

**KfK 3383 B**  
**September 1983**

# **Betrieb und Nutzung des FR 2 im Jahre 1981**

**J. Blümle**  
**Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

KfK 3383 B

Betrieb und Nutzung des FR2

im Jahre 1981

J. Blümle

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

Betriebsbericht über den  
Forschungs- und Prüfreaktor FR2  
im Jahre 1981

Das Jahr 1981 war als letztes Betriebsjahr des FR2 geprägt von der letztmaligen Abschaltung des Reaktors am 21.12.1981. Damit ging ein zwanzigjähriger erfolgreicher Reaktor- und Experimentierbetrieb zu Ende.

Der FR2 war der erste in Deutschland geplante, konstruierte und gebaute Kernreaktor. Er war als Universalreaktor konzipiert und gestattete damit die Durchführung von Strahlrohrexperimenten, die Bestrahlung von Reaktormaterialien und Kernbrennstoffen sowie die Erzeugung von radioaktiven Isotopen.

Im Berichtszeitraum betrug die Arbeitsverfügbarkeit des Reaktors 91 % der geplanten Leistungsbetriebszeit. Aus einer mittleren Leistung von 43,9 MW ergab sich eine thermische Energieerzeugung von 8868 MWd.

Aus der Entwicklung der experimentellen Nutzung des FR2 war die bevorstehende Außerbetriebnahme des Reaktors zu erkennen. Nach der Auslagerung von 2 Strahlrohrexperimenten an auswärtige Reaktoren waren noch 20 derartige Experimente in Betrieb, die jedoch einschließlich der Kalten Neutronenquelle und der Tieftemperaturbestrahlungseinrichtung bis zum letzten Betriebstag sehr intensiv genutzt wurden. Die Isotopenerzeugung zeigte einen unerwartet hohen Anstieg. Die Zahl der instrumentierten Kapselversuchseinsätze sowie die Nutzung der  $\gamma$ -Bestrahlungseinrichtung blieben gegenüber dem Vorjahr unverändert.

## Summary

### Report on the Operation in 1981

#### of the FR2 Research and Testing Reactor

The outstanding event in 1981, the last year of FR2 operation, was the final shutdown of the reactor on December 21, 1981. It brought to an end a 20 years period of successful reactor operation and experimentation.

The FR2 was the first nuclear reactor to be planned, designed and built in Germany. It had been conceived as a universal-purpose reactor and thus allowed to perform beam tube experiments, to irradiate reactor materials and nuclear fuels, and to produce radioactive isotopes.

During the period of reporting the net capacity factor of the reactor attained 91 % in the scheduled period of power operation. An average power of 43,9 MW led to a thermal energy production of 8868 MWd.

The development of the experimental utilization of the FR2 reflected the forthcoming decommissioning of the reactor. After two beam tube experiments had been transferred to external reactors, 20 experiments of this type were still pursued which, however, were very intensively exploited till the very last day of operation, inclusive of the cold neutron source and the low-temperature irradiation rig. Isotope production rose to an unexpectedly high level. The number of the instrumented capsule test rigs and the utilization of the  $\gamma$ -irradiation rig remained unchanged compared with the preceding year.

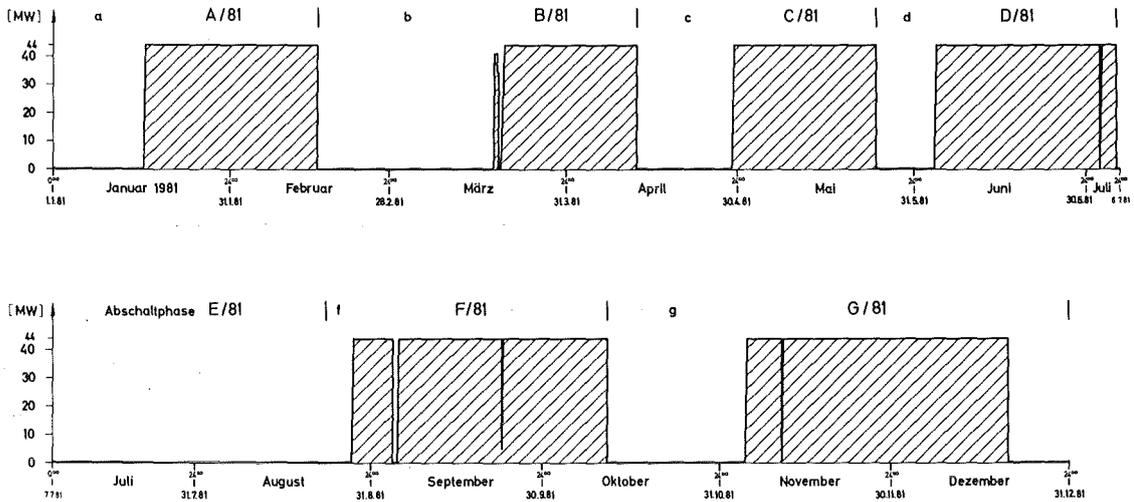
## Inhaltsverzeichnis

1. Zusammenfassung
2. Berichtszeitraum
3. Betriebsdaten des Reaktors FR2
4. Strahlenschutz
5. Abgabe radioaktiver Gase über den FR2-Abluftschornstein
6. Meldepflichtige Störfälle
7. Besondere Ereignisse
8. Funktions- und Wiederholungsprüfungen
9. Beladungszustände und Abbrand
10. Reaktivitätsverhalten
11. Leistungsverteilung und Neutronenflußdichte
12. Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen
13. Isotopenproduktion und Probenbestrahlungen
14. Strahlrohrexperimente
15. Neutronenradiographieanlage
16. Kapselversuchseinsätze
17. Kreislaufexperimente
18. Einsatzleiter vom Dienst für das Kernforschungszentrum Karlsruhe
19. Tabellen und Diagramme
20. Der FR2 und seine experimentelle Nutzung in den Jahren 1961 bis 1981

# 1. Zusammenfassung

## 1.1 Betrieb des Reaktors

Der Reaktor FR2 war im zwanzigsten und gleichzeitig letzten Betriebsjahr gemäß dem Terminleitplan an rund 202 Betriebstagen im Leistungsbereich  $N > 10^{-3} N_N$  ohne bedeutsame Störfälle in Betrieb. Eine Übersicht über den Betriebsverlauf gibt Abbildung 1.1.



Die Einteilung nach Betriebsphasen A - G entspricht dem FR2-Terminleitplan 1981  
Ausgabe: 1-041180

Abb. 1.1: Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1981

Die technische Ertüchtigung der Anlage wurde mit der Verbesserung des Reaktorsumpfsystems fortgesetzt. Die dazu notwendigen Arbeiten drückten die Verfügbarkeit des Reaktors auf 91 % der geplanten Leistungsbetriebszeit.

Es ergaben sich die in Tabelle 1.1 aufgeführten Betriebsunterbrechungen mit einem Ausfall von rund 19 Vollastbetriebstagen.

Tabelle 1.1: Betriebsunterbrechungen im Jahre 1981  
(in Klammern die Zahlen des Vorjahres)

Betriebsunterbrechungen	Anzahl gesamt	plan- mäßig	störungs- bedingt	durch Fehl- bedienung
Leistungsbe- grenzungen	1 (0)	0	1	0
Leistungsrück- nahmen	2 (1)	0	2	0
Abschaltungen von Hand	5 (6)	2	3	0
Automatische Abschaltungen	2 (3)	0	1	1
Startver- zögerungen	2 (2)	2	0	0

Im Jahre 1981 gelangten 34 frische Brennelemente zum Einbau in den Reaktor und 36 abgebrannte Brennelemente mit einem mittleren Abbrand von 17200 MWd/t<sub>U</sub> zum Ausbau. Durch Umsetzen von 222 Brennelementen innerhalb des Reaktorkerns konnten ein flacher Neutronenflußverlauf und ein gleichmäßiger Abbrand erreicht werden.

## 1.2 Experimentelle Nutzung

Im Rahmen der Isotopenproduktion wurden für die vielfältige Anwendung in Forschung und Technik insgesamt 1847 Kapseln (im Vorjahr 1501 Kapseln) mit zum Teil mehreren Proben bestrahlt.

Aus der  $\gamma$ -Bestrahlungseinrichtung im Brennelementlagerbecken kamen 40 Bestrahlungen zur Untersuchung der Strahlenresistenz verschiedenartiger Materialien zur Auslieferung. Weitere Proben befinden sich in Bestrahlungsposition.

Im D<sub>2</sub>O-gekühlten Isotopen-Bestrahlungseinsatz sind zur Erzeugung von Spaltmolybdän aus Uran-235 zur Technetium-99<sup>m</sup>-Gewinnung 20 Brennstoffplatten bestrahlt worden.

An den Strahlrohren waren bis zum Zeitpunkt der Reaktorabschaltung 20 Versuchsaufbauten (Mehrfachnutzung) in Betrieb. Ein Kernresonanz/Zweiachsenspektrometer wurde am Jahresanfang und eine Neutronenbeugungsanlage zur Jahresmitte abgebaut und an andere Reaktoren ausgelagert.

Es befanden sich wie im Vorjahr 4 instrumentierte Brennstoff-Kapselversuchseinsätze in Bestrahlungsposition.

Die Tieftemperatur-Bestrahlungseinrichtung wurde weiterhin vom MPI-Stuttgart genutzt, das mit dieser Anlage Untersuchungen der Strahlenschäden in Festkörper durchführte. Die Experimentierbereitschaft betrug rund 171 Tage (86 % der Planzeit). Insgesamt waren 14 Proben eingebaut.

Die Kalte Neutronenquelle zur Erzeugung subthermischer Neutronen ( $E < 0,005$  eV) war mit 4 Versuchsanordnungen für das Institut für Angewandte Kernphysik des Kernforschungszentrums mit einer Verfügbarkeit von rund 98 % in Betrieb.

### 1.3 FR2-Terminleitplan 1981

Die Abbildung 1.2 zeigt den nach den tatsächlichen Gegebenheiten überarbeiteten Terminleitplan für das Jahr 1981.

### 1.4 Strahlenbelastung und Abgabe radioaktiver Gase

Die Strahlenbelastung der am FR2 tätigen Mitarbeiter erreichte mit einer maximalen Jahres-Personendosis von  $8 \text{ mJ} \cdot \text{kg}^{-1}$  (0,8 rem) nicht die nach der Strahlenschutzverordnung zulässigen Grenzen. Erwähnenswerte Personenkontaminationen gab es nicht.

Die Ableitungen an radioaktiven Stoffen aus dem Abluftschornstein blieben deutlich unter den nach dem Abluftplan für das KfK erlaubten Werten.

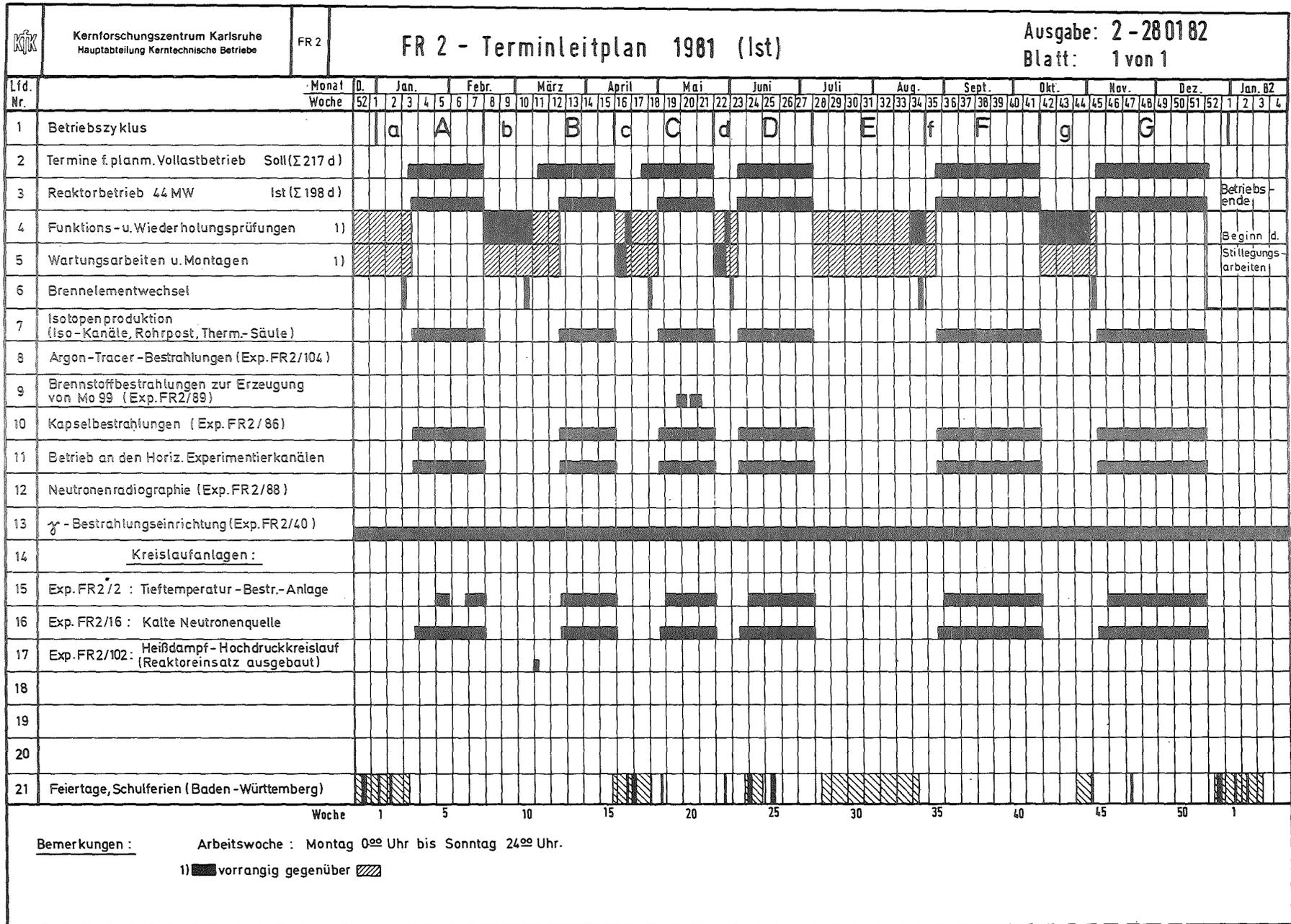
### 1.5 Meldepflichtige Störfälle

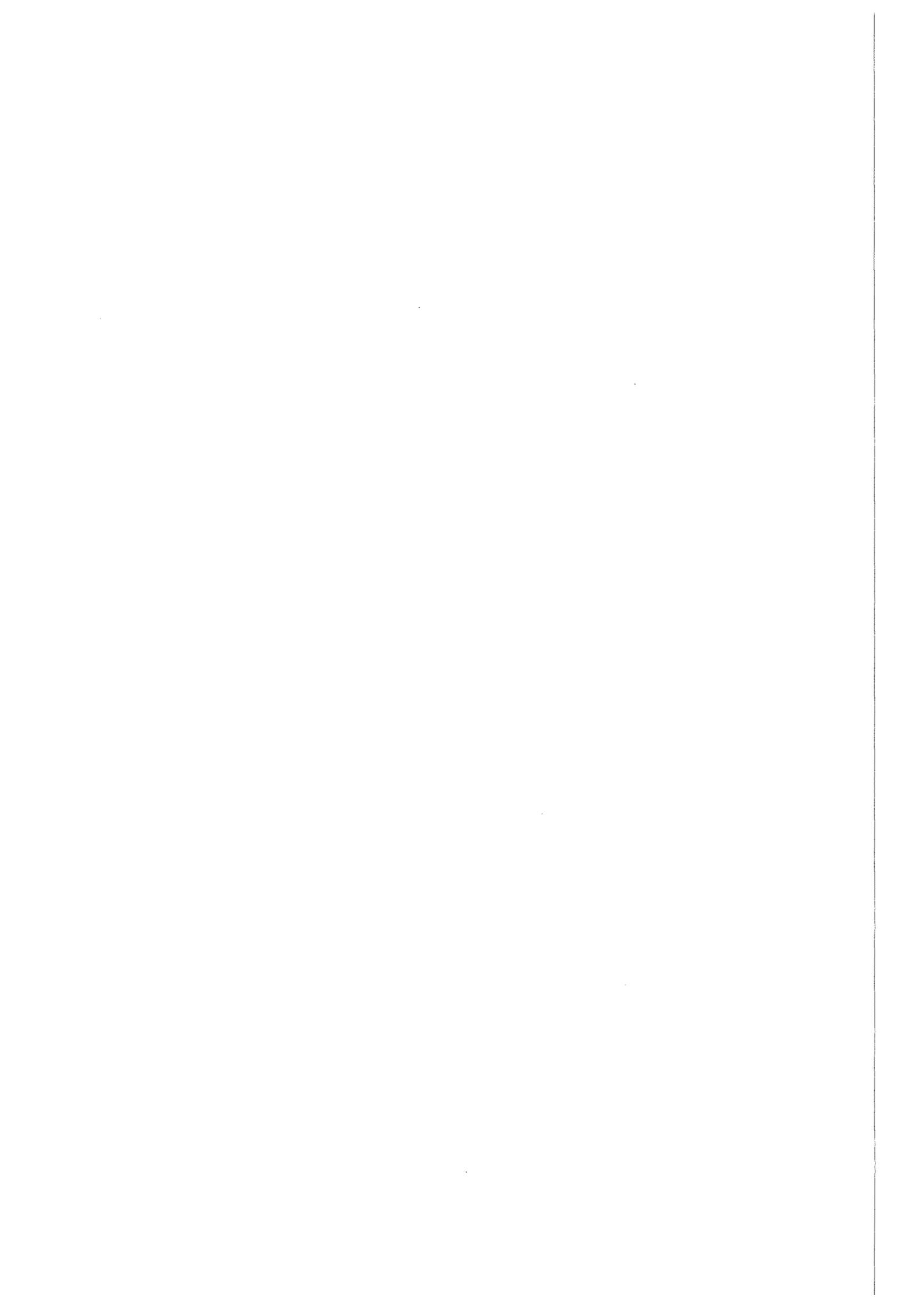
Im Berichtszeitraum ereigneten sich 24 meldepflichtige Störfälle (23 nach Kategorie C und 1 nach Kategorie B). Sie blieben ohne besondere Auswirkungen. Die Beseitigung der Fehler erfolgte durch die eigene Betriebsinstandhaltung.

### 1.6 Ausblick

Zur Vorbereitung der schrittweisen Außerbetriebnahme der Anlage wurden Überlegungen mit Behörde und Gutachter diskutiert. Ziel ist die Reduzierung des personellen und materiellen Aufwands für Betrieb, Überwachung sowie Wartung und Instandhaltung der noch weiter zu betreibenden Anlagenteile, wie Energieversorgung, Lüftung und Strahlenschutzinstrumentierung. Parallel dazu wurden Gedanken für eine spätere Nutzung des FR2-Gebäudes mitsamt seiner technischen Infrastruktur entwickelt.

Abb. 1.2: FR2-Terminleitplan 1981 (Ist)





2. Berichtszeitraum

1.1.1981, 0.00 Uhr bis 31.12.1981, 24.00 Uhr  
entsprechend 8 760 h = 365 d.

3. Betriebsdaten des Reaktors FR2

3.1 Betriebszeiten	nach Plan		nach Betriebsaufzeichnungen	
	[Soll]		[Ist]	
	(h)	(d)	(h)	(d)
Gesamtbetriebszeit (Reaktorstart und R.kritisch)			4905,03	204,38
Leistungsbetriebszeit ( $N > 10^{-3} N_N$ )	5280,00	220,00	4845,10	201,88
Vollastbetriebszeit ( $N > 43$ MW)	5208,00	217,00	4761,55	198,40

3.2 Reaktorleistung und Energieabgabe

Planmäßige Reaktorleistung	44	MW
Mittlere Reaktorleistung (ermittelt aus dem Quotienten Energieabgabe und Betriebszeit $> 10^{-3} N_N$ )	43,9	MW
Energieabgabe	212837,60 MWh	= 8868,23 MWd

3.3 Ausfallzeiten

Reaktor außer Betrieb und verminderte Reaktorleistung ( $< 43$ MW)	448,86 h	=	18,70 d
--------------------------------------------------------------------	----------	---	---------

3.4 Zeitliche Nutzung

Gesamtbetriebszeit bezogen auf Berichtszeit	55,99 %
Leistungsbetriebszeit ( $N > 10^{-3} N_N$ ) bezogen auf planmäßige Betriebszeit	91,76 %
Vollastbetriebszeit ( $N > 43$ MW) bezogen auf planmäßige Vollastbetriebszeit	91,43 %

Weitere Einzelheiten, einschließlich der gegenüber dem Plan fehlenden Betriebszeiten, können aus den unter Punkt 19 beigefügten Tabellen 19.1 und 19.2 sowie den Formblättern 148 c/130 bis 136 entnommen werden.

Die Abbildungen 3.1 und 3.2 geben einen vergleichenden Überblick über die Leistungsbetriebszeit bei  $N > 10^{-3} N_N$ , die Energieabgabe und die Verfügbarkeit in den letzten Jahren.

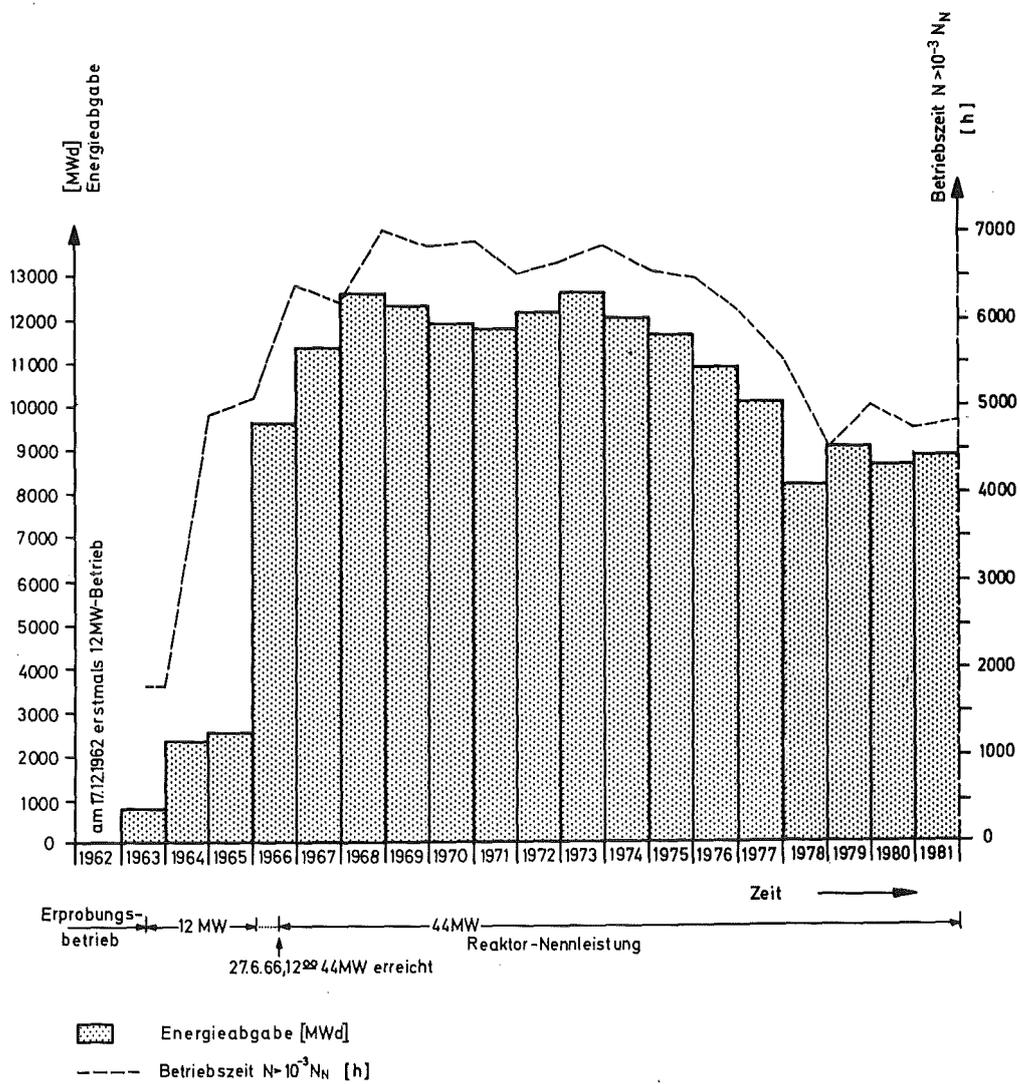


Abb. 3.1: Betriebsdaten des FR2

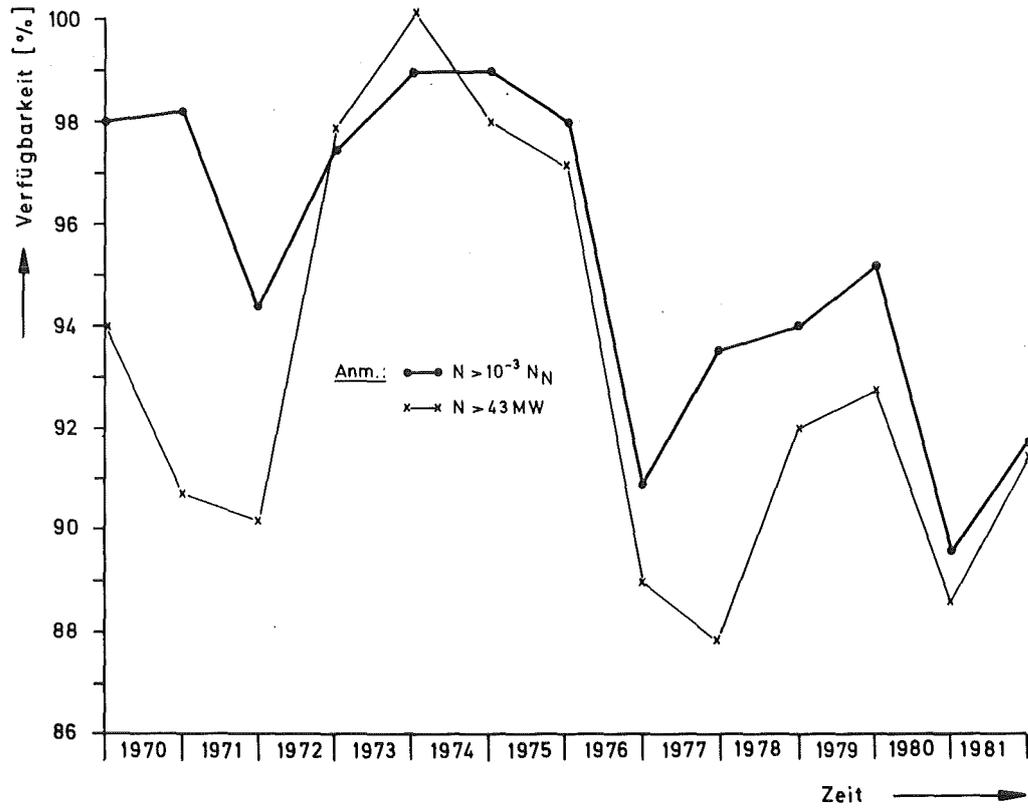


Abb. 3.2: Verfügbarkeit des FR2 bezogen auf planmäßige Betriebszeit

Die zeitliche Verfügbarkeit des Reaktors war wegen der technischen Ertüchtigung des Reaktorsumpfsystems und wegen nicht termingerecht abgewickelter Instandsetzungsarbeiten geringer als erwartet.

#### 4. Strahlenschutz

Die Strahlenbelastung der in den Kontrollbereichen tätigen Personen kann aus Abbildung 4.1 entnommen werden. Sie hielt sich weit unter den nach Strahlenschutzverordnung zulässigen Werten.

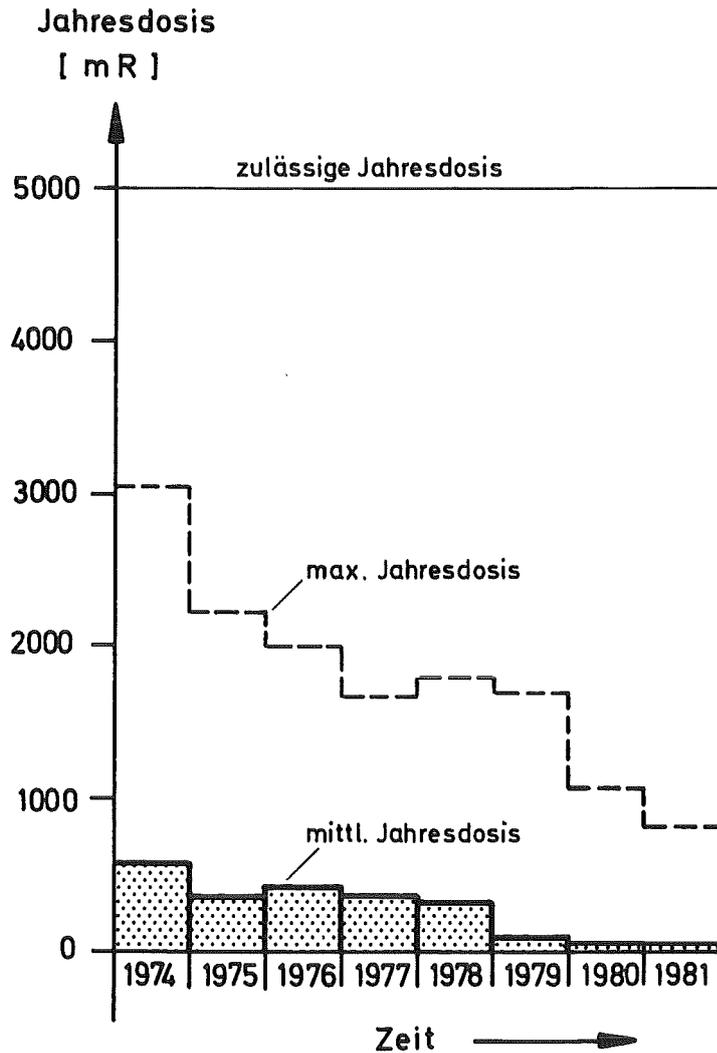


Abb. 4.1: Personendosis der am FR2 tätigen Mitarbeiter

In den Abbildungen 4.2 und 4.3 ist die Verteilung der Strahlenbelastung der Mitarbeiter dargestellt. Die höchsten Werte ergaben sich im Bereich Brennelementhandhabung. Erwähnenswerte Personenkontaminationen traten nicht auf. Die nach Paragraph 39 der Strahlenschutzverordnung erforderlichen Strahlenschutzbelehrungen wurden durchgeführt.

