

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM  
KARLSRUHE**

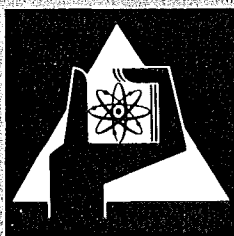
Dezember 1973

KFK 1889

Institut für Radiochemie

**Aktivierungsanalyse mit geladenen Projektilen:  
Ein Programm zur Berechnung der Nachweisgrenzen**

U. Jäger, H. Münzel



**GESELLSCHAFT  
FÜR  
KERNFORSCHUNG M.B.H.**

**KARLSRUHE**

Als Manuskript vervielfältigt

Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M.B.H.  
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

KFK 1889

Institut für Radiochemie

Aktivierungsanalyse mit geladenen Projektilen:  
Ein Programm zur Berechnung der Nachweisgrenzen

von

U. Jäger und H. Münzel

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe



## Zusammenfassung

Es wurde ein Programm erstellt, das die Nachweisgrenzen der Aktivierungsanalyse unter Berücksichtigung der Matrixeinflüsse berechnet. Es werden dazu die Aktivitäten der entstehenden Radionuklide und deren Gammaspektren berechnet. Auf der Grundlage dieser Spektren wird die Nachweisgrenze ermittelt.

Activation analysis with charged particles:  
A program for calculating detection limits.

## Abstract

A program was developed, which calculates the detection limits in activation analysis taking the influence of the matrix into account. The activities of the produced nuclides and the corresponding gamma spectra are computed. On the basis of these spectra the detection limit is calculated.

	Seite
1. Einleitung	1
2. Aufbau des Programmes	1
2.1. Aktivitätsberechnungen	2
2.2. Aufbau des Spektrums	5
2.3. Berechnung der Nachweisgrenzen	7
2.4. Programmablauf	7
3. Handhabung des Programmes	7
3.1. Dateneingabe	7
3.2. Datenausgabe	11
4. Ergebnisse und Vergleich mit experimentellen Werten der Literatur	12
5. Literatur	13
6. Programmausdruck	14

## 1. Einleitung

Die bei der Aktivierungsanalyse erreichbaren Nachweisgrenzen hängen unter anderem von den zur Bestrahlung verwendeten Projektilen ab. Um die geeignetste Projektilart zu finden, ist es zunächst erforderlich die Nachweisgrenzen der verschiedenen Varianten zu ermitteln. Bei dieser Abschätzung sollte der Einfluß des Matrixmaterials sowie vorhandener Verunreinigungen berücksichtigt werden.

Im Falle der thermischen Neutronen sind die meisten der zur Abschätzung der Nachweisgrenzen erforderlichen Daten experimentell bestimmt worden. Anders dagegen sieht es bei den schnellen Neutronen und den geladenen Teilchen aus, da in diesem Fall meist nur wenige der Anregungsfunktionen für die stattfindenden Reaktionen experimentell bestimmt wurden. Dies könnte der Grund dafür sein, daß bei den meisten Abschätzungen der Nachweisgrenzen für die Aktivierungsanalyse mit geladenen Projektilen die Matrixeinflüsse nicht berücksichtigt werden. Nachdem nunmehr unbekannte Anregungsfunktionen mit Hilfe der Systematik abgeschätzt werden können (1), ist es möglich, diese Schwierigkeit zu überwinden.

## 2. Aufbau des Programmes

Das Gammaskpektrum einer bestrahlten Probe setzt sich zusammen aus dem Spektrum des zur Analyse benutzten Radionuklids und aus der Summe der Spektren aller weiteren gebildeten Radionuklide, wie in Bild 1 angedeutet ist.

Der Nachweis des gewünschten Elements, im weiteren auch als Spur bezeichnet, erfolgt über die einzelnen Gammapeaks eines bei der Bestrahlung der Spur gebildeten Radionuklides, des Leitnuklids. Die Nachweisgrenze ist dadurch bestimmt, daß einer dieser Gammapeaks noch sicher identifiziert und quantitativ nachgewiesen werden kann.

Im vorliegenden Programm werden dafür folgende Voraussetzungen gemacht:

- a) Im Falle eines vernachlässigbaren Untergrundes muß eine Mindestpeakhöhe von 5 Impulsen vorhanden sein, was unter Berücksichtigung der Halbwertsbreite z.B. für eine bestimmte Meßanordnung bei 1 MeV einer Intensität von 30 Impulsen entspricht;
- b) Falls ein Untergrund vorhanden ist, muß die Höhe des ausgewerteten Peaks mindestens doppelt so groß sein, wie die Standardabweichung des Untergrundes.

Von den verschiedenen Gammapeaks des Leitnuklids wird derjenige für die Aktivierungsanalyse ausgewählt, der die niedrigste Nachweisgrenze ergibt.

Zur Berechnung der Nachweisgrenze ist es erforderlich, zunächst die Aktivitäten der bei der Bestrahlung der Probe erzeugten Radionuklide und dann daraus die Spektren zu berechnen.

### 2.1. Aktivitätsberechnungen

Unter der Aktivitätsausbeute  $A_D$  eines Nuklides wird die Aktivität verstanden, die bei der Abbremsung eines Teilchenstromes von der Energie  $E_1$  auf die Energie  $E_2$  in dem Target erzeugt wird. Sie berechnet sich in Mikrocurie nach folgender Gleichung:

$$A_D = P \cdot J \cdot 1,016 \cdot 10^5 \frac{1}{Z_P \cdot A_T} \int_{E_1}^{E_2} \left[ \frac{dE}{d(\xi x)} \right]^{-1} \cdot \sigma(E_i) \Delta E (1 - e^{-\lambda t_B}) \quad (1)$$

$P$  = Häufigkeit des Isotops im Targetmaterial

$J$  = Projektilstrom in  $\mu A$

$Z_P$  = Kernladungszahl des Projektils

$A_T$  = Nukleonenzahl des Targets

$\frac{dE}{d(\xi x)}$  = spez. Energieverlust in  $\frac{MeV \cdot cm^2}{g}$

$\sigma$  = Wirkungsquerschnitt in mb

$E$  = Projektilenergie in MeV

$\Delta E$  = Energieintervall ( $E_i - E_{i-1}$ ) in MeV

$\lambda$  = Zerfallskonstante des gebildeten Radionuklides

$t_B$  = Bestrahlungszeit



Bei der vollständigen Abbremsung des Teilchenstromes ( $E_2=0$ ) spricht man von Dicker-Target-Ausbeute.

