufkompressor zu gering) *

Ursache: Druckabsenkung im Frischwassernetz des FR2.

Bei Inbetriebnahme der Expansionssturbinen lief die Turbine 2 nicht an. Daraufhin wurden beide Turbinen zerlegt. Düsenringe, Turbinenräder und vorgeschaltete Filter waren stark mit CuO₂-Staub verschmutzt. Dieses CuO₂ stammt aus den Wärmetauschern und hat sich vermutlich durch Feuchtigkeit gelöst, die durch das H₂O-Leck im Trockenlaufkompressor in den Kreislauf gelangte. Nach umfangreichen Reinigungsarbeiten wurde die Gaskälteanlage am 06.06.1974 gestartet. Vom 07.06.74 bis zum Ende des Betriebszyklus C war die Kalte Neutronenquelle meßbereit.

27.08.1974, 17.09.74, 03.11.74, 14.11.74 und 15.12.74: oberer Grenzwert V-G 6 (Luftteisspiegel im Vakuumraum).

Ursache: Elektrischer Fehler im Meßkreis, der nur kurzzeitig auftrat und nicht reproduzierbar war.

Größere Wartungs-, Reparatur- und Umbauarbeiten

a) Trockenlaufkompressor PK-Gb 7

Betriebsphase G/73: Überholung der Stopfbuchsen und Ölabstreifungen aller drei Stufen.

Betriebsphase B: Beseitigung eines Lecks zwischen Kühlwasserraum und Heliumaustritt des Zylinders 1 mit Preßdichtung.

Abschaltphase C': Kontrolle der Leckabdichtung.
Überholung Stopfbuchsenpackung Stufe I und Erneuerung der Stopfbuchsenpackung und Ölabstreifringe Stufe II.

Abschaltphase F': Überholung der Ölabstreifringe und Erneuerung der Graphitringe Stufe III.
Kontrolle Pleuellager Stufe I, Tragfläche zeigte leichte Riefen.

Betriebsphase F: Überholung Ölabstreifung Stufe II.

b) Expansions turbine PK-Tb 1 und Tb 2

Betriebsphase C: Zerlegung nach Störung vom 25.05.74.
Starke Verschmutzung der Turbinenräder, Düsenringe und Filter. Keine mechanischen Schäden feststellbar.

c) Hochdruckkompressor PK-Gb 6

Abschaltphase D': Revision durch den Hersteller mit Erneuerung der Verschleißteile.

d) Instrumentierung

Abschaltphase B', Betriebsphase E, F und G: Überprüfung Meßstelle V-Gb 6 (Luftteisspiegel im Vakuumraum) nach den aufgetretenen Störungen, die zur H₂-Evakuierung führten. Fehler war nach keiner Störung reproduzierbar. Verschiedene Bauelemente ausgetauscht, Stromversorgung, Photoverstärker und Leitungen überprüft.

Funktionsprüfungen

wurden nach FR2-Prüfplan durchgeführt (siehe Abschnitt 5 und Betriebsdiagramm Abb. 2.11). Bei den Prüfungen wurden keine Fehler festgestellt.

3.3 Helium-Druckgaskreislauf

Experiment FR2/26)

In der Kurzzeitbestrahlungseinrichtung wurden 3 Einsätze der Versuchsgruppe 5 im Rahmen des PSB bestrahlt. Sämtliche Prüflinge hatten oxidischen Mischbrennstoff aus UO₂/PuO₂ und Hüllrohre aus Incoloy 800.

Das Ziel der Versuchsgruppe 5 hat sich ab Prüfling Nr. 5-S von der Untersuchung des Aufkriechens der Hülle auf den Brennstoff bei äußerem Überdruck verlagert auf Untersuchungen der mechanischen Wechselwirkungen zwischen Brennstoff und Hülle bei instationärem Betrieb (Leistungs- und Temperaturzyklen). Deshalb soll in Zukunft von reinen Kurzzeitversuchen zu längeren Bestrahlungszeiten und häufigeren Bestrahlungszyklen übergegangen werden.

Tabelle 2.3: Bestrahlungen im He-Druckgaskreislauf

Einsatz Nr.	Bestrahlungszeit [h]	spez.Stableistung [W/cm]	Brennstoff	Versuchsgruppe
5-S (43/44)	1 833	350 - 500	UO ₂ -PuO ₂ Mischoxyd	5
5-T (29)	2 228	250 - 500	"	5
5-U (30)	335	300	"	5
Insgesamt: 3 Prüflinge, Gesamtbestrahlungszeit: 4 396 h				

Die Einsatzbestrahlungen verursachten keine Störungen des Reaktorbetriebs. Durch Störungen an der Bestrahlungseinrichtung erfolgte 1 RSA und 1 Reaktorabschaltung von Hand.

Der He-Druckgaskreislauf wurde 6539 h betrieben und erreichte mit einer Prüflingsbestrahlungszeit von 4396 h die beste Nutzung der letzten Jahre (siehe Abb. 2.12).

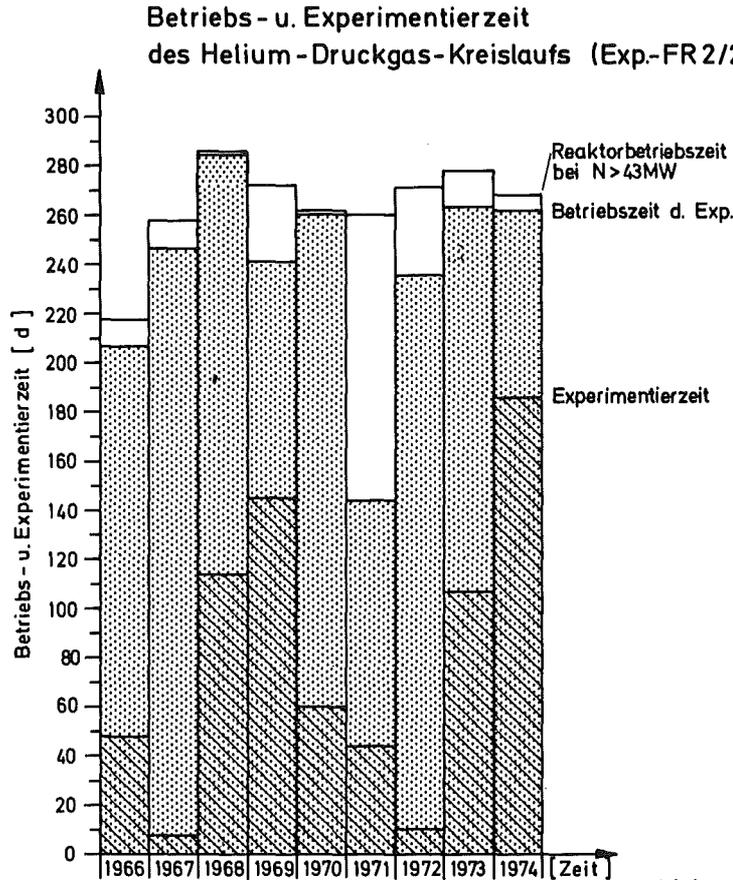


Abb. 2.12

Die einzelnen Betriebszeiten des Jahres 1974 sind in Abb. 2.13 enthalten.

In der großen Abschaltphase D wurde untersucht, ob die Festigkeit des Druckrohres, nach einer Neutronenbestrahlung von $2 \cdot 10^{20}$ nvt, noch ausreichend war, um für weitere Betriebsphasen im Reaktor eingebaut bleiben zu können. Als Ergebnis wurde der maximale Betriebsdruck des Druckrohres auf 12 bar festgesetzt, der Druckrohrwechsel für Abschaltphase G' eingeplant und zu diesem Zeitpunkt durchgeführt.

Die Flüssigstickstoffherstellungsanlage wurde mit Beginn der Abschaltphase D' stillgelegt und mit der Demontage begonnen. Zunehmender Reparatur- und Wartungsaufwand machten die Anlage so unrentabel, daß in Eigenerzeugung produzierter flüssiger Stickstoff um rd. 60 % teurer wurde als von Industriefirmen bezogener fl. Stickstoff.

Betriebsmittelverbrauch des Heliumdruckgaskreislaufs und der Flüssigstickstoffherstellungsanlage (Werte in () aus 1973):

Helium:	70 Nm ³	(48 Nm ³)
N ₂ -flüssig:	163.601 l ₃	(130.302 l ₃)
Kühlwasser:	95.563 m ³	(175.940 m ³)
elektr. Energie:	605.986 kWh	(1.115.750 kWh)

Der erhebliche Rückgang an Kühlwasser- und elektr. Energie-Verbrauch gegenüber den Vorjahren [1] ist auf die Stilllegung der Flüssigstickstoffherstellungsanlage zurückzuführen.

Die mittlere β -Aktivität des Kreislaufheliums betrug $2,3 \mu \text{ Ci/m}^3$.

Störungen und besondere Vorkommnisse

16.10.1974: He-Verdichter Gb 1o1/1o2 ausgefallen.

Ursache: Klemmenanschluß durch lose Klemmverbindung im Verteilerschrank verbrannt. Dadurch wurde Phase T zum Frequenzumformer unterbrochen (siehe Abb. 2.14).

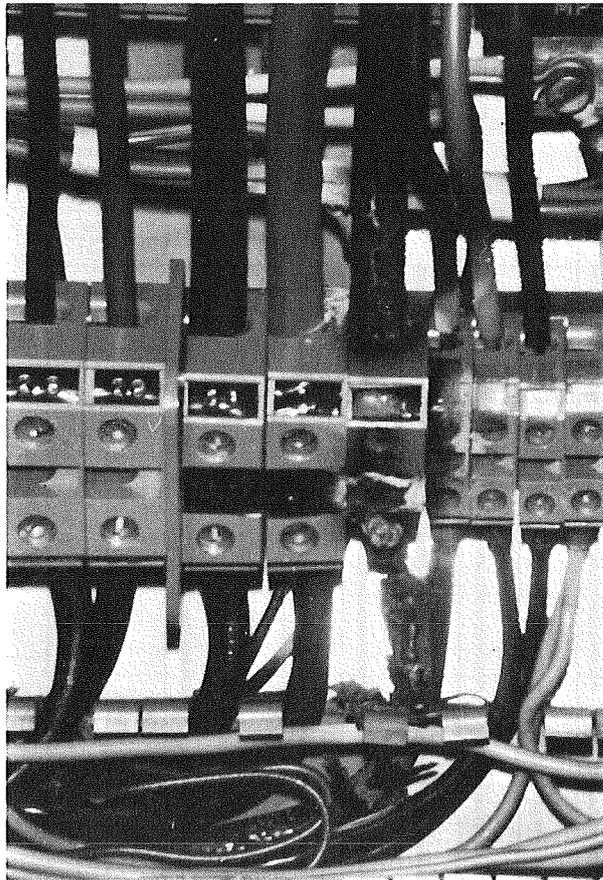


Abb. 2.14

19.10.1974: Auslösung Programm "Notkühlen" mit RSA durch Gerätefehler.

Ursache: Ansprechen der oberen Grenzwerte der auf das Reaktorschutzsystem geschalteten Prüflingstemperaturen durch defekten Transmitter für Regeltemperatur.

12.12.1974: Störung an Regelventil H-Ve 1o1 und Reaktorabschaltung von Hand zur Reparatur.

Ursache: Lagerschaden am Motor der zum Regelventil H-Ve 1o1 gehörenden Ölpumpe.

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten

Abschaltphase G:

Wegen Überschreitung der zulässigen Neutronendosis wurde das Druckrohr im Zentralloop gegen ein neues ausgetauscht. Dabei traten folgende Schwierigkeiten auf:

- a) Das Druckrohr ließ sich nicht auf den Versuchseinsatz aufsetzen. Der Innendurchmesser mußte an der Dichtstelle He-Eintritt gegen He-Austritt um ca. 0,2 mm erweitert werden.
- b) Beim Einfahren des Druckrohres in den Zentralkanal zusammen mit dem Bestrahlungseinsatz sprach die Drehmoment-Begrenzung im Hubwerk III an. Deshalb wurde das alte Druckrohr mit dem Versuchseinsatz in die Loopflasche gezogen und mit Hubwerk III das neue Druckrohr allein eingefahren. Danach wurde der Versuchseinsatz auf Hubwerk III aufgesetzt und ebenfalls eingebaut. Das alte Druckrohr wurde im Looplager Position 02/40 abgesetzt. Die Dosisleistung am oberen Ende des Druckrohres betrug in 10 cm Abstand ca. 1000 R/h. Die max. Strahlenbelastung der beim Druckrohrwechsel beteiligten Personen betrug 50 mrem. Bei der Inbetriebnahme zeigte sich, daß der Kühlwasserdurchsatz gegenüber dem alten Druckrohr wesentlich geringer war. Die im Sicherheitsbericht für Experiment FR2/26 festgelegten Grenzen für Druckrohrtemperatur und Kühlmittelaufheizspanne wurden jedoch auch bei dem geringeren Kühlwasserdurchsatz nicht erreicht, so daß das Experiment ohne Einschränkungen gefahren werden kann.

Funktionsprüfungen

wurden nach FR2-Prüfplan (siehe Abschnitt 5 und Betriebsdiagramm Abb. 2.13) durchgeführt. Sicherheitstechnische Mängel wurden nicht festgestellt.

3.4 Heißdampf-Kreislauf

(Experiment FR2/55-102)

Die Experimentieranlage wurde nach Abschluß der Vorversuche mit der instrumentierten Prüflingsattrappe PX8/72 im Heißdampf-Kontaminationskreislauf (Experiment FR2/55a) ab Betriebszyklus B in ein Experiment zur Untersuchung des Brennstabversagens (Experiment FR2/102) im Rahmen des Projekts Nukleare Sicherheit (PNS) umgebaut. Es werden dabei Brennstabprüflinge Temperaturtransienten ausgesetzt. Zur Untersuchung der Durchführbarkeit der angestrebten Hüllentemperaturverläufe werden Vorversuche an drei nicht bestrahlten UO_2 -Brennstabprüflingen nach folgendem Versuchsablauf durchgeführt:

Nach einem kurzen stationären Betrieb zur Einstellung der thermischen Anfangsbedingungen wird bei konstanter Reaktorleistung die Heißdampfzufuhr zum Prüfling abgesperrt. Gleichzeitig wird der Hochdruckteil mit vollem Querschnitt in den Enthitzer entspannt. Der Kühlstrom am Prüfling klingt aus, die Temperatur der Hülle steigt an. Je nach Prüflingsleistung steigt die Temperatur bis zu einem neuen Gleichgewichtszustand oder bis zur Grenztemperatur. Zur Beendigung des Transientenversuchs wird zunächst die Reaktorleistung zurückgenommen, dadurch sinkt die Prüflingstemperatur. Dann wird die Dampfkühlung wieder eingeschaltet und eine neue Leistungsstufe des Reaktors angefahren. Nach Erreichen eines stationären Betriebszustands wird die zweite Transiente ausgelöst usw. Falls hierbei die höchste zulässige Hüllrohrtemperatur von 1300 °C erreicht ist, wird der Reaktor durch RSA abgeschaltet.

Nach der letzten Transiente wird der Reaktor abgeschaltet, der Kreislauf abgefahren und der Prüfling ausgebaut.

Die Zahl der Versuche mit einem Stab hängt im wesentlichen von der Lebensdauer der Thermoelemente ab, die an der Hülle angebracht sind. Es sind fünf Transienten pro Stab geplant.

Die Entspannungsversuche wurden in Betriebsphase C begonnen und in Abschaltphase D abgeschlossen. Danach blieb das Experiment für weitere Umbauarbeiten bis Mitte 1975 abgeschaltet.

Die Anlage wurde insgesamt 1332 h im Berichtszeitraum mit folgenden Prüflingen betrieben:

Tabelle 2.4: Prüflingsbestrahlungen als Vorversuche für Experiment FR2/1o2

Prüflings-Nr.	Brennstoff	Einbau	Ausbau	Bemerkungen
PX8/72 (Attrappe)	-	25.01.74	18.03.74	<u>vor</u> Umbau des Kreislaufs
PX8/72 (Attrappe)	-	05.06.74	10.06.74	<u>nach</u> Umbau des Kreislaufs
1/P1o2	UO ₂ 3,1 % anger.	10.06.74	11.06.74	"
2/P1o2	UO ₂ 3,1 % anger.	11.06.74	12.06.74	"
3/P1o2	UO ₂ 3,1 % anger.	15.07.74	16.07.74	"

Der Reaktorbetrieb wurde bei den Vorversuchen durch

- 3 Leistungsbegrenzungen (LB),
- 7 Leistungsrücknahmen (LR),
- 6 Reaktorabschaltungen von Hand (AB) und
- 3 Reaktorschnellabschaltungen (RSA)

unterbrochen, was 53 % aller Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen, innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit entsprach.

Mit der vorübergehenden Stilllegung des Experiments für Umbauarbeiten wurde der Reaktoreinsatz am 02.08.1974 aus dem Kern ausgebaut.

Betriebsdaten des Reaktoreinsatzes (RE) am 02.08.1974:

Gesamt-Einbauzeit:	32.673 h
Einbauzeit bei $N > 43$ MW:	24.074 h
Lastwechsel:	283 Stück

Der RE hat damit 94 % der zulässigen Lastwechsel erreicht.

Betriebsmittelverbrauch:

Helium für Prüfungen:	rd. 70 Nm ³
Kühlwasser:	34.232 m ³
elektrische Energie:	181.680 kWh

Störungen und besondere Vorkommnisse

12.06.1974: Heizstab im Verdampfer durchgebrannt. Reaktorabschaltung von Hand zum Heizstabwechsel und zur Dichtprüfung der Stabdurchführungen.

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten

Betriebszyklus B: Änderung des Kreislaufs für die Versuche zum Brennstabversagen im Rahmen des PNS.

Funktionsprüfungen

wurden nach FR2-Prüfplan durchgeführt (siehe Abschnitt 5). Die Prüfungen verliefen ohne nennenswerte Beanstandungen.

3.5 Druckschwerwasserkreislauf

(Experiment FR2/58)

Das Kreislaufexperiment wurde mit dem Ende der Betriebsphase G/73, nach Erreichen des Versuchszieles, stillgelegt [17]. In Abschaltphase A' wurden die in Abschnitt 4, Kap. 5 beschriebenen Stilllegungsmaßnahmen durchgeführt.

Störungen und besondere Vorkommnisse

13.01.1974: RSA durch Pumpenausfall im Druckschwerwasserkreislauf.

Ausfall Pumpe 1o2 durch Ansprechen des Druckgrenzwertes auf der Pumpensaugseite durch Gerätestörung. Auslösung RSA über Einsatzdruck- und Durchflußüberwachung.

4. Strahlrohrexperimente

An den 12 sinnvoll nutzbaren Strahlrohrausgängen des FR2 wurden bis zu 13 Experimente mit insgesamt 20 Versuchsanordnungen gleichzeitig betrieben. Von den beiden Strahlrohrausgängen der Thermischen Säule wurde einer wegen des zu geringen Neutronenflusses nicht genutzt; vor dem anderen war zur Justierung von Proben, die an anderen Experimenten eingesetzt werden sollten, ein Spektrometer aufgebaut. Dieses Spektrometer stand verschiedenen Experimentatoren zur Verfügung. Das Experiment vor dem D₂ost-Kanal wurde nicht betrieben. Hier ist der Aufbau eines zusätzlichen Vierkreisdiffraktometers für externe Benutzer geplant. Zwei Strahlrohrausgänge waren - wie bisher - wegen Aufbauten anderer Experimente bzw. wegen eines Dichtstopfens nicht nutzbar. 80 % der Strahlrohrausgänge mit 73 % der Versuchsanordnungen waren von Instituten der GfK belegt. Die restlichen Experimentieranordnungen wurden durch externe Experimentatoren sehr intensiv genutzt.

Eine Übersicht über die Anordnung der Strahlrohrkanäle gibt Abb. 2.15. Die Abbildung zeigt auch die Mehrfachnutzung einiger Kanäle. So werden durch Aufteilung des Neutronenstrahls am R 3-Kanal vier Experimente, am R 5-Kanal drei Experimente und am R 2-Kanal zwei Experimente gleichzeitig betrieben. Der R 7-Kanal und der R 1-Kanal besitzen einen Stopfen mit zweifacher Strahlführung. Die Ausgänge dieser Kanäle sind mit drei bzw. zwei Versuchsanordnungen belegt. Die Abb. 2.16 zeigt den Einbau des Stopfens in den R 1-Kanal in Abschaltphase A'.

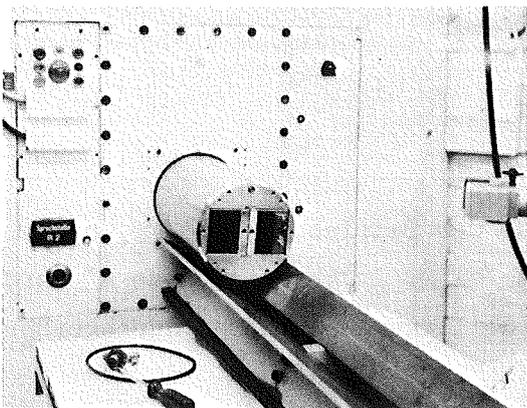
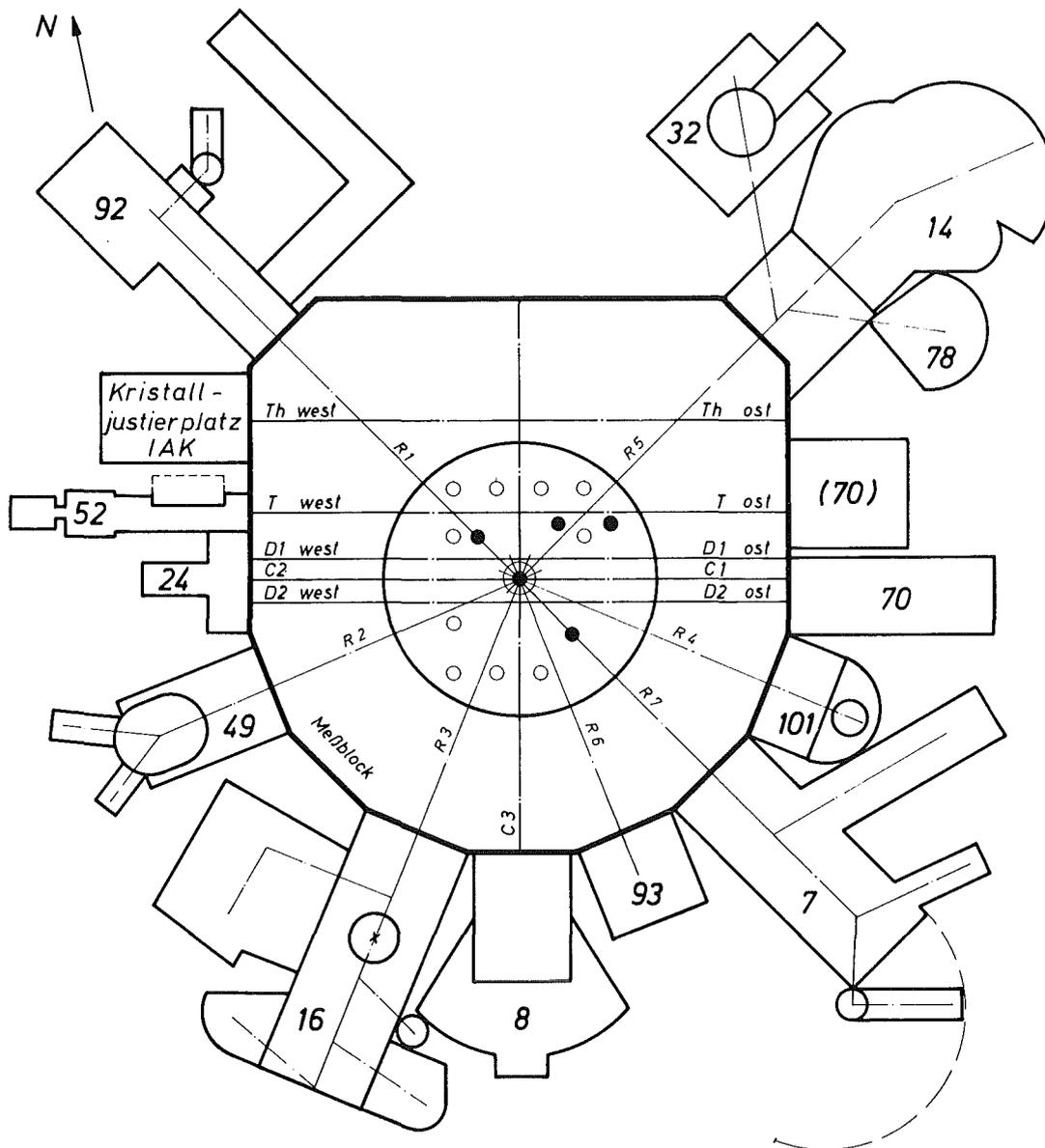


Abb. 2.16 : Stopfen mit zweifacher Strahlführung

Strahlrohrexperimente am
Forschungsreaktor FR 2 Stand : Dez. 74



Anmerkung : Die Zahlen entsprechen den
FR2 - Experimentnummern

Abb. 2.15

Die Strahlrohrexperimente verursachten keine Störungen des Reaktorbetriebs.
Störungen und besondere Vorkommnisse

40. und 41. Woche 1974: Schaden an Strahlenschieber des R 6-Kanals

In der 40. Woche 1974 wurde seitens des Betriebspersonals beanstandet, daß die Signalisierung der Stellung des Strahlenschiebers am R 6-Kanal nicht einwandfrei arbeitet. Der Schieber selbst lief ordnungsgemäß in seine Auf- und Zu-Stellung. Die tatsächliche Stellung des Strahlenschiebers läßt sich durch eine Strahlungsmessung vor dem Kanal jederzeit definieren.

In der darauffolgenden Abschaltwoche wurde der senkrecht eingesetzte Strahlenschieber einschließlich Antrieb mit dem Kran soweit angehoben, daß die am Antriebsteil montierten Endschalter von der Reaktorplattform aus überprüft werden konnten. Hierbei stellte man fest, daß die Kontermutter, welche das obere Ende der Trägerstange des Strahlenschiebers sichert, um einige Gänge gelöst war. Außerdem war die Sicherungsscheibe unter der Kontermutter nicht umgebogen.

Die Trägerstange hat an ihrem oberen Ende über mehrere Zentimeter ein Gewinde M20 und ist mit diesem in den Spindeltrieb eingeschraubt. Zwischen Spindeltrieb und Kontermutter ist die Betätigungsplatte für die Endschalter eingespannt. In der Annahme, daß die Trägerstange noch mit ausreichend viel Gewindegängen in den Spindeltrieb eingeschraubt sei, wurde die Kontermutter angezogen und gesichert. Bei den anschließenden Probefahrten - der Strahlenschieber hing noch immer am Kran - riß das Gewinde aus und der Strahlenschieber fiel aus einer Höhe von ca. 3 m in seine unterste Stellung. Der zylinderförmige Strahlenschieber trägt an seinen Stirnflächen je eine Stahlplatte und kernseitig zusätzlich eine Boralplatte.

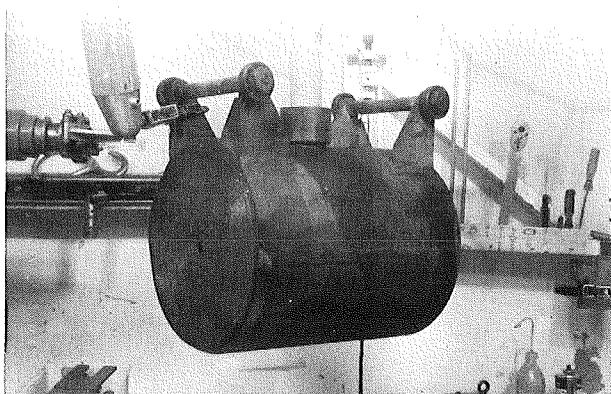


Abb. 2.17 Strahlenschieber
bei d. Montage in der
Heißen Zelle (HZ) des FR2

Durch den Sturz waren die zur Befestigung der corefernen Stahlplatte vorgesehenen 5 Halteschrauben sowie eine Schraube der Boralplatte abgerissen.

Die abgerissenen Schrauben wurden entfernt und alle Schrauben durch neue ersetzt. Die Montage erfolgte in der HZ. Das Ausbohren der abgerissenen Schrauben wurde außerhalb der Zelle hinter einer hierzu errichteten Abschirmung durchgeführt. Die Strahlenbelastung betrug bei den 5 eingesetzten Mitarbeitern rund 100 mrem. Am Strahlenschiebersitz sowie im Schacht konnte aufgrund einer Inspektion keine Beschädigung festgestellt werden.

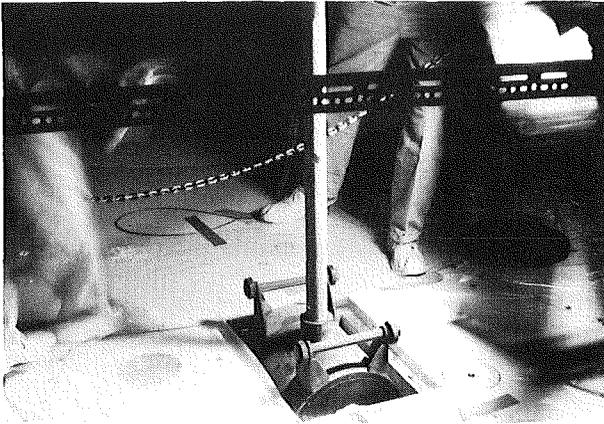


Abb. 2.18 : Strahlenschieber
beim Ablassen in
Strahlenschieberschacht

Als weitere Maßnahme wurde an den anderen Strahlenschiebern die Sicherungsscheibe an der Kontermutter überprüft. Sie war bei keinem Schieber umgebogen (Montagefehler aus der Bauzeit!).

Lediglich beim R 1-Kanal war bei lockerer Mutter die Trägerstange ca. 1,5 Gänge weniger tief eingeschraubt als bei den anderen Kanälen. Sie wurde ordnungsgemäß eingeschraubt, gekontert und gesichert.

Im Jahre 1974 wurden folgende Strahlrohrexperimente betrieben:

4.1 Experiment FR2/7

(Experimentator IAK)

Betrieb von drei getrennten Spektrometern vor dem R 7-Kanal.

- a) Drehkristallspektrometer zur Untersuchung der Streugesetze von A 15-Verbindungen (Supraleitern).
- b) Phononenmeßplatz zur Untersuchung der Phononendispersion in Festkörpern.
- c) Strukturspektrometer zur Untersuchung der Orientierungen und Charakteristiken von Streuproben.

4.2 Experiment FR2/8

(Experimentator IAK)

Betrieb eines Dreilachsenspektrometers vor dem C 3-Kanal zur Bestimmung der Phononendispersion in Einkristallen und Magnonendispersion in Legierungen.

4.3 Experiment FR2/14

(verschiedene externe Experimentatoren)

Betrieb einer Neutronenbeugungsanlage vor dem R 5-Kanal zur Strukturbestimmung von Pulverproben bei verschiedenen Temperaturen, von Einkristallen und Schmelzen.

4.4 Experiment FR2/16 "Kalte Neutronenquelle"

(Experimentator IAK - Uni Heidelberg)

Betrieb der "Kalten Neutronenquelle", siehe auch Abschnitt 2, Kap. 3.2, mit vier Versuchsanordnungen vor dem R 3-Kanal.

- a) Flugzeitspektrometer zur Messung von Phononenzustandsdichten an kohärent streuenden Materialien.
- b) Flugzeitspektrometer zur Messung der Streugesetze von Flüssigkeiten.
- c) Spektrometer zur Untersuchung der magnetischen elastisch diffusen und inelastischen Neutronenstreuung.
- d) Spektrometer zur Messung von Strukturparametern flüssiger Metalle.

4.5 Experiment FR2/24

(Experimentator IAK)

Betrieb des Multidetektorexperiments CONCA (Combined Neutron Capture Apparatus) vor dem C 2-Kanal für kernphysikalische Untersuchungen mit langsamen Neutronen.

4.6 Experiment FR2/32

(verschiedene externe Experimentatoren)

Betrieb einer zweiten Neutronenbeugungsanlage vor dem R 5-Kanal zur Strukturbestimmung an Einkristallen und kristallinen Substanzen. In Betriebsphase F wurde eine Kältemaschine als Zusatz zur Neutronenbeugungsanlage beschafft und erprobt. In einem evakuierbaren Probenhalteraufsatz (Abb.2.19) können, bei einem Vakuum $< 10^{-4}$ Torr, Proben Temperaturen bis 30 K erreicht werden. Zwischentemperaturen sind über einen Temperaturegeber einstellbar.

4.7 Experiment FR2/49

(verschiedene externe Experimentatoren, Hauptexperimentator: TH Darmstadt)

Betrieb von zwei Diffraktometern vor dem R 2-Kanal.

- a) Zweikreisdiffraktometer zur Untersuchung von Pulverproben [5], [6], [7].
- b) Vierkreisdiffraktometer zur Feststellung von Gitterkonstanten und -orientierungen an Einkristallen [8]. Für eine Industriefirma wurde die Untersuchung eines Einkristalls als Auftragsforschung durchgeführt. Vor dieser Messung waren umfangreiche Versuche zur Entwicklung eines geeigneten Probeofens erforderlich.

Beide Diffraktometer wurden ab Abschaltphase D' generalüberholt und modernisiert.

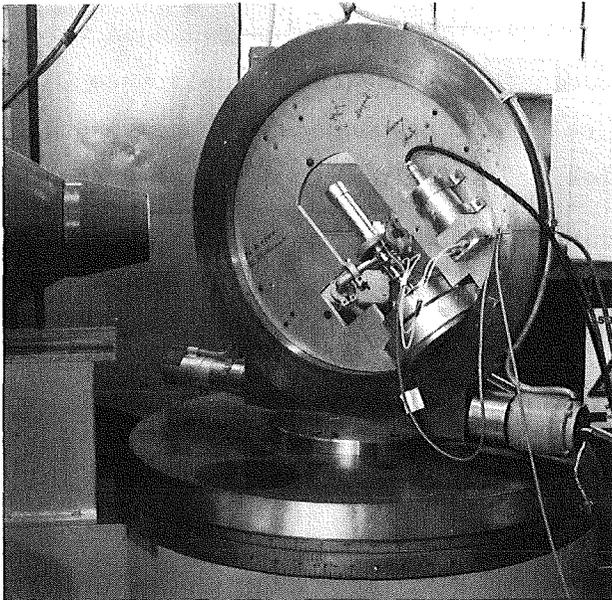


Abb. 2.19: Betrieb des
Exp. FR 2/32 mit
Probenhalteraufsatz
der Kältemaschine

4.8 Experiment FR2/52

(Experimentator: IAK)

Betrieb des (n, γ) -Fission-Experimentes vor dem C 2-Kanal für Kernstrukturuntersuchung mit langsamen Neutronen.

