

KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

Januar 1967

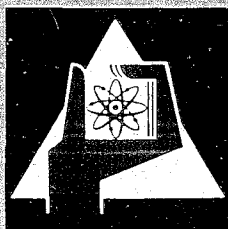
KFK 539/II
EUR 3951 d

Institut für Reaktorentwicklung

Struktur-, Ausdehnungs- und Verbiegungseffekte im schnellen Reaktor

Teil II: Programmbeschreibung

Y. S. Hoang



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



Januar 1967

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 539/II
EUR 3951 d

Institut für Reaktorentwicklung

STRUKTUR-AUSDEHNUNGS-
UND VERBIEGUNGSEFFEKTE
IM SCHNELLEN REAKTOR *)

Teil II

Programmbeschreibung

Y.S.Hoang

Gesellschaft für Kernforschung mbH., Karlsruhe

*) Diese Arbeit wurde im Rahmen der Assoziation zwischen der Europäischen Atomgemeinschaft und der Gesellschaft für Kernforschung mbH., Karlsruhe auf dem Gebiet der schnellen Reaktoren durchgeführt.

Inhaltsverzeichnis:

	<u>Seite:</u>
1. Einleitung	1
2. Programm DANGER	3
Eingabedaten	6
3. Programm SPALTR	10
Eingabedaten	11
4. Programm TEMPER	14
Eingabedaten	15
5. Programm REAKSP	19
Eingabedaten	21
 Literaturverzeichnis	 29

1. Einleitung

Die theoretischen Überlegungen zur Berechnung der Verbiegungs- und Ausdehnungseffekte der Subassemblies in einem "Schnellen Reaktor" wurden in KFK 539, Teil 1, beschrieben.

Zur praktischen Berechnung dieser Effekte stehen die 4 FØRTRAN-Programme (Fortran II)

DANGER (05850)

SPALTR (05859)

TEMPER (05860)

REAKSP (05870)

zur Verfügung.

DANGER errechnet die radialen Gradienten der Dangerkoeffizienten, die zur Berechnung der Reaktivitätswerte benötigt werden. Die errechneten Werte können entweder ausgestanzt oder auf eine Band-einheit geschrieben werden. Den Rechnungen mit DANGER muß eine 2-dimensionale Diffusionsrechnung mit den Programmen Twenty Grand (3), DIXI(15), oder Cram(14) vorausgehen, an welche sich eine 2-dimensionale Strömungsrechnung mit dem Programm 2-D-Pert (5) zur Ermittlung der räumlichen Verteilung der Dangerkoeffizienten $D(r,z)$ [cm^{-3}] anschließt.

TEMPER errechnet die axialen Temperaturverläufe und die freien Verbiegungen der Subassemblies infolge radialer Temperaturgradienten. Dabei werden für jedes Subassembly die axialen Temperaturverläufe für je einen Kühlkanal an der linken und rechten Subassemblywand und für einen Kühlkanal auf der mittleren Subassemblyachse berechnet.

Außerdem werden die Materialtemperaturen für die Subassemblykastenwand - die jeweils über ein Subassembly radial gemittelten Temperaturen - berechnet.

Der radiale Temperaturgradient für ein Subassembly wird als linearer Mittelwert aus den Temperaturen der 3 Kühlkanäle gebildet. Für diese Rechnungen wird angenommen, daß zur Coreachse

radialsymmetrisch angeordnete Subassemblies gleiche konstruktive und kühlungstechnische Bedingungen aufweisen. Jedes Subassembly ist auf genaue Aufheizspanne gedrosselt, und der Kühlmitteldurchsatz für alle Kühlkanäle innerhalb eines Subassemblies ist konstant.

Die für die Berechnung der Kühlkanaltemperaturen notwendige Wärmequellenverteilung muß aus der homogenen Spaltratenverteilung ermittelt werden, die ihrerseits wieder einer 2-dimensionalen Diffusionsrechnung entnommen werden kann. Mit Hilfe des Programmes SPALTER kann die Spaltratenverteilung - oder Wärmequellenverteilung - auf eine Bandedeinheit geschrieben werden.

Um möglichst genaue Ergebnisse erreichen zu können, wird der Reaktor axial in mehrere Abschnitte und radial in mehrere Ringzonen aufgeteilt. Diese radialen Zonen werden ihrerseits wieder durch gleichmäßige Schrittweiten unterteilt. Die radialen Ringzonen können auch in mehrere Subassemblyringe aufgeteilt werden. Die Lage und die Breite eines Subassemblyringes ist beliebig, solange ein Subassemblyring sich nicht über mehrere Ringzonen erstreckt.

Die Gradienten der Dangerkoeffizienten werden radial schrittweise berechnet, während die Temperaturen und freie Verbiegungen subassemblyweise bestimmt werden.

Die Ergebnisse von DANGER und TEMPER werden für axiale Abschnitte in Polynomform gebracht und können auf Band geschrieben werden.

Mit diesen Daten errechnet REAKSP die tatsächlichen Verbiegungen und die hieraus resultierenden Reaktivitäten und Spannungen in den Subassemblystenwänden.

Die Programme DANGER, TEMPER und REAKSP sind für sich selbständige Mehrphasenprogramme. TEMPER und REAKSP können miteinander gekoppelt werden.

Die Eingabedaten sind den Konventionen von SICOL entsprechend zu schreiben. Die Eingabedaten, die zu einem Eingabesatz - "Satz" - gehören, können fortlaufend auf einer Karte geschrieben werden. Für jeden neuen Satz muß eine neue Karte begonnen werden.