Wenn die Anteile der Verunreinigungen klein sind, dann erfolgt die Abbremsung der Projektile praktisch nur durch die Matrix. Bei der Berechnung der Aktivitätsausbeute ist dann in Gleichung (1) der spezifische Energieverlust für die Matrix einzusetzen. Die Häufigkeit  $P$  ist die Isotopenhäufigkeit. Bei einer Spur oder Verunreinigung ist  $P$  die Isotopenhäufigkeit multipliziert mit deren Häufigkeit in der Matrix oder einem Schätzwert davon.

Die Anregungsfunktionen sind meist nur mit einer kleinen Anzahl von experimentellen Werten belegt. Auch wenn man die Anregungsfunktionen mit Hilfe der Systematik (1) abschätzt, benutzt man im allgemeinen nur eine begrenzte Anzahl von Werten. Es wurde deshalb eine Interpolation eingeführt, die auf dem Spline-Verfahren (2) beruht und mit etwa 8 bis 15 Stützstellen im gewünschten Energieintervall befriedigende Ergebnisse liefert.

Der spezifische Energieverlust wird auf der Grundlage der von Williamson, Boujot und Picard (3) angegebenen Formeln berechnet.

Die Aktivitätsausbeuten für alle entstandenen Radionuklide werden als Funktion der Projektilenergie für die weitere Verarbeitung gespeichert.

Der nächste Schritt legt den Energiebereich fest, in dem die folgenden Berechnungen ausgeführt werden. Als vorläufige untere Begrenzung wird zunächst die Schwellenenergie der betrachteten Spur benutzt, als vorläufige obere Begrenzung wird die obere Energie genommen, bei der noch für alle Anregungsfunktionen Werte vorhanden sind.

Die endgültige Festlegung der Grenzen geschieht folgendermaßen: Der empfindlichste Nachweis für den Fall nur einer Nebenreaktion, ist bei der Projektilenergie möglich, bei der das Verhältnis der Aktivitätsausbeuten von Leitnuklid und dem durch die Nebenreaktion gebildeten Radionuklids am größten ist. Im vorliegenden Programm wird zunächst für alle Reaktionen die jeweils günstigste Projektilenergie ermittelt. Aus der Schar dieser Energiewerte legen der größte und der kleinste Wert das zu untersuchende Energieintervall fest.

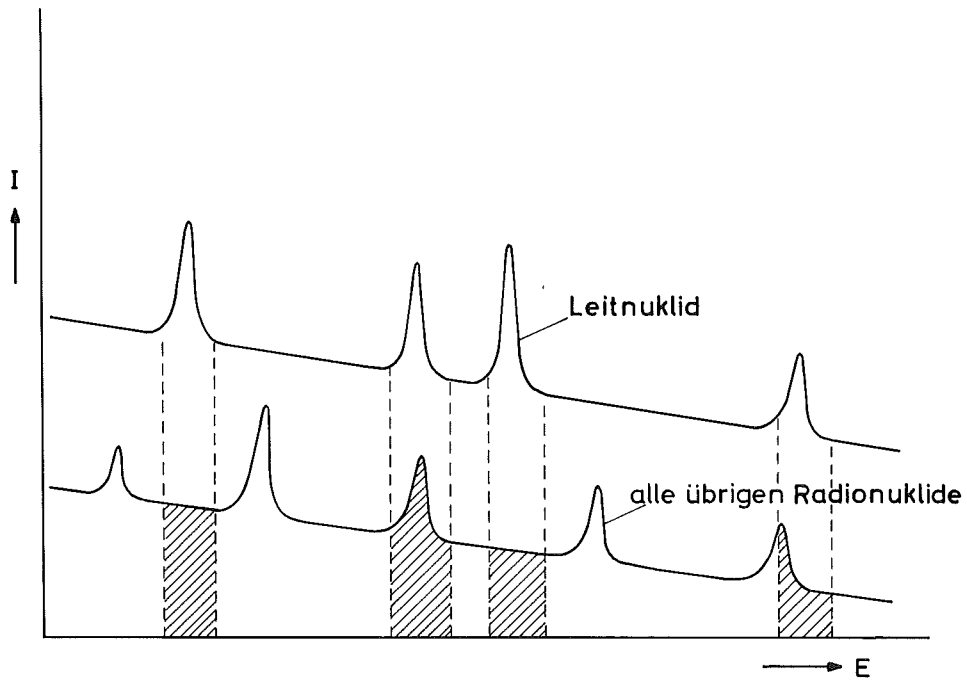


Bild 1: Schematische Darstellung der Spektren von einem Leitnuclid und den übrigen bei einer Bestrahlung gebildeten Radionukliden.

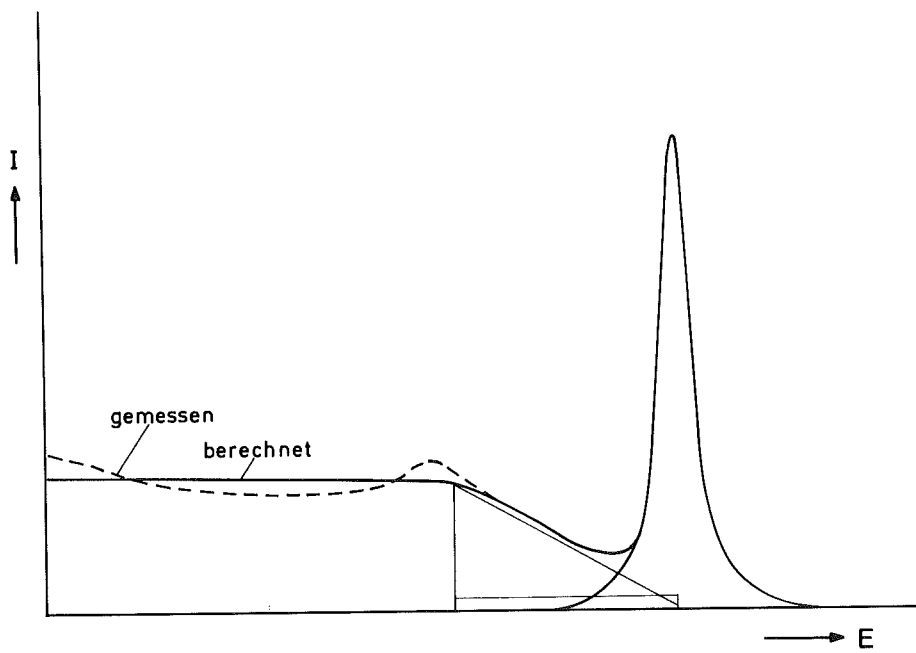


Bild 2: Schematische Darstellung der Konstruktion eines Spektrums.