4.9 Experiment FR2/70

(Experimentator: IAK)

Von den zwei Experimenten im Rahmen des Projektes Spaltstoffflußkontrolle zur Untersuchung der Anwendungsmöglichkeit einer Neutroneneinfangsmethode für die quantitative Bestimmung von Spaltstoff wurde nur noch das Experiment vor dem T_{ost}-Kanal betrieben. Die Experimentieranordnung vor dem D_{2ost}-Kanal blieb für Nachmessungen aufgebaut.

4.10 Experiment FR2/78

(Experimentator: Uni Frankfurt)

Betrieb eines Pulverdiffraktometers als dritte Anlage vor dem R 5-Kanal zur Bestimmung von Temperaturfaktoren und Strukturen verschiedener Pulverproben.

4.11 Experiment FR2/92

(Experimentator: IAK und I. Phys. Institut Heidelberg)

Nach dem Einbau eines Stopfens mit zweifacher Strahlführung in den R 1-Kanal wurden zwei voneinander unabhängige Versuchsanordnungen vor dem Strahlrohrausgang aufgebaut. Der Aufbau wurde in Abschaltphase D' abgeschlossen und mit einem umfangreichen Erprobungsbetrieb begonnen. Der eigentliche Experimentierbetrieb erfolgte in Betriebsphase F am

- a) Kernresonanzspektrometer zur Untersuchung der Hyperfeinwechselwirkungen an β -Strahlern, die durch polarisierte Neutronen erzeugt werden, über asymmetrischen β -Zerfall $[\bar{9}_7]$ und
- b) Zweikreisdiffraktometer für Strukturuntersuchungen von Einkristallen und zur Messung von polykristallinen Materialien mit Hilfe der elastischen Neutronenbeugung.

4.12 Experiment FR2/93

(Experimentator: IAK)

Betrieb eines Doppelmonochromators mit Doppelbeugungseinheit vor dem R 6-Kanal zur Bestimmung der Phononen- und Magnonendispersion in Festkörpern.

4.13 Experiment FR2/101

(Experimentator: IAK)

Betrieb eines Spektrometers für diffuse Neutronenstreuung vor dem R 4-Kanal zur Untersuchung magnetischer Eigenschaften von Festkörpern.

Die Strahlrohrexperimente verursachten keine Störungen des Reaktorbetriebes. Ihre Nutzung ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Tabelle 2.5: Belegung und Nutzung der Strahlrohrausgänge

Position	Exp.Nr. FR2/.....	Experimentierzeit $\bar{[d]}$	rel. Nutzung bezogen auf Leist.Betr. N > 43 MW $\bar{[%]}$	Bemerkungen Experimentierbezeichnung Hauptexperimentator
C1	-	-	-	ehem. Coretankleck, Kanal nicht nutzbar
C2	24	259	96	Multidetektorexperiment IAK
C3	8	261	97	Dreiachsenspektrometer IAK
R1	92	99	37	Strukturspektrometer, Experiment zur Untersuchung von Hyperfein- wechselwirkungen IAK, I.Physik.Institut Meidelberg
R2	49	234	87	Zweikreisdiffraktometer, Vierkreisdiffraktometer TH - Darmstadt
R3	16	218	81	Kalte Neutronenquelle IAK
R4	101	236	88	Spektrometer f. diffuse Neutronen- streuung IAK
R5	14	272	100	Neutronenbeugungsanlage TH - Darmstadt Uni Frankfurt Uni Marburg Uni Tübingen MPI Stuttgart
	32	271	100	Neutronenbeugungsanlage Uni Frankfurt Uni Marburg Uni Tübingen
	78	270	100	Neutronenbeugungsanlage Uni Frankfurt
R6	93	129	48	Doppelmonochromator IAK
R7	7	268	100	Drehkristallspektrometer, Flugzeitspektrometer IAK
D1	44	-	-	s.Rohrpostanlage Exp.FR2/44
D _{ost} ₂	70	0	0	Spaltstoffflußkontrolle IAK
T _{ost}		17	6	
T _{west}	52	19	7	(n,γ)-Fission-Experiment IAK
Th _{west}	-	-	-	Probenjustierplatz f. diverse Experimente

5. Kapselexperimente

Im Berichtszeitraum wurden, bis auf Experiment FR2/73b, das im Vorjahr abgeschlossen wurde [1], die gleichen Kapselexperimente wie im Vorjahr betrieben.

Eine Zusammenfassung der Bestrahlungszeiten der einzelnen Kapselversuchseinsätze (KVE) der Kapselexperimente gibt folgende Tabelle.

Tabelle 2.6: Übersicht der Kapselexperimente im FR2

Exp.Nr.	KVE-Nr.	Bestrahlung		Ausbau		Brennstoff	Versuchsziel
		von	bis	nach Plan	unplanmäßig		
73d	124	29.01.74	26.03.74		x	UO ₂ -PuO ₂	quantitatives Kriechen
	129	21.08.74	21.10.74		x	UC-PuC	" "
	129 *)	06.12.74	→				
86	104	15.05.73	→			UC-PuC	Abbrandtest
	108	25.10.72	26.03.74	x		UC-PuC	"
	110	15.12.72	10.12.74	x		UC-PuC	"
	111	12.02.73	29.01.74	x		UC-PuC	"
	115	15.05.73	26.03.74	x		UC-PuC	"
	127	11.06.74	→			UC-PuC	"
	128	11.06.74	→			UC-PuC	"
	130	28.08.74	→			UC-PuC	"
96	109	21.11.72	06.12.74	x		UO ₂	Brennstoffschwellen
	120	03.07.73	06.12.74	x		UO ₂	"
	126	10.05.74	05.12.74	x		UO ₂	"
	131	16.10.74	→			UO ₂	"
99	59	26.08.69	12.06.70	x		UO ₂ -PuO ₂	IHCh-Bestrahlung (Milli-Test)
	59 *)	22.08.73	30.01.74	x			
	116	16.05.73	20.05.74	x		UO ₂ -PuO ₂	"
	117	28.03.73	30.01.74	x		UO ₂ -PuO ₂	"
	118	28.03.73	28.08.74	x		UO ₂ -PuO ₂	"
100	121	22.08.73	05.12.74	x		UO ₂	freies Brennstoff- schwellen
	122	05.12.73	05.12.74	x		UO ₂	"
	125	26.03.74	11.12.74	x		UO ₂	"
	132	16.10.74	06.12.74	x		UO ₂	"
103	123	05.12.73	20.05.74	x		UO ₂	Druckschwellen
	133	06.12.74	→			UO ₂	
Gesamt: 11 Zuladungen 19 Ausladungen							

*) Anmerkung: KVE mit Bestrahlungsunterbrechung

Die Anzahl der bestrahlten KVE nahm von 14 zu Beginn des Jahres auf 7 am Ende des Jahres ab.

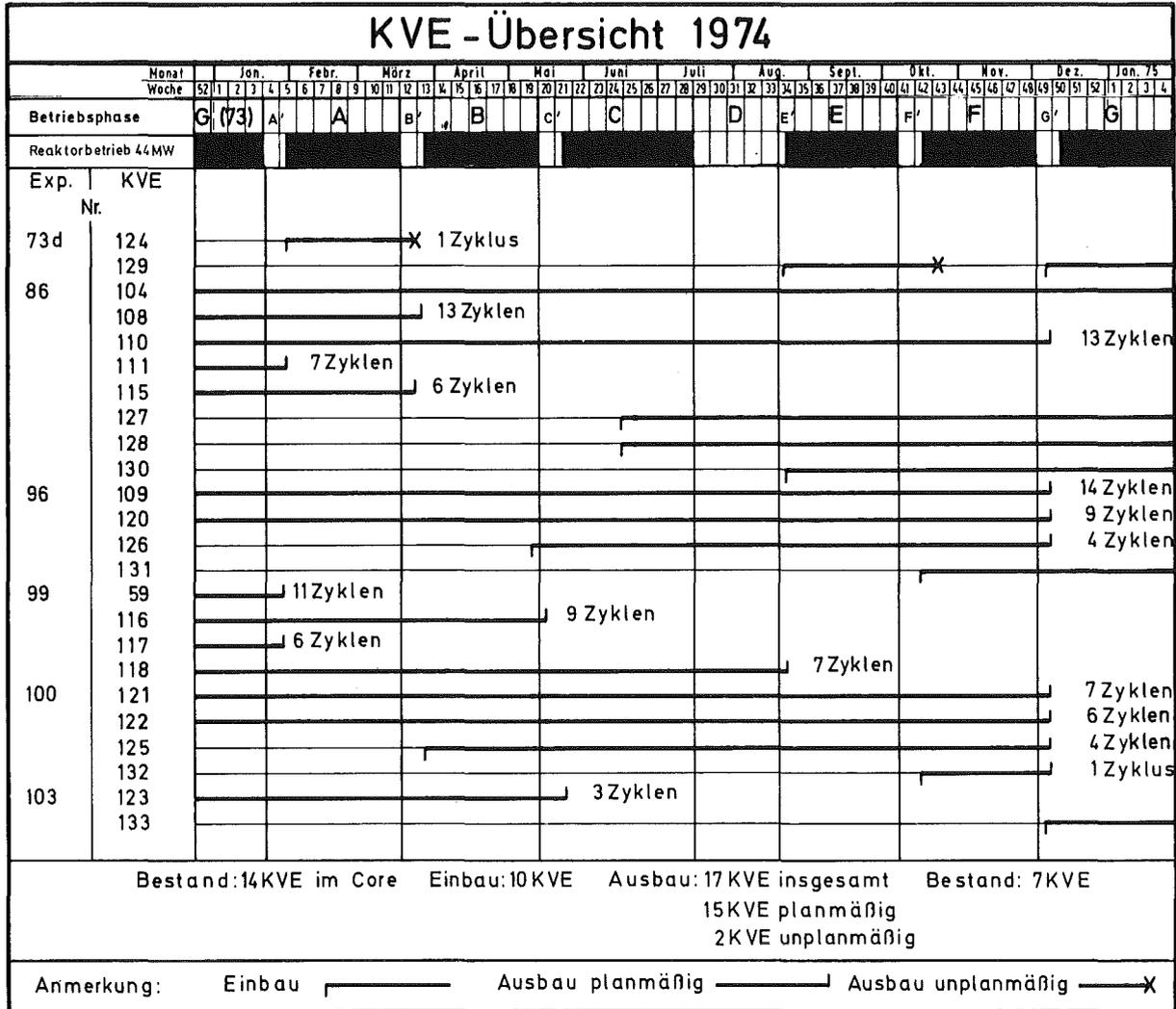


Abb. 2.20

Die Abbildung gibt auch einen Überblick über die gleichzeitig im Reaktor eingesetzte Anzahl der KVE und die Bestrahlungszyklen bei ihrem Ausbau.

Die KVE verursachten drei Störungen des Reaktorbetriebes durch 2 Reaktorleistungsrücknahmen und 1 -begrenzung. Die auf das Reaktorschutzsystem geschalteten KVE der Kapselexperimente FR2/86 und FR2/99 verursachten keine Störungen.

Bei den Prüfungen der Sicherheitsaufschaltungen auf das Reaktorschutzsystem nach FR2-Prüfplan (siehe Abschnitt 5) ergaben sich keine Beanstandungen.

Im einzelnen wurden folgende Kapselexperimente betrieben:

5.1 Experiment FR2/73d

Bestrahlung von 2 KVE mit instrumentierten Kriechkapseln. Beide KVE wurden unplanmäßig aus dem Reaktor ausgebaut. KVE lfd.Nr. 124 wegen Ausfall beider Wegaufnehmer und KVE lfd.Nr. 129 wegen defekter oberer Bestrahlungskapsel. Der KVE lfd.Nr. 129 wurde in Abschaltphase G', nach einer erweiterten Sicherheitsbetrachtung, wieder in den Reaktor eingesetzt und weiterbestrahlt.

Störungen und besondere Vorkommnisse

21.10.1974: Reaktorleistungsbegrenzung und -rücknahme zum Ausbau KVE lfd.Nr. 129 (Exp. FR2/73d).

Beim Reaktorstart, nach einer Reparatur im He- und D₂O-Kreislauf, stieg die Na-Temperatur des oberen Prüflings bei einer Reaktorleistung von 38 MW über den zulässigen Wert an. Da die Temperaturwerte vor der Reaktorabschaltung keine Unregelmäßigkeiten zeigten, wurde der KVE mit dem Verdacht eines Kapselschadens ausgebaut.

5.2 Experiment FR2/86

Bestrahlung von 8 KVE mit Mischkarbidkapseln [2] ohne Störung des Reaktorbetriebes.

5.3 Experiment FR2/96

Bestrahlung von 4 KVE mit Brennstoffkapseln [2].

Störungen und besondere Vorkommnisse

10.05.1974: Reaktorleistungsrücknahme zum Einbau KVE lfd.Nr. 126 (Exp. FR2/96).

KVE war zu Beginn Betriebsphase B nicht fertiggestellt. Einbautermin innerhalb Betriebsphase B wurde von Experimentator (IMF) gewünscht, um Temperaturverhalten des KVE testen zu können.

5.4 Experiment FR2/99

Abbrandbestrahlungen von UO₂-PuO₂ [1] in 4 KVE ohne Störungen des Reaktorbetriebes.

5.5 Experiment FR2/100

Bestrahlung von 4 KVE mit UO₂-Schwellprobenkapseln [1] ohne Störungen des Reaktorbetriebes.

5.6 Experiment FR2/103

Bestrahlung von 2 KVE mit Druckschwellkapseln / 1 7 ohne Störungen des Reaktorbetriebes.

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die im FR2 durchgeführten Bestrahlungen von Februar 1965 bis Februar 1975.

Tabelle 2.7: Übersicht über die bisher im FR 2 bestrahlten Kapselversuchseinsätze

KVE Nr.	Kapseltyp	Zahl der Brennstäbe bzw. Proben	Versuchsgruppe	Brennstoff	Stababmessungen Hüllrohr ϕ x Länge mm	Stableistung W/cm	Hüllrohrerflächentemperatur $^{\circ}\text{C}$	Bestrahlungszeit, maximal Tage	Abbrand MW / tH max
1 - 19	PbB1 einwandig (Typ 1 bis 3)	55	1 2 2a	UO ₂ , vibriert UO ₂ -Tabletten UO ₂ -CeO ₂ UO ₂ -Mo	12 ϕ x 240 10 ϕ x 240 "	300 - 500	350 - 510	235	17000
20 - 38 40 41	Ha/PbB1 bzw. HaK/PbB1 doppelwandig (Typ 4 und 5)	54	3 4a	UO ₂ und UO ₂ -CeO ₂ , Tabl. + vibr. UO ₂ -PuO ₂ -Tabl.	7,4 ϕ x 172	max. 680	max. 535	617	92000
77, 80 - 83, 86		18	5b	UO ₂ -PuO ₂ -Tabl.	4,7 ϕ x 172	max. 520	max. 485	349	128000
39, 46, 51, 65, 71, 79, 84		40	IMF	Cermets UO ₂ -Mo UO ₂ -Cr UO ₂ -V	7 ϕ x 65 8 ϕ x 110	max. 715	max. 815	395	82000
42 - 45, 47 - 49 52, 55 - 59, 61, 62, 64, 67, 116 - 118		65	4b 4c DK-Projekt HILLI-Projekt	UO ₂ -Tabletten UO ₂ -PuO ₂ vibriert UO ₂ -PuO ₂ -Tabletten	6 ϕ x 172 7 ϕ x 172	max. 600	max. 740	649	92000
72 - 74		9	5a	UO ₂ -PuO ₂ -Tabletten integrierte Dichte	7 ϕ x 172	max. 560	max. 655	282	53000
50, 63, 90		26	IMF	Kriechproben UO ₂ , UH, UC, UO ₂ -PuO ₂ , Tabletten	7 ϕ x 35..60 7,8 ϕ x 60	max. 650	max. 500	190	40000
53, 75, 88		Mo/Gasspalt mit Zentraltemp. Messung (Typ 6)	3	IMF	UH-Tabletten	10 ϕ x 100	max. 1200	max. 1800 Brennstofftemperatur	292
54, 60, 66, 68, 70, 78, 85, 89, 95, 96, 98, 100, 101, 105, 107, 112, 113, 119, 124, 129, 134	Kriechkapsel mit Dehnungsmessung (Typ 8)	42	IMF E	Ringtabletten - Stapel UO ₂ , UO ₂ -PuO ₂ , UH, UC	5,1 ϕ x 1 5,1 ϕ x 4 ca. 20 hoch	max. 600 bzw. 1200 (UC)	max. 950 Brennstofftemperatur	243	ca. 50000
69, 76, 87, 97	HaK/Mo/Gasspalt doppelwandig (Typ 6a)	9	IMF D	Kriechproben UO ₂ , UO ₂ -PuO ₂ , UC, UH, Tabletten	7 ϕ x 35..60 7,8 ϕ x 50	max. 600	max. 700	326	53000
91 - 94, 99, 102 - 104, 108, 110, 111, 114, 115, 127, 128, 130	HaK einwandig (Typ 7) z.T. mit Zentraltemperaturmessung	16	6A/D 6C 6E	UC-PuC-Tabletten He-Bonding Ar-Bonding Ha-Bonding	10 ϕ x 475	max. 1150	max. 635	540	z. Zt. 72000
106, 109, 120, 126, 131	Schwellkapsel mit axialer Belastung (Typ 9)	15	IMF	UH, UO ₂ , Tabletten	3 ϕ x 40 6 ϕ x 40	500 (UH) 150 (UO ₂)	800 - 1800 Brennstofftemp.	570	100000
121, 122, 125, 132	Schwellkapsel drucklos (Typ 6)	16	IMF	Ringtabletten - Stapel UO ₂	5,1 ϕ x 1 ca. 20 hoch	150	1000 - 1800 Brennstofftemp.	351	ca. 40000
123, 133, 135	Schwellkapsel mit axialer Belastung und Dehnungsmessung (Typ 9a)	6	IMF	UO ₂ -Tabletten	3 ϕ x 40	150	800 - 1300 Brennstofftemp.	136	z.Zt. 30000

Seit dem Einsatz der ersten Bestrahlungskapsel für das PSB in den FR2 im Jahre 1965 sind 135 Kapselversuchseinsätze von neun verschiedenen Typen entwickelt, gebaut und mit fast 400 Prüflingen bestrahlt worden bzw. befinden sich noch im Reaktor; angefangen von einer einfachen Pb/Bi-Kapsel bis hin zu relativ komplizierten, vollinstrumentierten Kapseln zur kontinuierlichen Erfassung des Brennstoffkriechens. Ein zehnter Kapseltyp, eine Schwellkapsel, in der der Brennstoff einer allseitigen Druckbelastung von bis zu 500 bar ausgesetzt ist, steht kurz vor der Erprobung.

6. Sonstige Experimentiereinsätze

Außer den KVE der Kapselexperimente wurden 5 Experimentiereinsätze anderer Experimente mit und ohne Brennstoff im Reaktor bestrahlt. Diese Experimentiereinsätze verursachten keine Störungen des Reaktorbetriebes.

6.1 Experiment FR2/76-2 "Thermionischer Wandler"

Die Bestrahlung des "Thermionischen Wandlers" [2] im oberen Zentralkanal (Reaktor-Pos. 47/19) wurde im Auftrage der KFA Jülich planmäßig fortgesetzt. In Betriebsphase A konnte der Einsatz wegen einer Störung in der Hubwerksteuerung nur kurzzeitig in Bestrahlungsposition betrieben werden. Während der übrigen Betriebsphasen lief das Experiment nahezu störungsfrei. Von den 14 automatischen Einsatz-Ausfahrten wurden nur 2 durch Störungen der Experimentinstrumentierung hervorgerufen. Die übrigen automatischen Ausfahrten erfolgten bei Reaktorabschaltungen, -trimmungen und -leistungsreduzierungen durch Ansprechen des u.GW der Diodenspannung.

Tabelle 2.8: Betriebsdaten bei Reaktorbetrieb > 43 MW

Zeitraum	1974	Gesamtbetriebszeit seit Betriebszyklus C/72 (Bestrahlungsbeginn)
Betrieb in oberer Endstellung	1.746 h	3.551 h
Leistungsbetrieb $I_D > 120$ A	4.693 h	14.170 h
Reaktorbetrieb $N > 43$ MW	6.439 h	17.721 h
elektrische Energieabgabe	343 h	1.002 kWh

Zum Jahresende war die geplante Mindest-Vollastbetriebszeit, die 1 Jahr betragen sollte, schon um 60 % überschritten, ohne daß Kurzschlüsse zwischen Kollektor und Emitter zu verzeichnen waren.

6.2 Experiment FR2/79 "Siedesimulator"

Die Versuchsreihe zur Simulation und zum Nachweis der durch Natriumsieden in schnellen Reaktoren verursachten Reaktivitätsveränderungen wurden mit Meßeinsatz (ME) 1, 3 und 4 fortgeführt.

Tabelle 2.9: Betriebsdaten des Siedesimulators (SiSi)

Tag	Einbau	Ausbau	SiSi Pos.	Me 1 Pos.	Reaktorleistung [MW]
18.02.74	08.27		37/25	37/15	44
20.02.74	08.58		37/25	Trockenlager	44
26.03.74		15.37	14/34	Trockenlager	0
08.10.74	11.47		14/34	<u>Me 3</u> 41/09	0
08.10.74	11.20		14/34	<u>Me 4</u> 49/31	0

6.3 Experiment FR2/89 "Universeller D₂O-gekühlter Bestrahlungseinsatz"

Mit diesem Einsatz können Bestrahlungen mit Zwangskühlung aus dem Primärsystem und Probenwechsel ohne Abschaltung des Reaktors durchgeführt werden. Er kann sowohl auf Gitter- als auch auf Zwischengitterpositionen des FR2 eingebaut werden.

Die in-pile-Erprobung in Core-Pos. 37/13 erfolgte am 10.10.1974. Mit einem Bestrahlungsprogramm (Darstellung von Mo 99 aus Spaltprodukten) soll 1975 begonnen werden. (Mo 99 zerfällt in Tc 99, welches in der Nuklearmedizin verwendet wird.)

6.4 Experiment FR2/105 "Incore Spaltkammern"

Bestrahlung und Untersuchung auf ihre Eignung einer Incore-Spaltkammer für den natriumgekühlten Reaktor KNK am 08.06.1974. Die Bestrahlung wurde im vertikalen V 2-Bestrahlungskanal der Thermischen Säule, in einem beheizten Versuchseinsatz bei Temperaturen von 550 °C, durchgeführt. Bestrahlungsdauer rd. 14 h bei 44 MW Reaktorleistung.

6.5 Experiment FR2/107 "Seesandbestrahlung"

Für das LIT wurden für die Bestrahlung von Scandium-markiertem Seesand zwei Bestrahlungseinsätze konstruiert und gefertigt.

Die Bestrahlung des mit 100 g Sc-45 markierten gereinigten Seesand (100 kg SiO₂) bis zu einer Sc-46-Aktivität von 15 Ci wurde in der 14. Woche in 18 Chargen zu je 5,55 kg durchgeführt. Nach Abklingen der Si-Aktivität wurde das Bestrahlungsgut in zwei Transportbehältern vom Kerntechnischen Hilfszug nach Westerland/Sylt transportiert, wo der Seesand, im Rahmen eines vom Landesamt für Wasserhaushalt und Küsten in Kiel durchgeführten Großversuchs zur Messung von Sandbewegungen am Meeresgrund [10], in Küstennähe unter Wasser ausgespült wurde.

Die neu entwickelten Bestrahlungseinsätze stehen zur weiteren Seesandmarkierung und für ähnliche "Massengutbestrahlungen" jederzeit zur Verfügung.

7. γ-Bestrahlungseinrichtung (Experiment FR2/40)

In der γ-Bestrahlungseinrichtung [3] im ehemaligen Sägebecken des Brennelementlagerbeckens wurden Bestrahlungen verschiedener Proben wie folgt durchgeführt:

Tabelle 2.10: Bestrahlungen in der γ-Bestrahlungseinrichtung

Exp. Nr.	Bestrahlungsobjekt	Teilbestr.Nr.	Ges.Bestr. Zeit [h]	Empf.Dosis [R]
40-32	Keramikproben	3 3	8 712 Bestrahlung am Jahresende noch nicht abgeschlossen	9,7 x 10 ⁸
40-33	Membranen	1	648	1,0 x 10 ⁸
40-34	Kabelproben	1 2 3 4	8 80 256 984	9,9 x 10 ⁵ 9,9 x 10 ⁶ 2,9 x 10 ⁷ 9,8 x 10 ⁷
40-35	2-Komponenten Vergußmasse "Compound"	1 2 3 4	7 67 737 948	1 x 10 ⁶ 1 x 10 ⁷ 1 x 10 ⁸ 1,25 x 10 ⁸
40-36	Bitumen mit Ionentauscherharzen	1	35	8,1 x 10 ⁷
40-37	Temperatursonden	1	24	2,4 x 10 ⁶
40-38	Kochsalzproben	1	Bestrahlung am Jahresende noch nicht abgeschlossen	
40-39	Glasfaser-Lichtleiter	1 2 3	1 12 123	1 x 10 ⁵ 1 x 10 ⁶ 1 x 10 ⁷
40-40	Na-Cl-Fenster	1 2 3	1 12 123	1 x 10 ⁵ 1 x 10 ⁶ 1 x 10 ⁷

Abschnitt 3: Betrieb des Reaktors

1. Zusammenfassung

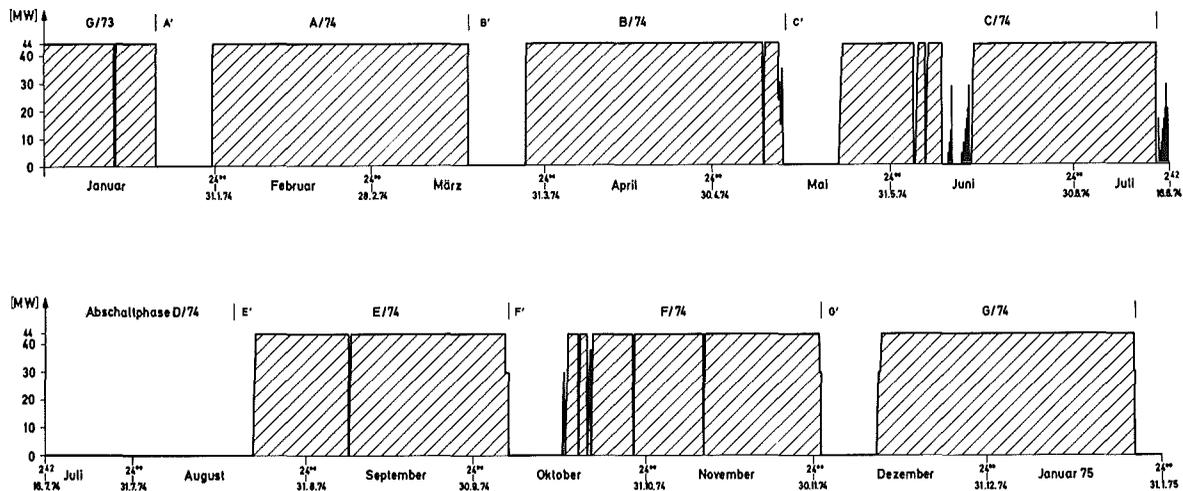
Die "Fahrweise" des Reaktors mußte im Jahre 1974 wegen der angespannten Personallage (siehe Abschnitt 6) und der dadurch erforderlichen Rationalisierungsmaßnahmen gegenüber dem Vorjahr nochmals geändert werden. So wurde der Betrieb des FR2 in

6 Betriebszyklen und
1 große Abschaltphase

unterteilt. Die große Abschaltphase von 5 Wochen Dauer wurde zu Umbauten der Anlage und zur Durchführung von zeitaufwendigen Funktionsprüfungen genutzt. Der hierdurch hervorgerufene Verlust an Reaktorbetriebszeit gegenüber dem Vorjahr [1] konnte durch Verlängerung der Betriebszyklen einigermaßen ausgeglichen werden. Die Betriebszyklen teilten sich in einen 7-Wochen-, vier 8-Wochen- und einen 9-Wochen-Zyklus auf, wobei jeder Zyklus eine Abschaltphase von 10 Tagen beinhaltete. Diese Abschaltphasen waren für planmäßige Aus-, Um- und Einladungen von Brennelementen und Experimentiereinsätzen, Reparatur- und Wartungsarbeiten an bei Reaktorbetrieb nicht zugänglichen Einrichtungen und Funktionsprüfungen gemäß FR2-Prüfplan (siehe Abschnitt 5) unbedingt erforderlich.

Eine Übersicht über den Betriebsverlauf des FR2 gibt Abb. 3.1.

Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1974 (Übersicht)
Reaktornennleistung 44 MW



Die Einteilung nach Betriebsphasen A-G entspricht dem FR2-Terminleitplan 1974
Ausgabe : 0-20 1173

Abb. 3.1

2. Betriebszeiten

Die Betriebszeit umfaßt den Zeitraum des Kalenderjahres 1974.

Am 26.05.1974 erreichte der FR2 50.000 Vollastbetriebsstunden bei einer Reaktorleistung > 43 MW. Diese Leistung wurde erstmals am 25.05.1966, nach Umrüstung der Brennelemente auf oxidischen Brennstoff, abgegeben.

Tabelle 3.1: Soll- und Istbetriebszeiten des FR2

Betriebszeit	Soll nach Terminleitplan [d]	Ist nach Betriebsaufzeichnung [d]
Gesamt - (Reaktorstart und Reaktor kritisch)	-	277,42
Leistungs - ($N > 10^{-3} N_N$)	277	274,02
Vollast - ($N > 43$ MW)	274	268,26

Die planmäßigen Betriebszeiten wurden durch

- 6 Leistungsverzögerungen [LB],
- 11 Leistungsrücknahmen [LR],
- 10 Reaktorabschaltungen [AB] und
- 9 Reaktorschnellabschaltungen [RSA]

unterbrochen. Die einzelnen Ausfallzeiten sind in Tabelle 9.2 (Abschnitt 9) zusammengefaßt. Eine Zusammenfassung aller Reaktorabschaltungen im Jahre 1974, mit Angabe von Abschaltzeit, -art und -grund sowie Störungsart, ist in Tabelle 9.3 (Abschnitt 9) enthalten.

3. Reaktorleistung und Energieabgabe

Das Soll der Gesamtenergieabgabe wurde 1975 zu 97 % erfüllt.

Tabelle 3.2: Reaktorleistung und Energieabgabe

	Soll nach Terminleitplan	Ist nach Betriebsaufzeichnung
Gesamtenergieabgabe [Mwd]	12056	11704,18
mittlere Reaktorleistung [MW]	44	43,63

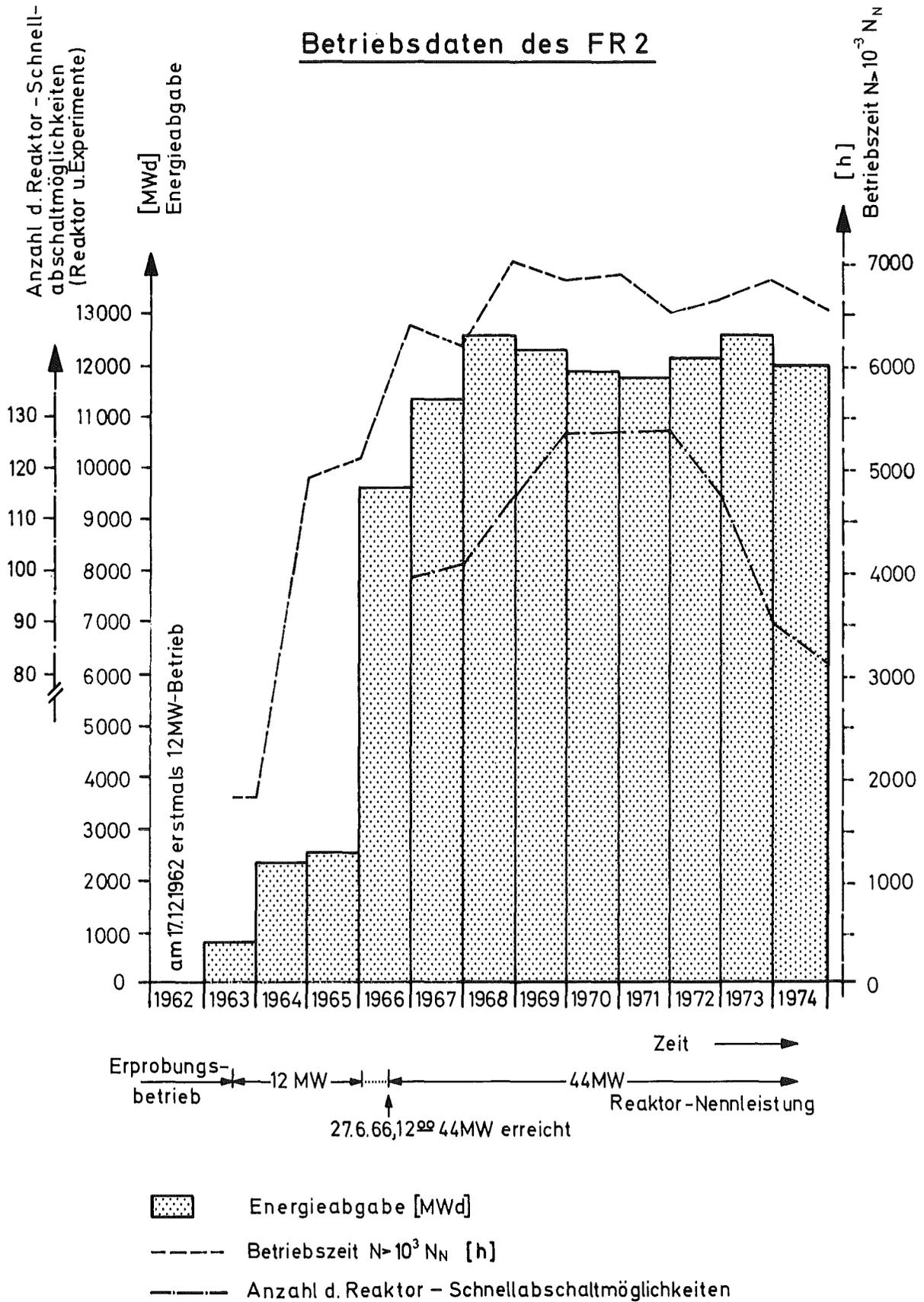


Abb. 3.2

Abb. 3.2 gibt einen vergleichenden Überblick über die Betriebszeit bei $N > 10^{-3} N_N$ und die Energieabgabe der letzten Jahre.