2. Programm DANGER (05850)

Programm für die radialen Gradienten der Dangerkoeffizienten

Das Programm DANGER besteht aus 5 Phasen und 2 Unterprogrammen.

1. Phase (05851)

Sie liest die Dangerkoeffizienten in radialer Richtung zonenweise ein. Aus den Dangerkoeffizienten werden zunächst radiale Polynome gebildet und diese schließlich differenziert. Die errechneten, noch nicht differenzierten Polynome und deren Genauigkeit können ausgedruckt werden. Folgt die zweite Phase direkt im Anschluß an die erste, so werden diese Polynome nicht ausgedruckt. Es werden dann die geometrischen Daten und die differenzierten Polynome auf die Bandeinheit Nr. 1 geschrieben.

Die erste Phase ist auch für die Berechnung beliebiger Polynome verwendet.

2. Phase (05852)

Sie liest zunächst die Koordinaten der neu zu rechnenden radialen Schrittweiten ein. Als Koordinate einer radialen Schrittweite gilt dabei die Koordinate der Mittellinie zwischen zwei radialen Maschenlinien. Danach werden die radialen Gradienten der Dangerkoeffizienten aus den auf der Bandeinheit Nr. 1 befindlichen Polynomen errechnet. Die errechneten Daten werden axial zonenweise auf die Bandeinheit Nr. 2 geschrieben. Es werden keine Ergebnisse ausgedruckt.

3. Phase (05853)

Sie liest zunächst zonenweise die Koordinaten der axialen Maschenlinien der in der 1. Phase eingelesenen Dangerkoeffizienten ein. Anschließend werden die Daten zur axialen Aufteilung des Reaktors eingelesen.

Danach wird die axiale Verteilung der radialen Gradienten der Dangerkoeffizienten abschnittsweise für alle radialen Schritte der Zone in Polynomform gebracht und ausgedruckt. Die Werte der Gradienten der Dangerkoeffizienten vor und nach der Bildung der Axialpolynome können zusätzlich ausgedruckt werden.

4. Phase (05854)

Zu Beginn der 4. Phase kann die Rechnung durch Eingabe einer Kontrollzahl abgebrochen werden.

Wird die Rechnung nicht abgebrochen, so werden zunächst die Kontrollzahl, die Zahl der Glieder der einzelnen Polynome und die Normierungsfaktoren der Zonen eingelesen.

Die Ergebnisse können ausgestanzt werden. In diesem Falle bricht die Rechnung nach Beendigung dieser Phase ab.

Die Ergebnisse können aber auch auf eine Bändeinheit geschrieben werden. In diesem Falle folgt die 5. Phase.

5. Phase (05855)

Zunächst wird die Anzahl der radialen Reaktorzonen und die Anzahl der zugehörigen Mischungszonen pro radiale Reaktorzone eingelesen. (In den Phasen 1 bis 4 werden unter Zonen immer Mischungszonen verstanden.)

Eine radiale Reaktorzone kann mehrere Mischungszonen umfassen. Für den Ablauf der 5. Phase müssen folgende Bedingungen erfüllt sein:

1. Die radialen Schrittweiten und die Anzahl von Mischungszonen, die einer radialen Reaktorzone angehören, müssen gleich sein. Die maximale Anzahl der radialen Schrittweiten in einer Zone ist 55.
2. Die Reihenfolge der Mischungszonen für eine radiale Reaktorzone soll auf der mittleren Höhe des Reaktors hintereinander von innen nach außen verlaufen, wobei die radialen Breiten der Zonen (sowohl die radiale Reaktorzone als auch die dazugehörigen Mischungszonen) gleich sind.
Die Reihenfolge der radialen Reaktorzonen muß ebenfalls hintereinander von der Reaktorachse ($r = 0$) aus nach außen angeordnet sein.
3. Die Summe aller axialen Abschnitte in einer radialen Reaktorzone ist maximal 20 und muß außerdem für alle radialen Zonen gleich sein.

Die auf die Bändeinheit geschriebenen Werte können mit dem Programm 05857 ausgedruckt werden.

Die benutzten Bändeinheiten sind:

a) 1 : Bändeinheit, auf der sich die endgültigen Dangerkoeffizienten befinden.

Werden die endgültigen Ergebnisse nicht auf einer Bändeinheit erwünscht, so ist diese Bändeinheit nur eine Arbeitsbändeinheit.

b) 2 : eine Arbeitsbändeinheit

Wird für die Rechnung nur die 1. Phase benutzt, so wird keine Bändeinheit benötigt.

Eingabedaten

1. Phase

Satz 1

NZØNE Festk. Anzahl der Mischungszonen

LNy Festk. Kontrollzahl

= -1 : Nur die 1. Phase rechnet

Die radialen Polynome werden ausgedruckt.

= 0 : Auf die 1. Phase folgt die 2. Phase.

Die radialen Polynome werden nicht ausgedruckt.

Satz 2

MX Festk. Anzahl der axialen Maschenlinien von Coremitte ab. (≤ 60)

MR Festk. Anzahl der radialen Maschenlinien (≤ 80)

SMR(I) Festk. Koordinaten der radialen Maschenlinien
(I = 1,MR)

Satz 3

D(I,J) Glk. Dangerkoeffizienten für die Maschenpunkte; }
entsprechend den Koordinaten "SMR" für }
eine axiale Maschenlinie. }
(J = 1,MR)
(I = 1,MX)

Satz 4

LR Festk. Anzahl der radialen Teilabschnitte der Mischungszone für die Bildung von radialen Polynomen der Dangerkoeffizienten (≤ 12)

Die Genauigkeit der Rechnung hängt weitgehend von dieser Aufteilung ab.

