

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

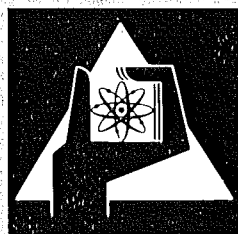
Oktober 1974

KFK 1956

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

**Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR 2
für das Jahr 1972**

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 1956

Abteilung Reaktorbetrieb und Technik

Betriebsbericht für den Forschungsreaktor FR2
für das Jahr 1972

von

I. Möller und W. Steiger

mit Beiträgen

von

A.Ammermann, J.Blümle, H.Christoph, E.Geiser, W.Holub, H.Kapulla,
R.Kettner, A.Ketzscher, G.Kimmig, H.Malaushek, D.Philipp, W.Rust,
B.Strehlau, W.Zimmermann

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

ZusammenfassungBetriebsbericht über den Forschungsreaktor FR2 für das Jahr 1972

Im Jahre 1972 erreichte der schwerwassermoderierte Forschungs- und Materialprüfreaktor FR2 10 Jahre Vollastbetriebszeit.

Erstmals wurde der Betriebsrhythmus auf max. 7 Wochen verlängert. So wurden 6 Betriebszyklen zu 7 Wochen und 2 zu 6 Wochen gefahren. Jeder Zyklus enthielt eine Abschaltphase von rd. 10 Tagen für Brennelementumladungen, Aus- und Einbau von Experimenten sowie Wartungs-, Reparatur- und Prüfarbeiten.

Diese neue "Fahrweise" hat sich sehr gut bewährt, da sie mehr zusammenhängende Reparaturzeit und einen Reaktorstart während der Werkzeuge ermöglicht. Die Energieabgabe des FR2 belief sich auf 12.222 MWd im Jahre 1972 und erreichte insgesamt seit Inbetriebnahme rd. 87.728 MWd. Die Betriebsphasen dauerten entsprechend 39 bzw. - bei den verkürzten Zyklen - 32 Tage, in denen der Reaktor weitgehend mit der Nennleistung von 44 MW betrieben wurde. Der mittlere Abbrand aller planmäßig ausgeladenen Brennelemente des Typs BE 8 mit 2 % Anfangsanreicherung hat fast 15.000 MWd je Tonne Uran erreicht.

Die Umrüstung der Trimmabschaltstäbe auf neue Absorber wurde bis zum Jahresende nahezu abgeschlossen.

Die Zahl der störungsbedingten Reaktorabschaltungen innerhalb der planmäßigen Betriebszeit lag mit 30 um 10 % niedriger als im Vorjahr.

Die Nutzung des FR2 durch Experimente stieg gegenüber dem Vorjahr weiter an. Die Zahl der instrumentierten Kapselbestrahlungen nahm wieder zu und wurde um ein Bestrahlungsvorhaben erweitert. Wieder aufgenommen wurde die Bestrahlung von thermionischen Wandlern mit einem neuen Einsatz. Neu hinzu kam ferner die Bestrahlung von Neptunium-Kapseln und der Einbau eines Versuchseinsatzes zur Simulation des Natriumsiedens in schnellen Reaktoren.

Die nutzbaren Strahlrohrkanäle waren bis auf den R4-Kanal mit Experimenten belegt.

1972 wurden weiterhin 5 Kreislaufexperimente betrieben und umfangreiche Versuchsprogramme durchgeführt.

Die Isotopenproduktion erreichte eine neue Rekordhöhe mit über 2300 bestrahlter Kapseln. Auf diesem Gebiet zeichnet sich eine weitere Steigerung durch Bestrahlung größerer Materialmengen ab.

Auch im Jahre 1972 konnte ein sicherer Reaktor- und Experimentierbetrieb ohne besondere Zwischenfälle und größere Störungen durchgeführt werden. Die durchschnittliche Strahlenbelastung des Betriebspersonals lag weit unter den gesetzlich zulässigen Werten.

SummaryFR2 Operating Report 1972

In 1972 the heavy water moderated research and materials testing reactor FR2 attained ten years of full load operation.

For the first time, the rhythm of operation was extended to a maximum of seven weeks. Six operating cycles of seven weeks duration each and two of six weeks duration per cycle were run. Each cycle included a shutdown phase of roughly ten days in which fuel element shuffling, withdrawal and installation of experiments as well as maintenance, repair and inspection work took place.

This new "operational mode" proved to be very successful, since it allows more continuous repair time and reactor startup on working days. The energy generated by FR2 in 1972 amounted to 12,222 MWd and reached about 87,728 MWd in total since the date of commissioning. Accordingly, the operating phases lasted 39 and - in the reduced cycles - 32 days, respectively, with the reactor largely working at 44 MW nominal power. The average burnup of all BE 8 type fuel elements withdrawn according to schedule and having an initial enrichment of 2% reached almost 15,000 MWd per tonne of uranium.

Adaptation of the shim/safety rods to new absorbers had been nearly completed by the end of the year.

The number of reactor shutdowns due to failures occurring within the normal time of operation was 30 and consequently 10% lower than in the preceding year.

IV

Compared to 1971, the utilization of FR2 by experiments continued to rise. Again, the number of instrumented capsule irradiations increased and was extended to comprise an irradiation project. The irradiation of thermionic transducers was resumed using a new rig. New tasks included the irradiation of neptunium capsules and the installation of a test rig for simulation of sodium boiling in fast reactors.

The usable beam hole channels were occupied by experiments except for the R4 channel.

Moreover, five loop experiments and extensive test programs were carried out in 1972.

Isotope production reached a new record number of more than 2300 irradiated capsules. A further increase can be anticipated in this field by irradiation of larger amounts of materials.

Also in 1972 safe reactor and test operation was possible in the absence of noticeable incidents and major failures. The mean radiation burden to the operating personnel was well below the legal values.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Zusammenfassung	I
Inhaltsverzeichnis	V
Abschnitt 1: Einleitung	1
Abschnitt 2: Experimentelle Nutzung des Reaktors	9
1. Isotopenproduktion	10
2. Kreislaufexperimente	20
3. Strahlrohrexperimente	49
4. Kapselexperimente	59
5. Sonstige Experimentiereinsätze	68
6. γ -Bestrahlungseinrichtung	78
Abschnitt 3: Betrieb des Reaktors	79
1. Betriebszeiten	83
2. Reaktorleistung und Energieabgabe	84
3. Nutzung und Verfügbarkeit	85
4. Beladungszustände	89
5. Reaktivitätsverhalten (Abschalt- und Trimm/Regelelemente)	93
6. Leistungsverteilung und Neutronen- flußdichte	99
7. Abbrand	103
8. Allgemeine Störungen und besondere Vorkommnisse	106
Abschnitt 4: Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen	
1. Regel- und Abschaltelemente	109
2. Brennelementüberwachung	112
3. Schwerwasserkreislauf	118
4. Heliumkreislauf	125
5. Leichtwassersysteme	129
6. Lüftungssysteme	135
7. Elektrische Energieversorgungs- anlagen	138

	Seite
Abschnitt 5: Eigenüberwachung am FR2	141
Abschnitt 6: Personal	151
1. Zusammensetzung	151
2. Strahlenbelastung der Mitarbeiter	154
3. Schulung	154
4. FR2-Besucher	157
Abschnitt 7: Ausblick	158
Abschnitt 8: Literaturverzeichnis	159
Abschnitt 9: Tabellen und Diagramme	163

Abschnitt 1

Einleitung

Der Forschungsreaktor FR2 ist der erste in Deutschland entworfene, berechnete und gebaute Kernreaktor. Er wurde erstmals im März 1961 kritisch und erreichte nach umfangreichen physikalischen Messungen die damalige Reaktornennleistung von 12 MW am 17.12.1962. Damit hebt sich das Jahr 1972 durch die Tatsache 10 Jahre Leistungsbetrieb besonders hervor.

Die Voraussetzungen hierzu wurden in den zurückliegenden Jahren systematisch erarbeitet. Die Mannschaft von REAKTORBETRIEB UND TECHNIK (RBT), deren eine Aufgabe ist, den FR2 und die hiermit verbundenen experimentellen Einrichtungen zu betreiben, schloß in dieses "Betreiben" im technischen Bereich alle Maßnahmen ein, die im Sinne einer optimalen Nutzung günstig erschienen. Hierzu gehörten auf der experimentellen Seite Planung und Bau neuer Versuchseinrichtungen und auf der Reaktorseite die stetige Verbesserung der Anlage in Hinblick auf Sicherheit, Verfügbarkeit und rationelle Betriebsabwicklung. Wartung, Instandhaltung und eine vielfältige instrumentelle Überwachung des Betriebsverhaltens von Anlagekomponenten lieferten die notwendigen Erfahrungen. Trotz ständig gestiegener experimenteller Auslastung der Anlage konnte die Personenzahl in den vergangenen Jahren nahezu konstant gehalten werden.

Eine entscheidende Verbesserung der experimentellen Möglichkeiten wurde 1965 mit der Leistungssteigerung erreicht: Bis zum Oktober dieses Jahres wurde der FR2 mit der ursprünglichen Nennleistung von 12 MW und einem von 40 % 1963 auf 80 % 1965 angestiegenen Vollastfaktor betrieben. Die erste Brennelemententladung aus 160 metallischen Natururanstäben hatte einen Abbrand von etwa 1000 MWd/t erreicht und mußte ersetzt werden. Der Brennstoffwechsel erlaubte zugleich, Überlegungen zu einer Leistungssteigerung mit dem Ziel einer deutlichen Erhöhung der Neutronen-

flußdichte zu realisieren, die mit verschiedenen Instituten der Gesellschaft vorangetrieben worden waren. Sie führten zu einem neuen Brennelementkonzept, das den Übergang von metallischem Natururan auf angereichertes Urandioxid, von Aluminium als Hüllmaterial auf Zirkaloy und von einem Einzelstab auf ein hexagonales 7-er Stabbündel vorsah. Damit konnten die maximal zulässige Brennelementleistung von 120 kW auf 400 kW, gleichzeitig aber auch die Sicherheit bei einem hypothetischen Kühlmittelverlustunfall erhöht werden. Für den Reaktor ergab sich daraus unter Berücksichtigung der zugleich verwirklichten flachen Leistungsverteilung theoretisch eine maximale Leistung von etwa 60 MW.

Die Leistungserhöhung begann Anfang 1966 und erreichte am 27.6. dieses Jahres ihren vorläufigen Abschluß bei 44 MW. Eine weitere Erhöhung der Reaktorleistung ist vorerst nicht vorgesehen, da sie mit der Erweiterung der Wasseraufarbeitungs- und Kühlturmkapazitäten größere Investitionen verlangen würde. Mit der Anhebung der Reaktorleistung stieg, wenn auch in geringerem Maße, die maximale thermische Neutronenflußdichte im Moderator und erreichte $1 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Für die sich auf den Fluß der Reflektorzone abstützenden Strahlrohrexperimente bedeutete die Leistungssteigerung jedoch eine mehr als proportionale Flußanhebung, da frische Brennelemente nunmehr am Rand des Reaktors zugeladen werden. Unter mehrfachem Umladen nähern sie sich dann der Reaktormitte und kommen mit Abbrandwerten von etwa 20000 MWd/t zur Ausladung. Diese Art des Brennelementeinsatzes führte auch zu der erwähnten flachen Leistungsverteilung.

Die Verfügbarkeit des FR2 lag während der vergangenen 6 Jahre innerhalb der planmäßigen Betriebszeit ständig über 95 %. Dieser hohe Wert ist vor allem darauf zurückzuführen, daß unsere Technischen Gruppen, wie schon eingangs erwähnt, eine Vielzahl großer und kleiner Verbesserungen im Laufe der Jahre an der Anlage vornehmen konnten.

Der eben genannten, auf die geplante Betriebszeit bezogenen Verfügbarkeit steht die "Vollastnutzung" gegenüber, die sich auf das Kalenderjahr bezieht. Ihr maximaler Wert ergibt sich aus einem Betriebsrhythmus, der sich an den Forschungen der Experimente, den Wartungs-, Instandsetzungs- und Prüfungsarbeiten sowie der Brenn-

Betriebsdaten des FR 2

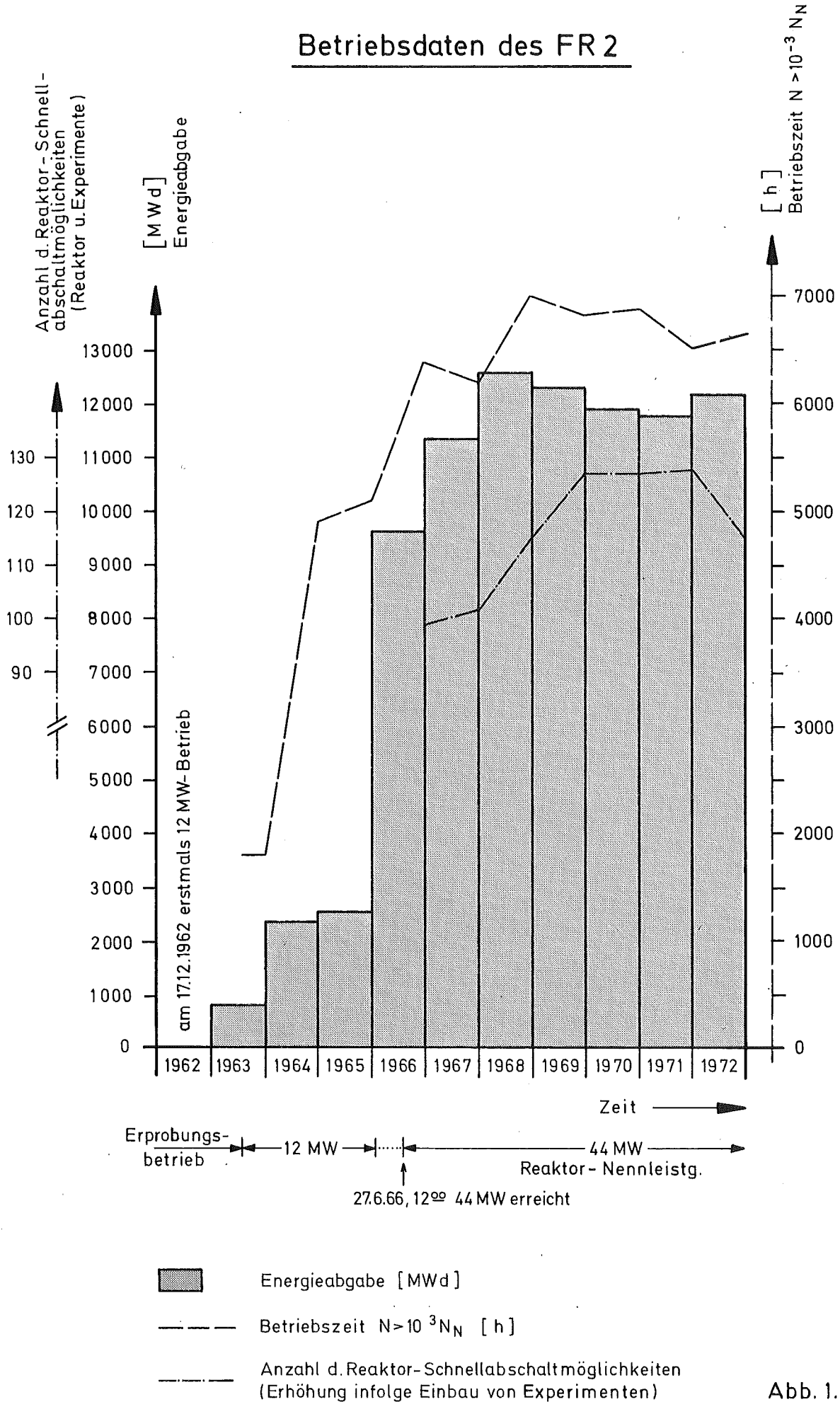


Abb. 1.1

Abb.: 1.2

Strahlrohrexperimente im Reaktorgebäude des FR2



elementumladung orientiert. Der Betriebsrhythmus ist durch aufeinanderfolgende Betriebszyklen gekennzeichnet, die jeweils aus einer Betriebs- und einer Abschaltphase bestehen. Die Dauer dieser Phasen betrug anfangs 23 und 5 Tage und wurde stufenweise auf 39 und 10 Tage ausgedehnt. Dadurch wurden 1972 zum ersten Male nur noch 8 Betriebszyklen gefahren.

Das Gleichmaß des Reaktorbetriebes verdeutlicht die Abb. 1.1, die Betriebszeiten und integrierte Leistung als Funktion der Kalenderjahre angibt: Der Wechsel des Brennelementtyps erhöhte zusammen mit weiteren Umstellungsmaßnahmen nicht nur die Energieabgabe, sondern auch die durch die Betriebszeit ausgedrückte Zuverlässigkeit. Das leichte Absinken von Energieabgabe und Betriebszeit zwischen 1968 und 1971 war übrigens in charakteristischer Weise mit den Störmöglichkeiten gekoppelt, die sich aus dem Einbau einiger mehrfach auf das Reaktorschutzsystem einwirkender Experimente ergaben. Die Betriebserfahrungen erlaubten später, übermäßige Absicherungen wieder abzubauen und führten zu einem erneuten Anstieg der Betriebszeit.

Aus der Sicht der Experimente verdient der FR2 die Bezeichnung "Mehrzweck-Forschungsreaktor": Neben den augenfällig in der Experimentierhalle aufgebauten Einrichtungen für Strahlrohrexperimente (siehe Abb. 1.2) beherbergt das Reaktorgebäude in seinen unteren Geschossen fünf große Versuchsanlagen, die ihre Hauptkreisläufe jeweils über einen Bestrahlungseinsatz im Reaktorkern schließen. Dieser ist weiter durch eine Vielzahl von größeren und kleineren Bestrahlungskapseln belegt; die größeren sind instrumentiert und dienen, besonders in der Form der "Kapselversuchseinsätze", versuchsmäßigen Brennstoffbestrahlungen, die kleinern in den sogenannten "Isotopenkanälen" der Herstellung radioaktiver Isotope; diese "Langezeitbestrahlungseinrichtungen" werden durch eine Rohrpostanlage als Kurzzeitbestrahlungseinrichtung ergänzt.

Auffällig ist die Verlagerung der Aufgabenstellung im Bereich der instrumentierten Kapselversuchseinsätze (KVE). Während in den Vorjahren reine Abbrandbestrahlungen im Vordergrund standen, werden jetzt zunehmend Versuche mit speziellen Untersuchungszielen gefahren. Hervorzuheben ist auch das Ansteigen der Zahl auswärtiger Bezieher radioaktiver Isotope.

Neben KVE kamen auch andere Versuchseinsätze wie Thermionische Emitter, komplette Thermionische Dioden, Plutoniumabbrandelemente (zur Erzeugung von Transplutoniumisotopen) sowie verschiedene Transplutonium-, genannt auch "Actinidenkapseln", zum Einsatz.

Die Belegung der horizontalen Bestrahlungskanäle durch Strahlrohrexperimente nahm in den zurückliegenden Jahren immer mehr zu. Heute sind fast alle sinnvoll nutzbaren Ausgänge belegt, einige Experimente arbeiteten unter Aufspaltung des Strahls bzw. mit Stopfen, die bei verkleinertem Strahlquerschnitt eine zweifache Strahlführung erlauben. Vom technischen Aufwand her ist unter den Strahlrohren die "Kalte Neutronenquelle" mit ihrem Kreislauf am interessantesten: Hier wurde in die Reflektorzone eine mit flüssigem Wasserstoff gefüllte "Moderatorkammer" eingebracht und der Fluß niederenergetischer (subthermischer) Neutronen - in Abhängigkeit von ihrer Energie - um mehr als den Faktor 10 erhöht. Als Grundausrüstung an den Strahlrohren, die auf Anforderung einschließlich des technischen Services zur Verfügung steht und in den vergangenen Jahren voll ausgelastet war, sind zwei Neutronenbeugungsanlagen mit nachgeschaltetem Rechner zu nennen.

Hauptexperimentatoren an den Strahlrohren kamen aus dem Institut Angewandte Kernphysik mit seinen verschiedenen Arbeitsgruppen und dem Institut für Experimentelle Kernphysik sowie als Gastgruppen aus der Technischen Hochschule Darmstadt, dem Max-Planck-Institut Stuttgart und den Universitäten Tübingen, Frankfurt und Erlangen.

Am aufwendigsten von der Technik wie von der Betreuung her sind die fünf großen Kreislaufexperimente; der Versuchskreislauf der kalten Neutronenquelle, die Tieftemperaturbestrahlungsanlage, der He-Druckgaskreislauf, der Heißdampf-Kontaminationskreislauf und der Druckschwerwasserkreislauf. Die vier letztgenannten Kreisläufe dienen Materialbestrahlungen.

Als erste ging im August 1965 die Tieftemperaturbestrahlungsanlage in Betrieb, die in Zusammenarbeit mit dem MPI Stuttgart und RBT entwickelt worden war.

Es folgte im April 1966 der He-Druckgaskreislauf, der nach den ersten Abbrandbestrahlungen noch im selben Jahr so umgebaut wurde, daß die Koppelung mit den Reaktorbetriebszyklen entfiel, die

Prüflinge also für Kurzzeitbestrahlungen während des Reaktorbetriebes ein- und ausgebaut sowie in der Leistung verändert werden konnten.

Seit Mitte 1968 ist die schon unter den Strahlrohrexperimenten erwähnte "Kalte Neutronenquelle" in Betrieb.

Die vierte große Bestrahlungsanlage ist ein Heißdampfhochdruckkreislauf, der für den Versuchseinsatz defekter Prüflinge ausgelegt ist. Ihre Inbetriebnahme im Oktober 1969 war das besondere Ereignis dieses Jahres. In ihrem Versuchseinsatz wurden zunächst Prüflinge des HDR-Großwelzheim bestrahlt, um eine spezielle Hüllschadennachweisanlage zu entwickeln. Anfang 1970 erfolgte der Umbau zu einem Heißdampf-Kontaminationskreislauf, um zusätzliche Experimentiermöglichkeiten zu schaffen.

Das letzte der fünf großen Kreislaufexperimente ist ein Druckschwerwasserkreislauf, der im April 1970 in Betrieb genommen werden konnte und der Erprobung von Brennstoffplatten für Hochflußreaktoren dient.

Mit der geschilderten experimentellen Nutzung des FR2 wird naturgemäß ein weites Spektrum technischer und physikalischer Größen überspannt. Die Beschäftigung mit diesen ständig sich ändernden Problemen ließ in den vergangenen Jahren einen Erfahrungsschatz entstehen, der auch bei der Bearbeitung neuer Aufgaben eine erfolgreiche Lösung verspricht.

In Abb. 1.3 ist die weite Verzweigung der Isotopenlieferungen durch den FR2 und das "Einzugsgebiet" für Experimentatoren, die am FR2 Experimente betreiben, dargestellt. Die Abbildung zeigt deutlich, daß auch Kunden bzw. Interessenten in größeren Entfernungen durch den Forschungsreaktor FR2 angesprochen werden.

Einzugsbereich des Forschungsreaktors FR 2

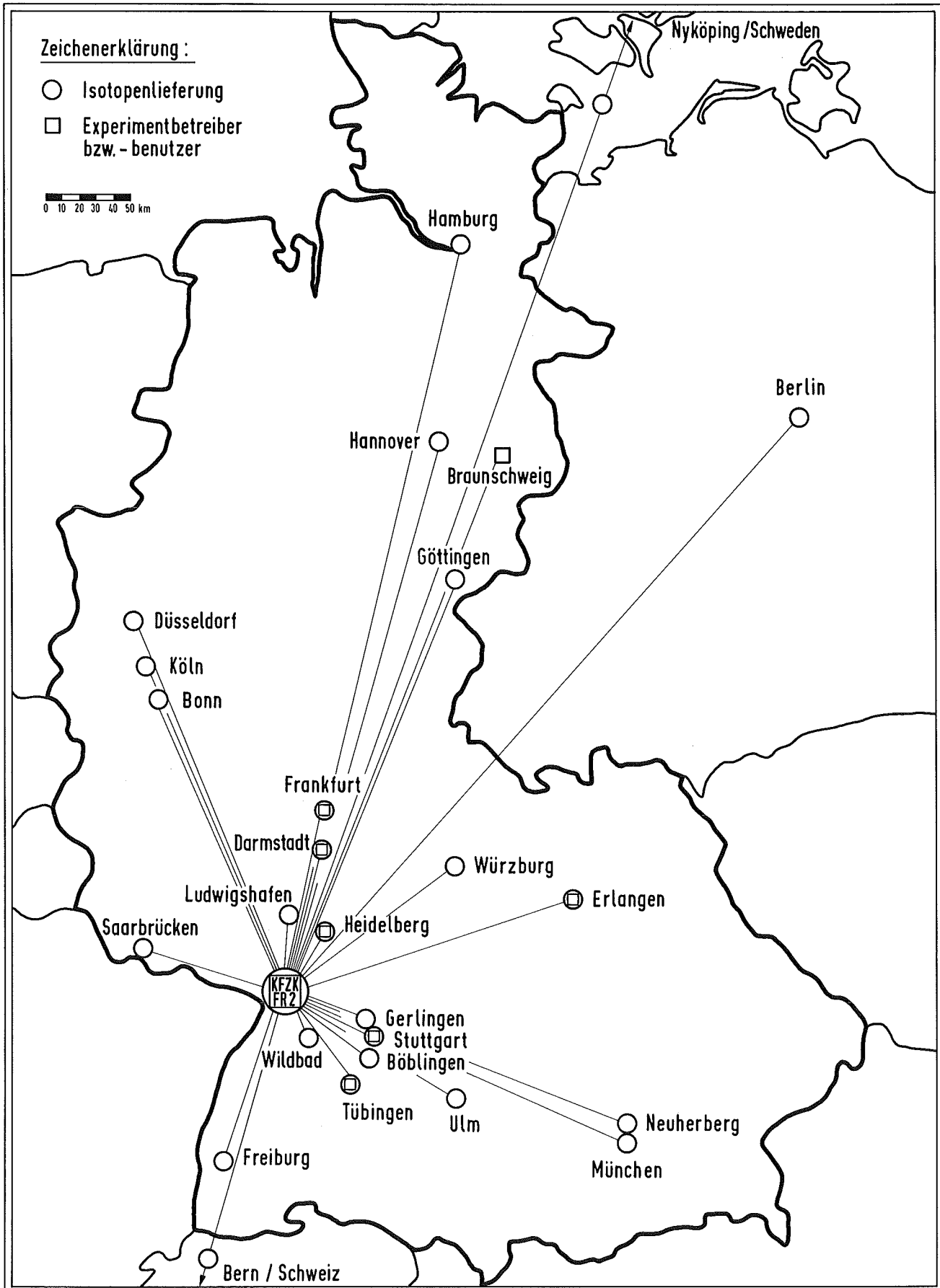


Abb. 1.3

Abschnitt 2

Experimentelle Nutzung des Reaktors

Die experimentelle Nutzung des FR2 war weiterhin ausgesprochen gut. Im Berichtszeitraum wurden die folgenden 36 "Experimentieranlagen" betrieben:

- 3 Anlagen zur Isotopenproduktion
- 5 Kreislaufanlagen (Loop)
- 15 Strahlrohrexperimente mit z.T. mehrfachen Versuchsanordnungen
- 5 verschiedenartige , instrumentierte Kapselversuchseinsätze
- 7 sonstige Experimentiereinsätze
- 1 γ -Bestrahlungseinrichtung außerhalb des Reaktors.

Es waren bis auf einige Zwischengitterpositionen nahezu alle Experimentiermöglichkeiten belegt.

Die Anlagen zur Isotopenproduktion wurden noch stärker als in den Vorjahren genutzt, während die Versuche an den Kreislaufanlagen unvermindert weitergeführt wurden. Im Bereich der Strahlrohrexperimente wurden zwei neue Versuchsanlagen aufgebaut und in Betrieb gesetzt. Die Anzahl der bestrahlten Kapsel-einsätze nahm gegenüber dem Vorjahr zu und wurde um ein neues Bestrahlungsvorhaben (Proj. FR2/96) erweitert. Im Zusammenhang mit der Entwicklung eines Incore-Thermionik-Reaktors in der BRD wurde der Betrieb einer neuen Incore-Diode wieder aufgenommen (Proj. FR2/76). Hinzu kam der erstmalige Einsatz einer Einrichtung zur Simulation des Natriumsiedens in schnellen Reaktoren (Proj. FR2/79) und die Bestrahlung von Np-Kapseln (Proj. FR2/97) zur Erzeugung von Pu-238.

Die γ -Bestrahlungseinrichtung war besonders von auswärtigen Auftraggebern gefragt.

Der Betrieb der im und am Reaktor befindlichen Experimente konnte ohne größere Störungen abgewickelt werden. Durch den Betrieb der Experimente wurden 14 Reaktorschnellabschaltungen (RSA) ausgelöst und 9 mal mußte der Reaktor wegen Störungen oder Umbau von Experimentiereinrichtungen von Hand außer Betrieb genommen werden. Nähere Angaben über die den Betrieb beeinträchtigenden Störungen finden sich in den einzelnen Kapiteln über den Betrieb der Experimente.

1. Isotopenproduktion

Die Isotopenproduktion erlebte 1972 ein Rekordjahr. Während in den Jahren 1965 bis 1970 die Isotopenproduktion mit rd. 1600 bestrahlter Kapseln pro Jahr nahezu konstant blieb, zeichnete sich 1971 mit einer Produktionssteigerung von rd. 13 % eine Wende ab. Dieses Ergebnis wurde im Jahre 1972 mit einer weiteren Erhöhung der Isotopenproduktion gegenüber dem Vorjahr um 21 % und insgesamt 2341 bestrahlter Kapseln nochmals übertroffen. Die Zahl der bestrahlten Proben liegt ungefähr um den Faktor 3 höher, da sich meistens mehrere Proben in einer Kapsel befinden.

Zur Herstellung radioaktiver Isotope stehen 3 Einrichtungen zur Verfügung:

- Experiment FR2-1: 11 luftgekühlte Zwischengitterpositionen mit normalerweise je 29 übereinander angeordneten 1/1 Harwell-Kapseln von 25 mm \emptyset (Sonderlängen sind möglich).
- Experiment FR2-38: Verschiedene Kanäle in der Thermischen Säule (Probengröße bis 180 mm \emptyset und 1000 mm Länge).
- Experiment FR2-44: Isotopenrohrpostanlage für Kurzzeitbestrahlungen (Probengröße bis 35 mm \emptyset und 100 mm Länge).

Eine Übersicht über die Isotopenproduktion seit 1963 mit den obengenannten Bestrahlungseinrichtungen gibt Abb. 2.1.

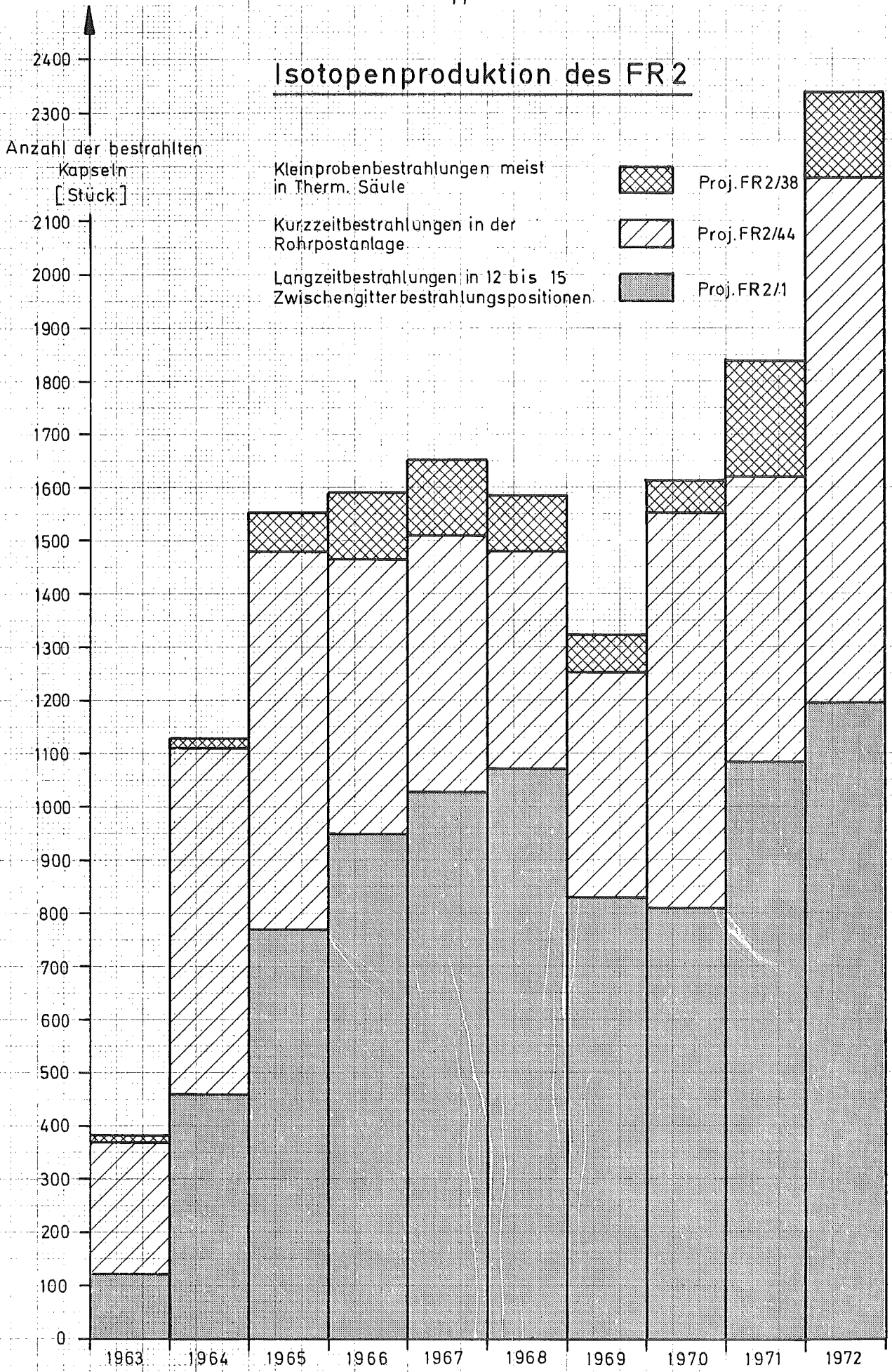


Abb. 2.1

Etwa 52,5 % der Bestrahlungen wurden für 35 auswärtige Auftraggeber durchgeführt. Die restlichen 47,5 % der bestrahlten Proben waren für insgesamt 12 Institute der Gesellschaft für Kernforschung (GfK) bestimmt.

Der Hauptzweck der Bestrahlungen war die Darstellung von Radionukliden, Herstellung radioaktiver Quellen und Eichstrahler sowie Durchführung von Aktivierungsanalysen, Materialprüfungen, Diffusions- und Flußdichtenuntersuchungen. Besonders zu erwähnen ist die Herstellung radioaktiver Isotope für die Nukleardiagnostik und -therapie.

Nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Aktivitätsmengen der am FR2 durch Bestrahlung erzeugten Radionuklide.

Tabelle 2.1: Aktivitätsmengen der 1972 im FR2 hergestellten Radionuklide (nach Bericht IRCH-Isotopenstelle)

Nuklid		Aktivität [Ci]	Nuklid		Aktivität [Ci]
Americium	241	1160,10	Neptunium	239	3,38
Antimon	124	21,23	Phosphor	32	30,24
Arsen	76	117,08	Praseodym	143	1,10
Cer	141	5,85	Quecksilber	197/197 ^m	703,21
Cer	143	1,66	Quecksilber	203	24,98
Chrom	51	1105,87	Rhenium	186	6,69
Curium	242	150,00	Rhenium	188	9,36
Eisen	59	21,44	Ruthenium	97	2,09
Erbium	169	2,20	Ruthenium	103	10,23
Europium	152	1,00	Scandium	46	104,00
Gallium	72	35,00	Selen	75	9,50
Gold	198	7051,98	Tantal	182	83,96
Holmium	166	1,38	Tantal	183	765,25
Indium	114 ^m	1,23	Tellur	121/121 ^m	3,41
Iridium	192	8,60	Tellur	123 ^m	1,40
Iridium	194	1,36	Tellur	125 ^m	22,09
Jod	125	2,00	Tellur	127 ^m	1,02
Jod	131	43,00	Tellur	131 ^m	3,00
Kalium	42	84,96	Thulium	170	12,06
Kobalt	58	74,13	Wolfram	187	7,66
Kobalt	60	23,91	Xenon Isotope		10,03
Luthetium	177	13,00	Ytterbium	169	123,00
Molybdän	99	62,86	Ytterbium	175	520,05
Neptunium	238	107,01			

Aktivitäten unter 1 Ci wurden nicht aufgeführt. "Nebenaktivitäten", die bei der Erzeugung der vom Kunden gewünschten Aktivität mitentstehen, wie z.B. Na-24, Fe-55, Au-199, Sb-122, deren Störaktivitäten z.T. sehr hoch sind, wurden ebenfalls nicht erwähnt.

1.1 Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen (Proj. FR2/1)

Im Jahre 1972 standen 11 Bestrahlungsmöglichkeiten auf Reaktor-Zwischengitterpositionen mit je 29 Kapselpositionen zur Verfügung. Die Reaktorpositionen sind aus dem Beladeplan Iso/11, der nach Ausbau des Isotopenkanaltauchrohres aus Reaktor-Pos. 53/09 (siehe Abschn. 4, Kap. 4) ab 20.02.72 gültig und im Anhang beigelegt ist, ersichtlich.

Im Berichtszeitraum wurden 338 Beladungen durchgeführt und 1197 Kapseln mit bestrahltem Material an Kunden ausgeliefert, was eine Zunahme gegenüber dem Vorjahr von rd. 10 % bedeutet.

Zur Ermittlung der Flußverhältnisse im Reaktor wurden zusätzlich 178 Beladeoperationen durchgeführt. Abb. 2.2 zeigt die Ausnutzung dieser Bestrahlungseinrichtung im Jahre 1972.

69 % der Aufträge zur Herstellung von Radionukliden durch Bestrahlung auf Zwischengitterpositionen wurden von insgesamt 30 auswärtigen Auftraggebern erteilt. Die restlichen 31 % der Bestrahlungen entfielen auf 10 Institute der GfK, von denen das IRCh und LIT die Hauptabnehmer waren.

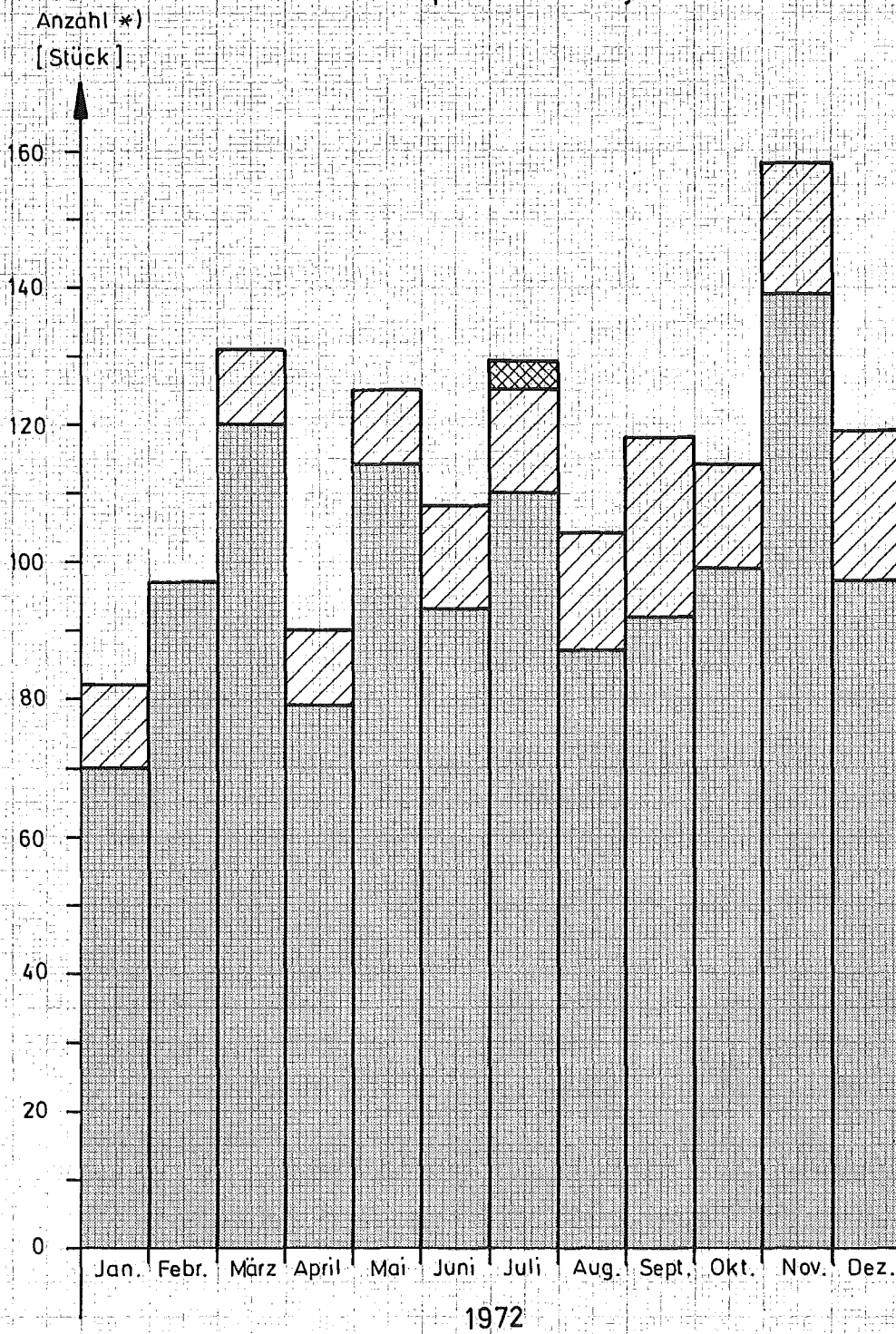
Störungen und besondere Vorkommnisse

a) Kühlluftstörung durch deformierte Kapsel

Nach dem Einsetzen der Beladung Nr. 333 am 21.09.72 in die Reaktorposition 45/15 erfolgte in der Schaltwarte ein Störsignal der Kühlung. Das Kapselträgerrohr wurde daraufhin sofort wieder aus dem Reaktor gezogen und die Beladung in der Isotopen-Wechselmaschine überprüft. Dabei fand man eine deformierte Kapsel auf Trägerposition 1. Die defekte Kapsel, deren Deckel fehlte, konnten in der Heißen Zelle des FR2 geborgen werden. Der fehlende Deckel wurde in der Isotopen-Wechselmaschine entfernt. Die Bestückung (1,5 g

Bestrahlungen auf Zwischengitterpositionen

(Isotopenkanäle Proj. FR2/1)



Anm.: *) Bei der Isotopenproduktion ist die Anzahl der Bestrahlungskapsel angegeben.
Bei Flußmessungen mit Aktivierungs sonden waren 15/29 Kapseln je Kanal beladen.
Bei Flußmessungen mit Detektoren war jeweils 1 Detektor im Kanal.




-  Isotopenproduktion
-  Flußmessungen m. Detektoren
-  Flußmessungen m. Aktivierungs sonden

Abb. 2.2

Goldfolie) war nicht beschädigt, so daß die Bestrahlung in einer neuen Kapsel fortgeführt werden konnte.

b) Geplatzte Quarzampulle

Am 17.11.72 wurden beim planmäßigen Ausbau der Beladung Nr. 444 in der Isotopen-Wechselmaschine ein kurzzeitiger Anstieg (von rd. 10 Sekunden) der Abluftaktivität im FR2-Schornstein (Sicherheitskanal 10 des Reaktorschutzsystems) auf 130 Ci/h registriert. Gleichzeitig sprachen einige γ -Aktivitätsmeßstellen längs des Abluftkanales mit Grenzwertsignal an. Eine Überprüfung ergab, daß die mit $4,3 \text{ cm}^3$ Argon bei einem Druck von 50 m bar gefüllte Quarzampulle in der Kapsel geplatzt war. Die Aktivität des ausgetretenen Argons betrug 0,38 Ci.

1.2 Bestrahlungen in der Thermischen Säule (Proj. FR2/38)

In dieser Bestrahlungseinrichtung wurden in 4 Kanälen 160 Bestrahlungen durchgeführt. Es handelt sich hierbei vor allem um solche Proben, deren Aktivierung in einem rein thermischen Neutronenspektrum erfolgen soll oder die wegen ihrer Abmessungen nicht in anderen Kanälen bestrahlt werden können. Zur Bestimmung des Neutronenflußverlaufes in den 4 Bestrahlungskanälen wurden 20 Messungen mit Aktivierungs sonden durchgeführt.

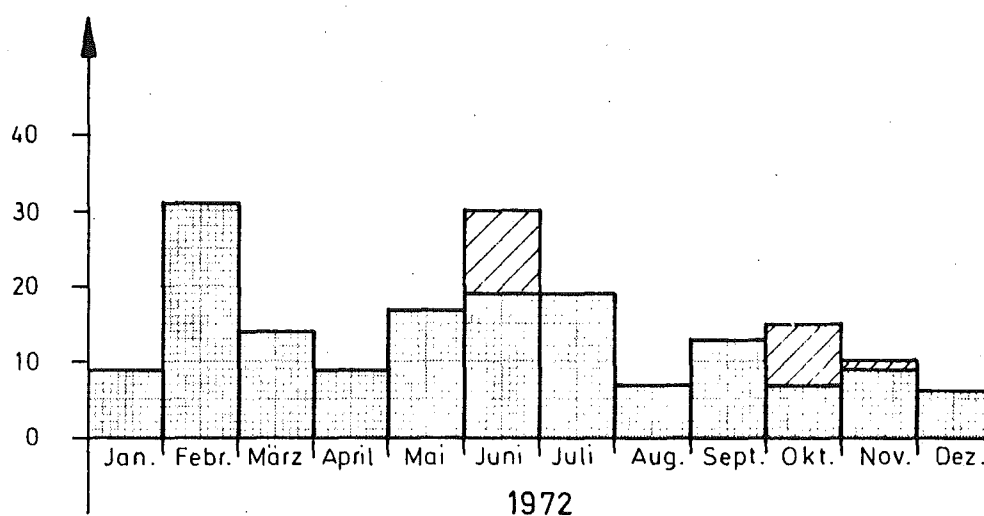
Die Zahl der Bestrahlungen, die im Vorjahr wegen eines Defektes der Isotopenrohrpostanlage (siehe 17) stark zugenommen hatte, ging in diesem Jahr um rd. $1/3$ zurück. Abbildung 2.3 gibt einen Überblick über die durchgeführten Bestrahlungen. 27 % waren "Drehtellerbestrahlungen", die eine gleichmäßige Aktivierung der Proben ermöglichen, durch Sondereinbauten jedoch einen höheren Zeit- und Personaleinsatz benötigen.

Die kürzeste Bestrahlungszeit einer Probe lag bei 1 Minute, während die längste rd. 70 Tage betrug.

Etwa 34 % der Bestrahlungen wurden für 10 auswärtige Auftraggeber durchgeführt, während für 66 % die Aufträge von Instituten der GfK erteilt wurden.

Bestrahlungen in der Therm. Säule

Anzahl der
bestrahlten
Kapseln





Anm.:  Isotopenproduktion
 Flußmessungen

Abb.: 2.3

Am 24.11.72 wurde eine automatische Beschickungsanlage an den V1-Kanal der thermischen Säule angeschlossen. Mit dieser Anlage wurden rund 200 Kurzzeitbestrahlungen (5 bis 10 sec) von Natururan durchgeführt. Dieses Experiment diente dem Nachweis kurzlebiger Spaltprodukte.

Irgendwelche Störungen traten beim Betrieb der Bestrahlungseinrichtungen in der Thermischen Säule nicht auf.

1.3 Bestrahlungen in der Isotopenrohrpostanlage (Proj. FR2/44)

Die Isotopenrohrpostanlage wurde sehr stark genutzt. Es wurden, obwohl die Anlage wegen eines Defektes am Stoßdämpfer fast einen Monat nicht betrieben werden konnte, 984 Bestrahlungsfahrten durchgeführt. Da die Anlage im Vorjahr rd. 3 Monate wegen eines Fahrrohrdefektes (siehe [1] und [2]) für Bestrahlungen ausfiel, kann als Vergleich nur das Jahr 1970 herangezogen werden. Gegenüber diesem Jahr war eine Steigerung der Bestrahlungsfahrten von 21 % zu verzeichnen.

In Abb. 2.4 sind die Bestrahlungsfahrten und -zeiten des Jahres 1972 nach Monaten aufgeschlüsselt dargestellt. Die Bestrahlungszeiten lagen zwischen 1 Sekunde und 65 Stunden.

63 % der Bestrahlungen wurden für Institute der GfK, insbesondere das LIT und IRCh durchgeführt. 37 % der Bestrahlungsfahrten verteilten sich auf insgesamt 19 auswärtige Auftraggeber.

Wegen des hohen Bestrahlungsaufkommens wurde in der 9. Woche 1972 auf Wunsch des Laboratoriums für Isotopentechnik (LIT) eine weitere abgeschirmte Rohrpostbox (LIT-Box) mit Sender und Empfänger im Rohrpostlabor des FR2 in Betrieb genommen. Die Einrichtung dieser Box ermöglicht eine schnelle Entladung der Rohrpostkapseln.

Störungen des Reaktorbetriebes wurden durch die Isotopenrohrpostanlage nicht verursacht.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Am 06.04.72 wurde bei einer routinemäßigen Rohrpostausfahrt (Auftrag Nr. 44-72-198) ein stark erhöhter Strahlenpegel festgestellt. Das Rohrpostlabor und die Umgebung wurden sofort geräumt.

Eine Untersuchung ergab, daß in einem Fahrrohrstück zwischen Rohrpostbox und LIT-Box ein starker Strahler lag, der außen an der 10 cm starken Bleiabschirmung eine Dosisleistung von 150 rem/h verursachte.

Bestrahlungen in der Rohrpostanlage

(Kurzzeitbestrahlungen / Proj. FR2/44)

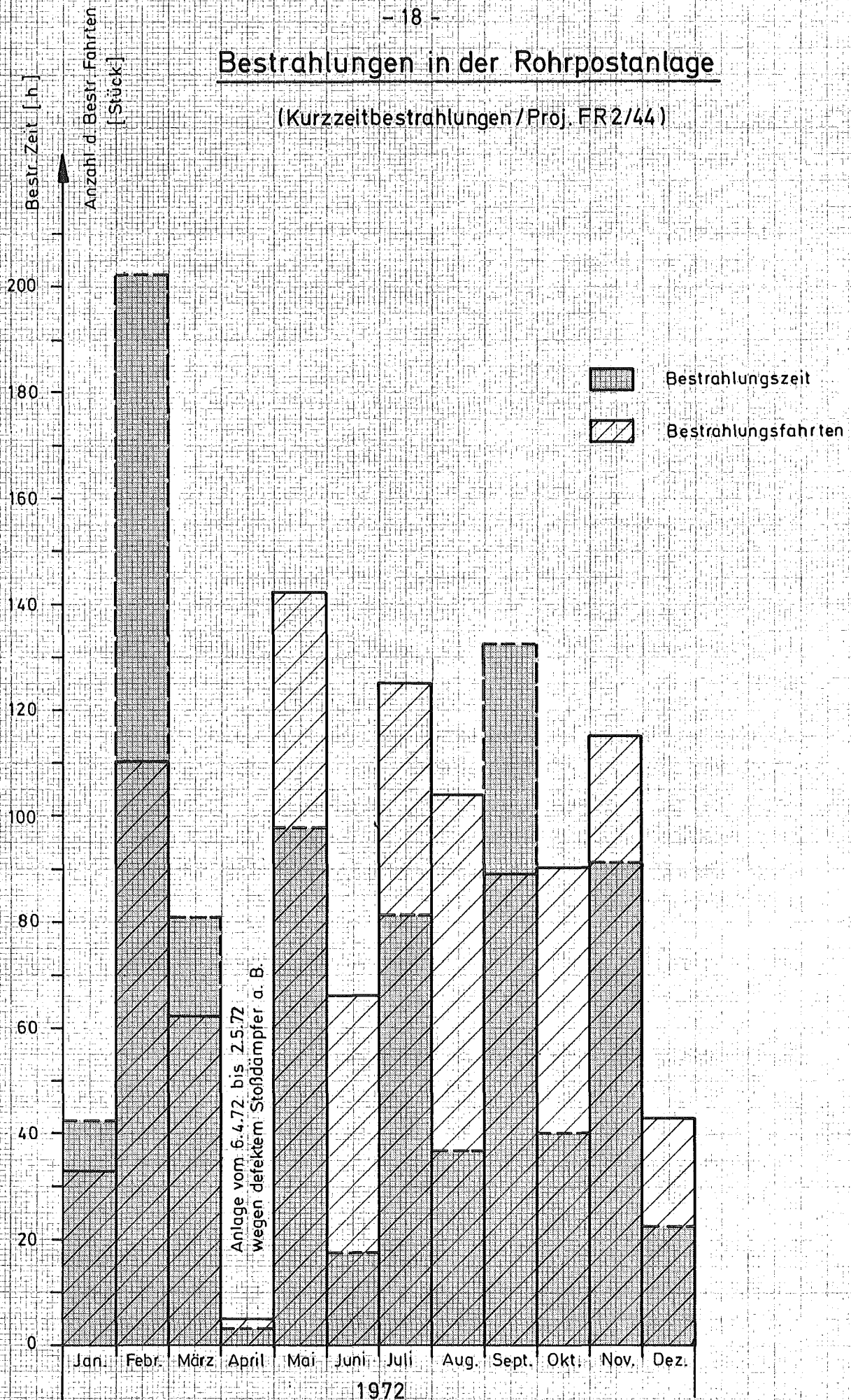


Abb. 2.4

Nach Entfernen eines Teils der Abschirmung wurde mit einem Strahlenmeßgerät die Abklingkurve des Strahlers aufgenommen.

Da zunächst keine nennenswerten Abnahmen des Strahlungspegels beobachtet werden konnten, wurde die Bleiabschirmung wieder aufgebaut und soweit verstärkt, daß das Rohrpostlabor begangen werden konnte.

Eine Überprüfung ergab, daß es sich um einen größeren, rd. 100 mm langen Körper, vermutlich die abgebrochene Feder vom Stoßdämpfer der Rohrpostanlage, handeln mußte.

Zunächst wurde versucht, mittels einer Kapselattrappe den Strahler bis zur nächsten Entnahmestelle der Rohrpostanlage, die Rohrpostbox, zu schieben. Der Versuch scheiterte, weil auf dem geplanten Weg eine Rohrverzweigung lag, in der sich der Strahler verhakte.

Beim zweiten Bergungsversuch wurde eine Schiebervorrichtung mit Original-Rohrpostkapsel über die ausgebaute Klappe Nr.6 oberhalb der Rohrpostbox eingeführt, der Strahler bis in den Sender der LIT-Box zurückgeschoben und dort entnommen.

Wie vermutet, handelte es sich um die abgebrochene Feder des Stoßdämpfers von ca. 100 mm Länge und 30 mm \emptyset , wie die Abb. 2.5 - 1. und 2. zeigen.

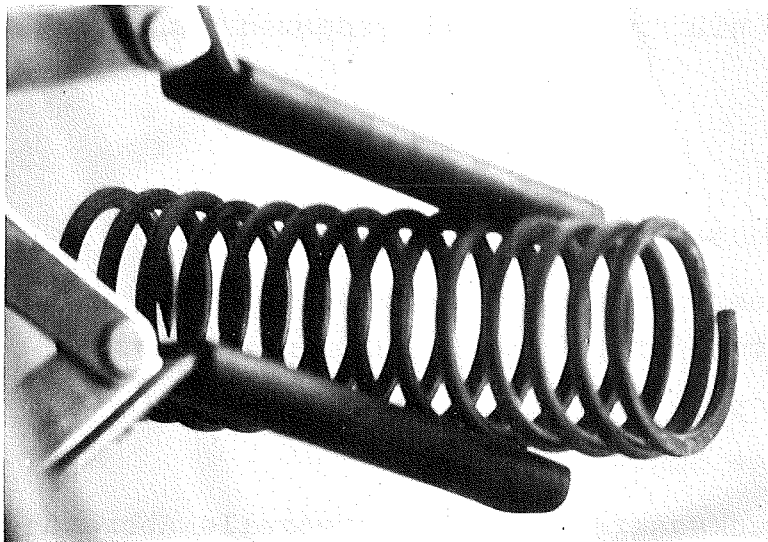


Abb.: 2.5 - 1
gesamte Feder

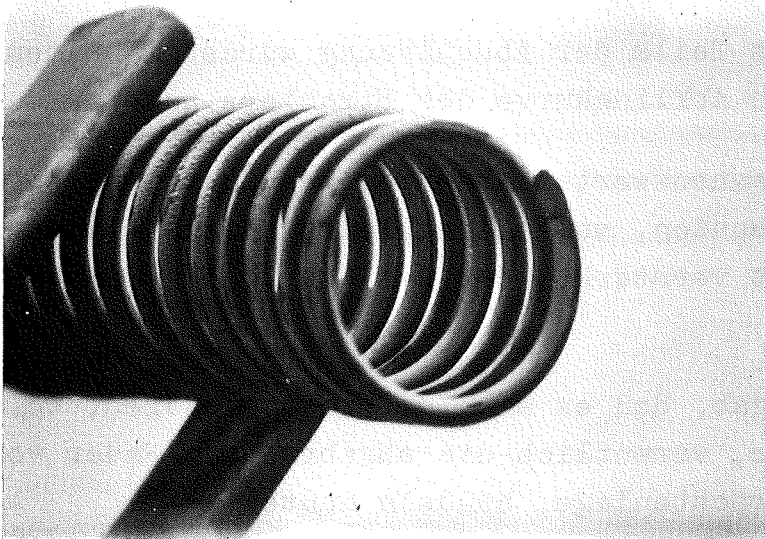


Abb.: 2.5
Bruchstelle

Die Feder wurde noch in der LIT-Box in einen A1-Abschirmbehälter verpackt. Die Dosisleistung an der Oberfläche dieses Behälters betrug rd. 20 rem/h. Nach Einladen des A1-Behälters in einen A2-Behälter betrug die Dosisleistung dann noch ca. 10 mrem/h.

Während der ganzen Operationen traten im Rohrpostlabor keinerlei Kontaminationen auf. Die Strahlenbelastung für das bei der Operation tätige Personal blieb an jedem Tag unter 20 mrem.

Nach konstruktiver Änderung des Zentriersternes und der Federführung erfolgte die Reparatur des Stoßdämpfers in der Abschaltphase C/1972, die Anlage konnte nach eingehender Prüfung am 27.04.72 wieder in Betrieb genommen werden.

2. Kreislaufexperimente

Die Kreislaufexperimente

- Proj. FR2-2: Tieftemperaturbestrahlungsanlage für das MPI-Stuttgart, Bereich Sondermetalle,
- Proj. FR2-16: Kalte Neutronenquelle für das IAK und auswärtige Benutzergruppen,
- Proj. FR2-26: He-Druckgaskreislauf für spezielle Abbranduntersuchungen im Rahmen des Projektes Schneller Brüter (PSB) und für auswärtige Auftraggeber,

Betriebs- und Bestrahlungszeiten der FR2 Kreislaufexperimente

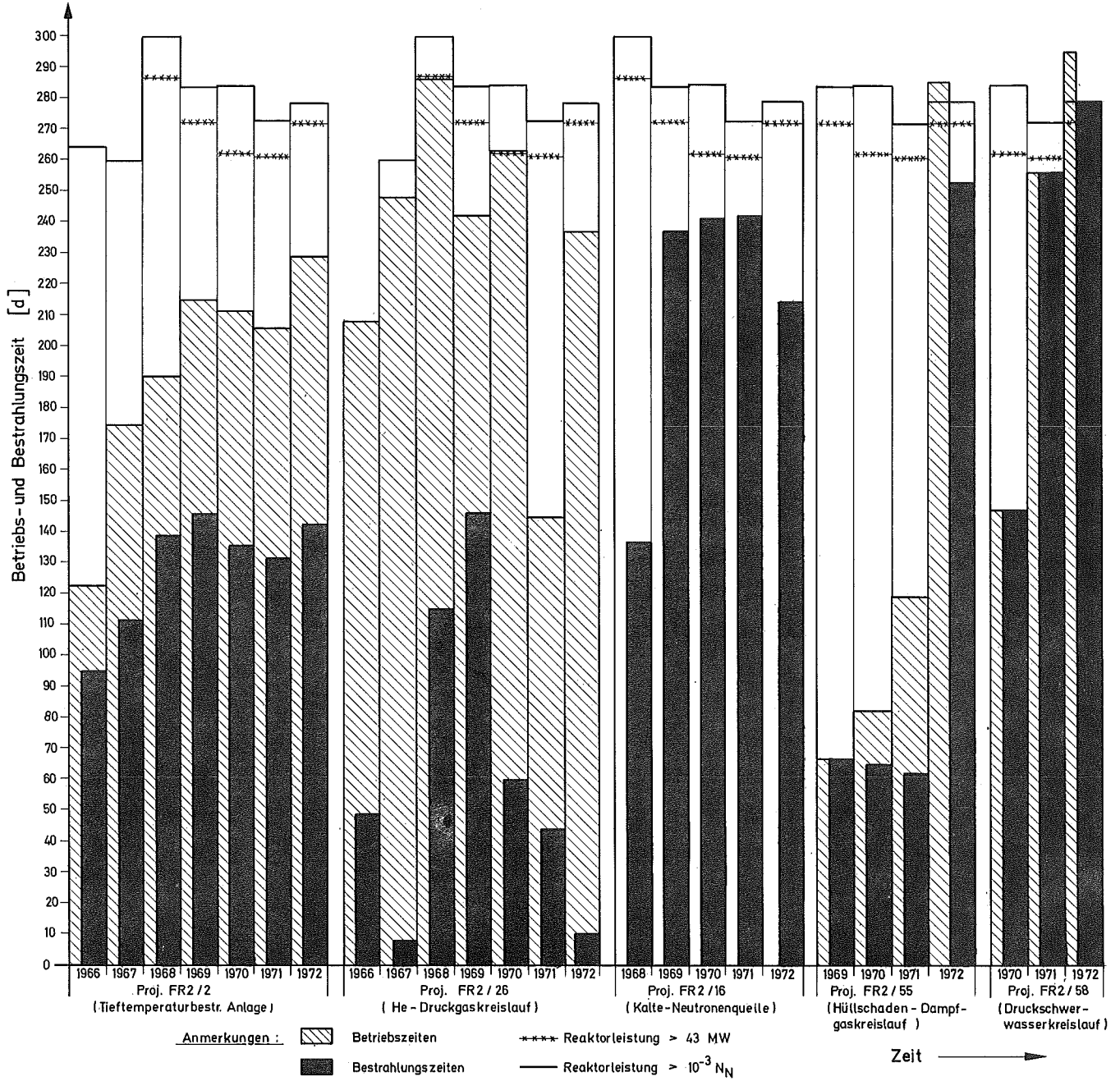


Abb. 2.6

- Proj. FR2-55a: Heißdampf-Kontaminationskreislauf für das Dampfkontaminationsprogramm des PSB und IRCh/AFTS sowie für die Entwicklung von Spaltprodukt-Präzipitationsmethoden durch das LEM,
- Proj. FR2-58: Druckschwerwasserkreislauf zur Bestrahlung von Hochleistungsbrennstoffplatten für das IMF,

sind die umfangreichsten Experimentieranlagen im FR2. Aufgrund ihrer Größe und den hohen Sicherheitsanforderungen benötigen diese Anlagen einen hohen Personalaufwand für Bedienung, Betriebsüberwachung, Wartung und Instandhaltung.