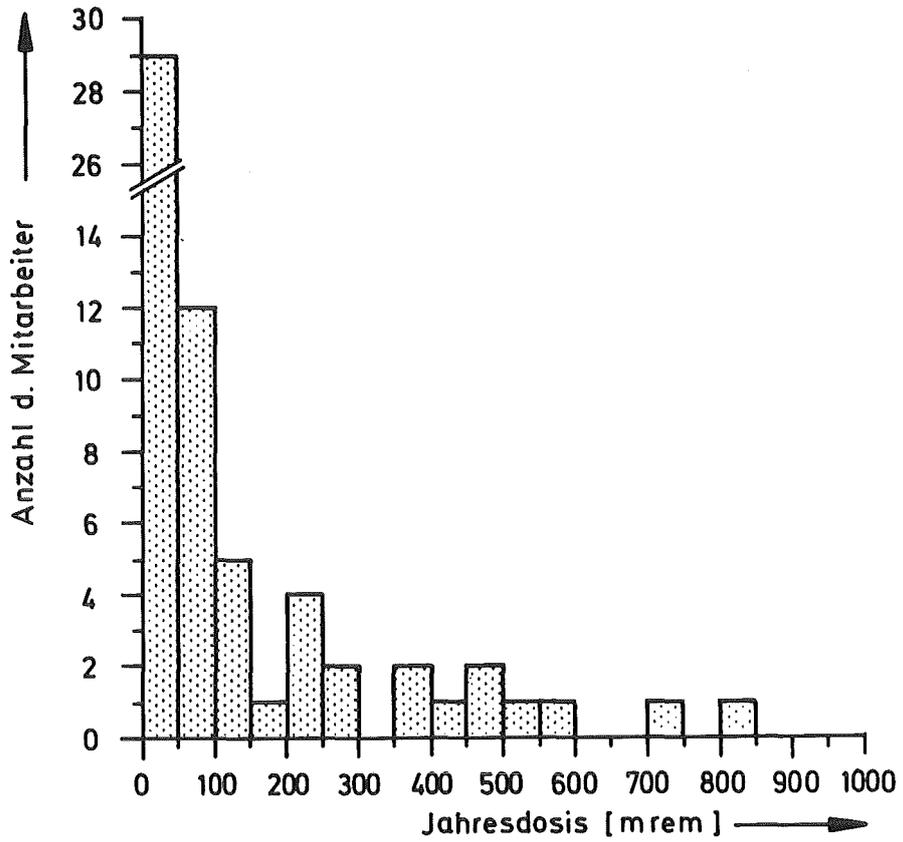


Abb. 4.2: Strahlenbelastung der KTB/FR2 Mitarbeiter (Betrieb und Wartung) im Jahre 1981 nach Taschenionisationskammern

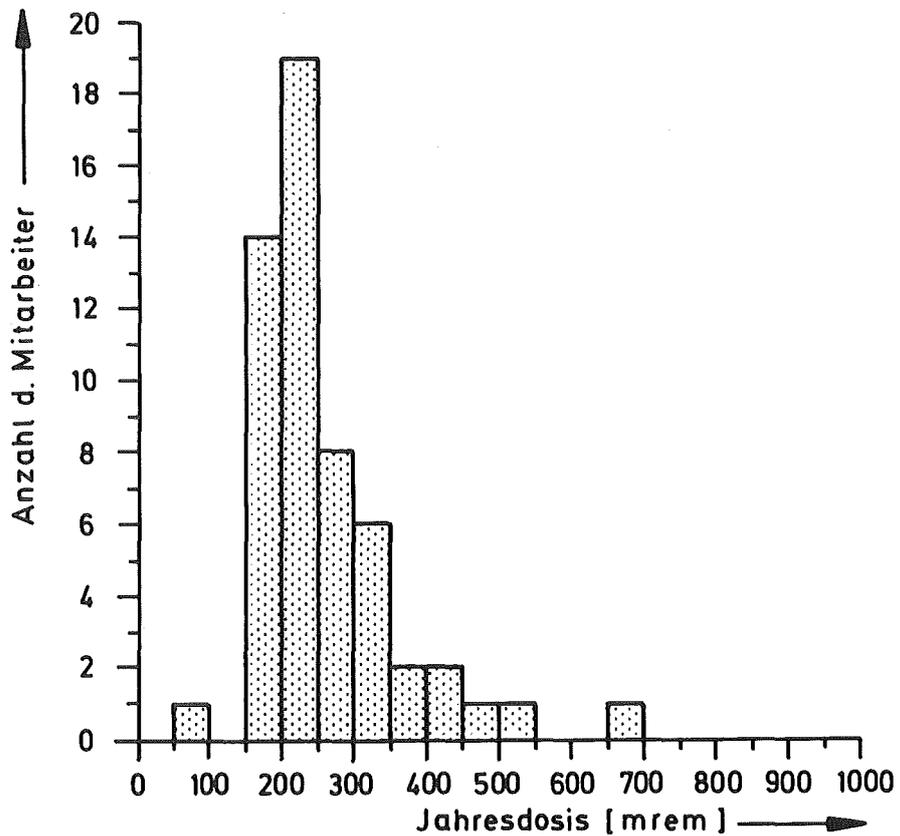


Abb. 4.3: Strahlenbelastung der KTB/FR2 Mitarbeiter (Betrieb und Wartung) im Jahre 1981 nach Glasdosimetrie

5. Abgabe radioaktiver Stoffe über den FR2-Abluftschornstein

Die Abgabe von radioaktiven Stoffen aus dem Abluftschornstein blieb wie bisher in den Grenzen des KfK-Abluftplans (Abbildung 5.1 bis 5.4).

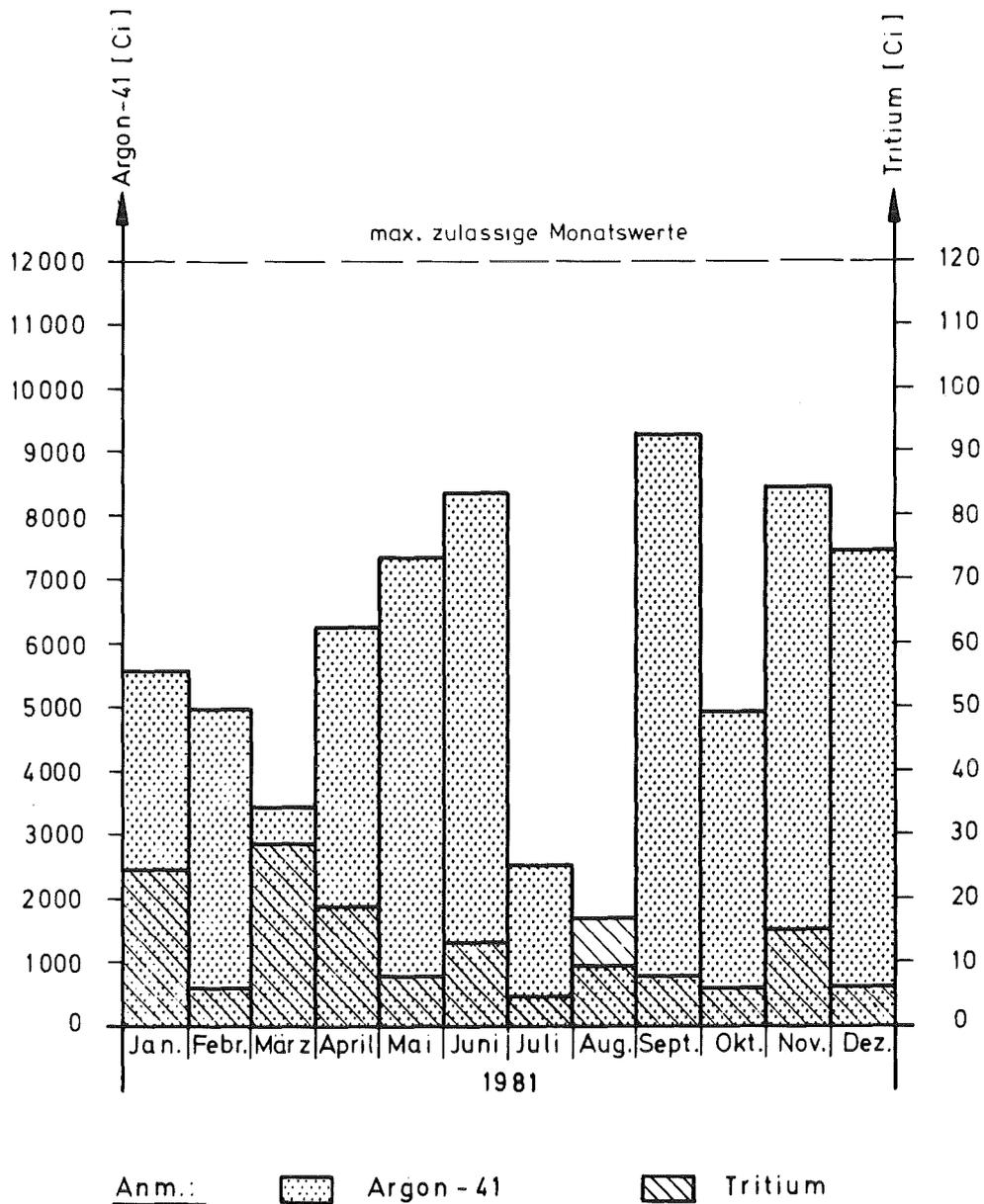


Abb. 5.1: Abgabe von Ar41 u. H-3 (als Wasserdampf) über den FR2-Abluftschornstein

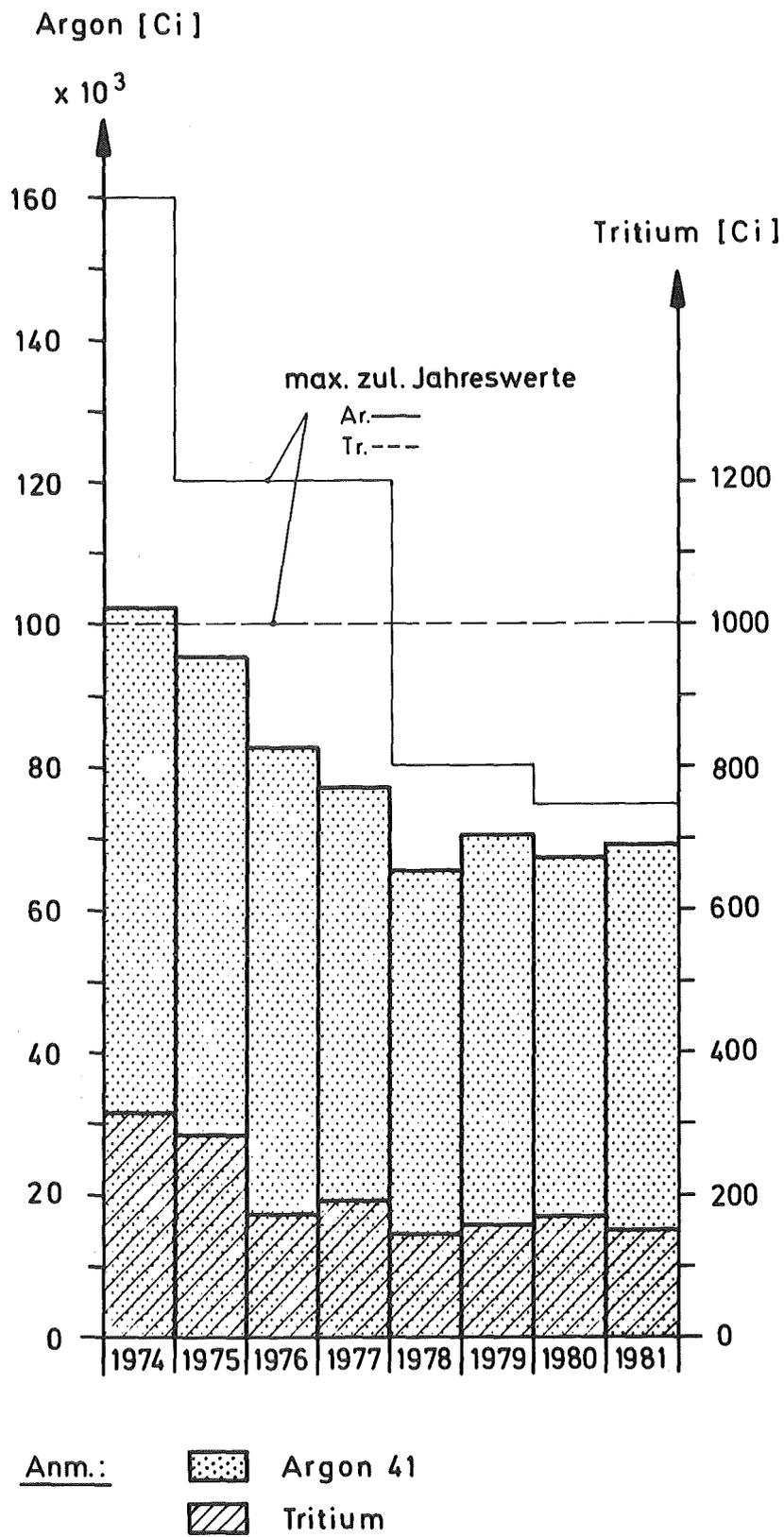
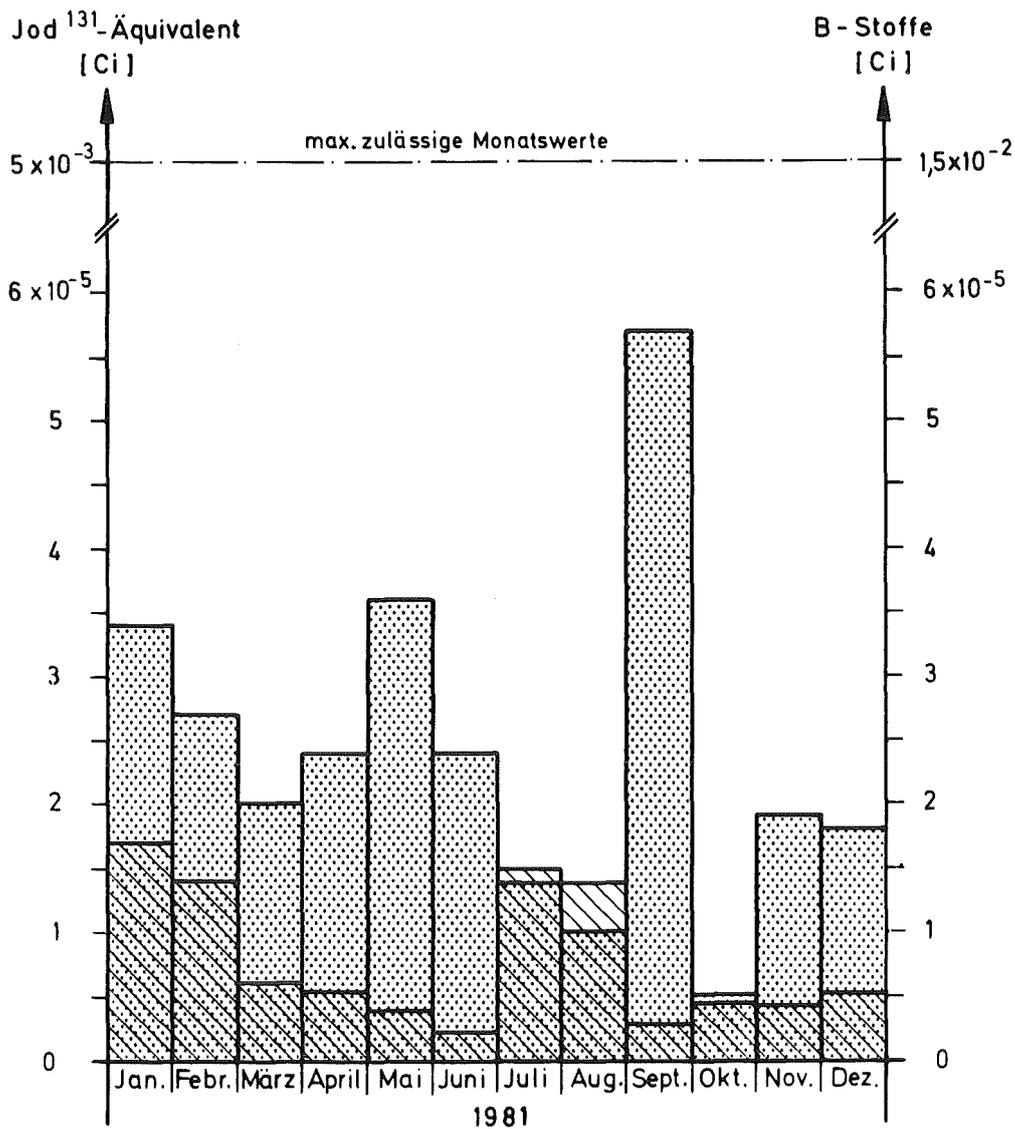


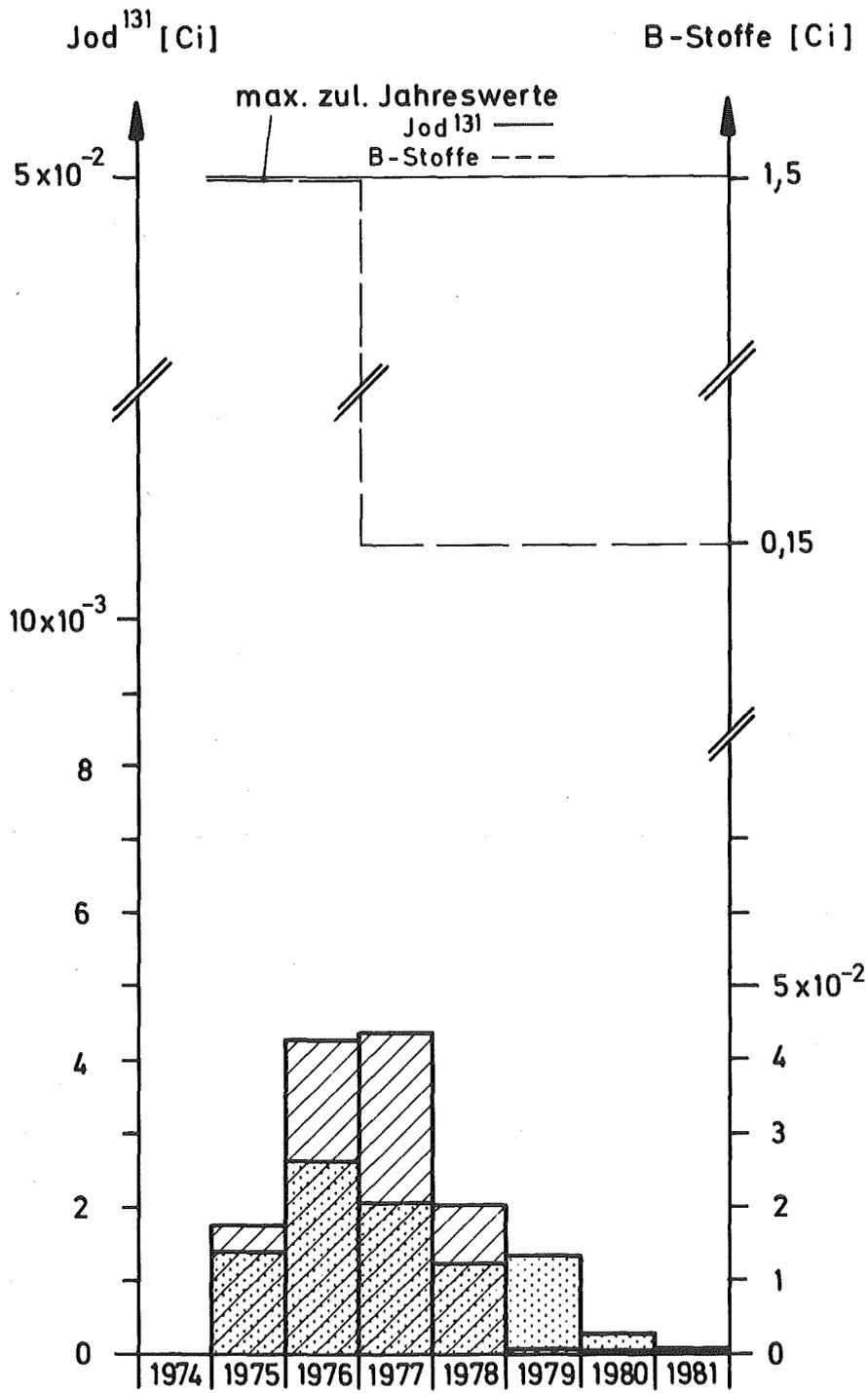
Abb. 5.2: Abgabe radioaktiver Stoffe über den FR2-Abluftschornstein (Argon und Tritium)



Anm.:  Jod<sup>131</sup>-Äquivalent

 B-Stoffe = Beliebige Mischung von  $\beta$ -u.  $\gamma$ -Strahlern, wenn die  $\alpha$ -Strahler sowie Radiojodisotope, Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242 m u. Cf-254 unberücksichtigt bleiben können.

Abb. 5.3: Abgabe von Radiojod und B-Stoffen über den FR2-Abflutschornstein



Anm.:  Jod 131

 B-Stoffe = Beliebige Mischung von  $\beta$ -u. $\gamma$ -Strahlern, wenn die  $\alpha$ -Strahler sowie Radiojodisotope, Pb-210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242 u. Cf-254 unberücksichtigt bleiben können.

Abb. 5.4: Abgabe radioaktiver Stoffe über den FR2-Abfuhrschornstein (Radiojod u. B-Stoffe)

## Störungsbedingte Aktivitätsabgaben

### Aktivitätsausstoß von Chlor-38:

Am Freitag, den 27.3.1981 stieg ab ca. 9.00 Uhr die Anzeige der Meßstelle 4A2 (Aerosolaktivität in der Abluft) von 320 Ipm (um 8.55 Uhr) auf 1000 Ipm (um 15.50 Uhr) an.

Die Auswertung der Kohle- und der Aerosolfilter zur Überwachung der Schornsteinabluft erbrachte als einziges radioaktives Nuklid Chlor-38 (mit  $\beta^-$  4,9 MeV sowie  $\gamma$  2,2 und 1,6 MeV und einer Halbwertszeit von 37,2 min).

Der Anstieg fiel zeitlich mit dem Einsetzen eines mit 4 Kapseln beladenen Isotopenkapselträgerrohrs in den Reaktorkern zusammen. Eine Überprüfung der Kapseln ergab, daß der Deckel eines Quarzbehälters durch einen ca. 4 cm langen Streifen Tesa-Klebefolie gesichert war, der während der Bestrahlung verschmort. Die Tesa-Klebefolie ist auf PVC-Basis aufgebaut und damit chlorhaltig. Beim Verschmoren der Klebefolie wurde das Chlor ausgetrieben. Das Gewicht des unbestrahlten Klebestreifens hatte rund 60 mg betragen, die verschmorten Reste wogen noch 40 mg.

Über den FR2-Abluftschornstein wurden rund  $10^{-2}$  Ci Chlor-38 abgegeben. Der zulässige Wochenwert gemäß Abluftplan liegt um den Faktor 5000 höher.

Eine weitere Freisetzung von ca. 23 mCi Chlor-38 über den FR2-Abluftschornstein erfolgte am 4.5.1981. Bei der Überprüfung wurde festgestellt, daß die Quarzampulle einer Isotopenbestrahlungsprobe mit Bestrahlungsgut (Carnalith ( $KCl + MgCl_2$ )) bei der Verpackung mechanisch beschädigt worden war. Während der Bestrahlung im Reaktorkern erfolgte die Chlorfreisetzung.

Aktivitätsausstoß von Tritium:

Infolge einer defekten Membran sind am 6.5.1981 rund 35 cm<sup>3</sup> D<sub>2</sub>O über die Feuchtefühlerbohrung von Ventil 13.15 in den Raum R006 ausgeflossen. Durch die Abluftüberwachung wurde eine Abgabe über den Ablufschornstein von ca. 0,2 Ci Tritium (TDO) gemessen.

Am 13.5.1981 traten rund 10 cm<sup>3</sup> D<sub>2</sub>O über die defekte Membran von Ventil 13.11 in den Raum R105 aus. Dabei sind ca. 56 mCi Tritium (TDO) über den Ablufschornstein freigesetzt worden.

Ebenfalls wegen einer defekten Membran an Ventil 27.01 sind am 5.9.1981 rund 55 ml D<sub>2</sub>O in den Raum R006 ausgetreten. Die Tritiumfreisetzung betrug dabei 0,3 Ci (TDO).

## 6. Meldepflichtige Störfälle

Die im Jahre 1981 an das Ministerium für Arbeit, Gesundheit und Sozialordnung Baden-Württemberg gemeldeten Störfälle können Tabelle 6.1 entnommen werden:

Tabelle 6.1: Störfälle im Jahre 1981

Störfall		Vorkommnis	Störfall-Beseitigung bzw. Vorkehrung gegen Wiederholung
Tag	lfd.Nr.		
03.01.81	77	Programm-Steuerung der Luftkreisläufe infolge Druckschwankungen gestört (Druckschwankungen im Reaktorgebäude wegen Sturmböen, veränderte Relais-Schaltzeit) siehe Pkt. 12.6	Relais wurde mit 400 m sec. abfallverzögert
22.01.81	78	Leistungsschalter für den Motor-Generatorsatz des Sofortbereitschaftsaggregats 4 abgefallen (Schalterschloß verklinte unsicher (siehe Pkt. 12.7))	Einbau eines werksneuen Leistungsschalters
20.01.81	79	Druckabfall im Helium-Vorratskreis (Alterung einer Ventildichtung) siehe Pkt. 11.4	Erneuerung der Dichtung, Nachprüfung durch den TÜV
10.03.81	80	Verklantung des Kraftspeichers am Leistungsschalter der Pumpe 2.5 im Sekundärkreislauf dejustiert; siehe Pkt. 12.5	Verklantung neu justiert
20.03.81	81	Absorber des Trimmabschaltstabes Pos. 14 abgefallen (Kurzschluß in der Zuleitung zum Haftmagneten) siehe Pkt. 12.2	Trimmabschaltstab und zugehöriges Magnetsteuergerät ausgewechselt
27.03.81	82	Freisetzung von ca. 10 mCi Chlor-38 über den FR2-Abluftschornstein während einer Isotopen-Bestrahlung (Verwendung von ungeeignetem Material - Klebefolie aus PVC - zur Verpackung einer Bestrahlungsprobe); siehe Pkt. 5	Ausbau der Probe, Neuverpackung und Verschärfung der Kontrolle
06.04.81	83	Blockierte Notschleuse (Steuerungshilfsschutz defekt)	Einbau eines neuen Schützes
06.05.81	84	Membran von Ventil 13.15 gerissen; Abgabe von rund 35 cm <sup>3</sup> D <sub>2</sub> O $\hat{=}$ 0,2 Ci Tritium (TDO) über den Abluftschornstein; siehe Pkt. 5	Neues, erprobtes Membranmaterial eingesetzt

Störfall Tag	lfd.Nr.	Vorkommnis	Störfall-Beseitigung bzw. Vorkehrung gegen Wiederholung
04.05.81	85	Freisetzung von ca. 23 mCi Chlor-38 über den Abluftschornstein während einer Isotopen-Bestrahlung (Beim Verpacken wurde die Quarzampulle mit Bestrahlungsgut mechanisch beschädigt); siehe Pkt. 5	Ausbau der Probe
06.05.81	86	Windungsschluß an Magnetspule von Ventil 15.07	Magnetspule ausgewechselt
13.05.81	87	Membran von Ventil 13.11 undicht; Abgabe von rund 10 cm <sup>3</sup> D <sub>2</sub> O $\hat{=}$ 56 mCi Tritium (TDO) über den FR2-Abluftschornstein; siehe Pkt. 5	Neues erprobtes Membranmaterial eingesetzt
14.05.81	88	Antriebsmotor des Trimmabschaltstabes Pos 1 blockiert (Unterbrechung in der Wicklung des Bremsmagneten); siehe Pkt. 12.2	Antriebsmotor ausgewechselt
31.05.81	89	Aktivitätsmeßstelle 2A1 im Sekundärkreislauf gestört (Tantal-Tropfenkondensator hatte zu hohen Leckstrom)	Repariert
31.05.81	90	Generatorschalter des Sofortbereitschaftsaggregates 1 an Notschiene I automatisch abgeschaltet (zu viel Luft im Kühlwasserverteiler, Konvektionumlauf unterbrochen) siehe Pkt. 12.1	Entlüftung des Kühlkreises
02.07.81	91	Absperrentil am Raumkühler der Klimaanlage defekt (Ablaßstopfen durchkorrodiert)	Ablaßstopfen ausgewechselt
03.07.81	92	Ausgangsspannung des Anemometers der Meßstelle 4Q66b auf Null abgefallen; siehe Pkt. 12.7	Anemometerwechsel
08.08.81	93	Signalkontakt des Wirkleistungsrelais der Notkühlpumpe 1.6 dejustiert; siehe Pkt.12.3	Einbau eines neuen Relais
13.08.81	94	Unbegründetes Schließen der Ventile 48.09, 48.13 u. 48.15 durch Ansprechen des Grenzwertes 4P119 (Grenzwertkarte defekt)	Grenzwertkarte ausgewechselt
05.09.81	95	Membran von Ventil 27.01 undicht; Abgabe von rund 55 ml D <sub>2</sub> O $\hat{=}$ 0,3 Ci Tritium (TDO) über den FR2-Abluftschornstein; siehe Pkt. 5	Neues erprobtes Membranmaterial eingesetzt
23.09.81	96	Grenzwert Kanalgruppe 9, Kanal IIB (Draht im magnetischen Kippverstärker der GW-Einheit hatte sich gelöst); siehe Pkt.11.1	Kalte Lötstelle durch Neuverlötung des Drahtes beseitigt
15.10.81	97	Ausfall der Sprechverbindung in den Atemschutzanzügen des Einsatztrupps während einer Alarmübung (Kurzschluß in der Walther-Steckverbindung)	Verbesserung der Isolation in allen Kupplungen

Störfall		Vorkommis	Störfall-Beseitigung bzw. Vorkehrung gegen Wiederholung
Tag	lfd.Nr.		
28.10.81	98	Motorschalterstörung der Sofortbereitschaftsaggregate 1 und 4 bei jährlicher Wiederholungsprüfung; siehe Pkt. 12.7	Neue Magnete eingebaut
28.10.81 und 04.11.81	99	Kühlmittelumwälzpumpe Pos. 1.3 im D <sub>2</sub> O-Hauptkühlkreislauf während Wiederholungsprüfungen ausgefallen; siehe Pkt. 12.3	Pumpe Pos. 1.3 blieb im Hinblick auf die FR2-Stillegung a.B. Es waren noch 4 Pumpen verfügbar
15.12.81	100	Aktivitätsmeßstelle 2A1 im Sekundär-Kühlkreislauf ausgefallen (Schwingungstransistor defekt)	Redundanz vorhanden, Transistor ausgewechselt

Gesamt: 23 nach Kategorie C "Meldung mittels Formblättern innerhalb  
===== von 2 Wochen"

1 nach Kategorie B "Meldung formlos, fernschriftlich unverzüglich und mittels Formblättern innerhalb von 1 Woche"

## 7. Besondere Ereignisse

### 7.1 Tag der offenen Tür am Samstag, den 5.9.1981

Das Kernforschungszentrum Karlsruhe veranstaltete aus Anlaß seines 25-jährigen Bestehens für die Mitarbeiter und deren Angehörigen einen Tag der offenen Tür. In die Besichtigungen wurde auch der FR2 - bei abgeschaltetem Reaktor - mit einbezogen. Insgesamt haben an diesem Tag 1582 Personen den FR2 besichtigt.