LL1(I) Festk. Nummer der ersten radialen Maschenlinie

LL2(I) Festk. Nummer der letzten radialen Maschenlinie

XG(I) Glk. Konstante für die Koordinatenverschiebung der radialen Aufteilung
(I = 1,LR)

für eine Zone NKL

(NKL = 1, LR)

Bedingung für LL1(I) und LL2(I)

$LL1(1) \geq 0$

$LL1(I) < LL2(I)$

$LL1(I) \geq LL2(I) - 1$

$LL2(LR) = MR$

2. Phase

Die Koordinaten in der zweiten Phase beziehen sich auf die Koordinaten SMR in der ersten Phase.

Satz 1

AL1	Glk.	die untere Grenze	} der Koordinaten
ALL	Glk.	die obere Grenze	

der neuen radialen Schrittweiten

Satz 2

NNA	Festk.	Anzahl der neuen radialen Schrittweiten
AP(I)	Glk.	Koordinaten der mittl. Maschenlinien der neuen radialen Schrittweiten (I = 1, NNA)

(NKL = 1, NZØNE)

} für eine Zone NKL

3. Phase

Satz 1

IST Festk. Kontrollzahl für das Ausdrucken der radialen Gradienten der Danglerkoeffizienten

a) < 0 : nicht ausdrucken

b) = 0 und 1 :

Die Werte für die Maschenpunkte werden vor der Bildung der axialen Polynome ausgedruckt.

c) >1 : wie b) und nach der Bildung der axialen Polynome werden die Werte für die Maschenpunkte und die axial dazwischen liegenden Werte ausgedruckt.

"IST" bedeutet dabei die Anzahl der nochmaligen Unterteilungen der axialen Schnitte

Bei allen drei Fällen werden die axialen Polynome ausgedruckt.

Satz 2

SNX(I) Glk. Koordinaten der in der 1. Phase eingelesenen axialen Schrittweiten ausgehend von der mittl. Corehöhe
(I = 1, MX)
(s. Satz 3 der 1. Phase)

Satz 3

LX Festk. Anzahl der axialen Abschnitte über die halbe Aufheizhöhe
NX1(L) Festk. Nummer des ersten axialen Schrittes
NX2(L) Festk. Nummer des letzten axialen Schrittes
XG(L) Glk. Konstante für die Koordinatenverschiebung
XLA(L) Glk. Länge des axialen Abschnittes
(L = 1, LX)
(NKL = 1, NZØNE)

für eine Zone NKL

für einen Abschnitt

4. Phase

KOY Festk. Kontrollzahl
<0 : Die Rechnung bricht ab
= 0 : Die Ergebnisse werden in der 5. Phase auf eine Bandeinheit geschrieben
>0 : Die Ergebnisse werden ausgestanzt.

NPØL Festk. (Grad der Polynome) + 1

SKY(I) Glk. Normierungsfaktor für die errechneten Polynome
(I = 1, NZØNE)

5. Phase

Satz 1

MRAD Festk. Anzahl der radialen Reaktorzonen
MRH(I) Festk. Anzahl der Gemischzonen für eine Reaktorzone
 (I = 1, MRAD)

Satz 2

LPRØ Festk. Programmnummer der nachfolgenden Phase
 LPRØ ≤ 0 : Rechnung bricht ab

3. Programm SPALTR (05859)

Programm zum Übertragen der zweidimensionalen Spaltratenverteilung auf eine Bändeinheit

Für die Diffusionsrechnung wird der Reaktor sowohl radial als auch axial in mehrere Zonen aufgeteilt, die ihrerseits wieder durch gleiche Schrittweiten unterteilt sind. Je nach Art des verwendeten Diffusionsprogrammes werden die Ergebnisse (z.B. Spaltraten) als Werte für die Schnittpunkte der so entstehenden Maschenlinien oder als über die Schrittweite konstante Werte aufgefaßt.

Die Kennzahl "KØNTR" berücksichtigt 3 verschiedene Typen von Spaltratenverteilungen. Die Berechnung der Anzahl (M^2) von Spaltratenwerten in einer axialen Richtung ist von der Kennzahl "KØNTR" abhängig. Außerdem werden die einzulesenden relativen Spaltraten aus der Diffusionsrechnung so normiert, daß die Spaltraten mit der Dimension W/cm^3 auf die Bändeinheit übertragen werden können.

Das Programm SPALTR kann für folgende Fälle benutzt werden:

- 1) Die Spaltratenverteilung wird mit Karten eingelesen und auf die Bändeinheit 1 übertragen.
- 2) Die auf einer Bändeinheit befindliche Spaltratenverteilung wird auf die Bändeinheit 1 übertragen, wobei die radialen Zonen geteilt oder zusammengefaßt werden können.
Voraussetzung bei einer Zusammenführung der radialen Zonen für KØNTR = 1 oder 3 ist, daß die Spaltratenwerte für die Grenzmaschenlinien zwischen alten Zonen, die zu einer neuen Zone zusammengefaßt werden sollen, jeweils vorhanden und gleich sind.

Nach jeder Rechnung werden die auf die Bändeinheit 1 übertragenen Spaltratenwerte ausgedruckt.

