

KfK 4972
November 1991

Tritium im Tertiärkreis der Kompakten Natriumgekühlten Kernreaktoranlage Karlsruhe (KNK II)

H. D. Hanke, H. E. Noppel, H. Wild
Institut für Radiochemie

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Institut für Radiochemie

KfK 4972

Tritium im Tertiärkreis der Kompakten Natriumgekühlten

Kernreaktoranlage Karlsruhe (KNK II)

H. D. Hanke, H. E. Noppel, H. Wild

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

Zusammenfassung

Durch Messungen von Proben aus verschiedenen Probenahmestellen des Wasser-Dampf-Kreislaufs der KNK II (mit KNK II wird die Kompakte Natriumgekühlte Kernreaktoranlage mit "schnellem" Reaktorkern bezeichnet, KNK I wurde mit einem thermischen Reaktorkern betrieben) konnte gezeigt werden, daß das Tritium im gesamten Wasser-Dampf-Kreislauf, dem Tertiärkreis, gleichmäßig verteilt ist. Deshalb wurden fast alle folgenden Proben aus der Probenahmestation für das Frischdampfkondensat entnommen. Die Messungen der Tritiumaktivitäten im Tertiärkreis der KNK II wurden seit 1979 durchgeführt, im Jahre 1979 jedoch nur wenige Messungen zur ersten Orientierung. In diesem Bericht wird eine Zusammenstellung und Dokumentation aller Messungen vorgelegt, die im Rahmen des Versuchsprogramms in den letzten zwölf Jahren durchgeführt wurden. Die Daten sind in einer Tabelle aufgelistet, in der auch die Probenahmezeit und die Reaktorleistung angegeben sind. Weiterhin sind die Daten in Abbildungen zusammen mit der Reaktorleistung und dem Betrieb der beiden Kühlfällen, der Primär- und der Sekundärkühlfalle, aufgezeichnet.

Durch Destillationsexperimente und wiederholte Messungen nach einem oder mehreren Jahren wurde experimentell nachgewiesen, daß Tritium im Tertiärkreis chemisch nur als HTO vorliegt. Daraus ist abzuleiten, daß im Tertiärkreis die einzigen "Senken" für HTO die Verluste in gasförmigem Zustand über das Abgas des Turbinenkondensators und in flüssiger Form bei der Trockenkonservierung während der Abschaltphasen sind. Die Nachspeisung von Speisewasser (etwa 1 m³/h) ist ein gutes Maß für diese Verluste. Die Quelle für HTO ist das durch die Stahlrohrwände des Dampferzeugers hindurchdiffundierende Tritium. Die Stärke dieser Quelle ist abhängig von der Tritiumkonzentration in den Sekundärkreisen. Diese wiederum hängen ab von der Reaktorleistung und dem Betrieb der Primär- und Sekundärkühlfällen.

Nach einem Wechsel in der Fahrweise des Tertiärkreislaufs, nachdem kein Hydrazin (N₂H₄) mehr in das Speisewasser zugegeben wurde, konnte kein Unterschied im Tritiumverhalten festgestellt werden. Hohe Tritiumwerte von knapp 25 Bq/ml wurden zweimal gemessen: Zum ersten Mal im September 1980 als noch Hydrazin zudosiert wurde und das zweite Mal im April 1984, nachdem die Hydrazinzugabe schon seit mehreren Monaten eingestellt worden war. Die Wirkung des Kühlfallenbetriebs war nicht immer klar erkennbar, obwohl offensichtlich die Sekundärkühlfalle effektiver auf das Tritiumverhalten im Tertiärkreis der KNK II einzuwirken scheint als die Primärkühlfalle.

Aus dem Kühlwasser des Turbinenkondensators wurden in wöchentlichem Abstand immer dann Proben entnommen, wenn die Anlage in Betrieb war. HTO konnte in solchen Proben niemals nachgewiesen werden.

Tritium in the Tertiary Circuit of the Compact Sodium Cooled Nuclear Reactor Plant Karlsruhe (KNK II)

Abstract

It was shown in early tests that the tritium concentration was equal over the whole water/steam circuit of KNK II at all sampling points. Therefore, most of the samples taken for the experimental program originated from only one sampling station, the steam condensate sampling station. Measurements of tritium activities have been performed in the steam condensate of the tertiary circuit of KNK II since 1979 (only some orientation measurements in 1979). This report gives a compilation and documentation of all the values measured during twelve years for the experimental program. The data are presented in a table together with the sampling time and the reactor power of the plant. In addition, the data are plotted together with the reactor power and the operation mode of both cold traps (primary and secondary) in a set of figures.

It could be proved that all the tritium in the tertiary circuit is present in the chemical state of HTO by distillation experiments, and by repeated measurements after one or more years. Therefore, the only sink of HTO in the water steam circuit are losses from the tertiary system into the gaseous waste (turbine condenser off-gas) and into the liquid waste (steam generator drainage during shutdown times). The necessary feed-water addition to the system is a fairly good measure for these losses (about 1m³/h). The source of HTO is the tritium diffusion through the steel walls of the steam generators, depending on the tritium content in the secondary circuits (influenced by the reactor power, and by the operation of the primary and secondary cold traps).

No change in the tritium behavior was noted after the addition of hydrazine (N₂H₄) for water conditioning was canceled. High tritium values of about 25 Bq/ml have been measured twice, the first time in September 1980 when hydrazine was still added, the second time during April 1984, when the hydrazine treatment was already stopped for several months. The effect of cold trap operation was not always clearly detectable, but obviously the secondary cold trap was more effective than the primary trap.

Samples from the cooling water of the turbine condenser were taken on a weekly base when the plant was in operation. HTO could never be detected in such samples.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	- 1 -
Abstract	- 2 -
Verzeichnis der Abbildungen	- 5 -
Verzeichnis der Tabellen	- 7 -
1. Einleitung	- 9 -
2. Bildung von Tritium in SNRs (LMFBRs)	- 9 -
2.1. Bildung von Tritium durch ternäre Spaltung	- 9 -
2.2. Bildung von Tritium im Borcarbid	- 10 -
2.3. Bildung von Tritium durch B- und Li-Verunreinigungen	- 10 -
2.4. Abschätzung der Tritiumbildung in der KNK II	- 10 -
3. Transport von Tritium durch ein SNR-System	- 12 -
4. Aktivitätsmessung von Tritium mit dem Flüssig-Szintillations-Spektrometer	- 14 -
4.1. Prinzip der Messungen	- 14 -
4.2. Zum Aufbau der Meßgeräte	- 14 -
4.3. Gelöste organische Szintillatoren	- 15 -
4.4. Wirkungsgrad der Liquid-Scintillation-Messungen	- 15 -
4.5. Der PHILIPS Liquid-Scintillation-Counter PW 4700	- 15 -
4.6. Messung von HTO im Dampfkondensat der KNK II	- 17 -
5. Tritium im Tertiärkreis der KNK II	- 18 -

6. Einige Diskussionsbemerkungen zu den Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II	- 22 -
6.1. Trockenkonservierung des Tertiärkreises	- 22 -
6.2. Ausdampftrate von Wasserdampf	- 23 -
6.3. Umstellung von alkalischer auf kombinierte Fahrweise	- 23 -
6.4. Höchste Aktivitätskonzentrationen des Tritiums	- 23 -
6.5. Wirkung der Kühlfallen	- 24 -
6.6. Normalerweise auftretende Aktivitätskonzentrationen des Tritiums	- 24 -
6.7. Die Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II unter dem Aspekt der Strahlenschutzverordnung	- 25 -
7. Literatur	- 38 -
Anhang: Tabelle der Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II	- 43 -

Verzeichnis der Abbildungen

- Abbildung 1: Prinzipskizze des Tritiumtransports
in einem SNR der Loop-Bauweise
(nach Kumar [21], McGuire und Renner [1]) - 12 -
- Abbildung 2: Prinzipskizze der KNK II
(Übertragung der Prinzipskizze des Kumar-Modells
nach Abb. 1 auf die KNK II) - 19 -
- Abbildung 3: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1979 - 27 -
- Abbildung 4: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1980 - 28 -
- Abbildung 5: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1981 - 29 -
- Abbildung 6: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1982 - 30 -
- Abbildung 7: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1983 - 31 -

- Abbildung 8: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1984 - 32 -
- Abbildung 9: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1985 - 33 -
- Abbildung 10: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1986 - 34 -
- Abbildung 11: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1987 - 35 -
- Abbildung 12: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1990 - 36 -
- Abbildung 13: Aktivitätskonzentrationen des Tritiums
im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der
Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb
aufgetragen für das Jahr 1991 - 37 -

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle im Anhang:

Tabelle der Aktivitätskonzentrationen des Tritiums

im Tertiärkreis der KNK II

- 43 -

In memoriam:

Die Autoren widmen den Bericht dem Andenken von Herrn Dr. H. H. Stamm, der langjähriger Leiter der Gruppe Reaktorchemie des Instituts für Radiochemie war. Herr Stamm begann die Erfassung der hier vorgelegten Daten. Er gab die Anregung zu dieser Dokumentation und hatte großen Anteil an der Erstellung des Berichts.

Herr Stamm ist am 12. August 1990 in Snowbird, USA, während einer Dienstreise gestorben.

1. Einleitung

Tritium ist wegen seiner Diffusionseigenschaften das einzige Radionuklid, das unter normalen Betriebsbedingungen eines Schnellen Natriumgekühlten Reaktors (SNR) aus dem Primärkühlsystem in die sekundären und tertiären Kühlsysteme gelangen kann. Aus diesem Grund muß Tritium bei der Diskussion der Umweltbelastung von SNRs (LMFBRs) gesondert betrachtet werden.

Das Ziel der hier vorgelegten Arbeit ist eine zusammenfassende Dokumentation der Messungen der Tritiumkonzentration in Proben des Frischdampfkondensats der KNK II, die seit 1979 im Rahmen des IRCh-KNK-Versuchsprogramms durchgeführt worden sind.

2. Bildung von Tritium in SNRs (LMFBRs)

In einem SNR entsteht Tritium im wesentlichen in drei Quellen:

- im Kernbrennstoff durch ternäre Spaltung
- im B_4C der Regelstäbe durch Reaktion der Neutronen mit Bor (verschiedene Reaktionsmöglichkeiten)
- durch Kernreaktionen der Neutronen mit Bor- und Lithiumverunreinigungen im Primärkühlmittel Natrium und im Strukturmaterial.

Die Bor- und Lithiumverunreinigungen im Primärnatrium und im Stahl sind vergleichsweise kleine Quellen für Tritium. Die Bildung von Tritium sowohl bei der ternären Spaltung als auch bei der Reaktion von Neutronen mit Bor und Lithium ist stark von der Energie der Neutronen abhängig.

McGuire und Renner haben 1978 eine ausführliche Zusammenfassung der bisher veröffentlichten Kenntnisse über die Bildung von Tritium in SNRs, Bestimmungsmethoden dieses Nuklids und seine Transportwege in den Reaktorsystemen gegeben [1].

2.1. Bildung von Tritium durch ternäre Spaltung

Bei einer Kernspaltung besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, daß sich ein Kern in drei Fragmente zerlegt. Dabei kann neben den beiden schweren Spaltprodukten das leichte Fragment ein Tritiumkern sein. Die Spaltausbeute für Tritium bei thermischer Spaltung von ^{235}U wird mit $0,9 \times 10^{-2} \%$ angegeben [2,3,4]. Bei der Spaltung von ^{235}U mit epithermischen Neutronen (Energiebereich: 150 keV bis 800 keV) wurde die Spaltausbeute zu $2,0 (\pm 0,2) \times 10^{-2} \%$ gefunden [3]. Neuere Untersuchungen [5] deuten darauf hin, daß dieser Wert noch zu hoch sein dürfte.

Für ^{239}Pu wurden bei thermischer Spaltung Ausbeuten von Tritium zwischen $1,35 \times 10^{-2} \%$ und $1,67 \times 10^{-2} \%$ gemessen [6], bei epithermischer Spaltung wurden Tritiumausbeuten bisher nicht veröffentlicht. Zur Abschätzung der Triti-

umbildung in SNRs wurde von einigen Autoren für ^{239}Pu das gleiche Verhältnis der epithermischen zur thermischen Spaltausbeute angenommen wie für ^{235}U [2,7].

2.2. Bildung von Tritium im Borcarbid

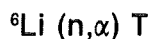
Die zweite Quelle für die Tritiumbildung in SNRs sind die Regelstäbe. B_4C ist das in den Regelstäben dieser Reaktoren im allgemeinen verwendete Material. Tritium kann darin durch folgende Reaktionen erzeugt werden:

- (a) $^{10}\text{B} (n,2\alpha) \text{T}$
- (b) $^{10}\text{B} (n,\alpha) ^7\text{Li}$ mit der Folgereaktion $^7\text{Li} (n,n\alpha) \text{T}$
- (c) $^{11}\text{B} (n,\text{T}) ^9\text{Be}$

Die Reaktion (a) spielt bei der Bildung von Tritium in den Regeltrimmstäben die Hauptrolle. Die Folgereaktion $^7\text{Li} (n,n\alpha) \text{T}$ der Reaktion (b) kann aufgrund des kleinen Wirkungsquerschnittes gegenüber der im folgenden Abschnitt behandelten Reaktion $^6\text{Li} (n,\alpha) \text{T}$ vernachlässigt werden. Die Abhängigkeit der Tritiumausbeuten von der Energie der auslösenden Neutronen wurde untersucht [8,9]. Die Reaktion (c) läuft erst mit Neutronen oberhalb 9,6 MeV ab und kann daher im allgemeinen ebenfalls vernachlässigt werden.

2.3. Bildung von Tritium durch B- und Li-Verunreinigungen

Bor und Lithium können als Spurenverunreinigungen im Primärkühlmittel Natrium wie auch in den Strukturmaterialien vorkommen. Während alle Kernreaktionen, die vom Bor zum Tritium führen, erst bei Neutronenenergien oberhalb 1,2 MeV ablaufen (im Primärnatrium also kaum noch auftreten werden), hat die Reaktion



für thermische Neutronen einen Reaktionsquerschnitt von $940 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$ [10,11]. Ein möglicher Beitrag zur Tritiumbildung aus Verunreinigungen im Natrium wird vor allem durch diese Reaktion erfolgen. Für die Fast Flux Test Facility (FFTF) in Richland/WA ist der Lithiumgehalt im Primärkühlmittel z.B. auf "kleiner als 5 ppm" spezifiziert. Die jährliche Tritiumproduktion aus einer solchen Verunreinigung wurde für einen 1000 MWe Reaktor zu $3,1 \times 10^{12} \text{ Bq}$ (85 Ci) errechnet [2].

2.4. Abschätzung der Tritiumbildung in der KNK II

Eine theoretische Vorausberechnung der in einem Reaktor entstehenden Tritiummenge ist schwierig, da - wie gesagt - die Wirkungsquerschnittsdaten für die ternäre Spaltung noch nicht genau genug bekannt sind. Darüberhinaus sind die Produktionsraten auch stark abhängig von der geometrischen Verteilung des Energiespektrums der Neutronen. Es gibt jedoch Abschätzungen mehrerer Autoren [12,13,14] für einen "typischen" 1000 MWe Reaktor. Nimmt man wie in [12] die Spaltausbeute im Schnellen Natriumgekühlten Reaktor wie im Leicht-

wasserreaktor zu $0,95 \times 10^{-2} \%$ an, so ergeben sich 5×10^{14} Bq/a ($1,3 \times 10^4$ Ci/a). Phillips und Easterly [13] haben 10 verschiedene Literaturzitate für die Spaltausbeute von Tritium durch thermische Neutronen zusammengestellt. Die Daten schwanken zwischen $0,8 \times 10^{-2} \%$ bis $2,2 \times 10^{-2} \%$. Sie geben sodann Produktionsraten von 4×10^{14} Bq/a ($1,1 \times 10^4$ Ci/a) bis 9×10^{14} Bq/a ($2,5 \times 10^4$ Ci/a) an. Weiterhin vermuten sie, daß die Spaltausbeute für schnelle Neutronen etwa doppelt so hoch sei wie für thermische Neutronen. Andere Autoren [14] schätzen die Tritiumproduktion für einen Schnellen Natriumgekühlten 1000 MWe Reaktor auf $7,5 \times 10^{14}$ Bq/a (2×10^4 Ci/a). Cuninghame empfiehlt eine Spaltausbeute von $0,92 \times 10^{-2} \%$ als Bestwert [4] zwischen $0,5 \times 10^{-2} \%$ und $1,08 \times 10^{-2} \%$ [15].

Für die KNK II Anlage gibt H. Runge [16] als Tritiumproduktionsrate aus ternärer Spaltung $2,3 \times 10^{13}$ Bq/a (6×10^2 Ci/a) an.

Verwendet man neuere Werte [10,11,17] für den Wirkungsquerschnitt der Reaktion ${}^6\text{Li} (n,\alpha) \text{T}$, so führen die Lithiumverunreinigungen zu Tritiumproduktionsraten in der gleichen Größenordnung wie die ternäre Spaltung [18]. Setzt man für den zentralen Teil des Cores der KNK II Anlage (Testzone) 29,2 Liter Natrium [19] an, entsprechend 50,8 % des Testzonenvolumens von 58,4 Liter, so ergibt sich bei einer Dichte von $0,831 \text{ g/cm}^3$ [20] bei $500 \text{ }^\circ\text{C}$ die Masse des Natriums zu 24 kg, die den Fluß von $1,3 \times 10^{15} \text{ n/cm}^2\text{sec}$ dauernd sehen. Nimmt man weiter eine Verunreinigung von 5 ppm Lithium an, so ergibt sich eine Produktionsrate für Tritium von $5,5 \times 10^{13}$ Bq/a (1500 Ci/a).

Überträgt man alle diese Abschätzungen mit allem Vorbehalt auf die KNK II Anlage (Zweizonencore), so würden dort an Tritium in einem Betriebsjahr zu erwarten sein:

- | | |
|--|--|
| - durch ternäre Spaltung im Brennstoff | $1,5 \times 10^{13}$ bis $3,0 \times 10^{13}$ Bq
(400 bis 800 Ci) |
| - in den Regelstäben | $4,4 \times 10^{13}$ Bq (1200 Ci) |
| - aus Lithiumverunreinigungen | $5,5 \times 10^{13}$ Bq (1500 Ci) |
| - aus Borverunreinigungen | $<5,6 \times 10^{11}$ Bq (< 15 Ci) |

Erfahrungen an Reaktoren und spezielle Experimente [21] haben ergeben, daß B_4C im Gegensatz zu UO_2 oder UO_2/PuO_2 ein sehr gutes Rückhaltevermögen für Tritium besitzt, so daß das Tritium aus einer der Hauptquellen nur zum Teil (maximal 20 %) in das Primärkühlmittel freigesetzt wird. Hingegen gehen alle Abschätzungen davon aus, daß das im Brennstoff gebildete Tritium auch bei intakten Brennelementhüllrohren vollständig in das Primärnatrium gelangt, weil Stahl bei den Betriebstemperaturen (im Gegensatz zu den Zircaloyhüllrohren der Brennstäbe der Leichtwasserreaktoren) keine Barriere für Wasserstoff oder Tritium bildet. Die maximal zulässige Temperatur beträgt $685 \text{ }^\circ\text{C}$, die höchsten tatsächlich auftretenden Temperaturen liegen bei ca. $650 \text{ }^\circ\text{C}$.

3. Transport von Tritium durch ein SNR-System

Wegen seiner hohen Beweglichkeit bleibt das elementare Tritium nicht auf das Primärnatrium beschränkt, sondern kann in alle Bereiche gelangen, die mit ihm in Kontakt stehen (Primärschutzgas Argon) oder die nur durch wasserstoffpermeable Wandungen (Stahl bei Temperaturen zwischen 500 °C und 650 °C) von ihm getrennt sind (Sekundärnatrium, Schutzgas im Doppeltank-Zwischenraum). Die Temperatur der Doppeltankinnenwand liegt bei ca. 400 °C.

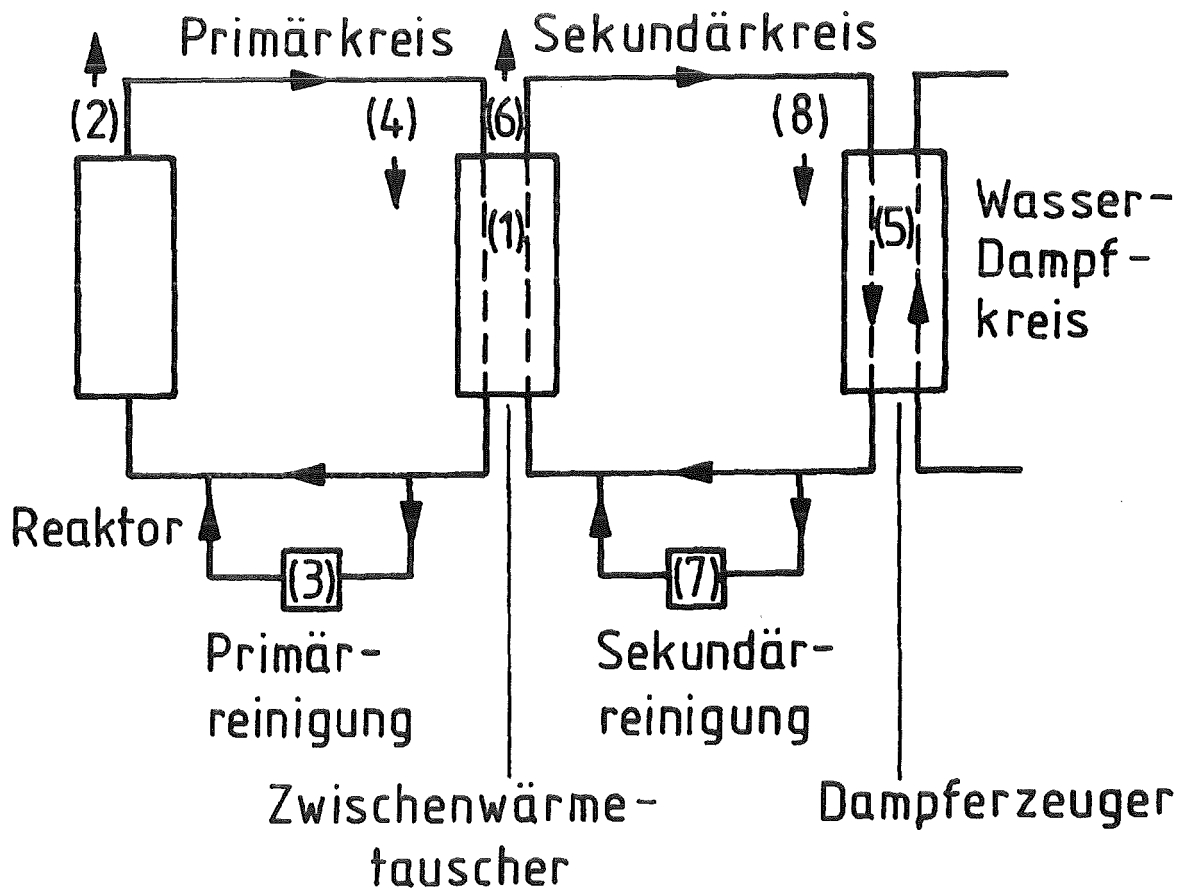


Abbildung 1 Prinzipskizze des Tritiumtransports in einem SNR der Loop-Bauweise nach Kumar [22], McGuire und Renner [1]

Auch aus dem Sekundärnatrium kann Tritium weiter in das Sekundärschutzgas gelangen und als einziges Radionuklid durch die Stahlwandungen von Verdampfern und Überhitzern in den tertiären Wasser-Dampf-Kreislauf (Frischdampf-Zustand bei KNK II: 505 °C, 80 bar). Hier wandelt sich das bisher elementar bzw. zeitweise als NaT transportierte Tritium durch Isotopenaustausch mit dem in großem Überschuß vorhandenen Wasserstoff (Protium) im H₂O in HTO um.

