

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

April 1972

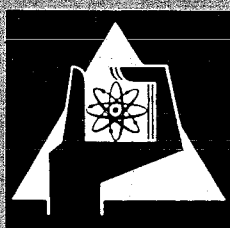
KFK 1579

Institut für Reaktorentwicklung  
Projekt Nukleare Sicherheit

— R E S T —

Programme zur Berechnung von Spaltprodukt-Aktivität und-Zerfallsleistung  
nach variabler Reaktorgeschichte in zwei gekoppelten Systemen  
unter Berücksichtigung von Spaltproduktaustreibung.

E. Waibel



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.  
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE  
Institut für Reaktorentwicklung  
Projekt Nukleare Sicherheit

April 1972

KFK 1579

REST - Programme zur Berechnung von Spaltprodukt-Aktivität und -Zerfallsleistung nach variabler Reaktorgeschichte in zwei gekoppelten Systemen unter Berücksichtigung von Spaltproduktaustreibung.

E. Waibel

Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe



## Zusammenfassung

Die Rechenprogramme REST 1, REST 2 und REST 3 wurden erstellt zur Berechnung der Spaltprodukt-Zerfallswärmequellestärke in einem Kernreaktor. REST 3 berücksichtigt eine Verteilung der Wärmequellestärke durch die Erfassung einer Spaltproduktentweichung aus dem Brennstoff, wie sie bei einer störfallbedingten Kernüberhitzung zu erwarten ist. Der Zeitverlauf der Wärmequellestärke im Brennstoff und außerhalb wird unter Zugrundelegung des aufgestellten Entweichmodells berechnet.

Der Bericht gibt eine Beschreibung und Gebrauchsanweisung für die Rechenprogramme. Ein Reaktorbeispiel ist durchgerechnet.

## Abstract

The FORTRAN programs REST 1, REST 2 and REST 3 have been established for the calculation of the fission product decay heat source within a nuclear reactor. REST 3 considers a distribution of the heat source by calculating fission product escape out of the fuel, as might be expected by accidental overheating of the core. The time dependency of the heat source within and outside the fuel is shown. This report gives a description and a user's guide for the programs. A BWR is used as a model for the calculations.



## Inhaltsverzeichnis

	<u>Seite</u>
1. Einleitung	1
2. Grundlagen	1
3. Programmbeschreibung	3
3.1 Programmaufbau	3
3.2 Nukleare Eingabedaten	4
3.3 Rechen- und Eingabedaten	5
3.4 Spaltprodukt-Entweichmodell	6
3.5 Numerische Ausgabe	7
3.6 Graphische Ausgabe	7
3.7 Variationsmöglichkeiten	7
4. Rechenbeispiel	8
5. Literatur	9
Abbildungen	10
Anhang A: FORTRAN-Liste REST 2 und REST 3	26
Anhang B: Nuklearer Datensatz	32

## Liste der Abbildungen

- Abb. 1: Eingabedaten für Rechenbeispiel SWR Brunsbüttel
- Abb. 2: Abklingverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 34 bis 49 für SWR Brunsbüttel mit Spaltproduktaktivierung
- Abb. 3: Abklingsverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 50 bis 62 für SWR Brunsbüttel mit Spaltproduktaktivierung
- Abb. 4: Abklingverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 34 bis 49 für SWR Brunsbüttel ohne  $n-\gamma$  Prozesse
- Abb. 5: Abklingverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 50 bis 62 für SWR Brunsbüttel ohne  $n-\gamma$  Prozesse
- Abb. 6: Mittlere Wärmequellstärke im Brennstoff mit Spaltproduktentweichen für SWR Brunsbüttel (Summenkurve und Beitrag der Elemente Se bis In)
- Abb. 7: Mittlere Wärmequellstärke im Brennstoff mit Spaltproduktentweichen für SWR Brunsbüttel (Summenkurve und Beitrag der Elemente Sn bis Sm)
- Abb. 8: Summenkurve der mit REST 3 errechneten Zerfallsleistung mit und ohne Spaltproduktentweichen
- Abb. 9: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb bei Störfalleintritt (REST 3)
- Abb.10: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb 0.1 h nach Störfalleintritt (REST 3)
- Abb.11: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb 0.2 h nach Störfalleintritt (REST 3)
- Abb.12: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb 0.5 h nach Störfalleintritt (REST 3)
- Abb.13: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb 1.0 h nach Störfalleintritt (REST 3)



Abb. 14: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb 5.0 h nach Störfalleintritt (REST 3)

Abb. 15: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb 24 h nach Störfalleintritt (REST 3)

Abb. 16: Zerfalls-Wärmequellstärke im Brennstoff und außerhalb 100 h nach Störfalleintritt (REST 3)



## 1. Einleitung

Bei Untersuchungen zum Problemkreis Kernschmelzen ist die Kenntnis der zeitabhängigen Wärmequellstärke aus dem Spaltproduktzerfall Voraussetzung für alle wärme- oder auch sicherheitstechnischen Berechnungen, sei es zur Notkühlung, zum Abschmelzvorgang, zur Druckbehälterintegrität oder letztlich zur Beherrschung der Schmelze.

Für die Berechnung des Spaltproduktinventars nach einer bekannten Reaktorgeschichte (Leistungsverlauf) gibt es eine Reihe von Programmen, z. B. /1/, /2/, /3/ oder auch Summenformeln /4/. Die Codes geben in der Regel den Zeitverlauf des Spaltproduktinventars spezifisch oder integral pro Dauer und Größe der Reaktor-Vollast an. Daraus ergibt sich eine Zerfalls-Wärmequellstärke, deren Verteilung im Brennstoff nicht definiert ist. In erster Näherung wird man eine homogene Verteilung annehmen.

Diese Annahme ist aber nicht mehr möglich, wenn Überhitzungen im Reaktorkern auftreten, die zum Hüllenbruch und zur Strukturveränderung oder zum Abschmelzen des Brennstoffs führen. Dann ist mit Entweichen von Spaltprodukten zu rechnen, was die Wärmequellverteilung und damit auch die örtliche Wärmequellstärke im betrachteten thermodynamischen System verändert.

In der erweiterten Version der im folgenden beschriebenen Rechenprogramme REST ist bei der Spaltproduktinventarberechnung dem natürlichen radioaktiven Zerfall ein Entweichmodell überlagert.

## 2. Grundlagen

Nach dem Abschalten eines Kernreaktors wird im Brennstoff weiterhin Wärmeleistung erbracht. Läßt man den Abschaltvorgang selbst, d. h. das Abklingen der Kernspaltungen einmal außer acht, so kommt diese Energie aus dem natürlichen radioaktiven Zerfall der Spaltprodukte sowie der Aktivierungsprodukte des Brennstoffs. Sie beträgt beim LWR zu Beginn etwa 4 % der thermischen Vollastleistung des Reaktors (längere Betriebszeit vorausgesetzt), und setzt sich aus ca. 90 % Spaltproduktzerfallsenergie und zu ca. 10 % aus dem Zerfall der Brennstoffaktivierungsprodukte zusammen /5/. Setzt man näherungsweise voraus, daß die  $\beta$ - und  $\gamma$ -Strahlen sich am Ort ihrer Entstehung in Wärme umsetzen, so folgt die Zerfallsleistungsverteilung der Leistungsverteilung im Reaktorkern. Dies gilt natürlich nur so lange, wie keine örtlichen Verlagerungen von Brennstoff oder Spaltprodukten stattfinden (siehe 3.4). Die Zerfallsleistung ist zeitabhängig. Da es sich beim

radioaktiven Zerfall um einen natürlichen Vorgang handelt, hat die Abnahme der Zerfallsleistung einen charakteristischen Verlauf.

Berechnet wird die Zerfallsleistung über das Spaltproduktinventar, das sich aus der Anzahl der erfolgten Kernspaltungen mit Hilfe der Spaltausbeuten ergibt. Hat man keine unendliche Betriebszeit und damit kein vollgesättigtes Inventar, so müssen die fraktionellen Spaltausbeuten in Ansatz gebracht und die Bildung von Tochternukliden berücksichtigt werden. Man rechnet entlang der Zerfallsreihen oder Isobaren.

Betrachtet man die Nuklidkarte sowie die Halbwertszeiten der beteiligten Isotope, so stellt man fest, daß in keiner Isobare mehr als sieben Isotope für unsere Rechnung von Interesse sind, wenn man die sehr kurzlebigen (Sekundenbereich) und die sehr langlebigen, nahezu stabilen, außer acht läßt. Von der Spaltausbeute her kann man schließlich den Isobarenbereich einschränken etwa von 83 bis 153, was die chemischen Elemente vom Se bis zum Sm umfaßt.

Der mathematische Ansatz sieht folgendermaßen aus:

$$dN_i = ( \underset{(a)}{y_i F} + \underset{(b)}{\lambda_{i-1} N_{i-1}} - \underset{(c)}{\lambda_i N_i} - \underset{(d)}{\gamma_i N_i} - \underset{(e)}{\sigma_i \phi N_i} ) dt \quad (1)$$

Es bedeuten:  $N_i$  = Anzahl der Atome des i-ten Isotopes

$y$  = fraktionelle Spaltausbeute

$F$  = Spaltrate

$\lambda$  = Zerfallskonstante

$\gamma$  = fraktionelle Entweichrate

$\sigma$  = Absorbtionsquerschnitt

$\phi$  = Fluß

(a) = Zuwachs durch Spaltung

(b) = Zuwachs durch Zerfall des Mutterisotops

(c) = Verlust durch Zerfall

(d) = Verlust durch kontinuierliches Entweichen

(e) = Verlust durch n- $\gamma$  Aktivierung

Nicht enthalten in diesem Ansatz ist eine mögliche Abgabe verzögerter Neutronen sowie die Berücksichtigung isomerer Zustände, d. h. Verzweigung beim Zerfall und beim Zuwachs. Beide Vorgänge sind hier vernachlässigt. (Siehe auch 3.1).

Im Prinzip hat Bateman /6/ die Lösungsmöglichkeit der Gleichung (1) mit seiner Allgemeinen Gleichung des Aktivitätsverlaufs des i-ten Glieds einer radioaktiven Kette angegeben. Eine erweiterte Zusammenstellung findet sich bei Seelmann et al. /7/.

In unserem Fall dreht es sich darum, eine computergerechte Lösungsform von Gleichung (1) zu finden. Hierbei sei auf /2/ verwiesen, wo insbesondere im Anhang die detaillierte Ableitung der im Prinzip auch hier verwendeten Lösung, wenn auch für die einfachere Gleichungsform, dargestellt ist.

### 3. Programmbeschreibung

Für REST gibt es zur Zeit die drei Programmversionen REST 1, REST 2 und REST 3. Sie unterscheiden sich folgendermaßen:

REST 1 rechnet Spaltprodukt-Aktivität und -Zerfallsleistung nur aus der Spaltung und ohne Entweichen. Kernspeicherbedarf 240 K.

REST 2 rechnet Spaltprodukt-Aktivität und -Zerfallsleistung aus Spaltung und Spaltprodukt  $n-\gamma$  Aktivierung ohne Entweichen. Kernspeicherbedarf 480 K.

REST 3 rechnet Spaltprodukt-Aktivität und -Zerfallsleistung nur aus der Spaltung (ohne  $n-\gamma$  Aktivierung der Spaltprodukte) mit oder ohne Entweichen, wobei die entwichenen Spaltprodukte in einem zweiten System mit Zerfall und Zuwachs weiter verfolgt werden. Kernspeicherbedarf 240 K.

Dabei sind REST 2 und REST 3 verbesserte Versionen von REST 1, REST 2 im Hinblick auf die  $n-\gamma$  Aktivierung der Spaltprodukte und REST 3 durch den Einbau eines Spaltproduktentweichmodells. Der Programmaufbau bei den 3 Programmen ist sehr ähnlich. Im folgenden wird eine Unterscheidung nur gemacht, wo es nötig ist.

#### 3.1 Programmaufbau (siehe FORTRAN-Listen Anhang A)

Nach Aufnahme des nuklearen Datensatzes sowie der Eingabedaten werden im Programmteil der mit "Time Calculation" überschrieben ist, die Zeitintervalle für die gewünschten Steps gleicher Reaktorleistung gerechnet. Im Programmteil der mit "Rechnung pro Tonne Brennstoff" überschrieben ist wird sodann die pro Zeit-step integrale Spaltrate entsprechend der eingelesenen thermischen Reaktorleistung errechnet. Es folgen die Loops für die Berechnung der

Gleichungskoeffizienten (siehe /2/). REST 2 benützt dabei eine Matrix, die wegen der Aktivierungsrechnungen im Sinne der Nuklidkarte /8/ horizontal ausgerichtet ist (Isotope gleicher Kernladungszahl). Beiträge können hierbei entstehen aus bis zu 10 Vorläufern. REST 3 rechnet längs der Isobaren. Gerechnet werden mit Hilfe der o.g. Koeffizienten zuerst alle Einzelisotope (Aktivität und Zerfallsenergie), dann wird zu chemischen Elementen aufsummiert.

Bei REST 3 folgt dann ein Programmteil "Hier Berechnung von TE(S) ....", wo den einzelnen Zeitschritten zugeordnete Temperaturen zur Auswahl der entsprechenden Entweichkoeffizienten (siehe 3.4) benützt werden. Diese Temperaturen werden zur Zeit noch eingelesen. Bei Einbau des Codes in ein größeres Programmsystem sollen sie über die ermittelten Zerfallswärmequellstärken errechnet werden.

Angehängt ist ab "Call PLOTA" das als Subroutine im KFZK vorhandene Programm PLOTA, das zusätzlich eine graphische Ausgabe der errechneten numerischen Daten bewirkt.

### 3.2 Nukleare Eingabedaten

Für die 210 im Datensatz enthaltenen Isotope werden die nuklearen Daten benötigt, die im Anhang B aufgeführt sind.