4. Nutzung und Verfügbarkeit

Die Nutzung und Verfügbarkeit des FR2 wurde aus Abb. 3.3 ermittelt. Gegenüber dem Vorjahr wurde die max. zusätzliche Zeit für Leistungserhöhungen nach Maßgabe der BE-Stableistung und Experimente um 12 h verkürzt. Die Verfügbarkeit des FR2 für Experimente erhöhte sich dadurch je Betriebszyklus um diese Zeit.

Tabelle 3.3: Verfügbarkeitszahlen (zeitliche Nutzung)

Verfügbarkeit	Soll [%]	Ist [%]
Vollastverfügbarkeit ($N > 43$ MW) bez. auf Berichtszeit	75	73
Leistungsverfügbarkeit ($N > 10^{-3} N_N$) bez. auf Berichtszeit	76	75
Leistungsverfügbarkeit ($N > 10^{-3} N_N$) bez. auf planmäßige Betriebszeit	100	99

Festlegung für die Ermittlung der Betriebszeiten
für den FR2 im Jahre 1974

Ausgabe : 3-031273

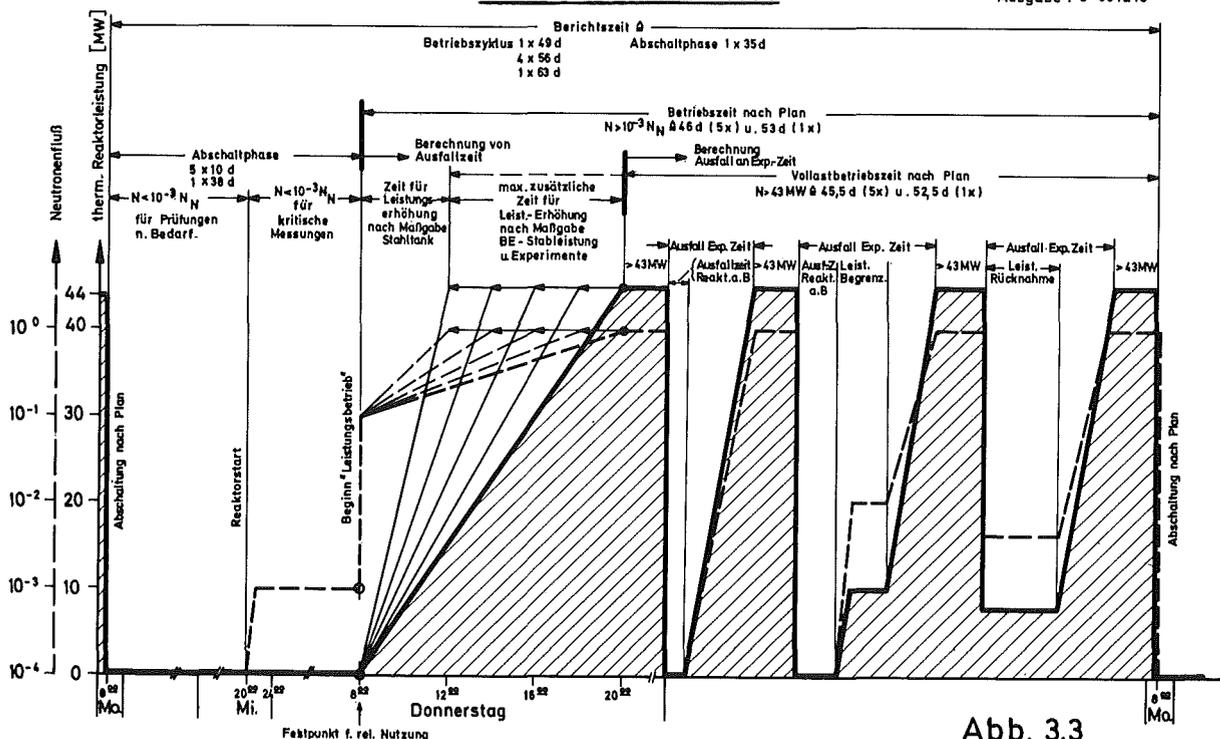


Abb. 3.3

5. Beladungszustände

Die Beladung des Reaktors während Betriebsphase A bis G ist aus den Beladungs- und Belegungsplänen (Formblatt Nr. 9/4) in Abschnitt 9 ersichtlich. Eine Zusammenfassung der Beladungszustände gibt Tabelle 3.4 wieder.

Tabelle 3.4: Beladungszustände des FR2 im Jahre 1974

Betr.-Phase	Bel.-Plan Nr.	Veränderungen z. Beginn d. Beladeplanes											Bestand im Reaktor				Summe gesamt im Reaktor
		Zuladungen				Aualadungen				Uasetzungen			BE- Typ 8	KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	
		BE- Typ 8	KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	BE- Typ 8	KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	BE- Typ 8	KVE	Sonst. Proj.					
G/73	323	11	2			11	1			54	1		165	14	1	4	184
A/74	324	11	1			11	3		1	48	1		165	12	1	3	181
	325	1				1							165	12	1	3	181
B/74	326	11	1			10	3		1	51			166	10	1	2	179
	327		1										166	11	1	2	180
C/74	328	13		1		14	2			62	1		165	9	2	2	178
	329				1								165	9	2	3	179
	330				1				1				165	9	2	3	179
	331		2		1				1				165	11	2	3	181
	332								1			2	165	11	2	2	180
	333				1								165	11	2	3	181
D/74	334								1				165	11	2	2	180
E/74		11	2			11	1			48			165	12	2	2	181
F/74	335	12	2			12				57	4		165	14	2	2	183
	336						1						165	13	2	2	182
G/74	337	11	2			10	8			48	1		166	7	2	2	177
Ges.	15	81	13	1	4	80	19	0	6	368	10	0					

Aus Gründen der Kostenersparnis wurden in der Abschaltphase G zur Erprobung 10 Brennelemente des Typs BE 8 mit elektropolierten Brennelementhüllrohren, wie sie bei Leichtwasserreaktoren üblich sind, in den Reaktor eingesetzt. Bei Bewährung sollen die z.Zt. verwendeten Brennelemente mit autoklavierten Hüllrohren durch die billigeren Brennelemente mit elektropolierter Hüllrohroberfläche ersetzt werden.

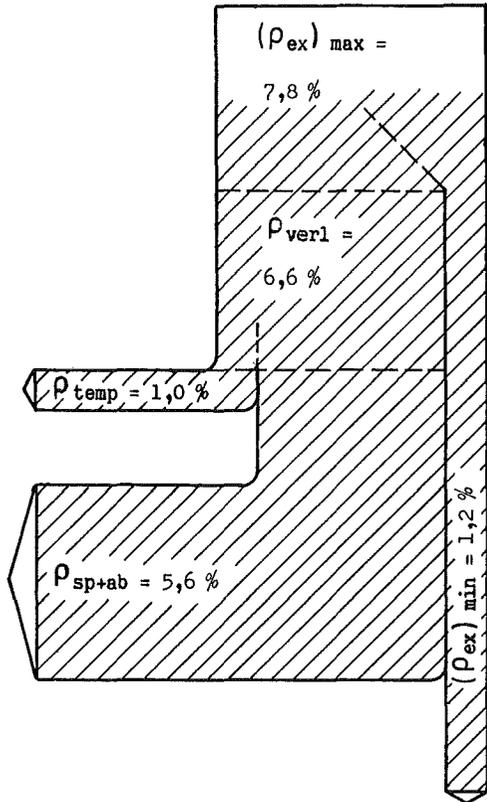
6. Reaktivitätsverhalten

Das Zeitverhalten der Reaktivität des FR2 ist aus den Formblättern 183d/73 bis 183d/79 im Anhang ersichtlich.

Die Reaktivitätsbilanz wurde nach Abb. 3.5, welche die kritische Trimmstabstellung für 2 charakteristische Reaktorzustände $\sqrt{2}$ mit den zugehörigen Moderatortemperaturen enthält, aufgestellt.

Abb. 3.4: Reaktivitätsbilanzen des Jahres 1974

a) Überschußreaktivität



Regelreserve am
Ende der Betriebsphase

$(\rho_{ex})_{max}$ = mittlere Überschußreaktivität aus
Abb. 3.5 untere Kurve
Reaktor kalt, unvergiftet
(TA = 1450 mm)
(FR = 400 mm)

$(\rho_{ex})_{min}$ = mittlere Überschußreaktivität aus
Abb. 3.5 obere Kurve
Reaktor warm, vergiftet am
Ende der Betriebsphase
(TA = 600 mm)
(FR = 400 mm)

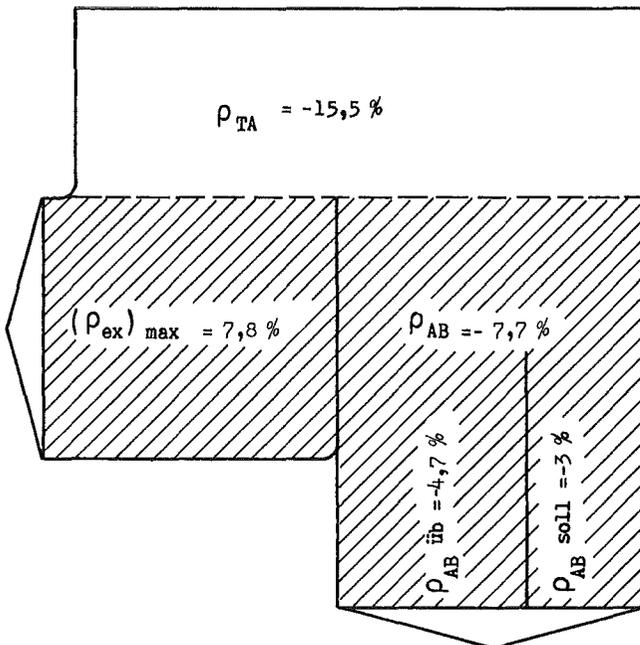
ρ_{verl} = $(\rho_{ex})_{max} - (\rho_{ex})_{min}$:

Reaktivitätsverlust durch

ρ_{temp} : Temperatureinfluß ($\Delta t = 40^\circ C$)

ρ_{sp+ab} : Spaltproduktvergiftung
und Abbrand

b) Abschaltreaktivität



Abschaltreaktivität zu
Beginn der Betriebsphase

ρ_{TA} : Abschaltreaktivität von
15 der 16 TA-Stäbe

$(\rho_{ex})_{max}$: mittlere Überschußreaktivität
Reaktor kalt, unvergiftet

ρ_{AB} : Gesamtabschaltreaktivität zu
Beginn der Betriebsphasen

$\rho_{AB\ soll}$: Mindestabschaltreaktivität

$\rho_{AB\ üüb}$: Abschaltreaktivitäts-Überschuß

Eintauchtiefe aller 16 Trimmstäbe für verschiedene Reaktorzustände

(Feinregelstab Nr. 102, Stellung 400 mm)

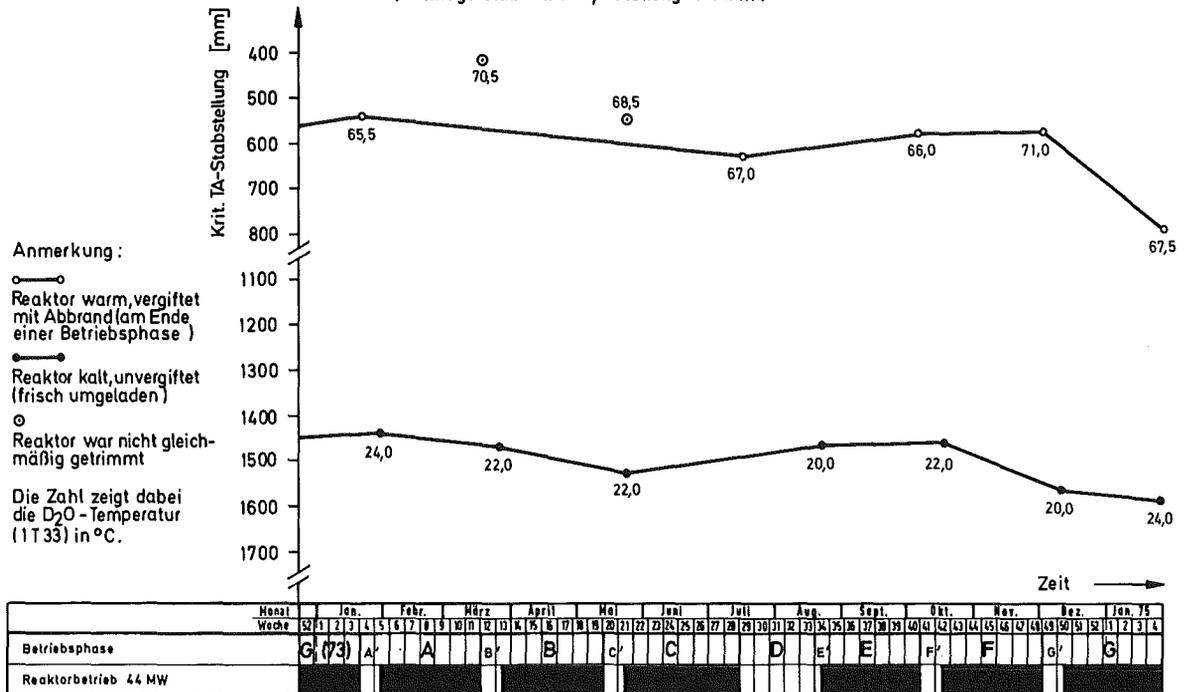


Abb. 3.5

Zur Feststellung der Abschaltreaktivität und des Cd-Abbrandes der TA-Stäbe wurden zu Beginn jeder Betriebsphase "Abbildungen" wie in [3] beschrieben durchgeführt, deren Ergebnisse in Abb. 3.6 festgehalten sind.

Abbildung FR-Stab gegen TA-Stäbe

FR-Stab gegen TA-Stab Pos. 1, 2, 5, 6

TA-Stab Pos. 1, 2, 5, 6 gegen restl. TA-Stäbe

bei Nulleistungsbetrieb (nach Umladung, Reaktor kalt u. unvergiftet)

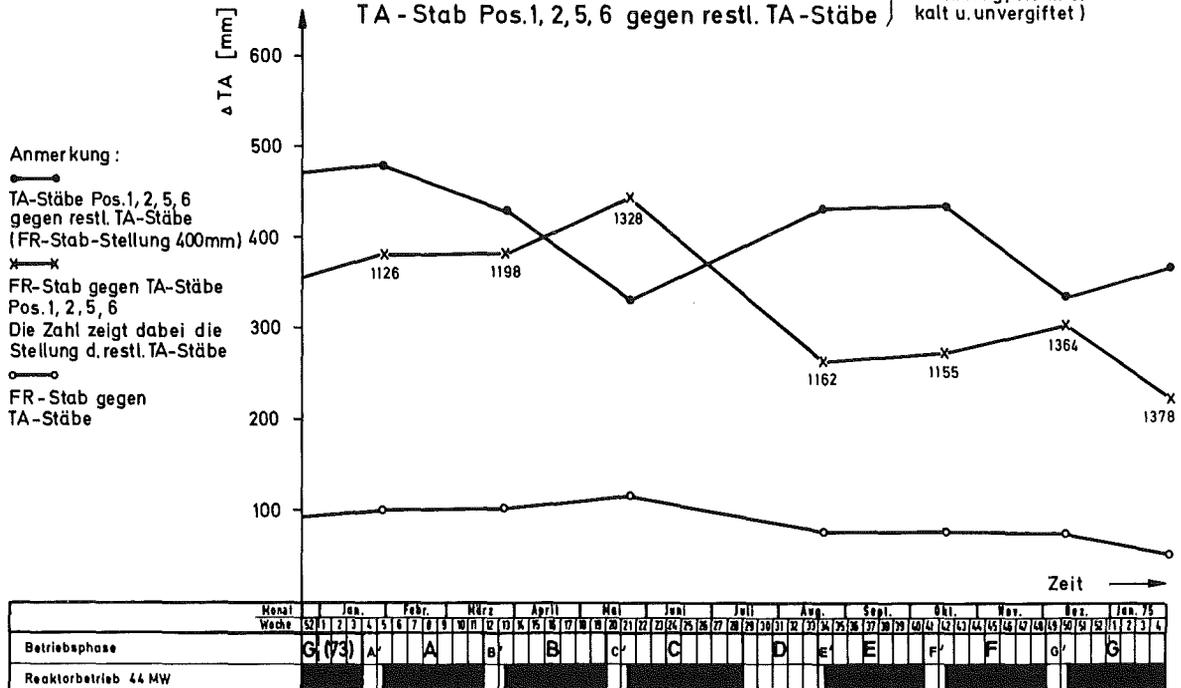


Abb. 3.6

7. Leistungsverteilung und Neutronenflußdichte

Die Leistungsverteilung auf die einzelnen Brennelemente wird, neben der Temperaturdauerüberwachung der Brennelementaustrittstemperaturen, 3 mal je Betriebsphase ermittelt. 1974 ergaben sich daraus:

min. BE-Einzelleistung: 163 kW
 max. BE-Einzelleistung: 384 kW
 mittlere BE-Einzelleistung: 267 kW

Die max. zulässige Brennelementleistung von 400 kW wurde zu keinem Zeitpunkt überschritten.

Typische Verläufe des schnellen und thermischen Neutronenflusses in Isotopenkanal-Tauchrohren sind in [2] wiedergegeben. Die maximalen Neutronenflußdichten im Moderator entsprechen denen des Jahres 1973 [1].

8. Abbrand

Der mittlere Abbrand des FR2-Gleichgewichtskerns hat sich gegenüber dem Vorjahr nicht geändert und liegt weiterhin bei rd. 8 MWd/kg Uran. Der mittlere Abbrand der planmäßig ausgebauten 65 Brennelemente des Typs 8 betrug 14,8 MWd/kg Uran.

Mittl. Abbrand u. Anzahl der planmäßig
 ausgebauten Brennelemente

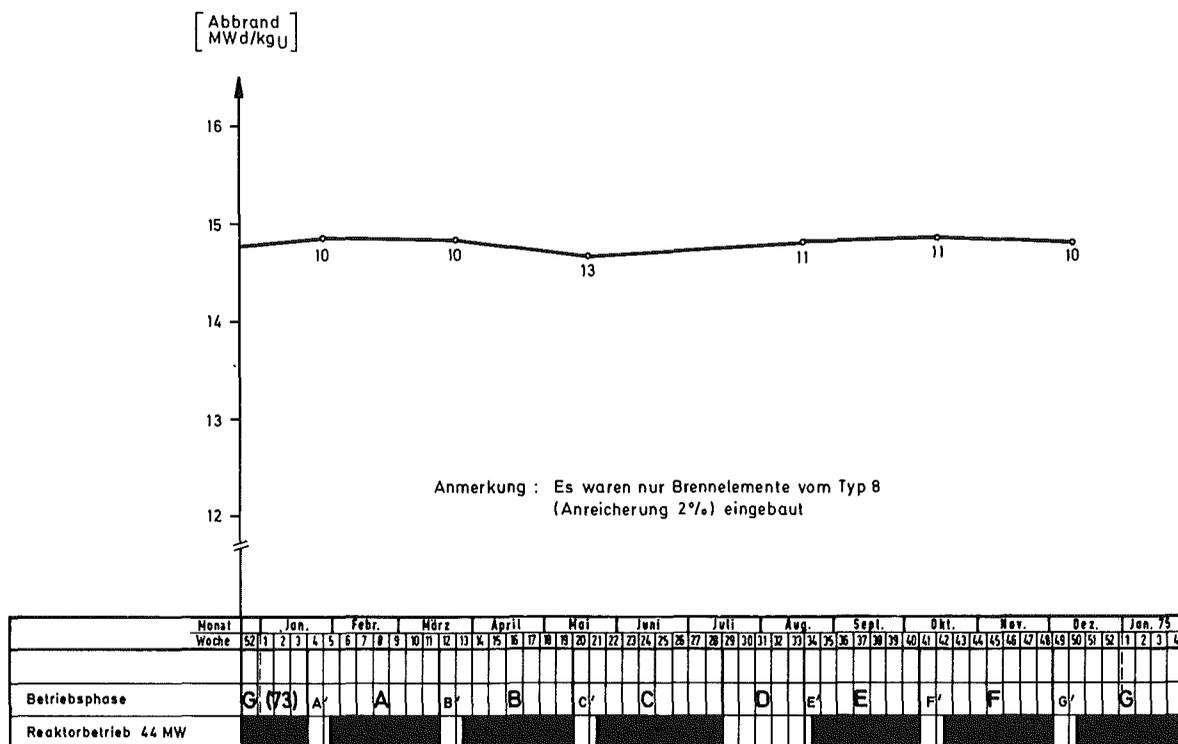


Abb. 3.7

9. Allgemeine Störungen und besondere Vorkommnisse

In diesem Kapitel werden nur Störungen und besondere Vorkommnisse beschrieben, die den Experimenten bzw. Reaktorhilfseinrichtungen nicht direkt zuzuordnen sind.

03.01.1974: α -Kontamination der Gebäudeteile 601/605/606 im FR2-Bezirk.

Gegen 12.00 Uhr sollte ein Plutoniumpräparat, das am Strahlrohrexperiment FR2/70 (siehe Abschnitt 2, Kap. 4) in der Halle des FR2 stationiert war, von den Experimentatoren abgeholt werden. Bei der für die Freigabe erforderlichen Überprüfung durch den Strahlenschutz wurde, beim Öffnen einer zusätzlichen zweiten Schutzhülle um den Präparatbehälter, eine geringe Menge des als feinstes Pulver vorliegenden PuO_2 freigesetzt und verursachte durch Verschleppung bzw. Verteilung durch den Luftstrom eine α -Kontamination in mehreren Fluren und Räumen des Dienst-, Zwischen- und Erweiterungsbaus (Gebäude Nr. 605/606/601). Ferner wurden bei den drei mit der Freigabe-Messung beschäftigten Personen der Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit leichte Inkorporationen festgestellt. Um in Zukunft ähnliche Kontaminationsfälle auszuschließen, dürfen Probenfreigaben, bei denen Schutzhüllen geöffnet werden müssen, nur noch in entsprechenden Boxen vorgenommen werden.

Der Betrieb des Reaktors wurde durch den Zwischenfall nicht beeinträchtigt.

20.03.1974: Gebäudealarm mit Alarmstufe I

Räumung der Kreislauf Räume R 003, R 006 und R 107 wegen Überschreiten der zulässigen Tritiumkonzentration durch D_2O -Austritt bei Reparaturarbeiten an Ventil 10.05 (Ventil vor D_2O -Hauptpumpe Pos. 1.5).

07.08.1974: Kontamination der Heißen Zelle des FR2

Bei einem Aufheizversuch des bestrahlten KVE 115 (Experiment FR2/86, siehe Abschnitt 2, Kap. 5) in der HZ des FR2 schmolz die Antimondichtung einer Thermoelementdurchführung. Als Folge davon entstand eine starke Kontamination durch Sb-124. Eine grobe Dekontamination erfolgte mittels Ferngreifer. Die Enddekontamination der HZ wurde unter Mitwirkung der Abteilung Dekontaminationsbetriebe durchgeführt. Besondere Strahlenbelastungen von Mitarbeitern und Auswirkungen nach außen wurden nicht verzeichnet.

Abschnitt 4: Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen

1. Zusammenfassung

Die Reaktorhilfseinrichtungen, wie

Reaktorschutzsystem
Regel- und Abschaltelemente
Brennelementüberwachung
Schwerwasserkreislauf
Heliumkreislauf
Leichtwassersystem
Lüftungssystem
elektrische Energieversorgungsanlagen

verursachten erheblich weniger Störungen des Reaktorbetriebes als im Vorjahr. Der Betrieb der Anlagen muß als sehr gut angesehen werden. Im einzelnen wurden

1 (5) Reaktorschnellabschaltungen / RSA /
2 (4) Reaktorabschaltungen von Hand / AB /
1 (4) Reaktorleistungsrücknahmen / LR /
2 (1) Reaktorleistungsbegrenzungen / LB /
0 (2) Reaktorstartverzögerungen / SV /

verzeichnet (Klammerwerte = Ergebnis 1973).

Größere Anlagenveränderungen wurden im Bereich der Wasseraufbereitungsanlage durch Zubau neuer Filtereinsätze (Personaleinsparung) und im Bereich der Lüftungssysteme durch Änderung der Deckelungsgangablüftung (Sicherheitsmaßnahme) erforderlich.

Einen großen Wartungs- und Reparaturaufwand erforderten weiterhin die Ventile des Schwerwasserkreislaufs und die Sofortbereitschaftsaggregate der Elektrozentrale.

2. Reaktorschutzsystem

Das Reaktorschutzsystem arbeitete nahezu störungsfrei und machte nur 1 LB erforderlich. Bei allen 11 RSA liefen die Schaltfunktionen ordnungsgemäß ab.

In der Abschaltphase A' wurden im linearen Neutronenflußkanal (Sicherheitskanal 3), gemeinsam wirksam für die Teilkanäle 3a (lineare Neutronenflußanzeige) und 3b (Neutronenflußänderungsgeschwindigkeit), Spannungsverstärker mit dem Verstärkungsfaktor 2 eingebaut. Diese Ergänzung wurde erforderlich, weil der Abbrand an 3 der eingesetzten Ionisationskammern soweit fortgeschritten war, daß eine Einstellung der Anzeige auf $1 \varnothing_N \hat{=} 44 \text{ MW}$ nicht mehr durchgeführt werden konnte. Ersatzkammern des Typs RC 2 werden nicht mehr gefertigt. Als ohne große Umbauarbeiten in die Meßstopfen passender Ersatz

standen Ionisationskammern des Typs IN/12, die aufgrund ihrer Bauart einen niedrigeren Strom liefern, zur Verfügung. Diese wurden in Abschaltphase D' für die abgebrannten Kammern des Sicherheitskanals 3 in der Meßkolonne des FR2 eingesetzt.

Notwendige Wartungsarbeiten an den Sicherheitskanälen wurden in den Abschaltphasen durchgeführt.

Störungen und besondere Vorkommnisse:

22.08.1974: Sicherheitskanal 3a + 3b, Strang II:

Stark schwankende Neutronenfluß- und -änderungsgeschwindigkeitsanzeige mit zeitweiligem Ansprechen des Grenzwertes beim Reaktorstart auf $N < 10^{-3} N_N$. Reaktorleistungsbegrenzung für rd. 6 h zur Fehlersuche. Fehlerursache konnte nicht ermittelt werden. Fehler trat nicht wieder auf.

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten:

Abschaltphase A': Sicherheitskanal 3a

Einbau neuer Trennverstärker zur Grenzwertbildung in der Schaltwarte im Rahmen der beschriebenen Änderung Kanal 3a + 3b.

Abschaltphase C': Sicherheitskanal 5 und 6 (Kühlmittelaufheizspanne an BE)

Ausrüstung der Meßverstärker mit schaltungsmäßig vorgesehenen Thermoelementbruchsicherungen. Weitere Änderungen wurden an den Meßstellen nicht vorgenommen.

Funktionsprüfungen:

Abschaltphase A': Außerplanmäßige Überprüfung der statischen und dynamischen Funktionsfähigkeit der Sicherheitskanäle 3a und 3b nach Umbau.

Abschaltphase C': Außerplanmäßige Prüfung der Sicherheitskanäle 5 und 6 nach Einbau der Thermoelementbruchsicherungen.

Funktionsprüfungen nach FR2-Prüfplan siehe Abschnitt 5. Sicherheitstechnische Mängel wurden bei keiner Prüfung festgestellt.

3. Regel- und Abschaltelemente

Die Funktionsfähigkeit der Trimm-Abschaltstäbe (TA-Stäbe) ist aus Tabelle 9.3, Spalte 17, im Anhang ersichtlich. Bei 31 registrierten Funktionsabläufen wurden jedesmal Teilstörungen in den automatischen Funktionen festgestellt. Es wurden in jedem Fall alle Stäbe ordnungsgemäß abgeworfen, die Ankunftsmeldungen kamen jedoch verzögert oder waren wegen Defekt gebrückt.

Die Störungen an den Ankunfts meldekontakten haben sich zwar verringert, es ist jedoch noch nicht gelungen, die Störungsquelle zu beseitigen.

Als sehr störungsanfällig erwiesen sich in zunehmendem Maße, vermutlich durch Alterung, die Elektromagnete der TA-Stäbe. Neu gewickelte Magnete erreichten noch nicht die gewünschte Standzeit, da sich die verwendeten Vergußmassen als ungeeignet erwiesen. Es wird angestrebt, Magnete mit unvergossenen Spulen herzustellen. Aus den oben genannten Störungsgründen mußten im Berichtszeitraum 6 TA-Stabwechsel durchgeführt werden.

Tabelle 4.1: Trimm - Abschaltstabwechsel im Jahre 1974

TA-Stab Nr.	TA-Stab Pos.	Reaktor-Pos.	Einbau-Datum	Ausbau-Datum	Einsatzzeit bei $> 43 \text{ MW}$ $\left[\frac{\text{d}}{\text{J}} \right]$	Ausbaugrund	ersetzt durch TA-Stab Nr.	wesentliche Reparaturen an den Ersatzstäben
106	2	45/13	29.11.73	23.01.74	45,62	E-Magnet defekt	115	neuer Ankunfts meldekontakt
115	2	45/13	23.01.74	30.01.74	0	Ankunfts meldekontakt defekt	114	E-Magnet und Weicheisenteil gereinigt
110	5	53/21	28.06.73	20.03.74	203,34	Ankunfts meldekontakt defekt	108	E-Magnet und Weicheisenteil gereinigt
118	4	53/17	03.10.73	10.06.74	129,89	E-Magnet defekt	110	neuer Ankunfts meldekontakt
124	1	41/07	24.08.73	07.10.74	306,23	E-Magnet defekt Ankunfts meldeung defekt	122	neuer E-Magnet
105	6	49/25	08.05.73	06.12.74	424,59	E-Magnet defekt	124	neuer E-Magnet, neuer Ankunfts meldekontakt, Kugeln der Kugelumlaufmutter erneuert

4 Störungen wurden gezielt zur Funktionsprüfung der 2. Abschalt einrichtung, dem Moderatorablaß, im Rahmen der vierteljährlichen Prüfung der D_2O -Kreislaufsteuerung eingeleitet. Diese Abschalt einrichtung wurde einmal bei einer Reaktorleistung von rd. $10^{-3} \text{ N}_\text{N}$ durch eine Fehlbedienung eingeleitet.

Störungen und besondere Vorkommnisse:

21.10.1974: Moderatorablaß durch Fehlbedienung im Zusammenhang mit fehlender TA-Stab-Ankunfts meldeung

Bei der Reaktorleistungsrücknahme, zum Ausbau des KVE lfd.Nr.129 (Exp. FR2/73d), wurde kurz vor Unterschreiten der Reaktorleistung von $10^{-3} \text{ N}_\text{N}$ die Konstante des linearen Neutronenflußmeßkanals von $C = 1$ auf $C = 10^{-3}$ herabgeschaltet. Dabei wurde die hierfür erforderliche Periodenunterdrückung zu kurz betätigt und der Reaktor über den Sicherheitskanal 3b durch RSA abgeschaltet. Durch Fehlen der Ankunfts meldeung der TA-Pos. 12 und RSA aus einem nuklearen Sicherheitskanal erfolgte nach 4 s Auslösung Moderatorablaß.

Funktionsprüfungen

Die Prüfungen nach FR2-Prüfplan wurden planmäßig durchgeführt (siehe Abschnitt 5).

Vor jedem Neu- bzw. Wiedereinbau werden die TA- und FR-Stäbe auf dem Prüfstand getestet.

Sicherheitstechnische Mängel wurden bei den Prüfungen nicht festgestellt.

4. Brennelementüberwachung

An die Hüllschadenüberwachungsanlage waren alle Brennelemente und Kapselexperimente angeschlossen und wurden jeweils 1 Minute lang in einem 25-Minuten-Zyklus kontrolliert. Im Jahre 1974 wurde kein Hüllschaden detektiert.

Von allen um- und ausgeladenen Brennelementen wird zusätzlich, beim Umladevorgang mit der Brennelementwechselmaschine, ein "γ-scan" angefertigt, das Rückschlüsse auf mögliche Bündeldefekte zuläßt.

Eine weitere Überwachung der Brennelemente erfolgt über eine Meßwertverarbeitungsanlage, in der laufend die Kühlmittelaufheizspannen der Brennelemente verarbeitet und über die Grenzwertüberschreitungen signalisiert werden. Diese Anlage, die nicht mehr dem Stand der Technik entspricht, ist infolge ihrer immer größer werdenden Störanfälligkeit und der damit verbundenen hohen Wartungskosten erneuerungsbedürftig. Sie soll durch eine rechnergesteuerte Anlage ersetzt werden. Im Zuge der Umrüstung wird die jetzige Temperaturmessung über Thermolemente durch eine genauere Messung mit Widerstandsthermometern ersetzt. Bei allen neu in den Reaktor eingesetzten Brennelementen wurden deshalb umgebaute und zusätzlich zu den vorhandenen Thermolementen mit Widerstandsthermometern bestückte Brennelementoberteile verwendet. Die Umrüstung soll im Jahre 1976 abgeschlossen sein.

Die Aufschaltung der Kühlmittelaufheizspanne von 6 beliebig auswählbaren Brennelementen über Thermolemente auf die Sicherheitskanäle 5 und 6 des Reaktorschutzsystems wird vom Umbau nicht betroffen, da alle Brennelementoberteile weiterhin mit Thermolementen ausgerüstet bleiben.