## 2.2. Aufbau des Spektrums

Für die Berechnung der Nachweisgrenze ist die Kenntnis der Gammasppektren erforderlich. Ihre Berechnung wird wie folgt durchgeführt:

Für jeden Gammapeak wird ein Spektrum konstruiert und dann diese Spektren für alle Peaks eines Nuklides unter Berücksichtigung der absoluten Gammaintensitäten summiert. Die Konstruktion des Spektrums eines Gammapeaks wird folgendermaßen vorgenommen: Aus einer vorgegebenen Aktivität von 1 mCi und unter Berücksichtigung der Ansprechwahrscheinlichkeit für eine bestimmte Geometrie ergibt sich die Intensität des Peaks. Es wird eine Gaußverteilung angenommen, wobei berücksichtigt wird, daß die Halbwertsbreite eine Funktion der Energie ist. Der Comptonuntergrund wird durch eine Rechtecknäherung berücksichtigt. Die Energie der Comptonkante liegt bei

$$E_c = E_p \left[ 1 - \frac{1}{1 + \frac{2E_p}{0,511 \text{ MeV}}} \right] \quad (2)$$

$E_c$  = Energie der Comptonkante in MeV

$E_p$  = Energie des Peaks in MeV

Die Höhe der Comptonkante ist vom Detektor abhängig und wird als Funktion der Energie in Relation zur Peakhöhe angegeben. Die Höhe der Rechtecknäherung beträgt 0,7·Höhe der Kante.

Um das Spektrum besser anzunähern, wird von der Comptonkante bis zum Peak ein exponentieller Abfall angenommen, dem noch ein konstanter Anteil überlagert ist (Bild 2). Die benötigten Größen, wie Ansprechwahrscheinlichkeit, Peak-zu-Compton-Verhältnis und Halbwertsbreite sind detektorabhängige Größen, die eingegeben werden müssen.

Die oben beschriebene einfache Näherung bringt für die Berechnung der Nachweisgrenze befriedigende Ergebnisse. Bild 3 zeigt einen Vergleich zwischen einem berechneten und einem gemessenen Spektrum einiger Eichnuklide. Es werden zunächst für alle Reaktionen Spektren konstruiert. Für die weitere Untersuchung werden von den Spektren nur die Bereiche unter den Peaks des untersuchten Leitnuklids abgespeichert.

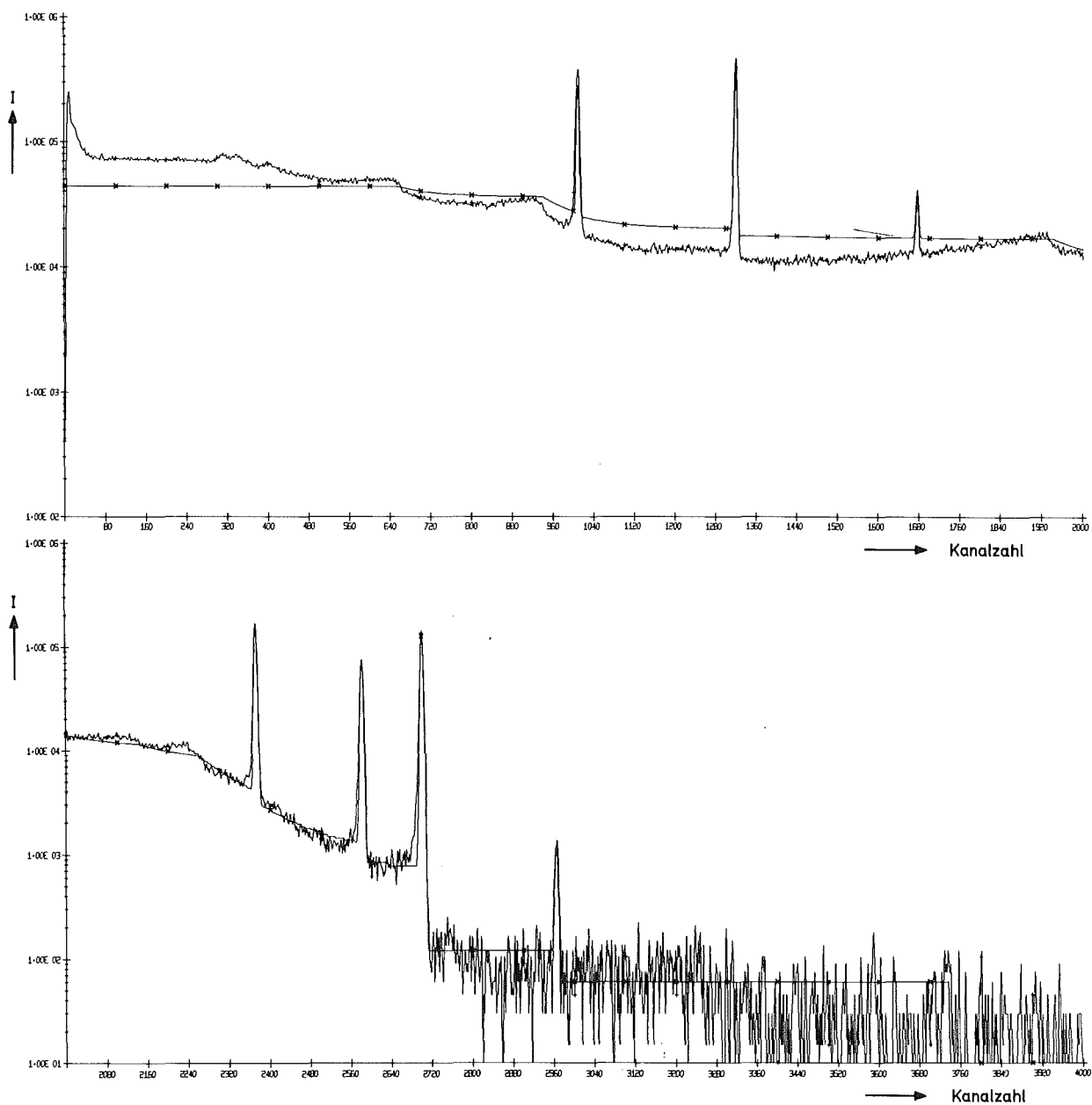


Bild 3: Vergleich zwischen einem gemessenen und dem berechneten  $\gamma$ -Spektrum einiger Eichnuklide.