Im Berichtszeitraum waren bis zu 5 Kreislaufexperimente gleichzeitig in Betrieb. Über die Betriebs- und Bestrahlungszeiten der einzelnen Kreislaufexperimente gibt Abb. 2.6 Aufschluß.

2.1 Tieftemperaturbestrahlungsanlage

Die Tieftemperaturbestrahlungsanlage (Experiment FR2-2) ist ein Kreislaufexperiment, das der Untersuchung metallischer Werkstoffe bei Temperaturen zwischen 16 K und 200 K dient.

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.

Die verwendeten Meßgrößen sind der elektrische Widerstand, die differentielle Thermokraft, die kritische Schubspannung bei plastischer Verformung und die innere Reibung. Bei bekanntem Gitterfehlerspektrum kann der Einfluß bestimmter Gitterfehlerarten auf physikalische Eigenschaften untersucht werden.

Experimentator ist das MPI für Metallforschung Stuttgart, Abteilung Sondermetalle.

Die Bestrahlungen erfolgen in einem Versuchseinsatz auf Reaktor-Pos. 54/26, der mit Helium aus einer Gaskälteanlage

gekühlt wird. Die kalten Anlagenteile sind vakuumisoliert.

Nach der Bestrahlung werden die Proben aus dem Neutronenfeld des Reaktors gezogen und bei laufender Kühlung im oberen Bereich des Versuchseinsatzes ausgemessen. Es besteht außerdem die Möglichkeit, die Proben kalt auszuschleusen und im Labor zu untersuchen.

Im Berichtszeitraum wurden 25 Proben bestrahlt und ausgemessen. Einzelheiten können aus folgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 2.2: Probenbestrahlungen im Jahre 1972

Proben- einbau	Proben- Nr.	Versuchs- dauer: [h]	Eichmessungen im TK-Meß- einsatz	Bestrahlung bei	
				20 K	200 K
06.01.72	DB-48	172,25			x
02.02.72	DB-57	168,50			x
16.02.72	DB-78	173,50		x	
29.02.72	DB-53	29,50		x	
22.03.72	DB-49	174,00			x
06.04.72	DB-56	63,50			x
13.04.72	Eichprobe	8,50	x	x	
03.05.72	TK-5	382,00		x	
19.05.72	TK-6	292,75		x	
02.06.72	Eichprobe	6,00	x	x	
16.06.72	Eichprobe	8,00	x	x	
20.06.72	Eichprobe	8,50	x	x	
22.06.72	TK-7	167,15		x	
30.06.72	TK-8	296,50		x	
14.07.72	TK-9	8,50		x	
01.09.72	DB-45	166,00			x
26.09.72	DB-39	167,00			x
03.10.72	DB-42	168,75			x
12.10.72	Eichprobe	120,75	x	x	
16.10.72	Eichprobe	28,50	x	x	
18.10.72	TK-10	53,75	x		
22.11.72	TK-11	191,75	x		
01.12.72	TK-12	123,92	x		
07.12.72	TK-13	8,75			
22.12.72	BS-2	232,20	x		
Gesamt: 25 Proben		3221,12	11	13	7

Zusätzlich wurden 3 Ni-Sonden-Bestrahlungen zur Bestimmung des schnellen Neutronenflusses ausgeführt.

Die Betriebsbereitschaft der Tieftemperaturbestrahlungsanlage (TB-Anlage) innerhalb der planmäßigen Betriebszeit des Jahres 1972 betrug 5398 h $\hat{=}$ 225 d. Hieraus errechnet sich eine relative Betriebszeit bezogen auf die Betriebszeit nach Plan von

87,8 %.

In rd. 3221 h dieser Zeit wurden metallische Proben aus Cu, Al und Fe im Versuchseinsatz bestrahlt.

Die β -Aktivität des Kreislaufheliums betrug im Mittel rd. $2 \cdot 10^{-6}$ Ci/m³.

Wegen Störungen an der Expansionsmaschine entstand ein Ausfall an Betriebszeit von rd. 750 h. Die einzelnen Betriebszeiten und die zeitliche Nutzung sind in Abb. 2.7 "Betriebsdiagramm des Projektes FR2/2" enthalten.

Im Berichtszeitraum waren 5 außerplanmäßige Abschaltungen der TB-Anlage zu verzeichnen, davon 3 selbsttätige Abschaltungen und 2 Abschaltungen von Hand. Durch eine der selbsttätigen Abschaltungen wurde eine RSA ausgelöst.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Am 26.04.72 erfolgte eine selbsttätige Abschaltung der TB-Anlage durch Druckabfall in der Steuerluft für das Experiment, die durch Wartungsarbeiten am Druckluftnetz verursacht worden war.
- b) Wegen eines Lecks am Gehäuse der Kühlwasserdurchflußmeßstelle F-Q3 mußte die TB-Anlage am 15.06.72 von Hand abgeschaltet werden. Die Meßstelle wurde erneuert.
- c) Am 19.07.72 (Phase D/72) fiel die TB-Anlage beim Ausfall der elektrischen Energieversorgung des KFZK aus.
- d) Am 20.10.72 wurde durch einen Lagerschaden am Kreuzkopf der Expansionsmaschine und dem damit verbundenen Festlaufen der Maschine eine RSA über den unteren Drehzahlgrenzwert O-R1 ausgelöst und die Abschaltung der He-Anlage wegen zu niedrigem Saugdruck von Gb 1/2 eingeleitet.

Dadurch entstand ein Ausfall an Reaktor-Vollastbetriebszeit von 1,8 h. Die erforderlichen Reparaturen wurden in der Abschaltphase G'/72 und am Anfang der Betriebsphase G/72 durchgeführt.

- e) In der Betriebsphase G/72 am 19.11.72 wurde ein Drehzahlabfall und Drehzahlschwankungen an der Drehzahlmeßstelle O-R1 der Expansionsmaschine beobachtet. Die TB-Anlage wurde außer Betrieb genommen und als Ursache ein Bruch der Polradantriebswelle des Gebers der Meßstelle O-R1 ermittelt. Nach Neufertigung der defekten Teile konnte die Anlage in der 49. Woche wieder in Ordnung gebracht werden.

Größere Reparatur- und Wartungsarbeiten

- a) In Abschaltphase C'/72 wurden alle Vakuumpumpen von der Herstellerfirma überprüft und die defekten Teile erneuert. Außerdem erfolgte ein Wechsel aller von außen zugänglichen O-Ringe dieser Anlage.
- b) Die Halbjährliche Ventil- und Querkeilkontrolle am Hochdruckkompressor Gb 1/2 wurde in der Abschaltphase D'/72 durchgeführt. Dabei festgestellte Abnützungen bzw. Verölungen an den Stopfbuchsen der I. und II. Stufe bedingten eine Reparatur Anfang der Betriebsphase E/72. Es wurden die Stopfbuchsen beider Stufen erneuert. Die Überprüfung der Kolbenspiele ergab zulässige Toleranzen.
- c) Für die jährlichen Überholungsarbeiten der Expansionsmaschine war die gesamte TB-Anlage am Anfang der Betriebsphase E/72 außer Betrieb. Es wurden die Kolben nach einer Betriebszeit von 11.509 h, Kolbenstangen, Ein- und Auslaßventile mit Federn, Ventilstangen, Labyrinthdichtungen und alle sonstigen Dichtungen gewechselt. Am Kreuzkopf wurden die Stopfbuchsen für die Kolben- und Ventilstangen erneuert. Nach dem Einfahren lief die Expansionsmaschine bis zum Auftreten von Lagerschäden am Kreuzkopf (20.10.72) störungsfrei. Im Zuge der umfangreichen Reparaturarbeiten wurden Pleuellager, Exzentrerscheibe, Kurbellager, beide Getriebezahnräder und das Zahnrad für den Ölpumpenantrieb durch neue Teile ersetzt. Weitere Störungen an der Ex-

pansionsmaschine traten nicht auf.

Funktionsprüfungen

Am 19.01.72, 24.04.72, 19.09.72 und 30.10.72 wurden die vierteljährlichen Prüfungen der Grenzwerteinstellungen und Funktionen zur Auslösung des Reaktorschnellschlusses nach Prüfhandbuch (PHB) durchgeführt.

Die jährliche Prüfung der Grenzwerte, Steuerprogramme und Verriegelungen fand wegen ihres Umfangs an mehreren Tagen (10.08.72, 11.08.72, 13.09.72 und 25.09.72) statt.

Alle Prüfungen verliefen ohne Beanstandungen.

2.2 Kalte Neutronenquelle

Das Experiment besteht aus einer im Kanal R3 eingebauten Moderatorkammer mit flüssigem Wasserstoff, die mittels einer He-Gaskälteanlage gekühlt wird. Es gestattet Untersuchungen mit subthermischen Neutronen ($E < 0,005$ eV).

Die Experimentiervorhaben wurden von mehreren Gruppen getragen und galten u.a. folgenden Themen:

Erprobung eines Spin-Flipp-Choppers über ein Mini-Spektrometer,

Untersuchung der Dynamik von Flüssigkeiten mit Drehkristall-Flugzeitspektrometer,

Bestimmung von Phononen-Zustandschichten von kohärent streuenden Materialien,

Untersuchung der Hyperfeinwechselwirkung an Kernen durch Einfang polarisierter Neutronen.

Der technische Aufwand dieser Anlagen ist verhältnismäßig groß. Sie besteht aus dem H₂-System mit Moderatorkammer, einer He-Gaskälteanlage sowie mehreren Hilfssystemen für das Isoliervakuum und die flüssig N₂-Versorgung. Die Gaskälteanlage kühlt die Moderatorkammer mit dem Wasserstoff bis zu dessen Verflüssigung. Der Füllstand der Moderatorkammer wird durch eine Temperaturregelung konstant gehalten.

Im Berichtsjahr 1972 betrug die an der Kalten Quelle zur Verfügung stehende Meßzeit (Quelle in Betrieb bei gleichzeitigem Reaktorvollastbetrieb)

5138 h $\hat{=}$ 214,1 d.

Dies entspricht einer Nutzung von 79 % der Reaktorvollastbetriebszeit > 43 MW.

Ein gegen Ende der Betriebsphase B im Vakuumraum des Strahlrohrpfropfens aufgetretenes Luftleck erforderte das Abschalten der Anlage. Lecksuche und Abdichtung der Leckstellen nahmen die Betriebsphase C in Anspruch, so daß der Experimentierbetrieb erst mit Phase D wieder aufgenommen werden konnte. Es entstand ein Verlust an Meßzeit bei Betrieb mit fl. H₂ von rd. 41 Tagen.

Das H₂-Leck war die Ursache für kurzfristige Vakuumverschlechterungen in den Betriebsphasen D bis G. Durch das experimenteigene Schutzsystem wurde 8 mal das Programm "H₂-Evakuierung" ausgelöst. Es gingen ca. 9 Tage Meßzeit verloren.

Der Betrieb der He-Gaskälteanlage verlief im Jahre 1972 ohne größere Unterbrechungen. Zwei Störungen am Trockenlaufkompressor Gb 7 sowie ein durch Netzausfall > 1 sec verursachter Anlagenausfall brachten eine Ausfallzeit von rd. 5 Tagen.

Ende des Jahres 1972 erreichte die "Kalte Quelle" eine Gesamtbetriebszeit von

25.290 h $\hat{=}$ 1053,7 d

bei Betrieb mit fl. H₂ in der Moderatorokammer.

Die genauen Betriebs- und Stillstandszeiten können aus Abb. 2.8 "Betriebsdiagramm des Projektes FR2/16" entnommen werden.

Die Expansionsturbinen Tb 1 und Tb 2 der Heliumanlage erreichten zum Jahresende ohne Reparaturen eine Betriebszeit von 18.000 h bzw. 21.000 h. Ein Nachlassen der Kälteleistung war nicht zu erkennen.

Betriebsdiagramm des Projektes FR2/16 im Jahre 1972

Monat	Jan.					Febr.					März					April					Mai					Juni					Juli					Aug.					Sept.					Okt.					Nov.					Dez.				
Woche	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53							
Betriebsphasen	K(71)					A					B					C					D					E					F					G					H																			
Reaktor Vollastbetrieb						■					■					■					■					■					■					■					■																			
He-Gaskälteanl. in Betrieb						■					■					■					■					■					■					■					■					■														
Kalte Quelle in Betrieb	ohne H ₂					■					■					■					■					■					■					■					■					■														
Experimentierbereitsch. d. K. Quelle	■					■					■					■					■					■					■					■					■					■														
Reparaturen	■ Gb7										■ V-Ve 61					■ Lecksuche am Strahlrohrpropfen des R3-Kanals					■ V-P 20/21					■ Rein. II					■ Rein. I					■ Ölp.					■ Gb7					■ H-T1					■ Rev. Gb 6									
Wartungsarbeiten	■										■					■					■					■					■					■					■					■					■									
Funktions-Prüfungen	■ TÜV: H ₂ -Anl. Elektr. Anlagen										■ 1/4-jährl.										■ 1/4-jährl.										■ 1/4-jährl.					■ jährl. Prüfung Grenzwerte					■ TÜV H-Bh 2					■ 1/4-jährl.														

Betriebszeiten

Planmäßige Betriebszeit	6672 h		
Betriebsbereitschaft	5238 h,	entsprechend	79 % der planmäßigen Betriebszeit
Experimentierbereitschaft	5138 h,	entsprechend	77 % " " "
Experimentierzeit	5138 h,	entsprechend	100 % der Experimentierbereitschaft

Ausfall an Reaktor-Betriebszeit durch Projekt FR2/16	: 0 h
Ausfall an Experimentierbereitschaft durch Reaktor-Abschaltungen	: 100 h
Ausfall an Experimentierbereitschaft durch Projekt-Abschaltungen	: 1434 h

Die Anlage wurde auch 1972 mit dem ersten Strahlrohrstopfen der zeitweilig ein kleines H₂-Leck aufweist, betrieben.

In den Betriebsphasen A und B trat das H₂-Leck in den Zustandsformen "Leck zu - Leck auf" in Erscheinung. Die hierbei vorhandenen Leckraten zwischen $2 \times 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ und $3 \times 10^{-3} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$ wurden durch Messungen mit dem H₂-Massenspektrometer bestätigt.

In den Betriebsphasen D bis G brachte das H₂-Leck Vakuumverschlechterungen $5 \times 10^{-2} \text{ Torr}$ für maximal 60 Sekunden in etwa 6-tägigem Abstand. Zwischen diesen Druckanstiegen betrug die Leckrate $2 \times 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Seit der Betriebsphase H ist das H₂-Leck zu. Bei kalter Anlage unterschritt das Vakuum in dieser Betriebsphase den 10^{-5} Torr -Bereich. Eine Druckanstiegsmessung nach 5-wöchigem Dauerbetrieb ergab für diese Zeit eine integrale Leckrate von $2,8 \times 10^{-4} \text{ Torr} \cdot \text{l} \cdot \text{s}^{-1}$.

Die β -Aktivität des Kreislaufheliums betrug im Mittel rd. $1 \cdot 10^{-6} \text{ Ci/m}^3$.

Störungen, die den Reaktorbetrieb beeinflussten, traten an der Kalten Quelle nicht auf.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Störungen, die eine Anschaltung der H₂-Anlage zur Folge hatten, sind in folgender Tabelle zusammenfaßt.

Tabelle 2.3: Störungen mit Abschaltung der H₂-Anlage

lfd. Nr.	Datum	Abschaltursache
1	04.01.72	Not-Aus Gb7 nach Bersten eines Acrylglas-Laternenfensters des Trockenlaufkompressors
2	13.04.72	Anstieg des Lufteis spiegels im Vak.Raum des Pfropfens führte zur Abschaltung der H ₂ -Anlage.
3	28.06.72	Programm H ₂ -Evakuierung nach Überschreiten des 2. oGW der Meßstellen V-P20/21.
4	07.07.72	Programm H ₂ -Evakuierung durch 2. oGW V-P20/21.
5	13.07.72	Programm H ₂ -Evakuierung durch 2. oGW V-P20/21.
6	19.07.72	Ausfall der ges. Anlage durch Netzausfall >1 sec.
7	12.08.72	Programm H ₂ -Evakuierung durch 2. oGW V-P20/21. Beim Kaltfahren der H ₂ -Kammer verlegte sich die Expansionsturbine Tb2. Daraufhin mußte die Gaskälteanlage am 14.08.72 abgeschaltet und angewärmt werden.
8	24.08.72	Programm H ₂ -Evakuierung durch 2. oGW V-P20/21.
9	29.08.72	Programm H ₂ -Evakuierung durch 2. oGW V-P20/21.
10	04.09.72	Programm H ₂ -Evakuierung durch 2. oGW V-P20/21.
11	10.09.72	Programm H ₂ -Evakuierung durch 2. oGW V-P20/21.
12	09.10.72	Abschaltung der Anlage von Hand wegen Ölverlustes infolge zu großer Leckgasmenge an den Stopfbuchsen.

Hierzu noch einige Erläuterungen der Tabelle 2.3:

Das in Betriebsphase B aufgetretene Luftleck in den Vakuumraum des Pfropfens wurde in Betriebsphase C nach umfangreicher Lecksuche am Kopfstück des Pfropfens gefunden. Die ermittelten undichten Sacklöcher (Flanschbefestigungen am Kopfstück) wurden mit Teflon-Dichtband abgedichtet. Nach der schrittweise durchgeführten Montage der Anlagenteile vor dem R3-Kanal wurde eine Gesamtleckrate von ca. 1×10^{-4} Torr.l.s⁻¹ erreicht. Diese Leckrate war besser denn je.

Zu lfd. Nr. 3-5 und 7-11 der Tabelle 2.3

Zur Überbrückung der kurzfristigen Vakuumverschlechterung durch das sporadische H₂-Leck im Strahlrohrpfropfen, wurde eine Zeitverzögerung der Abschaltfunktion des 2. oGW der Meßstellen V-P20/21 von 90 sec eingebaut. Damit soll erreicht werden, daß sicherheitstechnisch unnötige Abschaltungen den Strahlrohrpfropfen thermisch belasten und die Situation um das Leck verschlechtern.

Größere Wartungs- und Reparaturarbeiten

a) Trockenlaufkompressor Gb 7

Nach dem Ausfall des Kompressors am 4.1.72 wurden in den Abschaltphasen A' und B' die Stopfbuchsenpackungen aller drei Stufen erneuert. (1500 Betriebsstunden). Die Weißmetall-Ölabstreifringe wurden den Kolbenstangen durch Einschaben angepaßt. Die Leitung vom Kompr.-Gehäuse zum Gasometer wurde im Querschnitt erweitert, um einem Druckaufbau im Kompr.-Gehäuse durch große Leckgasmengen aus den Stopfbuchsen zu verhindern. Ein an die Laternen-Ausgleichsleitung angebautes Sicherheitsventil bläst bei Überdruck (1,5 bar) in den Gasometer ab.

b) Hochdruckkompressor Gb 6

Der Kompressor wurde nach 2 Jahren einer Revision durch den Hersteller unterzogen. Es wurden Kolbenbolzen, Kolbenbolzenlager, Ventile, Ventildfedern und Ventilplatten sowie der antriebsseitige Simmering erneuert. Das Tragbild der Pleuellager der Stufen I und II war einwandfrei. Schäden wurden nicht festgestellt.

c) Vakuumpumpen

Alle Vakuumpumpen wurden einer Revision durch den Hersteller unterzogen. Fehler wurden nicht festgestellt.

d) He-Reiniger I und II

Beide Reiniger wurden in der Betriebsphase E gereinigt und mit neuer Aktivkohle versehen.

In der Betriebsphase G wurde Reiniger I in demontiertem Zustand vom Beauftragten des TÜV Mannheim inspiziert und einer Wasserdruckprobe - Prüfdruck 191 bar - unterzogen.

Funktionsprüfungen

a) In den Abschaltphasen B', D', F', H' wurde die vierteljährliche Prüfung der Sicherheitsschaltungen und Aufschaltung auf das Reaktorschutzsystem durchgeführt. Sicherheitstechnische Mängel ergaben sich nicht.

b) Die jährliche Überprüfung der Grenzwerteinstellungen, Steuer- und Verriegelungen erfolgte in der 44. und 45. Woche. Gelegentliche geringfügige Abweichungen der Grenzwerte wurden korrigiert.

c) Der TÜV führte in der 4. Woche eine Nachprüfung der explosionsgeschützten elektrischen Anlagenteile der H₂-Anlage durch. In der 51. Woche wurden der H₂-Pufferbehälter H-Bh 2 sowie die Berstscheiben H-Ve 4/5 inspiziert. Der Bh 2 wurde einer Gasdruckprobe, Prüfdruck 7 bar, unterzogen.

2.3 He-Druckgaskreislauf

Das Kreislaufexperiment Proj. FR2-26 diente im Jahre 1972 der kurzzeitigen und zyklischen Bestrahlung von Brennstoffprüflingen für das Projekt Schneller Brüter (PSB) und für die Fa. Gelsenberg AG.

Die He-Anlage, bestehend aus dem He-Druckgaskreislauf, der Gasreinigungsanlage, dem Versuchseinsatz im Zentralkanal des Reaktors und der Einsatz-Wechselmaschine, wurde nach ihrer Stillsetzung im Juni 1971 erst in der 12. Woche 1972 wieder in Betrieb genommen, weil zuvor keine Prüflinge von Experimentatoren angeliefert worden waren.

Zur Bestrahlung kamen 2 Prüflinge der PSB-Versuchsgruppe 4a mit UC/PuC-Brennstoff, 8 Prüflinge der Fa. Gelsenberg mit UO_2/PuO_2 -Brennstoff in Kernelschüttung und 2 Einsätze der PSB-Versuchsgruppe 5.

Die Einsätze der PSB-Versuchsgruppe 5 kamen erstmals zur Bestrahlung. Sie dienten der experimentellen Untersuchung der mechanischen Wechselwirkung zwischen Brennstoff und Hülle in Abhängigkeit der Brennstoffgeometrie und des Temperaturgradienten. In einem Einsatz waren 2 Prüflinge mit UO_2/PuO_2 -Brennstoff in Tablettenform übereinander angeordnet. Als Hüllrohrmaterial kam Incoloy 800 zur Verwendung. Die Einzelheiten der Bestrahlungen können aus nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Tabelle 2.4: Bestrahlungen im He-Druckgaskreislauf im Jahre 1972

Prüfling Nr.:	Bestrahlungszeit [h]	Spez. Stableistung [W/cm]	Bemerkungen
L4-8	456,00	920 bis 1005	Versuchsgruppe 4a Brennstoff UC/PuC 5 Leistungszyklen zu je 24 h 1 Unterbrechung durch planm. Reaktorabschaltung
1G11 1G2 1G1 1G4 1G9 1G10	1,00 0,08 0,03 0,08 14,20 12,40	635 bis 663 663 668 618 635 618	Fa. Gelsenberg Brennstoff: UO_2/PuO_2
Einsatz 5-0 (5/25) (5/27)	3,05	295	Versuchsgruppe 5 Brennstoff: UO_2/PuO_2 Bestrahlungsabbruch wegen Undichtheit am unteren Prüfling
1G3 1G5	0,08 0,17	637 588	Fa. Gelsenberg Brennstoff: UO_2/PuO_2
Einsatz 5-H (5/23) (5/39)	372,30	472 bis 491	Versuchsgruppe 5 Brennstoff: UO_2/PuO_2 7 Zyklen verschiedener Dauer
L4-4	248,80	1065 bis 1100	Versuchsgruppe 4a Brennstoff: UC/PuC 5 Leistungszyklen zu je 24 h. Spaltgasfreisetzung bei Ausbau unter Vakuum, Undichtheit an Einschweißstelle des Zentral-Thermoelements.

Zusätzlich wurden 2 Sondenbestrahlungen (12 Co-Sonden in Al-Kapseln) von je 1 h zur Neutronenflußmessung im Versuchseinsatz durchgeführt.

Die Gesamtbestrahlungszeit im Berichtszeitraum betrug rd. 49 d.

Die Flüssigstickstoffherstellungsanlage dient der Kühlung der Tieftemperaturadsorber in der Gasreinigung. Sie konnte erst in der 21. Woche 1972 wieder in Betrieb gehen, da beim Anfahren in der 11. Woche 1972 die Expansionsturbine durch Läufer- und Lagerschaden ausfiel. In der Folgezeit lief die Anlage störungsfrei, lieferte den gesamten flüssig-N₂-Bedarf für die Gasreinigung und erbrachte darüber hinaus einen Überschuß von

rd. 76.000 l fl.-N₂

der dem FR2-Bedarf zur Verfügung gestellt wurde.

Betriebszeiten und -daten der gesamten Anlage:

He-Druckgaskreislauf	5690,00 h
He-Gasreinigung (kalt)	2607,24 h
fl. N ₂ -Erzeugungsanlage	4717,40 h
fl. N ₂ -Produktion	3933,22 h
fl. N ₂ -Erzeugung rd.	146900 l

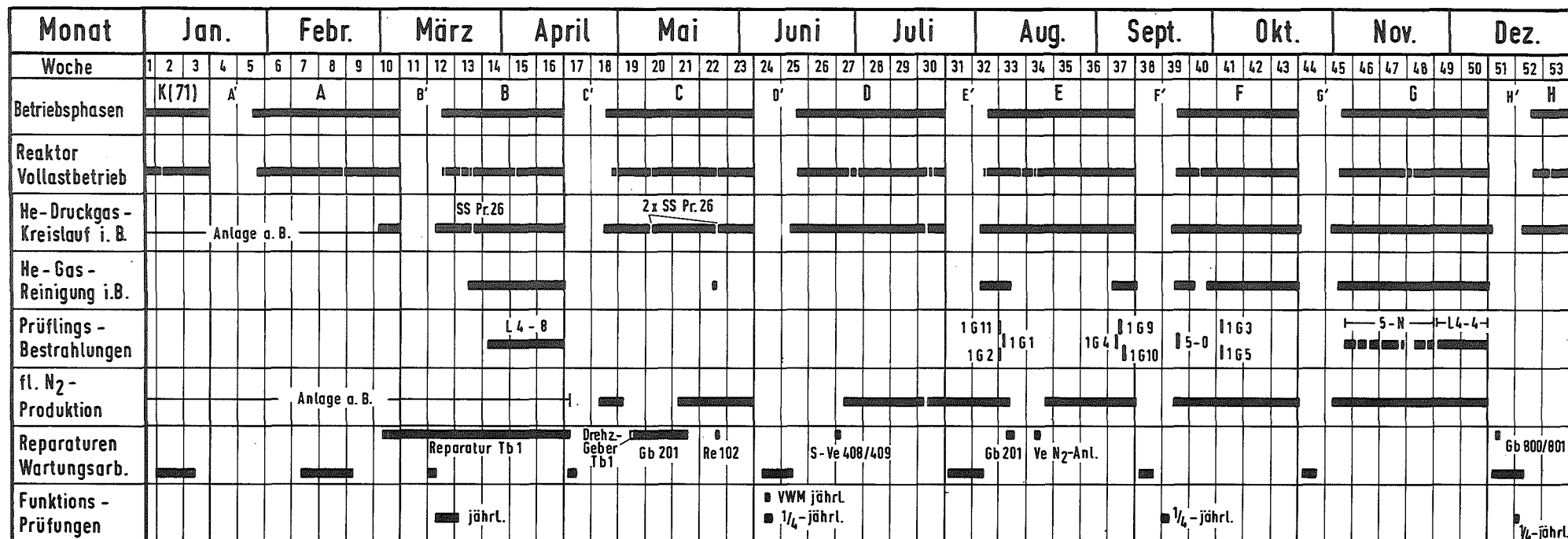
Die genauen Betriebszeiten können der Abb. 2.9 "Betriebsdiagramm des Projektes FR2/26" entnommen werden.

Das Experiment verursachte 4 Reaktorschnellabschaltungen (RSA) durch Fehlbedienungen.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Störungen, die eine Abschaltung des Reaktors zur Folge hatten, sind in Tabelle 2.5 zusammengefaßt.
- b) Am 28.02.72 traten Läufer- und Axiallagerschäden an der Expansionsturbine der Flüssigstickstoffherstellungsanlage auf. Die Ursache war feines Eisenoxid aus einem stark korrodierten Zyklonabscheider, das über die Anwärmlleitung in die Turbine gelangt sein mußte. Nach Einbau der Ersatzturbine trat abermals ein Lagerschaden durch einen Fertigungsfehler des Axiallagers auf. Die Reparatur erfolgte bei der Herstellerfirma. Die Anlage fiel 8 Wochen für die fl.-N₂-Produktion aus.

Betriebsdiagramm des Projektes FR 2/26 im Jahre 1972



Betriebszeiten

Planmäßige Betriebszeit	6672 h	
Betriebsbereitschaft	6668,9 h, entsprechend	99,9 % der planmäßigen Betriebszeit
Experimentierbereitschaft	6458,2 h, entsprechend	96,8 % " " "
Experimentierzeit	1949,8 h, entsprechend	30,2 % der Experimentierbereitschaft

Ausfall an Reaktor-Betriebszeit durch Projekt FR 2/26	3,3 h
Ausfall an Experimentierbereitschaft durch Reaktor-Abschaltungen	213,8 h
Ausfall an Experimentierbereitschaft durch Projekt-Abschaltungen	3,1 h

- c) Beim Ausfall der elektr. Energieversorgung des KFZK fiel der He-Kreislauf für 2,55 h aus. Ein Ausfall an Bestrahlungszeit entstand nicht.

Tabelle 2.5: Störungen mit RSA

lfd. Nr.	Datum	Abschaltursache
1	24.03.72	Reaktorschnellschluß beim Hochfahren der He-Verdichter durch therm. Auslöser des Motors (Fehlbedienung). Reaktorabschaltung für 0,76 h, Anlagenausfall 0,63 h, kein Ausfall an Bestrahlungszeit.
2 3	09.05.72	Zweimaliger Reaktorschnellschluß durch Fehlbedienung bei Montagearbeiten an der 220V-WS-Einspeisung. Reaktorabschaltung für 1,24 h, kein Bestrahlungszeit- und Anlagenausfall.
4	26.05.72	Reaktorschnellschluß durch kurzzeitigen Spannungseinbruch beim Ausbau einer defekten Reglereinheit (Fehlbedienung). Reaktorabschaltung für 1,33 h, kein Bestrahlungszeit- und Anlagenausfall.

Größere Wartungs- und Reparaturarbeiten

- a) Von der 10. bis 18. Woche 1972 erfolgte eine zweimalige Reparatur der Expansionsturbine der Flüssigstickstoffherzeugungsanlage, die wegen Läufer- und Axiallagerschaden ausgefallen war.
- b) Am Membran-Kompressor für die He-Rückförderung wurden vom 04.05. bis 18.05.72 die Pendelrollenlager sowie beide Außenlager am Kreuzkopf gewechselt. Der Schaden entstand nach 90 Betriebsstunden durch fehlerhafte Kompressormontage des Herstellers.

Funktionsprüfungen

In den Funktionsprüfungen nach Prüfhandbuch (PHB) wurden die Grenzwerteinstellungen und Funktionsverläufe zur Auslösung der RSA in der 24., 39. und 52. Woche und die Steuerprogramme, Verriegelungen und Grenzwerte in der 12. und 13. Woche überprüft.

Die Aufnahme aller Kennlinien der GM-Zählrohre und Ionisationskammern erfolgte von der 4. bis 11. Woche 1972 während die Anlage außer Betrieb war.

Eine Überprüfung der Einsatz-Wechselmaschine wurde in der 24. Woche 1972 durchgeführt.

Bei den Prüfungen waren keine nennenswerten sicherheitstechnischen Mängel zu verzeichnen.

2.4 Heißdampf-Kontaminationskreislauf

Der Heißdampf-Kontaminationskreislauf (DK-Loop) Projekt FR2/55a bietet vielseitige Experimentiermöglichkeiten u.a. auf folgenden Gebieten:

Bestimmung von Freisetzungsraten und Transport von Spaltprodukten bei verschiedenen Dampfzuständen mittels verschiedener Transportmedien,

Nachweis von Spaltprodukten durch Sonderinstrumentierung,

Entwicklung von Hüllschaden-Überwachungsanlagen,

Ablagerung von Spaltprodukten auf auswechselbaren Probenrägern und in Anlagenkomponenten,

Entwicklung von Verfahren zur Dekontamination.

In einem von Heißdampf durchflossenen Reaktoreinsatz befindet sich ein Brennstoffprüfling, dessen Hülle an beliebiger Stelle mit einem definierten Leck versehen ist. Im Hoch- und Niederdruck-Teil sowie in der Abgasstrecke der Anlage

sind Einrichtungen für γ - und Neutronen-Spektrografie, für die Präzipitation fester Folgeprodukte und für Ablagerungs- und Korrosions-Untersuchungen vorhanden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, Spezialfilter zu prüfen und an mehreren ausgewählten Stellen des Kreislaufs Proben zu entnehmen.

Das DK-Loop stand mit Ausnahme der 2. Hälfte der Betriebsphase G das ganze Jahr über für die experimentelle Nutzung zur Verfügung.

Die Ausfallzeit in G/72 war durch eine TÜV-Inspektion des Reaktoreinsatzdruckrohres bedingt, das zu diesem Zweck zeitweise aus dem Reaktor ausgebaut werden mußte.

Die Anlage wurde

6.852,9 h

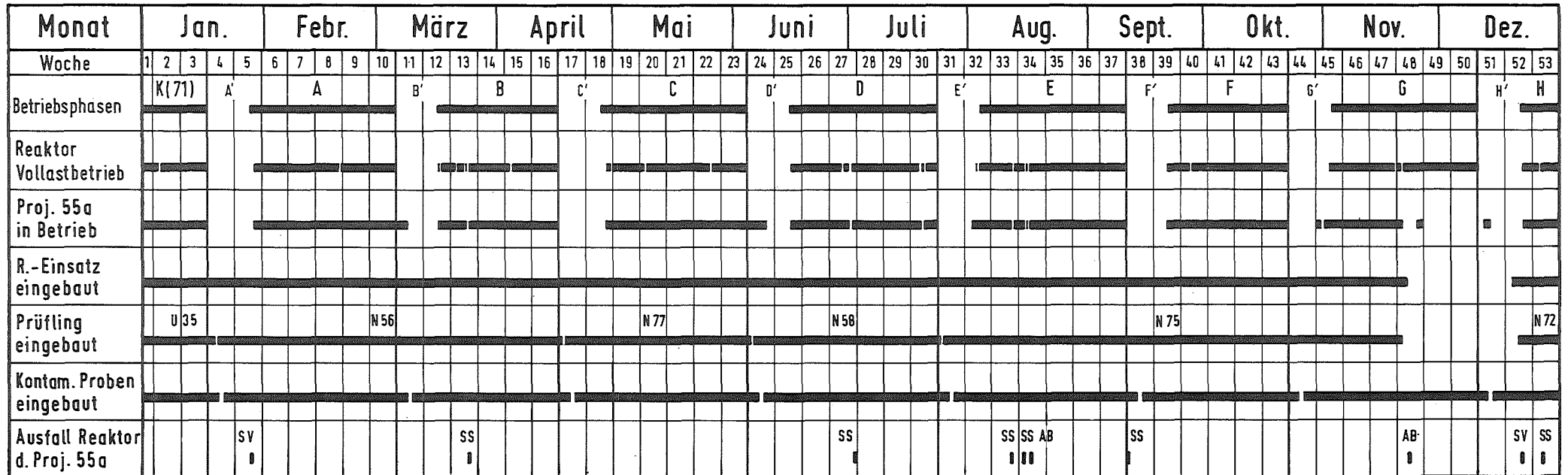
zur experimentellen Nutzung betrieben, davon 6334 h bei einer Reaktorleistung > 43 MW, was einer Vollastverfügbarkeit von 93 % entspricht. Genaue Angaben siehe Abb. 2.10 "Betriebsdiagramm Projekt FR2/55a".

Im Berichtszeitraum wurden 5 Natururan-Oxidprüflinge und 1 auf 35 % angereicherter Oxidprüfling mit Hüllschäden bei Dampfdrücken von 70 bis 160 bar und Temperaturen bis 550°C bestrahlt. Außerdem wurden 126 Korrosions- sowie 314 Depositionsproben eingesetzt und Messungen zur Entwicklung von Hüllschaden - Nachweisanlagen durchgeführt.

Die Prüflingsdaten der bestrahlten Prüflinge sind in Tabelle 2.5 enthalten. Wie aus dieser Tabelle ersichtlich, wurde die freie Leckfläche (Hüllschaden) stufenweise von 1 über 10 auf 90 mm^2 erhöht, um so die Freisetzungsraten den experimentellen Anforderungen anzupassen.

Die experimentelle Nutzung der Anlage erfolgte durch die Institute IRCh/AFTS, LEM und ASS/CH der Gesellschaft für Kernforschung und durch die Fa. Interatom.

Betriebsdiagramm des Projektes FR 2/55a im Jahre 1972



- 40 -

Betriebszeiten

Planmäßige Betriebszeit	6672 h		
Betriebsbereitschaft	6175 h,	entsprechend	93 % der planmäßigen Betriebszeit
Experimentierbereitschaft	6175 h,	entsprechend	93 % " " "
Experimentierzeit	6175 h,	entsprechend	100 % der Experimentierbereitschaft

Ausfall an Reaktor - Betriebszeit durch Projekt FR 2/55a :	107,4 h
Ausfall an Experimentierbereitschaft durch Reaktor-Abschaltungen :	131,9 h
Ausfall an Experimentierbereitschaft durch Projekt-Abschaltungen :	497,0 h

Abb. 2.10

Tabelle 2.5: Prüflingsbestrahlungen im Heißdampfkontaminations-Kreislauf

Prüfl. Nr.:	Brennstoff:	Hüllschaden	Einbau	Ausbau	spez. Leistg. [W/cm]	Dampfdruck [bar]	Durchsatz [kg/h]	Dampf-temp. [°C]
U35	UO ₂ 35 % anger.	1 mm ² in Mitte der Brennstoff- säule	13.12.71	18.01.72	310	70÷160	90÷120	350÷550
N56	U _{nat} O ₂	1 mm ² in Mitte der Brennstoff- säule	18.01.72	17.04.72	41	120/100	120	540
N77	U _{nat} O ₂	10 mm ² (ver- teilt auf den Umfang)	17.04.72	06.06.62	41	70÷160	70÷120	450÷500
N58	U _{nat} O ₂	90 mm ² (ver- teilt auf den Umfang)	07.06.72	25.07.72	41	70÷160	70÷120	450÷500
N75	U _{nat} O ₂	90 mm ² (ver- teilt auf den Umfang)	25.07.72	21.11.72	41	120	110	550
N72	U _{nat} O ₂	90 mm ² (ver- teilt auf den Umfang)	20.12.72	am Jahres- ende noch im System	41	70	100	540

Der Reaktoreinsatz (RE) war am Ende der Betriebsphase H/72 insgesamt 19.469 h im Reaktor, davon 14.160 h bei einer Reaktorleistung > 43 MW. In dieser Zeit wurde der RE 201 Lastwechseln durch Druck oder Temperaturänderungen ausgesetzt. Damit war die im Genehmigungsbescheid für den RE vom 05.03.71 festgelegte Höchstzahl der Lastwechsel von 300 zu 67 % erreicht.

Folgende Tabelle gibt den Lebenslauf des RE im Jahre 1972 wieder.

Tabelle 2.6: Lebenslauf des Reaktoreinsatzes (RE) im Jahre 1972

Datum		Einbauzeit im Reaktor		Last- wechsel	Bemerkungen
von	bis	$N > 43$ MW [h]	gesamt [h]		
19.08.68	18.01.72	7.826	11.076	148	Ende Betriebsphase K/71
18.01.72	17.04.72	1.600	7.416	9	RE im Reaktor mit Prüfling-Nr. N56
17.04.72	06.06.72	859		5	RE im Reaktor mit Prüfling-Nr. N77
07.06.72	25.07.72	897		7	RE im Reaktor mit Prüfling-Nr. N58
25.07.72	21.11.72			23	RE im Reaktor mit Prüfling-Nr. N75
21.11.72	--	---	---	-	Ausbau RE zur Inspektion
19.12.72	--	---	---	-	Einbau RE in Reaktorposition 40/12
20.12.72	29.01.73	912	977	9	RE im Reaktor mit Prüfling-Nr. N72
Σ		14.160	19.469	201	Ende Betriebsphase H/71

Durch den Betrieb des DK-Loops wurden insgesamt

- 6 Reaktorschnellabschaltungen (RSA)
- 2 Reaktor-Startverzögerungen und
- 2 Reaktor-Außerbetriebnahmen

mit einer gesamten Ausfallzeit für den Reaktor von 107,4 h verursacht. Siehe Tabelle 9.2 im Anhang.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Die Störanfälligkeit einzelner Anlagenteile ist stark zurückgegangen. So traten im kontaktlosen Steuersystem nur noch vereinzelte Ausfälle an Bauteilen (Dioden usw.) auf, ansonsten arbeitet es sehr zuverlässig.

Die früher aufgetretenen Schwierigkeiten mit der Dichtheit der Hochdruck-Verschraubungen haben ebenfalls stark nachgelassen, nachdem einmal geöffnete Verschraubungen vor dem Wiederausammenbau einer Spezialbehandlung durch Nachläppen unterzogen werden.

Als weiterhin störanfällig haben sich die Hochdruck-Speisepumpen erwiesen. Anlaß für Störungen waren Membranbrüche und undichte Saug- und Druckventile.

Weitere Störungen wurden verursacht durch ein Folien-Sicherheitsventil am Verdampfer und durch Undichtheiten an den Stopfbuchsen der Hochdruckventile.

Im Einzelnen traten folgende, den Reaktorbetrieb beeinflussende Störungen auf:

- a) Am 23.03.72 fiel die durch einen Bedienungsfehler beim Austausch des Drosselventils A-Ve 312 für die N₂-Zuspeisung, durch einen Lufteinbruch in Kondensator P-Kd2 die Anlage aus, was zu einer RSA führte.
- b) Mehrfach aufgetretene Störungen durch Membranbruch an den Speisepumpen P-Pu 1/2 führten zu einer RSA am 01.07.72. Die Membranen sämtlicher Pumpenköpfe wurden gewechselt.
- c) Eine weitere RSA wurde durch eine Fehlbedienung am 12.08.72 ausgelöst. Die 2-stündliche Kontrollquittierung des Totmann-Knopfes am Leitstand des Heißdampf-Kontaminationskreislaufs war übersehen worden, wodurch eine zeitverzögerte Abschaltung der Anlage eingeleitet wurde.

- d) Am 15.08.72 wurde die Berstscheibe P-Ve103 im Durchgang undicht, damit fiel die automatische Absaugung zwischen Sicherheitsventil P-Ve 102 und Berstscheibe P-Ve 103 aus. Es kam zum Druckaufbau in diesem Leitungstück, der zum Durchbruch der Berstscheibe führte. Die Anlage wurde automatisch abgeschaltet und RSA ausgelöst. Die Berstmembrane und das undichte Sicherheitsventil wurden am 16.08.72 gewechselt. Die gleiche Störung trat nochmals am 26.12.72 auf.
- e) Zum Ende der Betriebsphase E/1972, am 11.09.72, sollte die Anlage und der Reaktor durch die Simulation eines GaU (siehe [17]) des Heißdampf-Kontaminationskreislaufs planmäßig abgeschaltet werden. Bei Vorbereitungsarbeiten fiel jedoch durch eine Fehlbedienung die Anlage aus und der Reaktor wurde ohne Auslösung des GaU abgeschaltet. Die Erprobung der Aufschaltung erfolgte daraufhin am 23.10.72 und 21.11.72.

Größere Reparatur- und Wartungsarbeiten

Folgende Anlagenteile verursachten am häufigsten besondere Wartungs- und Reparaturarbeiten:

Speisepumpe P-Pu1:	4
Speisepumpe P-Pu2:	6
Entspannungsventil P-Ve111:	7 (nach Umkonstruktion keine weiteren Störungen mehr).
Sicherheitsventil P-Ve102:	5
Berstscheibe P-Ve103:	4
Thermoelemente am Druckrohr:	7 (nach Neubestückung des Druckrohres bisher störungsfrei).

An den übrigen Bauteilen traten nur vereinzelt Störungen, wie Undichtheit von Stopfbuchsen, Verstopfen von Filtern, Hängenbleiben von Ventilen und dergleichen auf, alle Reparatur- und Wartungsarbeiten konnten durch die eigenen technischen Gruppen ausgeführt werden.

Funktionsprüfungen

- a) In der 2. Hälfte der Betriebsphase G/1972 wurde der Reaktoreinsatz ausgebaut, das Druckrohr in der Heißen Zelle vermessen und vom TÜV inspiziert. Sämtliche Thermoelemente und die Dichtung zwischen Tauch- und Druckrohr wurden erneuert. Bei der Inspektion ergaben sich keine Beanstandungen.
- b) In den Abschaltphasen A', D', F' und G' wurden die vierteljährlichen Überprüfungen der Aufschaltung der Anlage auf das Reaktor-Schutzsystem durchgeführt.
- c) In der Abschaltphase E' wurde die Aufschaltung der Druckrohrtemperaturen auf das Reaktorschutzsystem überprüft.
- d) In den Abschaltphase F' und G' wurde das Signal- und Meldesystem einschließlich Folgeschaltungen, Verriegelungen und Blockierungen überprüft.
- e) Am Ende der Betriebsphase F und G wurde eine Anlagen- und Reaktorabschaltung durch Auslösen des GAU-Signals bei gleichzeitiger Registrierung der wichtigsten Meßgrößen, durchgeführt.
- f) In Betriebsphase G und Abschaltphase H' wurde das ausgebauten Druckrohr in der Heißen Zelle vermessen und vom TÜV inspiziert. Desgleichen erfolgte eine visuelle Inspektion der Innenwandung folgender Druckbehälter: Vorwärmer, Verdampfer und Überhitzer. Der Verdampfer wurde außen vermessen.

Die Prüfungen verliefen ohne wesentliche Beanstandungen.

2.5 Druckschwerwasserkreislauf

Im Auftrage des Instituts für Material- und Festkörperforschung (IMF) wird ein Druckschwerwasserkreislauf, Projekt FR2/58, betrieben. Der Kreislauf ist mit dem Reaktorkühlsystem verbunden. Er dient der Entwicklung von Brennelementplatten für Hochflußreaktoren.

Auf den zwei zur Verfügung stehenden Reaktorpositionen wurden insgesamt 3 Einsätze mit jeweils 12 dünnwandigen Brennstoffplatten bestrahlt. Der Brennstoff bestand aus einer Dispersion von $U Al_2$ und $U Al_3$ in Al-Matrix in Al-Hülle. Ein Vorläufer dieses Experiments ist das Experiment Proj. FR2/58a. Siehe hierzu Abschn. 2, Kap. 5.2.

Nachfolgende Tabelle gibt Aufschluß über die Bestrahlungsdaten der einzelnen Einsätze (Le).

Tabelle 2.7: Bestrahlungsdaten der Le im Jahre 1972

Einsatz Nr.	Einbau	Ausbau	Reaktor-Position	Bestrahlung		Leistungsabgabe [Mwd]
				bei $N > 10^{-2} N_N$ [h]	bei > 43 MW [h]	
Le9	21.01.71	14.06.72	41/29	9050,72	8759,08	26,62
Le10	04.05.71	--	41/23	10842,28	10497,11	29,84
Le11	14.06.72	--	41/29	3788,17	3682,56	15,91

Die mittleren Einsatzleistungen betragen beim

Le9: 64,1 kW zu Beginn des Jahres und 48,4 kW zum Ausbaupunkt

Le10: 79,0 kW zu Beginn des Jahres und 28,3 kW am Ende des Jahres

Le11: 112,4 kW nach dem Einbau und 90,4 kW am Ende des Jahres.

Zu Beginn des Jahres 1972 waren die zwei zur Verfügung stehenden Reaktorpositionen durch die Einsätze 9 und 10 belegt. Am 14.06.72 wurde planmäßig Le9 aus der Reaktorposition 41/29 ausgebaut und dafür Le11 eingebaut. Der Druckschwerwasserkreislauf war im Berichtszeitraum zu

100 %

genutzt.

Die Durchflußregelungen nach der Kühlmittelaustritts-temperatur der Einsätze waren nur teilweise in Betrieb. Die beabsichtigte Regelung des Kühlmittelmengenstromes nach der Plattentemperatur war nicht möglich, weil die an den Platten befestigten Thermolemente (TE) nur eine verhältnismäßig kurze Lebensdauer aufwiesen.

Der fortschreitende Abbrand der Einsätze - Le10 wurde in-zwischen 15 Reaktorzyklen bestrahlt - machte es notwendig, den Meßbereich der Durchflußmeßzelle des Le10 von $6 \text{ m}^3/\text{h}$ auf $1,5 \text{ m}^3/\text{h}$ zu reduzieren. Diese Maßnahme ermöglicht eine Temperaturkonstanthaltung an den Platten bis zum Zielabbrand von 60 %.

Die Plattentemperaturen wurden bei Veränderung des Kühlmittelmengenstromes unter Berücksichtigung der Einsatzleistung und der Kühlmittellein- und austritts-Temperatur aus Diagrammen ermittelt, die zu einem Zeitpunkt erstellt wurden, als alle TE an den Brennstoffplatten noch in Ordnung waren.

Der Betrieb des Druckschwerwasserkreislaufs verursachte 3 Reaktorabschaltungen von Hand durch Fehler im Kreislaufsystem.

Störungen und besondere Vorkommnisse

- a) Wegen gleichgearteter Schäden an den Magnetventilen im Abgang zur Hüllschadendetektionsanlage mußte der Reaktor am 30.04.72 und 29.06.72 von Hand abgeschaltet werden. Während des Reaktorbetriebes wurden über die Tritium-Raumüberwachungsanlage im Kreislaufraum des Experimentes (Raum 209) geringe Schwerwasserverluste (D_2O) detektiert. Eine sofort durchgeführte Untersuchung ergab Risse an den Einschraubgewinden der Ankerführungsrohre in den Ventiloberteilen. Das Auftreten der Risse wurde durch die Betriebsbedingungen (max. 7 bar Kreislaufdruck) und den verwendeten nicht stabilisierten Werkstoff 43/05 (X12 Cr Ni S 188) begünstigt. Die Angaben des Herstellers waren, wie eine Überprüfung der Unterlagen ergab, für dieses Bauteil nicht korrekt. Sie wiesen für diese Stelle den kohlenstoffstabilisierten Werkstoff 43/01 (X5 Cr Ni 189) aus. Nach der zweiten Störung wurden Ventile mit Bauteilen des zuletzt genannten Werkstoffs eingebaut, die danach keine Störungen mehr zeigten.
- b) Am 21.09.72 mußte der Reaktor, bei einer Anfahrleistung von 34 MW, von Hand abgeschaltet werden, weil eine D_2O -Leckage an der Rücklauf-Schnellkupplung des Le 11, im Deckelumgang des Reaktors auftrat. Die Leckage wurde über die Tritium-Raumüberwachungsanlage und den Feuchtefühler an der Kupplung gemeldet. Ursache der Störung war eine fehlerhafte Montage bei dem routinemäßig durchgeführten O-Ringwechseln. Der O-Ringdichtring war beim Stecken der Kupplung beschädigt und durch die Erwärmung bei der Reaktorleistungserhöhung über eine Länge von rd. 10 mm aus der Führungsnaht herausgedrückt worden.

Größere Reparatur- und Wartungsarbeiten

Die Schnellkupplungen, mit denen die Einsätze des Experiments mit dem Kühlmittleitungsnetz verbunden sind, verursachten neben Störungen des Reaktorbetriebes auch einen erheblichen Wartungsaufwand. Das Dichtmaterial in den Kupplungen unterlag, bedingt durch den Kreislaufdruck von 25 bar und der Betriebstemperatur von 120°C, plastischen Verformungen und führte damit zu Undichtheiten. Außerdem wurden die Flachdichtungen auf den Kegeln der Kupplungen, stark angegriffen. Teilweise verursachten Dichtungsreste Durchflußstörungen der Hülschadenüberwachungsanlage.

Da kein geeigneteres Dichtmaterial zur Verfügung stand, wurden alle Dichtungen routinemäßig in jeder Abschaltphase gewechselt. Diese Maßnahme hat sich gut bewährt.

Funktionsprüfungen

Die Aufschaltung der sicherheitstechnisch wichtigen Meßstellen des Experiments auf das Reaktorschutzsystem des FR2 wird in jeder Abschaltphase vor dem Reaktorstart geprüft. Es ergaben sich keine Beanstandungen.

3. Strahlrohrexperimente

Der FR2 hat 16 Strahlrohrausgänge. Sieben Strahlkanäle (R1-R7) enden im Reflektorbereich des Reaktors, drei sind durchgehende Kanäle mit insgesamt 6 Strahlrohrausgängen, wobei zwei Kanäle (D1 und D2) nahe der Reaktormitte vorbeiführen und ein Kanal (T) den Reaktorkern tangiert. Von den ehemals drei bis zur Reaktormitte führenden Strahlrohrkanälen C1-C3 wurde der C1-Kanal im Jahre 1967 wegen eines Lecks an einer Schweißnaht im Reflektorbereich abgeschnitten und mit einem überwachten Dichtstopfen verschlossen (siehe [3]). Dieser Strahlrohrausgang ist für den Experimentierbetrieb nicht nutzbar.

Der D1-Kanal ist mit einer pneumatischen Isotopenrohrpostanlage (vgl. Abschn. 2, Kap. 1.3) ausgerüstet und deshalb wie der Westausgang des D2-Kanals, der nahe am Ausgang des C2-Kanals liegt und durch dessen Versuchsaufbauten blockiert ist, für Strahlrohrexperimente nicht genutzt.

Von den Strahlkanälen der Thermischen Säule wurde nur der SO-Kanal für Strahlrohrexperimente genutzt. An den Kanälen Th_{ost} und Th_{west} wurde wegen der geringen Neutronenflußdichte kein Experimentierbetrieb durchgeführt.

Von den verfügbaren Strahlrohrausgängen, einschließlich der Strahlrohre der Thermischen Säule, waren bis zu 13 Strahlrohrausgängen mit bis zu 19 Versuchsanordnungen von 14 Experimenten belegt. Damit waren alle sinnvoll nutzbaren Strahlrohrausgänge durch Experimente genutzt.

Eine Übersicht über die Anordnung der Strahlkanäle und Strahlrohrexperimente am FR2 gibt Abb. 2.11. Die Abbildung zeigt auch die Mehrfachnutzung einiger Kanäle. So werden durch Aufteilung des Neutronenstrahls am R5-Kanal drei Experimente und am R2- und R3-Kanal je zwei Experimente betrieben. Der R7-Kanal besitzt einen Stopfen mit zweifacher Strahlführung und ist mit drei Versuchsanordnungen eines Experimentes belegt. Die Fertigung eines ähnlichen Stopfens wie in R7 wurde auch für den R1-Kanal in Auftrag gegeben.

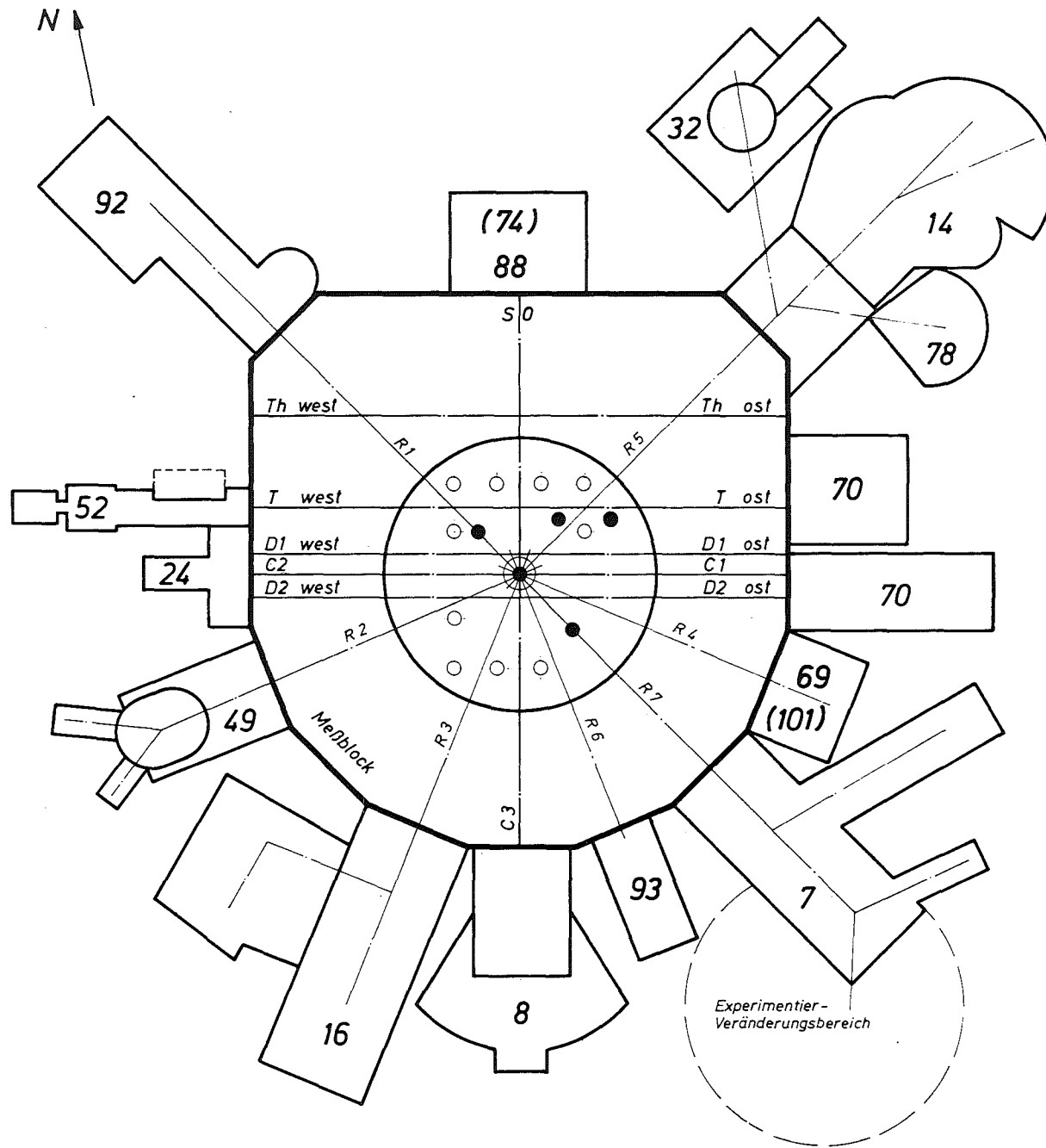
Die Mehrheit der Strahlrohrexperimente dient der Grundlagenforschung; deren Hauptziele sind:

Untersuchungen zur Kernstruktur an mittelschweren sphärischen und deformierten Kernen,

Untersuchung der atomaren Bewegungsvorgänge in Festkörpern und Flüssigkeiten mittels inelastischer Neutronenstreuung,

Untersuchung der Gitterstruktur von Kristallen und Verbindungen durch Neutronenstreuung,

Untersuchung magnetischer Erscheinungen in Übergangsmetallen und Legierungen,



Strahlrohrexperimente am
Forschungsreaktor FR 2

Stand: Dezember 1972

Untersuchungen über die Eigenschaften angeregter
Kernzustände und

Messung der Phononenzustandsdichte in Hochtempera-
tursupraleitern.

Daneben werden zwei besonders anwendungsorientierte Experi-
mentiereinrichtungen im Rahmen des Projektes Spaltstoff-
flußkontrolle betrieben.

Um eine bessere Nutzung der Reaktorvollastbetriebszeiten
durch die Strahlrohrexperimente zu erreichen, sind diese, so-
weit möglich, mit vollautomatischen Programmsteuerungen ausge-
rüstet, deren Befehle über Lochstreifen eingegeben werden.
Die Meßdaten und Meßparameter werden ebenfalls automatisch
über Lochstreifen und Drucker oder über den Experimenten
zugeordnete Einzelrechner bzw. über die integrierte Doppel-
rechneranlage MIDAS (siehe [4]) erfaßt.

Der Betrieb vieler Experimentiereinrichtungen verläuft so
störungsfrei, daß erwogen wird, zur verbesserten Nutzung
einzelner Anlagen, Neutronenbeugung als Auftragsforschung
für externe Unternehmen durchzuführen. Die Neutronenbeugung
ist für eine ganze Reihe von Strukturuntersuchungen von
Festkörpern besser geeignet als die Röntgenbeugung bzw.
sie tritt als Ergänzung der Röntgenbeugung in den Fällen
auf, wo diese Methode versagt.

Im einzelnen wurden im Jahre 1972 folgende Strahlrohrex-
perimente betrieben:

3.1 Proj. FR2/7 (Experimentator: IAK)

Das Experiment besteht aus drei voneinander getrennten
Spektrometern, die vor dem R7-Kanal aufgebaut sind: Einem
Drehkristallspektrometer zur Untersuchung der Gitterdynamik
von Hochtemperatur-Supraleitern aus intermetallischen Ver-
bindungen mit A-15-Struktur (siehe [5]), einem Flugzeit-
spektrometer zur Bestimmung der Phononen-Dispersion von
Festkörpern (siehe [6]) und einem Zweiachsenspektrometer
zur Justierung und Untersuchung von Streuproben, die bei
anderen Experimenten eingesetzt werden sollen, auf einwand-
freie Gitterstruktur und Verunreinigungen.

3.2 Proj. FR2/18 (Experimentator: IAK)

Vor dem C3-Kanal wurden am Dreiachsenspektrometer die Untersuchungen der elastischen und inelastischen Streuungen von Neutronen an Einkristallen weitergeführt. Außerdem wurden die Phononen-Dispersionen von Einkristallen bestimmt.

3.3 Proj. FR2/14 (Experimentatoren: MPI-Stuttgart, Uni Frankfurt, Uni Tübingen)

Die Neutronenbeugungsanlage vor dem R5-Kanal wurde hauptsächlich von externen Benutzern zur Strukturuntersuchung flüssiger Legierungen durch elastische Streuung mit thermischen Neutronen genutzt (siehe [7 und 8]). Die im Vorjahr durch das IAK begonnenen Experimente zur Bestimmung der lokalen Spindichterverteilung in ungeordneten Ni-Ma-Legierungen wurden fortgesetzt.

3.4 Proj. FR2/16 "Kalte Quelle": (Experimentatoren: IAK, 1.Phys. Inst. Heidelberg)

Betriebsdaten und Untersuchungsziele der vor dem R3-Kanal betriebenen Strahlrohrexperimente siehe Abschn. 2, Kap. 2.2 und [9 und 10].