Aus dem Reaktor ausgebaute Brennelemente werden nach einer Abklingzeit in der Heißen Zelle des FR2 demontiert und gleichzeitig auf Schäden untersucht, die durch die anderen Überwachungseinrichtungen nicht angezeigt wurden.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- 31.01.1974: Durchflußstörung an BE 8-300 auf Core Pos. 48/30 nach dem Reaktorstart auf $N < 10^{-3} N_N$. Abschaltung des Reaktors von Hand und Ausbau des Brennelementes mit einem Abbrand von 3046 Mwd/t_{Uran}. Ursache der Durchflußstörung war vermutlich eine durch den Umbau bedingte im BE-Oberteil eingesetzte, aufgeschwemmte Hülse, die einen teilweisen Verschuß der Kühlwasseraustrittsbohrungen im Umkehrstück verursachten (Konstruktionsfehler).
- 02.05.1974: Bei der Demontage des Brennelements BE 8-297 in der Heißen Zelle des FR2 wurden folgende Schäden festgestellt:
- Umkehrstück: Rücklaufrohr an einem Steg auf rd. 60 mm eingerissen. Der Steg ist an der Schweißnaht abgebrochen (Abb. 4.1.1).
5. Bündel: Ein Stab hängt lose, restliche Stäbe haben großes axiales Spiel (ohne Abb.).
6. Bündel: Ein Stab ist abgefallen. Der Endzapfen fehlt. Der abgefallene Stab zeigte einseitige Scheuerstellen und eine Kerbe am unteren Stopfen (Abb. 4.1.2).

Abb. 4.1: Schäden an BE 8 - 297

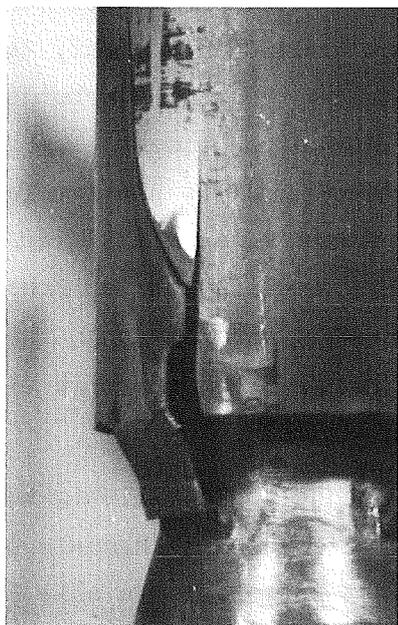


Abb. 4.1.1

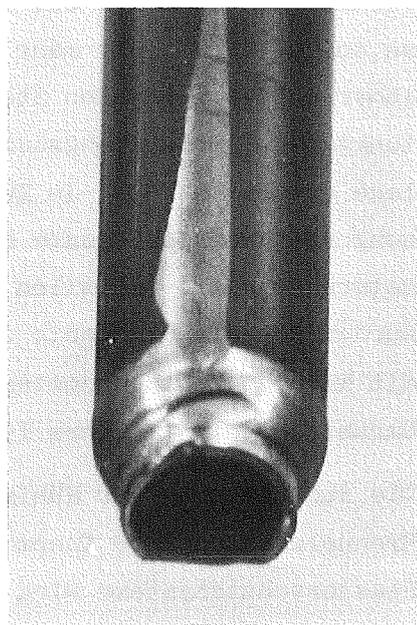


Abb. 4.1.2

Das beim Ausbau aufgenommene "γ-scan" zeigte keine Unregelmäßigkeiten.

Betriebswerte BE 8-297

Einbau:	26.08.1971
Ausbau:	26.03.1974
Betriebsstunden bei $N < 10^{-3} N_N$:	17305 h
Abbrand:	14459 Mwd/t _{Uran}
Schnellabschaltungen:	82 Stück

5. Schwerwasserkreislauf (D₂O-Kreislauf)

Der D₂O-Kreislauf zeigte, trotz mehrerer Störungen an den Membranen der D₂O-Ventile, ein gutes Betriebsverhalten. Durch diese Störungen wurde nur eine Reaktorleistungsbegrenzung nach dem Reaktorstart in Betriebsphase B erforderlich, die aber keinen Ausfall an Reaktorvollastbetriebszeit zur Folge hatte. Alle anderen Störungen konnten während des Reaktorbetriebes oder in den Abschaltphasen behoben werden.

Um die Störungen an den Ventil-Membranen und den damit verbundenen erheblichen Reparatur- und Wartungsaufwand einzuschränken, ist beabsichtigt, bei einem Ventil versuchsweise die Gummimembrane durch eine Spindelabdichtung mittels Metallfaltenbalg zu ersetzen. Der erste Einsatz eines so geänderten Ventils ist für das Jahr 1975 vorgesehen.

Zur Herabsetzung der Tritiumaktivität (H³-Aktivität) des Kreislauf-D₂O wurden im Dezember 1974 rd. 5000 kg D₂O mit einer spez. H³-Aktivität von 7 Ci/l aus dem D₂O-Kreislauf entnommen und dafür rd. 5250 kg D₂O mit geringerer H³-Aktivität eingefüllt. Die Gesamt-H³-Aktivität konnte dadurch auf rd. 6 Ci/l gesenkt werden.

Tabelle 4.2: Betriebsdaten des D₂O

	Jahres-		Bemerkungen
	Anfang	Ende	
Isotopenreinheit [Mol %]	99,610	99,599	Abreicherung kontinuierlich wegen Aus-, Ein- und Umsetzungen von vertikalen Core-Einbauten
H ³ -Konzentration [Ci/l]	6,5	7,0 ^{x)} 6,0 ^{xx)}	kontinuierlich steigend bis ^{x)} , Sättigungsaktivität noch nicht erreicht - ^{xx)} nach Einfüllung von rd. 5250 kg D ₂ O mit niedrigerer H ³ -Konzentration
Leitfähigkeit [μS/cm]	0,13	0,38	am 29.03.1974 erfolgte Umschaltung auf Mischbettfilter 1.4
spez. γ-Aktivität [μ Ci/ml]	Jahresmittel 8 · 10 ⁻³		nach 12 h Abklingzeit
spez. α-Aktivität [μ Ci/ml]	5 · 10 ⁻⁶		Nachweisgrenze: 2 · 10 ⁻⁶ μ Ci/ml

Das Aussehen des Schwerwassers ist klar, ohne Trübung.

Die nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über den Bestand und die Bewegungen der D₂O-Menge im Reaktor.

Tabelle 4.3: D₂O-Bilanz für das Jahr 1974

D ₂ O-Bestand im FR2 am 01.01.1974:			37.971,48 kg
Eingefüllte D ₂ O-Menge von Reaktorqualität (RQ) = 99,800 Mol %			
Tag	Menge [kg]	Bemerkungen	
02.07.	223,80	in 5 m ³ -Behälter eingefüllt	
02.12.)	3.940,00	in 30 m ³ -Behälter eingefüllt	} Senkung der H ₃ -Konzentration
03.12.)			
11.12.)			
01.01.)	19,88	für Sperrflüssigkeiten in He-Gebläsen und Perlwasser in Gasanalyse	
bis)			
31.12.)			
	5.500,68		+ 5.500,68 kg
Entnahmen für Proben, Analysen und Leckwasser			
01.01.)	38,89	für Proben und Analysen	
bis)			
31.12.)			
01.01.)	141,72	als Leckwasser	
bis)			
31.12.)			
	180,61		- 180,61 kg
Entnahmen bei Deuterierung und Entdeuterierung der Mischbett-Filterharze (MiFi 1.3)			
19.06.)	165,72	zur Deuterierung neuer Mischbettfilterharze	
bis)			
21.06.)			
10.09.)	186,55	zur Entdeuterierung beladener Mischbettfilterharze	
bis)			
12.09.)			
	352,27		- 352,27 kg
Entnahme zur Senkung der H ₃ -Konzentration			
09.12.)	4.993,10	aus 23 m ³ -Behälter abgefüllt	
10.12.)			
			- 4.993,10 kg
Unwiederbringliche Verluste bei Montagearbeiten, Störungen, Umfüllungen und Entdeuterierungen			
01.01.)	rd. 33 *)	Aus-, Umbau von Reaktoreinbauten wie BE, KVE und Exp. durch Verdampfen	
bis)			
31.12.)			
01.01.)	rd. 4 *)	bei Montagearbeiten im D ₂ O-Kreislauf	
bis)			
31.12.)			
01.01.)	rd. 16 *)	kontinuierliche Verluste (ermittelt aus den H ₃ -Abgaben im Kamin) **)	
bis)			
31.12.)			
10.09.)	1,50	Verluste bei Entdeuterierung der Mischbettfilterharze	
bis)			
12.09.)			
02.12.)	8,07	Fehlmenge in den D ₂ O-Fässern die in 30 m ³ -Behälter nachgefüllt wurden	
03.12.)			
11.12.)			
	rd. 53 *) 9,57		- 62,57 kg
D ₂ O-Bestand im FR2 am 31.12.1974			37.883,61 kg

Anmerkung: *) rd. 5 3 kg D₂O wurden mit der Abluft über den Kamin abgegeben.

**) bei Reaktorbetrieb ergaben sich rd. 60 g/d an kontinuierlichen D₂O-Verlusten.

Störungen und besondere Vorkommnisse

28.03.1974: Reaktorleistungsbegrenzung auf $N < 10^{-3} N_N$ beim Reaktorstart wegen Membranbruch D₂O-Ventil 13.06 (Zulauf D₂O-Reinigungs-kreislauf). Ventilmembrane gewechselt.

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten

Abschaltphase A': Der Druckschwerwasserkreislauf Exp. FR2/58 wurde stillgelegt / 17 und der Experimentierkreislauf vom Druckverteiler des D₂O-Kreislaufs durch Ausbau von Ve 10.32 (Rohrleitung dichtgeflanscht) und Zu-Blockierung von Ve 11.27 abgetrennt. Die Abtrennung vom Saugverteiler erfolgte am 58 P-Ve 189, die Unterbrechung der Filterrückspüleleitung zwischen Ve 13.28 und 58 P-Ve 180. Beide Leitungen wurden durch Blindflansche dichtgesetzt. Die D₂O-seitige Aufschaltung des Experiments auf die Hüllschadenüberwachungsanlage wurde durch Unterbrechung der Spannungsversorgung der Ventile 58 H-Ve 622, 623, 627, 632, 633 und 637 unterbunden. Die Ventile sind ohne Spannung in Zu-Stellung.

Die Steuerbefehle der D₂O-Programme m, p, q auf die Ventile des Experimentierkreislaufs wurden unwirksam gemacht.

Die Arbeiten an D₂O-Ventilen sind in folgender Tabelle zusammengefaßt:

Tabelle 4.4: Routinemäßige und störungsbedingte Ventil- und Membranwechsel von D₂O-Ventilen

Tag	Membran/ Ve-Nr.	Bemerkungen
21.01.	17.11	Routine-Wechsel der Membrane
22.01.	10.03	Routine-Wechsel der Membrane
22.01.	10.05	Routine-Wechsel der Membrane
24.01.	12.02	Routine-Wechsel der Membrane
24.01.	12.03	Routine-Wechsel der Membrane
24.01.	12.04	Routine-Wechsel der Membrane
24.01.	12.01	Membrane undicht
19.03.	12.01	Membrane undicht
21.03.	15.44	Ve ausgetauscht, Durchgang undicht
22.03.	10.05	Membrane undicht
26.03.	10.01	Membrane undicht
28.03.	13.06	Membrane gerissen
13.05.	13.47	Routine-Wechsel der Membrane
14.05.	12.01	Membrane undicht
15.05.	10.05	Membrane undicht
15.05.	10.03	Membrane undicht
22.07.	13.01	Membrane undicht
12.08.	12.01	Membrane undicht
12.08.	17.05	Membrane undicht
13.08.	10.02	Routine-Wechsel der Membrane
14.08.	17.04	Ve ausgetauscht, Durchgang undicht
20.08.	15.42	Membrane undicht
08.10.	19.14	Ve ausgetauscht, Durchgang undicht
08.10.	19.15	Ve ausgetauscht, Durchgang undicht
09.10.	17.11	Membrane undicht
21.10.	13.15	Membrane undicht
02.12.	10.04	Routine-Wechsel der Membrane
03.12.	12.08	Routine-Wechsel der Membrane
04.12.	15.10	Ve ausgetauscht, Durchgang undicht

Funktionsprüfungen

nach FR2-Prüfplan siehe Abschnitt 5. Bei den Prüfungen wurden keine sicherheitstechnischen Mängel festgestellt.

6. Heliumkreislauf

Der Helium-Hauptkreislauf und der Helium-Steuerdruckkreislauf konnten nahezu störungsfrei betrieben werden.

Tabelle 4.5: Betriebsdaten des Kreislaufheliums

		Bemerkungen
mittl. N ₂ -Gehalt	1,3 %	durch Lufteinbruch
mittl. O ₂ -Gehalt	0,5 %	Konstanthaltung durch gezielte Zudosierung
He-Verlust	65 m ³	nur Kreislaufverluste, siehe Anmerkung
He-Reinigungen	4	Verbrauch flüssiger Stickstoff: rd. 3500 Nm ³ ausgereinigte Luft: rd. 11 m ³
mittlerer Spaltgasgehalt	Xe 133 4 · 10 ⁻³ Ci/m ³ Xe 135 2 · 10 ⁻³ Ci/m ³ Kr 85 m 4 · 10 ⁻⁴ Ci/m ³ Kr 87 3 · 10 ⁻⁴ Ci/m ³ Kr 88 7 · 10 ⁻⁴ Ci/m ³	Werte gelten für Reaktorleistungsbetrieb

Anmerkung: Für Prüfungen und Regenerationen wurden zusätzlich rd. 32 m³ He, die nicht in den He-Kreislauf eingespeist wurden, verbraucht.

Störungen und besondere Vorkommnisse

21.10.1974: Reaktorleistungsreduzierung wegen He-Verlust im He-Steuerdruckkreislauf durch undichtes He-Steuerventil für D₂O-Notablaßventil 16.01. Steuerventildichtung erneuert.

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten

22.05.1974: He-Gebläse Pos. 3.8 für Hüllschadenüberwachung überholt. Motor- und Gebläselager erneuert.

Abschaltphase G': Anschluß von He-Entlastungsleitungen zum He-Druckausgleichsbehälter an die He-Vorsteuerventile 26.25 und 26.26 des He-Steuerdruckkreislaufs (Steuerventile für D₂O-Moderatorablaßventile 16.01 und 16.02) zur Verringerung der He-Leckverluste. Das Leck-Helium wurde vorher in die Abluft abgegeben.

Funktionsprüfungen

wurden nach FR2-Prüfplan (siehe Abschnitt 5) durchgeführt. Bei den Prüfungen ergaben sich keine Mängel.

7. Leichtwassersysteme

Im Berichtszeitraum traten in den Leichtwassersystemen

Hauptkühlkreislauf mit Kühltürmen
 Therm.-Schildkühlkreislauf
 Experimentierkühlkreislauf
 Absetzblock- und Absetzbeckenkühlkreislauf
 Rohwassernetz
 Regenwassernetz
 Chemieabwassernetz
 Fäkalabwassernetz und
 Netz für möglicherweise radioaktive Abwässer

keine nennenswerten Störungen auf.

Herausragendes Ereignis im Bereich der Leichtwassersysteme war die Kapazitätserweiterung der Vollentsalzungsanlage. Die Erweiterung wurde einmal durch die laufende Verschlechterung der Rohwasserqualität [2] und zum anderen aus Gründen der Kostenersparnis und Personaleinsparung erforderlich.

Tabelle 4.6: Wasserverbrauch und Erzeugung vollentsalzten Wassers

Verbrauch/ Erzeugung	vor Umbau der Vollentsalzungsanlage	nach	Bemerkungen
Rohwasserverbrauch	536.254 m ³		Gesamt-FR2-Bezirk
Erzeugung vollentsalztes Wasser	215.249 m ³	137.037 m ³	----
Anzahl der Regenerationen	302	145	----
mittl. Durchsatz	695 m ³	935 m ³	zwischen zwei Regenerationen
Rohwasserverbrauch	21.010 m ³	11.520 m ³	zur Spülung der Filter
Chemieabwasser	21.010 m ³	11.520 m ³	durch Regenerationen
Chemikalienverbrauch Natronlauge (NaOH)	77,0 t	39,0 t	50 % Konzentration
Salzsäure (HCl)	210,0 t	124,5 t	30 % Konzentration
Kosten für vollentsalztes Wasser in DM/m ³	---	---	
Rohwasser	0,100	0,100	
Rohwasserverbrauch	0,010	0,009	0,10 DM/m ³ Rohwasser
Chemieabwasser	0,195	0,168	2,00 DM/m ³ Chemieabwasser
Natronlauge	0,063	0,050	176,30 DM/t NaOH
Salzsäure	0,139	0,129	142,50 DM/t HCl
Gesamt	0,507	0,456	----

Durch Analysen war der Engpaß für die Vollentsalzung des Rohwassers in den Anionenstufen ermittelt worden. In der großen Abschaltphase D' wurden deshalb die Anionenstufen beider Vollentsalzungsbahnen um je ein zweites Filter erweitert und damit die Kapazitäten der Anionenstufen denen der Kationenstufen angeglichen. Der mittlere Durchsatz je Bahn erhöhte sich dadurch um rd. 30 %.

Die zusätzlichen Filter werden parallel zu den vorhandenen Anionenfiltern betrieben. (Die Filter einer Anionenstufe können jedoch auch einzeln gefahren werden.) Entsprechend dem Größenverhältnis der Anionenfilter einer Stufe ($2,26 \text{ m}^3 : 1,365 \text{ m}^3$) ist der Mengenstrom über die Filter einzustellen.

Diese Kapazitätsausweitung machte es möglich, die Regenerationen der Ionenaustauscher an Werktagen innerhalb der normalen Arbeitszeit durchzuführen. An Wochenenden und Feiertagen wird die Vollentsalzungsanlage lediglich in einer Schicht besetzt. Dadurch entfällt der bis zur Abschaltphase D' erforderliche 2-Schichtbetrieb (Früh- und Spätschicht). Neben der Personaleinsparung konnte der Preis pro m^3 vollentsalztes H_2O schon im Einfahrbetrieb gesenkt werden, was hauptsächlich auf die Einsparung von Chemikalien und die verringerte Abgabe von Chemieabwasser zurückzuführen ist. Eine genaue Berechnung der Kostenersparnis wird erst möglich, wenn zwei volle Jahresverbräuche gegenübergestellt werden können, d.h. im Jahre 1975.

Tabelle 4.7: Abwasser im FR2-Bezirk

Abwasserart/-system	Abwassermenge [m^3]	Bemerkungen
Regenwassernetz	141.977	hauptsächlich Kühlwasser für Experimente und Kältemaschinen
Chemieabwasser	42.773	hauptsächlich aus Wasseraufbereitungsanlage
radioaktives Abwasser	273	-
häusliches Abwasser	5.800	-
Gesamt-Abwasser	190.823	-

Über die Kühltürme wurden 345.431 m^3 entsprechend der Energieabgabe des Reaktors verdampft.

Für die Abteilung Dekontaminationsbetriebe (ADB) wurden wiederum schwachradioaktive Abwässer im Behältergebäude des FR2 zwischengelagert [1]. Die Einlagerung wurde in folgenden Zeiten vorgenommen:

Tabelle 4.8: Einlagerung schwachradioaktiver Abwässer

Zugang		Abgang		lfd. Gesamtlagerung	
Datum	Menge [m ³]	Datum	Menge [m ³]	Bh 9.9 [m ³]	Bh 9.10 [m ³]
Übertrag	155	---	--	--	155
03.01.74	110	---	--	--	265
15.01.74	50	---	--	--	315
15.01.74	100	---	--	100	315
24.01.74	7	---	--	100	322
25.01.74	65	---	--	165	322
---	--	04.02.74	123	165	199
---	--	06.02.74	64	165	135
07.02.74	9	---	--	165	144
08.02.74	81	---	--	165	225
20.02.74	60	---	--	165	285
20.02.74	9	---	--	165	294
---	--	07.03.74	53	112	294
---	--	11.03.74	105	7	294
---	--	12.03.74	104	7	190
---	--	24.03.74	47	7	143
---	--	02.04.74	138	7	5
31.05.74	130	---	--	7	135
06.06.74	130	---	--	7	265
19.06.74	140	---	--	147	265
21.06.74	115	---	--	262	265
05.07.74	8	---	--	262	273
11.07.74	9	---	--	262	282
12.07.74	10	---	--	262	292
16.07.74	7	---	--	262	299
---	--	20.07.74	118	262	181
---	--	22.07.74	137	262	44
25.07.74	15	---	--	277	44
---	--	07.08.74	100	177	44
23.08.74	130	---	--	177	174
29.08.74	8	---	--	177	182
---	--	02.09.74	135	177	47
---	--	12.09.74	150	27	47
15.09.74	60	---	--	87	47
---	--	18.09.74	75	12	47
31.10.74	150	---	--	12	197
01.11.74	97	---	--	12	294
18.11.74	15	18.11.74	130	27	164
29.11.74	135	---	--	27	299
10.12.74	10	---	--	37	299
11.12.74	50	---	--	87	299
---	--	21.12.74	90	87	209
---	--	22.12.74	140	87	69
30.12.74	10	---	--	97	69
Σ	1875	---	1709	166	

Störungen und besondere Vorkommnisse
traten in den H₂O-Kreisläufen nicht auf.

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten wurden, bis auf den beschriebenen Umbau der Vollentsalzungsanlage, nicht durchgeführt.

Funktionsprüfungen
wurden nach FR2-Prüfplan (siehe Abschnitt 5) durchgeführt. Beanstandungen ergaben sich nicht.

8. Lüftungssysteme

An den Lüftungssystemen des FR2

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

traten keine, den Reaktorbetrieb beeinträchtigenden Störungen auf.

Im Bereich der Lüftungssysteme wurden zur Erhöhung der Sicherheit bei der Luftführung und zur Vermeidung von Kontaminationen anderer Abluftanlagen einige Änderungen durchgeführt. So wurde in die Abluftleitung des Looplagers ein Aktivkohlefilter eingebaut, die Abluft Deckelungang (DU) an die Abluftanlage Absetzblock und die Absaugung Absenkschacht an die Abluftanlage für Experimente angeschlossen.

Die im Abluftplan für den FR2 zulässigen Werte wurden nicht überschritten. Eine wesentliche Änderung gegenüber dem Plan des Jahres 1973 besteht darin, daß die höchstzulässige tägliche Ableitung radioaktiver Stoffe in die Luft generell auf 1/10 des höchstzulässigen Monatswertes festgesetzt wurde. Für den FR2 bedeutet dies

- eine tägliche H₃-Abgabe von max. 12 Ci und
- eine tägliche Ar-41-Abgabe von max. 1600 Ci.

Außerdem wurden die höchstzulässigen monatlichen und jährlichen Ableitungen von Ar-41 erheblich gesenkt. Sie betragen gegenüber dem Vorjahr:

Jahr	zul. monatl. Abgabe	zul. jährl. Abgabe
1973	30.000 Ci	220.000 Ci
1974	16.000 Ci	160.000 Ci

Tabelle 4.9: Ableitung radioaktiver Stoffe über FR2-Abluftschornstein [4]

Monat	Tritium (H-3) [Ci]	Argon 41 (Ar-41) [Ci]	Gruppe B [Ci]
nach Abluftplan zulässiger Monatswert	16.000	120	0,15 $1,5 \cdot 10^{-2} \text{ x)}$
Januar	7.829	61,2	$3 \cdot 10^{-3} \text{ x)}$
Februar	10.556	14,6	-
März	7.803	39,2	-
April	11.310	12,9	-
Mai	7.902	44,8	$5 \cdot 10^{-2}$
Juni	10.060	16,7	$4,3 \cdot 10^{-2}$
Juli	5.441	10,4	$2,2 \cdot 10^{-2}$
August	3.476	26,8	-
September	11.286	11,6	-
Oktober	7.528	37,2	-
November	11.269	11,0	$6,5 \cdot 10^{-3} \text{ x)}$
Dezember	7.718	30,8	-
Gesamt:	102.178	317,2	0,13
nach Abluftplan zulässiger Jahreswert	160.000	1000	1,5

Anmerkung: Gruppe B = Beliebige Mischung von β - und γ -Strahlern, wenn die α -Strahler sowie Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242m und Cf-254 unberücksichtigt bleiben können.

x) $\frac{1}{10}$ von Gruppe B für J-126, J-129 und J-131

Störungen und besondere Vorkommnisse

26.06.1974: Abgabe von Br-82 mit der FR2-Abluft.

Bei γ -spektroskopischen Auswertungen von Kohlefiltern, die in einem Bypass mit der FR2-Abluft durchfahren werden, wurde eine Aktivitätsabgabe an Br-82 vom

29.04.74 bis 04.06.74 mit 51 mCi und
04.06.74 bis 25.06.74 mit 31 mCi

festgestellt. Als Herkunft wurde die Isotopenkanalabluft ermittelt.

Die letzte Probenbestrahlung mit Brom zur Erzeugung von Br-82 wurde am 06.03.74 aus dem Reaktor ausgebaut. Die Bestrahlungssprobe, eine Quarzampulle mit 0,1 g Brom, war jedoch nicht beschädigt und befand sich noch im Institut für Radiochemie (IRCH).

Eine Kontrolle der Beschickungseinrichtung für Isotopenbestrahlungen im IRCH ergab, daß die Geräte und das Verpackungsmaterial für Probenbestrahlungen teilweise mit Brom verunreinigt waren.

Die Verunreinigung wurde mit den Isotopenkapseln in den Bestrahlungskanal des Reaktors verschleppt und dort aktiviert. Die Beladungseinrichtung im IRCH wurde gereinigt. Aus der vom 20.8.74 bis 16.09.74 beladenen Kohleprobe wurde noch eine Aktivitätsabgabe von 3,5 mCi ermittelt, was auf eine Restverschmutzung der Kapselträgerrohre zurückzuführen war.

Die nach Abluftplan zulässigen Abgaben in Gruppe B wurden nicht überschritten.

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten

Abschaltphase A': Druckluftkompressor 4.1

Versuchsweiser Ersatz der Rückschlagklappe (RSK) durch RSK mit Dämpfungskolben und Gummidichtung. Metalldichtung der alten RSK war laufend korrodiert und dadurch undicht. Bei Bewährung sollen alle Druckluftkompressoren mit neuer RSK ausgerüstet werden.

Abschaltphase B': Einbau eines Aktivkohlefilters (Filterlänge 450 mm, Kohleinhalt 2 l) in die Abluftleitung des Looplagers zur Rückhaltung von Spalthalogenen von defekten Versuchseinsätzen. Damit entfällt die automatische Zuschaltung der Jodfilter Pos. 4.103 in der Abluftanlage für halogenhaltige Abgase beim Öffnen der Absaugung Looplager. Der Kohlewechsel wird zusammen mit dem Hauptfilter Pos. 4.103 erfolgen.

Abschaltphase B': Umrüstung der Aktivitätsmeßstellen 4A3 (Reaktorgebäude-Zuluft), 4A4 (Reaktorhallen-Abluft), 4A5 (Experimentier-räume-Abluft) und 4A6 (Kreislaufräume-Abluft) auf transistorisierte Meßkanäle zur γ -kompensierten Messung von β -Strahlung. Durch den Umbau wird der Einfluß von γ -Fremdeinstrahlungen auf das Meßergebnis weitgehend ausgeschaltet, so daß nur die β -Aktivität der Zu- bzw. Abluft gemessen und angezeigt wird und unnötige Luftprogrammumschaltungen vermieden werden.

Abschaltphase D': Umbau der Abluftleitung Deckelungang vom Luftkreislauf Reaktorgebäude (LKL I) auf Abluftanlage Absetzblock. Die Leitungsführung für die Zuluft DU wurde belassen. Durch die Änderung ist gewährleistet, daß der bei bestimmten Betriebsoperationen im DU auftretende tritiumhaltige Wasserdampf nicht in die Atemluft des LKL I gelangen kann. Bisher mußte bei derartigen Fällen die Klimaanlage des LKL I ohne Umluftregelung gefahren werden.

Abschaltphase G': Anschluß der Absenkschacht-Belüftung an die Abluftanlage für Experimente. Die Absaugung gewährleistet eine definierte Luftströmung sowie die Unterdruckhaltung im Absenkschacht.

Funktionsprüfungen

nach FR2-Prüfplan (siehe Abschnitt 5) wurden planmäßig durchgeführt. Sicherheitstechnische Mängel ergaben sich nicht.

9. Elektrische Energieversorgungsanlagen

Im Bereich der elektrischen Energieversorgungsanlagen traten keine den Reaktor- und Experimentierbetrieb beeinträchtigenden Störungen auf. Netzausfälle der Hochspannungsanlage durch Ereignisse außerhalb des FR2-Bereichs wurden nicht verzeichnet.

Der Verbrauch an elektrischer Energie lag mit

15.983.000 kWh

um rd. 2 Mio kWh unter dem Verbrauch des Vorjahres. Dieses ist hauptsächlich auf das Auslaufen des Experimentes FR2/58 (siehe Abschnitt 2, Kap. 3.5 und /_1_7), die Stilllegung der Stickstofferzeugungsanlage des Experiments FR2/26 (siehe Abschnitt 2, Kap. 3.3) und den durch Umbauarbeiten erforderlichen Stillstand des Experimentes FR2/55a (siehe Abschnitt 2, Kap. 3.4) zurückzuführen.

Außer dem Sofortbereitschaftsaggregat 2 (SBA 2) verursachten die elektrischen Anlagen keinen größeren Reparaturaufwand.

Störungen und besondere Vorkommnisse

16.08.1974: Schaden an der Induktionskupplung SBA 2

In der Nachtschicht wurden gegen 03.00 Uhr Unregelmäßigkeiten am SBA 2 festgestellt. Das Lager zwischen Schwungrad und Kupplung war mit braunem Kunststoffabrieb bedeckt. Die Lagertemperatur betrug 87 °C, anormale Laufgeräusche waren nicht festzustellen. Nach Inbetriebnahme des Reserveaggregates und dem Abschalten des SBA 2 wurden in der Wanne unter der Induktionskupplung Bruchstücke der Spulenisolationsmasse gefunden. Bereits am 16.08.74 wurde mit der Demontage der Kupplung begonnen. Am Nachmittag des 19.08.74 war die Demontage abgeschlossen.

Eine Besichtigung der Kupplungsteile ergab folgende Beschädigungen:

a) Beschädigungen des Polrades Abb. 4.2

Abb. 4.2.1: Die Isolationsmasse des Spulenkörpers ist gerissen und hat sich gelöst.

Nach der Demontage der äußeren Polschuhhälften ergab sich:

Abb. 4.2.2 und Abb. 4.2.3: Die Isolationsmasse hat sich vom Untergrund gelöst und ist zum Teil aufgrund der Fliehkraft nach außen herausgeschleudert worden.

Abb. 4.2.4: Gesamtansicht des Polrades nach der Demontage der äußeren Polschuhhälften.

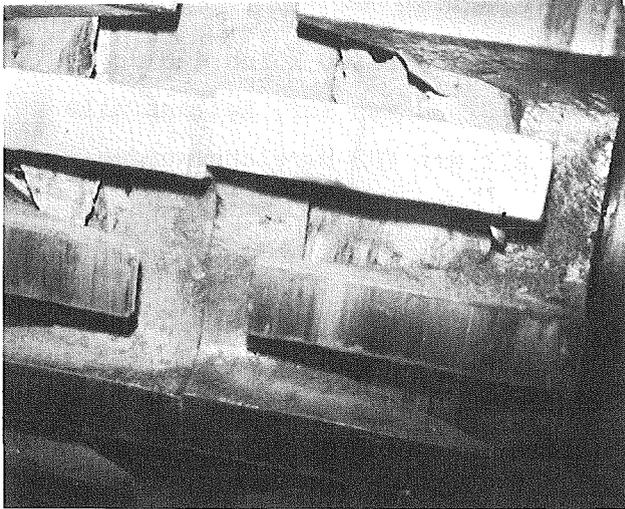


Abb 4.2.1

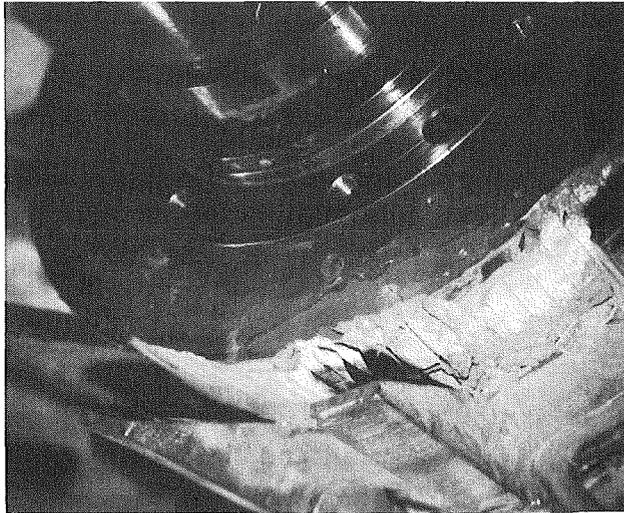


Abb 4.2.2

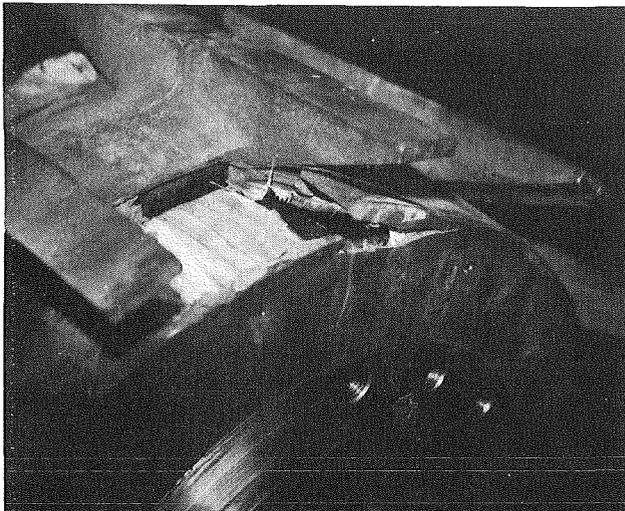


Abb 4.2.3

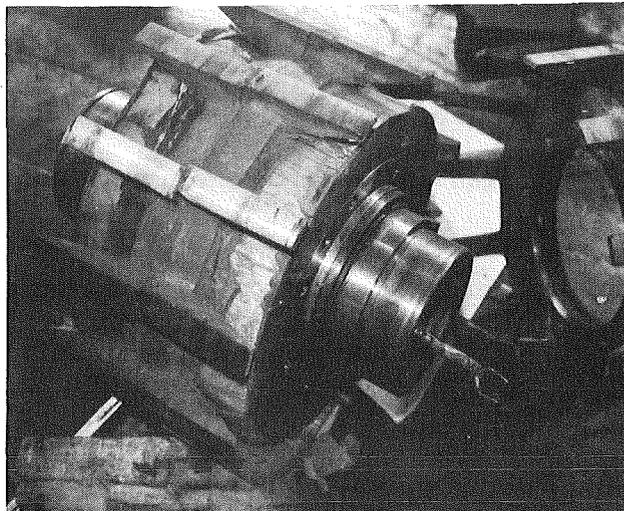


Abb 4.2.4

b) Beschädigungen des Außenteils der Induktionskupplung

Die Bilder der Abb. 4.3 zeigen die Beschädigungen des in den Außenmantel eingebrachten Kurzschlußkäfigs.