### 2.3. Berechnung der Nachweisgrenze

Für jede Projektilenergie des zuvor festgelegten Energiebereiches wird der Untergrund unter jedem Peak des betrachteten Leitnuklids bestimmt. Dazu werden die Untergrundanteile in den gespeicherten Intervallen der einzelnen Radionuklide mit der berechneten Aktivität multipliziert und aufsummiert.

Es wird dann für jeden Peak des zu bestimmenden Radionuklides das Verhältnis  $V = \text{Peakhöhe} / \text{Untergrund}$  in Abhängigkeit von der Projektilenergie bestimmt. Aus dem größten Wert von  $V$  wird die Nachweisgrenze berechnet. Die zugehörige Projektilenergie ist die optimale Energie für die Durchführung der Aktivierungsanalyse.

Zur Kontrolle der für die Berechnung angenommenen Werte für die Bestrahlungsbedingungen wird die Totzeit ausgegeben. Sie wird aus den Daten des Analog-Digital-Converters und dem Spektrum berechnet.

Falls sich Totzeiten über 20 % ergeben, sollten Bestrahlungsdauer oder/und Strahlstrom vermindert werden. Andererseits kann man bei sehr kleiner Totzeit die Bedingungen so ändern, daß größere Aktivitäten erreicht werden. Im allgemeinen ist damit eine Verbesserung der Nachweisgrenze verbunden.

### 2.4. Programmablauf

Bild 4 zeigt ein Flußdiagramm des Programmes. NRUN=Anzahl der Reaktionen, NPEAK=Anzahl der Peaks des betreffenden Radionuklides. Die weiteren Größen sind im Zusammenhang mit den vorherigen Beschreibungen selbsterklärend.

## 3. Handhabung des Programmes

### 3.1. Dateneingabe

Zur Durchführung der Rechnungen sind umfangreiche Daten notwendig. Die Eingabe erfolgt formatfrei mit Hilfe der Subroutine EINVAR (9). Im folgenden wird die Eingabe der Daten mit den notwendigen Hinweisen beschrieben.

(I) = Integer number      (F) = Floating point number

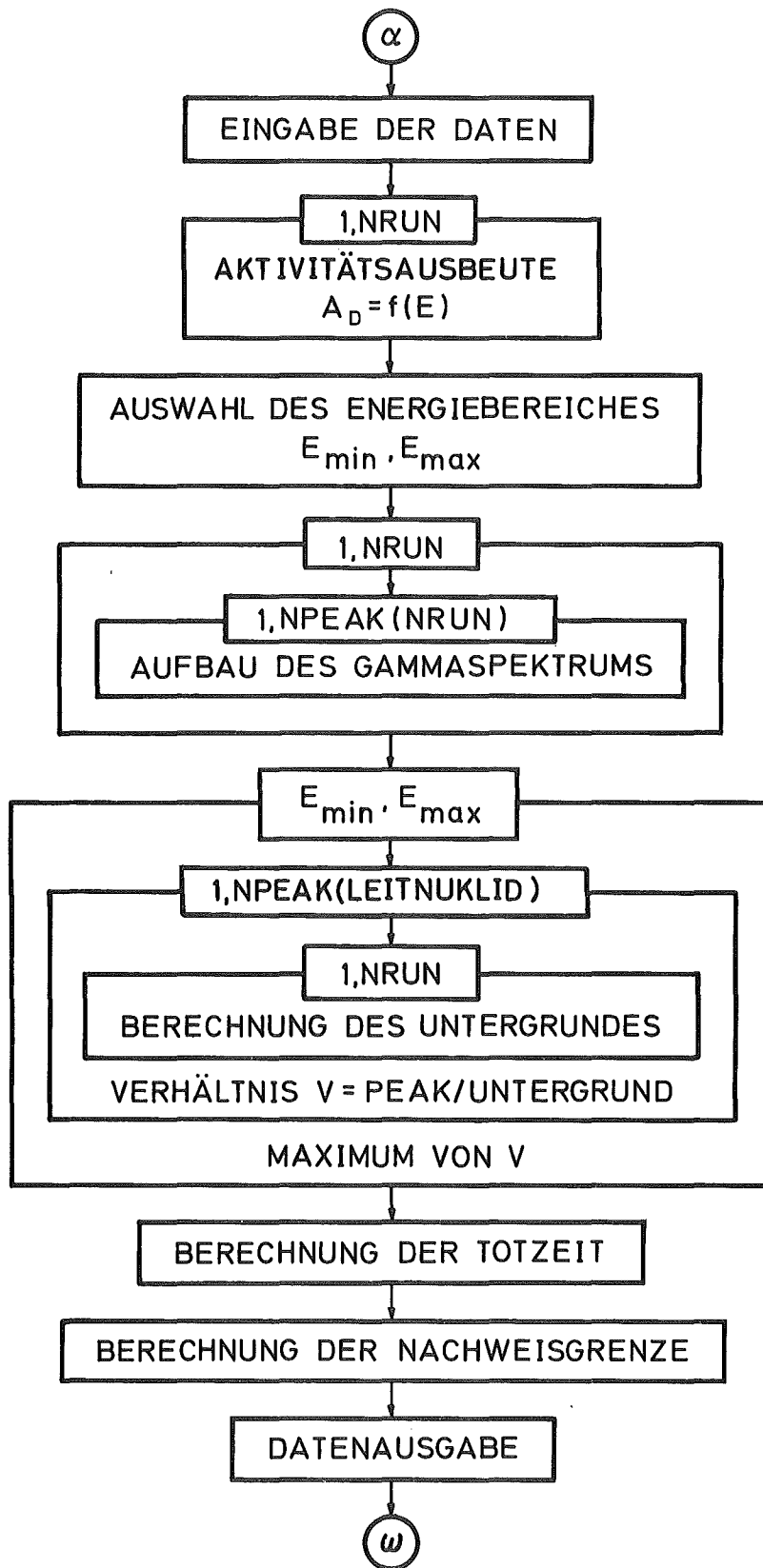


Bild 4: Schematischer Aufbau des Programms

- A) Die erste Karte enthält einen beliebigen Text zur Kennzeichnung der Rechnung. Es stehen alle 80 Spalten einer Datenkarte zur Verfügung.
- B) Die nächste Karte enthält die Anzahl der Reaktionen NRUN (I).
- C) Die folgende Karte enthält fünf Daten zur Charakterisierung der Bestrahlungsbedingungen. Es sind:

Bestrahlungsdauer in Minuten (F)  
Strahlstrom in Mikroampere (F)  
Zeit vom Bestrahlungsende bis zum Meßanfang in Minuten (F)  
Meßdauer in Minuten (F)  
Targetdicke in  $\text{mg/cm}^2$  (F)

- D) Weiterhin werden die Zerfallsdaten eingelesen. Für jede Reaktion ist ein Satz von Karten erforderlich. Der erste Satz der Zerfallsdaten muß einer der Reaktionen der Matrix zugeordnet sein, der zweite Satz muß zur Reaktion der gesuchten Spur gehören. Die übrige Reihenfolge ist beliebig.

Die erste Karte eines Satzes enthält:

Halbwertszeit in Minuten (F),  
Anzahl der Peaks des entsprechenden Nuklides NP (I),  
rel. Häufigkeit des Isotopes in der Matrix (F)

Dann folgen NP Karten jeweils mit  
Energie des Peaks in keV (F)  
Intensität des Peaks in Gamma pro Zerfall (F)

- E) Für jede Reaktion muß die Anregungsfunktion eingegeben werden. Die Reihenfolge der Reaktionen muß mit den Datensätzen unter Punkt D übereinstimmen. Jeder Satz ist folgendermaßen aufgebaut:

1. Text zur Kennzeichnung der Anregungsfunktion.

Dieser Text wird nicht benutzt, er ist enthalten, weil dadurch erstens die Daten des Programmes DITAUS (10) unmittelbar benutzt werden können und zweitens erleichtert es die Archivierung.

2. Eine Karte mit

Protonenzahl des Projektils (I),  
Nukleonenzahl des Projektils (I),  
Protonenzahl des Targets (I),  
Nukleonenzahl des Targets (I),  
Anzahl der Stützpunkte der Anregungsfunktion NE (I),  
Schwellenenergie  $E_{thr}$  der Reaktion in MeV (F),  
spezifisches Gewicht des Targets in  $g/cm^3$  (F)

3. NE Abszissenwerte  $E_{proj} - E_{thr}$  in MeV (F).

4. NE Ordinatenwerte Sigma in millibarn (F).

F) Die Eingabe der Detektor- und Meßgeräteeigenschaften verlangt neun Karten, die folgendes enthalten:

1. Kleinste vom Detektor noch nachweisbare Gammaenergie in keV (F)

2. Anzahl der Stützpunkte der Kurve der Ansprechwahrscheinlichkeit. NX (I)

3. NX Abszissenwerte in keV (F)

4. NX Ordinatenwerte  $\cdot 10^5$  (F)

5. Anzahl der Stützpunkte der Kurve Peak zu Compton NY (I)

6. NY Abszissenwerte in keV (F)

7. NY Ordinatenwerte (F)

8. Konstante  $E_0$  und Steigung STG zur Berechnung der Halbwertsbreite und Konstante K und Steigung S zur Berechnung der Totzeit (F).

Die Halbwertsbreite wird nach der Formel  $HWB = E_0 + STG \cdot E$ ,  
 $E = \text{Energie in keV}$  und die Totzeit =  $K + S \cdot \text{Kanalzahl}$  in  $\mu\text{sec}$  berechnet.

9. Untere und obere Kanalzahl (I) und untere und obere Energie (F), um einen eingestellten Bereich der Meßapparatur und die damit verbundene Beziehung von Energie und Kanalzahl festzulegen.



### 3.2. Datenausgabe

Folgendes Beispiel demonstriert die Datenausgabe:

BERECHNUNG DER NACHWEISGRENZE VON FLUOR IN ALUMINIUM DURCH HE-3-AKTIVIERUNG. F19(HE3,HE4)F18

DIE EINGEGEBENEN ANREGUNGSFUNKTIONEN ERMOEGLICHEN DIE UNTERSUCHUNG IM BEREICH VON 2 MEV BIS 20 MEV.

ES WURDE EINE BESTRAHLUNGSZEIT VON 110.0 MINUTEN  
UND EIN STRAHLSTROM VON 10.000 MIKROAMPERE ANGENOMMEN.

DIE MESSZEIT WURDE MIT 120.0 MINUTEN  
UND DIE DAUER VON BESTRAHLUNGSENDE BIS MESSANFANG MIT 20.0 MINUTEN ANGESETZT.

OPTIMALE BESTRAHLUNGSENERGIE IST 20 MEV.

```
* * * * *  
* DIE NACHWEISGRENZE IST 38 PPB. *  
* * * * *
```

FUER DIE ANALYSE WIRD DER PEAK DER ENERGIE 511.000 KEV BENUTZT

DIE TOTZEIT BETRAEGT ETWA 0 PROZENT.

BEITRAG DER REAKTIONEN ZUM UNTERGRUND DES ANALYSEPEAKS:

REAKTION UNTERGRUNDAnteil

1 0.0

#### 4. Ergebnisse

Ein Vergleich der Ergebnisse mit Werten der Literatur ist etwas schwierig, weil häufig die Matrix vernachlässigt wird und die Meßanordnungen häufig unzureichend beschrieben werden.

Tabelle 1 zeigt einen Vergleich der Berechnungen dieses Programms mit experimentell ermittelten Werten, die in der Literatur gefunden wurden. Dabei wurden soweit bekannt, die angegebenen Stromintegrale benutzt.