Die Spaltratenverteilung und die Spaltratenwerte in Abhängigkeit der Geometrie bleiben für beide Bändeinheiten unverändert.

Eingabedaten

Satz 1

KENNZ Festk. Hauptkennzahl für die Art der Rechnung

≤ 0 : Die Spaltraten auf der Bändeinheit werden ausgedruckt.

(Es werden keine weiteren Daten mehr eingelesen)

= 1 : Die Spaltraten werden auf Karten eingelesen und auf die Bändeinheit 1 übertragen.

(Eingelesen werden die Daten der Sätze 2 bis 5)

≥ 2 : Die auf einer Bändeinheit "NBD" befindlichen Spaltraten werden auf die Bändeinheit 1 übertragen, wobei die radialen Zonen

= 2 : geteilt werden.

(Eingelesen werden die Daten der Sätze 6 und 8)

= 3 : zusammengefaßt werden.

(Eingelesen werden die Daten der Sätze 6 und 7)

Satz 2

NZØNE Festk. Anzahl der radialen Zonen

CO Glk. Normierungsfaktor für den Gesamtreaktor

CC (I) Glk. zusätzlicher Normierungsfaktor für die radialen Zonen
(I = 1, NZØNE)

Satz 3

KØNTR Festk. Art der Spaltratenverteilung

Die Spaltraten werden eingelesen:

= 1 : als Werte für die Schnittpunkte der Maschenlinien

= 2 : als über die Schrittweite konstante Werte

= 3 : nach der Art von Twenty Grand

NZAX Festk. Anzahl der axialen Zonen von der Coremitte aus

W(I) Glk. Schrittweite der axialen Zone in cm }

NW(I) Festk. Schrittzahl der axialen Zone }

(I = 1, NZAX)

Satz 4

NSCHR Festk. Anzahl der radialen Schrittweiten
oder Maschenzahlen
R(I) Glk. die zugehörigen Koordinaten in cm
(I = 1, NSCHR)

Satz 5

A(I,J) Glk. axiale Spaltratenwerte für eine radiale
Schrittweite oder Maschenlinie
(J = 1, M2)
(I = 1, NSCHR)

für eine radiale Zone NKL

Es folgen die Daten für die weiteren Zonen nach
den Sätzen 4 und 5.
(NKL = 1, NZØNE)

Satz 6

NBD Festk. Nummer der zu korrigierenden Bandeinheit
NAEZ Festk. Anzahl der neuen radialen Zonen

Satz 7

Es gilt nur für KENNZ = 1

N Festk. Anzahl der neuen Zonen
NZN(I) Festk. die letzte Nummer der Koordinaten
(s. Satz 4) der neuen Zone
Die Koordinaten beziehen sich jeweils
auf die alte Zone
(I = 1, N)
(NKL = 1, NZØNE)

für eine alten
Zone NKL

Satz 8

Es gilt nur für KENNZ = -1

NZ Festk. Anzahl der alten Zonen, die in eine neue Zone
zusammengefaßt werden sollen.

NSR Festk. Anzahl der neuen radialen Koordinaten
RR(I) Glk. die zugehörigen Koordinaten in cm
 Sie müssen mit den alten Koordinaten
 genau übereinstimmen. Für aufeinander-
 folgende Zonen dürfen gleiche Koordi-
 naten nicht doppelt eingelesen werden.

} für eine neue Zone

4. Programm TEMPER (05860)

Programm zur Berechnung der Temperaturen und der freien Verbiegungen durch die radialen Temperaturgradienten

Das Programm besteht aus zwei Phasen und acht Unterprogrammen:

1. Phase (05861)

Sie liest neben einer Reihe von Kennzahlen die geometrischen und kühlungstechnischen Daten ein, wie z.B. Aufteilung der Zonen und der axialen Abschnitte und die Ein- und Austrittstemperaturen der Kühlkanäle. Außerdem werden die Nummern der benutzten Bandeinheiten angegeben.

Zunächst werden die eingelesenen Daten auf Eingabefehler grob geprüft. Danach werden die Temperaturen in den Kühlkanälen errechnet und je nach Bedarf ausgedruckt bzw. auf eine Bandeinheit geschrieben.

2. Phase (05862)

Zunächst werden die in der ersten Phase errechneten axialen Temperaturverläufe in Polynomform umgewandelt und die radialen Temperaturgradienten in den Subassemblies errechnet. Danach werden die freien Verbiegungslinien der Subassemblyachsen infolge radialer Temperaturgradienten in den Subassemblywänden berechnet. Schließlich werden die Verläufe der Temperaturen und der freien Verbiegungen der Subassemblyachsen - alles in Polynomform - auf eine Bandeinheit zur weiteren Verwendung übertragen.

Die für die Berechnung benutzten Bandeinheiten sind:

a) KBAND: Bandeinheit für die homogenen Spaltraten

b) MDS : = |MDR|

Bandeinheit für die in der 1. Phase punktweise errechneten Temperaturen.

c) LBD : Bandeinheit für die endgültigen axialen Verläufe der Materialtemperaturen, der Kühlkanaltemperaturen und der freien Verbiegungen der Subassemblyachsen in Polynomform.

Bei einer falschen Eingabe wird eine Nachricht "Divide Check" ausgedruckt.