- Spalte 3: Zerfallskonstante  $[sec^{-1}]$
- Spalte 4: fraktionelle Spaltausbeute in % für einen thermischen Reaktor mit  $UO_2$  Brennstoff
- Spalte 5: fraktionelle Spaltausbeute in % für einen schnellen Reaktor mit Mischoxyd Brennstoff (25 % Pu)
- Spalte 6: n- $\gamma$  Querschnitt für thermische Neutronen  $[barn]$
- Spalte 7: n- $\gamma$  Querschnitt für schnelle Neutronen  $[barn]$
- Spalte 8: pro Zerfall gewichtete  $\gamma$ -Energie  $[MeV]$
- Spalte 9:  $\beta$ -Energie  $[MeV]$

Die Zerfallskonstanten wurden aus den Halbwertszeiten /8/ errechnet, die Spaltausbeuten /9/ entnommen. Absorbtionsquerschnitte sowie Energien stammen aus /10/ bzw. /11/. Für die Summenenergie rechnet das Programm ( $\gamma + 0.4 \beta$ ).

Metastabile Isotope sind mit einem \* gekennzeichnet. Aus programmtechnischen Gründen konnte wegen der Aktivierungsrechnungen jedoch nur ein Zustand aufgenommen werden. Gewählt wurde der mit dem größeren Zerfallsenergiebeitrag.

### 3.3 Rechen-Eingabedaten

Folgende Eingaben werden vom Programm benötigt:

Datenkarte 1 (vor dem nuklearen Datensatz)

Spalte 1 - 4: "DATA"

Spalte 8 - 10: "100" (für thermischen Reaktor mit  $UO_2$  Brennstoff)  
"111" (für schnellen Reaktor mit Mischoxyd)

Spalte 11 - 17: Brennstoffgewicht in t

Spalte 18 - 24: Mittlere Anreicherung in %

Spalte 28 - 80: Benennung des untersuchten Reaktors.

Datenkarte 2 (nach dem nuklearen Datensatz)

Im Format F 5. die Zeitschritte gleicher Reaktorleistung (bis zu 16) nach denen ein Output gewünscht wird. Die erste Zahl wird in  $\sqrt{d}$  gewertet, die restlichen in  $\sqrt{h}$ .

Datenkarte 3

Im Format F 10. die Reaktorleistung in  $\sqrt{MWth}$ , die den ersten 8 Zeitschritten zuzuordnen ist.

Datenkarte 4 - 32

bei REST 3 Entweichkoeffizienten

Datenkarte 33 (bei REST 2 Nr. 4)

Im Format F 5. Temperaturen in  $\sqrt{^{\circ}C}$ , die am Ende der Zeitschritte als mittlere Brennstofftemperaturen vorliegen. (Sie sollen später berechnet werden. Sie werden nur benützt, um Spaltproduktentweichvorgänge rechnerisch auszulösen (siehe 3.4). Zum Zeitpunkt, wo dies der Fall ist, hat bereits ein Temperatúrausgleich im Brennstoff stattgefunden, so daß man eine mittlere Temperatur sinnvoll definieren kann. Die Benützung von  $1200^{\circ}C$  für die Anlaufphase des Rechenbeispiels ist dagegen rein willkürlich und ohne Bedeutung).

Datenkarte 34 (bei REST 2 Nr. 5)

Spalte 1 - 4: "ENDE"

Falls hier wieder das Wort "DATA" erscheint kann ein weiterer Datensatz gerechnet werden usw.

Die Eingabedaten werden zu Beginn des Outputs ausgedruckt (siehe Abb. 1).

### 3.4 Spaltprodukt-Entweichmodell

Wie in Abschnitt 2 vermerkt, ist die Inventarrechnung für die Spaltproduktaktivität, -zerfallsenergie oder -wärmequellstärke nicht definiert im Hinblick auf eine Verteilung der Spaltprodukte. Solange die Coregeometrie nicht verändert ist, wird die Spaltprodukt-Wärmequellstärkeverteilung der Neutronenflußverteilung entsprechen. Spaltproduktwanderungen im Brennstoff sind dabei unerheblich. Man kann also in erster Näherung voraussetzen, daß die Spaltproduktverteilung im Brennstoff homogen ist (exakter: einer mit dem Neutronenfluß gewichteten Verteilung entspricht). Die Spaltprodukte befinden sich im Brennstoff oder mindestens in den Brennstäben.

Diese Verteilung wird gestört, wenn die Brennstabhüllen durch unzulässige Coreaufheizung zu Bruch gehen, die Brennstoffstruktur sich ändert, so daß Spaltprodukte entlassen werden, oder wenn der Brennstoff gar abschmilzt. Fischer et al. weisen nach, daß in einer Kernschmelze Spaltproduktwanderungen aus dem Brennstoff stattfinden, wenn sich nämlich eine oxydische Phase (Brennstoff) und eine metallische Phase (Strukturmaterial) übereinander ausbilden /12/.

Für wärmetechnische Berechnungen ist es erforderlich die Spaltproduktwärmequellstärke einschließlich ihrer räumlichen Verteilung im betrachteten thermodynamischen System zu kennen. Das im folgenden beschriebene Spaltprodukt-Entweichmodell geht von zwei Zonen aus: innerhalb und außerhalb des Brennstoffs. Die Spaltprodukte entstehen im Brennstoff und ein Großteil verbleibt darin. Der Rest wird aus dem Brennstoff entlassen nach folgendem Schema:

- a) stoßweise: beim Bruch der Brennstabhüllen  
beim Schmelzen des Brennstoffs
- b) kontinuierlich: temperaturabhängig nach dem Bruch der Hüllen.

Beides sind fraktionelle Freisetzungen, für a) wird aber ein Faktor in Ansatz gebracht, für b) eine Rate. Näheres ist in /5/ erläutert, insbesondere auch die Festlegung der gewählten Freisetzungskoeffizienten, die in Abb. 1 dargestellt sind.

Das Programm REST 3 verfolgt die aus dem Brennstoff entlassenen Spaltprodukte und rechnet sie als ein Inventar 2 weiter mit radioaktivem Zerfall und Zuwachs aus dem Inventar 1. Für thermodynamische Rechnungen steht damit zur Verfügung

- a) eine mittlere Wärmequellstärke im Brennstoff



- b) eine mittlere Wärmequellstärke außerhalb des Brennstoffs, die aufgeteilt werden kann in einen Anteil pro Volumen Gasraum (gasförmige und luftgetragene Spaltprodukte) und einen Anteil pro Ablagerungsoberfläche (sedimentierte oder kondensierte Spaltprodukte).

### 3.5 Numerische Ausgabe

Die Programme liefern einen Ausdruck am Ende jedes Zeitschritts. Der Ausdruck bezieht sich auf 1 t Brennstoff. Aufgeführt sind die Reaktorleistung während des Zeitschritts, Dauer des Zeitschritts (wobei der Zeitpunkt 0 willkürlich an das Ende des ersten Zeitschritts gesetzt wurde), sowie die errechneten Aktivitäten und Zerfallsenergien, jeweils für die Einzelisotope als auch aufsummiert für die chemischen Elemente bzw. zum Gesamtsummenwert. Die Isotope sind bezeichnet durch Kernladungszahl, chemisches Symbol, Massenzahl und Halbwertszeit. Bei REST 3 geben die beiden ersten Zeilen das Inventar 1 und die beiden folgenden das Inventar 2 an. Letzteres tritt natürlich erst in Erscheinung nachdem Spaltproduktentweichen aus dem Brennstoff (bzw. Brennstab) stattgefunden hat.

Zur absoluten Höhe der Wärmequellstärke ist zu bemerken, daß REST 2 (mit Spaltproduktaktivierung) etwa 10 % höhere Summenwerte liefert als REST 3. Wie bereits oben ausgeführt, liefert die hier nicht erfaßte Brennstoffaktivierung nochmals etwa 10 %.

### 3.6 Graphische Ausgabe

Um den Zeitverlauf der Spaltprodukt-Wärmequellstärke sichtbar zu machen und insbesondere den Beitrag zu verdeutlichen, den einzelne chemische Elemente dazu leisten, wurde den Programmen REST 2 und REST 3 die Subroutine PLOTA angehängt. Sie zeichnet über der Zeit die Summenwärmequellstärke sowie die Beiträge der einzelnen chemischen Elemente auf.

### 3.7 Variationsmöglichkeiten

Wie bereits oben ausgeführt sind REST 2 und REST 3 erweiterte Formen von REST 1. Die wünschenswerte Kombination von REST 2 und REST 3 scheiterte zur Zeit der Programmierung am notwendigen Kernspeicherbedarf, der bereits bei REST 2 allein 480 K beträgt. Sie ist aber mit Einführung des Systems IBM 360/165 von der Maschine her möglich.

Das Spaltproduktentweichmodell soll nun experimentell überprüft werden. Es kann ohne Schwierigkeiten neuen Erkenntnissen angepaßt werden.

#### 4. Rechenbeispiel

Abb. 1 gibt die Eingabedaten sowie die Entweichkoeffizienten für das Rechenbeispiel 800 MWe - SWR Brunsbüttel. Abb. 2 bis Abb. 7 enthalten in gleicher Reihenfolge die Ergebnisse aus den Rechnungen REST 2 (mit  $n-\gamma$  Spaltproduktaktivierung), aus REST 3 (ohne Spaltproduktaktivierung) zuerst ohne und dann mit Spaltproduktentweichen. Abb. 8 zeigt eine Zusammenfassung der Summenkurven in anderem Maßstab.

Bei dem Rechenbeispiel wurde über die den Zeitschritten zugeordneten Temperaturen willkürlich festgelegt, daß die Hüllenbruchtemperatur 6 min nach dem Zeitpunkt 0 (Störfalleintritt) erreicht wird und die Brennstoffschmelztemperatur nach 30 min. Diese Werte entsprechen Überschlagsrechnungen (Blow down mit Kernaufheizung), die an anderer Stelle angestellt wurden.

Eine Interpretation der Rechenergebnisse ist in /5/ enthalten. Abb. 9 bis 16 geben numerische Ausdrücke von REST 3 Rechnungen mit Entweichen von Spaltprodukten für Zerfallszeiten von 0 bis 100 h.

## 5. Literatur

- /1/ H. H. van Tuyl: ISOGEN - A Computer Code for Radioisotope Generation Calculations, HW-83785, 1964
- /2/ E. Waibel: INVENT - A Fortran IV Computer Program for the Calculation of Fission Product Inventory, and its Application to Fission Product Release Studies at EVESR, KFK-Ext. Bericht 8/68-3, 1968
- /3/ R. O. Gumprecht: Mathematical Basis of Computer Code RIBD, Douglas United Nuclear Inc., DUN 4136, 1968
- /4/ Reactor Physic Constants, Second Edition, ANL. 5800, July 1963
- /5/ N. Henzel, J. Simon-Weidner, E. Waibel: Berechnung der zeitabhängigen Spaltprodukt-Wärmequellstärken in zwei gekoppelten Systemen unter Berücksichtigung von Spaltproduktentweichen, KFK 1580, 1972
- /6/ H. Bateman: Solution of a System of Differential Equation Occurring in the Theory of Radio-active Transformations, Proc. Camb. Phil. Soc. 15, 423 - 427, 1910
- /7/ W. Seelmann-Eggebert, J. Flegenheimer, G. Pfennig: Die mathematische Behandlung der Zerfalls- und Bildungsgesetze der Radioaktivität mit grafisch gelösten Beispielen, KFK 117, 1962
- /8/ W. Seelmann-Eggebert, G. Pfennig, H. Münzel: Nuklidkarte, 3. Auflage 1968
- /9/ M. E. Meek, B. F. Rider: Summary of Fission Product Yields for U 235, U 238, Pu 239 and Pu 241 at Thermal, Fission Spectrum and 14 MeV Neutron Energies, General Electric Co, APED-5398, 1968
- /10/ Lederer, Hollander, Perlman: Table of Isotopes, 6th Edition, John Wiley and Sons, New York
- /11/ D. Nachtigall: Table of Specific Gamma Ray Constants, Thiemig, München
- /12/ J. Fischer, J. D. Schilb, M. G. Chasanov: Investigation of the Distribution of Fission Products among Molten Fuel and Reactor Phases. (Part I: The Distribution of Fission Products between Molten Iron and Molten Uranium Dioxide), ANL 7864, 1971

800MWE SWR BRUNSBÜTTEL

BERECHNUNG DER ZERFALLSWÄRME  
(SUMMIERUNG DER BEITRÄGE DER ISOTOPE EINES CHEM. ELEMENTS)

COREDATEN: BRENNSTOFF 117.57 T UG2  
LEISTUNG 2292. MWTH  
MITTL. SPEZ. LEISTUNG 19.49 W/G BRENNSTOFF  
MITTL. ABBRAND 19495. MWD/T OXYD  
MITTL. ANREICHERUNG 2.26 %

BETRIEBSZEITEN: 1000. TAGE BEI 2292. MWTH

ZERFALLSZEITEN IN STD. BEI MWTH	0.001	0.003	0.010	0.030	0.100	0.200	0.500	1.000	2.000	5.000	10.000	24.000	48.000	72.000	100.000	
TEMPERATUR(END)	1200.	1200.	1200.	1200.	1300.	1600.	2000.	2600.	2800.	3000.	3200.	3000.	2900.	2800.	2700.	2600.