Die Übereinstimmung ist gut, was die Annahmen und Vereinfachungen des Programmes rechtfertigt.

Tabelle 1

Nuklid Reaktion	Matrix	Nachweisgrenze		Energie	
		diese Arbeit	Literatur (Ref.)	diese Arbeit	Literatur
$^{16}\text{O}(^3\text{He},\text{p})^{18}\text{F}$	Al	3 ppb *	1,1 ppb (4)	20	20
$^{16}\text{O}(^3\text{He},\text{p})^{18}\text{F}$	Si	3 ppb	5 ppb (8)	27	18
$^{16}\text{O}(^3\text{He},\text{p})^{18}\text{F}$	Cu	393 ppb	15 ppb (7)	5	6,3
$^{18}\text{O}(\text{p},\text{n})^{18}\text{F}$	Na	1 ppb	100 ppb (6)	13	11,4
$^{19}\text{F}(^3\text{He}, ^4\text{He})^{18}\text{F}$	Al	38 ppb *	20 ppb (4)	20	20
$^{206}\text{Pb}(\text{d},2\text{n})^{206}\text{Bi}$	Ta	60 ppb	100 ppb (5)	24	30 <sup>+</sup>
$^{206}\text{Pb}(\text{d},2\text{n})^{206}\text{Bi}$	Au	0,6 ppm	0,5 ppm (5)	22	30 <sup>+</sup>

\* Gilt für einen Meßabstand vom Detektor von 20 cm. Da kein Untergrund unter dem Analysenpeak vorhanden ist, kann die Nachweisgrenze durch einen kleineren Abstand noch deutlich herabgesetzt werden, da die Grenze in diesen Fällen im wesentlichen durch die Aktivität und nicht durch den Untergrund bestimmt wird.

<sup>+</sup> Energie nicht angegeben. Bei dem angegebenen Wert ist im untersuchten Energiebereich (7-30 MeV) der Wirkungsquerschnitt für die (d,2n)-Reaktion am größten.

## 5. Literatur

- ( 1) H. Münzel, J. Lange, K.A. Keller, "Systematics of excitation functions for nuclear reactions induced by p, d,  $^3\text{He}$  and  $\alpha$ ", Landolt-Börnstein: Zahlenwerte und Funktionen aus Naturwissenschaften und Technik. N.S. Gruppe I, Bd. 5c. Berlin, Heidelberg, New York: Springer to be published.
- ( 2) R. Sauer, I. Szabo, Mathematische Hilfsmittel des Ingenieurs, Teil 3, S. 266, Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1968.
- ( 3) C.F. Williamson, J.-P. Boujot, J. Picard, Rapport CEA-R 3042, 1966.
- ( 4) Ch. Engelmann, J. Radioanal. Chem. 7, 89 (1971).
- ( 5) E.A. Schweikert, Trans. Amer. Nucl. Soc. 13, 58 (1970).
- ( 6) Ch. Engelmann, J. Radioanal. Chem. 6, 227 (1970).
- ( 7) D.M. Lee, C.V. Stauffacher, S.S. Markowitz, Anal. Chem. 42, 994 (1970).
- ( 8) E.A. Schweikert, H.L. Rook, Anal. Chem. 42, 1525 (1970).
- ( 9) H. Münzel, private Mitteilung.
- (10) U. Jäger, private Mitteilung, Programm zur Berechnung von Dicke-Target-Ausbeuten.

## 6. Programmausdruck

```
C PROGRAMM ZUR BERECHNUNG DER NACHWEISGRENZE BEI DER
C AKTIVIERUNGSANALYSE MIT GELADENEN PROJEKTILEN
C
C PROJEKTILE   PROTONEN, DEUTERONEN, TRITONEN
C              HE-3, ALPHAS
C
C
C DIMENSION EDIFF(50), SIGMA(50), A(50), B(50), C(50), D(50), EPRO(50)
C DIMENSION MAX(50), SDT(50,50), NTEXT(20), DEDX(1000), QUOT(50)
C DIMENSION HWZ(50), NP(50), ENPG(50,50), GPZ(50,50), TOT(50)
C DIMENSION ISP(10000), ASP(50), DXDE(500), SUM(50,50)
C DIMENSION ZERF(50), AHO(50), NR1(50), NR2(50), NUNT(50,50)
C DIMENSION SBY(500), SAY(500), TEXT(20)
C DIMENSION IWERT(50), WERT(50)
C DIMENSION DVEK(50)
C DIMENSION SIG(500), EP(500)
C CALL FSPTE
C NEN=50
C IND5=0
C
C
C EINGABE DER DATEN
C
C A. TEXT ZUR KENNZEICHNUNG
C
C
C B. ZUERST EINE KARTE MIT DER ANZAHL DER REAKTIONEN
C     (1.REAKTION=MATRIX, 2.REAKTION=SPUR, REST BELIEBIG)
C
C
C C. BESTRAHLUNGSDAUER IN MINUTEN
C     ZEIT VOM BESTRAHLUNGSENDE BIS MESSANFANG IN MINUTEN
C     STRAHLSTROM IN MIKROAMPERE
C     MESSDAUER IN MINUTEN
C     TARGETDICKE IN MG/CM**2
C
C
C D. EINLESEN DER ZERFALLSDATEN. FUER JEDE REAKTION ZWEI KARTEN.
C
C     1.KARTE   HALPWERTSZEIT IN MINUTEN
C              ANZAHL DER PEAKS NP
C              HAEUFIGKEIT DES ELEMENTS IN DER MATRIX
C
C     2.KARTE   NP KARTEN MIT ENERGIEN DER PEAKS IN KEV U.
C              INTENSITAET DER PEAKS IN GAMMA PRO ZERFALL
C
C
C E. FUER JEDE ANREGUNGSFUNKTION VIER DATENKARTEN
C
C     1.KARTE   TEXT ZUR KENNZEICHNUNG DER ANREGUNGSFUNKTION
C
C     2.KARTE   PROTONENZAHL IZPROJ DES PROJEKTILS
C              NUKLEONENZAHL IAPROJ DES PROJEKTILS
C              PROTONENZAHL IZTAR DES TARGETS
C              NUKLEONENZAHL IATAR DES TARGETS
C              ANZAHL NE DER STUETZPUNKTE DER ANREGUNGSFUNKTION
C              (MONOTON WACHSEND, MAXIMAL 50,
```



```
IAPROJ=IWERT(2)
IZTAR=IWERT(3)
IATAR=IWERT(4)
NE=IWERT(5)
ETHR=WERT(6)
RHO2=WERT(7)
IF(NE.EQ.0) GO TO 25
```