Eingabedaten

1. Phase

Satz 1

NØPØR Festk. Hauptkennzahl für die Eingabedaten
Die Eingabedaten werden eingelesen:
= 0 ab 2. Satz
= 1 ab 6. Satz
= 2 ab 9. Satz

Satz 2

KØNTR Festk. Art der Spaltratenverteilung
= 1 Spaltratenverteilung für Schnittpunkte
der Maschenlinien
= 2 konstante Spaltraten über die Schrittweite
= 3 Spaltratenverteilung nach Twenty Grand

NZØNE Festk. Anzahl der radialen Zonen

NZAX Festk. Anzahl der axialen Zonen von der Coremitte aus

W(I) Glk. Schritt- oder Maschenweite einer axialen Zone in cm

NW(I) Festk. Schritt- oder Maschenzahl einer axialen Zone

(I = 1, NZAX)

Ist der Eingabewert "KBAND" ≥ 0 (Satz 3), so
müssen alle Daten in Satz 2 mit den entsprechen-
den Größen übereinstimmen, die im Programm
SPALTR (05859) eingelesen wurden.

Satz 3

KBAND Festk. Nummer der Bandeinheit mit der Spaltratenverteilung

< 0 : Divide Check

= 0 : Die Spaltraten müssen auf Karten eingelesen
werden.

SGC(I) Glk. Faktor, mit welchem die auf der Bandeinheit "KBAND"
vorhandenen Spaltratenverteilungen zonenweise multi-
pliziert werden können, um z.B. die Leistung, Kühl-
mittelaufheizspanne oder die Richtung des Kühlmittel-
durchflusses in einer radialen Zone zu ändern.

(I = 1, NZØNE)

Satz 4

NAB Festk. Anzahl der axialen Abschnitte
ST(I) Glk. Länge der axialen Abschnitte in cm
(I = 1, NAB)
NBEG Festk. Nummer des ersten } axialen Aufheizabschnittes
NEND Festk. Nummer des letzten }

Satz 5

LM1(I) Festk. der erste }
LM2(I) Festk. der letzte } axiale Schritt eines axialen Aufheiz-
abschnittes
(für die Aufstellung der Polynome)
(I = NBEG, NEND)

Satz 6

NR Festk. Anzahl der Ringzonen mit Subassemblybreite bzw.
Anzahl der Subassemblyringe
NSB(I) Festk. Anzahl der Subassemblyringe
FSM(I) Glk. die einem Brennstab zugeord- } für eine Zone
nete Querschnittsfläche in cm² }
FKN(I) Glk. die einem Kühlkanal zugeordnete }
Querschnittsfläche in cm² }
(I = 1, NZØNE)

Satz 7

LØNS Festk. Kennzahl zur Ermittlung des axialen Verlaufes der
Materialtemperatur
≤ 0 Es wird die Kühlmitteltemperatur des
mittleren Kühlkanals gewählt.
> 0 Für die Berechnung des axialen Verlaufes der
Materialtemperatur wird die Spaltratenverteilung
radial über den Subassemblyring gemittelt:
= 1 linear
= 2 quadratisch
HAY Glk. Bei der Berechnung des Temperaturverlaufes des Kühl-
kanals werden die temperaturabhängigen Materialgrößen
bezogen:
= 0 auf die Materialtemperatur für den
betreffenden Subassemblyring
≠ 0 auf die Temperatur des zu rechnenden Punktes

- GT Glk. die Bezugstemperatur des unverbogenen Reaktors [$^{\circ}\text{C}$]
- ABC Glk. Multiplikator für die radialen Temperaturgradienten. Dieser Multiplikator kann die radiale Wärmeleitung zwischen dem Kühlmittel und der Subassemblywand im Zusammenhang mit dem radialen Temperaturgradienten grob berücksichtigen.
- TTE(I) Glk. Kühlmittelintrittstemperatur für das Subassembly bzw. für den Subassemblyring in $^{\circ}\text{C}$
(I = 1, NR)

Satz 8

- RZ1(I) Glk. innerer } Radius des zu rechnenden
RZ3(I) Glk. äußerer } Subassemblyringes in cm
- BDS(I) Glk. effektive Breite des Subassemblyringes in cm
(I = 1, NR)

Satz 9

- KØNS Festk. Kennzahl für die Angabe der Kühlmittelaufheizung. Die Kühlmittelaufheizung wird angegeben durch:
= 1 Kühlmittelaustrittstemperatur in $^{\circ}\text{C}$
= 0 Kühlmitteldurchsatz pro Kühlkanal in g/s
= -1 Kühlmittelgeschwindigkeit in cm/s
- KDR Festk. Kennzahl für die Weiterverwendung der axialen Verläufe der punktweise errechneten Temperaturen. Die genannten Temperaturen werden:
= 0 nur ausgedruckt.
Programmstop nach 1. Phase
<0 ausgedruckt und auf eine Bändeinheit geschrieben.
>0 auf eine Bändeinheit geschrieben.
- Dabei ist MDS = MDR die Nummer der Bändeinheit
- KAH Festk. Kennzahl zur Ausgabe der Verläufe der Temperaturen und der freien Verbiegungen infolge der Temperaturgradienten in Polynomform

- = -1 : nur ausdrucken
- = 0 : nur auf Bändeinheit "LBD" schreiben.
- = +1 : sowohl ausdrucken als auch auf Bändeinheit "LBD" schreiben.

LBD Festk. Nummer der obengenannten Bändeinheit
bei KAH = -1 : keine Bedeutung

Satz 10

Eingabe für die Aufheizwerte
Je nach Angabe der Kennzahl "KØNS" wird a),
b) oder c) eingelesen.