3.5 Proj. FR2/24: (Experimentator: IAK)

Das vor dem C2-Kanal aufgebaute Multidetektorexperiment CONCA (Combined Neutron Capture Apparatus) konnte wegen Reparaturarbeiten am Stoßdämpfer der Rohrpostanlage im D_{west}-Kanal (siehe Abschn. 2, Kap. 13) in der Betriebsphase C/72 nicht betrieben werden. Nach Wiederaufbau des teilweise demontierten Strahlrohrexperimentes wurden die kernphysikalischen Untersuchungen mit thermischen Neutronen weitergeführt.

3.6 Proj. FR2/32: (Experimentatoren: Uni Frankfurt, Uni Tübingen)

Diese Neutronenbeugungsanlage ist ebenfalls vor dem R5-Kanal aufgebaut und wurde hauptsächlich von externen Benutzergruppen zur Bestimmung der Wasserstofflage in verschiedenen Substanzen genutzt.

3.7 Proj. FR2/44:

Der Betrieb der Isotopenrohrpostanlage im D1-Kanal ist in Abschn. 2, Kap. 1.3 beschrieben.

3.8 Proj. FR2/49: (Experimentator: TH Darmstadt)

Das Experiment besteht aus einem Zweikreisdiffraktometer für Pulvermessungen und einem Vierkreisdiffraktometer für Messungen an Einkristallen. Beide Anlagen sind nebeneinander vor dem R2-Kanal aufgebaut und können gleichzeitig betrieben werden. Die hier durchgeführten festkörperphysikalischen Untersuchungen an Einkristallen und nicht als Einkristall vorliegenden Festkörpern sowie Pulvern wurden ausschließlich durch die Neutronenbeugungsgruppe der TH-Darmstadt durchgeführt.

3.9 Proj. FR2/52: (Experimentator: IAK)

Das vor dem T_{west}-Kanal aufgebaute Anti-Compton-Spektrometer (siehe [11]) wurde im Februar 1972 zum HFR nach Grenoble übersiedelt.

Das (n,γ)-Fission-Experiment wurde für Kernstrukturuntersuchungen an Schalenmodell-, Übergangs- und deformierten Kernen (siehe [12]) am gleichen Bestrahlungskanal weiterbetrieben. Der Experimentierbetrieb wurde durch die Reparaturarbeiten an der Isotopenrohrpostanlage (siehe Abschn. 2, Kap. 1.3) stark beeinflusst.

3.10 Proj. FR2/69: (Experimentator: IAK)

Für evtl. erforderliche Nachmessungen blieb das Mehrparameterexperiment vor dem R4-Kanal bis zur Abschaltphase H/72 aufgebaut. Nachdem keine Nachmessungen erforderlich wurden, konnte diese Anlage abgebaut und mit dem Aufbau eines neuen Strahlrohrexperimentes, einem Spektrometer für diffuse Neutronenstreuung an magnetischen Proben, das die Experiment-Nr. Proj. FR2/101 erhält, begonnen werden.

3.11 Proj. FR2/70: (Experimentator: IAK)

Im Rahmen des Projektes Spaltstoffflußkontrolle wurden zwei anwendungsorientierte Experimente betrieben.

Vor dem D₂ost-Kanal wurden Messungen der prompten Einfang- γ -Strahlung und der verzögerten γ -Strahlung nach (n, γ)-Reaktion spaltbarer Nuklide zur quantitativen Spaltstoffbestimmung über den Einfang von thermischen Neutronen durchgeführt.

Der zweite Versuchsaufbau befindet sich vor dem Nachbarstrahlrohrkanal T_{ost}. Er besteht aus einem Scandiumfilter, welches aus dem Neutronenspektrum des FR2 epithermische Neutronen mit einer Energie von 2 keV ausfiltert, die zur Untersuchung der Einfang- γ -Strahlung von U235 und Pu239 auf Targets dieses Materials geleitet werden.

3.12 Proj. FR2/74: (Experimentator: INR)

Das Uranblockexperiment vor dem SO-Kanal der Thermischen Säule wurde im Jahre 1972 abgeschlossen, ausgewertet und unter [13] veröffentlicht. Vor diesem Kanal wurde im Berichtszeitraum ein neues Experiment (siehe Abschn. 2, Kap. 3.14) aufgebaut und betrieben.

3.13 Proj. FR2/78: (Experimentator: Uni Frankfurt)

Dieses Pulverdiffraktometer wurde als drittes Strahlrohrexperiment neben Proj. FR2/14 und FR2/32 vor dem R5-Kanal betrieben. Die Anlage wurde von der Uni Frankfurt zur Untersuchung von Temperaturfaktoren mit elastisch gestreuten Neutronen genutzt.

3.14 Proj. FR2/88: (Experimentator: RBT/Ph)

Für den FR2 wird der Bau einer Neutronenradiografieanlage zur Untersuchung kompletter hochradioaktiver Reaktoreinsätze geplant. Zur Gewinnung von Auslegungsdaten wurden am SO-Kanal der Thermischen Säule mit einer Versuchsanlage für inaktive Objekte eingehende Parameterstudien (z.B. Einfluß der Kollimatoren und des Konverter- und Filmmaterials

auf Belichtungszeit und Abbildungsqualität, optimale Konverterdicke) durchgeführt. Die Arbeiten beschränkten sich auf das indirekte oder Aktivierungsverfahren, da nur diese Aufnahmetechnik völlig unempfindlich für die Objekteigenstrahlung ist. Die Versuche führten zur Aufstellung von Betriebsdiagrammen und Nomogrammen für die geplante Anlage. Ferner zeigten vergleichende Aufnahmen, die von verschiedenen Testobjekten einerseits mit der Neutronenradiografieanlage, andererseits mit einigen Röntgengeräten und einem 18 MeV-Betatron gewonnen wurden, daß die Neutronenradiografie bei inaktiven Objekten eine erstrebenswerte Ergänzung der übrigen Verfahren darstellt, während sie bei kompletten hochradioaktiven Objekten die optimale zerstörungsfreie Abbildungsmethode ist. Parallel zu diesen Versuchen wurden verschiedene Konstruktions- und Aufbauvarianten auf ihre Durchführbarkeit und Eignung untersucht. Dabei wurden die verschiedenen Bewegungsmechanismen und die Einwirkungen auf den übrigen Betrieb im Zusammenhang mit dem Aufstellort gegenübergestellt sowie die Kosten und Gewichte verglichen.

3.15 Proj. FR2/92: (Experimentator: IAK)

Mit dem Strukturspektrometer hoher Auflösung vor dem R1-Kanal wurden Untersuchungen zum Phasenübergang kubisch-tetragonal an Nb_3Nn , Nb_3Al und Nb_3Ca nach verschiedenen Vorbehandlungen der Proben durchgeführt. Hinzu kam ein Meßprogramm zur Bestimmung der Phononenzustandsdichten von Hartstoffen mit NaCl-Struktur.

3.16 Proj. FR2/93: (Experimentator: IAK)

Am R6-Kanal wurde ein Kristall-Doppelmonochromator aufgebaut und in Betrieb genommen. Mit dieser Versuchsanordnung sollen Messungen zur Bestimmung der Phononendispersion in Kristallen durchgeführt werden.

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

80 % der Strahlrohrausgänge waren von den internen Benutzern IAK und INR belegt. Die restlichen 20 % entfielen auf 5 externe Benutzer, von denen jedoch durch Mehrfachnutzung der Strahlrohrausgänge rd. $1/3$ der Experimentiereinrichtungen betrieben wurden.

Die Tabelle 2.8 gibt einen Überblick über die Strahlrohrbelegung, wobei die Nutzung auf Reaktorleistungsbetrieb $N > 10^{-3} N_N$ bezogen wurde.

Die unterschiedliche Nutzung ist hauptsächlich auf Auf- und Umbauarbeiten, störungsbedingte Ausfälle sowie Eich- und Testmessungen der Anlagen zurückzuführen. An diesen Arbeiten bzw. Störungsbehebungen und bei der Abwicklung des Experimentierbetriebes war RBT durch verschiedene Dienstleistungen beteiligt.

Tabelle 2.8: Strahlrohrbelegung im Jahre 1972

Kanal	Proj.Nr.	Strahlenschieber offen [d]	rel. Nutzung bezogen auf Leist.-Betr. $N > 10^{-3} N_N$ [%]	Bemerkungen Projektbezeichnung Auftraggeber	Haupt- Experimentator
C1	-	-	-	ehem. Coretankleck, Kanal nicht nutzbar	
C2	24	224	80,4	Multidetektorexperimente	IAK
C3	8	186	66,7	Einkristallspektrometer	IAK
R1	92	169	60,6	Strukturspektrometer	IAK
R2	49	271	97,2	Neutronenbeugungsanlage	TH Darmstadt
R3	16	229	82,1	Kalte Neutronenquelle	IAK, I.Phys.Inst. Heidelberg
R4	69	0	0	Mehrparameterexperiment (blieb f. evtl. Nachmessungen aufgebaut)	IAK
R5	14	271	97,2	Neutronenbeugungsanlage	MPI Stuttgart Uni Tübingen Uni Frankfurt
	32	268	96,1	Neutronenbeugungsanlage	Uni Tübingen Uni Frankfurt
	78	248	88,9	Pulverdiffraktometer	Uni Frankfurt
R6	93	18	6,5	Doppelmonochromator	IAK
R7	7	274	98,3	Drehkristallspektrometer Flugzeitspektrometer Zweiachsenspektrometer	IAK
D1	44	-	-	siehe Isotopenrohrpostanlage	div.
D ₂ ost	70	196	70,3	Spaltstoffflußkontrolle	IAK
T _{ost}		177	63,5	Scandiumfilter	
T _{west}	52	76	27,3	shape-isomere-Exp.	IAK
S0	74	20	7,2	Uranblockexperiment	INR
	88	90	32,3	Neutronenradiographie	RBT/Ph
Th _{west}	-	-	-	z.Zt. nicht genutzt	

4. Kapselexperimente

Zu den Kapselexperimenten zählen verschiedenartige, instrumentierte Versuchseinsätze (KVE), die wie Brennelemente aus dem Verteilerboden des Reaktors mit Schwerwasser (D_2O) gekühlt werden. Ziel dieser Experimente in den vergangenen Jahren waren hauptsächlich Abbrandbestrahlungen. Jetzt werden in zunehmendem Maße KVE mit spezifischen Aufgabenstellungen wie

Untersuchung des Brennstoffkriechverhaltens bei unterschiedlicher Brennstoffzusammensetzung,

Untersuchung des Brennstoffverhaltens bei hohen Temperaturen,

Untersuchung des Schwellverhaltens verschiedener Brennstoffe

bestrahlt (siehe [14]).

Eine Übersicht über die Einteilung der Kapselexperimente gibt folgende Tabelle.

Tabelle 2.9: Übersicht Kapselexperimente im FR2

Proj.-Nr. FR2/...	Anzahl KVE	Versuchs- gruppe	Kapsel- Typ	Kapsel- Bauart	Brennstoff	Versuchsaufgabe
73b	1	IMF/D	6a	NaK/Mo/ He-Spalt	UN	Kriechkapseln (qualitativ)
73d	1	IMF/E (PSB)	8	Na/Ne	UO ₂	Kriechkapseln (quantitativ) mit Wegaufnehmer
	5	IMF/E (PSB)	8	NaK/He	UO ₂ -PuO ₂	
	1	IMF/E (PSB)	8	NaK/Ne	UO ₂ /UN	
77	1	IMF	6	Mo/He- Spalt	UN	Hochtemperaturbestrahlung
86	4	PSB/6A	7	NaK	UC-PuC	Hochleistungsbrennstäbe
	2	PSB/6C	7	NaK	UC-PuC	
96	1	IMF	9/I	Druckschwell- kapsel	UN	Schwellkapseln
	1	IMF	9/II	Druckschwell- kapsel	UO ₂	

Seit Beginn der Kapselversuchseinsatzbestrahlungen im Jahre 1965 waren bis Ende 1972 rd. 110 KVE der verschiedensten Typen im FR2 eingesetzt. Dabei wurden Abbrände bis zu 120.000 MWD/t Uran bei den reinen Abbrandbestrahlungen des Kapselexperimentes Proj. FR2/36.3 (siehe [17]) erreicht. Die längste Bestrahlungszeit eines KVE erstreckte sich über 23 Reaktorzyklen $\hat{=}$ 2,4 Jahre.

Zu Jahresbeginn befanden sich 4 KVE im Reaktor. Dieser niedrige Stand wurde mit 2 KVE in der Betriebsphase C/72 nochmals unterschritten, da einige KVE unplanmäßig (störuungsbedingt) aus dem Reaktor ausgebaut werden mußten. Bis zum Jahresende stieg die Anzahl der eingebauten KVE auf 7. Im Berichtszeitraum wurden 13 KVE zu- und 10 KVE ausgeladen, wobei 5 Ausladungen unplanmäßig erfolgten. Siehe dazu Tabelle 2.10.

Einen Überblick über die im Jahre 1972 gleichzeitig im Reaktor bestrahlten KVE gibt folgende Abbildung.

Abb.: 2.12: Kapselversuchseinsätze im Reaktor

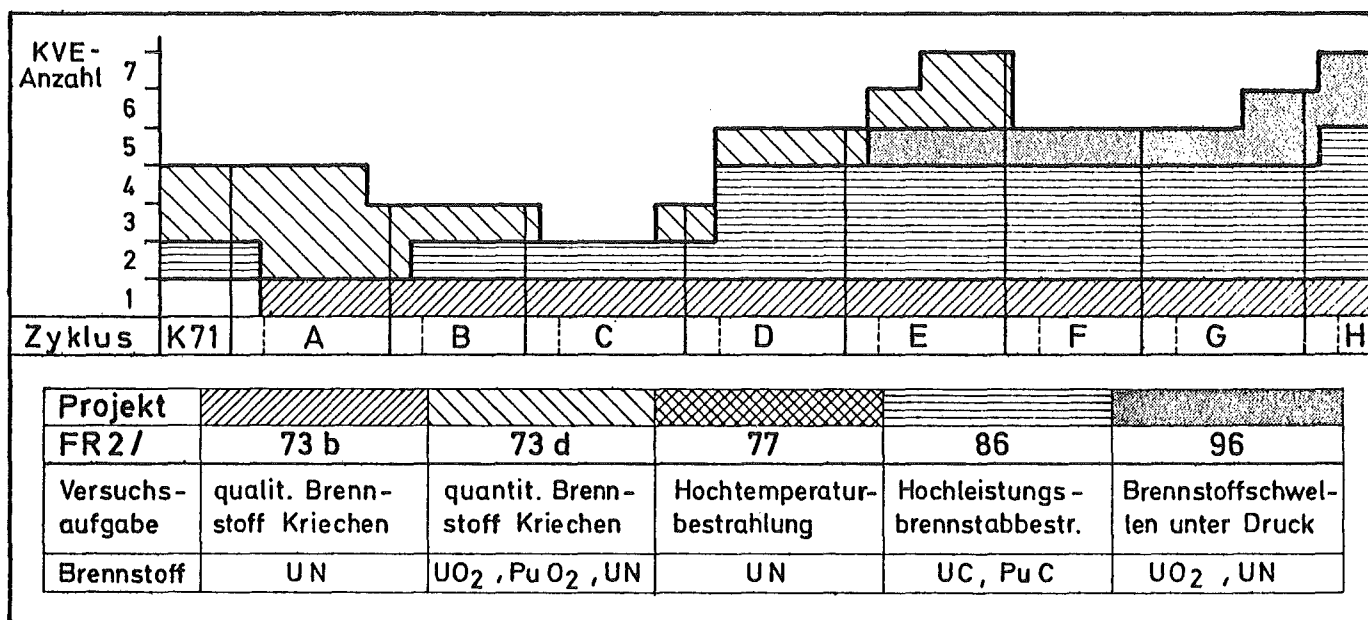


Tabelle 2.10: Beladung des Reaktors mit Kapselversuchseinsätzen im Jahre 1972

Proj. Nr. FR2/...	KVE lfd.Nr.	Versuchsgruppe	Kapsel-Typ	Anzahl der Prüflinge	Bestrahlungszeit		Reaktorzyklen	Abbrand Mwd/t _U	Bemerkungen	
					Einladung Tag	Ausladung Tag			Ausbau	Ausbaugrund
73b	97	IMF/D	6a	2	26.01.72	---	8	44 000	---	---
73d	95	IMF/E	8	2	27.08.71	10.03.72	5	50 000	planmäßig	Versuchsziel erreicht
	96	IMF/E	8	2	11.10.71	10.03.72	4	48 000	unplanmäßig	Wegaufnehmer defekt
	98	IMF/E	8	2	26.01.72	20.02.72	1	9 000	unplanmäßig	vermutlich Probenkapsel defekt
	100	IMF/E	8	2	15.03.72	21.04.72	1	11 500	unplanmäßig	Wegaufnehmer defekt
	101	IMF/E	8	2	26.05.72	01.08.72	1,3	19 000	unplanmäßig	Wegaufnehmer defekt
	105	IMF/E	8	2	01.08.72	14.09.72	1	15 000	planmäßig	Versuchsziel erreicht
	107	IMF/E	8	2	16.08.72	15.09.72	0,7	8 000	unplanmäßig	Wegaufnehmer defekt
77	88	IMF	6	1	11.11.70	25.01.72	11	30 800	planmäßig	Versuchsziel erreicht
86	94	PSB/6A	7	1	27.08.71	26.01.72	4	16 500	planmäßig	Versuchsziel erreicht
	99	PSB/6A	7	1	10.03.72	25.10.72	5	26 000	planmäßig	Versuchsziel erreicht
	102	PSB/6A	7	1	13.06.72	---	5	30 500	---	---
	103	PSB/6A	7	1	13.06.72	---	5	24 400	---	---
	108	PSB/6C	7	1	25.10.72	---	2	10 500	---	---
	110	PSB/6C	7	1	15.12.72	---	1	5 000	---	---
96	106	IMF	9/I	3	01.08.72	---	4	20 000	---	---
	109	IMF	9/II	3	21.11.72	---	1,5	13 000	---	---

Besonders zu erwähnen ist der erstmalige Betrieb von 2 Versuchseinsätzen mit Schwellkapseln des Experimentes FR2/96. Weitere Kapselexperimente sind in Vorbereitung.

Im Berichtszeitraum wurden 5 verschiedenartige Kapselexperimente betrieben, deren Bestrahlungszeiten aus Abb. 2.13 ersichtlich sind. Auf das Reaktorschutzsystem des FR2 waren die Temperaturgrenzwerte der Kapselexperimente Proj. FR2/73b und FR2/86 aufgeschaltet. Sie verursachten 1 Reaktorschnellabschaltung, 1 Leistungsrücknahme und 2 störungsbedingte Reaktorabschaltungen von Hand, was einen Ausfall an Reaktorvollastbetriebszeit von 15,02 h zur Folge hatte. Siehe dazu Tabelle 9.2 und 9.3 im Anhang.

Zu den einzelnen Kapselexperimenten kann folgendes gesagt werden:

4.1 Kapselexperiment Proj. FR2/73b

Aus dieser Versuchsreihe wurde 1972 der letzte KVE mit der lfd.Nr. 97 durchgehend bestrahlt. Es handelt sich um eine Kriechkapsel zur qualitativen Untersuchung des Brennstoffkriechens von Uran-Nitrid (UN). Der Einsatz ist mit Kapseln unterschiedlicher Beladung (Brennstoffgewicht-, dichte-, länge und -Tablettenform) bestückt. Die Stabileistungen betragen max. 600 W/cm. Der KVE verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes.

4.2 Kapselexperiment Proj. FR2/73d

Diese Bestrahlungen instrumentierter Brennstoffkriechkapseln (siehe [15]) wurden im Rahmen des Projektes Schneller Brüter (PSB) durchgeführt. Bisher wurden insgesamt 15 KVE dieser Versuchsreihe im FR2 bestrahlt. In einem Einsatz befinden sich 2 Probenkapseln, die mit je einem elektromagnetischen Wegaufnehmer ausgerüstet sind. Die Einrichtung erlaubt während der Bestrahlung Längenänderungen an Brennstofftablettenstapeln, die unter einer definierten mechanischen Belastung stehen, kontinuierlich zu messen. Der Brennstoff, bestehend aus UO_2 -, UO_2 - PuO_2 - oder UO_2 /UN-Ringpellets mit Molybdänzwischenplättchen, ist in Na- bzw. NaK-gefüllten

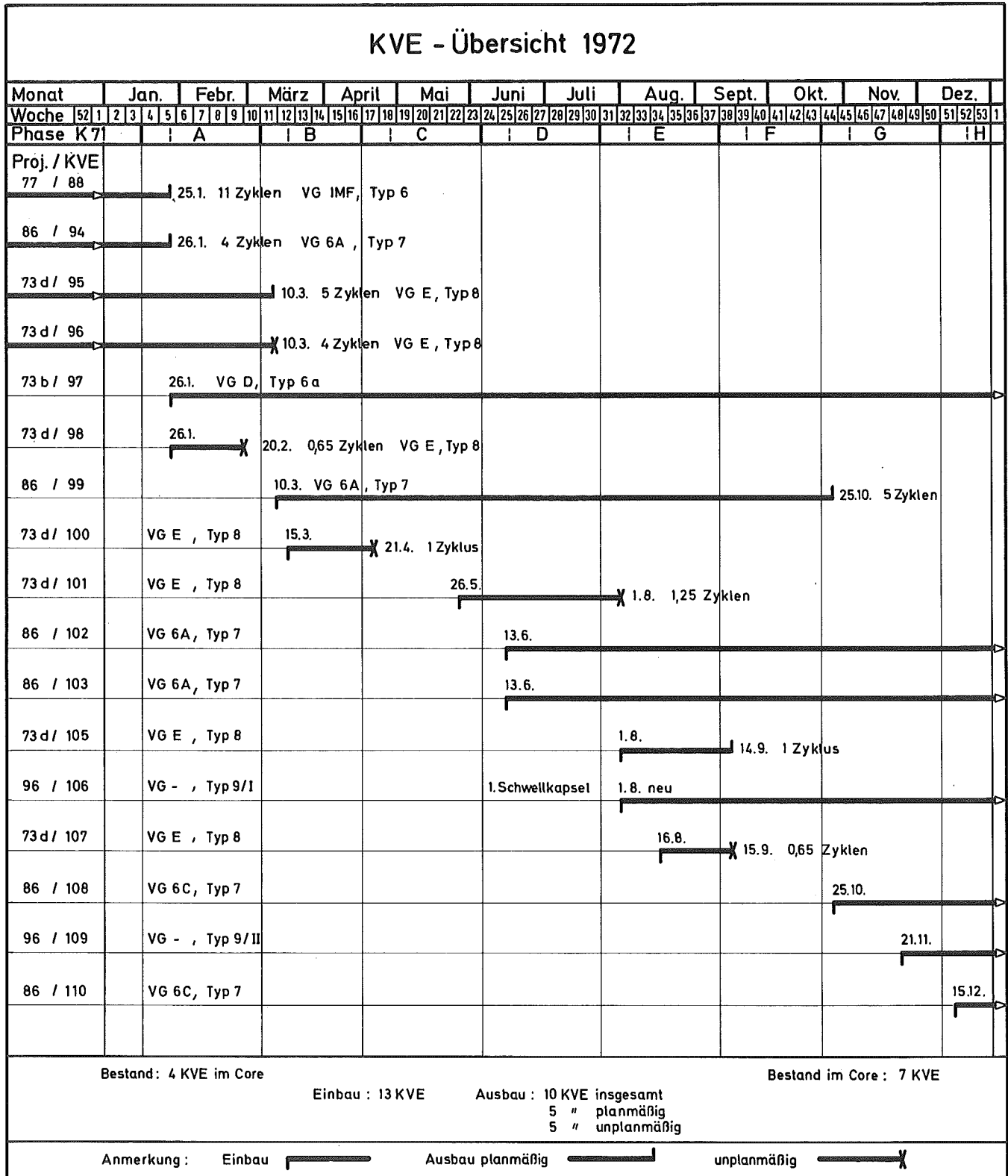


Abb. 2.13

Probenkapseln untergebracht. Die Einstellung der Brennstoffbelastung erfolgte über den Gasdruck (max. 35 bar) in der He- oder Ne-gefüllten, die Probenkapsel umschließenden Bestrahlungskapsel. Gleichzeitig dient der Gasspalt zur Wärmeabfuhr der mit 600 W/cm belastbaren Prüflinge.

Im Berichtszeitraum wurden 5 KVE dieses Experimentes in den Reaktor ein- und 7 KVE ausgeladen. 5 der Ausladungen mußten unplanmäßig vorgenommen werden. Dazu mußte der Reaktor 2 mal von Hand abgeschaltet und 1 mal die Reaktorleistung zurückgenommen werden, wodurch ein Ausfall an Reaktorvollastbetriebszeit von 11,19 h entstand. Am Ende des Jahres war kein KVE dieses Experimentes mehr im Reaktor. Es wird aber im nächsten Jahr mit neuen Versuchseinsätzen gerechnet.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Als sehr störungsanfällig erwiesen sich die Wegaufnehmer. Wegen defekter Wegaufnahme in beiden Probenkapseln wurden die KVE lfd.Nr. 96 am 10.03.72, lfd.Nr. 101 am 01.08.72 und lfd.Nr. 107 am 15.09.72 unplanmäßig aus dem Reaktor ausgebaut. Eine Weiterbestrahlung war nicht sinnvoll, da Längenänderungen des Brennstoffs nicht mehr registriert wurden. Die gleiche Störung trat am KVE lfd.Nr.100 auf. Dieser KVE war am 15.03.72 in den Reaktor eingesetzt worden. Nach der Reaktorleistungserhöhung auf 44 MW zeigte sich, daß die gewünschten Temperaturen nicht erreicht wurden. Daraufhin erfolgte am 04.04.72. eine Handabschaltung des Reaktors und eine Umsetzung des KVE auf eine "heißere" Reaktorposition. Auf dieser Position wurde innerhalb weniger Tage der gesamte Meßbereich der Wegaufnehmer durchfahren, so daß der KVE am 21.04.72 vorzeitig aus dem Reaktor ausgebaut werden mußte, weil keine verwertbaren Meßergebnisse mehr geliefert wurden. Der häufige Ausfall der Wegaufnehmer wurde bei Probenkapseln mit reinem UO_2 -Brennstoff nicht beobachtet.

Eine weitere Beeinträchtigung des Reaktorbetriebes wurde durch den KVE lfd.Nr. 98 verursacht. Die Temperaturen dieses KVE waren nach der Reaktorleistungserhöhung zu Beginn der Betriebsphase A/72 unerklärlich hoch, sie konnte aber durch geeignete Trimmung des Reaktors in zulässigen Grenzen gehalten werden. Am 20.02.72 wurden die zulässigen Temperaturen überschritten. Zunächst wurde die Reaktorleistung reduziert. Da aber Verdacht auf einen Defekt der Probenkapsel bestand, wurde der Reaktor von Hand abgeschaltet und der KVE aus dem Reaktor ausgebaut. Die Reaktorabschaltung wurde gleichzeitig zum Ausbau des Isotopenkanal-Tauchrohres aus Reaktor-Pos. 53/09 genutzt (siehe Abschn. 4, Kap. 4).

4.3 Kapselexperiment Proj. FR2/77

Die UN-Bestrahlungen im Rahmen des PSB wurden mit dem Ausbau des KVE lfd.Nr. 88 am 25.01.72 planmäßig abgeschlossen. Die Versuchsreihe diente der Untersuchung des Verhaltens von UN-Brennstoff bei Zentraltemperaturen 1200°C und Brennstableistungen von 1300 W/cm (siehe [16]).

Das Experiment verursachte keine Störung des Reaktorbetriebes.

4.4 Kapselexperiment Proj. FR2/86

Im Rahmen des PSB werden seit 1971 Mischkarbidbestrahlungen durchgeführt. Der Kernbrennstoff liegt als UC-PuC in Tablettenform in einer einwandigen NaK-Kapsel vor. Da es sich bei diesem Versuch um Hochleistungsbrennstäbe handelt, ist eine Stabbelastung bis 1150 W/cm vorgesehen.

Das Experiment läuft als Parametertest, bei dem das Schwellverhalten des Brennstoffs, die Spaltgasfreisetzungsrates und die Verträglichkeit zwischen Hülle und Brennstoff untersucht werden soll.

Wegen der bei einem Kapselleck möglichen Reaktion zwischen dem NaK und dem D₂O im Reaktor wurde ein besonderes Handhabungsverfahren für KVE mit einwandigen NaK-Kapseln festgelegt. Ferner wurden Zusatzinstrumentierungen im D₂O-System eingebaut.

Durch das Experiment wurde der Reaktorbetrieb durch eine Schnellabschaltung (RSA) mit 3,83 h Ausfall an Reaktorvollastbetriebszeit gestört. Der Ausfall wurde durch eine kurzzeitige Störung der Temperaturmessung des KVE lfd.Nr. 99 hervorgerufen.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Der KVE lfd.Nr. 99 wurde am 10.3.1972 erstmals in den Reaktor eingebaut. Am 17.3.1972 stiegen zwei der drei auf das Reaktorschutzsystem geschalteten Temperaturmeßstellen (8 und 9) plötzlich über ihren oberen Grenzwert an und lösten eine RSA aus. Eingehende Prüfungen der Meßstellen und Thermoelemente (TE) ergaben keinen Fehler. Zur Kontrolle wurden zusätzlich Linienschreiber eingesetzt, die aber nach einer Reaktorleistungserhöhung auf 44 MW keine ungewöhnlichen Temperaturänderungen erkennen ließen, so daß ein Defekt der Kapsel oder Temperaturmessung auszuschließen war. Der KVE konnte bis zu seinem planmäßigen Ausbau am 25.10.1972 störungsfrei weiterbestrahlt werden.

4.5 Kapselexperiment Proj. FR2/96

Die Auslegung von Brennstäben für fortschrittliche Kernreaktoren erfordert neben der Kenntnis des Brennstoffkriechverhaltens, welches in den Experimenten Proj. FR2/73b und FR2/73d untersucht wird, auch eine genaue Kenntnis des Brennstoffschwellverhaltens. Aus diesem Grunde wurden Bestrahlungskapseln entwickelt, sogenannte Brennstoffschwellkapseln (siehe [17]), in denen die Parameter Leistungsdichte, mechanische Probenbelastung, Temperatur und Temperaturgradient je nach Aufgabenstellung einstellbar sind und

in denen der Schwellbetrag nach einem gewünschten Abbrand integral gemessen werden kann.

Der Kapselversuchseinsatz des neuen Experimentes besteht aus dem Abschirmstopfen, der Wasserrückführung, dem Wasserführungrohr und der Bestrahlungskapsel. In der Bestrahlungskapsel können bis zu drei mit Brennstoff gefüllte Probenkapseln (Schwellkapseln) des Typs 9 untergebracht werden. Die Probenkapseln sind gegen die Bestrahlungskapselatmosphäre dicht abgeschlossen und enthalten den Brennstoff in einer einseitig offenen Molybdän-Hülle. Der Brennstoff wird über einen Faltenbalg und Stempel mit einer durch den Gasdruck in der Bestrahlungskapsel einstellbaren Druckkraft belastet.

Im Berichtszeitraum wurden zunächst 2 KVE mit Schwellkapseln im Reaktor bestrahlt. Als Brennstoff fand UN und UO_2 Verwendung.

Der KVE lfd.Nr. 106, der am 1.8.1972 in den Reaktor eingesetzt wurde, erreichte auf der Reaktorposition 57/23 nicht die gewünschten Temperaturen und wurde deshalb am 16.8.1972 auf die heißere Reaktorposition 45/23 umgesetzt.

Das Experiment verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes.

5. Sonstige Experimentiereinsätze

In diesem Abschnitt wird der Betrieb aller sonstigen Experimentiereinsätze mit oder ohne Brennstoff und ihre Bestrahlung im Reaktor beschrieben.

5.1 Experiment_Proj._FR2/53

Seit Herbst 1968 wurden insgesamt 4 Pu-Bündelelemente zur Erzeugung von Transplutonium im Reaktor bestrahlt. Die Bestrahlung von drei Einsätzen reichte bis in das Jahr 1972. Im Laufe des Jahres wurden alle Bündelelemente, deren Aufbau den FR2-Brennelementen des Typs 8 ähnlich ist, planmäßig aus dem Reaktor ausgebaut und das Bestrahlungsvorhaben abgeschlossen.

Zwischenzeitlich durchgeführte γ -scannings, Inspektionen und Leckprüfungen ergaben keine Beanstandungen. Bei der Untersuchung des Bündelelements 53-3 in der Heißen Zelle am 25.9.72 wurde jedoch das Fehlen eines unteren Endbolzens (siehe Abb. 2.4) festgestellt.

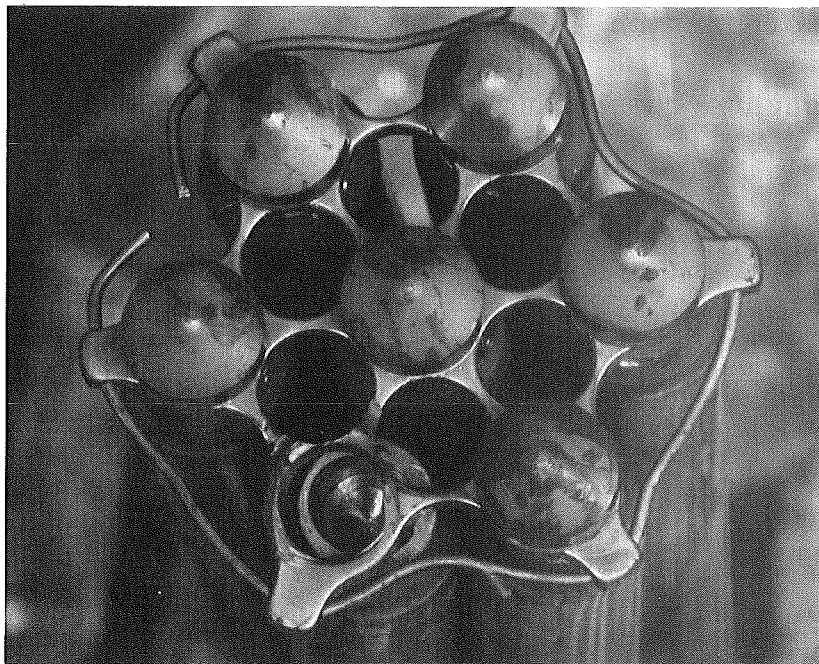


Abb. 2.4:
Schaden am Bündel-
element 53-3

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Betriebsdaten aller 4 Pu-Bündelelemente enthält Tabelle 2.11. Der Vollständigkeit halber ist auch der im Jahre 1971 ausgebaute Einsatz 53-1 aufgeführt.

Tabelle 2.11: Betriebsdaten der Pu-Bündelelemente

Einsatz-Nr.	Einbau		Umsetzung		Bestr.-Zeit b. $N > 10^{-3} N_N$		mitgemachte Schnellab- schaltungen	Ausbau	
	Tag	Pos.	Tag	n.Pos.	[h]			Tag	Pos.
53-1	19.09.67	44/32	24.10.68	58/20	Ende 1968	1832,86		17.12.71	52/18
			13.02.69 20.03.69	56/20 52/18	1969	9489,94	31		
					1970	15825,38	63		
	Gesamt-Betriebsdaten:					22068,18			
53-2	19.09.68	36/26	24.10.68	36/22	1968	1832,86		24.07.72	48/24
			10.02.69	48/24	1969	9489,94	31		
					1970	15825,38	63		
					1971	22373,90	89		
Gesamt-Betriebsdaten:					26204,23		98		
53-3	19.09.68	38/32	24.10.68	58/22	1968	1832,86		24.07.72	42/20
			14.02.69 21.03.69	56/22 44/18	1968	9489,94	31		
			12.11.70	42/20	1970	15825,38	63		
					1971	22373,90	89		
Gesamt-Betriebsdaten:					26204,23		98		
53-4	24.10.68	56/06	29.11.68	60/22	1968	1513,15		19.09.72	46/14
			14.02.69 20.03.69	58/22 42/16	1969	8560,44	31		
			12.11.70	46/14	1970	15095,88	63		
					1971	21644,40	89		
Gesamt-Betriebsdaten:					26375,69		102		

Die Einsätze verursachten keine Störungen des Reaktorbetriebes.

5.2 Experiment Proj. FR2/58a

Im Rahmen des Untersuchungsprogrammes des IMF für UAL_x-Al-Dispersionsplatten-Brennelemente wurde eine Kurzzeitbestrahlung durchgeführt. Die Bestrahlung des Versuchseinsatzes 58a-17 war für ergänzende Messungen zur Vorserie notwendig. Insgesamt wurden seit 1968 in 7 Versuchseinsätzen 28 Platten bei etwa 80°C Plattentemperatur unter Veränderung des Uran-Abbrandes von 8 % bis 50 % bestrahlt. Es handelt sich hierbei um Vorläufer für die im Druckschwerwasserkreislauf (siehe Abschn. 2, Kap. 2.5) eingesetzten Platten-Brennelemente. Der letzte, am 25.10.72 in den Reaktor eingesetzte Versuchseinsatz 58a-17 dieser Untersuchungsserie erreichte bis zu seinem planmäßigen Ausbau am 15.12.72 folgende Betriebsdaten:

Betriebszeit bei $N > 10^{-3} N_N$	=	911,67 h
Betriebszeit bei $N > 43$ MW	=	891,56 h
mittlere Leistung	=	53,80 kW
Energieabgabe	=	1,02 MWd

Der Einsatz war mit 1 Dispersionsbrennelementplatte aus UAL₂-Al und 3 aus UAL₃-Al bestückt, die alle eine U-235-Anreicherung von 93,16 % hatten.

Das Experiment verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes, wurde aber während der Betriebsphase G/72 einer RSA, zwei Reaktorabschaltungen von Hand und zwei Leistungsreduzierungen ausgesetzt.

5.3 Experiment Proj. FR2/64

Die Bestrahlungen von Thermionischen Emittlern der Fa. Siemens, Erlangen, zur industriellen Entwicklung eines Incore-Thermionik-Reaktors (ITR) zur Energieversorgung von Raumflugkörpern wurde mit dem Ausbau des zweiten Reaktoreinsatzes P64-2 am 4.6.1972 abgeschlossen.

Die gewünschten Zentraltemperaturen von 1800°C konnten schon seit Mitte des Vorjahres nicht mehr gehalten werden, da verschiedene Heizungen ausgefallen waren (siehe [1]). Außerdem waren mehrere Thermoelemente defekt. Der Thermionische Emitter mußte deshalb auch im Jahre 1972, wie seit der Betriebsphase G/71, ohne Heizungen weiterbetrieben werden.

Beim Ausbau aus dem Reaktor waren folgende Betriebszeiten erreicht:

$$\begin{aligned} \text{Betrieb bei } N > 10^{-3} N_N &= 7396 \text{ h} \\ \text{Betrieb bei } N > 10^{-1} N_N &= 7317 \text{ h} \end{aligned}$$

Im Berichtszeitraum traten am Experiment keine Störungen auf, der Reaktorbetrieb wurde deshalb nicht gestört.

.4 Experiment Proj. FR2/76

Das zweite Experiment zur Entwicklung eines Incore-Thermionik-Reaktors (ITR) wurde von der Fa. BBC, Mannheim, betrieben. Ziel des Experimentes ist zunächst die Entwicklung eines nuklear beheizten Thermionischen Wandlers mit einer Lebensdauer von mindestens 1 Jahr. Bisher wurden bei Bestrahlungsversuchen thermionischer Wandler im FR2 bei den Vorläufer-Experimenten

$$\begin{aligned} \text{Proj. FR2/57} &= 3750 \text{ h} \\ \text{und Proj. FR2/76-1} &= 3130 \text{ h} \end{aligned}$$

Betriebszeit erreicht. Beide Bestrahlungsversuche mußten wegen Kurzschlüssen zwischen Emitter und Kollektor abgebrochen werden (siehe [18]).

Mit dem Einbau eines verbesserten Einsatzes am 18.4.1972 kam der dritte thermionische Wandler im FR2 zum Einsatz. Die Abb. 2.15 zeigt den Einbau eines Wandler in den Reaktor. Es handelt sich allerdings hierbei um den älteren Einsatz 76-1, dessen Aufbau sich von dem jetzt eingebauten Wandler in mehreren Punkten unterscheidet. Die Größe ist jedoch bei

beiden Wandlern gleich. Auf dem Bild ist auf der Bühne im Hintergrund auf der linken Seite der Leitstand der Tieftemperaturbestrahlungsanlage (Proj. FR2/2) und auf der rechten Seite der Leitstand für den thermionischen Wandler (Proj. FR2/76) erkennbar. Außerdem zeigt das Bild einen Überblick über die Reaktorplattform des FR2.

Die Versuchseinrichtung besteht im wesentlichen aus der Bestrahlungskapsel, dem Abschirmstopfen mit Hubwerk, einer Vakuumpumpe sowie den zugehörigen Meß-, Regel- und Sicherheitseinrichtungen. Zur Abfuhr der in der Kapsel entstehenden Wärme dienen zwei Kühlkreisläufe.

Die Bestrahlungskapsel und der Abschirmstopfen sind in den oberen Teil des Zentralkanals, Pos. 47/19 eingesetzt. Mittels eines Hubwerks kann der Abschirmstopfen mit der Kapsel um rd. 500 mm in der Höhe verfahren werden und somit die Emittierleistung über den Neutronenfluß variiert werden. Zum Schutz des Experimentes sind verschiedene Grenzwerte zur Reaktorabschaltung auf das Reaktorschutzsystem geschaltet. Beim Ansprechen wichtiger Grenzwertsignale wird der Einsatz außerdem automatisch in seine obere Endstellung gefahren.

Nach seinem Einbau in den Reaktor wurde der Einsatz 76-2 erstmals am 2.5.1972 mit kleiner Leistung betrieben. Nach schrittweiser Leistungssteigerung wurde am 8.5.1972 ein Diodenstrom von 200 A bei einer Diodenspannung von 0,3 V erreicht. Zum Jahresende wies der Einsatz folgende Betriebs- und Einsatzzeiten auf:

Einsatzzeit bei $N > 10^{-3} N_N$	=	4403 h
Einsatzzeit bei $N > 43$ MW	=	4308 h
Leistungsbetrieb (Stromabgabe des Einsatzes)	=	3850 h

Damit konnten 89,3 % der Reaktorvollastbetriebszeit ($N > 43$ MW) für den Leistungsbetrieb genutzt werden.

Abb. 2.15: Einbau eines thermionischen Wandlers in den Reaktor



Der Einsatz wurde im Berichtszeitraum 16 mal automatisch in die obere Endstellung gefahren. In 11 Fällen wurde die Ausfahrt durch Reaktorabschaltungen, Reaktorleistungsreduzierungen und starke Änderungen der TA-Stabstellungen hervorgerufen. 5 automatische Ausfahrten erfolgten bei Anlagen-erprobungen oder -störungen. Durch das Experiment wurde 1 Reaktorschnellabschaltung (RSA) ausgelöst, die einen Ausfall an Reaktorvollastbetriebszeit von 3,98 h verursachte.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Am 19.11.1972 sank der Diodenstrom in allen drei Strängen plötzlich unter den unteren Grenzwert. Als Fehler konnte eine kalte Lötstelle, die durch Erschütterung aufgegangen war, am Stelltransformator für die Treiberspannung des Wandlers festgestellt werden.

5.5 Experiment Proj. FR2/79

Im Jahre 1972 wurden im FR2 erstmals Versuche zur Simulation und zum Nachweis der durch Natriumsieden in schnellen Reaktoren verursachten Reaktivitätsstörungen durchgeführt (siehe auch [19]).

Der Versuchsaufbau, Siedesimulator genannt, setzt sich aus folgenden Einzelgruppen zusammen:

Siedesimulatoreinsatz
Elektromagnetischer Druckimpulsgeber
Meßeinsätze zur Neutronenflußmessung
Meßwertanalysator

Der Siedesimulatoreinsatz wurde am 7.3.1972 in Reaktor-Pos. 37/11 eingesetzt. Er kann mit Hilfe der BE-Wechselmaschine auf Brennelement- oder Zwischengitterpositionen, die mit BE-Adapter ausgerüstet sind, eingesetzt werden.

Während der Versuche wurde im Tauchrohr des Siedesimulatoreinsatzes das D_2O ganz oder teilweise durch Helium verdrängt und mittels eines elektropneumatischen Druckimpulsgebers der D_2O -Spiegel im Tauchrohr in beliebiger Corehöhe und mit veränderbarer Amplitude zum Oszillieren gebracht. Die auf diese Weise erzeugten Reaktivitätsstörungen wurden durch Messung der Flußschwankungen über je 2 in Isotopenkanälen eingebaute Meßeinsätze (ME 1/2 bzw. ME 3/4) erfaßt und die Meßsignale zur Verarbeitung und Auswertung an einem Meßwertanalysator weitergeleitet.

Im Jahre 1972 wurde der Siedesimulatoreinsatz auf 14 verschiedenen Reaktorpositionen eingesetzt und Messungen durchgeführt. Mit dem Ausbau der Meßeinsätze M 3/4 am 10.11.1972 wurde die Versuchsreihe vorläufig beendet. Sie soll jedoch im Jahre 1973 weitergeführt werden. Der Siedesimulatoreinsatz blieb bis über das Jahresende hinaus im Reaktor und wurde bei

$$\begin{aligned} \text{Reaktorleistung } N > 10^{-3} N_N &= 5399 \text{ h} \\ \text{Reaktorleistung } N > 43 \text{ MW} &= 5262 \text{ h} \end{aligned}$$

bestrahlt.

Das Experiment verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes.

5.6 Experiment Proj. FR2/95

Die im Vorjahr begonnenen Bestrahlungen von Brennstoffplatten für die Physikalisch-Technische-Bundesanstalt wurden am 15.12.1972 abgeschlossen. Versuchsziel war die Entwicklung eines Verfahrens zur gammaspektrometrischen Abbrandbestimmung.

Die zur Bestrahlung verwendeten MTR-Brennstoffplatten entsprachen in ihren Abmessungen denen des Experimentes Proj. FR2/58a, so daß ein Plattenkasten dieses Experimentes in leicht abgewandelter Form zur Durchführung der Bestrahlungen zum Einsatz kam.

Das Bestrahlungsprogramm wurde in der Betriebsphase G/71 mit drei Brennstoffplatten begonnen, von denen zum Jahresbeginn 1972 nur noch die Platte Nr. 23 im Reaktor eingebaut war. Im Laufe des Jahres wurden zwei weitere Platten eingesetzt. Die Betriebsdaten der einzelnen Platten sind aus folgender Tabelle ersichtlich.

Tabelle 2.12: Betriebsdaten der MTR-Brennstoffplatten

Einsatz Nr. FR2/...	Platten- Nr.:	Einbau	Reaktor- Corepos.	Bestrahlung bei		Ausbau
				$N > 10^{-3} N_N$ [h]	> 43 MW [h]	
95-3	23	12.11.71	37/23	696,44	686,45	26.01.72
95-4	1815/1+2	13.06.72	41/07	1839,34	1799,69	19.09.72
95-5	1815/2	20.09.72	41/07	1678,84	1649,34	15.12.72
Gesamt- Bestr.- Zeiten				1937,38	1844,56	
				1839,34	1799,69	
				3518,18	3449,03	

Beim Ausbau der Platte Nr. 1815/1 traten Schwierigkeiten auf. Die Platte war bis zu max. 1,6 mm aufgebläht und hatte sich im Plattenkasten verklemmt. Die Fehlerursache konnte nicht geklärt werden.

Das Experiment verursachte keine Störungen des Reaktorbetriebes.

5.7 Experiment Proj. FR2/97

Dieses Bestrahlungsexperiment wird im Rahmen des anwendungsorientierten Programms des PACT betrieben. Zunächst soll untersucht werden, inwieweit der FR2 zur Erzeugung von Pu-238 aus Np-237 geeignet ist, welches z.B. für den Einsatz in Herzschrittmachern benötigt wird.

Zur Ermittlung der optimalen Reaktorpositionen wurde in der Betriebsphase D/72 mit der Bestrahlung von 2 Einsätzen begonnen. Die für die Pilotbestrahlungen verwendeten Bestrahlungseinsätze sind ebenfalls für evtl. später folgende Pu-238-Produktionsbestrahlungen verwendbar. Es handelt sich dabei um wiederbeladbare Bestrahlungseinsätze, die mit 4 Materialkapseln bestückt werden können. Im Berichtszeitraum wurden 6 Bestrahlungen abgeschlossen, 2 Einsätze befanden sich zum Jahresende im Reaktor. Einen Überblick über die durchgeführten Bestrahlungen gibt folgende Tabelle.

Tabelle 2.13: Betriebsdaten der Np-Bestrahlungen

Proj. Nr.: FR2/...	Kapsel-Nr.	Proben-einbau	Bestr. Pos.:	Hüllschaden, Temp. u. Durchfl. Überw. Pos.	Bestrahlungszeit bei		Proben-ausbau
					$N > 10^{-3} N_N$ [h]	$> 43 \text{ MW}$ [h]	
97-1	1,2,3,4	01.08.72	49/33	50/34	920,52	902,21	19.09.72
97-2	5,7,8,11	01.08.72	45/07	44/04	920,52	902,21	19.09.72
97-3	13,14,15,16	19.09.72	56/32	56/32	767,18	757,78	25.10.72
97-4	17,18,19,20	19.09.72	56/08	56/08	767,18	757,78	25.10.72
97-5	23,24,25,26	25.10.72	57/23	62/22	911,67	891,56	18.12.72
97-6	28,29,30,31	25.10.72	37/23	34/28	911,67	891,56	18.12.72
97-7	21,22,23,24	18.12.72	58/26	58/26	259,98	233,53	--
97-8	34,36,37,38	18.12.72	36/18	36/18	259,98	233,53	--

Der Reaktorbetrieb wurde durch das Experiment nicht gestört.

6. γ-Bestrahlungseinrichtung

In der γ-Bestrahlungseinrichtung (Proj. FR2/40) im ehemaligen Sägebecken des BE-Lagerbeckens (siehe [1]) wurden im Jahre 1972 insgesamt 69 Proben mit einer Gesamtbestrahlungszeit von 9622 h bestrahlt. Zur Erzielung einer möglichst hohen γ-Dosisleistung wurden die Brennelemente dieser Bestrahlungseinrichtung entsprechend dem Betriebsrhythmus des Reaktors umgeladen.

Die γ-Dosisleistungsverteilung im Tauchrohr wird in verschiedenen Zeitabständen mit einer Meßeinrichtung, die mit einer Ionisationskammer ausgerüstet ist, bestimmt. Zur Zeit sind in dieser Anordnung γ-Dosisleistungen bis 500 kR/h erreichbar.

Einen Aufschluß über die durchgeführten Bestrahlungen und die Art der Bestrahlungsobjekte gibt folgende Tabelle.

Tabelle_2.14: Bestrahlungen in der γ-Bestrahlungseinrichtung

Proj. Nr.	Bestrahlungsobjekt	Ges. Bestr. zeit [h]	Empf. γ-Dosis [R]
40-9	optische Gläser versch. Zusammensetzung	92	9×10^6
40-22	Zementproben	864	1×10^8
40-23	Perbunan O-Ringe	24	$2,5 \times 10^6$
		96	1×10^7
40-24	Versuchsharz (Ionentauscher)	5952	5×10^8
40-25	Graphitstücke verbunden mit Spezialkleber	2	$2,08 \times 10^5$
40-26	Zementproben, Polyäthylenproben	792	1×10^8
40-27	Bitumenproben	960	1×10^7
			5×10^7
			1×10^8

Abschnitt 3

Betrieb des Reaktors

Der Betrieb des FR2 erfolgte im Jahre 1972 entsprechend dem FR2-Terminleitplan 1972, Ausgabe O-071271 (Abb. 3.1). Das Jahr war erstmals nur in 6 Betriebszyklen mit 5 1/2-wöchentlichen Betriebs- und 1 1/2-wöchentlichen Abschaltphasen sowie in 2 Betriebszyklen mit 4 1/2-wöchentlichen Betriebs- und 1 1/2-wöchentlichen Abschaltphasen unterteilt. Diese Fahrweise konnte weitgehend eingehalten werden.

In den 10 Abschalttagen je Betriebszyklus (Abschaltphase) erfolgten die planmäßigen Aus-, Um- und Einladungen von Brennelementen, die rd. 2 Arbeitstage beanspruchten (vgl. Abschn. 3, Kap. 4). Hinzu kamen der Wechsel und die Umladungen von Kapselversuchseinsätzen (KVE), die meistens einen halben Arbeitstag erforderten (vgl. Abschn. 2, Kap. 4).

In den Abschaltphasen wurden durch die Technischen Gruppen die laufenden Reparatur- und Wartungsarbeiten sowie Neumontagen durchgeführt, die nur bei abgeschaltetem Reaktor möglich waren.

Die Funktionsprüfungen gemäß FR2-Prüfplan (vgl. Abschn. 5) benötigten wiederum einen erheblichen Zeitaufwand.

Der Reaktorstart, der anschließende Betrieb mit rd. dem 10^{-3} -fachen der Nennleistung (NN) zur Bestimmung der kritischen Trimmabschaltstab-Stellung (vgl. Abschn. 3, Kap. 5) und die weitere Erhöhung der Reaktorleistung in Stufen wird durch Reaktivitätskontrollen, Überprüfung der integralen Brennelementleistung bzw. spezifischen Stableistung aller Brennelemente (vgl. Abschn. 3, Kap. 6), die anfangs noch instationäre Xe-Vergiftung und das Einfahren von Versuchseinsätzen bestimmt. Eine allmähliche Leistungserhöhung ist außerdem erforderlich, um die Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenmantel des Thermischen Schildes möglichst gering zu halten.

Eine Übersicht über den Betriebsverlauf gibt das Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1972 (Abb. 3.2). Nähere Einzelheiten können aus den im Anhang befindlichen Tabellen 9.1 "Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1972", Tabelle 9.2 "Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit" und den Formblättern 148a/66 bis 158a/73 "Reaktorleistung in den Betriebsphasen A bis K" für das Jahr 1972 entnommen werden.

Die Abdichtung des Coretanklecks [3] hat sich weiter bewährt. Veränderungen wurden nicht festgestellt.

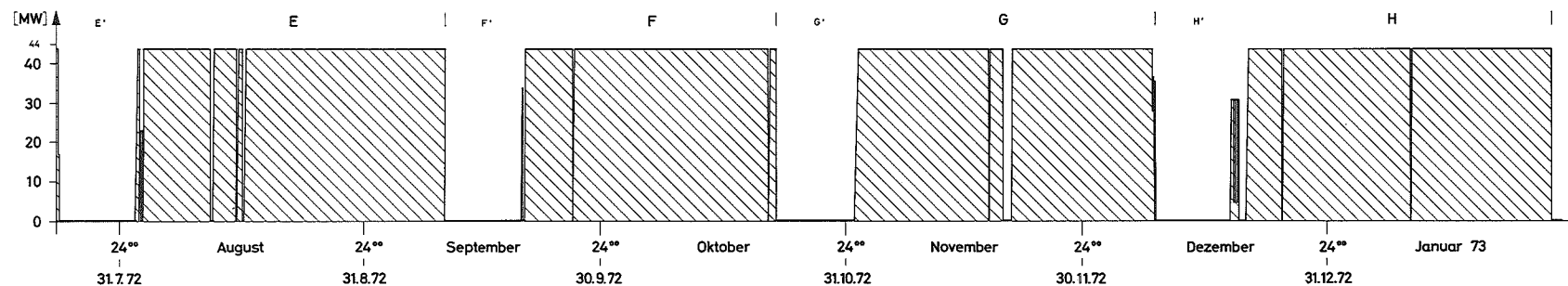
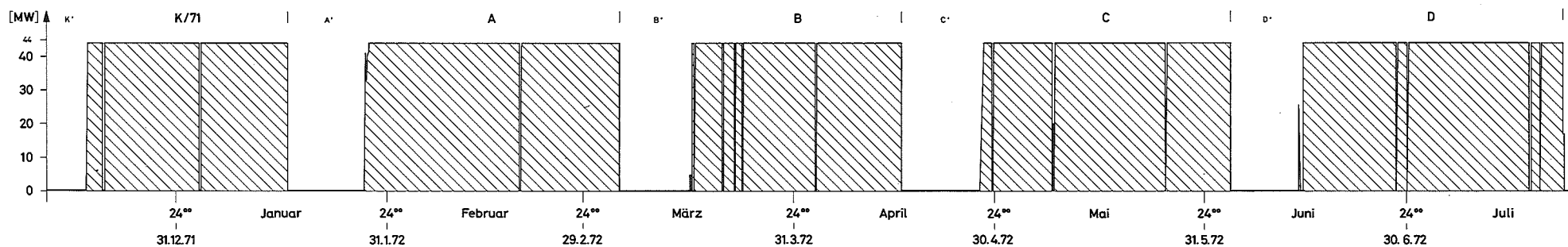
Das Rohrkorbleck in der Thermischen Abschirmung hat sich nicht verändert. Bei konstantem Vollastbetrieb ($N > 43$ MW) lag die Leckrate unter 1 l/d.

Gemäß [20] lagen die Ableitungen radioaktiver Stoffe in die Luft über den Ablufschornstein des FR2 unterhalb der im Abluftplan des KFZK für 1972 zugelassenen Grenzen.

Die Abgabe radioaktiver Abwässer ist in [21] erfaßt (vgl. auch Abschn. 4, Kap. 5).

Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1972 (Übersicht)

Reaktornennleistung 44 MW



Die Einteilung nach Betriebsphasen A - H entspricht dem FR2 - Terminleitplan 1972

Ausgabe : 0-071271

1. Betriebszeiten

Die Betriebszeit umfaßte den Zeitraum vom 1.1.1972, 00.00 Uhr bis 31.12.1972, 24.00 Uhr. Nach dem Terminleitplan 1972 (Abb. 3.1) waren hierfür 286 Betriebstage bzw. 278 Vollastbetriebsstage vorgesehen.

Aufgrund der Betriebsaufzeichnungen nach Tabelle 9.1 im Anhang wurden die in folgender Tabelle 3.1 aufgeführten Betriebszeiten erreicht. Zum Vergleich sind in der Tabelle auch die Betriebszeiten der vorhergehenden Jahre mit Vollastbetrieb $N > 43$ MW eingetragen.

Die gegenüber dem Plan fehlende Betriebszeit kann aus Tabelle 9.2 im Anhang entnommen werden.

Tabelle 3.1:

Jahr	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Gesamtbetriebs- tage	273,9	270,0	299,2	298,7	293,3	283,7	291,5
Leistungsbetriebs- tage $N > 10^{-3}N_N$	264,0	259,3	290,8	283,4	283,7	272,9	278,8
Vollastbetriebs- tage $N > 43$ MW	114,6	250,6	282,5	272,0	262,1	260,6	272,1
Teillastbetriebs- tage $N = 10$ MW (für Experiment Proj. FR2/2)					12,3	2,6	--

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

2. Reaktorleistung

Als planmäßige Reaktorleistung waren für alle Betriebszyklen des Jahres 1972

$$N_N = 44 \text{ MW}$$

vorgesehen. Diese Leistung sollte nach dem Terminleitplan 1972 (Abb. 3.1) an 278d gefahren werden. Es ergibt sich daraus eine mögliche Energieabgabe von 12.232 MWd.

Die tatsächliche Gesamtenergieabgabe ist aus Tabelle 3.2 ersichtlich, in die zum Vergleich die Gesamtenergieabgaben der Jahre 1966 bis 1971 eingetragen sind. Außerdem enthält die Tabelle die mittlere Reaktorleistung bezogen auf die Leistungsbetriebstage mit $N > 10^{-3} N_N$.

Tabelle 3.2:

Jahr	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Gesamtenergieabgabe $\left[\frac{\text{MWd}}{\text{J}} \right]$	9.665	11.355	12.678	12.311	11.921	11.811	12.222
mittlere Reaktorleistung $\left[\frac{\text{MW}}{\text{J}} \right]$	-- 1)	43,8	43,7	43,4	43,5 2)	43,3 2)	43,8

Anmerkung zur Tabelle:

- 1) stufenweise Erhöhung der Reaktorleistung auf 44 MW
- 2) ohne Berücksichtigung des planmäßigen 10 MW-Betriebes

Die tatsächliche Gesamtenergieabgabe liegt um 411 MWd bzw. 3,5 % höher als im Vorjahr und ist nur rd. 0,1 % niedriger als geplant.

Daraus ist ersichtlich, daß die in Abschn. 3, Kap. 3 näher beschriebenen Betriebsunterbrechungen und Leistungsrücknahmen ohne nennenswerten Einfluß auf die Nutzung des Reaktors waren.

Die mittlere Reaktorleistung von 43,8 MW zeigt die für einen Forschungs- und Prüfreaktor gute Nutzung der zur Verfügung stehenden Betriebszeit (siehe auch Abb. 3.2) "Betriebsdiagramm des FR2 im Jahre 1972").

Die Tabelle 9.1 "Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1972" im Anhang gibt eine genaue Aufschlüsselung des Reaktorbetriebes nach Wochen und Betriebszyklen.

3. Nutzung und Verfügbarkeit

Wie schon erwähnt, erfolgte der Betrieb des FR2 im Jahre 1972, bis auf die um 1 Woche verkürzten Betriebszyklen B und F, erstmals in einem 7-Wochen-Rhythmus.

Ein Betriebszyklus, bestehend aus Betriebs- und Abschaltphase hat, wie Abb. 3.3 zeigt, folgende wesentliche Abschnitte:

1. Abschaltzeit:	von Mo. 8.00 Uhr bis Mi. 20.00 Uhr der 2. Woche	9,5 d
2. Startvorbereitung:	von Mi. 20.00 Uhr bis Do. 8.00 Uhr der 2. Woche	0,5 d
3. Reaktorstart:	von Do. 8.00 Uhr bis Fr. 8.00 Uhr der 2. Woche, nach Maßgabe der Stahltanktemperaturen, Experimente und BE-Stableistung (siehe Abschn.3, Kap.6)	1,0 d
4. Vollastbetrieb:	von Fr. 8.00 Uhr bis Mo. 8.00 Uhr der 7. Woche (bzw. 6. Woche bei verkürztem Betriebszyklus)	38,0 d (32,0 d)
Zyklusdauer:		49,0 d (42,0 d)

Unter Einbeziehung der verkürzten Betriebszyklen B und F ergibt sich eine maximal mögliche Nutzung von 76,2 % für den Vollastbetrieb. Erreicht wurden 74,6 %, d.h. die planmäßige Vollastbetriebszeit konnte zu 98 % genutzt werden (siehe Tabelle 3.3).

Festlegung für die Ermittlung der Betriebszeiten und Nutzungsfaktoren

Ausgabe : 1 - 020272

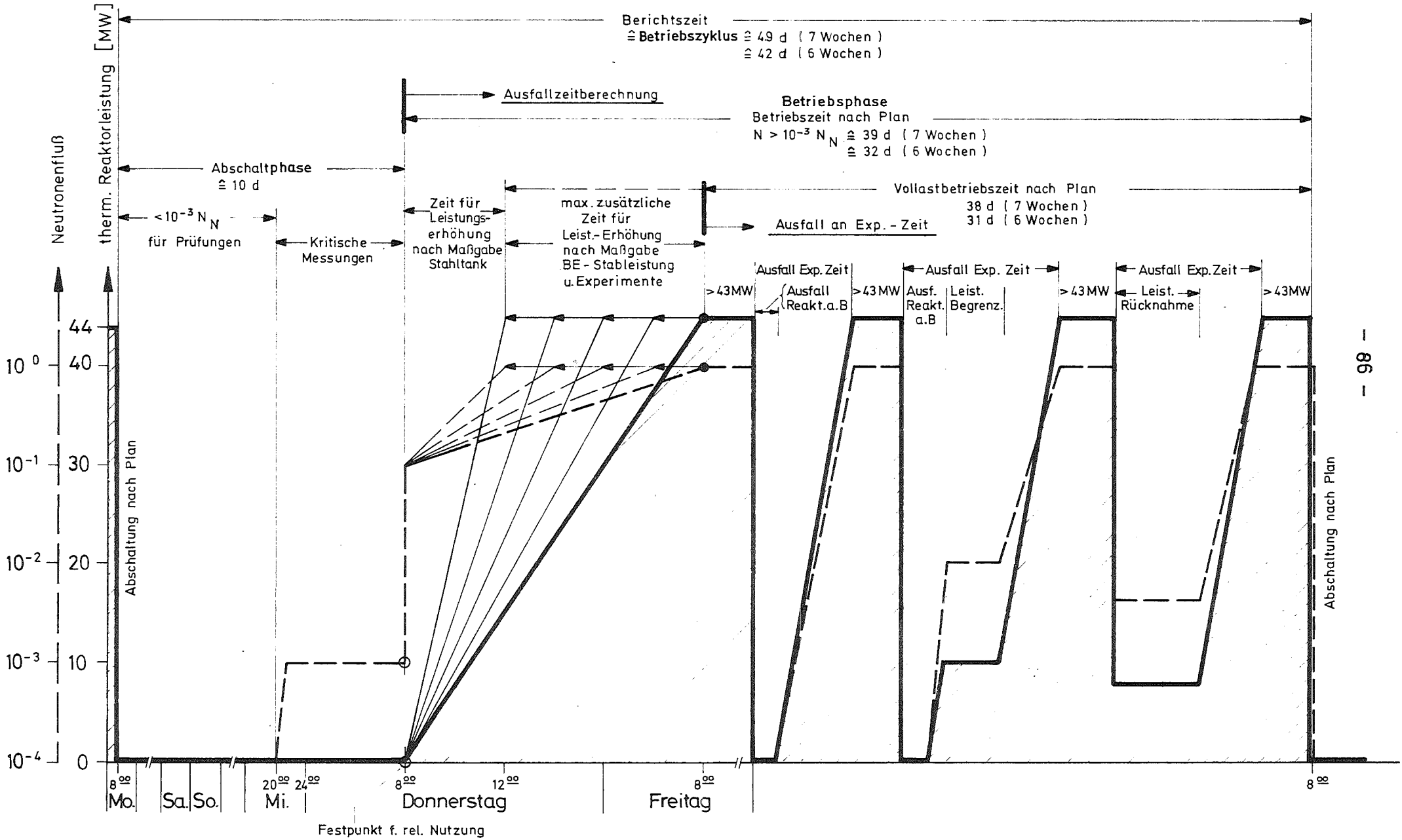


Abb. 3.3

Tabelle 3.3: Verfügbarkeitszahlen (zeitliche Nutzung)

Verfügbarkeit	max. möglich	erreicht
Vollastverfügbarkeit ($N > 43$ MW)	76,2 %	74,6 %
Leistungsverfügbarkeit ($N > 10^{-3}N_N$)	78,4 %	76,4 %
Leistungsverfügbarkeit innerhalb der planmäßigen Betriebszeit ($N > 10^{-3}N_N$)	100 %	97,5 %

Die planmäßige Reaktorbetriebszeit wurde durch 30 störungsbedingte Abschaltungen (17 Reaktorschnellabschaltungen [RSA] und 13 Handabschaltungen) unterbrochen, die insgesamt eine Ausfallzeit von 142,76 h verursachten. 23 Abschaltungen (76,5 %) wurden durch Experimente und 7 Abschaltungen (23,5 %) durch den Reaktor selbst verursacht.

Außerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit wurde der Reaktor durch 1 RSA und 35 Handabschaltungen außer Betrieb genommen.

Im einzelnen können die Abschaltungen aus der Tabelle 9.3 "Reaktorabschaltungen im Jahre 1972" im Anhang entnommen werden.

Zu Prüfzwecken wurden 40 Reaktorabschaltungen durchgeführt, wobei in 26 Fällen die Abschaltung unter gleichzeitiger Prüfung der Sicherheitskanäle des Reaktorschutzsystems erfolgte.

In den Spalten 12 bis 15 der Tabelle 9.3 im Anhang wurden die Störungen analysiert. Eine Zusammenfassung und einen Vergleich mit den vorhergehenden Jahren zeigt folgende Tabelle.

Tabelle 3.4: Störungsursachen

Jahr	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972
echte Grenzwerte	13,4 %	11,6 %	12,9 %	12,2 %	17,2 %	11,9 %	10,6 %
Gerätefehler	41,5 %	25,6 %	25,8 %	29,3 %	10,3 %	23,8 %	18,2 %
Fehlbedienungen	28,1 %	14,0 %	16,1 %	12,2 %	15,5 %	11,9 %	10,6 %
Prüfungen	17,0 %	48,8 %	45,2 %	46,3 %	57 %	52,4 %	60,6 %

Im Verlauf des Jahres 1972 erfolgten 3 Leistungsbegrenzungen und 15 Leistungsrücknahmen. Außerdem konnte der Reaktor 3 mal nicht planmäßig gestartet werden. Daraus entstand eine Ausfallzeit für den Vollastbetrieb von 71,04 h. Einzelheiten können der Tabelle 9.2 "Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1972" im Anhang entnommen werden.

Die gegenüber dem Plan fehlende Betriebszeit war im wesentlichen bedingt durch (siehe auch Tabelle 9.2):

- a) Inbetriebnahme des Heißdampf-Kontaminationskreislaufs (Experiment Proj. FR2/55a) nach Reparaturarbeiten in Betriebsphase A.
- b) Fehlersuche nach Sicherungsfall von Ve 30.13 in Betriebsphase A.
- c) Verzögerungen bei Reparaturarbeiten im Schwerwasserkreislauf zum Ende der Abschaltphase C'.
- d) Spannungsausfall KFZK in Betriebsphase D.
- e) Störungen und Reparaturarbeiten (Experiment Proj. FR2/55a) am Heißdampf-Kontaminationskreislauf durch Ansprechen des Sicherheitsventils Ve 102 in der Betriebsphase E.
- f) Ausbau des Druckrohres vom Heißdampf-Kontaminationskreislauf (Experiment Proj. FR2/55a) in Betriebsphase G.

Die vorgenannten 5 Störungsursachen machen etwa 50 % der fehlenden Experimentierzeit aus, wobei allein 28 % zu Lasten des Heißdampf-Kontaminationskreislaufs gehen.

4. Beladungszustände

Die Beladung des Reaktors kann aus den im Anhang befindlichen Beladungs- und Belegungsplänen (Formblatt Nr. 9/4) für die 8 Betriebsphasen des Jahres 1972 entnommen werden.

Für den Beginn des Jahres war die Beladung Nr. 263 der Betriebsphase K des Jahres 1971 gültig:

160 UO₂-Brennelemente 2,0 % angereichert (Typ BE8)
4 Kapselversuchseinsätze
7 sonstige Einsätze mit Brennstoff
4 Kreislaufexperimenteinsätze

165 Reaktorburnelementpos. m.Zwangskühlung v.Verteilerboden
(Gitterpositionen)

3	"	ohne	"	"	"
3	Zwischengitterpos.	mit	"	"	"
4	"	ohne	"	"	"

Die letzte Betriebsphase H des Jahres 1972 wurde mit der Beladung Nr. 299 durchgeführt:

160 UO₂-Brennelemente 2 % angereichert (Typ BE8)
2 UO₂-Brennelemente 1,86 % angereichert (Typ BE9, durchgehende Stäbe)
7 Kapselversuchseinsätze
3 sonstige Einsätze mit Brennstoff
4 Kreislaufexperimente

166 Reaktorburnelementpos. m.Zwangskühlung v.Verteilerboden
(Gitterpositionen)

2	"	ohne	"	"	"
5	Zwischengitterpos.	mit	"	"	"
3	"	ohne	"	"	"

Die Gesamtbelegung der vorhandenen Reaktorpositionen zeigt folgende Tabelle:

Tabelle 3.5 FR2-Gesamtbelegung zum Jahresende

Gitterpositionen:	162 = 85,2 % mit Brennelementen
	6 = 3,2 % mit Versuchseinsätzen
	22 = 11,6 % nicht besetzt (Randpositionen)
	<hr/>
	190 = 100 %

Zwischengitterpositionen:	17 = 29,3 % mit Steuer- und Abschaltstäben
	12 = 20,7 % mit Isotopenbestrahlungseinsätzen
	7 = 12,1 % mit Versuchseinsätzen
	22 = 37,9 % nicht besetzt (größtenteils Randpositionen)
	<hr/>
	58 = 100 %

Somit waren fast alle Reaktorpositionen mit für einen sinnvollen Experimentierbetrieb ausreichenden Neutronenflußdichten besetzt. Eine Übersicht über die Belegung der vertikalen Reaktorpositionen im Jahre 1972 gibt Abb. 3.4.

Die Beladung des Reaktors wurde überwiegend mit Brennelementen Typ BE8 durchgeführt (siehe dazu [1]). Zur weiteren Erprobung wurden im Betriebszyklus D/72 zwei Versuchsbrennelemente des Typs BE9 mit durchgehenden Stäben und 1,86 % Anfangsanreicherung nochmals in den Reaktor eingesetzt.

Die jeweiligen Beladungszustände zeigt die Tabelle 3.6, aus der auch die Zahl der Zu-, Um- und Ausladungen zu ersehen ist.

Übersicht über den Reaktorbelegungsstatus durch vertikale Reaktoreinbauten.

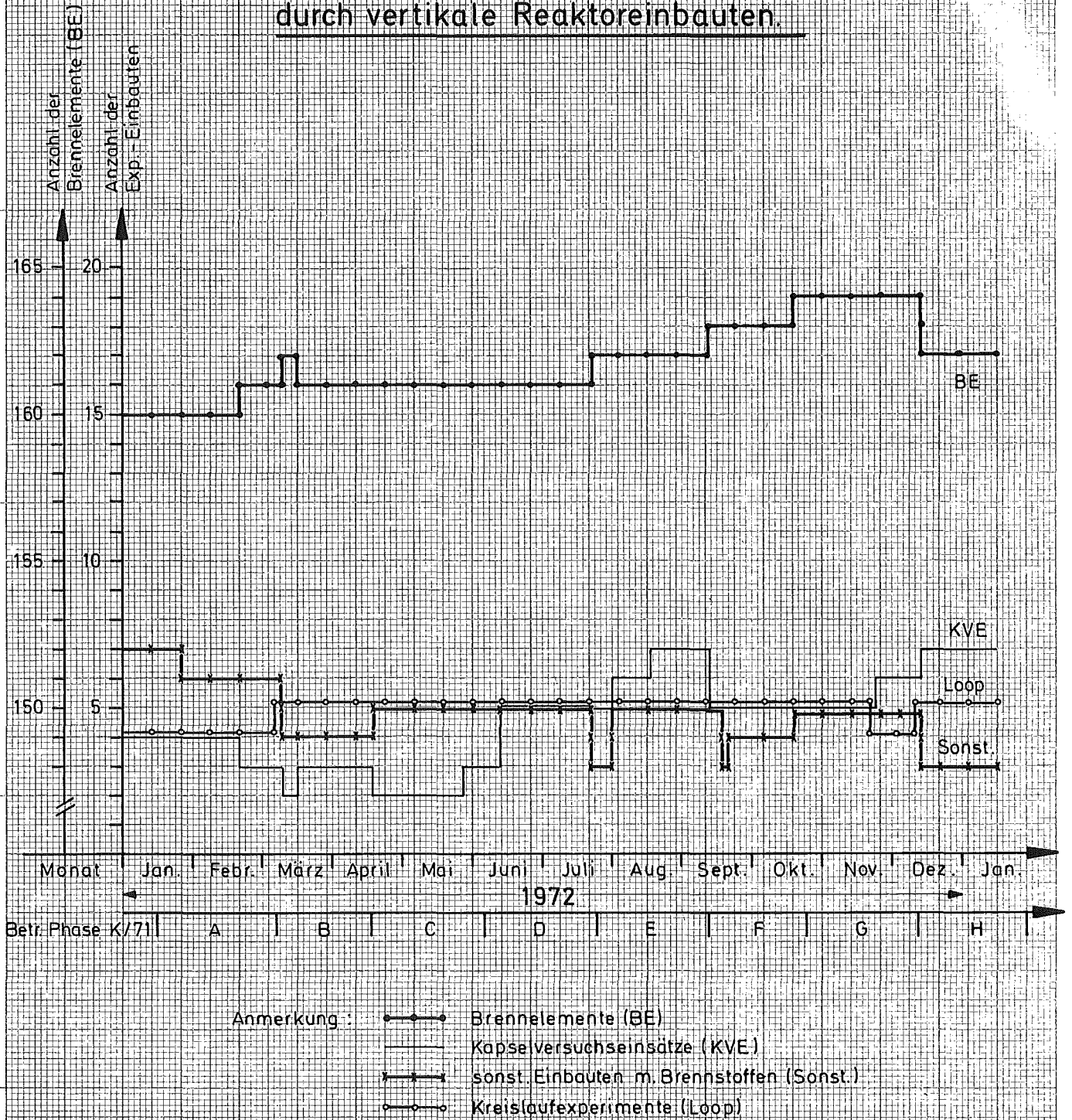


Abb. 3.4

Tabelle 3.6: Beladungszustände des FR2 im Jahre 1972

Betr. Zyklus	Bel.-Plan Nr.	Veränderungen z. Beginn des Beladeplanes												Bestand im Reaktor				Summe gesamt im Reaktor	Summe der besetzten Pos. mit Kühlung v. Reaktorkreislauf		
		Zuladungen				Ausladungen				Umsetzungen				BE-Typ	KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.		auf Gitterpositionen	auf Zwischengitterpositionen	
		BE-Typ	KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	BE-Typ	KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.	BE-Typ	KVE	Sonst. Proj.	Kreisl. Exp.								8
8	9				8	9			8	9			8	9							
K/71	263	1				1								160		4	7	4	175	165	3
A/72	264					7								160		4	7	4	175	165	3
	265	8		2				2	1				37	161		4	6	4	175	165	3
	266							1						161		3	6	4	174	165	2
B/72	267								1					161		3	5	4	173	165	2
	268													161		3	5	5	174	165	2
	269	6		1		1							35	162		2	4	5	173	165	2
	270	(1)		1		6		2	1					161		3	4	5	173	165	2
	271				1	(1)						1		161		3	4	5	173	164	3
C/72	272	8			1			8		1				161		2	5	5	173	165	2
	273			1									39	161		3	5	5	174	166	2
D/72	274													161		3	5	5	174	166	2
	275													161		3	5	5	174	166	2
	276													161		3	5	5	174	166	2
	277													161		3	5	5	174	166	2
	278													161		3	5	5	174	166	2
	279													161		3	5	5	174	166	2
	280	8	2	2	1		10			1			49	159	2	5	5	5	176	164	5
	281												10	159	2	5	5	5	176	164	5
	E/72	282	8						7		2			51	160	2	5	3	5	175	163
283														160	2	5	3	5	175	163	5
284				2	2				1					160	2	6	5	5	178	164	7
285														160	2	6	5	5	178	164	7
286				1								1		160	2	7	5	5	179	164	8
F/72	287	6						6		2			38	161	2	5	5	5	178	164	7
	288	(1)												161	2	5	5	5	178	164	7
	289													161	2	5	5	5	178	164	7
	290													161	2	5	5	5	178	164	7
	291				2					4			3	161	2	5	3	5	176	165	5
	292			1										161	2	5	4	5	177	165	5
G/72	293	9		1	3			8		1	2		38	162	2	5	5	5	179	166	6
	294													162	2	5	5	5	179	166	6
	295													162	2	5	5	5	179	166	6
	296													162	2	5	5	5	179	166	6
	297													162	2	5	5	5	179	166	6
	298			1								1		162	2	6	5	4	179	166	6
H/72	299	7		1	2	1		8		4			36	160	2	7	3	5	177	166	5
	300					(1)								160	2	7	3	5	177	166	5
Gesamt: (1972)		60 (2)	2	13	12	2	60 (2)	0	10	16	1	336	0	5	0	Anm.: () BE war nur vorübergehend eingebaut					

5. Reaktivitätsverhalten, Abschalt- und Trimm/Regel-Elemente

Zur Erläuterung der Reaktivitätsbilanz dient Abb. 3.5. Sie enthält den Verlauf der kritischen Trimmabschaltstab-Stellung im Jahre 1972 für 2 charakteristische Reaktorzustände:

1. Kritische Trimmabschaltstab-Stellung bei Nullleistungsbetrieb ($\approx 0,75 \cdot 10^{-3} N_N$) am Ende der Abschaltphase, d.h. ohne Xe-Vergiftung und Abbrand bzw. nach dem Umladen von Brennelementen.
2. Kritische Trimmabschaltstab-Stellung bei Nennleistungsbetrieb ($N = 44 \text{ MW}$) am Ende der Betriebsphase, d.h. mit Abbrand und Vergiftung.

Die Moderatortemperatur, die das Reaktivitätsverhalten beeinflusst, wurde ebenfalls eingetragen.

Das Zeitverhalten der Reaktivität des FR2 ist aus den im Anhang beigefügten Formblättern 183c/58 bis 183c/65 "Kritische Trimmstabstellungen in den Betriebsphasen A bis H" zu ersehen.

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

$$\begin{aligned} (\rho_{\text{ex}})_{\text{max}} &\approx 7 \% & (\text{TA} = 1650 \text{ mm}) * \\ & & (\text{FR} = 400 \text{ mm}) \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} (\rho_{\text{ex}})_{\text{min}} &\approx 1,6 \% & (\text{TA} = 960 \text{ mm}) * \\ & & (\text{FR} = 400 \text{ mm}) \end{aligned}$$

zur Verfügung.

Daraus ergibt sich ein Beitrag für Spaltproduktvergiftung, Temperatureinfluß und Abbrand von:

$$(\rho_{\text{ex}})_{\text{max}} - (\rho_{\text{ex}})_{\text{min}} \approx 7 \% - 1,6 \% = 5,4 \%$$

*) Bei den Angaben der TA-Stabstellung handelt es sich um die geometrische Eintauchtiefe der Unterkanten der TA-Stäbe. Bei den Reaktivitätswerten wurde jedoch berücksichtigt, daß die Absorberunterkanten im Mittel um rd. 240 mm oberhalb der Tauchtiefenanzeigen lagen (Cd - Ausbrand).

Eintauchtiefe aller 16 Trimmstäbe für verschiedene Reaktorzustände

(Feinregelstab Nr.1 Stellung 400 mm)

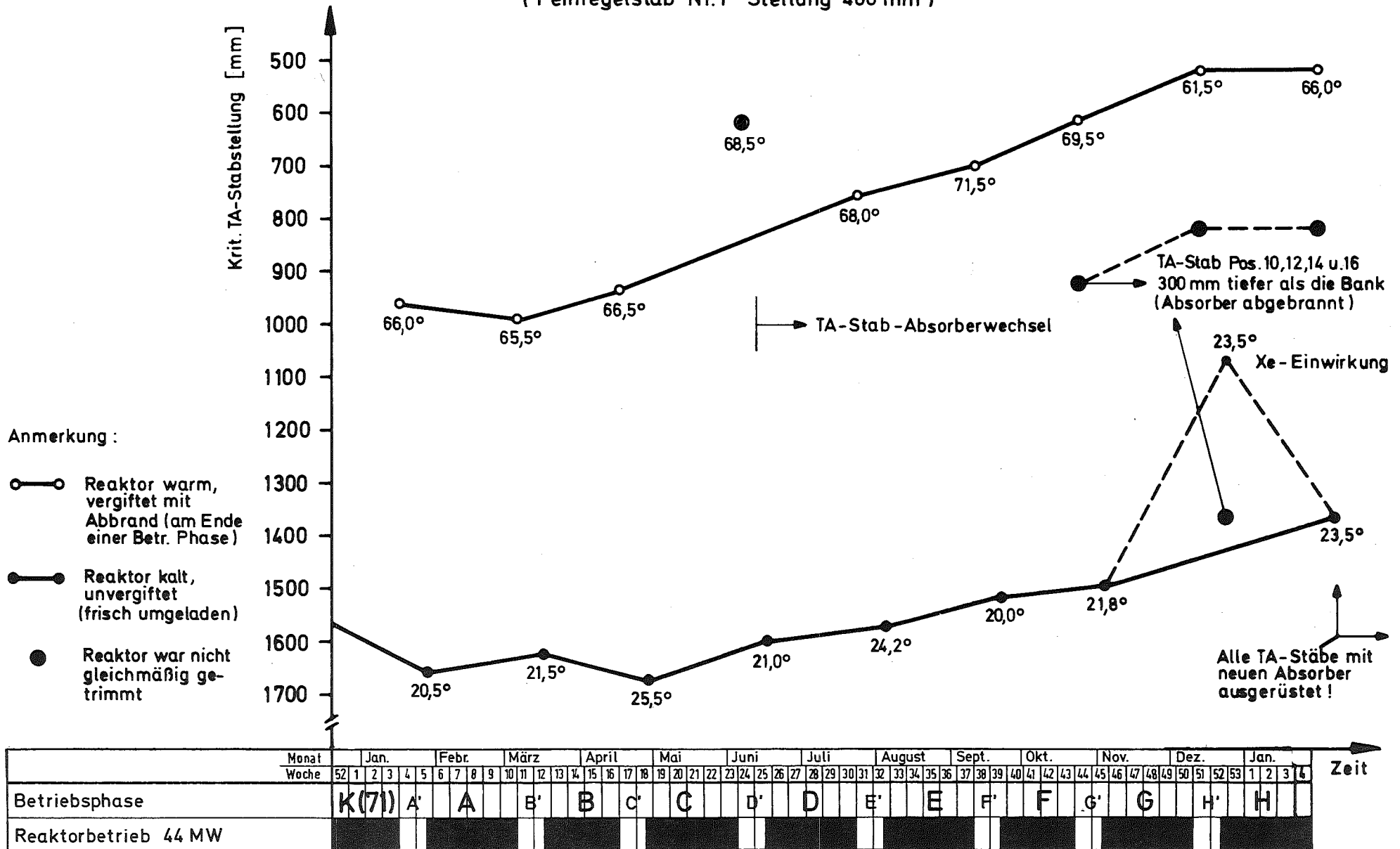


Abb. 3.5

Davon entfallen auf:

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

Die Abschaltreaktivität beträgt:

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

(gefordert sind mindestens -3 %)

Dabei wurde angenommen, daß von den vorhandenen 16 Trimmabschaltstäben 15 Stäbe betriebsbereit sind.

Eine erste Untersuchung des Absorberteils der Trimmabschaltstäbe (TA-Stäbe), die in der Sommerabschaltphase 1969 vorgenommen wurde, zeigte, daß sich die Länge des Cadmiumrohres beim Absorber mit dem größten Abbrand von der des Absorbers mit dem geringsten Abbrand um 90 mm unterschied (siehe auch [22]). Der Cd-Ausbrand war in der Zwischenzeit weiter fortgeschritten, so daß sich die Notwendigkeit ergab, die Absorberteile durch neue zu ersetzen.

Der wünschenswerte Wechsel aller Stäbe innerhalb einer Abschaltphase kam aus technischen Gründen nicht in Frage. Daher war es nicht möglich, den Reaktivitätsunterschied zwischen den Bänken aus alten und neuen Absorbern zu messen. So mußte das Programm beschränkt bleiben auf die Bestimmung der effektiven Verkürzung der Längen einzelner Absorber. Die folgende Tabelle 3.7 enthält eine Zusammenstellung des Meßprogramms. Die TA-Absorber auf den TA-Pos. unter Spalte b wurden innerhalb einer Abschaltphase (Spalte a) gegen frische ausgewechselt. Die TA-Absorber auf den TA-Pos. unter Spalte c dienten als Referenzbank.

Tabelle 3.2: Trimmabschaltstab-Meßprogramm

a Messung in der	b auszuwechselnde TA-Absorber				c Referenzbank von TA-Absorbern			
	TA-Pos. Nr.	TA-Pos. Nr.	TA-Pos. Nr.	TA-Pos. Nr.	TA-Pos. Nr.	TA-Pos. Nr.	TA-Pos. Nr.	TA-Pos. Nr.
Abschaltphase E'72	1	3	5	7	10	12	14	16
Abschaltphase F'72	2	4	6	8	9	11	13	15
Abschaltphase G'72	9	11	13	15	2	4	6	8
Abschaltphase A'73	10	12	14	16	1	2	3	4

Die Messung der effektiven Verkürzung der Absorberlängen erfolgte durch "Abbildung" im kritischen, unvergifteten Reaktor bei Nulleistung des alten und - nach vollzogenem Wechsel - des neuen TA-Stabes auf die TA-Bank (Spalte C) bei festgehaltener Stellung der übrigen 11 TA-Stäbe und des FR-Stabes. Aus den unterschiedlichen Eintauchtiefen von altem und frischem TA-Absorber bei sonst gleichen Bedingungen wurde auf die effektive Verkürzung des Cd-Absorbers durch Abbrand geschlossen.

Abb. 3.6 zeigt als Beispiel die "Abbildung" des TA-Stabes Nr. 9, mit dem alten Absorber Nr. 4 und des TA-Stabes Nr. 105 mit dem neuen Absorber Nr. T-2-8 auf der TA-Pos. Nr. 13 gegen die TA-Stäbe auf den TA-Pos. Nr. 2, 4, 6 und 8. Die D₂O-Temperatur betrug dabei 23,5°C.

Der Unterschied in der Eintauchtiefe beider Absorber beträgt im Mittel 185 mm. Daraus kann geschlossen werden, daß die Länge des Cd-Absorbers Nr. 4 infolge Abbrand effektiv um 185 mm verkürzt worden ist. Die Größe des Unterschiedes der gemessenen Eintauchtiefen beider Absorber hängt etwas von der Länge der Übergangszone im Absorber mit Abbrand ab, in der die Cd-Schichtdicke von ihrem Sollwert auf die Dicke 0 mm absinkt und davon, ob der Gradient des thermischen Flusses längs dieser Zone positiv oder negativ ist. Je nach Abbrand und Meßbedingungen sind daher Abweichungen im Eintauchtiefenunterschied zu erwarten, die jedoch nicht größer als die Länge der Übergangszone sein können.

Eintauchtiefe des TA-Stab
auf Pos.13 [mm]

Abbildung des TA-Stabes auf Pos.Nr.13 (alter u. neuer Absorber) gegen die TA-Stäbe auf Pos.Nr. 2, 4, 6, 8

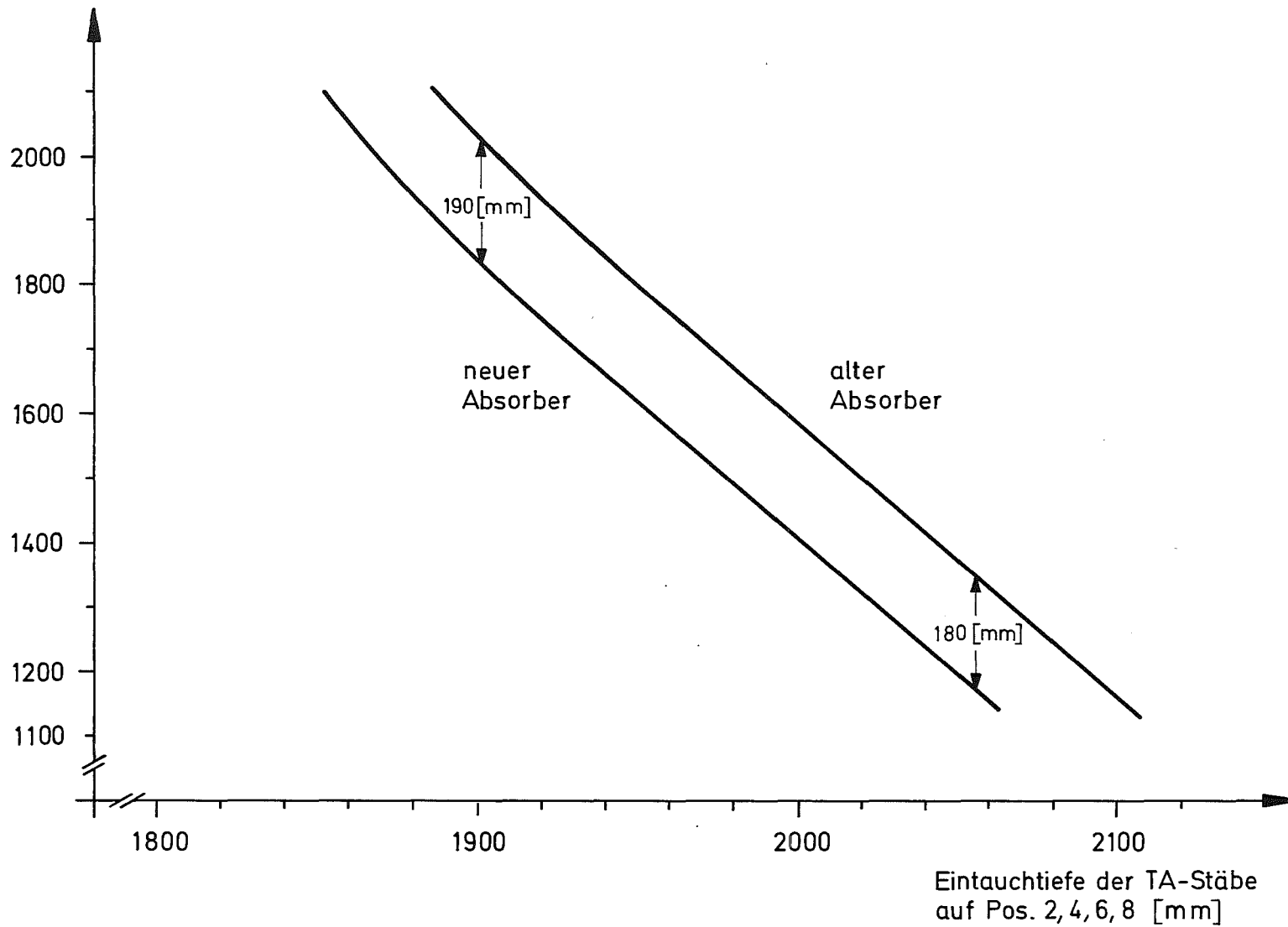


Abb. 3.6

Tabelle 3.8: Meßergebnisse des TA-Stab-Meßprogramms

TA-Stab Pos.Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Absorber Nr.	14	23	17	11	10	17	22	24	15	29	20	13	4	25	9	21
mittl. Hubunter- schied [mm]	125	167	317	363	120	160	215	x	360	65	430	285	185	113	420	310

x) Für den TA-Absorber Nr. 24 auf TA-Pos. Nr. 8 liegen keine auswertbaren Meßergebnisse vor. Eine Wiederholung der Messung war aus technischen Gründen nicht möglich.

Gemittelt über alle TA-Stäbe betrug die Diskrepanz zwischen Anzeige der TA-Stabeintauchtiefe und der Lage der Absorberunterkanten 240 mm.

Vernachlässigt man die positionsabhängige Wertigkeit der TA-Stäbe, so bedeutet dies - je nach Eintauchtiefe - eine Verringerung des Reaktivitätsäquivalentes der gesamten Bank von 0,2 bis 2,3 % gegenüber einer mit frischen Absorbern bestückten Bank. Trotz dieser Reaktivitätseinbuße war die sichere Abschaltung des FR2 in der Vergangenheit in keiner Betriebsphase in Frage gestellt.

6. Leistungsverteilung und Neutronenflußdichte

Die Leistungsverteilung auf die einzelnen Brennelemente ist aus den im Anhang befindlichen Formblättern Nr. 203f "BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW-Reaktorleistung" ersichtlich. Die mittlere Brennelement-Einzelleistung lag bei rd. 275 kW, die maximale bei 375 kW.

Die spezifische Stableistung der Brennelemente q und die integrale Brennelementleistung Q darf bei keiner Betriebsweise des Reaktors, die im Nachtrag II zum Sicherheitsbericht für den FR2 festgelegten Grenzwerte überschreiten. Sie betragen:

$$q_{\max} = 500 \text{ Watt} \cdot \text{cm}^{-1}$$

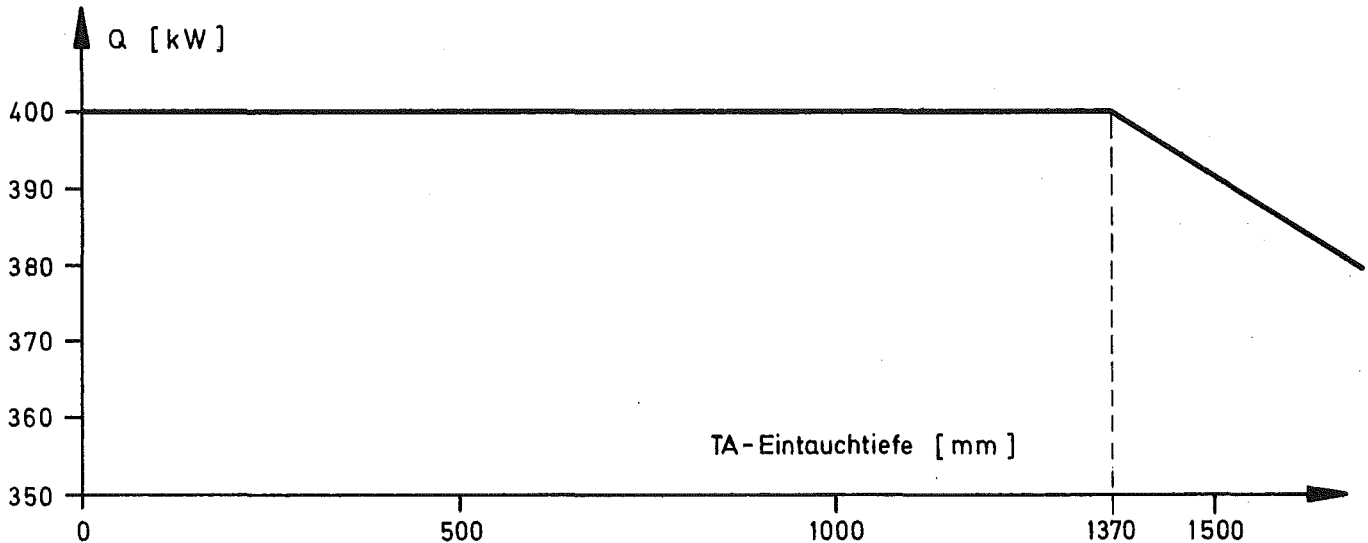
$$Q_{\max} = 400 \text{ kW}$$

Für Eintauchtiefen der TA-Stäbe zwischen 0 und 1370 mm, das war in den Betriebsphasen A/1967 bis H/1971 12 h nach Reaktorstart bisher stets der Fall, beschränkt Q_{\max} die Brennelementleistung.

Nach Verlängerung der Betriebsphasen um rd. 2 Wochen und der damit verbundenen größeren Eintauchtiefe der TA-Stäbe infolge höherer Überschubreaktivität zu Beginn der Phase wurde die maximal zulässige Brennelementleistung zeitweilig durch q_{\max} und den aktuellen vertikalen Peaking-Faktor bestimmt.

In Abb. 3.7 ist die maximal abführbare Brennelementleistung als Funktion der TA-Stab-Eintauchtiefe dargestellt.

Abb. 3.7 Maximal abführbare Brennelementleistung als Funktion der TA-Eintauchtiefe.



Die maximalen Neutronenflußdichten im Moderator, gemessen in einer Isotopenkanalposition zu Beginn der Betriebsphase bei einer Reaktorleistung von 44 MW, betragen:

$$\phi_{th} = 0,99 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1}$$

$$\phi_s = 0,58 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1} \quad (E = 0,1 - 10,5 \text{ MeV})$$

Eine typischen Verlauf des schnellen Neutronenflusses im Isotopenkanaltauchrohr der Zwischengitterposition 41/15 gibt Abb. 3.8. Die "Welligkeit" rührt her von der 6-fachen Unterteilung des Brennelements in vertikaler Richtung.

Das vertikale Flußprofil des thermischen Neutronenflusses im Isotopenkanal-Tauchrohr der Zwischengitterposition 61/17 in der Betriebsphase E/72 zeigt Abb. 3.9. Dabei ist besonders hervorzuheben, daß sich der Neutronenfluß in diesem Tauchrohr über einen großen Bereich (rd. 600 mm) nur unwesentlich ändert, was vorteilhaft für verschiedene Bestrahlungen ist.

ϕ_5 [$\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$]

Vertikaler schneller Neutronenflußverlauf im Isotopenkanal 41/15

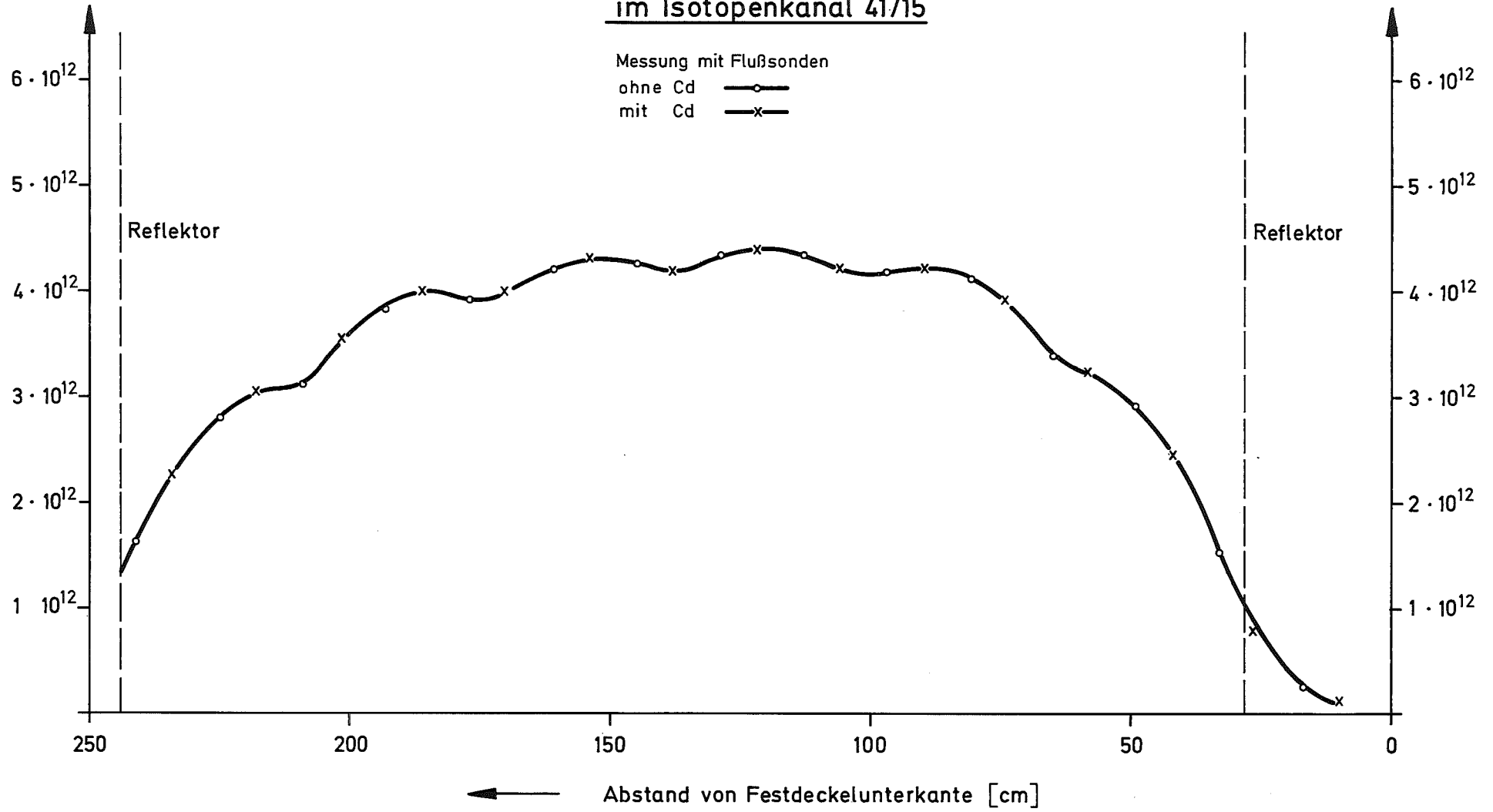


Abb. 3.8

$\phi_{th} [cm^{-2}s^{-1}]$

Vertikaler thermischer Neutronenflußverlauf im Isotopenkanal 61/17

Messung mit Kobaltdetektor
TA-Stab-Stellung: 826 [mm]

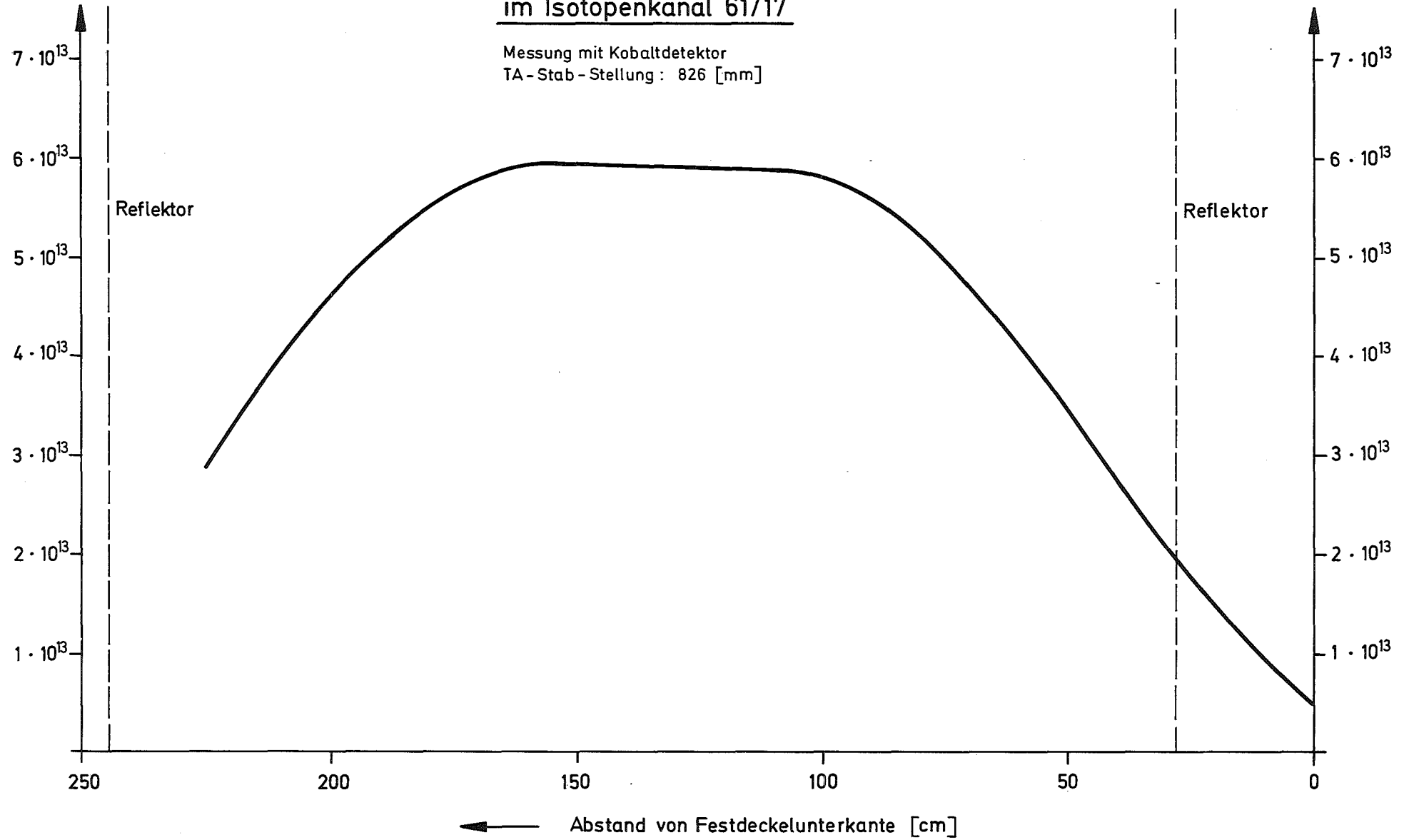


Abb. 3.9

7. Abbrand

Der mittlere Abbrand der Brennstoffbeladung des FR2 (geordnet nach Brennelement-Typ) im Jahre 1972 und der vorhergehenden Jahre ist in Abb.3.10 dargestellt. Wie daraus ersichtlich, liegt der "Gleichgewichtskern" bei rd. 7,8 MWd/kg Uran, nachdem praktisch nur noch BE des Typs 8 eingesetzt werden. Der Übergang auf diese Brennelemente mit 2 % Anreicherung hat sich gut bewährt (siehe auch [1]), der maximale Abbrand konnte auf über 15 MWd/kg_U gesteigert werden.

Tabelle 3.9: Abbrand der Brennstoffbeladung des FR2 am Ende der einzelnen Betriebsphasen des Jahres 1972

Betr.-Phase	Abbrand Brennelement Typ BE8			Abbrand Brennelement Typ BE9		
	BE im Reaktor	max. Abbrand MWd/kg _U	mittl. Abbrand MWd/kg _U	BE im Reaktor	max. Abbrand MWd/kg _U	mittl. Abbrand MWd/kg _U
A	161	15,6	7,6	-	-	-
B	161	15,3	7,7	-	-	-
C	161	15,0	7,7	-	-	-
D	159	14,6	7,6	2	15,3	15,3
E	160	15,1	7,8	2	16,0	16,0
F	161	15,4	7,8	2	16,6	16,6
G	162	15,5	7,8	2	17,3	17,2
H	160	15,2	7,9	2	18,0	17,9

Der mittlere Abbrand der planmäßig ausgebauten 68 Brennelemente des Typs BE8 betrug 14,9 MWd/kg_U.

Abb. 3.11 gibt einen Überblick darüber.

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

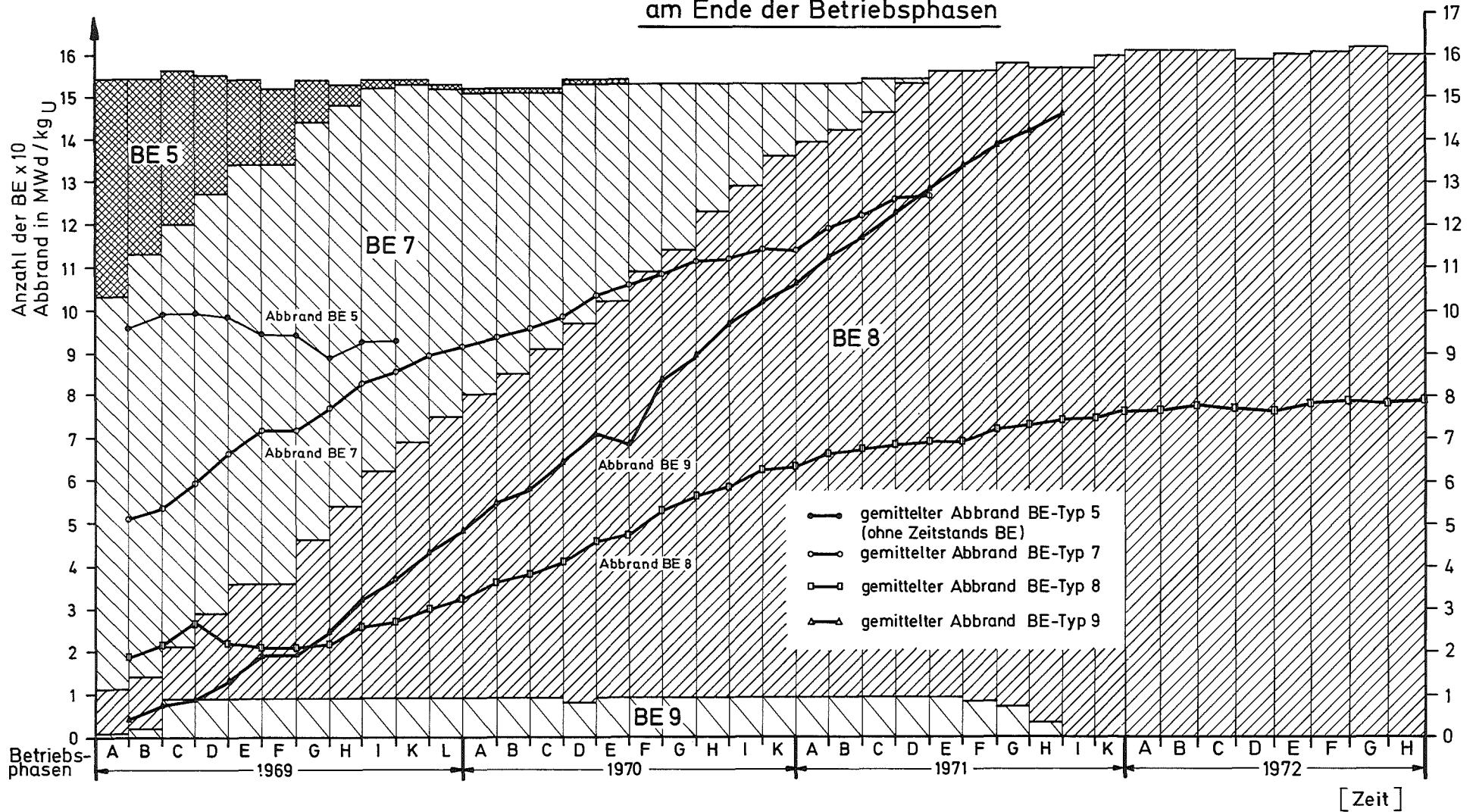
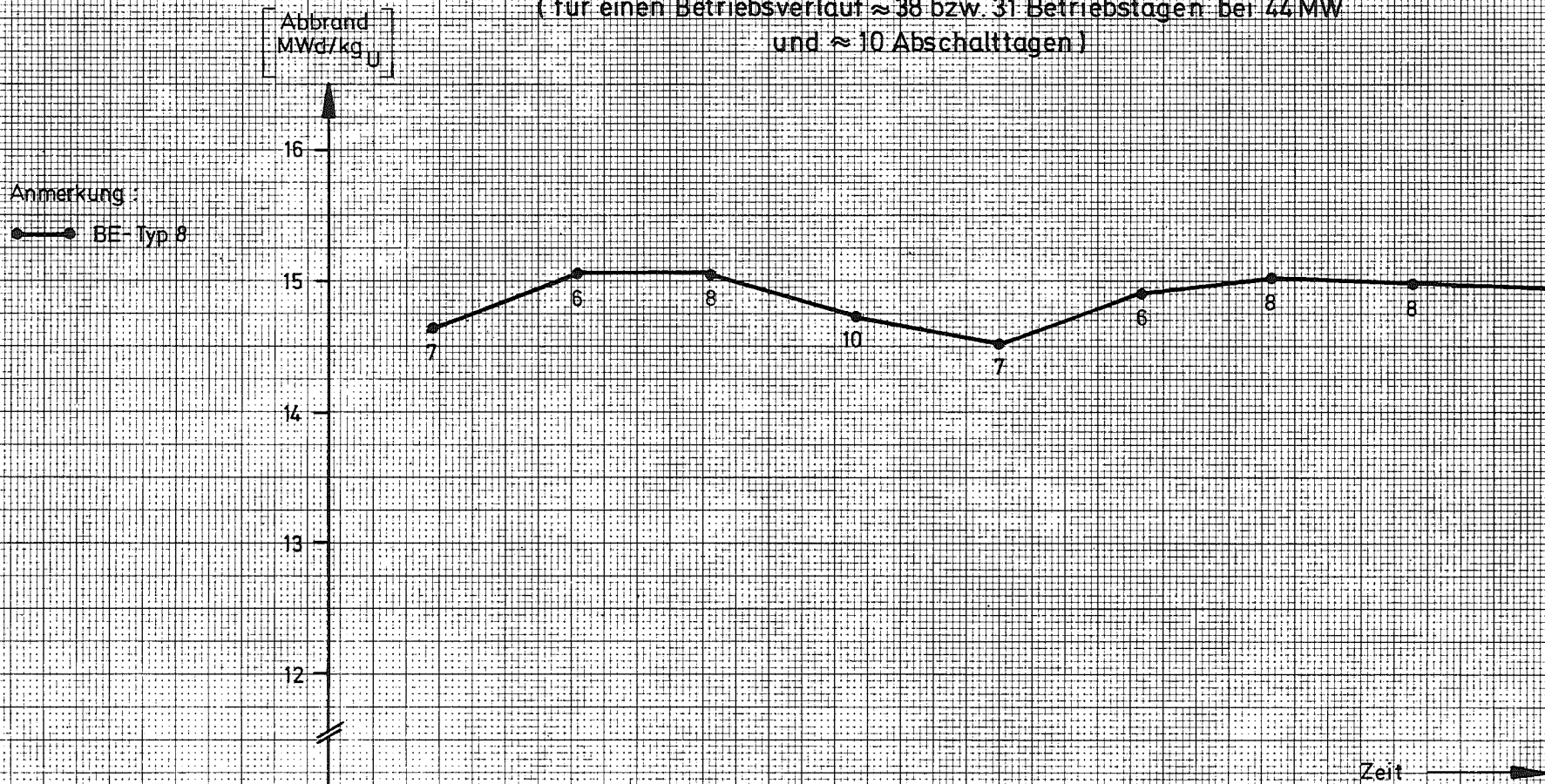


Abb. 3.10

Mittl. Abbrand und Anzahl der planmäßig ausgebauten Brennelemente

(für einen Betriebsverlauf ≈ 38 bzw. 31 Betriebstagen bei 44 MW
und ≈ 10 Abschalttagen)



Anmerkung:
●—● BE-Typ 8

Monat	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.																																													
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	53	1	2	3	4
Betriebsphase	K(71)					A'		A		B'		B		C'		C		D'		D		E'		E		F'		F		G'		G		H'		H																						
Reaktorbetrieb 44MW	█					█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█		█																								
BE-Wechsel																																																										

Abb. 3.11

8. Allgemeine Störungen und besondere Vorkommnisse

Störungen und besondere Vorkommnisse, die Experimente betreffen, sind in Abschnitt 2, solche, die mit dem Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen zusammenhängen, in Abschnitt 4 beschrieben. In diesem Kapitel werden nur Störungen und besondere Vorkommnisse in zeitlicher Reihenfolge beschrieben, die den obengenannten Abschnitten nicht zugeordnet werden können.

8.1 Kontamination durch defekte Co-60-Strahlenquelle bei Prüfung der γ -Raummonitore

Am 10.2.72 mußte die nach Plan durchgeführte Prüfung der γ -Raummonitore mit einer Co-60-Strahlenquelle (Präparat Nr. 29 der Abtlg. ASS/Ü) wegen Kontamination an den geprüften Monitoren abgebrochen werden. Als max. Kontamination wurde $3,1 \times 10^{-2} \mu\text{C}/\text{cm}^2$ gemessen. Ursache war aus der Umhüllung der Strahlenquelle ausgetretenes Co-Salz. Die kontaminierten Stellen konnten problemlos gesäubert werden. Das defekte Präparat wurde von Abtlg. ASS/Ü eingezogen.

8.2 Probealarm im FR2-Bereich

Zur Übung für das Personal wurde am 1.3.72 im FR2-Bezirk ein Probealarm mit Alarmstufe II ausgelöst. Der Probealarm war nur einem kleinem Kreis von Mitarbeitern bekannt, die mit der Beobachtung des Ablaufs beauftragt waren.

Zur Erschwerung der Gebäuderäumung wurde die Hauptpersonenschleuse unmittelbar vor der Alarmauslösung durch einen umgestürzten Handwagen, der das Außentor in halboffener Stellung blockierte, unpassierbar gemacht. Das Verhalten der Mitarbeiter wurde über eine Fernseheinrichtung beobachtet und auf Magnetband aufgezeichnet.

8.3 Räumung einiger Kreislauf Räume

In der Abschaltphase C, am 25.4.72, 9.50 Uhr mußte wegen zu hohem Tritiumpegels in der Abluft der Räume R006, R007, R107 und R108 Gebäudealarm I ausgelöst werden. Die Räumung der genannten Räume erfolgte ohne Störungen. Ursache war das Öffnen der Rückschlagklappe 10.15 für planmäßige Reparaturarbeiten. Dabei trat schwerwasserbefeuchtetes Helium in die Kreislauf Räume aus und verursachte vorübergehend einen Anstieg des Tritiumpegels. Die Öffnung wurde mit Hilfe einer Fußballblase bis zur Fertigstellung der Montagearbeiten abgedichtet.

8.4 Kontamination im Lüfterbau

Beim Ausbau von Abluftrohren der Isotopenproduktionsanlage am 25.7.72 zwecks planmäßiger Dekontamination wurden im Lüfterbau rd. 100 m² Bodenfläche kontaminiert ($< 10^{-2}$ $\mu\text{Ci}/\text{cm}^2$). Die Reinigung erfolgte umgehend ohne Schwierigkeiten.

8.5 Räumungsübung im Kernforschungszentrum

Am 16.11.72, 15.42 Uhr wurde eine Übung nach dem Räumungsplan des Kernforschungszentrums Karlsruhe durchgeführt. Die Räumung des FR2-Bezirkes erfolgte ohne Störungen. Die Betriebsmannschaft des FR2 verblieb in der Anlage.

Abschnitt 4

Betrieb der Reaktorhilfseinrichtungen

Die Reaktorhilfseinrichtungen, wie

Regel- und Abschaltelemente,
Brennelementüberwachung,
Schwerwasserkreislauf,
Heliumkreislauf,
Leichtwassersysteme,
Lüftungssysteme,
Elektrische Energieversorgungsanlagen,

konnten von einigen Störungen abgesehen, erfolgreich betrieben werden.

Durch die genannten Einrichtungen wurden automatisch 4 Reaktor-schnellabschaltungen (RSA) ausgelöst, wobei 2 RSA in Gerätefehlern des Reaktorschutzsystems für die Schwerwasserkreislaufüberwachung, 1 RSA in einem Netzausfall und 1 RSA in Anlagenausfällen durch Blitzeinschlag ihre Ursache hatten. Außerdem waren 6 Leistungsrücknahmen, insbesondere durch Störungen an Ventilen des Schwerwasserkreislaufs, 2 Leistungsbegrenzungen und 1 Startverzögerung wegen Nichtfertigstellung von Montagearbeiten am Ende einer Abschaltphase zu verzeichnen. Insgesamt entstanden dadurch 55,64 h Ausfallzeit (bei Vollast). 47 % dieser Ausfallzeit entfielen allein auf Startverzögerungen.

Besonders erwähnenswert ist die Ausrüstung der Trimmabschaltstäbe mit neuen Absorbern, wobei die Wandstärke des Absorbermaterials Cadmium von 1 auf 3 mm vergrößert wurde. Dadurch wird eine noch längere Standzeit angestrebt.

Nähere Angaben über den Betrieb beeinträchtigende Störungen und besondere Vorkommnisse sowie größere Reparatur- und Umbauarbeiten finden sich in den folgenden Kapiteln des Abschnitts 4.

1. Regel- und Abschaltelemente

Die Funktionsfähigkeit der Trimmabschaltstäbe (TA-Stäbe) ist aus Tabelle 9.3, Spalte 17 im Anhang ersichtlich. Bei 66 registrierten Funktionsabläufen wurden 61 mal Teilstörungen in den automatischen Funktionen dokumentiert. Dabei wurden alle Stäbe ordnungsgemäß abgeworfen, die Ankunfts meldung jedoch kam verzögert oder war wegen Defekt gebrückt. (Eine Überbrückung der Ankunfts meldung mußte bei insgesamt 7 Positionen durchgeführt werden. Mehr als 3 Meldungen waren nie gleichzeitig außer Funktion). Es ist, trotz Änderungen an den Ankunfts meldekontakten, noch nicht gelungen, diese Störungsquelle zu beseitigen.

Die 2. Abschalteinrichtung, der Moderatorablaß, mußte nie ausgelöst werden.

4 weitere Störungen wurden gezielt zur Funktionsprüfung des Moderatorablasses im Rahmen der vierteljährlichen Prüfung der D₂O-Kreislauf-Steuerung eingeleitet. (Moderatorablaß wird bei Versagen eines der 16 TA-Stäbe ausgelöst durch Grenzwerte aus den nuklearen Kanälen des Reaktorschutzsystems).

Der Reaktorbetrieb wurde 1 mal durch Abfall eines TA-Stab-Absorbers, was eine Leistungsbegrenzung erforderlich machte, beeinträchtigt (siehe auch [1]). Weitere Störungen des Reaktorbetriebes wurden durch die TA-Stäbe nicht verursacht.

Nach einer Betriebszeit des Reaktors von 12 Jahren, davon 6 Jahre mit 44 MW-Reaktorleistung, waren die Absorber der TA-Stäbe teilweise abgebrannt (siehe Abschn.3, Kap.5). Es mußten neue Absorber beschafft und eingebaut werden.