Abb. 4.3.1: Einseitige Beschädigung der doppelspuligen Induktionskupplung.

Die dunklen Stellen sind verschmierte Restteile der zermahlten Isolationsmasse des Spulenkörpers. Durch örtliche Überhitzung während des Zermahlens der Isolationsmasse sind Materialverschmierungen des Al-Gusses zu erkennen.

Abb. 4.3.2: Stirnseite des Kurzschlußkäfigs mit dem beschädigten Kurzschlußring und den in Al eingegossenen Nutenstäben.

Die Nutenstäbe sind aus dem Kurzschlußring herausgerissen. Dieser Schaden steht nicht im Zusammenhang mit dem Schaden am Polrad der In-

duktionskupplung. Er ist wahrscheinlich auf die verschiedenen Längenausdehnungskoeffizienten des Materials der Nutenstäbe und des Al-Gusses der Kurzschlußringe zurückzuführen.

Abb. 4.3.3: Abschlußdeckel der Induktionskupplung auf der Schwungmassenseite.

Die dunkle Masse auf dem Deckel ist zu Staub zer-mahlenes Isolationsmaterial. Im äußeren Bundbereich (siehe Pfeil) sind deutlich Materialauf-dampfungen feststellbar, die in Abb. 4.3.4 ver-größert gezeigt sind.

Abb. 4.3.4: Vergrößerung der Al-Aufdampfstellen.

Die Al-Aufdampfstellen befinden sich genau an den Stellen, an denen die Nutstäbe aus dem Kurz-schlußring ausgerissen sind. Sie deuten darauf hin, daß von den Nutenstäben über den Kurzschluß-ring erhebliche Ströme geflossen sind, wobei der Leiterquerschnitt (Kurzschlußringquerschnitt) an-scheinend zu gering bemessen ist. Es konnte des-halb eine Materialverflüssigung bzw. Verdampfung stattfinden.

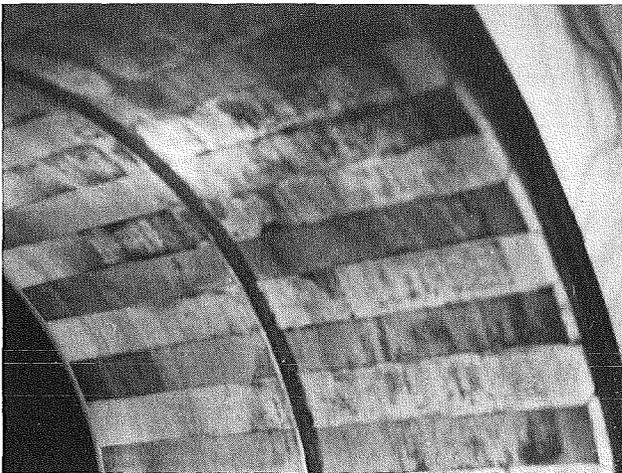


Abb 4.3.1

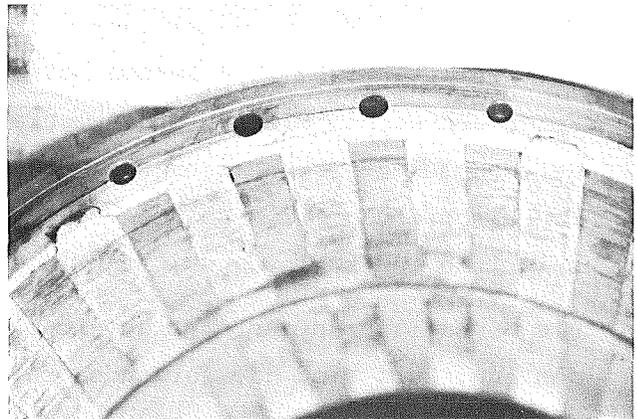


Abb 4.3.2

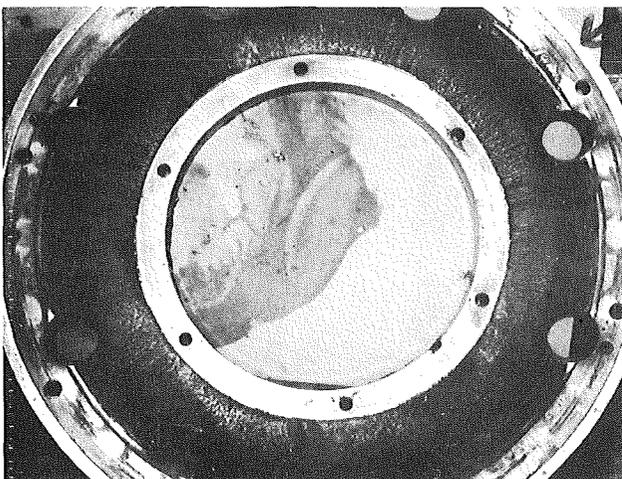


Abb 4.3.3

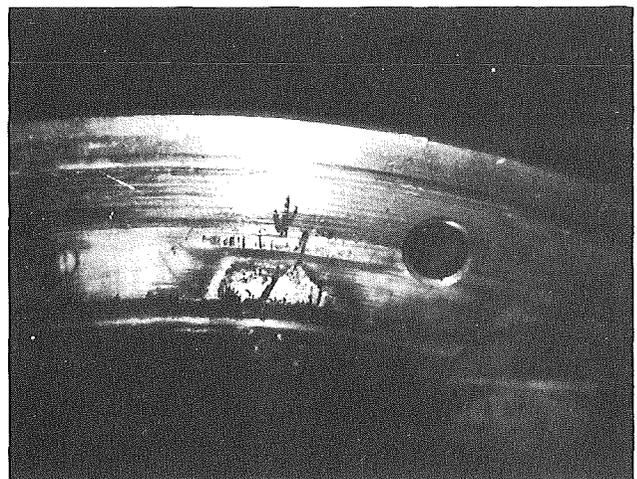


Abb 4.3.4

Größere Reparatur-, Wartungs- und Umbauarbeiten

16.08.1974 -

20.09.1974: Reparatur des SBA 2

Nach der Schadensermittlung wurde umgehend mit der Reparatur des Polrades und des Außenteils der Induktionskupplung begonnen.

Beide Wicklungen des Polrades wurden erneuert, der beschädigte Al-Kurzschlußring durch einen neuen ersetzt und unter Ar-Schutzgas mit den Kurzschlußstegen verschweißt. Im Zuge der Montage wurden die kupplungs- und schwungradseitigen Lager ausgetauscht. Die Reparatur wurde mit einem Probelauf und 4 Hochreißversuchen abgeschlossen.

Funktionsprüfungen

wurden nach FR2-Prüfplan (siehe Abschnitt 5) durchgeführt. Die Funktionsabläufe waren in Ordnung. Sicherheitstechnische Mängel konnten nicht festgestellt werden.

10. Sonstige Reaktorhilfseinrichtungen

Feuermeldeanlage im FR2-Bereich

Seit der 12. Woche 1974 werden betriebswichtige Räume im FR2-Bereich auf Feuer überwacht. Hierzu wurden mehrere Ionisationsrauchmelder an besonders gefährdeten Stellen angebracht. Gleichzeitig wurden die bereits vorhandenen Druckknopffeuermelder an die Überwachungsanlage angeschlossen sowie drei zusätzliche Druckknopffeuermelder in der Reaktorhalle und E-Zentrale vorgesehen.

Die Signalisierung erfolgt an einem Überwachungsschrank in der Schaltwarte des FR2. Dort sind die folgenden beiden Meldesysteme untergebracht:

1. Automatische Rauchgasüberwachung über 73 Ionisationsrauchmelder in 14 Meldeschleifen.
2. Handauslösung des Feueralarms über 43 Druckknopffeuermelder in 13 Meldeschleifen.

Alle Feueralarme werden außerdem automatisch als Sammelmeldung zur Alarmzentrale des KFZK weitergeleitet.

Abschnitt 5: Eigenüberwachung und Prüfungen nach UVV

Die Funktionsprüfungen in Eigenüberwachung wurden nach FR2-Prüfplan (Abb. 5.1.1 bis 5.1.6) durchgeführt. Hierfür wurden

rd. 4520 h = 2,3 Mannjahre

bei 245 Arbeitstagen pro Jahr und 40 Wochenarbeitsstunden benötigt.

Die kurzfristig wiederkehrenden Prüfungen (Abb. 5.2) verlangten nochmals einen Personenaufwand von

rd. 820 h = 0,4 Mannjahre.

In diesen Zeiten sind Prüfungen und Kontrollen, die vor jedem Reaktorstart gefordert werden und Prüfungen aufgrund der Unfallverhütungsvorschriften nicht enthalten.

Der Berechnung wurden die Gesamtarbeitstage des Jahres 1974 zugrunde gelegt. Bei Berücksichtigung der Fehlzeiten durch Urlaubstage erhöht sich der Personalaufwand für Prüfungen um rd. 10 %.

Tabelle 5.1: Prüfungen aufgrund von Unfallverhütungsvorschriften im Jahre 1974

1. Durch den TÜV nach VGB 17 Druckbehälter 24, Abs. 1:
- regelmäßige äußere Prüfung -

1.1 He-D₂O-Kreislauf

Rieselkühlbehälter	R 005	Pos. 4.1.9/6	19.12.74
--------------------	-------	--------------	----------

1.2 Kühlkreislauf Thermischer Schild

Druckbehälter	R 103	Pos. 4.2.18/2	19.12.74
---------------	-------	---------------	----------

1.3 Druckluft

Druckluftbehälter	R 008	Pos. 4.4.16/8a	17.12.74
-------------------	-------	----------------	----------

Druckluftbehälter	R 008	Pos. 4.4.16/8b	17.12.74
-------------------	-------	----------------	----------

Druckluftbehälter	R 008	Pos. 4.4.16/8c	17.12.74
-------------------	-------	----------------	----------

Druckluftbehälter	R 008	Pos. 4.4.16/8d	17.12.74
-------------------	-------	----------------	----------

Druckluftbehälter	N 001	Pos. 4.4.16/9	23.12.74
-------------------	-------	---------------	----------

Adsorber A	N 001	Pos. 4.4.16/6a	23.12.74
------------	-------	----------------	----------

Adsorber B	N 001	Pos. 4.4.16/6b	23.12.74
------------	-------	----------------	----------

Druckluftfilter	N 001	Pos. 4.4.16/7	23.12.74
-----------------	-------	---------------	----------

Druckluftbehälter			23.12.74
-------------------	--	--	----------

Keller
Technikumshalle

1.4 Kälteanlage

Ölabscheider	N 001	Pos. 4.4.8.6a	23.12.74
Ölabscheider	N 001	Pos. 4.4.8.6b	23.12.74
Ölabscheider	N 001	Pos. 4.4.8.6c	23.12.74
Ölabscheider	N 001	Pos. 4.4.8.6d	23.12.74
Ölabscheider	N 001	Pos. 4.4.8.7	23.12.74
Kondensator	N 001	Pos. 4.4.8.8a	23.12.74
Kondensator	N 001	Pos. 4.4.8.8b	23.12.74
Sammelbehälter	N 001	Pos. 4.4.8.8c	23.12.74
Kondensator	N 001	Pos. 4.4.8.9a	23.12.74
Sammelbehälter	N 001	Pos. 4.4.8.9b	23.12.74

1.5 FR2/2 Tieftemperatur Bestrahlungsanlage

Wärmetauscher	R 112	Pos. 2P-Wt 1/2	16.12.74
Speicherbehälter	R 112	Pos. 2C-Bh 1	16.12.74
Speicherbehälter	R 112	Pos. 2H-Bh 2	16.12.74

1.6 FR2/16 Kalte Neutronenquelle

Helium-Pufferbehälter	R 208	Pos. PK-Bh 50	17.12.74
Helium-Pufferbehälter	R 208	Pos. PK-Bh 51	17.12.74
Druckgaskühler	R 208	Pos. PK-Wt 7	17.12.74
Druckgaskühler	R 208	Pos. PK-Wt 8	17.12.74
Ring-Gegenströmer	R-Halle	Pos. PK-Wt 9	17.12.74
Helium-Reiniger I	R-Halle	Pos. PR-Wt 3 Pos. PR-Bh 38	17.12.74
Helium-Reiniger II	R-Halle	Pos. PR-Wt 4 Pos. PR-Bh 39	17.12.74

1.7 FR2/26 Heliumloop

Druckrohrunterteil	R 111	Pos. H-Le 101	23.12.74
Staubfilter	R 111	Pos. H-F1 105	19.12.74
Halogenfilter	R 207	Pos. H-F1 101	19.12.74
Wasserkühler	R 207	Pos. H-Wt 101	19.12.74
Halogen-Adsorber	R 207	Pos. H-F1 102	19.12.74
Staubfilter	R 207	Pos. H-F1 103	19.12.74
Staubfilter (Reserve)	im Lager	Pos. H-F1 103	19.12.74
Wärmetauscher	R 207	Pos. R-Wt 201	19.12.74
Erhitzer	R 207	Pos. R-Hz 201	19.12.74
Cu-O-Kontakt	R 207	Pos. R-F1 201	19.12.74
Gegenstrom-Wärmeaustauscher	R 207	Pos. R-Wt 203	19.12.74
Tieftemp. Adsorber	R 207	Pos. R-F1 202	19.12.74
Auffangtank	R 001	Pos. S-Bh 401	19.12.74
N ₂ -Standtank	R 108		17.12.74

1.8 FR2/55a Dampfkontaminationsloop

Reaktoreinsatz	im Core		17.12.74
Vorwärmer	R 110	Pos. P-H ₁)	31.05.74
Verdampfer	R 110	Pos. P-H ₂)	und
Überhitzer	R 110	Pos. P-H ₃)	17.12.74

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

2.1 He-D₂O-Kreislauf

Rieselkühlbehälter

R 005

Pos. 4.1.9/6

16.08.74

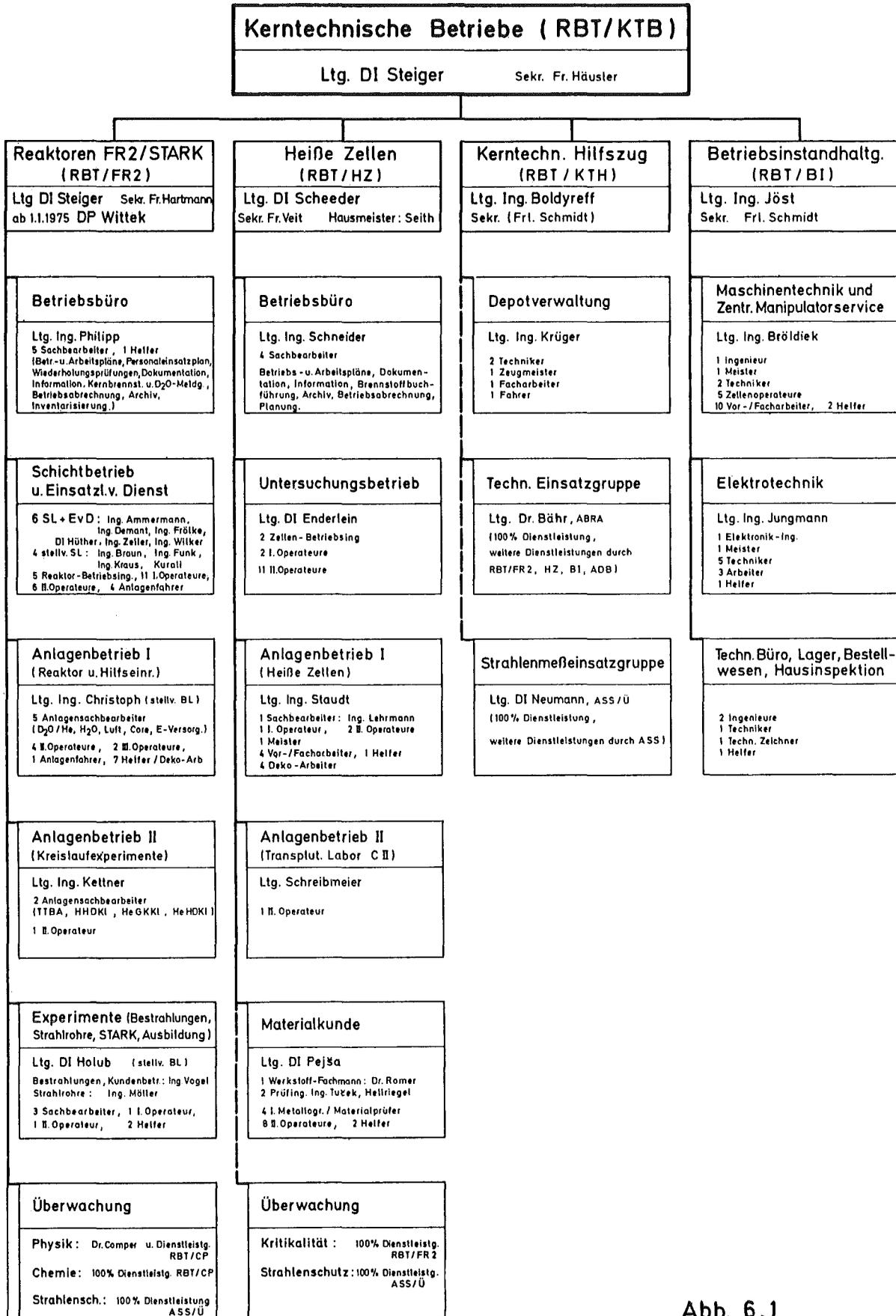
3. Selbstfahraufzüge

durch den TÜV nach der Aufzugsverordnung:

Diese Prüfungen wurden durch Abteilung Ekf/FK veranlaßt und mit dem TÜV durchgeführt.

4. Nach UVV 10 Flurförderfahrzeuge § 20 wird der 2,5 t-Gabelstapler Fabr.Nr.30626 durch Wartungsvertrag mit Lieferer überprüft.

Die übrigen Flurförderfahrzeuge wartet RBT/FR2.



Delegationen:

DI Zimmermann: PSB/Interatom
Rust, W.: P SpFKo
Giesmann, Miles, Moll, Schwörer: IKYT

Abb. 6.1

Abschnitt 6: Personal

1. Zusammenfassung

Die Abteilung Reaktorbetrieb und Technik (RBT) wurde, um eine Konzentration der zentralen Betriebe im nuklearen Bereich zu erreichen und gleichzeitig der steigenden Bedeutung der Ingenieurwissenschaften im Rahmen der Projekte des Kernforschungszentrums Karlsruhe Rechnung zu tragen, 1974 in die Unterabteilungen "Kerntechnische Betriebe" (RBT/KTB) - siehe Organigramm Abb. 6.1 - und "Ingenieurtechnik" (RBT/IT) aufgegliedert (vergl. GF-Rundschreiben 3/74). Dadurch ergaben sich für den Bereich Reaktoren FR2/STARK (RBT/FR2) erhebliche Aufgabenerweiterungen. Die Hauptaufgaben der Betriebsmannschaft lagen bisher im Betrieb der Reaktoren FR2 und STARK einschließlich Wartungsarbeiten und Funktionsprüfungen, der Erstellung von Prüf- und Betriebshandbüchern und dem Betrieb, der Wartung und Überprüfung der Experimentieranlagen. Als neue Aufgabengebiete wurden die Betriebsabrechnung, das Archiv und die Inventarisierung dem Betriebsbüro eingegliedert. Die Gruppe Experimente wurde um den früher durch die Projektgruppen betreuten Komplex Kundenbetreuung und Bestrahlungen erweitert. Neu hinzu kam die Gruppe Überwachung, die gleichzeitig Dienstleistungen für den Bereich "Heiße Zellen" (RBT/HZ) und andere Abteilungen erbringt.

Die durch die organisatorischen Änderungen bedingten Personalerhöhungen wurden teilweise durch Delegationen und Abgänge von Mitarbeitern ausgeglichen. Hier von wurde insbesondere die Bedienungsmannschaft des FR2 betroffen, bei der sich außerdem die Arbeitszeitverkürzung besonders ungünstig auswirkte. Hinzu kommt, daß der diensthabende Schichtleiter des FR2 gleichzeitig Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für das gesamte Kernforschungszentrum ist. Insgesamt waren 140 EvD-Einsätze, die in Tabelle 6.1 dargestellt sind, erforderlich.

Reparaturen, Um- und Neubauten wurden vom Bereich "Betriebsinstandhaltung" (RBT/BI) unter teilweiser Mithilfe der Betriebsmannschaft durchgeführt.

Tabelle 6.1

Aufgliederung der EvD-Einsätze													
Monat	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Summe
1974													
EvD-Einsätze	10	7	13	15	5	11	7	19	12	11	16	14	140
Außerhalb der regulären Dienstzeit	4	4	13	11	5	8	4	16	7	7	10	9	98
Während der regulären Dienstzeit	6	3	-	4	-	3	3	3	5	4	6	5	42
Feuer-Alarm	-	-	2	-	-	2	2	4	1	3	1	1	16
Feuer-Fehlalarm	5	4	1	7	-	4	3	2	4	3	5	5	43
Wasser-Störung	3	1	1	1	2	2	-	3	-	-	3	2	18
Aktivitäts-Alarm	1	1	3	4	-	1	1	7	3	1	1	1	24
Techn. Hilfeleistung	1	1	6	3	3	2	1	3	4	4	6	5	39
Alarm-Übungen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1

2. Personalstand

Bedingt durch die Umstrukturierung hat sich die Betriebsmannschaft des FR2 in ihrer Zusammensetzung gegenüber dem Vorjahr leicht geändert. Die folgende Tabelle gibt den Personalstand zum Jahresende an. Die Personalzahlen der Vorjahre können nicht direkt als Vergleich zur Personalentwicklung herangezogen werden, da, wie schon angeführt, von der Betriebsmannschaft erheblich mehr Aufgaben wahrgenommen werden müssen. Der Personalstand an Reaktorbedienungspersonal ist durch die Delegationen rückläufig.

Tabelle 6.2: Personalzusammensetzung

Ausbildung	1972	1973	1974
Akademiker	5	3 (4) **	4 (5) **
Ingenieure (grad.)	16	13	13
Reaktorbetriebsingenieure	8	7 (8) ***	6 (7) ***
Sachbearbeiter	9	9	15
1. Operateure	10	10	12
2. Operateure	22 (23) *	21	12 (16) ****
3. Operateure	7	6	7
Hilfsarbeiter	6	7	10
Sekretärin	1	1	1
Gesamt:	84 (85) *	77 (79) ** ***	80 (86) ** **** ****

Anmerkung zur Tabelle: * Klammerwert: einschl. 2. Operateur bei Bundeswehr
 ** " einschl. Delegation zu Interatom Bensberg für PSB
 *** " einschl. Delegation IASR-SpFK
 **** " einschl. 2. Operateure delegiert zu IKVT

Die 5 Schichtgruppen wurden wegen der Stilllegung des Kreislaufexperiments FR2/58, der Stickstofferzeugungsanlage des Experiments FR2/26 und des umbaubedingten Stillstandes des Kreislaufexperimentes FR2/55 um je einen 2. Operateur verringert. Die Schichtgruppen sind jetzt besetzt mit

- 1 Schichtleiter und Einsatzleiter vom Dienst (EVD)
- 1 stellvertretenden Schichtleiter
- 1 Reaktorbetriebsingenieur
- 2 1. Operateure
- 1 2. Operateur

Der regelmäßige Schichtdienst in der Wasseraufbereitungsanlage entfällt nach der Kapazitätserweiterung der Anlage (siehe Abschnitt 4, Kap. 7). Die Bereitstellung einer Reserveschicht für Urlaubs- und Krankheitsvertretungen war wegen der Personalreduzierung, insbesondere im Bereich des Reaktorbedienungs-personals und der Arbeitszeitverkürzung nicht möglich. Vertretungen wurden in zunehmendem Maße von den Mitarbeitern des Tagesdienstes und von ständig im Schichtdienst tätigen Mitarbeitern an ihren schichtfreien Tagen wahrgenommen. Insgesamt war rd. 60 % der Betriebsmannschaft dauernd oder zeitweise im Schichtdienst eingesetzt.

Trotz der erheblichen Mehrbelastungen vieler Mitarbeiter lag die relative Krankheitszahl mit 3,6 % (einschließlich Arbeitsunfälle) noch unter der des Vorjahres [1]. Die Ausfallzeit durch Heilverfahren war mit 0,5 % ebenfalls sehr gering.

3. Strahlenbelastung

Die Strahlenbelastung der im Jahre 1974 bei der Betriebsabwicklung FR2 tätigen Mitarbeiter blieb deutlich unter der in der 1. SSVO zugelassenen Höchstgrenze, wie Abb. 6.2 zeigt. Inkorporationsmessungen ergaben keine die zulässigen Körperbelastungen übersteigenden Werte [4].

Bei der Prüfung der Thermischen Säule in Abschaltphase D/74 erhielt ein Mitarbeiter wegen einer Unachtsamkeit eine Ganzkörperbestrahlung von 800 mrem. Die zulässige 13-Wochen-Dosis (1. SSVO § 25, Abs. 3) wurde nicht überschritten. Der Mitarbeiter wurde durch ASS/Ü belehrt.

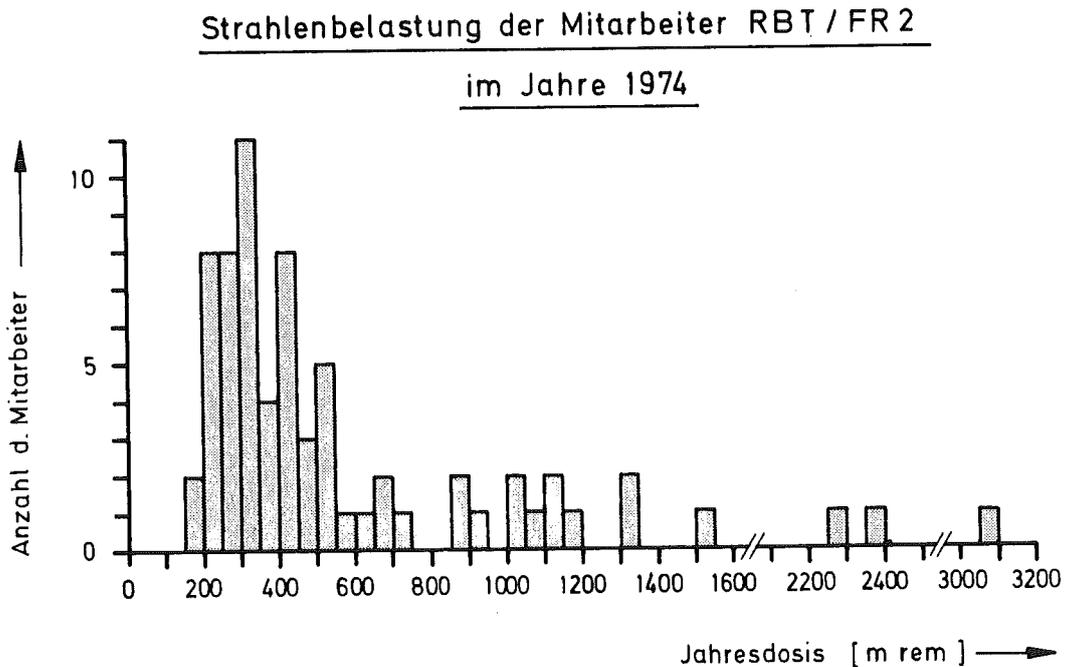


Abb. 6.2

4. Schulung

Das Betriebspersonal wurde, soweit es die Besetzung der FR2-Betriebsmannschaft zuließ, durch externe Kurse und interne Vorträge geschult.

Tabelle 6.3: Ausbildung von Betriebspersonal des FR2

Lehrgang	berufliche Qualifikation	Mitarbeiterzahl	Ausbildungsstätte
15-Wochen-Lehrgang für Reaktorbetriebsingenieure	Ingenieur	4	Schule für Kerntechnik (SKT)
Strahlenschutzkurs	1. Operateur 2. Operateur	4	SKT
Kurs Netzplantechnik	Ingenieur	2	SKT
Kurs Kryotechnik Supraleitung	Ingenieur	4	SKT
Kurs FORTRAN IV	Ingenieur	1	SKT
Kurs DV-Grundlagen	Ingenieur	2	SKT

Für die Operateure wurden im Rahmen der betrieblichen Ausbildung 10 betriebsbezogene Einzelvorträge von rd. 1,5 Stunden Dauer gehalten. An diesen Vorträgen nahmen durchschnittlich 17 Mitarbeiter teil.

Die Ausbildungs- und Wiederholungslehrgänge in "Schwerem Atemschutz" wurden für die Mehrzahl der RBT/FR2-Mitarbeiter weitergeführt (Abb. 6.3).

Im Jahre 1974 waren 70 % der Betriebsmannschaft des FR2 im "Schwerem Atemschutz" einsetzbar.

Atenschutzsusbildung am FR2

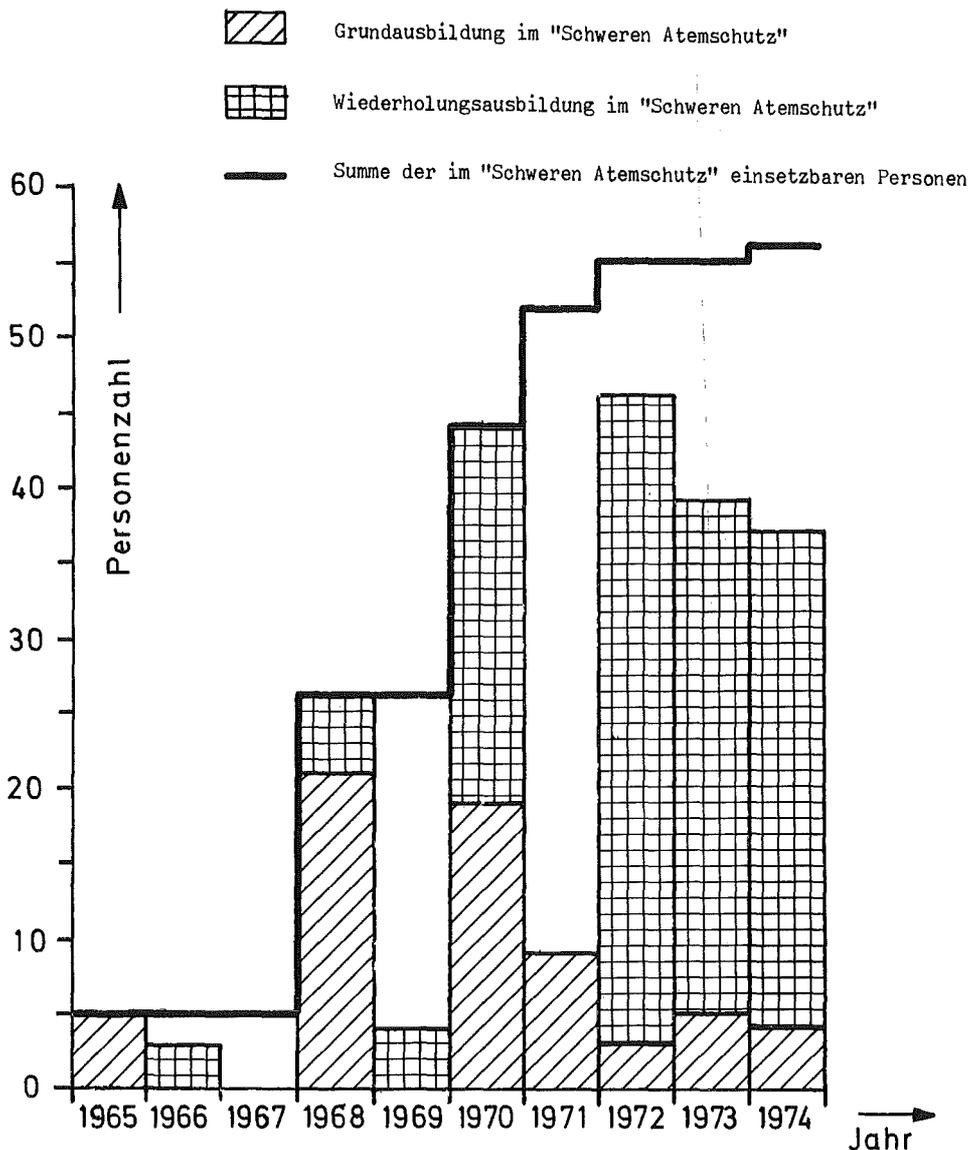


Abb. 6.3

5. FR2-Besucher

Der FR2 wurde von insgesamt 7660 Besuchern im Rahmen von Besichtigungen des Kernforschungszentrums besichtigt. Außerdem wurden 344 Fachbesucher registriert. Am 31.10.1974 wurde Bundespräsident Dr. W. Scheel in Begleitung des Ministerpräsidenten des Landes Baden-Württemberg, Dr. H. Filbinger, mit einer Besuchergruppe durch das Reaktorgebäude geführt.

Abschnitt 7: Ausblick

Für das Jahr 1975 sind wiederum 6 Betriebszyklen und 1 große Abschaltphase vorgesehen. Die große Abschaltphase soll für wichtige Reparatur- und Umbauarbeiten sowie für die Durchführung der zeitaufwendigen Funktionsprüfungen genutzt werden.

Die vom BMFT verfügte Personalreduzierung wird zu weiteren Personalengpässen, insbesondere im Bereich der Schicht-Mannschaft, führen.

Bei der Isotopenproduktion wird mit erheblichen Steigerungen der Si-Dotierungsbestrahlungen und verstärkter Nutzung der Gas-Aktivierungsanlage gerechnet. Die Bestrahlungsmöglichkeiten sollen durch den Einsatz von zwei neuen Drehtellerbestrahlungseinrichtungen in der Thermischen Säule (Exp. FR2/38), wobei eine im Th_{west}-Kanal eingesetzt werden soll, erweitert werden.