ENTWEICKKOEFFIZIENTEN

MOMENTAN: HUELLENBRUCH BEI 1400C: GASE 30%, HALOGENE 25%, CS 10%  
BRENNSTOFFSCHMELZEN BEI 2500C: GASE 99%, HALOGENE 99%, CS 90%, SE-RB-MO-TC-AG-SN-SB-TE 30%

STETIG: TEMP.	-1400C	-1600C	-1800C	-2000C	-2200C	-2400C	-2600C	-2800C	-3000C	-3200C
SE	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
BR	0.0	0.50E-06	0.10E-05	0.20E-05	0.40E-05	0.80E-05	0.20E-02	0.10E-01	0.50E-01	0.10E 00
KR	0.0	0.10E-05	0.20E-05	0.40E-05	0.80E-05	0.16E-04	0.50E-02	0.10E-01	0.50E-01	0.10E 00
RB	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
SR	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.30E-09	0.60E-09	0.20E-08	0.10E-06	0.20E-06	0.40E-06	0.10E-05
Y	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
ZR	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
NB	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
MO	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
TC	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
RU	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
RH	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
PD	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.30E-09	0.60E-09	0.20E-08	0.10E-06	0.20E-06	0.40E-06	0.10E-05
AG	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
CD	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
IN	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
SN	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
SB	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
TE	0.0	0.10E-08	0.15E-08	0.30E-08	0.10E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
J	0.0	0.50E-06	0.10E-05	0.20E-05	0.40E-05	0.80E-05	0.20E-02	0.10E-01	0.50E-01	0.10E 00
XE	0.0	0.10E-05	0.20E-05	0.40E-05	0.80E-05	0.16E-04	0.50E-02	0.10E-01	0.50E-01	0.10E 00
CS	0.0	0.10E-08	0.20E-08	0.50E-08	0.20E-07	0.20E-06	0.10E-02	0.50E-02	0.10E-01	0.10E 00
BA	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.30E-09	0.60E-09	0.20E-08	0.10E-06	0.20E-06	0.40E-06	0.10E-05
LA	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.30E-09	0.60E-09	0.20E-08	0.10E-06	0.20E-06	0.40E-06	0.10E-05
CE	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.30E-09	0.60E-09	0.20E-08	0.10E-06	0.20E-06	0.40E-06	0.10E-05
PR	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.30E-09	0.60E-09	0.20E-08	0.10E-06	0.20E-06	0.40E-06	0.10E-05
ND	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
PM	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06
SM	0.0	0.10E-09	0.15E-09	0.20E-09	0.50E-09	0.10E-08	0.10E-07	0.20E-07	0.40E-07	0.10E-06

Abb. 1: Eingabedaten für Rechen-  
beispiel SWR Brunsbüttel

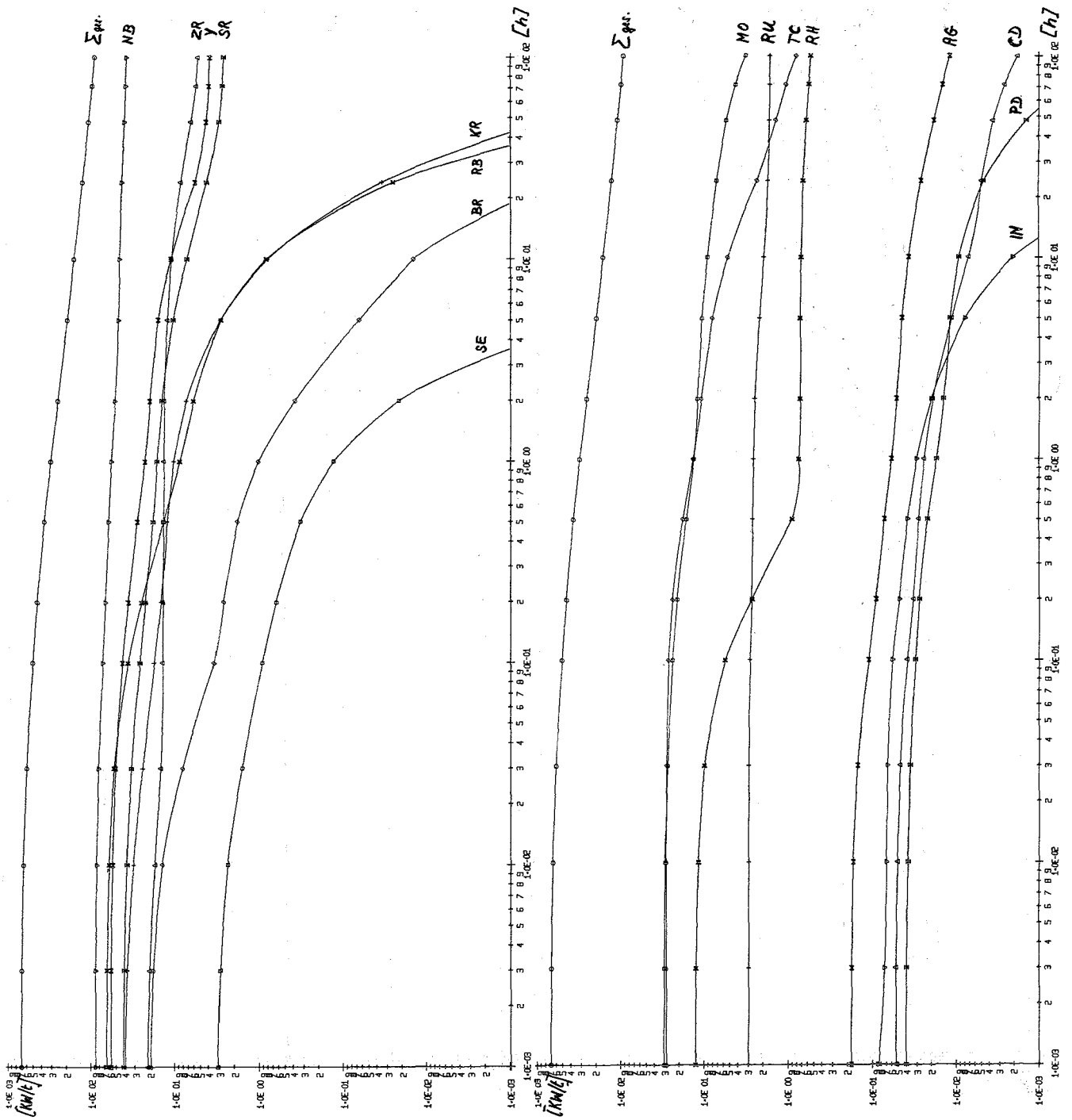


Abb. 2: Abklingverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 34 bis 49 für SWR Brunsbüttel mit Spaltproduktaktivierung

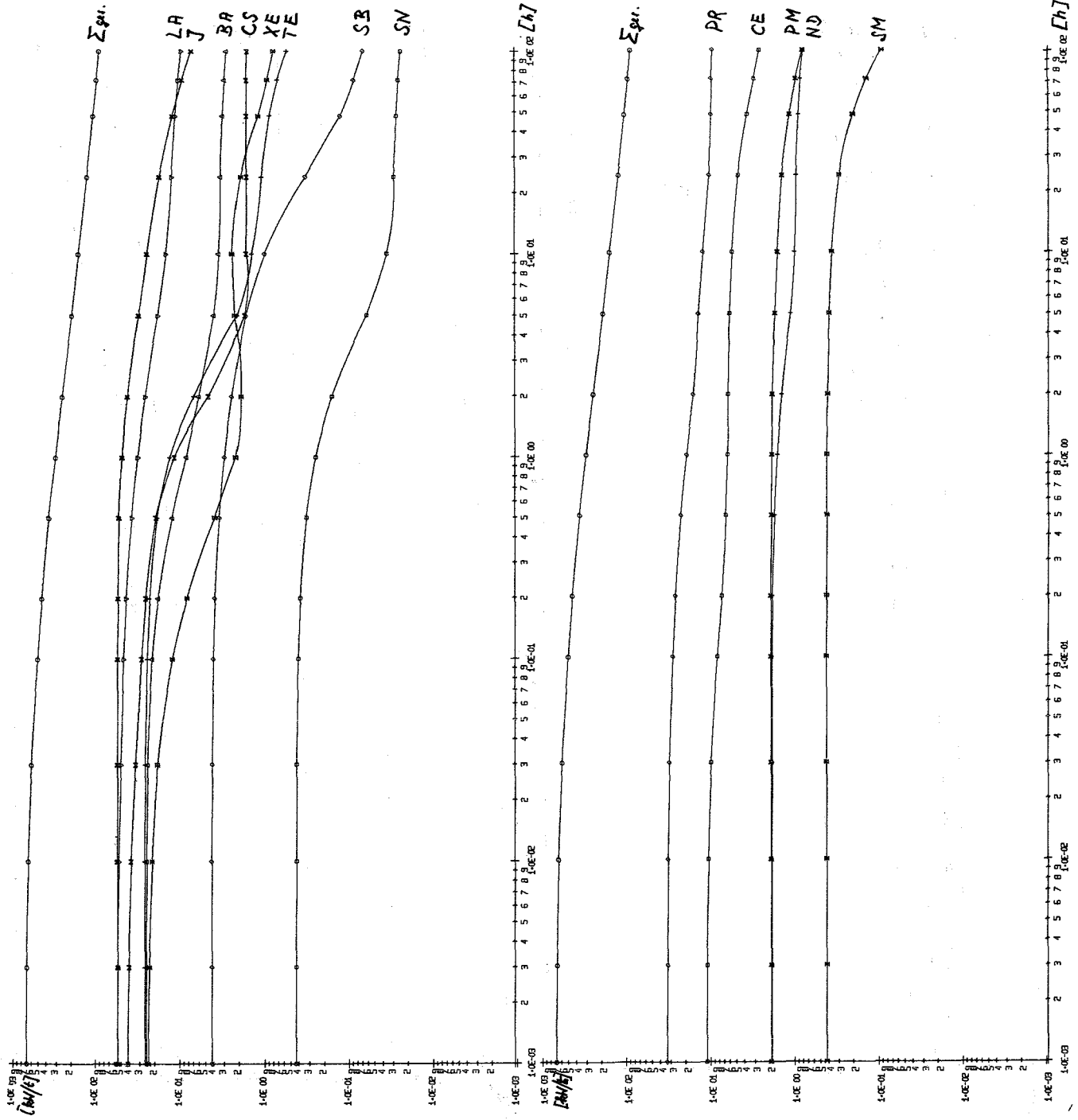


Abb. 3: Abklingverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 50 bis 62 für SWR Brunsbüttel mit Spaltproduktaktivierung

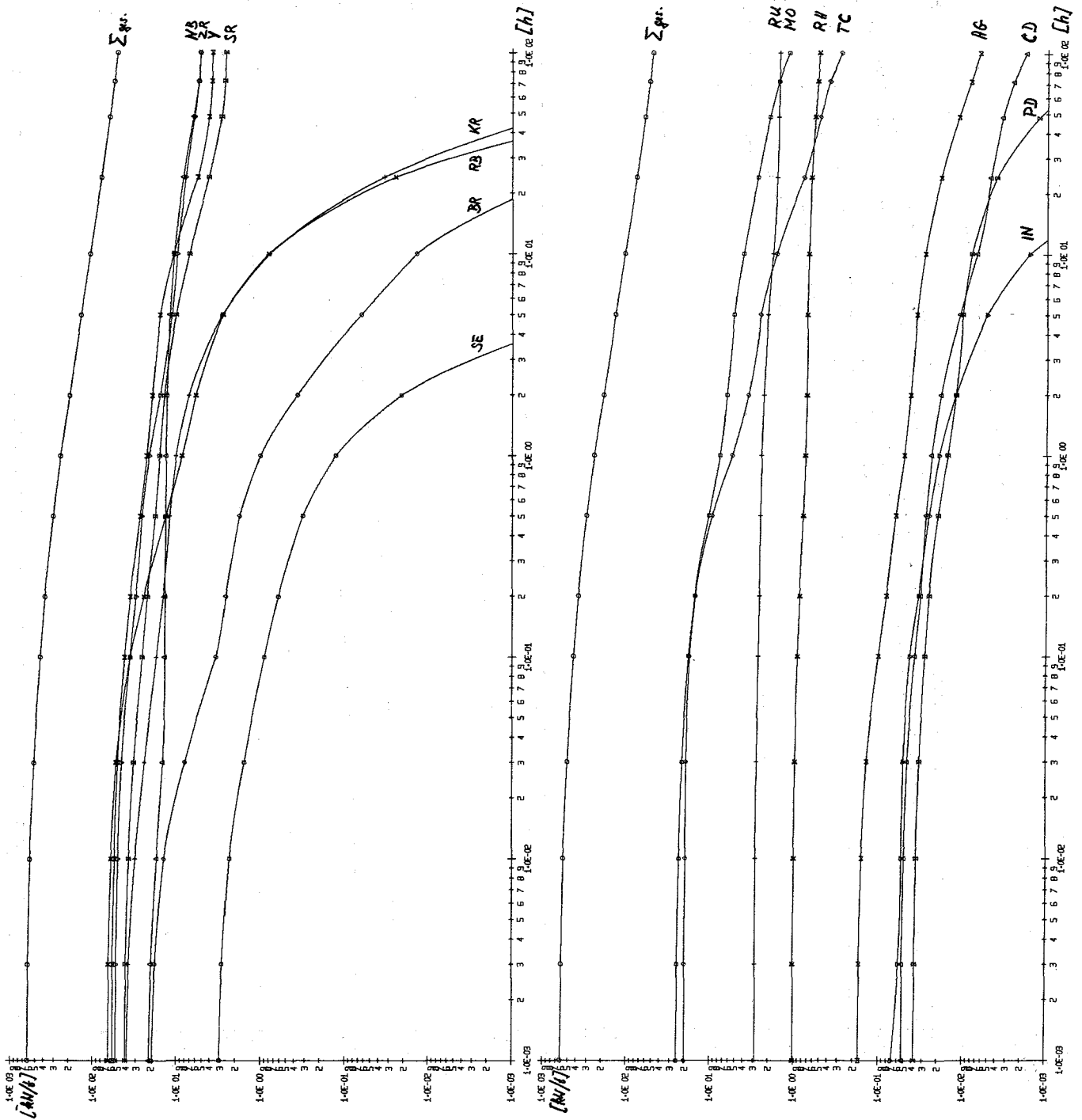


Abb. 4: Abklingverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 34 bis 49 für SWR Brunsbüttel ohne n-γ Prozesse