Das Kühlwasser hingegen ist frei von Tritium, da selbst Reste von elementarem Tritium nicht mehr durch die Kühlrohrwandungen, die aus einer besonderen Messinglegierung bestehen, in das Kühlwasser diffundieren. Bei den relativ niedrigen (180 °C) Temperaturen im Turbinenkondensator sind Diffusionsgeschwindigkeiten durch dieses Sondermessing nicht mehr meßbar.

Im primären wie im sekundären Kühlmittel Natrium sind Kühlfallen für die Reinigung von Na₂O und NaH eingebaut. Durch Mitfällung und Isotopenaustausch kann dabei auch Tritium abgeschieden werden. Eine ausführliche Diskussion dieser Abscheidemöglichkeiten sowie der Begrenzung des Tritiumtransports durch oxidische Schutzschichten auf der Wasser-Dampf-Seite von Dampferzeugern und Überhitzern wurde von McGuire und Renner [1] gegeben. In der Abbildung 1 wird das schematische Diagramm gezeigt, das in diesem Review-Artikel [1] den Transport des Tritiums durch ein SNR-System veranschaulicht, und das auch die Grundlage der Differentialgleichungen des "KUMAR-Modells" [22] und dessen Weiterentwicklungen [5,23,24,25] zur Berechnung dieses Transports ist.

Jede der Ziffern in der Abbildung 1 steht für einen einzeln zu beschreibenden Vorgang:

- (1) Diffusion von Tritium durch die trennenden Stahlrohre in das Sekundärnatrium
- (2) Freisetzung in das Primärschutzgas
- (3) Abscheidung in der Primärnatrium-Kühlfalle
- (4) Diffusion durch die Wandungen von Rohrleitungen und Komponenten der Primärnatriumkreisläufe in die inertisierte Primärzelle
- (5) Diffusion aus dem Sekundärnatrium in den tertiären Wasser-Dampf-Kreislauf
- (6) Freisetzung in das Sekundärschutzgas
- (7) Abscheidung in der Sekundärnatrium-Kühlfalle
- (8) Diffusion durch die Wandungen von Rohrleitungen und Komponenten der Sekundärnatriumkreisläufe

Die Abscheidungen in den Kühlfallen sind die wesentlichen Tritiumsensenken dieses Transportmodells.

4. Aktivitätsmessung von Tritium mit dem Flüssig-Szintillations-Spektrometer

4.1. Prinzip der Messungen

Flüssige Szintillatoren organischer Herkunft eignen sich sehr gut für die Messung energiearmer β -Strahlen, wie sie beim radioaktiven Zerfall beispielsweise von ^3H , ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S ausgesandt werden.

Dazu wird die Probe in einem geeigneten Lösungsmittel gelöst, ein aliquoter Teil dieser Lösung zur Szintillatorlösung gegeben und im Szintillationszähler unter Lichtabschluß gemessen. Der organische Szintillator wird durch die Strahlung angeregt und liefert Lichtquanten, die auf eine Photokathode treffen. Die Empfindlichkeit der Photokathode muß auf die Wellenlänge des Szintillators abgestimmt sein. Je besser das gelingt, umso höher ist der Wirkungsgrad bei der Messung. Durch Zusätze kann man die Wellenlänge der ausgesandten Lichtquanten verschieben (shiften) und an die Photokathode anpassen.

Die Photokathode befindet sich am Ende eines Sekundärelektronenvervielfachers (Photomultiplier). Die in der Photokathode erzeugten Elektronen werden hier um den Faktor 10^5 bis 10^8 verstärkt, so daß ein meßbarer Impuls entsteht. Der Szintillationszähler hat ein sehr hohes zeitliches Auflösungsvermögen. Man kann noch Vorgänge registrieren, die nur Nanosekunden auseinanderliegen.

4.2. Zum Aufbau der Meßgeräte

Die Geräte besitzen einen eingebauten externen Standard zur gleichzeitigen Bestimmung des Wirkungsgrades des Gerätes und des Quenches der Probe. Dieser radioaktive Standard ist in einer sog. Pille untergebracht, die normalerweise in einer Bleiabschirmung ruht. Zu Beginn jeder Einzelmessung wird diese Pille pneumatisch an die Probe gebracht. Das Gerät mißt intern einmal mit und einmal ohne diesen Standard und errechnet daraus den sog. ESR-Wert (External Standard Ratio), der über die angeschlossene Ausgabeeinheit ausgedruckt wird. Erst dann beginnt die eigentliche Messung der Probe.

Flüssig-Szintillations-Spektrometer werden bevorzugt mit zwei Photoverstärkern betrieben, die in Koinzidenz geschaltet sind, so daß nur Impulse registriert werden, die aus der Probe selbst stammen.

Thermoionische Impulse werden durch Kühlung weitgehend unterdrückt und - falls sie in den einzelnen Photomultipliern zu verschiedenen Zeiten auftreten - nicht gemessen. Dadurch wird der Nulleffekt erheblich reduziert.

Mittels Diskriminatoren wird ein Abtrennen von Impulsen verschiedener Höhe erreicht, die durch Teilchen verschiedener Energie ausgelöst werden. Auf diese Weise lassen sich z. B. Aktivitätsmessungen von Doppelmarkierungen (z. B. ^3H und ^{14}C in derselben Meßprobe) durchführen.

4.3. Gelöste organische Szintillatoren

Das emittierte Lichtspektrum sollte durch optische Anpassung von Szintillator und Photokathode möglichst optimal in elektrische Impulse umgesetzt werden. Um diese Bedingung zu erfüllen, bedient man sich meistens der Kombination zweier Szintillatoren: der primäre Szintillator überträgt die von den β -Teilchen direkt oder über die Lösungsmittelmoleküle erhaltene Anregungsenergie an einen sekundären Szintillator, den Emissionswandler, dessen Lichtemissionsspektrum dem Empfindlichkeitsmaximum des Photomultipliers besser angepaßt ist.

Die zwei gebräuchlichsten unter der Vielzahl der organischen Szintillatoren sind

als Primärer Fluoreszenzemitter:

das PPO = 2,5-Diphenyloxazol

als Sekundärer Fluoreszenzemitter:

das POPOP = [2,2'-p-Phenylen-bis(5-phenyl-oxazol)]

Zur Unterdrückung des Quenches und zur Übertragung der Energie wird den Proben meistens noch Naphthalin beigegeben.

4.4. Wirkungsgrad der Liquid-Scintillation-Messungen

Die Meßausbeute hängt sehr stark von der Art des Probenmaterials ab. Manche Lösungsmittel löschen die Fluoreszenz mehr oder weniger stark. Bereits Wasser besitzt einen gewissen Löscheffekt. Sehr starke Fluoreszenzlöscher sind die halogenhaltigen Lösungsmittel, also z. B. Chloroform oder Tetrachlorkohlenstoff. Gefärbte Substanzen können das emittierte Licht ebenfalls absorbieren.

Mit Hilfe von Eichkurven können diese Effekte größtenteils berücksichtigt werden. Dazu werden handelsübliche Quenchprobenätze, deren Aktivität genau bekannt ist, im Gerät ausgemessen. Sie sind üblicherweise zwischen 0 % und 90 % gequencht.

Die Aufbereitung der Meßprobe hängt entscheidend von ihrer Löslichkeit ab. Das Hauptlösungsmittel für Szintillatoren ist Xylol, gelegentlich auch Dioxan oder Toluol. Den heute gebräuchlichen Fertigszintillationscocktails (wie z. B. INSTANT SCINT GEL, SCINTA GEL u. a.) sind bereits Lösungsvermittler, z. B. Alkohole, beigegeben, so daß man praktisch in jedem Fall bei Zugabe der zu messenden Probelösung eine homogene Phase erhält. Sie verkraften auch die Zugabe von bis zu 10 % Wasser, Spezial-Cocktails sogar bis zu 50 % und mehr.

4.5. Der PHILIPS Liquid-Scintillation-Counter PW 4700

Das gesamte Meßsystem besteht aus drei Komponenten: dem eigentlichen Counter, einem Computer und einem Drucker.

Der PHILIPS Liquid-Scintillation-Counter PW 4700 faßt maximal 310 Meßproben in 31 Kunststoff-Trays. In diesen Trays erfolgt vollautomatisch der Transport im Probenraum. Jedes Tray faßt 10 genormte 20-ml-Zählfläschchen. An jedem Tray

kann ein Programmkärtchen eingesteckt werden, aus dem der Counter mittels infrarot-optischem Programmkartenleser das gewünschte Meßprogramm erkennt und für die nachfolgenden Messungen heranzieht. Diese Einrichtung ermöglicht somit einen Multi-user-Betrieb.

Mittels mechanischem Aufzug wird jeweils ein Meßfläschchen in die verspiegelte, bleiabgeschirmte Meßkammer zwischen zwei speziell ausgesuchte und aufeinander abgestimmte, rauscharme Photomultiplier gefahren. Zur Eliminierung von Umgebungsereignissen sind diese Photomultiplier in Koinzidenz geschaltet. Ihre Hochspannung kann auf einfachste Weise rekali­briert werden. Der Aufzugsschacht ist durch Shutter und Aufzugsstempel lichtundurchlässig zur Meßkammer hin abgedichtet.

Proben- und Meßraum werden ständig gekühlt, um den Background niedrig zu halten. Die Temperatur kann von 8 °C bis zur Umgebungstemperatur stufenlos eingestellt werden. Üblich ist ein Nulleffekt von ca 10 cpm (counts per minute).

Ein eingebauter externer Standard - eine $3,7 \times 10^5$ Bq (10 µCi) ²²⁶Ra-Pille (Halbwertszeit: 1600 a) - ermöglicht, zusammen mit dem Computer und der DPM - Software (desintegrations per minute - Software), die automatische Berechnung und Speicherung von Quenchkurven bzw. deren Kurvenkoeffizienten und damit eine automatische Quenchkorrektur jeder einzelnen Meßprobe. Zur Bestimmung des Quenches wird vor Beginn der eigentlichen Messung jedes Probenfläschchens jeweils 0,5 Minuten lang mit und ohne Ra-Pille ausgemessen. Dazu wird die Pille pneumatisch aus einem Bleibehälter über ein Kupferrohr an die Probe gefahren.

Durch das auf Diskette gespeicherte remote-control-Programm wird die gesamte Steuerung des Counters von einem APPLE IIe - Computer übernommen. Zu dem Computer gehören ein Doppel-Floppy-Laufwerk (Duo-Disk) für 5 ¼ " - Disketten sowie ein 30 cm (12 ") - Monitor.

Über den Computer können maximal 30 verschiedene Meßprogramme vorgegeben und auf Diskette gespeichert werden. Davon werden 15 interne Programme in den Speicher des Counters überspielt, während 15 externe Programme im Computer auf Diskette bereitgehalten werden. Jedes dieser 30 Meßprogramme wird bei Bedarf aufgrund der Angaben auf den Programmkärtchen aufgerufen und den nachfolgenden Messungen zugrunde gelegt.

Die Meßprogramme werden über den Rechner eingegeben, wobei sämtliche Meßparameter - in erlaubten und sinnvollen Grenzen - frei gewählt werden können. Das Gerät besitzt keine fest eingestellten Meßkanäle ("Fenster") für bestimmte Nuklide. Diese werden vielmehr vom Benutzer einmal eingegeben über LL (lower level) und UL (upper level), je nach Nuklid zwischen 0,4 und 2000 keV. Die Meßzeit kann zwischen 1×10^{-1} und 9×10^2 Minuten gewählt werden. Der Nulleffekt (BKG = Background) wird auf Wunsch automatisch subtrahiert. Selbstverständlich kann auch die Anzahl der Probendurchläufe vorgewählt werden. Bei Mehrfachbestimmungen kann das Gerät Mittelwerte aus bis zu drei Proben errechnen.

Aufgrund der umfangreichen vorhandenen Optionen erfolgt die Berechnung der Aktivität automatisch. Aus den gemessenen CPMs, den gespeicherten Quench-

kurvenkoeffizienten und dem Wirkungsgrad (% EFF) werden die DPMs berechnet, wobei letztere noch mittels eingegebenem Normalisierungsfaktor automatisch umgerechnet werden können (NDPM = normalized desintegrations per minute), z. B. in Bq/m³ oder in $\mu\text{Ci}/\text{m}^3$. Hier können auch etwaige Verdünnungen der Meßprobe bereits berücksichtigt werden. Eine weitere rechnerische Bearbeitung der Meßergebnisse außerhalb des Gerätes erübrigt sich somit in den meisten Fällen.

Sämtliche Meßparameter werden zu Beginn jeder Meßreihe einerseits auf dem Bildschirm angezeigt und andererseits simultan auf dem OKI - Nadeldrucker Microline 80 dokumentiert. Eine Speicherung der Meßergebnisse ist allerdings nicht vorgesehen und auch nicht möglich.

Selbstverständlich verarbeitet das Gerät auch Doppelmarkierungen. Hierfür und auch für Einfachmarkierungen sind bestimmte Programme vorgesehen, ebenso für Chemolumineszenz - Messungen.

Der Wirkungsgrad liegt für ³H normalerweise um die 50 %, für ¹⁴C bei etwa 80 %, natürlich abhängig vom Quench der Proben.

4.6. Messung von HTO im Dampfcondensat der KNK II

Bei sehr kleinen Aktivitäten, wie sie im Falle der Proben aus dem Tertiärkühlkreislauf der KNK II vorkommen, mußten relativ lange Meßzeiten gewählt werden, um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten. Die Meßzeit betrug daher üblicherweise 50 Minuten. Zur Sicherheit wurden alle Messungen als Doppelbestimmungen ausgeführt. Etwaige Ausreißer hätten so erkannt werden können. Für die Bestimmung des Nulleffekts (BKG) wurde statt einer Meßprobe bidestilliertes Wasser verwendet.

Die Messungen wurden entweder in Meßgläschen aus kaliumarmem Spezialglas oder in Polyäthylen-Zählfläschchen vorgenommen. Es wurden 16 ml Szintillationslösung Packard INSTANT SCINT GEL in Xylol vorgelegt und 0,5 ml Meßlösung nachgegeben.

Bei Beginn des Experimentalprogramms im Jahre 1979 wurden mehrmals Proben gleichzeitig an mehreren Probenahmestellen genommen (Abb. 2). Innerhalb der Fehlergrenzen waren die Tritiumwerte an den anderen Probenahmestellen gleich denen im Frischdampfcondensat. Dies bestätigt, daß Tritium hier nicht elementar vorlag, sondern vollständig als HTO. Deshalb wurden im weiteren Verlauf des Versuchsprogramms fast alle Proben aus der Probenahmestation für das Frischdampfcondensat entnommen.

Durch wiederholte Messungen nach einem oder mehreren Jahren, bei denen sich immer wieder die gleichen Tritiumwerte ergaben, wurde auch so experimentell nachgewiesen, daß Tritium im Tertiärkreis chemisch nur als HTO vorliegt, weil elementares Tritium aus den Probenahmefläschchen herausdiffundiert wäre. In einer weiteren Versuchsreihe wurde durch Destillationsexperimente festgestellt, daß Tritium nicht von der wässrigen Phase getrennt werden konnte: Im Destillat wurden stets die gleichen Tritiumaktivitätskonzentrationen gemessen wie im Rückstand.

5. Tritium im Tertiärkreis der KNK II

Überträgt man die Prinzipskizze der Abbildung 1 auf die KNK II, so ergibt sich eine prinzipielle Darstellung wie sie in der Abbildung 2 aufgezeichnet ist. Hier sind auch die Probenahmestellen eingezeichnet, an denen aus dem Frischdampf Kondensatproben oder am Speisewasserbehälter Speisewasserproben entnommen worden sind.

Wenn man die einzelnen Terme des KUMAR-Modells aufschreibt, wie sie im dritten Abschnitt erläutert sind, so geschieht das am übersichtlichsten, wenn man das gesamte "System KNK" in die drei Untersysteme aufteilt:

- Primärsystem mit dem Index "PS",
- Sekundärsystem mit dem Index "SS" und
- Wasser-Dampf-Kreislauf, das Tertiärsystem, mit dem Index "TS".

Grundsätzlich gilt in jedem dieser Untersysteme die Gleichung:

$$\text{Inventarveränderung} = \text{Produktion} - \text{Verlust}$$

Führt man diese Gleichung im Detail aus, so ergibt sich für das gesamte System der KNK die folgende "Bilanzgleichung":

$$\begin{aligned} P_{BT} + P_{BC} + P_{LB} = & I_{PS} + R_{PG} + R_{PR} + R_{PK} + R_{PT} + \\ & I_{SS} + R_{SG} + R_{SR} + R_{SK} + \\ & I_{TS} + R_{TV} + R_{TR} + R_{TW} + \\ & R_{RZ} \end{aligned}$$

Die Terme der Produktion (P) stehen auf der linken Seite, die Terme der Inventarveränderung des Tritiums (I) in den einzelnen Kreisen (Systemen) und die Terme der Reduktion (R) stehen auf der rechten Seite der Gleichung.

Dabei stehen auf der rechten Seite der Gleichung
in der ersten Zeile die Terme des Primärsystems,
in der zweiten Zeile die Terme des Sekundärsystems,
in der dritten Zeile die Terme des Tertiärsystems,
in der vierten Zeile der Verlust durch den radioaktiven Zerfall.

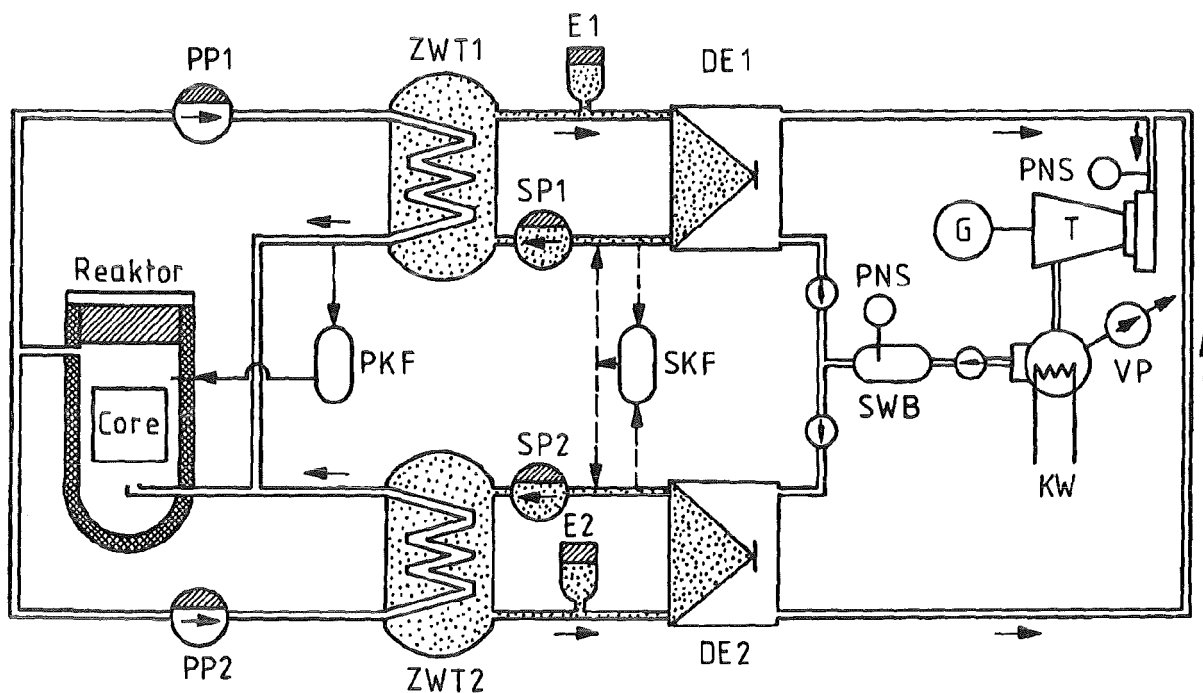
Die Terme bedeuten im einzelnen:

Linke Seite:

P_{BT} : Tritiumproduktion im Brennstoff durch ternäre Spaltung

P_{BC} : Tritiumproduktion im Borcarbid der Regelstäbe

P_{LB} : Tritiumproduktion durch Lithium- und Borverunreinigungen



- | | |
|-----|-----------------------|
| PKF | Primärkühlfalle |
| SKF | Sekundärkühlfalle |
| PP | Primärnatriumpumpe |
| SP | Sekundärnatriumpumpe |
| ZWT | Zwischenwärmetauscher |
| E | Expansionstank |
| DE | Dampferzeuger |
| G | Generator |
| T | Turbine |
| VP | Vakuumpumpe |
| KW | Kühlwasser |
| SWB | Speiswasserbehälter |
| PNS | Probenahmestelle |

Abbildung 2 Prinzipskizze der KNK II
Übertragung der Prinzipskizze des KUMAR - Modells
nach Abbildung 1 auf die KNK II Anlage

Rechte Seite, erste Zeile:

I_{PS} : Inventarveränderung des Tritiums im Primärsystem

R_{PG} : Rate der Tritiumabnahme über den Weg des Schutzgases im Primärkreis

R_{PR} : Rate der Tritiumabnahme aufgrund der Diffusion durch die Wände der Rohrleitungen des restlichen Primärkreises

R_{PK} : Rate der Tritiumabnahme durch Abscheidung in der Primärkühlfalle

R_{PT} : Rate der Tritiumabnahme aufgrund der Diffusion durch die innere Wand des Reaktortanks in den mit Stickstoff inertisierten Zwischenbereich des Reaktordoppeltanks

Rechte Seite, zweite Zeile:

I_{SS} : Inventarveränderung des Tritiums im Sekundärsystem

R_{SG} : Rate der Tritiumabnahme über den Weg des Schutzgases im Sekundärkreis

R_{SR} : Rate der Tritiumabnahme aufgrund der Diffusion durch die Wände der Rohrleitungen des restlichen Sekundärkreises

R_{SK} : Rate der Tritiumabnahme durch Abscheidung in der Sekundärkühlfalle

Rechte Seite, dritte Zeile:

I_{TS} : Inventarveränderung des Tritiums im Tertiärsystem

R_{TV} : Rate der Tritiumabnahme durch den Betrieb der Vakuumpumpe des Turbinenkondensators

R_{TR} : Rate der Tritiumabnahme aufgrund der Diffusion durch die Wände der Rohrleitungen des restlichen Tertiärkreises

R_{TW} : Rate der Tritiumabnahme aufgrund der Diffusion durch die Wände der Rohrleitungen des Kondensators auf die Wasserseite

Rechte Seite, vierte Zeile:

R_{RZ} : Rate der Tritiumabnahme durch den radioaktiven Zerfall

Die Produktionsraten werden üblicherweise mit den geschätzten oder theoretisch berechneten oder mit den wenigen bis jetzt gemessenen Wirkungsquerschnitten berechnet.