C  
C

```
NW=NF
NE=NE+1
IO=1
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)
DO 100 I=2,NE
100 EPRO(I)=WERT(I-1)
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)
DO 110 I=2,NE
110 SIGMA(I)=WERT(I-1)
```

C

```
DO 5 I=2,NE
5 EDIFF(I)=EPRO(I)
```

C

```
25 TAR=IATAR
SIGMA(1)=0.
EPRO(1)=ETHR
EDIFF(1)=0.
ZPROJ=IZPROJ
DELTAE=0.1
```

C  
C

```
IF(NE.EQ.0)IND5=1
IF(NE.EQ.0) GO TO 20
```

C  
C  
C

INTERPOLATION DER SIGMA-WERTE MITTELS SPLINE-VERFAHREN

```
CALL SPLKO(NE,EDIFF,SIGMA,A,B,C,D)
```

C

```
IF(IREAD.NE.1) GO TO 610
```

C  
C  
C

BERECHNUNG DER AKTIVITAET BEZOGEN AUF DEN TEILCHENSTROM MIT  
HILFE DES  
SPEZIFISCHEN ENERGIEVERLUSTES

C

```
20 CALL SPEN(IZPROJ,IAPROJ,IZTAR,TAR,DEDX)
```

C  
C

```
DO 85 I=10,500
85 DXDE(I)=100./DEDX(I)
610 DO80 I=1,50
SDT(I,IREAD)=0.
80 CONTINUE
```

C  
C

```
IF(NE.EQ.0) GO TO 70
IF(FLOAT(ISTART).LT.ETHR) ISTART=ETHR+0.999
SA=0.
```

```
M=NE-1
EPN=0.693*TBESTR/HWZ(IREAD)
IF(EPN.GT.30.) EPN=30.
EXF=1.0 - EXP(-EPN)
NN=0

C
I=(EDIFF(1)+ETHR+DELTAE)*10.0
EPROJ=I/10.0
DO 50 I=1,M

C
EEND=EDIFF(I+1)+ETHR

C
C
C
C
SPLINE-INTERPOLATION VON SIGMA

60 ESIGMA=EPROJ-ETHR-DELTAE/2.
EDEL=ESIGMA-EDIFF(I)
EDEL2=EDEL*EDEL
EDEL3=EDEL2*EDEL
SIGMAS=A(I)+B(I)*EDEL+C(I)*EDEL2+D(I)*EDEL3
IF(SIGMAS.LT.0.)SIGMAS=0.
NN=NN+1
SIG(NN)=SIGMAS
EP(NN)=EPROJ

C
C
55 EPROJ=EPROJ+DELTAE
IF(EPROJ.LE.EEND) GO TO 60

C
50 CONTINUE
DO 61 I=1,50
61 DVEK(I)=0.0
INEN=EP(NN)
INEM=INEN+1
NM=NN+1
DO 67 I=1,NN
M=NM-I
NR=10.01*EP(M)
IF(NR.LT.10) GO TO 67
DTAL = (1.02E3/ZPROJ)*(1./ TAR)*DXDE(NR)*STR*SIG(M)*DELTAE*EXF
DO 65 L=1,INEN
LL=INEM-L
IF(EP(M).GT.FLOAT(LL)) GOTO 67
DVEK(LL)=DVEK(LL)+DXDE(NR)
IF(DVEK(LL).GT.GRENZE) GOTO 65
SDT(LL,IREAD)=SDT(LL,IREAD)+DTAL
65 CONTINUE
67 CONTINUE
NEN=INEN
IF(IEND.GT.NEN)IEND=NEN
70 CONTINUE

C
WRITE(6,90) ISTART,IEND
90 FORMAT('0', ' DIE EINGEGEBENEN ANREGUNGSFUNKTIONEN ERMUEGLICHEN DIE
1 UNTERSUCHUNG IM BEREICH VON',I4, ' MEV BIS',I4, ' MEV.',//)

C
DO 160 I=ISTART,IFEND
```

```
WRITE(6,5000)I,(SDT(I,J),J=1,NRUN)
5000 FORMAT('0',I10,12F10.1)
160 CONTINUE
C   AUSWAHL DES ENERGIEBEREICHS
C
CALL ENBE(NRUN,ISTART,IEND,SDT,MAXE,MINE,IND5)
C
C   WRITE(6,666)MAXE,MINE
666 FORMAT('0',2I10)
C
C   EINLESEN DER DETEKTOR UND MESSGERAETEEIGENSCHAFTEN
C
CALL EIGEIN(UEN,SBY,SAY,YNULL,STG,TYN,TST,KZU,KZO,ENU,ENO)
C
C
900 CONTINUE
DO 800 LAUF=1,NRUN
TOT(LAUF)=0.
IF((LAUF.EQ.1).AND.(IND5.EQ.1)) GOTO 800
NUM=NP(LAUF)
CALL ANZER(DM,ASP,HWZ,BEMA,ZERF,LAUF)
IF(LAUF.EQ.2) GOTO 524
DO 510 I=1,10000
510 ISP(I)=0
C
C   ERRECHNUNG DER STANDARDSPEKTREN (FUER 1000CI/A)
C
524 DO 500 KZ=1,NUM
CALL SPEAK(ENRG,ZERF,GPZ,INT,IEN,KOK,HWB,IHO,ICO,KONST,
1LAUF,KZ,LASP,TOT,SAY,SBY,UEN,YNULL,STG,TYN,TST,KZU,KZO,
2ENU,ENO)
C
C   IF(LASP.EQ.0) GOTO 515
ASP(2)=ASP(2)/2.
GOTO 900
515 IF(LAUF.NE.2) GOTO 525
AHO(KZ)=IHO
NR1(KZ)=IEN-HWB*1.5
NR2(KZ)=IEN+HWB*1.5+0.5
GOTO 500
525 IF(ICO.LT.1) ICO=1
CALL SPEBA(INT,KOK,ICO,KONST,IEN,HWB,IHO,ISP)
500 CONTINUE
IF(LAUF.EQ.1) GOTO 800
NU=NP(2)
C
C   ERMITTLUNG DES STANDARDUNTERGRUNDES BEI DEN PEAKS DER GES. SPUR
C
DO 710 K=1,NU
N1=NR1(K)
N2=NR2(K)
ZWW=N2-N1+1
NUN=0
DO 700 I=N1,N2
700 NUN=NUN+ISP(I)
```



```
IF(LAUF.EQ.2) GOTO 720
NUNT(K,LAUF)=NUN/ZWW
GOTO 710
720 NUNT(K,LAUF-1)=NUN/ZWW
710 CONTINUE
800 CONTINUE
CALL FSPIE
WK=1.E10
C
C   ERMITTLUNG DER OPTIMALEN BESTRAHLUNGSENERGIE
C
DO750 I=MINE,MAXE
N9=NP(2)
DO 740 L=1,N9
NUG=0
DO 730 K=1,NRUN
IF(K.EQ.2) GOTO 730
NUG=NUG+NUNT(L,K)*SDT(I,K)/1000.
730 CONTINUE
QUO=NUG*1000./((AHO(L)*SDT(I,2)))
IF(QUO.GT.WK)GOTO 740
WK=QUO
IOPT=I
LOPT=L
UOPT=NUG
AHOPT=AHO(L)*SDT(I,2)/1000.
740 CONTINUE
750 CONTINUE
C
C   ERMITTLUNG DER TOTZEIT
C
GTOT=0.
IF(IND5.EQ.1) GO TO 767
DO760 I=1,NRUN
IF(I.EQ.2) GOTO 760
GTOT=GTOT+TOT(I)*SDT(IOPT,I)/1000.
760 CONTINUE
C
767 CONTINUE
C
C   ERMITTLUNG DER NACHWEISGRENZE
C
VGL=SQRT(UOPT)*2.
IF(VGL.LT.5.) VGL=5.
AFAKR=AHOPT/VGL
P=1./AFAKR
IPPZ=ASP(2)*P*1.E9
LENZ=IOPT
EANA=ENRG(2,LOPT)
C
C
250 CONTINUE
C
WRITE(6,812) TBESTR,STR,DM,BEMA
812 FORMAT('0', 'ES WURDE EINE BESTRAHLUNGSZEIT VON',F6.1, ' MINUTEN ',
1/, ' UND EIN STRAHLSTROM VON',F8.3, ' MIKROAMPERE ANGENOMMEN.',//,
2' DIE MESSZEIT WURDE MIT ',F6.1, ' MINUTEN',/, ' UND DIE DAUER VON B
3BESTRAHLUNGSSENDE BIS MESSANFANG MIT',F6.1, ' MINUTEN ANGESETZT.',//)
```