- a)PTA(I) Glk. Austrittstemperatur des Kühlmittels im Subassembly
bzw. Subassemblyring in °C
(I = 1, NR)
- b)GG(I) Glk. Kühlmitteldurchfluß pro Kühlkanal eines
Subassemblies in g/s
(I = 1, NR)
- c)WKN(I) Glk. Kühlmittelgeschwindigkeit im Subassembly in cm/s
(I = 1, NR)

2. Phase

MPRØG Festk. Programm-Nummer der nachfolgenden Phase
= 05862 Programmstop.

5. Programm REAKSP (05870)

Programm zur Berechnung der Reaktivitätsänderungen
und der Spannungen

Das Programm besteht aus 3 Phasen mit 3 Unterprogrammen:

1. Phase (05873)

Sie liest die Kontrollzahlen und die Geometriedaten ein. Außerdem werden u.U. die Gradienten der Dangerkoeffizienten eingelesen und auf eine Bändeinheit übertragen, wenn nicht eine vorbereitete Bändeinheit vorhanden ist, auf der die mit Hilfe des Programmes DANGER (05850) erzeugten Gradienten der Dangerkoeffizienten stehen. Anschließend werden die Eingabedaten grob auf Fehler geprüft. Danach werden die für die weiteren Rechnungen benötigten Daten berechnet und gespeichert. Ein Teil dieser Daten kann ausgedruckt werden.

2. Phase (05874)

Zunächst werden die für die weiteren Rechnungen benötigten Daten und die Kennzahlen zum Ausdrucken der Ergebnisse eingelesen.

Mit Hilfe der von der 1. Phase übernommenen Daten, der neuen Eingabedaten und der vorbereiteten Bändeinheiten werden die Verbiegungen der Subassemblyachsen und die sich dadurch ergebenden Reaktivitätswerte errechnet.

Diese neu errechneten Daten können ausgedruckt werden.

3. Phase (05875)

Zunächst werden die in der 2. Phase errechneten Reaktivitätswerte ausgedruckt. Danach werden die Kontrolldaten zum Ausdrucken und die Daten zur Berechnung der Spannungen in den Subassemblykästen eingelesen.

Die Ergebnisse werden ausgedruckt.

Die für die Rechnungen benutzten Bändeinheiten sind:

NBD : Bändeinheit für die Gradienten der Dangerkoeffizienten
(s. Satz 7 der 1. Phase)

NBD1 : Bandeinheit für die Gradienten der Dangerkoeffizienten
(s. Satz 3 der 2. Phase)

NBD2 : Bandeinheit für die Temperaturen und für die freien
Verbiegungen (s. Satz 3 der 2. Phase)

Werden die Gradienten der Dangerkoeffizienten mit
Karten eingelesen, so muß "NBD" = "NBD1" sein.

Ist die Bandeinheit für die Gradienten der Danger-
koeffizienten vorhanden, so muß "NBD" = 0 sein, sonst
"DIVIDE CHECK".

Eingabedaten

1. Phase (05873)

Satz 1

NETT Festk. Hauptkontrollzahl für die Eingabedaten
Die Eingabedaten werden eingelesen:

|NETT| = 0 : ab 2. Satz
= 1 : ab 10. Satz
= 2 : ab 12. Satz

Die neu eingelesenen Daten werden bei:

NETT > 0 : nicht ausgedruckt
≤ 0 : ausgedruckt.

Satz 2

MFT ^a Reaktoridentifikation mit 15 Zeichen
NZØNE Festk. Anzahl der radialen Zonen (≤ 8)

Satz 3

ANG(I) Glk. die radiale Schrittweite in cm
NAN(I) Festk. die radiale Schrittzahl
NBZ(I) Festk. die Anzahl der Subassemblyringe } für eine radiale
(I = 1, NZØNE) Zone

Satz 4

NSSY Festk. Anzahl der Subassemblyringe (≤ 40)
BDS(I) Glk. die radiale Breite des Subassemblyringes in cm
(I = 1, NSSY)

Satz 5

NAB Festk. Anzahl der axialen Abschnitte (≤ 24)
ST(I) Glk. Länge der Abschnitte in cm
(I = 1, NAB)
NBEG Festk. Nummer des ersten axialen Aufheizabschnittes
NEND Festk. Nummer des letzten axialen Aufheizabschnittes
Die Anzahl der axialen Aufheizabschnitte ist maximal 20.

Satz 6

NMAT Festk. Anzahl der Materialgruppen
NAM(I) \varnothing Identifikation der Materialgruppen mit je 5
Zeichen
(I = 1, NMAT)

Satz 7

NBD Festk. Nummer der Bändeinheit, auf der die Gradienten
der Dangerkoeffizienten aufgeschrieben werden
sollen.
= 0 : Die genannte Bändeinheit ist vorhanden.
< 0 : DIVIDE CHECK
NHØY Festk. Anzahl der Glieder der einzelnen Polynome für
die Gradienten der Dangerkoeffizienten

In den folgenden beiden Sätzen werden die
Koeffizienten der Polynome für die Gradienten der
Dangerkoeffizienten, beginnend mit dem konstanten
Glieder, eingelesen. "NB2" ist dabei die Anzahl der
axialen Aufheizabschnitte.