Die Raten der Inventarveränderungen des Tritiums und die Raten der Konzentrationsabnahmen sind bis auf die letzten beiden Terme, R_{TW} und R_{RZ} , zu messen. Selbstverständlich können immer nur Konzentrationen zu bestimmten Zeiten gemessen werden. Aufgrund der dadurch gegebenen Zeitabhängigkeit der Konzentrationen lassen sich dann die jeweiligen Raten, zeitliche Veränderungen des Inventars, der Abnahme der Tritiumkonzentration oder aber auch der Zunahme der Tritiumkonzentration bestimmen.

An der KNK II Anlage werden tatsächlich jedoch nur die Konzentrationen des Tritiums im Wasser-Dampf-Kreislauf, dem Tertiärkreis, gemessen, über die in der vorliegenden Arbeit berichtet wird. Daraus könnte man dann die Rate der Inventarveränderung des Tritiums im Tertiärkreis, I_{TS} , bestimmen.

Die Rate der Tritiumabnahme durch den radioaktiven Zerfall des Tritiums, R_{RZ} , kann aufgrund der langen Halbwertszeit (12,323 a) vernachlässigt werden.

Die Rate der Tritiumabnahme aufgrund von Diffusionsverlusten über die Rohrleitungen des Kondensators auf die Wasserseite, R_{TW} , kann, wie bereits erwähnt, bei den an der KNK Anlage herrschenden Temperaturen von 180 °C gleich Null gesetzt werden.

Alle Terme der Bilanzgleichung sind Differentialquotienten, die teilweise interdependent untereinander oder miteinander verschränkt sind. Weiterhin bestehen mehrere Terme aus einem Aggregat mehrerer Differentialquotienten, sodaß sich ein gekoppeltes System mehrerer partieller Differentialgleichungen ergibt. Beispielsweise ist die Abscheidung von Tritium in den Kühlfällen an die Abscheidung und damit auch an die Konzentration des Wasserstoffs, des Protiums, gekoppelt. Der Transport des Protiums durch das gesamte System der KNK wird wiederum auch durch partielle Differentialgleichungen der Diffusion jetzt aber für Protium [22] beschrieben. Protium ist immer auch als Verunreinigung im Kühlmittel vorhanden und wird auch immer kontinuierlich aus externen Quellen in die Sekundär- und Primärkühlkreise eingetragen.

Da im vorliegenden Fall von den aufgeführten 14 Termen der rechten Seite der Bilanzgleichung lediglich 3 als bekannt angesehen werden können,

$$\begin{aligned} I_{TS} &= \text{gemessen} \\ R_{TW} &= 0 \\ R_{RZ} &= 0 \end{aligned}$$

kommt eine Anwendung des KUMAR - Modells hier nicht infrage.

Der Verlauf der Tritiumkonzentration im Tertiärkreis ist in den Abbildungen 3 bis 13 für die Jahre 1979 bis 1991 graphisch dargestellt. Dabei ist gleichzeitig über der Zeitachse die Reaktorleistung und der Kühlfällenbetrieb aufgetragen.

Das Primärreinigungssystem reinigt das gesamte Primärnatrium, da die Aufteilung in zwei Primärkreise nur außerhalb des Kernbereiches besteht. Im Sekundärsystem liegen aber tatsächlich zwei getrennte Kühlkreisläufe vor, jedoch nur ein Reinigungsloop. Um beide Sekundärnatriumkreise zu reinigen, muß die Sekundärkühlfalle (SKF) wechselweise mal an den einen Kreis (Kreis 1) und mal an den anderen Kreis (Kreis 2) geschaltet werden. Dies ist in der Abbildung 2 gestrichelt eingezeichnet. In den Abbildungen 3 bis 13 wird durch verschiedene Höhen der entsprechenden "Betriebslinie" gekennzeichnet, ob die Sekundärkühlfalle am Kreis 1 oder am Kreis 2 betrieben wurde oder außer Betrieb war.

Nach einer Schnellabschaltung (Scram) des Reaktors können die Reinigungsloops aus Gründen der Nachwärmeabfuhr nicht betrieben werden. In diesen Fällen und in allen anderen Fällen, wenn die Kühlfällen, das sind die Reinigungsloops, nicht

betrieben werden, verläuft die "Betriebslinie" in den Abbildungen 3 bis 13 auf der "aus-Linie". Wenn die Leistung des Reaktors aus bestimmten Gründen im normalen Abfahrbetrieb nach den Regeln des Betriebshandbuches zurückgenommen wird, werden die Kühlfallen nicht automatisch abgeschaltet. In diesen Fällen können sie auch weiterbetrieben werden.

Die Aktivitätskonzentrationen des Tritiums sind im einzelnen in der Tabelle im Anhang aufgelistet:

- In den ersten vier Spalten der Tabelle sind angegeben:
Wochentag, Datum (Tag und Monat) und Uhrzeit der Probenahme.

- In den Spalten fünf und sechs ist die Reaktorleistung
in MW-thermisch (MW_{th}) und Prozent ($\%$: $58,0 MW_{th} \triangleq 100 \%$)
angegeben.

- In den Spalten sieben und acht sind angegeben:
die Aktivitätskonzentrationen des Tritiums in pCi/ml und Bq/ml
oder entsprechend in $\mu Ci/m^3$ und MBq/m^3 .

Die Aktivitätskonzentrationen des Tritiums sind diejenigen des Frischdampfes, an der Probenahmestelle wie sie in der Abbildung 2 vor der Turbine eingezeichnet ist. Manchmal wurde die Probe an der anderen in der Abbildung 2 eingezeichneten Probenahmestelle, am Speisewasserbehälter, genommen. Diese Daten sind in der Tabelle im Anhang nicht aufgeführt.

6. Einige Diskussionsbemerkungen zu den Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II

6.1. Trockenkonservierung des Tertiärkreises

Bei einer Betrachtung der Aktivitätskonzentration des Tritiums der KNK Anlage ist die Tatsache zu berücksichtigen, daß nach jeder Abschaltung des Reaktors eine Trockenkonservierung des Tertiärkreises durchgeführt wird. Dazu wird über die Vakuumpumpe des Turbinenkondensators der gesamte Tertiärkreis leergesaugt und mit Stickstoff gefüllt. Das bedeutet, daß sich eine schrittweise erhöhte Tritiumkonzentration über mehrere Stillstandszeiten der Anlage hinweg im Wasserdampf-Kreislauf des Tertiärkreises nicht aufbauen kann. In der Tat erkennt man auch aus den Abbildungen 3 bis 13, daß nach jeder Stillstandsphase des Reaktors die Tritiumaktivität wieder bei Null beginnt.

6.2. Ausdampfrate von Wasserdampf

An der KNK Anlage beträgt die Ausdampfrate von Wasserdampf ca 1 m³/h als Wasser [26], und zwar über die Vakuumpumpe des Turbinenkondensators, die bei Leistungsbetrieb immer mitläuft. Dieser auftretende Wasserverlust von 1 m³/h wird selbstverständlich als Wassernachspeiserate wieder zugeführt, allerdings in unregelmäßigen Zeitabständen, im zeitlichen Mittel jedoch wie angegeben. Das Wasserinventar des Tertiärkreises beträgt ca 50 m³. Die Zeitdauer bis zum Erreichen eines asymptotischen Sättigungswertes der Tritiumkonzentration im Tertiärkreis ist wegen der niedrigen Zerfallswahrscheinlichkeit des Tritiums nur durch diese Wassernachspeiserate bestimmt, sofern die wichtigen Betriebsparameter, der Kühlfallenbetrieb und die Reaktorleistung, über einen längeren Zeitraum als fünf Tage konstant gehalten werden. Denn nach einer theoretischen Berechnung [27] würde die Tritiumkonzentration nach etwa 120 Stunden 90 % des Maximalwertes erreichen. Die absolute Höhe des erreichten asymptotischen Sättigungswertes ist selbstverständlich von den eingestellten Werten der Betriebsparameter abhängig.

6.3. Umstellung von alkalischer auf kombinierte Fahrweise

Der Wasser-Dampf-Kreislauf der KNK Anlage wurde seit Beginn des Betriebes im Juli 1972 bis zum August 1983 in alkalischer Fahrweise [26] mit Ammoniak und Hydrazin betrieben. Von August 1983 bis zum 12. Januar 1984 wurde die Anlage in alkalischer Konditionierung ohne Verwendung von Hydrazin gefahren. Dann schließlich am 12. Januar 1984 wurde der Betrieb der Anlage auf die kombinierte Fahrweise umgestellt. An den beiden Schnittstellen, August 1983 und 12. Januar 1984, läßt sich keine Veränderung des Verlaufes der Tritiumaktivität feststellen, wie aus den Abbildungen 7 und 8 zu sehen ist.

6.4. Höchste Aktivitätskonzentrationen des Tritiums

Während zweier Betriebsperioden wurde jeweils ein höchster Wert der Aktivitätskonzentration des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II von knapp 25 Bq/ml (650 pCi/ml \triangleq 0,65 nCi/ml) gemessen. Diese Betriebsperioden waren am:

- 12. 9. 1980 : 24,05 Bq/ml
- 29. 4. 1984 : 24,36 Bq/ml

6.5. Wirkung der Kühlfallen

Die Sekundärkühlfalle war während dieser beiden Betriebszeiten, während derer diese hohen Werte von knapp 25 Bq/ml (650 pCi/ml \triangleq 0,65 nCi/ml) gemessen wurden, nicht in Betrieb. Ein Anstieg der Tritiumkonzentration war jedoch in neun anderen Fällen zu messen trotz des Betriebs sowohl der Primärkühlfalle als auch der Sekundärkühlfalle. Diese neun Betriebsperioden waren im

- November 1981
- Januar 1982
- April 1982
- Juni 1982
- Juli 1982
- Dezember 1983
- September 1984
- August 1985
- Oktober 1987

Es kann also nicht zwingend davon ausgegangen werden, daß ein Anstieg der Tritiumkonzentration im Tertiärkreis durch den Kühlfallenbetrieb verhindert wird. Die schließlich erreichte Höhe des Konzentrationswertes scheint jedoch in der Tat vom Kühlfallenbetrieb abhängig zu sein.

Eine eindeutige Zuordnung und Abhängigkeit des Anstiegs der Tritiumkonzentration ist mit dem Leistungsbetrieb des Reaktors gegeben.

6.6. Normalerweise auftretende Aktivitätskonzentrationen des Tritiums

Im normalen Leistungsbetrieb des Reaktors liegen die Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II zwischen 5 Bq/ml und 15 Bq/ml. Der Wert von 15 Bq/ml wurde außer den beiden Höchstwerten, die im vorangegangenen Abschnitt diskutiert wurden, nur noch während dreier Betriebsperioden überschritten:

- 24. 11. 1981: 15,54 Bq/ml
- 1. 2. - 17. 2. 1982: 18,13 Bq/ml
- 15. 4. - 23. 4. 1982: 17,21 Bq/ml

6.7. Die Aktivitätskonzentration des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II unter dem Aspekt der Strahlenschutzverordnung

An dieser Stelle muß deutlich darauf hingewiesen werden, daß die normalerweise auftretenden Werte der Aktivitätskonzentration des Tritiums, aber auch selbst die höchsten gemessenen Aktivitätskonzentrationen von knapp 25 Bq/ml, noch einen großen Spielraum haben bis zum Erreichen des Grenzwertes für den genehmigungs- und anzeigefreien Umgang mit Tritium [28] im Sinne der Strahlenschutzverordnung. Dieser Grenzwert ist zu 100 Bq/ml festgelegt.

Wenn das gesamte Wasserinventar des Tertiärkreises abgepumpt wird, die erwähnten ca 50 m³, werden $1,25 \times 10^9$ Bq Tritium abgegeben, wenn man den höchsten Meßwert von 25 Bq/ml zugrunde legt. Da es darüberhinaus für die KNK II Anlage als genehmigte kerntechnische Anlage jedoch nach den Bestimmungen der Strahlenschutzverordnung keine "genehmigungsfreie Entsorgung" und keinen "genehmigungsfreien Umgang" gibt, werden alle Emissionen und Ableitungen durch die Strahlenschutzabteilung der Kernkraftwerk-Betriebsgesellschaft (KBG) ständig überwacht und regelmäßig den zuständigen Behörden gemeldet. Da die KNK II Anlage innerhalb des Geländes des Kernforschungszentrums liegt, werden alle Abwasserabgaben der KNK über das Kernforschungszentrum Karlsruhe abgegeben. Hier werden auch die Tritiumabgaben von der Hauptabteilung Sicherheit des Kernforschungszentrums gemessen und bilanziert.

Legende zu den folgenden Abbildungen:

Die folgenden Abbildungen sind vierfach gegliedert:

- Ganz oben ist unter der Ordinatenbezeichnung "Sekundaer" der Betrieb der Sekundärkühlfalle eingezeichnet, aufgeteilt
 - nach unten, wenn die Sekundärkühlfalle am Kühlkreislauf 1 betrieben wird,
 - nach oben, wenn die Sekundärkühlfalle am Kühlkreislauf 2 betrieben wird,
 - 0, wenn die Sekundärkühlfalle außer Betrieb ist.
- Darunter ist unter der Ordinatenbezeichnung "Primaer" der Betrieb der Primärkühlfalle eingezeichnet, aufgeteilt
 - nach unten unter der Bezeichnung " 0 ", wenn die Primärkühlfalle außer Betrieb ist,
 - nach oben unter der Bezeichnung " 1 ", wenn die Primärkühlfalle in Betrieb ist.
- Darunter sind unter der Ordinatenbezeichnung "Tritium (MBq/m³)" die Konzentrationswerte des Tritiums eingetragen, die im Anhang tabellarisch aufgeführt sind.
- Schließlich ist ganz unten unter der Ordinatenbezeichnung "Leistung (%)" die thermische Leistung des Reaktors eingezeichnet.

An der Abszisse sind jeweils die Monatsanfangsbuchstaben angegeben.

In den Jahren 1988 und 1989 war wegen des Genehmigungsverfahrens zur Standzeitverlängerung des Kerns KNK II/2 kein Reaktorbetrieb.

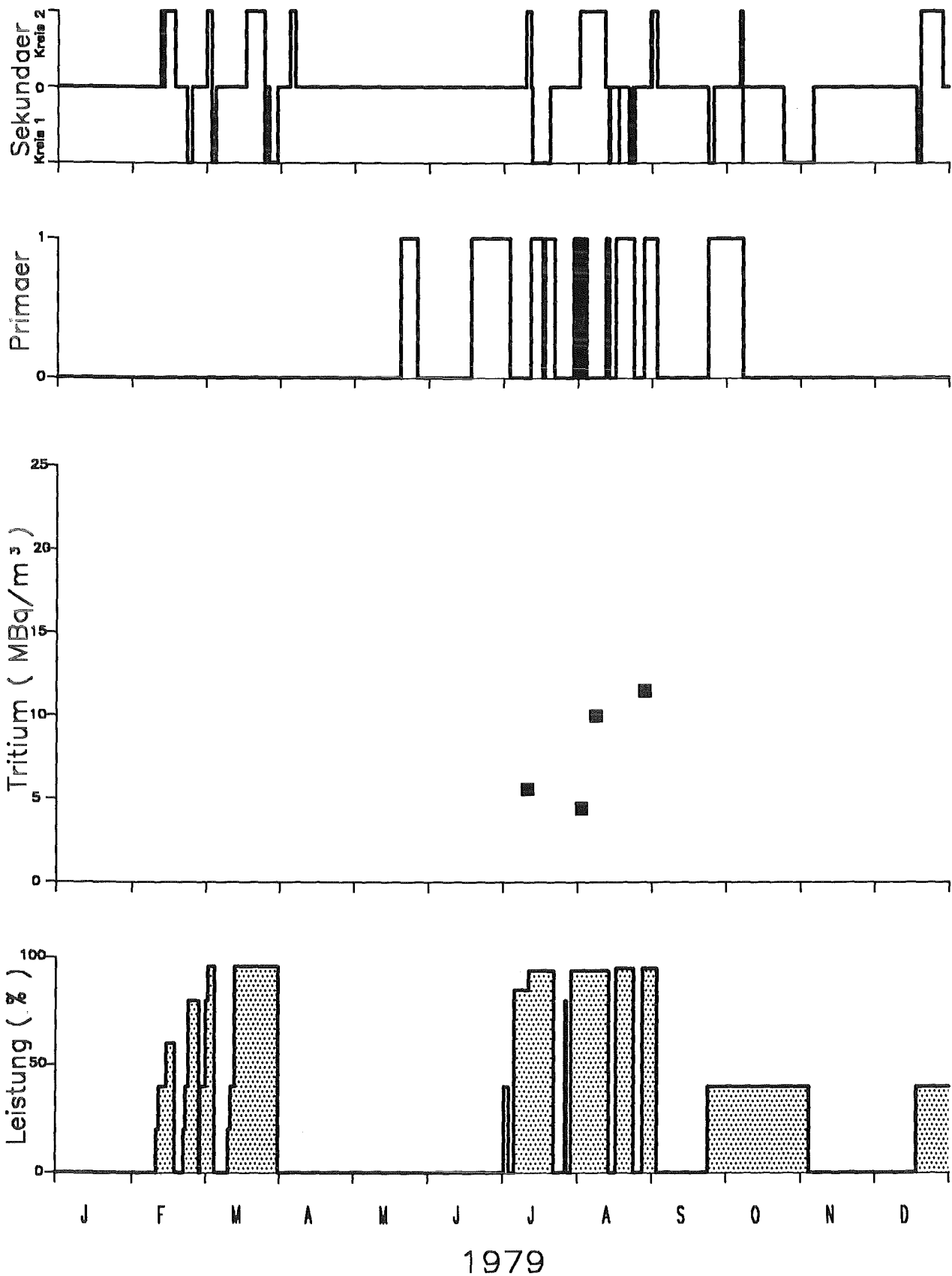


Abbildung 3 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1979

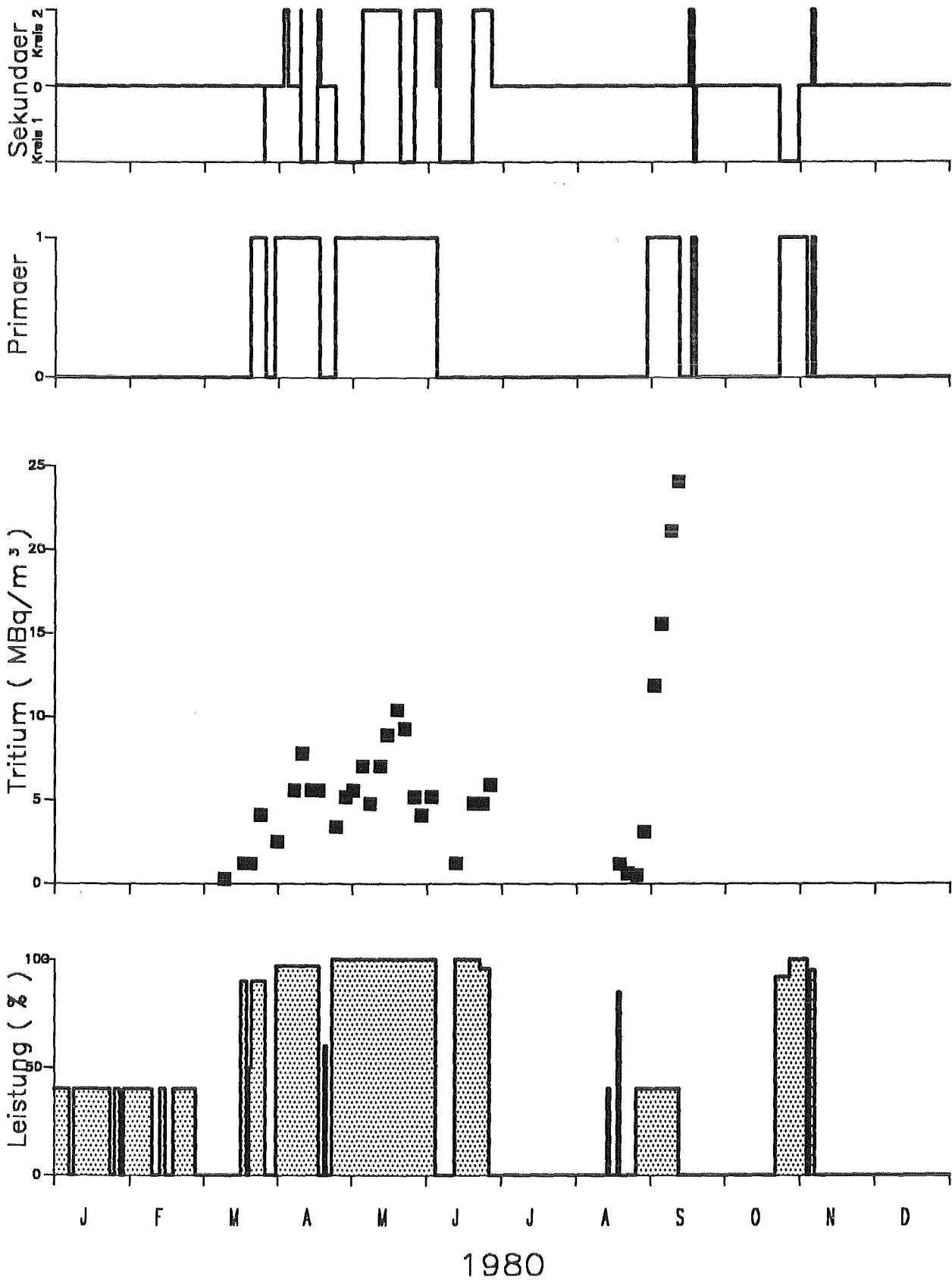


Abbildung 4 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1980

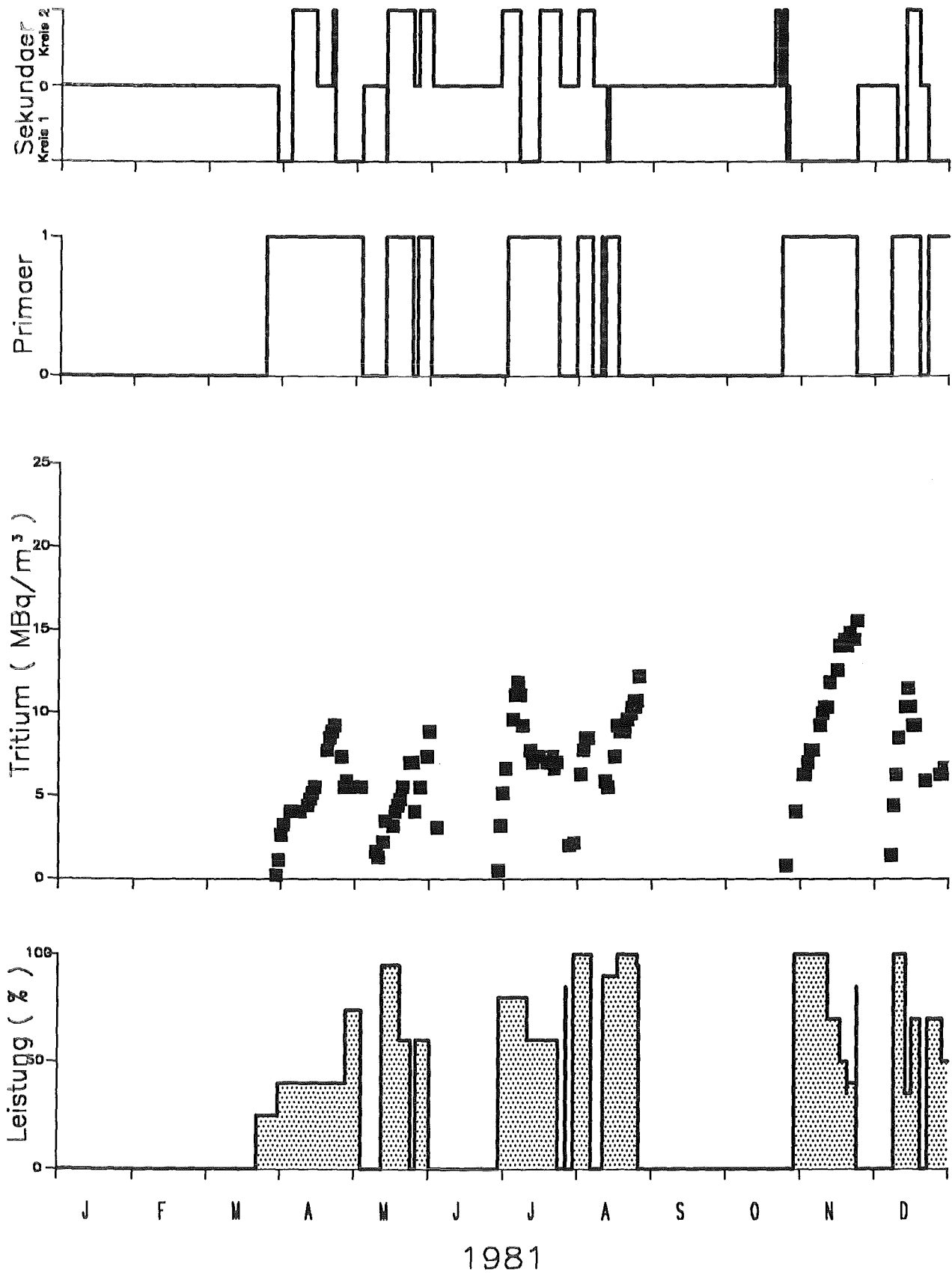


Abbildung 5 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1981

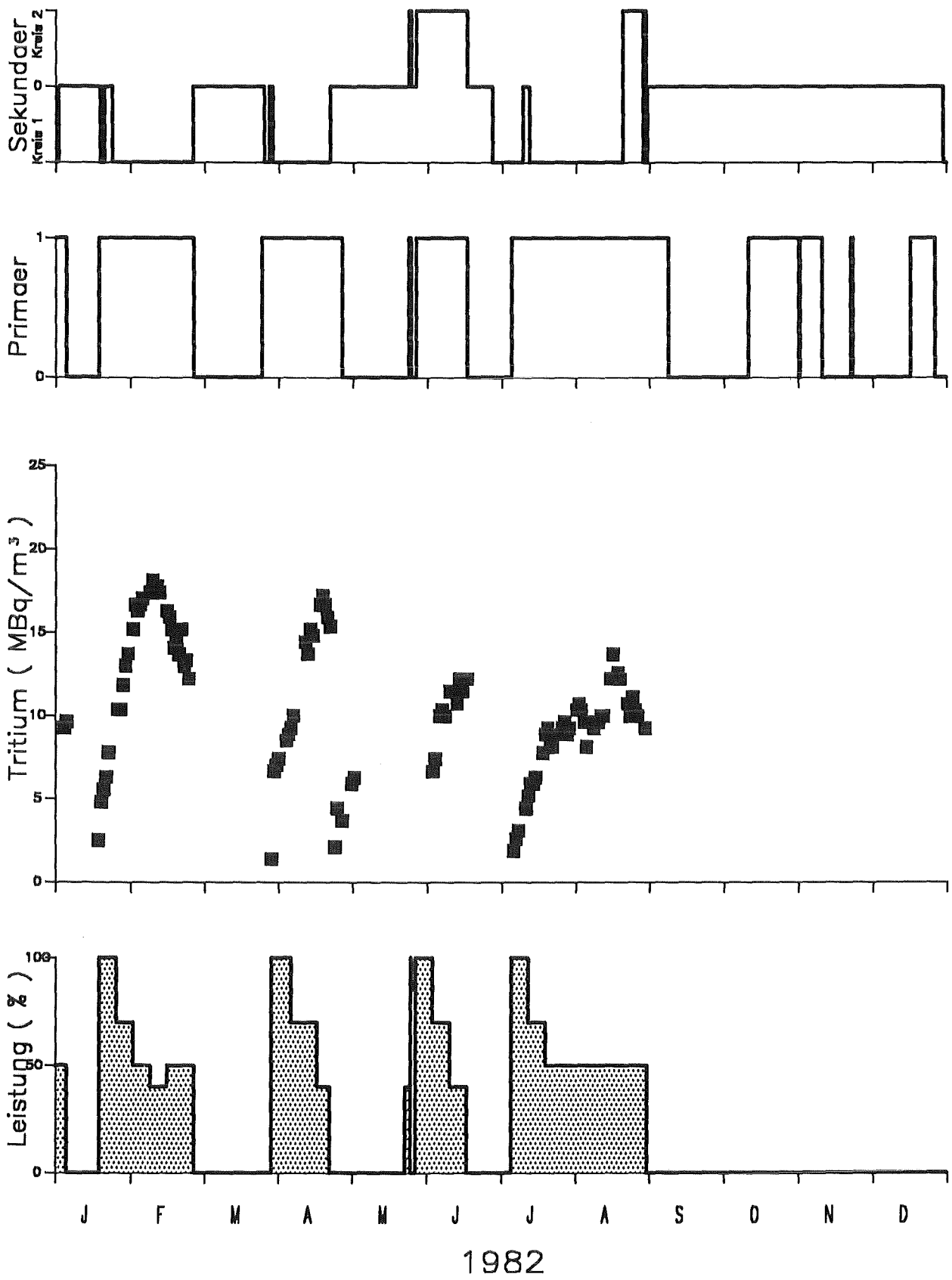


Abbildung 6 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/1 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1982

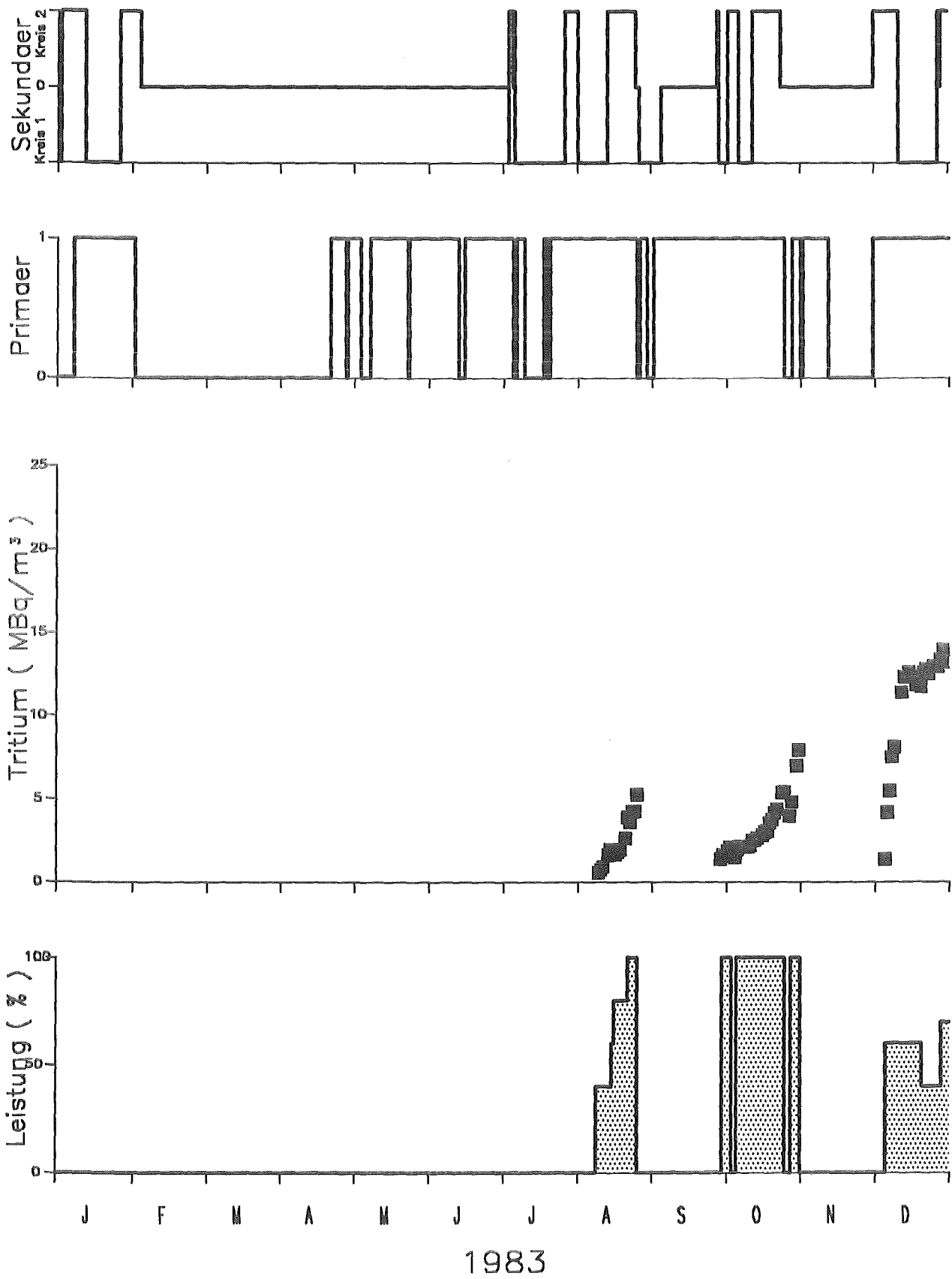


Abbildung 7 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1983

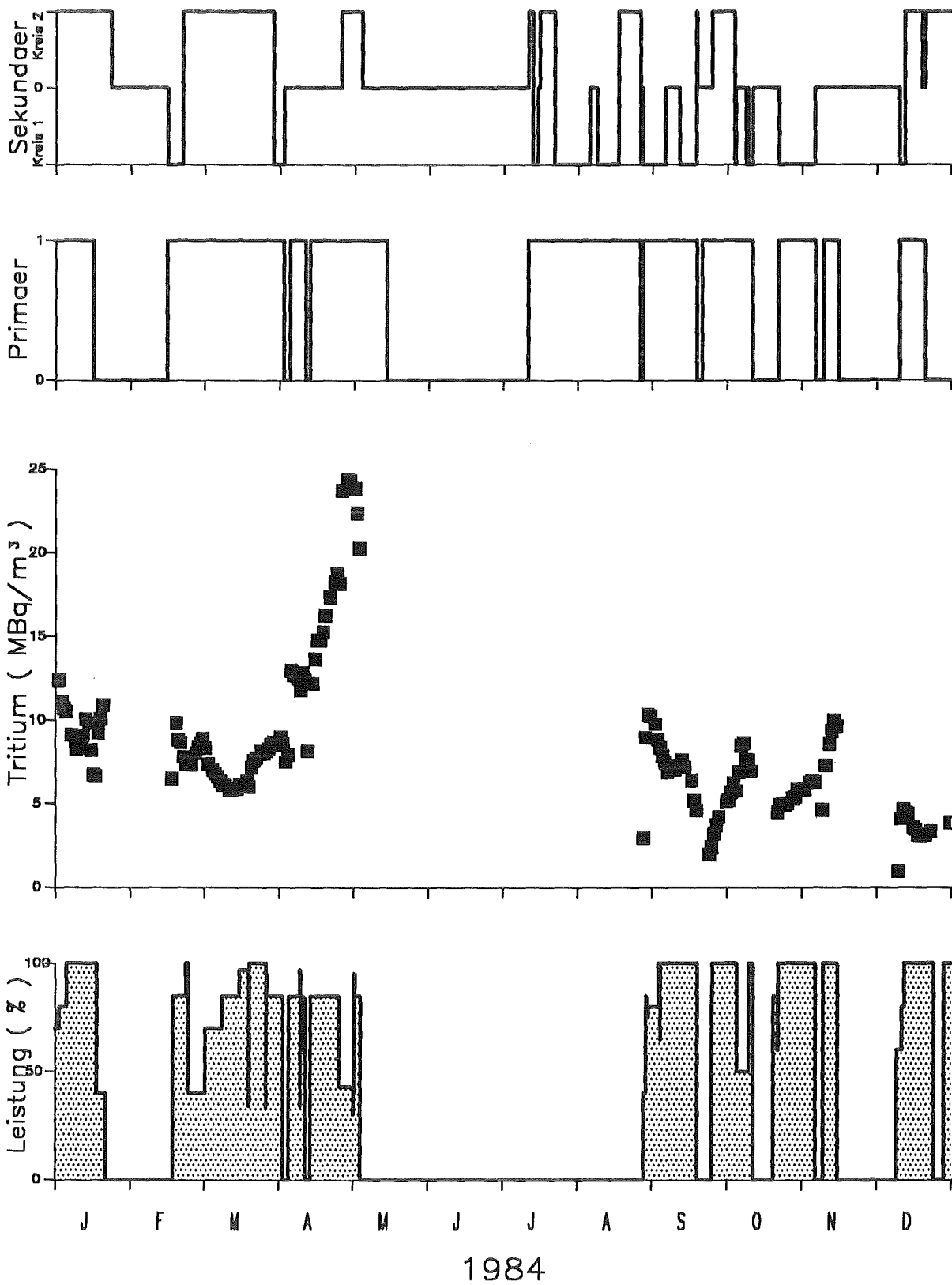


Abbildung 8 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1984

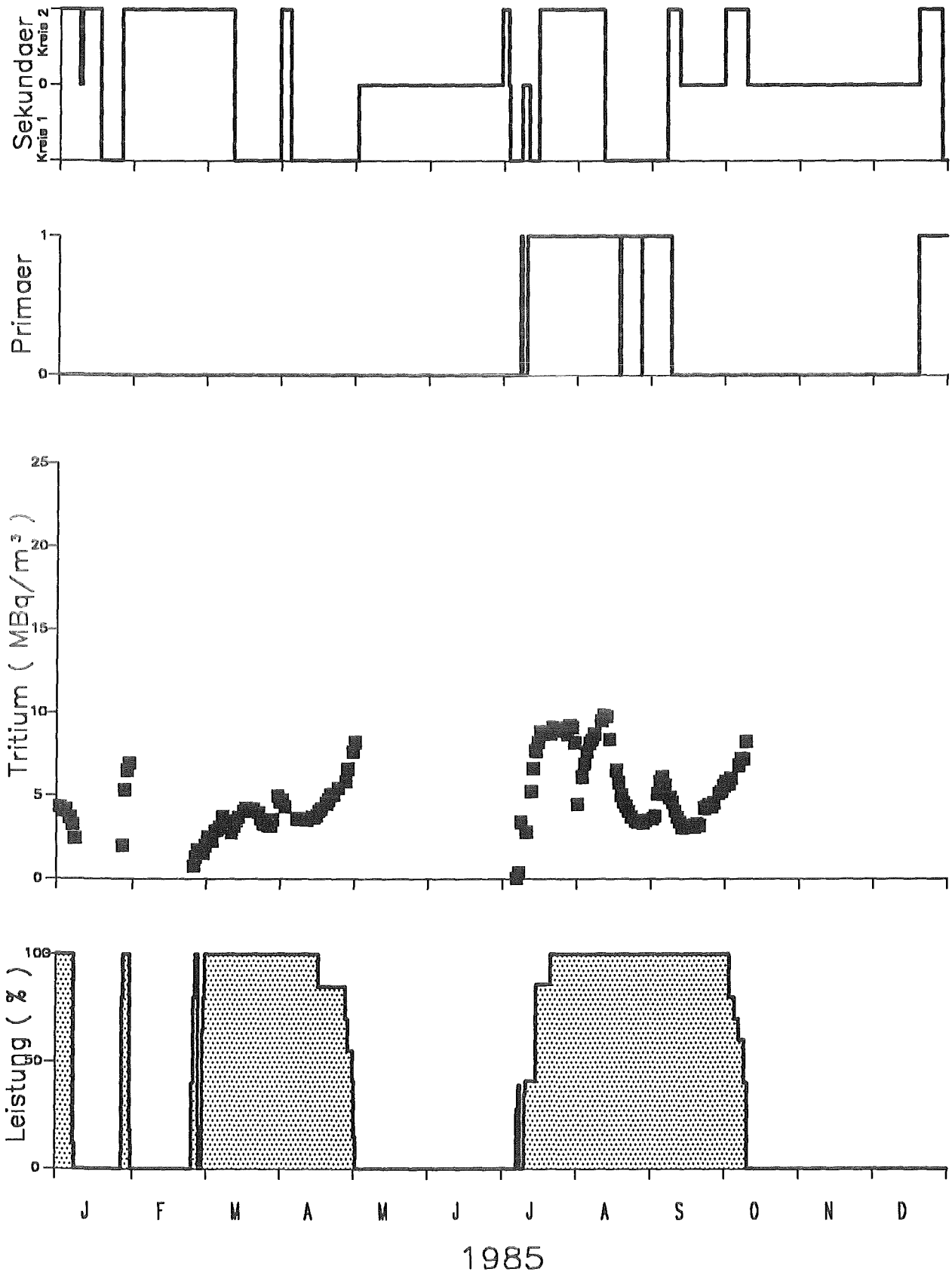


Abbildung 9 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1985

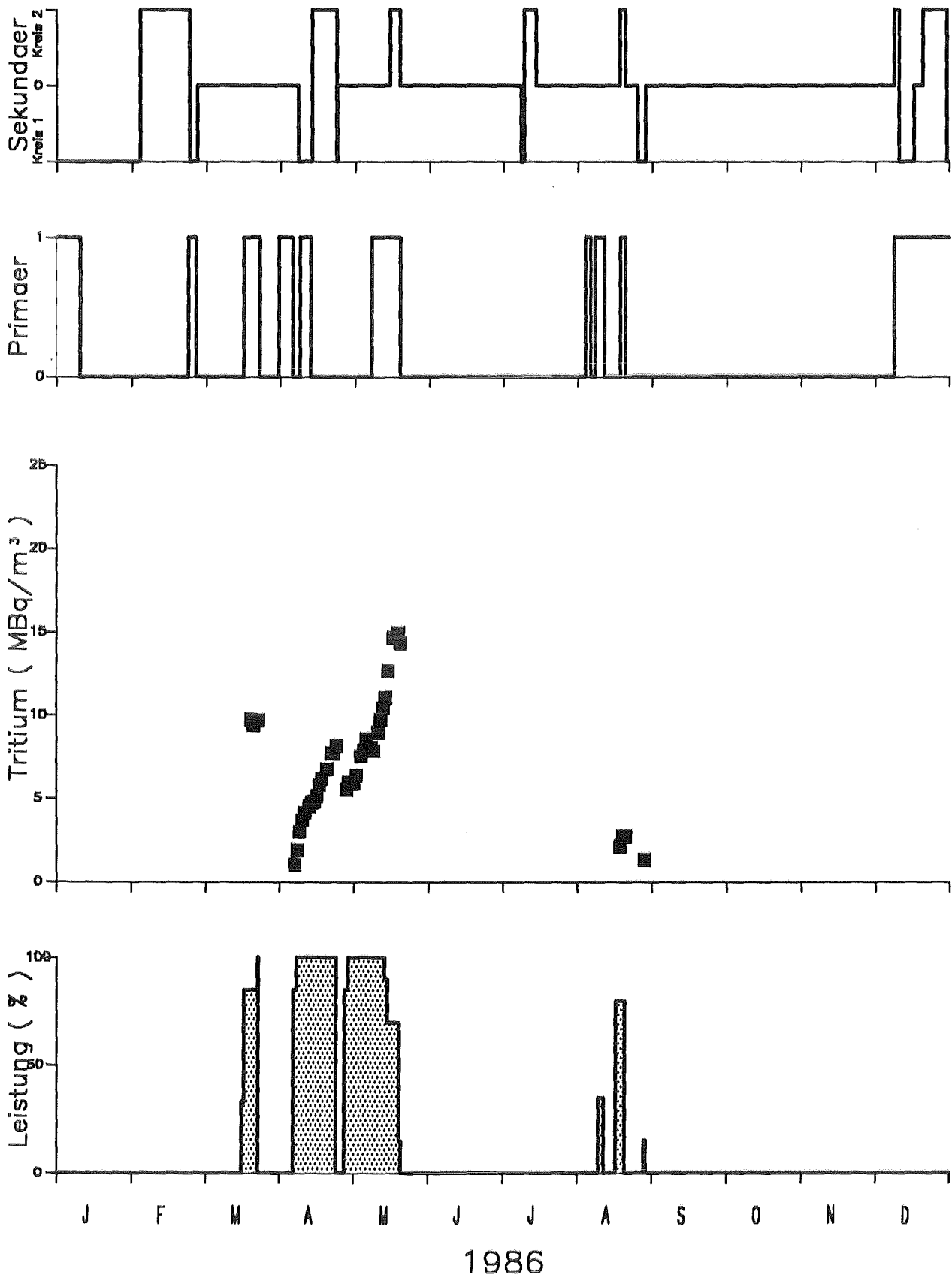


Abbildung 10 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums Im Tertlärkreis der KNK II/2 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1986