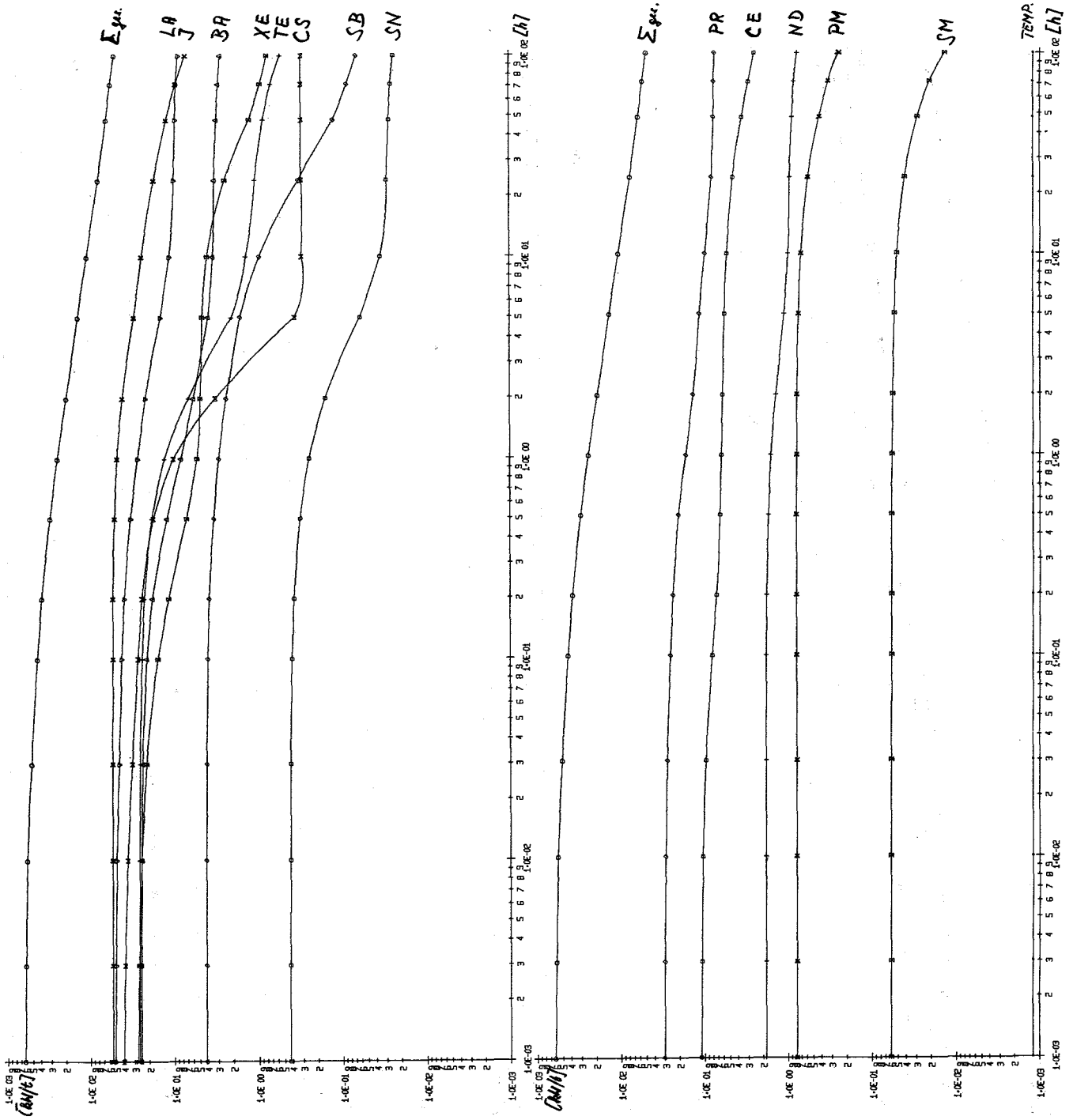


Abb. 5: Abklingverlauf der chemischen Elemente (Summe ihrer radioaktiven Nuklide) der Kernladungszahl 50 bis 62 für SWR Brunsbüttel ohne n-γ Prozesse



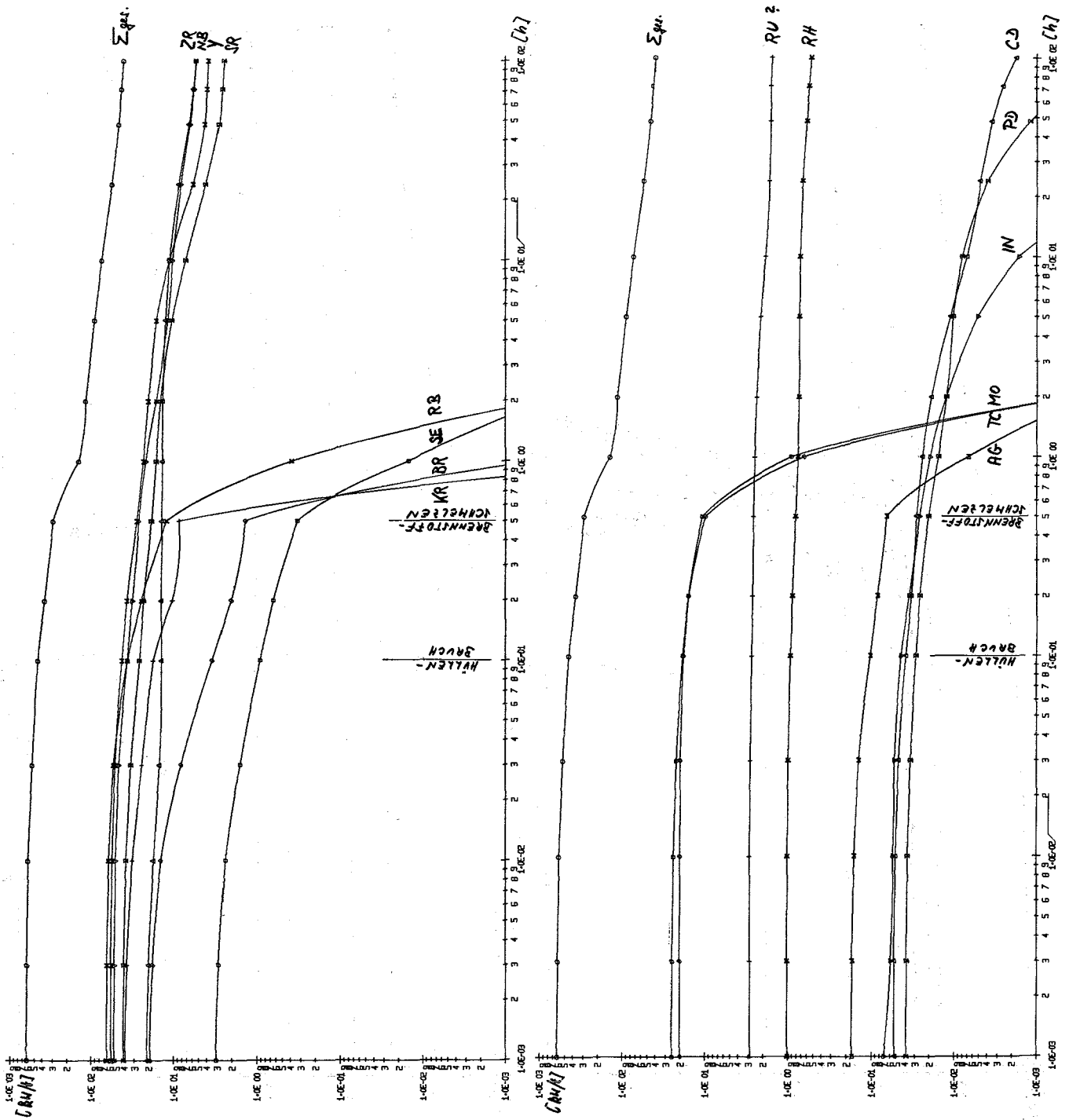


Abb. 6: Mittlere Wärmequellenstärke im Brennstoff mit Spaltproduktentweichen für SWR Brunsbüttel (Summenkurve und Beitrag der Elemente Se bis In)

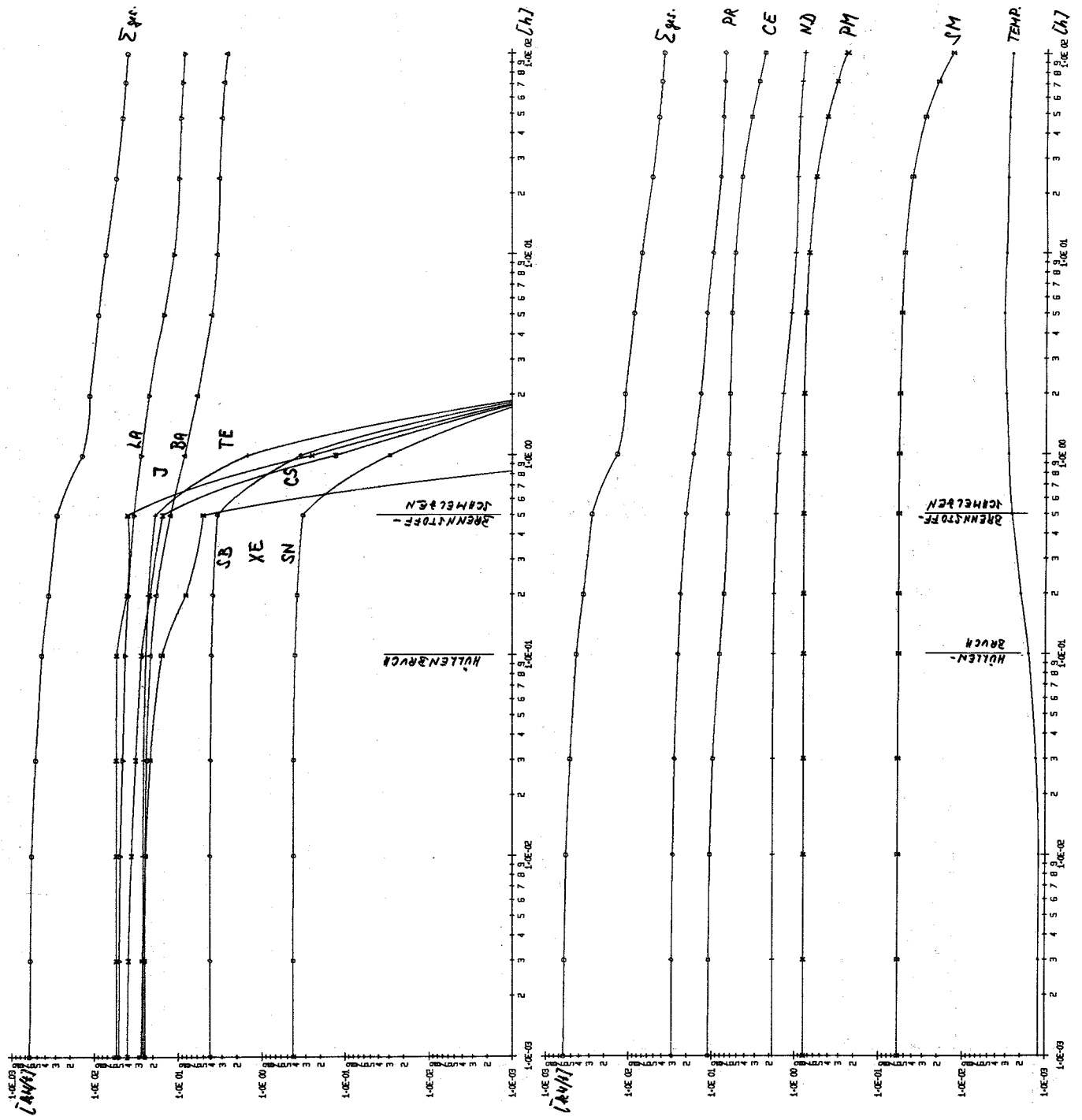
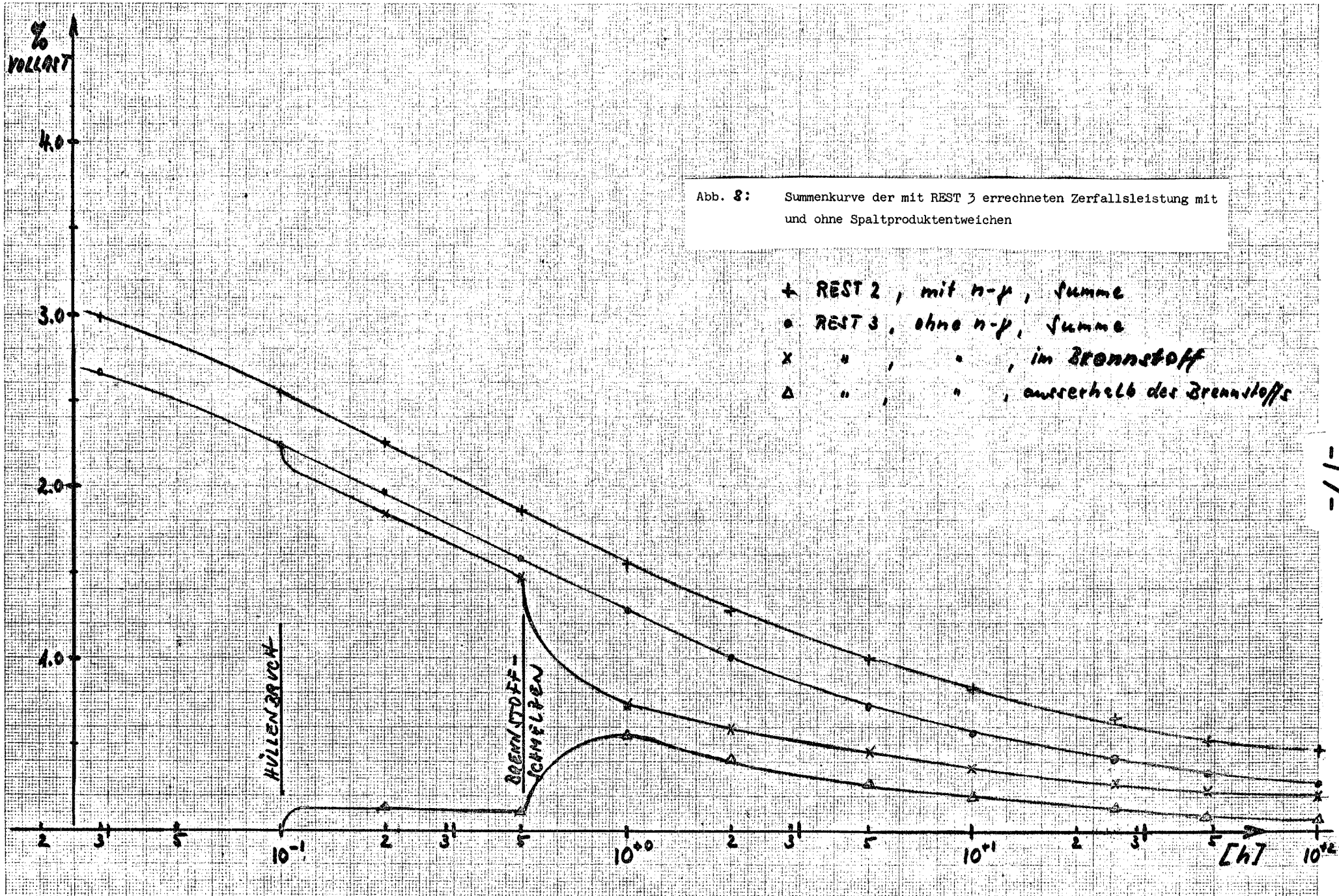