Tabelle 4.1: T A - S t a b - U m r ü s t u n g a u f n e u e A b s o r b e r

Abschalt-Phase	Bel. Plan Nr.	TA-Stab Poso.	Core-Pos.	T A - S t a b - A u s b a u				T A - S t a b - E i n b a u					
				Tag	TA-Stab Nr.	Absorber Nr.	Ausbaugrund	Tag	TA-Stab Nr.	Absorber Nr.	Fallzeitmessungen		
											Tag	Verzögerungszeit [ms]	Fallzeit [s]
D'72	274	10	45/09	6.6.72	7	29	Absorber abgebrannt	6.6.72	110	T-2-2	-	-	-
	274	14	49/29	6.6.72	24	25	Absorber abgebrannt	6.6.72	122	T-2-4	-	-	-
	275	10	45/09	7.6.72	110	T-2-2	nach Sonden-	7.6.72	7	29	-	-	-
	275	14	49/29	7.6.72	122	T-2-4	bestrahlung	7.6.72	24	25	-	-	-
	276	1	41/17	8.6.72	11	14	Absorber abgebrannt	8.6.72	108	T-2-3	9.6.72	11,8	0,77
	277	3	49/13	9.6.72	12	17	Absorber abgebrannt	9.6.72	114	T-2-1	9.6.72	11,8	1,31 *
	278	5	53/21	10.6.72	4	10	Absorber abgebrannt	10.6.72	110	T-2-2	11.6.72	23,6	0,86
	279	7	45/25	11.6.72	16	22	Absorber abgebrannt	11.6.72	122	T-2-13	11.6.72	7,8	0,87
E'72	282	3	49/13	26.7.72	114	T-2-1	Fertigungsfehler, Absorber	26.7.72	116	T-2-15	12.9.72	20,0	0,83
	282	1	41/17	26.7.72	108	T-2-3	blieben hängen	26.7.72	11	14	-	-	-
	283	1	41/17	31.7.72	11	14	Absorber abgebrannt	31.7.72	112	T-2-9	12.9.72	8,59	0,82
	284	7	45/25	2.8.72	122	T-2-13	Fertigungsfehler, Absorber	2.8.72	104	T-2-10	12.9.72	10,98	0,88
	284	5	53/21	2.8.72	110	T-2-2	blieben hängen	2.8.72	111	T-2-11	12.9.72	13,28	0,85
	285	2	45/13	12.8.72	23	23	Defekt	12.8.72	8	23	-	-	-
F'72	288	2	45/13	16.9.72	8	23	Absorber abgebrannt	16.9.72	114	T-2-12	18.9.72	3,94	0,86
	289	4	53/17	17.9.72	5	11	Absorber abgebrannt	17.9.72	122	T-2-13	17.9.72	13,34	0,85
	290	6	49/25	18.9.72	17	17	Absorber abgebrannt	18.9.72	110	T-2-14	18.9.72	13,76	0,87
	291	8	41/21	19.9.72	19	24	Absorber abgebrannt	19.9.72	123	T-2-17	20.9.72	7,85	1,06
G'72	294	9	37/17	28.10.72	18	15	Absorber abgebrannt	28.10.72	119	T-2-7	31.10.72	16,6	0,81
	295	11	49/09	29.10.72	21	20	Absorber abgebrannt	29.10.72	117	T-2-6	31.10.72	11,8	0,87
	296	13	57/21	30.10.72	9	4	Absorber abgebrannt	30.10.72	105	T-2-8	31.10.72	21,70	0,84
	297	15	45/29	31.10.72	6	9	Absorber abgebrannt	31.10.72	108	T-2-5	31.10.72	12,60	0,89
	297	8	41/21	31.10.72	123	T-2-17	Elektro-Magnet defekt	31.10.72	118	T-2-17	31.10.72	7,85	1,06
H'72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A'73	302	10	45/09	3.2.73	7	29	Absorber abgebrannt	3.2.73	109	T-2-19	3.2.73	39,84	0,85
	303	12	57/17	4.2.73	20	13	Absorber abgebrannt	4.2.73	121	T-2-2	4.2.73	31,55	0,86
	304	14	49/29	5.2.73	24	25	Absorber abgebrannt	5.2.73	123	T-2-16	5.2.73	31,20	0,83
	305	16	37/21	6.2.73	15	21	Absorber abgebrannt	6.2.73	106	T-2-3	6.2.73	18,50	0,87

* siehe Ausbau am 26.7.1972

Anmerkung: TA-Stäbe mit 3-stelliger Nr. haben neue Absorberteile

Die neuen Absorber unterschieden sich von den alten durch eine von bisher 1 mm auf 3 mm verstärkte Cadmiumschicht. Durch die größere Schichtdicke kann eine längere Lebensdauer erreicht werden. Da die neuen Absorber aufgrund der größeren Schichtdicke 5 kg schwerer sind als die alten, mußte anhand von Fallzeitmessungen nachgewiesen werden, daß die neuen Stäbe eine annähernd gleiche Fallzeit wie die alten haben. Dazu wurden spezielle Fallzeitmessungen mit einem Lichtstrahloszillographen (Visicorder) im Einbauzustand durchgeführt.

In der Tabelle 4.1 sind neben den Einbaudaten und der Reaktorposition die Ergebnisse der Fallzeitmessung ausgegeben. Es bedeuten:

Verzögerungszeit = Zeit vom Abschalten des Magnetstromes bis zur Trennung des Absorbers vom Magneten

Fallzeit = Zeit von der Trennung des Absorbers vom Magneten bis zum Schließen des Kontaktes der Ankunfts meldung.

Die Fallzeitmessungen der in der Phase A/73 ausgebauten Stäbe werden nach dem Umrüsten auf neue Absorber im Prüfstand (TA-Naßlager) durchgeführt. Vergleichende Messungen haben gezeigt, daß kein meßbarer Unterschied der Fallzeit in D_2O oder H_2O besteht.

Die Fallzeiten der neuen Absorber entsprechen denen der alten.

Um eine einfache Unterscheidung zwischen den mit alten und mit neuen Absorbern ausgerüsteten TA-Stäben zu ermöglichen, wurden die Nummern durch Voransetzen einer 1 vor die alte Nummer erweitert. Z.B. wurde aus dem TA-Stab Nr. 14 der TA-Stab Nr. 114 nach der Montage des neuen Absorbers.

In der Abschaltphase E'/72 mußten die in der Abschaltphase D'/72 erstmals eingebauten 2 neuen TA-Stäbe wieder ausgebaut und nachgearbeitet werden, da die Absorber wegen einer hervorstehenden Schweißnaht zeitweilig im Führungsrohr hängen blieben. Dieser Fertigungsfehler wurde bei allen restlichen neuen Absorbern vor Einbau in den Reaktor beseitigt.

2. Brennelementüberwachung

An die Hüllschadenüberwachungsanlage waren alle Brennelemente, Kapselexperimente und einige Experimentiereinsätze angeschlossen. Die Kontrolle erfolgte 1 Minute lang in einem 25 Minuten-Zyklus. Während des Berichtszeitraums trat kein Hüllschaden auf.

Der Umbau auf neue Magnetventilanordnungen wurde abgeschlossen. Dadurch konnte die Störanfälligkeit der Anlage weit herabgesetzt werden. Hinzu kam die Umrüstung der Impulselectronik bei den Monitoren 3 bis 10 von röhrenbestückten auf transistorisierte Geräte, nachdem die Monitore 1 und 2 schon seit 1970 erfolgreich mit neuen Geräten betrieben wurden.

Von allen rd. 400 um- bzw. ausgeladenen Brennelementen wurden zusätzlich in der Brennelementwechsellmaschine "γ-scans" angefertigt, die Rückschlüsse auf mögliche Bündeldefekte zulassen (siehe auch [23_7]).

Störungen und besondere Vorkommnisse

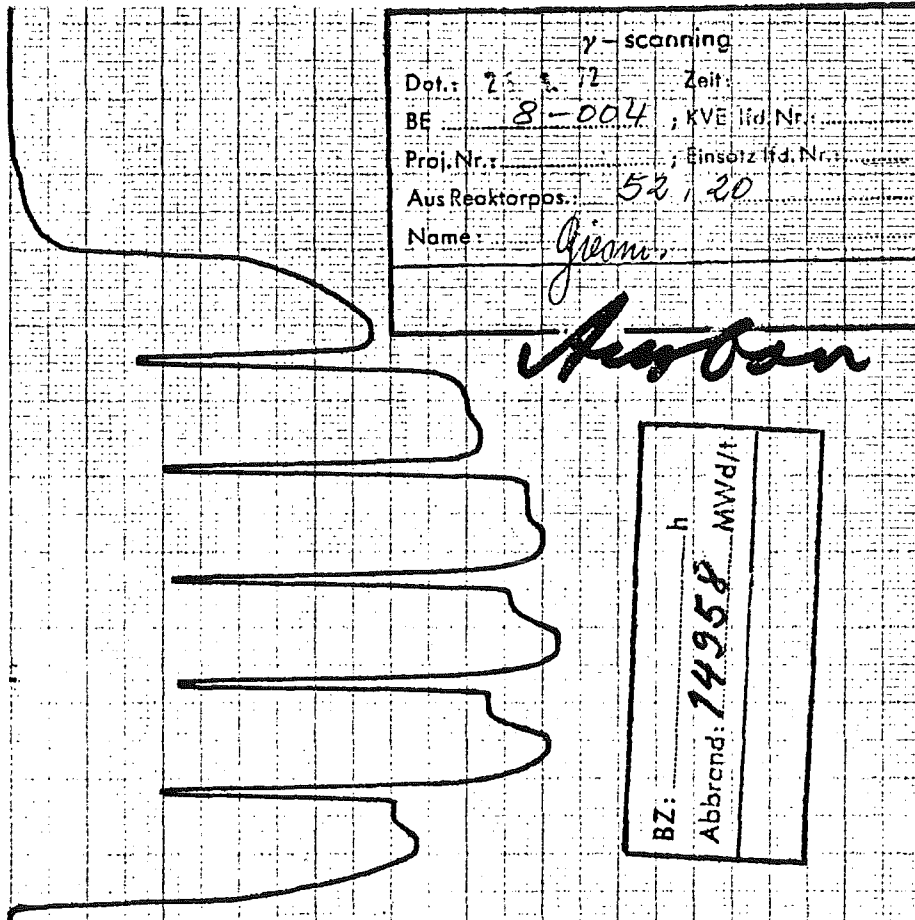
a) Brennelementschäden an BE 8-004 und BE 8-080

An den Brennelementen BE 8-004 und BE 8-080 wurden bei der Demontage in der Heißen Zelle am 23. und 24.2.72 Beschädigungen an der Bündelaufhängung festgestellt.

Der Ausbau aus dem Reaktor war am 25.1.72 wegen Erreichen des Sollabbrandes erfolgt. Die beim Ausbau aufgenommenen "γ-scans" zeigten allerdings keine Unregelmäßigkeiten. Siehe Abb. 4.1 und 4.2.

An den beiden Brennelementen wurde während ihrer Betriebszeit kein Hüllschaden durch die Überwachungsanlage detektiert.

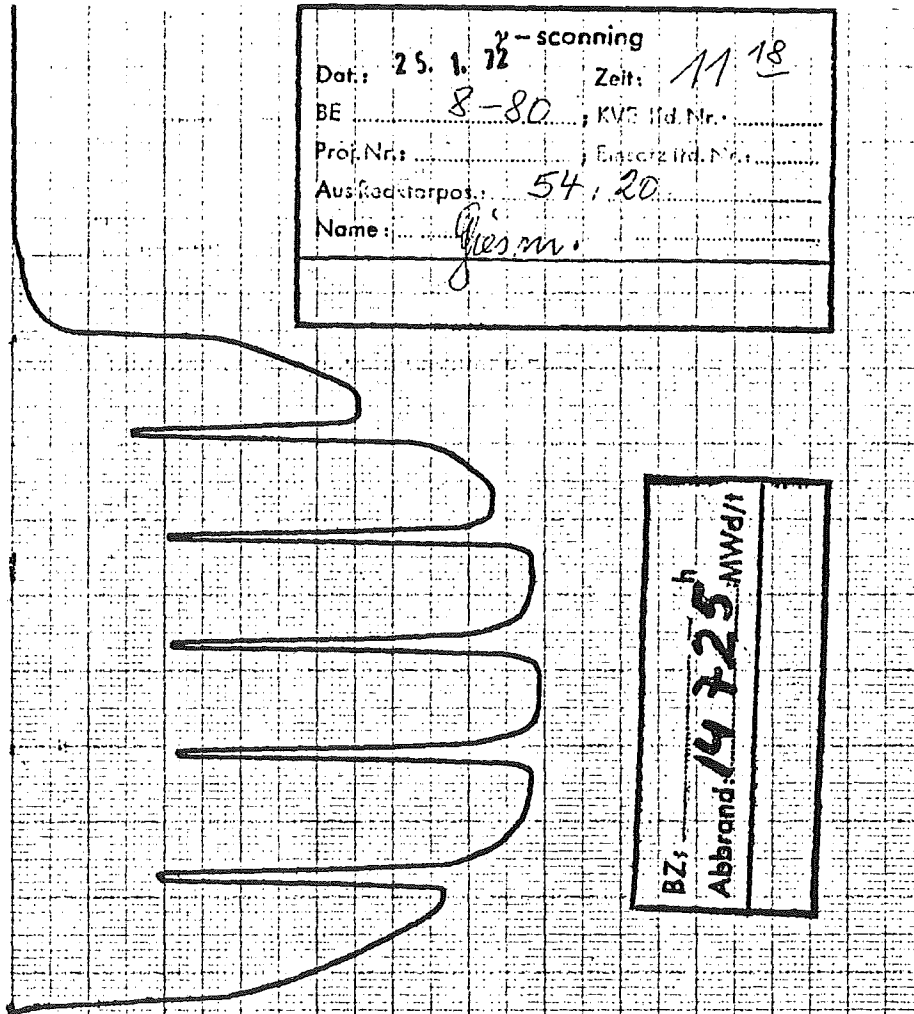
Abb. 4.1: "γ-scan" BE 8-004



Betriebswerte BE 8-004

Einbau:	25.07.69
Ausbau:	25.01.72
Betriebsstunden bei $N > 10^{-3} N_N$:	16.780 h
Abbrand:	14.958 MWd/t _u
Reaktorschnellabschaltung:	78 Stück

Abb. 4.2: "γ-scan" BE 8-080



Betriebswerte BE 8-080

Einbau:	23.07.69
Ausbau:	25.01.72
Betriebsstunden bei $N > 10^{-3} N_N$:	16.780 h
Abbrand:	14.725 MWd/t _u
Reaktorschnellabschaltungen:	78 Stück

Die Besichtigung der Brennelemente in der Heißen Zelle des FR2 ergab, bei BE 8-004 und BE 8-080 ähnliche Schäden, die zum Teil in den Bildern der Abb. 4.3.1 bis 4.3.4 wiedergegeben sind.

Schadensbild BE 8-004

Umkehrstück: Eine Fahne am Austritt ist abgebrochen
(Abb. 4.3.1)

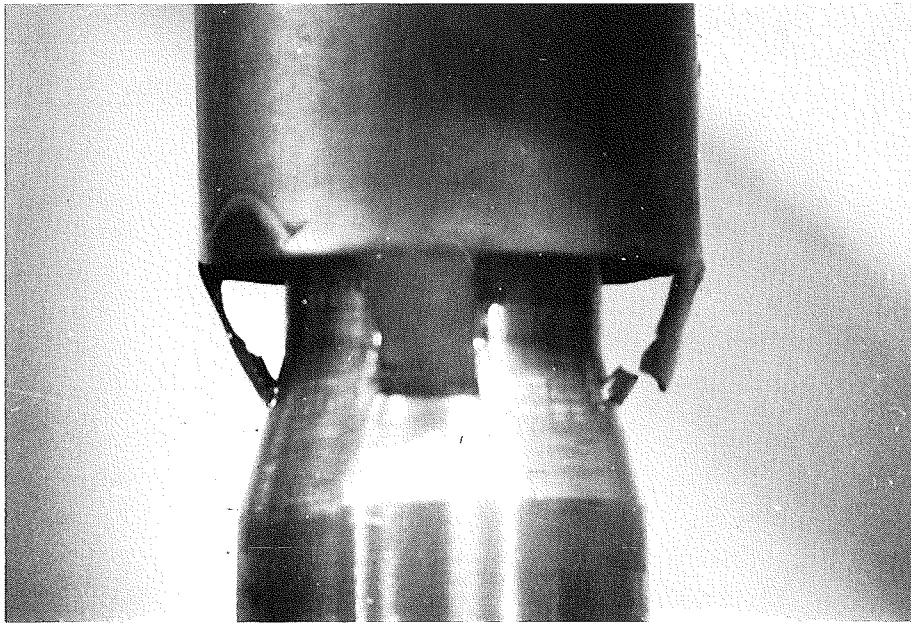


Abb. 4.3.1

Stern 1 und 3: Feder durchgeschliffen und gebrochen
(ohne Abb.)

Unteres Bündel: Ein Stab ist an dem oberen Zapfen herausgetreten, die restlichen Stäbe haben ein großes axiales Spiel (ohne Abb.)

Endzapfen: Der mittlere Endzapfen fehlt, die restlichen Zapfen haben großes Spiel (Abb. 4.3.2).

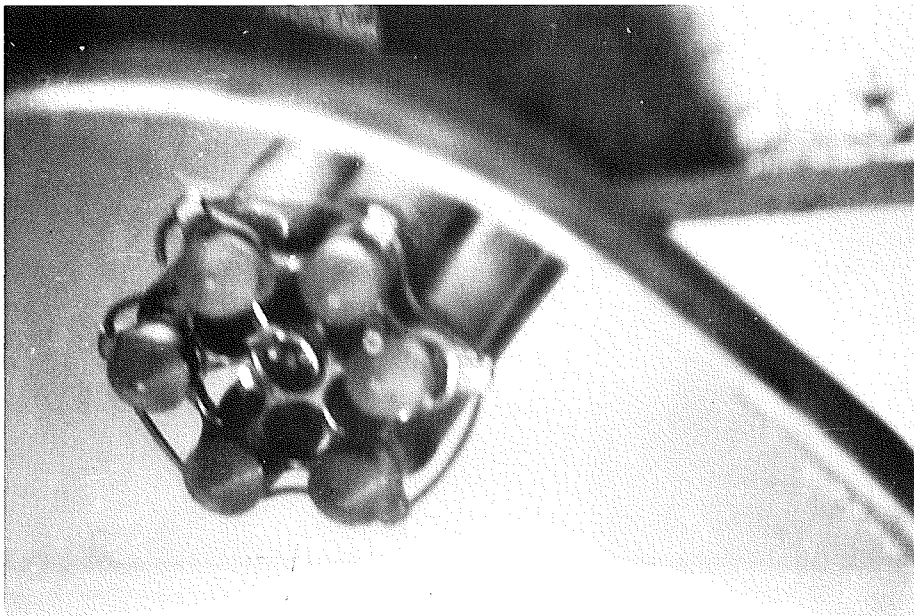


Abb. 4.3.2

Schadensbild BE 8-080

Umkehrstück: Am Austritt des Umkehrstückes ist ein dreieckförmiges Stück herausgebrochen (Abb. 4.3.3)

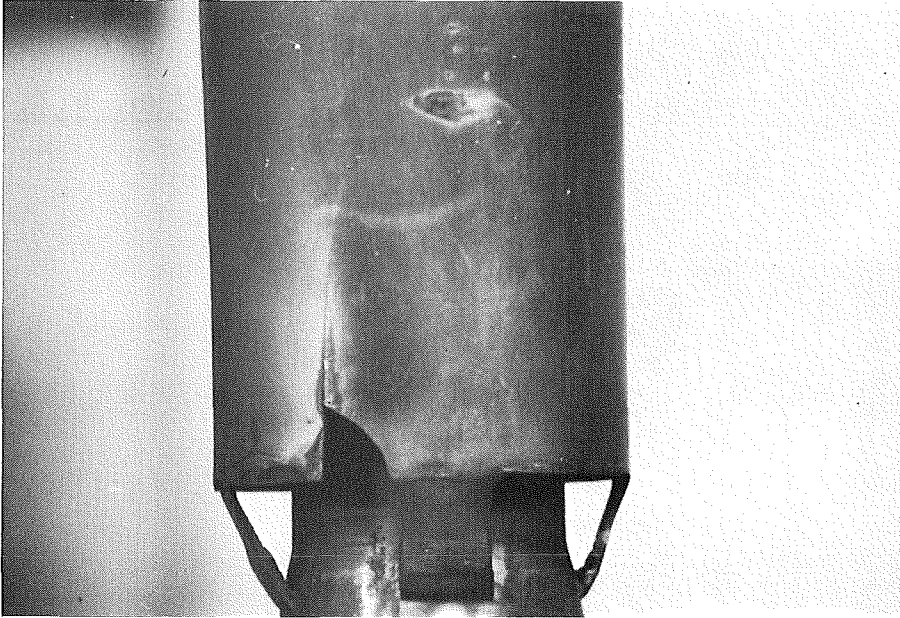


Abb. 4.3.3

Stern 2: Die Feder ist gebrochen (ohne Abb.)

Letztes Bündel und letzter Stern: 1 Stab läßt sich herausnehmen, 1 Stab klappte bei der Demontage aus dem 6. Stern heraus und hängt mit dem Endzapfen im letzten Stern fest. Der letzte Stern hängt schräge und alle Stäbe haben ein großes Spiel (Abb. 4.3.4)

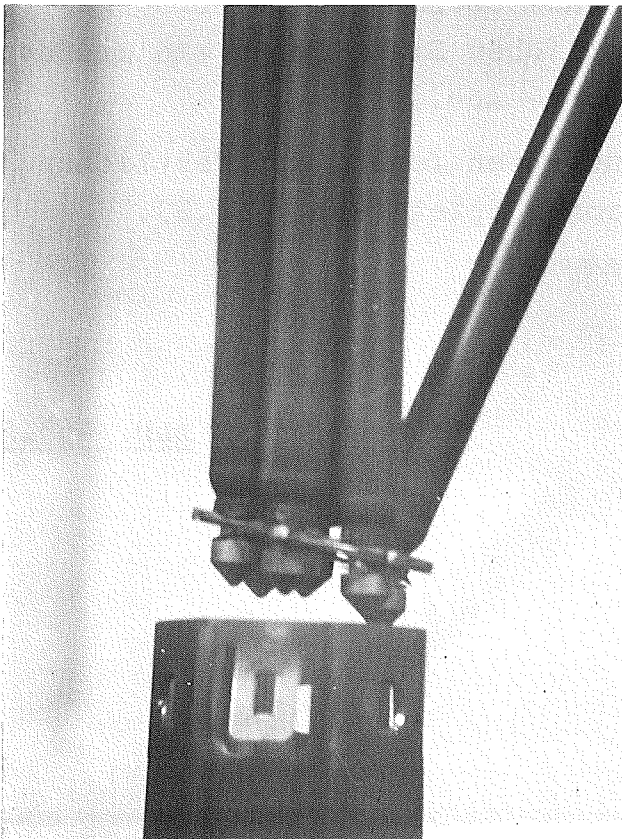


Abb. 4.3.4

b) Stromversorgungsausfall an der Brennelementwechselmaschine

Am 12.06.72, 11.04 Uhr fiel die Stromversorgung der Brennelementwechselmaschine, bedingt durch Wartungsarbeiten an der Elektro-Verteilung 5, für etwa 20 s aus. In der Wechselmaschine befand sich ein "heißes" Brennelement, was in dieser Zeit nicht gekühlt wurde. Da grundsätzlich die max. zulässige Trockenstehzeit eines BE zum Zeitpunkt des Ausbaues bei rd. 5 min liegt, bestand keine Gefahr, so daß auf Notkhlmanahmen verzichtet werden konnte.

3. Schwerwasserkreislauf

Das Betriebsverhalten des Schwerwasserkreislaufs (D_2O -Kreislauf) war im Jahre 1972 zufriedenstellend, wie auch aus der D_2O -Bilanz (Tabelle 4.3) ersichtlich ist.

Der Reaktorbetrieb wurde durch den D_2O -Kreislauf 9 mal gestört. Am 27. und 28.04.72 gab es 1 Startverzögerung (SV) des Reaktors wegen Nichtfertigstellung von Montagearbeiten im D_2O -Kreislauf, was einen Ausfall an Vollastbetriebszeit von 26,7 h zur Folge hatte. Außerdem waren insgesamt 5 Leistungsrücknahmen und 1 Leistungsbegrenzung auf $N < 10^{-3} N_N$ wegen Ansprechen von Feuchtefühlern der Kreislauf-Ventile 10.16 und 10.33 in Raum R 107 (D_2O -Kreislauf), der wegen der hohen Strahlung bei Reaktor-Vollastbetrieb nicht begehbar ist, notwendig. Daraus entstand ein weiterer Ausfall an Vollastbetriebszeit von 2,70 h.

Die 2 automatischen Reaktorschnellabschaltungen (RSA) mit einer Vollastausfallzeit von insgesamt 6,69 h hatten ihre Ursache nicht in Anlagenteilen des D_2O -Kreislaufs, sondern in Fehlfunktionen innerhalb des Reaktorschutzsystems. Sie wurden jedoch in diesem Kapitel aufgenommen, da sie einen unmittelbaren Einfluß auf das Kühlprogramm des Schwerwasserkreislaufs hatten (siehe unter 3. h)

Alle übrigen Störungen konnten während des Reaktorbetriebs oder in den Abschaltphasen behoben werden.

Eine Langzeitüberwachung der Ventilmembranen hat gezeigt, daß diese in einigen Ventilen des D_2O -Kreislaufs besonders oft defekt werden. Es handelt sich hierbei hauptsächlich um Ventile, die mit dem heißen D_2O des Rücklaufes bzw. des Überlaufes beaufschlagt werden. Zur Verminderung der unvorherzusehenden Reaktor-Betriebsstörungen werden die Ventilmembranen routinemäßig nach einem bestimmten Zeitplan ausgetauscht.

Tabelle 4.3: D₂O-Bilanz für das Jahr 1972:

D ₂ O-Bestand im FR2 am 1.1.1972			38.079,89 kg
Eingefüllte D ₂ O-Mengen von Reaktorqualität (RQ) = 99.800 Moll %:			
Tag	Menge [kg]	Bemerkungen	
26.1.	216,25	in 5 m ³ -Behälter einge- füllt	
10.8.	209,20	in 5 m ³ -Behälter einge- füllt	
1.1. bis 31.12.	44,44	für Sperrflüssigkeiten	
1.1. bis 31.12.	8,92	für Perlwasser in Gasanalyse	
	478,81		+ 478,81 kg
Entnahmen für Proben, Analysen und Leihgaben:			
1.1. bis 31.12.	368,86		- 368,86 kg
Unwiederbringliche Verluste bei Montagearbeiten, Leckagen sowie kontinuierliche Verluste:			
24.1.	rd. 10	undichtes Isotopen-Tauch- rohr	
19.4.	rd. 5	Membrandefekt Ve 12.04	
21.9.	rd. 1	Kupplungsdichtung Einsatz Le 11 von Proj. FR2/58 defekt (Druckwasserkreis- lauf)	
6.10.	rd. 1	Reparatur D ₂ O-Sumpftank	
1.1. bis 31.12.	rd. 10	bei Montagearbeiten im D ₂ O-Kreislauf	
1.1. bis 31.12.	rd. 37	Aus-Umbau von Reaktorein- bauten wie BE, KVE etc. durch Verdampfen	
1.1. bis 31.12.	rd. 42	kontinuierliche Verluste (ermittelt aus den H-3- Abgaben im Kamin) *)	
	rd.106		- 106,00 kg
D ₂ O-Bestand im FR2 am 31.12.1972			38.083,84 kg

*) Anmerkung: für die kontinuierlichen Verluste ergeben sich
rd. 120 g/d.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die wichtigsten Betriebsdaten des Schwerwassers (D₂O) im Jahre 1972.

Tabelle 4.2: Betriebsdaten des D₂O

	Jahres-		Bemerkungen
	Anfang	Ende	
Isotopenreinheit [Mol %]	99,628	99,621	Abreicherung kontinuierlich 0,007 Mol % wegen Aus-, Ein- und Umsetzungen von vertikalen Core-Einbauten
Tritiumkonzentration [µCi/ml]	5000	5600	Kontinuierlich steigend, Sättigungsaktivität noch nicht erreicht
Leitfähigkeit (Gesamt-D ₂ O) [µS/cm]	0,25	0,29	Im August wurde bei 0,41 µS/cm auf Reservemischbettfilter umgeschaltet

Die spezifische γ -Aktivität des Schwerwassers durch langlebige Korrosions- und Spaltprodukte war sehr niedrig und lag im Jahresmittel bei $1,1 \cdot 10^{-2} \mu\text{Ci/ml}$.

Die spezifische α -Aktivität lag im Mittel mit $4 \cdot 10^{-3} \text{pCi/ml}$ knapp über der Nachweisgrenze von $2 \cdot 10^{-3} \text{pCi/ml}$.

Das Aussehen des Schwerwassers ist klar (ohne Trübung).

Störungen und besondere Vorkommnisse

a) Reparatur und Wiedereinbau des Haupt-Wärmetauschers Pos. 1.1

Der am 21.07.71 mit Korrosionsschäden ausgebaute Haupt-Wärmetauscher Pos. 1.1 (vgl. [1]) wurde repariert und am 21.01.72 wieder eingebaut und in Betrieb genommen. Bei der Reparatur wurden 2 Rohre gezogen und durch neue ersetzt, ferner wurden zusätzliche Abstandshalter zur Stabilisierung des Rohrbündels eingebaut. Im Berichtszeitraum traten an diesem Haupt-Wärmetauscher keine Störungen auf.

b) D₂O-Leck an Ventil im Hauptkühlkreislauf

Am 16.03.72 traten aus einer mit Dichtschaube verschlossenen Gewindebohrung am Ventilgehäuse des D₂O-Ventils 10.16 rd. 5 cm³ D₂O in den Raum aus. Die Störung wurde über die Tritiumüberwachungsanlage zur Schaltwarte gemeldet. Der Fehler wurde durch Festziehen der Dichtschaube behoben. Bei einer Dichtheitsprüfung dieses Ventils am 24.04.72 wurde festgestellt, daß der Ventildurchgang undicht war. Die Reparatur wurde sofort durchgeführt. Dabei gingen nochmals rd. 5 cm³ D₂O verloren.

c) Membranbruch in D₂O Ventilen

Im Berichtszeitraum wurden mehrmals Membranen von D₂O-Ventilen defekt:

Daten:	15.4.72	Ve-Nr.	17.05
	16.4.72	Ve-Nr.	19.14
	3.8.72	Ve-Nr.	10.33

Die Störungen wurden durch Ansprechen der Feuchtefühler für die Membranüberwachung zur Schaltwarte gemeldet. Die Feuchtefühlerbohrungen konnten bis zum Membranwechsel mit Stahlstopfen verschlossen werden. Insgesamt war hierbei ein Verlust von rd. 5,3 dm³ D₂O zu verzeichnen.

d) Wechsel des Haupt-Wärmetauschers Pos. 1.3

Wegen Ablauf der Garantiezeit eines Ersatzwärmetauschers wurde in der 24. und 25. Woche 1972 der Haupt-Wärmetauscher Pos. 1.3 aus und der auf Lager liegende Ersatzwärmetauscher eingebaut. Der neue Wärmetauscher hat im Gegensatz zu den anderen im D₂O-Haupt- und Notkühlkreislauf eingebauten Wärmetauschern keine Doppelböden mehr. Die Rohre sind in Einfachböden eingewalzt und verschweißt.

e) Kurzschluß im Klemmkasten einer D₂O-Hauptkühlpumpe

Am 26.04.72 fiel nach dem Einschalten der Hauptpumpe Pos. 1.5 der Pumpenhauptschalter infolge Kurzschluß. Als Ursache wurde ein Defekt des Anschlußkabels im Motor-klemmkasten festgestellt (siehe Abb.4.4.1 bis 4.4.2).

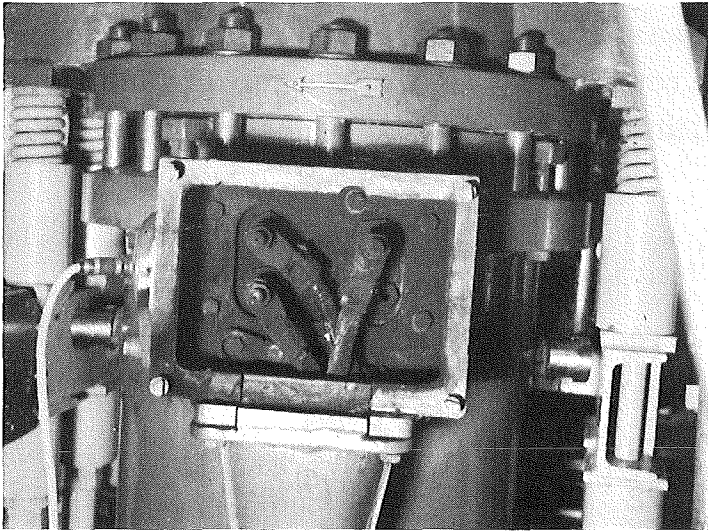


Abb. 4.4.1

Klemmkasten Pu 1.5

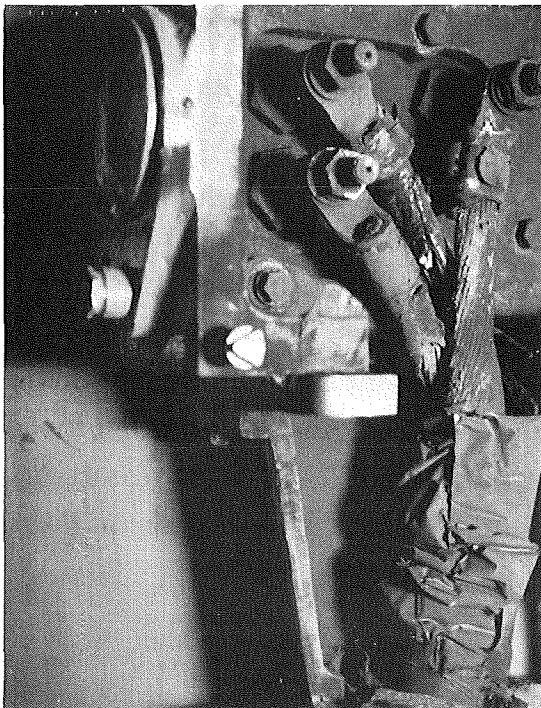


Abb. 4.4.2

Klemmkasten mit
geöffnetem Kabel-
anschlußstutzen
Pu 1.5

Es wird vermutet, daß die Isolation des Kabels im Bereich der Einführung in den Kabelanschlußstutzen des Motor-Klemmkastens bei Montagearbeiten durch mechanische Belastung beschädigt wurde. Die Befestigung des Kabels wurde daraufhin verbessert und der Anschlußstutzen mit Kabelvergußmasse ausgegossen.

f) Anstieg der Leitfähigkeit im D₂O-Kreislauf

Nach einem TA-Stabwechsel am 27.07.72 stieg die Anzeige der Leitfähigkeitsmeßstelle 1L5 (Gesamt-D₂O) sprunghaft von 0,33 μ S/cm auf 2,77 μ S/cm an. Ursache waren vermutlich Acetonreste von der Reinigung der neuen TA-Absorber. Zur Klärung dieses Vorfalles wurden gezielt kleine Mengen Aceton dem D₂O-Kreislauf zugesetzt. Dabei trat die gleiche Erscheinung wie beim TA-Stabwechsel auf. Weitere Untersuchungen sind noch im Gange.

g) Undichtheit von D₂O-Ventilen im Durchgang

Am 14.09.72 wurde bei Vorbereitungsarbeiten für die Prüfung "D₂O-Sumpf" nach PHB 1.307 zwischen Ventil 19.14 und Ventil 61.08 Schwerwasser festgestellt. Die Leitung wurde entwässert, wobei rd. 1,5 dm³ D₂O anfielen. Ventil 19.14 war offensichtlich im Durchgang leicht undicht. Die Prüfung mußte bis zur Reparatur des Ventils verschoben werden.

Bei der wöchentlichen Kontrolle der Entwässerungsleitung hinter Ventil 19.06 wurde am 16.10.72 beim Öffnen von Ventil 19.24 ein D₂O-Anfall von rd. 4,5 dm³ festgestellt. Daraus war abzuleiten, daß Ventil 19.06 im Durchgang undicht sein mußte. Aus Sicherheitsgründen wurde ein Kunststoffbehälter mit Entlüftungsschlauch zur Abluft an Ventil 19.24 angeschlossen.

h) Auslösung von D₂O-Programm "m" durch Gerätefehler

Bei der täglichen Prüfung des Reaktorschutzsystems während des Reaktorbetriebes wurde am 21.03.72 und 27.09.72 durch den Sicherheitskanal 9 das D₂O-Programm "a" (Kühlung mit 4 Hauptpumpen) in das D₂O-Programm "m" (Kühlung mit 1 Notkühlpumpe) umgeschaltet und als Folge eine RSA über den

Sicherheitskanal 7 ausgelöst. Bei der ersten Fehlsteuerung konnte kein Fehler in der Anlage festgestellt werden. Vorbeugend wurden jedoch alle Schaltkontakte in den Grenzwerteinheiten des Sicherheitskanals 9 gewechselt. Die Störung trat nach rd. einem halben Jahr nochmals auf. Als Ursache wurde ein Kontaktfehler in der 2 von 3-Schalt-einheit für das D₂O-Programm "m" entdeckt und beseitigt. Weitere Störungen wurden nicht mehr beobachtet.

Die Programmumschaltung erfolgte in beiden Fällen aus Vollastbetrieb. Eine Gefährdung von Anlagenteilen bestand nicht, das Notkühlprogramm "m" ist für diesen Störfall ausgelegt. Zur sicheren Nachwärmeabfuhr wurde vom Operateur zusätzlich eine Hauptpumpe von Hand eingeschaltet.

i) Fehlsignalisierung des D₂O-Programms "p" (H₂O-Notfluten)

In der Abschaltphase H'/72 wurde am 18.12.72, 17.10 Uhr ohne erkennbare Ursache der Befehl "Programm p-Auslösen" signalisiert (H₂O-Notfluten wird nicht automatisch ausgelöst, sondern muß mittels Schlüsselschalter eingeschaltet werden). Während des Vorgangs wurde an mehreren Stellen gleichzeitig, wie in Abschaltphasen unumgänglich, gearbeitet (D₂O-Kreislaufsteuerung, Elektroversorgungszentrale, Schaltwarte).

Zur Ermittlung der Ursache wurden die vorhergegangenen Arbeitsschritte reproduziert. Ein Grund für die Fehlsignalisierung konnte jedoch nicht ermittelt werden.

4. Heliumkreislauf

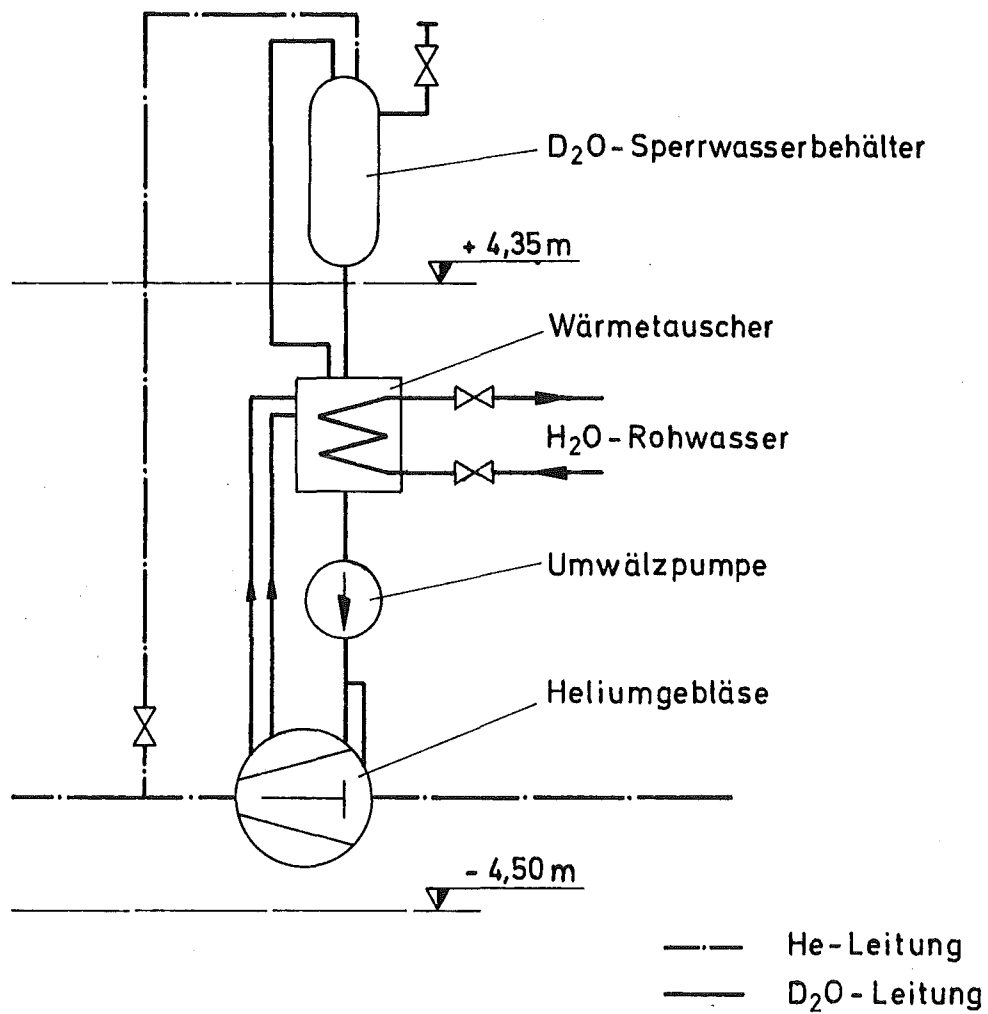
Der Heliumkreislauf konnte ohne wesentliche Störungen betrieben werden.

Im Jahre 1972 gingen hauptsächlich durch Reparaturarbeiten und in geringem Maße durch Leckagen und Luftabsorberspülungen rd. 210 m^3 He aus dem Kreislauf verloren und mußten durch frisches He ersetzt werden. Die Verunreinigung des He durch Stickstoff lag im Jahresmittel bei 1,4 %, die durch Sauerstoff bei 0,5 %. Während der Stickstoffanteil nur von Lufteinbrüchen herrührt, wird der Sauerstoffanteil durch gezielte Zudosierung auf $\approx 0,5$ % gehalten, um die O_2 -Verluste, die durch Rekombination des Deuteriums (D_2) zu Schwerwasser (D_2O) und Oxydation von Anlagenteilen entstehen, auszugleichen.

Zur Herabsetzung des Luftanteils wurde das gesamte He des Kreislaufs im Berichtszeitraum 8 mal von insgesamt rd. 20 m^3 Luft gereinigt. Dazu wurden rd. 12.000 Nm^3 flüssiger Stickstoff, der zum größten Teil in der Flüssigstickstoffherstellungsanlage des Experimentes FR2/26 hergestellt wurde, verbraucht.

Bei den Heliumgebläsen wurden nach umfangreichen experimentellen Erprobungen erhebliche Verbesserungen an den Wellenabdichtungen zwischen Heliumförder-, Sperrwasser- und Getrieberaum durchgeführt. Die D_2O -Sperrwasserbehälter wurden zur Erhöhung des statischen Sperrwasserdruckes in höher gelegene Räume verlegt. Durch Einbau von Umwälzpumpen und Wärmetauschern in die D_2O -Sperrwasserkreisläufe wurde ein Zwangsumlauf und eine Temperatursenkung an den Gleitringwellenabdichtungen erreicht. Die Anordnung ist in Abb. 4.5 im Prinzip dargestellt.

Abb. 4.5: Aufbau des Sperrwasserkreislaufs eines Heliumgebläses



Der Betrieb der Heliumgebläse verlief nach dem Umbau ohne nennenswerte Störungen. Es ist zu erwarten, daß die neuen Wellenabdichtungen die erstrebte Standzeit von 6000 Betriebsstunden erreichen werden.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Helium-Leck im Corebereich des FR2

Aufgrund von Betriebsanalysen wurde in der Betriebsphase A/72 festgestellt, daß aus dem Kreislauf rd. 600 l/h Helium verloren gingen. Da außerdem in der Isotopenkanal-Abluft ein erhöhter Tritium-Gehalt festgestellt wurde, konnte angenommen werden, daß sich die Leckstelle im Bereich des oberen Festdeckels befand. Daraufhin wurde in der Isotopenkanal-Abluft mit einem He-Lecksuchgerät der He-Gehalt bestimmt. Die Messungen bestätigten im Rahmen der Meßgenauigkeit die Leckgröße.

Es lag der Verdacht nahe, daß Adapter auf Zwischengitterpositionen undicht geworden sein könnten. So wurde als erste Maßnahme an allen Adaptern Dichtheitsprüfungen durchgeführt. Die beiden Adapter für das Kreislaufexperiment Proj. FR2/58 auf den Zwischengitterpositionen 41/23 und 41/29 waren undicht und wurden gewechselt.

Danach war die Leckmenge auf rd. 100 l/h Helium zurückgegangen. Zur weiteren Suche nach der Leckstelle wurden einzelne Abluftleitungen im Bereich des oberen Reaktor-Festdeckels auf Helium untersucht. Dabei zeigte eine Abluftleitung, die die Zwischengitterpositionen 49/05, 49/07, 53/07, 53/09 und 53/11 absaugt, Helium.

Da die Position 49/05 mit einem Blindstopfen und die Positionen 49/07 und 53/11 mit Adaptern belegt waren, blieben nur die Positionen 53/07 und 53/09 als leckverdächtig über. Da an den Tauchrohren der genannten Positionen Dichtungen vor der Prüfung gewechselt worden waren, lag die Vermutung eines Korrosionslecks nahe.

Da sowohl an der Pos. 53/09, die in Strömungsrichtung gesehen vor der Position 53/07 liegt, als auch an der letzteren Helium festgestellt werden konnte, mußte sich die Leckstelle am Tauchrohr der Pos. 53/09 befinden.

Dieses Tauchrohr wurde bei der nächsten planmäßigen Reaktorabschaltung gewechselt. Nach dem Wechsel konnte kein He-Verlust mehr festgestellt werden. Eine Kontrollmessung in der Isotopenkanal-Abluft bestätigte dieses Ergebnis.

Bei einer anschließend durchgeführten Leckprüfung an dem ausgebauten Tauchrohr in der Heißen Zelle des FR2 wurden mehrere Lecks im Bereich einer Schweißnaht lokalisiert. Das Tauchrohr wurde verschrottet.

5. Leichtwassersysteme

Im Berichtszeitraum trat in den Leichtwassersystemen (siehe [1]) nur eine den Reaktorbetrieb beeinträchtigende Störung auf, die unter "Störungen und besondere Vorkommnisse" beschrieben ist.

Im Frühsommer 1972 trat eine intensive Braunfärbung des Sekundärkreislaufwassers durch aufgeschwämmte organische Teilchen auf. Eine Untersuchung ergab einen Anteil von 8 mg/l organische Substanzen. Quelle der Verunreinigung war das Holz der Kühlturmzellen. Bei einer routinemäßigen Stillsetzung einer Kühlturmzelle wurde an der aus Bongossi-holz bestehenden Stützkonstruktion unterhalb der Wasseroberfläche ein Abtrag bis 2 mm Tiefe festgestellt. Oberhalb der Wasseroberfläche war der Grad des Abtrags wesentlich geringer. Mit Beginn der kälteren Witterung verlor sich die Braunfärbung des Wassers zunehmend.

Am 25.10. und 30.10.72 wurden 3 Holzproben an verschiedenen Stellen der Rieselhorden entnommen und zur Untersuchung und Feststellung der zu erwartenden Lebensdauer zum "Forstbotanischen Institut der Universität Hamburg" geschickt. Das Untersuchungsergebnis lag bis zum Jahresende noch nicht vor.

Der Wasserverbrauch für den gesamten FR2-Bezirk, die Erzeugung vollentsalzten Wassers in der Vollentsalzungsanlage und die dafür erforderliche Menge an Salzsäure und Natronlauge seit dem Jahre 1968 ist in folgender Tabelle festgehalten.

Tabelle 4.3:

Jahr	1968	1969	1970	1971	1972
Rohwasserverbrauch [m ³]	577.379	664.294	610.660	562.450	626.615
Erzeugung Vollents. Wasser [m ³]	326.372	332.966	338.070	331.187	335.075
Salzsäureverbrauch [t]	339,0	336,0	297,7	335,8	459,7
Natronlaugeverbrauch [t]	111,4	108,2	94,5	114,8	162,4

Der deutliche Anstieg des Lauge- und Säureverbrauchs im Jahre 1972 bei gleichbleibender Leistung der Anlage ist auf die starke Verminderung der Wasserqualität des angebotenen Rohwassers zurückzuführen.

Für die Vollentsalzung des Rohwassers waren 642 Regenerationen erforderlich. Tabelle 4.4 gibt einen Überblick über die Anzahl der Regenerationen und die Wasserdurchsätze der zwei Vollentsalzungsbahnen im Jahre 1972.

Tabelle 4.4: Regenerationen und Wasserdurchsätze der Vollentsalzungsbahnen des FR2

Monat	Regenerationen		max. Durchsatz		min. Durchsatz		mittl. Durchsatz	
	Bahn I [Stck.]	Bahn II [Stck.]	Bahn I [m ³]	Bahn II [m ³]	Bahn I [m ³]	Bahn II [m ³]	Bahn I [m ³]	Bahn II [m ³]
Januar *)	18	19	813	694	443	414	498	587
Februar	27	29	785	662	464	443	574	553
März *)	19	20	761	713	458	506	664	593
April *)	18	17	740	650	515	512	650	584
Mai	40	42	642	573	247	273	449	442
Juni *)	26	27	642	620	297	240	469	430
Juli *)	34	34	577	537	186	272	430	422
August	39	39	672	620	297	290	472	448
September *)	25	26	715	725	282	296	469	529
Oktober *)	23	22	714	628	551	447	616	567
November	28	28	653	669	442	368	536	564
Dezember *)	21	21	613	785	406	463	523	595
Summe	318	324	Jahresmittel				538	525

*) Monate mit Abschaltphasen ohne Regeneration

Gegenüber dem Vorjahr hat sich der Durchsatz je Vollentsalzungsbahn noch weiter verringert. Er betrug 1972 im Mittel nur 532 m^3 zwischen zwei Regenerationen gegenüber 686 m^3 im Vorjahr. Besonders schlecht war die Rohwasserqualität in den "warmen" Monaten Mai bis August, was sich in den geringen Durchsätzen der Vollentsalzungsbahnen widerspiegelt.

Der überwiegende Teil des Rohwassers für den FR2 wurde aus dem Wasserwerk "Tiefgestade" am Rhein entnommen. Dieses Wasser hat einen hohen Anteil an Cl-Ionen und ist für eine wirtschaftliche Vollentsalzung ungeeignet. Es ist geplant, das Wasserwerk "Süd" auf dem Gelände des KFZK, welches Wasser besserer Qualität liefert, zu erweitern.

Abb. 4.6 zeigt deutlich die Verringerung der mittleren Wasserdurchsätze der Vollentsalzungsbahnen und den dadurch bedingten Anstieg an Regenerationen durch die laufende Rohwasserver-schlechterung in den letzten zwei Jahren.

Über das im Jahre 1972 angefallene Abwasser gibt Tabelle 4.5 Aufschluß.

Tabelle 4.5: Abwasser im FR2-Bezirk

Abwasserart/ Abwassersystem	Abwassermenge [m^3]	Bemerkungen
Regenwassernetz	235.904	hauptsächlich Kühlwasser für Experimente und Kältemaschinen
Chemieabwasser	56.954	hauptsächlich aus Wasseraufbereitungsanlage
radioaktives Abwasser	317	---
häusliches Abwasser	6.000	---
Σ	299.175	---

Über die Kühltürme wurden 327.440 m^3 entsprechend der Energieabgabe des Reaktors verdampft.

Mittl. Durchsatz u. Regenerationen
der Vollentsalzungsbahnen in den
Jahren 1968 bis 1972

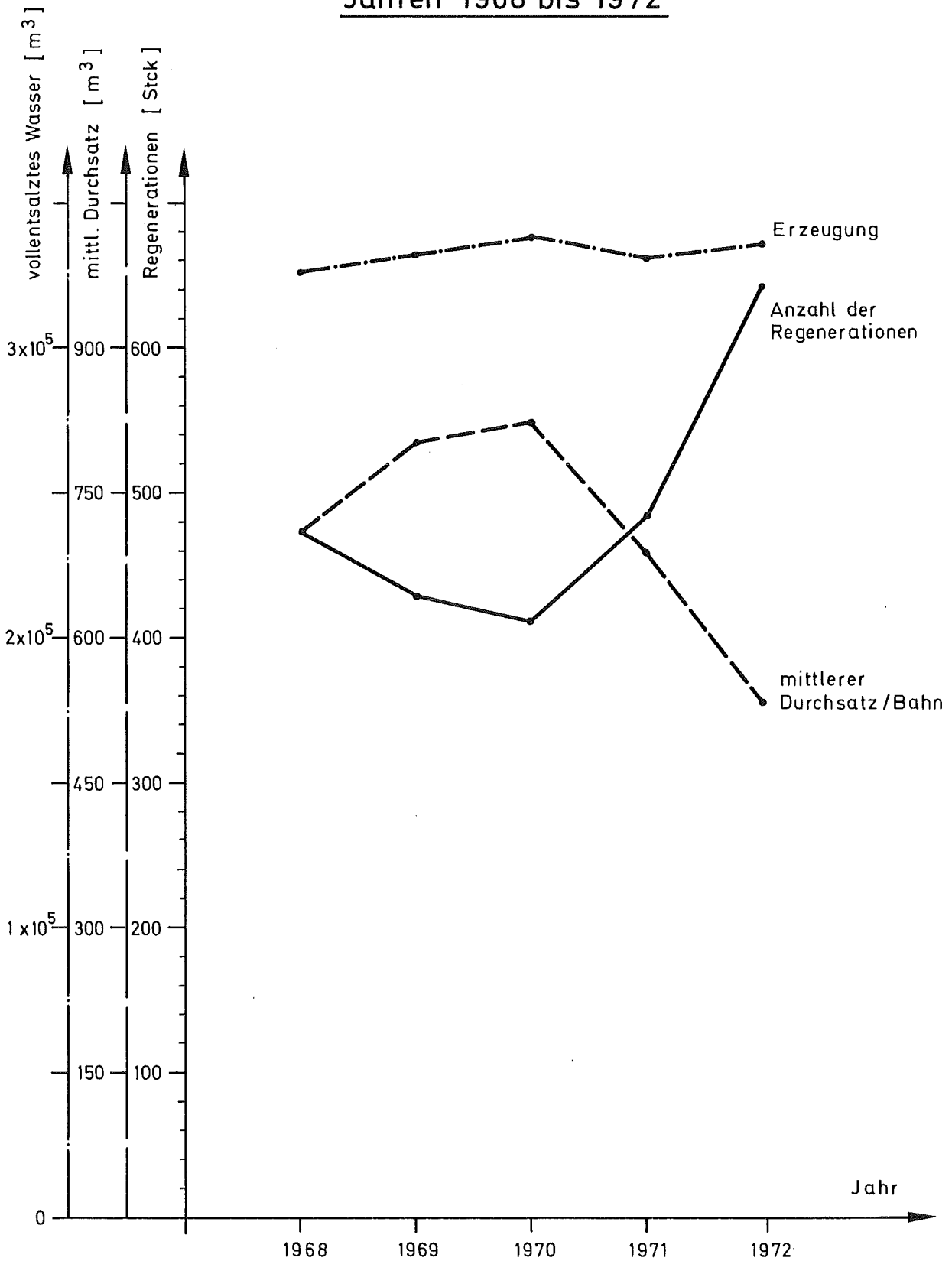


Abb. 4.6

Am Anfang des Jahres wurde eine Abwasserleitung für radioaktive Abwässer von der Abwassersammelstation des FR2 zu den Dekontaminationsbetrieben (ADB) fertiggestellt und in Betrieb genommen. Damit entfällt der Abtransport radioaktiver Abwässer aus dem FR2-Bezirk mittels Tankwagen.

Wegen Umbau- und Reparaturarbeiten im Bereich Abteilung Dekontaminationsbetrieb (ADB) wird seit dem 19.07.72 schwachaktives Abwasser von dort in den Behälter 9.10 im Behältergebäude des FR2 gepumpt und bis zur Verarbeitung zwischengelagert. Die größte gelagerte Menge an radioaktivem Abwasser in diesem Behälter betrug 320 m^3 . Siehe dazu Tabelle 4.6.

Störungen und besondere Vorkommnisse

Nach dem Reaktorstart zu Beginn der Betriebsphase A/72 löste am 28.01. um 23.15 Uhr die Steuersicherung des H_2O -seitigen Hauptwärmetauscherventils 30.33 aus und das Ventil steuerte zu. Wegen der dadurch reduzierten Kühlung im Primärkreislauf wurde die Reaktorleistung, die zum Zeitpunkt der Störung 40 MW betrug, auf 30 MW zurückgenommen. Die Ursache des Sicherheitsfalls konnte auch nach längerer Fehlersuche nicht geklärt werden, da die Störung nicht reproduzierbar war.

Tabelle 4.6: Einlagerung schwachradioaktiver Abwässer im Behältergebäude des FR2

Zugang		Abgang		lfd.Gesamtlagerung im Beh. 9.10 [m ³]
Datum	Menge [m ³]	Datum	Menge [m ³]	
19.07.72	80	-	-	80
20.07.72	55	-	-	135
21.07.72	65	-	-	200
25.07.72	120	-	-	320
-	-	02.08.72	40	280
-	-	03.08.72	55	225
-	-	04.08.72	38	187
-	-	07.08.72	65	122
-	-	08.08.72	39	83
-	-	09.08.72	43	40
-	-	10.08.72	40	0
13.11.72	270	-	-	270
15.11.72	8	-	-	278
-	-	16.11.72	103	175
-	-	17.11.72	55	120
-	-	20.11.72	80	40
-	-	23.11.72	40	0
Σ	598	-	598	-

6. Lüftungssysteme

An den Lüftungssystemen des FR2 (siehe [17]) traten keine, den Reaktorbetrieb beeinträchtigende Störungen auf.

Im Reaktorgebäude gab es an versilberten Schaltkontakten wiederholt Störungen durch Korrosion. Zur Untersuchung der Ursache wurden deshalb am 08.05.72 an 5 Stellen innerhalb der Belüftungsanlage Silberbandstreifen angebracht (2 Streifen im Vorfilterraum und je 1 Streifen in der Abluft Reaktorhalle, Experimentierräume und Kreislauf-räume). Am 06.06.72 wurde der Zustand der Streifen erstmals kontrolliert. Sie wiesen alle eine mehr oder minder starke Verfärbung auf, die offensichtlich von der am An-bringungsort durchgesetzten Luftmenge abhing. Die Streifen im Vorfilterraum (Frischlufteintritt) waren am stärksten geschwärzt.

Zur Kontrolle wurden am 06.06.72 neue Silberstreifen in unmittelbarer Nähe der alten Streifen, die an ihrem An-bringungsort belassen wurden, angebracht. Die Streifen blieben bis zum 18.07.72 der ein- bzw. durchströmenden Luft ausgesetzt. Die Kontrolle am 18.07.72 ergab keine farbliche Veränderung der Silberstreifen. Vom 06.06. bis 18.07.72 wurde also im Gegensatz zum Zeitraum zuvor Luft angesaugt, die nur sehr geringe oder keine Schwefelver-bindungen enthielt.

Es ist festzustellen, daß die Ursache für die Korrosion der Kontakte außerhalb des Reaktors zu suchen ist, und daß auch die Wetterlage entscheidenden Einfluß auf die Qualität der Luft hat.

Die Überwachung der Schornsteinabluft auf Tritium wurde mit einer Ausfriereinrichtung durchgeführt. Die gemessenen Aktivitätsabgaben können aus Tabelle 4.7 entnommen werden. Die erhöhte Tritiumabgabe im Januar wurde durch das schon beschriebene Heliumleck am Reaktor verursacht (siehe Abschn.4, Kap.4).

Zur kontinuierlichen Messung des Tritiumgehaltes der Abluft wurden zwei Tritium (H_3)-Meßstellen aufgebaut, die eine Kompensationsschaltung für Ar-41 besitzen. Die Meßstellen sind wahlweise auf die Isotopenkanal-, Experimentierkanal-, Absetzblock- oder Schornsteinabluft umschaltbar. Die Meßstellen sind hauptsächlich für die Erfassung großer Leckagen und damit verbundenem höheren H_3 -Anfall gedacht.

Zur Erfassung niedriger Tritiumkonzentration, wie sie beim störungsfreien Reaktorbetrieb in der Abluft auftreten, sind diese Meßgeräte wegen der schwierigen Kompensation des Argon 41-Anteils in der Abluft des FR2 nicht geeignet.

Die zulässigen Emissionen in der Abluft wurden, wie aus Tabelle 4.7 ersichtlich, zu keinem Zeitpunkt überschritten (siehe auch [20]).

Im Bereich der Druckluftanlagen wurde eine, die Versorgungssicherheit erhöhende Änderung durchgeführt. Das Druckluftnetz des FR2 wird von 3 Druckluftkompressoren gespeist. Der normale Verbrauch entspricht etwa der Leistung von 1,5 Kompressoren. Anfang des Jahres wurde eine Umschaltmöglichkeit vom FR2-Druckluftnetz auf das neu installierte zentrale Druckluftnetz des Kernforschungszentrums geschaffen und damit die Redundanz der Versorgung wesentlich erhöht. Eine vorhergehende Untersuchung dieser Druckluft am 13.03.72 hatte eine den FR2-Anforderungen entsprechende Reinheit ergeben. Die neue Drucklufteinspeisung wurde erstmals am 08.04.72, nach Ausfall des Druckluftkompressors (DLK) 4.2 wegen Kolbensschaden, für längere Zeit in Betrieb genommen. Während der Reparaturzeit des DLK 4.2 wurde zur Reduzierung der Betriebszeiten der DLK 4.1 und 4.3 ein Mischluftbetrieb gefahren, d.h. Grundlastdeckung aus der zentralen Druckluftversorgung und Spitzenlastdeckung durch die 2 betriebsbereiten DLK der FR2-Druckluftanlagen.

Tabelle 4.7: Ableitung radioaktiver Stoffe über FR2-
Abluftschornstein im Jahre 1972

Monat	Tritium (H-3) [Ci]	Argon (Ar-41) [Ci]	Nuklidgruppe B*) [Ci]
nach Abluftplan zulässiger Monatswert	120,0	30.000	0,15
Januar	111,5	10.258	$2,6 \cdot 10^{-3}$
Februar	24,4	15.220	-
März	48,9	10.667	-
April	69,5	8.966	-
Mai	17,2	16.223	-
Juni	66,8	10.068	-
Juli	58,1	12.118	-
August	22,0	14.656	-
September	55,9	10.500	-
Oktober	65,4	11.728	-
November	19,5	14.553	-
Dezember	43,6	10.861	-
Gesamt:	602,8	145.818	$2,6 \cdot 10^{-3}$
nach Abluftplan zulässiger Jahreswert	1000,0	220.000	1,5

*) Nuklidgruppe B: Beliebige Mischung von β - und γ -Strahlern, wenn die γ -Strahler, sowie Pb210, Ac-227, Ra-228, Pu-241, Am-242m und Cf-254 unberücksichtigt bleiben können (siehe dazu [3]).

7. Elektrische Energieversorgungsanlagen

An den elektrischen Energieversorgungsanlagen traten, bis auf Sofortbereitschaftsaggregat (SBA) 3, keine größeren Störungen durch Anlagenfehler auf. Beeinträchtigungen des Reaktorbetriebes erfolgten nur durch externe Ereignisse. Die folgende Tabelle gibt Aufschluß über die Netzausfälle im Jahre 1972.

Tabelle 4.8: Netzausfälle im Jahre 1972

Datum	Dauer	Folgen auf Reaktorbetrieb	Ursache
19.07.	<1s	---	Überschlag an den Hochspannungsstützern im MZFR, Abgang Karlsruhe-Dachslanden
19.07.	>1s	RSA	Spannungsausfall KFZK wegen Leistungsschalterfall der Hauptleitung Leopoldshafen/Hochstetten
21.07.	<1s	---	Überschlag an den Hochspannungsstützern im MZFR Abgang Karlsruhe-Dachslanden
30.12.	<1s	Ausfall Proj.FR2/70 Störungen Proj.FR2/16 Störungen Proj.FR2/26 Störungen Proj.FR2/55a	Kurzschluß im Bereich des EVU Badenwerk außerhalb des KFZK

Der Reaktor wurde bei den Netzausfällen <1s nicht durch RSA abgeschaltet, da die SBA über ihre Schwungmassen die Netzausfälle abfingen. Am 25.03.72 wurde außerdem ein Spannungseinbruch von max. 35 V (im 380V-Netz) durch das EVU Badenwerk verzeichnet, der jedoch keine Folgen auf den Reaktorbetrieb hatte.

Der Verbrauch an elektrischer Energie für den gesamten FR2-Bezirk ist in Tabelle 4.9 festgehalten.

Tabelle 4.9: Energieverbrauch des FR2

Jahr	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Energieverbrauch [kWh]	13.756.690	16.272.241	16.718.032	17.428.110	16.488.515	17.466.511

Der Anstieg gegenüber dem Vorjahr ist durch den Betrieb der Kreislaufexperimente bedingt.

Störungen und besondere Vorkommnisse

a) Lagerschaden an Sofortbereitschaftsaggregat (SBA) 3

Wegen starker Laufgeräusche im Lager zwischen Induktionskupplung und Schwungrad mußte das SBA 3 am 27.06.72 außer Betrieb genommen werden. Bei der Reparatur wurden außer dem defekten Lager, Risse zwischen Kurzschlußstäben und einem Kurschlußring der Induktionskupplung festgestellt. Die Instandsetzung der Kupplung erfolgte beim Hersteller. Die Reparatur des SBA 3 wurde am 15.09.72 mit einem Probelauf beendet.

b) Blitzeinschlag in Abluftschorstein

Während eines heftigen Gewitters am 03.08.72 wurden durch einen Blitzeinschlag (Hauptstrahl Abluftschorstein ADB) auch Anlagenteile im FR2-Bezirk in Mitleidenschaft gezogen. In der Elektrozentrale 1a (EZ1a) traten Überspannungen in den Steuerleitungen auf, wodurch die Abschaltung beider Hochspannungseinspeisungen ausgelöst wurde. Das Steuerrelais für die Auslösespule eines Hochspannungsschalters wurde durch einen Überschlag in der Isolation beschädigt und mußte ersetzt werden.

Mit dem Spannungsausfall der EZ1a wurden die von dort versorgten Experimentieranlagen abgeschaltet und über das abgeschaltete Kreislaufexperiment Proj. FR2/26 eine Reaktorschnellabschaltung (RSA) ausgelöst.

Im Bereich des FR2-Abluftschorneins wurde der Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsanzeiger stark beschädigt. Außerdem fiel die Höhenstandsanzeige des Wasser-Hochbehälters aus. Um ein Überlaufen des Hochbehälters zu verhindern, wurde sein Höhenstand bis zur Instandsetzung der Anzeige von Wartungspersonal kontrolliert.

Abschnitt 5

Eigenüberwachung am FR2

Der Prüfplan für die in Eigenüberwachung durchzuführenden Wiederholungsprüfungen am Forschungs- und Materialprüfreaktor FR2 ist, entsprechend dem Genehmigungsbescheid für die Leistungserhöhung des FR2 vom 26.01.66, mit dem TÜV Baden abgestimmt. Entsprechend diesem Prüfplan wurde im voraus ein Terminleitplan für die in Eigenüberwachung durchzuführenden Funktionsprüfungen im Jahre 1972 aufgestellt (siehe Abb. 5.1.1 - 5.1.5). Der Terminleitplan konnte weitgehend eingehalten und alle Prüfungen durchgeführt werden.

Kurzfristig wiederkehrende Prüfungen, d.h. Prüfungen mit Wiederholungszeitabständen $1/4$ Jahr, werden nach Betriebsanweisung (BAW) durchgeführt. Sie sind in einem gesonderten Terminleitplan (Abb. 5.2), der auch Prüftag, sowie Schichtgruppe und Qualifikation des verantwortlichen Prüfers enthält, zusammengefaßt.

Im Berichtszeitraum beanspruchte die Durchführung der in den Terminleitplänen (Abb. 5.1 und 5.2) festgelegten Prüfungen insgesamt rd. 4895 $\hat{=}$ 2,3 Mannjahre bei 249 Arbeitstagen und 42 Wochenarbeitsstunden.

In dieser Zeit sind Prüfungen und Kontrollen, die vor jedem Reaktorstart in der Prüfliste "Vorbereitung zum Reaktorstart auf $\emptyset > 10^{-3}\emptyset_N$ " (bzw. "..... auf $\emptyset < 10^{-3}\emptyset_N$ ") gefordert werden und vom Schichtpersonal und den Kreislauf- bzw. Experimentsachbearbeitern durchgeführt werden, nicht enthalten.

In folgender Tabelle sind die im Jahre 1972 durchgeführten Prüfungen aufgrund der Unfallverhütungsvorschriften angegeben.

Tabelle 5.1: Prüfungen aufgrund von Unfallverhütungsvorschriften im Jahre 1972

1.	Durch den TÜV nach VBG 17 Druckbehälter	24, Absatz 1:	
	regelmäßige äußere Prüfung		
1.1	He-D ₂ O-Kreislauf		
	Rieselkühlbehälter	Pos. 4.1.9/6	am 26.04.72
1.2	Kühlkreislauf Thermischer Schild		
	Druckbehälter	Pos. 4.2.18/2	am 26.04.72
1.3	Druckluft		
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8a	am 26.04.72
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8b	am 26.04.72
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8c	am 27.04.72
	Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8d	am 24.04.72
1.4	FR2/2 Tieftemperatur Bestrahlungsanlage		
	Wärmetauscher	Pos. 2P - Wt 1/2	am 26.04.72
	Speicherbehälter	Pos. 2C - Bh 1	am 26.04.72
	Speicherbehälter	Pos. 2H - Bh 2	am 26.04.72
1.5	FR2/16 Kalte Neutronenquelle		
	Helium-Pufferbehälter	Pos. PK - Bh 50	am 19.09.72
	Helium-Pufferbehälter	Pos. PK - Bh 51	am 19.09.72
	Druckgaskühler	Pos. PK - Wt 7	am 19.09.72
	Druckgaskühler	Pos. PK - Wt 8	am 19.09.72
	Ring-Gegenströmer	Pos. PK - Wt 9	am 19.09.72
	Helium-Reiniger I	Pos. PR - Wt 3	
		Pos. PR - Bh 38	am 19.09.72
	Helium-Reiniger II	Pos. PR - Wt 4	
		Pos. PR - Bh 39	am 19.09.72

Fortsetzung Tabelle 5.1:

1.6 FR2/26 Heliumloop

Druckrohrunterteil	Pos. H - Le 101	am 17.11.72
Staubfilter	Pos. H - Fi 105	am 17.11.72
Halogenfilter	Pos. H - Fi 101	am 17.11.72
Wasserkühler	Pos. H - Wt 101	am 17.11.72
Halogen-Adsorber	Pos. H - Fi 102	am 17.11.72
Staubfilter	Pos. H - Fi 103	am 17.11.72
Wärmetauscher	Pos. R - Wt 201	am 17.11.72
Erhitzer	Pos. R - Hz 201	am 17.11.72
Cu-O-Kontakt	Pos. H - Fi 201	am 17.11.72
Gegenstrom-Wärmeaust.	Pos. R - Wt 203	am 17.11.72
Tieftemp. Adsorber	Pos. R - Fi 202	am 17.11.72
Auffangtank	Pos. S - Bh 401	am 17.11.72
Regenerator	Pos. 26 K - Rg 1	am 17.11.72
Regenerator	Pos. 26 K - Rg 2	am 17.11.72
N ₂ -Wärmeaustauscher	Pos. 26 K - Wt 7	am 17.11.72
N ₂ -Standtank	Pos. 26 K - Wt 8	am 26.04.72

1.7 FR2/55a Dampfkontaminationsloop

Reaktoreinsatz		am 27.03.73
Vorwärmer	Pos. P - H _z 1	
Verdampfer	Pos. P - H _z 2	am 18.05.73
Überhitzer	Pos. P - H _z 3	
Enthitzer	Pos. P - Bh 1	

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

2.1 He-D₂O-Kreislauf

Rieselkühlbehälter	Pos. 4.1.9/6	am 26.07.72
--------------------	--------------	-------------

2.2 Druckluft

Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8a	am 26.04.72
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8b	am 26.04.72
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8c	am 27.04.72
Druckluftbehälter	Pos. 4.4.16/8d	am 27.04.72

Fortsetzung Tabelle 5.1:

2.3 FR2/16 Kalte Neutronenquelle

Heliumreiniger	Pos. PR - Wt 3	am 28.12.72
	Pos. PR - Bh 38	

2.4 FR2/55 Dampfkontaminationsloop

Verdampfer	Pos. P - H _z 2	am 29.11.72
------------	---------------------------	-------------

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

3.1 FR2/16 Kalte Neutronenquelle

Helium-Reiniger I	Pos. PR - Wt 3	am 28.12.72
	PR - Bh 38	

4. Umstellung: Betriebsdruckherabsetzung

4.1 FR2/16 Kalte Neutronenquelle

Wasserstoff-Pufferbeh.	Pos. H - Bh 2	am 15.12.72
------------------------	---------------	-------------

5. Durch den TÜV nach Aufzugsverordnung:

5.1 nach 6, Absatz 1

Selbstfahreraufzug Bau 605	59/2021	am 24.01.72
Selbstfahreraufzug Bau 605	59/2022	am 24.01.72
Selbstfahreraufzug Rotunde	5458/8	am 27.11.72
Selbstfahreraufzug Bau 601	5458/34	am 27.11.72

5.2 nach 7

Selbstfahreraufzug Bau 605	59/2021	am 27.11.72
Selbstfahreraufzug Bau 605	59/2022	am 27.11.72

6. Nach VGB 6 Hebezeuge 94, Absatz 2 wurden sämtliche Krane
und Hebezeuge in Eigenverantwortung durch Sachkundige im
Jahre 1972 überprüft.

7. Nach UVV 10 Flurförderfahrzeuge 20 wird der 2,5 t - Gabel-
stapler Fabrik-Nr. 30626 durch Wartungsvertrag mit Lieferer
überprüft.

Die übrigen Förderfahrzeuge werden durch eine Gruppe der
Betriebsmannschaft des FR2 gewartet.

Abschnitt 6

Personal

Die Betriebsmannschaft des FR2 hat im Gegensatz zu anderen Forschungsreaktoren nicht nur den Betrieb des Reaktors einschließlich Wartungsarbeiten, Funktionsprüfungen und Erstellung von Prüf- und Betriebshandbüchern sondern auch den Betrieb, die Wartung und die Überprüfung der Experimentieranlagen als Aufgabe. Außerdem ist der diensthabende Schichtleiter des FR2 gleichzeitig Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für das gesamte Kernforschungszentrum.

Reparaturen, Um- und Neubauten werden dagegen von 2 "Technischen Bereichen" (Maschinen- bzw. Elektrotechnik), z.T. unter Mithilfe der Betriebsmannschaft, durchgeführt.

1. Zusammensetzung

Die Zusammensetzung der Betriebsmannschaft des FR2 nach dem Ausbildungsstand, rückblickend auf die vergangenen Jahre ist in folgender Tabelle enthalten. Es ist jeweils der Personalstand zum Jahresende angegeben.

Tabelle 6.1: Personalzusammensetzung nach Ausbildung

Ausbildung	1967	1968	1969	1970	1971	1972
Akademiker	10	7	6	6	5	5
Ingenieure (grad.)	12	17	15	13	14	16
Reaktorbetriebsingenieure	4	4	4	7	7	8
Sachbearbeiter	8	9	9	9	9	9
1. Operateure	5	5	10	10	10	10
2. Operateure	25	25	21	24	23 (24)*	22 (23)*
3. Operateure	6	7	8	7	8	7
Hilfsarbeiter	7	6	6	6	5	6
Sekretärin	1	1	1	1	1	1
Gesamt:	78	81	80	85	82 (83)*	84 (85)*

* Klammerwert 1971 und 1972 = 2. Operateure bei Bundeswehr.

Die Veränderung im Personalstand gegenüber dem Vorjahr ist darin begründet, daß die Betriebsmannschaft des "Schnell-Thermischen Argonaut-Reaktors Karlsruhe" (STARK) größtenteils aufgelöst und in die Betriebsmannschaft des FR2 eingegliedert wurde. Betrieb und Betreuung des STARK wurde vom FR2 mit übernommen.

Rd. 55 % der Betriebsmannschaft ist im Schichtdienst eingesetzt. Die Besetzung der 5 ständigen Schichtgruppen und einer Reserveschichtgruppe für Urlaubs- und Krankheitsvertretungen konnte im Jahre 1972 unverändert beibehalten werden. Die folgende Tabelle zeigt die Zusammensetzung.

Tabelle 6.2: Personalstand der Schichtgruppen am 31.12.1972

Funktion	5 Schichtgruppen	1 Reser- schichtgruppe	Gesamt
Schichtleiter und EvD	5	1	6
Schichtleiter - Stellvertreter	5	1	6
Reaktorbetriebs- ingenieure	5	1	6
1. Operateure	10	-	10
2. Operateure	10	4	14
3. Operateure	4	1	5
Schichtpersonal	39	8	47

Im Tagesdienst sind 37 Mitarbeiter beschäftigt, von denen jedoch ein großer Teil bei Personalengpässen im Schichtdienst mit eingesetzt werden kann.

Tabelle 6.3: Aufgliederung der EvD - Einsätze im Jahre 1972

Monat	Jan.	Febr.	März	Apr.	Mai	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Summe
EvD-Einsätze (gesamt)	8	17	11	10	13	10	26	19	11	17	7	15	164
Außerhalb der regulären Arbeitszeit	8	13	9	10	10	7	20	16	6	14	6	8	127
Während der regulären Arbeitszeit	-	4	2	-	3	3	6	3	5	3	1	7	37
Feuer - Alarm	-	1	1	-	1	2	2	1	1	4	-	2	15
Feuer - Fehlalarm	-	-	1	1	1	1	5	5	5	-	1	2	22
Wasser - Störung	1	1	2	4	-	-	-	2	-	1	1	3	15
Aktivitäts - Alarm	3	8	2	-	3	4	8	8	1	7	2	4	50
Techn.Hilfeleistung	4	7	5	5	8	3	11	3	4	5	3	4	62

Das Durchschnittsalter der Angestellten beträgt 37 bis 39 Jahre, das der Arbeiter liegt bei 48 Jahren.

Die relative Krankheitszeit der Betriebsmannschaft des FR2 von 4,0 % liegt, im Vergleich zum Krankheitsstand des Kernforschungszentrums (KFZK) mit 4,8 %, sehr gut. Gleichfalls liegt der Anteil der Heilverfahren mit 0,14 % weit unter dem Durchschnitt des KFZK mit 0,6 %, obwohl der überwiegende Teil des Personals ständig oder zeitweilig im Wechselschichtdienst tätig und damit einer größeren körperlichen Belastung ausgesetzt ist.

Wie eingangs erwähnt, ist der diensthabende Schichtleiter des FR2 gleichzeitig Einsatzleiter vom Dienst (EvD) für das gesamte Kernforschungszentrum. Insgesamt mußten im Berichtszeitraum 164 Einsätze vom EvD geleitet werden. Tabelle 6.3 gibt einen groben Überblick über Anzahl und Art der Einsätze.

2. Strahlenbelastung der Mitarbeiter

Die Strahlenbelastung der im Jahre 1972 bei der Betriebsabwicklung tätigen Mitarbeiter blieb deutlich unter der I. Strahlenschutzverordnung zugelassenen Höchstgrenze und lag im Jahresmittel bei 600 mrem. Bei 3 Mitarbeitern lag die Jahresdosis zwischen 3,1 und 3,3 rem. Nennenswerte Personenkontaminationen erfolgten nicht. Siehe auch [20]. In Abb. 6.1 ist die Verteilung der Strahlenbelastung der Mitarbeiter des Reaktorbetriebes (RBT/FR2) dargestellt.

3. Schulung

Die Schulung des Betriebspersonals wurde auch im Jahre 1972 intensiv weiterbetrieben, um eine möglichst optimale und sichere Betriebsführung zu ermöglichen. Daneben fordert der Genehmigungsbescheid für den Betrieb des FR2 ausdrücklich eine gute Ausbildung des Betriebspersonals.

Strahlenbelastung der Mitarbeiter RBT/FR2

im Jahre 1972

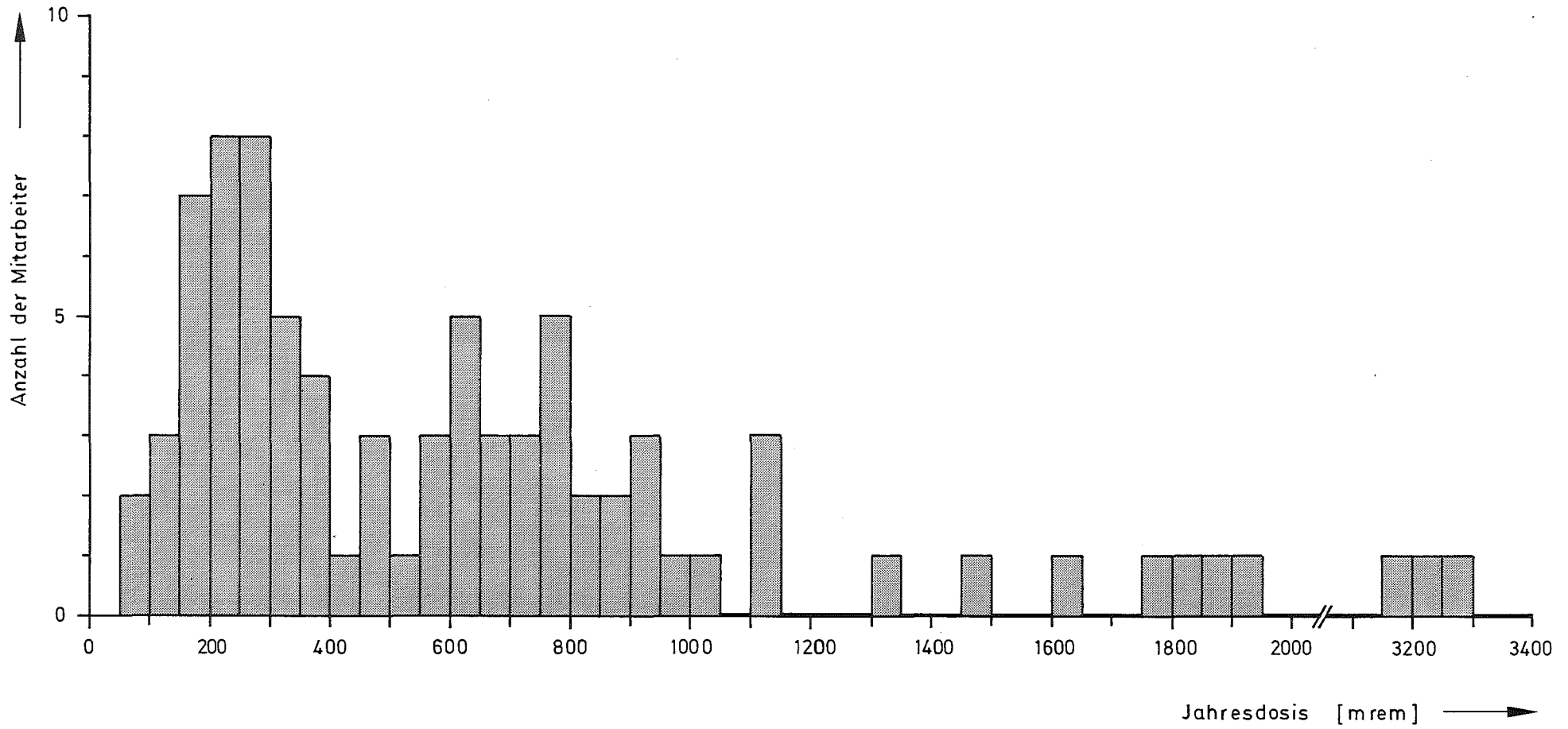


Abb. 6.1

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

Tabelle 6.4: Ausbildung von Betriebspersonal des FR2 an SKT

Lehrgang	berufliche Qualifikation	Mitarbeiterzahl
15-Wochen-Lehrgang für Reaktorbetriebsingenieure	Ingenieur	1
Kurs über Strahlenschutz	Akademiker Ingenieur	1
Kurs über Strahlenschutz	1. Operateur 2. Operateur	7
4-Wochen-Lehrgang für Reaktoroperateure	1. Operateur	1
Kurs Hochvakuumtechnik	Ingenieur	4

Für die Operateure wurden im Rahmen der betrieblichen Ausbildung einmal wöchentlich, ausgenommen die Urlaubszeit und die Abschaltphasen, betriebsbezogene Vorträge von rd. 1,5 Stunden gehalten, um das Wissen über die umfangreichen Anlagen des FR2 zu vertiefen bzw. zu erweitern. Es wurden 22 Einzelvorträge mit einer durchschnittlichen Teilnehmerzahl von 20 Mann durchgeführt. Zur Ausbildung und weiteren Vertiefung der Anlagenkenntnisse werden die Operateure außerdem für jeweils 3 - 4 Tage innerhalb 5 Wochen in den verschiedenen Anlagenbereichen des FR2-Tagesdienstes eingesetzt.

Die Ausbildungs- und Wiederholungslehrgänge in "Schwerem Atenschutz" wurden für fast alle RBT/FR2-Mitarbeiter weitergeführt. 3 Mitarbeiter nahmen im Jahre 1972 an "Erste Hilfe"-Kursen teil.

4. FR2-Besucher

Insgesamt 7 682 Besucher besichtigten den FR2 im Rahmen von Besichtigungen des Kernforschungszentrums.

Abschnitt 7

Ausblick

Für das Jahr 1973 sind 6 Reaktorzyklen mit einer Dauer von 7 und 1 Zyklus von 8 Wochen vorgesehen. Die Betriebsphasen sollen einheitlich 39 Betriebstage, die Abschaltphasen, bis auf die für Funktionsprüfungen um 1 Woche verlängerte Abschaltphase F', 10 Abschalttage dauern. Dieser Betriebsrhythmus hat sich im Jahre 1972 so gut bewährt, daß er weiter beibehalten werden soll.

Die Reaktornennleistung soll weiterhin 44 MW betragen. Im Verlauf des Jahres 1973 ist eine weitere Erhöhung des Brennelement-Abbrandes zu erwarten.

Bei den Kapselversuchseinsätzen ist mit einer Steigerung des Bestrahlungsaufkommens zu rechnen, da 3 Versuchsgruppen in Vorbereitung sind und im Jahre 1973 zum Einsatz kommen sollen. Es handelt sich dabei um zwei Experimente zur Untersuchung des Schwellverhaltens von Kernbrennstoffen (Proj. FR2/100 und FR2/103) und ein Experiment zur Erzeugung von Pu-haltigem radioaktivem Material zur Erprobung der Milli-Anlage im Institut für Heiße Chemie (Proj. FR2/99).

Für das Institut für Radiochemie sind Bestrahlungen von Brennstoffplatten zur Erzeugung von Mo-99 aus der Uranspaltung vorgesehen (Proj. FR2/95).

Im Bereich der Strahlrohrexperimente ist die Fertigstellung eines Spektrometers für diffuse Neutronenstreuung (Proj. FR2/101) vor dem R4-Kanal geplant.

Abschnitt 8

Literaturverzeichnis

- [1] W. Steiger,
I. Möller
"Betriebsbericht für den Forschungs-
reaktor FR2 für das Jahr 1971"
(KFK-Bericht Nr. 1705)
- [2] W. Steiger,
D. Wildberg
"Betriebsbericht für den Forschungs-
reaktor FR2 für das Jahr 1970"
(KFK-Bericht Nr. 1415)
- [3] W. Steiger
"Betriebsbericht über den Forschungs-
reaktor FR2 für das Jahr 1967"
(KFK-Externer-Bericht Nr. 15/68-2)
- [4] G. Krüger,
G. Dimmler,
G. Zipf,
H. Hanak,
R. Merkel
"Ein Doppelcomputersystem zur inte-
grierten Datenverarbeitung am Reaktor
FR2"
(Kerntechnik, 6/1966, S.273 - 278)
- [5] B.P. Schweiß,
W. Reichardt
"Phononenzustandsdichte von A-15-
Verbindungen"
(Verhandlungen der Deutschen Physik.
Gesellschaft, Reihe 6, Bd. 7,
S.681 - 682)
- [6] W. Reichardt
"Neutronenstreuung an amorphem
β-Arsen"
(Verhandlungen der Deutschen Physik.
Gesellschaft, Reihe 6, Bd. 7,
S.630)

- [7] W. Knoll
"Untersuchungen an schmelzflüssigen Legierungen aus dem System Kupfer-Antimon mit Röntgen- und Neutronenbeugung"
(Dissertation Knoll, Uni Stuttgart, Januar 1972)
- [8] U. Maier
"Untersuchungen geschmolzener Legierungen aus dem System Al-Mg, Mg-Sn, Fe-C"
(Dissertation Maier, Uni Stuttgart, November 1972)
- [9] U. Loeffler,
J.B. Suck,
W. Gläser
"Kollektive Bewegungsmoden beim Phasenübergang flüssig-fest"
(Verhandlungen der Deutschen Physik. Gesellschaft, Reihe 6, Bd. 7, S.633 - 634)
- [10] J.B. Suck
"Inelastische Streuung kalter Neutronen an festem und flüssigem Rubidium"
(Verhandlungen der Deutschen Physik. Gesellschaft, Reihe 6, Bd. 7, S.628)
- [11] D. Heck,
U. Fanger
"Ein γ -Spektrometer mit Compton-Unterdrückung für Kernstrukturuntersuchungen nach Neutroneneinfang"
(KFK-Bericht 1604)
- [12] U. Fanger,
D. Heck,
R. Pepelnik,
H. Schmidt,
I. Wood
"Untersuchung von Zr-92 mit der (n, γ)-Reaktion"
(Verhandlungen der Deutschen Physik. Gesellschaft, Reihe 6, Bd. 7, S.341)

- [13] H.J. Bluhm
"Spectrum Measurements in a Depleted Uranium Metal Block for Investigation of Discrepant U-238 Cross Sections"
(Joint Meeting of the American Nuclear Society and the Atomic Industrial Forum an Atom Fair an International Conference, Washington D.C., November 12-17, 1972)
- [14] H. Häfner
"Brennstoffbestrahlung mit Kapselversuchseinsätzen im FR2-Reaktor"
(Atomwirtschaft-Atomtechnik, 17 (1972) S.314 - 315)
- [15] H. Haefner,
W. Neumann
"Kriechkapseln für Brennstoff und Hüllmaterial"
(KFK-Bericht Nr. 1571)
- [16] H. Haefner,
G. Pinter-Kovats
"Kapsel zur Bestrahlung von Hochleistungsbrennstoffen"
(Kerntechnik, Isotopentechnik und -chemie 14 (1972) S.72 - 74)
- [17] H. Haefner,
K. Philipp
"FR2-Bestrahlungskapseln zur Untersuchung des Brennstoffschwellens"
(KFK-Bericht Nr. 1398)
- [18] A. Jester,
W. Marth
"In-Pile-Betrieb eines Thermionischen Wandlers"
(KFK-Bericht Nr. 1001)

- [19] E.G. Schlechtendahl "Sieden des Kühlmittels in natrium-
gekühlten schnellen Reaktoren"
(KFK-Bericht Nr. 1020)
- [20] H. Kiefer,
W. Koelzer "Abteilung Strahlenschutz und Sicher-
heit, Jahresbericht 1972"
(KFK-Bericht Nr. 1818)
- [21] H. Krause "Abteilung Dekontaminationsbetriebe,
Jahresbericht 1972"
(KFK-Bericht Nr. 2000)
- [22] W. Steiger,
D. Wildberg "Betriebsbericht für den Forschungs-
reaktor FR2 für das Jahr 1969"
(KFK-Bericht Nr. 746)
- [23] W. Steiger "Betriebsbericht über den Forschungs-
reaktor FR2 für das Jahr 1968"
(KFK-Bericht Nr. 742)

Abschnitt 9

Tabellen und Diagramme

Tabelle 9.1	Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1972
Tabelle 9.2	Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1972
Tabelle 9.3	Reaktorabschaltungen im Jahre 1972
Formblätter Nr. 148a/66- 148a/73	Reaktorleistung in Betriebsphase A bis H 1972
Formblätter Nr. 9/4	Beladungs- und Belegungspläne Betriebsphase A bis H/1972
Formblatt Nr. 9b	Beladungsplan für Isokanalposition Beladung Nr. Iso 11
Formblätter Nr. 203f	BE-Kühlmittellaufheizspanne bei 44 MW Reaktorleistung, Betriebsphase A bis H/1972
Formblätter Nr. 183c/58- 183c/65	Kritische Trimmstabstellung Betriebsphase A bis H/1972

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1972

1v4

Zeit	Zyklus	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW			
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)		Gesamt							
					(MWh)	(Mwd)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)					(h)	(h)
1.1. 00 ⁰⁰	K/71	1.	2112,50		0,00		48,00		48,00		48,00		0,00		0,00			
		2.	7294,00		0,42		166,62		164,32		167,04		0,96		3,30			
		3.	7369,95		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		17.1. 8 ⁰⁶	4.	352,30		0,00		8,10		8,00		8,10		0,00		0,00		
			17128,75	713,70		0,42		390,72		388,32		391,14		0,96		3,30		
17.1. 8 ⁰⁶	A/72	4.	0,00		4,75		0,00		0,00		4,75		0,00		0,00			
		5.	2245,10		15,36		54,86		38,66		70,23		17,75		24,23			
		6.	7392,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		7.	7392,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		8.	7160,50		0,37		165,00		161,71		165,37		2,63		6,51			
		9.	7392,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		10.	7392,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
		6.3. 8 ⁰³	11.	351,10		0,00		8,05		8,00		8,05		0,00		0,00		
					39324,70	1638,51		20,48		899,91		880,37		920,40		20,38		30,74
		6.3. 8 ⁰³	B/72	11.	0,00		36,47		0,00		0,00		36,47		0,00		0,00	
				12.	2921,60		12,69		71,15		61,76		83,84		8,86		3,83	
13.	7106,00				1,98		163,45		157,90		165,43		2,57		9,75			
14.	7426,10				0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00			
15.	7286,00				0,37		165,47		164,40		165,83		2,17		4,68			
16.	7418,20				0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,50			
17.4. 8 ⁰⁰	17.			2,70		7,84		0,16		0,00		8,00		0,00		8,00		
			32160,60	1340,03		59,35		736,23		720,06		795,57		13,60		26,76		

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1972

2v4

Zeit	Zyklus	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden						Reaktor a.B.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW			
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)		Gesamt		(h)	(h)	(h)	(h)
					(MWh)	(MWd)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)				
17.4. 8 ⁰⁰	C/72	17.	0,00		25,80		0,00		0,00		25,82		0,00		0,00	
		18.	1940,50		2,20		48,59		31,74		50,80		37,20		32,20	
		19.	7392,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		20.	7216,00		0,40		166,36		159,89		166,78		1,22		8,20	
		21.	7392,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		22.	7277,00		0,50		166,13		163,48		166,65		1,35		4,73	
		23.	7392,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
5.6. 8 ⁰⁰		24.	5,00		0,10		0,12		0,12		0,12		7,88		7,88	
			38614,50	1608,94		29,00		885,20		859,23		914,17		47,65		53,01
5.6. 8 ⁰⁰	D/72	24.	0,00		37,29		0,04		0,00		37,33		0,00		0,00	
		25.	3399,90		7,61		81,09		71,54		88,70		10,20		0,00	
		26.	7438,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		27.	7213,60		0,83		163,97		159,20		164,81		3,19		8,80	
		28.	7447,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		29.	7458,10		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		30.	7076,70		2,95		161,67		155,88		164,62		3,38		12,12	
24.7. 8 ⁰³		31.	336,80		0,00		8,06		6,86		8,06		0,00		1,20	
			40370,80	1682,11		48,68		918,83		897,48		967,52		16,77		22,12

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1972

Zeit	Zyklus	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden								Reaktor a.B.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW	
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)		Gesamt					
					(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)				
24.7. 8 ⁰³	E/72	31.	0,00		43,01		0,00		0,00		43,02		0,00		0,00	
		32.	3789,50		11,69		90,50		78,35		102,19		1,75		0,00	
		33.	7111,40		0,43		160,39		158,92		160,83		7,18		9,62	
		34.	6973,80		3,51		157,76		153,09		161,27		6,73		14,98	
		35.	7476,10		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		36.	7476,80		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		37.	7491,50		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
11.9. 8 ⁰⁰		38.	350,50		0,00		7,85		7,85		7,85		0,15		0,15	
			40669,60	1694,57		58,64		920,50		902,21		979,16		15,81		24,75
11.9. 8 ⁰⁰	F/72	38.	0,80		14,46		0,00		0,00		14,46		0,00		0,00	
		39.	3888,00		18,53		90,47		84,29		109,00		0,00		0,00	
		40.	7376,70		0,32		166,99		165,87		167,31		0,70		2,32	
		41.	7417,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		42.	7433,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		43.	7311,60		0,66		165,54		163,45		166,20		1,80		4,32	
23.10. 8 ¹⁰		44.	362,80		0,00		8,17		8,17		8,17		0,00		0,00	
			33790,30	1407,93		33,97		767,17		757,78		801,14		2,50		6,64

Tabelle 9.1: Betriebsdaten des FR2 im Jahre 1972

Zeit	Zyklus	Woche Nr.	Energieabgabe		Betriebsstunden						Reaktor a.8.		Verminderte Reaktorleistung 43 MW bis 43 MW			
					$N < 10^{-3} N_N$		$N > 10^{-3} N_N$		> 43 MW (nach Zähler)						Gesamt	
					(h)	(h)	(h)	(h)	(h)	(h)					(h)	(h)
23.10. 8 ¹⁰	G/72	44.	0,00		34,32		0,00		0,00		34,32		0,00		0,00	
		45.	4024,00		13,38		93,34		86,16		106,72		0,00		0,00	
		46.	7460,00		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		47.	7366,80		0,31		166,79		164,31		167,10		0,90		3,98	
		48.	6249,30		0,52		142,28		137,06		142,80	25,20			30,27	
		49.	7461,20		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
		50.	7462,10		0,00		168,00		168,00		168,00		0,00		0,00	
11.12. 8 ⁰⁰		51.	166,10		0,94		5,26		0,03		6,20		1,80		8,00	
			40189,50	1674,56		49,47		911,67		891,56		961,14		27,90		42,25
11.12. 8 ⁰⁰	H/72	51.	0,00		0,00		0,01		0,00		0,01		0,00		0,00	
		52.	3729,40		5,86		93,80		69,14		99,66		10,00		0,00	
		53.	7357,50		0,35		166,17		164,39		166,52		1,48		4,23	
31.12. 24 ⁰⁰			11086,90	461,96		6,21		259,98		233,53		266,19		11,48		4,23
1. 1. 1972 0 ⁰⁰ bis 31.12. 1972 24 ⁰⁰			293335,65	12222,32		306,22		6690,21		6530,54		6996,43		157,05		213,80
366 (d) ≙ 100 (%)					12,76d		278,76d ≙ 76,16%		272,11d ≙ 74,35%		291,52d ≙ 79,65%		6,54d		8,91d	
Betriebszeit nach Plan bei $N > 10^{-3} N_N$ 286 (d) ≙ 100(%)							97,47%									
Betriebszeit nach Plan bei > 43 MW (Vollast) 278 (d) ≙ 100 (%)									97,88%							
Mittlere Reaktorleistung: 43,85 MW																

Tabelle 9.2: Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1972

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vor-gang	Bemerkungen	Ausfallzeiten				
			von	bis			Reaktor abgesch. [h]	verminderte Reaktor-Leistung N<10 ⁻³ N _N [h]	<43MW+43MW [h]	Leist.Begr. [h]	
K/71	2.	4.1.72	14.35	15.32	AB	Proj. FR2/2 (Anwärmen Loop-Einsatz)	0,96	0,42	3,30		
A/72	5.	27.1.72	8.00		SV	Proj. FR2/55a (Reparatur Ve 111, Speisepumpen P=Pu 1/2 nicht einschaltbar, anstehender Sicherheitsfall)	17,75	-	-		
		28.1.72		1.45							
		28.1.72	5.00	17.07	LB						auf <10 ⁻³ N _N wegen Inbetriebnahme v. Proj. FR2/55a
	8.	28.1.72	23.19			LR	Sicherungsfall Wø 30.33, Kurzschlusssuche	-	12,11	14,00	12,11
		29.1.72		9.33				-	-	10,23	
		20.2.72	13.26	14.49	LR	wegen Proj. FR2/73 d KVE98 (Defekt)	-	-	1,38		
	20.2.72	14.49	17.36	AB	wegen Proj. FR2/73d KVE98 (unplanmäßiger Ausbau)dabei Iso-Tauchrohr Pos.53/09 (He-Leck) ausgebaut	2,63	0,37	5,13			
B/72	12.	16.3.72	10.39	10.59	AB	nach Plan f. Ein- u. Ausbau der Flußsondenbestrahlungen an TA-Stab Nr. 22 und 24	0,33	1,23	-		
		16.3.72	12.13	19.30	AB	Ausbau der Flußsonden und Einbau des TA-Stabes Pos. 13	7,28	0,32	-		
	13.	16.3.72	20.26	20.42	LB	wegen Feuchtefühler R107 (Ve 10.16)	-	-	-	0,27	
		16.3.72	20.42	23.47	LR	wegen Feuchtefühler R107 (Ve 10.16)	-	3,08	-		
		17.3.72	6.57	8.12	RSA	Proj. FR2/86 (KVE 99) Ursache nicht ermittelt	1,25	0,72	3,83		
	13.	21.3.72	12.36	13.35	RSA	Kanal 7 (bei Prüfg.Sicherheitssyst Kanal 9 kam Programm 'm') Fehl-funktion	0,98	1,33	4,37		
		23.3.72	8.55	9.45	RSA	Proj. FR2/55a (Fehlbedienung bei Rep.-Arbeiten)	0,83	0,40	2,80		
		24.3.72	12.01	12.47	RSA	Proj. FR2/26(Fehlbedienung, beim Hochfahren der Gebl.Th-Auslöser gefallen)	0,76	0,25	2,58		
	15.	4.4.72	8.10	10.21	AB	nach Plan wegen Proj. FR2/73d (KVE 100 umgesetzt)	2,17	0,37	4,68		
	16.	16.4.72	23.30	24.00	LR	bedingt durch TA-Stabgleichstellung	-	-	0,50		
	17.	17.4.72	0.00	8.00	LR	nach Plan f. Messung d. Xe-Vergiftung	-	7,83	8,00		
C/72	18.	27.4.72	8.00		SV	wegen Nichtfertigstellung der Montagearbeiten im D ₂ O-Kreislauf	35,08	-	26,07		
		28.4.72		19.05							
	20.	30.4.72	17.13	19.20	AB	Proj. FR2/58 (Ve623 undicht)	2,12	0,27	6,13		
		9.5.72	14.56	15.42	RSA	Proj. FR2/26 (Fehlbed. b. Montagearb.)	0,77	0,23	2,00		
	22.	9.5.72	16.56	17.24	RSA	Proj. FR2/26 (Fehlbed. b. Montagearb.)	0,47	0,27	6,20		
		26.5.72	8.16	9.36	RSA	Proj. FR2/26 (Fehlbed. b. Montagearb.)	1,33	0,57	4,73		
	24.	5.6.72	0.07	8.00	AB	nach Plan f. Meßprogramm Absorberwechsel	7,88	-	7,88		

Tabelle 9.2: Betriebsunterbrechungen, Leistungsrücknahmen und Leistungsbegrenzungen innerhalb der planmäßigen Reaktorbetriebszeit 1972

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vorgang	Bemerkungen	Ausfallzeiten			
			von	bis			Reaktor abgesch. [h]	$N < 10^{-3} N_N$ [h]	$< 43 MW > 43 MW$ [h]	Leist.Begr. [h]
D/72	25.	15.06.72	6.59	7.07	LR	nach Plan, Ende Meßprogramm Proj. FR2/58 (Le11)	-	-	-	
		15.06.72	7.07	18.12	AB	wegen zusätzlicher BE-Umladung (Coretrimmung)	10,20	0,87	-	
	27.	29.06.72	13.34	13.39	LR	wegen D ₂ O-Leck Proj. FR2/58 (Ve 633)	-	-	0,08	
		29.06.72	13.39	15.31	AB	Proj. FR2/58 (Ve 633 gewechselt)	1,87	0,50	5,10	
	30.	1.07.72	3.41	5.00	RSA	Proj. FR2/55a (Pumpenausfall, Gerätefehler)	1,32	0,33	3,62	
		19.07.72	4.05	7.28	RSA	Spannungsausfall KFZK	3,38	2,02	9,42	
		20.07.72	18.58	21.40	LR	wegen Feuchtefühler R107 (Ve 10.33)	-	0,94	2,70	
	31.	24.07.72	6.48	8.00	LR	nach Plan für Meßprogramm Proj. FR2/58 (Le10) (Le11)	-	-	1,20	
E/72	32.	3.08.72	14.23	14.24	LR	wegen Feuchtefühler R107 (Ve 10.33)	-	-	-	
		3.08.72	14.24	16.09	RSA	Blitztreffer in EZ1a (SS kam über Proj. FR2/26)	1,75	0,97	-	
		3.08.72	18.00	20.33	LR	wegen Feuchtefühler R107 (Ve 10.33)	-	0,25	-	
		3.08.72	20.33	23.58	LR	wegen Feuchtefühler R107 (Ve 10.33)	-	0,86	-	
	33.	12.08.72	13.24	20.35	RSA	Proj. FR2/55a (Fehlbedienung Totmannknopf wurde nicht gedrückt) dabei TA-Stab-Oberteil Pos. 2 gewechs.	7,18	0,45	9,62	
			15.08.72	21.08	22.30	RSA	Proj. FR2/55a infolge oGW PwT40 Anlage ausgefallen	1,37	0,49	3,53
	34.	16.08.72	14.00	14.09	LR	wegen Proj. FR2/55a	-	0,02	0,15	
		16.08.72	14.09	19.30	AB	1. Proj. FR2/55a (Sicherheitsventil Ve102 u. Berstscheibe Ve103 gewechselt) 2. Proj. FR2/96 (KVE-106) umgesetzt, Proj. FR2/73d (KVE107) eingeb. 3. Proj. FR2/76: Lecksuche und Leckbeseitigung	5,36	3,00	11,30	
	38.	11.09.72	7.51	8.00	RSA	Projekt FR2/55a (Kreislaufdruck uGW, Fehlmanipulation)	0,15	-	0,15	
	F/72	39.	21.09.72	6.44	8.51	AB	Proj. FR2/58 (Kupplung v. Le 11 undicht)	-	-	-
40.		27.09.72	13.30	14.12	RSA	Kanal 7 (bei Prüfung Sicherheitssystem Kanal 9 kam Programm 'm') Fehlauflösung	0,70	0,35	2,32	
43.		22.10.72	9.00	10.48	RSA	Proj. FR2/2 (uGW Drehzahl Exp.-Maschine)	1,80	0,13	3,79	
		22.10.72	10.56	11.28	LB	TA-Stab Pos.9 abgefallen	-	0,53	0,53	0,53

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

Betr.-Phase	Woche Nr.	Tag	Zeit		Vorgang	Bemerkungen	Ausfallzeiten			
			von	bis			Reaktor abgesch. [h]	verminderte Reaktor-Leistung N < 10 ⁻³ N _N [h]	< 43 MW / 43 MW [h]	Leist. Begr. [h]
G/72	47.	19.11.72	5.55	6.49	RSA	Proj. FR2/76 (uGW Diodenstrom, kalte Lötstelle)	0,90	0,31	3,98	
	48.	21.11.72	0.00	1.12	AB	nach Plan für Ausbau Druckrohr Proj. FR2/55a	25,20	0,52	30,27	
		22.11.72								
	51.	11.12.72	0.00	4.20	LR	nach Plan für Flußmessungen (V1/V3/V5 Kanal)	-	-	4,33	
		11.12.72	4.20	6.12	LR	nach Plan für Flußmessungen (V1/V3/V5 Kanal)	-	0,94	1,87	
11.12.72		6.12	8.00	AB	nach Plan (Ende d. Flußmessungen)	1,80	-	1,80		
H/72	52.	21.12.72	8.00	18.00	SV	Proj. FR2/55a (Fertigstellung d. Montagearbeiten nach Einbau Druckrohr)	10,00	-	-	
	53.	26.12.72	7.08	8.37	RSA	Proj. FR2/55a (Sicherheitsventil P-Ve102 undicht)	1,48	0,35	4,23	
Summe					51		157,05 h ± 6,54 d	43,60 h ± 1,82 d	213,80 h ± 8,91 d	12,91 h ± 0,54 d
<p>Anmerkung: LB = Leistungsbegrenzung = 3 Anzahl im Jahr 1972 LR = Leistungsrücknahme = 15 AB = Reaktorabschaltung von Hand = 13 RSA = Schnellabschaltung (autom. Schnellschluß) = 17 SV = Startverzögerung = 3</p>										

Tabelle 9.31 Reaktorabschaltungen im Jahre 1972

1	2	3	5				7	8	9	11		12-16				17-20			21
			Abschaltart							Abschaltgrund	Schnellabschaltungs-auslösung		Störungsart				Ausfallzeiten (falls planm. Reaktorbetr.)		
10	Datum	Zeit	Hand	Hand über Reaktorschutz	<1 MW autom.	>1 MW durch RSA	Plan	Störung	Reaktor Si-Kanal Meßstelle bzw. Reaktorhilfslein-richtung	Experiment Nr./ Meßstelle	echter Grenzwert Geräte o.d. Anlagenteiler	Fehlbedienung	Prüfung	Wertungsschaltung der Auslösesignale	Funktion der Abschaltstäbe	Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung < 10 ³ MW	Reaktorleistung bei 1/2 MW	
1	04.01.	14.35	x					x	Pult/SW	(2)	x			1V1	TA1,10,13 (+)	0,96	0,42	3,30	Anwärmen Einsatz Experiment Proj. FR2/2 auf 200 K, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt
2	17.01.	08.06	x				x			Hand P16		x		2V3	TA1,10,13 (+)				Ende Betriebsphase K/1971, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt
3	20.01.	03.45		x			x		K10/II-III			x		2V3	TA1,10 (+)				Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
4	20.02.	14.58	x				x		Pult/SW	(73d-KVE98)	x			1V1	TA1,10 (+)	2,63	0,37	5,13	Ausbau Experiment Proj. FR2/73d-KVE98, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
5	06.03.	08.03		x			x		Stahltank 2023			x		1V1	TA1,10 (+)				Ende Betriebsphase A/1972, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
6	08.03.	05.15	x				x		Pult/SW			x		1V1	TA1,10 (+)				Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
7	09.03.	03.43	x				x		Hand Reaktorhalle			x		1V1	TA1,10 (+)				Bestimmung kritische Steuerstabstellung wegen Reaktivitätsbeitrag. Druckrohr und Versuchseinsatz Experiment Proj. FR2/26, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
8	11.03.	18.13	x	x			x		He-Steuerdruck 3P46-3P48			x		2V3	TA1,10,13 (+)				Druckstoß beim Austasten von Programm "He-Rückfüllen" auf He-Steuerdruck, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt, GW weggedreht
9	11.03.	21.56	x				x		K4/III			x		2V3	TA1,10,13 (+)				Nullleistungsmessungen für Experiment Proj. FR2/79, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt
10	12.03.	21.21	x				x		K6/I-II			x		2V3	TA1,10,13 (+)				Nullleistungsmessungen für Experiment Proj. FR2/79, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt
11	16.03.	05.08.	x				x		Pult/SW			x		1V1	TA1,10,13 (+)				Bestimmung kritische Steuerstabstellung, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt
12	16.03.	10.39	x				x		Pult/SW			x		1V1	TA 1,10,13 (+)	0,33	1,23		Ende Bestrahlung TA-Stab-Nr. 22 (mit Flußmeßsonden) auf TA-Pos. 13, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt
13	16.03.	12.13	x				x		Pult/SW			x		1V1	TA1,10,13 (+)	7,28	0,32		Ende Bestrahlung TA-Stab Nr. 24 (mit Flußmeßsonden) auf TA-Pos. 13, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10,13 gebrückt
14	17.03.	06.57			x		x			86/KVE99	x			2V3	TA1,10 (+)	1,25	0,72	3,83	Zu hohe Temperatur Experiment FR2/86-KVE99 (M8+10), Ursache unbekannt. Vermutlich Gasblase im Nak, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
15	21.03.	12.36			x		x		K7/I-III			x		2V3	TA1,10 (+)	0,98	1,33	4,37	Bei Prüfung Si-System K9/I autom. Einschaltung D ₂ O-Programm "m" durch Gerätefehler, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
16	23.03.	08.55			x		x			55a/P-P6, P-P23, P-P24 P26/P102	x			2V3	TA1,10 (+)	0,83	0,40	2,80	Beim Auswechseln Ve 312 Anlagenabschaltung, Ankunftsmeldung TA 1,10 gebrückt
17	24.03.	12.01			x		x					x		TA1,10 (+)	0,76	0,25	2,58	Fehlbedienung beim Hochfahren der Gebläse, dadurch Schalterfall über Überstromauslöser, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt, Ankunftsmeldung TA-Pos. 7 kam nicht durch	
18	04.04.	08.10	x				x		Pult/SW	(P73d/KVE100)	x			1V1	TA1,10 (+)	2,17	0,37	4,68	Umsetzung Experiment Proj. FR2/73d-KVE100 wegen zu niedriger Temperaturen Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
19	17.04.	08.00		x			x		K1//I-II			x		2V3	TA1,10 (+)				Ende Betriebsphase B/1972, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,10 gebrückt
20	23.04.	22.38		x			x		He/Steuerdruck 1P23			x		1V1	TA1,7,10 (+)				Nullleistungsmessungen für Experiment Proj. FR2/79, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,7,10 gebrückt
21	30.04.	17.13	x				x		Pult/SW	(58)	x			1V1	TA1,7,10 (+)	2,12	0,27	6,13	Undichtheit VE623 von Experiment Proj. FR2/58, Ankunftsmeldung TA1,7,10 gebrückt
22	09.05.	15.56			x		x			26/A101-A103	x			2V3	TA1,7,10 (+)	0,77	0,23	2,00	Fehlbedienung bei Montagearbeiten an Experiment Proj. FR2/26, dabei Spannungsausfall der Meßstellen A101-A103, Ankunftsmeldung TA1,7,10 gebrückt
23	09.05.	16.56			x		x			26/A101-A103	x			2V3	TA1,7,10 (+)	0,47	0,27	6,20	Unterbrechung der 60V-Steuerspannung an Experiment Proj. FR2/26 bei Montagearbeiten, Ankunftsmeldung TA1,7,10 gebrückt
24	26.05.	08.16			x		x			26/P-102	x			TA1,7,10 (+)	1,33	0,57	4,73	Fehlbedienung beim Einbau des Reglers für Ve102 an Experiment FR2/26, Ankunftsmeldung TA1,7,10 gebrückt	
25	05.06.	00.07	x				x		K5/II K6/III			x		2V3	TA1,7,10 (+)	7,88		7,88	Ende Betriebsphase C/1972, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,7,10 gebrückt

Tabelle 9.3: Reaktorabschaltungen im Jahre 1972

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Ifd. Nr.	Datum	Zeit	Abschaltart			Abschaltgrund	Schnellabschaltungs-auslösung	Experiment Nr./Meßstelle	Störungsart			Wertungsschaltung der Auslösesignale	Funktion der Abschaltstäbe	Ausfallzeiten (falls planm.Reaktorbetr.)			Bemerkungen			
			Hand	Hand über Reaktorschutz	-1 MW autom. ->1 MW durch RSA				Plan	Störung	Reaktor Si-Kanal Meßstelle bzw. Reaktorhilfslein-richtung			echter Grenzwert	Geräte od. Anlagenfehler	Fehlbedienung		Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung < 10 MW	Reaktorleistung bei 43 MW
26	07.06.	02.48		x		x	K8/II+III				x	2v3	TA1,7 (+)							Ende Bestrahlung TA-Stab Nr.110 und 122 (mit Flußmeßsonden) auf TA-Pos. 10 und 14, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,7 gebrückt
27	08.06.	05.00		x		x	K4/I				x	2v3	TA1,7,10 (+)							Abbildung TA-Pos. 1 gegen TA-Pos. 10,12,14,16, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,7,10 gebrückt
28	09.06.	06.00		x		x	K10/II+III				x	2v3	TA1,7,10 (+)							Abbildung TA-Pos. 1 gegen TA-Pos. 2-16, Ankunftsmeldung TA-Pos. 1,7,10 gebrückt
29	10.06.	04.45	x			x	Pult/SW				x	1v1	TA7 (+)							Abbildung TA-Stäbe nach Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 7 gebrückt
30	11.06.	04.58		x		x	K4/II				x	2v3	TA7 (+)							Abbildung TA-Stäbe nach Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 7 gebrückt
31	12.06.	04.24		x		x	K6/II+III				x	2v3	TA10							Abbildung TA-Stäbe nach Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10 kam nicht durch
32	15.06.	07.07.	x			x		(58)			x	2v2	TA10,14 (+)	10,20	0,87					Ende Meßprogramm für Experiment Proj. FR2/58-Le 11, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt
33	29.06.	13.39	x			x	Pult/SW	44/01 + 02 (58)			x	1v1	TA10,14 (+)	1,87	0,50	5,10				Undichtheit Ve 633 von Experiment Proj. FR2/58, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt
34	01.07.	03.41			x	x		55a/P-P6, P23, P24			x	2v3	TA10,14 (+)	1,32	0,33	3,62				Pumpenausfall Pu1 und Pu2 an Experiment Proj. FR2/55a, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10, 14 gebrückt
35	19.07.	04.05			x	x	Energieausfall				x	1v1	TA10,14 (+)	3,38	2,02	9,42				Spannungsausfall KFZK durch Schalterfall Leopoldshafen/Hochstetten, Ankunftsmeldung TA 10,14 gebrückt
36	24.07.	08.03.	x			x	Pult/SW				x	1v1	TA10,14 (+)							Ende Betriebsphase D/1972, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt
37	30.07.	23.00		x		x	K5/I+II				x	2v3	TA10,14 (+)							Abbildung TA-Stäbe nach Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA 10,14 gebrückt
38	01.08.	02.30		x			K7/I+II				x	2v3	TA10,14 (+)							Abbildung TA-Stäbe nach Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA 10,14 gebrückt
39	03.08.	14.24			x	x		26/P-102			x		i.0.	1,75	0,97					Netzausfall EZ1a durch Blitzeinschlag, dadurch Ausfall aller hier angeschalteten Experimente
40	12.08.	13.24			x	x		55a/Totmannknopf			x	1v1	i.0.	7,18	0,45	9,62				Totmannknopf an Experiment Proj. FR2/55a nicht in vorgeschriebener Zeit, quittiert dadurch Anlagenausfall
41	15.08.	21.08			x	x		55a/P-P6, P23, P24			x		i.0.	1,37	0,49	3,53				Anlagenausfall über P-T40, Sicherheitsventil Ve 102 angesprochen bei Experiment Proj. FR2/55a
42	16.08.	14.09	x			x	Pult/SW	(55a)			x	1v1	i.0.	5,36	3,00	11,30				Experiment Proj. FR2/55a: Sicherheitsventil Ve 102 und Berstscheibe Ve 103 gewechselt
43	11.09.	07.51			x	x		55a/P6, P23, P24			x	2v3	i.0.	0,15		0,15				Experiment Proj. FR2/55a: Fehlbedienung bei Vorbereitung zur Simulation GAU zum Abschalten des Reaktors am Ende Betriebsphase E/1972
44	16.09.	00.27		x		x	K8/I				x	2v3	TA13,14 (+)							TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 13,14 gebrückt
45	17.09.	02.30		x		x	K10/II K4/I+II				x	2v3	TA13,14 (+)							TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 13,14 gebrückt
46	18.09.	01.04		x		x	K5/I+II				x	2v3	TA13,14 (+)							TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 13,14 gebrückt
47	19.09.	01.40		x		x	K6/I+II				x	2v3	TA13,14 (+)							TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 13,14 gebrückt
48	20.09.	02.51		x		x	He-Stauerdruck				x	2v3	TA10,13 (+)							TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 13,14 gebrückt
49	21.09.	06.44	x			x	Pult/SW	(P58-Le11)			x	1v1	TA13,14 (+)							Experiment Proj. FR2/58: Kupplung von Le11 undicht, Ankunftsmeldung TA-Pos. 13,14 gebrückt
50	27.09.	13.30			x	x	K7/I+III				x	2v3	TA5,10,13 (+)	0,70	0,35	2,32				Bei Prüfung Si-System, K9/II autom. Einschaltung D20 -Programm "m" durch Gerätefehler, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13 gebrückt

Tabelle 9.3: Reaktorabschaltungen im Jahre 1972

1	2	3	4				8	9	10	11	12			15	16	17	18			20
			Abschaltart								Abschaltgrund	Schnellabschaltungs-auslösung	Störungsart				Ausfallzeiten (falls planm. Reaktor betr.)			
lfd. Nr.	Datum	Zeit	Hand	Hand über Reaktorschutz	← 1 HW autom.	→ 1 HW durch RSA	Plan	Störung	Reaktor St-Kanal Hebstelle bzw. Reaktorhilfseinstellung	Experiment Nr./Hebstelle	echter Grenzwert	Geigte od. Anlagenfehler	Fehlbedienug	Prüfung	Wertungsschaltung der Ausfallsignale	Funktion der Abschaltstöße	Reaktor außer Betrieb	Reaktorleistung < 10 ⁷ W	Reaktorleistung bei 45 MW	
51	28.10.	09.00				x				2/R1	x			1V1	TA5,10,13,14 (+)	1,80	0,15	3,79	Experiment Proj. FR2/2: Expansionsmaschine festgelaufen, dadurch Auslösung Fall "A" über u.GW R1, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13,14 gebrückt	
52	23.10.	08.10	x				x			55a/GAU			x		TA5,10,13,14 (+)				Ende Betriebsphase G/1972, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13,14 gebrückt	
53	26.10.	17.38		x			x	K7/I-III					x	2V3	TA5,10,13,14 (+)				Prüfung Netzausfall PHB 1.120 (jährlich), Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13,14 gebrückt	
54	26.10.	18.15		x			x	Energieausfall					x	1V1	TA5,10,13,14 (+)				Prüfung Netzausfall PHB 1.120 (jährlich), Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13,14 gebrückt	
55	28.10.	03.11	x				x	Pult/SW					x	1V1	TA5,10,13,14 (+)				TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13,14 gebrückt	
56	29.10.	00.47		x			x	K5/II-III					x	2V3	TA5,10,13,14 (+)				TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13,14 gebrückt	
57	30.10.	01.14		x			x	K5/I					x	2V3	TA5,10,13,14 (+)				TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,13,14 gebrückt	
58	31.10.	01.42		x			x	K6/II					x	1V1	TA5,10,14 (+)				TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,14 gebrückt	
59	01.11.	01.45		x			x	K4/I-II					x	2V3	TA5,10,14 (+)				TA-Stab-Meßprogramm, Ankunftsmeldung TA-Pos. 5,10,14 gebrückt	
60	19.11.	05.55			x		x		76/biodes-strom		x				TA10,14 (+)				Experiment Proj. FR2/76: Kalte Lötstelle am Einschub für Treiberspannungsversorgung, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt	
61	21.11.	00.00	x				x		55a/GAU		x				TA10,14 (+)				Experiment Proj. FR2/55a: Ausbau Druckrohr, Reaktorabschaltung durch Simulation des GAU, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt	
62	11.12.	06.12	x				x	Pult/SW					x	1V1	TA10,14 (+)	1,80		1,80	Flußmessungen V2, V3, V5-Kanal, Therm.-Säule, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt	
63	17.12.	16.53		x			x	K2a/I-II					x	2V3	TA10,14 (+)				Brüfung D ₂ -Kreislauf PHB 1.103 (vierteljährlich), Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt	
64	20.12.	17.35	x				x	Pult/SW					x	1V1	TA2,10,14 (+)				Sondermeßprogramm (Flußmessung) für Experiment Proj. FR2/55a, Ankunftsmeldung TA-Pos. 2,10,14 gebrückt	
65	20.12.	19.55	x				x	Pult/SW					x	1V1	TA2,10,14 (+)				Sondermeßprogramm (Flußmessung) für Experiment Proj. FR2/55a, Ankunftsmeldung TA-Pos. 2,10,14 gebrückt	
66	26.12.	07.08.			x		x		55a/P6, P23, P24		x			2V3	TA10,14 (+)	1,48	0,35	4,23	Experiment Proj. FR2/55a: Sicherheitsventil Vø 102 undicht, Anlagenabschaltung über P-140, Ankunftsmeldung TA-Pos. 10,14 gebrückt	
Abschaltungen			22	26	*1	17	35	*31	48	18	7	12	7	40	61	94,22	17,04	42,76	Erläuterungen siehe Blatt 4	

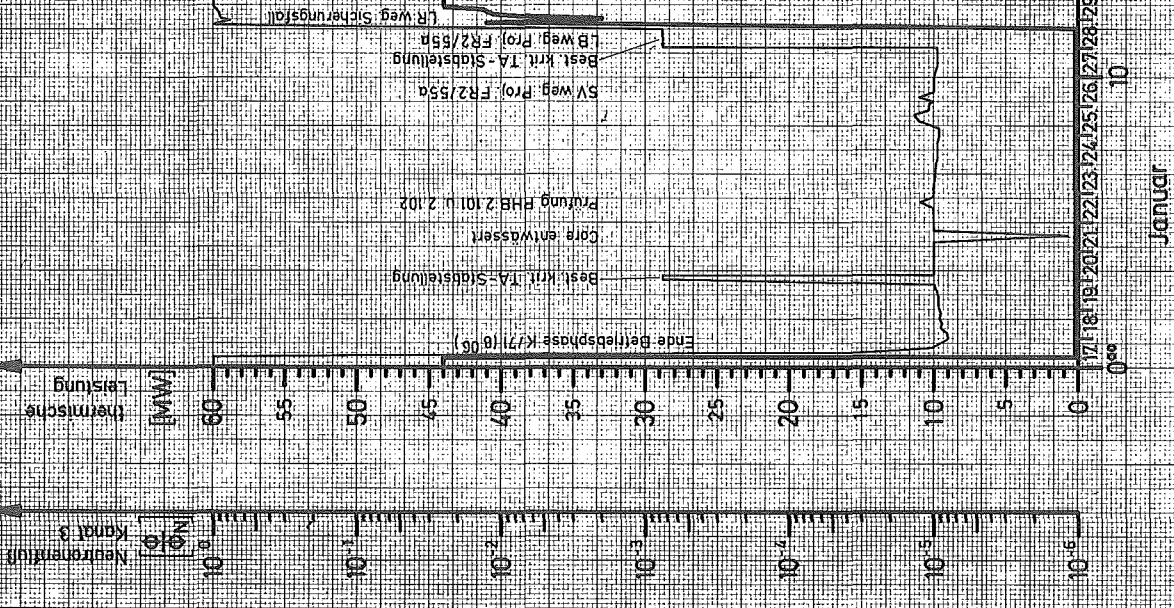
* 1 Abschaltung außerhalb der planmäßigen Betriebszeit

Anmerkungen zu Tabelle 9.3:

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

Reaktorleistung in Betriebsphase A/72 (4.-10. Wo.)

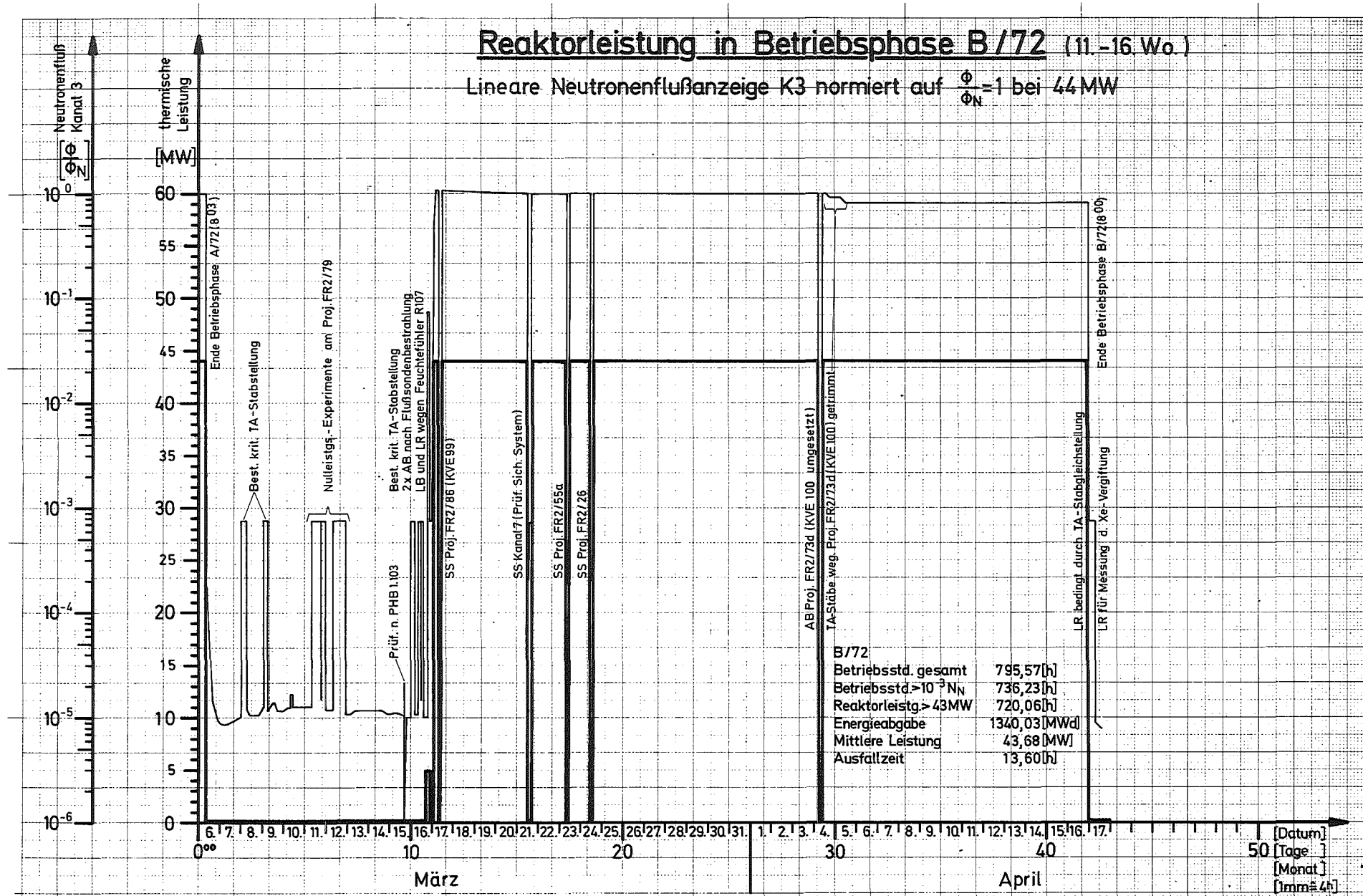
Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\frac{\Phi}{\Phi_{N-1}}$ bei 44 MW



Anmerkung:
 - Neutr.-fluß: SV=Startverschiebung LR=Leistungsrücknahme SS=Schnellabschaltung
 - Chem. Leist.: LB=Leistungsbegrenzung AB=Außerbetriebnahme von Hand

Reaktorleistung in Betriebsphase B/72 (11.-16. Wo.)

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



Anmerkung:

- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV=Startverschiebung
- LB=Leistungsbegrenzung
- LR=Leistungsrücknahme
- AB=Außerbetriebnahme von Hand
- SS=Schnellabschaltung

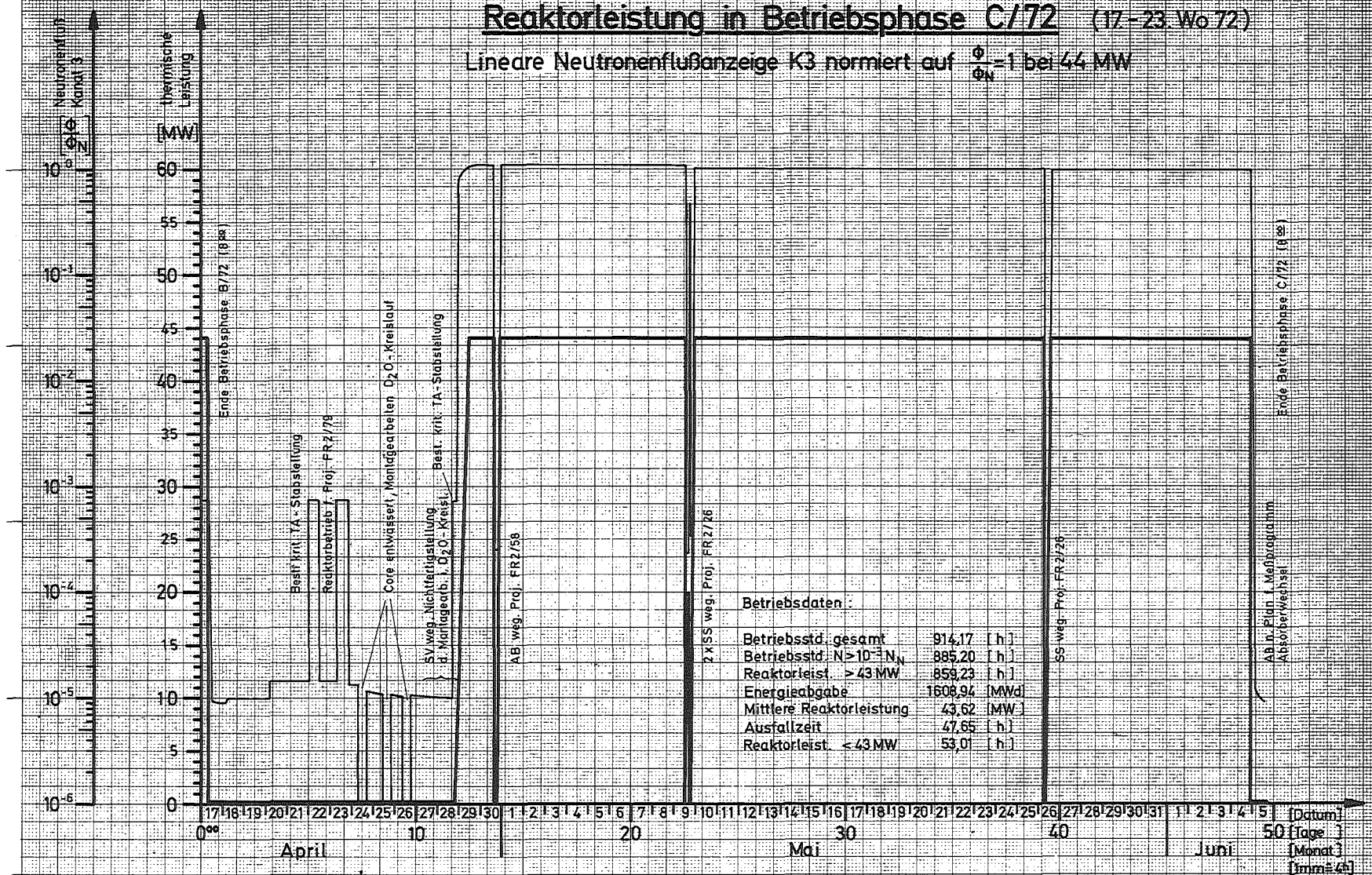


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase C/72 (17-23. Wo 72)

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



Anmerkung:

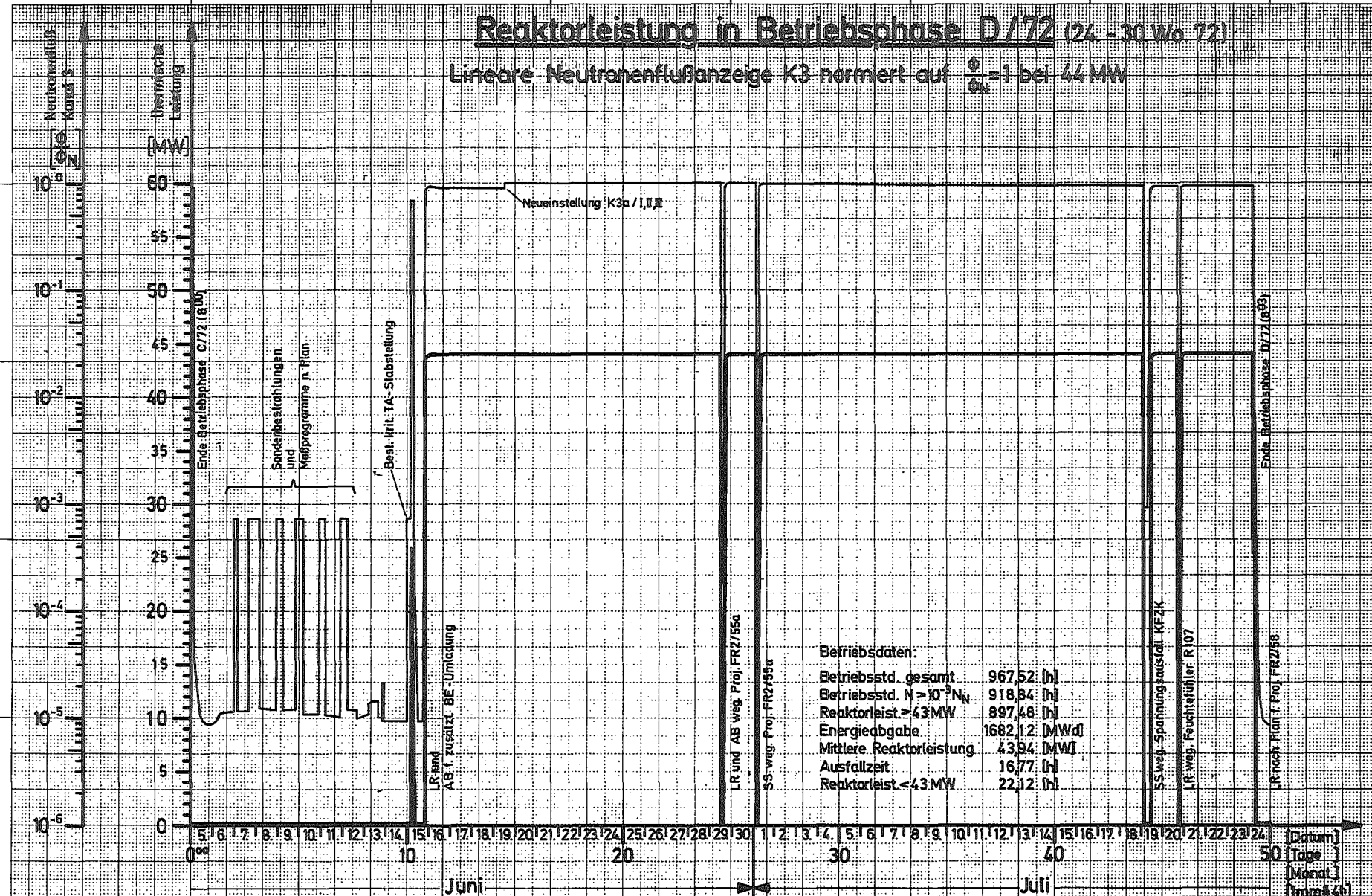
- Neutr-fluß
- therm. Leist.
- SV = Startverschiebung
- LB = Leistungsbegrenzung
- LR = Leistungsrücknahme
- AB = Außerbetriebnahme von Hand
- SS = Schnellabschaltung



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

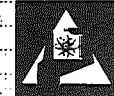
Reaktorleistung in Betriebsphase D/72 (24. - 30. Wo 72)

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



Anmerkung:

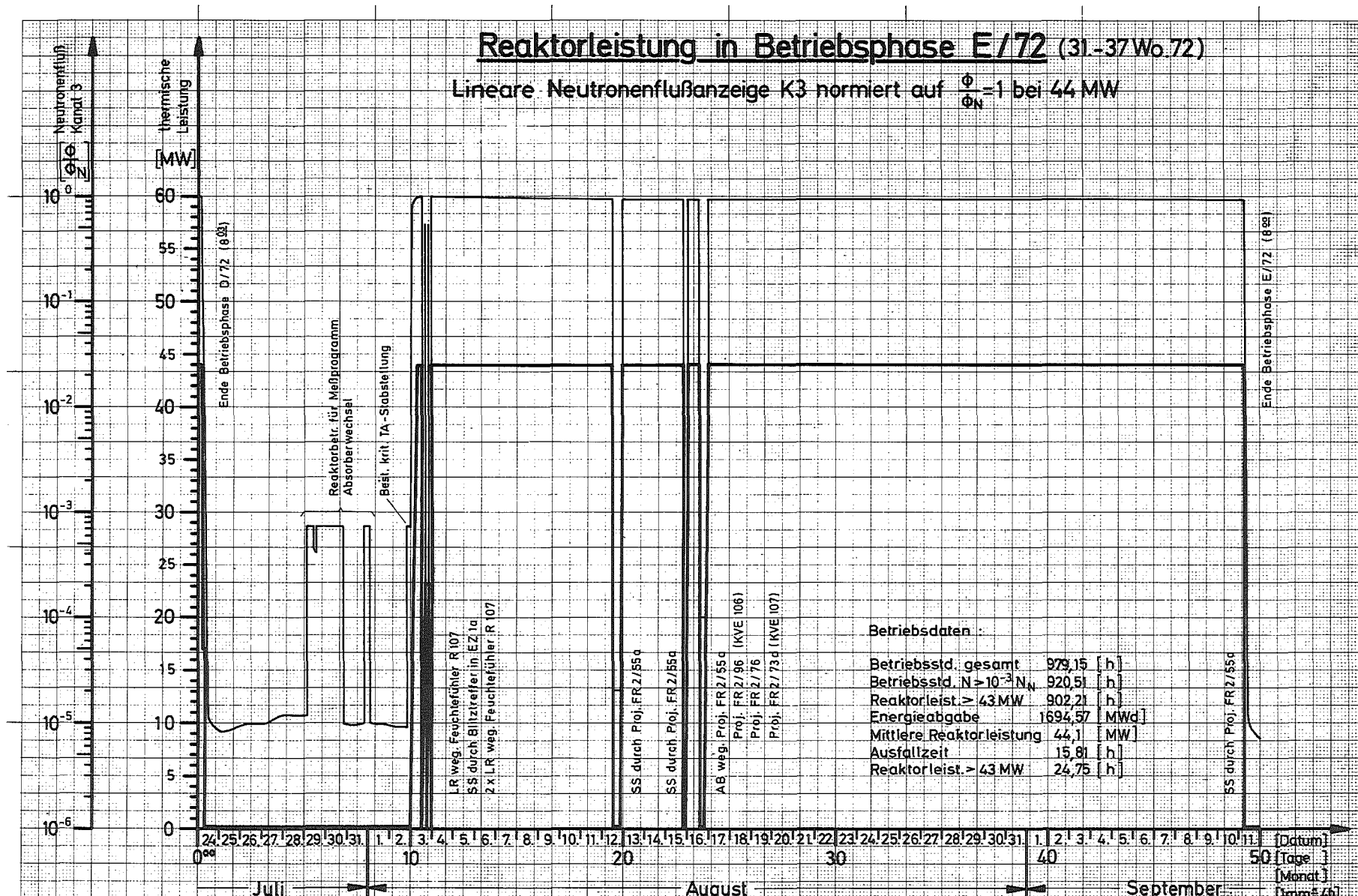
- Neutr.-fluß
- therm. Leist.
- SV=Startverschiebung
- LR=Leistungsricknahme
- SS=Schnellabschaltung
- LB=Leistungsbegrenzung
- AB=Außerbetriebnahme von Hand



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

Reaktorleistung in Betriebsphase E/72 (31-37Wo.72)

Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\frac{\Phi}{\Phi_N} = 1$ bei 44 MW



Betriebsdaten:

Betriebsstd. gesamt	979,15 [h]
Betriebsstd. $N > 10^{-3} N_N$	920,51 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	902,21 [h]
Energieabgabe	1694,57 [MWd]
Mittlere Reaktorleistung	44,1 [MW]
Ausfallzeit	15,81 [h]
Reaktorleist. > 43 MW	24,75 [h]

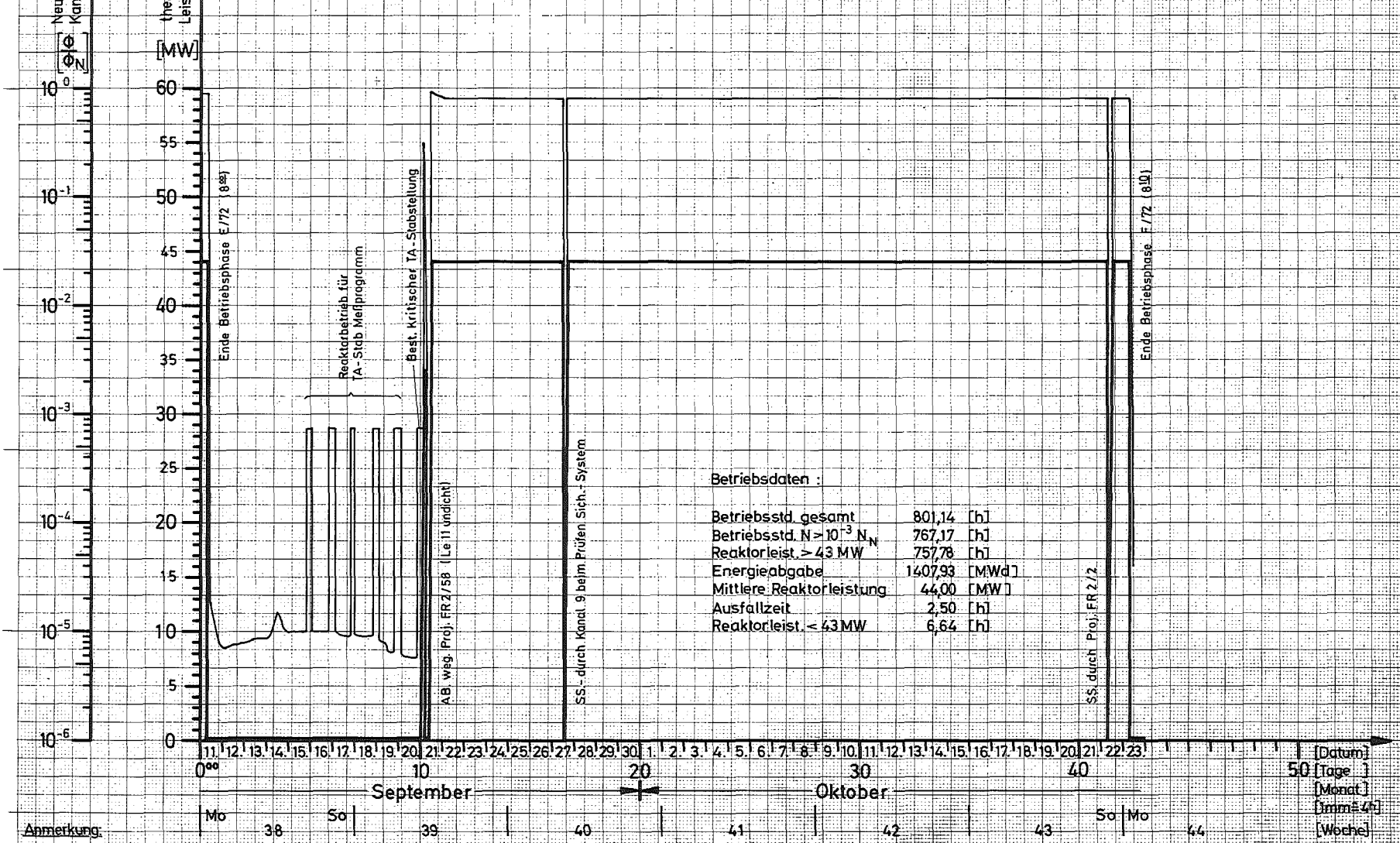
Anmerkung:
 - - - Neutr.-fluß SV=Startverschiebung LR=Leistungsrücknahme SS=Schnellabschaltung
 - - - therm. Leist. LB=Leistungsbegrenzung AB=Außerbetriebnahme von Hand



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

Reaktorleistung in Betriebsphase F/72 (38.-43. Wo. 72)

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



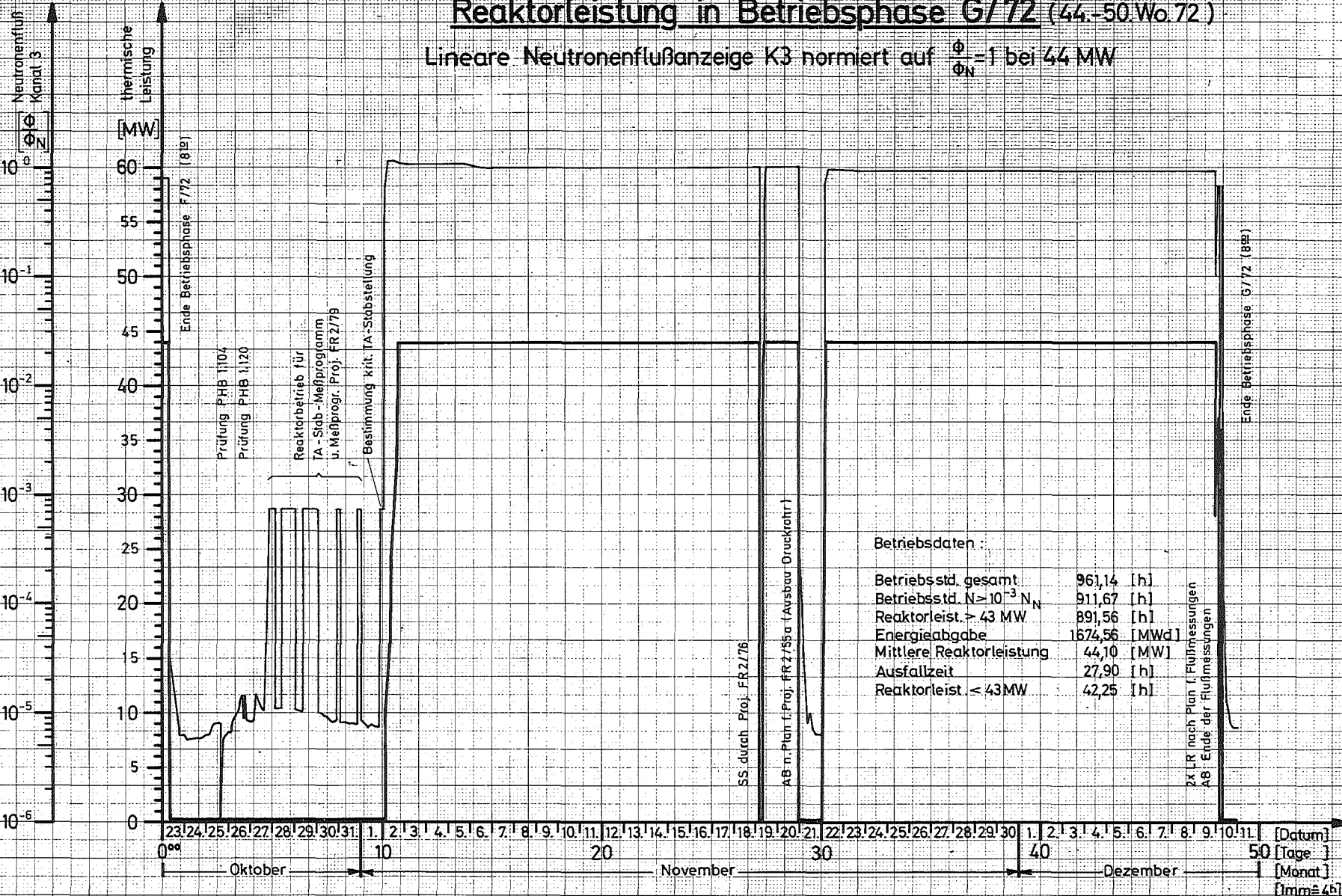
Anmerkung:
 — Neutr.-fluß SV=Startverschiebung LR=Leistungs-rücknahme SS=Schnellabschaltung
 — therm. Leist. LB=Leistungs-begrenzung AB=Außerbetriebnahme von Hand



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

Reaktorleistung in Betriebsphase G/72 (44.-50. Wo. 72)

Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\frac{\Phi}{\Phi_N} = 1$ bei 44 MW



Formblatt: 148a/72

Anmerkung:

- Neutr.-fluß SV=Startverschiebung LR=Leistungsrücknahme SS=Schnellabschaltung
- therm. Leist. LB=Leistungsbegrenzung AB=Außerbetriebnahme von Hand

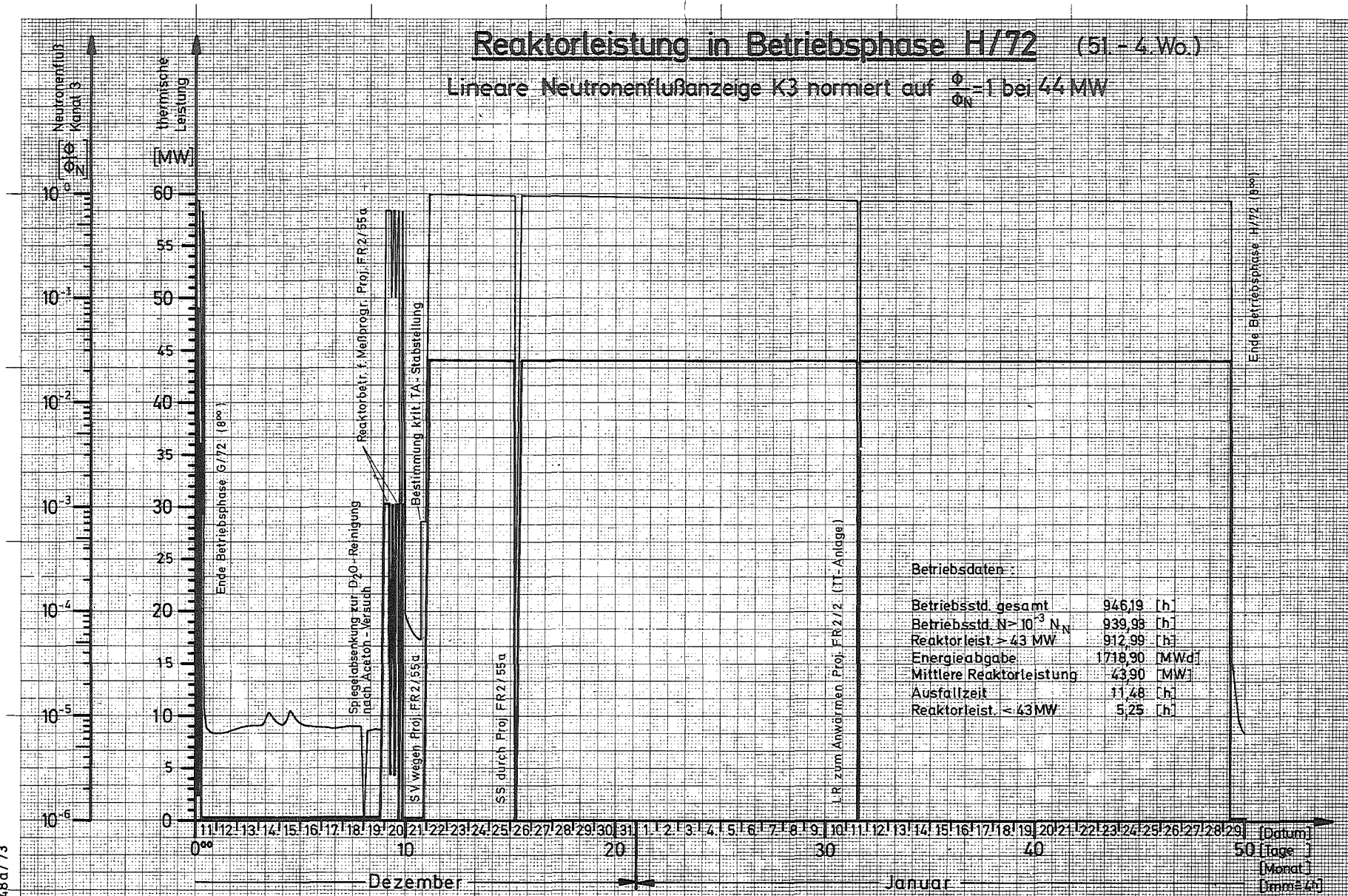


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Reaktorleistung in Betriebsphase H/72 (51.-4. Wo.)

Lineare Neutronenflußanzeige K3 normiert auf $\frac{\Phi}{\Phi_N} = 1$ bei 44 MW



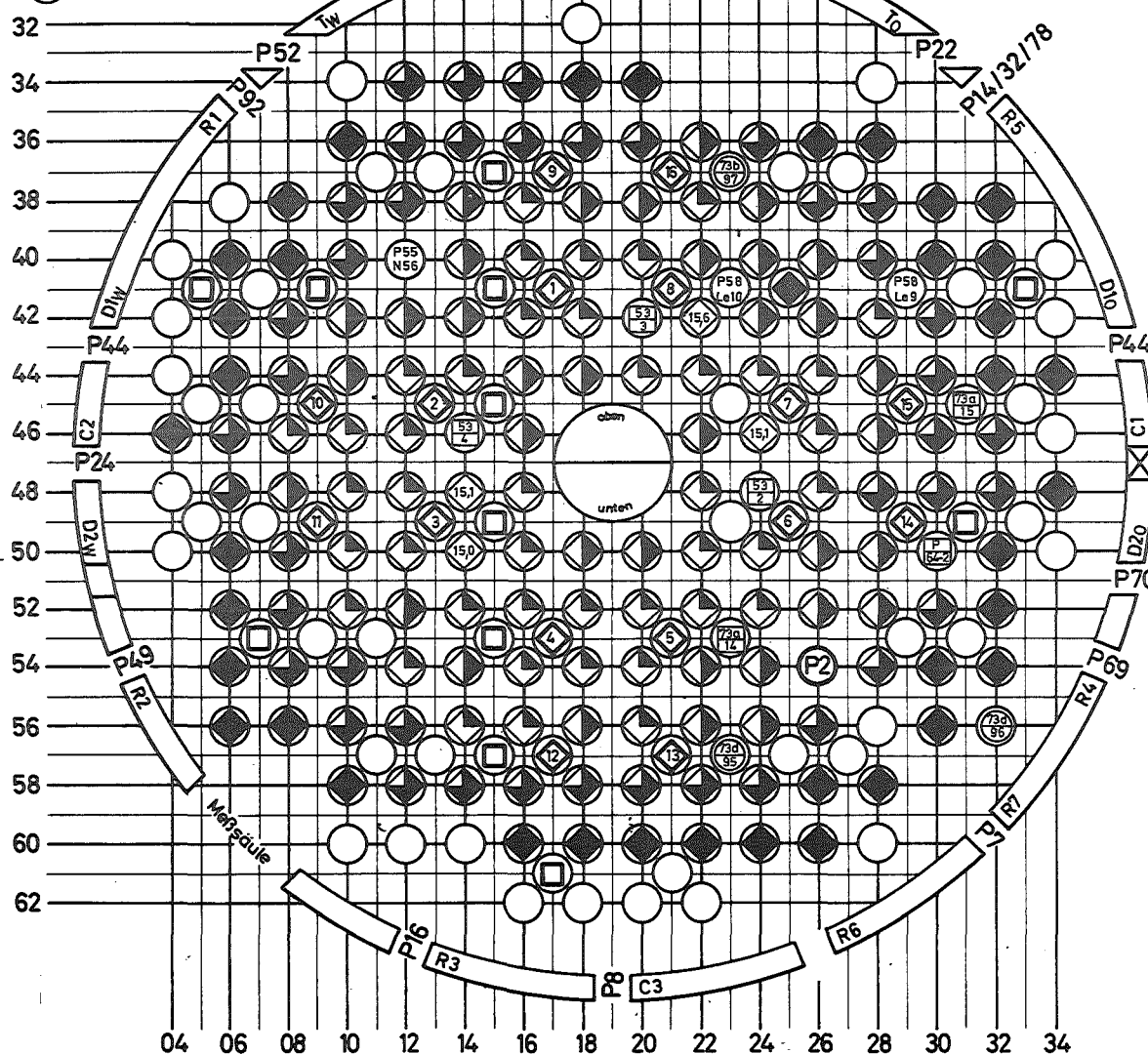
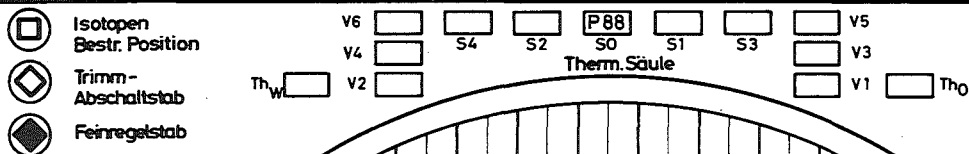
Formblatt: 148a/73

Anmerkung:

- Neutr.-fluß SV=Startverschiebung LR=Leistungsrücknahme SS=Schnellabschaltung
- therm. Leist. LB=Leistungsbegrenzung AB=Außerbetriebnahme von Hand



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



1. Brennelemente :

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

38 ● 42 ● 35 ● 46 ● -161 BE 8 (2% anger.)

- ● - ● - ● - 0 BE 9 (1,86% anger.)

Summe BE im Core -161

2. Kapselversuchseinsätze :

⊖ Proj.Nr. - 3
Ird. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

⊖ Proj.Nr. - 6
Ird. Nr.

4. Kreislaufexperimente :

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

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

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

4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12 Prüfling N56

4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position 41/23 Einsatz Le 10
41/29 Einsatz Le 9

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

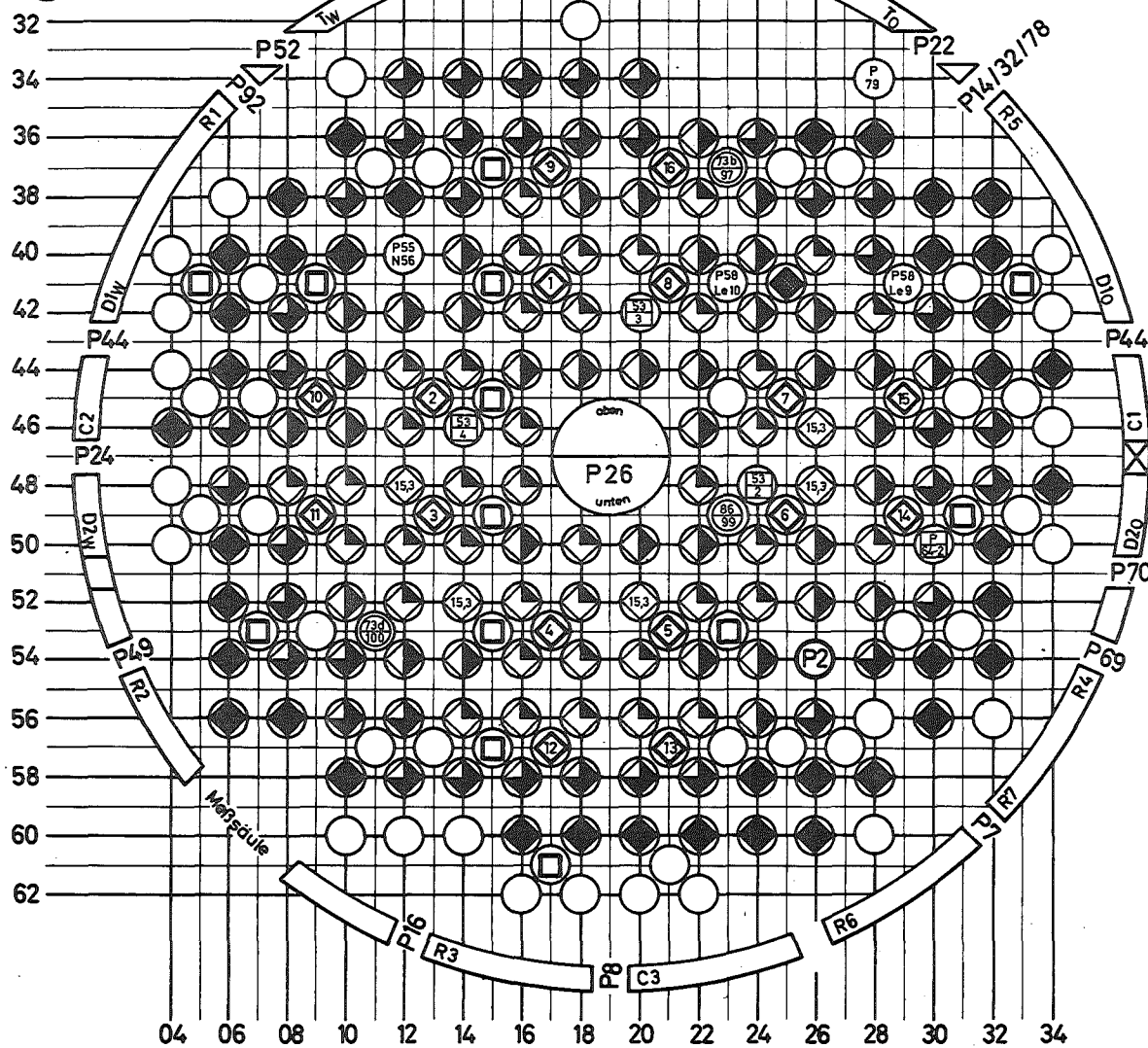
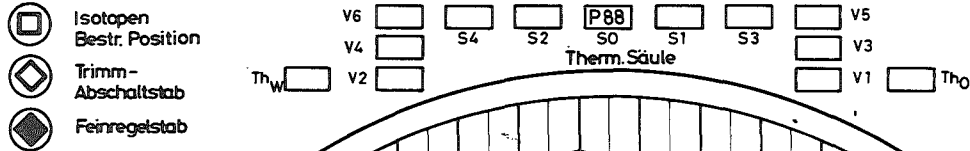
165 auf Gitterpositionen 2 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen :

● BE 8 am - neu einges. - ● BE9 am - neu einges.

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

ISO - Tauchrohr Pos. 53/09 am 20.2.72 ausgebaut.



1. Brennelemente:

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

40 ● 40 ● 37 ● 44 ● - 161 BE 8 (2% anger.)

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

Summe BE im Core - 161

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj.Nr. - 3
Ird. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj.Nr. - 4
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
L4-8	28.3.72	14 ⁴⁵	16.4.72	22 ⁰⁵

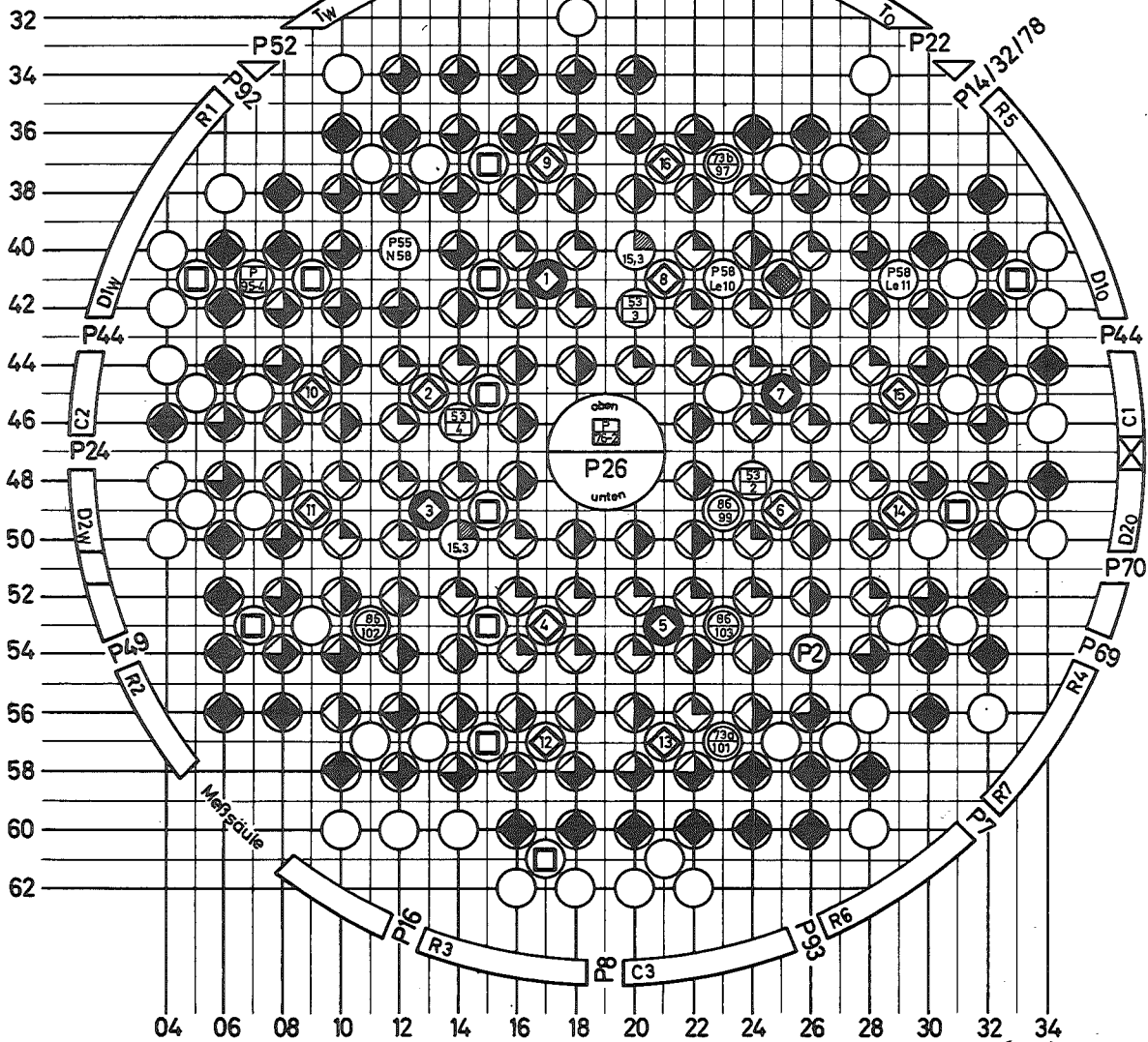
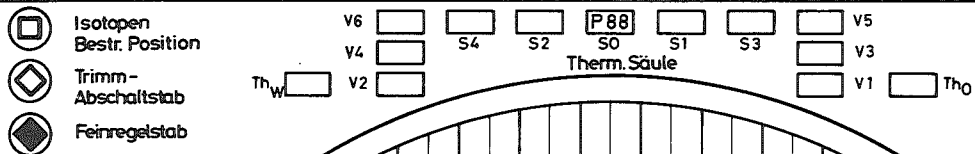
- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12 Prüfling N 56
- 4.4. Proj. FR 2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position 41/23 Einsatz Le 10
41/29 Einsatz Le 9

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

164 auf Gitterpositionen 3 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

- ● BE 8 am - neu einges. - ● BE9 am - neu einges.
Falls Abbrand >15 MWd/kp_U, Angabe in Zahlenwerten



1. Brennelemente :

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100%^Δ 15 MWd/kp_U
 39 ● 44 ● 36 ● 40 ● - 159 BE 8 (2% anger.)
 - ● - ● - ● 2 ● - 2 BE 9 (1,86% anger.)
 Summe BE im Core - 161

2. Kapselversuchseinsätze :

⊖ Proj.Nr. - 5
 ffd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

⊕ Proj.Nr. - 5
 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

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

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12 Prüfling N 58
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position 41/23 Einsatz Le 10
41/28 Einsatz Le 11

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

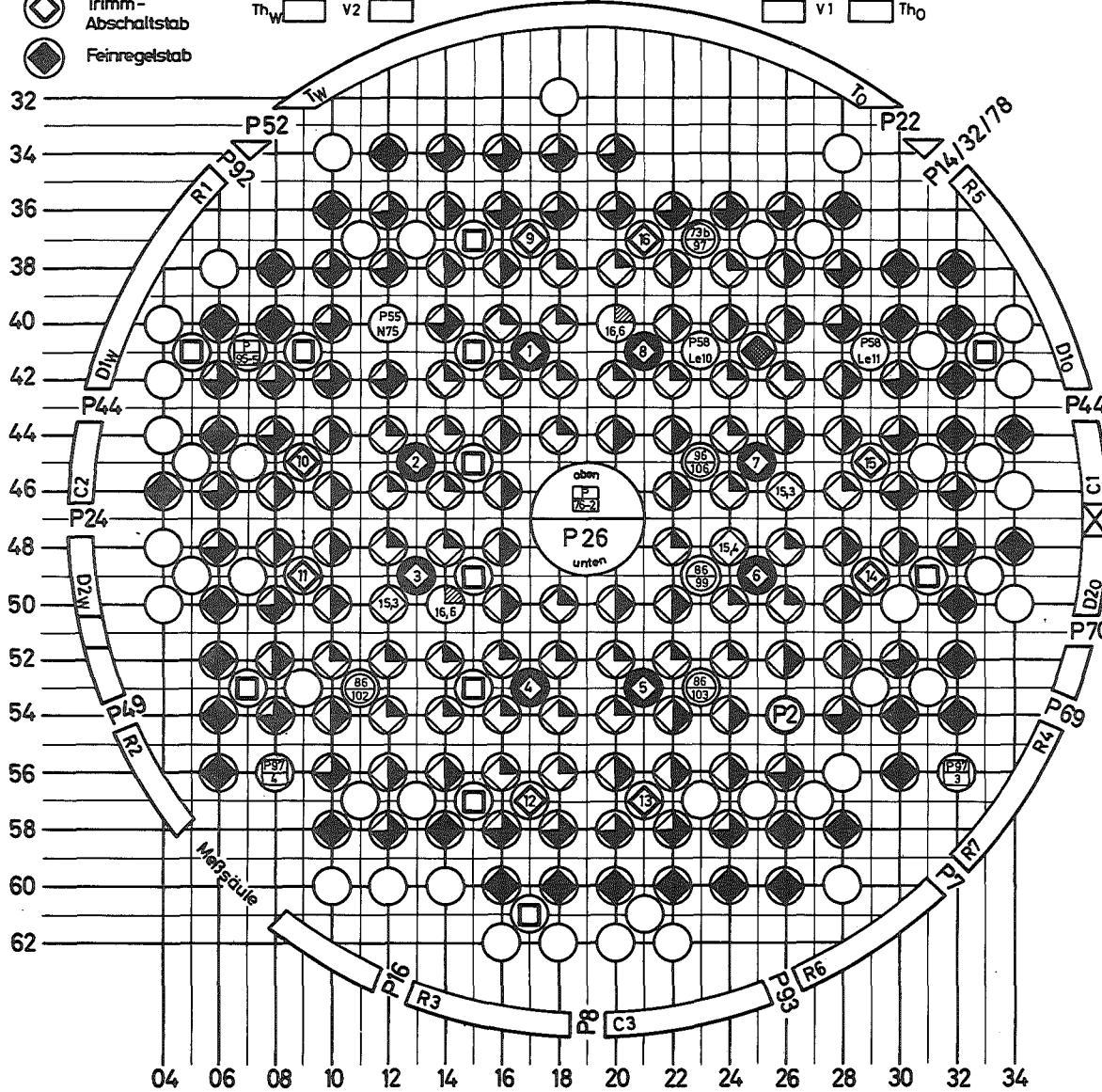
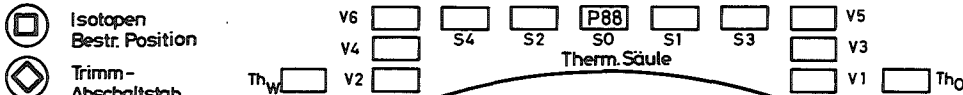
164 auf Gitterpositionen 5 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen :

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

TA-Stab Absorberwechsel : —
 (neue Absorber : ◊)

Falls Abbrand > 15 MWd/kp, Angabe in Zahlenwerten



1. Brennelemente:

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100% Δ 15 MWd/kgU
 35 ● 41 ● 40 ● 45 ● - 161 BE 8 (2% anger.)
 - ● - ● - ● 2 ● - 2 BE 9 (1,86% anger.)
 Summe BE im Core - 163

2. Kapselversuchseinsätze:

○ Proj.Nr. - 5
 ffd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj.Nr. - 4
 ffd. 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
5-0	22.9.72	13 51	22.9.72	16 54
1G3	3.10.72	9 17	3.10.72	9 22
1G5	3.10.72	12 16	3.10.72	12 26

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf) Position 40/12 Prüfling N75
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf) Position 41/23 Einsatz Le 10
 41/29 " " Le 11

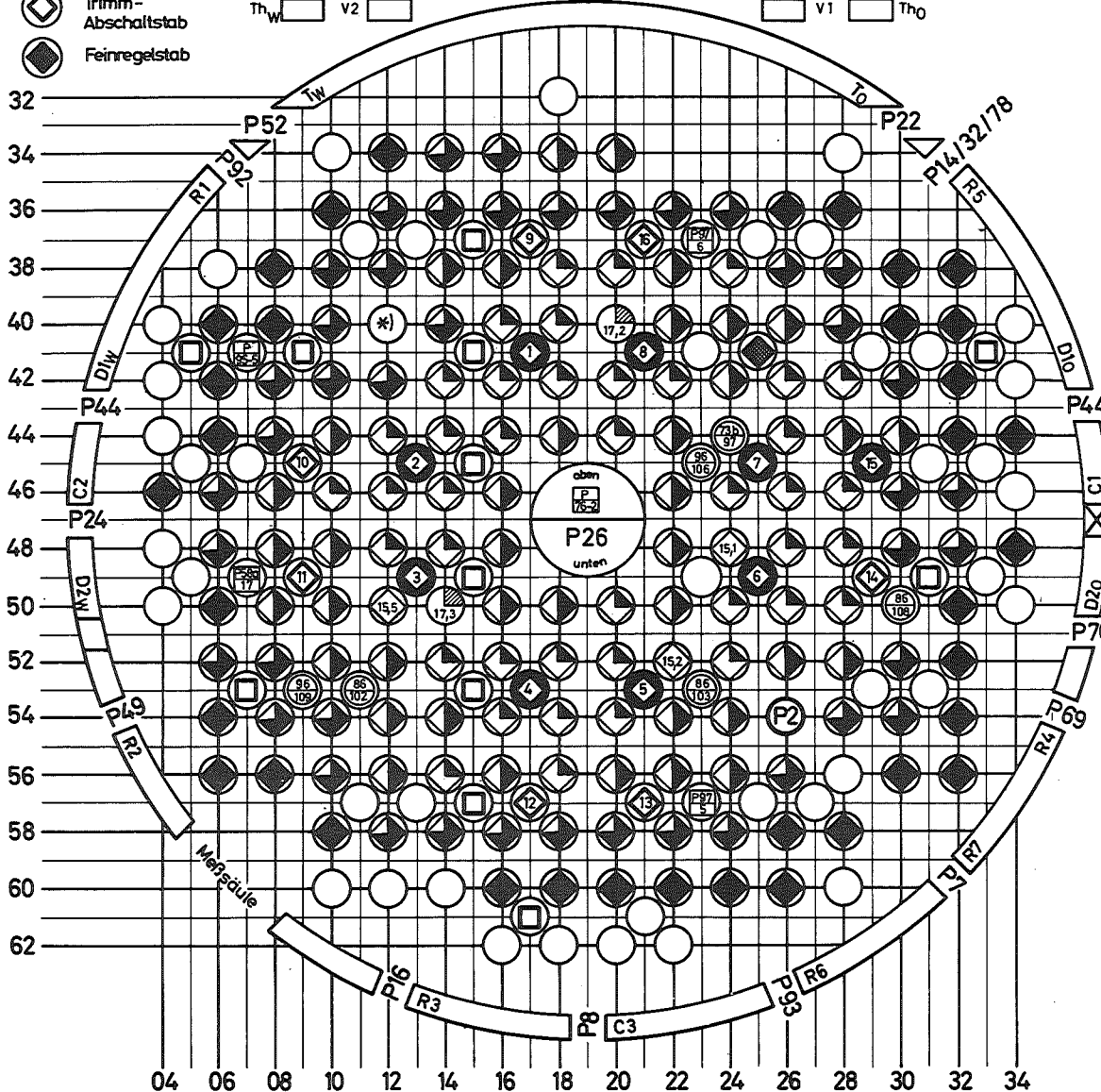
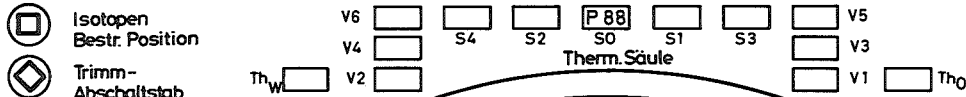
5. Summe d. besetzten Reaktorpos. m. Kühlg.v.Reaktor-Kreislauf:

165 auf Gitterpositionen 5 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

- ● BE 8 am - neu einges. - ● BE9am - neu einges.
 TA-Stab-Absorberwechsel: Ausbau | Tag | Pos. | Einbau | Tag | Pos.
 (neue Absorber: ○)

Falls Abbrand > 15 MWd/kg, Angabe in Zahlenwerten



1. Brennelemente :

Abbrand: <25 25-50 50-75 >75 [%] 100%Δ 15 MWd/kg_U
 36 ● 43 ● 39 ● 44 ● - 162 BE 8 (2% anger.)
 - ● - ● - ● 2 ● - 2 BE 9 (186% anger.)
 Summe BE im Core - 164

2. Kapselversuchseinsätze :

○ Proj.Nr. - 6
 ffd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen :

⊖ Proj.Nr. - 5
 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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
5/39 } 5/23 }	4.11.72	8 ²⁵	27.11.72	8 ¹⁷
L4-4	27.11.72	15 ⁰⁰	10.12.72	23 ⁵⁰

- 4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
Position 40/12 Druckrohr u. Prüfl. N75 am 21.11.72 ausgebaut.
- 4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
Position

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

166 auf Gitterpositionen 6 auf Zwischengitterpositionen

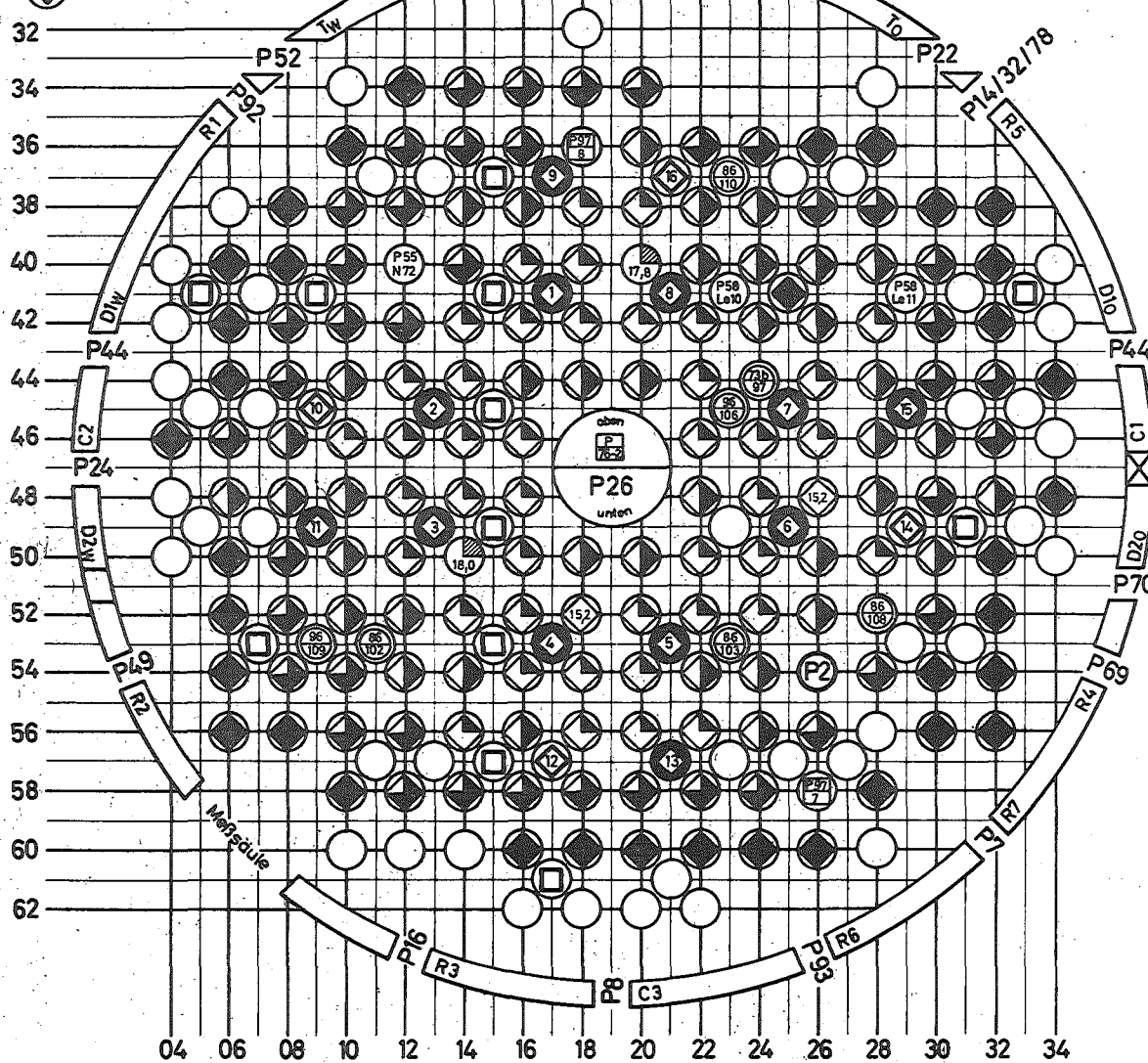
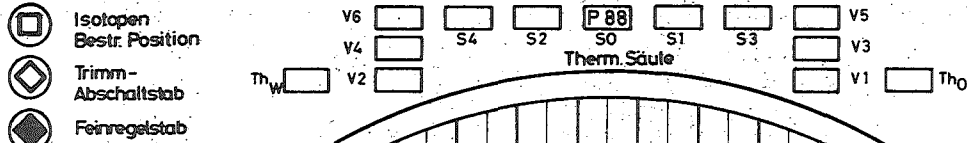
6. Bemerkungen :

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

TA-Stab-Absorberwechsel: Ausbau | Tag | Pos. | Einbau | Tag | Pos.
 (neue Absorber: ○)

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

*) FR-Stab Nr.2 (abgebrannt, Stellung 1200mm) als Ausgleich für Einsatz Proj. FR2/55a eingebaut.



1. Brennelemente:

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

35 ● 42 ● 39 ● 44 ● -160 BE 8 (2% anger.)
 - ● - ● - ● 2 ● - 2 BE 9 (1,86% anger.)

Summe BE im Core -162

2. Kapselversuchseinsätze:

⊖ Proj. Nr. - 7
 ffd. Nr.

3. Sonstige Einbauten mit Brennstoffen:

⊖ Proj. Nr. - 3
 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

Prüfl. Nr.	Einbau		Ausbau	
	Tag	Zeit	Tag	Zeit
5-L	23.1.73	9 ²⁸	→	→

4.3 Proj. FR2/55 (Hüllschadendampfkreislauf)
 Position 40/12 Prüfling N 72 am 20.12.72 eingebaut

4.4 Proj. FR2/58 (Brennstoffplattenbestr.-Druckwasserkreislauf)
 Position 41/23 Einsatz Le 10
 41/29 " " Le 11

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

166 auf Gitterpositionen 5 auf Zwischengitterpositionen

6. Bemerkungen:

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

TA-Stab-Absorberwechsel:

Ausbau	Tag	Pos.	Einbau	Tag	Pos.
(neue Absorber: ●)	-	-	-	-	-

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

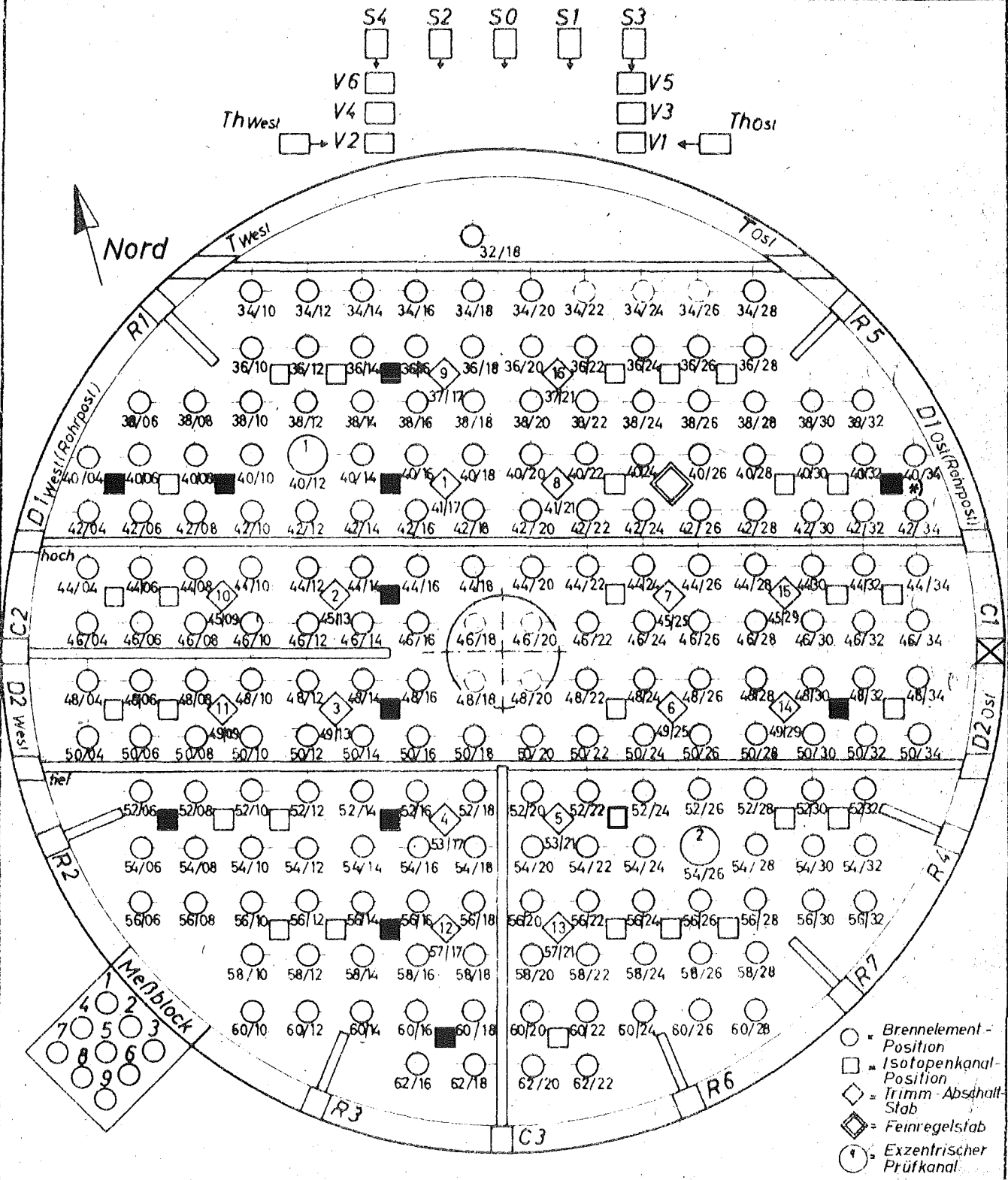
Positionskarte FR2 - Core

Beladung Nr.: Iso 11

Datum: ab 20.02.72

Standardbeladung Nr.11 mit 12 Isotopentauchrohren einschließlich leeren Kapselträgerrohren.

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



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 265

Datum: 6.2.72

Betr.-Phase: A

$$\sum_{i=1}^{164} N_{BEi} = 44,47 \text{ MW}$$

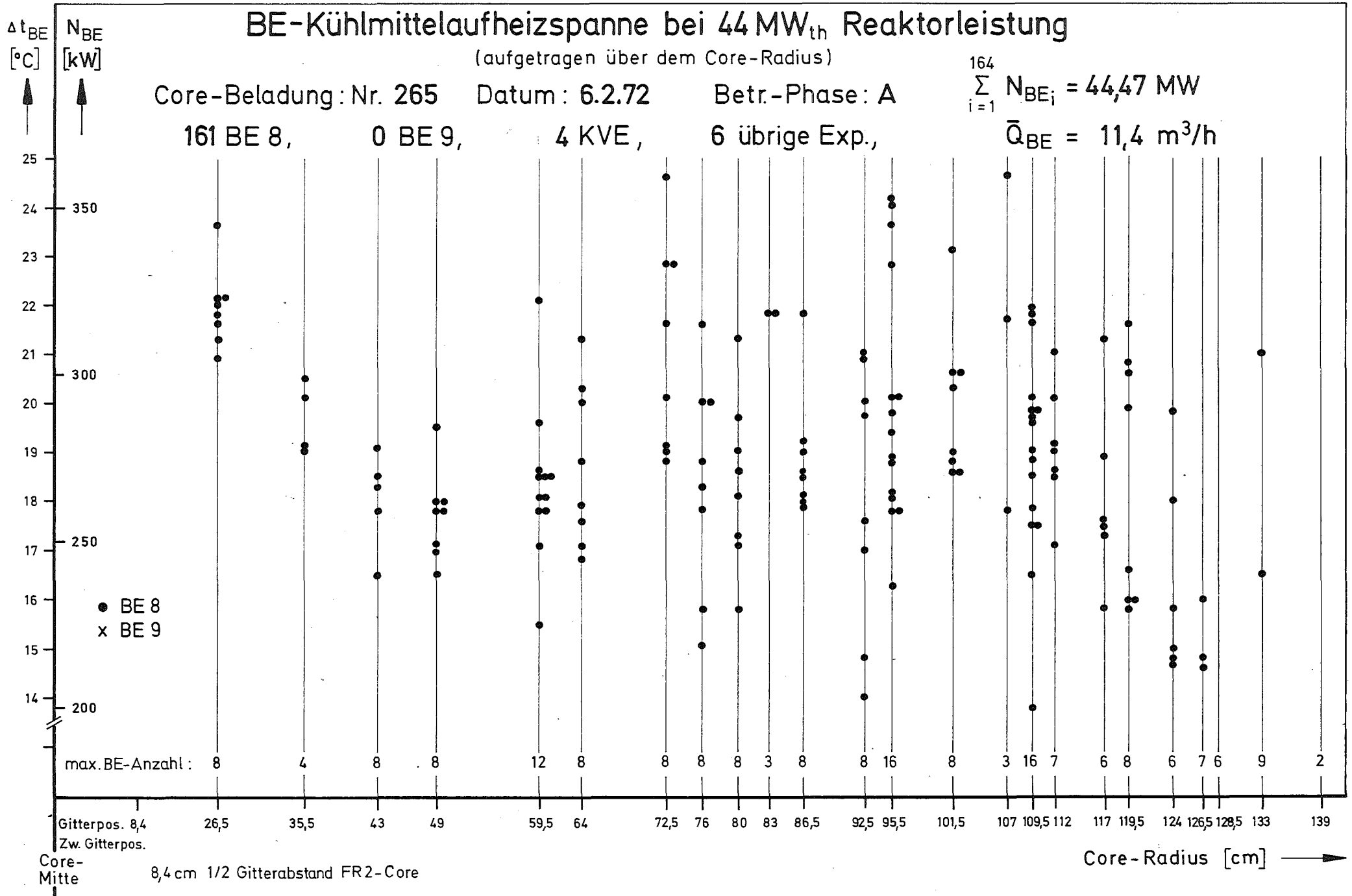
161 BE 8,

0 BE 9,

4 KVE,

6 übrige Exp.,

$$\bar{Q}_{BE} = 11,4 \text{ m}^3/\text{h}$$



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 270

Datum: 2.4.72

Betr.-Phase: B

$$\sum_{i=1}^{164} N_{BEi} = 44,85 \text{ MW}$$

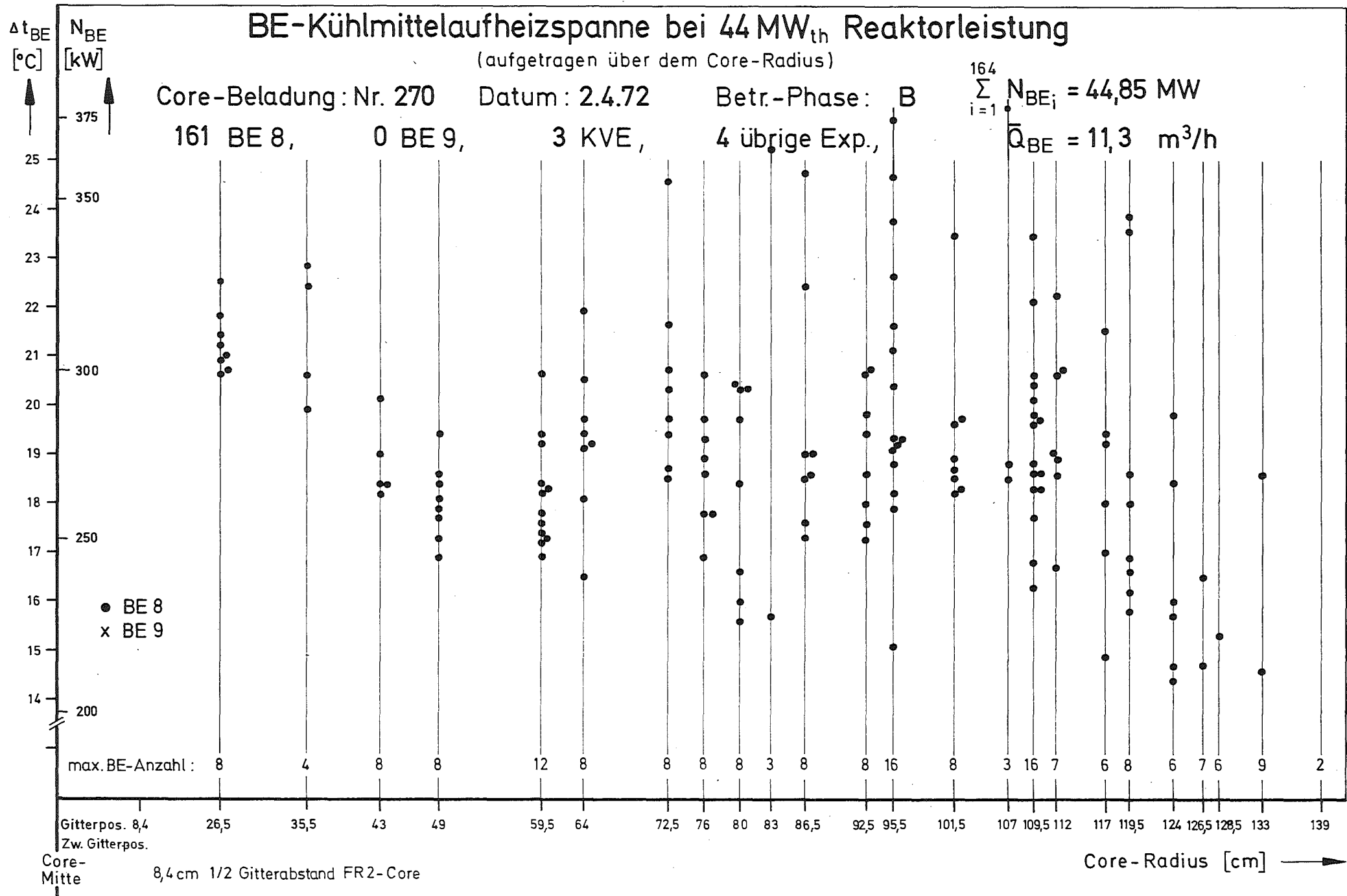
161 BE 8,

0 BE 9,

3 KVE,

4 übrige Exp.,

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



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 273

Datum: 1.6.72

Betr.-Phase: C

$$\sum_{i=1}^{164} N_{BEi} = 45,46 \text{ MW}$$

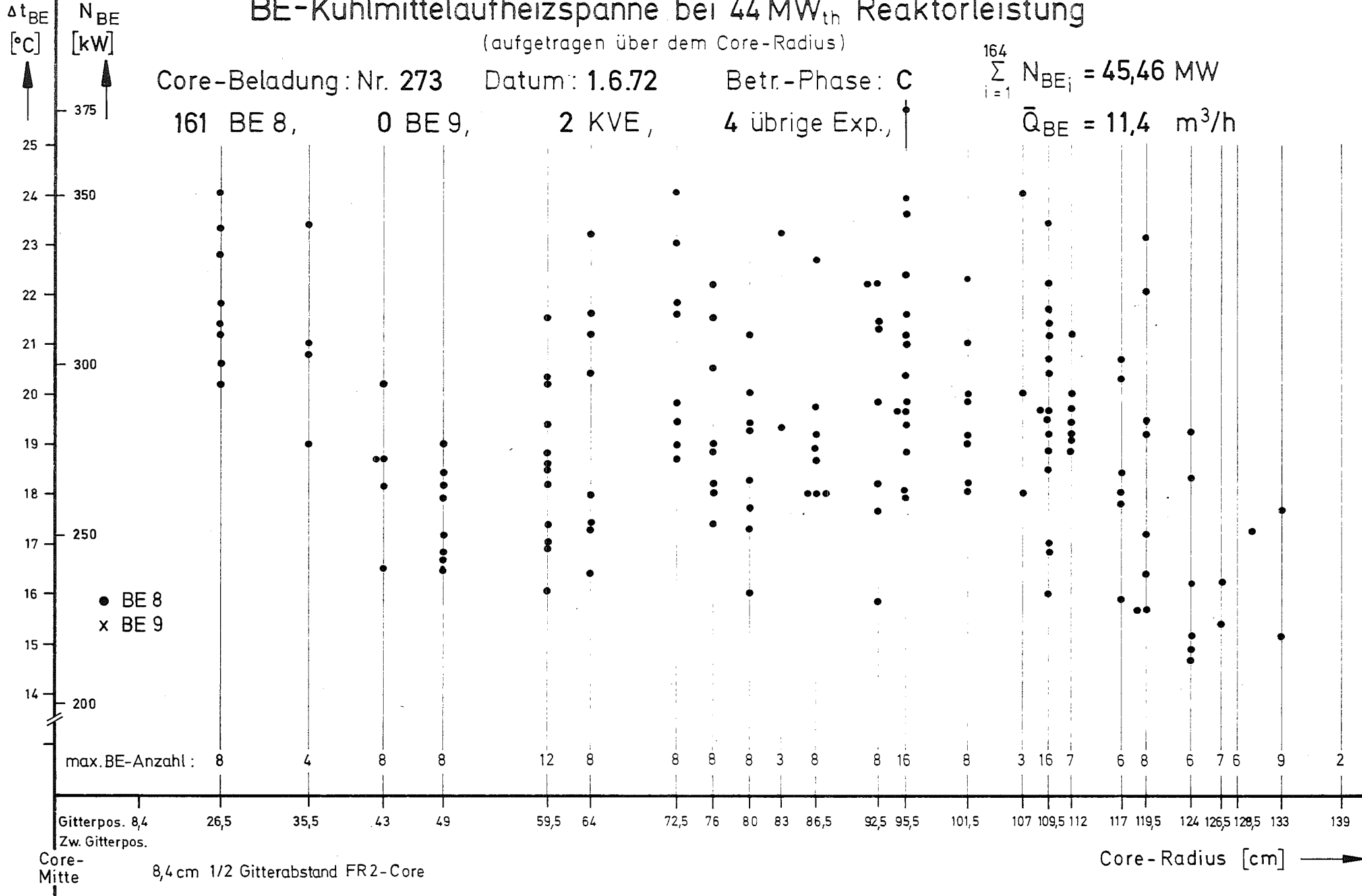
$$\bar{Q}_{BE} = 11,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

161 BE 8,

0 BE 9,

2 KVE,

4 übrige Exp.,



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 281

Datum: 5.7.72

Betr.-Phase: D

$$\sum_{i=1}^{164} N_{BE_i} = 43,81 \text{ MW}$$

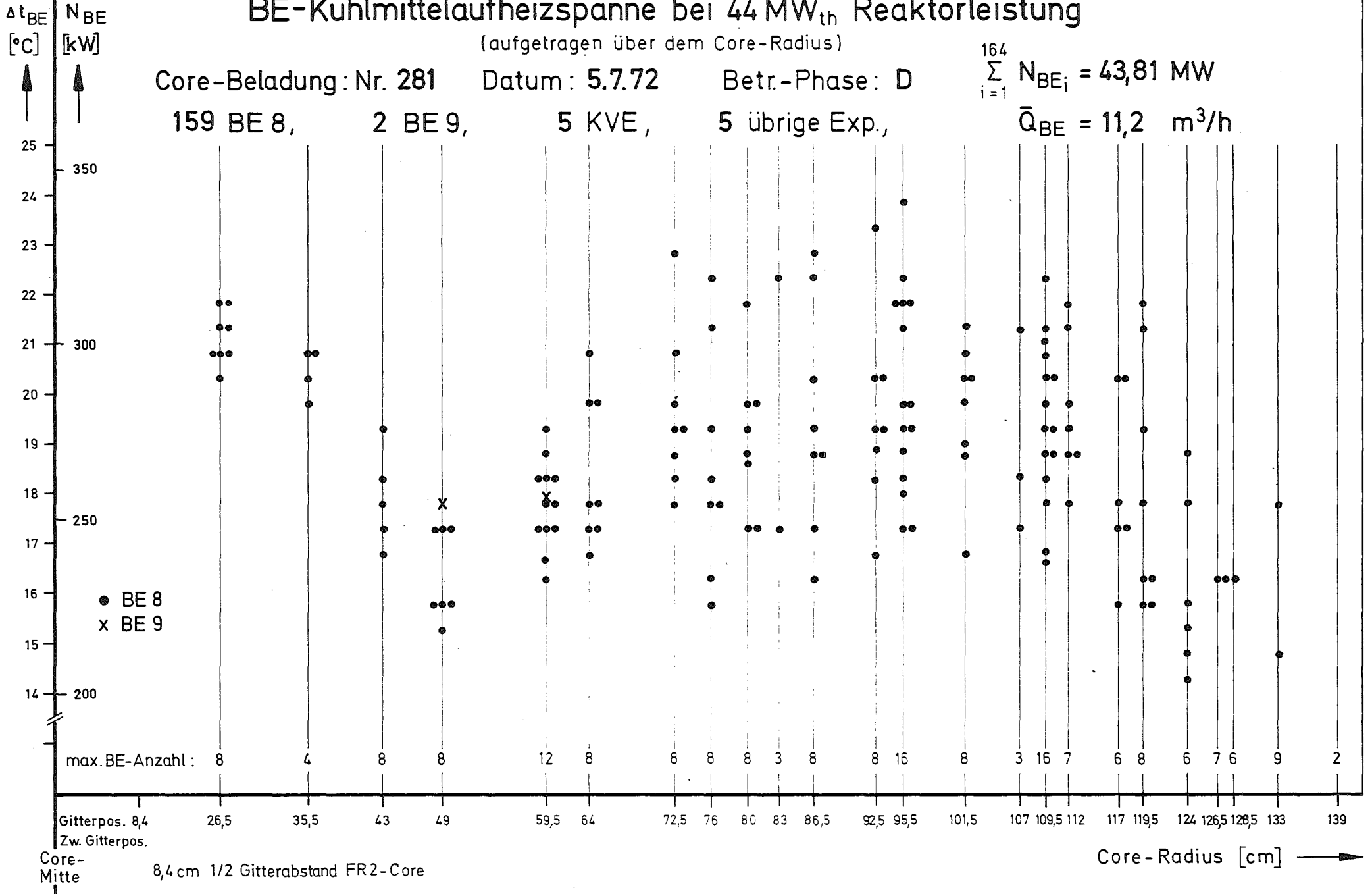
159 BE 8,

2 BE 9,

5 KVE,

5 übrige Exp.,

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



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 286

Datum: 24.8.72

Betr.-Phase: E

$\sum_{i=1}^{163} N_{BEi} = 46,02 \text{ MW}$

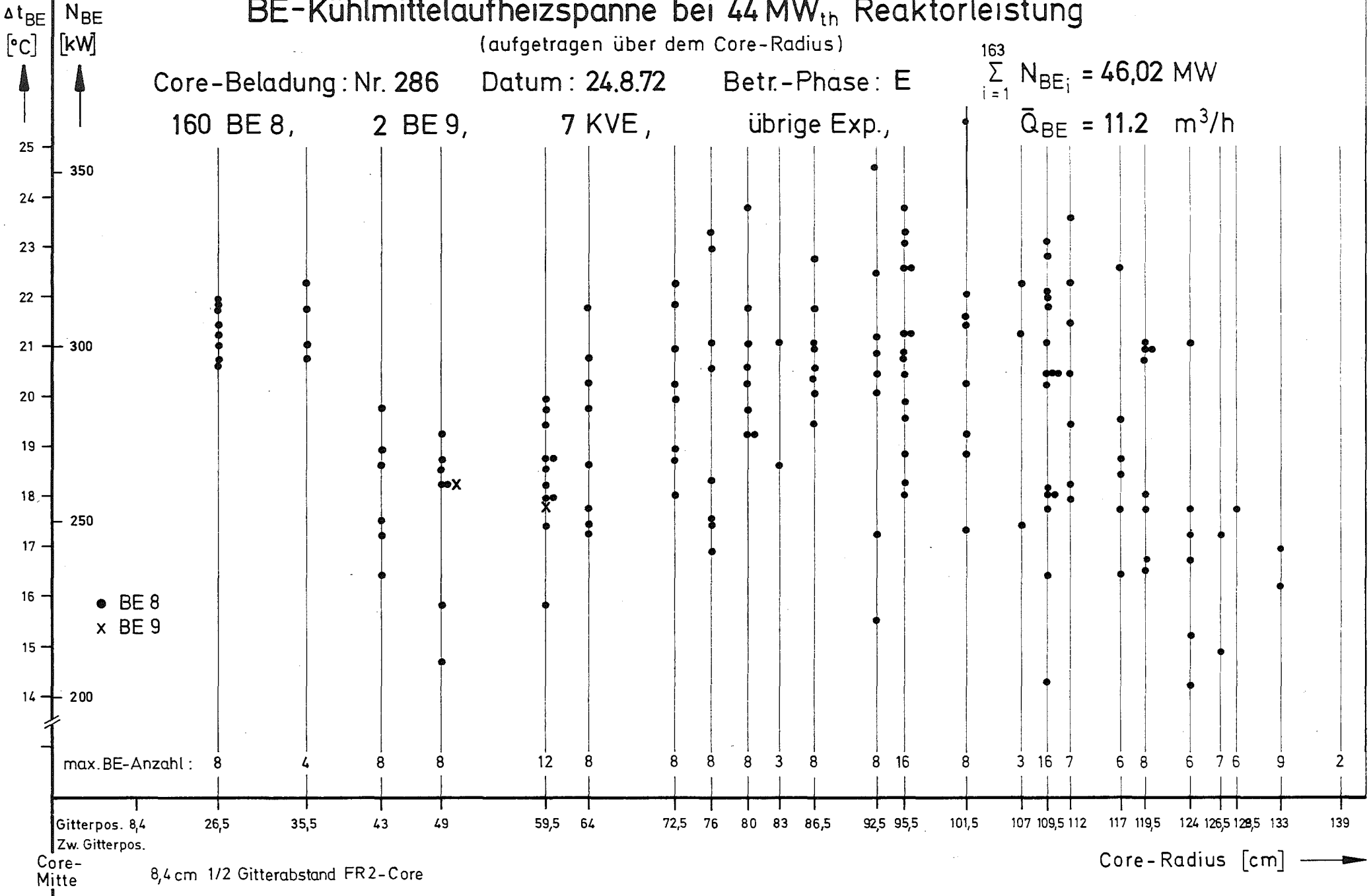
160 BE 8,

2 BE 9,

7 KVE,

übrige Exp.,

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



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 292

Datum: 9.10.72

Betr.-Phase: F

$$\sum_{i=1}^{163} N_{BE_i} = 44,67 \text{ MW}$$

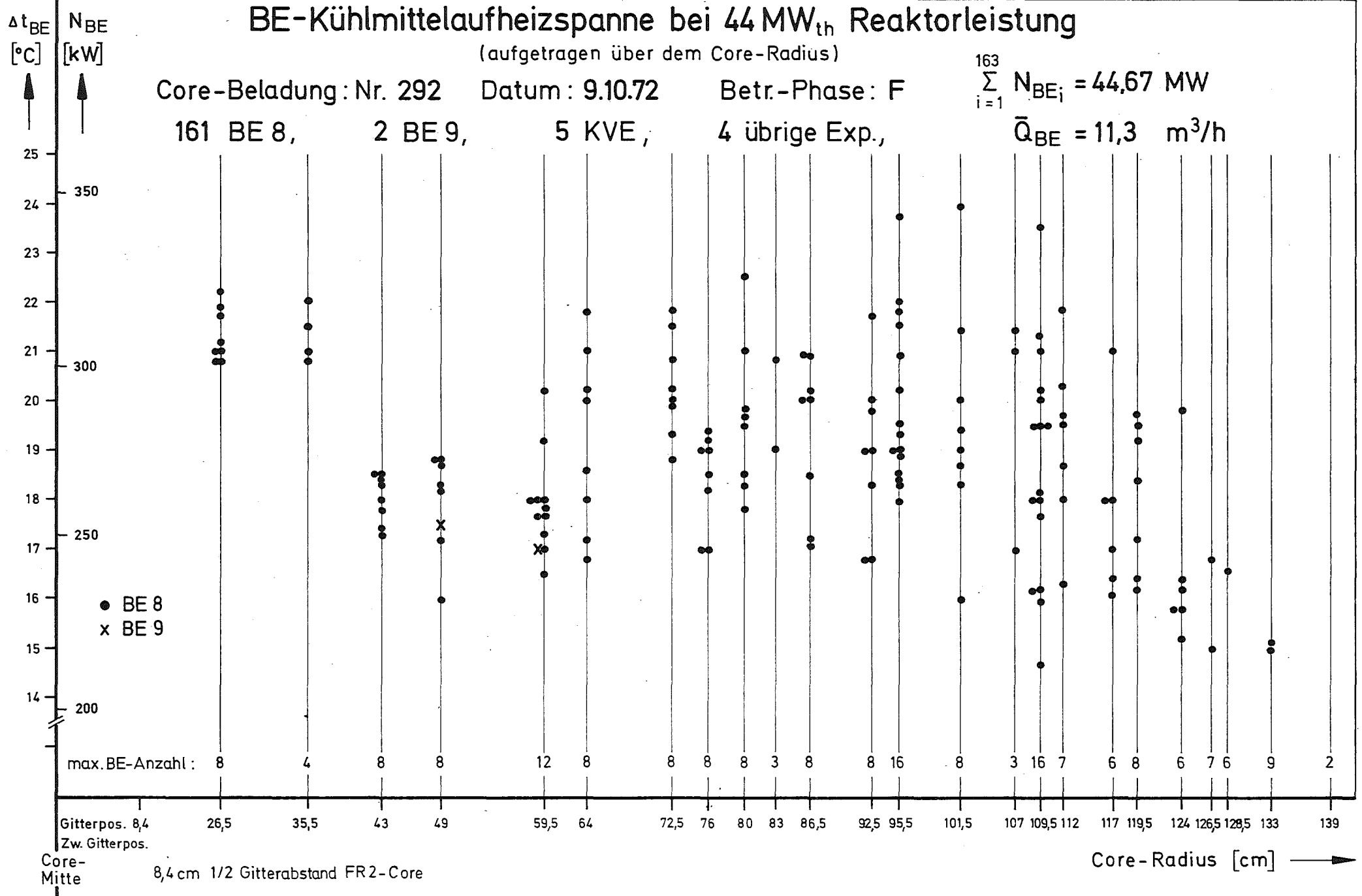
161 BE 8,

2 BE 9,

5 KVE,

4 übrige Exp.,

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



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 298

Datum: 27.11.72

Betr.-Phase: G

$$\sum_{i=1}^{164} N_{BE_i} = 44,19 \text{ MW}$$

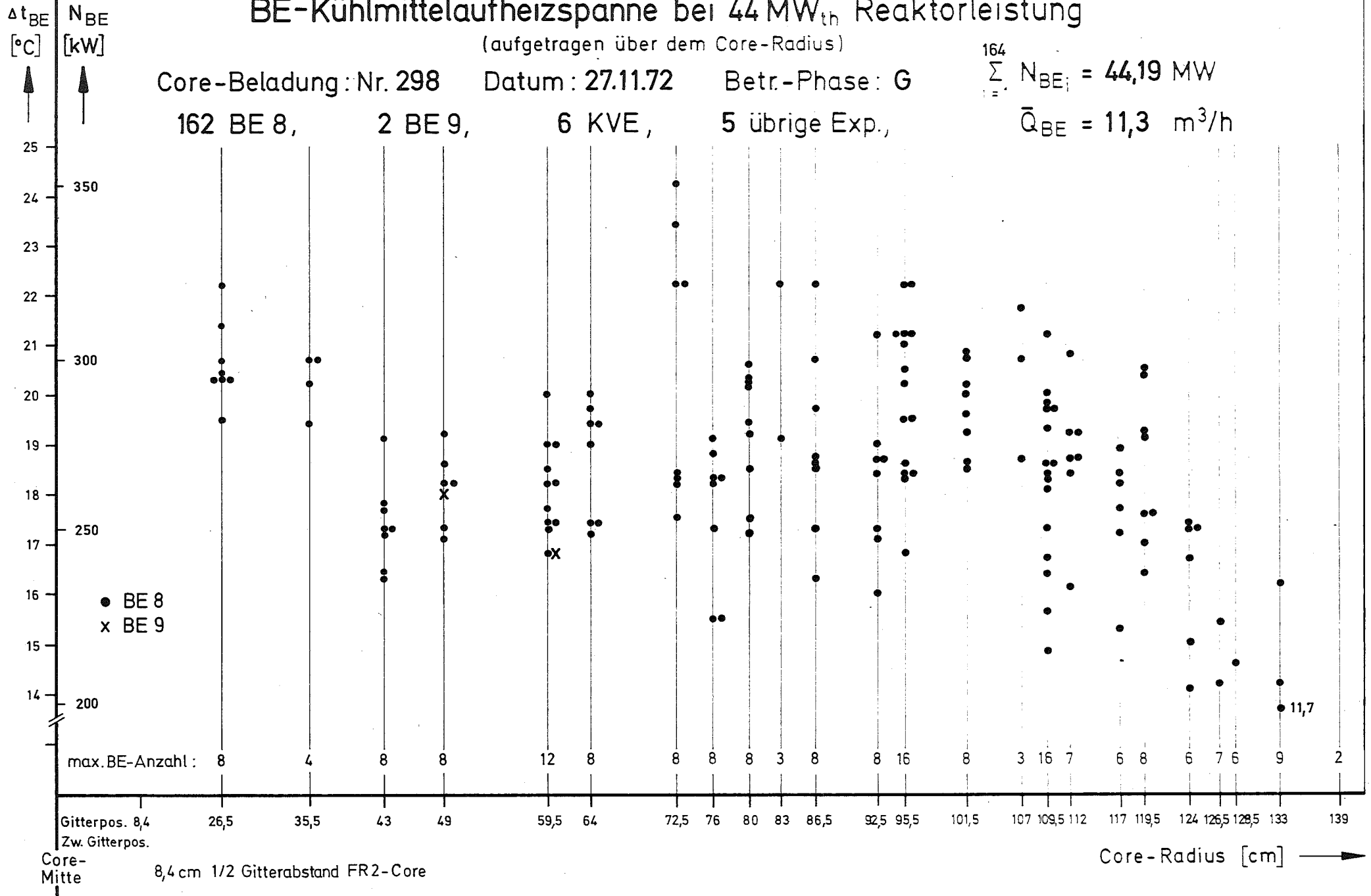
162 BE 8,

2 BE 9,

6 KVE,

5 übrige Exp.,

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



BE-Kühlmittelaufheizspanne bei 44 MW_{th} Reaktorleistung

(aufgetragen über dem Core-Radius)

Core-Beladung: Nr. 300

Datum: 11.1.73

Betr.-Phase: H

$$\sum_{i=1}^{162} N_{BEi} = 44,54 \text{ MW}$$

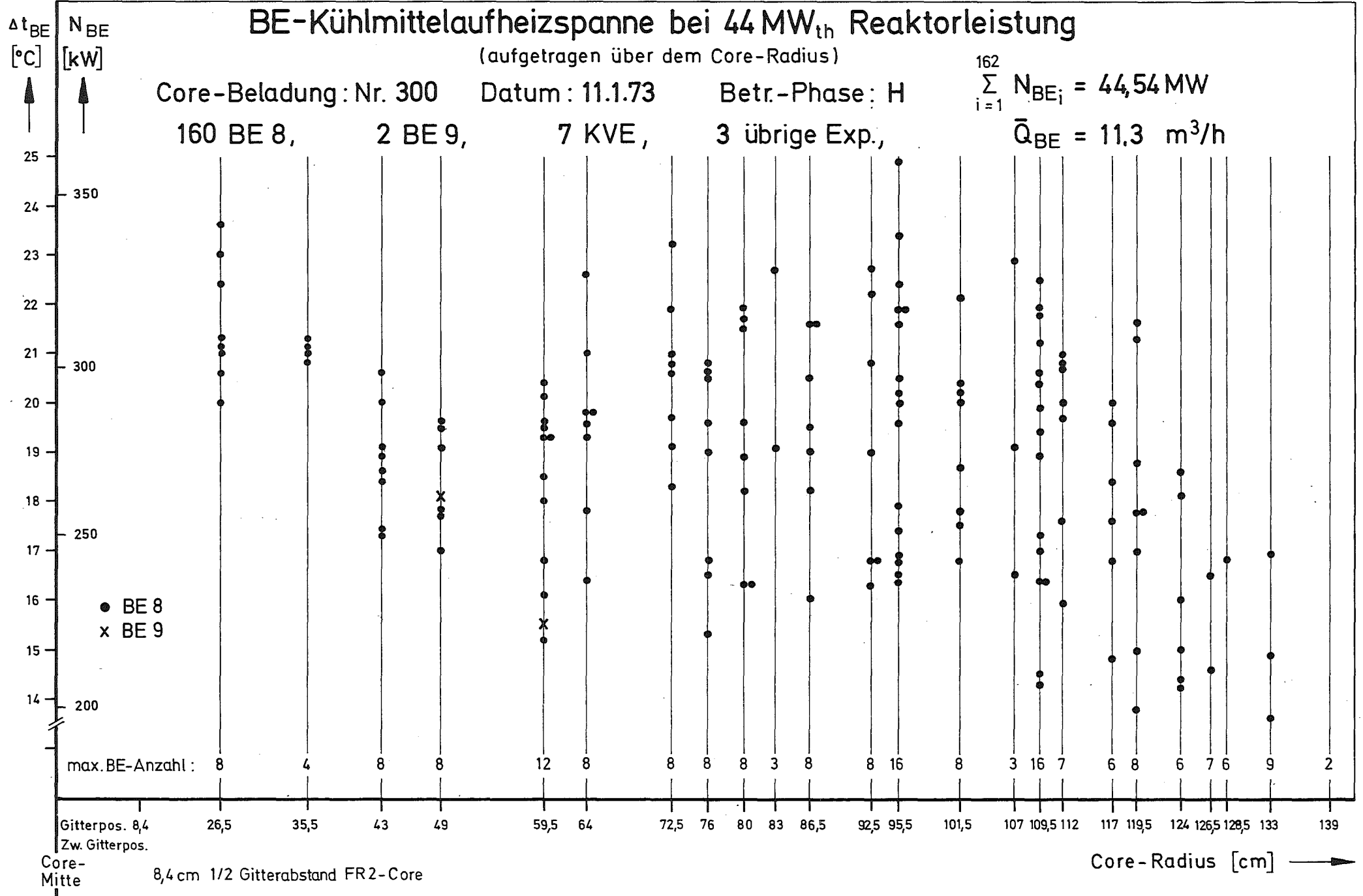
160 BE 8,

2 BE 9,

7 KVE,

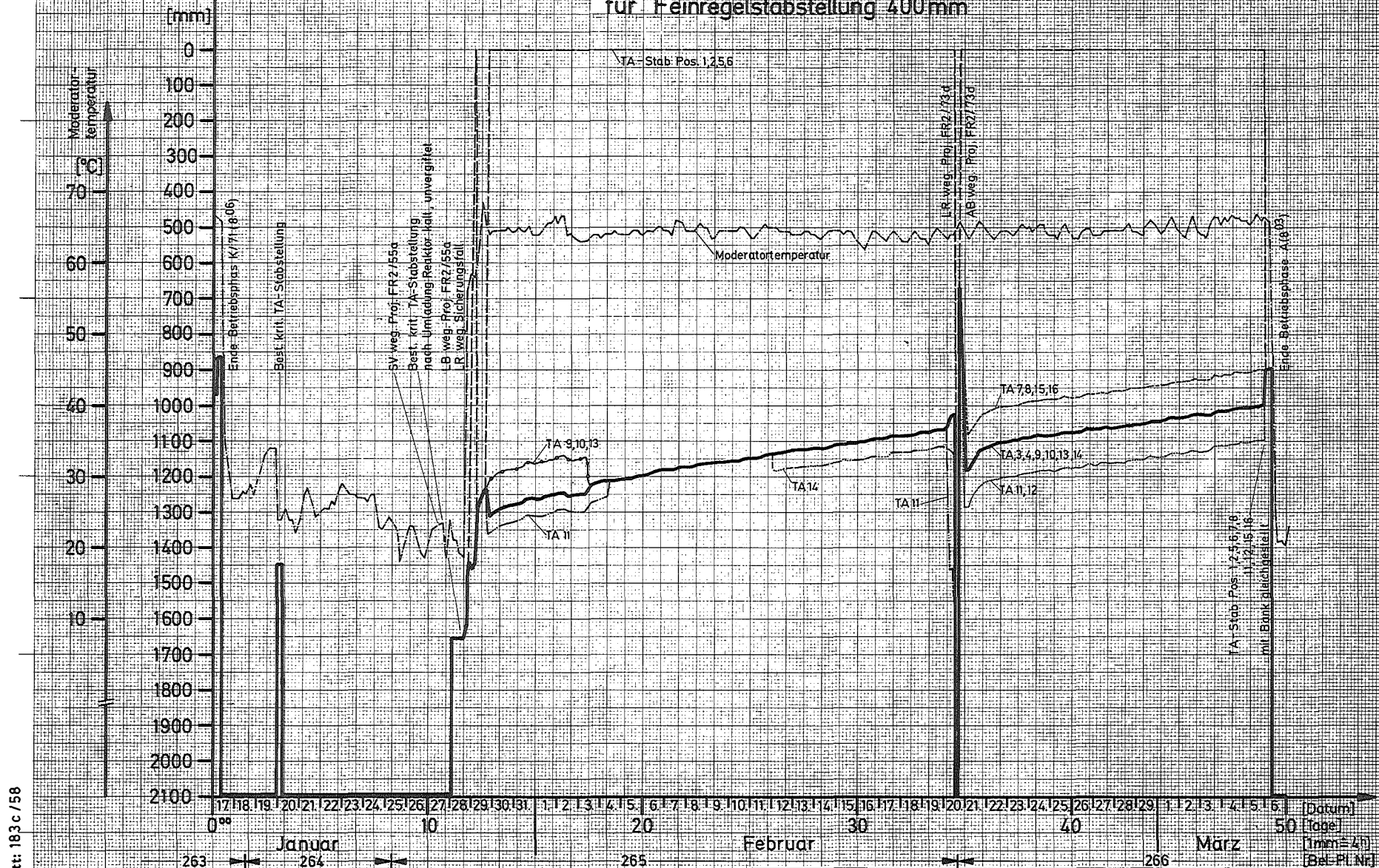
3 übrige Exp.,

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



Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase A/72 (4.-10. Wo.)

für Feinregelstabstellung 400mm



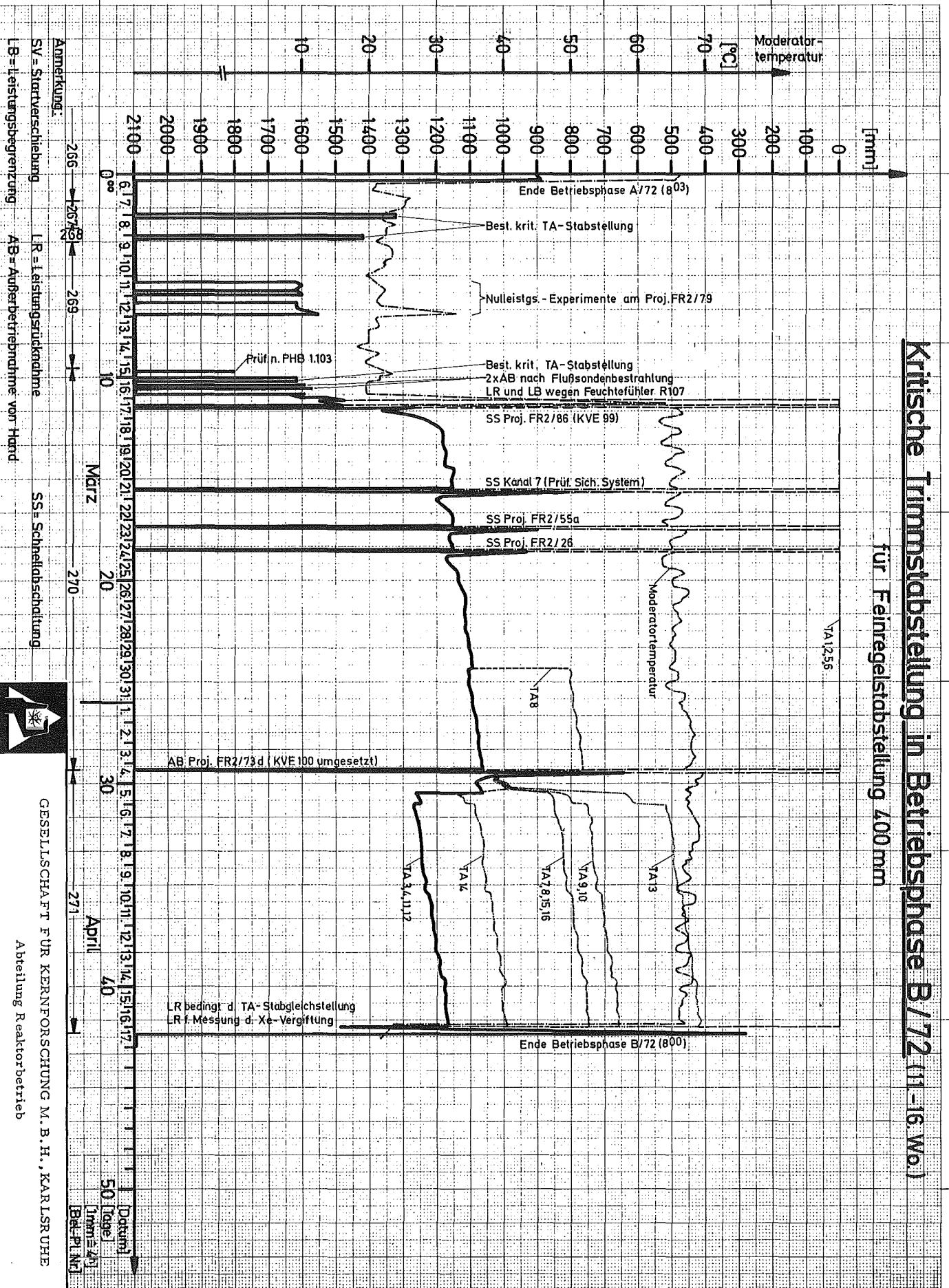
Formblatt: 183 c / 58

Anmerkung:

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

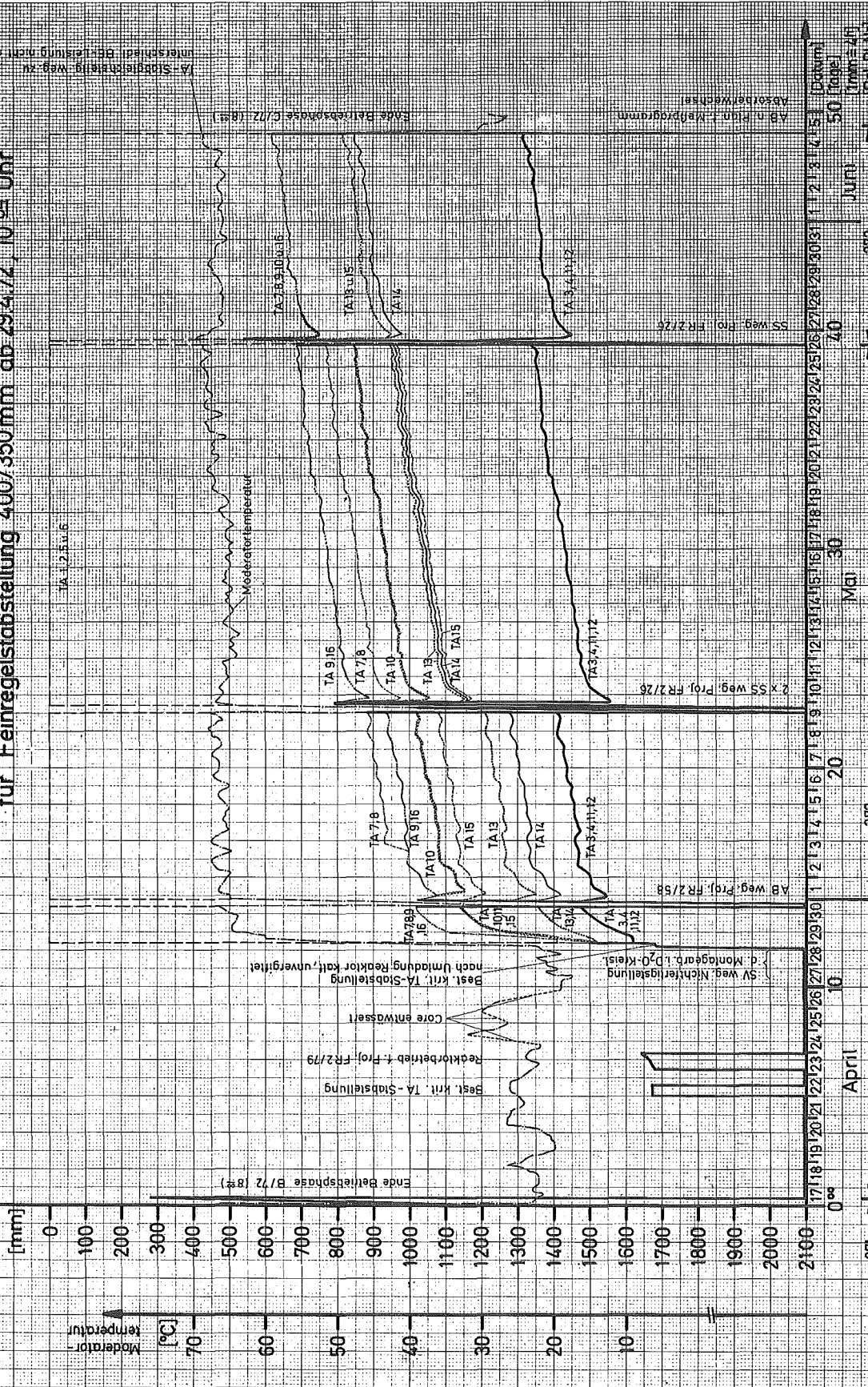


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
Abteilung Reaktorbetrieb



Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase C/72 (17-23 Wo.72)

für Feinregelstabstellung 400/350 mm ab 29.4.72 10 04 Uhr



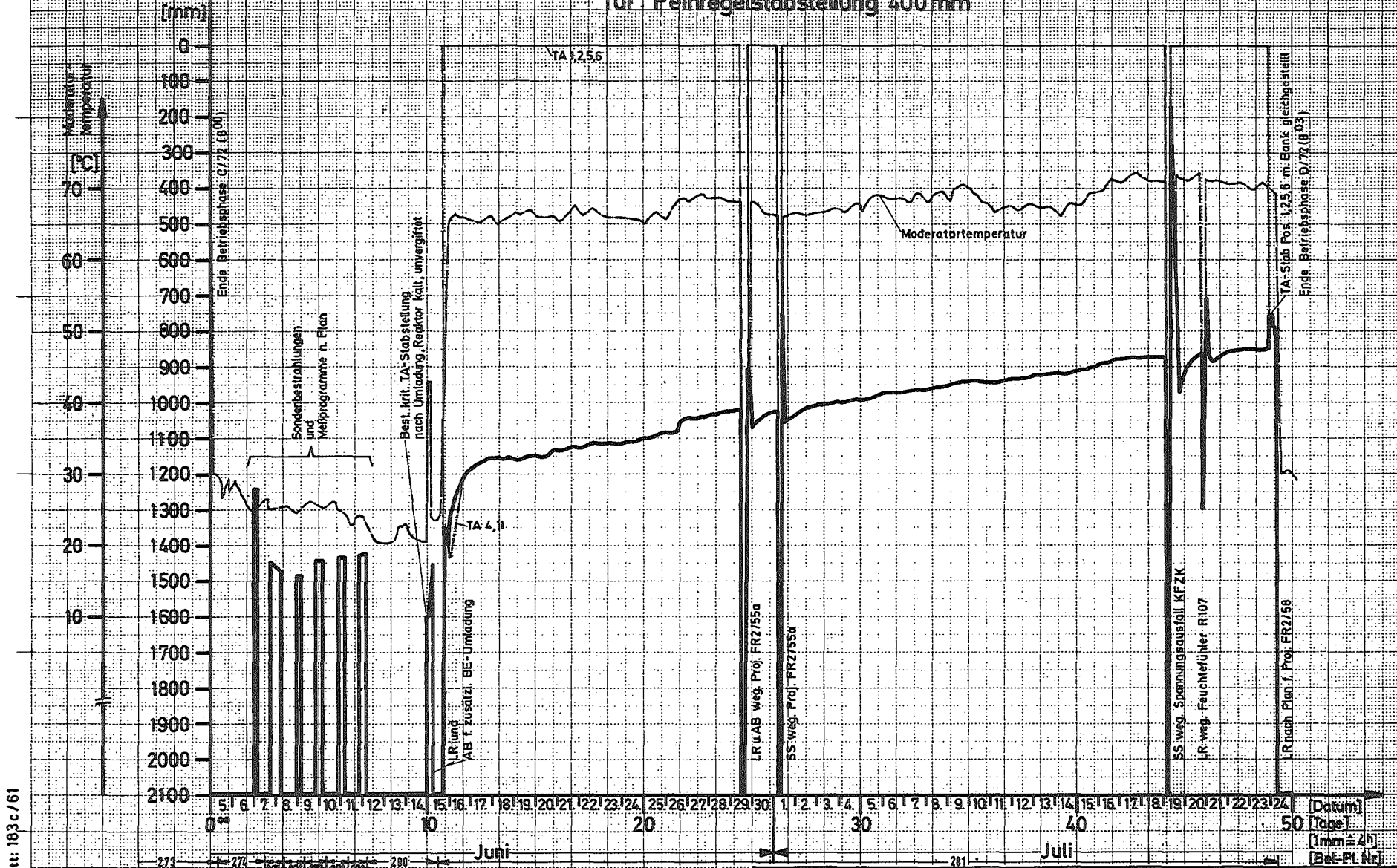
Anmerkung:
 LR = Leistungsrücknahme
 SV = Startverschlebung
 LB = Leistungsbegrenzung
 SS = Schnellabschaltung
 AB = Außerbetriebnahme von Hand



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

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase D/72 (24.-30. Wo. 72)

für Feinregelstabstellung 400mm



Formblatt: 193 c / 61

Anmerkung:
 SV = Startverschiebung LR = Leistungsrücknahme SS = Schnellabschaltung
 LB = Leistungsbegrenzung AB = Außerbetriebnahme von Hand

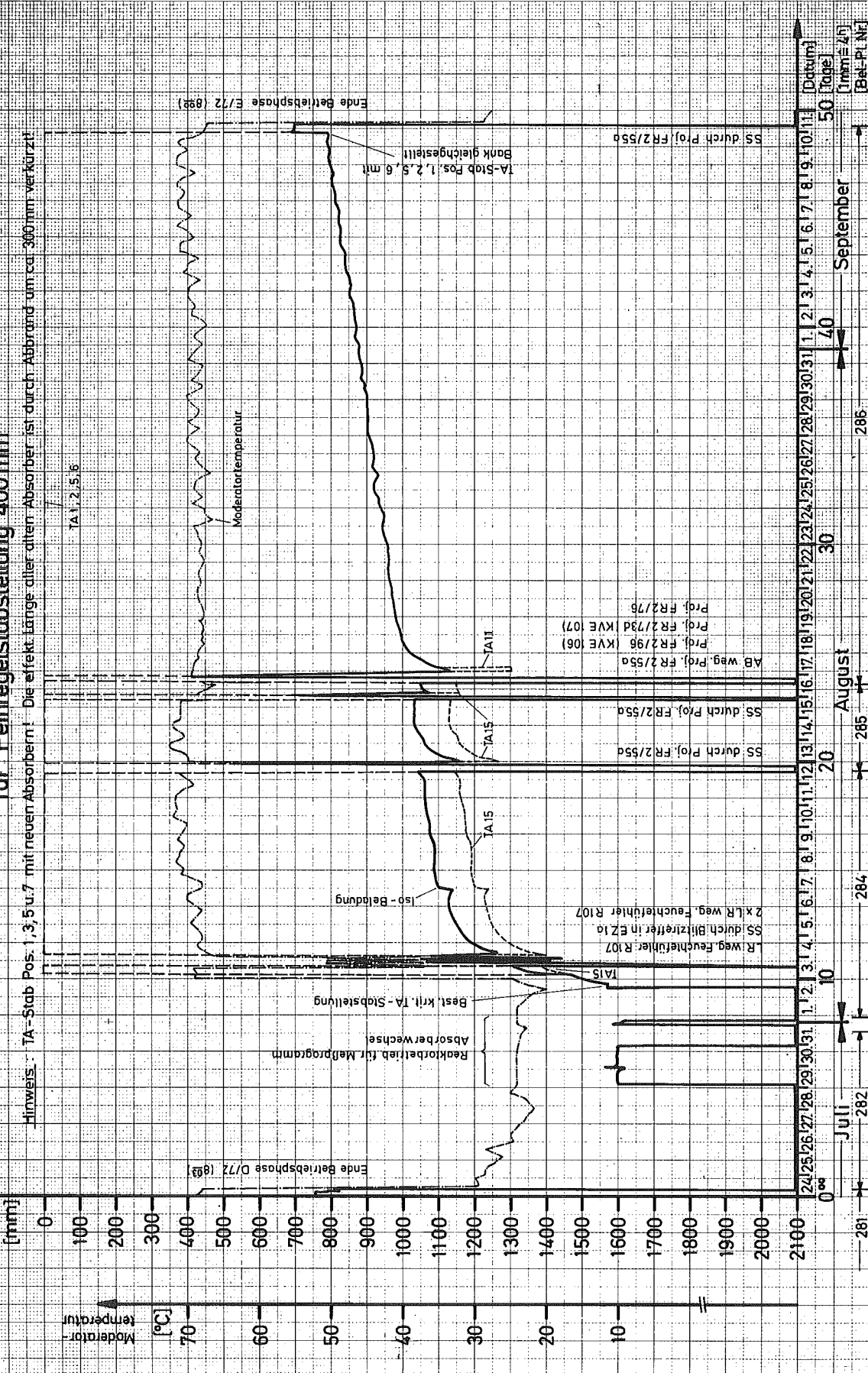


GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE
 Abteilung Reaktorbetrieb

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase E/72 (31.-37.Wo.72)

für Feinregelstabstellung 400 mm

Hinweis: TA-Stab Pos. 1, 3, 5 u. 7 mit neuen Absorbern! Die effekt. Länge aller alten Absorber ist durch Abbrand um ca. 300 mm verkürzt!



Anmerkung:
 SV = Startverschiebung
 LR = Leistungsrücknahme
 AB = Leistungsbegrenzung

SS = Schneifabschaltung

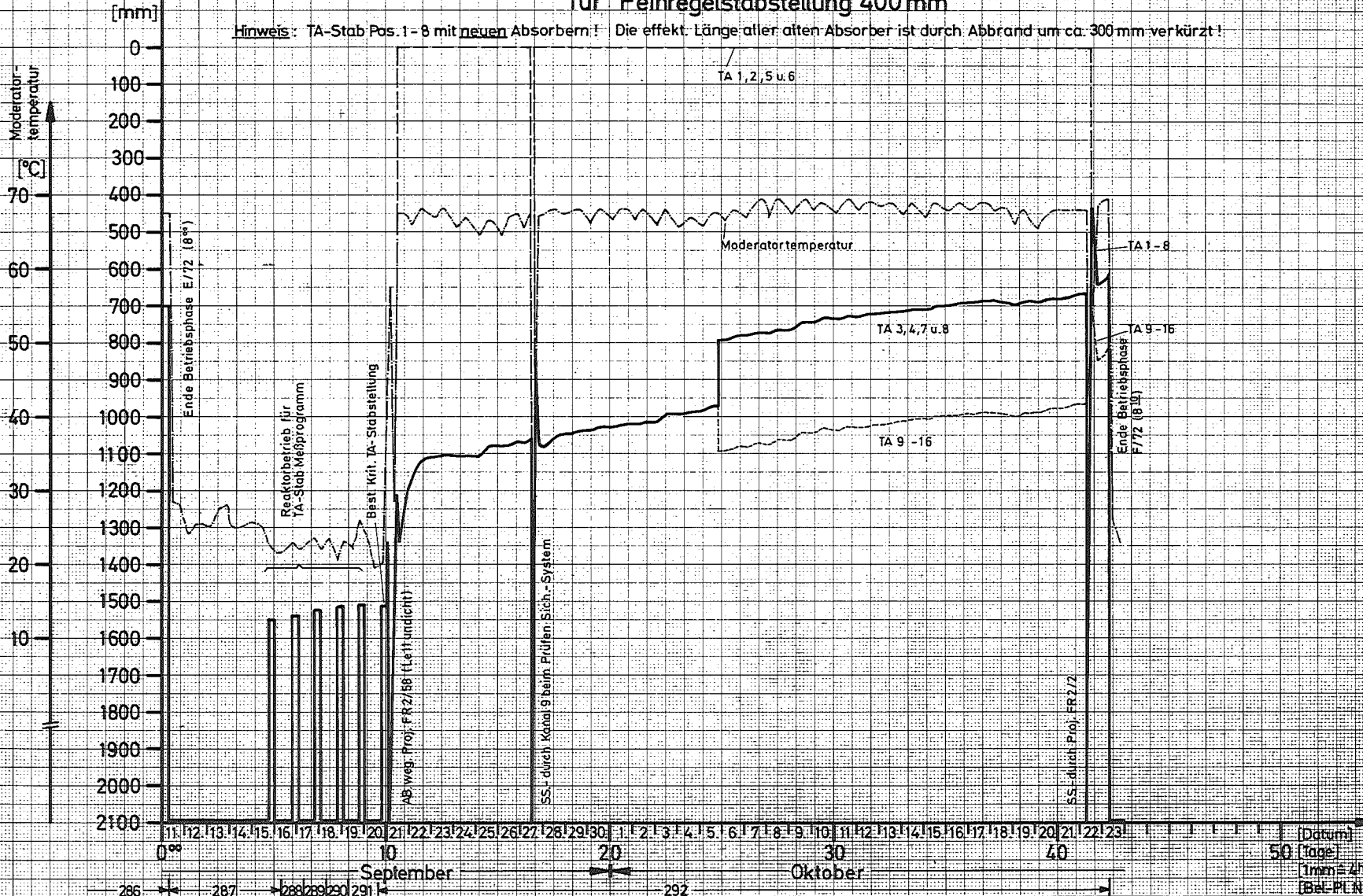
Abteilung Reaktorbetrieb

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Kritische Trimmstabstellung in Betriebsphase F/72 (38.-43.Wo.72)

für Feinregelstabstellung 400 mm

Hinweis: TA-Stab Pos. 1-8 mit neuen Absorbern! Die effekt. Länge aller alten Absorber ist durch Abbrand um ca. 300 mm verkürzt!



Formblatt: 183 c/63

Anmerkung:

SV = Startverschiebung

LR = Leistungsrücknahme

SS = Schnellabschaltung

LB = Leistungsbegrenzung

AB = Außerbetriebnahme von Hand



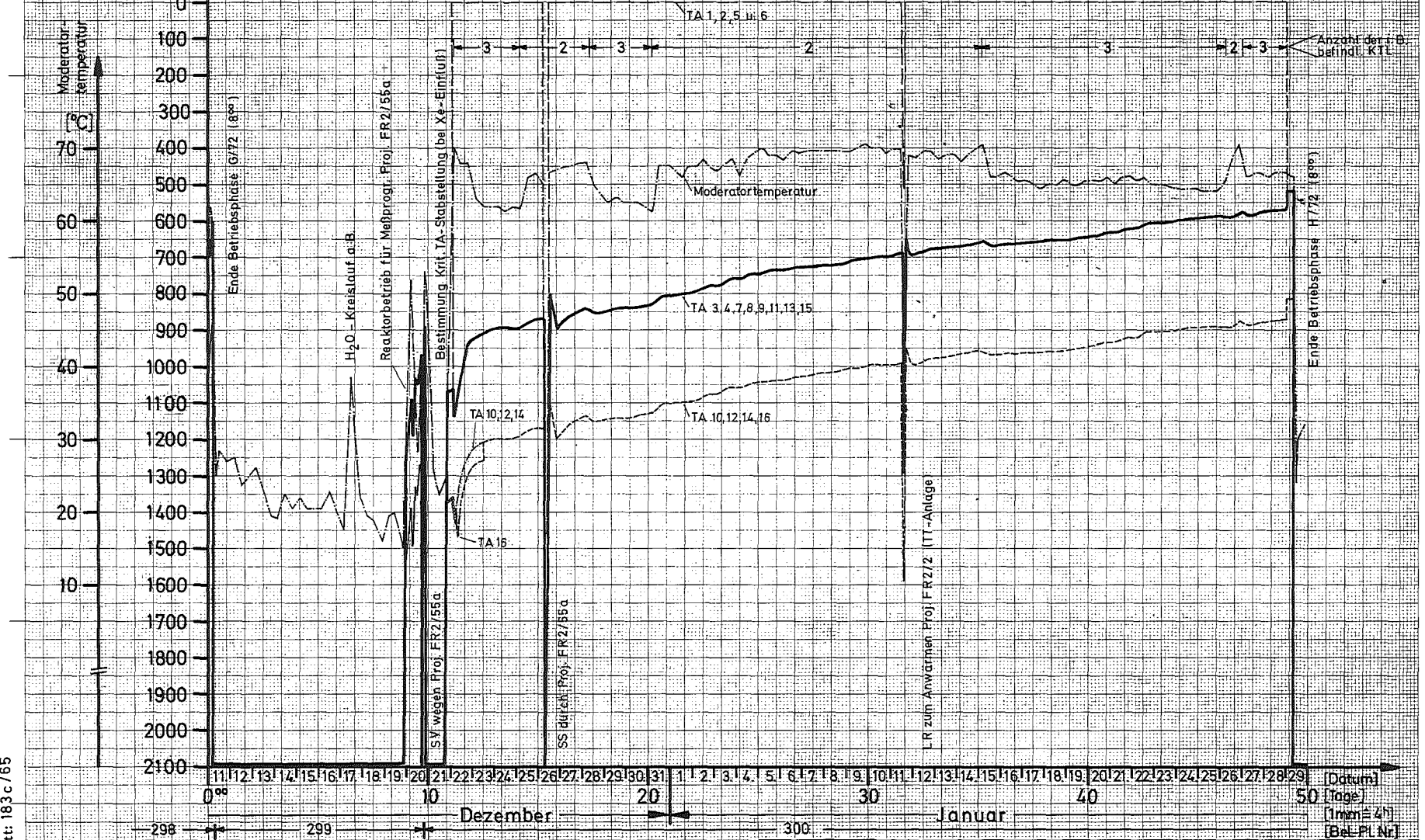
GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H., KARLSRUHE

Abteilung Reaktorbetrieb

Kritische Trimmstababstellung in Betriebsphase H/72 (51.-4. Wo.)

für Feinregelstababstellung 400 mm

Hinweis: TA-Stub Pos. 1, 9, 11, 13 u. 15 in neuen Absorbern! Die effekt. Länge aller alten Absorber ist durch Abbrand um ca. 300 mm verkürzt.



Formblatt: 183c/65

Anmerkung:

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



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