Im Bereich der Kapselexperimente werden neben den bisher bestrahlten Kapselversuchseinsätzen (KVE) neue KVE zur Untersuchung des Brennstoffkriechens (Exp. FR2/87) für die Firma KWU zum Einsatz kommen.

Die 4 großtechnischen Experimentieranlagen (Kreislaufexperimente) werden weiterbetrieben. Zur Untersuchung des Brennstabversagens (Exp. FR2/102) im Rahmen des PNS sind erste Transientenversuche für Mitte 1975 geplant.

Die starke Nutzung des Reaktors durch Strahlrohrexperimente ist weiterhin gewährleistet. Vor dem S4-Kanal der Thermischen Säule wird zusätzlich eine Neutronenradiografieanlage (Exp. FR2/88) zur zerstörungsfreien Inspektion auch hochradioaktiver Reaktoreinsätze erstellt werden.

Abschnitt 8: Literaturverzeichnis

- [1] I.Möller
W.Steiger "Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2 für
das Jahr 1973"
KFK-Bericht Nr. 2071
- [2] I.Möller
W.Steiger "Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2 für
das Jahr 1972"
KFK-Bericht Nr. 1956
- [3] W.Steiger
I.Möller "Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2 für
das Jahr 1971"
KFK-Bericht Nr. 1705
- [4] H.Kiefer
W.Koelzer "Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit
Jahresbericht 1974"
KFK-Bericht Nr. 2155
- [5] H.Weitzel
S.Klein "Magnetische Struktur des Trirutils $\text{Fe Ta}_2 \text{O}_6$ "
Acta Cryst. A 30 (1974) S. 380 - 384
- [6] U.König "Mößbaueruntersuchungen des Sinterns von Ferriten"
Techn.Mitt. Krupp Forschungsbericht 32 (1974)
S. 75 - 84
- [7] W.Scharf
H.Weitzel "Magnetische Strukturen von $\text{Ba}_2 \text{Me UO}_6$ "
(Me = Mn, Co, Ni)
Solid State Commun. 15 (1974) S. 1831 - 1836
- [8] H.Weitzel
W.Schneider "Neutron Diffraction Determination of the Magnetic
Phases of $\text{Co Cl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ "
Solid State Commun. 14²(1974) S. 1025 - 1027
- [9] H.J.Stöckmann
H.Ackermann "Elektrische Quadrupolwechselwirkungen von F-20 im
D.Dubbers Mg F_2 -Einkristall"
M.Grupp Z.Physik Bd. 269, (1974) S. 47 - 57
P.Heitjans
- [10] EURATOM "Entwicklung und Untersuchung eines radioaktiven
Indikatorverfahrens zur Messung der Kinetik, der
Erosion und des Sandtransportes an sandigen Bran-
dungsküsten"
Euratombericht Nr. 2167 d

Abschnitt 9: Tabellen und Diagramme

Tabelle 9.1	Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1974
Tabelle 9.2	Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbe- grenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1974
Tabelle 9.3	Reaktorabschaltungen im Jahre 1974
Formblätter Nr. 148b/81 148b/87	Reaktorleistung in Betriebsphase A/73 bis G/74
Formblätter Nr. 9/4	FR2-Beladungs- und Belegungspläne Betriebsphase A/74 bis G/74
Formblatt Nr. 9b	Isotopen-Bestrahlungspositionen Beladung Nr. 12
Formblätter Nr. 183d/74 183d/79	Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase A/74 bis G/74

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1974

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Ausfall an Vollastbetriebszeit			
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW		Gesamt							
					(MWh)	(MWd)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)					(h)	(h)
01.01. 00 ⁰⁰ 21.01. 8 ⁰⁵	G/73	1.	6345,50		0,00		144,00		144,00		144,00		0,00		0,00			
		2.	7320,70		0,79		166,43		165,20		167,21		0,78		2,80			
		3.	7404,80		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		4.	355,90		0,00		8,08		8,00		8,08		0,00		0,00			
			21426,90	892,79		0,79		486,51		485,20		487,29		0,78		2,80		
21.01. 8 ⁰⁵ 18.03. 8 ⁰⁶	A/74	4.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00			
		5.	3701,40		11,21		85,49		81,48		96,70		1,07		0,00			
		6.	7412,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		7.	7409,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		8.	7409,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		9.	7409,80		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		10.	7404,30		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		11.	7408,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		12.	355,10		0,00		8,09		8,00		8,10		0,00		0,00			
					48.511,20	2021,30		11,21		1101,58		1097,48		1112,80		1,07		0,00

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Ausfall an Vollastbetriebszeit	
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW		Gesamt					
					(MWh)	(MWd)	(h)	(b)	(h)	(h)	(h)	(h)				
18.03. 8 ⁰⁶	B/74	12.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		13.	3550,20		14,00		83,00		77,41		97,00		0,00		0,00	
		14.	7406,10		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		15.	7401,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		16.	7409,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		17.	7406,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		18.	7405,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		19.	7337,10		0,88		167,12		165,14		168,00		0,00		3,15	
13.05. 10 ¹⁰		20.	253,90		1,40		8,27		2,04		9,67		0,00		6,00	
			48170,40	2007,10		16,28		1098,39		1084,59		1114,67		0,00		9,15
13.05. 10 ¹⁰	C/74	20.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		21.	4118,30		5,05		96,90		86,27		101,95		0,00		0,00	
		22.	7402,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		23.	6649,20		3,81		156,72		143,77		160,53		7,47		24,23	
		24.	4700,80		4,14		122,26		98,70		126,40		41,60		69,30	
		25.	7401,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		26.	7400,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		27.	7404,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
16.07. 2 ⁴²		28.	7403,30		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		29.	480,90		2,89		21,74		6,00		24,63		2,00		2,00	
			52962,00	2206,75		15,89		1237,62		1174,74		1253,51		51,07		95,53

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1974

Zeit	Betr.- Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Ausfall an Vollastbetriebs- zeit	
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW		Gesamt					
					(MWh)	(MWd)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)				
16.07. 2 ⁴²	D/74	29.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		30.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		31.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		32.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
18.08. 24 ⁰⁰		33.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			0,00	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00
19.08. 0 ⁰⁰	E/74	34.	3534,50		15,85		83,80		76,91		99,65		0,00		0,00	
		35.	7395,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		36.	7322,50		0,35		167,02		165,40		167,37		0,63		2,60	
		37.	7399,30		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		38.	7401,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		39.	7400,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		40.	7375,60		0,00		168,00		166,40		168,00		0,00		1,60	
07.10. 8 ²⁷		41.	251,90		0,02		8,43		0,00		8,45		0,00		8,00	
			48081,00	2003,37		16,22		1099,25		1080,71		1115,47		0,63		12,20

Zeit	Betr.- Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Ausfall an Vollastbetriebs- zeit	
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		$> 43 \text{ MW}$		Gesamt					
					(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)				
07.10. 8 ²⁷	F/74	41.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		42.	3554,30		6,62		87,82		72,15		94,44		2,42		3,98	
		43.	6848,40		0,87		157,41		150,78		158,28		9,72		17,22	
		44.	7326,10		0,49		167,31		164,32		167,80		0,20		3,68	
		45.	7398,40		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		46.	7291,80		1,26		165,95		164,35		167,21		0,79		3,65	
		47.	7464,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		48.	7343,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		02.12. 8 ⁰⁷		49.	304,90		0,00		8,11		4,23		8,11		0,00	
			47531,70	1980,49		9,24		1090,60		1059,83		1099,84		13,13		32,30
02.12. 8 ⁰⁷	G/74	49.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		50.	3350,90		12,03		78,56		71,78		90,59		6,03		4,22	
		51.	7402,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		52.	7402,90		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
31.12. 24 ⁰⁰		53.	2115,80		0,00		48,00		48,00		48,00		0,00		0,00	
			20271,60	844,65		12,03		462,56		455,78		474,59		6,03		4,22
01.01.1974, 0 ⁰⁰ Uhr bis 24.12.1974, 24 ⁰⁰ Uhr:			286954,80	11956,45		81,66		6576,51		6438,33		6658,17		72,71		156,20
365 (d) ≙ 100 (%)						3,40d		274,02 d ≙ 75,07 %		268,26 d ≙ 73,50 %		277,42 d ≙ 76,01 %		3,03 d		6,51 d
Betriebszeit nach Plan bei $N > 10^{-3} N_N$ 277 (d) ≙ 100 (%)								98,92 %								
Betriebszeit nach Plan bei $> 43 \text{ MW}$ (Vollast) 274 (d) ≙ 100 (%)										97,91 %						
Mittlere Reaktorleistung:			43,63 MW													

Tabelle 9.2: Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1974

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vor-gang	Bemerkungen	A u s f a l l z e i t e n			
			von	bis			Reaktor abgesch.	verminderte Reaktor-Leistung		
						[h]	$N < 10^{-3} N_N$ [h]	$N < 44 \text{ MW}$ [h]	Leist.-Begr. [h]	
G/73	2.	13.01.74	20 ¹⁵	21 ⁰²	RSA	Exp. FR2/58 (Gerätestörung)	0,78	0,79	2,80	-
A/74	5.	31.01.74	8 ⁰⁰ 9 ⁰⁶	9 ⁰⁶ 10 ¹⁰	LB AB	Anfahren Exp. FR2/55a für Brennelementwechsel	- 1,07	1,10 0,33	- -	1,10 -
B/74	13. 19.	29.03.74 10.05.74	8 ⁰⁰ 8 ¹⁸	13 ⁰¹ 11 ²⁷	LB LR	für Membranwechsel Ve 13.06 nach Plan für Einbau KVE 126 (Exp. FR2/96), dabei 3 Membranen gerissen (Ve 10.03, 10.05, 12.01), mit Stahlstopfen verschlossen	- -	5,01 0,88	- 3,15	5,01 -
	20.	13.05.74	2 ⁰⁰	8 ⁰⁰	LR	nach Plan für Reaktivitätsmessungen für Exp. FR2/102	-	1,40	6,00	-
C/74	23.	05.06.74	6 ⁰⁰	12 ¹¹	AB	nach Plan für Einbau Prüflings-Attrappe Exp. FR2/102	6,18	-	6,18	-
			12 ¹¹	13 ⁴⁰	LB	nach Plan für Reaktivitätsmessungen für Exp. FR2/102	-	1,48	1,48	1,48
		07.06.74	13 ⁴⁰ 8 ³⁰	14 ²⁰ 9 ⁰⁷	AB RSA	nach Plan für Exp. FR2/102 durch Exp. FR2/102 (Fehlbedienung)	0,67 0,62	2,05 0,28	13,97 2,60	- -
	24.	10.06.74	4 ⁰⁰ 4 ⁰⁷	4 ⁰⁷ 17 ⁵⁴	LR AB	nach Plan für Exp. FR2/102 nach Plan für Exp. FR2/102 (Prüflingseinbau Nr. 1)	- 13,78	- 0,42	0,12 16,60	- -
			20 ⁴³	21 ⁰⁸	RSA	bei Leistungsrücknahme für Exp. FR2/102 (Fehlbedienung)	0,42	0,38	2,42	-
		11.06.74	23 ⁰⁹	33 ⁷	LR	nach Plan (intermittierender Reaktorbetrieb für Exp. FR2/102)	-	0,27	4,47	-
			3 ³⁷	13 ⁴⁵	AB	nach Plan für Exp. FR2/102 (Prüflingseinbau Nr. 2)	10,13	0,50	10,63	-
		12.06.74	14 ¹⁵	4 ¹²	AB	für Heizstabwechsel a. Exp. 55a/102 (Gerätef. Fehlbed.)	13,95	1,70	18,19	-
			8 ²⁶	17 ⁴⁶	LR	nach Plan (intermittierender Reaktorbetrieb für Exp. FR2/102)	-	0,35	9,33	-
			17 ⁴⁶	21 ⁰⁵	RSA	durch Exp. FR2/102 (Ende der Versuchsreihe)	3,32	0,50	7,54	-
	29.	15.07.74	6 ⁰⁰	8 ⁰⁰	AB	nach Plan für Exp. FR2/102 (Prüflingseinbau Nr. 3)	2,00	-	2,00	-
E/74	34.	22.08.74	6 ⁰²	12 ¹³	LB	wegen elektr. Störungen (Kanal 3a+5)	-	6,18	-	6,18
	36.	08.09.74	16 ⁵⁸	17 ³⁶	RSA	durch Exp. FR2/2 (uGN-Exp.-Maschine, Kolbenstange abgerissen)	0,63	0,35	2,60	-
	40.	06.10.74	22 ²⁴		LR	nach Plan für Exp. FR2/102 (Flußmessungen)	-	-	9,60	-
		07.10.74		8 ⁰⁰						
F/74	42.	17.10.74	9 ⁴⁸	11 ⁵⁰	LR	nach Plan für Exp. FR2/102 (Flußmessungen)	-	-	-	-
			11 ⁵⁰	12 ⁴³	RSA	durch Iso-Kühlung ungenügend (Fehlbedienung)	0,87	0,45	-	-
			13 ¹⁸	16 ⁵¹	LB	nach Plan für Exp. FR2/102 (Flußmessungen)	-	-	-	-
		19.10.74	22 ¹²	23 ⁴⁵	RSA	durch Exp. FR2/26 (Gerätefehler)	1,55	0,45	3,98	-
	43.	21.10.74	10 ⁰⁰	10 ⁰⁷	LR	wegen Helium-Verlust	-	-	0,12	-
			10 ⁰⁷	16 ⁴⁸	AB	f. Reparatur v. Ve 26.25 u. 13.15	6,67	0,45	9,36	-
			19 ²⁹	21 ²³	LB	wegen KVE 129 (Exp. 73d, zu hohe Temperatur)	-	-	1,90	1,90
			21 ²³	21 ³⁰	LR	für Ausbau KVE 129	-	-	0,12	-
		22.10.74	21 ³⁰	0 ³³	RSA	durch Fehlbedienung (KVE 129 ausgebaut)	3,05	0,40	5,72	-

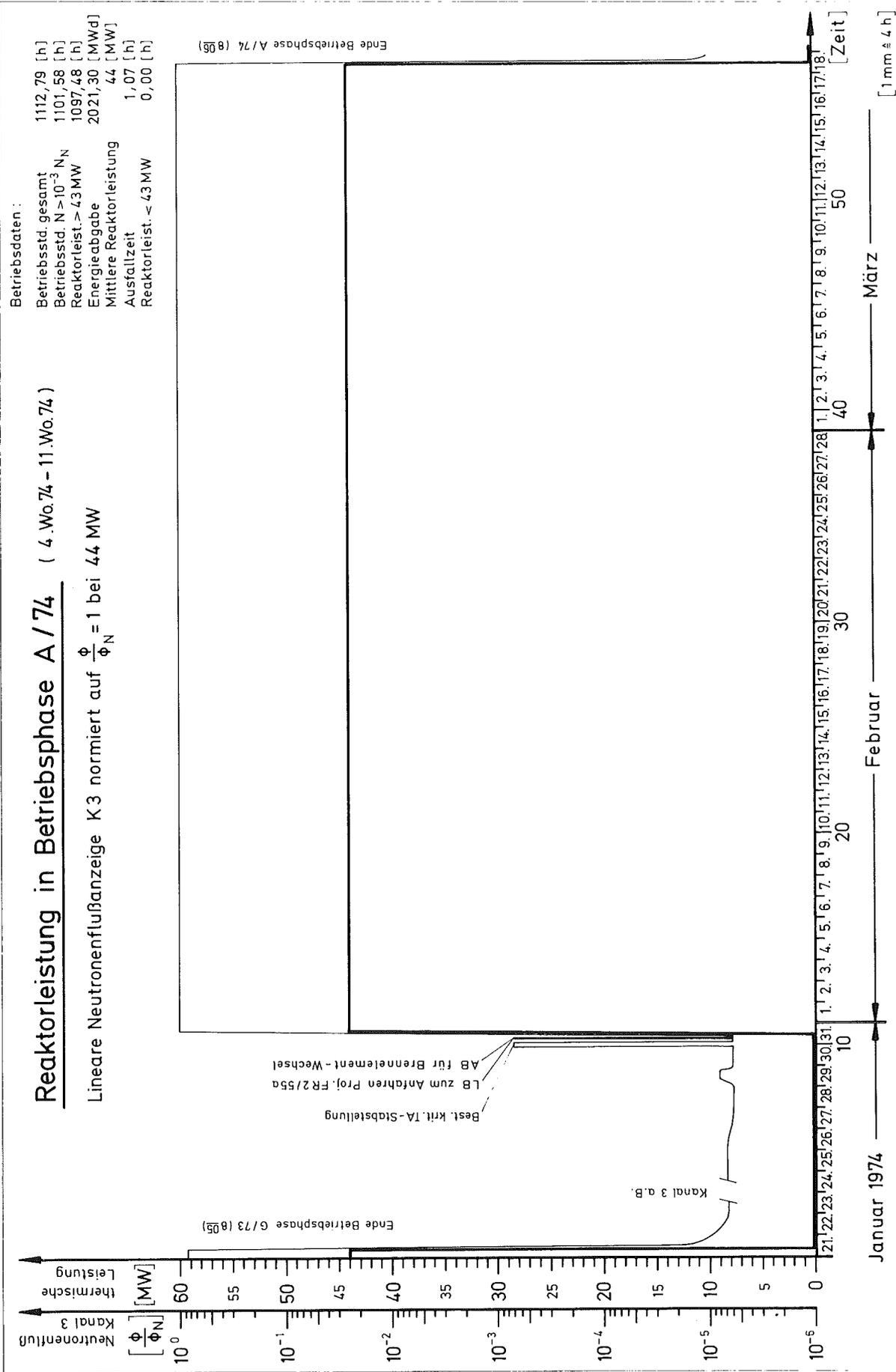
Tabelle 9.2: Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1974

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vorgang	Bemerkungen	Ausfallzeiten			
			von	bis			Reaktor abgesch.	verminderte Reaktor-Leistung	Leist.-Begr.	
							$N < 10^{-3} N_N$	$N < 44 \text{ MW}$		
						[h]	[h]	[h]	[h]	
F/74	44.	29.10.74	16 ⁰⁰ 16 ²⁰	16 ²⁰ 16 ³²	LR AB	für Exp. FR2/2 für Exp. FR2/2 (Außerbetriebnahme w. Defekt)	- 0,20	0,21 0,28	0,34 3,34	- -
	46.	11.11.74	8 ⁰⁹	8 ⁵⁶	RSA	durch Exp. FR2/44 (Fehlbedienung)	0,79	1,26	3,65	-
	49.	02.12.74	4 ¹⁴	8 ⁰⁰	LR	nach Plan für Exp. FR2/102 (Flußmessungen)	-	-	3,77	-
G/74	50.	12.12.74	9 ²⁶	15 ²⁸	AB	für Exp. FR2/26 (Reparatur Ve 101)	6,03	1,98	4,22	-
Summe:					36		72,71 h ± 3,03 d	29,45 h ± 1,22 d	156,20 h ± 6,51 d	15,67 h ± 0,65 d

Anmerkung: LB = Leistungsbegrenzung = 6 Anzahl im Jahre 1974
 LR = Leistungsrücknahme = 11
 AB = Reaktorabschaltung von Hand = 10
 RSA = Reaktor-Schnellabschaltung (autom.) = 9
 SV = Startverzögerung = 0

Anmerkungen zu Tabelle 9.3:

1. Die Schnellabschaltungsursachen sind unterteilt in die Gebiete Reaktor und Experimente.
2. Die "Störungsarten" sind in folgende Gruppen eingeteilt:
 - 2.1 Ein "echter Grenzwert" liegt vor, wenn vorgegebene Grenzwerte tatsächlich erreicht wurden und eine Abschaltung des Reaktors aus Sicherheitsgründen erforderlich wurde.
 - 2.2 Ein "Gerätefehler" liegt vor, wenn bei Störungen an Meßgeräten der Sicherheitseinrichtungen wegen des Prinzips "fail-to-safe" Reaktorabschaltung erfolgte.
 - 2.3 Bei "Fehlbedienungen" handelt es sich um Reaktorabschaltungen, die infolge von Bedienungsfehlern sowohl bei der Durchführung von Betriebsoperationen als auch zur Überprüfung einzelner Signale und ihrer Folgefunktionen ausgelöst werden.
 - 2.4 Bei "Prüfung" handelt es sich um Schnellabschaltungen zu Prüfzwecken sowohl im Rahmen der periodischen Funktionsprüfungen (Eigenüberwachung) als auch zur Überprüfung einzelner Signale und ihrer Folgefunktionen.
- x) In Spalte 17 genannte TA-Stab-Pos. bedeuten: Abschaltfunktion in Ordnung, jedoch Ankunfts meldung gebrückt.





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

Anmerkung:

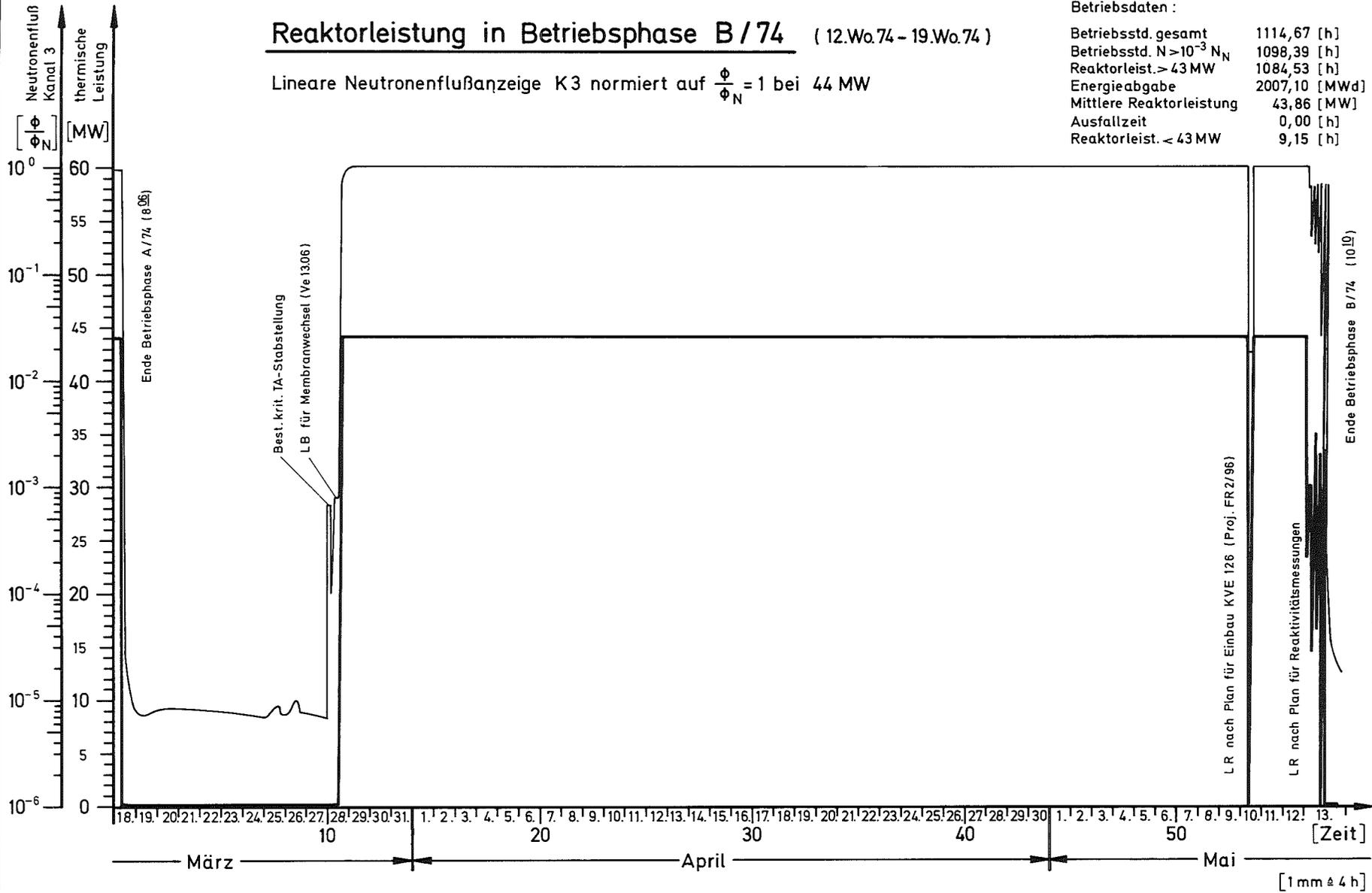
- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung

Reaktorleistung in Betriebsphase B/74 (12.Wo.74 - 19.Wo.74)

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

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	1114,67 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	1098,39 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	1084,53 [h]
Energieabgabe	2007,10 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	43,86 [MW]
Ausfallzeit	0,00 [h]
Reaktorleist. < 43 MW	9,15 [h]



Formblatt : 148 b. / 82

Anmerkung :

- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung



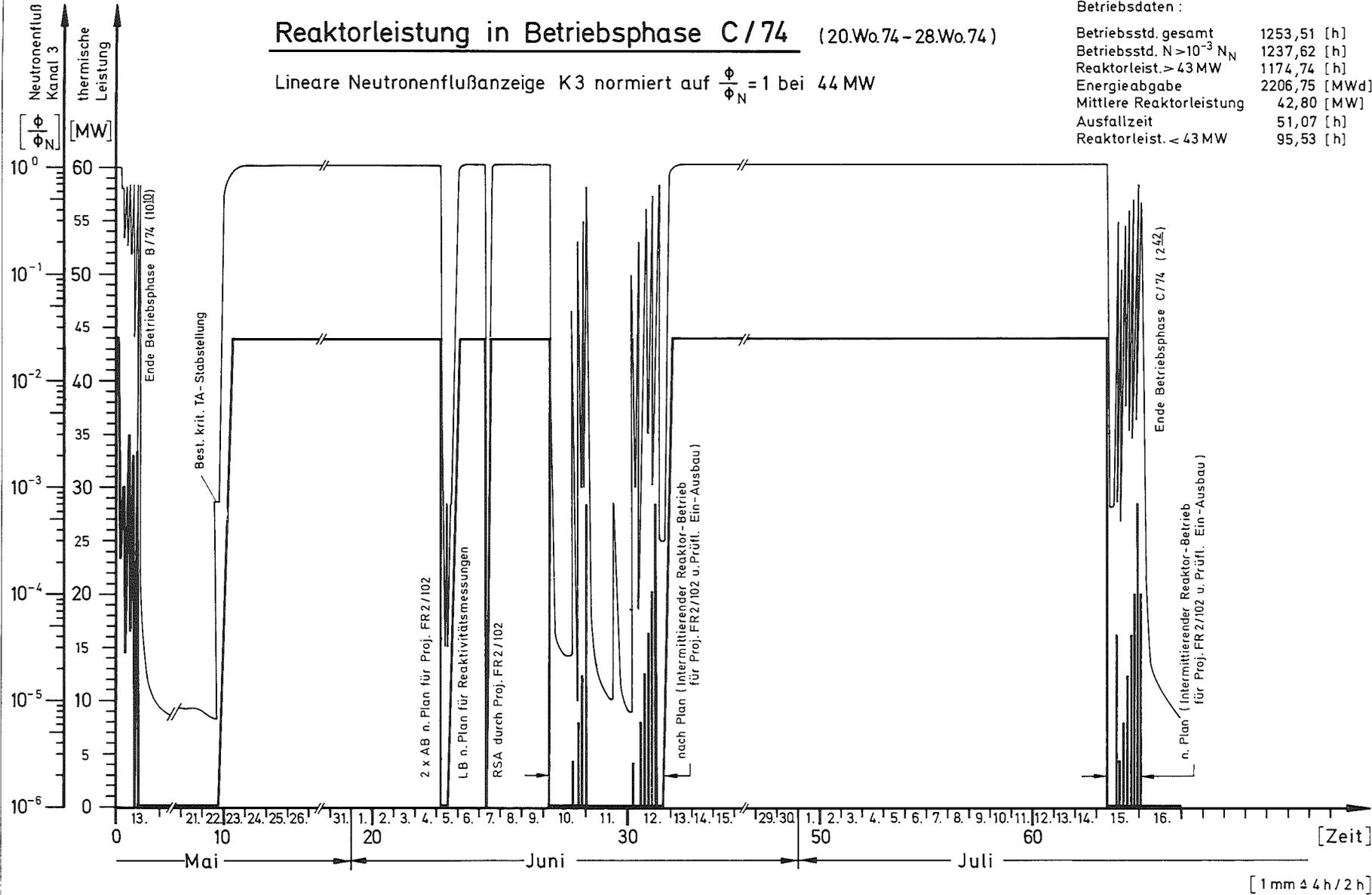
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase C/74 (20.Wo.74 - 28.Wo.74)

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

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	1253,51 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	1237,62 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	1174,74 [h]
Energieabgabe	2206,75 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	42,80 [MW]
Ausfallzeit	51,07 [h]
Reaktorleist. < 43 MW	95,53 [h]



Formblatt : 148 b / 83

Anmerkung :

- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung



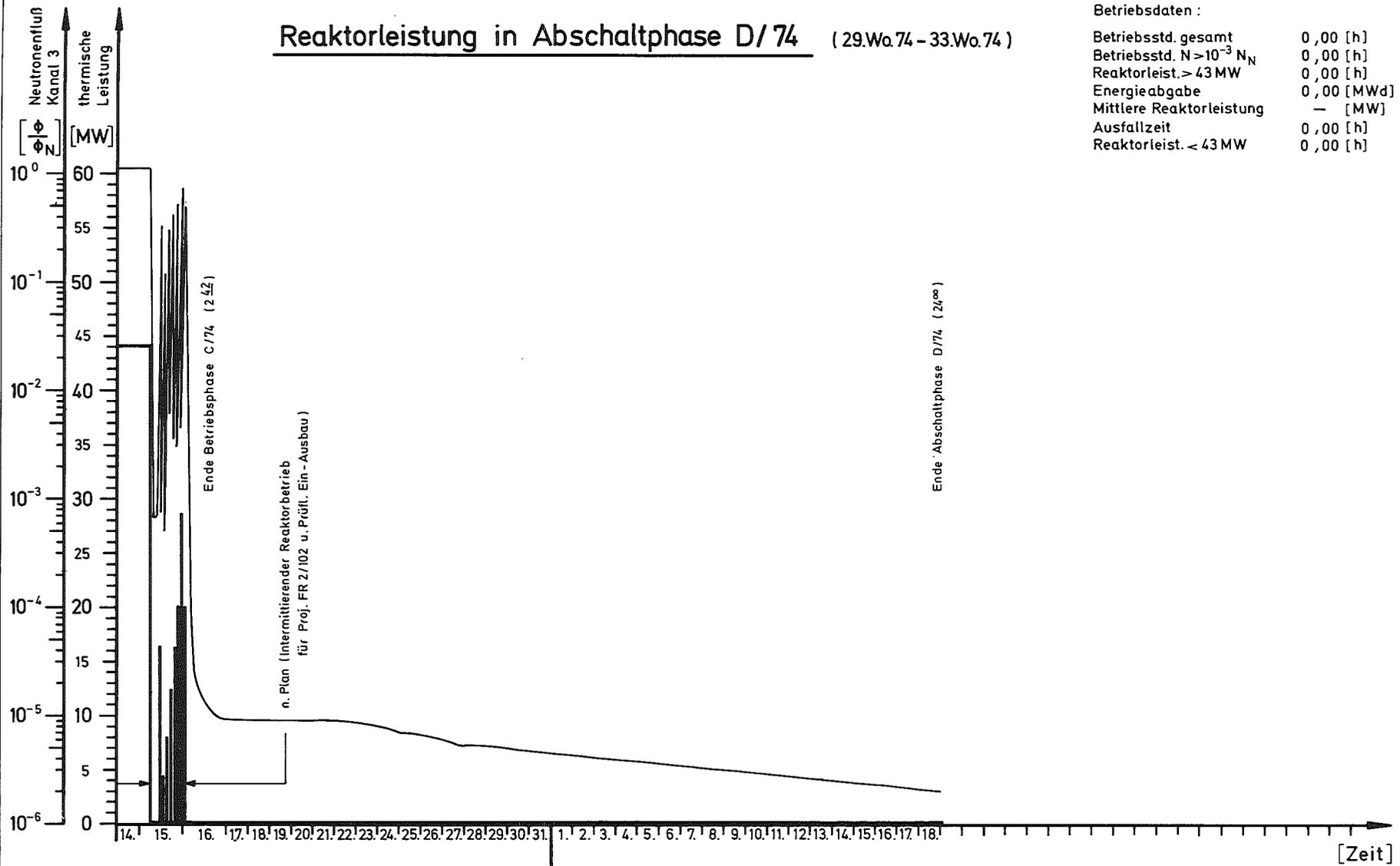
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Abschaltphase D/74 (29.Wo.74 - 33.Wo.74)

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	0,00 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	0,00 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	0,00 [h]
Energieabgabe	0,00 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	- [MW]
Ausfallzeit	0,00 [h]
Reaktorleist. < 43 MW	0,00 [h]



Formblatt : 148 b / 84

Anmerkung :

- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung



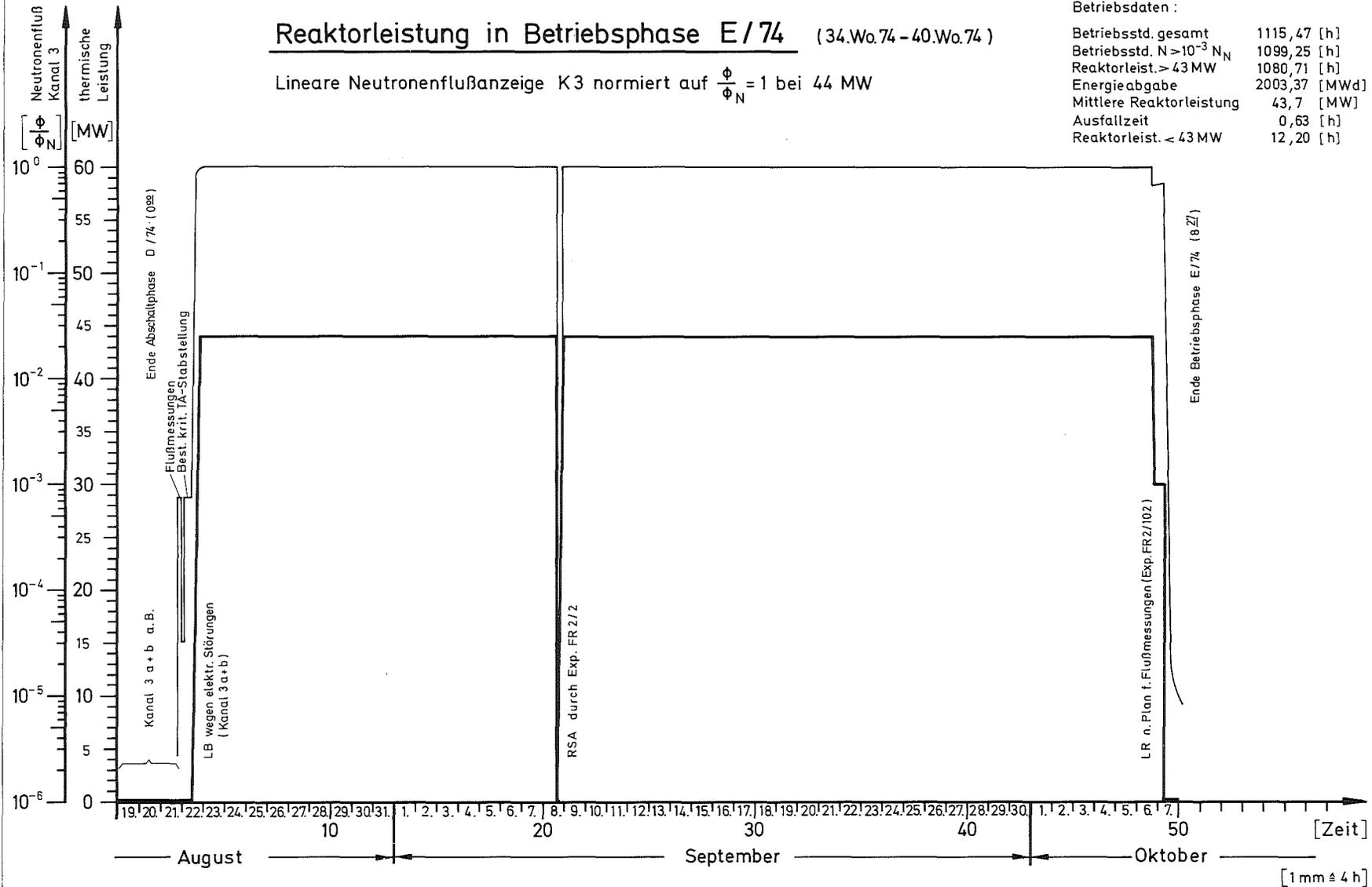
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase E/74 (34.Wo.74-40.Wo.74)

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

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	1115,47 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	1099,25 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	1080,71 [h]
Energieabgabe	2003,37 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	43,7 [MW]
Ausfallzeit	0,63 [h]
Reaktorleist. < 43 MW	12,20 [h]



Formblatt : 148 b / 86

Anmerkung :

- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung



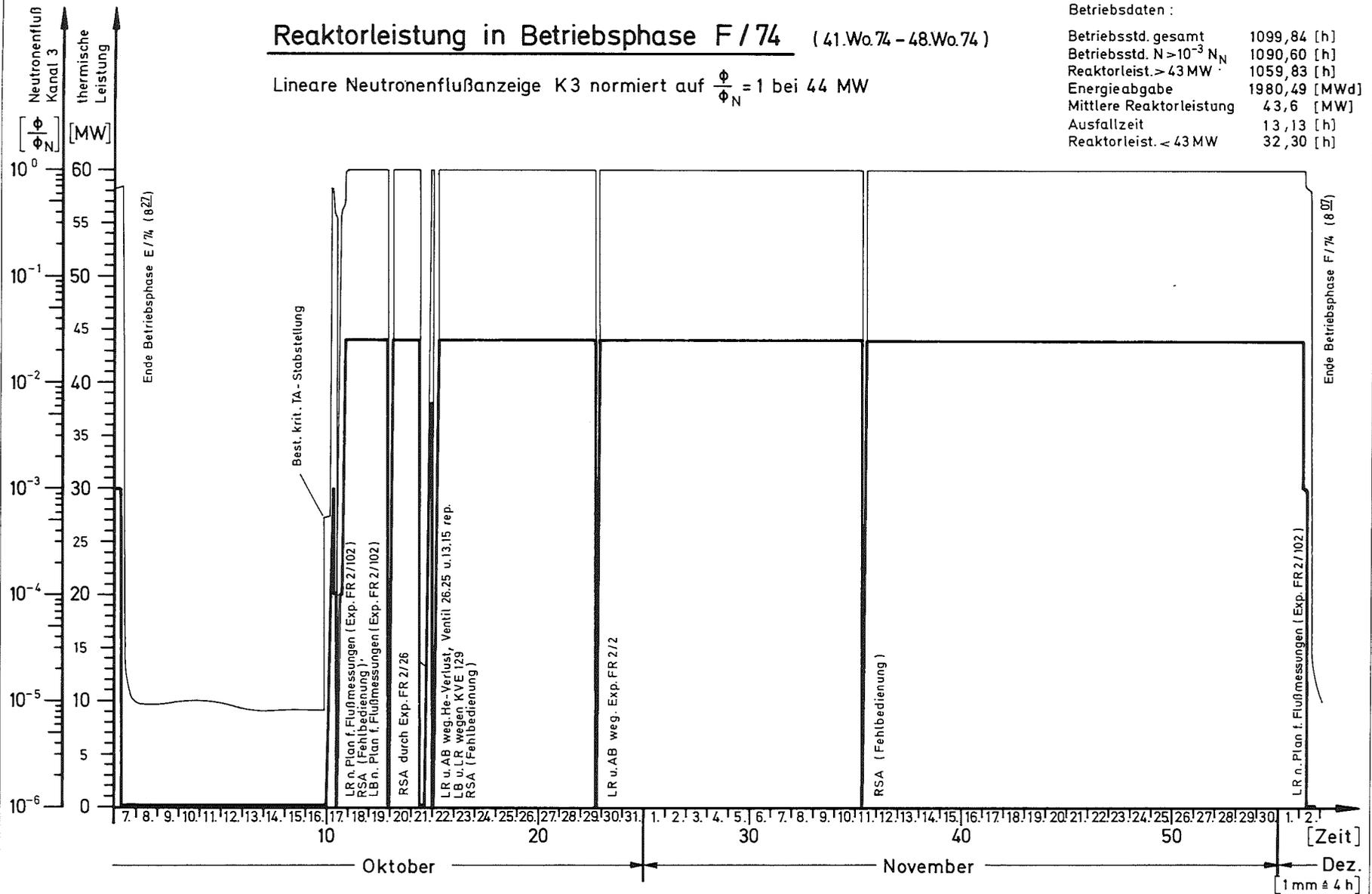
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase F/74 (41.Wo.74 - 48.Wo.74)

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

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	1099,84 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	1090,60 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	1059,83 [h]
Energieabgabe	1980,49 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	43,6 [MW]
Ausfallzeit	13,13 [h]
Reaktorleist. < 43 MW	32,30 [h]



Formblatt : 148 b / 86

Anmerkung :

- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung



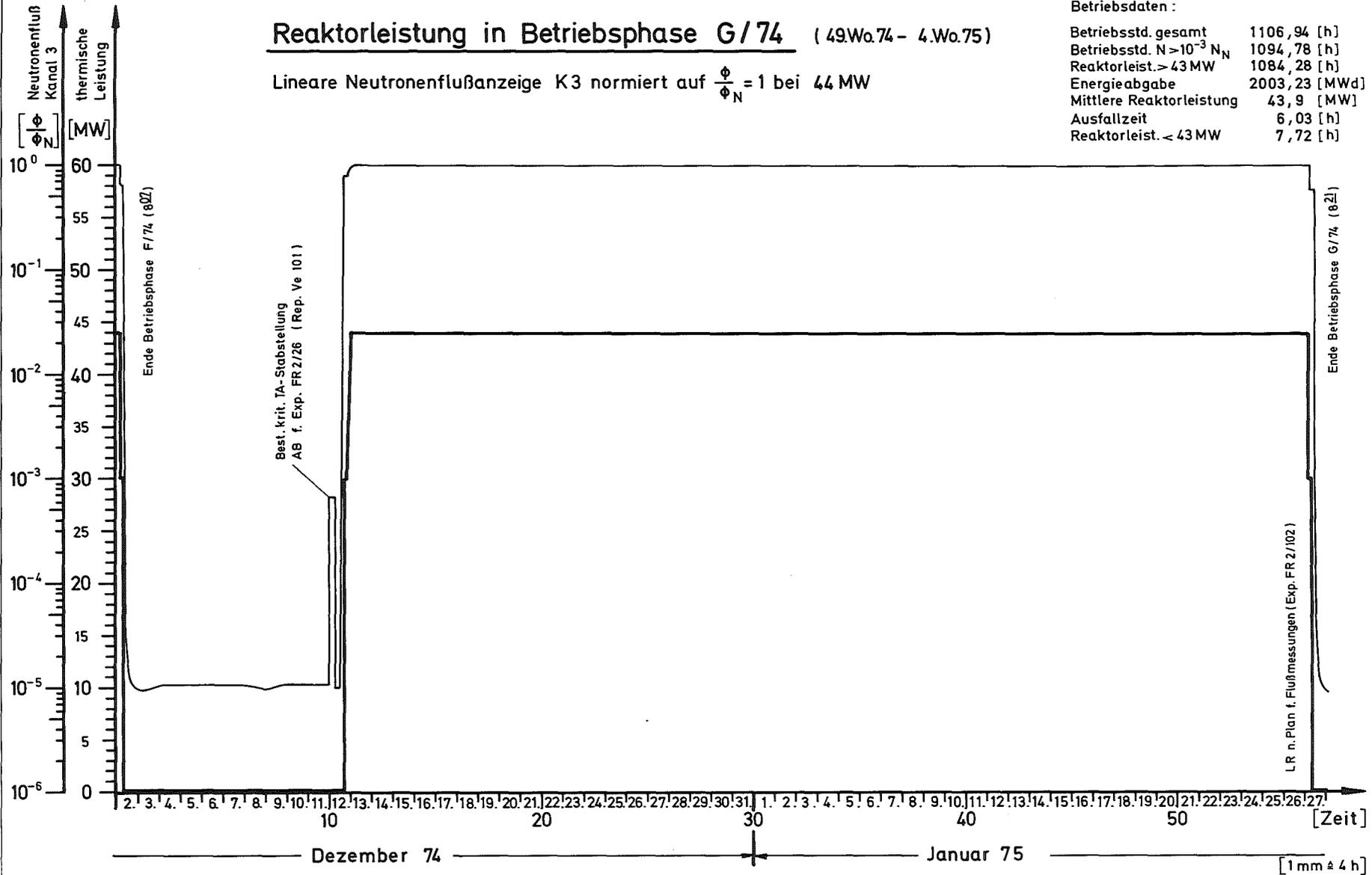
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase G/74 (49.Wo.74 - 4.Wo.75)

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

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	1106,94 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	1094,78 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	1084,28 [h]
Energieabgabe	2003,23 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	43,9 [MW]
Ausfallzeit	6,03 [h]
Reaktorleist. < 43 MW	7,72 [h]



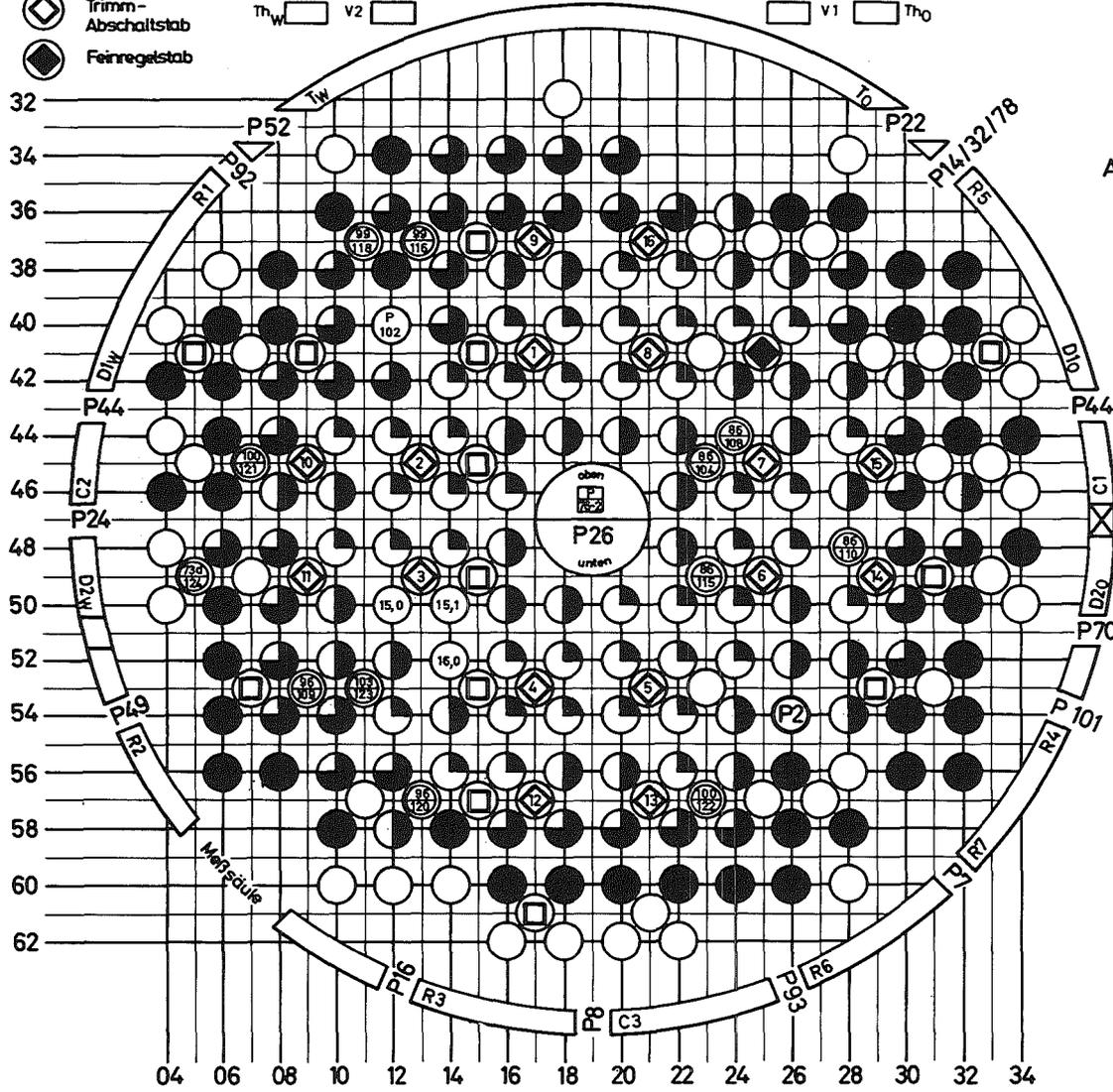
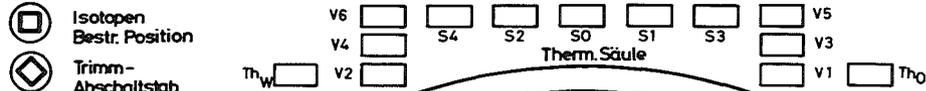
Formblatt : 148 b / 87

Anmerkung :

- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung



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



1. Brennelemente:

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd/kg_U
 43 ● 39 ● 36 ● 47 ● - 165 BE 8 (2% anger.)

Achtung: Brennelement-Symbole ab Betr.-Phase A/74 abgeändert!

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj.Nr. - 12
 ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj.Nr. - 1
 ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
5-S	6.11.73	15 ³⁵	→	→

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf) Position 40/12 Proj. FR2/102

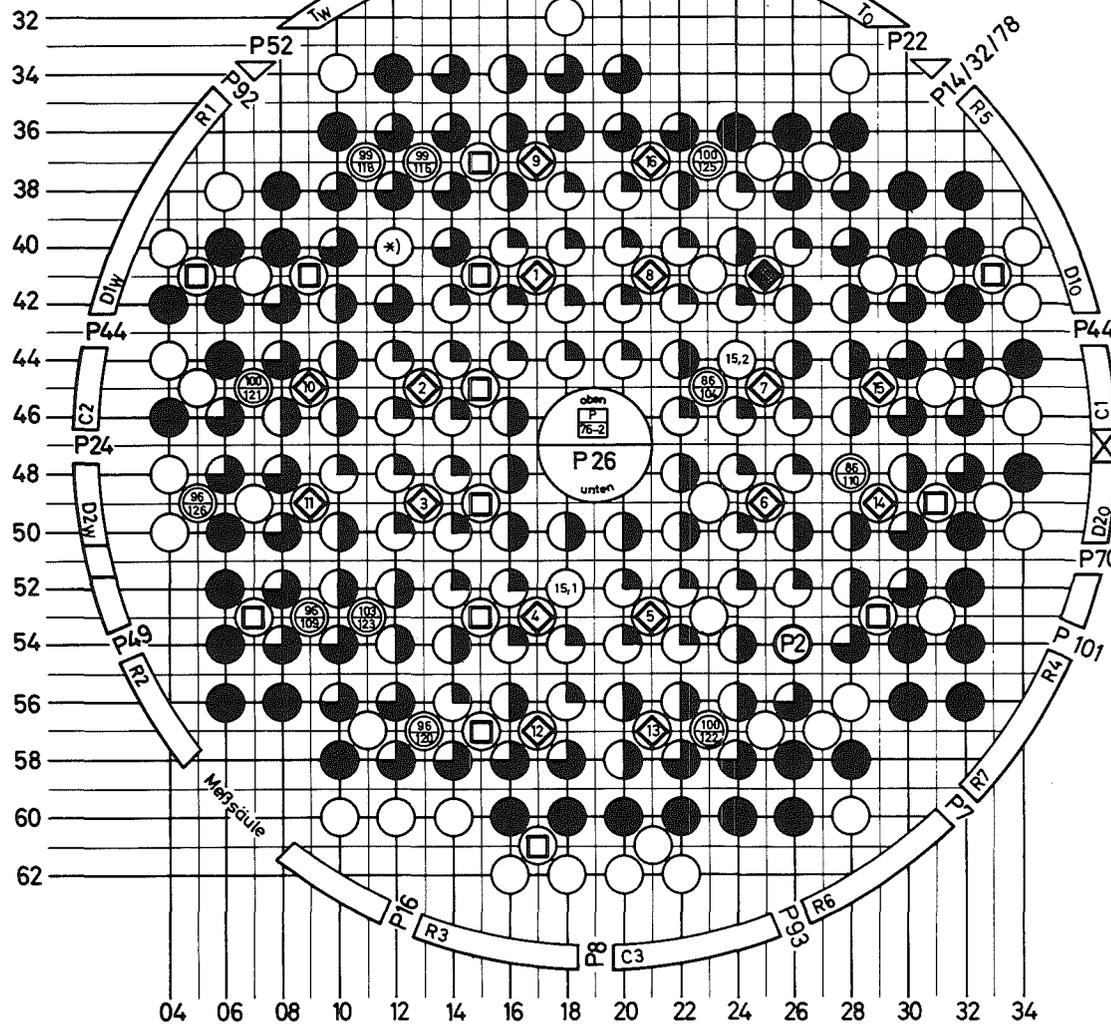
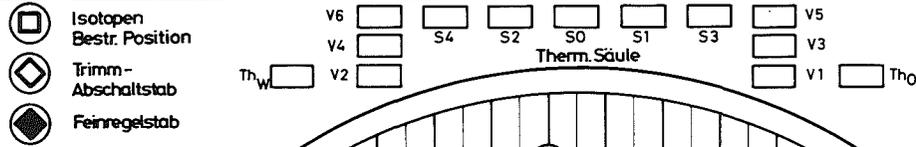
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlung v. Reaktor-Kreislauf:

167 auf Gitterpositionen 10 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

● BE 8 am neu eingesetzt

Falls Abbrand > 15 MWd/kg_U, Angabe in Zahlenwerten.



1. Brennelemente :

Abbrand : <25 25-50 50-75 >75 [%] 100%^Δ 15 MWd/kg_U
 39 ● 44 ● 37 ● 46 ● -166 BE 8 (2% anger.)

2. Kapselversuchseinsätze :

⊖ Proj. Nr. - 11
 ffd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

⊖ Proj. Nr. - 1
 ffd. Nr.

4. Kreislaufexperimente :

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

Prüft. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
5 - S	6.11.73	15 35	→	→

*) 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
 Position 40/12 : Proj. FR2/102 am 19.3.74 ausgebaut !

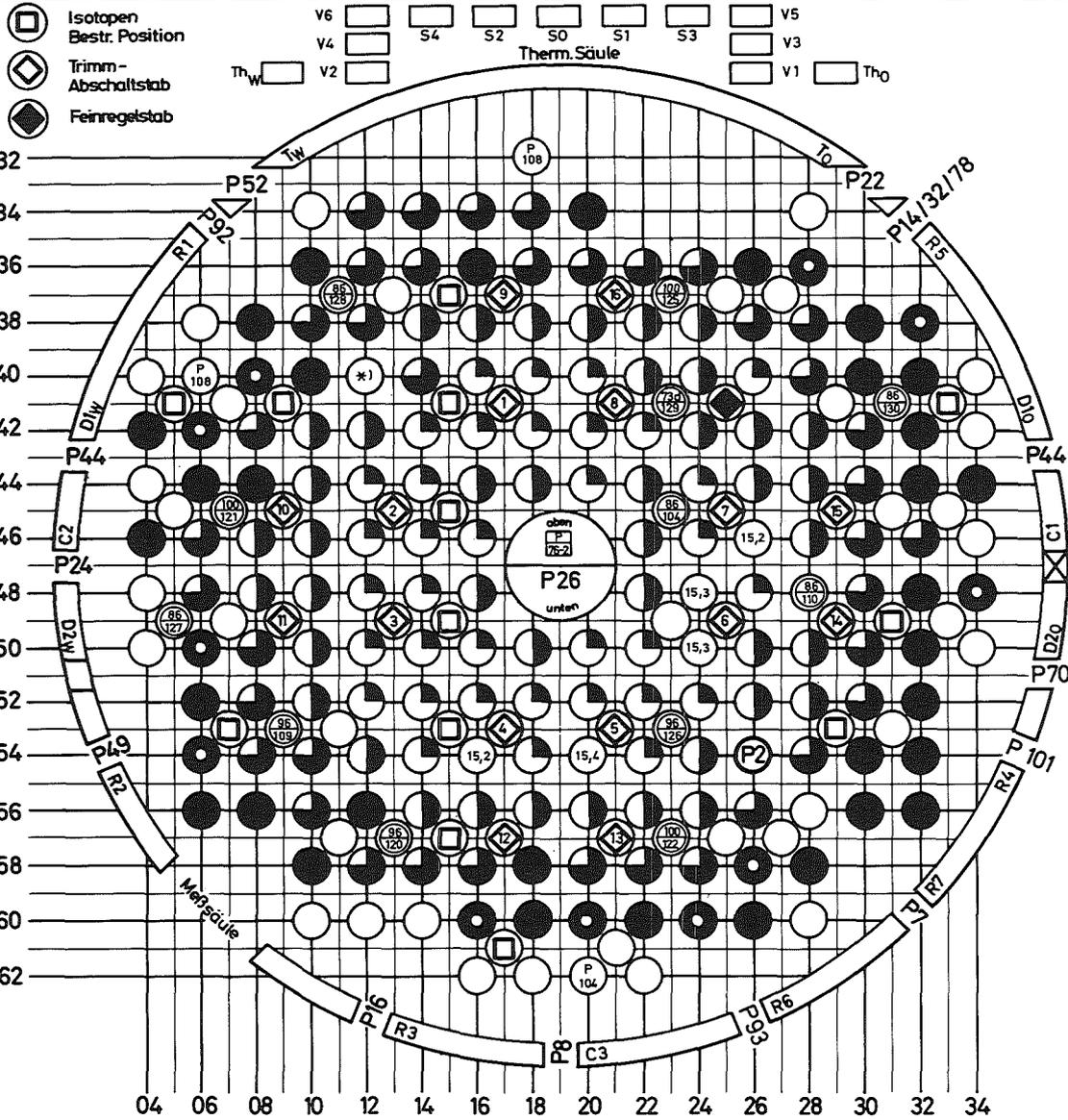
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg. v. Reaktor-Kreislauf:

167 auf Gitterpositionen 10 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen :

- ● BE 8 am - neu eingesetzt

Falls Abbrand > 15MWd/kg_U, Angabe in Zahlenwerten.



1. Brennelemente:

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

44 ● 39 ● 42 ● 40 ● - 165 BE 8 (2% anger.)

11 ● BE 8 am 19./20.8.74 neu eingebaut

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj.Nr. - 12
ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj.Nr. - 1
ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente:

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

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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
5 - T	30.5.74	18 ⁰⁵	→	→

*) 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12: Proj. FR 2/102, Prüfling Nr.3 am 16.7.74, 8⁵⁸ Uhr u.VE am 2.8.74 ausgeb. FR2-Stab Nr.101 am 5.8.74 als Reaktivitätsausgleich eingeb!

5. Gas - Bestrahlungseinrichtung:

Proj. FR2/104: Position 62/20

6. Silizium - Bestrahlungen:

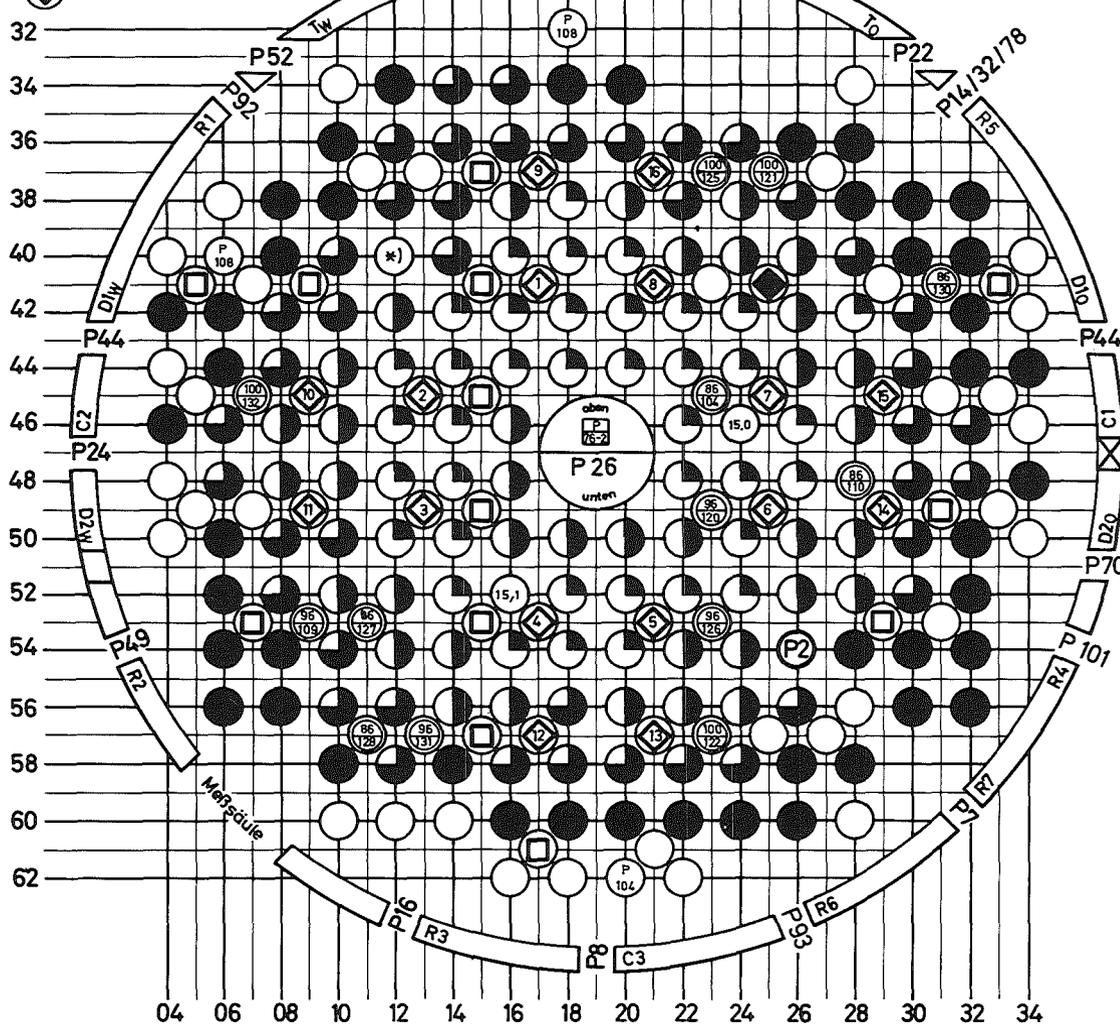
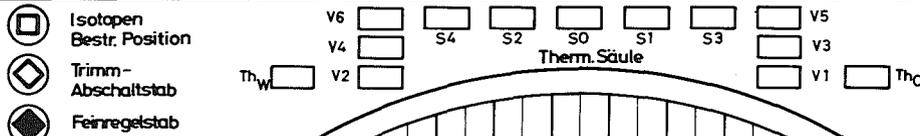
Proj. FR2/108: Position 32/18 u. 40/06

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

166 auf Gitterpositionen 11 auf Zwischengitterpositionen

8. Bemerkungen:

Falls Abbrand > 15 MWd/kgU, Angabe in Zahlenwerten.



1. Brennelemente :

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100%^Δ 15 MWd/kg_U
 45 ● 43 ● 37 ● 40 ● - 165 BE 8 (2% anger.)
 - ● BE 8 am - neu eingebaut

2. Kapselversuchseinsätze :

⊖ Proj.Nr. - 13
 ifd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

⊖ Proj.Nr. - 1
 ifd. Nr.

4. Kreislaufexperimente :

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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
5 - T	30.5.74	18.05	→	→

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
*) Position 40/12: FR-Stab Nr.101 am 5.8.74 als Reaktivitätsausgleich eingebaut!

5. Gas - Bestrahlungseinrichtung :

Proj. FR2/104 : Position 62/20

6. Silizium - Bestrahlungen :

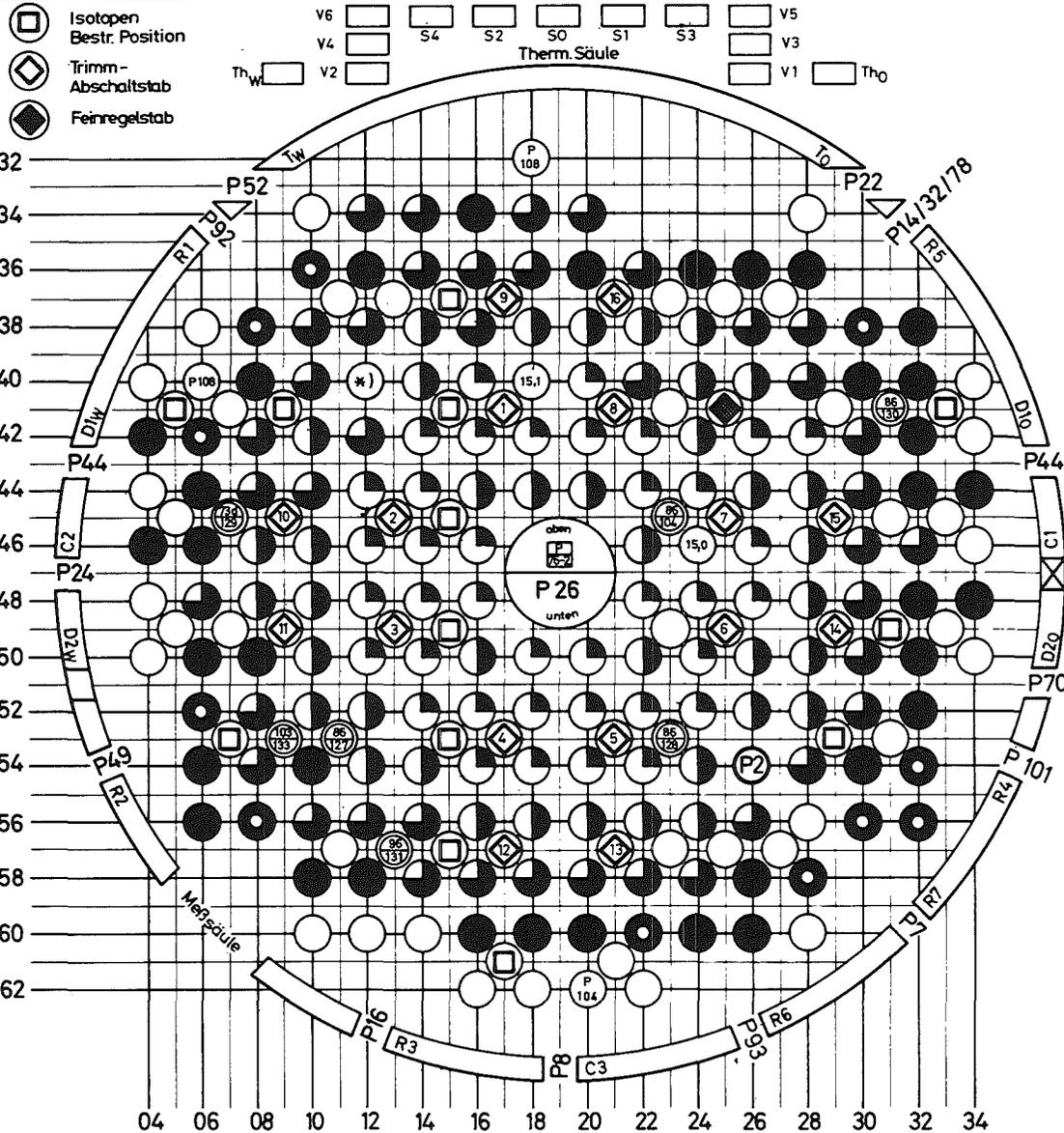
Proj. FR2/108 : Position 32/18 u. 40/06

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

166 auf Gitterpositionen 12 auf Zwischengitterpositionen

8. Bemerkungen :

Falls Abbrand > 15 MWd/kg_U, Angabe in Zahlenwerten.



1. Brennelemente :

Abbrand: $\begin{matrix} -25 & 25-50 & 50-75 & \geq 75 & [\%] & 100\% \Delta & 15 \text{ MWd/kgU} \end{matrix}$

46 ● 41 ● 39 ● 40 ● - 166 BE 8 (2% anger.)