Satz 8

Eingabe der Faktoren, mit denen die einzulesenden
Polynome (s. Satz 9) multipliziert werden müssen.
D1 Glk. Faktor für alle Polynome der Zone
S(M,L) Glk. Faktor für die axialen Aufheizabschnitte und
für die Materialien
((L = 1, NB2), M = 1, NMAT)

Satz 9

AIA(I) Glk. Glieder des Polynoms für die radialen
Gradienten der Dangerkoeffizienten
(I = 1, NHØY)

}
für eine radiale Zone

Sie gelten:

für den radialen Schritt K

für das Material M

für den axialen Aufheizabschnitt L

((L = 1,NB2), M = 1,NMAT), K = 1,NAN)

"NAN" ist dabei Anzahl der radialen Schritte der radialen Zone

für eine radiale Zone

Es wiederholen sich die Sätze 8 und 9 für die radialen Zonen

Satz 10

NES Festk. Kennzahl für die Lagerung des Subassemblyfußes

= 0 eingespannt

= 1 zweimal drehbar gelagert.

Alle Subassemblies werden jeweils an den Enden des ersten axialen Abschnittes in den Tragplatten gelagert. Eine genaue Beschreibung der Auflagerverhältnisse wird in Abschnitt 3.3, Teil 1 dieser Arbeit gegeben.

Satz 11

AUV(I) Glk. Maxwell'sche Einflußzahl des Punktes auf dem Rohr, in welchem das Subassembly gelagert ist. Sie gilt für den Punkt, an dem der unterste Punkt des Subassemblyfußes anliegt.

(I = 1,NZØNE)

Für "NES = 0" hat diese Größe keine Bedeutung.

QS1(I) Glk. Die Trägheitsmomente (in cm^4) der axialen Abschnitte der Subassemblies für eine Zone N

(I = 1,NAB)

(N = 1,NZØNE)

QS2(I) Glk. Die Widerstandsmomente (in cm^3) der axialen Abschnitte der Subassemblies für eine Zone N

(I = 1,NAB)

(N = 1,NZØNE)

Satz 12

- NBER Festk. Anzahl der Fixierstellenebenen ($1 \leq \text{NBER} \leq 5$)
- NRB(I) Festk. Nummern der axialen Abschnitte, an deren Ende die Fixierstellen angebracht sind.
($I = 1, \text{NBER}$)

Satz 13

- MPRØG Festk. Programmnummer der nachfolgenden Phase
 $\neq 05874$ Programmstop.

2. Phase (05874)

Satz 1

- MFT Ø Reaktor- oder Rechenidentifikation mit 15 Zeichen

Satz 2

Eingabe von Kennzahlen

- MRM Festk. Es werden gerechnet:
 > 0 : Reaktivitäten und Spannungen
 $= 0$: Spannungen
- MRN Festk. Der radiale Verlauf der Temperatur im Subassembly ist:
 $= 0$: konstant
 $= 1$: linear

Satz 3

- NBD1 Festk. Nummer der Bandeinheit, auf der sich die radialen Gradienten der Dangerkoeffizienten befinden.
- NBD2 Festk. Nummer der Bandeinheit, auf welcher sich die Temperatur- und die freien Verbiegungsverläufe befinden.

Satz 4

- GT Glk. Bezugstemperatur des unverbogenen Reaktors

Satz 5

MHH Festk. mit 0 einzulesen

MDR Festk. Kennzahl zum Ausdrucken

Folgende Daten können ausgedruckt werden:

- a) Reaktivitätsänderung für die einzelnen Subassemblyringe und für den gesamten Reaktor.
- b) Verbiegungslinie der Subassemblyachse
- c) Reaktivitätsänderung für die radialen Schritte und für die axialen Abschnitte
- d) Reaktivitätsänderung für die axialen Abschnitte in Abhängigkeit der radialen Schritte

Ausgedruckt wird für:

MDR = 0 a)
 = 1 a) und b)
 = 2 a) bis c)
 = 3 a) bis d)

Satz 6

IBI6 Festk. Kennzahl für das Einlesen von JER(I) (s. Satz 7)

≠ 0 : JER(I) wird neu eingelesen.
= 0 : Es wird JER(I) von der vorhergehenden Rechnung übernommen.

ITGM Festk. Kennzahl für das Einlesen von PMU(I) (s. Satz 8)

= 1 : PMU(I) wird neu eingelesen.
= 0 : Es wird PMU(I) von der vorhergehenden Rechnung übernommen.
= -1: Es gilt für alle PMU(I) = 1.

IMDR Festk. Kennzahl für das Einlesen von IDR(I) (s. Satz 9)

= 1 : IDR(I) wird neu eingelesen
= 0 : Es wird IDR(I) von der vorhergehenden Rechnung übernommen.
= -1: Es gilt für alle IDR(I) = 1.

Wenn MDR = 0, so ist IMDR beliebig. (S. Satz 5)

Satz 7

JER(I) Festk. Diese Rechenanweisung wird eingelesen, wenn AUV(I) bzw. QS1(I) (s. Satz 11 der 1. Phase) der vorliegenden Zone von AUV(I) bzw. QS1(I) der vorher berechneten Zone:

= 0 : gleich ist.
= 1 : verschieden ist.
(I = 1, NZØNE)
JER(1) = 1.

Satz 8

PMU(I) Glk. Gewichtungsfaktor für die zur Berechnung der freien Verbiegung benutzten Temperaturgradienten
(I = 1, NSSY)

Satz 9

IDR(I) Festk. Anweisung für das Ausdrucken von Biegelinien der Subassemblies.
Die Biegelinie des Subassemblies wird

= 0 nicht ausgedruckt
= 1 ausgedruckt

Bei MDR = 0 (s. Satz 5) sind IRR(I)'s beliebig.

