

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

April 1969

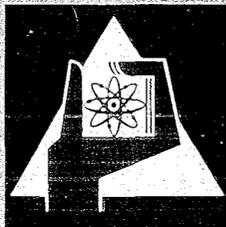
KFK 1044  
EUR 4310 d

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

FAUN - Z

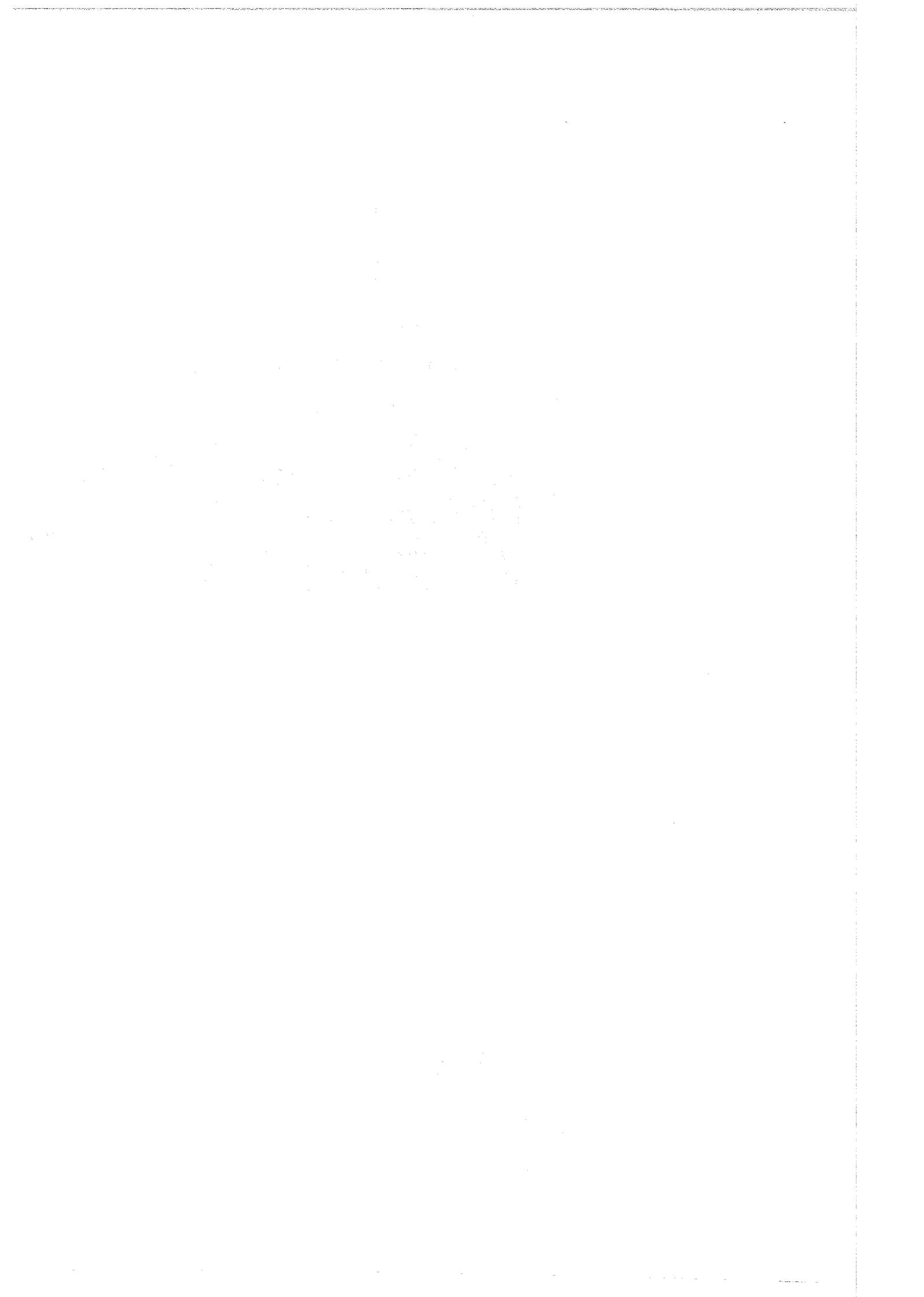
Berechnung schwerer Reaktorunfälle nach der modifizierten  
Bethe-Tait-Methode in r, z-Geometrie

K. Thurnay



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

April 1969

KFK 1044

EUR 4310d

Institut für Neutronenphysik und Reaktortechnik

FAUN - Z

Berechnung schwerer Reaktorunfälle nach der modifizierten Bethe-Tait-  
Methode in r,z-Geometrie \*)

von

K. Thurnay

\*) 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

	Seite
1. Aufbau des Programms	2
2. Symbolverzeichnis	2
3. Das Programm EXQ	4
4. Das Unterprogramm PHI	13
5. Das Unterprogramm RAND	15
6. Das Unterprogramm ENVER	16
7. Das Unterprogramm FVØNX	18
8. Die Unterprogramme RØUTD, RØUTE	18
9. Das Hilfsprogramm TREF	19
10. Das Hilfsprogramm EVØNQ	19
Anhang A: Eingabebeschreibung	24
Anhang B: Programmlisten	28
Anhang C: Rechnungsbeispiel	50

Literatur

- [1] K. Thurnay, F.G. Kluge, Theoretische Behandlung von denkbaren schweren Unfällen bei schnellen Brutreaktoren im Rahmen des Bethe-Tait-Modells (wird veröffentlicht).

## 1. Aufbau des Programms

FAUN-Z ist in FORTRAN-II für die IBM-7074 verfaßt. Das Programm dient zur Berechnung von schweren Exkursionen bei einem zylindrischen Zweizonencore nach der modifizierten Bethe-Tait-Methode [17].

Das Programm besteht aus dem Exkursionsprogramm EXQ, aus zwei Hilfsprogrammen zur Berechnung der mittleren Brennstofftemperatur, TREF bzw. der Energieausbeute, EVØNQ sowie aus folgenden Unterprogrammen:

<u>Name</u>	<u>Benötigt bei:</u>
PHI	EXQ, TREF, EVØNQ
RAND	EXQ, TREF, EVØNQ
ENVER	EXQ, TREF, EVØNQ
FVØNX	EXQ
RØUTD	EXQ
RØUTE	EXQ

Zusätzlich werden aus der Programmbibliothek eine Routine für Berechnung von bestimmten Integralen (FØRHAL, s. Programmbeschreibung Nr. 29) und eine andere für die Integration von Differentialgleichungssystemen 1. Ordnung (RUNGE, s. Programmbeschreibung Nr. 95) benutzt.

## 2. Symbolverzeichnis

<u>Symbol</u>	<u>im Programm</u>	<u>Bedeutung</u>
t	Q(1), PK(1)	Exkursionszeit
$t_E$		Exkursionsdauer
$\Delta t$	H1	Integrationsschrittweite
$\Delta t_{\max}$	HMAX	Größter Integrationsschritt
S	PK(3)	Neutronenfluß bzw. dessen Maximum im Corezentrum
$S_{\max}$	FMAX	
Q	Q(2), PK(2)	Energiedichte im Corezentrum
$\dot{Q}$	Q(3)	Leistungsdichte im Corezentrum
C	Q(4)	Leistungsdichte der Vorläufer im Corezentrum
$\beta_i, \lambda_i$		Anteil bzw. Zerfallskonstante der i-ten Vorläufergruppe
$\beta$	BET, BETF	Gesamtanteil der verzögerten Neutronen
$\lambda$	ELA	Effektive Zerfallskonstante der Vorläufergruppen

$\ell$	ELO	Mittlere Neutronen- lebensdauer
$v$	EV	Mittlere Neutronengeschwindigkeit
$D$	D	Diffusionskonstante
$\sum_f^{(1)}$	SF1	} Makroskopische Spaltquerschnitte in 1. bzw. 2. Corezone
$\sum_f^{(2)}$	SF2	
$c_f$	CS	Freigesetzte Energie pro Spaltung
$1+x$	DEX	Dopplere exponent
$\gamma$	TDT	Dopplerkonstante
$H_c$	HC	Corehöhe
$R_z$	RZ	Radius der 1. Corezone
$R_c$	RC	Coreradius
$V_c$		Corevolumen
$\rho$	RHØ	Mittlere Coredichte
$\rho_B$	RHØB	Mittlere Brennstoffdichte im Core
$M_B$	VRH	Gesamtmasse des Brennstoffs
$C_v$	CV	Wärmekapazität des Brennstoffs
$E_F$	QM	Schmelzwärme des Brennstoffs
$T_M, T_B$	TM, TB	Schmelz- bzw. Siedepunkt des Brennstoffs
$T_{ref}$	TR	Mittlere Brennstofftemperatur
$T$	T, PK(9)	Brennstofftemperatur im Corezentrum
$P_V^{(1)}$	PTO(1), PT(N,1)	} Polynomkoeffizienten der Dampfdruckdarstellung für niedrige bzw. für hohe Brennstofftemperaturen
$P_V^{(2)}$	PTO(2), PT(N,2)	
$\alpha$	ALF, PK(4)	} Reziproke Periode bzw. deren Maximum
$\alpha_{max}$	AMAX	
$\alpha_s$	RA0, ..., RA3	Beitrag der Störreaktivität zu $\alpha$
$\alpha_D$	AD, PK(8)	Beitrag der Dopplerrückwirkung zu $\alpha$
$\alpha_A$	Q(5), PK(5)	} Beitrag der axialen, radial nach außen gerichteten bzw. radial nach innen gerichteten Bewegungen zu $\alpha$
$\alpha_R$	Q(6), PK(6)	
$\alpha_{RA}$	Q(7), PK(7)	
$\psi(z)$		Flußverteilung in der axialen Richtung
$\phi(r)$		Flußverteilung in der radialen Richtung
$g(r)$		Verteilung der $\Sigma_f$ in der radialen Richtung
$p$	PK(10)	Brennstoffdruck im Corezentrum

a	A(3,1)	}	Minima bzw. Maxima der Funktion
A	A(1,1)		$\psi(z)$ im Core
b	PR	}	Minima bzw. Maxima der Funktion
B	PRM		$g(r)\phi(r)$ im Core
$B_{A,k}^{(v)}$	AZ(L,J)		Polynomkoeffizienten der Darstellungen
$B_{R,k}^{(v)}$	AR(L,J)		von $\ddot{\alpha}_A$ , $\ddot{\alpha}_R$ , bzw. $\ddot{\alpha}_{RA}$ in der
$B_{RA,k}^{(v)}$	AA(L,J)		Phase $Q^{(k)} \leq Q(t) < Q^{(k+1)}$
W	WO		Formfaktor der Energieverteilung
$a_1, \dots, a_n$	U(N,1)	}	Polynomkoeffizienten der $\psi$ -
$b_1, \dots, b_n$	U(N,2)		bzw. der $\phi$ -Darstellung
$E(\bar{r}, t)$		}	Energiedichte des Brennstoffs
$A_{KIN}^{(E)}$			Kinetische- bzw. Carnolsche
$A_{CAR}^{(E)}$			Energie von 1 g Brennstoff
$E_{BL}$			Energiedichte des flüssigen Brennstoffs am Siedepunkt
$E_{KIN}$	EKI		Zerstörungsenergie der Exkursion
$E_{CAR}$	ECA		Zerstörungsenergie der Exkursion, falls der Brennstoff sich wie ein ideales Gas verhält.
$E_{exc}$	EEXC	}	Exzess- bzw. Totale
$E_{TOT}$	ETOT		Energie der Exkursion
$d_1, \dots, d_k$	G(K)		Polynomkoeffizienten der $A_{KIN}^{(E)}$ - Darstellung

### 3. Das Programm EXQ

Dieses Programm verfolgt die zeitliche Entwicklung der Größen Energiedichte, Neutronenfluß, Brennstofftemperatur und Brennstoffdruck im Corezentrum, sowie die der reziproken Periode bis zum Ende der Exkursion. Anschließend berechnet es die totale und die Exzessenergie der Exkursion.

Zu diesem Zweck wird das Differentialgleichungssystem

$$\left. \begin{aligned}
 \dot{Q}(t) &= \dot{Q}(t) \\
 \dot{Q}(t) &= \alpha(t)\dot{Q}(t) + \lambda C(t) \\
 \dot{C}(t) &= \frac{\beta}{\ell} \dot{Q}(t) - \lambda C(t)
 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

mit den Anfangsbedingungen

$$\left. \begin{aligned} Q(0) &= C_V T(0) \\ \dot{Q}(0) &= S(0) \cdot \frac{c_{pL} \sum (1)}{\rho_B} \\ C(0) &= \frac{\beta}{\lambda} \dot{Q}(0) \\ \alpha(0) &= -\frac{\beta}{\lambda} \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

numerisch integriert solange, bis in einem Zeitpunkt  $t_E$  beide Bedingungen

$$\left. \begin{aligned} \alpha(t_E) &< -2,5 \alpha_{\max} \\ \dot{Q}(t_E) &< \frac{500 \text{ kJ}}{M_B \cdot W \text{ ms}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

erfüllt sind,  $\lambda$  erhält man gemäß

$$\lambda = \sum_i \frac{\beta_i}{\beta} \lambda_i \quad (4)$$

Die reziproke Periode  $\alpha$  setzt sich aus dem Störungsbeitrag

$$\alpha_s(t) = \alpha(0) + \sum_{j=0}^3 \alpha_{sj} \cdot t^j \quad (5)$$

und aus den Rückwirkungsbeiträgen zusammen:

$$\alpha(t) = \begin{cases} \alpha_s(t) + \alpha_D(t) & \text{für } Q(t) \leq E_{BL} \\ \alpha_s(t) + \alpha_D(t) + C_A \cdot \alpha_A(t) + C_R \cdot \alpha_R(t) + C_{RA} \cdot \alpha_{RA}(t) & \text{sonst} \end{cases} \quad (6)$$

$$E_{BL} = C_V \cdot T_B + E_F \quad (7)$$

$C_A$ ,  $C_R$  und  $C_{RA}$  sind frei wählbare Gewichtungsfaktoren.

Die Dopplerrückwirkung und die Expansionsrückwirkungen werden aus dem jeweiligen Stand der Energiedichte im Core

$$E(\vec{r}, t) = Q(t) \cdot F(\vec{r}) \quad (8)$$

bestimmt. Die Leistungsverteilung  $F(\vec{r})$  ist in axiale und in radiale Verteilungen faktorisiert:

$$F(\vec{r}) = \psi(z) \cdot g(r) \phi(r) \quad (9)$$

Bei Zweizonen-Cores unterscheidet sich die radiale Leistungsverteilung  $g\phi$  um eine Sprungfunktion

$$g(r) \equiv 1 + (\xi - 1)\theta(r - R_z), \quad \xi = \frac{\sum_f^{(2)}}{\sum_f^{(1)}} \quad (10)$$

von der radialen Flußverteilung.

Die Flußverteilungen werden mit symmetrischen auf

1. normierten Polynomen dargestellt:

$$\begin{aligned} \psi(z) &\equiv \sum_{v=1}^n a_v z^{2(v-1)} & \psi(0) &= 1 \\ \phi(r) &\equiv \sum_{v=1}^n b_v r^{2(v-1)} & \phi(0) &= 1 \end{aligned} \quad (11)$$

Die Funktionen

$$\hat{\psi}(z) \equiv \frac{1}{z} \int_0^z dx \psi(x) \quad \text{bzw.} \quad \hat{\phi}(r) \equiv \frac{1}{r^2} \int_0^r dx x \phi(x) \quad (12)$$

sind dann ebenfalls symmetrische Polynome. Der Formfaktor der Energieverteilung wird mit Hilfe dieser Funktion berechnet.

$$W = 2\hat{\psi}\left(\frac{R_c}{2}\right) \left\{ \xi \hat{\phi}(R_c) - (\xi - 1) \left(\frac{R_z}{R_c}\right)^2 \hat{\phi}(R_z) \right\} \quad (13)$$

Den Beitrag der Dopplerrückwirkung erhält man aus der jeweiligen mittleren Brennstofftemperatur:

$$\alpha_D(t) \equiv \frac{Y}{x \ell [T_{\text{ref}}(0)]^x} \left\{ \left[ \frac{T_{\text{ref}}(t)}{T_{\text{ref}}(0)} \right]^{-x} - 1 \right\} \quad (14)$$

$x > 0$  wird dabei immer vorausgesetzt.

$T_{\text{ref}}(t)$  erhält man gemäß

$$c_v \cdot T_{\text{ref}}(t) = \begin{cases} Q(t) \cdot W & \text{für } Q(t) \leq Q_A \\ Q(t) \cdot W - E_F & Q(t) \geq Q_E \\ Q(t) [W - W_{FI} + W_{FF}] - E_{FF} \cdot q_{FF} + E_{FI} \cdot q_{FI} & \text{sonst} \end{cases} \quad (15)$$

Dabei sind

$$E_{FI} = c_V T_M \quad E_{FF} = E_{FI} + E_F \quad (16)$$

$$Q_A = \frac{E_{FI}}{A \cdot B} \quad Q_E = \frac{E_{FF}}{a \cdot b} \quad (17)$$

$$q_J(t) \equiv \frac{1}{V_c} \int_{U_J(t)} dV \quad w_J(t) \equiv \frac{1}{V_c} \int_{U_J(t)} dV F(\bar{r}) \quad (18)$$

$$\text{mit } U_J(t) \equiv \{ \bar{r} \in V_c ; F(\bar{r}) \geq \frac{E_J}{Q(t)} \} \quad (19)$$

Im EXQ wird  $T_{ref}$  nur in den Gebieten  $Q(t) \leq Q_A$  und  $Q(t) \geq Q_E$  direkt berechnet.

Im übrigen Bereich wird eine Polynomdarstellung

$$T_{ref}(t) \equiv \sum_{\rho=1}^r U_{\rho} Q(t)^{\rho-1}, \quad Q_A \leq Q(t) < Q_E \quad (20)$$

benutzt. Diese gewinnt man, indem man für jedes Core vor Beginn der Exkursionsrechnungen  $T_{ref}(Q)$  mit Hilfe von TREF berechnet und eine geeignete Polynomnäherung ansetzt.

Die Rückwirkungsbeiträge der Materialbewegungen  $\alpha_A$ ,  $\alpha_R$  und  $\alpha_{RA}$  erhält man aus dem Gleichungssystem

$$\left. \begin{aligned} \dot{\alpha}_J(t) &= \dot{\alpha}_J(t) & \alpha_J(0) &= 0 \\ \ddot{\alpha}_J(t) &= \sum_{\nu=1}^N B_J^{(\nu)}(t) Q^{\nu}(t) & \dot{\alpha}_J(0) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad J = A, R, RA \quad (21)$$

Zur Berechnung der  $B_J^{(\nu)}(t)$  ist die Exkursion mit den Energiedichteschranken

$$Q^{(0)} = Q(0) < Q^{(1)} = E_{BL} < Q^{(2)} < \dots < Q^{(n)} \quad (22)$$

in  $n+1$  Rechnungsphasen

$$\left. \begin{aligned} Q^{(k-1)} &< Q(t) \leq Q^{(k)} & k=1, \dots, n \\ Q^{(n)} &< Q(t) \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

gegliedert;  $B_J^{(v)}(t)$  ist in dieser Darstellung eine Treppenfunktion:

$$B_J^{(v)}(t) \equiv \begin{cases} 0 & \text{für } k=1 \\ B_{J,k-1}^{(v)} & \text{für } k=2, \dots, n+1 \end{cases} \quad (24)$$

Als Dampfdruckdarstellung wird in der 2. bis m-ten Phase  $\sum_{r=0}^N p_r^{(1)} T^r$  benutzt, in allen folgenden Phasen  $\sum_{r=0}^N p_r^{(2)} T^r$ . Für die Gültigkeitsbereiche dieser Darstellungen gilt:

$$T_A^{(1)} < T_A^{(2)} < T_B < T_E^{(1)} < T_E^{(2)} \quad (25)$$

Die Phasengrenzen  $Q^{(k)}$  erhält man aus den Gleichungen

$$Q^{(n)} = \frac{c_v T_A^{(2)} + E_F}{ab} \quad (26)$$

$$Q^{(k)} = \begin{cases} \frac{Q^{(n)}}{\sigma_1^{m-k} \cdot \sigma_2^{n-m-1}} & 2 < k < m-1 \\ \frac{Q^{(n)}}{\sigma_2^{n-k}} & m < k < n-1 \end{cases} \quad (26')$$

wobei für  $m$  und  $n$  die Bedingungen

$$\left. \begin{aligned} Q^{(m)} &\leq c_v T_E^{(1)} + E_F < Q^{(m+1)} \\ \frac{Q^{(n)}}{\sigma_1^{m-1} \cdot \sigma_2^{n-m-1}} &\leq Q^{(1)} \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

zu erfüllen sind. Die Größen  $\sigma_i$  erhält man aus

$$\left. \begin{aligned} \sigma_i &= \frac{c_v (T_B + \Delta T) + E_F}{c_v T_A^{(i)} + E_F} \cdot \Sigma \quad i=1,2 \\ \Sigma &= \text{Max} \left( \frac{a}{A}, \frac{b}{B} \right) \end{aligned} \right\} \quad (28)$$

Bei der Wahl von  $\Delta T$  ist darauf zu achten, daß  $\Delta T$  möglichst klein bleibt und dennoch  $\sigma_2 > 1$  wird. Die Achsenabschnitte

$$\left. \begin{array}{l} 0 < z^{(k-1)} \leq H_c/2 \\ 0 < r_1^{(k-1)} \leq R_z ; \quad R_z < r_2^{(k-1)} \leq R_c \end{array} \right\} \quad k=2, \dots, n+1 \quad (29)$$

die in den einzelnen Phasen das zur Rückwirkung beitragende Teilcore bestimmen, erhält man aus folgenden Formeln:

a) Falls  $\Sigma = \frac{b}{B}$  ist, sind

$$r_1^{(k)} = R_z \quad \text{und} \quad r_2^{(k)} = R_c \quad \text{für alle } k \quad (30)$$

und  $z^{(k)}$  ist die Lösung der Gleichung

$$\psi(z) = \begin{cases} a \cdot \sigma_1^{m-k-1} \cdot \sigma_2^{n-m} & \text{für } 1 \leq k \leq m-1 \\ a \cdot \sigma_2^{n-k} & \text{für } m \leq k \leq n \end{cases} \quad (31)$$

b) Falls  $\Sigma = \frac{a}{A}$  ist, dann setzt man

$$z^{(k)} = \frac{H_c}{2} \quad \text{für alle } k \quad (30')$$

und die  $r_1^{(k)}$ ,  $r_2^{(k)}$  sind dann diejenigen Lösungen der Gleichung

$$g(r) \cdot \phi(r) = \begin{cases} b \cdot \sigma_1^{m-k-1} \cdot \sigma_2^{n-m} & \text{für } 1 \leq k \leq m-1 \\ b \cdot \sigma_2^{n-k} & \text{für } m \leq k \leq n \end{cases} \quad (31')$$

die die entsprechenden Bedingungen (s. Gl. 29) erfüllen. Falls es in  $(0, R_z]$  oder in  $(R_z, R_c]$  solche Lösungen nicht gibt, setzt man

$$r_1^{(k)} = R_z \quad \text{bzw.} \quad r_2^{(k)} = R_c .$$

Mit

$$p_v(k) = \begin{cases} p_v^{(1)} & \text{für } k=1, \dots, m-1 \\ p_v^{(2)} & \text{für } k=m, \dots, n \end{cases} \quad (32)$$

$v=0, 1, \dots, N$

$$P_v^2(k) \equiv v \cdot \sum_{\ell=0}^{N-v} \binom{v+\ell}{\ell} \frac{P_{v+\ell}(k)}{(c_v)^{v+\ell}} (-E_F)^\ell, \quad \begin{matrix} v=1, \dots, N \\ k=1, \dots, n \end{matrix} \quad (33)$$

$$\left. \begin{aligned} A_{z,k}^{(v)} &= \int_0^{z(k)} dz \psi^v \psi'^2 \\ A_{R1,k}^{(v)} &= \int_0^{z(k)} dz \psi^v (\psi'^2 - \psi \psi'') \\ A_{R2,k}^{(v)} &= - \int_0^{z(k)} dz \psi^{v+2} \end{aligned} \right\} \quad \begin{matrix} v = 1, \dots, N \\ k = 1, \dots, n \end{matrix} \quad (34)$$

$$\left. \begin{aligned} G_{z,k}^{(v)} &= \left[ \int_0^{r(k)} + \varepsilon^v \int_{R_z}^{r(k)} \right] dr \phi^v \{ r(\phi'^2 - \phi \phi'') - \phi \phi' \} \\ G_{R1,k}^{(v)} &= \left[ \int_0^{r(k)} + \varepsilon^v \int_{R_z}^{r(k)} \right] dr r \phi^v \phi'^2 \\ G_{R2,k}^{(v)} &= \left[ \int_0^{r(k)} + \varepsilon^v \int_{R_z}^{r(k)} \right] dr \phi^{v-1} \cdot \phi'^3 \end{aligned} \right\} \quad \begin{matrix} v=1, \dots, N \\ k=1, \dots, n \end{matrix} \quad (34')$$

$$\left. \begin{aligned} X_{A,k}^{(v)} &= A_{z,k}^{(v)} G_{z,k}^{(v)} \\ X_{R,k}^{(v)} &= A_{R1,k}^{(v)} \cdot G_{R1,k}^{(v)} + A_{R2,k}^{(v)} \cdot G_{R2,k}^{(v)} \\ X_{RA,k}^{(v)} &= \frac{\varepsilon^v - 1}{v} \{ A_{R1,k}^{(v)} \cdot R_z \phi^{v+1}(R_z) \cdot \phi'(R_z) + A_{R2,k}^{(v)} \cdot \phi^v(R_z) \cdot \phi'^2(R_z) \} \end{aligned} \right\} \quad (35)$$

$v=1, \dots, N, \quad k=1, \dots, n$

und mit

$$C_{EZ} = - \frac{2VD}{\rho I_z} \quad ; \quad I_z = \int_0^H dz \phi^2 \cdot \int_0^R dr r \phi^2 \quad (36)$$

ergibt sich

$$B_{J,k}^{(\nu)} = C_{EZ} \cdot \tilde{p}_\nu(k) X_{J,k}^{(\nu)} \quad \begin{array}{l} \nu=1, \dots, N \\ k=1, \dots, n \\ J=A, R, RA \end{array} \quad (37)$$

Für den Brennstoffdruck im Corezentrum erhält man folgende Gleichung:

$$p(t) = \begin{cases} 0 & \text{für } Q(t) \leq Q^{(1)} \\ \sum_{\nu=0}^N p_\nu(k) T(t)^\nu & \text{für } Q^{(k)} < Q(t) \leq Q^{(k+1)} \end{cases} \quad (38)$$

wobei  $T(t)$  aus der Gleichung

$$T(t) \equiv \begin{cases} Q(t)/c_\nu & Q(t) \leq E_{FI} \\ T_M & \text{für } E_{FI} < Q(t) \leq E_{FF} \\ (Q(t) - E_{FF})/c_\nu & E_{FF} < Q(t) \end{cases} \quad (39)$$

berechnet wird. Den Neutronenfluß im Corezentrum erhält man aus

$$s(t) \equiv \dot{Q}(t) \frac{\rho_B}{c_F E_F} \quad (40)$$

Für die totale- und die Exzessenergie werden die Formeln

$$E_{TOT} = [Q(t_E) - Q(0)] \cdot M_B \cdot W \quad (41)$$

$$E_{exc} = [Q(t_E) \cdot W_{BL}(t_E) - E_{BL} \cdot q_{BL}(t_E)] \cdot M_B \quad (42)$$

benutzt.

Programmablauf: Das Programm beginnt mit der Eingabe der Reaktordaten und den thermodynamischen Daten des Brennstoffs. Die Koeffizienten der Flußverteilungen  $\phi, \psi$  werden durch PHI eingelesen. Dieses Unterprogramm berechnet anschließend die Polynomdarstellungen der Funktionen  $\psi', \psi'', \hat{\psi}, \phi', \phi''$  und  $\hat{\phi}$  sowie die Normierungsgröße  $I_z$ .

Nachdem die Dampfdruckkoeffizienten  $p_v^{(i)}$  eingelesen sind und die  $\tilde{p}_v$  berechnet wurden, erfolgt, mit  $Q^{(n)}$  beginnend, die Bestimmung der  $Q^{(k)}, z^{(k)}, r_1^{(k)}$  und  $r_2^{(k)}$ , wobei zur Lösung der Gleichungen (31) bzw. (31') das Unterprogramm RAND herangezogen wird.

Als nächstes werden die Integrale  $A_{z,k}^{(v)}, G_{z,k}^{(v)}, \dots$  berechnet mit Hilfe von FØRHAL und FVØNX, aus diesen erhält man dann die Polynomkoeffizienten  $B_{A,k}^{(v)}, B_{R,k}^{(v)}$  und  $B_{RA,k}^{(v)}$  für die einzelnen Rechenphasen.

Der eigentliche Ablauf der Exkursionsrechnung beginnt mit dem Einlesen der Exkursionsparameter ( $\Delta t, S(o), \gamma, \alpha_{sj}, T(o), \beta$ ), sowie der Koeffizienten der  $T_{ref}$ -Darstellung. (Man kann gleichzeitig Parameter für mehrere Exkursionen einlesen, die entsprechenden Rechnungen erfolgen dann hintereinander.) Die Differentialgleichungssysteme (1) und (21) werden mit RUNGE integriert, wobei hier zusätzlich die Routinen RØUT D (in der 1. Phase) und RØUTE (in allen anderen Phasen) benutzt werden.

Nach jedem Integrationsschritt erfolgt eine Schrittweitenkontrolle. Falls bei einem  $\Delta t$ -Schritt eine der Größen

$$\xi_1 \cdot \frac{Q(t+\Delta t) - Q(t)}{Q(t)}, \quad \xi_2 \cdot \frac{\dot{Q}(t+\Delta t) - \dot{Q}(t)}{\dot{Q}(t)}$$

die obere Schranke 1.0 erreicht, wird  $\Delta t$  halbiert und die Integration wiederholt. Andererseits, erreichen beide Größen 0.5 nicht, dann rechnet man, vom nächsten Schritt an mit der Schrittweite  $\Delta t' = 1.5 \cdot \Delta t$  ( $\xi_1$  und  $\xi_2$  sind frei wählbar).

Anschließend wird geprüft, ob die laufende Rechnungsphase beendet ist oder nicht. Wenn ja, dann erfolgt eine Modifizierung der Koeffizienten  $B_{J,k}^{(v)}$ , eventuell auch der  $p_v(k)$ . Als neue Schrittweite wird hier die vom Exkursionsbeginn eingesetzt.

Falls keine neue Phase beginnt, wird - von der 2. Phase an - anschließend nach dem Ende der Exkursion abgefragt. Falls sie noch nicht zu Ende ist, beginnt - nach eventueller Ausgabe von Zwischenergebnissen - der nächste Integrationsschritt.

Nachdem die Exkursion beendet ist, werden noch  $E_{TOT}$  und mit Hilfe von ENVER  $E_{exc}$  berechnet.

Ausgabe der Ergebnisse: Während der Exkursion werden die Größen  $t$ ,  $Q$ ,  $S$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha_A$ ,  $\alpha_R$ ,  $\alpha_{RA}$ ,  $\alpha_D$ ,  $T$  und  $p$  gedruckt, und zwar vor Beginn jeder Rechnungsphase und am Ende der Exkursion. Falls erwünscht, kann man diese Größen auch nach jedem Integrationsschritt drucken lassen. Am Ende der Exkursion werden außerdem noch ausgegeben:  $\alpha_{max}$ ,  $S_{max}$ ,  $\Delta t_{max}$ ,  $E_{TOT}$ ,  $E_{exc}$ ; die Exkursionsparameter; die Reaktordaten, die thermodynamischen Größen und  $W$ ; die Polynomkoeffizienten der Fluß-, Dampfdruck- und  $T_{ref}$ -Darstellungen.

Die Ein- und Ausgabe erfolgt in den Einheiten g, cm, s, deg K<sup>0</sup>, kJ und atm, für die Störreaktivität gelten die Einheiten \$, \$/s, ... Intern wird 1 ms als Zeiteinheit benutzt.

Rechenzeit: Die Rechenzeit des Programms EXQ liegt - bei Reaktivitätsrampen von 30-120 \$/s - bei 15-25 sec pro Exkursion, falls auch die Ausgabe von sämtlichen Zwischenergebnissen verzichtet wird. Für die Rechenzeiten der eigentlichen Exkursionsläufe (d.h. ohne die Vorrechnungen und ohne ENVER) ergeben sich bei  $N_a=2$  folgende Werte (gemittelt über einen Dopplerkonstantenbereich  $0 \leq \gamma \leq 6 \cdot 10^{-3}$ ):

Rampe (\$/s)	30	60	120
Exkursionszeit (s)	19	16	13

#### 4. Das Unterprogramm PHI

Dieses Programm dient zum Einlesen und zur Ausgabe der Polynomkoeffizienten von  $\psi$  und  $\phi$  sowie der Berechnung der Funktionen  $\psi$ ,  $\psi'$ ,  $\psi''$ ,  $\hat{\psi}$ ,  $\hat{\psi}^2$ ,  $\phi$ ,  $\phi'$ ,  $\phi''$ ,  $\hat{\phi}$  und  $\hat{\phi}^2$ .

Anhand der Darstellungen (3.11) und (3.12) erhält man folgende Formeln für  $\psi'$ ,  $\psi''$ ,  $\hat{\psi}$  und  $\hat{\phi}$ :

$$\psi'(z) \equiv z \cdot \sum_{v=2}^n (2v-2)a_v \cdot z^{2(v-2)} \quad (1)$$

$$\psi''(z) \equiv \sum_{v=2}^n (2v-3)(2v-2)a_v z^{2(v-2)} \quad (2)$$

$$\hat{\psi}(z) \equiv \sum_{\nu=1}^n \frac{a_{\nu}}{2^{\nu-1}} \cdot z^{2(\nu-1)} \quad (3)$$

$$\hat{\phi}(r) \equiv \sum_{\nu=1}^n \frac{b_{\nu}}{2^{\nu}} r^{2(\nu-1)} \quad (4)$$

Für  $\phi'(r)$  und  $\phi''(r)$  gelten (1) bzw. (2) entsprechende Formeln.

Für die Funktionen

$$\hat{\psi}^2(z) \equiv \frac{1}{z} \int_0^z dx \psi^2(x) \quad \hat{\phi}^2(r) \equiv \frac{1}{r^2} \int_0^r dx x \phi^2(x) \quad (5)$$

erhält man folgende Polynomdarstellungen:

$$\hat{\psi}^2(z) \equiv \sum_{\nu=1}^{2n-1} \frac{A_{\nu}}{2^{\nu-1}} z^{2(\nu-1)} \quad \hat{\phi}^2(r) \equiv \sum_{\nu=1}^{2n-1} \frac{B_{\nu}}{2^{\nu}} r^{2(\nu-1)} \quad (6)$$

mit

$$A_{\nu} \equiv \sum_{\substack{i+j=\nu \\ 1 \leq i, j \leq n}} a_i a_j \quad B_{\nu} \equiv \sum_{\substack{i+j=\nu \\ 1 \leq i, j \leq n}} b_i b_j \quad (7)$$

Die Normierungsgröße  $I_z$  (Gl. 3.36) erhält man damit als

$$I_z = \frac{H_c}{2} R_c^2 \hat{\psi}^2\left(\frac{H_c}{2}\right) \hat{\phi}^2(R_c) \quad (8)$$

Das Programm wird durch die Indizes KP und KF gesteuert. Für KP=1 erfolgt, falls KF=1 ist, das Einlesen und das Umrechnen der Koeffizienten sowie die Berechnung des  $I_z$ ; falls KF>1 ist, werden die Koeffizienten  $a_{\nu}$ ,  $b_{\nu}$  gedruckt.

Die Berechnung der Funktionswerte erfolgt noch folgendem Schema:

KP \ KF	2	3	4
1	$\psi, \psi'$	$\phi, \phi', \phi''$	$\hat{\psi}$
2	$\psi, \psi', \psi''$	$\phi, \phi'$	
3	$\psi, \psi'$		

Der Aufruf erfolgt in der Form PHI(X,Y,Y1,Y2); hier ist X der Ort, wo der Funktionswert Y gesucht wird, Y1, Y2 sind die Werte der 1. und 2. Ableitungen an dieser Stelle.

### 5. Das Unterprogramm RAND

Dieses Programm dient zur numerischen Lösung der Gleichung

$$x = f^{-1}(y) \quad , \quad x_A < x \leq x_E \quad (1)$$

bei einer bekannten Funktion  $f(x)$ . RAND rechnet mit dem Newtonschen Iterationsverfahren

$$x_i \approx x_{i-1} - \frac{f(x_{i-1}) - y}{f'(x_{i-1})} \quad i=1,2,\dots \quad (2)$$

nach dem  $x_0$  vorgegeben wurde. Es wird dabei vorausgesetzt, daß es mindestens ein  $x$  gibt mit

$$f(x) > y \quad \text{für} \quad x \in (x_A, x_E] \quad (3)$$

Eine weitere Voraussetzung ist, daß

$$f'(x) < 0 \quad \text{für alle} \quad x \in (x_A, x_E) \quad (4)$$

(sonst sucht das Programm ein Intervall  $(x_A, \tilde{x}_E)$ ,  $\tilde{x}_E < x_E$ , in dem diese Forderung erfüllt ist, und die Gl. (1) wird dann in diesem Intervall gelöst). Die Integration wird beendet, falls einer der folgenden Fälle eintritt:

$$\left. \begin{array}{l} \text{a) } |f(x_j) - y| \leq 10^{-5} \\ \text{b) } f(x) > y \quad \text{für alle} \quad x \in (x_A, x_E] \\ \text{c) } i=10 \end{array} \right\} \quad (5)$$

Das Programm wird mit RAND (X, XA, XE, FX, CF) aufgerufen. X enthält vor dem Aufruf den ersten Näherungswert  $x_0$ , nach dem Aufruf den letzten Näherungswert  $x_j$ . Im Falle b) wird hier  $x_j = x_E$  gesetzt.

XA, XE enthalten die Bereichsgrenzen  $x_A$  bzw.  $x_E$  (bzw.  $\tilde{x}_E$ , falls  $f'(x) \geq 0$  ist in  $(\tilde{x}_E, x_E)$ ). FX ist der vorgegebene Sollwert  $y$ . Im Falle a) steht an der Stelle CF, sofern  $x_j < x_E$  ist, der letzte Wert von  $f(x)/f'(x)$ .

Im Falle c) werden als Fehlernachricht die Größen

$$KP, l, i, y, x_{i+1}, f(x_i), f'(x_i)$$

gedruckt. KP ist hier eine Steuerzahl (s. PHI),  $l$  ist, falls RAND von EXQ aus aufgerufen wurde, der Index des Polynomkoeffizienten  $p_v$ ,  $v$ , falls RAND von ENVER aus benutzt wurde, gibt  $l=1$  oder  $2$  an, in welcher Corezone der Aufruf erfolgte.

Die Bestimmung der Werte  $f(x)$ ,  $f'(x)$  erfolgt mit PHI.

### 6. Das Unterprogramm ENVER

Dieses Programm dient zur Berechnung der Integrale

$$q_J \equiv \frac{1}{V_c} \int_{U_J} dV \quad ; \quad W_J = \frac{1}{V_c} \int_{U_J} dV F(\bar{r}) \quad (1)$$

mit

$$U_J = \{ \bar{r} \in V_c ; F(\bar{r}) \geq \frac{E_J}{Q} \} \quad (2)$$

$U_J$  besteht bei Zweizonencores aus 2 Teilgebieten:

$$\begin{aligned} U_J^{(1)} &= \{ 0 \leq z \leq z_1 ; 0 \leq r \leq r_1(z) \} \\ U_J^{(2)} &= \{ 0 \leq z \leq z_2 ; R_z \leq r \leq r_2(z) \} \end{aligned} \quad (3)$$

Die Grenzen dieser Gebiete  $z_i$  bzw.  $r_i(z)$  erhält man aus folgenden Gleichungen:

$$\psi(z_i) = \chi_i \quad ; \quad \phi(r_i(z)) = \frac{n_i}{\psi(z)} \quad i=1,2 \quad (4)$$

mit

$$n_1 = \frac{E_J}{Q} \quad ; \quad n_2 = \frac{E_J}{\xi \cdot Q} \quad (5)$$

$$\chi_1 = \frac{n_1}{\phi(0)} \quad ; \quad \chi_2 = \frac{n_2}{\phi(R_z)} \quad (6)$$

Mit

$$FW_i(z) \equiv \psi(z) \cdot r_i^2(z) \hat{\phi}(r_i[z]) \quad i=1,2 \quad (7)$$

$$FV_i(z) \equiv r_i^2(z) \quad i=1,2 \quad (8)$$

sind die gesuchten Integrale

$$q_J = \frac{2}{H_c R_c^2} \left[ \int_0^{z_1} dz FV_1(z) + \int_0^{z_2} dz FV_2(z) - R_z^2 \right] \quad (9)$$

$$W_J = \frac{4}{H_c R_c^2} \left\{ \int_0^{z_1} dz FW_1(z) + \xi \left[ \int_0^{z_2} dz FW_2(z) - z_2 \hat{\psi}(z_2) R_z^2 \hat{\phi}(R_z) \right] \right\} \quad (10)$$

Das Programm wird mit ENVER (Q,EX,WX,VX,ZIN) aufgerufen. Hier sind Q die Energiedichte im Corezentrum, EX die vorgegebene Energieschranke  $E_J$ , WX, VX enthalten nach dem Aufruf die Integrale  $W_J$  und  $q_J$ . ZIN ist eine gerade Zahl

$$|ZIN| = 2m \quad (11)$$

die angibt, in wieviele Teile die Bereiche  $(0, z_1)$  während der Integration zu teilen sind.

Programmablauf: Nachdem geprüft wurde, daß ein  $z_1 > 0$  entsprechend Gl. (4) existiert, wird dieses mit RAND bestimmt; als erster Näherungswert wird

$$z_{10} = \text{Min} \left( \frac{H_c}{2}, \sqrt{\frac{\psi(0) - \chi_1}{-a_2}} \right) \quad (12)$$

vorgegeben. Anschließend werden für die Punkte

$$z_k = k \cdot \Delta z, \quad k = 0, 1, \dots, 2m-1; \quad \Delta z = \frac{z_1}{2m} \quad (13)$$

mit  $z_0$  beginnend die Funktionswerte  $FW_1(z_k)$  bzw.  $FV_1(z_k)$  berechnet.  $r_1(z_k)$  werden dabei ebenfalls mit RAND bestimmt. Für  $k = 0$  wird als erste Näherung

$$r_{10} = \text{Min} \left( R_z, \sqrt{\frac{\phi(0) - \frac{n_1}{\psi(0)}}{-b_2}} \right) \quad (14)$$

gesetzt. Für  $k \geq 1$  wird entweder

$$r_{10}(z_k) = R_z \quad (15)$$

vorgegeben, falls  $r_1(z_{k-1}) = R_z$  war, oder sonst

$$r_{10}(z_k) = r_1(z_{k-1}) - \Delta z \frac{\psi'}{\psi} \Big|_{z_k} \cdot \frac{\phi}{\phi'} \Big|_{r_1(z_{k-1})} \quad (15')$$

(s. Gl. (4)).

$\psi, \psi', \hat{\phi}$  und  $\hat{\psi}$  werden mit PHI bestimmt;  $\phi/\phi'$  erhält man aus RAND.

Die Summationen erfolgen nach der Simpsonschen Regel:

$$\int_0^{z_1} dz \, FW_1(z) \approx \frac{\Delta z}{3} \left\{ FW_1(z_0) + 4 \sum_{\ell=0}^{m-1} FW_1(z_{2\ell+1}) + 2 \sum_{\ell=1}^{m-1} FW_1(z_{2\ell}) \right\} \quad (16)$$

und entsprechend für  $\int dz \, FV_1$ .

Die Berechnung der Integrale  $\int_0^{z_2} dz \, FW_2$ ,  $\int_0^{z_2} dz \, FV_2$  erfolgt anschließend nach demselben Verfahren.

Falls es erwünscht ist, druckt ENVER = nachdem  $W_J$  und  $q_J$  berechnet wurden = die Größen

$z_1, r_1(o), z_2$  und  $r_2(o)$  aus.

Rechenzeit: Bei  $|ZIN| = 250$  beträgt die Rechenzeit dieser Routine  $\approx 2$  sec pro Integrationsgebiet, d.h. 4 sec falls über den beiden  $U_J^{(i)}$ -s integriert werden muß. Mit  $|ZIN|$  nimmt die Rechenzeit linear zu.

### 7. Das Unterprogramm FVØNX

Dieses Programm ist der Integrationsroutine FØRMAL direkt zugeordnet und wird von dieser mit FVØNX(x) aufgerufen. Es berechnet den Wert des Integranden im vorgegebenen Bereichspunkt x.

Folgendes Schema zeigt den Zusammenhang zwischen Steuerzahlkombinationen und Integralen zu denen FVØNX die Integranden rechnet:

KP \ KF	2	3
1	$A_{z,k}^{(v)}$	$G_{z,k}^{(v)}$
2	$A_{R1,k}^{(v)}$	$G_{R1,k}^{(v)}$
3	$A_{R2,k}^{(v)}$	$G_{R2,k}^{(v)}$

### 8. Die Unterprogramme RØUTD und RØUTE

Diese Unterprogramme werden von der Routine RUNGE benutzt; sie berechnen die in RUNGE benötigten Werte der Ableitungen  $\dot{Q}, \ddot{Q}, \dot{C}$  (RØUTD) bzw.

$\dot{Q}, \ddot{Q}, \dot{C}, \dot{\alpha}_A, \dot{\alpha}_R, \dot{\alpha}_{RA}, \ddot{\alpha}_A, \ddot{\alpha}_R, \ddot{\alpha}_{RA}$  (RØUTE) im Zeitpunkt t (s. Gl.3.1 und 3.21).

Die Aufrufe erfolgen mit RØUTD(Q,DQ) bzw. mit RØUTE(Q,DQ). Q und DQ sind Vektoren; die erste Komponente von Q enthält die jeweilige Exkursionszeit t, in den anderen Q-Komponenten stehen die Größen deren Ableitungen gesucht werden. Diese stehen - nach dem Aufruf - in den Komponenten von DQ.

### 9. Das Hilfsprogramm TREF

Dieses Programm ist unabhängig von EXQ; es dient zur Berechnung der Funktion  $Tref(Q)$  in einem vorgegebenen Energiedichtebereich  $(Q_1, Q_2)$  für ein Zwei-zonen-Zylindercore.

Programmablauf: Zunächst bestimmt TREF mit PHI W und die Energiedichteschranken  $Q_A, Q_E$  (s. Gl. 3.17) sowie zwei weitere Schranken

$$Q_{FI} = \frac{E_{FF}}{A \cdot B} \qquad Q_{AF} = \frac{E_{FI}}{ab} \qquad (1)$$

Anschließend werden die Reaktordaten, W, und die thermodynamischen Daten sowie die Energieschranken  $Q_A, Q_E, Q_{AF}, Q_E$  und  $E_{FI}, E_{FF}$  ausgedrückt. Die Temperaturberechnung erfolgt gemäß (s. auch 3.15)

$$c_v Tref(Q) = \begin{cases} Q \cdot W & \text{für } Q \leq Q_A \\ Q(W - W_{FI}) + E_{FI} \cdot q_{FI} & Q_A < Q \leq Q_{FI} \\ Q(W - W_{FI} + W_{FF}) + E_{FI} \cdot q_{FI} - E_{FF} \cdot q_{FF} & Q_{FI} < Q < Q_{AF} \\ Q \cdot W_{FF} + E_{FI} - E_{FF} \cdot q_{FF} & Q_{AF} < Q < Q_E \\ Q \cdot W - E_F & Q_E < Q \end{cases} \qquad (2)$$

wobei die  $W_J$ -s bzw.  $q_J$ -s wieder durch ENVER berechnet werden. Für jeden Q-Wert werden folgende Größen ausgedrückt:

$$Q, W_{FI}, W_{FF}, q_{FI}, q_{FF}, Tref.$$

Die Rechenzeit des TREF ist praktisch identisch mit der Rechenzeit die von ENVER benötigt wird.

### 10. Das Hilfsprogramm EVQNO

Dieses Programm berechnet die nach der Exkursion freiwerdende zerstörerische Energie in Abhängigkeit von der zentralen Energiedichte am Exkursionsende und zwar

- mit dem realen Brennstoff als Arbeitsmedium,  $E_{KIN}(Q)$
- mit einem Brennstoff, der sich oberhalb von  $T_B$  wie ein ideales Gas verhält,  $E_{CAR}(Q)$ .

Dazu bestimmt EVØNQ folgende Integralausdrücke

$$E_{KIN}(Q) \equiv \int_{E_{BL}}^{E} dV \rho_B A_{KIN}(E) \quad (1)$$

$$E_{CAR}(Q) \equiv \int_{E_{BL}}^{E} dV \rho_B A_{CAR}(E) \quad (2)$$

für Werte aus einem Bereich  $Q_0 \leq Q \leq Q_1$ .  $A_{KIN}(E)$  ist die kinetische Energie, die man aus 1 g Brennstoff der thermischen Energie  $E$  mit adiabatischer Ausdehnung bis  $E_{BL}$  gewinnen kann;  $A_{CAR}(E)$  ist die kinetische Energie, die man unter den gleichen Bedingungen erzielen könnte, falls der Brennstoff ein ideales Gas wäre, d.h.

$$A_{CAR}(E) \equiv (E - E_{BL}) \left(1 + \frac{E_F}{E - E_F}\right) \quad (3)$$

Für  $A_{KIN}(E)$  wird eine Polynomnäherung in der Form

$$A_{KIN}(E) \equiv \sum_{\sigma=1}^S d_{\sigma} \cdot (E - E_{BL})^{\sigma} \quad (4)$$

benutzt.

Die Bestimmung der Integrale (1) und (2) erfolgt numerisch; der relevante Energiebereich des Cores wird in Bereiche gleicher Energiebreite

$$\Delta E = \frac{1}{N} (E_{max} - E_{BL}) \quad (5)$$

$$E_{max} = Q \cdot AB$$

zerlegt, zu jedem Teilbereich wird der entsprechende Brennstoffanteil

$$M_B \cdot \Delta q_i = M_B \int_{q(x_i)}^{q(x_{i+1})} q \quad (6)$$

$$q(x_i) = \frac{1}{V_c} \int_{F(\vec{r}) > x_i} dV \quad i = 1, \dots, N \quad (7)$$

$$x_i = \frac{E_{BL} + (i-1)\Delta E}{Q}$$

berechnet und in jedem Teilbereich wird  $A_{KIN}(E)$  mit

$$A_{KIN}(E) \approx \frac{1}{3} \left\{ A_{KIN}(E_{min}) + A_{KIN}\left(\frac{E_{min} + E_{max}}{2}\right) + A_{KIN}(E_{max}) \right\} \quad (8)$$

$$E_{min} \leq E \leq E_{max}$$

approximiert.

Man erhält so folgende Ausdrücke:

$$E_{KIN}(E) \approx \frac{M_B}{3} \sum_{i=1}^N \Delta q_i \sum_{\sigma=1}^S d_{\sigma} \left[ (i - \frac{1}{2}) \Delta E \right]^{\sigma} + \sum_{i=1}^N (\Delta q_i + \Delta q_{i+1}) \sum_{\sigma=1}^S d_{\sigma} \left[ i \Delta E \right]^{\sigma} \quad (9)$$

$$E_{CAR}(Q) \approx \frac{M_B}{3} \sum_{i=1}^N \Delta q_i \left[ (i - \frac{1}{2}) \Delta E \right]^{-1} + \frac{E_F}{(i - \frac{1}{2}) \Delta E + E_{BL} - E_F} \left[ \right]^{-1} + \sum_{i=1}^N (\Delta q_i + \Delta q_{i+1}) \left[ i \Delta E \right]^{-1} + \frac{E_F}{i \Delta E + E_{BL} - E_F} \left[ \right]^{-1} \quad (10)$$

Um die Rechenzeit zu verkürzen, werden nicht alle  $q(x_i)$ -s, sondern nur jeder  $m$ -te-Wert

$$q(\bar{x}_j) = q\left(\frac{E_{BL} + (j-1)m\Delta E}{Q}\right), \quad j = 1, \dots, J \quad (11)$$

$m \cdot J = N$

berechnet; die Volumenanteile  $\Delta q_i$ ,  $i=1, \dots, N$ , gewinnt man aus diesen durch Interpolation:

$$\Delta q_{jm+i} = \sum_{\ell=1}^3 \Delta q_{j+\ell}^x \left[ S_{\ell}^{(1)} + (i-1)S_{\ell}^{(2)} + (i-1)^2 S_{\ell}^{(3)} \right] \quad (12)$$

$j = 0, 1, \dots, J-3; \quad i = 1, \dots, m$

$$\Delta q_{(J-2)m+i} = \sum_{\ell=1}^3 \Delta q_{J-2+\ell}^x \left[ S_{\ell}^{(1)} + (i-1)S_{\ell}^{(2)} + (i-1)^2 S_{\ell}^{(3)} \right] \quad (13)$$

$i = 1, \dots, 2m$

Dabei sind

$$\begin{aligned} \Delta q_j^x &= q(\bar{x}_j) - q(\bar{x}_{j+1}) & \text{für } j &= 1, \dots, J-1 \\ \Delta q_J^x &= q(\bar{x}_J) \\ \Delta q_{J+1}^x &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Aus den Bedingungen

$$\sum_{i=1}^{k \cdot m} \Delta q_{jm+i} = \sum_{\ell=1}^k \Delta q_{j+\ell}^x \quad k = 1, 2, 3 \quad (15)$$

erhält man die Koeffizienten  $S_l^{(k)}$ :

$$\left. \begin{aligned} S_l^{(3)} &= \frac{1}{2m^3} \{ \delta_{3,l}^x - 3\delta_{2,l}^x + 3\delta_{1,l}^x \} \\ S_l^{(2)} &= \frac{-1}{2m^3} \{ (2m-1)\delta_{3,l}^x - (8m-3)\delta_{2,l}^x + (10m-3)\delta_{1,l}^x \} \\ S_l^{(1)} &= \frac{1}{2m^3} \left\{ \frac{2m^2-3m+1}{3} \delta_{3,l}^x - (3m^2-4m+1)\delta_{2,l}^x + (6m^2-5m+1)\delta_{1,l}^x \right\} \end{aligned} \right\} \quad (16)$$

mit  $\delta_{k,l}^x = \begin{cases} 0 & k < l \\ 1 & k \geq l \end{cases}$

Die Größen  $q(x_i)$  hängen nicht von  $E_i$  und  $Q$  sondern nur von deren Verhältnis,  $x_i = E_i/Q$  ab.<sup>22</sup> Man kann also weiter Rechenzeit sparen, wenn man die  $q(x_i)$ -s und die  $\Delta q_i$ -s nur einmal berechnet (und zwar für  $Q = Q_1$ ) und dann alle anderen  $Q$ -Werte und die entsprechende Einteilung des jeweiligen Energiebereichs so wählt, daß in den Ausdrücken (9) und (10) nur bereits berechnete  $\Delta q_i$ -s auftreten. Dies kann man mit

$$\left. \begin{aligned} Q_j &= \frac{Q_1}{1+(j-1)\Delta Q}, \quad \Delta E_j = \frac{\Delta E_1}{1+(j-1)\Delta Q} \quad j = 1, \dots, J \\ \Delta E_1 &= \frac{1}{N} (Q_1 A_B - E_{BL}), \quad \Delta Q = \frac{\Delta E_1}{E_{BL}} \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

erreichen. Man erhält so die Formeln

$$\left. \begin{aligned} E_{KIN}(Q_j) &\approx \frac{M_B}{3} \left\{ \sum_{i=1}^{m(J-j+1)} \Delta q_{m(j-1)+i} \cdot \sum_{\sigma=1}^S d_\sigma \int^{-(i-\frac{1}{2})\Delta E_j} \gamma^\sigma + \dots \right\} \\ & \quad j = 1, \dots, J \end{aligned} \right\} \quad (9')$$

$$\left. \begin{aligned} E_{CAR}(Q_j) &\approx \frac{M_B}{3} \left\{ \sum_{i=1}^{m(J-j+1)} \Delta q_{m(j-1)+i} \cdot (i-\frac{1}{2})\Delta E_j \int^{1+\frac{E_F}{(i-\frac{1}{2})\Delta E_j + E_{BL} - E_F}} \gamma^{7+\dots} \right\} \\ & \quad j = 1, \dots, J \end{aligned} \right\} \quad (10')$$

Programmablauf: Zuerst werden die Interpolationskoeffizienten

$$S_l^{(1)} + (i-1)S_l^{(2)} + (i-1)S_l^{(3)}, \quad i = 1, \dots, 2m; \quad l = 1, 2, 3$$

berechnet. Dann wird für jedes  $Q_j$  mit ENVER  $q(\bar{x}_j)$  berechnet, was die gleichzeitige Bestimmung von  $E_{exc}(Q_j)$  nach (3.42) ermöglicht. Anschließend erfolgt die Berechnung von  $\Delta q_j^x$  und die Interpolation der Ausdrücke  $\Delta q_i$ ,  $i = jm+1, \dots, (j+1)m$ . Nachdem alle  $\Delta q_i$ -s zur Verfügung stehen, erfolgt die Bestimmung der  $E_{KIN}$  und  $E_{CAR}$  für alle  $Q$ -s.

<sup>22</sup> Siehe auch Gl. (3.18, 3.19) bzw. ENVER

Ausgabe: Vor Beginn der Rechnung werden die charakteristischen Reaktor-  
daten und die benutzten Näherungspolynomkoeffizienten,  $d_1, d_2, \dots, d_s$  ausge-  
druckt. Während der Rechnung werden bei jedem  $Q$ -Wert die Werte von  $E_{CAR}$ ,  
 $E_{exc}$ ,  $E_{KIN}$  sowie  $\bar{x}_j$  und  $q(\bar{x}_j)$  ausgegeben. Zwischen diesen Zeilen werden  
für  $E_{CAR}$ ,  $E_{exc}$  und  $E_{KIN}$  Interpolationsausdrücke von der Form

$$\frac{f(Q_j) - f(Q_{j+1})}{Q_j - Q_{j+1}}$$

gedruckt.

Rechenzeit: Die Rechenzeit des EVØNQ wird ebenfalls im wesentlichen durch  
den Zeitbedarf von ENVER bestimmt. Bei dem Na-2 Reaktor ergab sich eine  
Rechenzeit von 8 s pro Energiedichtepunkt bei  $|ZIN| = 400$ .

## ANHANG A. EINGABEBESCHREIBUNG

A. Rechenprogramm EXQ

1. Karte: INF, IND, SGF, SGE, GIN, GPS, ZIN, EXZ, EXR, EXA

INF Fortsetzungsindex; für

INF>0 wird ein neuer Reaktor gerechnet, es folgt also die Eingabekarte 2.,

INF<0 werden nur neue Expansionskoeffizienten bestimmt, es folgt also die Karte 7.,

INF=0 wird die Rechnung beendet, es kommen keine weiteren Eingabekarten hinzu.

IND: Druckindex; für

IND>0 werden alle Zwischenwerte der Exkursion ausgedruckt,

IND<0 werden nur die Anfangswerte und die Werte am Ende jeder Rechnungsphase ausgedruckt.

SGF,SGE: Größen für die Steuerung der Exkursionsschrittweite; SGF bestimmt die in eine Integrationsschritt maximal zulässige relative Änderung des Flusses, SGE ist die entsprechende Größe für die Energiedichte. Empfohlene Werte sind  
SGF = 5., SGE = 10.,

GIN: Steuerungsgröße, die die relative Genauigkeit bei der Berechnung der Raumintegrale festlegt. Um zuverlässige Ergebnisse auch bei hohem Druckpolynomgrad zu erhalten, muß  
 $1 \cdot 10^{-6} \geq \text{GIN} > 1 \cdot 10^{-7}$  sein.  
(s. auch FORMIAL)

GPS: Steuerungsgröße; die die Schärfe der Trennung der einzelnen Rechnungsphasen voneinander bestimmt. Empfohlener Wert:  
GPS  $\leq$  1.001

ZIN: Steuerungsgröße, die die relative Genauigkeit der Energieverteilungsrechnungen in ENVER bestimmt.  
|ZIN| gibt an die Anzahl der verwendeten Abschnitte bei der numerischen Integration in der Z-Richtung, und muß eine gerade Zahl sein. Empfohlener Wert: |ZIN| = 250.-500. Falls ZIN>0 ist, werden die zu der vorgegebenen Energieschranke gehörenden Achsenabschnitte in beiden Zonen des Cores, ZMAXI, RMAXI, ZMAXII, RMAXII ausgedruckt.

EXZ,EXR,EXA: Gewichtsfaktoren der axialen und radialen Expansionsrückwirkung sowie des autokatalytischen Effektes.

2. Karte: D, SF1, SF2, EV, ELO, BET, ELA, RC, RZ, HC, RHØ, RHØB, DEX, CS, QM, CV, TM, TB

D,SF1,SF2: Diffusionskonstante  $[cm]$  und makroskopische Spaltquerschnitte  $[1/cm]$  in den Zonen 1. und 2.

EV, ELO: Mittlere Neutronengeschwindigkeit  $[cm/s]$  und Lebensdauer  $[s]$ .

BET,ELA: Anteil der verzögerten Neutronen und effektiven Zerfallskonstante  $[1/s]$  der Vorläufergruppen.

RC,RZ,HC: Coreradius, Radius der ersten Zone, Corehöhe  $[cm]$ .

RHØ,RHØB: Dichte des Corematerials und des Brennstoffes  $[g/cm^3]$

DEX: Dopplere exponent, DEX muß  $>1$  sein.

CS: Pro Spaltung freigesetzte Energie  $[kJ]$ .

QM,CV: Fusionswärme  $[kJ/g]$  und Wärmekapazität  $[kJ/(g \cdot deg K)]$  des Brennstoffes.

TM,TB: Schmelz- und Siedepunkt des Brennstoffes  $[deg K]$ .

3. Karte: NF

NF Anzahl der einzulesenden Flusspolynomkoeffizienten.  
Es muß  $2 \leq NF \leq 6$  sein.

4. Karte: U(1,1),..., U(N,1),..., U(NF,1)

U(N,1): Gerade Koeffizienten des axialen Flusspolynoms  $aZ_{2(N-1)}$ .

5. Karte: U(1,2),..., U(N,2),..., U(NF,2)

U(N,2): Gerade Koeffizienten des radialen Flusspolynoms  $aR_{2(N-1)}$ .

6. Karte: LP, AT(1), ET(1), PTO(1), PT(1,1), ..., PT(LP,1), AT(2), ET(2), PTO(2), PT(1,2), ..., PT(LP,2), TV
- LP: Grad der Dampfdrucknäherungspolynomen.  
Es muß  $LP < 10$  sein.
- AT(J), ET(J): Anfang- und Endtemperaturen  $[^{\circ}\text{deg K}]$  des Gültigkeitsbereiches des J-ten Polynoms.  
Es müssen  $AT(1) < AT(2)$  und  $ET(1) < ET(2)$  sein.
- PTO(J), PT(N,J): Koeffizienten  $P_{O}^{(j)}$   $[^{\circ}\text{atm}]$  bzw.  $P_{N}^{(j)}$  des J-ten Dampfdruckpolynoms.
- TV: Maximal zulässige Überschreitung des Brennstoffsiedepunktes  $[^{\circ}\text{deg K}]$  in Coreteilen, die zur Expansionsrückwirkung nicht beitragen.
7. Karte: IF, FO(1), ..., FO(IF), ID, TDT(1), ..., TDT(ID), IA, AKO(1), ..., AK3(1), HE(1), ..., AKO(IA), ..., AK3(IA), HE(IA), BETF, TO
- IF, ID, IA: Anzahl der Anfangsflüsse, Dopplerkonstanten und Reaktivitätseingaben.  
Es müssen  $IF < 10$ ,  $ID < 30$  und  $IA < 10$  sein.
- FO, TDT: Anfangsflüsse  $[^{\circ}\text{n}/(\text{cm}^2\text{s})]$  und Dopplerkonstanten der Exkursionen.
- AKO, ..., AK3: Koeffizienten der Reaktivitätseingabe  $[^{\circ}\text{\$/}]$ ,  $[^{\circ}\text{\$/s}]$ , ...
- HE: Vorgeschlagene Schrittweite der Exkursion  $[^{\circ}\text{ms}]$
- BETF: Der in der Exkursion berücksichtigte Anteil der verzögerten Neutronen.
- TO: Anfangstemperatur  $[^{\circ}\text{deg K}]$  im Corezentrum.
8. Karte: QMA, QME, NU, U(1), ..., U(NU)
- NU: Anzahl der Koeffizienten des Dopplertemperaturpolynoms.  
Es muß  $NU < 10$  sein.
- U(N): Koeffizienten des Dopplertemperaturpolynoms  $[^{\circ}\text{deg K}]$ ,  $[^{\circ}\text{deg K}/(\text{kJ/g})]$ , ...

QMA, QME: Anfang und Endwert  $[\text{kJ/g}]$  des Gültigkeitsbereiches des Dopplerpolynoms.

Nach der Karte 8. muß immer eine Karte 1. folgen!

### B. Rechenprogramm TREF

1. Karte: QA, QE, DQ, ZIN

QA, QE: Anfang und Ende des Energiedichtebereiches, in dem die Dopplertemperatur berechnet werden soll  $[\text{kJ/g}]$

DQ: Schrittweite in diesem Bereich  $[\text{kJ/g}]$

ZIN: s. 1. Karte von EXQ

2. Karte: SF1, SF2, RC, RZ, HC, QM, CV, TM

Beschreibung der Größen wie bei der 2. Karte von EXQ

3.-5. Karten: Sie stimmen mit den Karten 3. - 5. des Programms EXQ überein.

### C. Rechenprogramm EVØNQ

1. Karte: Q(1), ZIN, IE, MD

Q(1): Obere Grenze des Energiedichtebereiches, in dem  $E_{\text{KIN}}$ ,  $E_{\text{CAR}}$  und  $E_{\text{EXC}}$  berechnet werden sollen,  $[\text{kJ/g}]$ .

ZIN: S. 1. Karte von EXQ

IE: Anzahl der Ordinaten im Energiedichtebereich.  
Es muß  $IE < 250$  sein.

MD: Anzahl der Interpolationen zwischen zwei benachbarten Ordinaten. Für MD muß  $MD < 20$  gelten.

2. Karte: SF1, SF2, RC, RZ, HC, RHØB, QM, CV, TB, NK, G(1), ..., G(NK)

SF1-TB: s. 2. Karte von EXQ

NK: Anzahl der Koeffizienten der Polynomdarstellung der kinetischen Energie. Es muß  $NK < 10$  sein

G(1), ..., G(NK): Polynomkoeffizienten der Darstellung der kinetischen Energie,  $[\text{1}]$ ,  $[\frac{\text{g}}{\text{kJ}}]$ ,  $[\frac{\text{g}^2}{\text{kJ}^2}]$ , ...

3.-5. Karte: Wie die 3. - 5. Karten des EXQ.

\$SRC

```

1      C      F A U N - Z      ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2      C      -----      ZYLINDERGEOMETRIE
3      C
4      C      E X Q      EXKURSIONSVERLAUF
5      C      -----
6      C
7      DIMENSION A(4,2),FA(3),N(3),AT(2),ET(2),PT0(2),PT(10,2),PS(10,2),
8      1 QMN(10),G(10),XH(10),XZ(10),XC(10),E(11),FELD(625),WW(3,10),
9      2 WA(3,10),SZ(2),SR(2),SA(2),AZ(10,11),AR(10,11),AA(10,11),FO(10),
10     3 TDT(30),AK0(10),AK1(10),AK2(10),AK3(10),HE(10),U(10),UR(10),Q(10)
11     4,PK(10),P(10),QY(10),QZ(10),DQ(9),B(3,10)
12     C
13     COMMON KP,KF,L,H2,RZ,RC,RRC,A,HRR,RYZ,S,E0,CD,DX,NU,UR,AC,RA0,
14     1 RA1,RA2,RA3,ALF,ALA,BV,DQ3,QMA,QME,QMW,N,LP,B
15     C
16     NABB = 0
17     DIM = 1.01325
18     99 READ 1,INF,IND,SGF,SGE,GIN,GPS,ZIN,EXZ,EXR,EXA
19     IF(INF)270,999,100
20     C      VORAUSINTEGRATION
21     C      EINGABE DER REAKTOR DATEN
22     100 READ 1,D,SF1,SF2,EV,ELO,BET,ELA,RC,RZ,HC,RHO,RHCB,DEX,CS,
23     1 QM,CV,TM,TB
24     C
25     V = EV*1.E-3
26     ALO = ELO*1.E+3
27     ALA = ELA*1.E-3
28     GZ = ALO/BET
29     AF = RHOB/(SF1*CS)*1.E+3
30     DX = DEX-1.
31     S = SF2/SF1
32     H2 = HC*.5
33     EMA = CV*TM
34     EME = EMA+QM
35     EB = CV*TB+QM
36     VC = 1./CV
37     C      EINGABE DER FLUSSPOLYNOMEN
38     KP = 1
39     KF = 1
40     CALL PHI(X,Y,CNO)
41     CE = -2.*DIM*D*V/(RHO*CNO)
42     HRR = HC*RRC
43     VRH = 3.1415927E-3*HRR*RHOB
44     KP = 4
45     KF = 2
46     CALL PHI(H2,YH2)
47     KF = 3
48     CALL PHI(RZ,YRZ)
49     RYZ = RZ*RZ*YRZ
50     CALL PHI(RC,YRC)

```

```

51      W0 = 2.*YH2*(S*YRC-(S-1.)*RYRZ/RRC)
52      TOT = VRH*W0
53      Q3E = .5/TOT
54      C  A(1,1)=PSI(0), A(2,1)=/AZ(2)/, A(3,1)= PSI(H2), A(4,1)= PHI(RZ),
55      C  A(1,2)=PHI(0), A(2,2)=/AR(2)/, A(3,2)=S*PHI(RC), A(4,2)=S*PHI(RZ)
56      KP = 2
57      CALL PHI(H2,A(3,1),Y1)
58      KP = 3
59      CALL PHI(RZ,A(4,1),DP)
60      A(4,2) = S*A(4,1)
61      CALL PHI(RC, Y,Y1)
62      A(3,2) = S*Y
63      PRM = MAXIF(A(1,2),A(4,2))
64      PR = MINIF(A(3,2),A(4,1))
65      PRMIN = A(3,1)*PR
66      QMW = CM/W0
67      FA(1) = 0.
68      C                                     UMRECHNUNG DER DRUCKPOLYNOMKOEFFIZIENTEN
69      READ 1,LP,(AT(I),ET(I),PTC(I),(PT(L,I),L=1,LP),I=1,2),TV
70      C
71      PS(1,1) = PT(1,1)*VC
72      PS(1,2) = PT(1,2)*VC
73      CVN = VC
74      G(1) = 1.
75      QMN(1) = -QM
76      C
77      DO 155 L=2,LP
78      CVN = CVN*VC
79      QMN(L) = -QM*QMN(L-1)
80      G(L) = G(L-1)+1.
81      PS(L,1) = PT(L,1)*CVN
82      155 PS(L,2) = PT(L,2)*CVN
83      C
84      LE = LP-1
85      DO 157 L=1,LE
86      FLM = 1.
87      ME = LP-L
88      C
89      DO 157 M=1,ME
90      LM = L+M
91      FLM = FLM*(G(L)+G(M))/G(M)
92      PS(L,1) = PS(L,1)+FLM*QMN(M)*PS(LM,1)
93      157 PS(L,2) = PS(L,2)+FLM*QMN(M)*PS(LM,2)
94      C                                     ENERGIESCHRANKEN DER RECHNUNGSPHASEN
95      200 GA = CV*AT(2)+QM
96      GE = CV*ET(1)+QM
97      FC = EB+CV*TV
98      E(1) = GA/PRMIN
99      XH(1) = H2
100     XZ(1) = RZ
101     XC(1) = RC
102     IF(A(3,1)-PR)204,204,202
103     202 KE = 1
104     FC = FC*A(3,1)/A(1,1)
105     FX = PR

```

```

106          GO TO 206
107      204  KE = 0
108          KP = 2
109          FC = FC*PR/PRM
110          FX = A(3,1)
111      206  JE = 2
112          JP = 0
113          XI = FC/GA
114      C
115      210  FX = FX*XI
116          IF(KE)212,212,214
117      C
118      212  XH(JE) = XH(JE-1)
119          CALL RAND(XH(JE),0.,H2,FX,CF)
120          GO TO 222
121      C
122      214  XC(JE) = XC(JE-1)
123          XZ(JE) = XZ(JE-1)
124          IF(FX-A(4,1))218,218,216
125      216  CALL RAND(XZ(JE),0.,RZ,FX,CF)
126      218  IF(FX-A(3,2))222,222,220
127      220  CALL RAND(XC(JE),RZ,RC,FX,CF)
128      222  IF(JP)230,230,250
129      230  E(JE) = E(JE-1)/XI
130          IF(E(JE)-GE)231,231,234
131      232  JP = JE
132          XI = FC/(CV*AT(1)+QM)
133          E(JE+1) = E(JE-1)/XI
134          GO TO 252
135      231  IF(E(JE)-EB)233,233,232
136      233  AT(2) = AT(2)*1.05
137          GO TO 200
138      234  IF(JE-10)240,236,236
139      236  PRINT 11
140          CALL DUMP
141      C
142      240  JE = JE+1
143          GO TO 210
144      C
145      250  E(JE+1) = E(JE)/XI
146      252  IF(E(JE+1)-EB)258,258,234
147      258  JEI = JE-JP+1
148      C          UMNUMERIERUNG
149      260  JEH = JE/2
150          DO 261 JS=1,JEH
151          NJ = JE-JS+1
152          IF(KE)262,262,264
153      262  WH = XH(JS)
154          XH(JS) = XH(NJ)
155          XH(NJ) = WH
156          GO TO 266
157      264  WC = XC(JS)
158          WZ = XZ(JS)
159          XC(JS) = XC(NJ)
160          XZ(JS) = XZ(NJ)

```

```

161      XC(NJ) = WC
162      XZ(NJ) = WZ
163      266 W = E(JS)
164      E(JS) = E(NJ)
165      261 E(NJ) = W
166      C
167      270 CXZ = CE*EXZ
168          N(1) = 1
169          IF(EXA)272,280,272
170      272 CXA = CE*EXA
171          N(3) = 1
172          FA(2) = RZ*A(4,1)*DP
173          FA(3) = DP*DP
174          KFE = 3
175          GO TO 282
176      280 N(3) = 0
177          KFE = 1
178      282 IF(EXR)286,284,286
179      284 N(2) = 0
180          GO TO 300
181      286 CXR = CE*EXR
182          N(2) = 1
183          KFE = 3
184      C
185      300 SL = 1.
186          DO 301 L=1,LP
187          SL = SL*S
188      C
189          DO 303 KF=1,KFE
190          KP = 2
191          CALL FORHAL(O.,XH(1),GIN,NN,HI ,FELD)
192          KP = 3
193          CALL FORHAL(O.,XZ(1),GIN,NN,RZJ,FELD)
194          CALL FORHAL(RZ,XC(1),GIN,NN,RCJ,FELD)
195          RI = RZJ+SL*RCJ
196          WW(KF,1) = RI*HI
197          IF(FA(KF))310,320,310
198      310 FA(KF) = FA(KF)*A(4,1)
199          WA(KF,1) = FA(KF)*HI
200      320 IF(KE)330,330,340
201      C
202      330 KP = 2
203          DO 333 JS=2,JE
204          CALL FORHAL(XH(JS-1),XH(JS),GIN,NN,ZI,FELD)
205          HI = HI+ZI
206          IF(FA(KF))334,333,334
207      334 WA(KF,JS) = FA(KF)*HI
208      333 WW(KF,JS) = RI*HI
209          GO TO 303
210      C
211      340 DO 343 JS=2,JE
212          JW = JS-1
213          IF(XZ(JS)-XZ(JW))346,346,344
214      344 CALL FORHAL(XZ(JW),XZ(JS),GIN,NN,ZJ,FELD)
215          RZJ = RZJ+ZJ

```

RUECKWIRKUNGSFAKTOREN

INTEGRALE DER EXPANSICNSRUECKWIRKUNG

```

216 346 IF(XC(JS)-XC(JW))350,350,348
217 348 CALL FORHAL(XC(JW),XC(JS),GIN,NN,CJ,FELD)
218 RCJ = RCJ+CJ
219 350 RI = R2J+SL*RCJ
220 IF(FA(KF))352,343,352
221 352 WA(KF,JS) = WA(KF,1)
222 343 WW(KF,JS) = RI*HI
223 C
224 303 CONTINUE
225 C EXPANSIONSKOEFFIZIENTEN
226 IF(EXR)410,412,410
227 410 CLR = CXR*G(L)
228 SR(1) = CLR*PS(L,1)
229 SR(2) = CLR*PS(L,2)
230 412 IF(EXA)414,416,414
231 414 CLA = CXA*(SL-1.)
232 SA(1) = CLA*PS(L,1)
233 SA(2) = CLA*PS(L,2)
234 416 CLZ = GXZ*G(L)
235 SZ(1) = CLZ*PS(L,1)
236 SZ(2) = CLZ*PS(L,2)
237 C
238 DO 417 JS = 1,JEI
239 IF(EXR)420,422,420
240 420 AR(L,JS) = SR(1)*(WW(2,JS)+WW(3,JS))
241 422 IF(EXA)424,417,424
242 424 AA(L,JS) = SA(1)*(WA(2,JS)+WA(3,JS))
243 417 AZ(L,JS) = SZ(1)*WW(1,JS)
244 C
245 DO 301 JS=JEI,JE
246 IF(EXR)430,432,430
247 430 AR(L,JS+1) = SR(2)*(WW(2,JS)+WW(3,JS))
248 432 IF(EXA)434,301,434
249 434 AA(L,JS+1) = SA(2)*(WA(2,JS)+WA(3,JS))
250 301 AZ(L,JS+1) = SZ(2)*WW(1,JS)
251 C EXKURSIONSVORLAUF
252 C Q(1) = T ; Q(2) = E(T) ; Q(3) = L(T) ; Q(4) = LV(T)
253 C Q(5) = AEZ(T) ; Q(6) = AER(T) ; Q(7) = AEA(T)
254 C Q(8) = DAEZ(T) ; Q(9) = DAER(T) ; Q(10) = DAEA(T)
255 C EINGABE DER EXKURSIONSDATEN
256 500 READ 1,IF,(FO(I1),I1=1,IF),ID,(TDT(I2),I2=1,ID),
257 1 IA,(AK0(I3),AK1(I3),AK2(I3),AK3(I3),HE(I3),I3=1,IA),BETF,TO
258 C KONSTANTEN
259 BV = BETF/AL0
260 BL = BV/ALA
261 EO = T0*CV
262 TMO = T0*WO
263 DC = DX*AL0*TMO**DX
264 C POLYNOM DER DCPPLERTEMPERATUR
265 READ 1,QMA,QME,NU,(U(J),J=1,NU)
266 C
267 DO 503 J=1,NU
268 503 UR(J) = U(J)/TMO
269 C UMRECHNUNG DER DATEN FUER DIE EXKURSION
270 DO 505 I3=1,IA

```

```

271      RAO = AK0(I3)/GZ-BV
272      RA1 = AK1(I3)/GZ*1.E-3
273      RA2 = AK2(I3)/GZ*1.E-6
274      RA3 = AK3(I3)/GZ*1.E-9
275      C
276      DO 505 I2=1, ID
277      CD = TCT(I2)/DC
278      C
279      DO 505 I1=1, IF
280      C          ANFANGSBEDINGUNGEN
281      Q(1) = 0.
282      Q(2) = E0
283      Q(3) = F0(I1)/AF
284      Q(4) = Q(3)*BL
285      DO 507 J=5, 10
286      QY(J) = 0.
287      507 Q(J) = 0.
288      ALF = RAO
289      C          ANFANGSWERTE
290      JS = 0
291      NS = 1
292      NABB = NABB+1
293      AD = 0.
294      AMAX = ALF
295      FMAX = Q(3)
296      HMAX = HE(I3)
297      DO 509 L=1, LP
298      509 P(L) = PT(L, 1)
299      PQ = PTO(1)
300      QS = EB
301      DO 511 J=5, 7
302      511 PK(J) = 0.
303      PK(10) = 0.
304      PRINT 1, NABB
305      PRINT 2
306      590 QSE = QS*GPS
307      592 H1 = HE(I3)
308      GO TO 610
309      C          AUSDRUCK VON ZWISCHENERGEBNISSEN
310      600 IF(IND)648,648,610
311      610 PK(1) = Q(1)
312      PK(2) = Q(2)
313      PK(3) = Q(3)*AF
314      PK(4) = ALF
315      PK(8) = AD
316      IF(JS)630,620,630
317      620 IF(Q(2)-EMA)622,626,624
318      622 T = Q(2)*VC
319      GO TO 640
320      624 IF(Q(2)-EME)626,626,628
321      626 T = TM
322      GO TO 640
323      628 T = (Q(2)-QM)*VC
324      GO TO 640
325      630 DO 631 J=5, 7

```

```

326      631 PK(J) = Q(J)
327      T = (Q(2)-QM)*VC
328      PK(10) = P(LP)*T
329      DO 633 L=2,LP
330      K = LP-L+1
331      633 PK(10) = (PK(10)+P(K))*T
332      PK(10) = PK(10)+P0
333      640 PK(9) = T
334      PRINT 3,PK
335      C
336      648 AMAX = MAX1F(AMAX,ALF)
337      FMAX = MAX1F(FMAX,Q(3))
338      C                                INTEGRATIONSSCHRITT
339      650 IF(JS)940,652,654
340      652 CALL RUNGE(3,H1,1,Q,QZ,QY)
341      CALL RCUTD(Q,DQ)
342      GO TO 656
343      654 CALL RUNGE(9,H1,1,Q,QZ,QY)
344      CALL RCUTE(Q,DQ)
345      656 IF(NS)700,810,700
346      C                                SCHRITTWEITENKONTROLLE
347      700 CRIT = MAX1F(SGF*H1*ABSF(DQ3)/Q(3),SGE*(Q(2)-QY(2))/Q(2))
348      IF(CRIT-1.)720,710,710
349      710 H1 = H1*0.5
350      DO 711 I=1,10
351      711 Q(I) = QY(I)
352      GO TO 650
353      720 HMAX = MAX1F(HMAX,H1)
354      IF(CRIT-0.5)730,730,800
355      730 H1 = H1*1.5
356      C                                GRENZE EINER RECHNUNGSPHASE
357      800 IF(NS)910,810,810
358      810 IF(Q(2)-QS)900,840,820
359      820 IF(Q(2)-QSE)840,840,830
360      830 NS = 0
361      GO TO 710
362      840 IF(JS-JE1)850,842,850
363      842 DO 849 L=1,LP
364      849 P(L) = PT(L,2)
365      P0 = PT0(2)
366      850 JS = JS+1
367      NS = 1
368      C
369      DO 851 L=1,LP
370      IF(EXR)852,854,852
371      852 B(2,L) = AR(L,JS)
372      854 IF(EXA)856,851,856
373      856 B(3,L) = AA(L,JS)
374      851 B(1,L) = AZ(L,JS)
375      C
376      IF(JS-JE)870,870,860
377      860 NS = -1
378      GO TO 592
379      870 QS = E(JS)
380      GO TO 590

```

```

381 C ENDE DER EXKURSION
382 900 IF(JS)600,600,910
383 910 IF(Q(3)-Q3E)920,920,600
384 920 IF(2.5*AMAX+ALF)930,600,600
385 930 JS = -1
386 GO TO 610
387 C AUSDRUCK DER ENDERGESBNISSEN
388 940 FMAX = FMAX*AF
389 ETOT = (Q(2)-E0)*TOT
390 CALL ENVER(Q(2),EB,WX,VX,ZIN)
391 EEXC = VRII*(Q(2)*WX-EB*VX)
392 PRINT 4,FMAX,AMAX,HMAX,ETOT,EEXC
393 PRINT 5,BETF,TD,AKO(I3),AK2(I3),FO(I1),AK1(I3),AK3(I3),TOT(I2)
394 PRINT 6,D,EL0,RC,CS,TM,EXZ,SF1,BET,RZ,QM,TB,EXR
395 PRINT 7,SF2,ELA,HC,CV,RHO,EXA,EV,DEX,W0,RHOB
396 KP = 1
397 KF = 2
398 CALL PHI(X,Y)
399 PRINT 8
400 PRINT 9,AT(1),ET(1),PT0(1),(PT(L,1),L=1,LP)
401 PRINT 9,AT(2),ET(2),PT0(2),(PT(L,2),L=1,LP)
402 PRINT 10
403 505 PRINT 9,QMA,QME,(U(I),I=1,NU)
404 C FORMATE
405 1 FORMAT(1H1,50X,32HZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT/1HK,58X,
406 115HZYLINDERREAKTOR,26X,4H NR ,I4)
407 2 FORMAT(7HL ZEIT,6X,7HENERGIE,5X,5HFLUSS,10X,4HALFA,10X,9HA.EXP.AX
408 1.,5X,10HA.EXP.RAD.,4X,10HA.AUTOKAT.,5X,9HA.DOPPLER,4X,11HZENTR.TEM
409 2P.,4X,5HDRUCK/9HJMILLISEC,5X,4HKJ/G,6X,7HN/GCM/S,37X,10H1/MILLISEC
410 3,34X,6H K ,8X,3HATM///)
411 3 FORMAT(F9.4,F11.4,E14.5,2E15.5,2E14.5,E15.5,F11.1,E14.5)
412 4 FORMAT(8HJMAXIMUM,E26.5,E15.5/5HJH1 =F8.5/1HJ,50X,15HE.TOT(MJoule)
413 -1=F12.4,27X,15HE.EXC(MJoule) =F12.4)
414 5 FORMAT(9HKB.EFF. =F9.6,16X,4HT0 =F10.3,16X,4HK0 =F7.2,9X,4HK2 =
415 1 F7.2/34X,4HFD =E10.4,16X,4HK1 =F7.2,9X,4HK3 =F7.2,16X,5HTDT =
416 3 E11.5)
417 6 FORMAT(6HL D =E10.4,6X,6H L0 =E10.4,6X,5H RC =F10.3,6X,5H CS =
418 1 E10.4,6X,6H TM =F10.3,6X,6H EXZ =F10.6/6H SF1 =E10.4,6X,6H BET =
419 2 E10.4,6X,5H RZ =F10.3,6X,5H QM =E10.4,6X,6H TB =F10.3,6X,
420 3 6H EXR =F10.6)
421 7 FORMAT(6H SF2 =E10.4,6X,6H LA =E10.4,6X,5H HC =F10.3,6X,5H CV =
422 1 E10.4,6X,6H RHO =F10.4,6X,6H EXA =F10.6/6H V =E10.4,6X,6H DEX =
423 2 E10.4,6X,5H W0 =F10.5,27X,6H RHOB=F10.4)
424 8 FORMAT(35HJDRUCKPOLYNOME P(0),P(1),...,P(N))
425 9 FORMAT(14H IM BEREICH E12.5,5H - E12.5,5X,2H= ,4E20.8/6E20.8)
426 10 FORMAT(45HJPOLYNOM DER DOPPL.TEMP. U(0),U(1),...,U(N))
427 11 FORMAT(62HKDIE GUELTIGKEITSBEREICHE DER DRUCKPOLYNOMEN REICHEN NIC
428 1HT AUS)
429 C
430 GO TO 99
431 C
432 999 CALL EXIT

```

\$SRC

```

1      C      F A U N - Z      ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2      C      -----      ZYLINDERGEOMETRIE
3      C
4      C      DIE FLUSSVERTEILUNGEN PHI(R),PSI(Z)
5      C
6      SUBROUTINE PHI (X,Y,Y1,Y2)
7      C
8      DIMENSION U(6,2),U1(6,2),U2(6,2),UE(6,2),UN(12,2),A(4,2)
9      COMMON KP,KF,L,H2,RZ,RC,RRC,A
10     C
11     IF(KP-1)8,8,50
12     8 IF(KF-1)10,10,40
13     C
14     C      EINLESEN DER FLUSSPOLYNOM-KOEFFIZIENTEN
15     10 READ 1,NF
16     C
17     DO 11 IP=1,2
18     READ 1,(U(N,IP),N=1,NF)
19     C      ABLEITUNGEN
20     W1 = 0.
21     DO 21 N=2,NF
22     W2 = W1+1.
23     W1 = W2+1.
24     U1(N,IP) = W1*U(N,IP)
25     21 U2(N,IP) = W2*U1(N,IP)
26     C
27     C      QUADRATPOLYNOME
28     NM = 2*NF-1
29     DO 31 I=1,NM
30     31 UN(I,IP) = 0.
31     DO 11 N=1,NF
32     DO 11 K=1,N
33     I = K+N-1
34     IF(N-K)34,32,34
35     32 UN(I,IP) = UN(I,IP)+U(N,IP)*U(N,IP)
36     GO TO 11
37     34 UN(I,IP) = UN(I,IP) +2.*U(N,IP)*U(K,IP)
38     11 CONTINUE
39     C
40     C      INTEGRAL-POLYNOME
41     UE(1,1) = U(1,1)
42     UE(1,2) = U(1,2)*.5
43     UN(1,2) = UN(1,2)*.5
44     WR = 2.
45     DO 35 I=2,NM
46     WZ = WR+1.
47     WR = WZ+1.
48     IF(I-NF)36,36,38
49     36 UE(I,1) = U(I,1)/WZ
50     UE(I,2) = U(I,2)/WR

```

```

51      38 UN(I,1) = UN(I,1)/WZ
52      35 UN(I,2) = UN(I,2)/WR
53      C
54      A(1,1) = U(1,1)
55      A(1,2) = U(1,2)
56      A(2,1) = ABSF(U(2,1))
57      A(2,2) = ABSF(U(2,2))
58      C
59      C      NORMIERUNGSINTEGRAL
60      HH2 = H2*H2
61      RRC = RC*RC
62      C
63      YZ = UN(NM,1)
64      YR = UN(NM,2)*RRC
65      DO 37 I=2,NM
66      K = NM-I+1
67      YZ = YZ*HH2+UN(K,1)
68      37 YR = (YR+UN(K,2))*RRC
69      Y1 = H2*YZ*YR
70      GO TO 90
71      C
72      C      AUSDRUCK DER FLUSSPOLYNOM-KOEFFIZIENTEN
73      40 PRINT 1,(U(N,1),N=1,NF)
74      PRINT 2,(U(N,2),N=1,NF)
75      1 FORMAT(35HJFLUSSPOLYNOME A(0),A(2),...,A(2N)/10H AXIAL      6E20.8)
76      2 FORMAT(10H RADIAL      6E20.8)
77      GO TO 90
78      C
79      50 W = X*X
80      IF(KP-3)52,60,70
81      C
82      C      AXIALE WERTE
83      52 Y = U(NF,1)
84      Y1 = U1(NF,1)
85      DO 53 N=2,NF
86      K = NF-N+1
87      IF(NF-N)53,53,59
88      59 Y1 = Y1*W+U1(K,1)
89      53 Y=Y*W+U(K,1)
90      Y1 = Y1*X
91      IF(KF-2)90,54,90
92      54 Y2 = U2(NF,1)
93      DO 55 N=3,NF
94      K = NF-N+2
95      55 Y2 = Y2*W+U2(K,1)
96      GO TO 90
97      C
98      C      RADIALE WERTE
99      60 Y = U(NF,2)
100     Y1 = U1(NF,2)
101     DO 61 N=2,NF
102     K = NF-N+1
103     IF(NF-N)61,61,64
104     64 Y1 = Y1*W+U1(K,2)
105     61 Y = Y*W+U(K,2)

```

```

106      Y1 = Y1*X
107      IF(KF-1)62,62,90
108      62 Y2 = U2(NF,2)
109          DO 63 N=3,NF
110              K = NF-N+2
111      63 Y2 = Y2*W+U2(K,2)
112          GO TO 90
113      C
114      C      INTEGRALWERTE
115      70 IF(KF-2)74,74,76
116      C      AXIAL
117      74 IX = 1
118          GO TO 78
119      C      RADIAL
120      76 IX = 2
121      78 Y = UE(NF,IX)
122          DO 79 N=2,NF
123              K = NF-N+1
124      79 Y = Y*W+UE(K,IX)
125      C
126      90 RETURN

```

\$SRC

```
1 C F A U N - Z ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2 C ----- ZYLINDERGEOMETRIE
3 C
4 C DIE UMKEHRFUNKTIONEN R(PHI),Z(PHI)
5 C
6 C SUBROUTINE RAND(X,XA,XE,FX,CF)
7 C
8 C COMMON KP,KF,L
9 C
10 C IF(X-XA)70,70,10
11 70 X = .9*XA+.1*XE
12 GO TO 10
13 10 DO 11 J=1,10
14 12 CALL PHI(X,Y,Y1)
15 IF(Y1)16,14,14
16 14 XE = X
17 15 X = .1*XA+.9*XE
18 GO TO 12
19 16 D = Y-FX
20 IF(X-XE)20,30,15
21 20 IF(ABS(D)-1.E-5)22,22,11
22 30 IF(D)11,22,90
23 C
24 11 X = X-D/Y1
25 GO TO 80
26 C
27 22 CF = Y/Y1
28 GO TO 90
29 C
30 80 CALL PHI(X,Y,Y1)
31 PRINT 1,KP,L,J,FX,X,Y,Y1
32 1 FORMAT(24HJKEINE ITERATION IM RAND/5HJKP =15,5X,3HL =15,5X,3HJ =15
33 1,5X,4HFX =E15.5,5X,3HX =E15.5,5X,3HY =E15.5,5X,4HY1 =E15.5)
34 CALL DUMP
35 C
36 90 RETURN
```

\$SRC

```

1      C      F A U N - Z      ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2      C      -----      ZYLINDERGEOMETRIE
3      C
4      C      ENERGIE UND VOLUMENANTEIL DES TEILCORE
5      C      MIT E ) EX
6      C
7      C      SUBROUTINE ENVER(Q,EX,WX,VX,ZIN)
8      C
9      C      DIMENSION A(4,2),F(2),P(2),R(2),RA(2),RM(2),Z(2),WJ(2),VJ(2),
10     C      1 WF(3),VF(3)
11     C      COMMON KP,KF,L,H2,RZ,RC,RRC,A,HRR,RYRZ,S
12     C
13     C      X = EX/Q
14     C      F(1) = X/A(1,2)
15     C      F(2) = X/A(4,2)
16     C      P(1) = A(4,1)
17     C      P(2) = A(3,2)/S
18     C      R(1) = RZ
19     C      R(2) = RC
20     C      RA(1) = 0.
21     C      RA(2) = R(1)
22     C      KF = 3
23     C
24     C      DO 11 L=1,2
25     C      FD = A(1,1)-F(L)
26     C      IF(FD)8,8,10
27     C
28     C      8 Z(L) = 0.
29     C      RM(L) = RA(L)
30     C      WJ(L) = 0.
31     C      VJ(L) = 0.
32     C      GO TO 11
33     C
34     C      10 IF(A(3,1)-F(L))14,12,12
35     C      12 Z(L) = H2
36     C      GO TO 20
37     C      14 Z(L) = SQRTF(FD/A(2,1))
38     C      Z(L) = MIN1F(Z(L),H2)
39     C      KP = 2
40     C      CALL RAND(Z(L),0.,H2,F(L),CF)
41     C
42     C      20 ZX = 0.
43     C      FX = X/A(1,1)
44     C      IF(P(L)-FX)24,22,22
45     C      22 RX = R(L)
46     C      GO TO 30
47     C      24 RX = SQRTF((A(1,2)-FX)/A(2,2))
48     C      RX = MIN1F(RX,R(L))
49     C      KP = 3
50     C      CALL RAND(RX,RA(L),R(L),FX,CF)

```

```

51      30 RM(L) = RX
52      VF(1) = RX*RX
53      KP = 4
54      CALL PHI(RX,YR)
55      WF(1) = VF(1)*YR*A(1,1)
56      C
57      VF(2) = 0.
58      WF(2) = 0.
59      VF(3) = 0.
60      WF(3) = 0.
61      AZI = ABSF(ZIN)
62      DZ = Z(L)/AZI
63      ZN = 1.
64      C
65      32 DO 31 K=2,3
66      IF(ZN-AZI)34,40,40
67      34 ZX = ZN*DZ
68      ZN = ZN+1.
69      KP = 2
70      CALL PHI(ZX,FZ,FZ1)
71      IF(F(L)-FZ)35,39,39
72      35 IF(RX-R(L))36,38,38
73      36 RX = RX-DZ*CF*FZ1/FZ
74      38 KP = 3
75      FX = X/FZ
76      CALL RAND(RX,RA(L),R(L),FX,CF)
77      RRX = RX*RX
78      VF(K) = VF(K)+RRX
79      KP = 4
80      CALL PHI(RX,YR)
81      31 WF(K) = WF(K)+RRX*YR*FZ
82      GO TO 32
83      C
84      39 KP = 4
85      40 VJ(L) = (VF(1)+4.*VF(2)+2.*VF(3))*DZ/3.
86      WJ(L) = (WF(1)+4.*WF(2)+2.*WF(3))*DZ/3.
87      11 X = X/S
88      C
89      VV = VJ(1)+VJ(2)
90      IF(VV)60,60,50
91      50 KF = 2
92      CALL PHI(Z(2),YZ)
93      VX = 2.*(VV-Z(2)*RZ*RZ)/HRR
94      WX = 4.*(WJ(1)+S*(WJ(2)-Z(2)*YZ*RZRZ))/HRR
95      GO TO 86
96      60 VX = 0.
97      WX = 0.
98      86 IF(ZIN)90,90,88
99      88 PRINT 1,(Z(I),RM(I),I=1,2)
100     C
101     1 FORMAT(1HJ,46X,7HZMAXI =F9.4,4X,7HRMAXI =F9.4, 7X,8HZMAXII =F9.4,
102     1 4X,8HRMAXII =F9.4)
103     C
104     90 RETURN

```

\$SRC

```
1 C F A U N - Z ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2 C ----- ZYLINDERGEOMETRIE
3 C
4 C DIE INTEGRANDEN
5 C
6 C FUNCTION FVONX(X)
7 C
8 C COMMON KP,KF,L
9 C
10 C IF(KP-3)10,20,20
11 C
12 C AXIALE FUNKTIONEN
13 C 10 CALL PHI (X,Y,Y1,Y2)
14 C IF(KF-2)12,14,16
15 C 12 FVONX = Y**L*Y1*Y1
16 C GO TO 90
17 C 14 FVONX = Y**L*(Y1*Y1-Y*Y2)
18 C GO TO 90
19 C 16 FVONX = -(Y**(L+2))
20 C GO TO 90
21 C
22 C RADIALE FUNKTIONEN
23 C 20 CALL PHI (X,Y,Y1,Y2)
24 C IF(KF-2)22,24,26
25 C 22 FVONX = Y**L*(X*(Y1*Y1-Y*Y2)-Y*Y1)
26 C GO TO 90
27 C 24 FVCNX = Y**L*X*Y1*Y1
28 C GO TO 90
29 C 26 FVONX = Y**(L-1)*Y1*Y1*Y1
30 C
31 C 90 RETURN
```

\$SRC

```
1 C F A U N - Z ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2 C ----- ZYLINDERGEOMETRIE
3 C
4 C ABLEITUNGSWERTE (NUR DOPLERRUECKW.)
5 C
6 SUBROUTINE ROUTD(Q,DQ)
7 C
8 DIMENSION A(4,2),UR(10),Q( 4),DQ(3)
9 COMMON KP,KF,L,H2,RZ,RC,RRC,A,HRR,RYZ,S,E0,CD,DX,NU,UR,AD,RA0,
10 1 RA1,RA2,RA3,ALF,ALA,BV,DQ3,QMA
11 C
12 IF(Q(2)-QMA)10,20,20
13 C
14 10 AD = CD*((E0/Q(2))**DX-1.)
15 GO TO 30
16 C
17 20 TR = UR(NU)
18 DO 21 J=2,NU
19 K = NU-J+1
20 21 TR = TR*Q(2)+UR(K)
21 AD = CD*((1./TR)**DX-1.)
22 C
23 30 ALF = RA0+Q(1)*(RA1+Q(1)*(RA2+Q(1)*RA3))+AD
24 C
25 DQ(1) = Q(3)
26 DQ(2) = Q(3)*ALF+Q(4)*ALA
27 DQ3 = DQ(2)
28 DQ(3) = Q(3)*BV -Q(4)*ALA
29 C
30 RETURN
```

\$SRC

```

1      C      F A U N - Z      ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2      C      -----      ZYLINDERGEOMETRIE
3      C
4      C      ABLEITUNGSWERTE (ALLE RUECKW.)
5      C
6      SUBROUTINE ROUTE(Q,DQ)
7      C
8      DIMENSION A(4,2),UR(10),Q(10),DQ(9),B(3,10),N(3)
9      COMMON KP,KF,L,H2,RZ,RC,RRC,A,HRR,RYZ,S,EG,CD,DX,NU,UR,AD,RA0,
10     1 RA1,RA2,RA3,ALF,ALA,BV,DQ3,QMA,QME,QMW,N,LP,B
11     C
12     IF(Q(2)-QME)10,20,20
13     C
14     10 TR = UR(NU)
15     DO 21 J=2,NU
16     K = NU-J+1
17     21 TR = TR*Q(2)+UR(K)
18     AD = CD*((1./TR)**DX-1.)
19     GO TO 30
20     C
21     20 AD = CD*((EG/(Q(2)-QMW)**DX-1.)
22     C
23     30 ALF = RA0+Q(1)*(RA1+Q(1)*(RA2+Q(1)*RA3))+AD+Q(5)+Q(6)+Q(7)
24     C
25     DQ(1) = Q(3)
26     DQ(2) = Q(3)*ALF+Q(4)*ALA
27     DQ3 = DQ(2)
28     DQ(3) = Q(3)*BV -Q(4)*ALA
29     C
30     DO 33 KF=1,3
31     IF(N(KF))34,34,36
32     34 DQ(KF+3) = 0.
33     DQ(KF+6) = 0.
34     GO TO 33
35     C
36     36 DQ(KF+3) = Q(KF+7)
37     DQ(KF+6) = B(KF,LP)*Q(2)
38     DO 37 L=2,LP
39     I = LP-L+1
40     37 DQ(KF+6) = (DQ(KF+6)+B(KF,I))*Q(2)
41     33 CONTINUE
42     C
43     RETURN

```

\$SRC

```

1      C      F A U N - Z      ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2      C      -----      ZYLINDERGEOMETRIE
3      C
4      C      T R E F      MITTLERE BRENNSTOFFTEMPERATUR ( Q )
5      C      -----
6      C
7      DIMENSION A(4,2),QT(5)
8      COMMON KP,KF,L,H2,RZ,RC,RRC,A,HRR,RYZ,S
9      C
10     READ 1,QA,QE,DQ,ZIN
11     C
12     JE = XFIXF((QE-QA)/DQ)+1
13     C
14     READ 1,SF1,SF2,RC,RZ,HC,QM,CV,TM
15     C
16     S = SF2/SF1
17     H2 = HC*.5
18     EMA = CV*TM
19     EME = EMA+QM
20     VC = 1./CV
21     KP = 1
22     KF = 1
23     CALL PHI(X,Y,CND)
24     HRR = HC*RRC
25     KP = 4
26     KF = 2
27     CALL PHI(H2,YH2)
28     KF = 3
29     CALL PHI(RZ,YRZ)
30     RYZ = RZ*RZ*YZ
31     CALL PHI(RC,YRC)
32     WC = 2.*YH2*(S*YRC-(S-1.)*RYZ/RRC)
33     C
34     KP = 2
35     CALL PHI(H2,A(3,1),Y1)
36     KP = 3
37     CALL PHI(RZ,A(4,1),DP)
38     A(4,2) = S*A(4,1)
39     CALL PHI(RC, Y,Y1)
40     A(3,2) = S*Y
41     PMAX = MAX1F(A(1,2),A(4,2))*A(1,1)
42     PMIN = MIN1F(A(3,2),A(4,1))*A(3,1)
43     QT(1) = EMA/PMAX
44     QT(2) = EME/PMAX
45     QT(3) = EMA/PMIN
46     QT(4) = EME/PMIN
47     C
48     PRINT 1,RC,TM,EMA,QT(1),SF1,RZ,QM,QT(2)
49     PRINT 2,SF2,HC,CV,QT(3),WC,EME,QT(4)
50     KP = 1

```

```

51         KF = 2
52         CALL PHI(X,Y)
53         PRINT 3
54     C
55         WA = 0.
56         WE = 0.
57         VA = 0.
58         VE = 0.
59         Q = QA-DQ
60         K = 1
61         QG = QT(1)
62     C
63         DO 11 J=1,JE
64         Q = Q+DQ
65     10 IF(Q-QG)12,12,14
66     12 GO TO (20,30,40,50,60),K
67     14 GO TO (16,16,17,18,60),K
68     18 WE = W0
69         VE = 1.
70         K = K+1
71         GO TO 60
72     C
73     17 WA = W0
74         VA = 1.
75     16 K = K+1
76         QG = QT(K)
77         GO TO 10
78     C
79     20 TD = VC*Q*W0
80         GO TO 11
81     30 CALL ENVER(Q,EMA,WA,VA,ZIN)
82         TD = VC*(Q*(W0-WA)+EMA*VA)
83         GO TO 11
84     40 CALL ENVER(Q,EMA,WA,VA,ZIN)
85         CALL ENVER(Q,EME,WE,VE,ZIN)
86         TD = VC*(Q*(W0+WE-WA)+EMA*VA-EME*VE)
87         GO TO 11
88     50 CALL ENVER(Q,EME,WE,VE,ZIN)
89         TD = VC*(Q*WE+EMA-EME*VE)
90         GO TO 11
91     60 TD = VC*(Q*W0-QM)
92     11 PRINT 4,Q,WA,WE,VA,VE,TD
93     C
94     1 FORMAT(51H1MITTLERE BRENNSTOFFTEMPERATUR IM ZWEIZONENZYLINDER/1HK,
95     135X,4HRC =F10.3,11X,4HTM =F10.3,10X,5HEMA =F10.5,10X,5HQAI =F10.5/
96     210X,5HSF1 =E10.4,11X,4HRZ =F10.3,11X,4HQM =E10.4,35X,5HQEI =F10.5)
97     2 FORMAT(10X,5HSF2 =E10.4,11X,4HHC =F10.3,11X,4HCV =E10.4,35X,5HQAF
98     1=F10.5/36X,4HWO =F10.5,35X,5HEME =F10.5,10X,5HQEF =F10.5/)
99     3 FORMAT(17HJE.DICHTE(ZENTR.),11X,29HE.MITTEL/Q IM TEILCORE MIT,
100     1 15X,30HVOL.ANTEIL DES TEILCORE MIT,15X,14HMITTL.BR.TEMP./11HJ
101     2 Q(KJ/G),18X,7HE ) EMA,13X,7HE ) EME,18X,7HE ) EMA,13X,7HE ) EME,
102     3 22X,1HK//)
103     4 FORMAT(F12.7,5X,2F20.8,5X,2F20.8,F28.5)
104     C
105     CALL EXIT

```

\$SRC

```

1      C      F A U N - Z      ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT
2      C      -----      ZYLINDERGEOMETRIE
3      C
4      C      E V O N Q      ENERGIEAUSBEUTE DER EXKURSION ( Q )
5      C      -----
6      C
7      DIMENSION A(4,2),G(10),DA(3),DB(3),DV(3),CW(40,3),Q(250),VX(250),
8      2 EEX(250),V(5000)
9      COMMON KP,KF,L,H2,RZ,RC,RRC,A,HRR,RYZ,S
10     C
11     READ 1,Q(1),ZIN,IE,MD
12     READ 1,SF1,SF2,RC,RZ,HC,RHOB,QM,CV,TB,NK,(G(K),K=1,NK)
13     PRINT 1,SF1,RC,TB,SF2,RZ,QM,RHOB,HC,CV
14     PRINT 2,(G(K),K=1,NK)
15     C
16     S = SF2/SF1
17     H2 = HC*.5
18     KF = 1
19     KP = 1
20     CALL PHI(X,Y,CNO)
21     HRR = HC*RRC
22     VRH = 3.1415927E-3*HRR*RHOB
23     VRM = VRH/3.
24     KF = 3
25     KP = 2
26     CALL PHI(H2,A(3,1),Y1)
27     KP = 3
28     CALL PHI(RZ,A(4,1),DP)
29     A(4,2) = S*A(4,1)
30     PX = MAX1F(A(1,2),A(4,2))
31     CALL PHI(RC, Y,Y1)
32     A(3,2) = S*Y
33     KP = 4
34     CALL PHI(RZ,YRZ)
35     RYZ = RZ*RZ*YZ
36     DE = CV*TB
37     EB = QM+DE
38     KP = 1
39     CALL PHI(X,Y)
40     PRINT 3
41     C      BESTIMMUNG DER INTERPOLATIONSKOEFFIZIENTEN
42     ME = 2*MD
43     DM = FLOATF(MD)
44     DA(1) = .5/(DM*DM*DM)
45     DA(2) = -2.*DA(1)
46     DA(3) = DA(1)
47     DB(1) = (2.-4.*DM)*DA(1)
48     DB(2) = (2.-3.*DM)*DA(2)
49     DB(3) = (2.-2.*DM)*DA(3)
50     CW(1,1) = (1.-DM*(6.-11.*DM))*DA(1)/3.

```

```

51      CW(1,2) = -(1.-DM)*(2.-7.*DM)*DA(1)/3.
52      CW(1,3) = (1.-DM)*(1.-2.*DM)*DA(1)/3.
53      DO 11 M=2,ME
54      DO 11 N=1,3
55      CW(M,N) = CW(M-1,N)+DB(N)
56      11 DB(N) = DB(N)+2.*DA(N)
57      C          BESTIMMUNG DER ENERGIEVERTEILUNG
58      JE = IE*MD
59      J = 0
60      EI = FLOATF(IE)
61      QX = (Q(1)*PX/EB-1.)/EI
62      QXI = 1.
63      CALL ENVER(Q(1),EB,WX,VX(1),ZIN)
64      EEX(1) = VRH*(Q(1)*WX-EB*VX(1))
65      C
66      DO 21 I=2,3
67      QXI = QXI+QX
68      Q(I) = Q(1)/QXI
69      CALL ENVER(Q(I),EB,WX,VX(I),ZIN)
70      EEX(I) = VRH*(Q(I)*WX-EB*VX(I))
71      21 DV(I) = VX(I-1)-VX(I)
72      C
73      DO 25 I=4,IE
74      QXI = QXI+QX
75      Q(I) = Q(1)/QXI
76      CALL ENVER(Q(I),EB,WX,VX(I),ZIN)
77      EEX(I) = VRH*(Q(I)*WX-EB*VX(I))
78      DV(1) = DV(2)
79      DV(2) = DV(3)
80      DV(3) = VX(I-1)-VX(I)
81      DO 25 M=1,MD
82      J = J+1
83      IF(DV(1))24,22,24
84      22 V(J) = 0.
85      GO TO 25
86      24 V(J) = DV(1)*CW(M,1)+DV(2)*CW(M,2)+DV(3)*CW(M,3)
87      25 CONTINUE
88      C
89      MM = MD
90      PP = VX(IE)
91      DO 29 I=1,2
92      DV(1) = DV(2)
93      DV(2) = DV(3)
94      DV(3) = PP
95      DO 27 M=1,MM
96      J = J+1
97      27 V(J) = DV(1)*CW(M,1)+DV(2)*CW(M,2)+DV(3)*CW(M,3)
98      MM = ME
99      29 PP = 0.
100     V(JE+1) = 0.
101     C          BESTIMMUNG DER KINETISCHEN ENERGIE
102     DX = (PX-EB/Q(1))/(DM*EI)*.5
103     JB = -MD+1
104     DO 39 I=1,IE
105     JB = JB+MD

```

```

106      DQ = Q(I)*DX
107      DQA = 0.
108      EK = 0.
109      EC = 0.
110      C
111      DO 37 J=JB,JE
112      DQA = DQA+DQ
113      EC = EC+V(J)*DQA*(1.+QM/(DE+DQA))
114      ENG = G(NK)*DQA
115      DO 35 K=2,NK
116      NG = NK-K+1
117      35 ENG = (ENG+G(NG))*DQA
118      EK = EK+V(J)*ENG
119      DQA = DQA+DQ
120      EC = EC+(V(J)+V(J+1))*DQA*(1.+QM/(DE+DQA))
121      ENG = G(NK)*DQA
122      DO 33 K=2,NK
123      NG = NK-K+1
124      33 ENG = (ENG+G(NG))*DQA
125      37 EK = EK+(V(J)+V(J+1))*ENG
126      C
127      IF(I-1)38,38,36
128      36 DGQ = Q(I-1)-Q(I)
129      DFC = (ECA-EC*VRM)/DGQ
130      DFE = (EEX(I-1)-EEX(I))/DGQ
131      DFK = (EKI-EK*VRM)/DGQ
132      PRINT 5,DFC,DFE,DFK
133      38 ECA = EC*VRM
134      EKI = EK*VRM
135      XI = EB/Q(I)
136      39 PRINT 4,Q(I),ECA,EEX(I),EKI,VX(I),XI
137      C
138      DGQ = Q(IE)-EB/PX
139      DFC = ECA/DGQ
140      DFE = EEX(IE)/DGQ
141      DFK = EKI/DGQ
142      PRINT 5,DFC,DFE,DFK
143      C
144      1 FORMAT(44HIDIE ZUSAMMENHANG EKIN(Q) BEIM ZYLINDERCORE /1HL,30X,
145      2 6H SF1 =E10.4,10X,4HRC =F10.4,10X,4HTB =F10.4/31X,6H SF2 =E10.4,
146      3 10X,4HRZ =F10.4,10X,4HQM =E10.4/31X,6HRHOB =F10.4,10X,4HHC =,
147      4 F10.4,10X,4HCV =E10.4)
148      2 FORMAT(41HKPOLYNOM DER KIN.ENERGIE G(1),...,G(N) =/(E18.8,6E19.8)
149      2 )
150      3 FORMAT(15HIZENTR.E.DICHTE,21X,7HCARNOT-,8X,7HEXCESS-,6X,
151      2 11HKINETISCHE-,14X,12HV( E)EB )/VC,20X,4HEB/Q/4X,7HQ(KJ/G),38X,
152      3 11HENERGIE(MJ)//)
153      4 FORMAT(F10.4,E35.5,2E15.5,E25.5,F30.8)
154      5 FORMAT(E45.4,2E15.4)
155      C
156      CALL EXIT

```

MITTLERE BRENNSTOFFTEMPERATUR IM ZWEIZONENZYLINDER

SF1 = 2.368E-03	RC = 76.500	TM = 3078.000	EMA = 1.04652	QAI = 1.01882
SF2 = 3.243E-03	RZ = 54.200	QM = 3.923E-01		QEI = 1.40074
	HC = 95.000	CV = 3.400E-04		QAF = 3.51895
	WO = 0.69410		EME = 1.43882	QEF = 4.83806

FLUSSPOLYNOME	A(0),A(2),...,A(2N)				
AXIAL	1.000000E 00	-3.2311305E-04	6.6157340E-08	-1.2237786E-11	0.
RADIAL	1.0014372E 00	-6.9138958E-05	-1.4632239E-08	4.3201940E-12	-4.2352660E-16

E.DICHTE(ZENTR.)	E.MITTEL/Q IM TEILCORE MIT		VOL.ANTEIL DES TEILCORE MIT		MITTL.BR.TEMP.
Q(KJ/G)	E ) EMA	E ) EME	E ) EMA	E ) EME	K
0.9000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	1837.33470
1.0000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	2041.48300
1.1000000	0.04303628	0.00000000	0.04407512	0.00000000	2242.05950
1.2000000	0.14197681	0.00000000	0.15291057	0.00000000	2419.34370
1.3000000	0.24599711	0.00000000	0.27712222	0.00000000	2566.33290
1.4000000	0.34496468	0.00000000	0.40470282	0.00000000	2683.30870
1.5000000	0.42034765	0.03528107	0.50894451	0.03595668	2777.77020
1.6000000	0.47944381	0.10454772	0.59634733	0.11064259	2869.49310
1.7000000	0.52636118	0.18012145	0.67017696	0.19730888	2967.15080
1.8000000	0.56178851	0.25541848	0.72932334	0.28886516	3075.14130
1.9000000	0.59012897	0.32779057	0.77934703	0.38188184	3195.58250
2.0000000	0.61330119	0.38890620	0.82246078	0.46458352	3328.49400
2.1000000	0.63249540	0.43781399	0.86000344	0.53419864	3471.12600
2.2000000	0.64852647	0.47952991	0.89289281	0.59647852	3621.88690
2.3000000	0.66134094	0.51509518	0.92041515	0.65203146	3779.85660
2.4000000	0.67087562	0.54358306	0.94180341	0.69850816	3943.93100
2.5000000	0.67791725	0.56745278	0.95827129	0.73911031	4113.24310
2.6000000	0.68305266	0.58783722	0.97077145	0.77519856	4287.26840
2.7000000	0.68671890	0.60543280	0.98004458	0.80757106	4465.57540
2.8000000	0.68925020	0.62073307	0.98668853	0.83678135	4647.80950
2.9000000	0.69089855	0.63411101	0.99117127	0.86324980	4833.64010
3.0000000	0.69186699	0.64586782	0.99389677	0.88732677	5022.77720
3.1000000	0.69248057	0.65599456	0.99568311	0.90878309	5214.83360
3.2000000	0.69289422	0.66425309	0.99692683	0.92685312	5409.44330
3.3000000	0.69315355	0.67089553	0.99773123	0.94184874	5606.13810
3.4000000	0.69329331	0.67622407	0.99817770	0.95424850	5804.52920
3.5000000	0.69333998	0.68047123	0.99833106	0.96442669	6004.29660
3.6000000	0.69410426	0.68382715	1.00000000	0.97270212	6202.21890
3.7000000	0.69410426	0.68644667	1.00000000	0.97934356	6403.74540
3.8000000	0.69410426	0.68845028	1.00000000	0.98456239	6605.94980
3.9000000	0.69410426	0.68994566	1.00000000	0.98856114	6808.66600
4.0000000	0.69410426	0.69101575	1.00000000	0.99149669	7011.75800
4.1000000	0.69410426	0.69173189	1.00000000	0.99351063	7215.11100
4.2000000	0.69410426	0.69223086	1.00000000	0.99494900	7418.63830
4.3000000	0.69410426	0.69261199	1.00000000	0.99607440	7622.29330
4.4000000	0.69410426	0.69289530	1.00000000	0.99693017	7826.04770
4.5000000	0.69410426	0.69309668	1.00000000	0.99755259	8029.87150
4.6000000	0.69410426	0.69323041	1.00000000	0.99797510	8233.74480
4.7000000	0.69410426	0.69330786	1.00000000	0.99822522	8437.64830
4.8000000	0.69410426	0.69333908	1.00000000	0.99832811	8641.56770
4.9000000	0.69410426	0.69410426	1.00000000	1.00000000	8849.44330
5.0000000	0.69410426	0.69410426	1.00000000	1.00000000	9053.59180

50

ZWEITE EXKURSION NACH BETHE-TAIT

ZYLINDERREAKTOR

NR 1

ZEIT MILLISEC	ENERGIE KJ/G	FLUSS N/QCM/S	ALFA	A.EXP.AX.	A.EXP.RAD. 1/MILLISEC	A.AUTOKAT.	A.DOPPLER	ZENTR.TEMP. K	DRUCK ATM
0.0000	0.9088	7.9590E 15	-7.6923E 00	0.	0.	0.	0.	2673.0	0.
22.3704	1.5824	1.9618E 19	4.3942E-01	0.	0.	0.	-2.1931E 00	3500.2	8.9510E-01
23.0493	2.0018	2.2862E 19	-5.3419E-02	-8.2472E-03	-3.5424E-02	2.6755E-02	-2.9823E 00	4734.0	3.3997E 01
23.3222	2.1755	2.1744E 19	-3.5103E-01	-3.8989E-02	-1.5497E-01	1.1345E-01	-3.3423E 00	5244.7	8.7362E 01
23.6538	2.3641	1.7913E 19	-8.9357E-01	-1.7838E-01	-6.5390E-01	4.6142E-01	-3.7475E 00	5799.4	2.0491E 02
24.2464	2.5692	6.0663E 18	-3.2493E 00	-1.2213E 00	-4.1075E 00	2.7718E 00	-4.1907E 00	6402.6	4.4590E 02
26.8065	2.6077	5.4236E 15	-6.3218E 01	-3.0228E 01	-9.4588E 01	6.1191E 01	-4.2729E 00	6515.8	5.0872E 02

ZMAXI = 39.7772 RMAXI = 54.2000 ZMAXII = 40.6974 RMAXII = 76.5000

MAXIMUM 2.2882E 19 1.2451E 00

H1 = 0.72081

E.TOT(MJOULE) = 5505.2374 E.EXC(MJOULE) = 1458.2601

B.EFF. = 0.003000

T0 = 2673.000  
F0 = 7.959E 15

K0 = 0.00  
K1 = 60.00  
K2 = 0.00  
K3 = 0.00

TDT = 2.0000E-03

D = 1.680E 00 L0 = 3.900E-07 RC = 76.500 CS = 3.200E-14 TM = 3078.000 EXZ = 1.000000  
 SF1 = 2.368E-03 BET = 3.000E-03 RZ = 54.200 QM = 3.923E-01 TB = 3500.000 EXR = 1.000000  
 SF2 = 3.243E-03 LA = 6.030E-01 HC = 95.000 CV = 3.400E-04 RHO = 4.6750 EXA = 1.000000  
 V = 3.195E 08 DEX = 1.001E 00 W0 = 0.69410 RHOB = 2.6730

FLUSSPOLYNOME A(0),A(2),...,A(2N)

AXIAL 1.0000000E 00 -3.2311305E-04 6.6157340E-08 -1.2237786E-11 0.  
 RADIAL 1.0014372E 00 -6.9138958E-05 -1.4632239E-08 4.3201940E-12 -4.2352660E-16

DRUCKPOLYNOME P(0),P(1),...,P(N)

IM BEREICH 5.0000E 02 - 5.0000E 03 = 2.9386925E-03 -2.3507254E-05 7.9677551E-08 -1.4981824E-10  
 1.7128499E-13 -1.2215657E-16 5.3160728E-20 -1.2926621E-23 1.3465230E-27  
 IM BEREICH 1.5000E 03 - 1.8000E 04 = 7.6102000E 00 -2.4778843E-02 3.3897337E-05 -2.5158858E-08  
 1.0887996E-11 -2.7331906E-15 3.6934070E-19 -2.2517209E-23 4.9914071E-28

POLYNOM DER DOPPL.TEMP. U(0),U(1),...,U(N)

IM BEREICH 1.1500E 00 - 3.9000E 00 = -8.2992415E 03 2.5900743E 04 -2.5952537E 04 1.3928559E 04  
 -4.1558890E 03 6.9856190E 02 -6.1310580E 01 2.1495700E 00

DIE ZUSAMMENHANG EKIN(Q) BEIM ZYLINDERCORE

SF1 = 2.368E-03      RC = 76.5000      TB = 3500.0000  
 SF2 = 3.243E-03      RZ = 54.2000      QM = 3.923E-01  
 RHOB = 2.6730      HC = 95.0000      CV = 3.400E-04

POLYNOM DER KIN.ENERGIE G(1),...,G(N) =  
 2.1525000E-01      6.6184000E-02      1.0349000E-02      -1.2778000E-03

FLUSSPOLYNOME A(0),A(2),...,A(2N)  
 AXIAL      1.0000000E 00      -3.2311305E-04      6.6157340E-08      -1.2237786E-11      0.  
 RADIAL      1.0014372E 00      -6.9138958E-05      -1.4632239E-08      4.3201940E-12      -4.2352660E-16

52

ZENTR.E.DICHTE Q(KJ/G)	CARNOT-	EXCESS- ENERGIE(MJ)	KINETISCHE-	V( E)EB )/VC	EB/Q
2.4515	1.3350E 03	1.0831E 03	2.7350E 02	6.1374E-01	0.64545183
	2.692E 03	2.246E 03	6.121E 02		
2.3948	1.1825E 03	9.5585E 02	2.3882E 02	5.8331E-01	0.66072124
	2.593E 03	2.152E 03	5.765E 02		
2.3407	1.0423E 03	8.3943E 02	2.0764E 02	5.5279E-01	0.67599063
	2.490E 03	2.055E 03	5.417E 02		
2.2890	9.1355E 02	7.3315E 02	1.7963E 02	5.2211E-01	0.69126002
	2.382E 03	1.956E 03	5.076E 02		
2.2395	7.9573E 02	6.3639E 02	1.5452E 02	4.9118E-01	0.70652939
	2.268E 03	1.853E 03	4.739E 02		
2.1922	6.8826E 02	5.4857E 02	1.3206E 02	4.5984E-01	0.72179881
	2.149E 03	1.747E 03	4.406E 02		
2.1467	5.9066E 02	4.6925E 02	1.1206E 02	4.2774E-01	0.73706817
	2.019E 03	1.633E 03	4.066E 02		
2.1032	5.0270E 02	3.9838E 02	9.4339E 01	3.9365E-01	0.75233758
	1.875E 03	1.510E 03	3.717E 02		
2.0613	4.2428E 02	3.3491E 02	7.8789E 01	3.5825E-01	0.76760695
	1.727E 03	1.386E 03	3.374E 02		
2.0211	3.5483E 02	2.7920E 02	6.5224E 01	3.2421E-01	0.78287636
	1.582E 03	1.264E 03	3.045E 02		
1.9825	2.9366E 02	2.3034E 02	5.3448E 01	2.9154E-01	0.79814574
	1.439E 03	1.144E 03	2.731E 02		
1.9453	2.4013E 02	1.8776E 02	4.3285E 01	2.6024E-01	0.81341512
	1.298E 03	1.028E 03	2.430E 02		
1.9094	1.9361E 02	1.5091E 02	3.4575E 01	2.3033E-01	0.82868451
	1.160E 03	9.150E 02	2.143E 02		
1.8749	1.5355E 02	1.1930E 02	2.7170E 01	2.0182E-01	0.84395391
	1.025E 03	8.055E 02	1.870E 02		
1.8415	1.1939E 02	9.2461E 01	2.0939E 01	1.7475E-01	0.85922329
	8.942E 02	6.997E 02	1.611E 02		
1.8094	9.0637E 01	6.9961E 01	1.5760E 01	1.4913E-01	0.87449269
	7.675E 02	5.931E 02	1.366E 02		
1.7783	6.6806E 01	5.1390E 01	1.1519E 01	1.2500E-01	0.88976211
	6.455E 02	5.010E 02	1.135E 02		
1.7483	4.7438E 01	3.6358E 01	8.1126E 00	1.0241E-01	0.90503146
	5.290E 02	4.088E 02	9.196E 01		
1.7193	3.2093E 01	2.4499E 01	5.4451E 00	8.1443E-02	0.92030088
	4.187E 02	3.223E 02	7.198E 01		
1.6913	2.0343E 01	1.5453E 01	3.4253E 00	6.2176E-02	0.93557029