Abb. 7: Mittlere Wärmequellenstärke im Brennstoff mit Spaltproduktentweichen für SWR Brunbittel (Summenkurve und Beitrag der Elemente Sn bis Sm)























# ANHANG A

LEVFL 20.1 (AUG 71)

OS/360 FORTRAN H

DATE 72.086/05.09.22

COMPILER OPTIONS - NAME= MAIN,OPT=02,LINECNT=60,SIZE=000K,  
SOURCE,EBCDIC,NGLIST,NODECK,LOAD,MAP,NOEDIT, ID,NOXREF

## REST 2

```

C
C REST 2... PROGRAMM ZUR BERECHNUNG DER RESTZERFALLSWAERME
C UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER N-GAMMA PROZESSE
C *****
C
ISN 0002 INTEGER IS(31,72),HL1(31,72),HL2(31,72),S,FMT,NAME(14),WJ(31,72)
ISN 0003 REAL L(31,72),Y(31,72),A(31,72),SI(31,72),EG(31,72),EB(31,72),
1N(31,72),T(16),P(16),EX(31,72),B(31,72,31),TE(16), EN(31,72),
2AC(31,72),SEN(31,16),SAC(31),SP(31,72),LG(31,72),PT(15),ZEN(16),
3PEN(15)
ISN 0004 NIN =5
ISN 0005 NOUT=6
ISN 0006 CALL FSPIE
C
C CLEAR ARRAYS
ISN 0007 DO 200 J=1,72
ISN 0008 DO 200 K=1,31
ISN 0009 IS(K,J) =0
ISN 0010 L(K,J) =0.
ISN 0011 Y(K,J) =0.
ISN 0012 A(K,J) =0.
ISN 0013 N(K,J) =0.
ISN 0014 SI(K,J) =0.
ISN 0015 SP(K,J) =0.
ISN 0016 EG(K,J) =0.
ISN 0017 EB(K,J) =0.
ISN 0018 EN(K,J) =0.
ISN 0019 AC(K,J) =0.
ISN 0020 LG(K,J) =0.
ISN 0021 EX(K,J) =0.
ISN 0022 200 CONTINUE
ISN 0023 99 READ(NIN,98) IVAL,FMT,WT,AN,NAME
ISN 0024 IF(IDENT(IVAL,4HDATA)) 97,96,97
ISN 0025 97 CALL EXIT
ISN 0026 96 ID =0
C
C
C READ IN DATA COEFF.,POWER- AND DECAY-TIMES (T1=POWER-DAYS, T2...=
C HOURS FROM END OF T1, POWER OR SHUTDOWN), POWER
C THERMISCHES U-CORE FUER *FMT=100* AUF DATA-KARTE,
C SCHNELLES PU-CORE FUER *FMT=111*. WT = BRENNSTOFFGEWICHT IN TONNEN
C
ISN 0027 IF(FMT=105) 201,97,221
ISN 0028 201 READ(NIN,110) J,K
ISN 0029 J = J+1
ISN 0030 READ(NIN,100) IS(K,J),HL1(K,J),HL2(K,J),L(K,J),Y(K,J),SI(K,J),
1EG(K,J),EB(K,J),ID
ISN 0031 Y(K,J) = 0.01*Y(K,J)
ISN 0032 IF(ID.EQ.0) GO TO 201
ISN 0033 AR = 4307.*AN
ISN 0034 GO TO 222
ISN 0035 221 READ(NIN,110) J,K
ISN 0036 J = J+1
ISN 0037 READ(NIN,111) IS(K,J),HL1(K,J),HL2(K,J),L(K,J),Y(K,J),SI(K,J),
1EG(K,J),EB(K,J),ID
ISN 0038 Y(K,J) = 0.01*Y(K,J)
ISN 0039 IF(ID.EQ.0) GO TO 221
ISN 0040 AR = 13.6*AN
ISN 0041 222 DO 202 I =1,16
ISN 0042 T(I) = 0.
ISN 0043 TE(I) =1200.
ISN 0044 202 P(I) = 0.
ISN 0045 READ(NIN,101) T
ISN 0046 READ(NIN,102) {P(I),I=1,8}
ISN 0047 PD = P(1)/WT
ISN 0048 AB = PD*T(1)
ISN 0049 WRITE(NOUT,103) NAME
ISN 0050 WRITE(NOUT,104) WT,P(1),PD,AB,AN
ISN 0051 WRITE(NOUT,105) T(1),P(1),(T(I),I=2,16),(P(I),I=2,16),TE
C
C
C DO 230 S=2,16
C PT(S-1)=ALOG10(T(S))
C
ISN 0054 230 CONTINUE
C
C TIME CALCULATION
ISN 0057 T(1) = T(1)*3600.*24.
ISN 0058 T(2) = T(2)*3600.
ISN 0059 TM = 0.
ISN 0060 DO 203 S =3,16
ISN 0061 TM = TM+T(S-1)
ISN 0062 T(S) = T(S)*3600.-TM
ISN 0063 IF(T(S).LE.0.) GO TO 204
ISN 0064 203 CONTINUE
ISN 0065 204 CONTINUE
C
C RECHNUNG PRO TONNE BRENNSTOFF (FISS./SEC/T)
C
ISN 0067 PF = 3.12E16/WT
ISN 0068 CT =-T(1)/3600.
ISN 0069 DO 215 S=1,16
ISN 0070 ZEN(S)=0.
ISN 0071 IF(T(S).LE.0.) GO TO 99
ISN 0072 P(S) = PF*P(S)
ISN 0073 FI = P(S)/AR
ISN 0074 PO = P(S)/3.12E16
ISN 0075 CT = CT+T(S)/3600.
ISN 0076 WRITE(NOUT,106) CT,PD,FI
ISN 0077 DO 300 K=1,31
ISN 0078 DO 300 I=1,72
ISN 0079 DO 300 M=1,31
ISN 0080 B(M,I,K) = 0.0
ISN 0081 300 CONTINUE
ISN 0082 DO 301 J = 2,72
ISN 0083 DO 305 K=3,31
ISN 0084 SP(K,J) = FI*SI(K,J)*1.E-24
ISN 0085 LG(K,J) = L(K,J)+SP(K,J)
ISN 0086 IF(LG(K,J).NE.0.) GO TO 303
ISN 0087 A(K,J) = 0.
ISN 0088 GO TO 302
ISN 0089 HIER EINFUEGEN FUER LG = C
ISN 0090 303 A(K,J)=(L(K-1,J)*A(K-1,J)+SP(K,J-1)*A(K,J-1)+Y(K,J)*P(S))/LG(K,J)
ISN 0091 302 IF(LG(K,J)*T(S).GT.100.) GO TO 305
ISN 0092 EX(K,J) =EXP(-LG(K,J)*T(S))
ISN 0093 305 CONTINUE
ISN 0094 K=2
ISN 0095
ISN 0096

```



```

ISN 0097      350 K=K+1
ISN 0098      IF (IS(K,J).EQ.0) GO TO 350
ISN 0100      KA = K
ISN 0101      357 SB = 0.
ISN 0102      SC = 0.
ISN 0103      I1=1
ISN 0104      DO 352 I=2,J
ISN 0105      IF (IS(K,I).EQ.0) I1=I
ISN 0107      352 CONTINUE
ISN 0108      IF (I1.EQ.1) GO TO 358
ISN 0110      DO 353 I=2,I1
ISN 0111      DO 353 M=3,K
ISN 0112      B(M,I,K) = 0.
ISN 0113      353 CONTINUE
ISN 0114      358 I2=I1+1
ISN 0115      DO 351 I=I2,J
ISN 0116      DO 351 M=KA,K
ISN 0117      IF (M.EQ.K.AND.I.EQ.J) GO TO 354
ISN 0119      IF ((LG(K,J)-LG(M,I)).NE.0.) GO TO 312
ISN 0121      B(M,I,K) = 0.
ISN 0122      GO TO 309
ISN 0123      312 X1 = L(K-1,J)/(LG(K,J)-LG(M,I))
ISN 0124      X2 = SP(K,J-1)/(LG(K,J)-LG(M,I))
ISN 0125      B(M,I,K) = X1*B(M,I,K-1)+X2*B(M,I,K)
ISN 0126      309 SB = SB+B(M,I,K)
ISN 0127      SC = SC+B(M,I,K)*EX(M,I)
ISN 0128      351 CONTINUE
ISN 0129      354 B(K,J,K) = N(K,J)-A(K,J)-SB
ISN 0130      N(K,J) = ABS(A(K,J)+SC+B(K,J,K)*EX(K,J))
ISN 0131      EN(K,J) = 1.6E-16*(EG(K,J)+0.4*EB(K,J))*N(K,J)*L(K,J)
ISN 0132      AC(K,J) = 2.7E-11*N(K,J)*L(K,J)
ISN 0133      K=K+1
ISN 0134      IF (K.GT.31) GO TO 301
ISN 0136      IF (IS(K,J).EQ.0) GO TO 355
ISN 0138      GO TO 357
ISN 0139      355 DO 356 I = J,72
ISN 0140      DO 356 M = K,31
ISN 0141      B(M,I,K) = 0.
ISN 0142      356 CONTINUE
ISN 0143      301 CONTINUE

C
C
ISN 0144      DO 315 K=3,31
ISN 0145      SEN(K,S)=0.
ISN 0146      SAC(K) = 0.
ISN 0147      DO 316 J = 2,72
ISN 0148      IF (IS(K,J).EQ.0) GO TO 316
ISN 0150      WJ(K,J) = J+81
ISN 0151      SEN(K,S)=SEN(K,S)+EN(K,J)
ISN 0152      SAC(K) = SAC(K)+AC(K,J)
ISN 0153      MX = J
ISN 0154      316 CONTINUE

C
ISN 0155      J = 1
ISN 0156      317 J = J+1
ISN 0157      IF (IS(K,J).EQ.0) GO TO 317
ISN 0159      KW = K+31
ISN 0160      WRITE(NDOUT,107) KW, IS(K,J), ((WJ(K,JK),HL1(K,JK),HL2(K,JK)),JK=J,MX)
ISN 0161      WRITE(NDOUT,113) IS(K,J)
ISN 0162      WRITE(NDOUT,108) (AC(K,JK),JK=J,MX)
ISN 0163      WRITE(NDOUT,114) SAC(K)
ISN 0164      WRITE(NDOUT,109) (EN(K,JK),JK=J,MX)
ISN 0165      WRITE(NDOUT,114) SEN(K,S)
ISN 0166      ZEN(S)=ZEN(S)+SEN(K,S)
ISN 0167      315 CONTINUE
ISN 0168      ZEP = 0.1*ZEN(S)/PD
ISN 0169      ZE = ZEN(S)*WT/1000.
ISN 0170      WRITE(NDOUT,112) ZEN(S),ZE,ZEP
C
C
ISN 0171      HIER BERECHNUNG VON TE(S)
ISN 0173      IF (TE(S).LE.1600.) GO TO 215
ISN 0174      215 CONTINUE
ISN 0175      DO 231 S=2,16
ISN 0176      ZEN(S-1)=ALOG10(ZEN(S))
ISN 0177      DO 231 K=3,31
ISN 0178      SEN(K,S-1)=SEN(K,S)
ISN 0179      231 CONTINUE
ISN 0180      WRITE(NDOUT,400) PT,ZEN
ISN 0181      STOP
ISN 0182      CALL PLOTA (PT,ZEN,15,3,0,1,2,1,-2,+2,-3,0,+3,-3,0,60HRESTZERF
ISN 0183      1 ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,SE,BR,KR,RB,SR,Y,ZR,NB ..,8021,
ISN 0184      2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
ISN 0185      3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
ISN 0186      K=3
ISN 0187      NP=1
ISN 0188      233 DO 232 S=1,15
ISN 0189      232 PEN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0190      WRITE(NDOUT,401) K,NP,PT,PEN
ISN 0191      CALL PLOTA (PT,PEN,15,3,NP,1,2,1,0,+2,-3,0,+3,-3,0,60HRESTZERF
ISN 0192      1 ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,SE,BR,KR,RB,SR,Y,ZR,NB ..,8021,
ISN 0193      2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
ISN 0194      3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
ISN 0195      K=K+1
ISN 0196      NP=NP+1
ISN 0197      IF (NP.LE.8) GO TO 233
ISN 0198      WRITE(NDOUT,402) PT,ZEN
ISN 0199      CALL PLOTA (PT,ZEN,15,3,0,1,2,1,-2,+2,-3,0,+3,-3,0,60HRESTZERF
ISN 0200      1 ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,MD,TC,RU,RH,PD,AG,CD,IN..,8022,
ISN 0201      2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
ISN 0202      3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
ISN 0203      NP=1
ISN 0204      234 DO 235 S=1,15
ISN 0205      235 PEN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0206      WRITE(NDOUT,401) K,NP,PT,PEN
ISN 0207      CALL PLOTA (PT,PEN,15,3,NP,1,2,1,0,+2,-3,0,+3,-3,0,60HRESTZERF
ISN 0208      1 ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,MD,TC,RU,RH,PD,AG,CD,IN..,8022,
ISN 0209      2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
ISN 0210      3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
ISN 0211      K=K+1
ISN 0212      NP=NP+1
ISN 0213      IF (NP.LE.8) GO TO 234
ISN 0214      WRITE(NDOUT,402) PT,ZEN
ISN 0215      CALL PLOTA (PT,ZEN,15,3,0,1,2,1,-2,+2,-3,0,+3,-3,0,60HRESTZERF
ISN 0216      1 ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,SN,SB,TE,J,XE,CS,BA,LA ..,8023,
ISN 0217      2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
ISN 0218      3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
ISN 0219      NP=1