3. Phase (05875)

Satz 1

KHKH Festk. Kennzahl für das Einlesen der Anweisung NSU(I)
MSPAN Festk. Kennzahl für das Einlesen der Anweisung NSP(I)
(s. Satz 2)

Es gelten jeweils:

= -1 : Anweisung wird neu eingelesen
= 0 : Die Anweisung wird von der vorausgegangenen Rechnung übernommen.
= 1 : Anweisung ist gleich 1.

Satz 2

NSU(I) Festk. Die Spannungen des Subassemblies werden:
= 1 ausgedruckt
= 0 nicht ausgedruckt.
(I = 1, NSSF)

Satz 3

NSP(I) Festk. Die Spannungen des axialen Abschnittes werden:
= 1 ausgedruckt
= 0 nicht ausgedruckt
(I = 1, NAB)

Das Ausdrucken der Spannungen des Abschnittes eines Subassemblies erfolgt dann, wenn für den betreffenden Abschnitt sowohl $NSU(I) = 1$, als auch $NSP(I) = 1$ sind.

Satz 4

IWAND Festk. Kennzahl für Berechnung der thermischen Spannungen in der Kastenwand
Die thermischen Spannungen in der Kastenwand werden:
<0 : nicht berechnet
≥0 : berechnet.

Die Sätze 5 bis 7 werden nicht eingelesen.

Die dabei benutzten Daten (in den Sätzen 5 bis 7) werden:

= 0 : von der vorausgegangenen Rechnung übernommen

>0 : neu eingelesen.

Satz 5

QZAHL	Glk.	Querdehnzahl des Strukturmaterials des Subassemblies (für Stahl QZAHL = 0,3)
DSP	Glk.	Spaltbreite der benachbarten Subassemblies in cm
DMET	Glk.	Wandstärke des Subassemblykastens in cm
WDGZL	Glk.	mittlere Wärmedurchgangszahl des fließenden Kühlmittels am Subassemblykasten in $\text{cal}/\text{cm}^2 \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C}$

Satz 6

WZØ(I)	Glk.	Temperaturausgleichsfaktor für die auf der Bandedeinheit NBD2 (s. Satz 3 der 2. Phase) befindlichen Randtemperaturen $WZØ(I) \leq 1$. (I = 1, NZØNE)
--------	------	--

Satz 7

WAX(I)	Glk.	Faktor für die Berechnung der thermischen Spannungen in der Subassemblywand für verschiedene axiale Abschnitte (I = 1, NAB)
--------	------	--

Ein Subassembly hat im allgemeinen axial veränderliche Querschnitte, z.B. außerhalb der Brennstoffzone braucht der Querschnitt nicht mehr sechseck-ringförmig zu sein. Ist z.B. der Querschnitt eines axialen Abschnittes voll - gegenüber ringförmig - , so ist $WAX(I) = 0$.

Satz 8

MPRØG	Festk.	Programm-Nummer der nachfolgenden Phase. $MPRØG > 05875$: Programmstop.
-------	--------	---

Literaturverzeichnis:

- [1] YONG-Su, HOANG:
Strukturausdehnungs- und Verbiegungseffekte im Schnellen Reaktor, Teil I, Theoretische Überlegungen
KFK-Bericht 539, Jan. 1967
- [2] D. Smidt et al.:
Referenzstudie für den natriumgekühlten schnellen Brutreaktor (Na 1),
KFK-Bericht Nr. 299 (PSB-Bericht Nr. 122), 1964
- [3] Tobias and Fowler:
Twenty Grand Program for the numerical solution of few-group neutron diffusion equations in two dimensions,
ORNL-3200, Feb. 1962
- [4] F. Storrer:
Courbes d'influence pour le calcul de l'effet des distorsions de la structure sur la reactivite,
Physics of fast and intermediate Reactors, Proceedings of the Seminar on the physics of fast and intermediate reactors,
IAEA-Conference, Vienna 1961
- [5] Chaumont and Koerner:
2 D-Pert (A two-dimensional perturbation code),
ANL 6555, May 1962
- [6] Timischenko and Coodier:
Theory of Elasticity, 1951
Second Edition, International student edition New York, Toronto, London/Mc Graw-Hill Book Company, Inc.
TOKYO, Kogakusha Company, Ltd.
- [7] Szabo':
Einführung in die Technische Mechanik, 4. Aufl., 1959
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg

- [8] Szabo':
Höhere Technische Mechanik, 2. Aufl., 1958
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg
- [9] Hütte I, 28. Aufl., 1955
Verlag ~~Wilhelm Ernstus Schn.~~ Schn., Berlin
- [10] Dubbel I, Aufl., 19
Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg
- [11] H. Wolf:
Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate,
Hanseatische Verlagsanstalt GmbH., Hamburg
- [12] Programming System, IBM 7070, 270562-0
Gesellschaft für Kernforschung mbH., Karlsruhe
- [13] Sammlung von Programmbeschreibungen für IBM 7074
Gesellschaft für Kernforschung mbH., Karlsruhe
- [14] A. Hassitt:
A Computer Program to solve the Multigroup Diffusion
Equations, 1962
United Kingdom Atomic Energy Authority, Risley,
Warrington, Lancashire
- [15] W. Höbel, H. Kraetsch, D. Sanitz:
NUSYS I, 1966
Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe