KERNFORSCHUNGSZENTRUM

KARLSRUHE

Juni 1971

KFK 1420

Zyklotron-Laboratorium

„A B C"
Ein Rechenprogramm zur Beschreibung der elastischen und inelastischen Streuung auf der Basis der Austern-Blair-Theorie

J. Specht, G. W. Schweimer

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.

KARLSRUHE

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

Kernforschungszentrum Karlsruhe

Juni 1971 KFK 1420

Zyklotron-Laboratorium

"ABC"
Ein Rechenprogramm zur Beschreibung der elastischen und inelastischen Streuung auf der Basis der Austern-Blair-Theorie

J. Specht und G.W. Schweimer

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit beschreibt ein Rechenprogramm, mit dem gemessene Winkelverteilungen von elastisch und inelastisch gestreuten Teilchen mit der Austern-Blair-Theorie ausgewertet werden können. Im Gegensatz zur üblichen Anwendung dieser Theorie wurde eine Mehrfachanregung auch im elastischen Kanal berücksichtigt. Zur Extraktion von spektroskopischen Größen aus dem Experiment müssen daher die Winkelverteilungen von elastischen und inelastischen Kanälen in einer gekoppelten Weise berechnet werden.

Die Programmstruktur ist speziell für Anpassungsrechnungen ausgelegt. Um die Rechenzeit kurz zu halten, werden einige Rechenabschnitte nur wiederholt, wenn die zugehörigen Parameter tatsächlich variiert werden. Auch die Eingabe ist so gestaltet, daß unnötige Wiederholungen vermieden werden. Die Richtigkeit des Programms wurde geprüft durch Vergleich mit Rechnungen anderer Programme der Austern-Blair-Theorie.

Eine Analyse der Streuung von 104 MeV α-Teilchen mit diesem Programm ergab Werte für die Deformationsparameter, die fast identisch sind mit jenen, die bei einer Rechnung nach der Methode der gekoppelten Kanäle gefunden wurden.

Abstract

A computer code is described for analyzing experimental angular distributions of elastic and inelastic scattering in the frame of the Austern-Blair theory. Multiple excitations are considered in the elastic channel, too, in contrast to earlier applications of this theory. The spectroscopic information is obtained by computing the elastic and inelastic angular distributions in a coupled manner.

The program structure is especially suited for parameter fitting. In order to save computing time, several parts of the code will be repeated only if the corresponding parameters are varied. The input data for the code are organized in such a way, that unnecessary repetitions are avoided. The program was checked by comparison with calculations performed using other codes for the Austern-Blair theory.

In a first application of this program it is shown, that for 104 MeV α-particle scattering the Austern-Blair analysis leads to nearly identical values of the deformation parameters as extracted from a coupled channel analysis.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

Die Austern-Blair-Theorie (ABT) wurde als Reaktions-Theorie zur Beschreibung der elastischen und inelastischen Streuung von spinlosen Projektilen an gg-Kernen entwickelt[1]. Ein wesentliches Merkmal dieser Theorie ist, daß die Wechselwirkung zwischen Projektil und Targetkern nicht durch ein Potentialansatz beschrieben wird; statt dessen wird mit einer geeignet parametrisierten Streufunktion gearbeitet. Diese ist zunächst unbekannt und kann durch Anpassung an das Experiment gefunden werden.

Die wichtigste Voraussetzung für eine vernünftige Anwendung der ABT ist, daß die Projektile im Kerninnern stark absorbiert werden, und daß die Einschußenergie E_P sehr viel größer als die Anregungsenergie E_A des untersuchten Kernniveaus ist. Ferner sollte der Spin I des angeregten Niveaus kleiner sein als der Radius L im Raum der Bahndrehimpulse. Dieser Radius ist einem geometrischen Wechselwirkungsradius R und der Wellenzahl k der Relativbewegung proportional. Es muß also gelten:

$$E_A < E_P$$

$$I < L \simeq kR \simeq kr_o(A_T^{1/3} + A_P^{1/3}) \qquad (1)$$

In der ABT sind in erster Ordnung der Wechselwirkung elastische und inelastische Streukanäle entkoppelt, d.h. die Streufunktion wird durch Anpassung an die gemessene Winkelverteilung der elastisch gestreuten Projektile festgelegt, während die spektroskopische Information allein aus der inelastischen Streuung gewonnen wird. Aus experimentellen Studien weiß man nun, daß zur Beschreibung der gemessenen Winkelverteilungen höhere Ordnungen in der Anregung berücksichtigt werden müssen[2]. Tut man dies konsequent in allen Kanälen, so kann die Streufunktion bei unbekannten spektroskopischen Variablen nicht mehr aus dem elastischen Kanal alleine festgelegt werden. Man muß statt dessen zu einer gekoppelten Berechnung von elastischen

und inelastischen Kanälen übergehen und die spektroskopischen Parameter und die Streufunktion gleichzeitig an alle gemessenen Kanäle anpassen.

In weiteren Teilen dieses Berichtes wird nun das Fortran IV Programm "ABC" beschrieben, mit dem elastische und inelastische Streuexperimente, unter Berücksichtigung von Mehrfachanregungen, ausgewertet werden können.

2. Mathematische Formulierung des Problems

In der ABT wird die Streuamplitude für elastische (Q=0) und inelastische (Q≠0) Streuung durch folgenden Ausdruck gegeben:

$$f_{IM}(\theta) = \delta_{Q,0}\, f_c(\theta)+(2ik)^{-1}(2I+1)^{1/2} \sum_{l,l'} i^{l-l'}(2l'+1)^{1/2}$$

$$\times \exp(i\sigma_l+i\sigma'_{l'})\langle l'I\,-MM|l0\rangle\langle l'I00|l0\rangle \qquad (2)$$

$$\times A_I(l',l)Y_{l'}^{-M}(\theta,0)$$

Hier ist I und M die Spin- bzw. die magnetische Quantenzahl des angeregten Zustandes, θ ist der CM-Streuwinkel, k die Wellenzahl im Eingangskanal, l und l' sind die Bahndrehimpulse von Ein- und Ausgangskanal, $\sigma_l = \arg\Gamma(l+1+i\eta)$ die Coulomb-Streuphasen, $\eta = Z/(137\,\beta)$ ist der Coulombparameter, Z das Produkt der Ladungszahlen von Projektil und Target; β bezeichnet die Relativgeschwindigkeit dividiert durch die Lichtgeschwindigkeit. Die Coulomb-Streuamplitude ist gegeben durch:

$$f_c(\theta) = -\eta \exp(2i\sigma_0-2i\eta\cdot \ln \sin \tfrac{1}{2}\theta)(2k\cdot\sin^2 \tfrac{1}{2}\theta)^{-1} \qquad (3)$$

Die Größen $A_I(l',l)$ sind folgendermaßen definiert:

$$A_I(l',l) = \delta_{Q,0}(4\pi)^{1/2}(S(l')-1)+\sum_{n=1}^{NC} C_n(I)(-k)^n(n!)^{-1}S_n(l',l) \qquad (4)$$

Hier ist n die Ordnung der Anregung.

Zur Berechnung der Nichtdiagonalelemente $S_n(l',l)$ aus der Streufunktion gibt es zwei verschiedene Vorschläge von Austern und Blair [1] bzw. von Hahne [3]:

$$S_n(l',l) = \frac{\partial^n}{\partial x^n} S(x); \quad x=\frac{l'+l}{2} \tag{5a}$$

$$S_n(l',l) = \left[\frac{\partial^n}{\partial l^n} S(l') \cdot \frac{\partial^n}{\partial l^n} S(l)\right]^{1/2} \tag{5b}$$

Bei Benutzung der zweiten Methode muß man die Phase der Quadratwurzel so wählen, daß ihr Verlauf als Funktion von l' und l stetig bleibt. Für die Streufunktion wird folgende Parametrisierung bei der Programmierung verwendet:

$$\begin{aligned} |S(l)| &= |\varepsilon+(1-\varepsilon)(1+\exp[(L-l)/d])^{-1}| \\ \arg S(l) &= \sum_{n=0}^{4} a_n (l-L-\Delta L)^n (1+\exp[(l-L-\Delta L)/(d+\Delta d)])^{-1} \end{aligned} \tag{6}$$

Hierbei sind $a_0,\ldots, a_4$, ε, L, ΔL, d, Δd freie Parameter.
Bei aktuellen Rechnungen sollte man versuchen, durch Nullsetzen von einigen Parametern (z.B. ε, ΔL, Δd, a_4, a_3,...) die Streufunktion so einfach wie möglich zu halten.

Die spektroskopische Information ist in den reduzierten Matrixelementen $C_n(I)$ enthalten. Wendet man das Rotationsmodell an, so kann man die $C_n(I)$ durch folgende Rekursionsformel berechnen [2]:

$$\begin{aligned} C_1(l) &= \delta_l (2l+1)^{-1/2} \\ C_n(l) &= (4\pi)^{-1} \sum_{l',l''} (2l'+1)(2l''+1) \begin{pmatrix} l' & l'' & l \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}^2 C_1(l')\, C_{n-1}(l'') \end{aligned} \tag{7}$$

Hier beschreiben die Deformationslängen δ_l die Oberfläche eines Kernes mit dem mittleren Radius R_o:

$$R = R_o + \sum_l \delta_l Y_l^o \tag{8}$$

Will man das einfache Vibrationsmodell anwenden, so muß man die $C_n(I)$ folgendermaßen berechnen [2]:

$$C_{2n}(I,0\ \text{Phononen}) = (2n-1)!!\ F^n(4\pi)^{1/2}$$

$$C_{2n+1}(I,1\ \text{Phonon}) = (2n+1)!!\ F^n\ \delta_I \tag{9}$$

$$C_{2n}(I,2\ \text{Phononen}) = (2n-1)!!nF^{n-1}(2l+1)\begin{pmatrix} l & l & I \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}(2\pi)^{-1/2}\ \delta_l^2$$

$$F = (4\pi)^{-1} \sum_l (2l+1)\ \delta_l^2$$

Die Deformationslängen werden dabei aus dem Massenparameter B_l und der Oszillatorfrequenz ω_l berechnet:

$$\delta_l = R_o\left[\hbar/(2B_l\omega_l)\right]^{1/2} \tag{10}$$

3. Programmbeschreibung

3.1 Programmieraspekte

Das Fortran IV Programm "ABC" berechnet in seiner derzeitigen Form die Wirkungsquerschnitte aus den Gleichungen (2-7):

$$\sigma^I(\theta) = \sum_M |\ f_{IM}(\theta)|^2 \tag{11}$$

Es enthält eine Minimalisierungsroutine [4], welche die Größe

$$\chi^2 = \sum_n \sum_i \left[\{\sigma_{exp}^{I(n)}(\theta_i) - \sigma^{I(n)}(\theta_i)\}/\Delta\sigma_{exp}^{I(n)}\right]^2 \tag{12}$$

durch Variation von einigen ausgewählten Parametern minimalisiert. Mit i und n werden die Meßwinkel (Schwerpunktsystem) bzw. die gemessenen Kanäle durchnummeriert. Da unter Umständen viele Parameter so an das Experiment angepaßt werden sollen, ist es wichtig, daß die theoretischen Winkelverteilungen sehr schnell

berechnet werden können. Um dies zu erreichen, werden für Zwischenergebnisse, die oft benötigt werden, sich aber selten ändern, Tabellen im Kernspeicher angelegt.Da der verfügbare Kernspeicher ebenfalls optimal belegt werden sollte, wurden mehrdimensionale Felder so in eindimensionale Felder abgebildet, daß mathematisch vorherzusehende Leerstellen im Kernspeicher vermieden wurden. Eine programminterne Zeitkontrolle sorgt dafür, daß bei Zeitmangel in langen Anpassungsläufen immer definiert abgebrochen werden kann.

Durch eine a priori Konvention der Datenanordnung im Common soll eine Kompatibilität der Programmbausteine gewährleistet werden, so daß das gesamte Programm flexibel zusammengestellt werden kann.

3.2. Programmstruktur

In Abb. 1 ist das Flußdiagramm des Hauptprogramms gezeichnet. Mit Hilfe eines Steuerparameters NS können verschiedene Programmteile zyklisch durchgeführt werden.

Mit NS=1 werden allgemeine Daten eingelesen. Darunter werden alle Größen verstanden, die für alle Kanäle gleich sind (z.B. Targetparameter, Parameter der Streufunktion, maximale Zahl der Kanäle u.ä.).

Mit NS=2 werden kanalspezifische Parameter und die Winkelverteilung eines Kanals eingelesen und im Kernspeicher dicht hinter die allgemeinen Daten bzw. die Kanaldaten des Vorgängers geschrieben.

Mit NS=3 kann man die Kanalparameter eines bestimmten Kanals überschreiben, die zuvor einmal mit NS=2 eingelesen worden waren. Damit können während des Rechenlaufs neue Anfangswerte gesetzt werden.

Mit NS=4 wird eine Anpassungsrechnung durchgeführt. Erst bei diesem Lauf wird festgelegt, welche der eingelesenen Kanäle gekoppelt, welche allgemeinen Parameter und welche Kanalparameter variiert werden sollen.

Mit NS=5 kann für jeden Kanal, bei dem bereits eine Vorbereitungstabelle (s. später) angelegt wurde, eine theoretische Winkelverteilung mit äquidistanten Winkeln berechnet werden.

Mit NS=6 wird ein fehlerfreies Ende des Programmlaufs bewirkt.

In Abb. 1 ist der Programmteil, der mit NS=4 erreicht wird, nochmals detaillierter aufgezeichnet. Zunächst werden alle Größen der Gleichungen (2-7), die nur von k, n,I, M, l, l' abhängen und während der Rechnung konstant bleiben, in der Subroutine VØRBER als komplexwertige Tabelle abgespeichert. Danach wird in einem ständigen Wechselspiel zwischen den Routinen VAØ1A, CALFUN und SIGMA das Minimum von χ^2 gesucht. Falls ein Minimum gefunden wurde oder die noch verfügbare Rechenzeit zu Ende geht, wird der Ausgabeteil des Programms angesprungen, in dem Parameterfehler berechnet und Tabellen gezeichnet und gedruckt werden.

Eine zentrale Rolle spielt die Subroutine SIGMA, in der die Winkelverteilung eines Kanals berechnet wird. In Abb. 1 ist ein Flußdiagramm dieser Routine gezeichnet. Zunächst wird eine für alle Kanäle benötigte Tabelle der Streufunktion einschließlich ihrer Ableitungen angelegt. Diese Tabelle wird nicht bei jedem Aufruf von SIGMA neu berechnet, sondern nur wenn die Parameter von S(l) geändert wurden. Ähnlich wird bei der Tabelle mit den stetig gemachten Quadratwurzeln der Streufunktion und ihren Ableitungen verfahren. Bei den letzten Aufrufen von SIGMA wird die Streufunktion gezeichnet. Die reduzierten Matrixelemente werden für alle Kanäle gleichzeitig aus den Deformationslängen berechnet, falls nicht die $C_n(I)$ direkt an das Experiment angepaßt werden sollen. Danach wird bei jedem Aufruf von SIGMA eine Tabelle mit den Partialamplituden

$$\sum_{n=1}^{NC} C_n(I)(-k)^n(n!)^{-1}S_n(l',l)$$

angelegt. Die Diagonalelemente mit l' = l werden beim Ausgang ebenfalls gezeichnet.

Zum Schluß werden die Wirkungsquerschnitte in Einheiten von Millibarn/Steradian berechnet. Abschätzungen ergaben, daß der größte Teil der Rechenzeit zur Berechnung der Kugelfunktionen benötigt würde. Wesentlich schneller lassen sich dagegen die Assoziierten Legendre Polynome $P_l^m(x)$ über geeignete Rekursionsformeln programmieren. (Die Umrechnungsfaktoren wurden in die Vorbereitungsrechnung übernommen.)

3.3 Aufbau des Common-Bereiches

Der Common-Bereich enthält fast alle für die Subroutinen notwendigen Daten und besteht im wesentlichen aus einem einzigen großen Feld, mit vier äquivalenten Bezeichnungen:

```
Integer * 4  IW(64 000)
Real    * 4  W4(64 000)
Real    * 8  W8(32 000)
Complex * 16 WC(16 000)
```

Zum Auffinden von speziellen Größen werden folgende Indexformeln benötigt:

```
INDO(K) = IO + 4K-4                                  (13)
IND(K,N)= IW(IO+4K-4+N)
```

Hier ist IO die Real * 4 - Länge des Arbeitsfeldes der VAØ1A-Routine, das die unteren Plätze des Common belegt und K die Kanalzahl.

Folgende Bezeichnungen werden eingeführt:

NPA : Zahl der allgemeinen Parameter
NPAV : Zahl der allgemeinen zu variierenden Parameter
PA(J): Feld der allgemeinen Parameter (J=1,...,NPA)
IA(J): Indexfeld der allgemeinen zu variierenden Parameter (J=1,...,NPAV)

Diese Größen findet man wie folgt:

```
NPA  = IW(IS);  IS=IO+4KMAX+1
NPAV = IW(IS+1)
PA(J)= W4(IS+1+J)                                    (14)
IA(J)= IW(IS+1+NPA+J)
```

Ähnlich sind die Daten der Kanäle aufgebaut. Folgende Bezeichnungen gelten für jeden einzelnen Kanal:

NT : Zahl der Streuwinkel θ_j
NPK : Zahl der Kanalparameter
LM : Größter Bahndrehimpuls
IK : Spin des angeregten Kernniveaus
NPKV : Zahl der zu variierenden Kanalparameter
KZ : Kennziffer für den Rechenmodus
IA(J): Indexfeld der zu variierenden Kanalparameter (J=1,...,NPKV)
PK(J): Feld der Kanalparameter (J=1,...,NPK)

Diese Größen sind folgendermaßen für den Kanal mit der Nummer K zu finden:

```
NT   = IW(IS); IS=IND(K,1)+1
NPK  = IW(IS+1)
LM   = IW(IS+2)
IK   = IW(IS+3)
NPKV = IW(IS+4)                                    (15)
KZ   = IW(IS+5)
IA(J)= IW(IS+5+J)
PK(J)= W4(IS+J);  IS=IND(K,2)
```

Die gemessene und berechnete Winkelverteilung ist wie folgt angeordnet:

$$\begin{aligned} \theta(J) &= W4(IS+J); \quad IS=IND(K,3)-3 \\ \sigma_{exp}(J) &= W4(IS+J+1) \\ \sigma_{theo}(J) &= W4(IS+J+2) \\ \Delta\sigma_{exp}(J) &= W4(IS+J+3) \end{aligned} \qquad (16)$$

Die komplexwertige Vorbereitungstabelle des Kanals wird folgendermaßen gefunden:

$$\begin{aligned} VBTAB(I(K),l',l,M) &= WC(IS+INDEX) \\ IS &= IND(K,4) \\ INDEX &= l' + 1 + [LM+1]\,[M+(I(K)+1)(1-|l'-I(K)|)/2] \end{aligned} \qquad (17)$$

3.4 Zusammenstellung von Subroutinen

Neben den bereits besprochenen Subroutinen werden im ABC noch eine Reihe kleinerer Subroutinen benötigt, deren Eigenschaften hier beschrieben werden.

SWS : Berechnet eine Stufenfunktion nach Woods-Saxon einschließlich der Ableitungen bis maximal 5. Grades.

NASL : Berechnet die Streufunktion einschließlich der Ableitungen bis maximal 5. Grades.

CNRØT : Berechnet aus einem Satz von Deformationslängen $\delta_0, \delta_1, \ldots, \delta_{10}$ alle Reduzierten Matrixelemente $C_n(I)$ bis maximal 5. Ordnung (I=0,1,...,10).

PLM : Berechnet die Assoziierten Legendrepolynome $P_l^m(x)$ für laufendes l und m,x=const.

KUNST : Zeichnet die Streufunktion und die Diagonalelemente der Partialamplituden.

ZSQ : Sortiert die Wirkungsquerschnitte nach steigenden Winkeln und zeichnet sie. *

FREEFØ: Erlaubt eine formatfreie Eingabe der Daten (5).

ZEIT : Zeitkontrolle an der Rechenanlage IBM/360-65-85

CDLGAM: Berechnet $\ln\Gamma(z)$ (6).

W3JS : Berechnet das Wigner 3-j-Symbol $\begin{pmatrix} j_1 & j_2 & j_3 \\ m_1 & m_2 & m_3 \end{pmatrix}$ (7).

3.5 Eingabe-Daten

Es können beliebig viele Kartensätze eingelesen werden. Ein Kartensatz besteht aus einer Karte mit dem Steuerparameter NS und weiteren Karten. Die erste Spalte einer Karte muß gelocht sein; Fortsetzungskarten beginnen mit einer Leerstelle. Die Zahldarstellung ist gemäß den Fortranregeln zu wählen; die Zahlentrennung erfolgt durch mindestens eine Leerstelle. Größen, die im folgenden in einer Zeile stehen, werden mit einer Lochkarte (evt. mit Fortsetzungskarte) eingelesen. Der erste Kartensatz muß NS=1 haben. Insgesamt gibt es 6 verschiedene Kartensätze mit folgendem Aufbau:

* Der Maßstab wird allein aus den Meßpunkten berechnet.

NS=1

MMAX NMAX KMAX UHR

NPA PA(1) .... PA(NPA)

NS=2

NT NPK LM IK

PK(1) .... PK(NPK)

$\theta(J)$ $\sigma_{exp}(J)$ $\Delta\sigma_{exp}(J)$ [J=1,...,NT]

NS=3

K

PK(1)....PK(NPK)

NS=4

KK K(1)....K(KK) NPAV MA IP

IA(1)....IA(NPAV) [Karte fehlt wenn NPAV=0]

NPKV KZ [für Kanal mit Nr. K(1)]

IA(1)....IA(NPKV) [Karte fehlt wenn NPKV=0]

.

.

.

.

NPKV KZ [für Kanal mit Nr. K(KK)]

IA(1)...IA(NPKV)

NS=5

K θ_1 θ_2 $\Delta\theta$

NS=6

Keine weiteren Karten

Die Bedeutung der Parameter ist - sofern sie nicht schon früher angegeben wurden - folgende:

<u>NS=1</u>

MMAX = maximale Zahl von Meßtriplets insgesamt, die bei einem Anpassungslauf verwendet werden können.

NMAX = maximale Anzahl von Parametern die simultan variiert werden können.

KMAX = Maximale Zahl von Kanälen insgesamt bei dieser Rechnung

UHR = Rechenzeit [Min.]
PA(1) = Targetmassenzahl
PA(2) = Targetladungszahl
PA(3) = Targetbindungsenergie [MeV]
PA(4) = Laborenergie des Projektils [MeV]
PA(5) = Projektilmassenzahl
PA(6) = Projektilladungszahl
PA(7) = Projektilbindungsenergie [MeV]

Die allgemeinen Parameter PA(1),...PA(7) können nicht variiert werden.

PA(8) = Normierungsgröße
PA(9) = Normierungsgröße

$$\text{NØRM} = 1 + PA(8) \cdot \sin[PA(9)]$$

Die nach Gleichung (11) berechneten Streuquerschnitte werden mit dem Faktor NØRM multipliziert. Damit kann eine experimentelle Unsicherheit in der Normierung oder eine andere Einheit als [mb/sr] berücksichtigt werden.

PA(10) = a_o
.
.
.
.
PA(14) = a_4
PA(15) = L
PA(16) = ΔL
PA(17) = d
PA(18) = Δd
PA(19) = ε
PA(20) = δ_o [fm]
.
.
.
.
PA(30) = δ_{10} [fm]

<u>NS=2</u>

PK(1) = Re $C_1(I)$ [fm]
.
.
.
.
PK(5) = Re $C_5(I)$ [fm^5]

PK(6) = Im $C_1(I)$ [fm]

.

.

.

.

PK(10) = Im $C_5(I)$ [fm^5]

PK(11) = Anregungsenergie des Niveaus [MeV]

PK(12) = NC (Maximale Ordnung der Anregung)

NS=4

KK = Zahl der zu koppelnden Kanäle ($\geq$ 1)

K(1)...K(KK) = Nummern der zu koppelnden Kanäle (Reihenfolge beliebig)

MA : Nach maximal MA ($\geq$ 1) Calfunaufrufen wird die Minimalisierung abgebrochen

IP : nach jeder |IP|-ten Iteration werden χ^2, die variierten Parameter und die einzelnen Summanden der Gl. (12) gedruckt. Für IP<0 werden letztere nur bei der ersten und letzten Iteration gedruckt.

IA(J) : Indizes der zu variierenden Parameter (Reihenfolge beliebig).

Für jeden zu koppelnden Kanal werden die Parameterindizes und die Kennziffer separat in der Reihenfolge K(1),...,K(KK) eingelesen. Der Rechenmodus ist wie folgt:

|KZ|=1 : Rechnen (Anpassung) mit den $C_n(I)$ direkt

|KZ|=2 : Berechnung der $C_n(I)$ aus dem Rotationsmodell

|KZ|=3 : Berechnung der $C_n(I)$ aus dem Vibrationsmodell (vorgesehen)

KZ > 0 : Austern-Blair-Mittelung

KZ < 0 : Hahne-Mittelung

Achtung: Bei Rechnung mit |KZ|=2 muß immer $\delta_0,\ldots,\delta_{10}$ eingegeben werden, auch wenn nur $\delta_2 \neq 0$ ist! Im $C_n(I)=0$ setzen!

NS=5

Zwischen den Winkeln θ_1 und θ_2 wird in Abständen von $\Delta\theta$ im Kanal K eine theoretische Winkelverteilung berechnet. Kanal K muß in mindestens einem Anpassungslauf verwendet worden sein.
(θ_1, θ_2, $\Delta\theta$ [Grad]).

3.6 Rechenbeispiel und Fehlercode

Das ABC-Programm ist auf der ØBJ-Bibliothek des Zyklotrons an der hiesigen Rechenanlage abgelegt. Es kann mit folgenden Job-Kontrollkarten gestartet werden:

```
JOB-KARTE
// EXEC FHLG,LIB=ZYK,REGION=4OOK,TIME=7
//L.SYSIN DD *
 INCLUDE ØBJ(ABCMAI,ABCZSQ)
 INCLUDE ØBJ(ABCCAL,ABCVØR,ABCSIG)
 INCLUDE ØBJ(ABCNAS,ABCSWS,ABCCNR)
 INCLUDE ØBJ(ABCPLM,ABCKUN,ABCW3J)
 ENTRY MAIN
//G.FTO4FOO1 DD UNIT=SYSDA,
// DCB=(RECFM=VBS,BLKSIZE=2298),
// SPACE=(2298,30)
//G.SYSIN DD *
    Eingabe-Paket
/*
//                                                          //
```

Als Beispiel wird die Auswertung der Reaktion $^{28}Si(\alpha,\alpha')^{28}Si^*$ gezeigt. Die drei gemessenen Winkelverteilungen der Grundzustandsbande (el,2^+,4^+) sollen unter Anwendung des Rotationsmodells beschrieben werden. Folgende Größen sollen bei der Anpassung variiert werden: a_0, L, ΔL, d, Δd, δ_2, δ_4; ferner soll der Normierungsparameter um maximal 30 % verändert werden. Die Startwerte für diesen Beispielslauf wurden schon in der Nähe des tiefsten Minimums angenommen. Im Anhang I ist die Ausgabe für dieses Beispiel wiedergegeben. Sie beginnt mit einer 1:1-Abbildung des Eingabepakets. Mit NS=1 werden zunächst die allgemeinen Parameter eingelesen. Danach folgen 3 Kartensätze mit den Kanalparametern und Wirkungsquerschnitten. Der nächste Kartensatz ist für den Anpassungslauf: Es werden 3 Kanäle gekoppelt, 8 allgemeine und keine Kanal-Parameter variiert und in allen Kanälen nach dem Vorschlag von Hahne gerechnet. Nach der Anpassung soll für jeden Kanal eine Theorie-Kurve zwischen 0° und 60.5° in 0.5° Schritten gerechnet werden, bevor die Rechnung mit NS=6 beendet wird. Auf den nun folgenden Seiten der Ausgabe sind die

Eingabe-Daten in etwas aufbereiteter Form und selbsterklärender Anordnung nochmals wiedergegeben. Bei der Druckausgabe der VAØ1A-Routine muß man beachten, daß diese Routine in Abhängigkeit von gewissen Bedingungen mehrfach aufgerufen wird. Nach Beendigung der Minimalisierung werden Start- und Endpunkt sowie absoluter und relativer Fehler der Parameter gedruckt. Die Korrelationsvergrößerung gibt an, um welchen Faktor der absolute Fehler infolge der Korrelation mit anderen Parametern vergrößert wurde [4]. Die Suchgenauigkeit gibt an, wie genau das Minimum lokalisiert wurde. Die weitere Ausgabe sollte selbsterklärend sein. Die letzte Zeile der Ausgabe enthält den Fehlercode. Die beim Programmlauf aufgespürten Fehler haben eine der folgenden Code-Nummern und bedeuten:

0 : Normales Rechenende
1 : Zeitmangel
2 : NS ≠ 1,...,6
3 : MMAX·NMAX > 32 000
4 : Mehr Kanäle als KMAX
5 : LM, IK zu groß
6 : Zu viele theoretische Punkte (> IO/4) bei NS=5
7 : NPAV>NMAX
8 : NPKV>NPK
9 : $(\sum_K NT_K)\cdot(NPAV+\sum_K NPKV_K)>MMAX\cdot NMAX$
10 : EA=0 und IK≠0
11 : KK > KMAX
12 : ähnlich wie 9, aber in Calfun entdeckt
13 : |KZ|>2

Die gleichen Meßdaten wurden auch nach der Methode der gekoppelten Kanäle (GK) mit einem Programm von T. Tamura ausgewertet [8]. Dabei wurden die dimensionslosen Deformationsparameter $\beta_1=\delta_1/R_o$ extrahiert. Für einen Vergleich mit den ABC-Ergebnissen wurde der aus der Elektronenstreuung gefundene Radiusparameter $R_o = (1.25 \pm 0.05)A^{1/3}$ [fm] verwendet und es ergab sich:

$$\beta_2(ABC) = -0.29 \pm 0.01 \qquad \beta_2(GK) = -0.32 \pm 0.01$$
$$\beta_4(ABC) = 0.06 \pm 0.01 \qquad \beta_4(GK) = 0.08 \pm 0.01$$

Da die Qualität der Anpassung in beiden Fällen vergleichbar ist und äquivalente Parameter gut übereinstimmen, kann man annehmen, daß die ABT einer besser fundierten Rechenmethode unter bestimmten Voraussetzungen nicht unterlegen ist.

Das ABC-Programm benötigte zur Berechnung der 3 Wirkungsquerschnitte im Mittel 1.4 sec auf einer IBM 360/85-Maschine. Auf der gleichen Maschine dauerte eine vergleichbare GK-Rechnung ca. 2 min.

3.7 Programmtest und Programmbeschränkungen

Das Problem ein komplexes Programm auf seine Richtigkeit zu testen wurde beim ABC folgendermaßen in Angriff genommen. Einige wichtige Routinen wurden in zwei verschiedenen Versionen geschrieben. Die numerischen Ergebnisse von ABC stimmten - soweit vergleichbar - überein mit denen eines älteren Programmes der ABT, mit dem bereits Literaturkurven reproduziert worden waren. Die gute Übereinstimmung mit den Ergebnissen der GK-Rechnungen könnte außerdem als ein Hinweis auf die Richtigkeit des ABC-Programmes gewertet werden.

Das ABC-Programm ist auf Grund seines Aufbaus im wesentlichen nur durch den verfügbaren Kernspeicher beschränkt. Durch Änderungen von einigen Feldlängen kann es leicht verkleiner oder vergrößert werden. Die ABC-Version vom 12.11.1970 wurde auf folgende maximale Größen ausgelegt:

Commonlänge: 250 K Bytes
Anzupassende Meßtripletts: 2000
Bahndrehimpulse: 100
Variierbare Parameter: 100 (30 in SIGMA, NASL, CNRØT)
Kanäle: 50
Kernspin: 10
Ordnung der Anregung: 5

Für eine Änderung des maximalen Kernspins und der maximalen Anregungsordnung wären kleinere Umprogrammierungen notwendig.

Die wesentliche physikalische Einschränkung des ABC-Programmes liegt in der Beschreibung der Kernzustände mit dem Rotationsmodell. Der Einbau des einfachen Vibrationsmodells nach Gl. (9) sollte aber keinerlei Schwierigkeiten bereiten. Ferner könnte es einmal wünschenswert sein, die Reduzierten Maxtrixelemente mit Wellenfunktionen zu berechnen, die sowohl Rotations- als auch Vibrationsanteile enthalten.

Literaturverzeichnis

(1) N. Austern and J.S. Blair, Annals of Physics 33 (1965) 15

(2) J. Specht, H. Rebel, G. Schatz, G.W. Schweimer, G. Hauser and R. Löhken, Nucl. Phys. A143 (1970) 373

(3) F.J.W. Hahne, Nucl. Phys. A104 (1967) 545

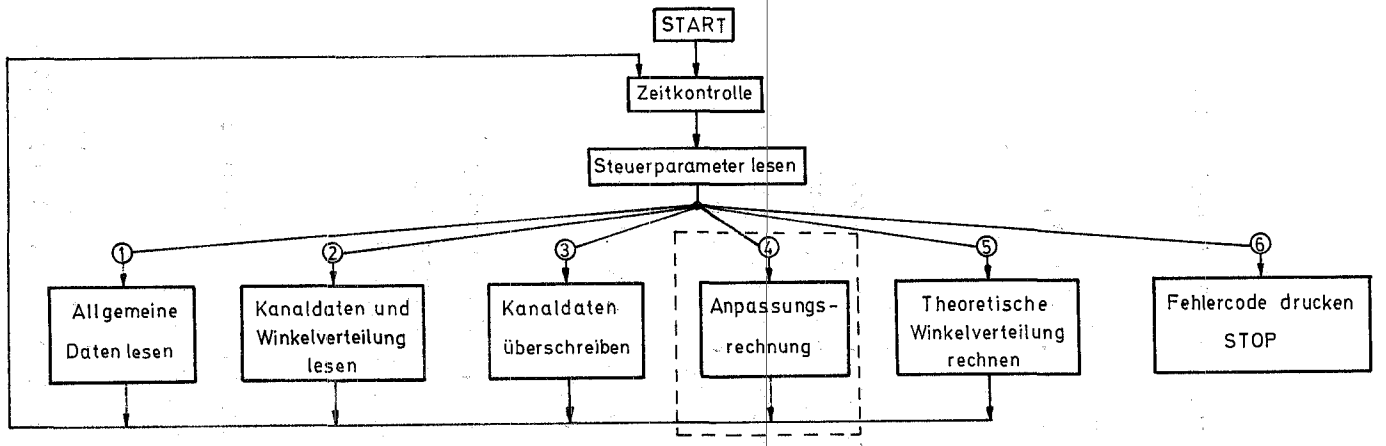
(4) G.W. Schweimer, "Subroutinen zur Minimalisierung von Chiquadrat-Funktionen an der Rechenanlage IBM 360/65"; 1969, und "Berechnung von Fehlern der angepaßten Parameter mit der Minimalisierungsroutine VA01A"; 1970, unveröffentlicht.

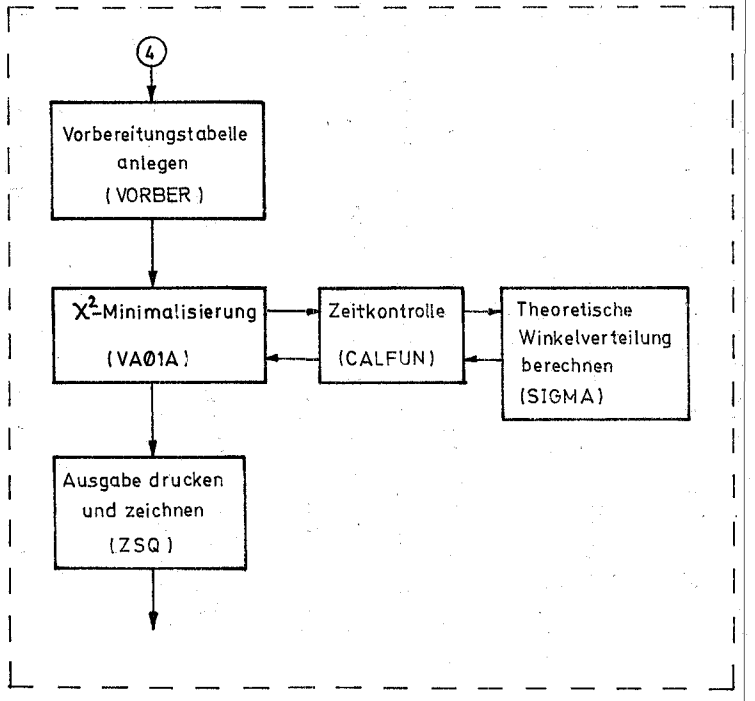
(5) H. Bachmann, "Beschreibung der Subroutine FREEFO (free-format input)"; 1970, unveröffentlicht.

(6) G.W. Schweimer, "Berechnung des Logarithmus der Gamma-Funktion für ein komplexes Argument und mit doppelter Genauigkeit an der Rechenanlage IBM 360/65"; 1968, unveröffentlicht.

(7) J. Specht, "Ein Unterprogramm zur Berechnung von Clebsch-Gordan-Koeffizienten"; 1969, unveröffentlicht.

(8) H. Rebel, G.W. Schweimer, J. Specht, G.Schatz, R. Löhken, G. Hauser and H. Klewe-Nebenius, Phys. Lett. 26 (1971) 1190





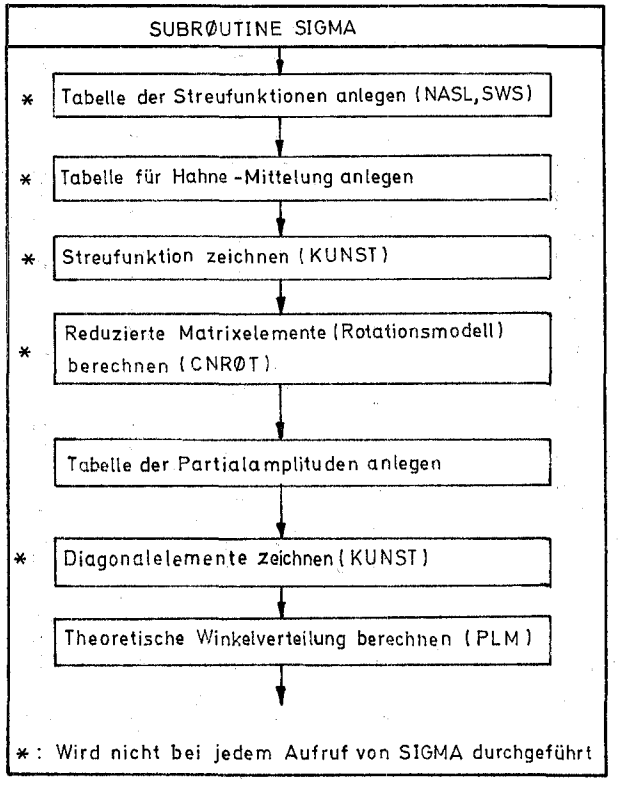


Fig. 1: Blockschema des ABC-Programms

ABC-PROGRAMM 400K-VERSION VOM 12.11.1970
==========

EINGABEPAKET

```
1
160 12 3 7.
30   28. 14. 236.536    104.   4. 2. 28.2961   .3
     -.54 1.26 .0 .0 .0 .0 21.81 1.45 .83 .23 .0
     .0 .0 -1.09 .0  .24 .0 .0 .0 .0 .0 .0
2
57 12 60 0
.0 .0 .0 .0 .0   .0 .0 .0 .0 .0   .0 5.
4.299      3.676E 04  1.669E 03    4.872  2.431E 04  1.349E 03
    5.445  1.801E 04  1.235E 03    6.017  1.157E 04  9.583E 02
    6.590  7.364E 03  8.046E 02    7.163  4.340E 03  7.140E 02
    7.736  1.923E 03  3.252E 02    8.309  8.869E 02  2.374E 02
    8.881  3.010E 02  7.170E 01    9.454  8.119E 01  1.953E 01
   10.026  1.590E 02  2.717E 01   10.598  3.543E 02  4.696E 01
   11.170  5.241E 02  3.896E 01   11.743  6.835E 02  2.537E 01
   12.315  7.089E 02  8.105E 00   12.886  7.022E 02  1.698E 01
   13.458  6.084E 02  3.395E 01   14.030  4.844E 02  3.193E 01
   14.601  3.410E 02  2.894E 01   15.173  2.167E 02  2.238E 01
   15.744  1.134E 02  1.282E 01   16.315  5.909E 01  8.034E 00
   16.886  2.073E 01  1.351E 00   17.456  1.645E 01  6.592E-01
   18.027  3.182E 01  2.675E 00   18.597  4.816E 01  3.051E 00
   19.168  7.114E 01  3.741E 00   19.738  8.443E 01  2.772E 00
   20.307  9.644E 01  1.889E 00   20.877  9.397E 01  1.490E 00
   21.446  8.581E 01  3.490E 00   22.016  7.084E 01  3.419E 00
   22.585  5.353E 01  3.364E 00   23.154  3.955E 01  2.716E 00
   23.722  2.746E 01  2.366E 00   24.291  2.038E 01  1.731E 00
   25.427  1.214E 01  4.947E-01   26.562  1.529E 01  6.567E-01
   27.696  1.824E 01  7.039E-01   28.829  1.997E 01  6.249E-01
   29.961  1.852E 01  6.834E-01   31.092  1.265E 01  6.958E-01
   32.221  8.428E 00  4.772E-01   33.350  6.461E 00  3.783E-01
   34.477  4.994E 00  2.986E-01   35.603  6.302E 00  3.754E-01
   36.728  6.307E 00  2.803E-01   37.851  6.864E 00  2.762E-01
   38.973  6.164E 00  3.081E-01   40.093  4.924E 00  2.529E-01
   41.212  4.007E 00  2.207E-01   42.329  3.605E 00  2.028E-01
   43.445  3.367E 00  1.962E-01   44.560  2.729E 00  1.741E-01
   46.784  2.841E 00  1.817E-01   49.001  2.406E 00  1.542E-01
   51.211  1.960E 00  1.412E-01
2
56 12 60 2
.0 .0 .0 .0 .0   .0 .0 .0 .0 .0   1.78 5.
4.878      6.876E 01  2.689E 01    5.451  9.983E 01  3.032E 01
    6.025  2.031E 02  2.065E 01    6.598  1.865E 02  2.144E 01
    7.172  2.046E 02  1.728E 01    7.745  1.732E 02  1.029E 01
    8.319  1.426E 02  7.957E 00    8.892  9.451E 01  5.669E 00
    9.465  9.378E 01  5.580E 00   10.038  7.193E 01  5.483E 00
   10.611  5.237E 01  5.317E 00   11.184  3.499E 01  3.650E 00
   11.757  1.975E 01  2.180E 00   12.330  1.163E 01  1.495E 00
   12.902  8.974E 00  6.860E-01   13.475  1.018E 01  9.696E-01
   14.047  1.121E 01  7.868E-01   14.619  1.823E 01  1.616E 00
   15.191  2.376E 01  1.560E 00   15.763  3.592E 01  1.668E 00
   16.335  3.665E 01  1.646E 00   16.906  3.879E 01  1.157E 00
   17.478  3.639E 01  9.811E-01   18.049  2.990E 01  1.703E 00
   18.620  2.243E 01  1.796E 00   19.191  1.212E 01  1.321E 00
   19.761  1.105E 01  1.122E 00   20.332  7.560E 00  7.691E-01
   20.902  6.488E 00  5.003E-01   21.472  6.732E 00  5.222E-01
   22.042  8.279E 00  6.722E-01   22.612  9.644E 00  8.949E-01
   23.181  1.334E 01  7.799E-01   23.751  1.406E 01  7.728E-01
   24.320  1.488E 01  9.050E-01   25.457  1.648E 01  7.105E-01
   26.593  1.227E 01  6.482E-01   27.729  9.093E 00  5.865E-01
   28.863  6.625E 00  4.419E-01   29.996  5.030E 00  4.116E-01
   31.128  5.839E 00  4.039E-01   32.259  7.310E 00  3.719E-01
   33.389  6.837E 00  3.515E-01   34.518  6.396E 00  3.437E-01
   35.645  5.348E 00  3.374E-01   36.771  4.628E 00  2.599E-01
   37.895  3.172E 00  2.026E-01   39.018  3.106E 00  1.872E-01
   40.140  2.774E 00  1.749E-01   41.260  2.880E 00  1.786E-01
   42.378  3.191E 00  1.832E-01   43.495  2.718E 00  1.732E-01
   44.611  2.511E 00  1.705E-01   46.837  2.184E 00  1.602E-01
   49.056  1.891E 00  1.359E-01   51.268  1.543E 00  1.261E-01
2
47 12 60 4
.0 .0 .0 .0 .0   .0 .0 .0 .0 .0   4.61 5.
10.058     1.416E 00  9.208E-01   10.633  2.193E 00  1.775E 00
   11.207  4.362E 00  1.117E 00   11.781  4.571E 00  8.133E-01
   12.354  5.378E 00  7.802E-01   12.928  4.966E 00  7.601E-01
   13.502  4.618E 00  7.863E-01   14.075  3.539E 00  6.254E-01
   14.648  3.518E 00  7.414E-01   15.221  2.348E 00  5.278E-01
   15.794  1.744E 00  5.068E-01   16.367  9.349E-01  3.752E-01
   16.940  6.144E-01  3.243E-01   17.513  1.244E 00  3.222E-01
   18.085  9.428E-01  2.911E-01   18.657  1.276E 00  2.936E-01
   19.229  1.616E 00  3.144E-01   19.801  1.485E 00  3.231E-01
   20.372  1.975E 00  3.854E-01   20.944  1.761E 00  3.910E-01
   21.515  1.913E 00  4.159E-01   22.086  2.139E 00  4.661E-01
   22.657  1.613E 00  4.419E-01   23.228  1.534E 00  3.823E-01
   23.798  9.562E-01  3.295E-01   24.368  6.997E-01  3.144E-01
   25.507  6.139E-01  2.563E-01   26.646  5.968E-01  2.328E-01
   27.784  7.275E-01  1.860E-01   28.920  1.245E 00  2.268E-01
   30.055  1.097E 00  2.086E-01   31.190  6.286E-01  2.387E-01
   32.322  5.308E-01  2.431E-01   33.454  3.103E-01  1.552E-01
   34.585  4.627E-01  1.657E-01   35.714  6.198E-01  1.583E-01
   36.842  6.593E-01  1.240E-01   37.968  7.996E-01  1.330E-01
   39.093  7.907E-01  1.254E-01   40.217  7.794E-01  1.266E-01
   41.339  6.759E-01  1.206E-01   42.459  3.836E-01  1.033E-01
   43.578  5.791E-01  1.157E-01   44.695  2.264E-01  1.136E-01
   46.925  4.129E-01  8.758E-02   49.148  3.384E-01  7.903E-02
   51.363  1.948E-01  6.363E-02
4
3 1 2 3 8 1000 -10
9 10 15 16 17 18 22 24
0 -2
0 -2
0 -2
5
1 0. 60.5 .5
5
2 0. 60.5 .5
5
3 0. 60.5 .5
6
```

NEUE RECHNUNG MIT M, N, K MAXIMAL = 160 12 3, RECHENZEIT MAXIMAL 7.0 MINUTEN

ALLGEMEINE DATEN

2.80000E 01	1.40000E 01	2.36536E 02	1.04000E 02	4.00000E 00	2.00000E 00	2.82961E 01	3.00000E-01	-5.40000E-01	1.26000E 00
0.0	0.0	0.0	0.0	2.18100E 01	1.45000E 00	8.30000E-01	2.30000E-01	0.0	0.0
0.0	-1.09000E 00	0.0	2.40000E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

DATEN ZUM KANAL 1

57	12	60	0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	5.00000E 00								

WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL 1

4.299	3.676E 04	1.669E 03	4.872	2.431E 04	1.349E 03	5.445	1.801E 04	1.235E 03
6.017	1.157E 04	9.583E 02	6.590	7.364E 03	8.046E 02	7.163	4.340E 03	7.140E 02
7.736	1.923E 03	3.252E 02	8.309	8.869E 02	2.374E 02	8.881	3.010E 02	7.170E 01
9.454	8.119E 01	1.953E 01	10.026	1.590E 02	2.717E 01	10.598	3.543E 02	4.696E 01
11.170	5.241E 02	3.896E 01	11.743	6.835E 02	2.537E 01	12.315	7.089E 02	8.105E 00
12.886	7.022E 02	1.698E 01	13.458	6.084E 02	3.395E 01	14.030	4.844E 02	3.193E 01
14.601	3.410E 02	2.894E 01	15.173	2.167E 02	2.238E 01	15.744	1.134E 02	1.282E 01
16.315	5.909E 01	8.034E 00	16.886	2.073E 01	1.351E 00	17.456	1.645E 01	6.592E-01
18.027	3.182E 01	2.675E 00	18.597	4.816E 01	3.051E 00	19.168	7.114E 01	3.741E 00
19.738	8.443E 01	2.772E 00	20.307	9.644E 01	1.889E 00	20.877	9.397E 01	1.490E 00
21.446	8.581E 01	3.490E 00	22.016	7.084E 01	3.419E 00	22.585	5.353E 01	3.364E 00
23.154	3.955E 01	2.716E 00	23.722	2.746E 01	2.366E 00	24.291	2.038E 01	1.731E 00
25.427	1.214E 01	4.947E-01	26.562	1.529E 01	6.567E-01	27.696	1.824E 01	7.039E-01
28.829	1.997E 01	6.249E-01	29.961	1.852E 01	6.834E-01	31.092	1.265E 01	6.958E-01
32.221	8.428E 00	4.772E-01	33.350	6.461E 00	3.783E-01	34.477	4.994E 00	2.986E-01
35.603	6.302E 00	3.754E-01	36.728	6.307E 00	2.803E-01	37.851	6.854E 00	2.762E-01
38.973	6.164E 00	3.081E-01	40.093	4.924E 00	2.529E-01	41.212	4.007E 00	2.207E-01
42.329	3.605E 00	2.028E-01	43.445	3.367E 00	1.962E-01	44.560	2.729E 00	1.741E-01
46.784	2.841E 00	1.817E-01	49.001	2.406E 00	1.542E-01	51.211	1.960E 00	1.412E-01

DATEN ZUM KANAL 2

56	12	60	2						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.78000E 00	5.00000E 00								

WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL 2

4.878	6.876E 01	2.689E 01	5.451	9.983E 01	3.032E 01	6.025	2.031E 02	2.065E 01
6.598	1.865E 02	2.144E 01	7.172	2.046E 02	1.728E 01	7.745	1.732E 02	1.029E 01
8.319	1.426E 02	7.957E 00	8.892	9.451E 01	5.669E 00	9.465	9.378E 01	5.580E 00
10.038	7.193E 01	5.483E 00	10.611	5.237E 01	5.317E 00	11.184	3.499E 01	3.650E 00
11.757	1.975E 01	2.180E 00	12.330	1.163E 01	1.495E 00	12.902	8.974E 00	5.863E-01
13.475	1.018E 01	9.696E-01	14.047	1.121E 01	7.868E-01	14.619	1.823E 01	1.616E 00
15.191	2.376E 01	1.560E 00	15.763	3.592E 01	1.668E 00	16.335	3.655E 01	1.646E 00
16.906	3.879E 01	1.157E 00	17.478	3.639E 01	9.811E-01	18.049	2.990E 01	1.703E 00
18.620	2.243E 01	1.796E 00	19.191	1.212E 01	1.321E 00	19.761	1.105E 01	1.122E 00
20.332	7.560E 00	7.691E-01	20.902	6.488E 00	5.003E-01	21.472	6.732E 00	5.222E-01
22.042	8.279E 00	6.722E-01	22.612	9.644E 00	8.949E-01	23.181	1.334E 01	7.799E-01
23.751	1.406E 01	7.728E-01	24.320	1.488E 01	9.050E-01	25.457	1.648E 01	7.105E-01
26.593	1.227E 01	6.482E-01	27.729	9.093E 00	5.865E-01	28.863	6.625E 00	4.419E-01
29.996	5.030E 00	4.116E-01	31.128	5.839E 00	4.039E-01	32.259	7.310E 00	3.719E-01
33.389	6.837E 00	3.515E-01	34.518	6.396E 00	3.437E-01	35.645	5.348E 00	3.374E-01
36.771	4.628E 00	2.599E-01	37.895	3.172E 00	2.026E-01	39.018	3.106E 00	1.872E-01
40.140	2.774E 00	1.749E-01	41.260	2.880E 00	1.786E-01	42.378	3.191E 00	1.832E-01
43.495	2.718E 00	1.732E-01	44.611	2.511E 00	1.705E-01	46.837	2.184E 00	1.602E-01
49.056	1.891E 00	1.359E-01	51.268	1.543E 00	1.261E-01			

DATEN ZUM KANAL 3

47	12	60	4						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.61000E 00	5.00000E 00								

WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL 3

10.058	1.416E 00	9.208E-01	10.633	2.193E 00	1.775E 00	11.207	4.362E 00	1.117E 00
11.781	4.571E 00	8.133E-01	12.354	5.378E 00	7.802E-01	12.928	4.966E 00	7.501E-01
13.502	4.618E 00	7.863E-01	14.075	3.539E 00	6.254E-01	14.648	3.518E 00	7.414E-01
15.221	2.348E 00	5.278E-01	15.794	1.744E 00	5.068E-01	16.367	9.349E-01	3.752E-01
16.940	6.144E-01	3.243E-01	17.513	1.244E 00	3.222E-01	18.085	9.428E-01	2.911E-01
18.657	1.276E 00	2.936E-01	19.229	1.616E 00	3.144E-01	19.801	1.485E 00	3.231E-01
20.372	1.975E 00	3.854E-01	20.944	1.761E 00	3.910E-01	21.515	1.913E 00	4.159E-01
22.086	2.139E 00	4.661E-01	22.657	1.613E 00	4.419E-01	23.228	1.534E 00	3.823E-01
23.798	9.562E-01	3.295E-01	24.368	6.997E-01	3.144E-01	25.507	6.139E-01	2.563E-01
26.646	5.968E-01	2.328E-01	27.784	7.275E-01	1.860E-01	28.920	1.245E 00	2.268E-01
30.055	1.097E 00	2.086E-01	31.190	6.286E-01	2.387E-01	32.322	5.308E-01	2.431E-01
33.454	3.103E-01	1.552E-01	34.585	4.627E-01	1.657E-01	35.714	6.198E-01	1.583E-01
36.842	6.593E-01	1.240E-01	37.968	7.995E-01	1.330E-01	39.093	7.907E-01	1.254E-01
40.217	7.794E-01	1.266E-01	41.339	6.759E-01	1.206E-01	42.459	3.836E-01	1.333E-01
43.578	5.791E-01	1.157E-01	44.695	2.264E-01	1.136E-01	46.925	4.129E-01	8.758E-02
49.148	3.384E-01	7.903E-02	51.363	1.948E-01	6.363E-02			

KOPPLUNG DER KANAELE 1 2 3

MA = 1000 IP = -10

ALLGEMEINE ZU VARIIERENDE PARAMETER : 9 10 15 16 17 18 22 24

ZU VARIIERENDE PARAMETER VOM KANAL 1 MIT KENNZIFFER -2 : KEINE

IK	LM	PM	TM	EA	EL	ZZ
0	60	3727.328	26052.824	0.0	104.000	28.000

ECM	KI	KF	ETAI	ETAF	SIGMAO
90.845	3.900648	3.900648	0.865608	0.865608	-0.307045

ZU VARIIERENDE PARAMETER VOM KANAL 2 MIT KENNZIFFER -2 : KEINE

IK	LM	PM	TM	EA	EL	ZZ
2	60	3727.328	26052.824	1.780	104.000	28.000

ECM	KI	KF	ETAI	ETAF	SIGMAO
90.845	3.900648	3.862261	0.865608	0.874219	-0.307045

ZU VARIIERENDE PARAMETER VOM KANAL 3 MIT KENNZIFFER -2 : KEINE

IK	LM	PM	TM	EA	EL	ZZ
4	60	3727.328	26052.824	4.610	104.000	28.000

ECM	KI	KF	ETAI	ETAF	SIGMAO
90.845	3.900648	3.800430	0.865608	0.888454	-0.307045

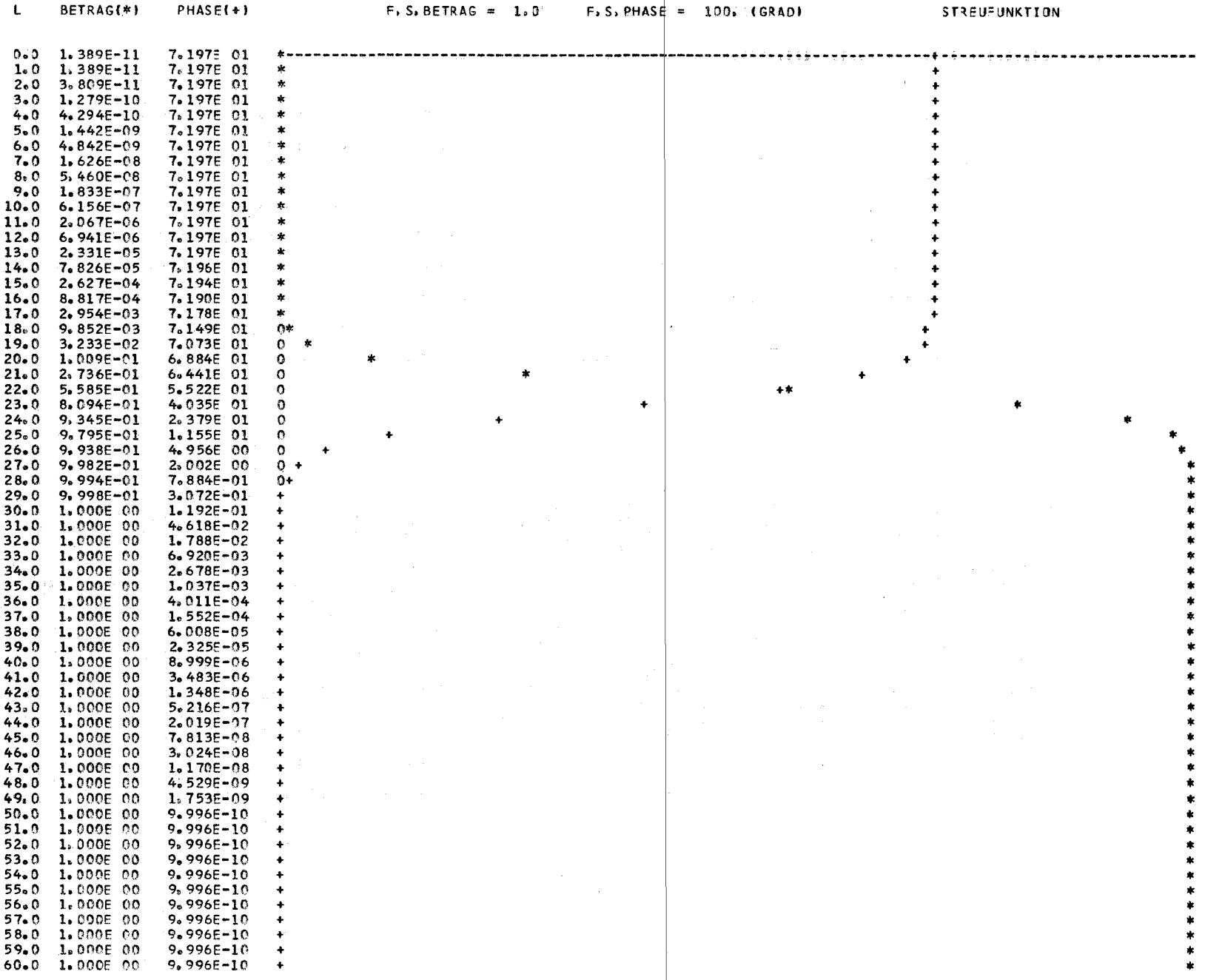
```
ITERATION    0         9 CALLS OF CALFUN      CHISQUARE = 1.28974D 03
VARIABLES
-5.40000E-01  1.26000E 00  2.18100E 01  1.45000E 00  8.30000E-01  2.30000E-01 -1.09000E 00  2.40000E-01
FUNCTIONS
 3.47167E-01 -1.21977E 00 -5.18181E-01 -1.41035E 00 -1.30869E 00 -9.79195E-01 -2.33205E 00 -1.29087E 00 -1.26789E 00  5.12033E-02
 2.98827E 00  2.62364E 00  2.54744E 00  3.92149E 00  4.86763E 00  1.72864E 00  6.03628E-02 -2.89528E-01 -7.31207E-01 -8.52620E-01
-1.49229E 00 -2.96443E-01 -2.42119E 00  1.67827E 00  1.82001E 00 -2.82985E-01 -4.14108E-01 -2.43856E 00 -2.30211E 00 -4.44425E 00
-1.75566E 00 -1.96302E 00 -2.14597E 00 -1.82557E 00 -1.52483E 00 -6.91618E-01 -4.86237E 00 -3.30442E 00 -4.72769E 00 -3.15216E 00
-5.53282E-02 -1.65537E 00 -2.78807E 00 -1.90320E 00 -3.01084E 00  2.29103E 00  3.23517E 00  5.46602E 00  3.96561E 00  3.52496E 00
 5.26692E 00  8.77873E 00  1.03999E 01  7.84287E 00  6.18724E 00  9.27204E 00  1.17791E 01  4.56383E-01  1.13468E 00  6.10004E 00
 4.55199E 00  6.16311E 00  6.86885E 00  5.24044E 00  2.49268E-01  2.45971E 00  1.51748E 00  1.17736E 00  1.37578E 00  1.15792E 00
 1.61823E 00  3.81647E 00  2.06055E 00 -2.88225E 00 -1.45805E 00 -2.55189E 00  1.51375E 00  1.04503E-01  1.94490E 00  2.68482E 00
 6.28791E-01 -1.90930E-01 -3.46356E 00 -4.75493E-01 -7.01253E-01 -1.15672E-01 -1.56288E-01 -2.98726E-01 -1.43012E 00 -1.53843E-01
-1.90132E 00 -2.00267E 00  8.70548E-01  3.69110E-01  1.97946E 00  2.07825E 00 -1.60346E 00 -2.35103E 00 -8.79809E-01 -1.94570E 00
-4.40175E-01  2.70669E-01  1.83390E 00 -1.50878E 00 -7.28135E-01 -3.36910E 00 -3.31500E 00 -1.65287E 00 -2.85529E 00 -7.21381E-01
 4.49703E 00  2.82067E 00 -1.90431E 00 -1.25690E 00 -2.29678E-01  1.55854E 00  2.37302E 00  3.50134E 00  3.09195E 00  2.55713E 00
 1.86648E 00  1.85289E 00  9.21763E-01  3.77727E-01 -8.54798E-01 -1.21993E 00  1.22895E 00  5.32865E-01  1.52481E 00  2.11442E 00
 1.12005E 00  1.74470E 00  7.95665E-01  9.14104E-01  1.29674E 00  3.56798E-01  5.82168E-01 -5.32152E-01 -7.92872E-01 -3.15315E-01
-3.65091E-01 -6.47633E-01  1.02658E 00  3.28209E-01 -1.07742E 00 -6.57781E-01 -1.64864E 00 -5.87809E-01 -4.10704E-02 -1.55532E-01
 1.04117E 00  1.67525E 00  2.31614E 00  2.08513E 00 -2.35266E-01  1.40990E 00 -1.69066E 00  5.95665E-01  6.57943E-01 -8.77137E-01

VA01A FINAL VALUES OF FUNCTIONS AND VARIABLES

ITERATION    3        17 CALLS OF CALFUN      CHISQUARE = 1.28906D 03
VARIABLES
-5.38653E-01  1.25457E 00  2.18160E 01  1.45403E 00  8.28011E-01  2.28437E-01 -1.08682E 00  2.40288E-01
FUNCTIONS
 3.29258E-01 -1.23365E 00 -5.27745E-01 -1.41809E 00 -1.31439E 00 -9.83057E-01 -2.33702E 00 -1.29487E 00 -1.27659E 00  2.37297E-02
 2.96601E 00  2.60762E 00  2.52397E 00  3.88064E 00  4.73419E 00  1.66769E 00  3.38273E-02 -3.11472E-01 -7.47371E-01 -8.53284E-01
-1.49597E 00 -2.86107E-01 -2.31666E 00  1.87577E 00  1.84409E 00 -2.94028E-01 -4.51405E-01 -2.52153E 00 -2.45488E 00 -4.65050E 00
-1.83777E 00 -2.03153E 00 -2.19449E 00 -1.85800E 00 -1.53427E 00 -6.77514E-01 -4.77054E 00 -3.31892E 00 -4.84365E 00 -3.34133E 00
-2.07179E-01 -1.73967E 00 -2.82186E 00 -1.89942E 00 -3.03693E 00  2.21147E 00  3.06592E 00  5.28418E 00  3.83985E 00  3.44025E 00
 5.22989E 00  8.75565E 00  1.03488E 01  7.73728E 00  6.06960E 00  9.22926E 00  1.17584E 01  4.69327E-01  1.14772E 00  6.12228E 00
 4.57648E 00  6.19655E 00  6.92769E 00  5.31594E 00  3.48532E-01  2.54861E 00  1.59223E 00  1.23683E 00  1.43803E 00  1.22815E 00
 1.68563E 00  3.92260E 00  2.13019E 00 -2.78053E 00 -1.39403E 00 -2.46829E 00  1.60634E 00  2.08302E-01  2.09816E 00  2.85197E 00
 7.23892E-01 -1.10439E-01 -3.36917E 00 -3.81783E-01 -5.87055E-01  3.21138E-02 -3.42388E-02 -2.14033E-01 -1.37097E 00 -9.83291E-02
-1.83552E 00 -1.94541E 00  9.49489E-01  4.63143E-01  2.08493E 00  2.20165E 00 -1.50889E 00 -2.29932E 00 -8.55576E-01 -1.92116E 00
-3.88695E-01  3.53730E-01  1.95305E 00 -1.39392E 00 -6.80099E-01 -3.08988E 00 -3.35923E 00 -1.66858E 00 -2.81773E 00 -6.44415E-01
 4.52703E 00  2.74411E 00 -1.93353E 00 -1.26018E 00 -2.26390E-01  1.56353E 00  2.37961E 00  3.50798E 00  3.09851E 00  2.66316E 00
 1.87364E 00  1.85862E 00  9.29619E-01  3.86155E-01 -8.42287E-01 -1.20318E 00  1.24892E 00  5.58909E-01  1.55445E 00  2.14500E 00
 1.15152E 00  1.77133E 00  8.20953E-01  9.35052E-01  1.31420E 00  3.72885E-01  5.98495E-01 -5.14873E-01 -7.75234E-01 -2.90483E-01
-3.31384E-01 -6.00680E-01  1.06344E 00  3.62049E-01 -1.05332E 00 -6.36494E-01 -1.61406E 00 -5.52733E-01 -3.61544E-03 -1.11111E-01
 1.07701E 00  1.70780E 00  2.34526E 00  2.11457E 00 -2.01562E-01  1.43848E 00 -1.66439E 00  6.21185E-01  6.80557E-01 -8.53795E-01

VA01A     1 CALLS OF CALFUN

ITERATION    0         9 CALLS OF CALFUN      CHISQUARE = 1.28906D 03
VARIABLES
-5.38653E-01  1.25457E 00  2.18160E 01  1.45403E 00  8.28011E-01  2.28437E-01 -1.08682E 00  2.40288E-01
FUNCTIONS
 3.29258E-01 -1.23365E 00 -5.27745E-01 -1.41809E 00 -1.31439E 00 -9.83057E-01 -2.33702E 00 -1.29487E 00 -1.27659E 00  2.37297E-02
 2.96601E 00  2.60762E 00  2.52397E 00  3.88064E 00  4.73419E 00  1.66769E 00  3.38273E-02 -3.11472E-01 -7.47371E-01 -8.53284E-01
-1.49597E 00 -2.86107E-01 -2.31666E 00  1.87577E 00  1.84409E 00 -2.94028E-01 -4.51405E-01 -2.52153E 00 -2.45488E 00 -4.65050E 00
-1.83777E 00 -2.03153E 00 -2.19449E 00 -1.85800E 00 -1.53427E 00 -6.77514E-01 -4.77054E 00 -3.31892E 00 -4.84365E 00 -3.34133E 00
-2.07179E-01 -1.73967E 00 -2.82186E 00 -1.89942E 00 -3.03693E 00  2.21147E 00  3.06592E 00  5.28418E 00  3.83985E 00  3.44025E 00
 5.22989E 00  8.75565E 00  1.03488E 01  7.73728E 00  6.06960E 00  9.22926E 00  1.17584E 01  4.69327E-01  1.14772E 00  6.12228E 00
 4.57648E 00  6.19655E 00  6.92769E 00  5.31594E 00  3.48532E-01  2.54861E 00  1.59223E 00  1.23683E 00  1.43803E 00  1.22815E 00
 1.68563E 00  3.92260E 00  2.13019E 00 -2.78053E 00 -1.39403E 00 -2.46829E 00  1.60634E 00  2.08302E-01  2.09816E 00  2.85197E 00
 7.23892E-01 -1.10439E-01 -3.36917E 00 -3.81783E-01 -5.87055E-01  3.21138E-02 -3.42388E-02 -2.14033E-01 -1.37097E 00 -9.83291E-02
-1.83552E 00 -1.94541E 00  9.49489E-01  4.63143E-01  2.08493E 00  2.20165E 00 -1.50889E 00 -2.29932E 00 -8.55576E-01 -1.92116E 00
-3.88695E-01  3.53730E-01  1.95305E 00 -1.39392E 00 -6.80099E-01 -3.08988E 00 -3.35923E 00 -1.66858E 00 -2.81773E 00 -6.44415E-01
 4.52703E 00  2.74411E 00 -1.93353E 00 -1.26018E 00 -2.26390E-01  1.56353E 00  2.37961E 00  3.50798E 00  3.09851E 00  2.66316E 00
 1.87364E 00  1.85862E 00  9.29619E-01  3.86155E-01 -8.42287E-01 -1.20318E 00  1.24892E 00  5.58909E-01  1.55445E 00  2.14500E 00
 1.15152E 00  1.77133E 00  8.20953E-01  9.35052E-01  1.31420E 00  3.72885E-01  5.98495E-01 -5.14873E-01 -7.75234E-01 -2.90483E-01
-3.31384E-01 -6.00680E-01  1.06344E 00  3.62049E-01 -1.05332E 00 -6.36494E-01 -1.61406E 00 -5.52733E-01 -3.61544E-03 -1.11111E-01
 1.07701E 00  1.70780E 00  2.34526E 00  2.11457E 00 -2.01562E-01  1.43848E 00 -1.66439E 00  6.21185E-01  6.80557E-01 -8.53795E-01
```

```
VA01A FINAL VALUES OF FUNCTIONS AND VARIABLES

ITERATION    2        15 CALLS OF CALFUN      CHISQUARE = 1.28859D 03
VARIABLES
-5.40776E-01  1.25616E 00  2.18059E 01  1.45054E 00  8.25550E-01  2.27856E-01 -1.08749E 00  2.36364E-01
FUNCTIONS
 3.54345E-01 -1.21193E 00 -5.14426E-01 -1.41188E 00 -1.31586E 00 -9.89972E-01 -2.35522E 00 -1.31595E 00 -1.31982E 00 -2.57798E-02
 2.99674E 00  2.65024E 00  2.58678E 00  3.95971E 00  4.93610E 00  1.71573E 00  3.42444E-02 -3.30404E-01 -7.80305E-01 -9.08943E-01
-1.56312E 00 -3.55391E-01 -2.46937E 00  2.03408E 00  1.96308E 00 -1.59675E-01 -3.48195E-01 -2.42173E 00 -2.38955E 00 -4.67206E 00
-1.88249E 00 -2.09863E 00 -2.26810E 00 -1.93874E 00 -1.50234E 00 -7.30677E-01 -4.74030E 00 -3.26364E 00 -4.84828E 00 -3.41458E 00
-2.92940E-01 -1.80852E 00 -2.89528E 00 -1.98018E 00 -3.13628E 00  2.14583E 00  3.00885E 00  5.24393E 00  3.79169E 00  3.34738E 00
 5.10152E 00  8.63740E 00  1.02816E 01  7.71476E 00  6.02758E 00  9.12696E 00  1.17217E 01  4.72367E-01  1.15164E 00  6.12929E 00
 4.58348E 00  6.20407E 00  6.93594E 00  5.31860E 00  3.39747E-01  2.52803E 00  1.56287E 00  1.20315E 00  1.39268E 00  1.17171E 00
 1.64520E 00  3.93621E 00  2.20499E 00 -2.63231E 00 -1.31130E 00 -2.39039E 00  1.65666E 00  2.26398E-01  2.07299E 00  2.77952E 00
 6.56030E-01 -1.81440E-01 -3.45708E 00 -4.58059E-01 -6.43630E-01  3.31203E-02  3.75845E-02 -1.23727E-01 -1.29639E 00 -2.63884E-02
-1.79336E 00 -1.94293E 00  8.75470E-01  3.55406E-01  2.00574E 00  2.18162E 00 -1.47559E 00 -2.27258E 00 -8.75329E-01 -1.98863E 00
-4.72667E-01  2.80904E-01  1.88521E 00 -1.45505E 00 -7.27508E-01 -3.12464E 00 -3.38677E 00 -1.70906E 00 -2.89538E 00 -7.57066E-01
 4.44462E 00  2.76500E 00 -1.98680E 00 -1.19705E 00 -1.92892E-01  1.61867E 00  2.45854E 00  3.59324E 00  3.18746E 00  2.74781E 00
 1.97399E 00  1.93420E 00  1.01829E 00  4.57105E-01 -7.76290E-01 -1.15821E 00  1.26950E 00  5.64851E-01  1.55498E 00  2.15017E 00
 1.16813E 00  1.79801E 00  8.59849E-01  9.81888E-01  1.35950E 00  4.20489E-01  6.48007E-01 -4.68538E-01 -7.41044E-01 -2.82028E-01
-3.41020E-01 -6.09402E-01  1.07050E 00  3.82160E-01 -1.03511E 00 -6.27084E-01 -1.61756E 00 -5.69106E-01 -2.59764E-02 -1.36599E-01
 1.06050E 00  1.69690E 00  2.33590E 00  2.09994E 00 -2.28535E-01  1.40671E 00 -1.69914E 00  5.90297E-01  6.55585E-01 -8.98835E-01

VA01A     1 CALLS OF CALFUN
```

START PUNKT	ENDPUNKT	FEHLER(ABS.)	FEHLER(REL.)	KORR.VERGR.	SUCHGENAU
-5.4000E-01	-5.4078E-01	8.3E-02	15.3	1.9	8.3E-03
1.2600E 00	1.2562E 00	1.3E-01	10.0	8.1	1.3E-02
2.1810E 01	2.1806E 01	6.5E-02	0.3	1.4	7.0E-03
1.4500E 00	1.4505E 00	2.4E-01	16.8	6.6	2.5E-02
8.3000E-01	8.2555E-01	2.8E-02	3.4	1.8	2.9E-03
2.3000E-01	2.2786E-01	1.0E-01	45.6	3.2	1.1E-02
-1.0900E 00	-1.0875E 00	1.5E-02	1.4	1.1	1.5E-03
2.4000E-01	2.3636E-01	3.4E-02	14.3	1.1	3.3E-03

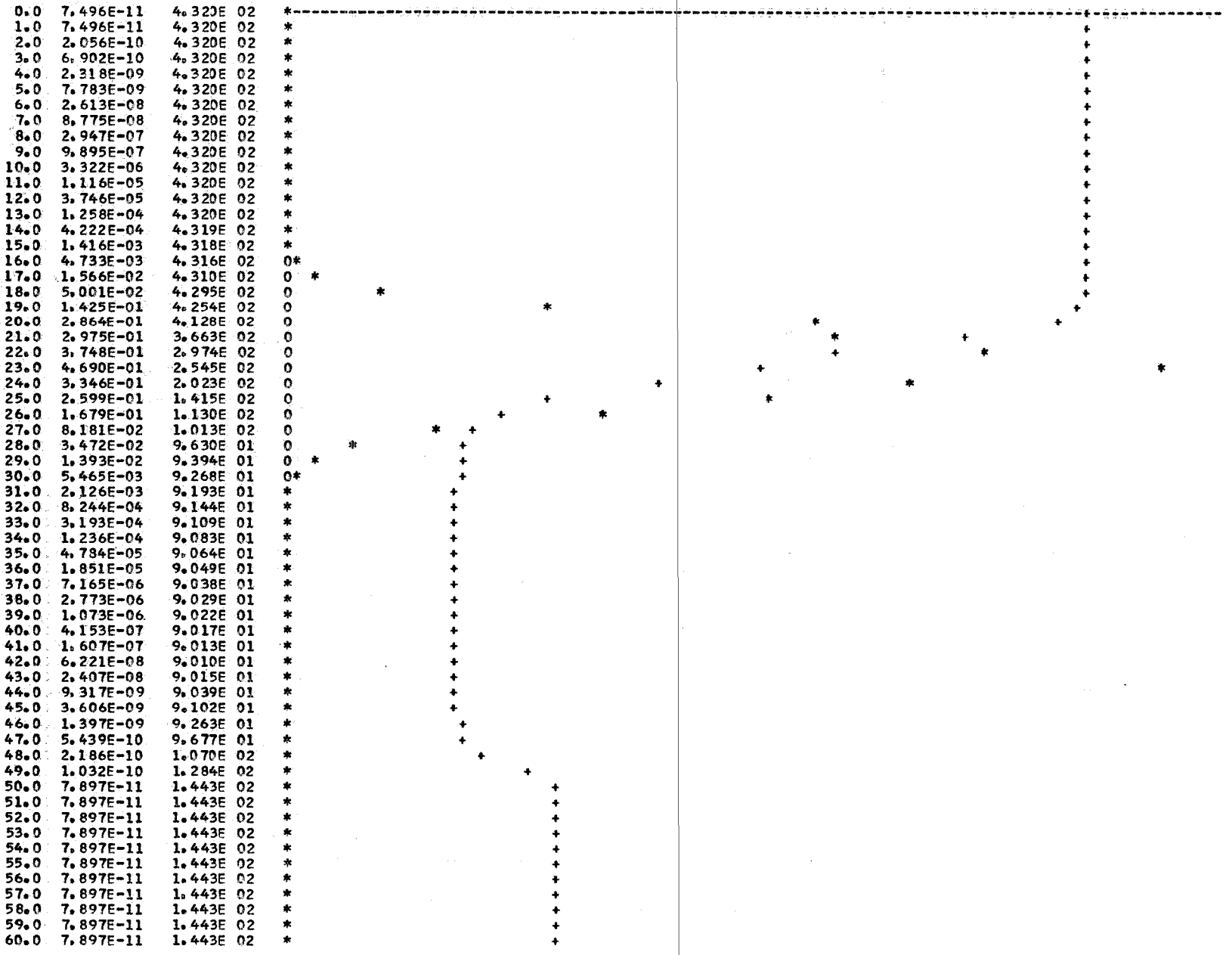
F.S.BETRAG = 1.0 F.S.PHASE = 100. (GRAD) STREUFUNKTION

L	BETRAG(*)	PHASE(+)
0.0	1.389E-11	7.197E 01
1.0	1.389E-11	7.197E 01
2.0	3.809E-11	7.197E 01
3.0	1.279E-10	7.197E 01
4.0	4.294E-10	7.197E 01
5.0	1.442E-09	7.197E 01
6.0	4.842E-09	7.197E 01
7.0	1.626E-08	7.197E 01
8.0	5.460E-08	7.197E 01
9.0	1.833E-07	7.197E 01
10.0	6.156E-07	7.197E 01
11.0	2.067E-06	7.197E 01
12.0	6.941E-06	7.197E 01
13.0	2.331E-05	7.197E 01
14.0	7.826E-05	7.196E 01
15.0	2.627E-04	7.194E 01
16.0	8.817E-04	7.190E 01
17.0	2.954E-03	7.178E 01
18.0	9.852E-03	7.149E 01
19.0	3.233E-02	7.073E 01
20.0	1.009E-01	6.884E 01
21.0	2.736E-01	6.441E 01
22.0	5.585E-01	5.522E 01
23.0	8.094E-01	4.035E 01
24.0	9.345E-01	2.379E 01
25.0	9.795E-01	1.155E 01
26.0	9.938E-01	4.956E 00
27.0	9.982E-01	2.002E 00
28.0	9.994E-01	7.884E-01
29.0	9.998E-01	3.072E-01
30.0	1.000E 00	1.192E-01
31.0	1.000E 00	4.618E-02
32.0	1.000E 00	1.788E-02
33.0	1.000E 00	6.920E-03
34.0	1.000E 00	2.678E-03
35.0	1.000E 00	1.037E-03
36.0	1.000E 00	4.011E-04
37.0	1.000E 00	1.552E-04
38.0	1.000E 00	6.008E-05
39.0	1.000E 00	2.325E-05
40.0	1.000E 00	8.999E-06
41.0	1.000E 00	3.483E-06
42.0	1.000E 00	1.348E-06
43.0	1.000E 00	5.216E-07
44.0	1.000E 00	2.019E-07
45.0	1.000E 00	7.813E-08
46.0	1.000E 00	3.024E-08
47.0	1.000E 00	1.170E-08
48.0	1.000E 00	4.529E-09
49.0	1.000E 00	1.753E-09
50.0	1.000E 00	9.996E-10
51.0	1.000E 00	9.996E-10
52.0	1.000E 00	9.996E-10
53.0	1.000E 00	9.996E-10
54.0	1.000E 00	9.996E-10
55.0	1.000E 00	9.996E-10
56.0	1.000E 00	9.996E-10
57.0	1.000E 00	9.996E-10
58.0	1.000E 00	9.996E-10
59.0	1.000E 00	9.996E-10
60.0	1.000E 00	9.996E-10



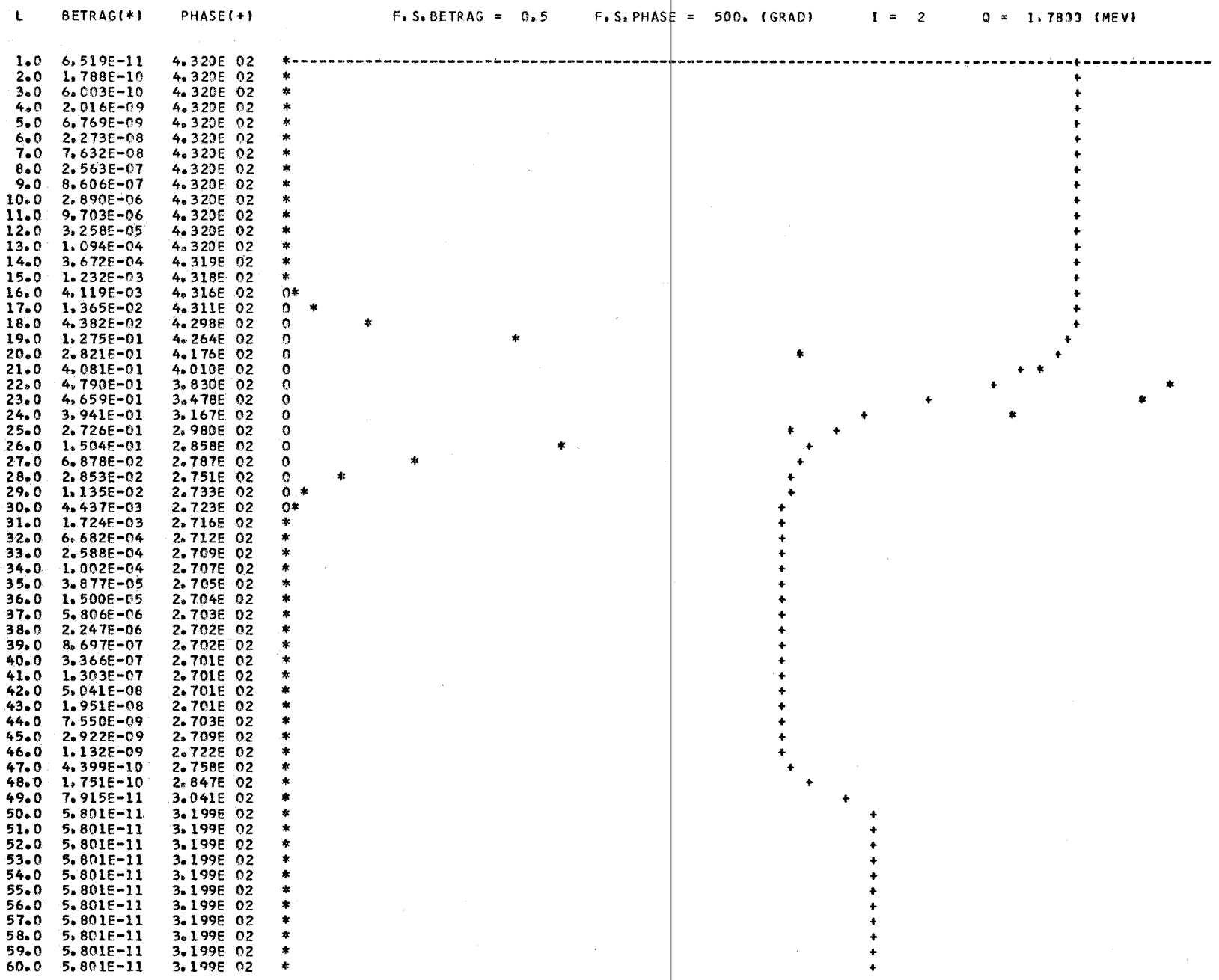
F.S.BETRAG = 0.5 F.S.PHASE = 500. (GRAD) I = 0 Q = 0.0 (MEV)

L	BETRAG(*)	PHASE(+)
0.0	7.496E-11	4.320E 02
1.0	7.496E-11	4.320E 02
2.0	2.056E-10	4.320E 02
3.0	6.902E-10	4.320E 02
4.0	2.318E-09	4.320E 02
5.0	7.783E-09	4.320E 02
6.0	2.613E-08	4.320E 02
7.0	8.775E-08	4.320E 02
8.0	2.947E-07	4.320E 02
9.0	9.895E-07	4.320E 02
10.0	3.322E-06	4.320E 02
11.0	1.116E-05	4.320E 02
12.0	3.746E-05	4.320E 02
13.0	1.258E-04	4.320E 02
14.0	4.222E-04	4.319E 02
15.0	1.416E-03	4.318E 02
16.0	4.733E-03	4.316E 02
17.0	1.566E-02	4.310E 02
18.0	5.001E-02	4.295E 02
19.0	1.425E-01	4.254E 02
20.0	2.864E-01	4.128E 02
21.0	2.975E-01	3.663E 02
22.0	3.748E-01	2.974E 02
23.0	4.690E-01	2.545E 02
24.0	3.346E-01	2.023E 02
25.0	2.599E-01	1.415E 02
26.0	1.679E-01	1.130E 02
27.0	8.181E-02	1.013E 02
28.0	3.472E-02	9.630E 01
29.0	1.393E-02	9.394E 01
30.0	5.465E-03	9.268E 01
31.0	2.126E-03	9.193E 01
32.0	8.244E-04	9.144E 01
33.0	3.193E-04	9.109E 01
34.0	1.236E-04	9.083E 01
35.0	4.784E-05	9.064E 01
36.0	1.851E-05	9.049E 01
37.0	7.165E-06	9.038E 01
38.0	2.773E-06	9.029E 01
39.0	1.073E-06	9.022E 01
40.0	4.153E-07	9.017E 01
41.0	1.607E-07	9.013E 01
42.0	6.221E-08	9.010E 01
43.0	2.407E-08	9.015E 01
44.0	9.317E-09	9.039E 01
45.0	3.606E-09	9.102E 01
46.0	1.397E-09	9.263E 01
47.0	5.439E-10	9.677E 01
48.0	2.186E-10	1.070E 02
49.0	1.032E-10	1.284E 02
50.0	7.897E-11	1.443E 02
51.0	7.897E-11	1.443E 02
52.0	7.897E-11	1.443E 02
53.0	7.897E-11	1.443E 02
54.0	7.897E-11	1.443E 02
55.0	7.897E-11	1.443E 02
56.0	7.897E-11	1.443E 02
57.0	7.897E-11	1.443E 02
58.0	7.897E-11	1.443E 02
59.0	7.897E-11	1.443E 02
60.0	7.897E-11	1.443E 02



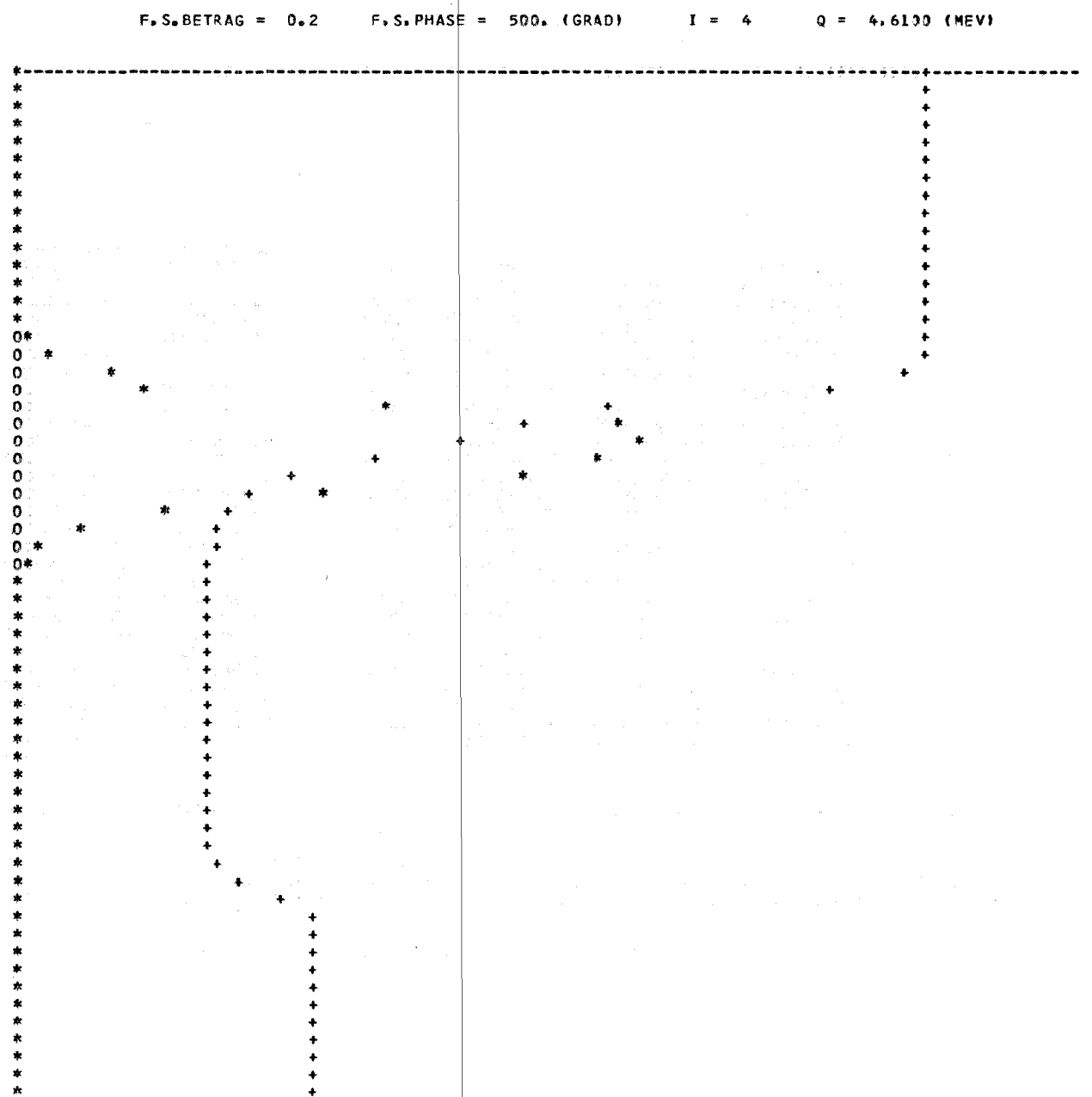
F.S.BETRAG = 0.5 F.S.PHASE = 500. (GRAD) I = 2 Q = 1.7800 (MEV)

L	BETRAG(*)	PHASE(+)
1.0	6.519E-11	4.320E 02
2.0	1.788E-10	4.320E 02
3.0	6.003E-10	4.320E 02
4.0	2.016E-09	4.320E 02
5.0	6.769E-09	4.320E 02
6.0	2.273E-08	4.320E 02
7.0	7.632E-08	4.320E 02
8.0	2.563E-07	4.320E 02
9.0	8.606E-07	4.320E 02
10.0	2.890E-06	4.320E 02
11.0	9.703E-06	4.320E 02
12.0	3.258E-05	4.320E 02
13.0	1.094E-04	4.320E 02
14.0	3.672E-04	4.319E 02
15.0	1.232E-03	4.318E 02
16.0	4.119E-03	4.316E 02
17.0	1.365E-02	4.311E 02
18.0	4.382E-02	4.298E 02
19.0	1.275E-01	4.264E 02
20.0	2.821E-01	4.176E 02
21.0	4.081E-01	4.010E 02
22.0	4.790E-01	3.830E 02
23.0	4.659E-01	3.478E 02
24.0	3.941E-01	3.167E 02
25.0	2.726E-01	2.980E 02
26.0	1.504E-01	2.858E 02
27.0	6.878E-02	2.787E 02
28.0	2.853E-02	2.751E 02
29.0	1.135E-02	2.733E 02
30.0	4.437E-03	2.723E 02
31.0	1.724E-03	2.716E 02
32.0	6.682E-04	2.712E 02
33.0	2.588E-04	2.709E 02
34.0	1.002E-04	2.707E 02
35.0	3.877E-05	2.705E 02
36.0	1.500E-05	2.704E 02
37.0	5.806E-06	2.703E 02
38.0	2.247E-06	2.702E 02
39.0	8.697E-07	2.702E 02
40.0	3.366E-07	2.701E 02
41.0	1.303E-07	2.701E 02
42.0	5.041E-08	2.701E 02
43.0	1.951E-08	2.701E 02
44.0	7.550E-09	2.703E 02
45.0	2.922E-09	2.709E 02
46.0	1.132E-09	2.722E 02
47.0	4.399E-10	2.758E 02
48.0	1.751E-10	2.847E 02
49.0	7.915E-11	3.041E 02
50.0	5.801E-11	3.199E 02
51.0	5.801E-11	3.199E 02
52.0	5.801E-11	3.199E 02
53.0	5.801E-11	3.199E 02
54.0	5.801E-11	3.199E 02
55.0	5.801E-11	3.199E 02
56.0	5.801E-11	3.199E 02
57.0	5.801E-11	3.199E 02
58.0	5.801E-11	3.199E 02
59.0	5.801E-11	3.199E 02
60.0	5.801E-11	3.199E 02



F.S.BETRAG = 0.2 F.S.PHASE = 500. (GRAD) I = 4 Q = 4.6100 (MEV)

L	BETRAG(*)	PHASE(+)
2.0	2.994E-11	4.320E 02
3.0	1.005E-10	4.320E 02
4.0	3.376E-10	4.320E 02
5.0	1.134E-09	4.320E 02
6.0	3.807E-09	4.320E 02
7.0	1.278E-08	4.320E 02
8.0	4.292E-08	4.320E 02
9.0	1.441E-07	4.320E 02
10.0	4.839E-07	4.320E 02
11.0	1.625E-06	4.320E 02
12.0	5.456E-06	4.320E 02
13.0	1.832E-05	4.319E 02
14.0	6.147E-05	4.319E 02
15.0	2.060E-04	4.318E 02
16.0	6.868E-04	4.314E 02
17.0	2.252E-03	4.305E 02
18.0	6.982E-03	4.282E 02
19.0	1.785E-02	4.210E 02
20.0	2.403E-02	3.846E 02
21.0	6.993E-02	2.796E 02
22.0	1.130E-01	2.407E 02
23.0	1.190E-01	2.112E 02
24.0	1.099E-01	1.698E 02
25.0	9.617E-02	1.302E 02
26.0	5.851E-02	1.094E 02
27.0	2.758E-02	9.995E 01
28.0	1.155E-02	9.567E 01
29.0	4.612E-03	9.360E 01
30.0	1.806E-03	9.247E 01
31.0	7.020E-04	9.179E 01
32.0	2.721E-04	9.134E 01
33.0	1.054E-04	9.101E 01
34.0	4.079E-05	9.077E 01
35.0	1.579E-05	9.059E 01
36.0	6.110E-06	9.045E 01
37.0	2.365E-06	9.035E 01
38.0	9.152E-07	9.027E 01
39.0	3.542E-07	9.021E 01
40.0	1.371E-07	9.016E 01
41.0	5.305E-08	9.012E 01
42.0	2.053E-08	9.009E 01
43.0	7.946E-09	9.014E 01
44.0	3.075E-09	9.037E 01
45.0	1.190E-09	9.095E 01
46.0	4.610E-10	9.245E 01
47.0	1.793E-10	9.631E 01
48.0	7.174E-11	1.059E 02
49.0	3.318E-11	1.264E 02
50.0	2.490E-11	1.423E 02
51.0	2.490E-11	1.423E 02
52.0	2.490E-11	1.423E 02
53.0	2.490E-11	1.423E 02
54.0	2.490E-11	1.423E 02
55.0	2.490E-11	1.423E 02
56.0	2.490E-11	1.423E 02
57.0	2.490E-11	1.423E 02
58.0	2.490E-11	1.423E 02
59.0	2.490E-11	1.423E 02
60.0	2.490E-11	1.423E 02



ERGEBNISSE DER ANPASSUNG FUER DEN KANAL 1 MIT KENNZIFFER -2 UND CHIQUADRAT = 8.36465E 02

ALLGEMEINE PARAMETER

2.80000E 01	1.40000E 01	2.36536E 02	1.04000E 02	4.00000E 00	2.00000E 00	2.82961E 01	3.00000E-01	-5.40776E-01	1.25616E 00
0.0	0.0	0.0	0.0	2.18059E 01	1.45054E 00	8.25550E-01	2.27856E-01	0.0	0.0
0.0	-1.08749E 00	0.0	2.36364E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

KANAL PARAMETER 57 12 60 0 0 -2

0.0	3.49373E-01	-1.60992E-02	5.32677E-02	-5.51252E-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	5.00000E 00								

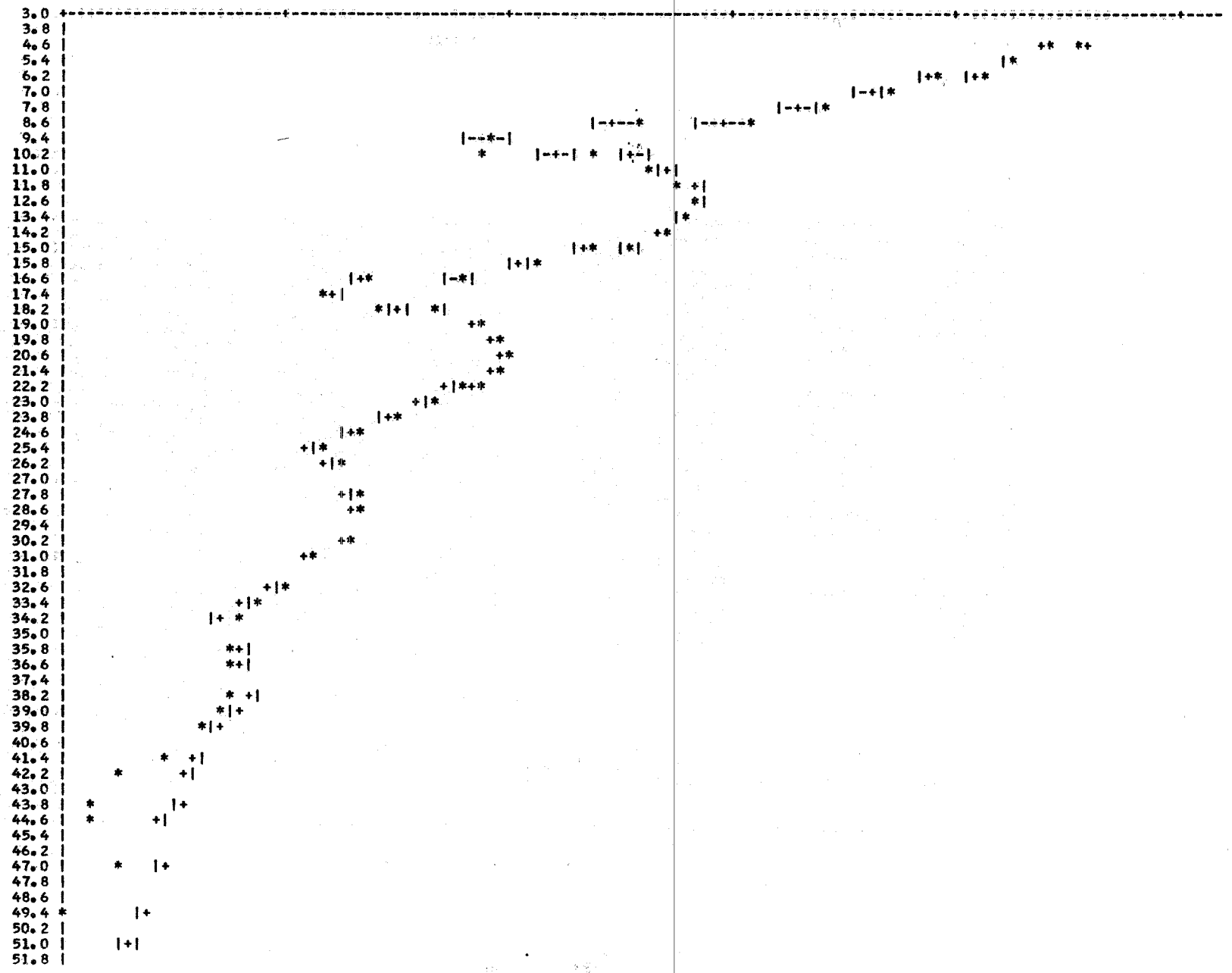
GEMESSENE UND BERECHNETE WIRKUNGSQUERSCHNITTE

4.30	3.67600E 04	3.61686E 04	1.66900E 03	4.87	2.43100E 04	2.59449E 04	1.34900E 03
5.44	1.80100E 04	1.86453E 04	1.23500E 03	6.02	1.15700E 04	1.29230E 04	9.58300E 02
6.59	7.36400E 03	8.42273E 03	8.04600E 02	7.16	4.34000E 03	5.04684E 03	7.14000E 02
7.74	1.92300E 03	2.68892E 03	3.25200E 02	8.31	8.86900E 02	1.19931E 03	2.37400E 02
8.88	3.01000E 02	3.95631E 02	7.17000E 01	9.45	8.11900E 01	8.16934E 01	1.95300E 01
10.03	1.59000E 02	7.75785E 01	2.71700E 01	10.60	3.54300E 02	2.29845E 02	4.69600E 01
11.17	5.24100E 02	4.23319E 02	3.89600E 01	11.74	6.83500E 02	5.82788E 02	2.53700E 01
12.31	7.08900E 02	6.68893E 02	8.10500E 00	12.89	7.02200E 02	6.73067E 02	1.69800E 01
13.46	5.08400E 02	6.07237E 02	3.39500E 01	14.03	4.84400E 02	4.94949E 02	3.19300E 01
14.60	3.41000E 02	3.63582E 02	2.89400E 01	15.17	2.16700E 02	2.37042E 02	2.23800E 01
15.74	1.13400E 02	1.33439E 02	1.28200E 01	16.31	5.90900E 01	6.19452E 01	8.03400E 00
16.89	2.07300E 01	2.40661E 01	1.35100E 00	17.46	1.64500E 01	1.51091E 01	6.59200E-01
18.03	3.18200E 01	2.65688E 01	2.67500E 00	18.60	4.81600E 01	4.86471E 01	3.05100E 00
19.17	7.11400E 01	7.24426E 01	3.74100E 00	19.74	8.44300E 01	9.11430E 01	2.77200E 00
20.31	9.64400E 01	1.00954E 02	1.88900E 00	20.88	9.39700E 01	1.00931E 02	1.49000E 00
21.45	8.58100E 01	9.23798E 01	3.49000E 00	22.02	7.08400E 01	7.80152E 01	3.41900E 00
22.58	5.35300E 01	6.11599E 01	3.36400E 00	23.15	3.95500E 01	4.48156E 01	2.71600E 00
23.72	2.74600E 01	3.12511E 01	2.36600E 00	24.29	2.03800E 01	2.16448E 01	1.73100E 00
25.43	1.21400E 01	1.44850E 01	4.94700E-01	26.56	1.52900E 01	1.74332E 01	6.56700E-01
27.70	1.82400E 01	2.16527E 01	7.03900E-01	28.83	1.99700E 01	2.21037E 01	6.24900E-01
29.96	1.85200E 01	1.87202E 01	6.83400E-01	31.09	1.26500E 01	1.39084E 01	6.95800E-01
32.22	8.42800E 00	9.80963E 00	4.77200E-01	33.35	6.46100E 00	7.21010E 00	3.78300E-01
34.48	4.99400E 00	5.93049E 00	2.98600E-01	35.60	6.30200E 00	5.49646E 00	3.75400E-01
36.73	6.30700E 00	5.46362E 00	2.80300E-01	37.85	6.86400E 00	5.41563E 00	2.76200E-01
38.97	6.16400E 00	4.99578E 00	3.08100E-01	40.09	4.92400E 00	4.07745E 00	2.52900E-01
41.21	4.00700E 00	2.88109E 00	2.20700E-01	42.33	3.60500E 00	1.85334E 00	2.02800E-01
43.44	3.36700E 00	1.34975E 00	1.96200E-01	44.56	2.72900E 00	1.38586E 00	1.74100E-01
46.78	2.84100E 00	1.74579E 00	1.81700E-01	49.00	2.40600E 00	9.98624E-01	1.54200E-01
51.21	1.96000E 00	3.04895E-01	1.41200E-01				

A = 28 Z = 14 Q = 0.0 (MEV) I = 0

THETA (GRAD)

SIGMA (MB/SR)
POTENZBEREICH : 0 BIS 5



ERGEBNISSE DER ANPASSUNG FUER DEN KANAL 2 MIT KENNZIFFER -2 UND CHIQUADRAT = 3.55389E 02

ALLGEMEINE PARAMETER

2.80000E 01	1.40000E 01	2.36536E 02	1.04000E 02	4.00000E 00	2.00000E 00	2.82961E 01	3.00000E-01	-5.40776E-01	1.25616E 00
0.0	0.0	0.0	0.0	2.18059E 01	1.45054E 00	8.25550E-01	2.27856E-01	0.0	0.0
0.0	-1.08749E 00	0.0	2.36364E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

KANAL PARAMETER 56 12 60 2 0 -2

-4.86339E-01	4.38212E-02	-7.79039E-02	1.25741E-02	-1.40817E-02	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.78000E 00	5.00000E 00								

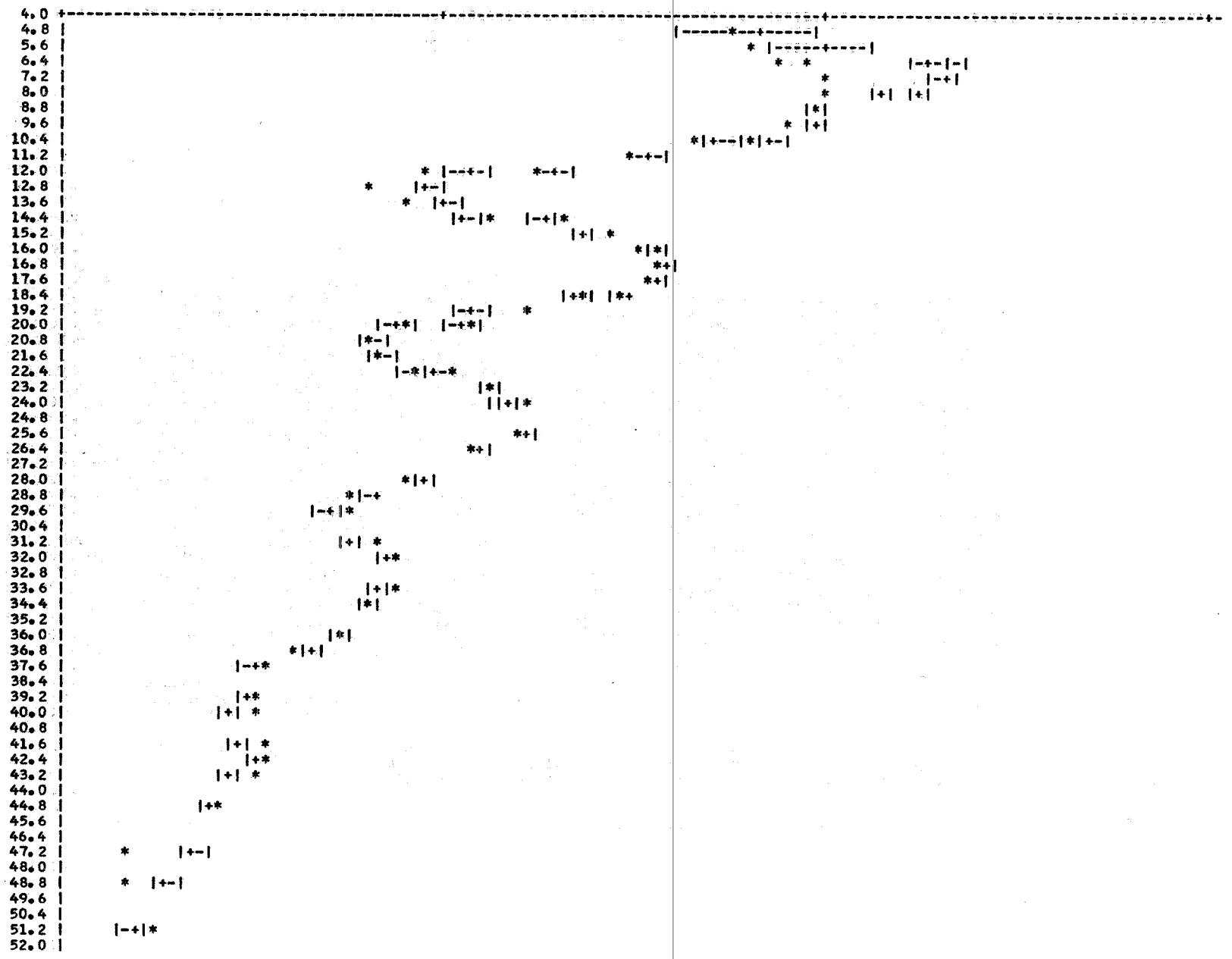
GEMESSENE UND BERECHNETE WIRKUNGSQUERSCHNITTE

4.88	6.87600E 01	5.60580E 01	2.68900E 01	5.45	9.98300E 01	6.49123E 01	3.03200E 01
6.02	2.03100E 02	7.65301E 01	2.06500E 01	6.60	1.86500E 02	8.82301E 01	2.14400E 01
7.17	2.04600E 02	9.73936E 01	1.72800E 01	7.74	1.73200E 02	1.01829E 02	1.02900E 01
8.32	1.42600E 02	1.00280E 02	7.95700E 00	8.89	9.45100E 01	9.25840E 01	5.66900E 00
9.46	9.37800E 01	7.96735E 01	5.58000E 00	10.04	7.19300E 01	6.33607E 01	5.48300E 00
10.61	5.23700E 01	4.59728E 01	5.31700E 00	11.18	3.49900E 01	2.99067E 01	3.65000E 00
11.76	1.97500E 01	1.71957E 01	2.18000E 00	12.33	1.16300E 01	9.17043E 00	1.49500E 00
12.90	8.97400E 00	6.27376E 00	6.86000E-01	13.47	1.01800E 01	8.04204E 00	9.69600E-01
14.05	1.12100E 01	1.32811E 01	7.86800E-01	14.62	1.82300E 01	2.03490E 01	1.61600E 00
15.19	2.37600E 01	2.74890E 01	1.56000E 00	15.76	3.59200E 01	3.31567E 01	1.66800E 00
16.33	3.66500E 01	3.62773E 01	1.64600E 00	16.91	3.87900E 01	3.63915E 01	1.15700E 00
17.48	3.63900E 01	3.36630E 01	9.81100E-01	18.05	2.99000E 01	2.87828E 01	1.70300E 00
18.62	2.24300E 01	2.27558E 01	1.79600E 00	19.19	1.21200E 01	1.65868E 01	1.32100E 00
19.76	1.10500E 01	1.15639E 01	1.12200E 00	20.33	7.56000E 00	8.05501E 00	7.69100E-01
20.90	6.48800E 00	6.47143E 00	5.00300E-01	21.47	6.73200E 00	6.71237E 00	5.22200E-01
22.04	8.27900E 00	8.36217E 00	6.72200E-01	22.61	9.64400E 00	1.08041E 01	8.94900E-01
23.18	1.33400E 01	1.33606E 01	7.79900E-01	23.75	1.40600E 01	1.54459E 01	7.72800E-01
24.32	1.48800E 01	1.66383E 01	9.05000E-01	25.46	1.64800E 01	1.58580E 01	7.10500E-01
26.59	1.22700E 01	1.20396E 01	6.48200E-01	27.73	9.09300E 00	7.91664E 00	5.86500E-01
28.86	6.62500E 00	5.66094E 00	4.41900E-01	30.00	5.03000E 00	5.63735E 00	4.11600E-01
31.13	5.83900E 00	6.75689E 00	4.03900E-01	32.26	7.31000E 00	7.63553E 00	3.71900E-01
33.39	6.83700E 00	7.53600E 00	3.51500E-01	34.52	6.39600E 00	6.55845E 00	3.43700E-01
35.64	5.34800E 00	5.25322E 00	3.37400E-01	36.77	4.62800E 00	4.13803E 00	2.59900E-01
37.89	3.17200E 00	3.46679E 00	2.02600E-01	39.02	3.10600E 00	3.24219E 00	1.87200E-01
40.14	2.77400E 00	3.32050E 00	1.74900E-01	41.26	2.88000E 00	3.48488E 00	1.78600E-01
42.38	3.19100E 00	3.50410E 00	1.83200E-01	43.49	2.71800E 00	3.21948E 00	1.73200E-01
44.61	2.51100E 00	2.64008E 00	1.70500E-01	46.84	2.18400E 00	1.47197E 00	1.60200E-01
49.06	1.89100E 00	1.51524E 00	1.35900E-01	51.27	1.54300E 00	1.79353E 00	1.26100E-01

A = 28 Z = 14 Q = 1.780 (MEV) I = 2

THETA (GRAD)

SIGMA (MB/SR)
POTENZBEREICH : 0 BIS 3



ERGEBNISSE DER ANPASSUNG FUER DEN KANAL 3 MIT KENNZIFFER -2 UND CHIQUADRAT = 9.67282E 01

ALLGEMEINE PARAMETER

2.80000E 01	1.40000E 01	2.36536E 02	1.04000E 02	4.00000E 00	2.00000E 00	2.82961E 01	3.00000E-01	-5.40776E-01	1.25616E 00
0.0	0.0	0.0	0.0	2.18059E 01	1.45054E 00	8.25550E-01	2.27856E-01	0.0	0.0
0.0	-1.08749E 00	0.0	2.36364E-01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

KANAL PARAMETER 47 12 60 4 0 -2

7.87882E-02	6.97927E-02	-8.59260E-04	1.55622E-02	-2.09339E-03	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4.61000E 00	5.00000E 00								

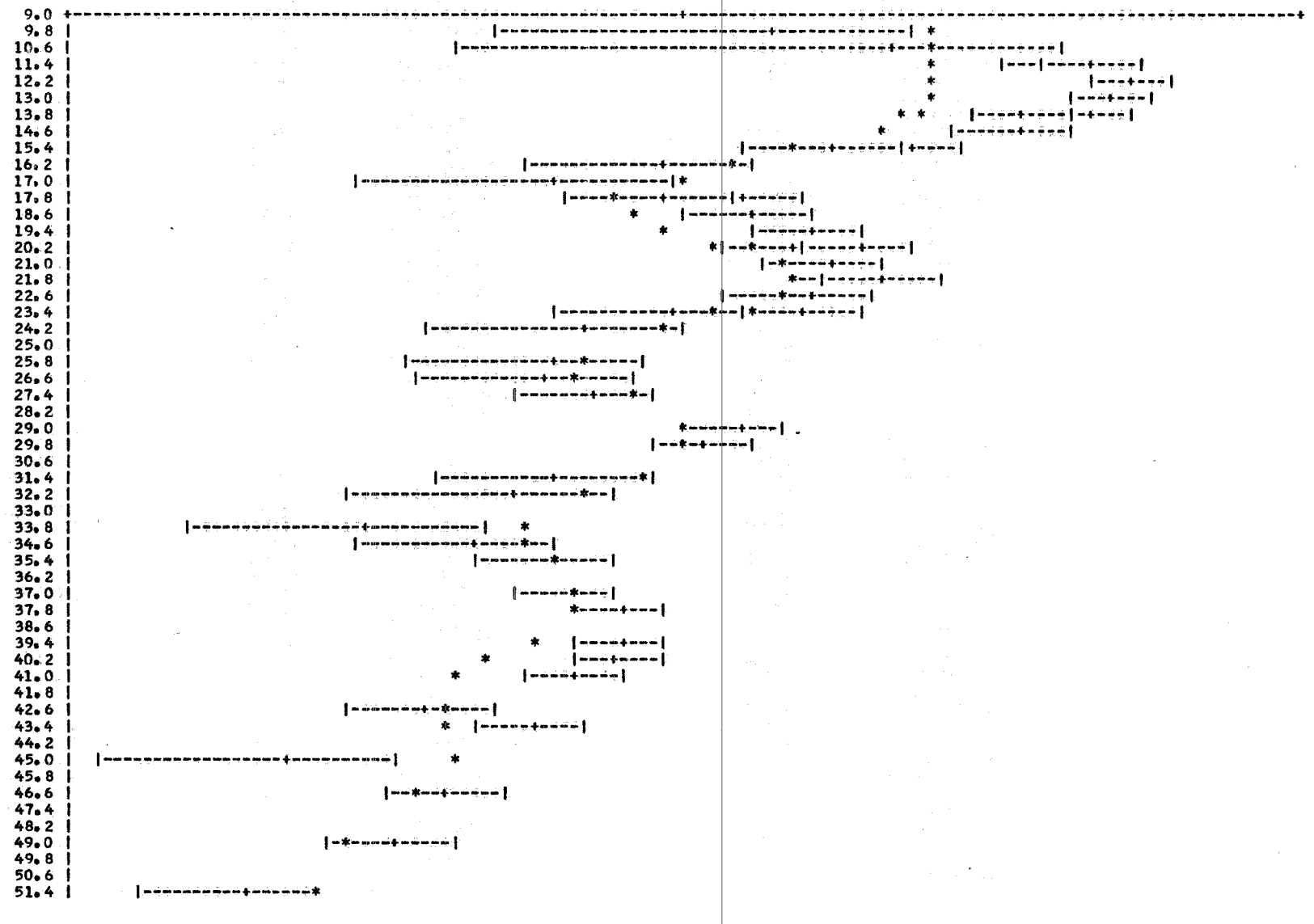
GEMESSENE UND BERECHNETE WIRKUNGSQUERSCHNITTE

10.06	1.41600E 00	2.51824E 00	9.20800E-01	10.63	2.19300E 00	2.53538E 00	1.77500E 00
11.21	4.36200E 00	2.55395E 00	1.11700E 00	11.78	4.57100E 00	2.57147E 00	8.13300E-01
12.35	5.37800E 00	2.57456E 00	7.80200E-01	12.93	4.96600E 00	2.54322E 00	7.60100E-01
13.50	4.61800E 00	2.45740E 00	7.86300E-01	14.07	3.53900E 00	2.30447E 00	6.25400E-01
14.65	3.51800E 00	2.08398E 00	7.41400E-01	15.22	2.34800E 00	1.81054E 00	5.27800E-01
15.79	1.74400E 00	1.51234E 00	5.06800E-01	16.37	9.34900E-01	1.22616E 00	3.75200E-01
16.94	6.14400E-01	9.90008E-01	3.24300E-01	17.51	1.24400E 00	8.34967E-01	3.22200E-01
18.08	9.42800E-01	7.78372E-01	2.91100E-01	18.66	1.27600E 00	8.19457E-01	2.93600E-01
19.23	1.61600E 00	9.39985E-01	3.14400E-01	19.80	1.48500E 00	1.10758E 00	3.23100E-01
20.37	1.97500E 00	1.28205E 00	3.85400E-01	20.94	1.76100E 00	1.42480E 00	3.91000E-01
21.51	1.91300E 00	1.50463E 00	4.15900E-01	22.09	2.13900E 00	1.50533E 00	4.66100E-01
22.66	1.61300E 00	1.42719E 00	4.41900E-01	23.23	1.53400E 00	1.28627E 00	3.82300E-01
23.80	9.56200E-01	1.11058E 00	3.29500E-01	24.37	6.99700E-01	9.32684E-01	3.14400E-01
25.51	6.13900E-01	6.86184E-01	2.56300E-01	26.65	5.96800E-01	6.76189E-01	2.32800E-01
27.78	7.27500E-01	8.40849E-01	1.86000E-01	28.92	1.24500E 00	1.00221E 00	2.26800E-01
30.05	1.09700E 00	1.01728E 00	2.08600E-01	31.19	6.28600E-01	8.75680E-01	2.38700E-01
32.32	5.30800E-01	6.83244E-01	2.43100E-01	33.45	3.10300E-01	5.61345E-01	1.55200E-01
34.58	4.62700E-01	5.57001E-01	1.65700E-01	35.71	6.19800E-01	6.23912E-01	1.58300E-01
36.84	6.59300E-01	6.76238E-01	1.24000E-01	37.97	7.99600E-01	6.58554E-01	1.33000E-01
39.09	7.90700E-01	5.77909E-01	1.25400E-01	40.22	7.79400E-01	4.83675E-01	1.26600E-01
41.34	6.75900E-01	4.22648E-01	1.20600E-01	42.46	3.83600E-01	4.07208E-01	1.03300E-01
43.58	5.79100E-01	4.16344E-01	1.15700E-01	44.69	2.26400E-01	4.19422E-01	1.13600E-01
46.92	4.12900E-01	3.61202E-01	8.75800E-02	49.15	3.38400E-01	2.86589E-01	7.90300E-02
51.36	1.94800E-01	2.51993E-01	6.36300E-02				

A = 28 Z = 14 Q = 4.610 (MEV) I = 4

THETA (GRAD)

SIGMA (MB/SR)
POTENZBEREICH : -1 BIS 1



THEORETISCHE WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL 1

0.0	1.66561E 64
1.00	1.77936E 07
2.00	8.23058E 05
3.00	1.22064E 05
4.00	4.40368E 04
5.00	2.41377E 04
6.00	1.30746E 04
7.00	5.89820E 03
8.00	1.90529E 03
9.00	2.96306E 02
10.00	7.33489E 01
11.00	3.66735E 02
12.00	6.31640E 02
13.00	6.64897E 02
14.00	5.01553E 02
15.00	2.73568E 02
16.00	9.71556E 01
17.00	2.02006E 01
18.00	2.57097E 01
19.00	6.57180E 01
20.00	9.68802E 01
21.00	9.97263E 01
22.00	7.84684E 01
23.00	4.90435E 01
24.00	2.60241E 01
25.00	1.55115E 01
26.00	1.52999E 01
27.00	1.93092E 01
28.00	2.22226E 01
29.00	2.17915E 01
30.00	1.85627E 01
31.00	1.42940E 01
32.00	1.05004E 01
33.00	7.85547E 00
34.00	6.34113E 00
35.00	5.65204E 00
36.00	5.46068E 00
37.00	5.46887E 00
38.00	5.38727E 00
39.00	4.97934E 00
40.00	4.16955E 00
41.00	3.10940E 00
42.00	2.11255E 00
43.00	1.47785E 00
44.00	1.31431E 00
45.00	1.48575E 00
46.00	1.70754E 00
47.00	1.72469E 00
48.00	1.45271E 00
49.00	9.99111E-01
50.00	5.68503E-01
51.00	3.25958E-01
52.00	3.07490E-01
53.00	4.22878E-01
54.00	5.32076E-01
55.00	5.35542E-01
56.00	4.22086E-01
57.00	2.54827E-01
58.00	1.16934E-01
59.00	5.81920E-02
60.00	7.37571E-02

0.50	2.92424E 08
1.50	3.11504E 06
2.50	2.81526E 05
3.50	6.68929E 04
4.50	3.20664E 04
5.50	1.80362E 04
6.50	9.05291E 03
7.50	3.54540E 03
8.50	8.64584E 02
9.50	7.21859E 01
10.50	1.98145E 02
11.50	5.22625E 02
12.50	6.78952E 02
13.50	6.00246E 02
14.50	3.87076E 02
15.50	1.74138E 02
16.50	4.61135E 01
17.50	1.53878E 01
18.50	4.45472E 01
19.50	8.42628E 01
20.50	1.02025E 02
21.50	9.12178E 01
22.50	6.37123E 01
23.50	3.61241E 01
24.50	1.91892E 01
25.50	1.44693E 01
26.50	1.71684E 01
27.50	2.11225E 01
28.50	2.24403E 01
29.50	2.04249E 01
30.50	1.64463E 01
31.50	1.22752E 01
32.50	9.02407E 00
33.50	6.97363E 00
34.50	5.91479E 00
35.50	5.51313E 00
36.50	5.45816E 00
37.50	5.45648E 00
38.50	5.23387E 00
39.50	4.62049E 00
40.50	3.65322E 00
41.50	2.58164E 00
42.50	1.73723E 00
43.50	1.34042E 00
44.50	1.37444E 00
45.50	1.60909E 00
46.50	1.75190E 00
47.50	1.62194E 00
48.50	1.23646E 00
49.50	7.68231E-01
50.50	4.18010E-01
51.50	2.92056E-01
52.50	3.57193E-01
53.50	4.86287E-01
54.50	5.49917E-01
55.50	4.90690E-01
56.50	3.39723E-01
57.50	1.77867E-01
58.50	7.67237E-02
59.50	5.88808E-02
60.50	9.63677E-02

THEORETISCHE WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL 2

0.0	1.24200E 02	0.50	1.21644E 02
1.00	1.14344E 02	1.50	1.03355E 02
2.00	9.02517E 01	2.50	7.68955E 01
3.00	6.51511E 01	3.50	5.66080E 01
4.00	5.23456E 01	4.50	5.27771E 01
5.00	5.75962E 01	5.50	6.58318E 01
6.00	7.60019E 01	6.50	8.63400E 01
7.00	9.50594E 01	7.50	1.00614E 02
8.00	1.01918E 02	8.50	9.84893E 01
9.00	9.05048E 01	9.50	7.87528E 01
10.00	6.45029E 01	10.50	4.93099E 01
11.00	3.47863E 01	11.50	2.23775E 01
12.00	1.31733E 01	12.50	7.77993E 00
13.00	6.26976E 00	13.50	8.20926E 00
14.00	1.27576E 01	14.50	1.88155E 01
15.00	2.51998E 01	15.50	3.08153E 01
16.00	3.47998E 01	16.50	3.66224E 01
17.00	3.61258E 01	17.50	3.35092E 01
18.00	2.92623E 01	18.50	2.40626E 01
19.00	1.86564E 01	19.50	1.37418E 01
20.00	9.87106E 00	20.50	7.38600E 00
21.00	6.39101E 00	21.50	6.76497E 00
22.00	8.20532E 00	22.50	1.02941E 01
23.00	1.25734E 01	23.50	1.46179E 01
24.00	1.60934E 01	24.50	1.67945E 01
25.00	1.66581E 01	25.50	1.57538E 01
26.00	1.42558E 01	26.50	1.24026E 01
27.00	1.04529E 01	27.50	8.64452E 00
28.00	7.16255E 00	28.50	6.11985E 00
29.00	5.55151E 00	29.50	5.42173E 00
30.00	5.64017E 00	30.50	6.08381E 00
31.00	6.61998E 00	31.50	7.12683E 00
32.00	7.50859E 00	32.50	7.70419E 00
33.00	7.68911E 00	33.50	7.47165E 00
34.00	7.08512E 00	34.50	6.57826E 00
35.00	6.00559E 00	35.50	5.41926E 00
36.00	4.86335E 00	36.50	4.37073E 00
37.00	3.96230E 00	37.50	3.64792E 00
38.00	3.42831E 00	38.50	3.29714E 00
39.00	3.24289E 00	39.50	3.25027E 00
40.00	3.30116E 00	40.50	3.37539E 00
41.00	3.45159E 00	41.50	3.50845E 00
42.00	3.52635E 00	42.50	3.48934E 00
43.00	3.38727E 00	43.50	3.21747E 00
44.00	2.98579E 00	44.50	2.70651E 00
45.00	2.40099E 00	45.50	2.09512E 00
46.00	1.81591E 00	46.50	1.58766E 00
47.00	1.42838E 00	47.50	1.34695E 00
48.00	1.34167E 00	48.50	1.40040E 00
49.00	1.50227E 00	49.50	1.62081E 00
50.00	1.72796E 00	50.50	1.79826E 00
51.00	1.81267E 00	51.50	1.76132E 00
52.00	1.64481E 00	52.50	1.47382E 00
53.00	1.26719E 00	53.50	1.04881E 00
54.00	8.43723E-01	54.50	6.74323E-01
55.00	5.56956E-01	55.50	4.99688E-01
56.00	5.01411E-01	56.50	5.52423E-01
57.00	6.36321E-01	57.50	7.32838E-01
58.00	8.21152E-01	58.50	8.83096E-01
59.00	9.05804E-01	59.50	8.83375E-01
60.00	8.17365E-01	60.50	7.16097E-01

THEORETISCHE WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL 3

0.0	2.78693E 00	0.50	2.72481E 00
1.00	2.54729E 00	1.50	2.27946E 00
2.00	1.95870E 00	2.50	1.62880E 00
3.00	1.33328E 00	3.50	1.10891E 00
4.00	9.80611E-01	4.50	9.58487E-01
5.00	1.03741E 00	5.50	1.19913E 00
6.00	1.41628E 00	6.50	1.65768E 00
7.00	1.89369E 00	7.50	2.10078E 00
8.00	2.26452E 00	8.50	2.38056E 00
9.00	2.45354E 00	9.50	2.49434E 00
10.00	2.51633E 00	10.50	2.53145E 00
11.00	2.54698E 00	11.50	2.56364E 00
12.00	2.57535E 00	12.50	2.57070E 00
13.00	2.53580E 00	13.50	2.45781E 00
14.00	2.32847E 00	14.50	2.14686E 00
15.00	1.92074E 00	15.50	1.66629E 00
16.00	1.40603E 00	16.50	1.16559E 00
17.00	9.69541E-01	17.50	8.37427E-01
18.00	7.80385E-01	18.50	7.99195E-01
19.00	8.84016E-01	19.50	1.01587E 00
20.00	1.16965E 00	20.50	1.31804E 00
21.00	1.43579E 00	21.50	1.50351E 00
22.00	1.51047E 00	22.50	1.45587E 00
23.00	1.34849E 00	23.50	1.20482E 00
24.00	1.04609E 00	24.50	8.94582E-01
25.00	7.70111E-01	25.50	6.87011E-01
26.00	6.52222E-01	26.50	6.64681E-01
27.00	7.16044E-01	27.50	7.92527E-01
28.00	8.77494E-01	28.50	9.54319E-01
29.00	1.00903E 00	29.50	1.03232E 00
30.00	1.02065E 00	30.50	9.76334E-01
31.00	9.06655E-01	31.50	8.22287E-01
32.00	7.35280E-01	32.50	6.57016E-01
33.00	5.96450E-01	33.50	5.58916E-01
34.00	5.45618E-01	34.50	5.53844E-01
35.00	5.77786E-01	35.50	6.09781E-01
36.00	6.41718E-01	36.50	6.66379E-01
37.00	6.78490E-01	37.50	6.75345E-01
38.00	6.56957E-01	38.50	6.25745E-01
39.00	5.85878E-01	39.50	5.42408E-01
40.00	5.00367E-01	40.50	4.63973E-01
41.00	4.36058E-01	41.50	4.17838E-01
42.00	4.08843E-01	42.50	4.07301E-01
43.00	4.10550E-01	43.50	4.15586E-01
44.00	4.19588E-01	44.50	4.20337E-01
45.00	4.16474E-01	45.50	4.07586E-01
46.00	3.94127E-01	46.50	3.77206E-01
47.00	3.58303E-01	47.50	3.38975E-01
48.00	3.20593E-01	48.50	3.04159E-01
49.00	2.90216E-01	49.50	2.78848E-01
50.00	2.69764E-01	50.50	2.62423E-01
51.00	2.56184E-01	51.50	2.50436E-01
52.00	2.44694E-01	52.50	2.38655E-01
53.00	2.32194E-01	53.50	2.25335E-01
54.00	2.18191E-01	54.50	2.10897E-01
55.00	2.03559E-01	55.50	1.96223E-01
56.00	1.88868E-01	56.50	1.81427E-01
57.00	1.73824E-01	57.50	1.66015E-01
58.00	1.58024E-01	58.50	1.49961E-01
59.00	1.42026E-01	59.50	1.34475E-01
60.00	1.27583E-01	60.50	1.21591E-01

FEHLER 0

```
C
C
C
C
C     STEUERPROGRAMM FUER ABC400
C     ==========================
C
      COMMON W4,IO,KMAX,KA,UHR,ZE,IFE,IUHR,IPOP
      EQUIVALENCE (W4(1),IW(1)),(W4(1),W8(1))
      INTEGER*4 IW(64000),SPEICH/64000/,KAN(50)
      REAL*4 W4(64000),F(2000),
     A       E(100),X(100),XM(100),DX(100),DXP(100),DXV(100)
      REAL*8 W8(32000)
C
C     INDEXFORMEL
C     -----------
      INDO(K)=IO+4*(K-1)
C
      ZE=ZEIT(0.)
      UHR=50.
      DTMAX=0.
      IUHR=0
      IPOP=0
      WRITE(6,6)
    6 FORMAT('1 ABC-PROGRAMM 400K-VERSION VOM 12.11.1970'/
     A       '  ========================================'///
     A       '  EINGABEPAKET'/
     A       '  ------------'/)
      CALL FREEFO (5,4,6,0,IW,W4)
C     ***************************
C
    1 READ(4) I
      IFE=1
      IF(UHR.LT.ZEIT(ZE).OR.IUHR.NE.0) GO TO 4
      IFE=2
      IF(I*(I-7))2,4,4
    2 GO TO (7,11,112,21,17,3),I
    3 IFE=0
    4 WRITE(6,5) IFE
    5 FORMAT('0FEHLER'I7)
      WRITE(6,103)
      STOP
C
C     NEUE RECHNUNG
C     -------------
    7 READ(4) M,N,KMAX,UHR
      WRITE(6,8) M,N,KMAX,UHR
    8 FORMAT('1NEUE RECHNUNG MIT M, N, K MAXIMAL =',3I6,', RECHENZEIT MA
     1XIMAL',F8.1,' MINUTEN')
      UHR=UHR*60.
      IO=MAXO(M+(N*(5+2*M+3*N))/2,2+M+N*(4*N+7))*2
      IFE=3
      IF(IO-SPEICH) 9,4,4
    9 I=INDO(KMAX+1)+2
      READ(4) M,(W4(I+J),J=1,M)
      WRITE(6,10)(W4(I+J),J=1,M)
   10 FORMAT ('0ALLGEMEINE DATEN'/(1P10E13.5))
      IW(I-1)=M
      IKANAL=I+M+M
      KANAL=0
      GO TO 1
C
C
C
C     KANAL-DATEN
C     -----------
   11 KANAL=KANAL+1
      IFE=4
      IF(KANAL-KMAX) 12,12,4
   12 READ(4) M,NP,L,J
      WRITE(6,13)KANAL,M,NP,L,J
   13 FORMAT('1DATEN ZUM KANAL',I3/5I10)
      L=L+1
      IW(IKANAL+1)=M
      IW(IKANAL+2)=NP
      IW(IKANAL+3)=L
      IW(IKANAL+4)=J
C
C     ADRESSEN FUER DIE KANAL-DATEN
C     -----------------------------
      I=INDO(KANAL)
      IW(I+1)=IKANAL
      IW(I+2)=IW(I+1)+NP+6
      IW(I+3)=IW(I+2)+NP
      IW(I+4)=(IW(I+3)+4*M+3)/4
      IKANAL=4*(IW(I+4)+L*J*(J+2)+L-J)+3
      IFE=5
      IF(IKANAL-SPEICH)14,14,4
   14 I=IW(I+2)
      READ(4)(W4(I+J),J=1,NP)
      WRITE(6,15)(W4(I+J),J=1,NP)
   15 FORMAT(1P10E13.5)
C
C     EINLESEN DER WIRKUNGSQUERSCHNITTE
C     ---------------------------------
      I=I+NP
      K=4*M
      READ(4)(W4(I+J),W4(I+J+1),W4(I+J+3),J=1,K,4)
      WRITE(6,16) KANAL,(W4(I+J),W4(I+J+1),W4(I+J+3),J=1,K,4)
   16 FORMAT('0WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL',I3/(3(0PF17.3,1P2E13.3)))
      GO TO 1
C
C     EINLESEN DER KANALPARAMETER ALLEINE
C     -----------------------------------
  112 READ(4) KN
      WRITE(6,13) KN
      IFE=4
      IF(KN.GT.KMAX) GO TO 4
      IS=IW(IO+4*KN-3)
      NP=IW(IS+2)
      IS=IW(IO+4*KN-2)
      READ(4) (W4(IS+J),J=1,NP)
      WRITE(6,15) (W4(IS+J),J=1,NP)
      GO TO 1
C
C     THEORETISCHE WIRKUNGSQUERSCHNITTE
C     ---------------------------------
   17 READ(4) K,THETAI,THETAF,DTHETA
      M=ABS((THETAI-THETAF)/DTHETA)+1.5
      THETAI=AMIN1(THETAI,THETAF)
      I=INDO(K)+1
```

```
      MK=IW(IW(I)+1)
      IW(IW(I)+1)=M
      I=I+2
      I3=IW(I)
      IW(I)=0
      IFE=6
      IF(4*M-IO)18,18,4
   18 J=1
      THETA=THETAI
      DO 19 I=1,M
      W4(J)=THETA
      J=J+4
   19 THETA=THETAI+I*DTHETA
      CALL SIGMA(K,KAN)
C     ****************
      IF(IFE.GT.6) GO TO 4
      J=4*M
      WRITE(6,20)K,(W4(I),W4(I+2),I=1,J,4)
   20 FORMAT('1THEORETISCHE WIRKUNGSQUERSCHNITTE ZUM KANAL',I3/(2(0PF30.
     12,1PE20.5)))
      I=INDO(K)+1
      IW(IW(I)+1)=MK
      IW(I+2)=I3
      GO TO 1
C
C     ANPASSUNG
C     ---------
   21 READ(4) KA,(KAN(I),I=1,KA),NV,MA,IP
      WRITE(6,22) (KAN(I),I=1,KA)
   22 FORMAT ('1KOPPLUNG DER KANAELE',30I3)
      WRITE(6,220) MA,IP
      WRITE(6,230)
  220 FORMAT('0MA =',I5, 4X,'IP =',I4/)
      I=INDO(KMAX+1)
      NP=IW(I+1)
      I2=I+2
      IW(I2)=NV
      I=I+NP+2
      IF(NV) 25,25,23
   23 IFE=7
      IF(NV.GT.NP) GO TO 4
      READ(4)(IW(I+J),J=1,NV)
      WRITE(6,24) (IW(I+J),J=1,NV)
   24 FORMAT('0ALLGEMEINE ZU VARIIERENDE PARAMETER :',20I4)
      DO 28 J=1,NV
   28 X(J)=W4(IW(I+J)+I2)
      GO TO 261
   25 WRITE(6,260)
  260 FORMAT('0ALLGEMEINE ZU VARIIERENDE PARAMETER :  KEINE ')
  261 MV=0
      DO 30 I=1,KA
      WRITE(6,230)
  230 FORMAT('0'///)
      J =IW(INDO(KAN(I))+1)+6
      READ(4) N,IW(J)
      IW(J-1)=N
      IF(N.GT.0) GO TO 240
      WRITE(6,250) KAN(I),IW(J)
  250 FORMAT('0ZU VARIIERENDE PARAMETER VOM KANAL',I3,' MIT KENNZIFFER',
     A        I3,' :  KEINE ')
      GO TO 29
  240 READ(4)(IW(J+M),M=1,N)
      WRITE(6,26) KAN(I),IW(J),(IW(J+M),M=1,N)
   26 FORMAT('0ZU VARIIERENDE PARAMETER VOM KANAL',I3,' MIT KENNZIFFER',
     A        I3,' :',20I4)
      IFE=8
      IF(N.GT.IW(J-4)) GO TO 4
      I2=IW(INDO(KAN(I))+2)
      DO 27 M=1,N
   27 X(NV+M)=W4(IW(J+M)+I2)
C
   29 CALL VORBER(KAN(I))
C     ******************
C
      IF(IFE.GT.9) GO TO 4
      MV=MV+IW(J-5)
      NV=NV+IW(J-1)
      IFE=9
      IOA=MAX0(MV+(NV*(5+2*MV+3*NV))/2,2+MV+NV*(4*NV+7))*2
      IF(IOA.GT.IO) GO TO 4
   30 CONTINUE
      WRITE(6,103)
  103 FORMAT('1')
      ES=1000.
      DO 104 I=1,NV
      E(I)=.01*AMAX1(ABS(X(I)),1.)
  104 XM(I)=X(I)
      TCAL=ZEIT(0.)
      CALL CALFUN(MV,NV,F,X,KAN)
      TCAL=ZEIT(TCAL)
      DTMAX=AMAX1(DTMAX,TCAL)
      DUHR=DTMAX*(NV+17)
C
      UHR=UHR-DUHR
      NEF=0
  107 NW8=0
      NF1=0
      IF(MA.EQ.1) GO TO 111
  108 CALL VA01A(MV,NV,F,X,E,ES,IP,MA,W8,KAN)
C     ***********************************
      IF(IFE.NE.9) GO TO 4
      IF(W8(1).NE.1.OR.NF1.GE.9) GO TO 114
      NF1=NF1+1
      DO 113 I=1,NV
  113 E(I)=E(I)*2.
      GO TO 108
  114 CONTINUE
      IF(W8(1).EQ.1) GO TO 110
      NW8=NW8+1
      IF(W8(1).EQ.4..AND.NW8.LE.9) GO TO 108
  111 UHR=UHR+DUHR
      CALL VA01A(MV,NV,F,X,E,ES, 0,-1,W8,KAN)
C     ***********************************
      IF(IFE.NE.9) GO TO 4
      NEF=NEF+1
      IF(IUHR.NE.0.OR.NEF.GE.2) GO TO 110
      IF(MA.EQ.1) GO TO 110
      UHR=UHR-DUHR
      KS=W8(4)
      DO 109 I=1,NV
```

```
  109 E(I)=W8(KS+I*NV+I)*.1
      GO TO 107
C
  110 KS=W8(4)
      DO 105 I=1,NV
      DXV(I)=W8(KS+I)
      DX(I)=W8(KS+I*NV+I)
  105 IF(X(I).NE.0.) DXP(I)=100.*ABS(DX(I)/X(I))
      WRITE(6,106) (XM(I),X(I),DX(I),DXP(I),DXV(I),E(I),I=1,NV)
  106 FORMAT('1',5X,'START PUNKT',8X,'ENDPUNKT',7X,'FEHLER(ABS.)',5X,
     A       'FEHLER(REL.)',5X,'KORR.VERGR.',5X,'SUCHGENAU.'//
     A       (1P2E17.4,E14.1,5X,0PF10.1,6X,F10.1,1PE19.1/))
      IPOP=1
      CALL CALFUN(MV,NV,F,X,KAN)
C     ************************
      IPOP=0
C
      J=INDO(KMAX+1)+2
      N=IW(J)
      L=IW(J-1)+J
      IF(N.EQ.0) GO TO 38
      DO 37 I=1,N
      M=IW(L+I)
   37 W4(J+M)=X(I)
   38 NS=N
      MS=0
      DO 36 I=1,KA
      KS=KAN(I)
      J =IW(INDO(KS)+1)
      N=IW(J+5)
      IF(N.EQ.0) GO TO 40
      IC=IW(INDO(KAN(I))+2)
      DO 39 L=1,N
      M=IW(J+L+6)
   39 W4(IC+M)=X(NS+L)
   40 NS=NS+N
      IS=IW(INDO(KS)+3)
      M=IW(J+1)
      S=0.
      DO 41 L=1,M
      S=S+F(MS+L)**2
      W4(IS+3)=W4(IS+2)-F(MS+L)*W4(IS+4)
   41 IS=IS+4
      MS=MS+M
      WRITE(6,31)KAN(I),IW(J+6),S
   31 FORMAT('1ERGEBNISSE DER ANPASSUNG FUER DEN KANAL',I3,' MIT KENNZIF
     1FER',I7,' UND CHIQUADRAT =',1PE13.5)
      KS=INDO(KMAX+1)+2
      N=IW(KS-1)
      IF(N.LE.0) GO TO 33
      WRITE(6,32) (W4(KS+L),L=1,N)
   32 FORMAT('0ALLGEMEINE PARAMETER'/(1P10E13.5))
   33 KS=IW(INDO(KAN(I))+2)
      NP=IW(J+2)
      M=4*M
      IW(J+3)=IW(J+3)-1
      WRITE(6,34) (IW(J+L),L=1,6),(W4(KS+L),L=1,NP)
   34 FORMAT('0KANAL PARAMETER',6I10/(1P10E13.5))
      IW(J+3)=IW(J+3)+1
      J =IW(INDO(KAN(I))+3)
      WRITE(6,35) (W4(J+N),W4(J+N+1),W4(J+N+2),W4(J+N+3),N=1,M,4)
   35 FORMAT('0GEMESSENE UND BERECHNETE WIRKUNGSQUERSCHNITTE'/(2(0PF13.2
     1,1P3E14.5)))
      ISQ=IO+4*KMAX+2
      NAQ=W4(ISQ+1)
      NZQ=W4(ISQ+2)
      ISQ=IW(IO+4*KAN(I)-3)
      NPQ=IW(ISQ+1)
      IKQ=IW(ISQ+4)
      ISQ=IW(IO+4*KAN(I)-2)
      QWQ=W4(ISQ+11)
      ISQ=IW(IO+4*KAN(I)-1)
      CALL ZSQ(NAQ,NZQ,QWQ,IKQ,NPQ,ISQ)
C     ********************************
   36 CONTINUE
      GO TO 1
      END
```

```
C
C
C
C     VORBEREITUNGSRECHNUNG FUER ABC-PROGRAMM
C     ======================================
C
      SUBROUTINE VORBER(K)
C     ====================
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      COMMON W4,IO,KMAX,KA,UHR,ZE,IFE,IUHR,IPOP
     A       /KIES/KI,ETAI,SIGMAO
      EQUIVALENCE(W4(1),WC(1)),(W4(1),IW(1)),
     A           (ZF(1),ZX),(ZF(2),ZY),(ZF(1),ZC)
      REAL*4 W4(64000),UHR,ZE,GL,GLS,GI,GM
      REAL*8 MO,MUE,KI,KF,ZF(2),
     A       PI/3.14159265358979/,PH/1.5707963267949/
      INTEGER*4 IW(64000)
      COMPLEX*16 WC(16000),ZC,CDLGAM
C*********************************************************************
C     KINEMATISCHE DATEN
C
      I=IO+4*KMAX+2
      TM=W4(I+1)*939.553-W4(I+2)*1.294-W4(I+3)
      PM=W4(I+5)*939.553-W4(I+6)*1.294-W4(I+7)
      ZZ=W4(I+2)*W4(I+6)
      EL=W4(I+4)
      EA=W4(IW(IO+4*K-2)+11)
      I=IW(IO+4*K-3)
      LM=IW(I+3)-1
      IK=IW(I+4)
      WRITE(6,1) IK,LM,PM,TM,EA,EL,ZZ
    1 FORMAT('0',2X,'IK',8X,'LM', 7X,'PM',10X,'TM',10X,'EA',10X,'EL',
     A       10X,'ZZ'/I5,I10,5F12.3)
      EO=TM+PM+EL
      PO=DSQRT((EL+PM+PM)*EL)
      MO=DSQRT((EO+PO)*(EO-PO))
      ECM=MO-TM-PM
      MUE=TM*PM/(TM+PM)
      KI=DSQRT((MUE+MUE)*ECM)/197.3289
      ETAI=ZZ*DSQRT(MUE/(ECM+ECM))/137.03602
      TM=TM+EA
      MUE=TM*PM/(TM+PM)
      ECM=ECM-EA
      KF=DSQRT((MUE+MUE)*ECM)/197.3289
      ETAF=ZZ*DSQRT(MUE/(ECM+ECM))/137.03602
      ZC=CDLGAM(DCMPLX(1.D0,ETAI))
      SIGMAO=ZY
      ECM=ECM+EA
      WRITE(6,2) ECM,KI,KF,ETAI,ETAF,SIGMAO
    2 FORMAT('0',5X,'ECM',10X,'KI',11X,'KF',10X,'ETAI', 9X,'ETAF', 9X,
     A       'SIGMAO'/F11.3,5F13.6//)
C*********************************************************************
C     ANLEGEN DER VORBEREITUNGSTABELLE
C
      IF(EA.EQ.0.D0.AND.IK.NE.0) IFE=10
      LA=LM+1
      IM=IK+1
      IS=IW(IO+4*K)
      GI=IK
      H1=.25*DSQRT((GI+GI+1.)/PI)/KI
      GM=-1.
      DO 7 M=1,IM
      GM=GM+1.
      GLS=GM-1.
      DO 6 LS=M,LA
      GLS=GLS+1.
      H2=H1*(GLS+GLS+1.)
      IF(M.EQ.1) GO TO 4
      GJ=0.
      GF=.5
      JM=M+M-2
      DO 3 J=1,JM
      GJ=GJ+1.
    3 GF=GF*(GLS-GM+GJ)
      H2=H2/DSQRT(GF)
    4 CONTINUE
      ZX=1.+GLS
      ZY=ETAF
      ZC=CDLGAM(ZC)
      SIGMAS=ZY
      LMI=IABS(LS-IM)+1
      LMA=MINO(LS+IK,LA)
      GL=LMI-3
      DO 5 L=LMI,LMA,2
      GL=GL+2.
      H3=H2*(GL+GL+1.)*W3JS(GLS,GI,GL,0.,0.,0.)
     A                 *W3JS(GLS,GI,GL,-GM,GM,0.)
      ZX=1.+GL
      ZY=ETAI
      ZC=CDLGAM(ZC)
      SIGMAL=ZY
      ZX=0.
      ZY=SIGMAL+SIGMAS+(GL-GLS+3.)*PH
      ZC=CDEXP(ZC)
      ZX=ZX*H3
      ZY=ZY*H3
      INDEX=IS+LS+LA*(M-1+(IM*(L-1-IABS(LS-IM)))/2)
      WC(INDEX)=ZC
    5 CONTINUE
    6 CONTINUE
    7 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
C
C
C
C     WIRKUNGSQUERSCHNITTE FUER ABC-PROGRAMM
C     ======================================
C
C     MAXIMALER BAHNDREHIMPULS L=100
C     MAXIMALER KERNSPIN IK=10
C     MAXIMALE ORDNUNG NC=5
C
C
      SUBROUTINE SIGMA(K,KAN)
C     ------------------------
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
      COMMON W4,IO,KMAX,KA,UHR,ZE,IFE,IUHR,IPOP
     A       /KIES/KI,ETAI,SIGMAO
      EQUIVALENCE (W4(1),WC(1)),(W4(1),IW(1)),
     A            (ZF(1),ZX),(ZF(2),ZY),(ZF(1),ZC)
      REAL*4 W4(64000),UHR,ZE,C4M(30)/30*0.0/
      REAL*8 KI,ZF(2),NP,CNI(5,51),PI2/1.57079632679989/,
     A       PI/3.14159265358979/,W4PI/3.54490770181103/
      INTEGER*4 IW(64000),KAN(50),MKE/0/,MKA/-1/,MNC/-1/
      COMPLEX*16 WC(16000),H16,H17,ZC,ZPOP(101),
     A   S6(6),CCN(5),SETAB(101),SHTAB(101,5),SATAB(201,5),LMTAB(101,11)
C*********************************************************************
C
C     TEST OB S-TABELLEN NEU BERECHNET WERDEN MUESSEN
C
      LA=1
      NC=1
      KE=23466466
      DO 1 J=1,KA
      I=IW(IO+4*KAN(J)-3)
      LA=MAXO(LA,IW(I+3))
      KE=MINO(KE,IW(I+6))
      NCJ=W4(IW(IO+4*KAN(J)-2)+12)
    1 NC=MAXO(NC,NCJ)
      KATEST=0
      NCTEST=0
      IF(KA.NE.MKA) KATEST=1
      IF(NC.NE.MNC) NCTEST=1
      MKA=KA
      MNC=NC
C
      I=IO+4*KMAX+2
      ITEST=0
      DO 2 J=10,19
      IF(W4(I+J).NE.C4M(J)) ITEST=1
    2 C4M(J)=W4(I+J)
      IF(ITEST.EQ.0.AND.NCTEST.EQ.0) GO TO 300
C
C     NEUE BERECHNUNG DER S-TABELLEN FUER ALLE KANAELE GEMEINSAM
C
      GL=-.5
      LMA=LA+LA-1
      DO 4 L=1,LMA
      GL=GL+.5
      CALL NASL(NC,C4M,GL,S6)
      IF(MOD(L-1,2).EQ.0) SETAB((L-1)/2+1)=W4PI*(S6(1)-1.)
C
      H8=1.
      DO 3 N=1,NC
      H8=-KI/N*H8
      SATAB(L,N)=H8*S6(N+1)
    3 CONTINUE
    4 CONTINUE
C
C     TABELLE FUER HAHNE-MITTELUNG MIT STETIGER PHASE FUER ALLE KANAELE
C
  300 CONTINUE
      IF(KE.GE.0) GO TO 10
      KETEST=0
      IF(KE.NE.MKE) KETEST=1
      MKE=KE
      IF(KETEST.EQ.0.AND.ITEST.EQ.0.AND.NCTEST.EQ.0) GO TO 10
      LMA=LA+LA-1
      DO 9 N=1,NC
      ZC=SATAB(LMA,N)
      V1=DATAN2(ZY,ZX)/2.
      ZC=SATAB(LMA-1,N)
      V2=DATAN2(ZY,ZX)/2.
      DO 8 L=1,LMA
      I=LMA+1-L
      ZC=SATAB(I,N)
      V3=DATAN2(ZY,ZX)/2.
      VS=V2-V1+V2
    5 CONTINUE
      IF(DABS(VS-V3).LE.PI2) GO TO 6
      V3=V3+DSIGN(PI,VS-V3)
      GO TO 5
    6 CONTINUE
      V1=V2
      V2=V3
      IF(MOD(I-1,2).NE.0) GO TO 7
      H8=DSQRT(CDABS(ZC))
      ZX=0.
      ZY=V3
      ZC=CDEXP(ZC)
      ZX=ZX*H8
      ZY=ZY*H8
      SHTAB((I-1)/2+1,N)=ZC
    7 CONTINUE
    8 CONTINUE
    9 CONTINUE
   10 CONTINUE
C
C     DRUCKEN DER STREUFUNKTION
C
      IF(IPOP.EQ.0) GO TO 32
      I=IW(IO+4*K-2)
      EA=W4(I+11)
      IF(EA.NE.0.) GO TO 32
      I=IW(IO+4*K-3)
      LA=IW(I+3)
      DO 30 J=1,LA
   30 ZPOP(J)=SETAB(J)/W4PI+1.
      CALL KUNST(LA,ZPOP,.0,7777777,EA)
      DO 31 J=1,LA
   31 ZPOP(J)=(.0,0.)
   32 CONTINUE
```

```
C*********************************************************************
C
C     EVENTUELLE BERECHNUNG DER REDUZIERTEN MATRIXELEMENTE
C     NACH DEM ROTATIONSMODELL FUER ALLE KANAELE GEMEINSAM
C
      NC=0
      DO 11 J=1,KA
      NCJ=W4(IW(IO+4*KAN(J)-2)+12)
      NC=MAXO(NC,NCJ)
      KEJ=IW(IO+4*KAN(J)-3)+6
      KE=IW(KEJ)
      IF(IABS(KE)-2)  11,12,200
  200 IFE=13
      RETURN
   11 CONTINUE
      GO TO 19
C
   12 I=IO+4*KMAX+2
      ITEST=0
      DO 13 J=20,30
      IF(W4(I+J).NE.C4M(J)) ITEST=1
   13 C4M(J)=W4(I+J)
      IF(ITEST.EQ.0.AND.KATEST.EQ.0.AND.NCTEST.EQ.0) GO TO 19
C
      CALL CNROT(NC,C4M,CNI)
C
      DO 18 JK=1,KA
      J=KAN(JK)
      I=IW(IO+4*J-3)
      KE=IW(I+6)
      IF(IABS(KE).NE.2) GO TO 17
      IK=IW(I+4)
      I=IW(IO+4*J-2)
      NC=W4(I+12)
      IF(NC.LT.1) GO TO 16
      DO 15 N=1,NC
   15 W4(I+N)=CNI(N,IK+1)
   16 CONTINUE
   17 CONTINUE
   18 CONTINUE
   19 CONTINUE
C*********************************************************************
C
C     LMTABELLE FUER JEDEN EINZELNEN KANAL BEI JEDEM AUFRUF
C
      I=IW(IO+4*K-3)
      MT=IW(I+1)
      LA=IW(I+3)
      LM=LA-1
      IK=IW(I+4)
      IM=IK+1
      KE=IW(I+6)
      I=IW(IO+4*K-2)
      EA=W4(I+11)
      NC=W4(I+12)
      DO 20 J=1,5
      ZX=W4(I+J)
      ZY=W4(I+5+J)
   20 CCN(J)=ZC
      I=IO+4*KMAX+2
      NP=10.*ABS(1.+W4(I+8)*SIN(W4(I+9)))
C
C
C
      NZ=0
      IS=IW(IO+4*K)
      DO 25 M=1,IM
      DO 24 LS=M,LA
      LMI=IABS(LS-IM)+1
      LMA=MIN0(LS+IK,LA)
      ZC=(0.,0.)
      DO 23 L=LMI,LMA,2
      H16=(0.,0.)
      IF(NC.LT.1) GO TO 22
      DO 21 N=1,NC
      H17=SATAB(LS+L-1,N)
      IF(KE.LT.0) H17=SHTAB(LS,N)*SHTAB(L,N)
   21 H16=H16+CCN(N)*H17
   22 CONTINUE
C
      IF(IPOP.EQ.0) GO TO 33
      IF(M.NE.1) GO TO 33
      IF((L.LT.LS).OR.(L.GT.(LS+1))) GO TO 33
      NZ=NZ+1
      ZPOP(NZ)=H16
   33 CONTINUE
C
      IF(EA.EQ.0.) H16=H16+SETAB(L)
      INDEX=IS+LS+LA*(M-1+(IM*(L-1-IABS(LS-IM)))/2)
      H16=WC(INDEX)*H16
      ZC=ZC+H16
   23 CONTINUE
      LMTAB(LS,M)=ZC
   24 CONTINUE
   25 CONTINUE
C
C     DRUCKEN DER STREUAMPLITUDEN
C
      IF(IPOP.EQ.0) GO TO 35
      XLO=FLOAT(IK)/2.
      CALL KUNST(NZ,ZPOP,XLO,IK,EA)
      DO 34 J=1,LA
   34 ZPOP(J)=(.0,0.)
   35 CONTINUE
C*********************************************************************
C
C     WINKELSCHLEIFEN
C
C
      I=IW(IO+4*K-1)
      DO 29 J=1,MT
      WINKEL=W4(I+4*J-3)*.0174532925199433
      CS=DCOS(WINKEL)
      IF(EA.NE.0.) GO TO 26
      IF(DABS(WINKEL).LT.1.D-16)  WINKEL=1.D-16
      SN=DSIN(WINKEL*.5)
      ZX=0.
      ZY=SIGMAO-ETAI*DLOG(SN)
      ZY=ZY+ZY
      ZC=CDEXP(ZC)
```

```
      H8=KI*SN*SN
      H8=H8+H8
      H8=-ETAI/H8
      ZX=ZX*H8
      ZY=ZY*H8
      H16=ZC
   26 CONTINUE
      SIQ=0.
      GM=-1.
      DO 28 M=1,IM
      GM=GM+1.
      H17=(0.,0.)
      GLS=GM-1.
      DO 27 LS=M,LA
      GLS=GLS+1.
      H8=PLM(GLS,GM,CS)
      ZC=LMTAB(LS,M)
      ZX=ZX*H8
      ZY=ZY*H8
   27 H17=H17+ZC
      ZC=H17
      IF(EA.EQ.0.) ZC=ZC+H16
      SIQ=SIQ+ZX*ZX+ZY*ZY
   28 CONTINUE
      W4(I+4*J-1)=NP*SIQ
   29 CONTINUE
C
C
      RETURN
      END
```

```
C
C
C
C     CALFUN FUER ABC-PROGRAMM
C      ======================
C
      SUBROUTINE CALFUN(MV,NV,F,X,KAN)
C     --------------------------------
C
      COMMON W4,IO,KMAX,KA,UHR,ZE,IFE,IUHR,IPOP
      EQUIVALENCE (W4(1),IW(1))
      INTEGER*4 IW(64000),KAN(50)
      REAL*4 W4(64000),X(100),F(2000)
C
C
C     ALLGEMEINE VARIABLEN
C     --------------------
      J=IO+4*KMAX+2
      N=IW(J)
      IF(N.EQ.0) GO TO 2
      NP=IW(J-1)
      DO 1 I=1,N
      K=IW(J+NP+I)
    1 W4(J+K)=X(I)
C
C     VARIABLEN ZUM KANAL I
C     ---------------------
    2 MS=0
      NS=N
      DO 10 I=1,KA
      IF(I.GT.KMAX) GO TO 6
      IS=IO+4*KAN(I)-4
      J=IW(IS+1)
      M=IW(J+1)
      N=IW(J+5)
      IF(N.EQ.0) GO TO 9
      I2=IW(IS+2)
      DO 4 IP=1,N
      I3=IW(J+IP+6)
    4 W4(I2+I3)=X(NS+IP)
C
C     BERECHNUNG DER WIRKUNGSQUERSCHNITTE DES KANALS I
C     ------------------------------------------------
    9 IKANAL=KAN(I)
      CALL SIGMA(IKANAL,KAN)
      IF(IFE.GT.9) GO TO 7
C
C     BERECHNUNG DER F(I)
C     -------------------
      J=IW(IS+3)
      DO 5 IP=1,M
      F(MS+IP)=(W4(J+2)-W4(J+3))/W4(J+4)
    5 J=J+4
      MS=MS+M
   10 NS=NS+N
      IF(UHR.LE.ZEIT(ZE)) GO TO 7
      IF(MV.EQ.MS.AND.NV.EQ.NS) GO TO 8
      IFE=12
      GO TO 7
    6 IFE=11
    7 MV=-MV
      IUHR=1
    8 RETURN
      END
```

```
C
C
C
C     STUFENFUNKTION BIS ZUR 5. ABLEITUNG
C     ===================================
C
C         1/(1+EXP(X))
C
      SUBROUTINE SWS(N,X,S)
C     ---------------------
      REAL*8 X,S(6),E,HZ
C
      HZ=150/(1+N)
      X=DSIGN(DMIN1(DABS(X),HZ),X)
      DO 1 I=1,6
    1 S(I)=0.D0
      IF(N.LT.0)  RETURN
      E=1.D0
      IF(DABS(X).LT.1.E-12) GO TO 2
      E=DEXP(X)
    2 HZ=1.D0/(1.D0+E)
      S(1)=HZ
      IF(N.LT.1)  RETURN
      HZ=HZ*S(1)
      S(2)=-E*HZ
      IF(N.LT.2)  RETURN
      HZ=HZ*S(1)
      S(3)=E*(-1.D0+E )*HZ
      IF(N.LT.3)   RETURN
      HZ=HZ*S(1)
      S(4)=E*(-1.D0+E*(4.D0-E))*HZ
      IF(N.LT.4)  RETURN
      HZ=HZ*S(1)
      S(5)=E*(-1.D0+E*(11.D0+E*(-11.D0+E)))*HZ
      IF(N.LT.5)  RETURN
      HZ=HZ*S(1)
      S(6)=E*(-1.D0+E*(26.D0+E*(-66.D0+E*(26.D0-E))))*HZ
      RETURN
      END
```

```
C
C
C
C     STREUFUNKTION MIT ABLEITUNG
C     ===========================
C
      SUBROUTINE NASL(N,P,L,S)
C     ------------------------
C
      IMPLICIT REAL*8 (A-H,L,O-Z)
      REAL*4 P(30)
      REAL*8 G(6),B(6)
      COMPLEX*16 V0,V1,V2,V3,V4,V5,S(6),I/(0.D0,1.D0)/
C
      DO 1 J=1,6
    1 S(J)=(0.D0,0.D0)
      IF(N.LT.0) GO TO 2
C
      D1=P(17)
      D2=P(17)+P(18)
      YS=DSIGN(1.D0/DMAX1(1.D-14,DABS(D2)),D2)
      ZS=DSIGN(1.D0/DMAX1(1.D-14,DABS(D1)),-D1)
      X=L-P(15)-P(16)
      Y=X*YS
      Z=(L-P(15))*ZS
      CALL SWS (N,Y,G)
      CALL SWS (N,Z,B)
C
      HY=YS
      HZ=1.-P(19)
      P0=P(10)+X*(P(11)+X*(P(12)+X*(P(13)+P(14)*X)))
      W0=P0*G(1)
      B(1)=P(19)+B(1)*HZ
      V0=CDEXP(I*W0)
      S(1)=B(1)*V0
      IF(N.LT.1) GO TO 2
C
      HZ=HZ*ZS
      P1=P(11)+X*(2.*P(12)+X*(3.*P(13)+4.*P(14)*X))
      G(2)=G(2)*HY
      W1=P1*G(1)+P0*G(2)
      B(2)=B(2)*HZ
      V1=I*V0*W1
      S(2)=B(2)*V0+B(1)*V1
      IF(N.LT.2) GO TO 2
C
      HY=HY*YS
      HZ=HZ*ZS
      P2=2.*P(12)+X*(6.*P(13)+12.*P(14)*X)
      G(3)=G(3)*HY
      W2=P2*G(1)+P0*G(3)+2.D0*P1*G(2)
      B(3)=B(3)*HZ
      V2=I*(V1*W1+V0*W2)
      S(3)=B(3)*V0+B(1)*V2+2.D0*B(2)*V1
      IF(N.LT.3) GO TO 2
C
      HY=HY*YS
      HZ=HZ*ZS
      P3=6.*P(13)+24.*P(14)*X
      G(4)=G(4)*HY
```

```
      W3=P3*G(1)+P0*G(4)+3.D0*(P2*G(2)+P1*G(3))
      B(4)=B(4)*HZ
      V3=I*(V2*W1+V0*W3+2.D0*V1*W2)
      S(4)=B(4)*V0+B(1)*V3+3.D0*(B(3)*V1+B(2)*V2)
      IF(N.LT.4) GO TO 2
C
      HY=HY*YS
      HZ=HZ*ZS
      P4=24.*P(14)
      G(5)=G(5)*HY
      W4=P4*G(1)+P0*G(5)+4.D0*(P3*G(2)+P1*G(4))+6.D0*P2*G(3)
      B(5)=B(5)*HZ
      V4=I*(V3*W1+V0*W4+3.D0*(V2*W2+V1*W3))
      S(5)=B(5)*V0+B(1)*V4+4.D0*(B(4)*V1+B(2)*V3)+6.D0*B(3)*V2
      IF(N.LT.5) GO TO 2
C
      G(6)=G(6)*HY*YS
      W5=P0*G(6)+5.D0*(P4*G(2)+P1*G(5))+1.D1*(P3*G(3)+P2*G(4))
      B(6)=B(6)*HZ*ZS
      V5=I*(V4*W1+V0*W5+4.D0*(V3*W2+V1*W4)+6.D0*V2*W3)
      S(6)=B(6)*V0+B(1)*V5+5.D0*(B(5)*V1+B(2)*V4)+1.D1*(B(4)*V2+B(3)*V3)
C
    2 IF(B(1).GE.0.) RETURN
      N1=N+1
      DO 3 J=1,N1
    3 S(J)=-S(J)
      RETURN
      END
```

```
C
C
C
C     BERECHNUNG VON CN(I) NACH DEM ROTATIONSMODELL
C     ==========================================
C
C     NMAX=5
C     LMAX=10
C     P(20+L)=DELTA L
C
      SUBROUTINE CNROT (NM,P,CN)
C     ---------------------------
      REAL*4 P(30)
      REAL*8 CN(5,51),DL,DL1,DL2,H6,H7,H8,H9,HZ,W3JS
C
      DO 2 N=1,5
      DO 1 I=1,51
    1 CN(N,I)=0.D0
    2 CONTINUE
C
      I=0
      DO 4 L=1,11
      IF(P(19+L).EQ.0.) GO TO 3
      LM=L
      I=1
    3 CONTINUE
    4 CONTINUE
      IF(I.EQ.0)   RETURN
C
      DL=-1.D0
      DO 5 L=1,LM
      DL=DL+2.D0
    5 CN(1,L)=P(19+L)/DSQRT(DL)
C
      IF((NM.LT.2).OR.(NM.GT.5)) RETURN
      H8=.282094791774
      DO 11 N=2,NM
      GI=-1.
      IM=N*(LM-1)+1
      DO 10 I=1,IM
      GI=GI+1.
C
      HZ=0.D0
      DL1=-1.D0
      DO 9 L1=1,LM
      DL1=DL1+1.D0
      GL1=DL1
      IF(CN(1,L1).EQ.0.D0) GO TO 8
      L2I=IABS(L1-I)
      L2F=MIN0(50,L1+I-2)
      DL2=L2I-2
      H7=0.D0
      DO 7 L2=L2I,L2F,2
      DL2=DL2+2.D0
      GL2=DL2
      DL=CN(N-1,L2+1)
      IF(DL.EQ.0.D0) GO TO 6
      H6=W3JS(GL1,GL2,GI,0.,0.,0.)
      H7=H7+(DL2+DL2+1.D0)*DL*H6*H6
    6 CONTINUE
```

```
    7 CONTINUE
      HZ=HZ+(DL1+DL1+1.D0)*CN(1,L1)*H7
    8 CONTINUE
    9 CONTINUE
C
      CN(N,I)=HZ*H8
   10 CONTINUE
   11 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
C
C
C
      REAL FUNCTION PLM*8 (L,M,X)
C     ===========================
C
      REAL*8 L,M,X,H1,H2,P1,P2,MM1
C
C     AUFRUF MIT L=0,1,2,...BEI M,X=CONST.
C
      IF(L.LE.M+1.D0) GO TO 1
      H1=H1+H2
      PLM=(H1*P1-(L+MM1)*P2)/(L-M)
      P2=P1
      P1=PLM
      RETURN
C
    1 IF(L.NE.M+1.D0) GO TO 2
      PLM=P1
      RETURN
C
    2 IF(L.LT.M)GO TO 5
      PLM=1.D0
      IF(M.EQ.0.D0) GO TO 4
      H1=DSQRT(DABS(1.D0-X*X))*.5D0
      H2=0.D0
      JM=L
      DO 3 J=1,JM
      H2=H2+1.D0
    3 PLM=PLM*H1*(L+H2)
    4 H1=(L+L+1.D0)*X
      H2=X+X
      P1=PLM*H1
      P2=PLM
      MM1=M-1.D0
      RETURN
C
    5 PLM=0.D0
      RETURN
      END
```

```
C
C
C
C     UNTERPROGRAMM ZUM ZEICHNEN VON STREUAMPLITUDEN
C     ==============================================
C
      SUBROUTINE KUNST(NZ,Z,LO,IK,Q)
C     ------------------------------
C
      EQUIVALENCE (ZF(1),ZX),(ZF(2),ZY),(ZF(1),ZC)
      LOGICAL*1 SPACE/' '/,NULL/'0'/,PLUS/'+'/,MINUS/'-'/,
     A          STERN/'*'/,PY,YACHSE(101)
      REAL*4 BX(101),PX(101),LO
      REAL*8 PI/3.14159265358979/,ZF(2),ZX,ZY,V1,V2,V3,VS
      COMPLEX*16 Z(NZ),ZC
C
      V1=0.
      ZC=Z(NZ)
      IF(CDABS(ZC).GT.1.E-70) V1=DATAN2(ZY,ZX)
      V2=V1
      PXMIN=1.E70
      DO 4 L=1,NZ
      I=NZ+1-L
      ZC=Z(I)
      BX(I)=CDABS(ZC)
      VS=(V2-V1)*.9+V2
      V3=VS
      IF(BX(I).GT.1.E-70)  V3=DATAN2(ZY,ZX)
    2 CONTINUE
      IF(DABS(VS-V3).LE.PI) GO TO 3
      V3=V3+DSIGN(PI+PI,VS-V3)
      GO TO 2
    3 CONTINUE
      V1=V2
      V2=V3
      PX(I)=V3*57.2957795128
      PXMIN=AMIN1(PX(I),PXMIN)
    4 CONTINUE
      IF(PXMIN.GE.0.) GO TO 13
      PX0=(AINT(-PXMIN/360.)+1.)*360.
      DO 12 I=1,NZ
   12 PX(I)=PX(I)+PX0
   13 CONTINUE
C
      BMAS=0.
      PMAS=0.
      DO 9 J=1,NZ
      BMAS=AMAX1(ABS(BX(J)),BMAS)
    9 PMAS=AMAX1(ABS(PX(J)),PMAS)
      BMAS=AINT(BMAS*10.+.99)*.1+.1E-40
      PMAS=(AINT(PMAS*.01)+1.)*100.
      IF(IK.EQ.7777777) WRITE(6,10)  BMAS,PMAS
      IF(IK.NE.7777777) WRITE(6,11)  BMAS,PMAS,IK,Q
   10 FORMAT('1 L     BETRAG(*)     PHASE(+)',15X,'F.S.BETRAG = ',F4.1,
     A      5X,'F.S.PHASE = ',F5.0,' (GRAD)',15X,'STREUFUNKTION'//)
   11 FORMAT('1 L     BETRAG(*)     PHASE(+)',15X,'F.S.BETRAG = ',F4.1,
     A      5X,'F.S.PHASE = ',F5.0,' (GRAD)',5X,' I = ',I2,
     A      5X,' Q = ',F7.4,' (MEV) '//)
C
      GL=LO-1.
```

```
      DO 7 I=1,NZ
      GL=GL+1.
      YACHSE(1)=NULL
      PY=SPACE
      IF(I.EQ.1) PY=MINUS
      DO 5 L=2,101
    5 YACHSE(L)=PY
      IP=PX(I)*100./PMAS+1.5
      IF(IP.LE.101) YACHSE(IP)=PLUS
      IB=BX(I)*100./BMAS+1.5
      IF(IB.LE.101) YACHSE(IB)=STERN
    7 WRITE(6,8) GL,BX(I),PX(I),YACHSE
    8 FORMAT(' ',F4.1,1PE11.3,E12.3,3X,101A1)
      RETURN
      END
```

```
C
C
C
C     UNTERPROGRAMM ZUM ZEICHNEN VON STREUQUERSCHNITTEN
C     =================================================
C
      SUBROUTINE ZSQ(NA,NZ,QW,IK,NP,IS)
C     ---------------------------------
C
      COMMON W4(64000)
      LOGICAL*1 SPACE/' '/,PLUS/'+'/,MINUS/'-'/,STRICH/'|'/,STERN/'*'/,
     A          HY,YACHSE(125)
C
      SMIN=1.E70
      WMIN=1.E70
      SMAX=0.
      WMAX=0.
      DO 1 J=1,NP
      SJ=W4(IS+4*J-2)
      WJ=W4(IS+4*J-3)
      SMIN=AMIN1(SMIN,SJ)
      WMIN=AMIN1(WMIN,WJ)
      WMAX=AMAX1(WMAX,WJ)
    1 SMAX=AMAX1(SMAX,SJ)
C
      IF(SMIN.LT.1.) SMIN=SMIN/10.
      IF(SMAX.GE.1.) SMAX=SMAX*10.
      YO=AINT(ALOG10(SMIN))
      YM=AINT(ALOG10(SMAX))
      YMAS=AINT(124./(YM-YO))
      DX=AINT(10.*(WMAX-WMIN)/NP)/10.
      XO=AINT(WMIN-DX)
C
      NYO=YO
      NYM=YM
      WRITE(6,2) NA,NZ,QW,IK,NYO,NYM
    2 FORMAT('1',45X,'A =',I3,5X,'Z =',I3,5X,'Q =',F6.3,' (MEV) ',5X,
     A        'I =',I2//' THETA',40X,'SIGMA (MB/SR) '/
     A        ' (GRAD)',39X,'POTENZBEREICH : ',I3,' BIS ',I3//)
C
      DO 3 J=1,125
    3 YACHSE(J)=MINUS
      JM=NYM-NYO+1
      DO 4 J=1,JM
      I=1+(J-1)*YMAS
    4 YACHSE(I)=PLUS
      WRITE(6,5) XO,YACHSE
    5 FORMAT(' ',F5.1,1X,125A1)
C
      NP4=4*(NP-1)+1
      LM=(WMAX-XO)/DX+1.
      DO 10 L=1,LM
      XL=XO+L*DX
      XMI=XL-DX/2.
      XMA=XL+DX/2.
      DO 6 J=2,125
    6 YACHSE(J)=SPACE
      YACHSE(1)=STRICH
C
      DO 9 J=1,NP4,4
```

```
      WL=W4(IS+J)
      IF(WL.LT.XMI) GO TO 8
      IF(WL.GE.XMA) GO TO 8
C
      SE=W4(IS+J+1)
      ST=W4(IS+J+2)
      DS=W4(IS+J+3)
      YMI=-1.
      IF(SE.GT.DS) YMI=ALOG10(SE-DS)-YO
      YMA=ALOG10(SE+DS)-YO
      YE=ALOG10(SE)-YO
      YT=ALOG10(ST)-YO
      KM=(YMA-YMI)*YMAS+1.5
C
      DO 7 K=1,KM
      I=YMI*YMAS+K+.5
      HY=MINUS
      IF(K.EQ.1.OR.K.EQ.KM) HY=STRICH
      IF(I.GE.1.AND.I.LE.125) YACHSE(I)=HY
    7 CONTINUE
C
      I=YE*YMAS+1.5
      IF(I.GE.1.AND.I.LE.125) YACHSE(I)=PLUS
      I=YT*YMAS+1.5
      IF(I.GE.1.AND.I.LE.125) YACHSE(I)=STERN
    8 CONTINUE
    9 CONTINUE
C
      WRITE(6,5) XL,YACHSE
   10 CONTINUE
      RETURN
      END
```

```
CHISQUARE MINIMISING SUBROUTINE WITHOUT DERIVATIVES
C     PROGRAMMBESCHREIBUNG NR. 202 VON G. W. SCHWEIMER
C     STORAGE PLACES OF W: MAX(M+(N*(5+2*M+3*N))/2,2+M+N*(4*N+7))
      SUBROUTINE VA01A (M,N,F,X,E,ESCALE,IPRINT,MAXFUN,W,P)
      REAL*8 W(3),ACC,B,BB,CHANGE,DM,FA,FC,FF,FMIN,FSEC,SUM,XC,XL,XSTEP,
     1AV,AW
      DIMENSION F(3),X(3),E(3),P(3)
      MA=MAXFUN
      IG=ISIGN(1,MAXFUN)
    1 ITC=0
      MC=0
      IF(N-1)152,2,5
    2 XSTEP=ESCALE*E(1)
      ACC=E(1)
      B=0.
      W(1)=0.
      IE=4
      II=IABS(MAXFUN)-1
      ISS=2
    4 XC=X(1)
      CALL VD01A(ISS,XC,FF,II,ACC,B,XSTEP)
      X(1)=XC
      GO TO 50
    5 ISS=1
      MPLUSN=M+N
      KST=N+MPLUSN
      NPLUS=N+1
      KINV=NPLUS*(MPLUSN+1)
      KSTORE=KINV-MPLUSN-1
      IE=1
      GO TO 50
    6 NN=N+N
      K=NN
      DO 7 I=1,M
      K=K+1
    7 W(K)=F(I)
      GO TO (8,30),ISS
    8 IINV=2
      K=KST
      I=1
    9 IF(IG.EQ.0) GO TO 11
      XC=X(I)
      X(I)=X(I)+E(I)
      IE=2
      GO TO 50
   10 X(I)=XC
      GO TO (11,30),ISS
   11 DO 12 J=1,N
      K=K+1
      W(K)=0.
   12 W(J)=0.
      SUM=0.
      KK=NN
      IL=(I*(I-1))/2
      DO 13 J=1,M
      KK=KK+1
      F(J)=F(J)-W(KK)
      DM=F(J)*F(J)
      JL=IL+J
      IF(J.GT.I) JL=I+(J*(J-1))/2
```

```
      IF(IG.EQ.0) DM=W(I2+JL)**2*AV/W(I2+(J*(J+1))/2)
   13 SUM=SUM+DM
      IF(SUM) 85,85,14
   14 SUM=1./DSQRT(SUM)
      J=K-N+I
      W(J)=SUM*E(I)
      IF(IG.EQ.0) W(J)=SUM
      DO 17 J=1,M
      K=K+1
      DM=F(J)
      JL=IL+J
      IF(J.GT.I) JL=I+(J*(J-1))/2
      IF(IG.EQ.0) DM=W(I2+JL)*DSQRT(AV/W(I2+(J*(J+1))/2))
      W(K)=SUM*DM
      KK=NN+J
      DO 17 II=1,I
      KK=KK+MPLUSN
      W(II)=W(II)+W(KK)*W(K)
      IF(J-M) 17,15,15
   15 IF(I-II) 17,17,16
   16 IF(W(II)-1.) 17,87,87
   17 CONTINUE
      ILESS=I-1
      IGAMAX=N+I-1
      INCINV=N-ILESS
      INCINP=INCINV+1
      IF(ILESS) 18,18,19
   18 W(KINV)=1.
      GO TO 27
   19 B=1.
      DO 20 J=NPLUS,IGAMAX
   20 W(J)=0.
      KK=KINV
      DO 24 II=1,ILESS
      IIP=II+N
      W(IIP)=W(IIP)+W(KK)*W(II)
      JL=II+1
      IF(JL-ILESS) 21,21,23
   21 DO 22 JJ=JL,ILESS
      KK=KK+1
      JJP=JJ+N
      W(IIP)=W(IIP)+W(KK)*W(JJ)
   22 W(JJP)=W(JJP)+W(KK)*W(II)
   23 B=B-W(II)*W(IIP)
   24 KK=KK+INCINP
      B=1./B
      KK=KINV
      DO 26 II=NPLUS,IGAMAX
      BB=-B*W(II)
      DO 25 JJ=II,IGAMAX
      W(KK)=W(KK)-BB*W(JJ)
   25 KK=KK+1
      W(KK)=BB
   26 KK=KK+INCINV
      W(KK)=B
   27 GO TO (96,28),IINV
   28 I=I+1
      IF(I-N) 9,9,29
   29 IINV=1
   30 FF=0.
      KL=NN
      DO 31 I=1,M
      KL=KL+1
      F(I)=W(KL)
   31 FF=FF+W(KL)*W(KL)
      GO TO (95,106),ISS
COUNTER FOR THE ITERATIONS: ITC
   32 ITC=ITC+1
      K=N
      KK=KST
      DO 33 I=1,N
      K=K+1
      W(K)=0.
      KK=KK+N
      W(I)=0.
      DO 33 J=1,M
      KK=KK+1
   33 W(I)=W(I)+W(KK)*DBLE(F(J))
      DM=0.
      K=KINV
      DO 38 II=1,N
      IIP=II+N
      W(IIP)=W(IIP)+W(K)*W(II)
      JL=II+1
      IF(JL-N) 34,34,36
   34 DO 35 JJ=JL,N
      JJP=JJ+N
      K=K+1
      W(IIP)=W(IIP)+W(K)*W(JJ)
   35 W(JJP)=W(JJP)+W(K)*W(II)
      K=K+1
   36 IF (DM-DABS(W(II)*W(IIP))) 37,37,38
   37 DM=DABS(W(II)*W(IIP))
      KL=II
   38 CONTINUE
      II=N+MPLUSN*KL
      CHANGE=.1D0
      DO 41 I=1,N
      JL=N+I
      W(I)=0.
      DO 39 J=NPLUS,NN
      JL=JL+MPLUSN
   39 W(I)=W(I)+W(J)*W(JL)
      II=II+1
      W(II)=W(JL)
      W(JL)=X(I)
      IF(DABS(DBLE(E(I))*CHANGE)-DABS(W(I))) 40,40,41
   40 CHANGE=DABS(W(I)/DBLE(E(I)))
   41 CONTINUE
      IF(1.-CHANGE) 43,43,42
   42 ICONT=2
   43 DO 44 I=1,M
      II=II+1
      JL=JL+1
      W(II)=W(JL)
   44 W(JL)=F(I)
      FC=FF
      ACC=.1D0/CHANGE
      IE=3
      IS=3
```

```
      IT=3
      XC=0.
      XL=0.
      XSTEP=-DABS(DBLE(ESCALE)/CHANGE)
      IF(.5D0+XSTEP)45,46,46
   45 XSTEP=-.5D0
   46 CALL VD01A(IT,XC,FC,20,ACC,.1D0,XSTEP)
      GO TO (47,67,93,93),IT
   47 GO TO (48,67),ISS
   48 XL=XC-XL
      DO 49 J=1,N
   49 X(J)=DBLE(X(J))+XL*W(J)
      XL=XC
COUNTER FOR THE CALLS OF CALFUN: MC
   50 MC=MC+1
      IF(IG.EQ.0) GO TO 132
      CALL CALFUN (M,N,F,X,P)
      IF(M) 90,152,51
   51 IF(MC-IABS(MAXFUN))52,91,91
   52 GO TO(6,10,53,104,122),IE
   53 FC=0.
      DO 54 J=1,M
      B=F(J)
   54 FC=FC+B*B
      IF(FC.EQ.0.D0) GO TO 103
      GO TO (58,58,55),IS
   55 K=N
      IF(FC-FF)56,46,57
   56 IS=2
      FMIN=FC
      FSEC=FF
      GO TO 64
   57 IS=1
      FMIN=FF
      FSEC=FC
      GO TO 64
   58 IF(FC-FSEC) 59,46,46
   59 K=KSTORE
      GO TO (60,61),IS
   60 K=N
   61 IF(FC-FMIN)63,46,62
   62 FSEC=FC
      GO TO 64
   63 IS=3-IS
      FSEC=FMIN
      FMIN=FC
   64 DO 65 J=1,N
      K=K+1
   65 W(K)=X(J)
      DO 66 J=1,M
      K=K+1
   66 W(K)=F(J)
      GO TO 46
   67 K=KSTORE
      KK=N
      GO TO (69,68,69),IS
   68 K=N
      KK=KSTORE
   69 SUM=0.
      DM=0.
      JJ=KSTORE
      DO 70 J=1,N
      K=K+1
      KK=KK+1
      JJ=JJ+1
      X(J)=W(K)
   70 W(JJ)=W(K)-W(KK)
      DO 71 J=1,M
      K=K+1
      KK=KK+1
      JJ=JJ+1
      F(J)=W(K)
      W(JJ)=W(K)-W(KK)
      SUM=SUM+W(JJ)*W(JJ)
   71 DM=DM+W(JJ)*DBLE(F(J))
      GO TO (72,104),ISS
   72 J=KINV
      KK=NPLUS-KL
      DO 73 I=1,KL
      K=J+KL-I
      J=K+KK
      W(I)=W(K)
   73 W(K)=W(J-1)
      IF(KL-N) 74,76,76
   74 KL=KL+1
      JJ=K
      DO 75 I=KL,N
      K=K+1
      J=J+NPLUS-I
      W(I)=W(K)
   75 W(K)=W(J-1)
      W(JJ)=W(K)
      B=1./W(KL-1)
      W(KL-1)=W(N)
      GO TO 77
   76 B=1./W(N)
   77 K=KINV
      DO 79 I=1,ILESS
      BB=B*W(I)
      DO 78 J=I,ILESS
      W(K)=W(K)-BB*W(J)
   78 K=K+1
   79 K=K+1
      IF(FF-FMIN) 82,82,80
   80 FF=FMIN
      CHANGE=DABS(XC)*CHANGE
      IF(CHANGE-1.) 82,82,81
   81 ICONT=1
   82 XL=-DM/FMIN
      SUM=1./DSQRT(SUM+DM*XL)
      K=KSTORE
      DO 83 I=1,N
      K=K+1
      W(K)=SUM*W(K)
   83 W(I)=0.
      DO 84 I=1,M
      K=K+1
      W(K)=SUM*(W(K)+XL*DBLE(F(I)))
      KK=NN+I
      DO 84 J=1,N
```

```
      KK=KK+MPLUSN
   84 W(J)=W(J)+W(KK)*W(K)
      GO TO 19
   85 WRITE(6,86)I,I
   86 FORMAT(9H0VA01A E(,I2,57H) UNREASONABLY SMALL OR THE FUNCTIONS DO
     1NOT DEPEND ON X(I2,1H))
      W(1)=1.
      GO TO 89
   87 WRITE(6,88)II,I
   88 FORMAT(39H0VA01A FUNCTIONAL DEPENDENCE BETWEEN X(I2,8H) AND X(I2,1
     1H))
      W(1)=2.
   89 IG=1
      ISS=2
      GO TO 30
   90 M=-M
      MC=-MC
      IG=1
   91 WRITE(6,92)MC
   92 FORMAT(6H0VA01A,I6,16H CALLS OF CALFUN)
      W(1)=3.
      ISS=2
      GO TO 52
   93 WRITE(6,94)
   94 FORMAT(73H0VA01A ROUNDING ERRORS IN CALFUN OR ONE OF THE E(I) IS U
     1NREASONABLY SMALL)
      W(1)=4.
      ISS=2
      GO TO 67
   95 ICONT=1
      IPP=IABS(IPRINT)*(IABS(IPRINT)-1)
      IPS=1
      IPC=0
   96 IPC=IPC-IABS(IPRINT)
      IF(IPC) 97,102,102
   97 WRITE(6,98) ITC,MC,FF
   98 FORMAT(10H0ITERATIONI4,I9,16H CALLS OF CALFUN5X,11HCHISQUARE =1PD
     112.5)
      WRITE(6,99) (X(I),I=1,N)
   99 FORMAT(10H VARIABLES/(1P10E13.5))
      IF(IPRINT.LT.0.AND.ITC*(2-IPS).NE.0) GO TO 101
      WRITE(6,100) (F(I),I=1,M)
  100 FORMAT(10H FUNCTIONS/(1P10E13.5))
  101 IPC=IPP
      GO TO (102,109),IPS
  102 GO TO (32,103),ICONT
  103 W(1)=0.
      ISS=2
  104 FF=0.
      DO 105 J=1,M
  105 FF=FF+DBLE(F(J))*DBLE(F(J))
      GO TO (4,106,106,106),ISS
  106 IF(IPRINT) 107,109,107
  107 WRITE(6,108)
  108 FORMAT(46H0VA01A FINAL VALUES OF FUNCTIONS AND VARIABLES)
      IPS=2
      GO TO 97
  109 IF(MA.LT.0.AND.MAXFUN.GT.0) IG=0
      IF(IG) 110,135,152
CAMMA MATRIX AND VARIABLE ERRORS
```

```
  110 DO 111 I=1,M
      K=N+I
  111 W(K)=F(I)
      DO 114 I=1,N
      XC=X(I)
      X(I)=X(I)+E(I)
      MC=MC+1
      CALL CALFUN(M,N,F,X,P)
      X(I)=XC
      IF(M) 112,152,113
  112 IE=5
      GO TO 90
  113 DO 114 J=1,M
      K=K+1
  114 W(K)=(DBLE(F(J))-W(J+N))/DBLE(E(I))
      IF(IPRINT) 117,117,115
  115 WRITE(6,116) MC
  116 FORMAT(13H0GAMMA MATRIXI10,16H CALLS OF CALFUN)
  117 DO 121 I=1,N
      II=K+1
      IL=N+I*M
      DO 118 J=1,I
      JL=N+J*M
      K=K+1
      W(K)=0.
      DO 118 L=1,M
  118 W(K)=W(K)+W(L+IL)*W(L+JL)
      IF(IPRINT) 121,121,119
  119 WRITE(6,120) (W(L),L=II,K)
  120 FORMAT(1P10D13.5)
  121 CONTINUE
  122 DO 123 I=1,M
  123 F(I)=W(N+I)
      IF(IE.EQ.5)  GO TO 152
      IG=0
      I=M+N+M*N
      IL=(N*(5*N+11))/2+M+2
      I2=IL
      JL=I-IL
      K=(N*(N+1))/2
      IF(JL) 124,127,125
  124 IL=IL+K+1
  125 II=ISIGN(1,JL)
      DO 126 I=1,K
      IL=IL+II
  126 W(IL)=W(IL+JL)
  127 K=I2-M-N-N
      W(K-1)=W(1)
      W(K)=FF
      AW=0.
      DO 128 I=1,M
      K=K+1
      AW=AW+F(I)
  128 W(K)=F(I)
      AW=(FF-AW*AW/M)/AMAX0(M-N,1)
      DO 129 I=1,N
      K=K+1
      W(K)=X(I)
  129 W(K+N)=E(I)
      ES=ESCALE
```

```
      ESCALE=1.E6
      IP=IPRINT
      IPRINT=0
      IF(MA.EQ.-111111) IPRINT=1
      MAXFUN=100+10*N
      MV=M
      M=N
      I1=0
  130 I1=I1+1
      AV=W(I2+(I1*(I1+1))/2)
      DO 131 I=1,N
      X(I)=0.
  131 E(I)=.5/DSQRT(AV*W(I2+(I*(I+1))/2))
      GO TO 1
CALFUN ERROR ENHANCEMENT
  132 DO 134 J=1,N
      SUM=0.
      JL=(J*(J-1))/2
      DO 133 I=1,N
      IL=I+JL
      IF(I.GT.J) IL=J+(I*(I-1))/2
  133 SUM=SUM+X(I)*W(I2+IL)
      IF(J.EQ.I1) SUM=SUM-1.
  134 F(J)=SUM*DSQRT(AV/W(I2+(J*(J+1))/2))
      GO TO 51
C
  135 K=N*(3*N+6)+MV+2
      IF(X(I1)) 136,138,138
  136 DO 137 I=1,N
  137 X(I)=-X(I)
  138 W(K+I1)=DSQRT(X(I1)*AV)
      IF(X(I1).EQ.0.) GO TO 140
      FA=DSQRT(AW/X(I1))
      DO 139 I=1,N
  139 W(K+N*I1+I)=FA*X(I)
  140 IF(I1-N) 130,141,141
  141 M=MV
      K=N*(3*N+6)+M+2
      IF(IP) 146,149,142
  142 WRITE(6,143)
  143 FORMAT(18HOTANGENTIAL POINTS)
      DO 144 I=1,N
  144 WRITE(6,120) (W(K+I*N+J),J=1,N)
  146 I=MAX0(M-N,1)
      WRITE(6,147) I,(W(K+I*N+I),I=1,N)
  147 FORMAT(42HOSTANDART ERRORS OF THE VARIABLES ASSUMING,I5,19H DEGREE
     1S OF FREEDOM/(1P10D13.5))
      WRITE(6,148) (W(K+I),I=1,N)
  148 FORMAT(19HOERROR ENHANCEMENTS/(1P10D13.5))
  149 W(3)=I2
      W(4)=K
      K=I2-M-N-N
      W(1)=W(K-1)
      FF=W(K)
      DO 150 I=1,M
      K=K+1
  150 F(I)=W(K)
      DO 151 I=1,N
      K=K+1
      X(I)=W(K)
  151 E(I)=W(N+K)
      ESCALE=ES
      IPRINT=IP
      MAXFUN=MA
  152 W(2)=FF
      RETURN
      END
```

```
      SUBROUTINE VD01A (ITEST,X,F,MAXFUN,ABSACC,RELACC,XSTEP)
C     MINIMISATION OF A FUNCTION OF ONE VARIABLE
C     PROGRAMMBESCHREIBUNG NR. 202 VON G. W. SCHWEIMER
      IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
      GO TO (7,1,1),ITEST
    1 IS=6-ITEST
      ITEST=1
      IINC=1
      XINC=XSTEP+XSTEP
      MC=IS-3
      IF(MC)9,9,6
    2 MC=MC+1
      IF(MAXFUN-MC)3,6,6
    3 ITEST=4
    4 X=DB
      F=FB
      IF(FB-FC)6,6,5
    5 X=DC
      F=FC
    6 RETURN
    7 GO TO (17,15,10,8),IS
    8 IS=3
    9 DC=X
      FC=F
      X=X+XSTEP
      GO TO 2
   10 IF(FC-F)12,11,13
   11 X=X+XINC
      XINC=XINC+XINC
      GO TO 2
   12 DB=X
      FB=F
      XINC=-XINC
      GO TO 14
   13 DB=DC
      FB=FC
      DC=X
      FC=F
   14 X=DC+DC-DB
      IS=2
      GO TO 2
   15 DA=DB
      DB=DC
      FA=FB
      FB=FC
   16 DC=X
      FC=F
      GO TO 27
   17 IF(FB-FC)21,18,18
   18 IF(F-FB)19,16,16
   19 FA=FB
      DA=DB
   20 FB=F
      DB=X
      GO TO 27
   21 IF(FA-FC)23,23,22
   22 XINC=FA
      FA=FC
      FC=XINC
      XINC=DA
```

```
      DA=DC
      DC=XINC
   23 XINC=DC
      IF((D-DB)*(D-DC))16,24,24
   24 IF(F-FA)25,26,26
   25 FC=FB
      DC=DB
      GO TO 20
   26 FA=F
      DA=X
   27 IF(FB-FC)28,28,29
   28 IINC=2
      XINC=DC
      IF(FB-FC)29,45,29
   29 IF((DA-DB)*(DA-DC))30,31,30
   30 D=(FA-FB)/(DA-DB)-(FA-FC)/(DA-DC)
      IF(D)34,31,34
   31 X=4.
      IF(FB-FC)33,32,32
   32 X=-4.
   33 X=DB-X*(DC-DB)
      IS=2
      ITEST=1
      GO TO 2
   34 IF(D*(DB-DC))41,35,35
   35 D=0.5*(DB+DC-(FB-FC)/D)
      IF(DABS(D-X)-DABS(ABSACC))37,37,36
   36 IF(DABS(D-X)-DABS(D*RELACC))37,37,38
   37 ITEST=2
      GO TO 4
   38 IS=1
      X=D
      IF((DA-DC)*(DC-D))2,46,39
   39 IS=2
      GO TO (40,43),IINC
   40 IF(DABS(XINC)-DABS(DC-D))42,2,2
   41 IS=2
      GO TO (42,44),IINC
   42 X=DC
      GO TO 11
   43 IF(DABS(XINC-X)-DABS(X-DC))44,44,2
   44 X=0.5*(XINC+DC)
      IF((XINC-X)*(X-DC))46,46,2
   45 X=0.5*(DB+DC)
      IF((DB-X)*(X-DC))46,46,2
   46 ITEST=3
      GO TO 4
      END
```

```
C
C     ROUTINE FOR PRODUCING AN UNFORMATTED INPUT-FILE
C
C
      SUBROUTINE FREEFO (INP,NFI,NFO,LF,F,NF)
      DIMENSION LF(1),F(1),NF(1),JZ(2)
      REAL*8 N8,NV8/5HNUFIN/,VC
      LOGICAL*1 JF(8),JX(2)
      INTEGER*2 NFE(80),LV(18),JY(4),LL,JKFE,STERN/2H* /
      EQUIVALENCE (JZ(1),JF(1),JY(1),N8),(LL,JX(1))
      DATA LV(1)/1H /,LV(2)/1H0/,LV(3)/1H1/,LV(4)/1H2/,LV(5)/1H3/,
     1LV(6)/1H4/,LV(7)/1H5/,LV(8)/1H6/,LV(9)/1H7/,LV(10)/1H8/,
     2LV(11)/1H9/,LV(12)/1H+/,LV(13)/1H+/,LV(14)/1H-/,LV(15)/1H./,
     3LV(16)/1HE/,LV(17)/1H@/,LV(18)/1H'/,LE/4HHEXA/,LFO/4HFORM/
     4,LSPE/4HSPEC/,LNO/4HNORM/
C
C
C
      IY=80
      GOTO 9111
C
C
      ENTRY FREE72 (INP,NFI,NFO,LF,F,NF)
      IY=72
C
C
 9111 V=1.
      MV=1
      LPP=0
      NF(1)=0
      LSU=0
      LS=0
      LP=0
      NS=0
      LO=0
      N=0
      LL=LV(1)/256
      KSPNO=0
      KOUT=0
C
C
C
   33 IF(NF(1).EQ.LE) GOTO 2
      IF(NF(1).EQ.LFO) GOTO 2
      GOTO 201
  200 KOUT=1
      GOTO 12
  201 JZ(1)=NF(1)
      JZ(2)=NF(2)
      IF(N8.EQ.NV8) GOTO 200
      READ(5,(INP) 1,END=200,ERR=3) (NFE(I),I=1,80)
    1 FORMAT(80A1)
      GO TO 4
    2 IF(NFI)203,203,202
  202 ENDFILE NFI
      REWIND NFI
  203 RETURN
    3 WRITE (NFO,5)
    5 FORMAT(1H0/48H ERROR-CONDITION IN DATA TRANSFER OR INPUT-ERROR)
      STOP
```

```
    4 IF (IY.EQ.80) GOTO 6667
      JKFE=NFE(73)
      NFE(73)=STERN
 6667 WRITE (NFO,6) (NFE(I),I=1,80)
    6 FORMAT(1X,80A1)
      IF (IY.EQ.80) GOTO 6668
      NFE(73)=JKFE
C
C
C
 6668 IF(NF(1).EQ.LNO) GOTO 500
      IF(NF(1).EQ.LSPE) GOTO 501
      GOTO 502
  500 KSPNO=0
      GOTO 11
  501 KSPNO=1
      GOTO 11
  502 IF(NFE(1).EQ.LV(1)) GOTO 10
      IF(N)11,11,12
   12 IF(NFI)13,13,144
  144 IF(KSPNO)145,145,14
   14 WRITE (NFI) N,(NF(I),I=1,N)
  111 IF(KOUT)11,11,2
  145 WRITE (NFI) (NF(I),I=1,N)
      GOTO 111
   13 NS=NS+1
      LF(NS)=N
      N1=NS+1
      N2=NS+N
      N=0
      DO 15  I=N1,N2
      N=N+1
   15 LF(I)=NF(N)
      NS=N2
      GOTO 111
   11 N=0
      J=0
      GO TO 16
   10 J=1
   16 J=J+1
C
C
C
   97 DO 20  K=1,18
      IF(NFE(J).EQ.LV(K)) GO TO 21
   20 CONTINUE
      GO TO 3
C
C
C
   21 IF(K-1)30,30,22
   30 IF(LS)31,31,32
   31 IF(J-IY)16,33,33
C
C
C
   32 IF(LPP)40,40,41
   40 N=N+1
      NF(N)=LSU*MV
   47 LSU=0
      LS=0
      LO=0
      MV=1
      V=1.
      GOTO 31
C
C
C
   41 M=LP-LS
      IF(LS-9)42,43,43
   43 LSU=LSUR
   42 IF(M)44,45,46
   44 IF(78+M)3,3,45
   46 IF(75-M)3,3,45
   45 N=N+1
      VC=V
      F(N)=DFLOAT(LSU)*VC*10.**M
      LP=0
      LPP=0
      GO TO 47
C
C
C
   22 IF(K-11)50,50,23
   50 LS=LS+1
      LSU=10*LSU+K-2
      IF(LS-9)511,52,511
   52 LSUR=LSU
  511 IF(LPP)51,51,883
  883 LC=-1
      J=J+1
      IF(J-IY)884,884,32
   51 IF(J-IY)16,32,32
C
C
C
   23 IF(K-14)60,60,24
   60 IF(LO)61,61,3
   61 LO=1
      IF(K-14)62,63,63
   63 V=-1.
      MV=-1
   62 IF(J-IY)64,3,3
   64 J=J+1
      DO 65  K=2,11
      IF(NFE(J).EQ.LV(K)) GO TO 50
   65 CONTINUE
      IF(NFE(J).EQ.LV(15)) GO TO 70
      GO TO 3
C
C
C
   24 IF(K-15)70,70,25
   70 IF(LP)71,71,3
   71 LP=LS
      LPP=1
      IF(J-IY)72,73,73
   73 IF(LS)3,3,41
   72 J=J+1
      DO 74  K=2,11
```

```
      IF(NFE(J).EQ.LV(K)) GO TO 50
   74 CONTINUE
      IF(NFE(J).EQ.LV(1)) GO TO 73
      IF(NFE(J).EQ.LV(16)) GO TO 81
      LC=0
  884 LA=0
      LV1=1
      LP1=0
      IF(J-IY)882,882,3
C
C
C
   25 IF(K-16)80,80,26
   80 IF(LPP)3,3,81
   81 LA=0
      LC=1
      LV1=1
      LP1=0
      IF(J-IY)82,3,3
   82 J=J+1
      IF(NFE(J).EQ.LV(1)) GO TO 83
  882 IF(NFE(J).EQ.LV(12)) GO TO 83
      IF(NFE(J).EQ.LV(13)) GO TO 83
      IF(NFE(J).EQ.LV(14)) GO TO 84
      IF(LC)97,3,85
   84 LV1=-1
   83 IF(J-IY)86,3,3
   86 J=J+1
   85 DO 87 K=2,11
      IF(NFE(J).EQ.LV(K)) GO TO 88
   87 CONTINUE
      IF(NFE(J).EQ.LV(1)) GO TO 89
      GO TO 3
   89 IF(LA)3,3,90
   88 LA=1
      LP1=10*LP1+K-2
      IF(J-IY)86,90,90
   90 LP=LP+LP1*LV1
      GO TO 41
C
C
C
   26 IF(K-17)300,300,301
  300 M=5
      K7=17
      GO TO 117
  301 M=4
      K7=18
  117 LC=0
  116 LA=0
      DO 100  L=1,4
  100 JY(L)=LV(1)
  110 J=J+1
      IF(J-IY)101,102,102
  102 IF(NFE(J).EQ.LV(K7)) GOTO 120
      LC=0
      GOTO 121
  120 J=J-1
  121 IF(LC)33,3,112
  101 IF(NFE(J).EQ.LV(K7)) GO TO 106
      GO TO 107
  106 IF(LC)105,3,102
  107 LA=LA+1
      LC=1
      LL=NFE(J)
      JF(LA)=JX(1)
      IF(LA-M)110,112,112
  112 N=N+1
      NF (N)=JZ(1)
      IF(K-17)433,433,434
  433 N=N+1
      NF (N)=JZ(2)
  434 LC=-1
      IF(NFE(J+1).EQ.LV(K7)) GOTO 110
      GOTO 116
  105 IF(NFE(J+1).EQ.LV(1)) GOTO 16
      GO TO 3
      END
```

```
      COMPLEX FUNCTION CDLGAM*16(Z)
C DR. SCHWEIMER , ZYKL
C  LOGARITMUS DER GAMMA-FUNKTION FUER KOMPLEXE ARGUMENTE
C  DOPPELTE GENAUHIGKEIT
C  PROGRAMM-BESCHREIBUNG NR. 189
C  REZ = REALTEIL VON Z
C  IMZ = IMAGINAERTEIL VON Z
      COMPLEX*16 Z,ZM2,CDL,LSIN
      REAL REZ,IMZ
C  REALTEIL VON Z: REZ >= 1/2, IR = 0;  REZ < 1/2, IR = 1 UND Z = 1-Z
      REZ=Z
      IMZ=Z*(0.,-1.)
      IR=0
      IF(REZ-.5)1,2,2
    1 IR=1
      Z=1.-Z
C  BETRAG VON Z: |Z| >= 8, MOD = 0; |Z| < 8, MOD = SQRT(64-IMZ**2)-REZ
C                                          UND Z = Z+MOD
    2 MOD=0
      A=64.-IMZ*IMZ
      IF(A-REZ*REZ)4,4,3
    3 MOD=1+INT(SQRT(A)-REZ)
      Z=Z+DFLOAT(MOD)
C  LOGARITMUS DER GAMMA-FUNKTION MIT EINEM FEHLER < .03/Z**15
    4 ZM2=1./(Z*Z)
      CDL=.918938533204672 6-Z+(Z-.5)*CDLOG(Z)+(.08333333333333333+ZM2*(-
     1.002777777777777778+ZM2*(7.936507936507936D-4+ZM2*( -5.9523809523
     280952D-4+ZM2*(8.417508417508418D-4+ZM2*(-1.917526917526918D-3+ZM2
     3*.0064102564102564 10))))))/Z
C  ZURUECKRECHNUNG IN DEN BEREICH |Z| < 8
      IF(MOD)7,7,5
    5 DO 6 I=1,MOD
      Z=Z-1.
    6 CDL=CDL-CDLOG(Z)
C  ZURUECKRECHNUNG IN DEN BEREICH REZ < 1/2
    7 IF(IR)17,17,8
    8 IF(IMZ)9,9,10
    9 IR=0
      Z=DCONJG(Z)
   10 ZM2=(0.,3.141592653589793)*Z
      LSIN=0.
      REZ=ZM2
      IF(REZ-10.)11,11,12
   11 LSIN=CDLOG(1.-CDEXP(-2.*ZM2))
      GO TO 14
   12 IF(REZ-30.)13,13,14
   13 LSIN=-CDEXP(-2.*ZM2)
   14 LSIN=(0.,-1.570796326794897)+ZM2+LSIN
      IF(IR)15,15,16
   15 Z=DCONJG(Z)
      LSIN=DCONJG(LSIN)
   16 Z=1.-Z
      CDL=1.837877066409345-CDL-LSIN
   17 COLGAM=CDL
      RETURN
      END
```

```
C
C
C     BERECHNUNG VON WIGNER 3-J-SYMBOLEN
C     ----------------------------------
C     DR. SPECHT, ZYKLOTRON
C     PROGRAMMBESCHREIBUNG NR. 214
C GUDRUN HOFFMANN, G. W. SCHWEIMER, PROGRAMMBESCHREIBUNG NR. 265
C
C     J1+J2+J3=MAXIMAL 400
C     ARGUMENTE REAL*4, ERGEBNIS REAL*8
C
      REAL FUNCTION W3JS*8(J1,J2,J3,M1,M2,M3)
      REAL*4 J1,J2,J3,M1,M2,M3,J(3),M(3)
      REAL*8 W3J,H8,FF,S,LF(402),
     A    LF1(57),LF2(57),LF3(57),LF4(57),LF5(57),LF6(57),LF7(57),LF8(3)
      DIMENSION A(10),N(10)
      EQUIVALENCE  (LF(  1),LF1(1)),(LF( 58),LF2(1)),
     A             (LF(115),LF3(1)),(LF(172),LF4(1)),
     A             (LF(229),LF5(1)),(LF(286),LF6(1)),
     A             (LF(343),LF7(1)),(LF(400),LF8(1))
C
      DATA  LF1/
     A    0.0                ,    0.0                ,    0.693147180559945,
     A    1.791759469228054,    3.178053830347945,    4.787491742782045,
     A    6.579251212010100,    8.525161361065416,   10.604602902745240,
     A   12.801827480081460,   15.104412573075510,   17.502307845873880,
     A   19.987214495661880,   22.552163853123410,   25.191221182738670,
     A   27.899271383840880,   30.671860106080670,   33.505073450136880,
     A   36.395445208033040,   39.339884187199480,   42.335616460753480,
     A   45.380138898476900,   48.471181351835220,   51.606675567764360,
     A   54.784729398112310,   58.003605222980510,   61.261701761001990,
     A   64.557538627006320,   67.889743137181520,   71.257038967168000,
     A   74.658236348830150,   78.092223553315310,   81.557959456115030,
     A   85.054467017581510,   88.580827542197670,   92.136175603687080,
     A   95.719694542143190,   99.330612454787420,  102.968198614513700,
     A  106.631760260643400,  110.320639714757300,  114.034211781461600,
     A  117.771881399745000,  121.533081515438500,  125.317271149356800,
     A  129.123933639127200,  132.952575035616200,  136.802722637326300,
     A  140.673923648234200,  144.565743946344800,  148.477766951772900,
     A  152.409592584497300,  156.360836303078700,  160.331128216630800,
     A  164.320112263195100,  168.327445448427600,  172.352797139162700/
      DATA  LF2/
     A  176.395848406997200,  180.456291417543700,  184.533828861449400,
     A  188.628173423671500,  192.739047287844800,  196.866181672889900,
     A  201.009316399281400,  205.168199482641100,  209.342586752536700,
     A  213.532241494563100,  217.736934113954100,  221.956441819130200,
     A  226.190548323727500,  230.439043565776800,  234.701723442818200,
     A  238.978389561834200,  243.268849002982600,  247.572914096186800,
     A  251.890402209723100,  256.221135550009400,  260.564940971863100,
     A  264.921649798552700,  269.291097651019700,  273.673124285693600,
     A  278.067573440366000,  282.474292687630300,  286.893133295426900,
     A  291.323950094270200,  295.766601350760500,  300.220948647014000,
     A  304.686856765668600,  309.164193580146900,  313.652829949878900,
     A  318.152639620209200,  322.663499126726100,  327.185287703775100,
     A  331.717887196928400,  336.261181979198300,  340.815058870798900,
     A  345.379407062266700,  349.954118040770100,  354.539085519440700,
     A  359.134205369575300,  363.739375555563400,  368.354496072404600,
     A  372.979468885688900,  377.614197873918500,  382.258588773060000,
     A  386.912549123217400,  391.575988217329500,  396.248817051791400,
     A  400.930948278915600,  405.622296161144800,  410.322776526937200,
```

```
A  415.032306728249500,  419.750805599544600,  424.478193418257000/
 DATA  LF3/
A  429.214391866651500,  433.959323995014600,  438.712914186121100,
A  443.475088120918800,  448.245772745384500,  453.024896238495900,
A  457.812387981278100,  462.608178526874800,  467.412199571608100,
A  472.224383926980500,  477.044665492585500,  481.872979229887800,
A  486.709261136839300,  491.553448223297900,  496.405478487217500,
A  501.265290891579100,  506.132825342034800,  511.008022665235900,
A  515.890824587822200,  520.781173716044000,  525.679013515994900,
A  530.584288294433400,  535.496943180169400,  540.416924105997500,
A  545.344177791154800,  550.278651724285400,  555.220294146894700,
A  560.169054037272900,  565.124881094874200,  570.087725725134100,
A  575.057539024710100,  580.034272767130700,  585.017879388838900,
A  590.008311975617700,  595.005524249381800,  600.009470555327200,
A  605.020105849423500,  610.037385686238500,  615.061266207084700,
A  620.091704128477200,  625.128656730890800,  630.172081847810100,
A  635.221937855059600,  640.278183660407900,  645.340778693434900,
A  650.409682895655100,  655.484856710889000,  660.566261075873300,
A  665.653857411105800,  670.747607611912500,  675.847474039736800,
A  680.953419513637400,  686.065407301993900,  691.183401114410600,
A  696.307365093813900,  701.437263808736900,  706.573062245787200/
 DATA  LF4/
A  711.714725802289900,  716.862220279103300,  722.015511873601100,
A  727.174567172815600,  732.339353146739100,  737.509837141777300,
A  742.685986874351100,  747.867770424643200,  753.055156230483900,
A  758.248113081374200,  763.446610112640000,  768.650616799716800,
A  773.860102952558300,  779.075038710167200,  784.295394535245600,
A  789.521141208958700,  794.752249825813300,  799.988691788643300,
A  805.230438803702900,  810.477462875863500,  815.729736303910100,
A  820.987231675937800,  826.249921864842700,  831.517780023906000,
A  836.790779582469800,  842.068894241700300,  847.352097970438300,
A  852.640365001132800,  857.933669825857300,  863.231987192405400,
A  868.535292100464400,  873.843559797865700,  879.156765776907400,
A  884.474885770751700,  889.797895749890100,  895.125771918679700,
A  900.458490711945000,  905.796028791646300,  911.138363043611200,
A  916.485470574328600,  921.837328707804700,  927.193914982476700,
A  932.555207148186100,  937.921183163208000,  943.291821191335600,
A  948.667099599019800,  954.046996952560300,  959.431492015349300,
A  964.820563745165800,  970.214191291518200,  975.612353993035900,
A  981.015031374908200,  986.422203146368400,  991.833849198223400,
A  997.249949600427900, 1002.670484599699000, 1008.095434617181000/
 DATA  LF5/
A 1013.524780246135000, 1018.958502249689000, 1024.396581558613000,
A 1029.838999269135000, 1035.285736640801000, 1040.736775094366000,
A 1046.192096209724000, 1051.651681723868000, 1057.115513528894000,
A 1062.583573670029000, 1068.055844343700000, 1073.532307895632000,
A 1079.012946818974000, 1084.497743752464000, 1089.986681478621000,
A 1095.479742921962000, 1100.976911147255000, 1106.478169357800000,
A 1111.983500893732000, 1117.492889230360000, 1123.006317976525000,
A 1128.523770872990000, 1134.045231790852000, 1139.570684729984000,
A 1145.100113817495000, 1150.633503306223000, 1156.170837573241000,
A 1161.712101118400000, 1167.257278562879000, 1172.806354647774000,
A 1178.359314232696000, 1183.916142294396000, 1189.476823925411000,
A 1195.041344332734000, 1200.609688836495000, 1206.181842868673000,
A 1211.757791971819000, 1217.337521797805000, 1222.921018106587000,
A 1228.508266764987000, 1234.099253745498000, 1239.693965125100000,
A 1245.292387084098000, 1250.894505904978000, 1256.500307971274000,
A 1262.109779766459000, 1267.722907872847000, 1273.339678970514000,
A 1278.960079836231000, 1284.584097342418000, 1290.211718456109000,
A 1295.842930237930000, 1301.477719841099000, 1307.116074510433000,
A 1312.757981581371000, 1318.403428479015000, 1324.052402717176000/
 DATA  LF6/
A 1329.704891897444000, 1335.360883708264000, 1341.020365924024000,
A 1346.683326404160000, 1352.349753092272000, 1358.019634015253000,
A 1363.692957282424000, 1369.369711084692000, 1375.049883693709000,
A 1380.733463461048000, 1386.420438817388000, 1392.110798271712000,
A 1397.804530410515000, 1403.501623897020000, 1409.202067470411000,
A 1414.905849945067000, 1420.612960209816000, 1426.323387227191000,
A 1432.037120032700000, 1437.754147734106000, 1443.474459510714000,
A 1449.198044612666000, 1454.924892360253000, 1460.654992143227000,
A 1466.388333420125000, 1472.124905717604000, 1477.864698629783000,
A 1483.607701817593000, 1489.353905008133000, 1495.103297994041000,
A 1500.855870632867000, 1506.611612846453000, 1512.370514620331000,
A 1518.132566003111000, 1523.897757105896000, 1529.666078101690000,
A 1535.437519224820000, 1541.212070770364000, 1546.989723093587000,
A 1552.770466609379000, 1558.554291791709000, 1564.341189173076000,
A 1570.131149343973000, 1575.924162952357000, 1581.720220703122000,
A 1587.519313357583000, 1593.321431732960000, 1599.126566701876000,
A 1604.934709191857000, 1610.745850184833000, 1616.559980716658000,
A 1622.377091876622000, 1628.197174806974000, 1634.020220702457000,
A 1639.846220809838000, 1645.675166427448000, 1651.507048904731000/
 DATA  LF7/
A 1657.341859641794000, 1663.179590088960000, 1669.020231746333000,
A 1674.863776163364000, 1680.710214938422000, 1686.559539718369000,
A 1692.411742198144000, 1698.266814120346000, 1704.124747274829000,
A 1709.985533498296000, 1715.849164673893000, 1721.715632730827000,
A 1727.584929643961000, 1733.457047433436000, 1739.331978164288000,
A 1745.209713946068000, 1751.090246932468000, 1756.973569320957000,
A 1762.859673352407000, 1768.748551310740000, 1774.640195522566000,
A 1780.534598356830000, 1786.431752224467000, 1792.331649578050000,
A 1798.234282911451000, 1804.139644759506000, 1810.047727697674000,
A 1815.958524341715000, 1821.872027347353000, 1827.788229409961000,
A 1833.707123264234000, 1839.628701683877000, 1845.552957481292000,
A 1851.479883507263000, 1857.409472650652000, 1863.341717838100000,
A 1869.276612033720000, 1875.214148238803000, 1881.154319491523000,
A 1887.097118866650000, 1893.042539475256000, 1898.990574464437000,
A 1904.941217017024000, 1910.894460351312000, 1916.850297720777000,
A 1922.808722413807000, 1928.769727753430000, 1934.733307097049000,
A 1940.699453836172000, 1946.668161396158000, 1952.639423235948000,
A 1958.613232847817000, 1964.589583757115000, 1970.568469522017000,
A 1976.549883733271000, 1982.533820013958000, 1988.520272019243000/
 DATA  LF8/
A 1994.509233436132000, 2000.500697983240000, 2006.494659410547000/
C
    2 W3JS=0.
      W3J=0.
      IF((J1.LT.0.).OR.(J2.LT.0.).OR.(J3.LT.0.))  RETURN
      IF((J3.GT.(J1+J2)).OR.(J3.LT.ABS(J1-J2)))  RETURN
      IF((J1+J2+J3).GT.400.)                      RETURN
      IF((M1.NE.0.).OR.(M2.NE.0.).OR.(M3.NE.0.)) GO TO 3
      IF((AMOD(J1,1.).NE.0.).OR.(AMOD(J2,1.).NE.0.)
     1                        .OR.(AMOD(J3,1.).NE.0.))  RETURN
      IF(AMOD(J1+J2+J3,2.).NE.0.)                       RETURN
      J10=J1
      J20=J2
      J30=J3
      I=J10+J20+J30+1
      JH=(I-1)/2+1
      W3J=(LF(I-2*J10)+LF(I-2*J20)+LF(I-2*J30)-LF(I+1))/2.
      W3J=W3J+LF(JH)-LF(JH-J10)-LF(JH-J20)-LF(JH-J30)
```

```
      W3J=DEXP(W3J)
      IF(MOD(JH,2).EQ.0) W3J=-W3J
      W3JS=W3J
      RETURN
C
    3 J(1)=J1
      J(2)=J2
      J(3)=J3
      M(1)=M1
      M(2)=M2
      M(3)=M3
      IF((M1+M2+M3).NE.0.) RETURN
      DO 4 I=1,3
      IF((AMOD(J(I),.5).NE.0.).OR.(ABS(M(I)).GT.J(I))
     1                        .OR.(AMOD(J(I)+M(I),1.).NE.0.)) RETURN
    4 CONTINUE
      A(1)=J1+J2-J3
      A(2)=J1-M1
      A(3)=J2+M2
      A(4)=J1-J2+J3
      A(5)=J2+J3-J1
      A(6)=J1+M1
      A(7)=J2-M2
      A(8)=J3+M3
      A(9)=J3-M3
      A(10)=J1+J2+J3+1.
      DO 5 I=1,10
    5 N(I)=A(I)
      FF=0.
      DO 6 I=1,9
    6 FF=FF+LF(N(I)+1)
      FF=(FF-LF(N(10)+1))/2.
C
      N(4)=0
      N(5)=J3-J2+M1
      N(6)=J3-J1-M2
      KMAX=MIN0(N(1),N(2),N(3))
      KMIN=MAX0(0,-N(5),-N(6))
      KD=KMAX-KMIN
      IF(KD.LT.0) RETURN
      IF(KD.EQ.0) GO TO 9
C
      KF=KMAX-1
      N(4)=1
      N(5)=N(5)+1
      N(6)=N(6)+1
      A(4)=N(4)
      A(5)=N(5)
      A(6)=N(6)
      DO 8 K=KMIN,KF,2
      AK=K
      P1=1.
      P2=1.
      S=FF
      DO 7 I=1,3
      P1=P1*(A(I)-AK)
      P2=P2*(A(I+3)+AK)
    7 S=S-LF(N(I)-K+1)-LF(N(I+3)+K+1)
      H8=P2-P1
      S=H8*DEXP(S)
    8 W3J=W3J+S
      IF(MOD(KD,2).NE.0) GO TO 11
      N(4)=0
      N(5)=N(5)-1
      N(6)=N(6)-1
C
    9 S=FF
      DO 10 I=1,3
   10 S=S-LF(N(I)-KMAX+1)-LF(N(I+3)+KMAX+1)
      W3J=W3J+DEXP(S)
C
   11 K=J1-J2-M3
      K=K+KMIN
      IF(MOD(K,2).NE.0) W3J=-W3J
      W3JS=W3J
      RETURN
      END
```