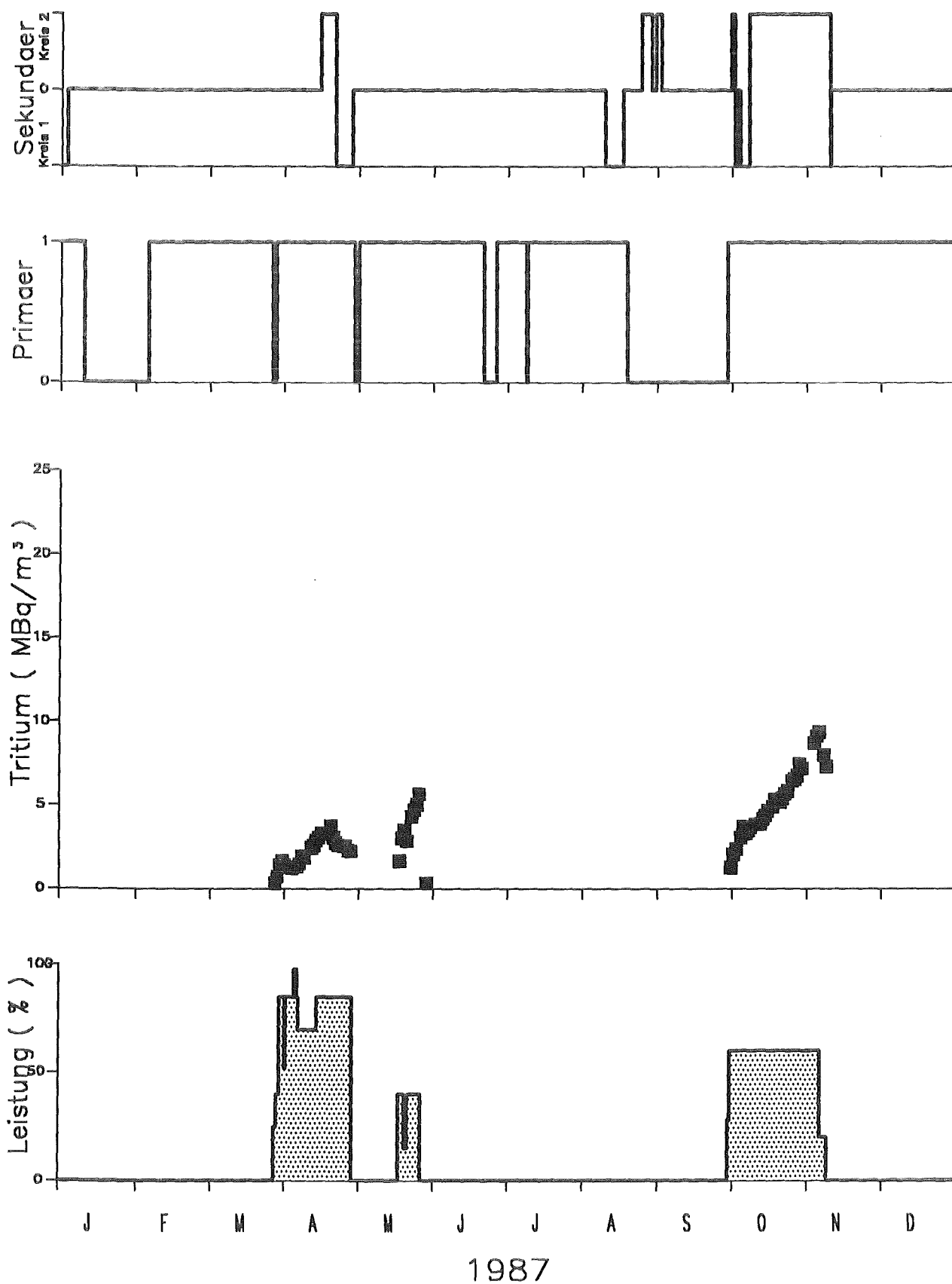


Abbildung 11 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1987

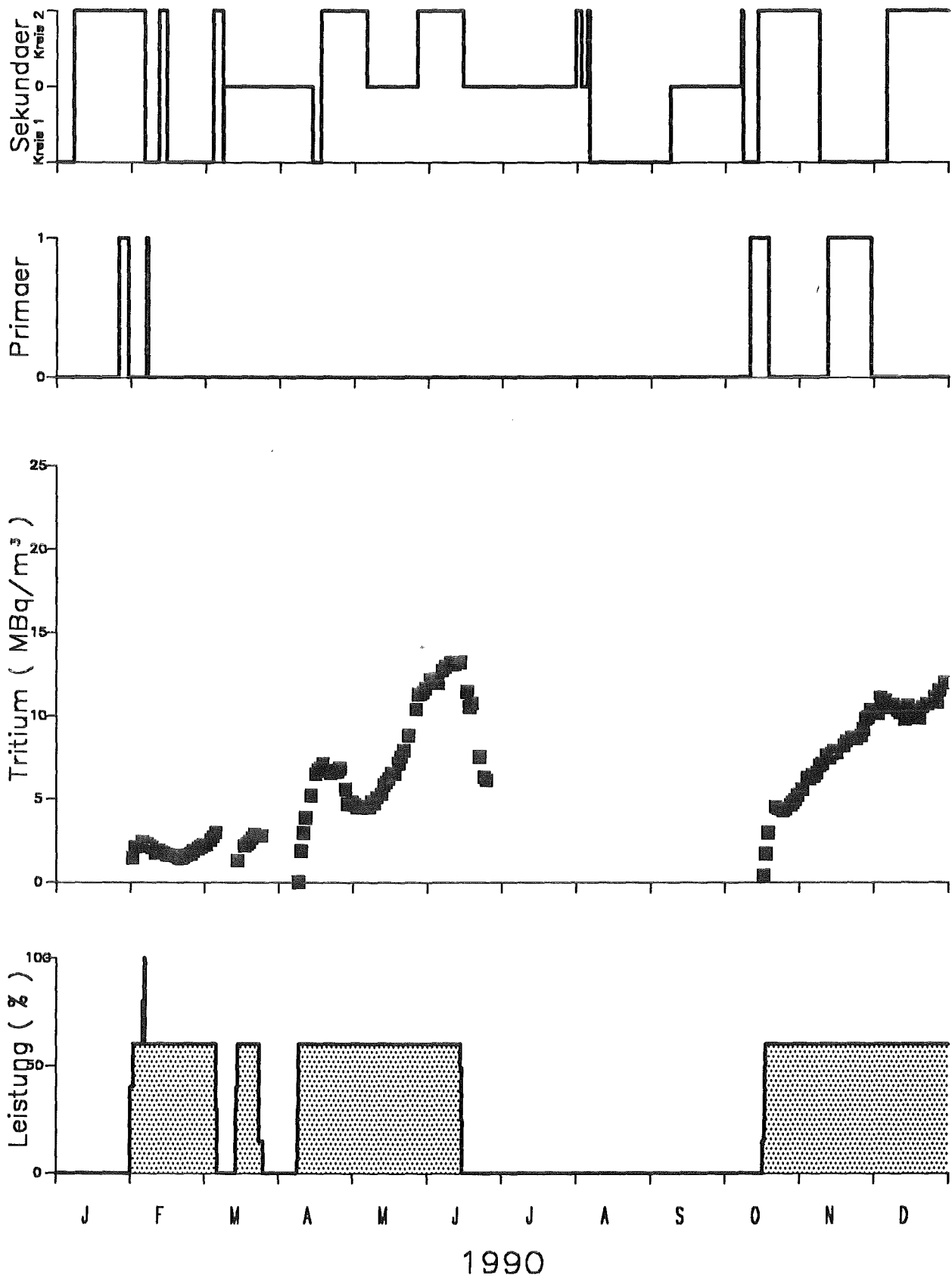


Abbildung 12 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1990

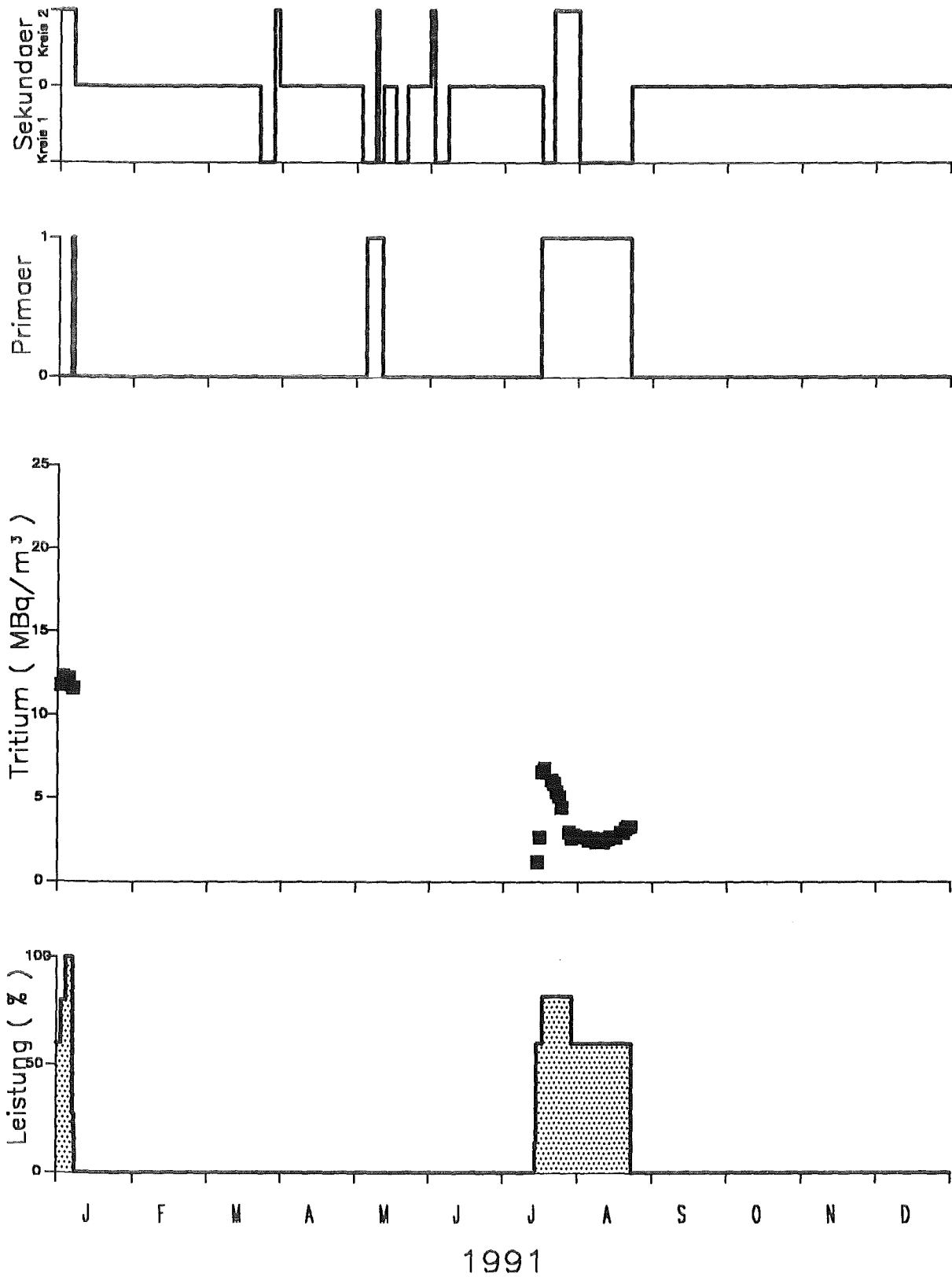


Abbildung 13 Aktivitätskonzentrationen des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II/2 zusammen mit der Reaktorleistung und dem Kühlfallenbetrieb aufgetragen für das Jahr 1991

7. Literatur

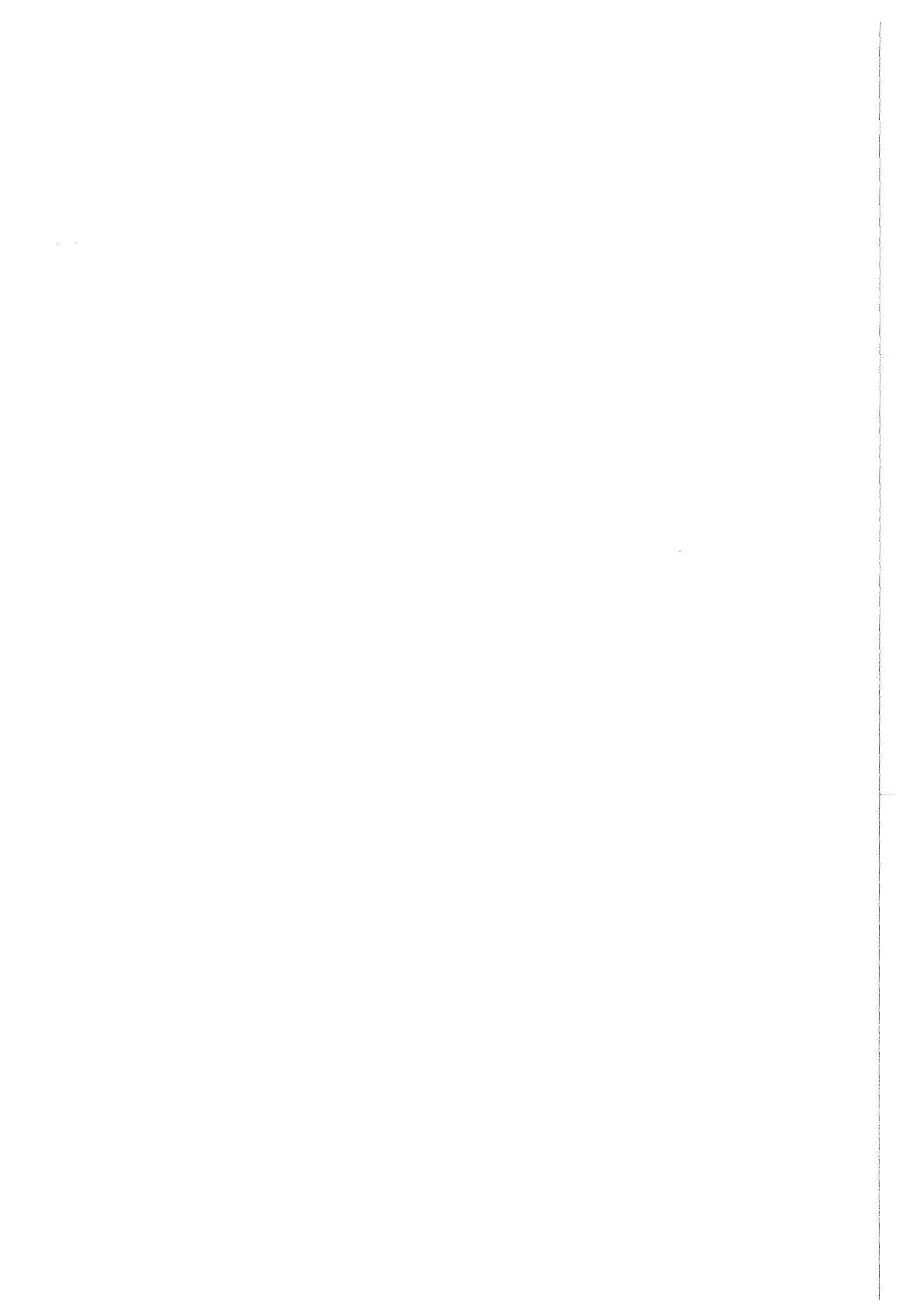
- [1] J. C. McGuire, T. A. Renner
Control of Tritium in Liquid-Metal-Cooled Fast Breeder Reactors (LMFBRs)
Atomic Energy Review 16, No. 4, 657 -695 (1978)
- [2] L. E. Trevorow, B. J. Kullen, R. L. Jarry, M. J. Steindler
Tritium and Noble-Gas Fission Products in the Nuclear Fuel Cycle:
I. Reactors
Report ANL - 8102 (1974)
- [3] M. J. Fluss, N. D. Dudey, R. L. Malewicki
Tritium and Alpha - Particle Yields in Fast and Thermal Neutron Fission
of ²³⁵U
Phys. Rev. C 6, 2252 (1972)
- [4] J. G. Cuninghame
The Status of Fission Product Yield Data (FPND) in 1977
AERE R 8753, Harwell, p 18 (1977)
- [5] M. Carminati, M. Hugla, P. Michaille & J. Misraki (CEA, France)
N. S. Morrison & E. A. Trevillion (UKAEA, Dounreay, Scotland)
Hydrogen and Tritium Behaviour in Phenix and PFR
Proc. 4 th Int. Conf.
Liquid Metal Engineering and Technology (LIMET), Volume 3, 609 - 618
17 - 21 Octobre, Palais des Papes, Avignon, France (1988)
- [6] D. L. Horrocks
Yields of Tritium during the Fissioning of Nuclides of Interest in the Operation of Nuclear Power Reactors, Tritium Messenger Graphics, Phoenix/Arizona (1973)
- [7] C. A. Erdman, J. L. Kelly, M. Kirbiyik, A. B. Reynolds
Radionuclide Production and Transport in Liquid-Metal-Cooled Fast Breeder Reactors, Part I: Production
Nuclear Safety 16, 43 - 59 (1975)
- [8] G. W. Hollenberg
Tritium Release from Fast Neutron Irradiated Boron Carbide
Report HEDL - SA - 1164 (1977), presented at the
79 th Annual Meeting of the Am. Ceram. Soc., Chicago/Illinois (1977)
- [9] E. P. Lippincott et al.
Measurement of ¹⁰B (n, T) Cross Section in a Fast Neutron Spectrum
Report HEDL - TME 73 - 79 (1973)
- [10] W. Seelmann - Eggebert, G. Pfennig, H. Münzel, H. Klewe - Nebenius
Karlsruher Nuklidkarte, 5. Auflage
Kernforschungszentrum Karlsruhe (1981)

- [11] S. F. Mughabghab, M. Divadeenam, N. E. Holden
Neutron Cross Sections, Vol 1
Neutron Resonance Parameters and Thermal Cross Sections, Part A
Academic Press (1981)
- [12] H. Wild
Radioaktive Inventare und deren zeitlicher Verlauf nach Abschalten des
Reaktors
KFK - Bericht 1797 (1974)
- [13] J. E. Phillips and C. E. Easterly
Sources of Tritium
ORNL / TM - 6402 (1980)
- [14] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
Sources and Effects of Ionizing Radiation Report to the General Assembly,
Annex D, p 178
United Nations, New York (1977)
- [15] J. G. Cuninghame
Review of Fission Product Yield Data for Fast Neutron Fission
IAEA - 169, Paper 11 b, UKAEA Report AERE - R 7548, p 32 - 34 (1973)
- [16] H. Runge
Persönliche Mitteilung
- [17] Nuclear Data File ENDF/B IV
- [18] A. Merkel, H. - J. Schlesinger, G. Stepan
Unveröffentlicht
- [19] W. Timm
Persönliche Mitteilung
- [20] Robert C. Weast, Editor
Handbook of Chemistry and Physics
CRC Press, Cleveland, Ohio, p F-80 (1975)
- [21] K. Schnarr
Abgabe von Tritium aus Borcarbid
Forschungsvorhaben 02 U 5564 6
Abschlußbericht
Anhang C
Wird als Dissertation eingereicht werden
Technische Hochschule Darmstadt (1988)
- [22] R. Kumar
Tritium Transport in an LMFBR
Report ANL - 8089 (1974)

- [23] T. A. Renner, C. C. McPheeters, J. C. McGuire
A Computer Model for Tritium Transport in and Release from the CRBRP
and other LMFBRs
Trans. Am. Nucl. Soc. 27, 621 (1977)
- [24] T. A. Renner, C. C. McPheeters
Tritium and Hydrogen Transport in LMFBR Systems:
EBR - II, CRBR, and FFTF
Report ANL - 78 - 64 (1978)
- [25] A. Tibi, J. Misraki and D. Feron, CEA, France
Experience of tritium and hydrogen behavior in the
Phenix plant with use and development of a Kumar-type model
Liquid metal engineering and technology, Vol. 2., Paper 208, p 433 - 438
Proc. 3rd Int. Conf., Oxford, April 9 - 13 (1984)
- [26] K. Ch. Stade, J. Zschetke
Betriebserfahrungen mit alkalischer und kombinierter Fahrweise am Ver-
suchs - Kernkraftwerk KNK
VGB - Konferenz "Chemie im Kraftwerk 1984" p 62 - 68
VGB - Speisewassertagung (1984)
- [27] G. Stepan, IA
Persönliche Mitteilung
- [28] Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen
(Strahlenschutzverordnung - StrlSchV)
vom 13. Oktober 1976
(BGBl. I, S. 2905, 1977, S. 184, 269)
in der Fassung der 2. Änderungsverordnung vom 18. Mai 1989
(BGBl. I, S. 943)
und neu bekanntgemacht am 30. Juni 1989
(BGBl. I, S. 1321)
und berichtigt am 16. Oktober 1989
(BGBl. I, S. 1926)

Danksagung:

Der KBG/KNK-Betriebsleitung sei an dieser Stelle für die Genehmigung gedankt, in diesem Bericht KNK-Betriebsdaten verwenden zu dürfen. Dem KNK-Chemielabor und hier vor allem Herrn H. Klawe gebührt besonderer Dank für den persönlichen Einsatz bei den vielen Probenahmen, die teilweise auch an Wochenenden durchgeführt werden mußten.