```

```

ISN 0206 236 DO 237 S=1,15
ISN 0207 237 PEN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0208 WRITE(NDOUT,401) K, NP, PT, PEN
ISN 0209 CALL PLOTA (PT, PEN, 15, 3, NP, 1, 2, 1, 0, +2., -3., 0, +3., -3., 0, 60HRESTZERF
1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE, SN, SB, TE, J, XE, CS, BA, LA ...8023,
2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
NP=1
ISN 0210 K=K+1
ISN 0211 NP=NP+1
ISN 0212 IF(NP.LE.8) GO TO 236
ISN 0214 WRITE(NDOUT,402) PT, ZEN
ISN 0215 CALL PLOTA (PT, ZEN, 15, 3, 0, 1, 2, 1, -2, +2., -3., 0, +3., -3., 0, 60HRESTZERF
1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE, CE, PR, ND, PM, SM ....8024,
2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
NP=1
ISN 0216 239 DO 238 S=1,15
ISN 0217 238 PEN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0218 WRITE(NDOUT,401) K, NP, PT, PEN
ISN 0219 CALL PLOTA (PT, PEN, 15, 3, NP, 1, 2, 1, 0, +2., -3., 0, +3., -3., 0, 60HRESTZERF
ISN 0220 400 FORMAT(1H1,15F8.3/1X,16F8.3)
ISN 0221 401 FORMAT(2I3,15F8.3/6X,15F8.3)
ISN 0222 402 FORMAT(1X,15F8.3/1X,16F8.3)
ISN 0223 CALL PLOTA (PT, PEN, 15, 3, NP, 1, 2, 1, 0, +2., -3., 0, +3., -3., 0, 60HRESTZERF
1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE, CE, PR, ND, PM, SM ....8024,
2-1,1.E-03,DX,1.E+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.E+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
K=K+1
ISN 0224 NP=NP+1
ISN 0225 IF(NP.LE.5) GO TO 239
ISN 0226 GO TO 99
ISN 0228 98 FORMAT(A4,I6,2F7.0,14A4)
ISN 0229 100 FORMAT( 5X,3A3,E9.3,F7.4,7X,E7.2,7X,2F6.3,16X,I1)
ISN 0230 101 FORMAT(16F5.0)
ISN 0231 102 FORMAT(8F10.0)
ISN 0232 103 FORMAT(1H1//1X,14A4/)
ISN 0233 104 FORMAT(1H,'BERECHNUNG DER ZERFALLSWAERME'/' (SUMMIERUNG DER BEITR
ISN 0234 1AEGE DER ISOTOPE EINES CHEM. ELEMENTS)''' COREDATEN: BRENNSTOFF',
2F12.2,1X,'T UO2'/12X,'LEISTUNG',4X,F8.0,3X,'METH'/6X,'MITTL.SPEZ.L
3EISTUNG',F9.2,' W/G BRENNSTOFF'/6X,'MITTL.ABBRAND',F13.0,3X,'MWD/T
4 OXYD'/6X,'MITTL.ANREICHERUNG',5X,F5.2,' %'////)
ISN 0235 105 FORMAT(' BETRIEBSZEITEN: ',7X,F5.0,' TAGE BEI ',F5.0,' METH'/' ZE
1RFALLSZEITEN IN STD. ',15F7.3/14X,'BEI METH ',15F7.0/' TEMPERAT
2UR',7X,16F7.0)
ISN 0236 106 FORMAT(1H1,F8.3,' H NACH ABSCHALTUNG (ANGABEN PRO TONNE URSPRUENGL
1ICHEN BRENNSTOFFS)'/11X,'(LEISTUNG',F6.2,' METH/T OXYD, MITTL.FLUS
2S',E9.2,' N/CM2/SEC)'''
ISN 0237 107 FORMAT(1H /1X,I2,A2,1X,10(1X,I3,'/',2A3))
ISN 0238 108 FORMAT(3X,'(CI)',10E11.3)
ISN 0239 109 FORMAT(3X,'(KW)',10E11.3)
ISN 0240 110 FORMAT(2I3)
ISN 0241 111 FORMAT( 5X, 3A3,E9.3,7X,F7.4,7X,F7.3,2F6.3,16X,I1)
ISN 0242 112 FORMAT(1H '/' GESAMTZERFALLSWAERME',F9.2,' KW/T = ',F7.3,' METH E
1NTSPRECHEND ',F7.4,' % VOLLAST')
ISN 0243 113 FORMAT(1H+,121X,'SUMME',2X,A2)
ISN 0244 114 FORMAT(1H+,120X,E11.4)
ISN 0245 END

```



COMPILER OPTIONS - NAME= MAIN,OPT=02,LINECNT=60,SIZE=0000K,  
SOURCE, EBCDIC, NOLIST, NODECK, LOAD, MAP, NOEDIT, ID, NOXREF

REST 3

```

C
C REST3..PROGRAMM ZUR BERECHNUNG DER RESTZERFALLSWAERME
C IN 2 GFKOPPELTEN SYSTEMEN (OHNE N/GAMMA PROZESSE)
C
ISN 0002 C INTEGER IS(32,72),HL1(32,72),HL2(32,72),S,0,FMT,NAME(14),WJ(32,72)
ISN 0003 C L,E
REAL L(32,72),Y(32,72),SI(32,72),EG(32,72),EB(32,72),NE(32,72),
1TE(16),N(32,72),T(16),P(16),A(32),EX(32),B(7,32), EN(32,72),
2AC(32,72),SEN(32,16),SAC(32),PT(15),ZEN(16),PEN(15),EK(13,32),
3LF(32,72),FNF(32,72),ACF(32,72),AE(32),EXE(32),RE(14,32),
4SENF(32,16),SACE(32),ZENE(16)
C
ISN 0004 C NIN = 5
ISN 0005 C NOUT= 6
ISN 0006 C CALL FSPIF
C CLEAR ARRAYS
ISN 0007 C DO 200 J=1,72
ISN 0008 C DO 200 K=1,32
ISN 0009 C L(K,J) =1.
ISN 0010 C Y(K,J) =0.
ISN 0011 C SI(K,J) =0.
ISN 0012 C EG(K,J) =0.
ISN 0013 C FR(K,J) =0.
ISN 0014 C N(K,J) =0.
ISN 0015 C NE(K,J) =0.
ISN 0016 C FNI(K,J) =0.
ISN 0017 C ENF(K,J) =0.
ISN 0018 C AC(K,J) =0.
ISN 0019 C ACE(K,J) =0.
ISN 0020 C LE(K,J) =0.
ISN 0021 C IS(K,J) =0
ISN 0022 C 200 CONTINUE
ISN 0023 C 99 READ(NIN,98) IVAL,FMT,WT,AN,NAME
ISN 0024 C IF(IDENT(IVAL,4HDATA)) 97,96,97
ISN 0025 C 97 CALL FXTT
ISN 0026 C 96 ID =0
C READ IN DATA COEFF.,POWER- AND DECAY-TIMES (T1=POWER-DAYS, T2...=
C HOURS FROM END OF T1, POWER OR SHUTDOWN), POWER
C THERMISCHES U-CORE FUER 'FMT=100' AUF DATA-KARTE,
C SCHNELLES PU-CORE FUER 'FMT=111'. WT = BRENNSTOFFGEWICHT IN TONNEN
ISN 0027 C IF(FMT=105) 201,97,221
ISN 0028 C 201 READ(NIN,110) J,K
ISN 0029 C READ(NIN,100) IS(K,J),HL1(K,J),HL2(K,J),L(K,J),Y(K,J),
SI(K,J),EG(K,J),FR(K,J),ID
Y(K,J) = 0.01*Y(K,J)
IF(ID.EQ.0) GO TO 201
AR = 4307.*AN
GO TO 222
ISN 0030 C 221 READ(NIN,110) J,K
ISN 0031 C READ(NIN,111) IS(K,J),HL1(K,J),HL2(K,J),L(K,J),Y(K,J),
ISN 0032 C SI(K,J),FG(K,J),EB(K,J),ID
ISN 0033 C Y(K,J) = 0.01*Y(K,J)
ISN 0034 C IF(ID.EQ.0) GO TO 221
ISN 0035 C AR = 13.6*AN
ISN 0036 C 222 DO 202 I =1,16
ISN 0037 C T(I) = 0.
ISN 0038 C 202 P(I) = 0.
ISN 0039 C READ(NIN,101) T
ISN 0040 C READ(NIN,102) (P(I),I=1,8)
ISN 0041 C DO 249 K=3,31
ISN 0042 C 249 READ(NIN,115) (FK(E,K),E=1,12)
ISN 0043 C READ(NIN,116) TF
ISN 0044 C PD = P(I)/WT
ISN 0045 C AB = PD*ST(I)
ISN 0046 C WRITE(NOUT,103) NAME
ISN 0047 C WRITE(NOUT,104) WT,P(I),PD,AB,AN
ISN 0048 C WRITE(NOUT,105) T(I),P(I),(T(I),I=2,16),(P(I),I=2,16),TE
ISN 0049 C WRITE(NOUT,117)
ISN 0050 C DO 251 K=3,31
ISN 0051 C DO 252 J=1,71
ISN 0052 C IF(IS(K,J).EQ.0) GO TO 252
ISN 0053 C WRITE(NOUT,118) IS(K,J),FK(1,K),(EK(E,K),E=4,12)
ISN 0054 C GO TO 251
ISN 0055 C 252 CONTINUE
ISN 0056 C 251 CONTINUE
ISN 0057 C DO 230 S=2,16
ISN 0058 C PT(S-1)=ALOG10(T(S))
ISN 0059 C 230 CONTINUE
C
C TIME CALCULATION
ISN 0060 C T(1) = T(1)*3600.*24.
ISN 0061 C T(2) = T(2)*3600.
ISN 0062 C TM = 0.
ISN 0063 C DO 203 S =3,16
ISN 0064 C TM = TM+T(S-1)
ISN 0065 C T(S) = T(S)*3600.-TM
ISN 0066 C IF(T(S).LE.0.) GO TO 204
ISN 0067 C 203 CONTINUE
ISN 0068 C 204 CONTINUE
ISN 0069 C E =1
ISN 0070 C A(1) =0.
ISN 0071 C A(2) =0.
ISN 0072 C AE(1) =0.
ISN 0073 C AF(2) =0.
C
C RECHNUNG PRO TONNE BRENNSTOFF (FISS./SEC/T)
ISN 0074 C PF = 3.12F16/WT
ISN 0075 C CT =-T(1)/3600.
ISN 0076 C DO 215 S=1,16
ISN 0077 C ZEN(S) = 0.
ISN 0078 C ZENE(S) =0.
ISN 0079 C IF(T(S).LE.0.) GO TO 215
ISN 0080 C P(S) = PF*P(S)
ISN 0081 C FI = P(S)/AR
ISN 0082 C PD = P(S)/3.12F16
ISN 0083 C CT = CT+T(S)/3600.
ISN 0084 C WRITE(NOUT,106) CT,PD,FI
ISN 0085 C DO 214 J=1,71
ISN 0086 C DO 205 K=3,31
ISN 0087 C A(K) = 0.
ISN 0088 C AF(K) =0.
ISN 0089 C FX(K) = 0.
ISN 0090 C EXE(K) =0.
ISN 0091 C LE(K,J) =L(K,J)+EK(E,K)

```

```

ISN 0100      IF(L(K,J),EQ.1.) GO TO 205
ISN 0102      IF(L(K,J),EQ.0.) GO TO 205
ISN 0104      IF(L(F(K,J)*T(S),GT.100.) GO TO 81
ISN 0106      EX(K) = EXP(-L(E(K,J)*T(S))
ISN 0107      81 IF(L(K,J)*T(S),GT.100.) GO TO 82
ISN 0109      EXE(K) = EXP(-L(K,J)*T(S))
ISN 0110      82 A(K) = (P(S)*Y(K,J)+L(K-1,J)*A(K-1))/L(E(K,J)
ISN 0111      AE(K) = (E(K,E,K)*A(K)+L(K-1,J)*AE(K-1))/L(K,J)
ISN 0112      205 CONTINUE
ISN 0113      DO 206 K=1,31
ISN 0114      DO 206 M=1,7
ISN 0115      BE(M,K) = 0.
ISN 0116      BE(M+7,K) = 0.
ISN 0117      206 B(M,K) = 0.
ISN 0118      M = 1
ISN 0119      K = 2
ISN 0120      216 K = K+1
ISN 0121      KA = K
ISN 0122      IF(L(K,J),EQ.1.) GO TO 216
ISN 0124      207 B(M,K) = N(K,J)-A(K)-B(1,K)-B(2,K)-B(3,K)-B(4,K)-B(5,K)-B(6,K)
ISN 0125      EL = -1.
ISN 0126      IF(E(K,E,K),EQ.0.) EL = 0.
ISN 0128      BE(M,K) = EL*B(M,K)
ISN 0129      BE(M+7,K) = NE(K,J)-AE(K)-BE(1,K)-BE(2,K)-BE(3,K)-BE(4,K)-BE(5,K)-
      1BE(6,K)-BE(8,K)-BE(9,K)-BE(10,K)-BE(11,K)-BE(12,K)-BE(13,K)
      K=K+1
ISN 0130      IF(K,GT.31) GO TO 209
ISN 0131      IF(L(K,J),EQ.0.) GO TO 223
ISN 0133      IF(L(K,J),EQ.1.) GO TO 209
ISN 0135      MX = K-KA
ISN 0137      KI = KA-1
ISN 0138      DO 208 I=1,MX
ISN 0139      I2 = KI+I
ISN 0140      EL1 = LE(K,J)-LE(I2,J)
ISN 0141      EL2 = L(K,J)-LE(I2,J)
ISN 0142      EL3 = L(K,J)-L(I2,J)
ISN 0143      B(I,K) = L(K-1,J)/EL1*B(I,K-1)
ISN 0144      BE(I,K) = (L(K-1,J)*BE(I,K-1)+E(K,E,K)*B(I,K))/EL2
ISN 0145      RE(I+7,K) = L(K-1,J)*BE(I+7,K-1)/EL3
ISN 0146      208 CONTINUE
ISN 0147      223 M = K+1-KA
ISN 0148      IF(M,LE.7) GO TO 207
ISN 0149
C
C
ISN 0151      209 DO 210 K=KA,31
ISN 0152      IF(L(K,J),LE.0.) GO TO 210
ISN 0154      IF(L(K,J),EQ.1.) GO TO 210
ISN 0156      C = 0.
ISN 0157      CF = 0.
ISN 0158      KO = KA-1
ISN 0159      DO 211 Q=1,7
ISN 0160      KO = KO+1
ISN 0161      CF = (BE(Q,K)*EX(KQ)+BE(Q+7,K)*EXE(KQ))+CE
ISN 0162      211 C = (B(0,K)*EX(KQ))+C
ISN 0163      N(K,J) = ABS(A(K)+C)
ISN 0164      NE(K,J) = ABS(AE(K)+CE)
ISN 0165      EN(K,J) = 1.6E-16*(EG(K,J)+0.4*EB(K,J))*N(K,J)*L(K,J)
ISN 0166      ENE(K,J) = 1.6E-16*(EG(K,J)+0.4*EB(K,J))*NE(K,J)*L(K,J)
ISN 0167      AC(K,J) = N(K,J)*L(K,J)/3.7E10
ISN 0168      ACF(K,J) = NE(K,J)*L(K,J)/3.7E10
ISN 0169      210 CONTINUE
ISN 0170      214 CONTINUE
C
C
ISN 0171      DO 219 K = 3,31
ISN 0172      SEN(K,S) = 0.
ISN 0173      SFNE(K,S) = 0.
ISN 0174      SAC(K) = 0.
ISN 0175      SACE(K) = 0.
ISN 0176      DO 218 J = 1,71
ISN 0177      IF(L(K,J),EQ.1.) GO TO 218
ISN 0179      SEN(K,S) = SFNE(K,S)+EN(K,J)
ISN 0180      SENE(K,S) = SENE(K,S)+ENE(K,J)
ISN 0181      SAC(K) = SAC(K)+AC(K,J)
ISN 0182      SACE(K) = SACE(K)+ACF(K,J)
ISN 0183      WJ(K,J) = J+R2
ISN 0184      JM = J
ISN 0185      218 CONTINUE
C
C
ISN 0186      J = 0
ISN 0187      217 J = J+1
ISN 0188      IF(L(K,J),EQ.1.) GO TO 217
ISN 0190      KB = K+31
ISN 0191      WRITE(INOUT,107) KB,IS(K,J),{(WJ(K,JK),HL1(K,JK),HL2(K,JK)),JK=J,JM)
ISN 0192      WRITE(INOUT,113) IS(K,J)
ISN 0193      WRITE(INOUT,108) (AC(K,JK),JK=J,JM)
ISN 0194      WRITE(INOUT,114) SAC(K)
ISN 0195      WRITE(INOUT,109) (FN(K,JK),JK=J,JM)
ISN 0196      WRITE(INOUT,114) SEN(K,S)
ISN 0197      WRITE(INOUT,108) (ACE(K,JK),JK=J,JM)
ISN 0198      WRITE(INOUT,114) SACE(K)
ISN 0199      WRITE(INOUT,109) (ENE(K,JK),JK=J,JM)
ISN 0200      WRITE(INOUT,114) SENE(K,S)
ISN 0201      ZEN(S) = ZEN(S)+SEN(K,S)
ISN 0202      ZENE(S) = ZENE(S)+SENE(K,S)
ISN 0203      219 CONTINUE
ISN 0204      ZEP = 0.1*ZEN(S)/PD
ISN 0205      ZEPE = 0.1*ZENE(S)/PD
ISN 0206      ZE = ZEN(S)*WT/1000.
ISN 0207      ZEE = ZENE(S)*WT/1000.
ISN 0208      WRITE(INOUT,112) ZEN(S),ZE,ZEP
ISN 0209      WRITE(INOUT,119) ZENE(S),ZEE,ZEPE
C
C
ISN 0210      HIER BERECHNUNG VON TE(S) AUS ZEN(S), GIBT UEBER E EK(E,K) AUS MATRIX
ISN 0211      IF(TE(S),LT.1400.) GO TO 215
ISN 0212      IF(TE(S),GE.1400.,AND,TE(S-1),LT.1400.) GO TO 240
ISN 0214      IF(TE(S),GE.2500.,AND,TE(S-1),LT.2500.) GO TO 243
ISN 0216      242 F = TE(S)/200.-4.
ISN 0217      GO TO 215
ISN 0218      240 E = 2
ISN 0219      GO TO 244
ISN 0220      243 E = 3
ISN 0221      244 DO 241 J=1,71
ISN 0222      DO 241 K=3,31
ISN 0223      NE(K,J) = NE(K,J)+{1,-EK(E,K)}*N(K,J)
ISN 0224      241 N(K,J) = EK(E,K)*N(K,J)
ISN 0225      GO TO 242

```

```

ISN 0226 215 CONTINUE
ISN 0227   DD 231 S=2,16
ISN 0228   ZFN(S-1)=ALOG10(ZFN(S))
ISN 0229   DD 231 K=3,31
ISN 0230   SEN(K,S-1)=SEN(K,S)
ISN 0231 231 CONTINUE
ISN 0232   STOP
ISN 0233   CALL PLOTA (PT,ZEN,15,3,0,1,2,1,-2,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZF,SE,BR,KR,RB,SR,Y,ZR,NB ...8021,
2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
K=3
NP=1
ISN 0234 233 DD 232 S=1,15
ISN 0235   IF(SEN(K,S).LE.O.) SEN(K,S)=1.F-10
ISN 0236   PFN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0237   CALL PLOTA (PT,PEN,15,3,NP,1,2,1,0,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0239 1ALLSENERGIF VON 0=SCHMELZF,SE,BR,KR,RB,SR,Y,ZR,NB ...8021,
ISN 0240 2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
K=K+1
NP=NP+1
ISN 0241   IF(NP.LE.8) GO TO 233
ISN 0242   CALL PLOTA (PT,ZEN,15,3,0,1,2,1,-2,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0243 1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,MD,TC,RU,RH,PD,AG,CD,IN...8022,
ISN 0245 2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
NP=1
ISN 0246 234 DD 235 S=1,15
ISN 0247   IF(SEN(K,S).LE.O.) SEN(K,S)=1.F-10
ISN 0248   PEN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0250   CALL PLOTA (PT,PEN,15,3,NP,1,2,1,0,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0251 1ALLSENERGIF VON 0=SCHMELZF,MD,TC,RU,RH,PD,AG,CD,IN...8022,
2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
K=K+1
NP=NP+1
ISN 0252   IF(NP.LE.8) GO TO 234
ISN 0253   CALL PLOTA (PT,ZEN,15,3,0,1,2,1,-2,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0254 1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,SN,SB,TE,J,XE,CS,BA,LA ...8023,
ISN 0256 2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
NP=1
ISN 0257 236 DD 237 S=1,15
ISN 0258   IF(SEN(K,S).LE.O.) SEN(K,S)=1.F-10
ISN 0259   PEN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0261   CALL PLOTA (PT,PEN,15,3,NP,1,2,1,0,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0262 1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZF,SN,SB,TE,J,XE,CS,BA,LA ...8023,
2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
K=K+1
NP=NP+1
ISN 0263   IF(NP.LE.8) GO TO 236
ISN 0264   CALL PLOTA (PT,ZFN,15,3,0,1,2,1,-2,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0265 1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZF,CE,PR,ND,PM,SM ...8024,
ISN 0267 2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
NP=1
ISN 0268 239 DD 238 S=1,15
ISN 0269   IF(SEN(K,S).LE.O.) SEN(K,S)=1.E-10
ISN 0270   PEN(S)=ALOG10(SEN(K,S))
ISN 0272   CALL PLOTA (PT,PEN,15,3,NP,1,2,1,0,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0273 1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,CE,PR,ND,PM,SM ...8024,
2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
K=K+1
NP=NP+1
ISN 0274   IF(NP.LE.5) GO TO 239
ISN 0275   DD 250 S=2,16
ISN 0276   TE(S) =TE(S)/1.E6
ISN 0278   TE(S-1) =ALOG10(TE(S))
ISN 0279   CALL PLOTA (PT, TE,15,3, 9,1,2,1,0,+2.,-3.,0,+3.,-3.,0,60HRESTZERF
ISN 0280 1ALLSENERGIE VON 0=SCHMELZE,CE,PR,ND,PM,SM ...8024,
ISN 0281 2-1,1.E-03,DX,1.F+02,4HE8.1,1,-1,+1,1,
3-1,1.E-03,DX,1.F+03,4HE8.1,1,+1,-1,1)
GO TO 99
ISN 0282 98 FORMAT(A4,I6,2F7.0,14A4)
ISN 0283 100 FORMAT( 5X,3A3,E9.3,F7.4,7X,E7.2,7X,2F6.3,16X,I1)
ISN 0284 101 FORMAT(16F5.0)
ISN 0285 102 FORMAT(8F10.0)
ISN 0286 103 FORMAT(1H1//1X,14A4//)
ISN 0287 104 FORMAT(1H,'BERECHNUNG DER ZERFALLSWAERME'// (SUMMIERUNG DER BEITR
ISN 0288 1AEGE DER ISOTOPF EINES CHEM. ELEMENTS)/// COREDATEN: BRENNSTOFF',
2F12.2,1X,'T UO2'/12X,'LEISTUNG',4X,F8.0,3X,'MWH'/6X,'MITTL.SPEZ.L
3E1STUNG',F9.2,' W/G BRENNSTOFF'/6X,'MITTL.ABRBRAND',F13.0,3X,'MWD/T
4 OXYD'/6X,'MITTL.ANREICHERUNG',5X,F5.2,' %'///)
ISN 0289 105 FORMAT(' BETRIEBSZEITEN: ',7X,F5.0,' TAGE BEI ',F5.0,' MWH'// ZE
IRFALLSZEITEN IN STD.',2X,15F7.3/14X,'BEI MWH ',15F7.2// TEMPERA
2TUR(END)',2X,16F7.0//)
ISN 0290 106 FORMAT(1H1,F7.3,' H NACH ABSCHALTUNG (ANGABEN PRO TONNE URSPRUENGL
1ICHEN BRENNSTOFFS)'/11X,'(LEISTUNG',F6.2,' MWH/T OXYD, MITTL.FLUS
2S',E9.2,' N/CM2/SEC)')//)
ISN 0291 107 FORMAT(1H /1X,12,A2,2X,10(1X,I3,' ',2A3))
ISN 0292 108 FORMAT(3X,'(C) ',10E11.3)
ISN 0293 109 FORMAT(3X,'(KW) ',10E11.3)
ISN 0294 110 FORMAT(2I3)
ISN 0295 111 FORMAT( 5X,3A3,E9.3,7X,F7.4,7X,F7.3,2F6.3,16X,I1)
ISN 0296 112 FORMAT(1H // ZERFALLSWAERME IM BRENNSTOFF',F9.2,' KW/T = ',F7.3,'
1 MWH GESAMT, ENTSPRECHEND ',F7.4,' % VOLLAST')
ISN 0297 113 FORMAT(1H+,121X,'SUMME',3X,A2)
ISN 0298 114 FORMAT(1H+,120X,E11.4)
ISN 0299 115 FORMAT(16E5.2)
ISN 0300 116 FORMAT(16F5.0)
ISN 0301 117 FORMAT(' ENTWICKLKOEFFIZIENTEN'// MOMENTAN: HUELLENBRUCH BEI
1 1400C: GASE 30X, HALOGENE 25X, CS 10X//
210X,'BRENNSTOFFSCHMELZEN BEI 2500C: GASE 99X, HALOGENE 99X, CS 90X
3, SE-RR-MD-TC-AG-SN-SB-TE 30X'/3X,'STETIG: TEMP. -1400C -1600
4C -1800C -2000C -2200C -2400C -2600C -2800C -3000C
5 -3200C')
ISN 0302 118 FORMAT(13X,A2,3X,10F9.2)
ISN 0303 119 FORMAT(' ZERFALLSWAERME AUSSERHALB ',F9.2,' KW/T = ',F7.3,' MWH
1 GESAMT, ENTSPRECHEND ',F7.4,' % VOLLAST')
ISN 0304   END

```

8334SE*	23M	5.022-	4	0.30	0.37			2.174	1.366	10043TC	17S	4.076-	2	0.0019	0.			1.	3.38
8335BR	2.4H	8.021-	5	0.22	0.01			0.074	0.94	10044RU	STAB			0.	0.	.61E+ 1		0.	0.
8336KR*	STAB			0.	0.	.18E+ 3	0.5	0.	0.	10142MO	14.6M	7.910-	4	5.0	6.0			1.665	2.23
8434SE	3.3M	3.500-	3	0.93	0.48			0.4	1.4	10143TC	14M	8.250-	4	0.02	0.			0.327	1.32
8435BR*	32M	3.609-	4	0.019	0.04			1.682	3.199	10144RU	STAB			0.	0.	.55E+ 1	0.59	0.	0.
8436KR	STAB	0.021		0.	0.	.10E+ 0	0.23	0.	0.	10242MO	11.5M	1.004-	3	4.15	5.9			0.	1.2
8534SE	39S	1.751-	2	1.1	0.52			1.0	1.0	10243TC*	4.5M	2.567-	3	0.	0.1			0.47	2.0
8535BR	3M	3.850-	3	0.2	0.16			0.	2.5	10244RU	STAB			0.	0.	.12E+ 1	0.25	0.	0.
8536KR*	4.4H	4.375-	5	0.	0.01			0.173	0.82	10342MO*	5.3H	3.632-	5	3.0	5.6			1.	1.
8635BR	54S	1.283-	2	1.93	0.90			2.137	1.11	10343TC	50S	1.386-	2	0.	0.25			0.3	2.2
8636KR	STAB	0.		0.	0.	.60E- 1	0.004	0.	0.	10344RU	39.5D	2.030-	7	0.	0.			0.474	0.217
8735BR	55.4S	1.251-	2	2.5	1.0			2.691	4.22	10345RH*	STAB			0.	0.	.15E+ 3	0.56	0.	0.
8736KR	76M	1.520-	4	0.	0.14	.50E+ 3		1.374	3.15	10442MO	1.1M	1.050-	2	1.68	4.9			0.07	4.8
8737RB	47E9A	4.672-	19	0.04	0.01	.12E+ 0	0.015	0.	0.274	10443TC	18M	6.417-	4	0.13	0.7			1.0	4.6
8836KR	2.8H	6.375-	5	3.56	1.4			1.743	1.022	10444RU	STAB			0.	0.	.36E+ 1	0.22	0.	0.
8837RB	17.8M	6.489-	4	0.02	0.	.10E+ 1		0.569	4.827	10445RH*	4.4M	2.625-	3	0.	0.	.80E+ 3		0.031	0.5
8838SR	STAB	0.		0.	0.	.60E- 2	0.005	0.	0.	10543TC	7.7M	1.500-	3	0.9	5.2			0.11	3.4
8936KR	3.1M	3.726-	3	4.59	1.6			1.056	4.0	10544RU	4.4H	4.375-	5	0.	0.1	.20E+ 0		0.649	1.0
8937RB	15M	7.700-	4	0.17	0.2			2.225	2.8	10545RH*	35.5H	5.422-	6	0.	0.	.13E+ 5		0.076	0.466
8938SR	50.5D	1.589-	7	0.	0.	.40E+ 0		0.	1.463	10643TC	37S	1.873-	2	0.38	4.5			0.5	0.5
8939Y *	STAB	0.		0.	0.	.13E+ 1	0.012	0.	0.	10644RU	1.0A	2.200-	8	0.01	0.2	.15E+ 0		0.	0.039
9036KR	32S	2.166-	2	5.0	1.5			1.539	2.8	10645RH*	30S	2.310-	2	0.	0.			0.200	3.22
9037RB*	4.3M	2.686-	3	0.81	0.58			3.639	4.4	10646PD	STAB			0.	0.	.29E+ 0		0.	0.
9038SR	28.1A	7.820-	10	0.02	0.03	.80E+ 0	0.012	0.	0.546	10744RU	4.2M	2.750-	3	0.19	3.7			0.217	3.2
9039Y *	64.1H	3.003-	6	0.	0.			0.	2.268	10745RH	22M	5.250-	4	0.	0.			0.317	1.2
9040ZR	STAB	0.		0.	0.	.10E+ 0		0.	0.	10746PD*	7E6A	3.139-	15	0.	0.		0.62	0.	0.04
9137RB	57.4S	1.207-	2	5.43	2.4			0.	4.6	10844RU	4.5M	2.567-	3	0.07	2.7			0.046	1.3
9138SR	9.7H	1.985-	5	0.38	0.2			0.703	1.573	10845RH	17S	4.076-	2	0.	0.			0.374	4.5
9139Y *	58.8D	1.364-	7	0.09	0.	.11E+ 1		0.004	1.545	10846PD	STAB			0.	0.	.12E+ 2	0.42	0.	0.
9140ZR	STAB	0.		0.	0.	.16E+ 1	0.25	0.	0.	10945RH*	30S	2.310-	2	0.03	1.64			0.1	1.0
9238SR	2.71H	7.103-	5	5.3	3.1			1.257	0.645	10946PD*	13.5H	1.426-	5	0.	0.			0.005	1.028
9239Y	3.5H	5.500-	5	0.6	0.1			0.229	3.64	11046PD	STAB			0.018	0.82	.24E+ 0	0.21	0.	0.
9240ZR	STAB	0.08		0.	0.	.25E+ 0	0.026	0.	0.	11146PD*	22M	5.250-	4	0.019	0.38			0.1	2.2
9338SR	8M	1.444-	3	5.9	3.6			1.	2.755	11147AG*	7.5D	1.069-	6	0.	0.	.32E+ 1		0.023	1.05
9339Y	10.2H	1.887-	5	0.2	0.2			0.093	2.89	11148CD*	STAB			0.	0.	.24E+ 2	0.6	0.	0.
9340ZR	15E5A	1.465-	14	0.21	0.	.30E+ 1	0.23	0.	0.06	11246PD	21H	9.167-	6	0.01	0.152			0.004	0.28
9438SR	1.3M	8.885-	3	4.6	3.9			1.420	2.1	11247AG	3.2H	6.016-	5	0.	0.			0.486	3.94
9439Y	20M	5.775-	4	0.8	0.7			0.724	5.0	11248CD	STAB			0.	0.	.22E+ 1	0.22	0.	0.
9440ZR	STAB	1.04		0.	0.	.80E- 1	0.016	0.	0.	11346PD	1.5M	7.700-	3	0.016	0.09			0.	1.
9539Y	10.9M	1.060-	3	6.1	5.2			1.0	1.0	11347AG	5.3H	3.632-	5	0.	0.			0.404	2.0
9540ZR	65.5D	1.224-	7	0.1	0.1			0.725	0.390	11348CD	STAB			0.	0.	.20E+ 5	0.59	0.	0.
9541NB*	35D	2.292-	7	0.21	0.	.60E+ 1		0.765	0.160	11446PD	2.4M	4.812-	3	0.014	0.097			0.	0.1
9542MO	STAB	0.		0.	0.	.14E+ 2	0.27	0.	0.	11447AG	5.2S	1.333-	1	0.	0.013			0.57	4.6
9639Y	2.3M	5.022-	3	5.7	4.7			1.0	3.5	11448CD	STAB			0.	0.	.44E+ 0	0.22	0.	0.
9640ZR	STAB	0.59		0.5	0.	.50E- 1	0.02	0.	0.	11547AG*	20.0M	5.775-	4	0.0104	0.095			3.734	3.2
9641NB	23.4H	8.226-	6	0.0006	0.			2.307	0.720	11548CD*	53.5H	3.598-	6	0.	0.			0.194	1.11
9642MO	STAB	0.		0.	0.	.12E+ 1		0.	0.	11647AG	2.5M	4.620-	3	0.018	0.088			0.5	5.0
9740ZR	16.8H	1.146-	5	5.9	5.2			0.687	1.91	11648CD	STAB			0.	0.	.77E- 1		0.	0.
9741NB*	74M	1.561-	4	0.3	0.1			0.652	1.27	11748CD*	2.5H	7.700-	5	0.011	0.087			0.925	2.23
9742MO	STAB	0.01		0.	0.	.22E+ 1	0.35	0.	0.	11749IN*	1.95H	9.872-	5	0.	0.			0.119	1.78
9840ZR	30.7S	2.257-	2	5.5	5.2			1.	1.	11848CD	49M	2.357-	4	0.014	0.086			0.1	1.
9841NB*	51M	2.265-	4	0.36	0.3			2.307	3.1	11849IN*	5S	1.386-	1	0.	0.			0.184	4.2
9842MO	STAB	0.		0.	0.	.15E+ 0	0.14	0.	0.	11948CD*	3.4M	3.397-	3	0.014	0.085			0.1	3.5
9941NB*	2.4M	4.812-	3	5.8	5.88			0.1	3.2	11949IN*	2.3M	5.022-	3	0.	0.001			0.779	1.6
9942MO	66.7H	2.886-	6	0.36	0.			0.137	1.061	12049IN*	3.2S	2.166-	1	0.014	0.089			0.176	5.6
9943TC*	6.0H	3.208-	5	0.	0.	.22E+ 2	0.29	0.126	0.	12050SN	STAB			0.	0.	.14E+ 0		0.	0.
9944RU	STAB	0.		0.	0.	.44E+ 1		0.	0.	12149IN*	30S	2.310-	2	0.0113	0.092			0.1	0.1
10041NB	2.8M	4.125-	3	6.2	5.8			0.645	3.39	12150SN*	27H	7.130-	6	0.0025	0.			0.037	0.383
10042MO	STAB	0.24		0.2	0.2	.20E+ 0	0.15	0.	0.	12250SN	STAB			0.015	0.097	.18E+ 0		0.	0.

ANHANG B: NUKLEARER DATEN-SATZ

12350SN*	129D	6.217-	8	0.016	0.11			0.	1.42										
12450SN	STAB			0.018	0.13	.14E+	0	0.	0.										
12451SB*	60.3D	1.330-	7	0.	0.	.26E+	2	1.908	2.31										
12550SN	9.6D	8.355-	7	0.021	0.16			0.086	2.34										
12551SB	2.7A	8.139-	9	0.	0.01	.20E+	2	0.423	0.61										
12650SN	1E5A	2.197-	13	0.031	0.27			0.06	0.1										
12651SB*	12.4D	6.417-	7	0.001	0.01			0.5	1.9										
12652TE	STAB			0.	0.	.10E+	1	0.	0.										
12750SN	2.1H	9.167-	5	0.11	0.37			0.490	1.45										
12751SB	3.8D	2.111-	6	0.027	0.06			0.483	1.123										
12752TE*	9.4H	2.048-	5	0.	0.			0.002	0.70										
12753J	STAB			0.	0.	.64E+	1	0.71	0.										
12850SN	59M	1.958-	4	0.37	0.48			0.447	0.8										
12851SB*	9.3H	2.070-	5	0.09	0.22			1.808	1.										
12852TE	STAB			0.	0.01	.17E+	0	0.099	0.										
12853J*	25M	4.620-	4	0.	0.			0.073	2.12										
12951SB	4.3H	4.477-	5	1.0	1.1			1.	1.87										
12952TE*	69M	1.674-	4	0.	0.1			0.098	1.40										
12953J	17E6A	1.293-	15	0.	0.	.28E+	2	0.41	0.004	0.15									
13051SB*	37M	3.122-	4	2.0	2.0			0.5	0.1										
13052TE	STAB			0.1	0.3	.26E+	0	0.04	0.	0.									
13053J *	12.3H	1.565-	5	0.0012	0.009	.18E+	2	2.133	0.822										
13151SB	23M	5.022-	4	2.7	2.2			0.069	0.1										
13152TE*	25M	4.620-	4	0.21	1.1			0.361	1.909										
13153J	8.05D	9.964-	7	0.	0.1	.70E+	0	0.373	0.574										
13154XE*	STAB			0.	0.	.11E+	3	0.57	0.	0.									
13252TE	78H	2.468-	6	4.33	3.5			0.216	0.22										
13253J	2.4H	8.021-	5	0.	0.26			2.388	2.12										
13254XE	STAB			0.	0.	.27E+	0	0.074	0.	0.									
13352TE*	54M	2.139-	4	6.6	4.6			2.121	2.4										
13353J	20.8H	9.255-	6	0.09	1.1			0.555	1.27										
13354XE*	5.65D	1.420-	6	0.	0.	.19E+	3	0.0300	0.346										
13355CS	STAB			0.	0.	.32E+	2	0.51	0.	0.									
13452TE	43M	2.686-	4	6.9	4.0			0.130	0.1										
13453J	52M	2.221-	4	0.9	2.3			1.936	1.366										
13454XE	STAB			0.12	0.1	.23E+	0	0.091	0.	0.									
13455CS	2.05A	1.072-	8	0.	0.	.13E+	3	1.591	0.499										
13553J	6.7H	2.873-	5	6.17	6.3			1.775	0.925										
13554XE*	9.15H	2.104-	5	0.13	0.5	.36E+	7	0.246	0.91										
13555CS*	2E6A	1.098-	14	0.13	0.	.87E+	1	0.32	0.	0.21									
13556BA*	STAB			0.	0.	.58E+	1	0.	0.										
13654XE	STAB			6.46	6.9	.28E+	0	0.002	0.	0.									
13655CS	12.9D	6.218-	7	0.006	0.15			2.228	0.355										
13656BA	STAB			0.	0.	.41E+	0	0.	0.										
13754XE	3.9M	2.962-	3	6.0	6.2			0.150	3.935										
13755CS	30.0A	7.320-	10	0.2	0.3	.11E+	0	0.016	0.568	0.557									
13756BA*	STAB			0.	0.	.51E+	0	0.	0.										
13854XE	14.1M	8.191-	4	5.9	5.0			0.759	2.4										
13855CS	32.3M	3.576-	4	0.8	1.1			2.146	3.40										
13856BA	STAB			0.01	0.	.35E+	0	0.	0.										
13954XE	41S	1.690-	2	5.4	3.0			0.330	0.1										
13955CS	9.0M	1.283-	3	1.07	2.1			1.	0.1										
13956BA	82.9M	1.393-	4	0.1	0.2	.40E+	1	0.044	2.119										
13957LA	STAB			0.	0.	.96E+	1	0.16	0.	0.									
14054XE	13.5S	5.133-	2	3.8	1.4			0.13	0.1										
14055CS	64S	1.083-	2	2.1	3.0			1.0	0.1										
14056BA	12.8D	6.266-	7	0.4	0.7	.12E+	2	0.236	0.804										
14057LA	40.2H	4.789-	6	0.04	0.	.27E+	1	1.125	1.211										
14058CE	STAB			0.	0.	.54E+	0	0.068	0.	0.									

14155CS	24S	2.887-	2	4.6	2.7														
14156BA	18M	6.417-	4	1.5	1.4														
14157LA	3.9H	4.936-	5	0.	0.1														
14158CE	32.5D	2.468-	7	0.	0.	.29E+	2												
14256BA	11M	1.050-	3	5.79	4.9														
14257LA	92.5M	1.249-	4	0.05	0.5														
14258CE	STAB			0.06	0.	.95E+	0	0.1	0.	0.									
14357LA	14M	8.250-	4	5.83	4.8														
14358CE	33.4H	5.765-	6	0.03	0.1	.60E+	1												
14359PR	13.6D	5.898-	7	0.	0.	.89E+	2												
14457LA	41S	1.690-	2	5.2	3.4														
14458CE	284D	2.824-	8	0.21	0.2	.10E+	1												
14459PR	17.3M	6.676-	4	0.	0.														
14558CE	3.0M	3.850-	3	3.88	3.5														
14559PR	5.98H	3.219-	5	0.02	0.1														
14658CE	13.9M	8.309-	4	2.88	2.7														
14659PR	24.0M	4.812-	4	0.07	0.1														
14759PR	12.0M	9.625-	4	2.21	2.0														
14760ND	11.1D	7.226-	7	0.	0.														
14761PM	2.62A	8.387-	9	0.	0.	.15E+	3	2.01	0.	0.224									
14859PR	1.98M	5.833-	3	1.65	1.7														
14860ND	STAB			0.02	0.1	.25E+	1	0.093	0.	0.									
14861PM*	5.4D	1.485-	6	0.0002	0.	.20E+	4												
14959PR	2.3M	5.022-	3	1.0	1.4														
14960ND	1.73H	1.113-	4	0.05	0.														
14961PM	53.1H	3.625-	6	0.	0.	.17E+	4												
14962SM	STAB			0.	0.	.41E+	5												
15061PM	2.7H	7.130-	5	0.0014	0.0066														
15062SM	STAB			0.	0.	.10E+	3												
15161PM	28H	6.375-	6	0.42	0.89														
15162SM	87A	2.525-	10	0.	0.	.15E+	5	3.39	0.001	0.076									
15262SM	STAB			0.25	0.70	.21E+	3	0.81	0.	0.									
15362SM	46.8H	4.113-	6	0.158	0.48														