### 7.2 Kernmaterialabgabe an NUKEM

Im Rahmen der FR2-Stillegung und der damit notwendigen Brennstoffentsorgung wurde eine Verwendungsmöglichkeit für das im FR2-BE-Lager befindliche unbestrahlte Uran, in verschiedener Form vorliegend, gesucht. Der Firma NUKEM konnten davon rund 16 kg Uran und 3 kg Uran-235 übergeben werden.

### 7.3 Reaktor FR2 letztmalig abgeschaltet

Am 21.12.1981, 11.16 Uhr wurde der erste deutsche Eigenbau-Kernreaktor FR2 nach über 20-jährigem, außerordentlich erfolgreichem Betrieb, zum letzten Mal abgeschaltet. Weitere Informationen siehe Punkt 20.

## 8. Funktions- und Wiederholungsprüfungen

Entsprechend den Auflagen wurden im Jahre 1981 die geforderten Funktions- und Wiederholungsprüfungen gemäß Genehmigungsbescheid für den FR2 durchgeführt. Die Prüfungen an den sicherheitstechnisch wichtigen Anlagenteilen erfolgten nach den BMI-Richtlinien und wo erforderlich im Beisein von TÜV-Sachverständigen. Der TÜV war dabei 646 Stunden tätig.

Die Abbildung 8.1 gibt einen vergleichenden Überblick über den Arbeitsaufwand dieser Prüfungen. Weitere Informationen ergeben sich aus den Funktionsprüfungen des Jahres 1981, Formblatt 294 a, Blatt 1 bis 7 in Pkt. 19.

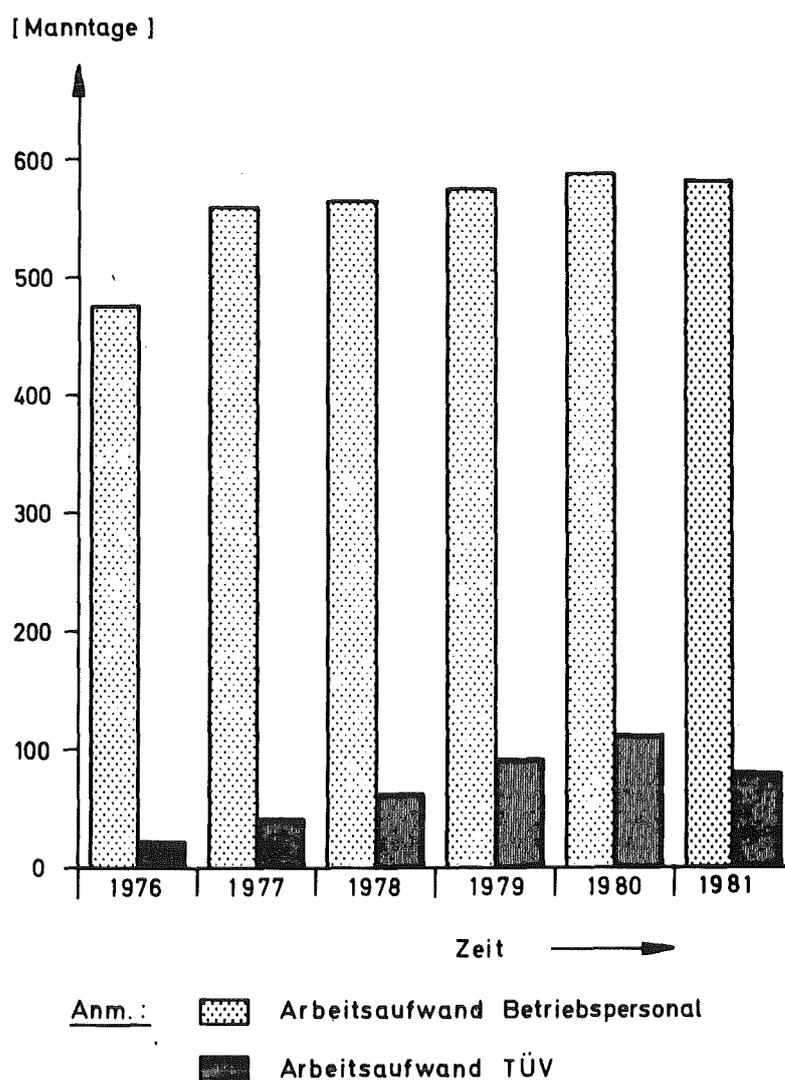


Abb. 8.1: Aufwand für Funktions- u. Wiederholungsprüfungen

9. Beladungszustände und Abbrand

Die Beladung des Reaktors kann aus den unter Pkt. 19 aufgeführten Beladungs- und Belegungsplänen (Formblatt 9/4a) entnommen werden. Eine Übersicht über die Belegung der vertikalen Reaktorpositionen im Jahre 1981 gibt Tabelle 9.1.

Tabelle 9.1: Belegung der vertikalen Reaktorpositionen

Positionsart	Belegung	Jahresanfang 1981		Jahresende 1981	
		(Anzahl)	( % )	(Anzahl)	( % )
Gitter- positionen	mit Brennelementen	175	90,2	175	90,2
	mit Versuchseinsätzen	5	2,6	4	2,1
	nicht besetzt	14	7,2	15	7,7
G e s a m t		194	100	194	100
Zwischen- gitter- positionen	mit Steuer-u. Trimmabschaltstäben	16	27,6	16	27,6
	mit Isotopenbestrahlungseinsätzen	6	10,3	5	8,6
	mit Versuchseinsätzen	9	15,5	9	15,5
	nicht besetzt	27	46,6	28	48,3
G e s a m t		58	100	58	100

Den jeweiligen Beladungszustand zeigt Tabelle 9.2, aus der auch die Zahl der Zu-, Um- und Ausladungen zu ersehen ist.

Der mittlere Abbrand des FR2-Gleichgewichtskerns betrug rund 10,2 MWd/kg Uran. Der über das Jahr 1981 gemittelte mittlere Abbrand der 36 planmäßig ausgebauten Brennelemente des Typs 8 (UO<sub>2</sub>, U235 zu 2 % angereichert) betrug 17,2 MWd/kg Uran (Abb. 9.1).

Tabelle 9.2: Beladungszustand des FR2 im Jahre 1981  
(nur Einbauten mit Brennstoff)

Betr.- Phase	Bel. Plan Nr.	Veränderungen zu Beginn des Beladeplanes										Bestand im Reaktor				Summe gesamt im Reaktor	Summe der besetzten Positionen mit Kühlung vom Reaktorkreislauf		
		Zuladungen			Ausladungen			Umsetzungen			BE- Typ 8	KVE	sonst. Exp.	Kreisl. Exp.	auf Gitter- positionen		auf Zwischengitter- positionen		
BE- Typ 8	KVE	sonst. Exp.	Kreisl. Exp.	BE- Typ 8	KVE	sonst. Exp.	Kreisl. Exp.	BE- Typ 8	KVE	sonst. Exp.									
A/81	439	7				7				40			175	4	2	2	183	175	6
B/81	440 441	7	2			7	2		1	43 4			175	4	2	1	182	175	6
C/81	442	3				3				22	1		175	4	2	1	182	175	6
D/81	443	3	1			3	1			23	1		175	4	2	1	182	175	6
E/81	444	8				8				51	1		175	4	2	1	182	175	6
F/81	445												175	4	2	1	182	175	6
G/81	446	6 2 mit Abbrand				8				39			175	4	2	1	182	175	6
Gesamt:		34 (36)	3	0	0	36	3	0	1	222	3	0							

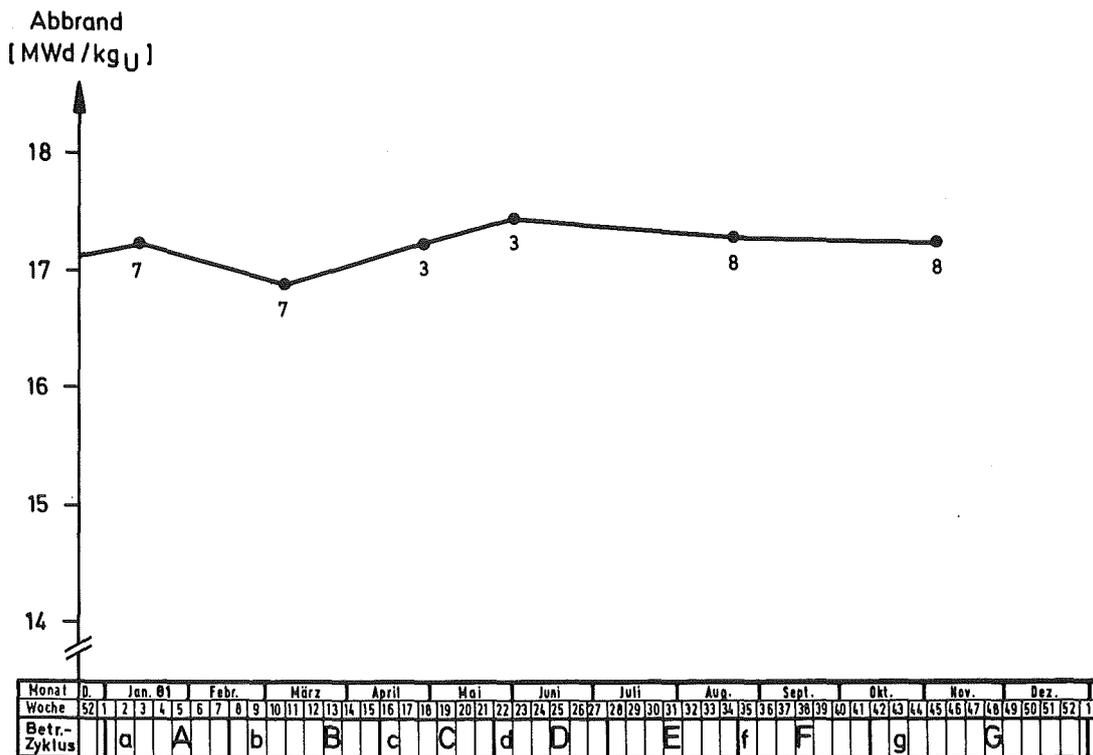


Abb. 9.1: Mittlerer Abbrand u. Anzahl der planmäßig ausgebauten Brennelemente

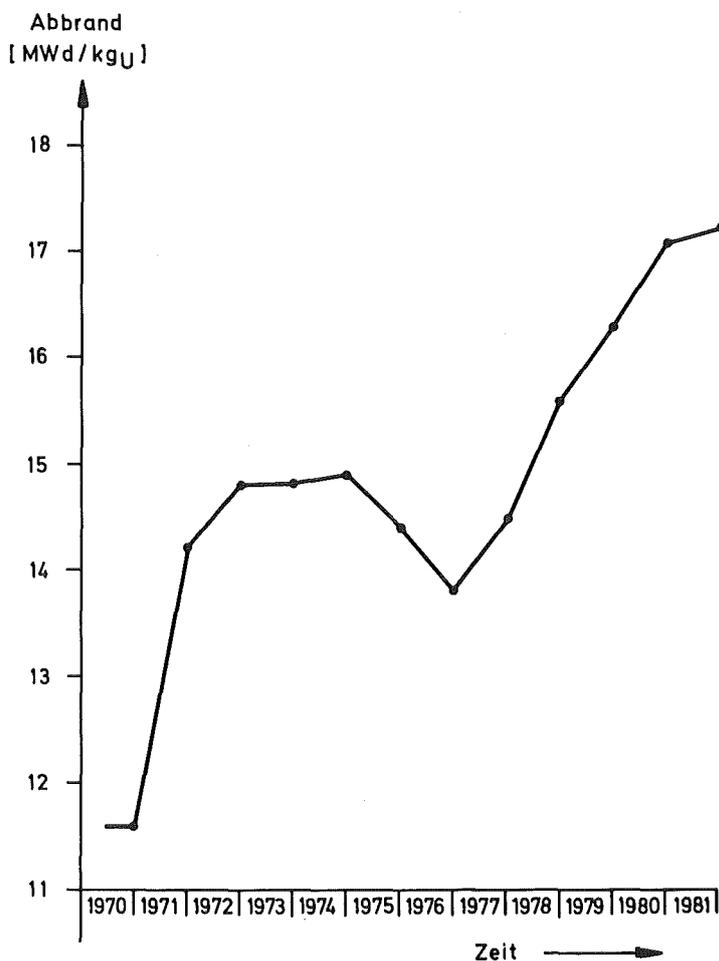


Abb. 9.2: Mittlerer Abbrand der planmäßig ausgebauten Brennelemente des Typs 8

## 10. Reaktivitätsverhalten

Das Zeitverhalten der Reaktivität des FR2 ist aus den in Pkt. 19 befindlichen Diagrammen - Formblatt Nr. 183 e / 122 bis 183 e / 128 ersichtlich.

Aus der Stellung der Trimmabschaltstäbe konnten die mittlere jährliche Überschubreaktivität für den frisch umgeladenen Reaktor (ohne Xenonvergiftung) und das Jahresmittel der Regelreserve am Ende einer Betriebsphase bestimmt werden. Die Reaktivitätsänderung, bedingt durch Abbrand und Spaltproduktvergiftung, wurde für jede Betriebsphase des Jahres 1981 durch  $k_{\text{eff}}$ -Rechnungen abgeschätzt.

Die Überschubreaktivität für den kalten, unvergifteten und frisch umgeladenen Reaktor betrug im Jahresmittel:

$$(\rho_{\text{ex}})_{\text{max.}} = 5,9 \%$$

Am Ende einer Betriebsphase betrug das Jahresmittel der Überschubreaktivität für die Regelreserve:

$$(\rho_{\text{ex}})_{\text{min.}} = 0,4 \% \quad (\text{TA} = 300 \text{ mm}) \\ (\text{FR} = 400 \text{ mm})$$

Daraus ergibt sich ein Reaktivitätsverlust pro Betriebsphase im Jahresmittel von:

$$(\rho_{\text{ex}})_{\text{max.}} - (\rho_{\text{ex}})_{\text{min.}} = 5,5 \%$$

Der Reaktivitätsverlust setzt sich aus folgenden Anteilen zusammen:

Abbrand:	1,2 %
Spaltproduktvergiftung:	3,1 % (Xe und Sm)
Temperatureinfluß:	1,2 %
	<hr/>
	5,5 %

Die Abschaltreaktivität von 15 Trimmabschaltstäben (TA) betrug:

$$\rho_{\text{TA}} = -15,5 \%$$

Die Abschaltreaktivität zu Beginn der Betriebsphasen betrug:

$$\rho_{AB} = 5,9 \% - 15,5 \% = -9,6 \%,$$

gefordert werden -3 %.

Zur Feststellung dieser Abschaltreaktivität und des Cd-Abbrandes der TA-Stäbe wurden zu Beginn jeder Betriebsphase TA-Stab- und FR-Stab-Abbildungen durchgeführt. Die Abbildung geschieht durch Einfahren der 4 Referenz-TA-Stäbe in Stufen von 300 mm in den Reaktor bei konstanter Feinregelstabstellung. Gleichzeitig wird der Reaktor mit den zur Trimmung verwendeten 11 TA-Stäben kritisch gefahren. Die Hubdifferenz ( $\Delta TA$ ) der 11 TA-Stäbe ist ein Maß für das Reaktivitätsverhalten dieser Stäbe.

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

#### 11. Leistungsverteilung und Neutronenflußdichte

Die Leistungsverteilung auf die einzelnen Brennelemente wird in jedem Betriebszyklus ermittelt.

Im Jahre 1981 ergaben sich daraus:

min.	BE-Einzelleistung:	99 kW
max.	BE-Einzelleistung:	339 kW
mittl.	BE-Einzelleistung:	246 kW.

Eine Überschreitung der max. zulässigen Brennelementleistung von 400 kW erfolgte zu keinem Zeitpunkt.

Die Thermische Neutronenflußdichte wurde mittels eines Neutronen-Compton-Detektors mit Kobaltemitter entlang den FR2-Isotopenkanälen in verschiedenen Betriebsphasen bei einer Reaktorleistung von 44 MW ermittelt. Die maximale thermische Neutronenflußdichte betrug:

$$\phi_{th} = 1 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$$

bei einer Kühlmitteltemperatur im Reaktorkern von ca. 70 °C.

## 12. Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen

Durch vorbeugende Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen konnte ein weitgehend störungsfreier Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen sichergestellt werden. Für alle Arbeiten wurde ein vorher mit den Beteiligten abgestimmter Arbeitsplan erstellt. Die Arbeiten sind in den jeweiligen Zyklusberichten des Jahres 1981 dokumentiert.

Die meldepflichtigen Störungen sind aus Pkt. 6 dieses Berichtes zu ersehen.

### 12.1 Reaktorschutzsystem

Das Reaktorschutzsystem arbeitete weitgehend störungsfrei. Bei allen Reaktorabschaltungen liefen die Schaltfunktionen ordnungsgemäß ab. Infolge Alterung mußten alle Kondensatoren der Grenzwert- und Überwachungseinheiten ausgewechselt werden.

Als vorbeugende Maßnahme wurden die Meßkammern der Kanalgruppe 10 auf Teflon-Isolation umgerüstet.

Bei einer Routinekontrolle der Mittelwertschreiberanzeige Kanalgruppe 10 (Aktivitätsausstoß Abluftschornstein), der Einzelanzeige der Meßstelle 4Q66b und der Kanalanzeige 4Q66b x 4A9 fiel die Ausgangsspannung des Anemometers auf Null.

Als Sofortmaßnahme wurde der Kanal 10b mittels Störschalter abgeschaltet (Kanalgruppe 10 in 1 von 2-Schaltung). Der Anemometerwechsel erfolgte in der 31. Kalenderwoche 1981.

Am 23.9.1981 wurde in die Schaltwarte - bei einer Reaktorleistung von 44 MW - ein Grenzwert Kanalgruppe 9 Kanal II b (Auslösung Programm q - Riesekühlung in 2v3 Schaltung ) signalisiert. Der Reaktor wurde vorsorglich auf  $0,1 \varnothing_N \hat{=} 5,5$  MW abgefahren. Eine Überprüfung ergab, daß sich ein Draht im magnetischen Kippverstärker der Grenzwerteinheit gelöst hatte (kalte Lötstelle).

## 12.2 Regel- und Abschaltetelemente

Die Funktionsfähigkeit der Trimm-Abschaltstäbe (TA-Stäbe) war bei den Funktionsabläufen immer gewährleistet. Wegen Teilstörungen (Mängel an den Elektromagneten) und für TÜV-Inspektionen mußten die in Tabelle 12.1 aufgeführten TA-Stäbe ausgewechselt werden.

Infolge eines Kurzschlusses in der Zuleitung zum Haftmagneten innerhalb des TA-Stabes löste sich am 20.3.1981 der Absorberteil der TA-Stab-Pos. 14 vom Haftmagneten und fiel ab. Der Reaktorstart wurde unterbrochen und der TA-Stab und das zugehörige Magnetsteuergerät ausgewechselt.

Wegen einer Unterbrechung in der Wicklung des Bremsmagneten im Antriebsmotor konnte vom 14.5.1981 bis zum Ende der Betriebsphase C/81 der TA-Stab Pos. 1 nicht verfahren werden.

Die Abschaltfunktion war dabei nicht beeinträchtigt.

Tabelle 12.1: Trimmabschaltstabwechsel im Jahre 1981

TA-Stab Absorber Nr.	TA-Stab Pos.	Einbau Datum	Ausbau Datum	Einsatzzeit bei $N > 43 \text{ MW}$ $\left[ \frac{\text{d}}{\text{a}} \right]$	Ausbaugrund	ersetzt durch Absorber Nr.
T-2-13	45/13	03.11.80	08.01.81	39	ohne Beanstandung, war nur vorübergehend im Kern eingebaut	T-2-03
T-2-08	45/25	14.03.78	19.02.81	578	TÜV-Inspektion	T-2-04
T-2-07	57/21	14.03.78	25.02.81	578	TÜV-Inspektion	T-2-13
T-2-10	49/29	24.07.78	20.03.81	506	E-Magnet defekt	T-2-07
T-2-14	57/17	29.09.79	29.04.81	304	E-Magnet defekt	T-2-08

Außer einem Antriebsdefekt (28.8.1981) zeigte der seit dem 18.8.1978 im Kern eingebaute Feinregelstab Nr. 102 keine Störung.

### 12.3 Primärkreislauf

Im Schwerwasserkreislauf ergaben sich folgende Störungen:

Während einer Wiederholungsprüfung wurde am 8.8.81 festgestellt, daß der Signalkontakt des Wirkleistungsrelais der Notkühlpumpe 1.6 beim Anfahren (Funktion: Schließen des Ventils auf der Pumpendruckseite) nicht zuverlässig ansprach. Eine Überprüfung ergab eine geringfügige Dejustierung des Relais, welches dann durch ein neues Relais ersetzt wurde.

Am 28.10.1981 fiel bei einer Wiederholungsprüfung die Pumpe Pos. 1.3 aus voller Förderleistung aus, ließ sich aber wieder einschalten. Bei der Nachprüfung am 4.11.1981 fiel sie mehrmals jeweils ca. 3 Sekunden nach Einschaltung aus (Schwergängigkeit oder elektrischer Motorschaden). Die Pumpe blieb im Hinblick auf die FR2-Stillegung außer Betrieb. Es waren noch 4 Pumpen verfügbar.

Ventilstörungen sowie Membrandefekte sind wegen der dabei verursachten Tritiumabgaben unter Pkt. 5 aufgeführt.

Einen Überblick über den Bestand an D<sub>2</sub>O und dessen Analysenwerte geben die Tabellen 12.2 und 12.3 sowie Abbildung 12.1.

Tabelle 12.2: D<sub>2</sub>O-Bilanz für das Jahr 1981

D <sub>2</sub> O-Bestand im FR2 am 1.1.1981			39406,360 kg
<u>Änderungen:</u>			
Zeitraum	Menge	Bemerkungen	
Eingang: 01.01.81 bis 31.12.81	2,740 kg	Eingang von TH- Darmstadt (Leihgabe)	± 2,740 kg
Abgaben: 01.01.81 bis 31.12.81	1079,641 kg 7,200 kg	zur Wiederaufkonzentrierung { an verschiedene Institute (intern und extern)	- 1086,841 kg
Verluste: 01.01.81 bis 31.12.81	36,500 kg	bei Aus- und Umbau von Reaktoreinsätzen sowie bei Montagearbeiten im D <sub>2</sub> O- Kreislauf	- 36,500 kg
01.04.81 bis 19.04.81	2,000 kg	bei Harzentdeuterierung	- 2,000 kg
D <sub>2</sub> O-Bestand im FR2 am 31.12.1981			38283,759 kg

Tabelle 12.3: Analysen des D<sub>2</sub>O

	Jahres		Bemerkungen
	Anfang	Ende	
Isotopenreinheit [ Mol % ]	99,630	99,627	Abreicherung kontinuierlich wegen Aus-, Ein- und Umsetzungen von vertikalen Core Einbauten
H <sup>3</sup> -Konzentration [ Ci/l ]	5,4	5,8	kontinuierlich ansteigend (Sätti- gungsaktivität noch nicht erreicht)
Leitfähigkeit [ μs/cm ]	0,3	<sup>2.1.81</sup> 0,7	0,1 2.1.81: Umschaltung von Mischbett- filter 1.4 auf 1.3

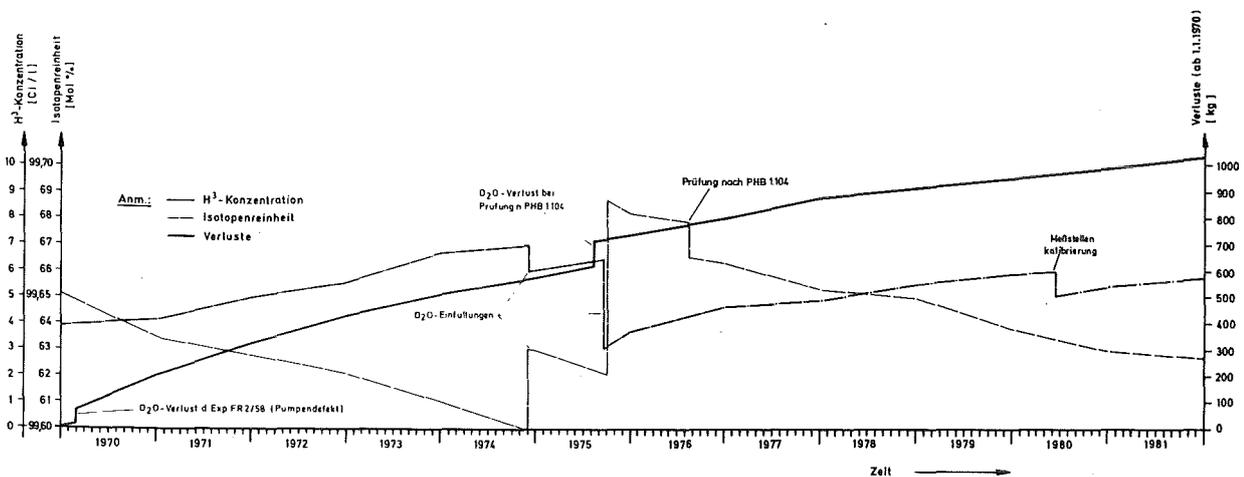


Abb. 12.1: Schwerwasser-Werte seit 1970  
(Isotopenreinheit, Tritiumkonzentration u. Verluste)

#### 12.4 Heliumkreislauf

Im Heliumkreislauf ereigneten sich zwei Störungen. Infolge einer defekten Wellenabdichtung (Alterung) am Sicherheitsventil 26.35 des Helium-Vorratskreislaufs, strömte etwa 1 m<sup>3</sup> reines Helium ab. Die Dichtung wurde erneuert und das Ventil durch den TÜV neu überprüft. Die zweite Störung erfolgte wegen eines Membrandefektes an Ventil 27.01 (siehe dazu Pkt. 5).

Die Analysewerte des Kreislaufheliums können der Tabelle 12.4 entnommen werden.

Tabelle 12.4: Analysenwerte des Kreislaufheliums

		Bemerkungen
mittl. N <sub>2</sub> -Gehalt	1,5 %	durch Lufteinbrüche
mittl. O <sub>2</sub> -Gehalt	0,7 %	Konstanthaltung durch gezielte Zudosierung
He-Verlust	118 m <sup>3</sup>	bei Montage, Reparaturarbeiten und Brennelementumsetzungen
He-Reinigungen	5	Dazu waren rd. 30 Nm <sup>3</sup> flüssiges Stickstoff erforderlich. Es wurden rd. 10,3 m <sup>3</sup> Luft ausgereinigt.

## 12.5 Leichtwassersysteme

Entsprechend einer Mitteilung des Abwasserbeauftragten wurden - gemäß behördlicher Auflage - in allen Abwassersammelstationen und Hebeanlagen des KfK in die Abpumpleitungen motorbetriebene Absperrventile eingebaut, die bei Pumpenstillstand geschlossen sein müssen.

Im FR2-Bezirk betraf dies die Abwassersammelstationen in Bau 601 (Raum 021) und in Bau 605 (Raum 035) sowie die Hebestation der Wasseraufbereitungsanlage in Bau 606 (Raum Z002),

In den Abpumpleitungen der genannten Stationen wurden in der 10. Wo. 1981 die Absperrventile 67.35, 66.31 und 34.28 gegen Kugelhähne mit pneumatischem Stellantrieb und mit Federschlußeinheit ausgetauscht.

Am 10.3.81 mußte während einer Wiederholungsprüfung die Pumpe 2.5 programmgemäß eingeschaltet werden. Der Leistungsschalter dieser Pumpe verklinte jedoch nicht und fiel ab. Die Verklintung wurde neu justiert. Es handelte sich um 1 von 6 parallel arbeitenden Pumpen. Eine Handeinschaltung wäre jederzeit möglich gewesen.

Wegen Sanierungsarbeiten im Chemieabwassernetz des KfK, erfolgte in der Zeit vom 9.7.1981 bis 25.8.1981 die Entsorgung der FR2-Chemieabwässer über Tankwagen.

Tabelle 12.5: Wasserverbrauch und Erzeugung von vollentsalztem Wasser

Verbrauch/Erzeugung	Menge
Rohwasserverbrauch	354 924 m <sup>3</sup>
Erzeugung von vollentsalztem Wasser	238 278 m <sup>3</sup>
Anzahl der Regenerationen	281
Verbrauch an Regenerationsmitteln	
Natronlauge	85 t
Salzsäure	251 t

Tabelle 12.6: Abwasser im FR2-Bezirk

Abwasserart/-system	Abwassermenge [m <sup>3</sup> ]	Bemerkungen
Regenwassernetz	83 617	hauptsächlich Kühlwasser
Chemieabwasser	31 639	hauptsächlich aus Wasser- aufbereitungsanlage
radioaktives Abwasser	175	
häusliches Abwasser	6 000	
Gesamt-Abwasser	121 431	

Über die Kühltürme wurden 233 418 m<sup>3</sup> Wasser entsprechend der Energieabgabe des Reaktors verdampft.