Anhang

Legende zu der folgenden Tabelle:

Tabelle der Aktivitätswerte des Tritiums im Tertiärkreis der KNK II Anlage

1. Spalte: Wochentag der Probenahme
2. Spalte: Monatsdatum der Probenahme
3. Spalte: Monat der Probenahme
4. Spalte: Uhrzeit der Probenahme
5. Spalte: Leistung des Reaktors in MW-thermisch (MW_{th})
6. Spalte: Leistung des Reaktors in %
7. Spalte: Aktivitätswerte des Tritiums in pCi/ml oder in $\mu\text{Ci}/\text{m}^3$
8. Spalte: Aktivitätswerte des Tritiums in Bq/ml oder in MBq/m^3

Tritium Daten 1979

Zeitangaben	Leistung		Aktivität			
	MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³		
**						
*****	Inbetriebnahme von KNK II/1 am 29. 3. 1978 *****					
**						
*****	Geplante Abschaltphase, 1. BE-Schaden KNK II/1 *****					
**						
*****	Kein Betrieb vom 2. 4. 1979 bis zum 2. 7. 1979 *****					
**						
Do	12. 7.	12:00	49.3	85.0	150.0	5.60
**						
Fr	3. 8.	12:00	55.1	95.0	120.0	4.44
**						
Do	9. 8.	12:00	55.1	95.0	270.0	10.00
**						
Mi	29. 8.	12:00	55.1	95.0	310.0	11.50
**						
**						
**						

Tritium Daten 1980

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	10.	3.	8:00	0	0	7.9	0.29
**							
Di	18.	3.	8:00	17.4	30.0	33.0	1.22
Fr	21.	3.	8:00	55.1	95.0	33.0	1.22
**							
Di	25.	3.	8:00	55.1	95.0	110.0	4.10
**							
Di	1.	4.	8:00	55.1	95.0	68.0	2.52
**							
Di	8.	4.	8:00	55.1	95.0	150.0	5.60
Fr	11.	4.	8:00	55.1	95.0	210.0	7.80
**							
Di	15.	4.	8:00	55.1	95.0	150.0	5.60
Fr	18.	4.	8:00	55.1	95.0	150.0	5.60
**							
Fr	25.	4.	8:00	55.1	95.0	93.0	3.40
**							
Di	29.	4.	8:00	55.1	95.0	140.0	5.20
Fr	2.	5.	8:00	55.1	95.0	150.0	5.60
**							
Di	6.	5.	8:00	55.1	95.0	190.0	7.03
Fr	9.	5.	8:00	55.1	95.0	130.0	4.80
**							
Di	13.	5.	8:00	55.1	95.0	190.0	7.03
Fr	16.	5.	8:00	55.1	95.0	240.0	8.90
**							
Di	20.	5.	8:00	55.1	95.0	280.0	10.40
Fr	23.	5.	8:00	55.1	95.0	250.0	9.25
**							
Di	27.	5.	8:00	55.1	95.0	140.0	5.20
Fr	30.	5.	8:00	55.1	95.0	110.0	4.10
**							
Di	3.	6.	8:00	55.1	95.0	140.0	5.20
**							
Fr	13.	6.	8:00	55.1	95.0	33.0	1.22
**							
Fr	20.	6.	8:00	55.1	95.0	130.0	4.80
**							
Di	24.	6.	8:00	55.1	95.0	130.0	4.80
Fr	27.	6.	8:00	55.1	95.0	160.0	5.92
**							
Di	19.	8.	8:00	55.1	95.0	32.0	1.18
Fr	22.	8.	11:15	0	0	17.0	0.63
**							

Tritium Daten 1980, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Di	26.	8.	8:00	11.6	20.0	14.0	0.52
Fr	29.	8.	8:00	23.2	40.0	84.0	3.11
**							
Di	2.	9.	15:00	23.2	40.0	320.0	11.84
Fr	5.	9.	8:30	23.2	40.0	420.0	15.54
**							
Di	9.	9.	8:00	23.2	40.0	570.0	21.10
Fr	12.	9.	8:00	23.2	40.0	650.0	24.05
**							
*****	Geplante Abschaltphase, 2. BE-Schaden KNK II/1						*****
**							
**							
**							

Tritium Daten 1981

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Di	31.	3.	10:00	0	0	6.7	0.24
Mi	1.	4.	8:20	17.652	30.43	31.0	1.15
Do	2.	4.	9:00	23.52	40.55	72.0	2.66
Fr	3.	4.	8:30	23.613	40.71	89.0	3.29
**							
Mo	6.	4.	9:00	24.14	41.62	110.0	4.07
Di	7.	4.	8:30	23.567	40.63	110.0	4.07
Mi	8.	4.	8:30	24.008	41.39	110.0	4.07
Do	9.	4.	8:20	24.702	41.5	110.0	4.07
Fr	10.	4.	8:20	23.979	41.34	110.0	4.07
**							
Mo	13.	4.	9:00	24.023	41.42	120.0	4.44
Di	14.	4.	8:45	23.859	41.14	130.0	4.81
Mi	15.	4.	8:30	24.003	41.38	140.0	5.20
Do	16.	4.	8:30	24.023	41.42	150.0	5.55
**							
Di	21.	4.	11:00	23.82	41.07	210.0	7.77
Mi	22.	4.	8:30	23.205	40.0	230.0	8.51
Do	23.	4.	11:00	23.304	40.18	240.0	8.90
Fr	24.	4.	8:30	23.381	40.38	250.0	9.25
**							
Mo	27.	4.	8:30	23.592	40.68	200.0	7.40
Di	28.	4.	8:20	23.589	40.59	150.0	5.55
Mi	29.	4.	8:20	23.249	40.08	160.0	5.92
Do	30.	4.	8:30	23.472	40.47	150.0	5.55
**							
Mo	4.	5.	8:30	22.565	39.0	150.0	5.55
Di	5.	5.	7:45	24.116	41.58	150.0	5.55
**							
***** Scram aus 74 % Leistung *****							
**							
Mo	11.	5.	10:20	0	0	45.0	1.66
Di	12.	5.	9:00	0	0	36.0	1.33
Do	14.	5.	8:30	38.836	66.96	61.0	2.26
Fr	15.	5.	8:30	54.861	94.59	95.0	3.52
**							
Mo	18.	5.	9:00	55.513	95.71	87.0	3.22
Di	19.	5.	7:45	56.059	96.65	110.0	4.07
Mi	20.	5.	8:05	55.56	95.8	120.0	4.44
Do	21.	5.	8:20	55.78	96.17	130.0	4.81
Fr	22.	5.	8:00	35.452	61.12	150.0	5.55
**							

Tritium Daten 1981, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	25.	5.	8:20	34.966	60.28	190.0	7.03
**							
***** DND - Scram *****							
**							
Di	26.	5.	9:50	0	0	190.0	7.03
Mi	27.	5.	8:45	4.502	7.76	110.0	4.07
Fr	29.	5.	8:40	36.37	60.98	150.0	5.55
**							
Mo	1.	6.	8:20	35.641	61.45	200.0	7.40
Di	2.	6.	6:20	35.884	61.87	240.0	8.90
**							
***** DND - Scram *****							
**							
Fr	5.	6.	8:30	0	0	84.0	3.10
**							
Di	30.	6.	8:30	15.735	27.13	14.0	0.52
Mi	1.	7.	8:30	46.59	80.32	86.0	3.20
Do	2.	7.	8:30	46.85	80.77	140.0	5.20
Fr	3.	7.	8:30	46.7	80.5	180.0	6.66
**							
Mo	6.	7.	8:40	46.7	80.5	260.0	9.62
Di	7.	7.	8:25	46.6	80.4	300.0	11.10
Mi	8.	7.	8:30	46.6	80.4	320.0	11.84
Do	9.	7.	8:30	46.6	80.4	300.0	11.10
Fr	10.	7.	8:30	46.46	80.1	250.0	9.25
**							
Mo	13.	7.	9:40	34.8	60.0	210.0	7.77
Di	14.	7.	8:40	34.8	60.0	190.0	7.03
Mi	15.	7.	14:00	34.8	60.0	200.0	7.40
Do	16.	7.	8:40	34.8	60.0	200.0	7.40
Fr	17.	7.	8:40	34.8	60.0	200.0	7.40
**							
Mo	20.	7.	8:40	34.8	60.0	190.0	7.03
Di	21.	7.	8:50	34.8	60.0	190.0	7.03
Mi	22.	7.	15:05	34.8	60.0	200.0	7.40
Do	23.	7.	8:50	34.8	60.0	180.0	6.66
Fr	24.	7.	8:50	34.8	60.0	190.0	7.03
**							

Tritium Daten 1981, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mi	29.	7.	14:00	0	0	55.0	2.04
Fr	31.	7.	15:00	0	0	59.0	2.18
**							
Mo	3.	8.	9:00	58.0	100.0	170.0	6.30
Di	4.	8.	9:00	58.0	100.0	210.0	7.77
Mi	5.	8.	8:40	58.0	100.0	230.0	8.51
Do	6.	8.	8:25	58.0	100.0	230.0	8.51
**							
Do	13.	8.	8:20	52.119	89.96	160.0	5.92
Fr	14.	8.	8:45	52.12	90.12	150.0	5.55
**							
Mo	17.	8.	8:30	51.605	88.97	200.0	7.40
Di	18.	8.	8:30	52.302	90.17	250.0	9.25
Mi	19.	8.	8:20	57.005	98.28	240.0	8.88
Do	20.	8.	8:20	56.637	97.65	240.0	8.88
Fr	21.	8.	8:15	57.28	98.76	240.0	8.88
Sa	22.	8.	8:00	57.226	98.66	260.0	9.62
So	23.	8.	23:10	57.23	98.66	270.0	9.99
**							
Mo	24.	8.	8:20	57.096	98.44	280.0	10.36
Di	25.	8.	8:20	57.228	98.67	290.0	10.73
Di	25.	8.	16:45	57.14	98.57	280.0	10.36
Mi	26.	8.	8:30	56.232	96.95	290.0	10.73
Do	27.	8.	8:30	56.232	96.95	330.0	12.21
**							
Mo	26.	10.	8:30	0	0	22.0	0.81
Fr	30.	10.	8:15	55.84	96.28	110.0	4.07
**							
Mo	2.	11.	8:30	57.8	99.6	170.0	6.29
Di	3.	11.	8:00	57.7	99.5	170.0	6.29
Mi	4.	11.	8:20	57.414	99.0	190.0	7.03
Do	5.	11.	8:25	57.6	99.4	210.0	7.77
Fr	6.	11.	8:30	57.3	98.8	210.0	7.77
**							
Mo	9.	11.	8:30	57.678	99.44	250.0	9.25
Di	10.	11.	8:30	57.439	99.03	270.0	9.99
Mi	11.	11.	8:30	57.944	99.9	280.0	10.36
Do	12.	11.	8:30	58.209	100.36	280.0	10.36
Fr	13.	11.	8:10	41.214	71.19	320.0	11.84
**							

Tritium Daten 1981, Fortsetzung

Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
			MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**						
Mo	16. 11.	8:30	41.214	71.19	340.0	12.58
Di	17. 11.	8:15	41.09	70.85	380.0	14.06
Do	19. 11.	8:30	30.294	52.23	390.0	14.43
Fr	20. 11.	8:15	30.188	52.05	380.0	14.06
Sa	21. 11.	9:35	23.752	40.95	400.0	14.80
**						
Mo	23. 11.	8:15	24.042	41.45	390.0	14.43
Di	24. 11.	8:10	23.968	41.32	420.0	15.54
**						
**						
*****	Geplante Abschaltphase zum Wechsel von				511/4	zu 511/3
**						
Di	8. 12.	8:30	18.814	32.44	39.0	1.44
Mi	9. 12.	9:30	56.32	97.1	120.0	4.44
Do	10. 12.	8:10	57.366	98.9	170.0	6.29
Fr	11. 12.	8:00	57.983	99.97	230.0	8.51
**						
Mo	14. 12.	8:45	57.331	98.84	280.0	10.36
Di	15. 12.	8:40	55.446	95.59	310.0	11.47
Mi	16. 12.	8:35	41.639	71.79	280.0	10.36
Do	17. 12.	8:30	40.859	70.45	250.0	9.25
Fr	18. 12.	8:40	40.556	69.92	250.0	9.25
**						
Di	22. 12.	9:00	0	0	160.0	5.92
**						
Mo	28. 12.	9:00	40.475	69.78	170.0	6.29
Di	29. 12.	8:40	40.63	70.06	170.0	6.29
Mi	30. 12.	8:30	29.617	51.06	180.0	6.66
**						
**						
**						

Tritium Daten 1982

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	4.	1.	9:00	23.684	40.83	250.0	9.25
Di	5.	1.	8:40	23.743	40.94	260.0	9.62
**							
Mo	18.	1.	8:30	18.73	32.29	68.0	2.51
Di	19.	1.	8:30	56.858	98.03	130.0	4.81
Mi	20.	1.	8:30	56.211	96.91	150.0	5.55
Do	21.	1.	8:25	56.755	97.85	170.0	6.30
Fr	22.	1.	8:40	56.607	97.60	210.0	7.77
**							
Mo	25.	1.	8:25	57.4	96.5	280.0	10.36
Di	26.	1.	8:40	41.053	70.78	280.0	10.36
Mi	27.	1.	8:10	41.308	71.22	320.0	11.84
Do	28.	1.	8:20	41.322	71.24	350.0	13.00
Fr	29.	1.	8:25	41.186	71.01	370.0	13.70
**							
Mo	1.	2.	8:30	41.68	71.86	410.0	15.17
Di	2.	2.	8:55	29.233	50.40	450.0	16.65
Mi	3.	2.	8:45	29.462	50.80	440.0	16.28
Do	4.	2.	8:25	29.3	50.52	450.0	16.65
Fr	5.	2.	8:35	29.57	50.98	460.0	17.02
**							
Mo	8.	2.	8:50	29.229	50.39	470.0	17.39
Di	9.	2.	8:30	24.242	41.80	490.0	18.13
Mi	10.	2.	8:40	24.207	41.74	480.0	17.76
Do	11.	2.	8:30	24.056	41.48	480.0	17.76
Fr	12.	2.	8:25	24.174	41.68	470.0	17.39
**							
Mo	15.	2.	8:20	23.961	41.31	440.0	16.28
Di	16.	2.	8:30	30.253	52.16	430.0	15.91
Mi	17.	2.	8:20	30.36	52.36	410.0	15.17
Do	18.	2.	8:30	30.0	52.0	380.0	14.06
Fr	19.	2.	8:30	30.0	52.0	390.0	14.43
**							
Mo	22.	2.	8:35	30.0	52.0	370.0	13.69
Di	23.	2.	8:15	30.0	52.0	410.0	15.17
Mi	24.	2.	8:40	30.0	52.0	350.0	13.00
Do	25.	2.	8:40	30.0	52.0	360.0	13.32
Fr	26.	2.	8:30	30.0	52.0	330.0	12.21
**							

Tritium Daten 1982, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
***** Geplante Abschaltphase zum Wechsel von 511/5 zu 511/6							
**							
Di	30.	3.	9:00	15.91	27.43	38.0	1.40
Mi	31.	3.	8:10	23.515	40.54	180.0	6.66
Do	1.	4.	8:25	57.027	98.32	190.0	7.03
Fr	2.	4.	8:10	57.352	98.88	200.0	7.40
**							
Mo	5.	4.	8:45	57.679	99.44	230.0	8.51
Di	6.	4.	8:20	56.818	97.96	240.0	8.88
Mi	7.	4.	8:30	57.459	99.07	250.0	9.25
Do	8.	4.	8:30	40.814	70.35	270.0	10.00
**							
Di	13.	4.	8:40	41.095	70.85	390.0	14.43
Mi	14.	4.	8:30	41.099	70.86	370.0	13.70
Do	15.	4.	8:25	23.909	41.22	410.0	15.17
Fr	16.	4.	8:25	23.813	41.06	400.0	14.80
**							
Mo	19.	4.	8:20	25.831	44.54	450.0	16.65
Di	20.	4.	8:20	23.79	41.02	465.0	17.21
Mi	21.	4.	8:20	23.555	40.61	450.0	16.65
Do	22.	4.	8:20	23.0	40.0	430.0	15.91
Fr	23.	4.	8:30	24.083	41.52	415.0	15.36
**							
***** Geplante Abschaltphase für 3 Wochen *****							
**							
Di	25.	5.	8:40	18.696	32.23	57.0	2.10
Mi	26.	5.	8:40	23.422	40.38	120.0	4.44
Fr	28.	5.	8:40	23.103	39.88	100.0	3.70
**							
Di	1.	6.	8:40	56.524	97.45	160.0	5.92
Mi	2.	6.	8:40	57.349	98.88	170.0	6.29
Do	3.	6.	8:30	57.175	98.58	180.0	6.66
Fr	4.	6.	8:30	56.847	98.01	200.0	7.40
**							
Mo	7.	6.	8:45	40.593	69.99	270.0	9.99
Di	8.	6.	8:00	40.583	69.97	280.0	10.36
Mi	9.	6.	8:40	40.405	69.66	270.0	9.99
Fr	11.	6.	8:00	40.164	69.25	310.0	11.47
**							
Mo	14.	6.	8:35	23.313	40.19	290.0	10.73
Di	15.	6.	8:40	23.386	40.32	330.0	12.21
Mi	16.	6.	8:40	23.079	39.79	310.0	11.47
Fr	18.	6.	8:30	17.561	30.29	330.0	12.21
**							

Tritium Daten 1982, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mi	7.	7.	9:00	57.322	98.83	51.0	1.89
Do	8.	7.	9:00	56.956	98.2	70.0	2.59
Fr	9.	7.	9:00	56.8	97.9	84.0	3.11
**							
Mo	12.	7.	9:00	56.5	97.4	120.0	4.44
Di	13.	7.	9:00	57.0	98.2	140.0	5.18
Mi	14.	7.	9:00	40.5	70.0	160.0	5.92
Do	15.	7.	9:00	40.8	70.7	160.0	5.92
Fr	16.	7.	8:40	40.7	70.2	170.0	6.29
**							
Mo	19.	7.	9:00	40.6	70.2	210.0	7.77
Di	20.	7.	9:00	40.0	70.0	240.0	8.88
Mi	21.	7.	8:40	40.0	70.0	250.0	9.25
Do	22.	7.	8:30	40.0	70.0	230.0	8.51
Fr	23.	7.	9:00	29.176	50.3	220.0	8.14
**							
Mo	26.	7.	8:45	29.128	50.22	240.0	8.88
Di	27.	7.	9:00	29.06	50.1	250.0	9.25
Mi	28.	7.	9:00	29.3	50.5	260.0	9.62
Do	29.	7.	8:25	29.3	50.5	240.0	8.88
Fr	30.	7.	8:30	29.3	50.5	250.0	9.25
**							
Mo	2.	8.	9:00	29.133	50.23	280.0	10.36
Di	3.	8.	8:45	29.349	50.6	290.0	10.73
Mi	4.	8.	8:30	29.562	50.97	280.0	10.36
Do	5.	8.	8:30	29.539	50.93	260.0	9.62
Fr	6.	8.	8:30	29.128	50.22	220.0	8.14
**							
Mo	9.	8.	8:25	29.066	50.11	250.0	9.25
Di	10.	8.	8:00	29.551	50.95	260.0	9.62
Mi	11.	8.	8:25	31.048	53.53	260.0	9.62
Do	12.	8.	8:25	31.193	53.78	270.0	9.99
Fr	13.	8.	8:25	29.451	50.78	270.0	9.99
**							
Mo	16.	8.	8:25	29.492	50.85	330.0	12.21
Di	17.	8.	8:00	29.273	50.47	370.0	13.69
Mi	18.	8.	8:20	29.714	51.23	330.0	12.21
Do	19.	8.	8:25	29.371	50.64	340.0	12.58
Fr	20.	8.	8:25	29.28	50.48	330.0	12.21
**							

Tritium Daten 1982, Fortsetzung

Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
			MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**						
Mo	23.	8. 8:25	29.203	50.35	290.0	10.73
Di	24.	8. 8:25	29.6	51.03	270.0	9.99
Mi	25.	8. 8:25	29.098	50.17	300.0	11.10
Do	26.	8. 8:25	29.14	50.24	280.0	10.36
Fr	27.	8. 8:25	28.836	49.72	270.0	9.99
**						
Mo	30.	8. 8:25	29.178	50.31	250.0	9.25
**						
*****	Ende des KNK II/1 Betriebs, Entladung des Erstkerns **					
**						
*****	Beladung des Zweitkerns KNK II/2 *****					
**						
*****	Beginn des KNK II/2 Betriebs: 9. 8. 1983 *****					
**						
**						
**						

Tritium Daten 1983

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³

Mi	10.	8.	8:36	23.295	40.16	16.0	0.59
Do	11.	8.	8:30	23.448	40.43	20.0	0.74
Fr	12.	8.	8:30	23.207	40.01	25.0	0.92
So	14.	8.	8:20	22.885	39.46	44.0	1.63

Mo	15.	8.	8:45	23.021	39.69	53.0	1.96
Di	16.	8.	8:50	37.875	65.3	48.0	1.78
Mi	17.	8.	9:00	46.464	80.11	45.0	1.67
Do	18.	8.	9:00	46.537	80.23	49.0	1.81
Fr	19.	8.	9:20	46.703	80.52	53.0	1.96
So	21.	8.	9:00	46.829	80.74	71.0	2.63

Mo	22.	8.	8:50	55.586	95.84	105.0	3.89
Di	23.	8.	8:30	58.376	100.65	97.0	3.59
Mi	24.	8.	8:30	58.569	100.98	114.0	4.22
Do	25.	8.	8:30	58.672	101.16	115.0	4.26
Fr	26.	8.	8:15	58.466	100.8	142.0	5.25

Do	29.	9.	8:20	23.797	41.03	37.0	1.37
Fr	30.	9.	7:40	56.752	97.85	44.0	1.63
So	2.	10.	8:30	56.959	98.2	51.0	1.89

Mo	3.	10.	9:00	56.609	97.6	57.0	2.11
Di	4.	10.	23:50	56.0	97.0	43.0	1.59
Mi	5.	10.	8:30	19.026	32.8	40.0	1.48
Do	6.	10.	8:25	56.794	97.9	53.0	1.96
Fr	7.	10.	8:05	56.952	98.19	58.0	2.15

Mo	10.	10.	8:55	56.77	97.88	57.0	2.11
Di	11.	10.	8:15	56.883	98.07	59.0	2.18
Mi	12.	10.	8:30	56.987	98.25	67.0	2.50
Do	13.	10.	8:50	57.112	98.47	68.0	2.52
Fr	14.	10.	8:30	56.776	97.89	71.0	2.63
So	16.	10.	11:20	56.83	97.98	76.0	2.81

Mo	17.	10.	9:00	56.802	97.93	81.0	3.00
Di	18.	10.	9:00	57.129	98.5	83.0	3.07
Mi	19.	10.	8:50	57.349	98.88	96.0	3.55
Do	20.	10.	8:50	57.3	98.79	101.0	3.74
Fr	21.	10.	8:50	57.008	98.29	112.0	4.14
Sa	22.	10.	9:00	57.309	98.81	118.0	4.37

Tritium Daten 1983, Fortsetzung

Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
			MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**						
Mo	24. 10.	8:30	57.438	99.03	145.0	5.37
Di	25. 10.	8:30	57.455	99.06	146.0	5.40
Do	27. 10.	8:45	17.776	30.65	107.0	3.96
Fr	28. 10.	7:40	56.66	97.69	130.0	4.81
So	30. 10.	8:30	57.082	98.42	189.0	7.00
**						
Mo	31. 10.	8:30	57.468	99.08	214.0	7.92
**						
***** Geplante Abschaltphase zum Einsetzen von 511/7 *****						
**						
Mo	5. 12.	9:30	20.801	35.86	37.0	1.37
Di	6. 12.	8:35	28.392	48.95	113.0	4.18
Mi	7. 12.	8:20	29.196	50.34	148.0	5.48
Do	8. 12.	8:35	29.148	50.25	203.0	7.51
Fr	9. 12.	8:00	29.169	50.29	219.0	8.10
**						
Mo	12. 12.	9:00	29.365	50.63	308.0	11.40
Di	13. 12.	8:30	29.323	50.56	333.0	12.32
Mi	14. 12.	8:30	29.305	50.53	333.0	12.32
Do	15. 12.	8:30	29.363	50.63	341.0	12.62
Fr	16. 12.	8:30	29.331	50.57	335.0	12.40
So	18. 12.	8:30	29.341	50.59	320.0	11.84
**						
Mo	19. 12.	8:45	29.326	50.56	330.0	12.21
Di	20. 12.	8:40	29.259	50.44	317.0	11.73
Mi	21. 12.	8:40	23.004	39.66	340.0	12.58
Do	22. 12.	8:40	23.051	39.74	346.0	12.80
Fr	23. 12.	8:40	23.169	39.95	338.0	12.51
So	25. 12.	8:00	23.2	40.0	351.0	12.99
**						
Di	27. 12.	8:50	23.37	40.29	349.0	12.91
Mi	28. 12.	8:40	23.316	40.2	361.0	13.36
Do	29. 12.	8:30	40.753	70.26	377.0	13.95
Fr	30. 12.	8:35	40.721	70.21	357.0	13.21
Sa	31. 12.	10:30	40.649	70.08	358.0	13.25
**						
**						
**						

Tritium Daten 1984

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	2.	1.	8:35	40.729	70.22	335.0	12.40
Di	3.	1.	8:30	48.127	84.7	299.0	11.06
Mi	4.	1.	8:30	49.675	85.54	289.0	10.69
Do	5.	1.	8:30	49.606	85.53	284.0	10.51
Sa	7.	1.	14:30	56.288	97.05	246.0	9.10
**							
Mo	9.	1.	8:50	56.338	97.13	224.0	8.29
Di	10.	1.	8:30	56.517	97.44	234.0	8.66
Mi	11.	1.	8:30	56.462	97.35	226.0	8.36
Do	12.	1.	8:00	56.3	97.07	245.0	9.07
Fr	13.	1.	8:20	56.572	97.54	272.0	10.06
Sa	14.	1.	13:30	56.231	96.95	265.0	9.81
So	15.	1.	8:30	56.062	96.66	222.0	8.21
**							
Mo	16.	1.	10:00	56.412	97.26	182.0	6.73
Di	17.	1.	8:30	55.948	96.46	180.0	6.66
Mi	18.	1.	8:30	23.352	40.26	249.0	9.21
Do	19.	1.	8:30	23.632	40.74	272.0	10.06
Fr	20.	1.	8:30	23.613	40.71	294.0	10.88
**							
***** Geplante Abschaltphase zum Wechsel von						511/7 zu 511/8	
**							
Fr	17.	2.	8:30	15.345	26.46	176.0	6.51
So	19.	2.	8:50	49.612	85.54	266.0	9.84
**							
Mo	20.	2.	8:50	49.866	85.97	238.0	8.81
Di	21.	2.	8:40	49.85	85.96	234.0	8.66
Mi	22.	2.	8:50	49.866	85.97	211.0	7.81
Do	23.	2.	8:30	50.099	86.38	199.0	7.36
Fr	24.	2.	8:45	55.276	95.3	201.0	7.44
Sa	25.	2.	9:30	23.702	40.87	198.0	7.33
**							
Mo	27.	2.	8:40	23.375	40.3	217.0	8.03
Di	28.	2.	8:40	23.579	40.65	226.0	8.36
Mi	29.	2.	8:45	23.619	40.72	233.0	8.62
Do	1.	3.	8:45	23.588	40.67	240.0	8.88
Fr	2.	3.	8:40	23.595	40.68	225.0	8.33
Sa	3.	3.	16:00	41.084	70.83	199.0	7.36
**							

Tritium Daten 1984, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	5.	3.	8:40	41.007	70.7	189.0	6.99
Di	6.	3.	8:30	43.0	71.0	184.0	6.81
Mi	7.	3.	8:30	41.096	70.85	179.0	6.62
Do	8.	3.	8:30	41.138	70.93	172.0	6.36
Fr	9.	3.	8:25	41.107	70.87	166.0	6.14
Sa	10.	3.	13:00	49.259	84.93	165.0	6.11
**							
Mo	12.	3.	8:30	49.116	84.68	157.0	5.81
Mi	14.	3.	8:45	49.116	84.68	160.0	5.92
Do	15.	3.	8:25	49.252	84.92	158.0	5.85
Fr	16.	3.	8:30	49.441	85.24	166.0	6.14
Sa	17.	3.	15:00	55.862	96.31	163.0	6.03
**							
Mo	19.	3.	8:25	56.106	96.73	171.0	6.33
Di	20.	3.	8:25	55.85	96.29	163.0	6.03
Mi	21.	3.	8:30	55.849	96.29	193.0	7.14
Do	22.	3.	8:20	55.938	96.44	204.0	7.55
Fr	23.	3.	8:35	56.064	96.66	208.0	7.70
So	25.	3.	8:00	56.274	97.02	220.0	8.14
**							
Mo	26.	3.	8:45	55.823	96.24	216.0	7.99
Di	27.	3.	8:40	55.958	96.48	219.29	8.11
Mi	28.	3.	8:30	49.495	85.33	224.0	8.29
Do	29.	3.	8:20	49.412	85.19	231.31	8.56
Fr	30.	3.	8:30	49.256	84.92	234.12	8.66
Sa	31.	3.	11:30	49.256	84.92	229.34	8.49
**							
Mo	2.	4.	8:00	49.299	85.0	242.44	8.97
Di	3.	4.	8:20	49.284	84.97	232.29	8.59
Mi	4.	4.	8:40	0.451	0.78	202.89	7.51
Do	5.	4.	8:30	18.851	32.5	214.22	7.93
Fr	6.	4.	14:10	49.081	84.62	350.37	12.96
Sa	7.	4.	14:00	49.153	84.74	342.7	12.68
**							
Mo	9.	4.	8:40	49.103	84.66	338.35	12.52
Di	10.	4.	8:30	49.001	84.48	318.03	11.77
Mi	11.	4.	8:30	48.754	84.06	346.27	12.81
Do	12.	4.	8:35	48.423	83.49	337.08	12.47
Fr	13.	4.	8:35	0.488	0.84	220.22	8.15
So	15.	4.	7:40	49.388	85.15	329.42	12.19
**							

Tritium Daten 1984, Fortsetzung

	Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	16.	4.	8:30	49.89	86.02	368.35	13.63
Di	17.	4.	8:40	49.696	85.54	399.1	14.77
Mi	18.	4.	8:50	49.456	85.27	399.12	14.77
Do	19.	4.	12:20	49.609	85.52	412.51	15.26
Fr	20.	4.	8:30	49.42	85.21	438.93	16.24
So	22.	4.	8:30	49.69	85.67	468.61	17.34
**							
Di	24.	4.	9:00	49.486	85.32	492.67	18.23
Mi	25.	4.	8:35	49.655	85.61	506.08	18.72
Do	26.	4.	8:30	49.711	85.71	490.74	18.16
Fr	27.	4.	8:30	24.358	42.0	641.11	23.72
So	29.	4.	10:00	24.349	41.98	658.46	24.36
**							
Mo	30.	4.	8:45	24.335	41.96	657.34	24.32
Mi	2.	5.	8:45	24.355	41.99	645.32	23.88
Do	3.	5.	8:45	49.71	85.71	603.96	22.35
Fr	4.	5.	8:30	49.618	85.55	547.7	20.26
**							
***** Geplante Abschaltphase, Revision, Entnahme von 511/8 *							
**							
Di	28.	8.	8:40	19.051	32.85	80.394	2.97
Mi	29.	8.	8:00	28.413	48.99	241.56	8.94
Do	30.	8.	8:40	46.099	79.36	278.73	10.31
Fr	31.	8.	8:40	46.607	80.36	276.37	10.23
So	2.	9.	8:25	46.672	80.47	264.07	9.77
**							
Mo	3.	9.	8:50	46.556	80.27	239.55	8.86
Di	4.	9.	8:30	57.874	99.78	225.91	8.36
Mi	5.	9.	8:35	57.799	99.65	212.59	7.87
Do	6.	9.	8:00	58.094	100.16	201.68	7.46
Fr	7.	9.	8:30	57.24	98.69	185.66	6.87
**							
Mo	10.	9.	8:30	57.373	98.92	189.61	7.02
Di	11.	9.	8:15	57.524	99.18	196.12	7.26
Mi	12.	9.	8:15	57.332	98.85	195.61	7.24
Do	13.	9.	8:00	57.92	99.86	205.53	7.60
Fr	14.	9.	8:00	57.412	98.99	194.26	7.19
**							
Mo	17.	9.	8:30	57.641	99.38	173.18	6.40
Di	18.	9.	8:05	57.655	99.4	140.67	5.20
Mi	19.	9.	8:10	57.757	99.58	125.23	4.63
**							

Tritium Daten 1984, Fortsetzung

Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
			MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**						
***** Scram *****						
**						
Mo	24.	9. 11:30	0.114	0.2	53.072	1.96
Di	25.	9. 9:45	21.89	37.75	64.773	2.40
Mi	26.	9. 8:45	57.78	99.6	87.322	3.23
Do	27.	9. 8:35	57.905	99.83	99.983	3.70
Fr	28.	9. 8:30	57.742	99.55	113.52	4.20
**						
Mo	1.	10. 8:30	58.011	100.0	138.03	5.10
Di	2.	10. 8:30	57.851	99.74	141.08	5.22
Mi	3.	10. 8:35	58.176	100.3	153.44	5.68
Do	4.	10. 8:25	58.296	100.51	167.71	6.21
Fr	5.	10. 8:25	58.256	100.44	155.89	5.77
Sa	6.	10. 8:00	29.205	50.35	185.58	6.87
So	7.	10. 9:00	29.503	50.87	229.25	8.48
**						
Mo	8.	10. 8:40	29.294	50.51	232.9	8.62
Di	9.	10. 8:30	29.107	50.18	206.9	7.66
Mi	10.	10. 8:30	29.356	50.61	205.45	7.60
Do	11.	10. 8:30	57.881	99.79	187.54	6.94
**						
***** Fr 12. 10. um 7:03 Scram aus 100 % *****						
**						
Mo	22.	10. 8:30	48.458	83.55	121.93	4.51
Di	23.	10. 8:30	58.116	100.2	133.53	4.94
Mi	24.	10. 8:30	57.872	99.78	134.53	4.98
Do	25.	10. 8:30	58.25	100.43	132.71	4.91
Fr	26.	10. 8:30	57.99	99.98	135.79	5.02
So	28.	10. 8:45	58.41	100.71	143.25	5.30
**						
Mo	29.	10. 8:35	58.555	100.95	145.66	5.39
Di	30.	10. 8:40	58.422	100.73	157.28	5.82
Mi	31.	10. 8:30	58.422	100.73	157.26	5.82
Fr	2.	11. 8:25	57.706	99.49	158.66	5.87
So	4.	11. 8:10	57.762	99.59	168.26	6.23
**						
Mo	5.	11. 8:45	57.637	99.37	171.71	6.35
Di	6.	11. 8:30	57.937	99.89	169.65	6.28
Fr	9.	11. 8:30	19.377	33.41	124.99	4.62
Sa	10.	11. 14:00	57.61	99.67	196.63	7.28
**						

Tritium Daten 1984, Fortsetzung

Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
			MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**						
Mo	12. 11.	8:35	57.644	99.38	231.95	8.58
Di	13. 11.	8:45	57.721	99.52	252.16	9.33
Mi	14. 11.	8:40	57.642	99.38	269.81	9.98
Do	15. 11.	8:40	57.708	99.49	259.32	9.59
**						
*****	Do	15. 11. um 15:25	Geplanter Scram		*****	
**						
Mo	10. 12.	8:39	15.598	26.89	25.691	0.95
Di	11. 12.	8:45	35.274	60.82	111.21	4.11
Mi	12. 12.	8:30	46.654	80.44	125.67	4.65
Do	13. 12.	8:40	57.564	99.25	120.49	4.46
Fr	14. 12.	8:30	57.716	99.51	119.2	4.41
So	16. 12.	9:20	57.81	99.67	97.4	3.60
**						
Mo	17. 12.	8:30	57.877	99.79	93.88	3.47
Di	18. 12.	8:25	58.039	100.07	85.34	3.16
Mi	19. 12.	8:30	57.887	99.8	82.69	3.06
Do	20. 12.	8:15	57.745	99.56	86.3	3.19
Fr	21. 12.	8:40	57.884	99.8	84.23	3.12
So	23. 12.	11:00	58.196	100.34	90.18	3.34
**						
Mo	31. 12.	13:00	58.033	100.05	104.63	3.87
**						
**						
**						

Tritium Daten 1985

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mi	2.	1.	8:45	57.506	99.15	117.41	4.34
Do	3.	1.	8:40	57.772	99.6	110.73	4.10
Fr	4.	1.	8:40	57.917	99.85	113.56	4.20
So	6.	1.	8:40	57.64	99.38	99.94	3.70
**							
Mo	7.	1.	8:45	57.541	99.21	88.69	3.28
Di	8.	1.	8:30	36.639	63.17	66.26	2.45
**							
So	27.	1.	9:05	16.54	28.52	54.676	2.02
**							
Mo	28.	1.	8:40	57.722	99.52	144.98	5.36
Di	29.	1.	8:10	58.13	100.22	176.77	6.54
Mi	30.	1.	8:30	57.703	99.49	187.95	6.95
**							
Mo	25.	2.	15:40	22.195	38.27	21.419	0.79
Di	26.	2.	8:45	46.967	80.98	35.442	1.31
Mi	27.	2.	8:55	56.616	97.61	47.26	1.75
Fr	1.	3.	8:45	7.278	12.55	42.144	1.56
Sa	2.	3.	10:40	52.042	89.73	53.846	1.99
So	3.	3.	9:45	58.25	100.43	68.106	2.52
**							
Mo	4.	3.	8:40	58.743	101.28	67.196	2.49
Di	5.	3.	8:30	58.581	100.95	61.997	2.29
Mi	6.	3.	8:45	58.455	100.78	78.158	2.89
Do	7.	3.	8:35	58.486	100.84	79.202	2.93
Fr	8.	3.	8:30	57.88	99.79	84.737	3.14
Sa	9.	3.	15:30	57.89	99.81	101.18	3.74
**							
Mo	11.	3.	8:30	57.617	99.34	88.138	3.26
Di	12.	3.	8:30	57.896	99.82	83.344	3.08
Mi	13.	3.	7:35	57.691	99.47	75.434	2.79
Do	14.	3.	8:35	57.799	99.65	86.343	3.19
Fr	15.	3.	8:00	57.814	99.68	94.48	3.50
Sa	16.	3.	8:30	57.964	99.94	100.89	3.73
**							
Mo	18.	3.	7:30	57.818	99.68	109.71	4.06
Di	19.	3.	7:30	57.999	100.0	114.7	4.24
Mi	20.	3.	7:20	58.075	100.13	112.79	4.17
Do	21.	3.	8:30	58.149	100.25	111.13	4.11
Fr	22.	3.	8:35	57.909	99.84	114.02	4.22
So	24.	3.	10:20	57.776	99.61	108.37	4.01
**							

Tritium Daten 1985, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	25.	3.	8:30	57.931	99.89	97.7	3.61
Di	26.	3.	8:30	57.964	99.94	90.4	3.34
Mi	27.	3.	8:50	57.871	99.75	89.66	3.32
Do	28.	3.	8:50	57.773	99.61	86.91	3.22
Fr	29.	3.	9:40	57.566	99.85	86.51	3.20
Sa	30.	3.	9:35	57.858	99.75	96.07	3.55
**							
Mo	1.	4.	10:55	57.665	99.42	134.97	4.99
Di	2.	4.	8:15	57.479	99.1	125.69	4.65
Mi	3.	4.	9:05	57.5	99.14	128.25	4.75
Do	4.	4.	8:50	57.915	99.85	117.95	4.36
**							
Di	9.	4.	8:45	57.915	99.85	98.48	3.64
Mi	10.	4.	8:40	57.912	99.84	96.4	3.57
Do	11.	4.	8:35	57.871	99.78	97.82	3.62
Fr	12.	4.	8:33	57.85	99.74	97.26	3.60
Sa	13.	4.	11:00	57.4	98.96	96.34	3.56
**							
Mo	15.	4.	8:35	57.79	99.64	100.81	3.73
Di	16.	4.	7:40	57.946	99.9	100.27	3.71
Mi	17.	4.	8:30	57.952	99.92	103.2	3.82
Do	18.	4.	8:15	57.858	99.75	110.33	4.08
Fr	19.	4.	8:00	49.313	85.02	113.95	4.21
So	21.	4.	8:30	49.547	85.42	122.79	4.54
**							
Mo	22.	4.	7:30	49.753	85.78	128.41	4.75
Di	23.	4.	7:30	49.545	85.45	136.58	5.05
Mi	24.	4.	7:30	49.666	85.63	137.77	5.09
Fr	26.	4.	7:30	49.446	85.25	147.81	5.47
**							
Mo	29.	4.	8:45	49.611	85.53	158.77	5.87
Di	30.	4.	7:30	40.608	70.01	178.28	6.60
Do	2.	5.	7:30	31.96	55.10	206.52	7.64
Fr	3.	5.	8:00	8.791	15.16	221.64	8.20
**							
***** Geplante Abschaltphase, 1. BE-Schaden KNK II/2 *****							
**							
Mo	8.	7.	8:00	0.268	0.46	1.5498	0.05
Di	9.	7.	7:50	16.668	28.74	9.7652	0.36
Mi	10.	7.	8:00	20.871	35.98	92.287	3.41
Fr	12.	7.	8:00	19.725	34.01	75.913	2.81
So	14.	7.	8:00	23.449	40.43	142.72	5.28
**							

Tritium Daten 1985, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	15.	7.	7:55	23.637	40.75	179.91	6.66
Di	16.	7.	8:20	23.679	40.83	208.05	7.70
Mi	17.	7.	7:55	49.977	86.17	222.41	8.23
Do	18.	7.	8:06	49.716	85.72	239.95	8.88
Fr	19.	7.	8:10	49.898	86.03	235.78	8.72
**							
Mo	22.	7.	8:15	49.559	85.44	236.14	8.74
Di	23.	7.	8:15	57.597	99.3	246.28	9.11
Mi	24.	7.	8:15	57.582	99.28	240.76	8.91
Do	25.	7.	8:15	58.032	100.05	242.38	8.97
Fr	26.	7.	8:20	57.825	99.69	245.22	9.07
**							
Mo	29.	7.	8:30	58.023	100.04	235.19	8.70
Di	30.	7.	8:30	57.818	99.68	249.09	9.22
Mi	31.	7.	8:30	58.116	100.2	246.4	9.12
Do	1.	8.	8:00	58.0	100.0	221.91	8.21
Fr	2.	8.	8:30	57.529	99.19	121.13	4.48
So	4.	8.	8:20	57.856	99.75	165.98	6.14
**							
Mo	5.	8.	8:25	57.346	99.87	186.87	6.91
Di	6.	8.	8:25	57.987	99.98	206.9	7.66
Mi	7.	8.	8:20	57.987	99.98	220.87	8.17
Do	8.	8.	8:40	57.78	99.62	225.89	8.36
Fr	9.	8.	8:30	57.897	99.82	235.56	8.72
**							
Mo	12.	8.	8:30	57.663	99.43	257.68	9.53
Di	13.	8.	8:20	57.835	99.72	265.84	9.84
Mi	14.	8.	8:30	57.998	99.99	264.25	9.78
Do	15.	8.	8:25	57.56	99.24	227.36	8.41
So	18.	8.	8:15	57.678	99.44	176.67	6.54
**							
Mo	19.	8.	8:15	57.738	99.55	156.96	5.81
Di	20.	8.	8:35	57.319	98.82	136.43	5.05
Mi	21.	8.	8:30	57.593	99.3	125.12	4.63
Do	22.	8.	8:00	57.682	99.48	118.78	4.39
Fr	23.	8.	8:00	57.703	99.49	110.25	4.08
Sa	24.	8.	9:55	57.668	99.43	101.36	3.75
**							
Mo	26.	8.	8:25	57.534	99.19	95.114	3.52
Di	27.	8.	8:15	57.737	99.54	92.587	3.43
Mi	28.	8.	8:20	58.118	100.20	92.669	3.43
Do	29.	8.	8:30	57.883	99.8	91.189	3.37
Fr	30.	8.	8:00	57.603	99.31	95.392	3.53
**							

Tritium Daten 1985, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität		
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³	
**								
Mo	2.	9.	8:20	57.817	99.68	98.02	3.63	
Di	3.	9.	8:00	57.936	99.89	102.46	3.79	
Mi	4.	9.	8:00	57.668	99.43	138.12	5.11	
Do	5.	9.	8:25	57.658	99.41	158.57	5.87	
Fr	6.	9.	8:25	57.851	99.74	165.57	6.13	
Sa	7.	9.	9:45	57.798	99.65	151.92	5.62	
**								
Mo	9.	9.	8:20	57.491	99.12	132.45	4.90	
Di	10.	9.	8:25	57.37	98.91	124.8	4.62	
Mi	11.	9.	8:20	57.787	99.63	110.52	4.09	
Do	12.	9.	8:15	57.772	99.6	100.48	3.72	
Fr	13.	9.	8:10	57.855	99.75	92.685	3.43	
Sa	14.	9.	10:00	57.766	99.59	83.411	3.09	
**								
Mo	16.	9.	8:25	57.823	99.69	87.653	3.24	
Di	17.	9.	8:00	57.559	99.24	87.202	3.23	
Mi	18.	9.	8:20	58.056	100.09	84.169	3.11	
Do	19.	9.	8:20	58.124	100.21	84.57	3.13	
Fr	20.	9.	8:20	57.979	99.95	89.706	3.32	
Sa	21.	9.	10:00	57.541	99.21	87.304	3.23	
**								
Mo	23.	9.	8:35	57.912	99.85	114.53	4.24	
Di	24.	9.	8:20	57.559	99.24	117.27	4.34	
Mi	25.	9.	8:30	57.74	99.55	120.56	4.46	
Do	26.	9.	8:25	57.927	99.87	117.97	4.36	
Fr	27.	9.	8:25	57.59	99.29	123.9	4.58	
So	29.	9.	8:15	58.002	100.0	138.86	5.14	
**								
Mo	30.	9.	8:20	58.145	100.25	141.99	5.25	
Di	1.	10.	8:25	57.99	99.98	151.58	5.60	
Mi	2.	10.	6:30	57.831	99.71	158.2	5.85	
Do	3.	10.	8:30	57.966	99.94	154.71	5.72	
Fr	4.	10.	8:15	46.154	79.57	163.18	6.04	
**								
Mo	7.	10.	8:50	40.152	69.23	184.62	6.83	
Di	8.	10.	8:25	34.457	59.41	195.35	7.23	
Mi	9.	10.	8:20	34.565	59.59	194.5	7.20	
Do	10.	10.	8:30	10.213	17.61	223.37	8.26	
**								
*****	Geplante Abschaltphase, 2. BE-Schaden KNK II/2 *****							
**								
**								
**								

Tritium Daten 1986

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³

Fr	21.	3.	8:50	49.925	86.08	262.98	9.73
Sa	22.	3.	10:20	49.803	85.87	254.32	9.41

Mo	24.	3.	8:20	49.981	86.17	262.3	9.70

Di	8.	4.	8:40	18.039	31.1	28.31	1.05
Mi	9.	4.	8:30	49.244	84.9	51.73	1.91
Do	10.	4.	8:15	57.621	99.31	81.47	3.01
Fr	11.	4.	8:30	57.173	98.57	99.94	3.70
Sa	12.	4.	9:45	57.624	99.35	112.43	4.16

Mo	14.	4.	8:45	57.437	99.03	122.68	4.54
Di	15.	4.	8:30	57.709	99.49	129.01	4.77
Mi	16.	4.	8:30	57.781	99.62	130.81	4.84
Do	17.	4.	8:20	57.7	99.48	139.17	5.15
Fr	18.	4.	8:30	57.859	99.75	157.29	5.82
Sa	19.	4.	8:00	57.335	99.85	167.71	6.20

Mo	21.	4.	8:50	57.876	99.78	182.87	6.77
Mi	23.	4.	8:30	57.931	99.88	208.37	7.71
Do	24.	4.	8:25	57.69	99.46	207.94	7.69
Fr	25.	4.	8:20	57.714	99.5	221.3	8.19

Di	29.	4.	8:30	17.303	29.83	150.02	5.55
Mi	30.	4.	8:20	49.041	84.55	161.38	5.97
Fr	2.	5.	8:30	57.91	99.84	159.94	5.92
Sa	3.	5.	11:00	58.0	100.0	172.04	6.37

Mo	5.	5.	8:30	57.861	99.76	204.09	7.55
Di	6.	5.	8:20	57.796	99.65	213.13	7.89
Mi	7.	5.	9:00	58.074	100.13	231.63	8.57
Fr	9.	5.	8:30	57.801	99.55	218.65	8.09
Sa	10.	5.	10:30	58.11	100.2	212.7	7.87

Mo	12.	5.	8:30	58.1	100.17	242.39	8.97
Di	13.	5.	8:30	58.019	100.03	262.82	9.72
Mi	14.	5.	8:20	57.629	99.36	282.02	10.43
Do	15.	5.	7:30	57.878	99.79	299.00	11.06
Fr	16.	5.	8:30	52.207	90.01	341.55	12.64
So	18.	5.	10:40	40.283	69.45	396.15	14.66

Tritium Daten 1986, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Di	20.	5.	8:45	40.414	69.68	404.53	14.97
Mi	21.	5.	8:30	9.152	15.79	387.78	14.35
**							
***** Geplante Abschaltphase, 3. BE-Schaden KNK II/2 *****							
**							
Di	19.	8.	8:30	46.15	79.57	57.65	2.13
Mi	20.	8.	8:30	46.395	79.99	73.36	2.71
Do	21.	8.	8:30	47.483	81.87	74.26	2.75
**							
Fr	29.	8.	8:00	15.4	8.93	36.05	1.33
**							
***** Geplante Abschaltphase, 4. BE-Schaden KNK II/2 *****							
**							
**							
**							

Tritium Daten 1987

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
So	29.	3.	8:30	8.787	15.15	8.83	0.32
**							
Mo	30.	3.	8:30	17.513	30.19	19.76	0.73
Di	31.	3.	8:30	28.677	49.44	37.84	1.40
Mi	1.	4.	8:30	49.171	84.78	44.75	1.66
Do	2.	4.	7:30	48.986	84.46	38.62	1.43
Fr	3.	4.	8:40	49.287	84.98	35.33	1.31
So	5.	4.	9:30	49.133	84.71	32.72	1.21
**							
Mo	6.	4.	8:40	49.33	85.05	35.75	1.32
Di	7.	4.	8:30	57.617	99.34	36.25	1.34
Mi	8.	4.	8:40	40.501	69.83	40.62	1.50
Do	9.	4.	8:30	43.201	74.98	53.19	1.96
Fr	10.	4.	8:30	43.201	74.98	51.11	1.89
**							
Mo	13.	4.	8:40	41.16	70.96	66.61	2.46
Di	14.	4.	8:25	41.09	70.84	70.24	2.59
Mi	15.	4.	8:25	41.184	70.94	78.32	2.89
Do	16.	4.	8:15	49.209	84.84	82.99	3.07
Fr	17.	4.	9:40	49.495	85.33	90.30	3.34
So	19.	4.	9:20	49.42	85.21	88.56	3.27
**							
Di	21.	4.	8:30	49.276	84.96	101.43	3.75
Mi	22.	4.	8:25	49.414	85.19	82.93	3.06
Do	23.	4.	8:30	49.401	85.17	74.46	2.75
Fr	24.	4.	8:30	49.455	85.27	70.91	2.62
So	26.	4.	8:45	49.096	84.05	69.31	2.56
**							
Mo	27.	4.	8:35	49.399	85.17	68.96	2.55
Di	28.	4.	8:30	49.492	85.33	62.93	2.32
Mi	29.	4.	8:30	49.324	85.04	61.19	2.26
**							
Di	19.	5.	8:30	23.062	39.76	44.62	1.65
Mi	20.	5.	7:50	23.104	39.83	82.27	3.04
Do	21.	5.	7:30	16.748	28.88	94.64	3.50
Fr	22.	5.	7:30	16.433	28.33	77.57	2.87
So	24.	5.	7:15	22.889	39.46	117.06	4.33
**							
Mo	25.	5.	8:30	23.026	39.7	127.69	4.72
Di	26.	5.	9:00	23.016	39.68	136.59	5.05
Mi	27.	5.	8:10	23.017	39.68	153.44	5.68
**							

Tritium Daten 1987, Fortsetzung

Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
			MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**						
***** Geplante Abschaltphase, 5. BE-Schaden KNK II/2 *****						
**						
Mi	30. 9.	8:20	17.526	30.22	9.47	0.35
Do	1. 10.	8:25	23.771	40.98	33.97	1.26
Fr	2. 10.	8:20	35.002	60.35	55.7	2.06
Sa	3. 10.	13:30	35.234	60.75	64.36	2.38
**						
Mo	5. 10.	8:15	35.077	60.48	82.69	3.06
Di	6. 10.	8:20	35.009	60.36	100.26	3.71
Mi	7. 10.	8:10	35.033	60.4	89.18	3.30
Do	8. 10.	7:45	35.004	60.35	94.56	3.50
Fr	9. 10.	8:15	35.074	60.47	99.07	3.67
So	11. 10.	8:10	34.963	60.28	104.6	3.87
**						
Mo	12. 10.	7:45	34.97	60.29	104.13	3.85
Di	13. 10.	7:35	34.789	59.98	105.14	3.89
Mi	14. 10.	7:30	35.028	60.39	112.64	4.17
Do	15. 10.	7:30	34.952	60.26	118.44	4.38
Fr	16. 10.	7:25	35.185	60.66	125.88	4.66
So	18. 10.	8:20	34.978	60.11	132.44	4.90
**						
Mo	19. 10.	7:25	35.049	60.43	144.58	5.35
Di	20. 10.	7:20	34.983	60.31	142.39	5.27
Mi	21. 10.	7:20	34.926	60.22	140.4	5.19
Do	22. 10.	7:30	35.229	60.74	145.84	5.40
Fr	23. 10.	7:25	34.853	60.09	153.57	5.68
Sa	24. 10.	12:15	35.029	60.39	158.23	5.85
**						
Mo	26. 10.	7:30	34.831	60.05	174.14	6.44
Di	27. 10.	7:25	34.835	60.06	177.12	6.55
Mi	28. 10.	7:25	34.99	60.33	183.18	6.78
Do	29. 10.	7:25	35.214	60.71	201.32	7.45
Fr	30. 10.	7:25	35.156	60.58	194.64	7.20
**						
Mi	4. 11.	8:15	34.859	60.1	235.74	8.72
Do	5. 11.	7:30	35.304	60.87	246.65	9.13
Fr	6. 11.	7:30	34.99	60.33	253.05	9.36
So	8. 11.	8:00	11.644	20.11	216.67	8.00
**						
Mo	9. 11.	7:30	12.037	20.75	197.73	7.32
**						
***** Ende des regulären KNK II/2 Betriebs *****						
**						
**						
**						

Tritium Daten 1990

Wiederinbetriebnahme nach Genehmigung der Standzeitverlängerung
am 31. 1. 1990

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Do	1.	2.	7:30	23.28	40.14	40.37	1.49
Fr	2.	2.	9:30	34.63	59.70	57.15	2.12
**							
Mo	5.	2.	7:30	35.64	61.45	66.40	2.45
Di	6.	2.	8:30	52.16	89.92	58.88	2.18
Mi	7.	2.	7:30	35.56	61.30	62.82	2.32
Do	8.	2.	7:30	35.33	60.92	60.43	2.24
Fr	9.	2.	7:30	35.49	61.18	57.05	2.11
Sa	10.	2.	15:05	35.50	61.29	47.77	1.77
**							
Mo	12.	2.	7:30	35.14	60.58	52.01	1.92
Di	13.	2.	7:30	35.43	61.08	49.48	1.83
Mi	14.	2.	7:30	35.48	61.18	47.54	1.76
Do	15.	2.	7:30	35.28	60.83	45.21	1.68
Fr	16.	2.	7:30	35.66	61.48	44.11	1.63
Sa	17.	2.	14:00	35.36	60.96	43.68	1.62
**							
Mo	19.	2.	7:30	36.15	61.19	43.06	1.59
Di	20.	2.	7:30	35.38	60.99	40.42	1.50
Mi	21.	2.	7:30	35.48	61.17	39.48	1.46
Do	22.	2.	7:30	35.48	61.17	41.36	1.53
Fr	23.	2.	7:30	35.43	61.09	44.20	1.64
**							
So	25.	2.	8:30	35.30	60.86	45.98	1.70
Mo	26.	2.	7:30	35.10	60.51	51.39	1.90
Di	27.	2.					
Mi	28.	2.	7:30	35.27	60.80	54.80	2.03
Do	1.	3.	7:30	35.27	60.81	57.80	2.14
Fr	2.	3.	8:30	35.24	60.75	60.77	2.25
Sa	3.	3.	14:30	35.27	60.86	61.28	2.27
**							
Mo	5.	3.	8:50	35.33	60.92	68.69	2.54
Di	6.	3.	8:30	35.26	60.79	74.22	2.75
Mi	7.	3.	8:45	35.29	60.85	81.18	3.00
**							

Tritium Daten 1990, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³

***** Reparatur einer Dampferzeuger-Meßleitung *****							

Fr	16.	3.	8:35	17.75	30.61	35.87	1.32

Mo	19.	3.	8:30	34.74	59.89	59.64	2.21
Di	20.	3.	8:30	34.86	60.11	62.57	2.32
Mi	21.	3.	8:30	34.98	60.39	67.83	2.44
Do	22.	3.	8:30	34.90	60.17	71.72	2.65
Fr	23.	3.	8:20	34.18	60.66	77.41	2.86

Mo	26.	3.	8:00	9.01	15.55	76.33	2.82

***** Geplante Abschaltphase, 6. BE-Schaden KNK II/2 *****							

Di	10.	4.	7:30	11.97	20.63	0.98	0.04
Mi	11.	4.	7:50	34.90	60.17	50.78	1.88
Do	12.	4.	8:25	34.88	60.13	80.19	2.97
Fr	13.	4.	9:00	34.64	59.73	105.18	3.89
So	15.	4.	9:00	34.82	60.05	142.27	5.23

Di	17.	4.	7:50	34.79	59.89	175.89	6.51
Mi	18.	4.	7:50	34.79	59.99	182.94	6.77
Do	19.	4.	7:45	34.89	60.15	185.84	6.88
Fr	20.	4.	7:45	34.85	60.09	192.45	7.12
Sa	21.	4.	14:00	34.93	60.25	181.59	6.72

Mo	23.	4.	7:50	35.04	60.41	177.06	6.55
Di	24.	4.	7:50	34.94	60.25	181.97	6.73
Mi	25.	4.	7:45	34.83	60.04	179.15	6.63
Do	26.	4.	7:45	34.99	60.33	180.66	6.68
Fr	27.	4.	7:30	34.89	60.12	185.60	6.87
So	29.	4.	14:10	35.00	60.35	151.28	5.60

Mo	30.	4.	7:50	35.14	60.59	127.44	4.72
Mi	2.	5.	7:30	34.94	60.24	130.75	4.84
Do	3.	5.	7:50	35.01	60.36	126.65	4.69
Fr	4.	5.	7:40	35.05	60.42	121.03	4.48
So	6.	5.	8:30	35.15	60.60	121.53	4.50

Tritium Daten 1990, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	7.	5.	7:30	35.17	60.64	123.62	4.57
Di	8.	5.	7:40	35.05	60.43	122.44	4.53
Mi	9.	5.	7:30	34.99	60.32	122.29	4.52
Do	10.	5.	7:30	34.87	60.11	130.22	4.82
Fr	11.	5.	7:45	35.06	60.45	128.70	4.76
Sa	12.	5.	9:00	34.97	60.29	137.91	5.10
**							
Mo	14.	5.	7:45	35.09	60.50	143.70	5.32
Di	15.	5.	7:45	35.09	60.50	157.73	5.84
Mi	16.	5.	7:30	35.22	60.72	162.51	6.01
Do	17.	5.	7:45	35.25	60.78	168.25	6.23
Fr	18.	5.	7:45	35.06	60.45	177.35	6.56
Sa	19.	5.	13:55	35.12	60.54	176.33	6.52
**							
Mo	21.	5.	7:50	34.92	60.21	193.15	7.15
Di	22.	5.	7:50	35.01	60.36	203.76	7.54
Mi	23.	5.	7:30	35.07	60.46	214.00	7.92
Fr	25.	5.	9:00	34.91	60.18	238.41	8.82
**							
Mo	28.	5.	7:40	35.17	60.63	281.05	10.40
Di	29.	5.	7:40	35.16	60.62	305.23	11.29
Mi	30.	5.	7:40	35.07	60.46	305.52	11.30
Do	31.	5.	7:40	35.20	60.68	308.52	11.42
Fr	1.	6.	7:40	35.07	60.47	314.74	11.65
So	3.	6.	8:30	35.14	60.59	328.69	12.16
**							
Di	5.	6.	7:45	35.00	60.34	331.18	12.25
Mi	6.	6.	7:50	35.36	60.96	323.23	11.96
Do	7.	6.	7:40	35.21	60.70		
Fr	8.	6.	8:00	35.43	61.08	343.98	12.73
Sa	9.	6.	8:30	35.14	60.59	349.89	12.95
**							
Mo	11.	6.	7:45	35.23	60.74	356.85	13.20
Di	12.	6.	7:45	35.155	60.61	357.27	13.22
Mi	13.	6.	7:45	35.34	60.92	354.39	13.11
Fr	15.	6.	9:45	35.30	60.87	357.22	13.22
**							
***** Spülbetrieb bis zum 26. 6. *****							
**							
Mo	18.	6.	7:45	0.0	0.0	309.05	11.43
Di	19.	6.	7:50	0.0	0.0	284.50	10.53
Mi	20.	6.	7:40	0.0	0.0	290.80	10.76
Sa	23.	6.	12:00	0.0	0.0	203.02	7.55
**							

Tritium Daten 1990, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	25.	6.	7:45	0.0	0.0	171.21	6.33
Di	26.	6.	7:40	0.0	0.0	166.35	6.16
**							
***** Anlage abgefahren für wiederkehrende Prüfungen *****							
**							
Mi	17.	10.	8:30	8.7	15.0	10.70	0.40
Do	18.	10.	8:00	31.7	54.7	46.23	1.71
Fr	19.	10.	8:20	35.4	60.9	80.16	2.97
**							
Mo	22.	10.	8:25	35.2	60.7	121.91	4.52
Di	23.	10.	7:50	35.1	60.6	120.14	4.45
Mi	24.	10.	8:20	35.1	60.6	120.04	4.44
Do	25.	10.	8:15	35.1	60.6	116.64	4.32
Fr	26.	10.	7:30	35.0	60.4	119.13	4.41
So	28.	10.	14:15	34.9	60.1	125.49	4.65
**							
Mo	29.	10.	8:30	34.9	60.1	129.17	4.80
Di	30.	10.	8:30	35.0	60.4	133.56	4.95
Mi	31.	10.	8:15	35.0	60.4	140.90	5.22
Fr	2.	11.	7:20	35.1	60.5	150.71	5.58
So	4.	11.	8:30	34.0	59.0	168.83	6.26
**							
Mo	5.	11.	8:00	35.1	60.6	168.38	6.24
Di	6.	11.	8:30	34.9	60.1	173.77	6.44
Mi	7.	11.	8:30	35.1	60.5	172.63	6.39
Do	8.	11.	8:30	35.0	60.3	177.72	6.58
Fr	9.	11.	8:30	35.1	60.5	189.43	7.01
Sa	10.	11.	10:15	35.0	60.4	192.36	7.12
**							
Mo	12.	11.	8:30	35.1	60.6	205.07	7.59
Di	13.	11.	8:00	35.0	60.4	201.94	7.47
Mi	14.	11.	8:30	35.0	60.3	208.67	7.72
Do	15.	11.	8:30	35.0	60.4	213.50	7.90
Fr	16.	11.	8:20	35.09	60.51	210.46	7.79
**							
Mo	19.	11.	8:00	35.19	60.66	221.67	8.20
Di	20.	11.	8:00	35.04	60.42	229.15	8.48
Do	22.	11.	7:40	35.30	60.87	234.44	8.67
Fr	23.	11.	8:00	35.18	60.65	234.30	8.67
Sa	24.	11.	10:00	35.22	60.71	233.73	8.65
**							

Tritium Daten 1990, Fortsetzung

Zeitangaben			Leistung		Aktivität	
			MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**						
Mo	26. 11.	8:15	35.12	60.54	238.08	8.81
Di	27. 11.	8:15	35.06	60.45	248.33	9.19
Mi	28. 11.	8:00	35.25	60.71	264.95	9.80
Do	29. 11.	8:00	35.0	60.4	267.64	9.90
Fr	30. 11.	8:00	34.96	60.28	279.94	10.36
So	2. 12.	8:00	35.0	60.4	275.98	10.21
**						
Mo	3. 12.	8:00	34.8	59.98	273.55	10.11
Di	4. 12.	8:00	35.0	60.4	299.35	11.08
Mi	5. 12.	8:00	34.91	60.19	293.51	10.86
Do	6. 12.	8:00	35.03	60.40	295.53	10.93
Fr	7. 12.	7:40	34.98	60.11	289.22	10.47
So	9. 12.	11:22	34.82	60.03	288.55	10.68
**						
Mo	10. 12.	7:35	34.56	59.58	285.12	10.55
Di	11. 12.	7:40	34.79	59.98	279.83	10.35
Mi	12. 12.	7:40	34.48	59.45	275.51	10.19
Do	13. 12.	7:50	34.74	59.89	281.37	10.41
Fr	14. 12.	7:30	34.78	59.97	264.81	9.80
Sa	15. 12.	10:00	35.00	60.40	286.17	10.59
**						
Mo	17. 12.	7:05	35.00	60.40	278.57	10.31
Di	18. 12.	7:30	35.00	60.40	277.52	10.27
Mi	19. 12.	7:35	35.00	60.40	266.86	9.87
Do	20. 12.	7:30	34.97	60.29	266.86	9.87
Fr	21. 12.	7:45	34.62	59.69	284.83	10.54
So	23. 12.	9:30	34.82	60.08	289.19	10.70
**						
Mi	26. 12.	8:30	34.97	60.29	300.82	11.13
Do	27. 12.	7:30	34.85	60.09	292.40	10.82
Fr	28. 12.	7:30	34.80	60.00	311.34	11.52
So	30. 12.	8:30	34.92	60.20	323.59	11.97
**						
**						
**						

Tritium Daten 1991

Fortsetzung des regulären Betriebs während der
Standzeitverlängerung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mi	2.	1.	7:30	34.92	60.20	318.52	11.79
Do	3.	1.	7:30	46.76	80.61	333.52	12.34
Fr	4.	1.	7:30	46.87	80.81	329.91	12.21
Sa	5.	1.	10:40	57.82	99.69	329.78	12.20
**							
Mo	7.	1.	7:30	49.64	85.52	313.19	11.59
**							
***** Geplante Abschaltphase, 7. BE-Schaden KNK II/2 *****							
**							
Di	16.	7.	8:30	9.14	15.75	32.43	1.20
Mi	17.	7.	8:30	18.05	31.13	73.26	2.71
Do	18.	7.	8:30	36.11	62.25	178.04	6.59
Fr	19.	7.	8:30	47.42	81.75	183.97	6.81
**							
Mo	22.	7.	7:30	47.15	81.30	165.11	6.11
Di	23.	7.	8:30	47.42	81.75	159.74	5.91
Mi	24.	7.	8:30	47.72	82.28	145.89	5.40
Do	25.	7.	8:30	47.29	81.93	138.78	5.13
Fr	26.	7.	8:30	46.50	80.17	120.52	4.46
**							
Mo	29.	7.	7:30	46.70	80.52	81.07	3.00
Di	30.	7.	7:30	46.50	80.17	70.44	2.61
Mi	31.	7.	7:30	36.98	63.75	75.78	2.80
Do	1.	8.	8:30	36.54	63.00	75.07	2.78
Fr	2.	8.	8:30	34.92	60.20	73.02	2.70
**							
Mo	5.	8.	7:30	34.80	60.02	73.30	2.71
Di	6.	8.	8:30	34.81	60.02	67.92	2.49
Mi	7.	8.	7:30	34.80	60.00	68.55	2.54
Do	8.	8.	8:30	34.79	59.98	70.63	2.61
Fr	9.	8.	8:30	34.79	59.98	64.53	2.39
**							
Mo	12.	8.	7:30	34.80	60.00	64.39	2.38
Di	13.	8.	7:30	34.82	60.03	68.46	2.53
Mi	14.	8.	8:30	34.82	60.03	69.62	2.58
Do	15.	8.	8:30	34.82	60.03	73.35	2.71
Fr	16.	8.	8:30	34.81	60.02	73.27	2.71
Sa	17.	8.	10:30	34.81	60.02	72.08	2.67
**							

Tritium Daten 1991, Fortsetzung

Zeitangaben				Leistung		Aktivität	
				MW _{th}	%	pCi/ml μCi/m ³	Bq/ml MBq/m ³
**							
Mo	19.	8.	7:30	34.81	60.02	79.96	2.96
Di	20.	8.	8:30	34.80	60.00	79.75	2.95
Mi	21.	8.	8:30	34.80	60.00	85.94	3.18
Do	22.	8.	8:30	34.80	60.00	88.81	3.29
Fr	23.	8.	8:30	34.80	60.00	89.77	3.32
**							
*****	Reaktor abgeschaltet am 23. 8. 1991 um 22.00 Uhr						*****
*****	Abschaltung des Reaktors bei 598.62 Volllasttagen						*****
*****	Ende des KNK II/2 Betriebs						*****
**							
**							
**							