11 ● BE 8 am 9./10.12.74 neu eingebaut

2. Kapselversuchseinsätze :

⊖ Proj. Nr. - 7
Ird. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

⊖ Proj. Nr. - 1
Ird. Nr.

4. Kreislaufexperimente :

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

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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
5 - T	30.5.74	18.05	3.12.74	9.20
5 - U	12.12.74	9.05	→	→

* 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12: FR-Stab Nr.101 am 5.8.74 als Reaktivitätsausgleich eingebaut!

5. Gas - Bestrahlungseinrichtung :

Proj. FR2/104 : Position 62/20

6. Silizium - Bestrahlungen :

Proj. FR2/108 : Position 32/18 u. 40/06

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

166 auf Gitterpositionen 7 auf Zwischengitterpositionen

8. Bemerkungen :

Falls Abbrand > 15 MWd/kgU, Angabe in Zahlenwerten.

Isotopen - Bestrahlungspositionen

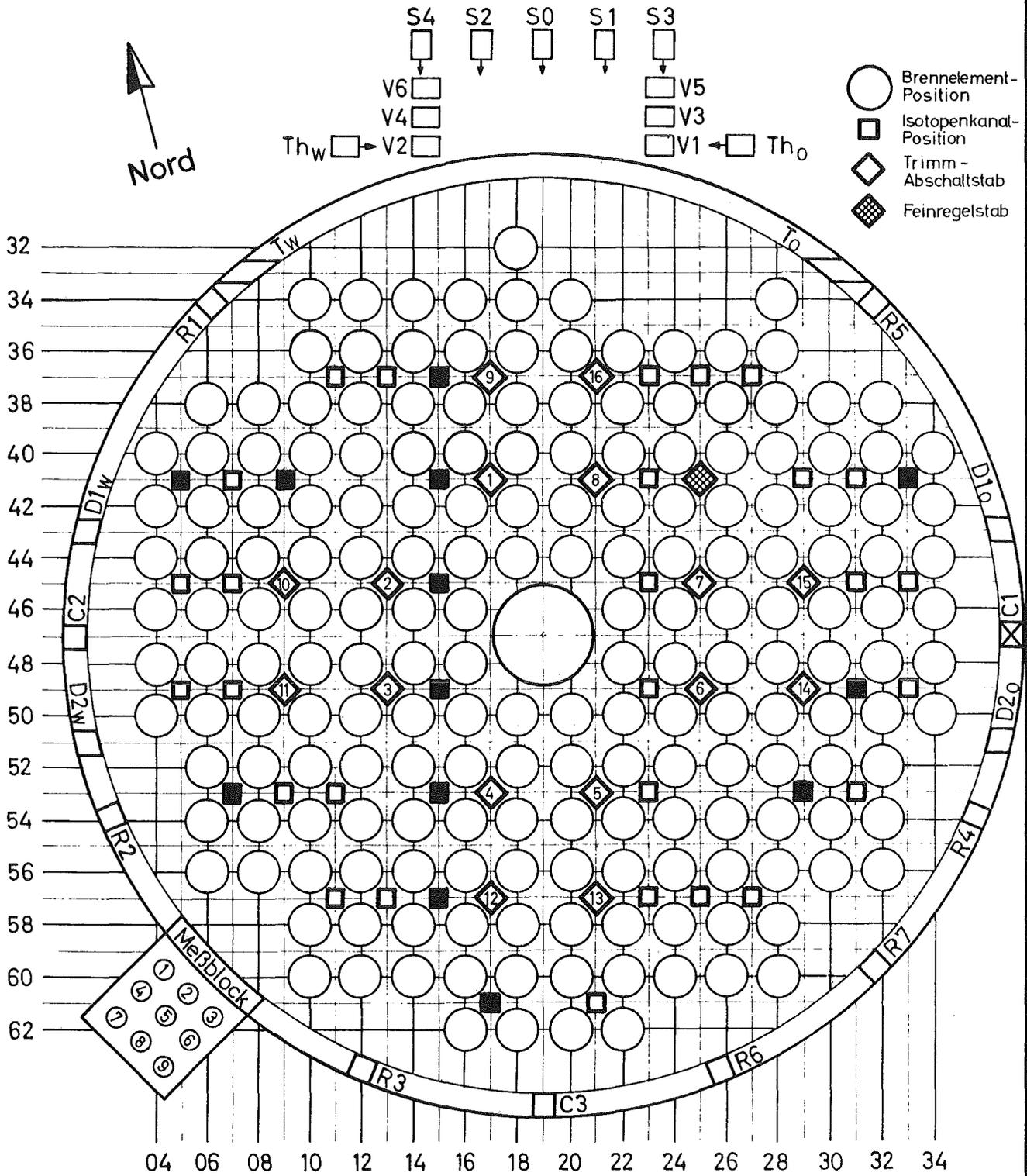
Beladung Nr.: ISO 12

Standardbel. Nr. 12 mit 13 Isotopentauchrohren einschließlich leeren Kapselträgerrohren.

vom : 24.1.74

Anmerkung: Die bisher in Beladung ISO 10 u. 11 durch Proj. FR 2/58 blockierte ISO-Pos. 41/33 ist mit der Außerbetriebnahme des Projektes für ISO-Bestrahlungen wieder frei!

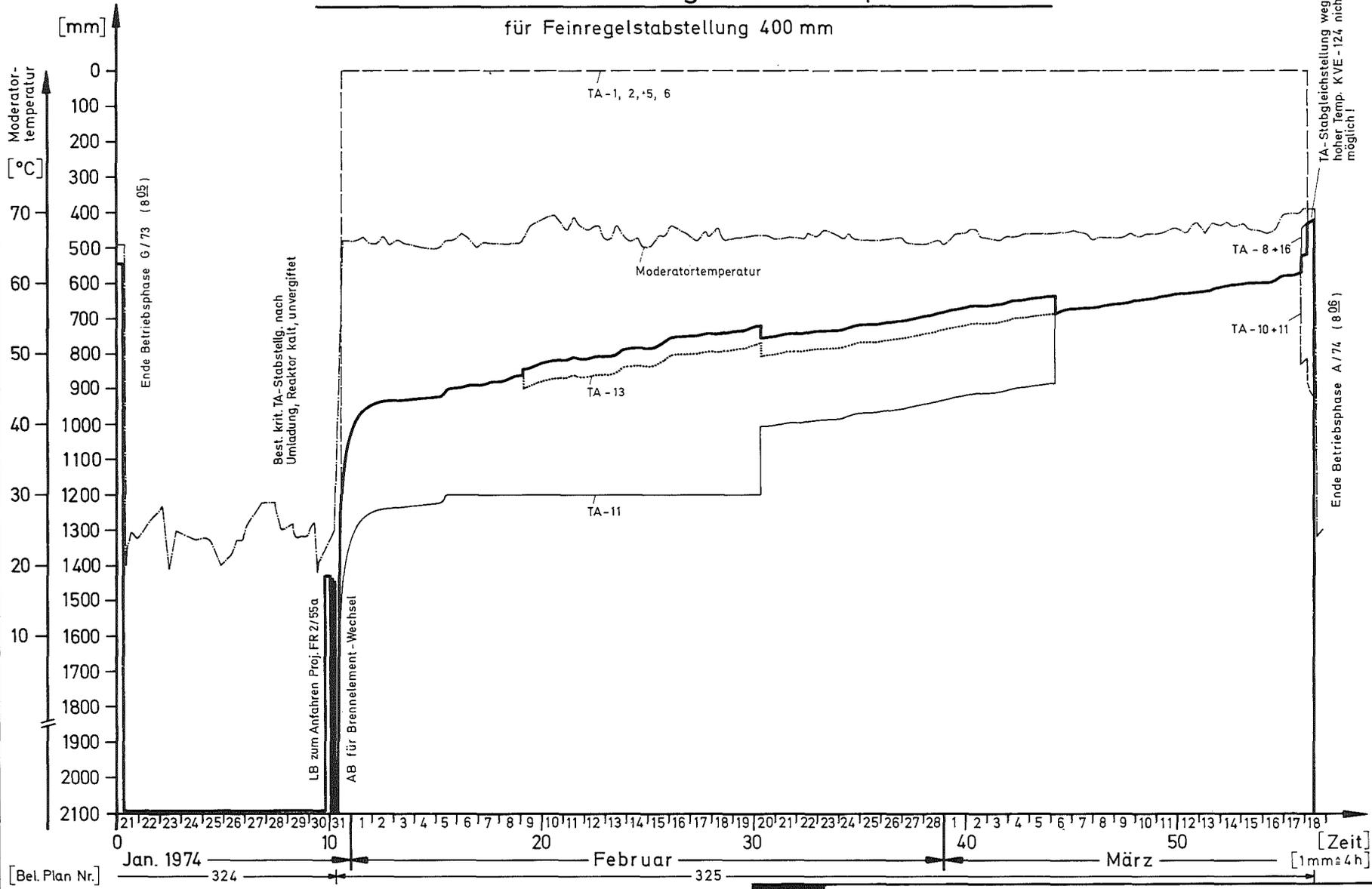
bis : 21.3.75



Formblatt: 9 b

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase A/74 (4. Wo. 74 - 11. Wo. 74)

für Feinregelstabstellung 400 mm



Formblatt : 183 d / 73

Anmerkung :

SV = Startverschiebung
LB = Leistungsbegrenzung

LR = Leistungsrücknahme
AB = Außerbetriebnahme von Hand

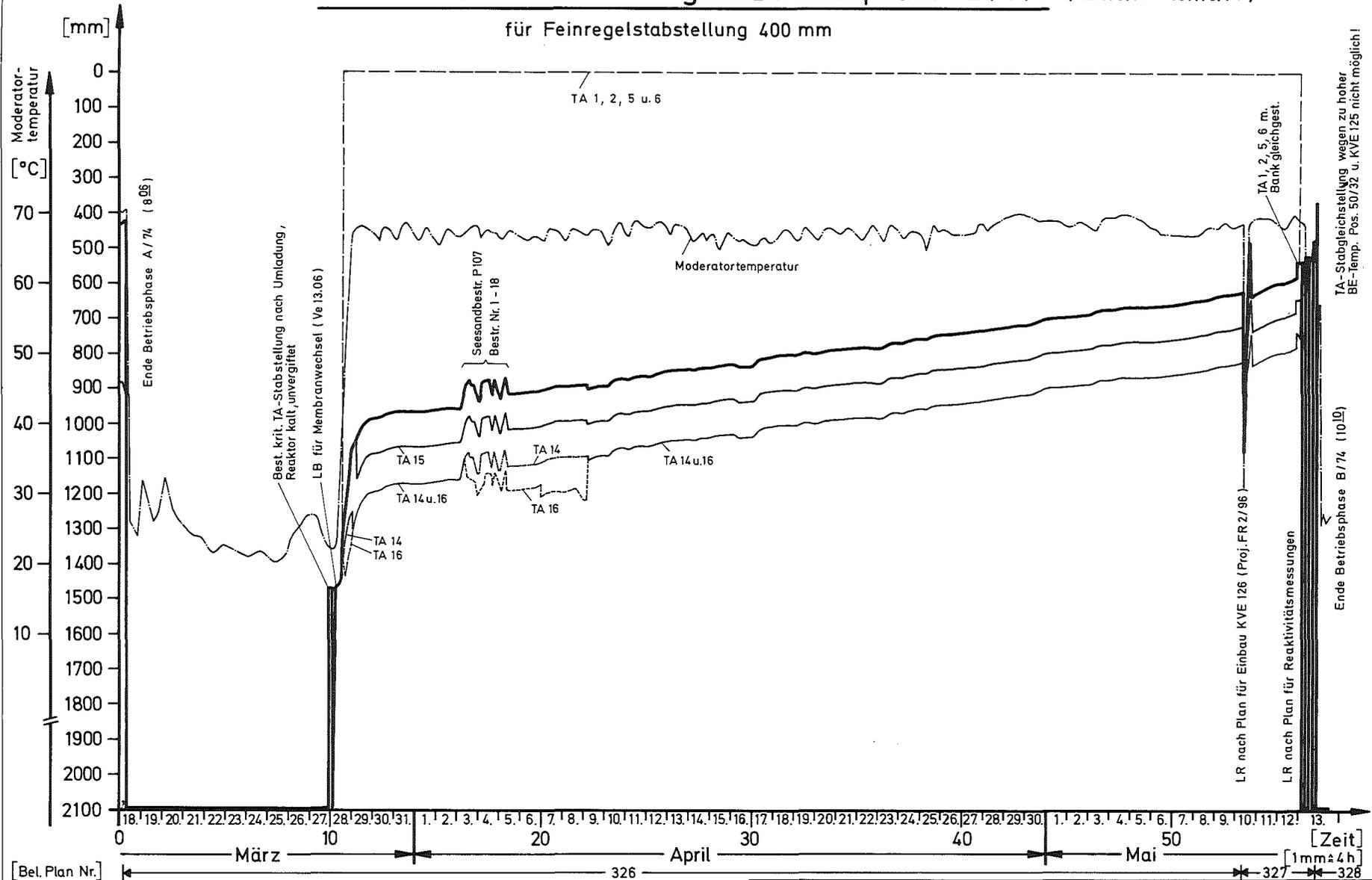
RSA = Reaktor-Schnellabschaltung



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

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase B/74 (12.Wo.74 - 19.Wo.74)

für Feinregelstabstellung 400 mm



TA-Stabgleichstellung wegen zu hoher BE-temp. Pos. 50/32 u. KVE 125 nicht möglich!

Ende Betriebsphase B/74 (10.10)

Formblatt : 183 d /74

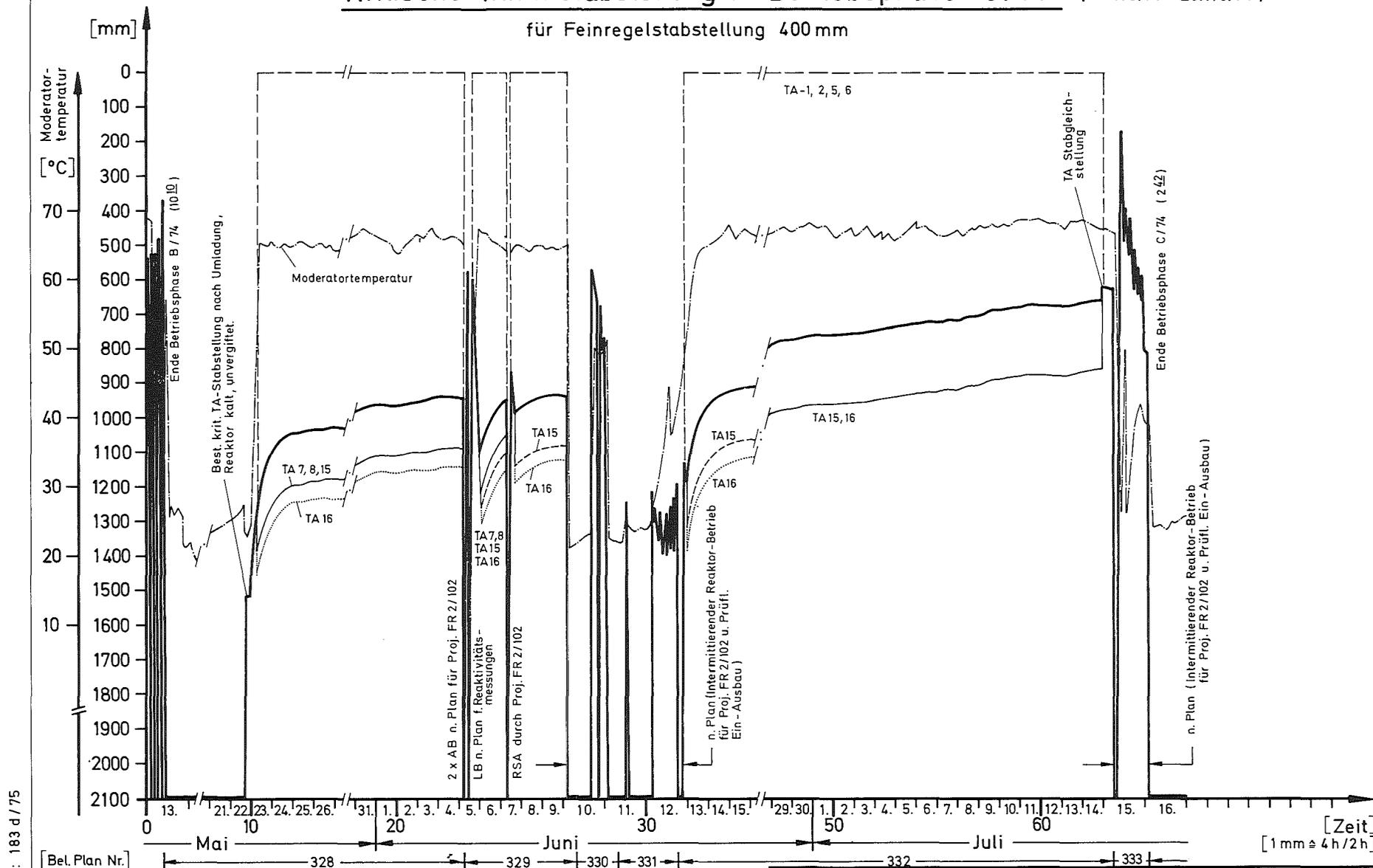
Anmerkung :
 SV = Startverschiebung LR = Leistungsrücknahme RSA = Reaktor-Schnellabschaltung
 LB = Leistungsbegrenzung AB = Außerbetriebnahme von Hand



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

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase C/74 (20.Wo.74 - 28.Wo.74)

für Feinregelstabstellung 400 mm



Formblatt : 183 d / 75

[Bel. Plan Nr.]

Anmerkung :

SV = Startverschiebung
LB = Leistungsbegrenzung

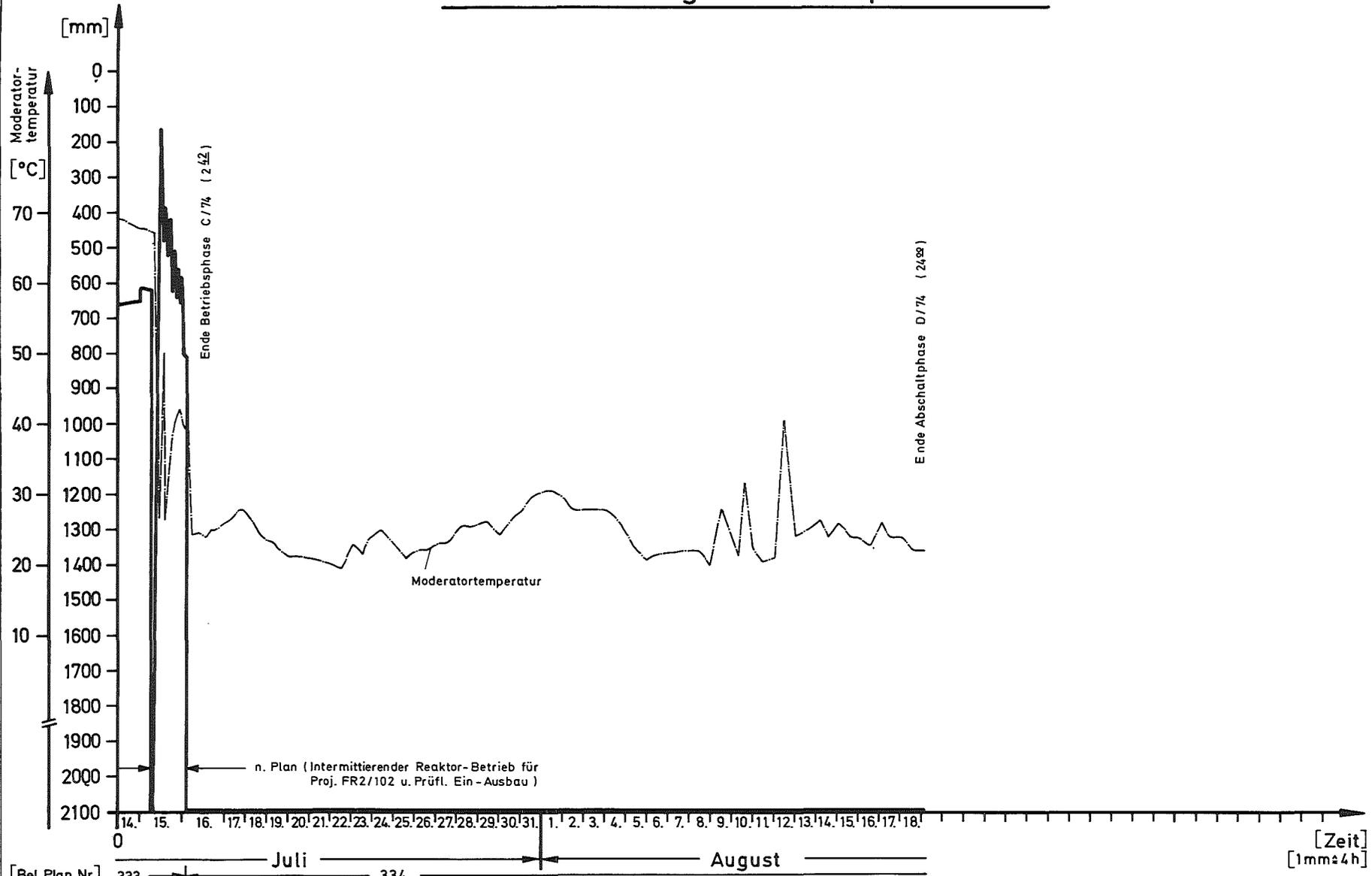
LR = Leistungsrücknahme
AB = Außerbetriebnahme von Hand

RSA = Reaktor -
Schnellabschaltung



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

Trimmstabstellung in Abschaltphase D/74 (29. Wo. 74 - 33. Wo. 74)



Formblatt : 183 d / 76

[Bet. Plan Nr.] 333 Juli 334 August

[Zeit]
[1mm=4h]

Anmerkung :

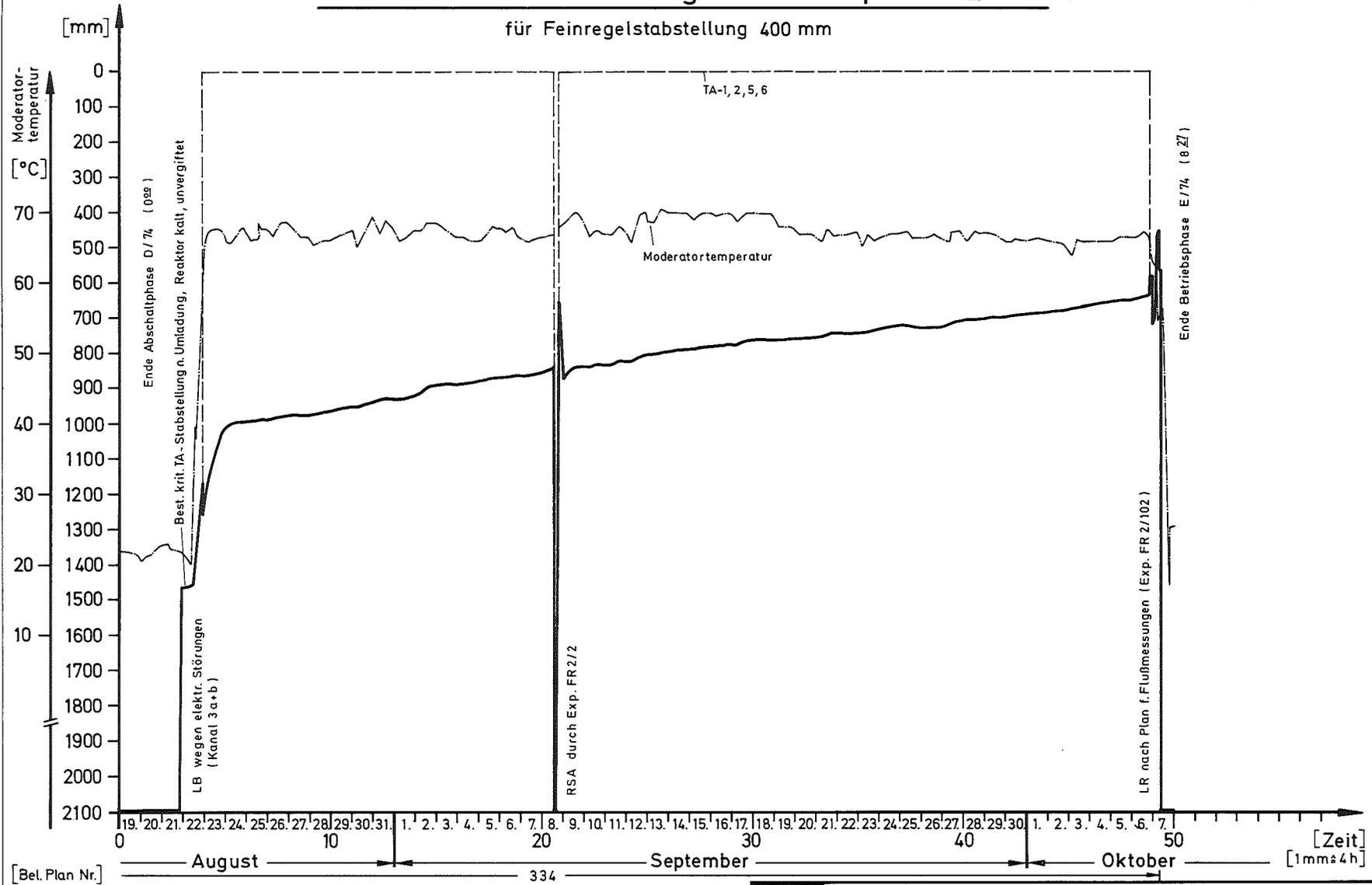
- SV = Startverschiebung LR = Leistungsrücknahme RSA = Reaktor-Schnellabschaltung
- LB = Leistungsbegrenzung AB = Außerbetriebnahme von Hand



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

Kritische Trimmstababstellung in Betriebsphase E/74 (34.Wo.74 - 40.Wo.74)

für Feinregelstababstellung 400 mm



Formblatt : 183 d / 77

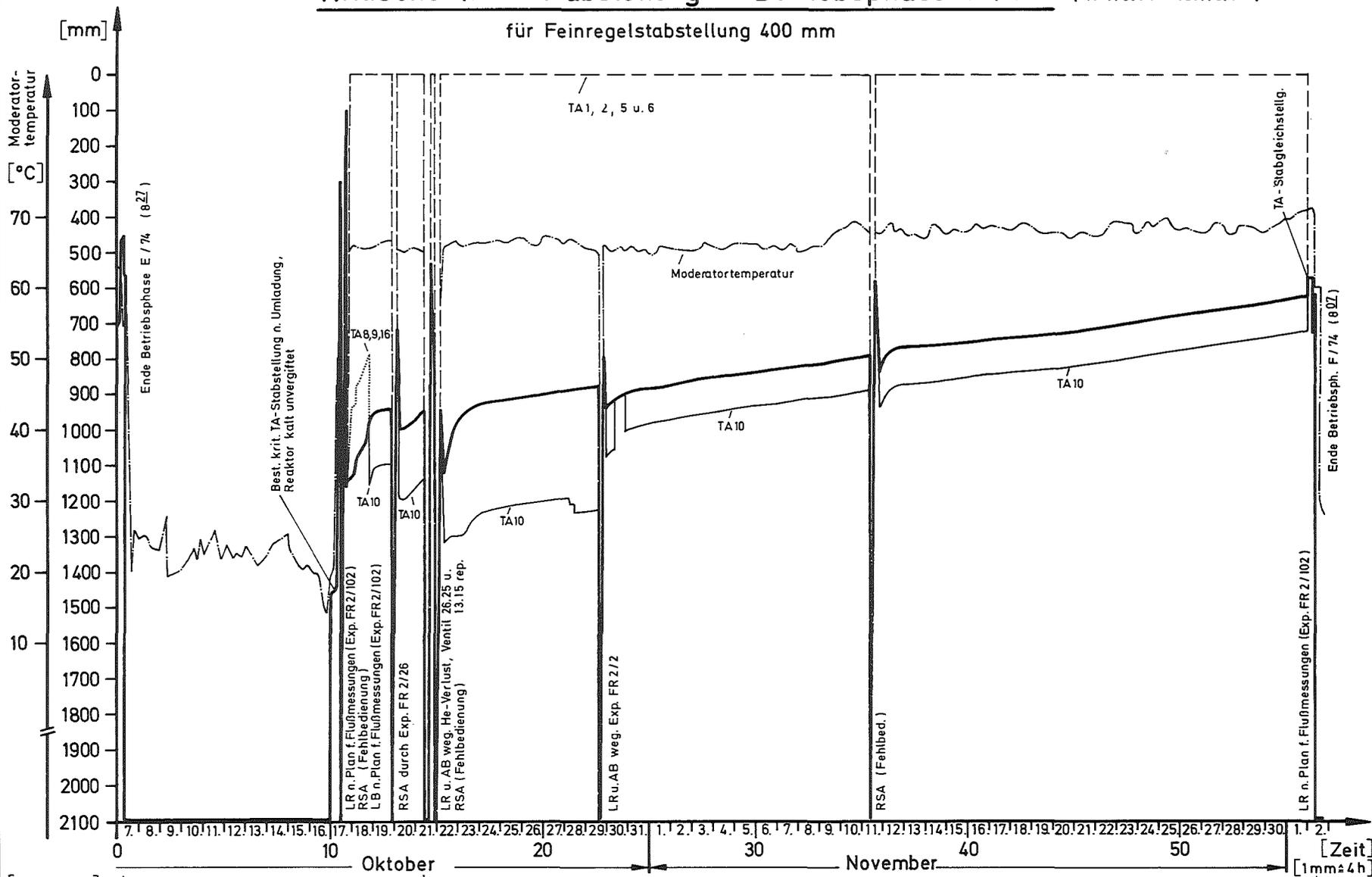
Anmerkung :
 SV = Startverschiebung LR = Leistungsrücknahme RSA = Reaktor-Schnellabschaltung
 LB = Leistungsbegrenzung AB = Außerbetriebnahme von Hand



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

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase F / 74 (41.Wo.74 - 48.Wo.74)

für Feinregelstabstellung 400 mm



Formblatt : 183 d / 78

[Bel. Plan Nr.] 335 336

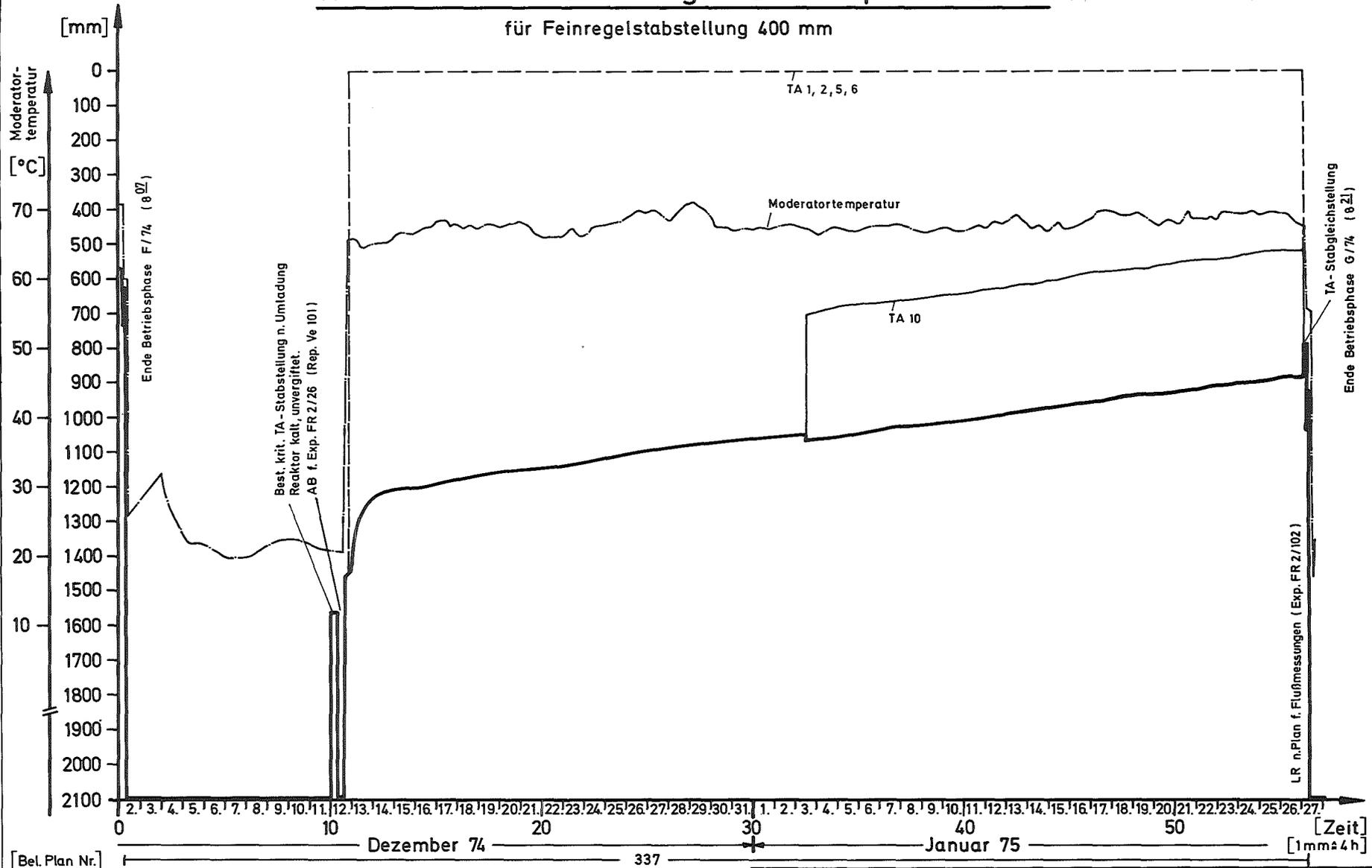
Anmerkung :
 SV = Startverschiebung LR = Leistungsrücknahme RSA = Reaktor - Schnellabschaltung
 LB = Leistungsbegrenzung AB = Außerbetriebnahme von Hand



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

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase G/74 (49.Wo.74 - 4.Wo.75)

für Feinregelstabstellung 400 mm



Formblatt : 183 d / 79

[Bel. Plan Nr.]

Anmerkung :

SV = Startverschiebung
LB = Leistungsbegrenzung

LR = Leistungsrücknahme
AB = Außerbetriebnahme von Hand

RSA = Reaktor -
Schnellabschaltung



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