## 12.6 Lüftungssysteme

Bei Umschaltung von Umluft- auf Normalprogramm im Luftkreislauf des Reaktorgebäudes erfolgte am 3.1.1981 bei abgeschaltetem Reaktor eine automatische Abschaltung der Abluftgebläse für Abluft-Absetzblock und Abluft-Experimente. Ursache waren Druckschwankungen im Reaktorgebäude

infolge Sturmböen, die beim zugehörigen Relais eine veränderte Schaltzeit veranlaßten. Das Relais wurde mit 400 msec. abfallverzögert.

Infolge der durchgeführten Wartungs- und Reparaturarbeiten an den Druckluftkompressoren mußten wie in den Vorjahren 105 m<sup>3</sup> Druckluft von der zentralen Druckluftversorgungsanlage des Kernforschungszentrums bezogen werden.

## 12.7 Elektrische Energieversorgungsanlagen

Die Sofortbereitschaftsaggregate (SBA) wurden mit Dauerentlüftungen des Kühlwasserkreislaufes ausgerüstet, um Ausfälle durch Übertemperatur wegen mangelnder Entlüftung auszuschließen.

Beim routinemäßigen, wöchentlichen Wechsel der SBA fiel am 22.1.1981 zweimal der ferngesteuerte Leistungsschalter für den Motor-Generatorsatz des SBA4 bei der Einschaltung am Netz wieder ab (Schalter nicht verklinkt).

Der Fehler war bei anschließenden Schaltversuchen nicht reproduzierbar. Das unsichere Schaltschloß war in der 34. Woche 1980 anlässlich einer vorbeugenden Wartung durch Spezialisten des Herstellers neu in den Schalter eingebaut worden.

Das SBA4 blieb bis zum Einbau eines werksneuen und geprüften Leistungsschalters in der Abschaltphase b/81 außer Betrieb.

Bei der jährlichen Wiederholungsprüfung (28.10.1981) gemäß PHB 1.202 erhielten die Einschaltmagnete der Motorschalter von SBA 1 und 4 nach Abschaltung der Hochspannungseinspeisung der E-Zentrale einen unzulässigen, nicht unterbrochenen Dauereinschaltbefehl. Die Magnetspulen wurden durch Überhitzung zerstört.

Ursache: Der prüfungsbedingte Netzausfall wird über Motorrückleistungsrelais (schnell) und Spannungswächter (langsam) in der Steuerschaltung der SBA erfaßt und auf seine Zeitdauer  $\geq 1$  s untersucht. Trifft die Spannungswächtermeldung innerhalb eines kritischen Zeitraums von 1/10 s nach der Zeitdauerentscheidung der Steuerung verspätet ein, so besteht

die Möglichkeit der genannten Fehlsteuerung. Durch ein Zusammentreffen ungünstiger Umstände war dies bei der Prüfung der Fall.

Es wurden neue Magnete eingebaut und die Spannungswächteransprechzeit durch Erhöhung des Schaltpunktes sowie durch Schnellabschaltung der Kondensatoren für Blindstromkompensation verkürzt.

Infolge Verschleißerscheinungen mußten am SBA3 die Periflex-Kupplung und am SBA4 die Lager am Umformer erneuert werden.

Der Verbrauch an elektrischer Energie lag mit rund 11.857.672 kWh in der Größenordnung des Vorjahres.

## 12.8 Instrumentierung

Als Ertüchtigungsmaßnahme konnte im Januar 1981 die Aufschaltung und Inbetriebnahme einer neuen Tonbanddokumentationsanlage erfolgen.

In der 13. Woche 1981 ist die Erprobungsphase der neuen Meßwertverarbeitungsanlage abgeschlossen worden. Danach stand die MVA für die Temperaturüberwachung der im Reaktorkern eingebauten Brennelemente sowie für die Datenaufnahme zur Berechnung der Brennelement-Leistungsanteile zur Verfügung.

Im Rahmen der Kernmaterialüberwachung durch die Organisationen EURATOM und IAE0 ist in der Lagerbeckenhalle (50. Woche 1981) eine Kameraeinheit installiert worden.

## 12.9 Aktivitätsmeßstellen

Die Anzeige der Meßstelle 2A1 im Sekundärkreislauf fiel ab 31.5.1981 über mehrere Tage von normal 6 - 7 Ips auf ca. 3 Ips zurück. Eine Überprüfung ergab, daß ein Tantal-Tropfenkondensator im Impulsverstärker zu hohen Leckstrom hatte (Reparatur).

## 12.10 Brennelement-Wechselmaschine

Wegen Alterung mußten die Kraftstromkabel des Oberwagens erneuert werden.

### 13. Isotopenproduktion und Probenbestrahlungen

#### 13.1 Isotopenproduktion (Kapselbestrahlungen)

Die Herstellung radioaktiver Isotope erfolgte in drei Einrichtungen:

a) Experimente FR2/1:

6 auf 5 reduzierte luftgekühlte vertikale Bestrahlungskanäle auf Zwischengitterposition des Reaktorkernes

b) Experiment FR2/38:

6 luftgekühlte vertikale Bestrahlungskanäle in der thermischen Säule, davon 2 Kanäle mit einer Drehtellereinrichtung beladbar, und 1 horizontaler Kanal mit Drehteller.

c) Experiment FR2/44:

pneumatische Rohrpostanlage in einem horizontal durch den Reaktorkern gehenden Bestrahlungskanal.

Alle Positionen können bei laufendem Reaktor be- und entladen werden.

In den genannten Isotopen-Bestrahlungseinrichtungen wurden 1847 Kapseln (siehe Tabelle 13.1) mit zum Teil mehreren Proben im Auftrag von Industrie, internen und externen Forschungsinstituten sowie von Hochschulen bestrahlt.

Tabelle 13.1: Zusammenstellung der Isotopenbestrahlungen im Jahre 1981

Isotopenproduktion	Beladeoperationen	Anzahl der bestr. Kapseln (m.z.T. mehreren Proben)	Flußmessungen
Exp. FR2/1 (Bestrahlung auf Zwischengitterpos.)	200	799	34
Exp. FR2/38 (Bestrahlung i.d. Therm. Säule)	60	99	2
Exp. FR2/44 (Bestrahlung i.d. Rohrpostanlage)	949	949	--
G e s a m t :	1209	1847	36

Wie die Abbildung 13.1 zeigt, machte sich die Beendigung der Bestrahlungsmöglichkeit im FR2 durch eine deutliche Auftragszunahme von 346 Kapseln gegenüber dem Vorjahr bemerkbar.

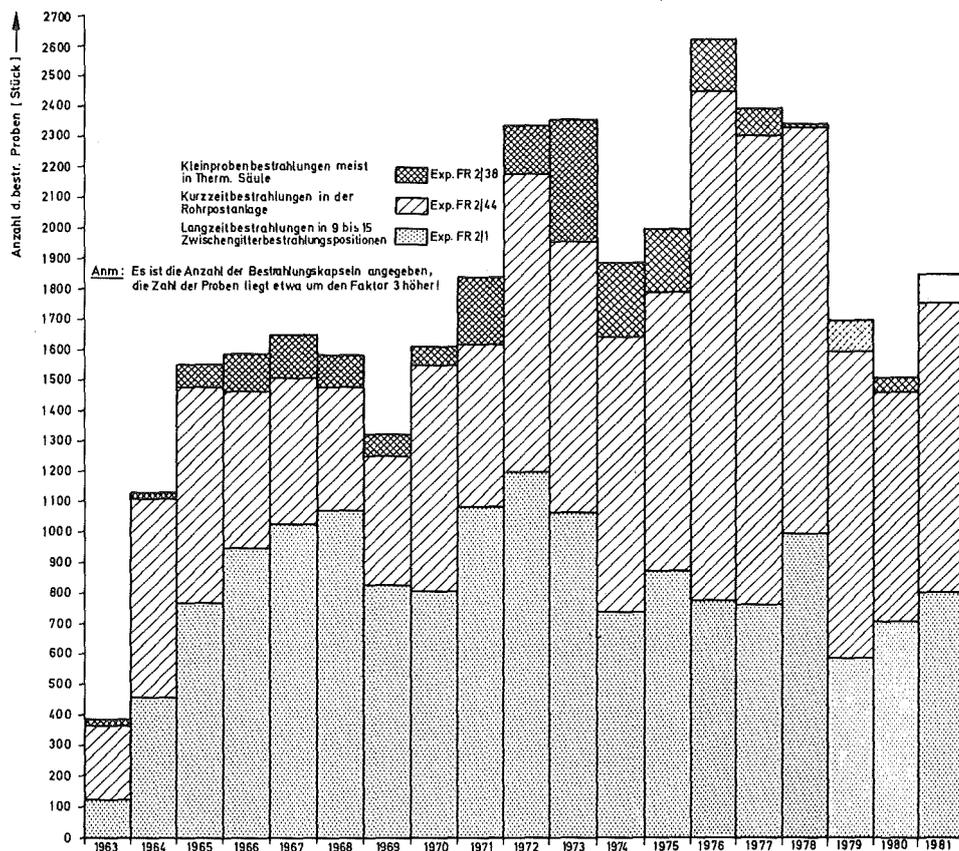


Abb. 13.1: Isotopenproduktion am FR2

Am 12.8.1981 wurde das Isotopenkanal-Tauchrohr Pos. 53/29 zur Bestimmung des Tritiumgehaltes in der Alu-Oberfläche im Zusammenhang mit der Studie zur Beseitigung des Reaktorblocks ausgebaut.  
Der Beladeplan Iso 16 ersetzt den Beladeplan Iso 15 (siehe Pkt. 19, Formblatt 9 b).

Störungen mit Auswirkungen auf den Reaktorbetrieb:

Am 11.1.1981 wurde der Reaktor über den Abschaltzweig Rohrpost des Reaktorschutzsystems (unterer Grenzwert der Meßstelle 44P-Q2 "Kühlung Bestrahlungskanal") abgeschaltet.

Ursache: Beim Einlegen einer Bestrahlungskapsel signalisierte die Meßstelle 44P-Q2 infolge einer Dejustierung einen Kühlluftdurchsatz von  $<90 \text{ m}^3$  (Soll  $>90 \text{ m}^3$ ).

Die Grenzwertkarte wurde überprüft und der Grenzwert neu eingestellt. Nach mehreren Probefahrten wurde die Anlage für Bestrahlungen wieder freigegeben.

Störungen mit Aktivitätsausstoß von Chlor 38:

Im Bereich des Exp. FR2/1 ergaben sich zwei Störfälle, die wegen damit verbundener Aktivitätsfreisetzungen bereits unter Punkt 5 dieses Berichtes erwähnt sind.

### 13.2 Bestrahlungen in der $\gamma$ -Bestrahlungseinrichtung (Exp. FR2/40)

Diese Bestrahlungseinrichtung im Sägebecken der Brennelementlagerhalle war im Berichtszeitraum mit 40 Bestrahlungen, einer Gesamtbestrahlungszeit von 1775 Proben-Tagen und einer gemessenen Ionendosis zwischen  $10^3$  und  $1,3 \cdot 10^9$  rad je Probe wie bisher gut genutzt.

Einen Überblick über die Bestrahlungen seit der Inbetriebnahme gibt Abbildung 13.2.

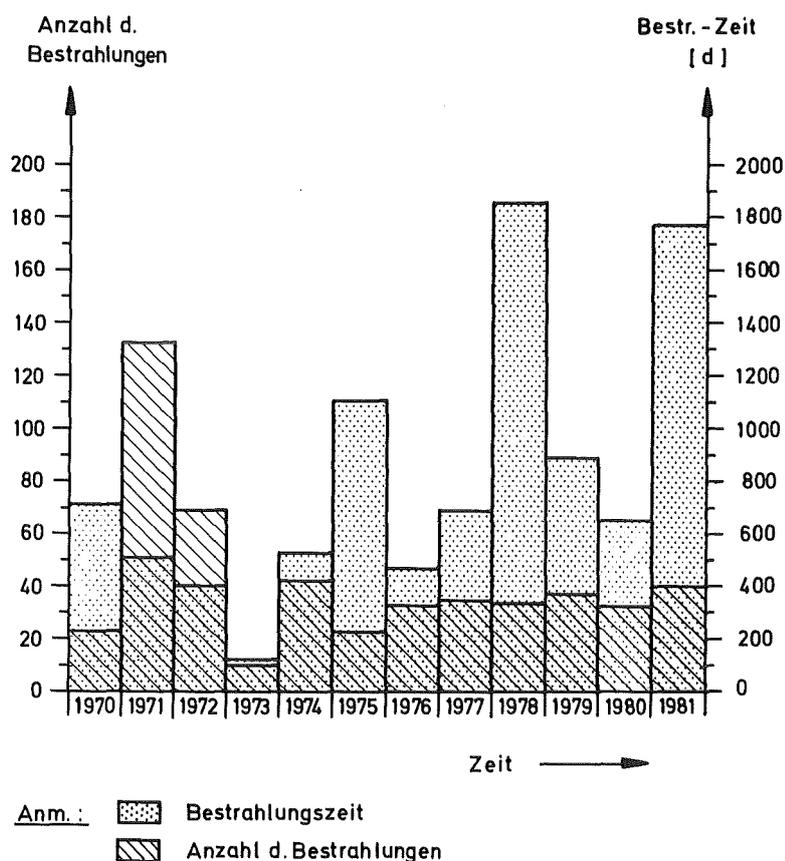


Abb. 13.2: Bestrahlungen in der  $\gamma$ -Bestrahlungseinrichtung des FR2

Zusätzlich zur bisher betriebenen  $\gamma$ -Bestrahlungseinrichtung befindet sich eine konstruktiv identische Einrichtung in Planung. Sie soll für Bestrahlungsversuche zur Rubidium-Korrosion an Edelstahl dienen. Der Einbau bzw. Bestrahlungsbeginn soll im Auftrag des IRCH ab April 1982 erfolgen.

### 13.3 Bestrahlung von Brennstoffplatten (Exp. FR2/89-1 u. 2)

In den  $D_2O$ -gekühlten Isotopen-Bestrahlungseinsätzen wurden zur Erzeugung von Spaltmolybdän aus kurzzeitig bestrahltem Uran-235 und damit zur Technetium- $99m$ -Gewinnung für medizinische Zwecke 20 Brennstoffplatten bestrahlt.

Da der Brennstoffplattenvorrat erschöpft war und wegen der bevorstehenden FR2-Stillegung keine neuen Platten beschafft wurden, fand diese Produktionsbestrahlung im Mai 1981 ihren Abschluß. Einen Überblick über die Gesamtbestrahlungsreihe gibt Tabelle 13.2.

Tabelle 13.2: Gesamt-Brennstoffplattenbestrahlungen in den D20-gekühlten Isotopeneinsätzen - Kernposition 53/09 und 57/23 -

Bestrahlungs- zeitraum	position	Anzahl der bestrahlten Platten	lfd. Bestr.-Nr. Exp. FR2/89	Ges. Bestrahl. Zeit bei N>43 MW $\frac{h}{T}$
1977	57/23	59	1 bis 23	3025
1978	57/23	50	24 bis 42	2685
1979	53/09	--	43 bis 61	--
	57/23	53		2791
1980	53/09	67	} 62 bis 74	1439
	57/23	34		1156
1981	53/09	20	75 bis 76	175
	57/23	--		--
Σ:	53/09	196		1614
	57/23	87		9657
	Gesamt:	283		11271

#### 13.4 Bestrahlungen in der Argon-Aktivierungsanlage (Exp. FR2/104)

Aus der Gas-Aktivierungsanlage wurden keine Proben gezogen.

Für Aktivierungsmessungen der Reaktor-Hallenluft sollten am 3.7.1981 die Bestrahlungseinsätze des Exp. FR2/104 evakuiert werden. Dabei sprach während der Evakuierung die Kanalgruppe 10, Kanal I und II (Aktivitätsausstoß Abluftschornstein) des Reaktorschutzsystems an und schaltete den Reaktor automatisch ab.

### 13.5 Dotierungsbestrahlungen von Reinstsilizium zur Halbleiterproduktion (Exp. FR2/108)

Im Berichtszeitraum erfolgten keine Bestrahlungen.

## 14. Strahlrohrexperimente

An den nutzbaren Strahlrohrexperimenten waren am Jahresanfang 22 und am Jahresende noch 20 Versuchsanordnungen z. T. in Mehrfachnutzung (Abbildung 14.1) aufgebaut. Rund die Hälfte der Anlagen waren für Experimente aus den Forschungsbereichen nukleare Festkörperphysik und Strukturanalyse des Instituts für Angewandte Kernphysik des Kernforschungszentrums in Betrieb; die vorhandenen Neutronenbeugungsanlagen wurden nahezu ganz von externen Gruppen verschiedener Universitäten und Forschungsinstitute genutzt (siehe Tabelle 14.1).

Wegen der FR2-Stillegung wurde das vor dem Strahlkanal R1 aufgebaute Experiment FR2/92 (Kernresonanz/Zweiachsenspektrometer) der Uni Heidelberg im Januar 1981 und das vor dem R5 Strahlkanal aufgebaute Experiment FR2/32 (Neutronenbeugungsanlage) des Instituts für Angewandte Kernphysik des Kernforschungszentrums im April 1981 abgebaut und zur anderweitigen Verwendung ausgelagert.



Tabelle 14.1: Nutzung der verschiedenen Strahlrohrpositionen des FR2  
im Jahre 1981

Reaktor-Pos.	Exp.-Nr. FR2/...	Exp.zeit (d)	rel. Nutzung (%)	Bezeichnung des Experiments	Benutzer
C2	110	171	87*	Vierkreisdiffraktometer	Uni Marburg (Kristallographie) Uni Karlsruhe (Kristallographie) Uni Marburg (Anorg.Chemie) Uni Frankfurt (Anorg.Chemie) Uni Tübingen (Kristallographie) Uni Würzburg (Physik) IAK/I, F+E-Programm Nr. OA2A
C3	8	198	100	Dreiachsenspektrometer	IAK/I, F+E-Programm Nr. OA2A
R1	113	112	57*	Zweiachsenspektrometer	IAK/I, F+E-Programm Nr. OA2E
	92	—	—	Kernresonanz / Zweiachsenspektrometer (Januar 1981 Abbau u. Auslagerung)	Uni Heidelberg
R2	49	181	92*	Zweikreisdiffraktometer	TH-Darmstadt (Strukturforschung)
				Vierkreisdiffraktometer	TH-Darmstadt (Strukturforschung)
R5	14	198	100	Zweikreisdiffraktometer	Uni Tübingen (Kristallographie) Uni Marburg (Anorg.Chemie) Uni Marburg (Kristallographie) Uni Freiburg MPI Stuttgart Uni Frankfurt TH-Darmstadt (Strukturforschung) IAK/I, F+E-Programm Nr. OA2A
	32			Vierkreisdiffraktometer (bis 13.4.81 i.B., danach Abbau u. Auslagerung)	Uni Tübingen (Kristallographie) Uni Marburg (Kristallographie) Uni Frankfurt (Kristallographie)
	78			Zweikreisdiffraktometer	Uni Frankfurt (Kernphysik)
R3	16	198	100	Kalte Neutronenquelle für Flugzeitspektrometer 1 + 2 Zweiachsenspektrometer 1 + 2	IAK/I F+E-Programm Nr. OA2A F+E-Programm Nr. OA2E
R4	101	174	88*	Mehrzweckspektrometer	IAK/I, F+E-Programm Nr. OA2E
R6	93	195	98*	Doppelmonochromator	IAK/I, F+E-Programm Nr. OA2A
R7	7	198	100	Drehkristallspektrometer Phononenmeßplatz	IAK/I, F+E-Programm Nr. OA2A

Reaktor-Pos.	Exp.-Nr. FR2/...	Exp.zeit (d)	rel. Nutzung (%)	Bezeichnung des Experiments	Benutzer
D2-ost	3	193	98*)	Vierkreisdiffraktometer	Uni Frankfurt (Kristallographie)
T-ost	---	---	---	Kein Experimentierbetrieb	
T-west	---	---	---	Kein Experimentierbetrieb	
Th-west	38	siehe Isotopen- bestrahlungen		Drehtellerbestrahlungsein- richtung	interne und externe
Th-ost	---	---	---	Kein Experimentierbetrieb	
D2-west	111	97	49*)	Meßplatz für Filmmethoden	Uni Tübingen (Kristallographie)
D1-ost D1-west	44	siehe Isotopen- bestrahlung		Rohrpostbestrahlungsein- richtung	interne und externe
S4	88	siehe Neutronen- radiographie		Neutronenradiographieanlage	interne

Anmerkung: \*) Verkürzte Experimentierzeiten infolge Auf-, Um- oder Instandhaltungsarbeiten

Erläuterung:

- C: Kanäle, die bis in den Kern reichen
- R: Kanäle, die in den Reflektor reichen
- D: durchgehende Kanäle
- T: tangentielle Kanäle
- S: Kanäle in der thermischen Säule

15. Neutronenradiographieanlage (Exp. FR2/88)

Es wurden keine Neutronenradiographien gewonnen.

16. Kapselversuchseinsätze (KVE)

Im Jahre 1981 waren bis zu vier instrumentierte Brennstoff-Kapselversuchseinsätze aus der Experimentierreihe FR2/86 (Brennstoffmischoxid-Bestrahlungen, Parametertests) gleichzeitig im Reaktorkern eingebaut.

Eine Zusammenfassung dieser KVE-Bestrahlungen zeigt Tabelle 16.1.

Tabelle 16.1: Betriebsdaten der Kapselversuchseinsätze

KVE Nr.	Exp.	Brennstoff	Anzahl der Prüflinge	Einbau Tag	Ausbau Tag bzw. Betr.Ende	Bestrahlungszeit bei $N > 43 \text{ MW}$ [d]
159	86	UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>	3	09.05.79	21.12.81	519
160	86	UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>	3	15.11.79	21.12.81	430
164	86	UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>	3	05.11.80	04.03.81	69
165	86	UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>	3	05.11.80	04.03.81	69
166	86	UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>	3	04.03.81	21.12.81	169
167	86	UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>	3	04.03.81	01.06.81	48
168	86	UO <sub>2</sub> /PuO <sub>2</sub>	3	29.05.81	21.12.81	121

Störungen mit Auswirkung auf den Reaktorbetrieb:

Am 19.3.1981 mußte wegen zu hoher Kerntemperatur am KVE 159 das Hochfahren des Reaktors bei einer Leistung von rd. 41 MW unterbrochen werden. Beim Versuch, den Reaktor zu trimmen, fiel der Trimmabschaltstab Pos. 14 ab. Wegen dieser Störung wurde der Reaktor zum TA-Stab-Wechsel abgefahren. Gleichzeitig wurden, zur Erhaltung der richtigen Betriebstemperatur am KVE 159, zwei Brennelemente umgeladen. Es entstand eine Ausfallzeit an Reaktorvollastbetrieb von rd. 42 Stunden.



### 17.1 Tieftemperaturbestrahlungsanlage (Exp. FR2/2)

Das Experiment ist in Kernposition 54/26 eingebaut und wird für Untersuchungen metallischer Proben bei tiefen Temperaturen betrieben.

Im Berichtszeitraum wurden 14 Probenbestrahlungen bzw. Messungen durchgeführt (Tabelle 17.2).

Tabelle 17.2: Probenbestrahlungen in der Tieftemperatur-Bestrahlungseinrichtung

Proben-Nr.	Versuchszeitraum		Versuchsdauer [h]	Bemerkungen
	von	bis		
FE B8	27.01.1981	31.01.1981	96,5	Messung mit Tempern Bestrahlung bei 150 K
TK 84	09.02.1981	16.02.1981	167,4	Messung mit Tempern Bestrahlung bei 20 K
DB 91	01.04.1981	02.04.1981	24,5	} Bestrahlung bei 200 K
DB 93	02.04.1981	03.04.1981	24,0	
FE B11	03.04.1981	10.04.1981	163,3	Bestrahlung bei 145 K
FE B12	10.04.1981	10.04.1981	4,3	Messung mit Tempern Bestrahlung bei 145 K
EM 3	29.04.1981	06.05.1981	172,5	Versuch abgebrochen (Kapillare undicht)
EM 4	11.05.1981	25.05.1981	332,5	Messung mit Tempern Bestrahlung bei 20 K
FE B13	09.06.1981	12.06.1981	70,0	Messung mit Tempern Bestrahlung bei 250 K
BSM 13	19.06.1981	29.06.1981	240,0	Bestrahlung bei 160 K Kalt ausgebaut
BSM 14	29.06.1981	09.07.1981	239,5	Bestrahlung bei 20 K Kalt ausgebaut
EM 5	02.09.1981	23.09.1981	506,3	Messung mit Tempern Bestrahlung bei 20 K
BSM 15	28.09.1981	12.10.1981	332,8	Bestrahlung bei 20 K Kalt ausgebaut
BSM 16	10.11.1981	18.12.1981	908,6	Bestrahlung bei 20 K Kalt ausgebaut
Experimentierzeit:			3282,2	

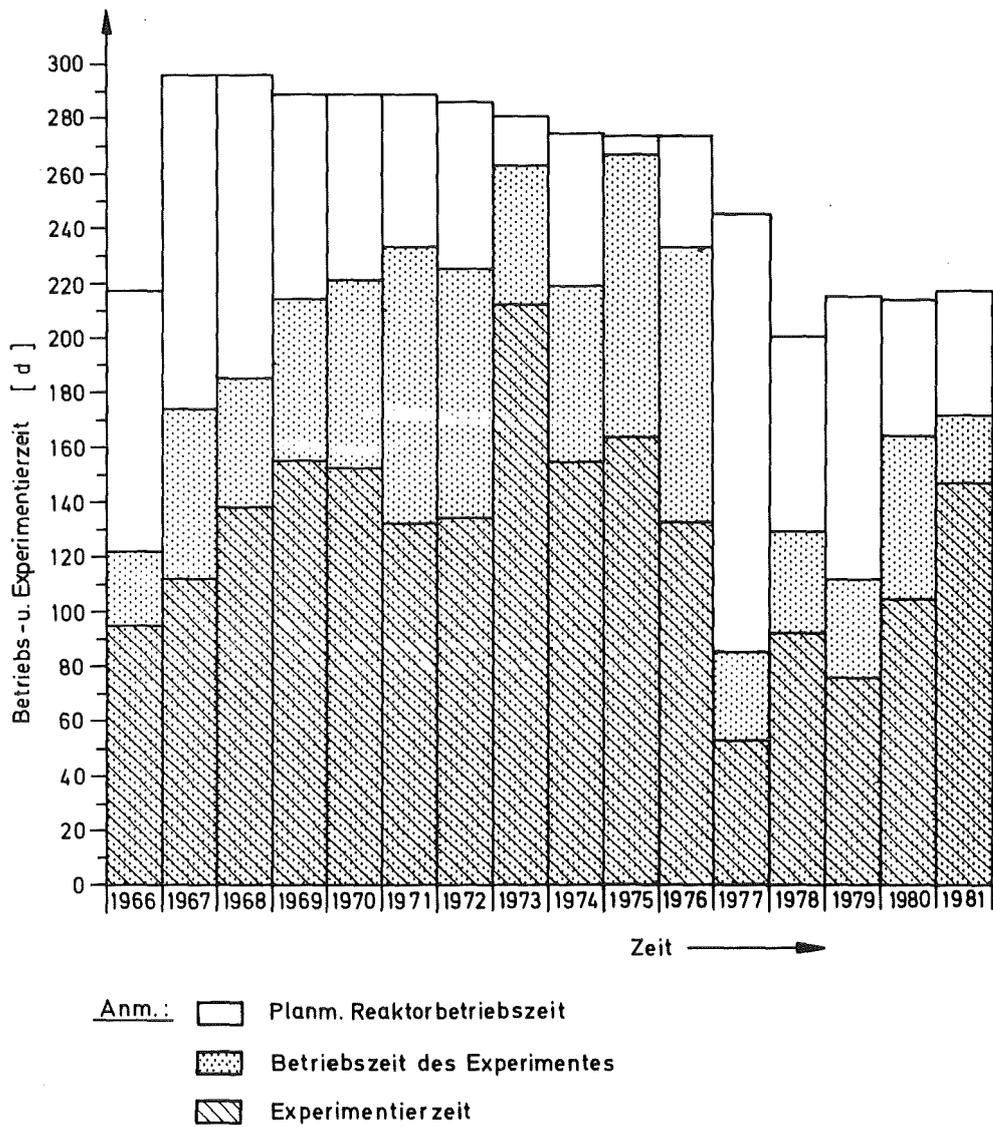


Abb. 17.2: Betriebs- u. Experimentierzeit der Tieftemperaturbestrahlungsanlage (Exp. FR2/2)

### 17.2 Kalte Neutronenquelle (Exp. FR2/16)

Das Kreislaufexperiment dient zur Gewinnung von subthermischen Neutronen ( $E < 0,005 \text{ eV}$ ) mit ausreichender Flußdichte durch Moderation thermischer Reaktor-Neutronen mit flüssigem Wasserstoff. Die Moderator-kammer und ein mit flüssigem Stickstoff gekühltes Neutronenfilter sind im Strahlrohrkanal R3 eingebaut. Die für die Wasserstoffverflüssigung benötigte Kälteleistung wird von einer umfangreichen Helium-Gaskälteanlage geliefert. Die Anlage wurde mit vier Versuchsanordnungen (siehe Tabelle 14.1) intensiv genutzt. Mit rd. 211 Tagen Betriebs- und 198 Tagen Experimentierzeit war die Nutzung mit rd. 98 % weiterhin hoch (siehe Abb. 17.3).

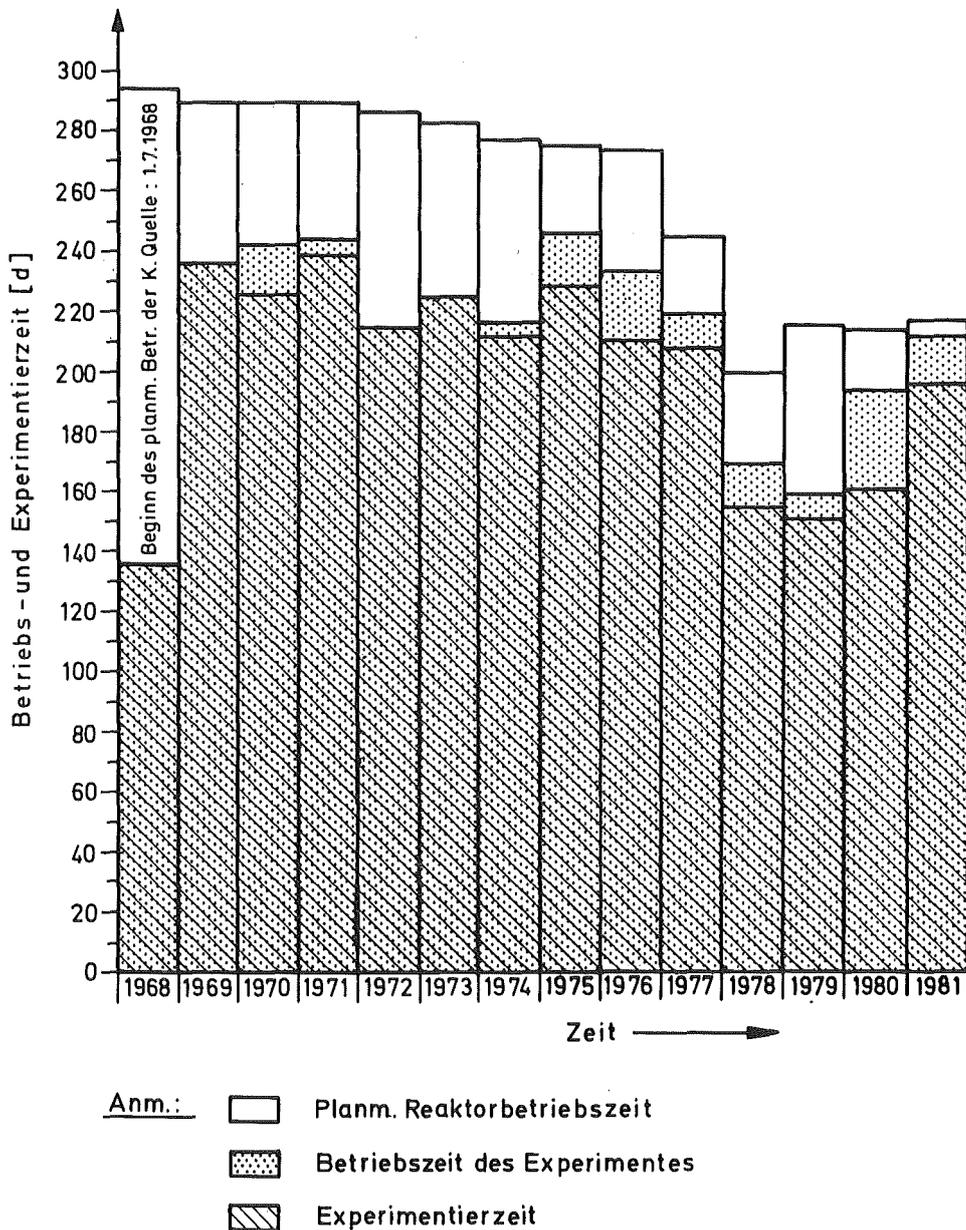


Abb. 17.3: Betriebs- u. Experimentierzeit der Kalten-Neutronenquelle (Exp. FR2/16)

17.3 Heißdampf-Hochdruckkreislauf (Exp. FR2/55b)

Nach erfolgreicher Beendigung der Transientenversuche im Jahre 1980 wurden am 9.3.1981 der zugehörige Reaktoreinsatz aus Kernposition 40/12 ausgebaut, die Rohrleitungen demontiert und die Versuchsanlage vom Reaktorschutzsystem getrennt.

18. Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für das Kernforschungszentrum Karlsruhe

Der Bereich FR2 der Kerntechnischen Betriebe stellte mit dem jeweiligen Schichtleiter des FR2 auch den "Einsatzleiter vom Dienst" für das gesamte Kernforschungszentrum. Im Jahre 1981 waren die EvD in 117 Einsätzen mit 92,1 Einsatzstunden tätig. Zusätzlich erfolgten 6 Alarmübungen. Einen Überblick über die bisherigen Tätigkeiten gibt Tabelle 18.1.

Tabelle 18.1: EvD-Einsätze seit 1971

Zeit	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Anzahl der Einsätze	141	164	144	140	121	109	79	69	72	76	117
Einsatzstunden	146,3	178,5	101,2	113,5	75,8	67,4	55,0	44,5	44,8	42,6	92,1
Alarmübungen	--	--	--	1	2	5	1	1	2	7	6

19. Tabellen und Diagramme

Tabelle 19.1 Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1981

Tabelle 19.2 Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1981

Formblätter  
Nr. 148c/130 Reaktorleistung in Betriebsphase  
bis 148c/136 A/81 bis G/81

Formblätter  
Nr. 183e/122 Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase  
bis 183e/128 A/81 bis G/81

Formblätter  
Nr. 294 a Funktionsprüfungen im Jahre 1981  
Blatt 1 bis 7

Formblätter  
Nr. 9/4a FR2-Beladungs- und Belegungspläne jeweils am  
Ende der Betriebsphasen A/81 bis G/81

Formblatt  
Nr. 9b Isotopen-Bestrahlungspositionen Nr. Iso 16

Tabelle 19.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1981

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden						Reaktor unplanmäßig a.B.		Ausfall an Vollastbetriebszeit			
			[ MWh ]	[ MWh ]	$N < 10^{-3} N_N$ [ h ]	[ h ]	$N > 10^{-3} N_N$ [ h ]	[ h ]	$N > 43 \text{ MW}$ [ h ]	[ h ]	Gesamt [ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	
01.01. 0 <sup>00</sup>	A/81	1.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		2.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		3.	2330,80		12,03		54,72		49,05		66,75		8,50		26,95	
		4.	7418,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		5.	7418,80		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		6.	7407,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		7.	7407,80		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		8.	355,70		0,01		8,15		8,00		8,16		0,00		0,00	
			32339,30	1347,47		12,04		734,87		729,05		746,91		8,50		26,95
16.02. 8 <sup>10</sup>	B/81	8.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		9.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		10.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		11.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		88,00		76,00	
		12.	3194,20		10,48		77,97		41,47		88,45		79,55		126,53	
		13.	7367,60		0,00		167,00		167,00		167,00		0,00		0,00	
		14.	7414,40		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		15.	7412,80		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
16.	354,50		0,00		8,05		8,02		8,05		0,00		0,00			
			25743,50	1072,65		10,48		589,02		552,49		599,50		167,55		202,53
13.04. 8 <sup>03</sup>	C/81	16.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		17.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		64,00		52,00	
		18.	4114,90		5,49		94,87		88,12		100,36		67,64		79,88	
		19.	7415,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		20.	7418,40		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		21.	7418,70		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		22.	356,70		0,00		8,16		8,00		8,16		0,00		0,00	
			26724,20	1113,51		5,49		607,03		600,12		612,52		131,64		131,88

Tabelle 19.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1981

Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden						Reaktor unplanmäßig a.B.		Ausfall an Vollstbetriebszeit	
			[ MWh ]	[ Mwd ]	$N < 10^{-3} N_N$ [ h ]	$N > 10^{-3} N_N$ [ h ]	$N > 43$ Mw [ h ]	Gesamt [ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]		
25.05. 8 <sup>09</sup>	D/81	22.	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		23.	3434,20		4,45	79,53	75,15	83,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		24.	7414,60		0,00	168,00	168,00	168,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		25.	7412,80		0,00	168,00	168,00	168,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		26.	7415,40		0,00	168,00	168,00	168,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
		27.	7303,10		0,47	166,56	163,98	167,03	0,97	4,02	0,00	0,00	0,00	
06.07. 9 <sup>08</sup>		28.	399,70		0,00	9,14	9,00	9,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
			33379,80	1390,83		4,92		759,23		752,13		764,15	0,97	4,02
06.07. 9 <sup>08</sup>	E/81	28.	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		29.	0,00		0,00	0,00	0,00	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	0,00	0,00	0,00	0,00
		31.	0,00		0,00	0,00	0,00	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	0,00	0,00	0,00	0,00
		33.	0,00		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23.08. 24 <sup>00</sup>		34.	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		0,00	0,00	0,00
24.08. 0 <sup>00</sup>	F/81	35.	2501,00		13,90	58,32	50,30	72,22	4,11	1,70				
		36.	6389,50		0,48	146,45	142,40	146,93	21,07	25,60				
		37.	7410,70		0,00	168,00	168,00	168,00	0,00	0,00				
		38.	7405,20		0,00	168,00	168,00	168,00	0,00	0,00				
		39.	7237,00		0,00	169,00	160,60	169,00	0,00	8,40				
		40.	7413,10		0,00	168,00	168,00	168,00	0,00	0,00				
.2.10. 8 <sup>09</sup>		41.	7416,70		0,00	168,00	168,00	168,00	0,00	0,00				
		42.	346,20		0,00	8,15	8,00	8,15	0,00	0,00				
			46119,40	1921,64		14,38		1053,92		1033,30		1068,32	25,18	35,70

Tabelle 19.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1981

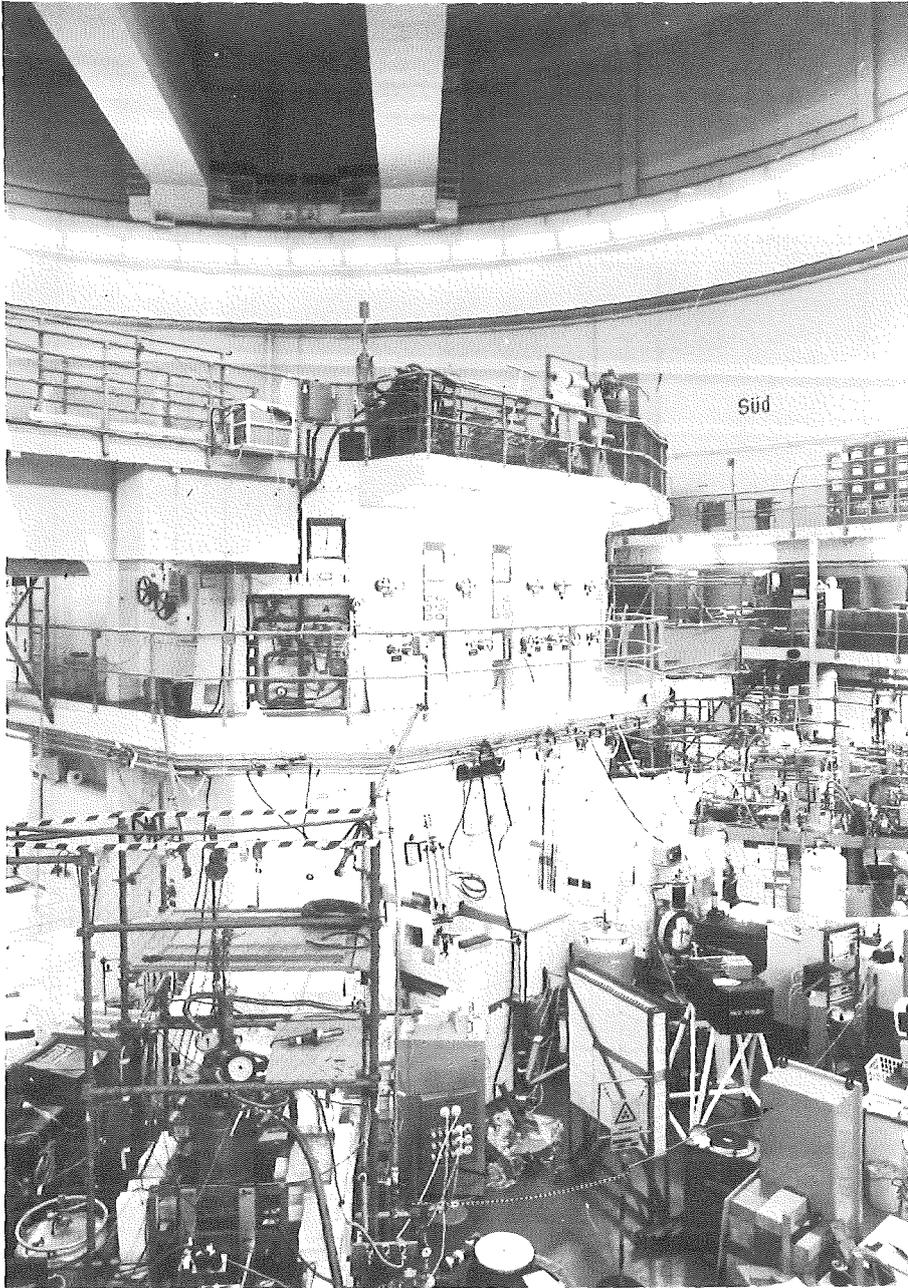
Zeit	Betr.-Phase	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden						Reaktor unplanmäßig a.B.		Ausfall an Vollstbetriebszeit			
			[ MWh ]	[ Mwd ]	$N < 10^{-3} N_N$	$N > 10^{-3} N_N$	$N > 43 \text{ MW}$	Gesamt								
					[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	[ h ]	
12.10. 8 <sup>09</sup>	G/81	42.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		43.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		44.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
		45.	3595,00		12,21		82,99		78,24		95,20		0,00		0,00	
		46.	7337,50		0,40		166,77		164,95		167,17		0,83		3,05	
		47.	7419,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		48.	7418,10		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		49.	7417,30		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		50.	7421,70		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		51.	7422,60		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		52.	500,00		0,00		11,27		11,27		11,27		44,73		44,73	
		31.12. 24 <sup>00</sup>		53.	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
			48531,40	2022,14		12,61		1101,03		1094,46		1113,64		45,56		47,78
01.01.1981, 0 <sup>00</sup> Uhr bis 31.12.1981, 24 <sup>00</sup> Uhr			212837,60	8868,23		59,93		4845,10		4761,55		4905,03		379,40		448,86

Zeitliche Nutzung: Gesamtbetriebszeit bezogen auf Berichtszeit (365 d = 100 %) 55,99 %  
 Betriebszeit nach Terminleitplan bei  $N > 10^{-3} N_N$  (220 d = 100 %) 91,76 %  
 Betriebszeit nach Terminleitplan bei  $N > 43 \text{ MW}$  (217 d = 100 %) 91,43 %

Tabelle 19.2: Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1981

Betr.-Phase	Wo-Nr.	Tag	Zeit		Vorgang	Bemerkungen	Reaktor unplanm. abgeschaltet [h]	Ausfallzeiten verminderte Reaktorleistung			
			von	bis				$N < 10^{-3} N_N$ [h]	$N < 44 \text{ MW}$ [h]	Leist.Begr. [h]	
A/81	3.	16.01.81	8 <sup>30</sup>	17 <sup>00</sup>	AB	Zur Fehlerbeseitigung in Programmsteuerung des Luftkreislaufs	8,50	0,28	26,95		
B/81	11. 12.	12.03.81	8 <sup>00</sup>		SV	Wegen Reinigung Sumpfsystem und Einbau von 3 Abschlußventilen in die Abwassersammelstation	158,97	9,47	160,40	13,50	
		18.03.81		22 <sup>58</sup>	LB	Wegen KVE 159 (Exp. FR2/86) zu hohe Temperatur	-, -	-, -	13,50		
		19.03.81	12 <sup>24</sup>								
		20.03.81		1 <sup>54</sup>		LR	Infolge Abfall TA-Stab-Pos. 14	-, -	-, -		1,88
		20.03.81	1 <sup>47</sup>	3 <sup>22</sup>		AB	Für TA-Stab-Wechsel u. BE-Umsetzungen	8,58	1,01		26,75
C/81	17.	24.04.81	8 <sup>00</sup>		SV	Verzögerung von Instandsetzungsarbeiten wegen Personalmangel infolge Resturlaub	131,64	5,49	131,88		
		29.04.81		19 <sup>39</sup>							
D/81	27.	03.07.81	11 <sup>02</sup>	12 <sup>00</sup>	RSA	Durch Kanalgruppe 10 (I u. II) beim Evakuieren der Bestrahlungseinsätze von Exp. FR2/104	0,97	0,47	4,02		
F/81	35. 36.	28.08.81	9 <sup>06</sup>	13 <sup>12</sup>	AB	Für Reparatur Ve 15.08 (im Durchgang undicht)	4,11	0,47	1,70		
		04.09.81	20 <sup>00</sup>		AB	Für Begehung der Reaktorhalle "Tag der offenen Tür"	21,07	0,48	25,60		
		05.09.81		17 <sup>04</sup>							
	39.	23.09.81	21 <sup>06</sup>	21 <sup>15</sup>	LR	Für Reparatur Kanal 9/II	-, -	-, -	8,40		
G/81	46. 52.	11.11.81	19 <sup>30</sup>	20 <sup>20</sup>	RSA	Durch Exp. FR2/44 (uGW der Meßstelle 44P-Q2 dejustiert)	0,83	0,40	3,05		
		21.12.81	11 <sup>16</sup>		AB	Ende des Leistungsbetriebes; Reaktor wegen Abschaltfeierlichkeit vorzeitig abgeschaltet	44,73	-, -	44,73		
		23.12.81		8 <sup>00</sup>							
Summe:							379,40	18,07	448,86	13,50	

Anmerkung: LR = Leistungsrücknahme      RSA = Reaktorschnellabschaltung (automatisch)  
 AB = Reaktorabschaltung von Hand      SV = Startverzögerung



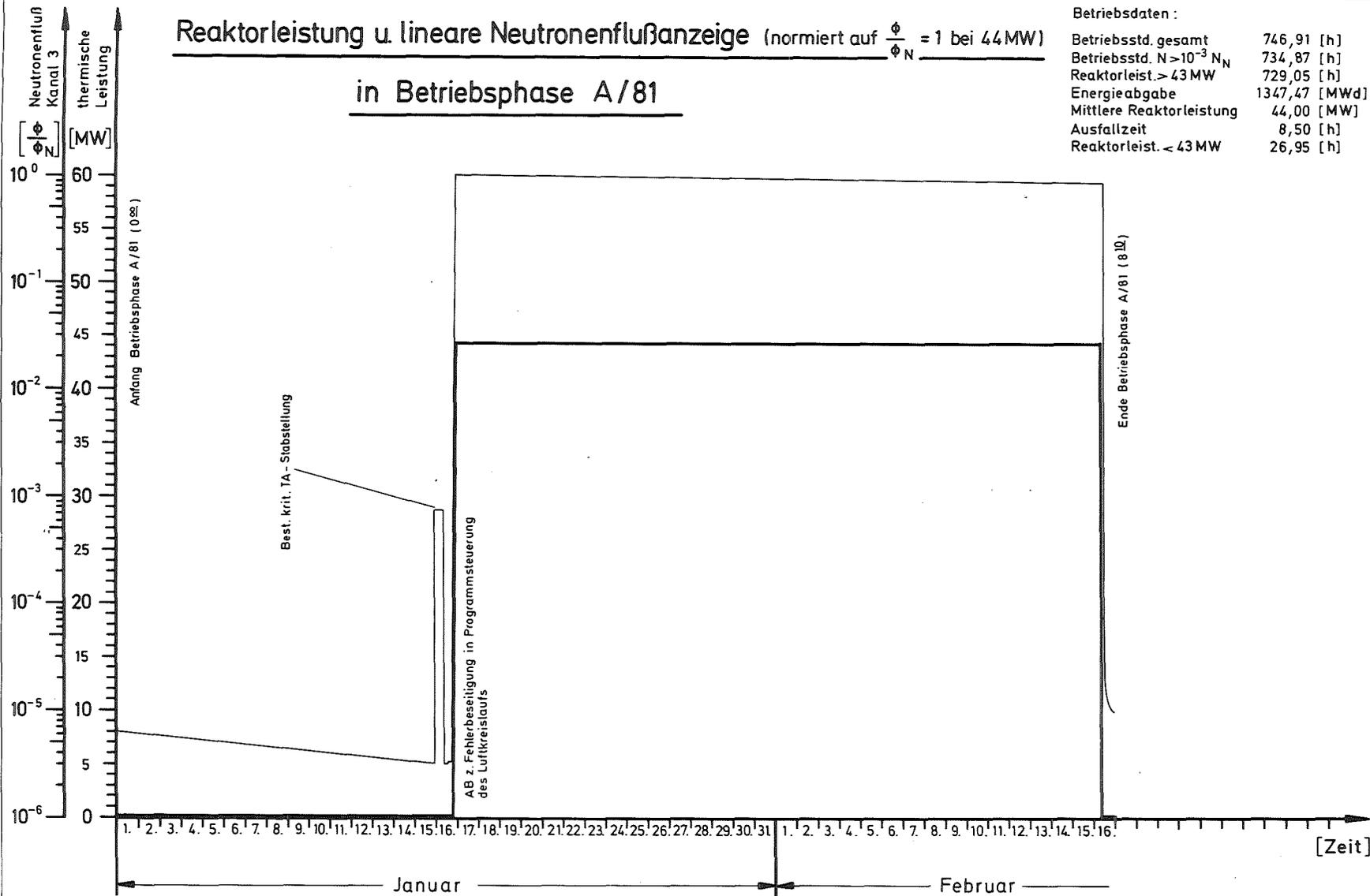
Blick in die Reaktorhalle;  
Reaktor mit Strahlrohrexperimenten

# Reaktorleistung u. lineare Neutronenflußanzeige (normiert auf $\frac{\phi}{\phi_N} = 1$ bei 44MW)

## in Betriebsphase A/81

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	746,91 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	734,87 [h]
Reaktorleist. $> 43$ MW	729,05 [h]
Energieabgabe	1347,47 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	44,00 [MW]
Ausfallzeit	8,50 [h]
Reaktorleist. $< 43$ MW	26,95 [h]



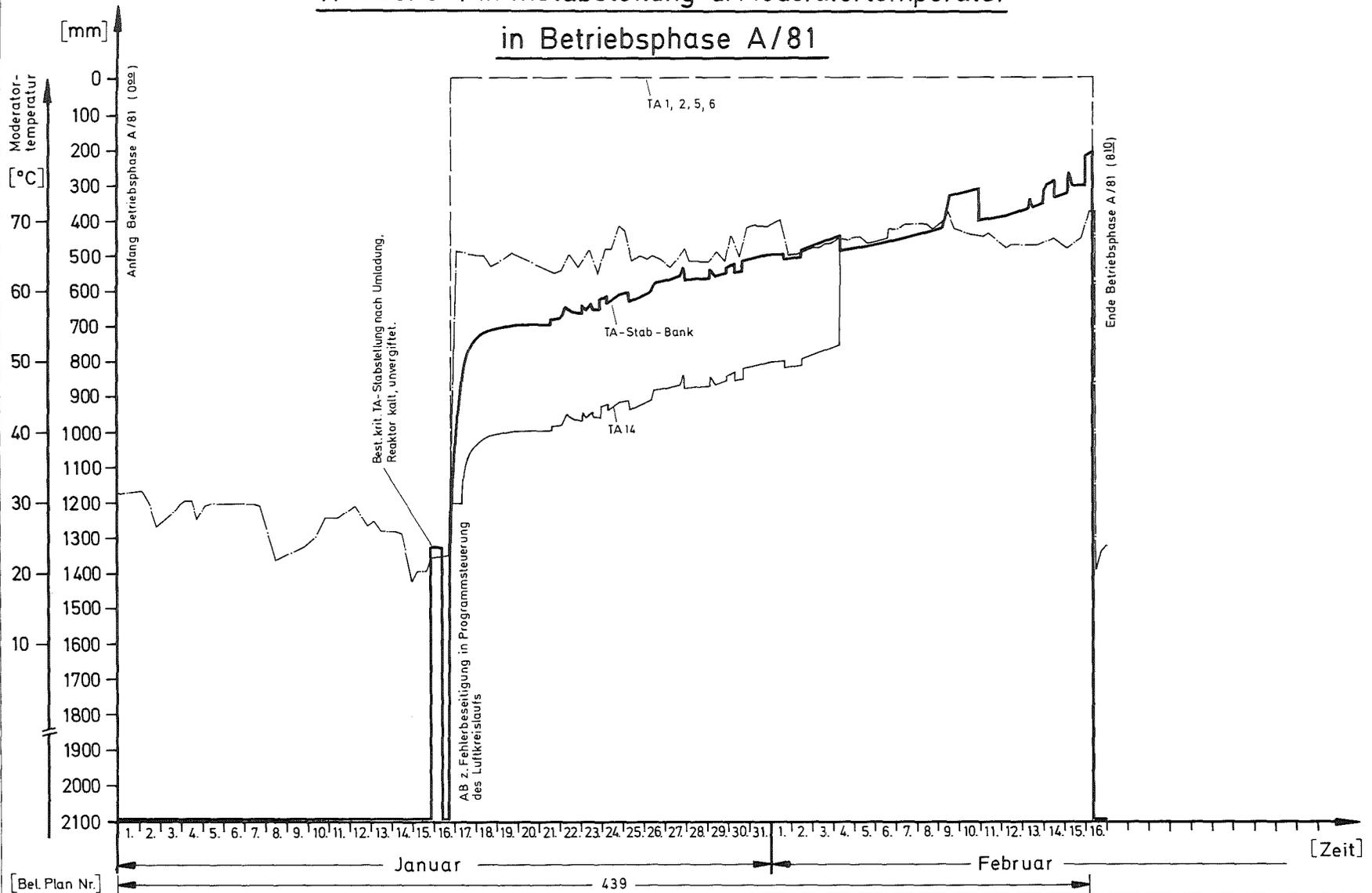
Formblatt : 148 c / 130

**Anmerkung :**

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

	<b>Kernforschungszentrum Karlsruhe</b> Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe	<b>FR 2</b>
--	----------------------------------------------------------------------------------	-------------

# Kritische Trimmstabstellung u. Moderatortemperatur in Betriebsphase A/81



Formblatt : 183 e / 122

Anmerkung :

SV = Startverschiebung  
LB = Leistungsbegrenzung

LR = Leistungsrücknahme  
AB = Außerbetriebnahme von Hand

RSA = Reaktor -  
Schnellabschaltung



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

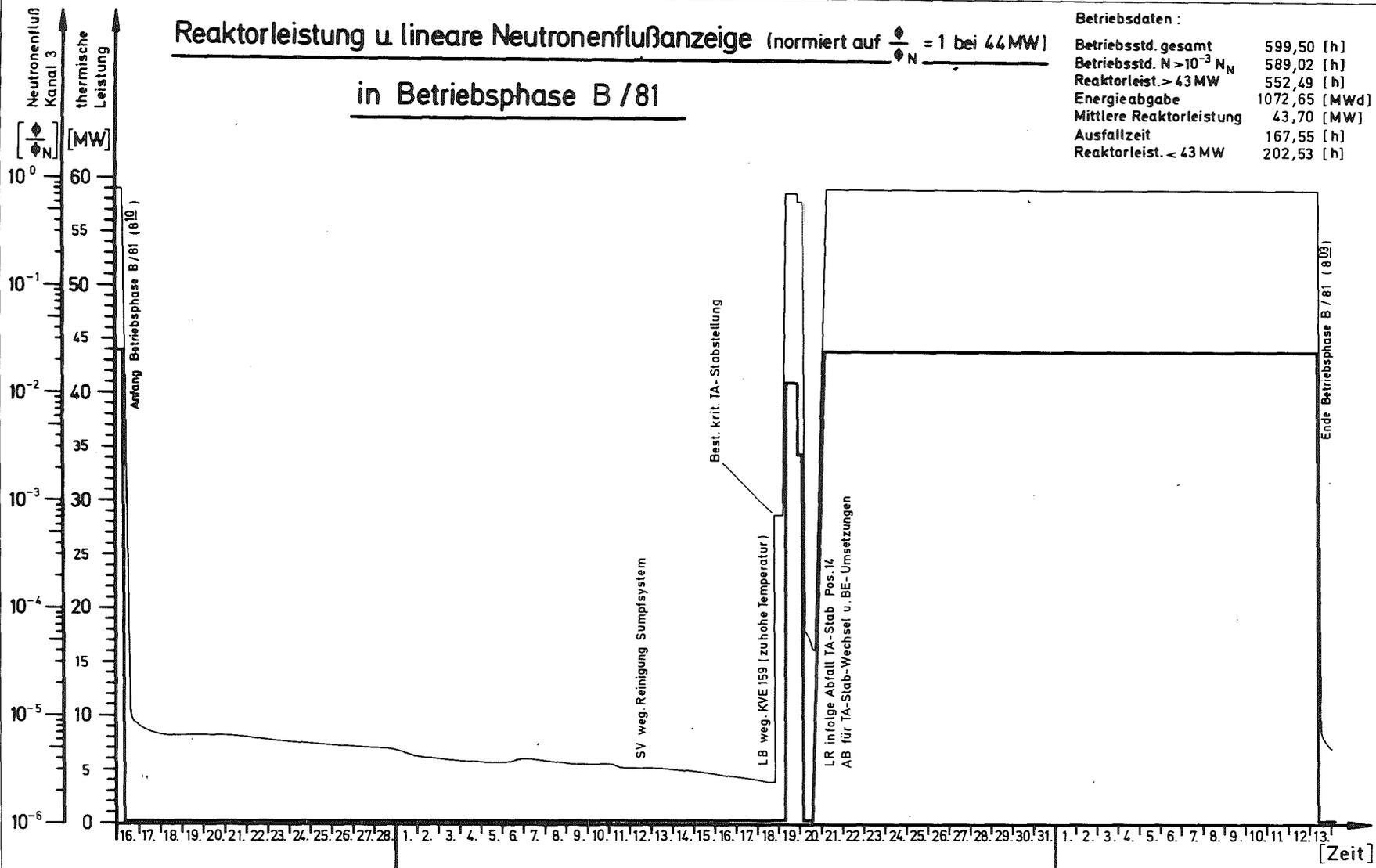
FR2

# Reaktorleistung u. lineare Neutronenflußanzeige (normiert auf $\frac{\phi}{N} = 1$ bei 44 MW)

## in Betriebsphase B / 81

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	599,50 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	589,02 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	552,49 [h]
Energieabgabe	1072,65 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	43,70 [MW]
Ausfallzeit	167,55 [h]
Reaktorleist. < 43 MW	202,53 [h]



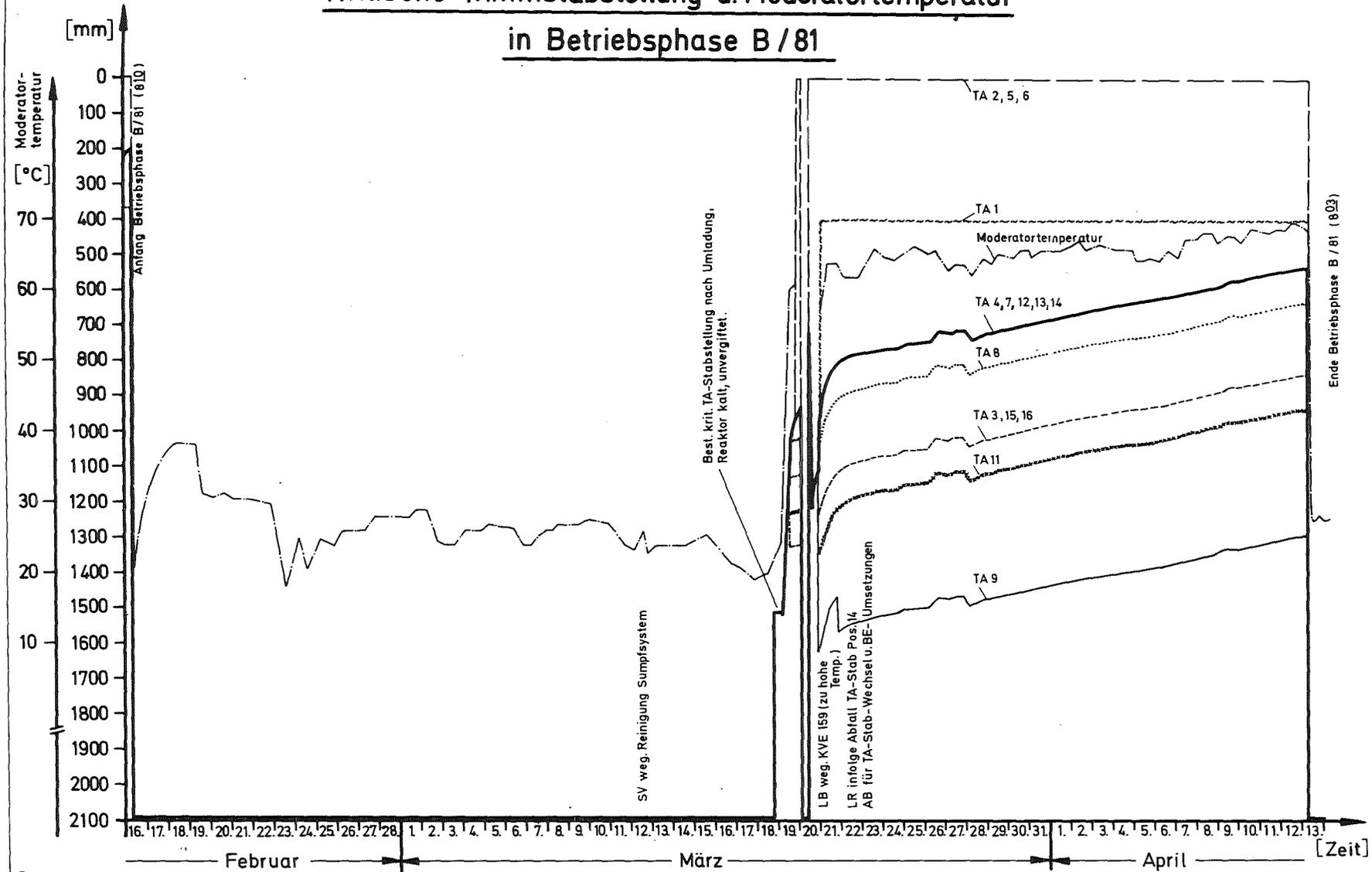
Formblatt : 148 c / 131

**Anmerkung :**

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

	<b>Kernforschungszentrum Karlsruhe</b> Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe	FR 2
--	----------------------------------------------------------------------------------	------

# Kritische Trimmstabstellung u. Moderatortemperatur in Betriebsphase B / 81



Formblatt : 183 e / 123

[Bel. Plan Nr.]      441      442      [Zeit]

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



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
 Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

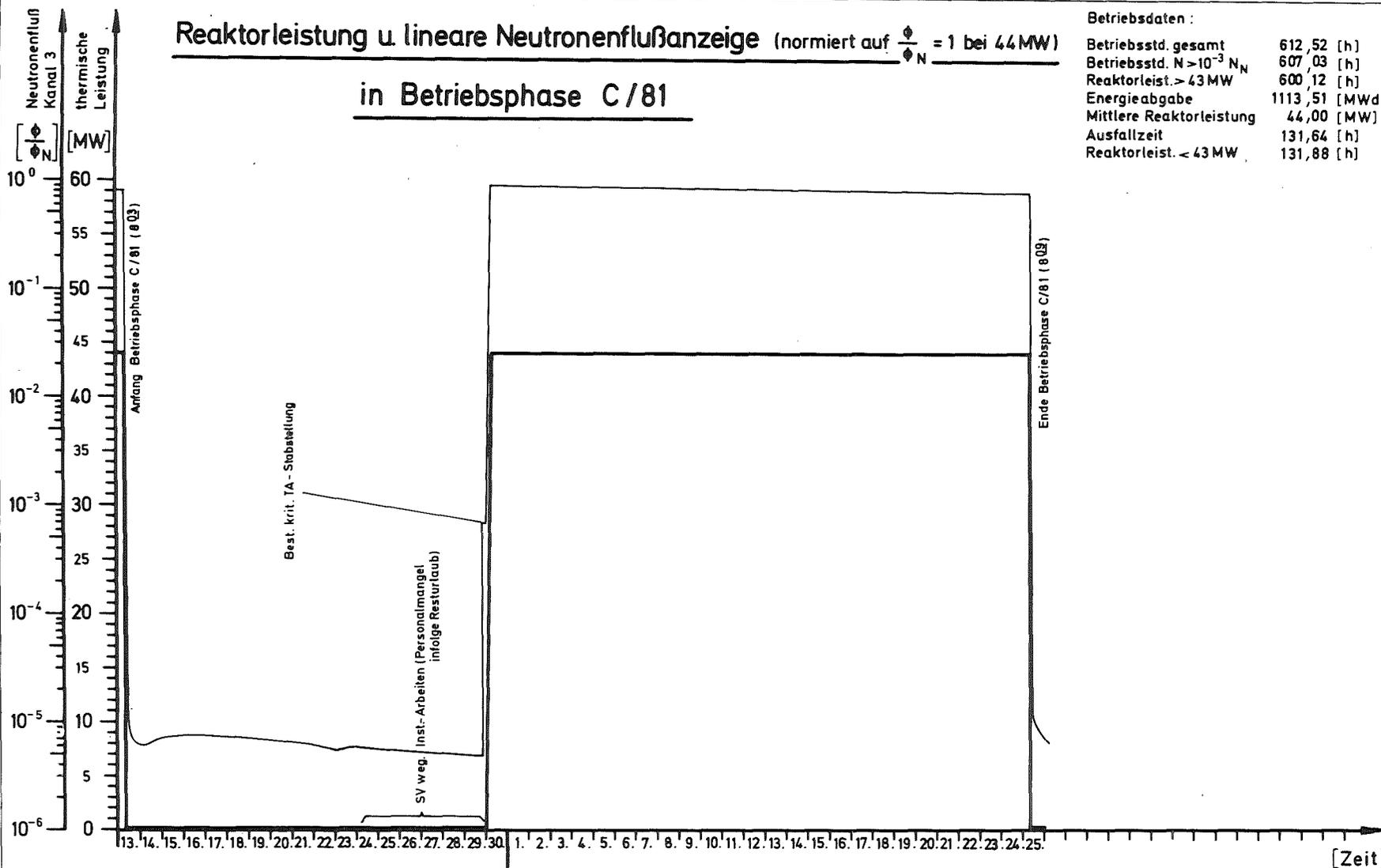
FR2

# Reaktorleistung u. lineare Neutronenflußanzeige (normiert auf $\frac{\phi}{\phi_N} = 1$ bei 44 MW)

## in Betriebsphase C/81

### Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	612,52 [h]
Betriebsstd. $M > 10^{-3} N_N$	607,03 [h]
Reaktorleist. $> 43$ MW	600,12 [h]
Energieabgabe	1113,51 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	44,00 [MW]
Ausfallzeit	131,64 [h]
Reaktorleist. $< 43$ MW	131,88 [h]



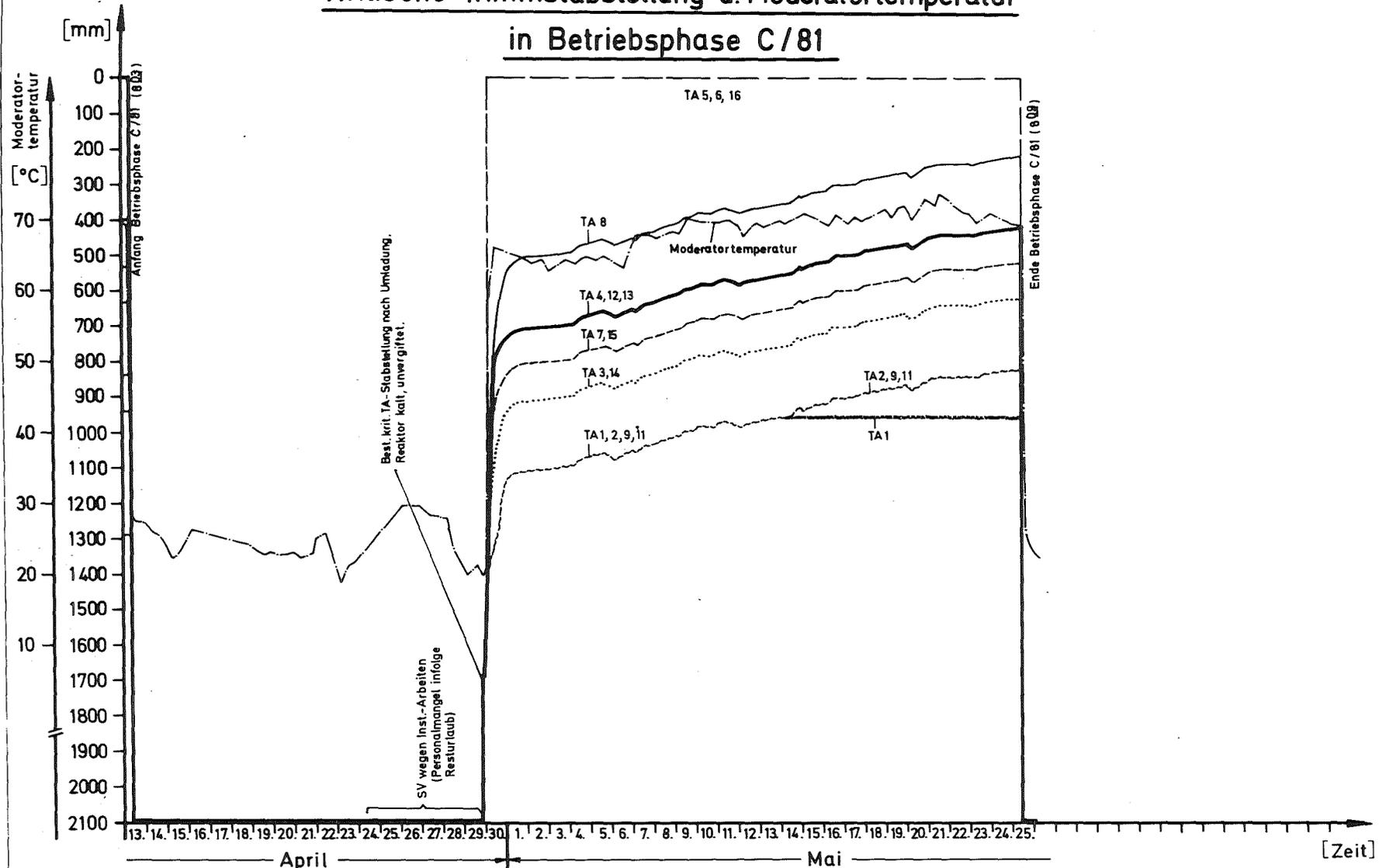
Formblatt : 148 c / 132

### Anmerkung :

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

	<b>Kernforschungszentrum Karlsruhe</b> Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe	<b>FR 2</b>
--	----------------------------------------------------------------------------------	-------------

# Kritische Trimmstabstellung u. Moderatortemperatur in Betriebsphase C/81



Formblatt : 183 e / 124

[Bel. Plan Nr.]

Anmerkung :

SV = Startverschiebung  
LB = Leistungsbegrenzung

LR = Leistungsrücknahme  
AB = Außerbetriebnahme von Hand

RSA = Reaktor-Schnellabschaltung



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

FR 2

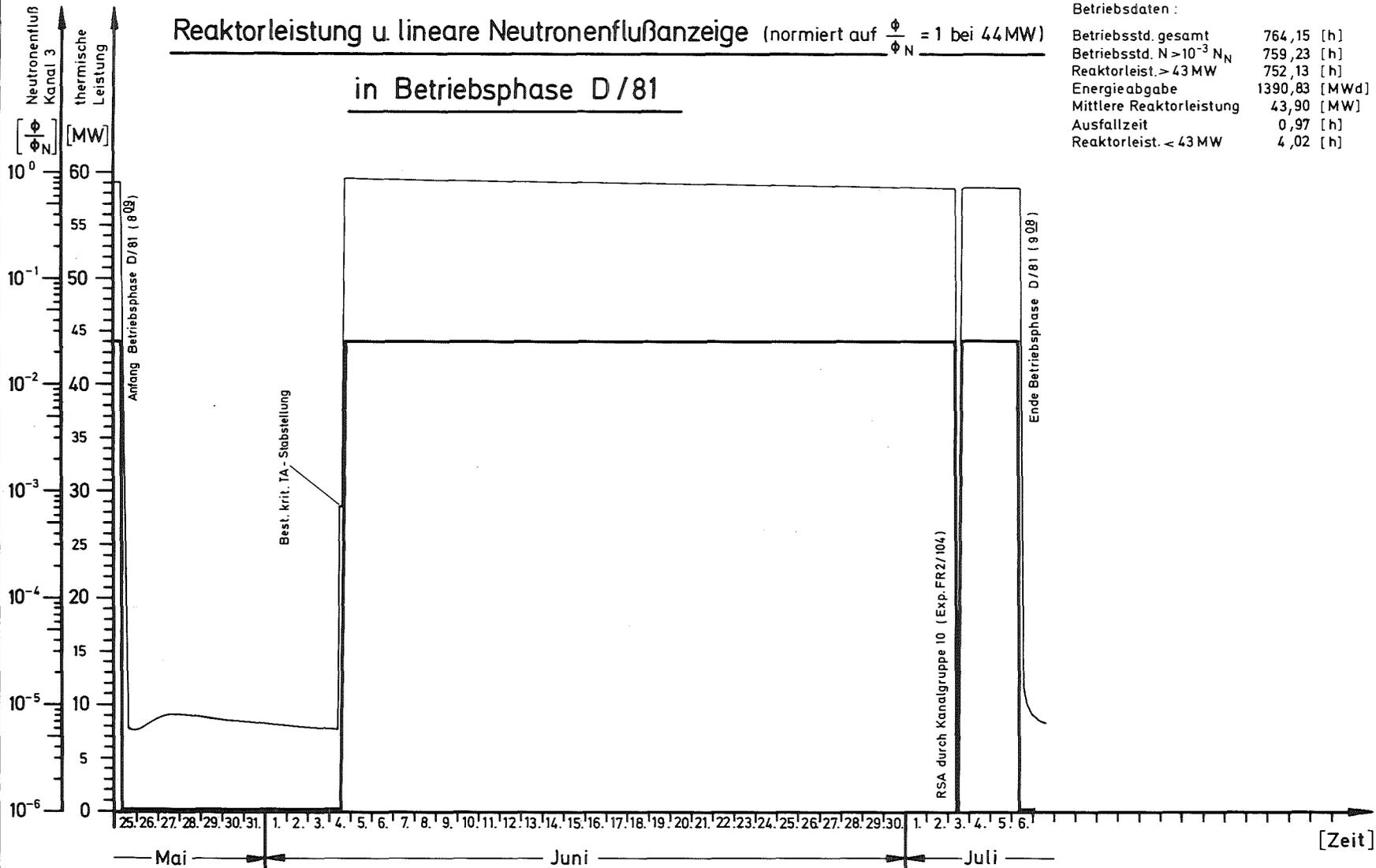
# Reaktorleistung u. lineare Neutronenflußanzeige (normiert auf $\frac{\phi}{\phi_N} = 1$ bei 44 MW)

## in Betriebsphase D/81

### Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	764,15 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	759,23 [h]
Reaktorleist. $> 43$ MW	752,13 [h]
Energieabgabe	1390,83 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	43,90 [MW]
Ausfallzeit	0,97 [h]
Reaktorleist. $< 43$ MW	4,02 [h]

Formblatt : 148 c / 133



### Anmerkung :

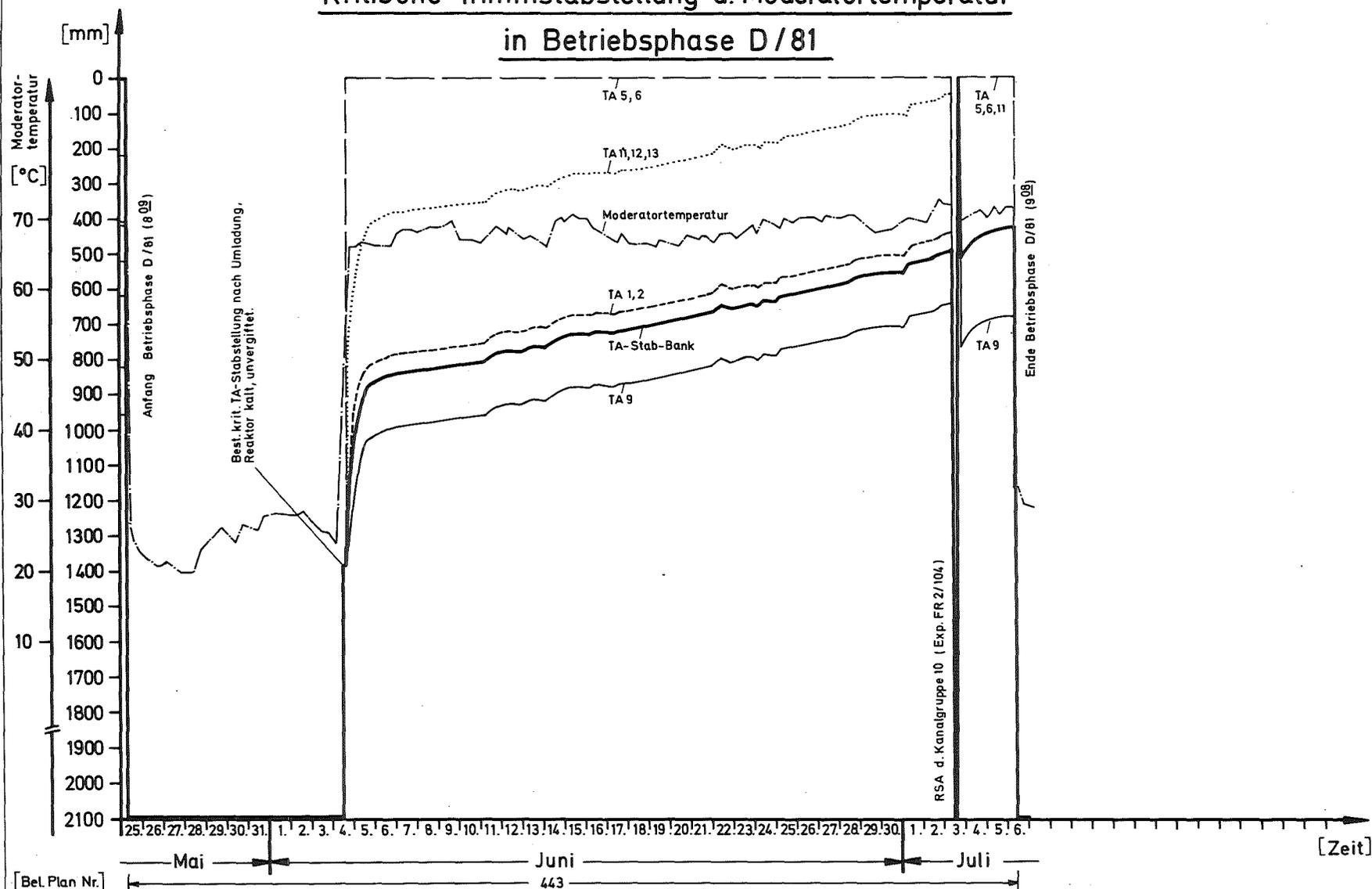
- Neutr.-fluß    SV= Startverschiebung    LR= Leistungsrücknahme    RSA = Reaktorschnellabschaltung
- therm. Leist.    LB= Leistungsbegrenzung    AB= Außerbetriebnahme v. Hand



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

FR 2

## Kritische Trimmstabstellung u. Moderatortemperatur in Betriebsphase D/81



Formblatt: 183 e/125

[Bet. Plan Nr.]

Anmerkung:

SV = Startverschiebung

LR = Leistungsrücknahme

RSA = Reaktor-Schnellabschaltung

LB = Leistungsbegrenzung

AB = Außerbetriebnahme von Hand



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

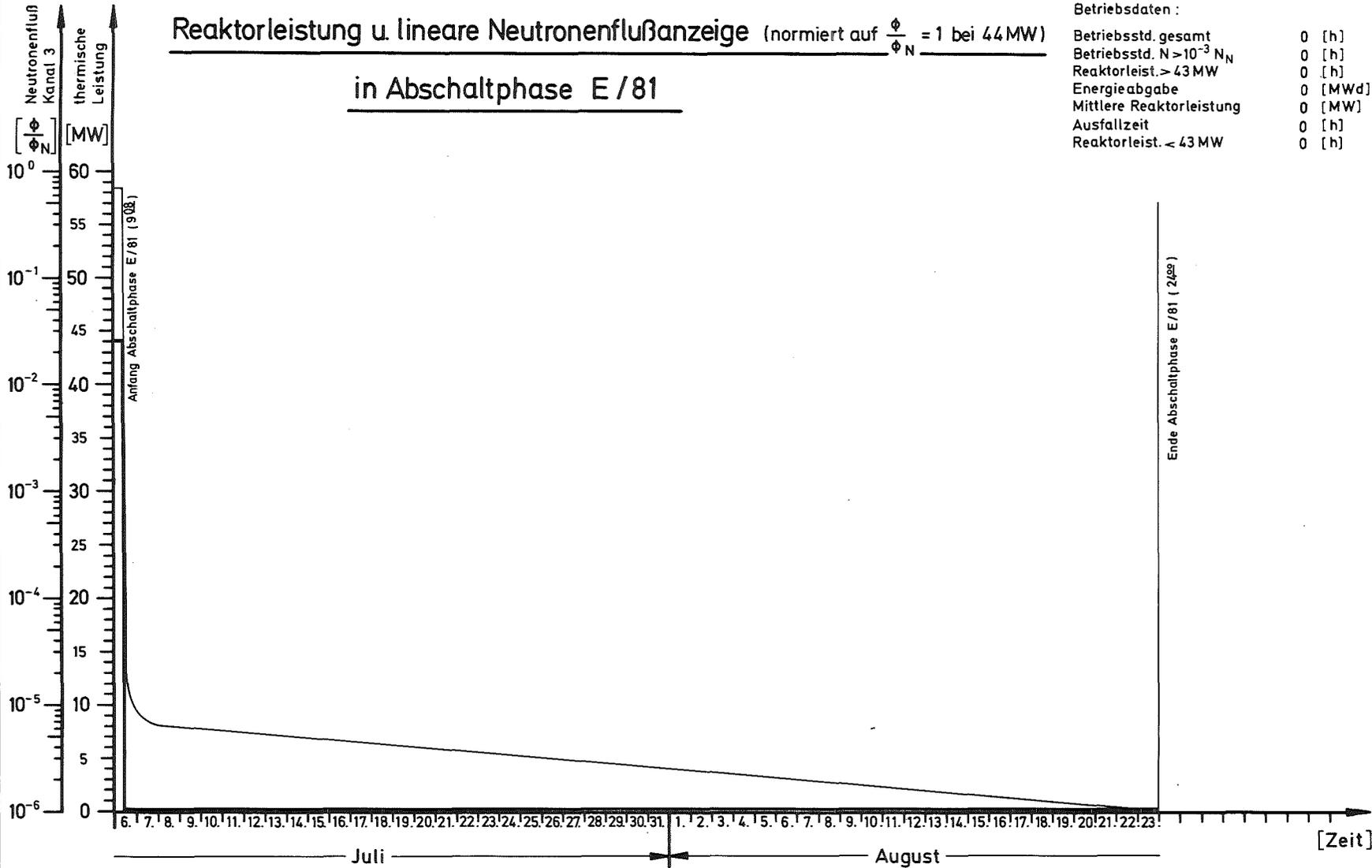
FR2

# Reaktorleistung u. lineare Neutronenflußanzeige (normiert auf $\frac{\phi}{\phi_N} = 1$ bei 44 MW)

## in Abschaltphase E / 81

Betriebsdaten :

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

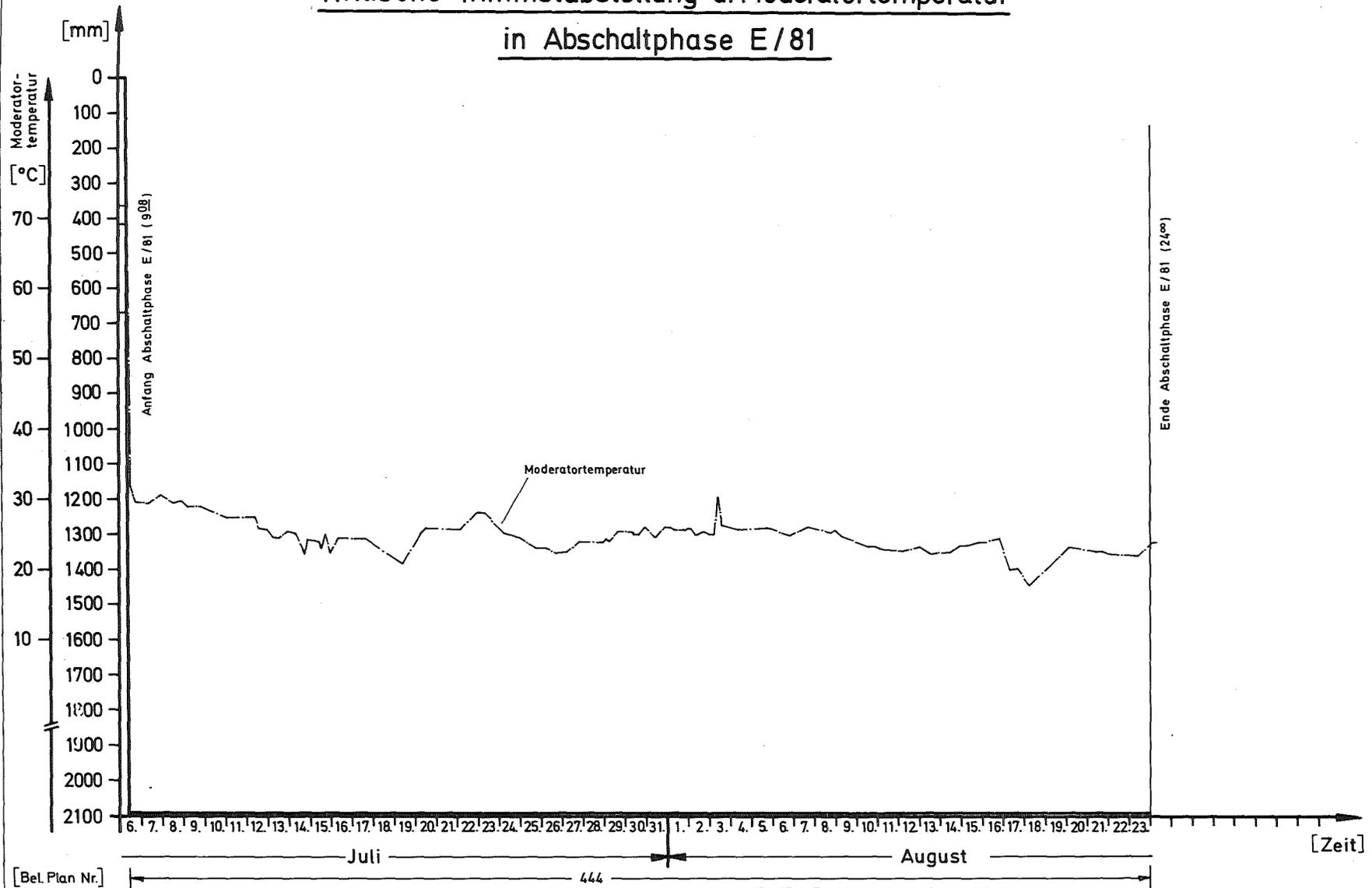


Anmerkung :

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

	<b>Kernforschungszentrum Karlsruhe</b> Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe	<b>FR 2</b>
--	----------------------------------------------------------------------------------	-------------

# Kritische Trimmstabstellung u. Moderator- temperatur in Abschaltphase E/81



Formblatt : 183 e / 126

[Bel. Plan Nr.]

Anmerkung :

SV = Startverschiebung  
LB = Leistungsbegrenzung

LR = Leistungsrücknahme  
AB = Außerbetriebnahme von Hand

RSA = Reaktor -  
Schnellabschaltung



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

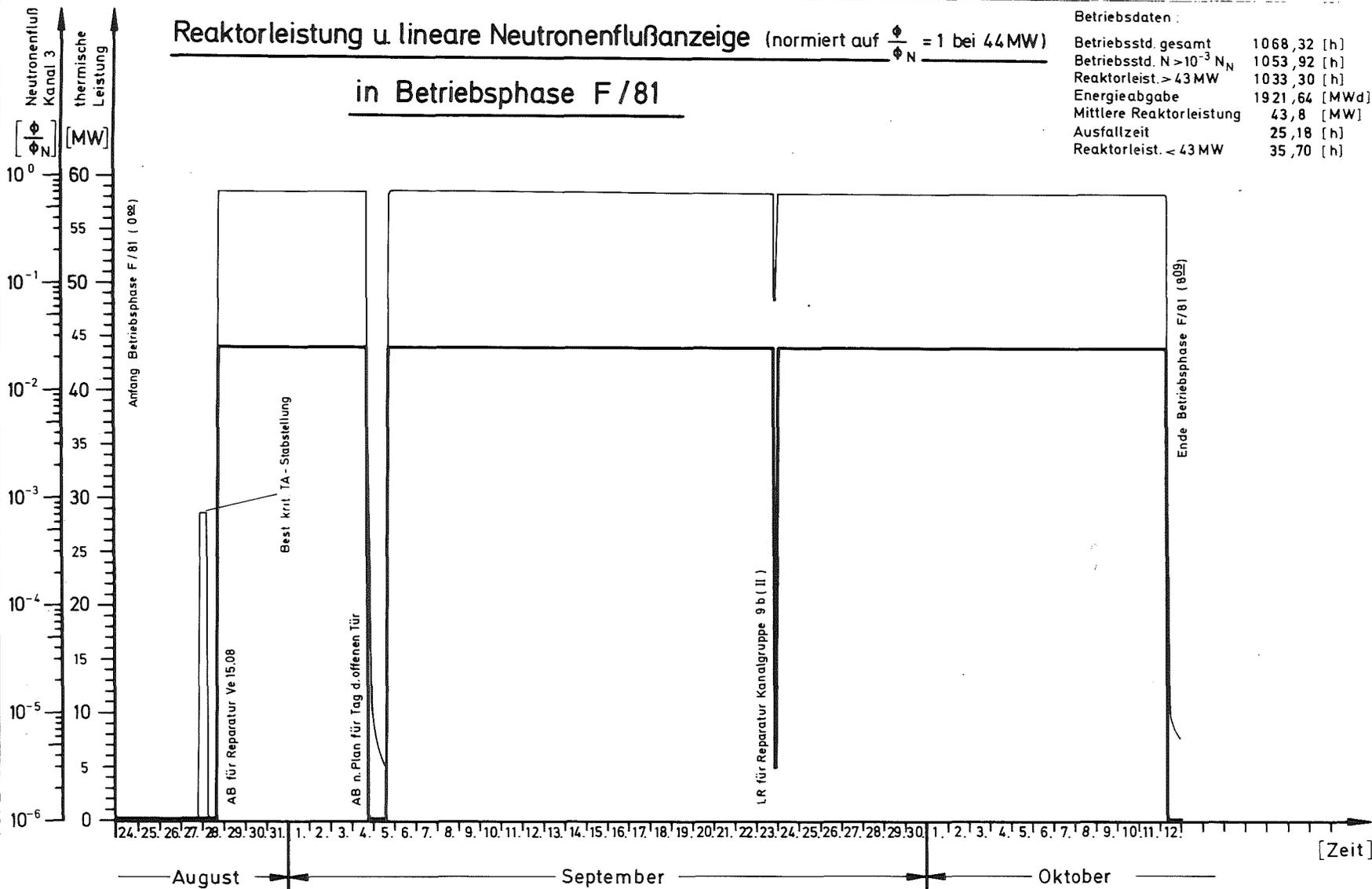
FR2

# Reaktorleistung u. lineare Neutronenflußanzeige (normiert auf $\frac{\phi}{\phi_N} = 1$ bei 44 MW)

## in Betriebsphase F/81

Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	10 68,32 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	10 53,92 [h]
Reaktorleist. $> 43$ MW	10 33,30 [h]
Energieabgabe	19 21,64 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	43,8 [MW]
Ausfallzeit	25,18 [h]
Reaktorleist. $< 43$ MW	35,70 [h]



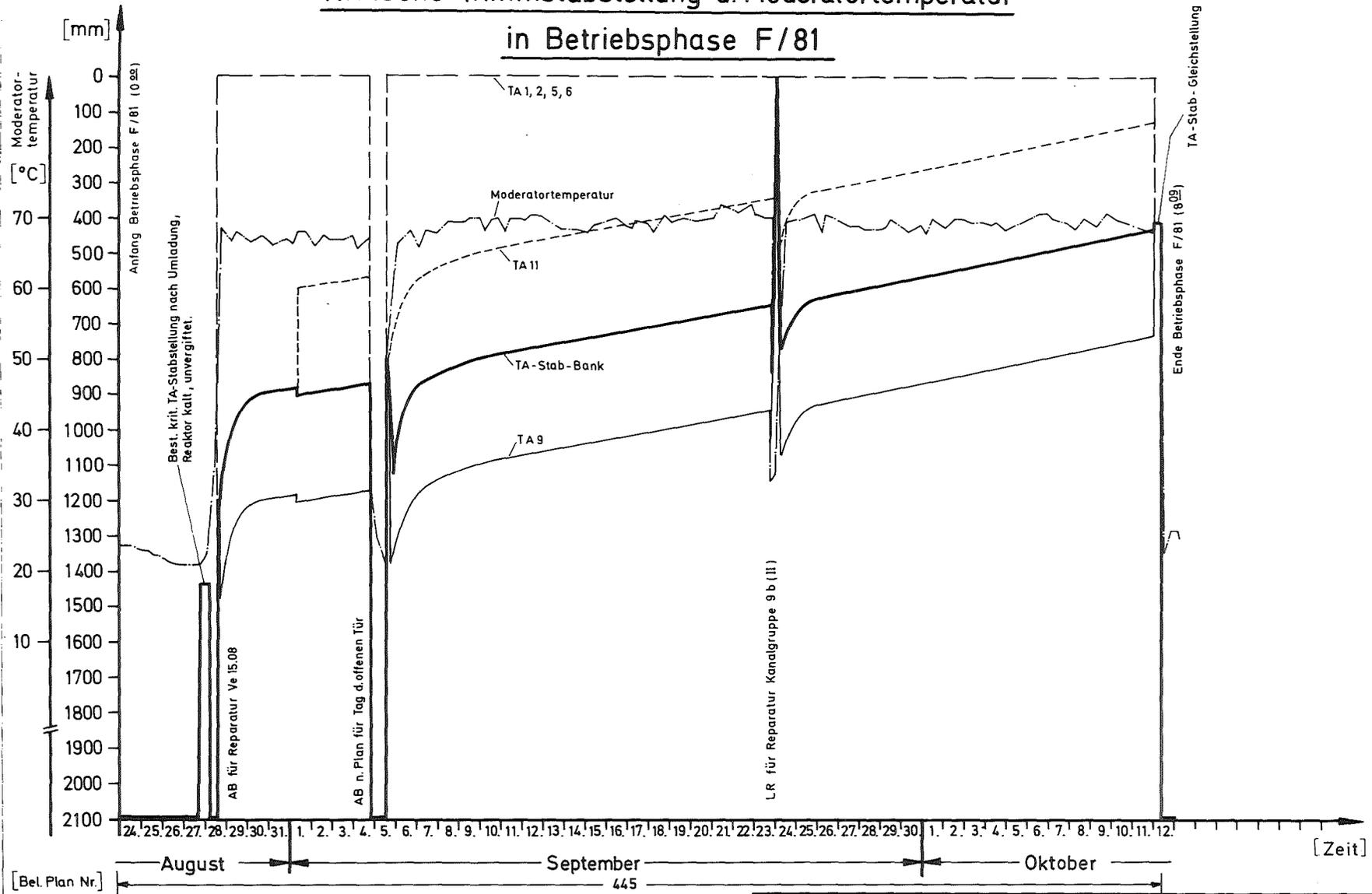
Formblatt : 148 c / 135

**Anmerkung**

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

	<b>Kernforschungszentrum Karlsruhe</b> Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe	FR 2
--	----------------------------------------------------------------------------------	------

# Kritische Trimmstabstellung u. Moderatortemperatur in Betriebsphase F/81



Formblatt : 183 e / 127

[Bel. Plan Nr.]

Anmerkung :

SV = Startverschiebung

LR = Leistungsrücknahme

RSA = Reaktor -  
Schnellabschaltung

LB = Leistungsbegrenzung

AB = Außerbetriebnahme von Hand



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

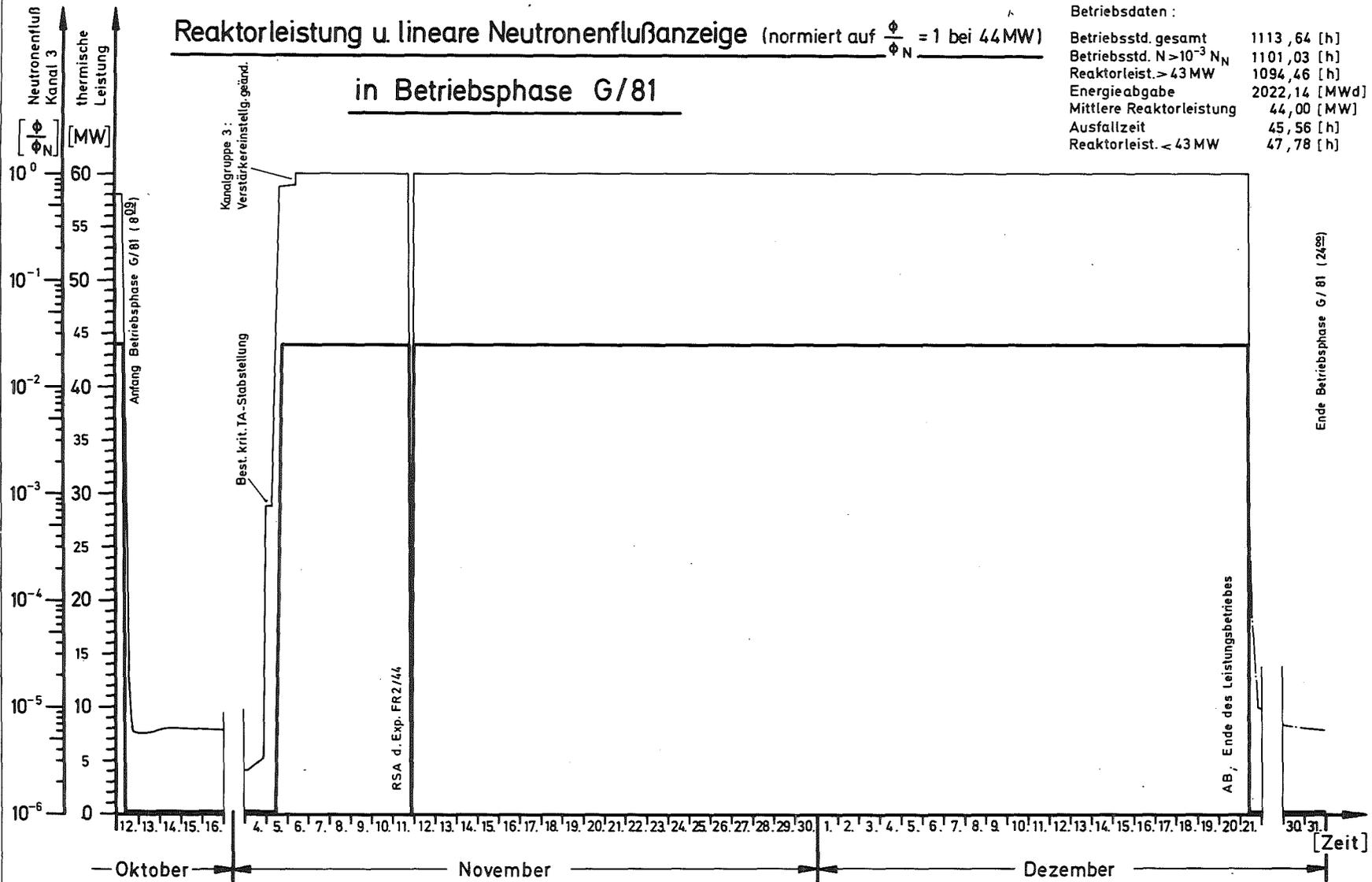
FR 2

# Reaktorleistung u. lineare Neutronenflußanzeige (normiert auf $\frac{\phi}{\phi_N} = 1$ bei 44 MW)

## in Betriebsphase G/81

### Betriebsdaten :

Betriebsstd. gesamt	1113,64 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	1101,03 [h]
Reaktorleist. $> 43$ MW	1094,46 [h]
Energieabgabe	2022,14 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	44,00 [MW]
Ausfallzeit	45,56 [h]
Reaktorleist. $< 43$ MW	47,78 [h]



Formblatt : 148 c / 136

### Anmerkung :

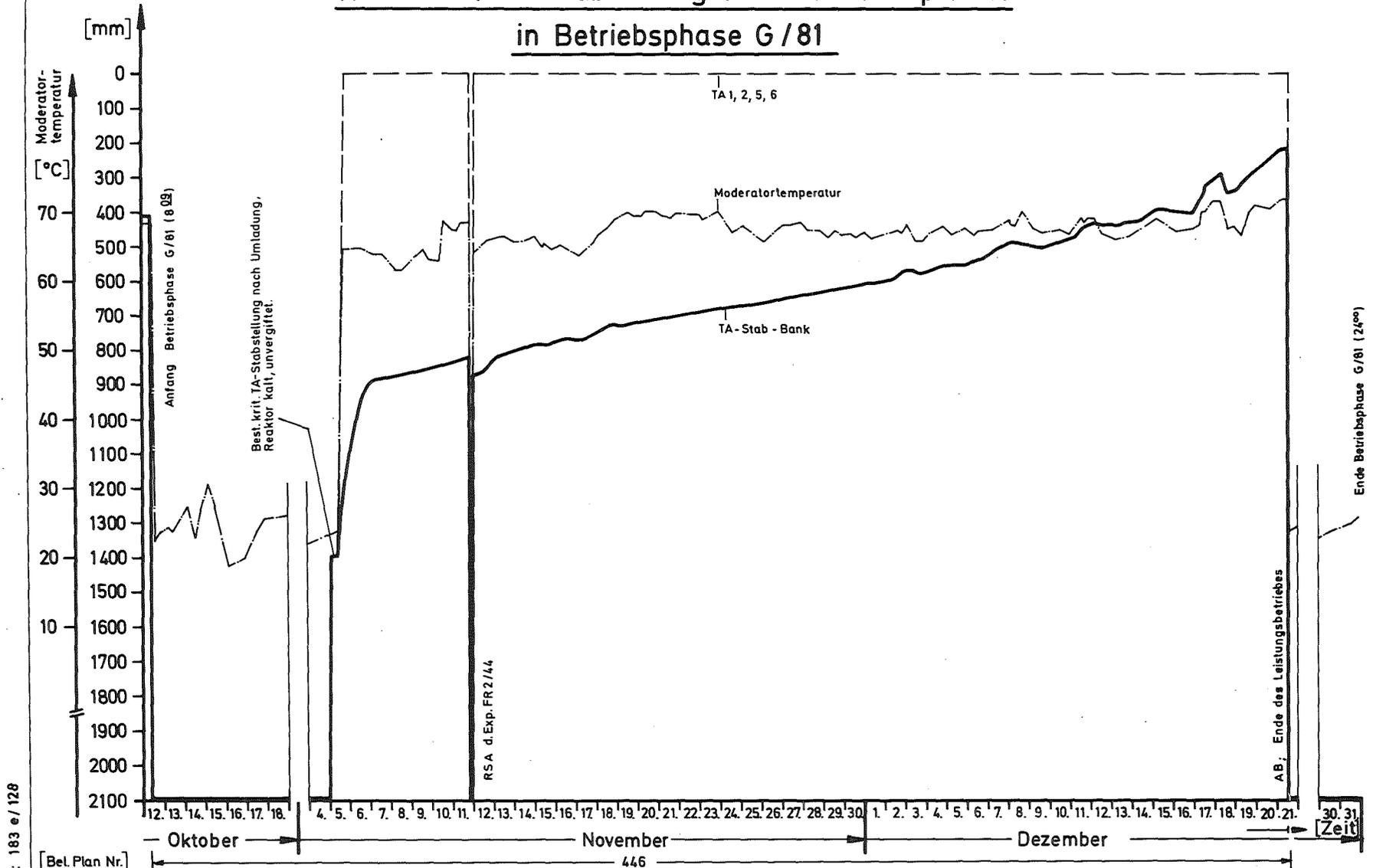
- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme v. Hand
- RSA = Reaktorschnellabschaltung



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

FR 2

# Kritische Trimmstabstellung u. Moderatortemperatur in Betriebsphase G / 81



Formblatt: 183 e/ 128

[Bel. Plan Nr.] 446

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

	<b>Kernforschungszentrum Karlsruhe</b> Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe	<b>FR2</b>
---------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------	------------





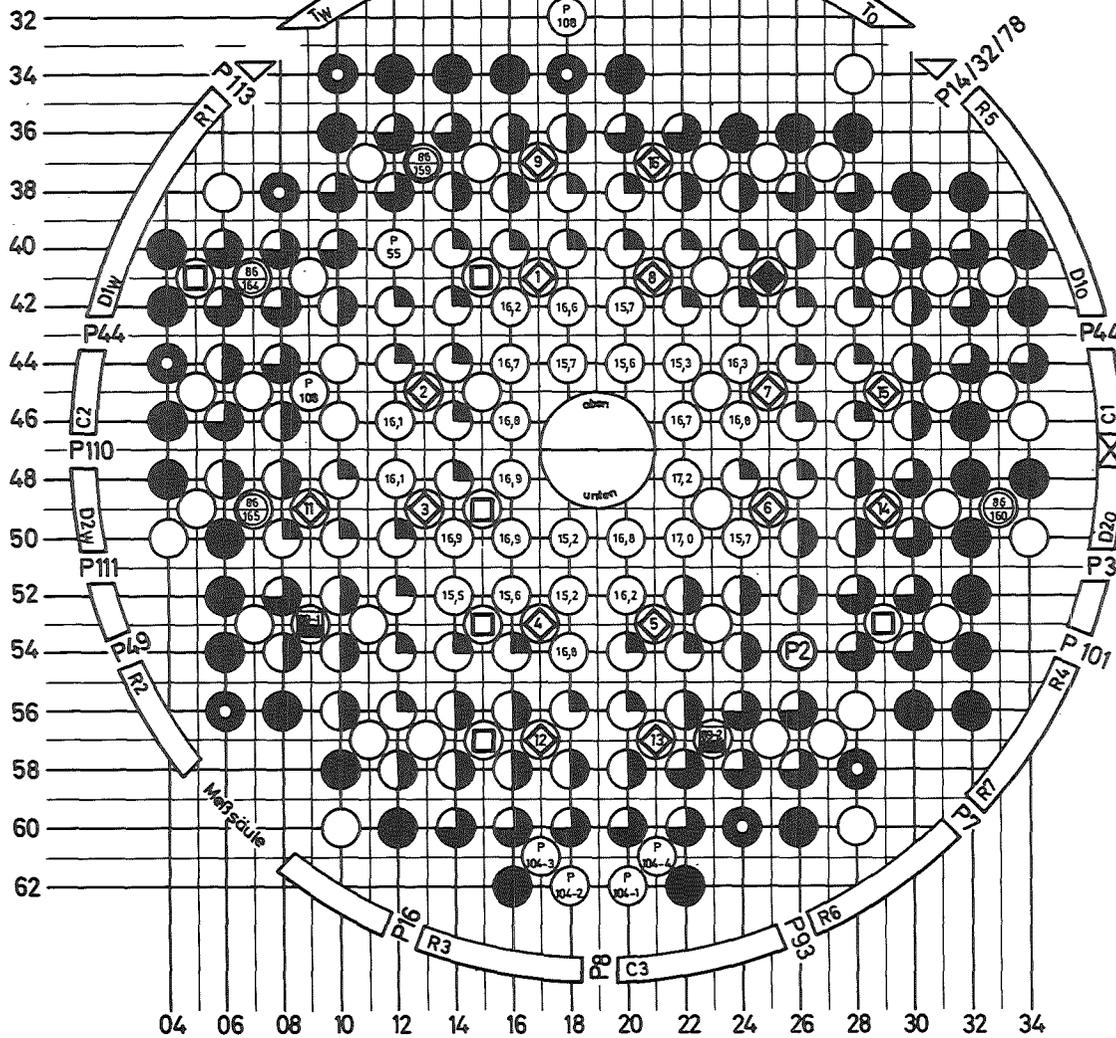
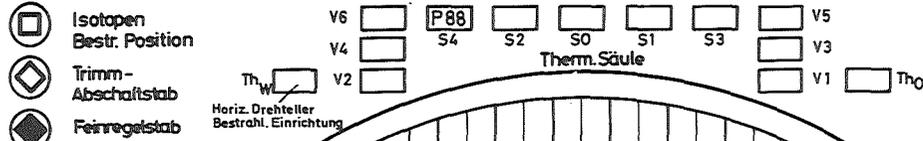












1. Brennelemente:

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd/kg<sub>U</sub>  
40 ● 37 ● 35 ● 63 ● -175 BE 8 (2% anger.)

davon ● 7 BE 8 am 12./13.1.81 neu eingebaut

2. Kapselversuchseinsätze:

○ Exp. Nr. - 4  
Ird. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

○ Exp. Nr. - 0  
Ird. Nr.

○ Exp. Nr. - 2  
ID<sub>2</sub>O-gekühlter Iso-Kanal-Einsatz

4. Kreislaufexperimente:

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

4.2 Exp. FR2/55: Heißdampf-Hochdruckkreislauf Pos. 40/12  
Exp. FR2/102 (Versuche z. Brennstabversagen)

Bestrahlungen: Prüfl. Nr.	Einbau	Ausbau

5. Gas - Bestrahlungseinrichtung:

Exp. FR2/104: Position 61/17, 61/21, 62/18, 62/20

6. Silizium - Bestrahlungen:

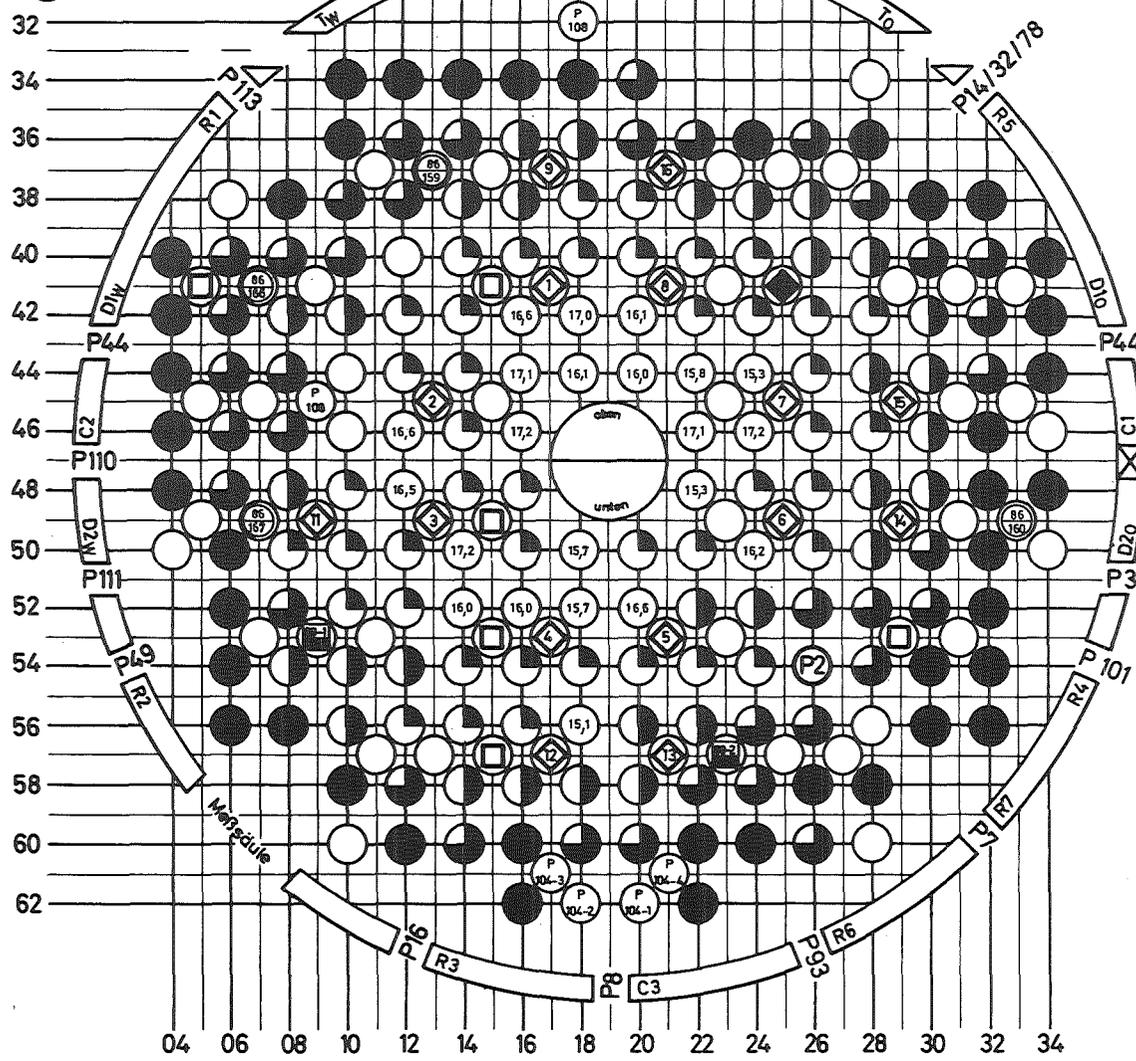
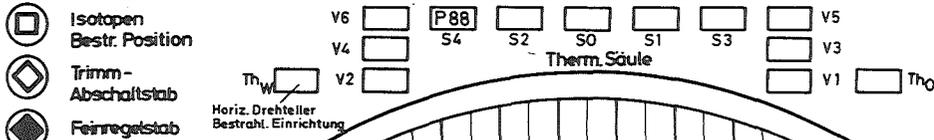
Exp. FR2/108: Position 32/18, 45/09

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

175 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

8. Bemerkungen:

Falls Abbrand >15 MWd/kg<sub>U</sub>, Angabe in Zahlenwerten.



**1. Brennelemente:**

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd/kg<sub>U</sub>  
 42 ● 37 ● 31 ● 65 ● -175 BE 8 (2% anger.)

davon ● - BE 8 am — neu eingebaut

**2. Kapselversuchseinsätze:**

⊖ Exp. Nr. - 4  
 lfd. Nr.

**3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:**

⊖ Exp. Nr. - 0  
 lfd. Nr.

⊖ Exp. Nr. - 2  
 (D<sub>2</sub>O-gekühlter Iso-Kanal-Einsatz)

**4. Kreislaufexperimente:**

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

**5. Gas - Bestrahlungseinrichtung:**

Exp. FR2/104: Position 61/17, 61/21, 62/18, 62/20

**6. Silizium - Bestrahlungen:**

Exp. FR2/108: Position 32/18, 45/09

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

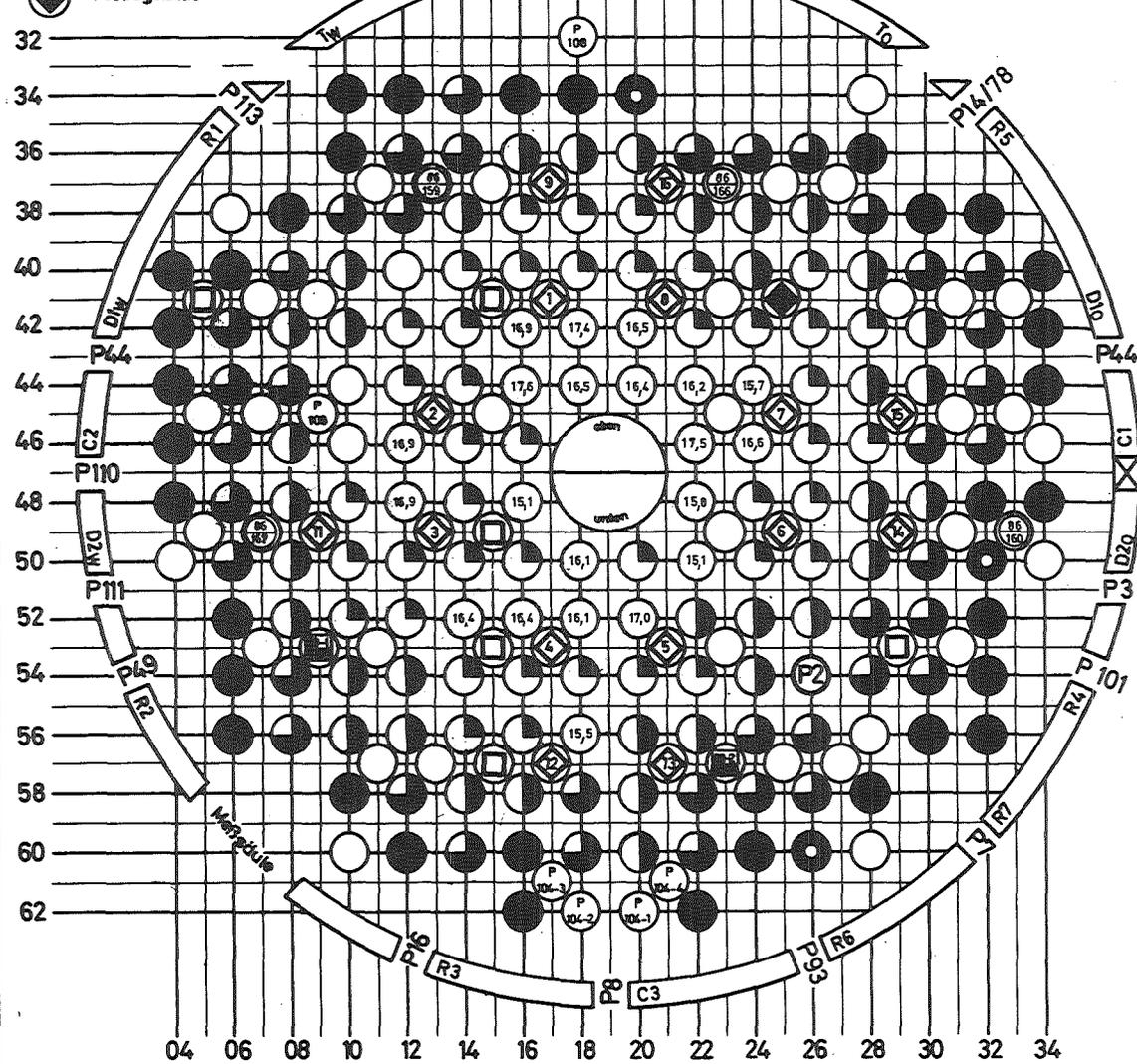
175 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

**8. Bemerkungen:**

Falls Abbrand >15 MWd / kg<sub>U</sub>, Angabe in Zahlenwerten.



- Isotopen Bestr. Position
  - Trimm-Abschaltstab
  - Feinregelstab
- Th<sub>W</sub>  V2  Th<sub>0</sub>
- Horiz. Drehteller Bestrahl. Einrichtung
- Therm.Säule
- V6  P88  V5   
 V4  S4  S2  S0  S1  S3  V3   
 V1



**1. Brennelemente:**

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd/kg<sub>U</sub>  
 37 ● 39 ● 36 ● 63 ● -175 BE 8 (2% anger.)

davon ● 3 BE 8 am 27.4.81 neu eingebaut

**2. Kapselversuchseinsätze:**

Exp. Nr. - 4  
 lfd. Nr.

**3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:**

Exp. Nr. - 0  
 lfd. Nr.

Exp. Nr. - 2  
 (D<sub>2</sub>O-gelähmter Iso-Kanal-Einsatz)

**4. Kreislaufexperimente:**

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

**5. Gas - Bestrahlungseinrichtung:**

Exp. FR2/104: Position 61/17, 61/21, 62/18, 62/20

**6. Silizium - Bestrahlungen:**

Exp. FR2/108: Position 32/18, 45/09

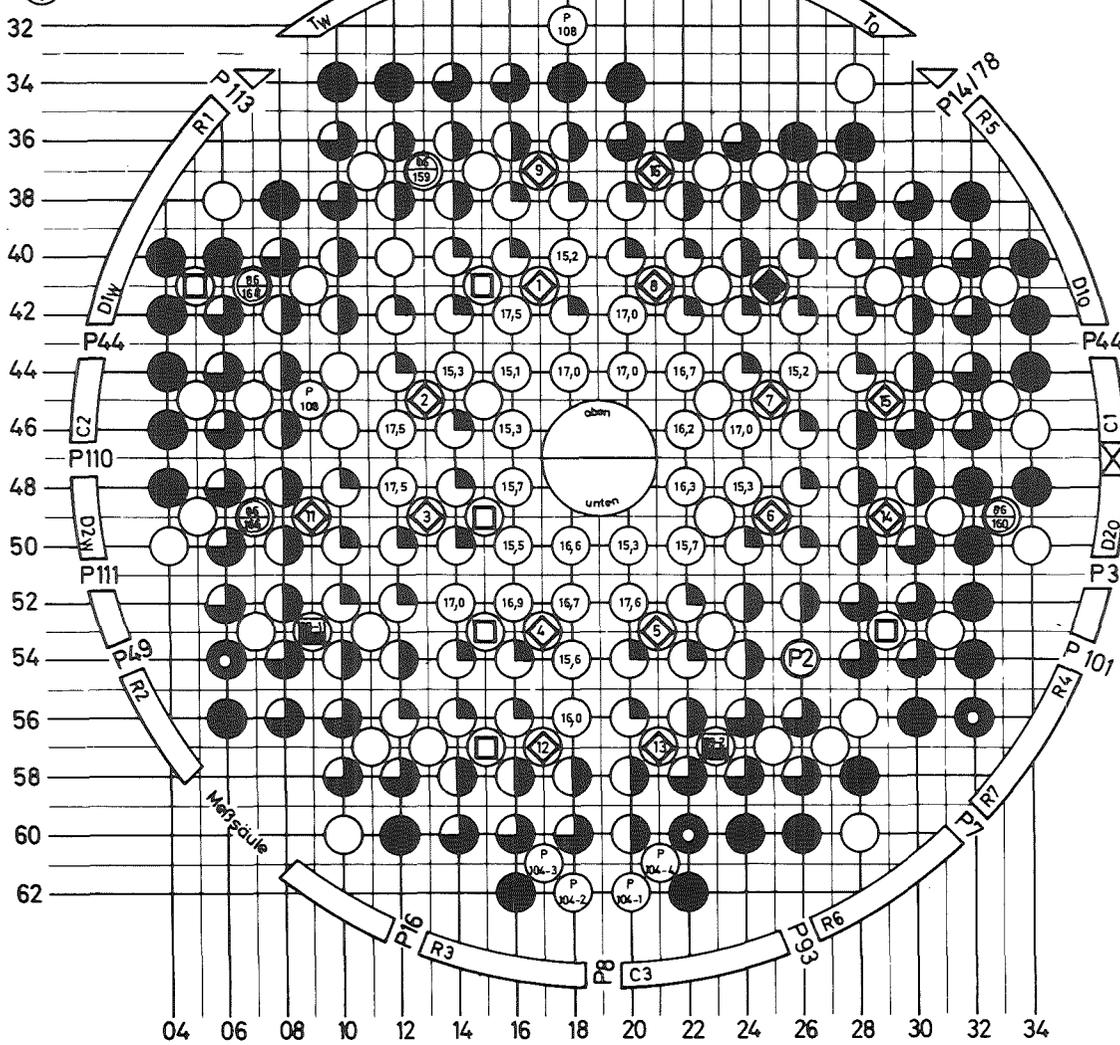
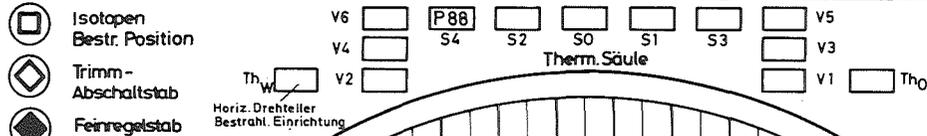
**7. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg. v. Reaktor-Kreislauf:**

175 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

**8. Bemerkungen:**

Falls Abbrand >15 MWd/kg<sub>U</sub>, Angabe in Zahlenwerten.

Formblatt: 9/4 a



**1. Brennelemente :**

Abbrand : <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 Mwd/kgU  
 33 ● 40 ● 35 ● 67 ● -175 BE 8 (2% anger.)

davon ● 3 BE 8 am 1.6.81 neu eingebaut

**2. Kapselversuchseinsätze :**

○ Exp. Nr. - 4  
 ifd. Nr.

**3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :**

⊖ Exp. Nr. - 0  
 ifd. Nr.

⊖ Exp. Nr. - 2  
 (D<sub>2</sub>O-gekühlter Iso-Kanal-Einsatz)

**4. Kreislaufexperimente :**

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

**5. Gas - Bestrahlungseinrichtung :**

Exp. FR2/104 : Position 61/17, 61/21, 62/18, 62/20

**6. Silizium - Bestrahlungen :**

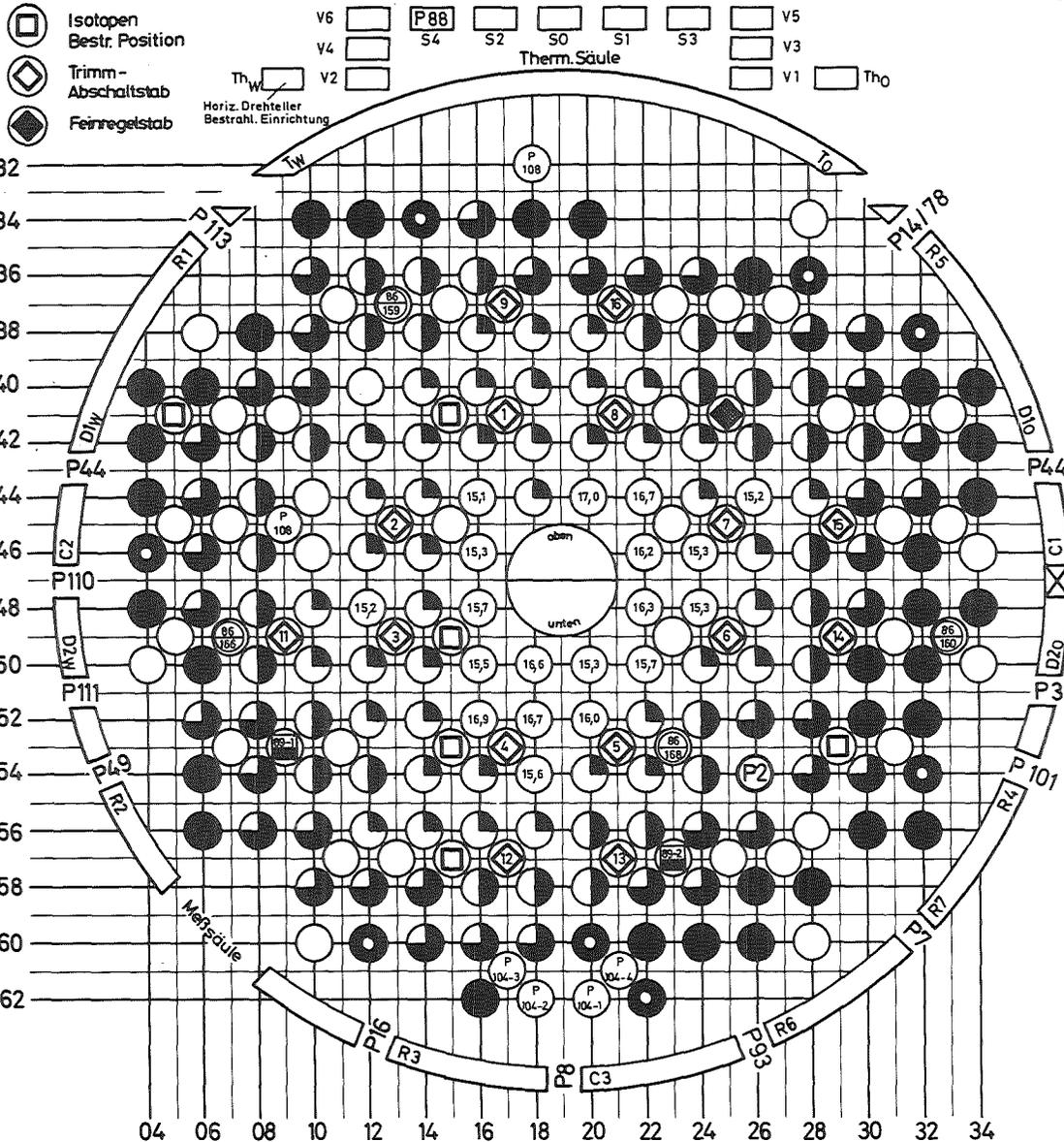
Exp. FR2/108 : Position 32/18, 45/09

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

175 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

**8. Bemerkungen :**

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



**1. Brennelemente:**

Abbrand:  

<25	25-50	50-75	>75	[%]	100% $\Delta$	15 MWd/kg <sub>U</sub>
-----	-------	-------	-----	-----	---------------	------------------------

  
 41 ● 41 ● 32 ● 61 ● -175 BE 8 (2% anger.)

davon ● 8 BE 8 am 19./20.8.81 neu eingebaut

**2. Kapselversuchseinsätze:**

○ Exp. Nr. - 4  
 Ifd. Nr.

**3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:**

□ Exp. Nr. - 0  
 Ifd. Nr.

⊖ Exp. Nr. - 2  
 (D<sub>2</sub>O-gekühlter Iso-Kanal-Einsatz)

**4. Kreislaufexperimente:**

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

**5. Gas - Bestrahlungseinrichtung:**

Exp. FR2/104: Position 61/17, 61/21, 62/18, 62/20

**6. Silizium - Bestrahlungen:**

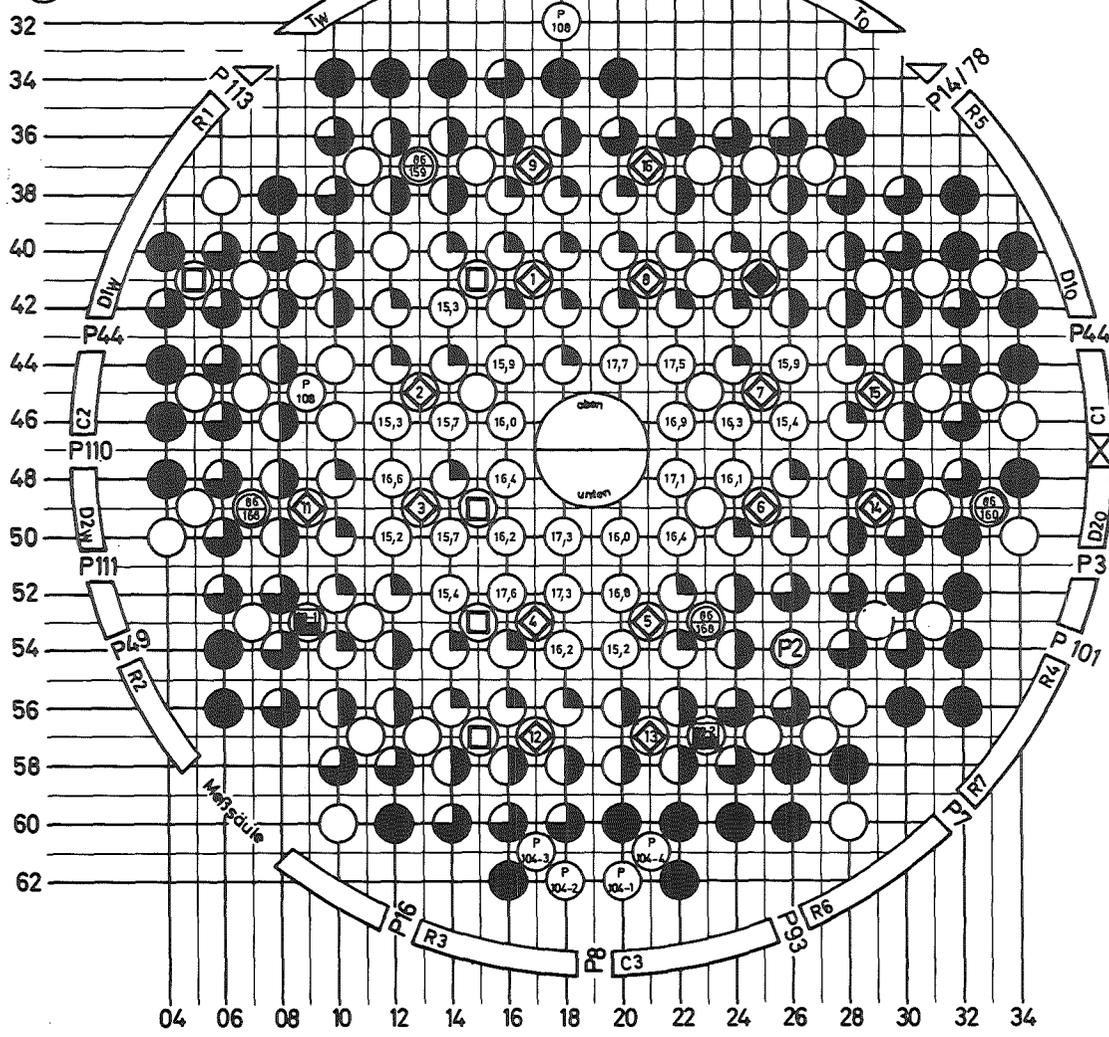
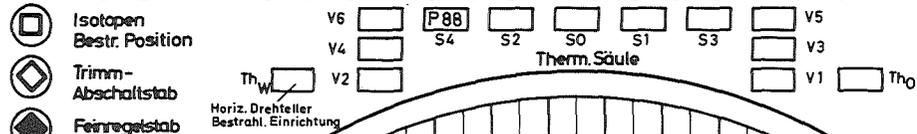
Exp. FR2/108: Position 32/18, 45/09

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

175 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

**8. Bemerkungen:**

Falls Abbrand > 15 MWd / kg<sub>U</sub>, Angabe in Zahlenwerten.


**1. Brennelemente:**

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd/kg<sub>U</sub>  
 33 ● 41 ● 37 ● 64 ● - 175 BE 8 (2% anger.)

davon ● - BE 8 am — neu eingebaut

**2. Kapselversuchseinsätze:**

○ Exp. Nr. - 4  
 lfd. Nr.

**3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:**

○ Exp. Nr. - 0  
 lfd. Nr.

○ Exp. Nr. - 2  
 (D<sub>2</sub>O-gelühlter Iso-Kanal-Einsatz)

**4. Kreislaufexperimente:**

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

**5. Gas - Bestrahlungseinrichtung:**

Exp. FR2/104: Position 61/17, 61/21, 62/18, 62/20

**6. Silizium - Bestrahlungen:**

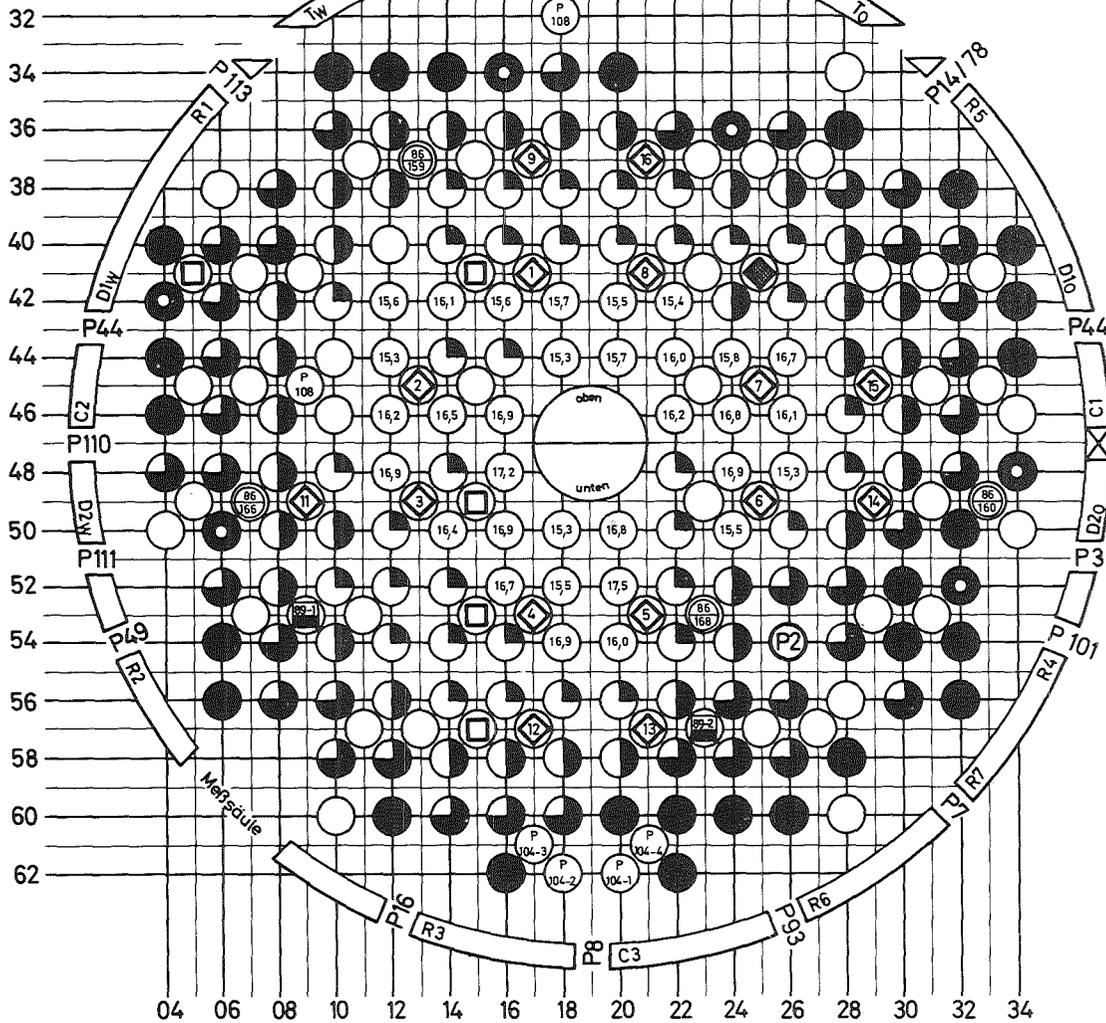
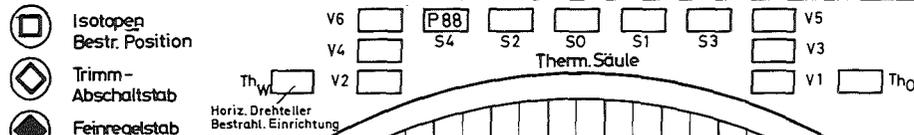
Exp. FR2/108: Position 32/18, 45/09

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

175 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

**8. Bemerkungen:**

Falls Abbrand >15 MWd / kg<sub>U</sub>, Angabe in Zahlenwerten.



### 1. Brennelemente :

Abbrand : <25 25-50 50-75 >75 [%] 100%  $\Delta$  15 MWd/kg<sub>U</sub>

33 ● 39 ● 35 ● 68 ● - 175 BE 8 (2% anger.)

davon ● 6 BE 8 am 3./4.11.81 neu eingebaut

### 2. Kapselversuchseinsätze :

○ Exp. Nr. - 4  
Ifd. Nr.

### 3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

□ Exp. Nr. - 0  
Ifd. Nr.

▣ Exp. Nr. - 2  
(D<sub>2</sub>O-gekühlter Iso-Kanal-Einsatz)

### 4. Kreislaufexperimente :

4.1 Exp. FR2/2 (He-Tieftemperaturbestrahlungseinrichtung)  
Position 54 / 26

### 5. Gas - Bestrahlungseinrichtung :

Exp. FR2/104: Position 61/17, 61/21, 62/18, 62/20

### 6. Silizium - Bestrahlungen :

Exp. FR2/108: Position 32/18, 45/09

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

175 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

### 8. Bemerkungen :

Falls Abbrand >15 MWd / kg<sub>U</sub> , Angabe in Zahlenwerten.

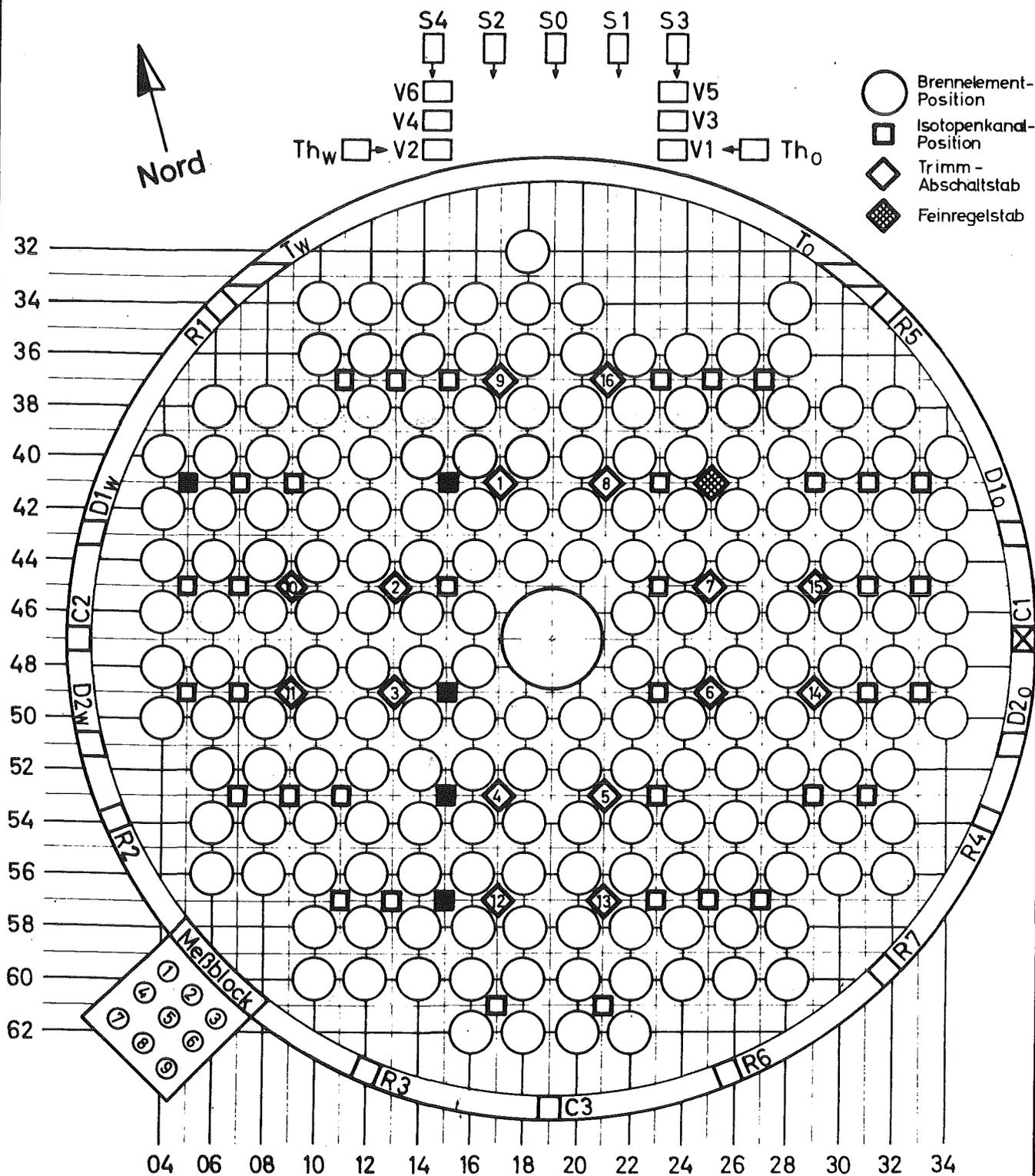
# Isotopen - Bestrahlungspositionen

Beladung Nr.: ISO 16

Standardbel. Nr. 16 mit 5 Isotopentachrohen einschließlich leeren Kapselträgerrohren.

vom 12.8.81

bis →



Formblatt : 9 b



**Kernforschungszentrum Karlsruhe**  
Hauptabteilung Kerntechnische Betriebe

FR 2

20. Der FR2 und seine experimentelle Nutzung in den Jahren 1961 bis 1981

Am 21.12.1981, 11.16 Uhr wurde der Reaktor FR2, in Anwesenheit zahlreicher geladener Gäste, durch seinen "Vater" Prof. Karl Wirtz aus voller Nennleistung (44 MW) für immer abgeschaltet. Folgende Darstellungen sollen in Kurzform über die Geschichte des FR2 Auskunft geben.



Prof. Karl Wirtz beim Abschalten des Reaktors

### Historische Daten des FR2

Baubeginn	April 1957
Montagebeginn Maschinenteile	Oktober 1958
Montagebeginn Reaktor	Januar 1959
Erstes kritisches Experiment	7. März 1961
Erster Leistungsbetrieb 12 MW	17. Dezember 1962
Erste Phase Experimentierbetrieb	August 1963 bis Oktober 1965
Leistungserhöhung von 12 auf 44 MW	Februar 1966 bis Juni 1966
Erster Leistungsbetrieb 44 MW	27. Juni 1966
Zweite Phase Experimentierbetrieb	Juni 1966 bis Dezember 1981
Letztmalige Abschaltung	21. Dezember 1981

### Meilensteine in der FR2-Geschichte

Inbetriebnahme des ersten Strahlrohrexperiments (Exp. 8)	21.04.1963
Erste Isotopenbestrahlung (Exp. 1)	24.04.1963
Einbau der ersten Brennstoff-Bestrahlungskapsel Nr. 3 (Exp. 36)	22.02.1965
Inbetriebnahme der Tieftemperatur-Bestrahlungsanlage (Exp. 2)	26.07.1965
21 Brennstoff-Kapselbestrahlungen gleichzeitig im Reaktor	1970
5 Kreislaufexperimente gleichzeitig in Betrieb	1970 - 1973
Auslieferung der 50 000. Isotopenbestrahlungskapsel	24.07.1973
Der 125 000. FR2-Besucher	06.12.1973
100 000 MW-Tage Energie erzeugt	26.12.1973
22 Versuchsaufbauten an den Strahlrohren in Betrieb	1978 - 1980
Letzte Reaktorabschaltung	21.12.1981

In 18 Betriebsjahren wurden erreicht:

4 211 Vollastbetriebstage
179 800 MW-Tage Energieerzeugung
91 % Arbeitsverfügbarkeit
155 000 Besucher

## Experimentelle Nutzung des FR2

### **Strahlrohre:**

- 16 Strahlrohrausgänge
- 12 Strahlkanäle gleichzeitig nutzbar
- 22 Experimentieranordnungen der nuklearen Festkörperphysik und der Kristallographie gleichzeitig in Betrieb

Nutzergemeinde: Kernforschungszentrum Karlsruhe und 16 Universitäten bzw. Hochschulen von Hamburg bis Konstanz und Saarbrücken bis München sowie Berlin

### **Isotopenproduktion:**

Im Reaktorkern:                    15 684 Kapseln  
                                          283 Brennstoffplatten  
                                          100 kg Seesand (markiert mit Scandium 45)  
                                          1 606 kg Halbleitersilizium

Mit der Rohrpostanlage:        15 624 Kapseln

In der Thermischen Säule:     2 418 Kapseln

Hauptauftraggeber waren Industrie und Forschungsinstitute

Hauptanwendungsgebiete die Aktivierungsanalyse, die Nuklearmedizin, die (extra) terrestrische Altersbestimmung und die radiochemische Forschung.

Die interessantesten Proben: Mondgestein und Edelsteine.

### **Brennstoffkapselbestrahlungen:**

Erste Bestrahlung Exp. 36 KVE Nr. 3 am 22.2.1965

Insgesamt wurden 165 Kapselbestrahlungen durchgeführt. Dabei kamen 10 verschiedene instrumentierte Kapseltypen zum Einsatz, u. a. Blei-Wismut-Doppelkapseln, einwandige Natrium Kapseln und Kriechkapseln unter Gasdruck.

Die Erfahrung aus 98 Kapselbestrahlungsjahren:

Keine Gefährdung von Mensch und Maschine.

Das interessanteste Experiment:

Ein Thermionischer Wandler, der von 1972 bis 1976 in 23 240 Betriebsstunden 1637 kWh elektrische Energie erzeugte.

### **Kreislaufexperimente:**

Tieftemperatur-Bestrahlungsanlage:

In 75 420 Betriebsstunden wurden bei Temperaturen bis zu 20 Kelvin  
445 Proben untersucht

Kalte Neutronenquelle:

In 72 480 Betriebsstunden wurden mittels einer mit flüssigem Wasserstoff gefüllten Moderatorkammer subthermische Neutronen produziert.

Helium-Druckgaskreislauf:

In 58 075 Betriebsstunden wurden 146 Brennstoffprüflinge insgesamt  
25 387 Stunden bei spezifischen Stabileistungen bis 1 100 W/cm bestrahlt.

Druckwasser-Kreislauf:

In 30 711 Betriebsstunden wurde an 57 Brennstoffplatten eine integrale Bestrahlungszeit von 34 810 Stunden erreicht.

Heißdampf-Hochdruckkreislauf:

in 18 965 Betriebsstunden wurde unter Störfallbedingungen (Hüllschaden-defekte, Kühlmittelverlust) das Verhalten von insgesamt 75 Brennstäben untersucht.



# Einzugsbereich des Forschungsreaktors FR 2