SUBROUTINE SPLKO(NE,EDIFF,SIGMA,A,B,C,D)

```
C
C
C      BERECHNUNG DER SPLINE-KOEFFIZIENTEN
C      MATH. HILFSMITTEL DES INGENIEURS SAUER/SZABO TEIL 3,S.266
C      DIMENSION EDIFF(50),SIGMA(50),C(50),B(50),A(50),D(50)
C
C      N1=1
C      M1=N1+1
C      N2=NE
C      M2=N2-1
C      S=0.
C
C      DO 10 I=N1,M2
C      D(I)=EDIFF(I+1)-EDIFF(I)
C      R=(SIGMA(I+1)-SIGMA(I))/D(I)
C      C(I)=R-S
C      S=R
10 CONTINUE
C
C      S=0.
C      R=0.
C      C(N1)=0.
C      C(N2)=0.
C
C      DO 20 I=M1,M2
C      C(I)=C(I)+R*C(I-1)
C      B(I)=(EDIFF(I-1)-EDIFF(I+1))*2-R*S
C      S=D(I)
C      R=S/B(I)
20 CONTINUE
C
C      DO 30 L=M1,M2
C      I=M2-(L-M1)
C      C(I)=(D(I)*C(I+1)-C(I))/B(I)
30 CONTINUE
C
C      DO 40 I=N1,M2
C      S=D(I)
C      R=C(I+1)-C(I)
C      D(I)=R/S
C      C(I)=3*C(I)
C      B(I)=(SIGMA(I+1)-SIGMA(I))/S-(C(I)+R)*S
C      A(I)=SIGMA(I)
40 CONTINUE
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE FNBF(NRUN, ISTART, IEND, SDT, MAXE, MINE, IND5)
DIMENSION SDT(50, 50), MAX(50)
NR=ISTART+1
DO 200 I=1, NRUN
IF(I.EQ.2) GO TO 200
MAX(I)=ISTART
IF((I.EQ.1).AND.(IND5.EQ.1)) GO TO 220
VERGL=0.
IF(SDT(1, I).GT.0.001)VERGL=SDT(1, 2)/SDT(1, I)
DO 210 J=NR, IEND
IF(SDT(J, I).LT.0.01) GO TO 210
DIV=SDT(J, 2)/SDT(J, I)
IF(DIV.LE.VERGL) GO TO 210
MAX(I)=J
VERGL=DIV
210 CONTINUE
200 CONTINUE
MAXE=5
MINE=50
DO 250 I=1, NRUN
IF(I.EQ.2) GOTO 250
MAXE=MAXO(MAX(I), MAXE)
MINE=MINO(MINE, MAX(I))
250 CONTINUE
RETURN
220 L=ISTART
230 IF(SDT(L, 2).GT.1.0) GOTO 260
L=L+1
GOTO 230
260 MAXE=IEND
MINE=L
RETURN
END
```

```

SUBROUTINE SPEN(IZPROJ,IAPROJ,IZTAR,TAR,DEDX)
C
C   BERECHNUNG VON DEDX
C   DER ENERGIEVERLUST DEDX EFGIBT SICH IN MEV/G/CM**2
C
DIMENSION DEDX(1000)
C
IF(IZPROJ.EQ.1.AND.IAPROJ.EQ.1) PROJ=1.007825
IF(IZPROJ.EQ.1.AND.IAPROJ.EQ.2) PROJ=2.01402
IF(IZPROJ.EQ.1.AND.IAPROJ.EQ.3) PROJ=3.01605
IF(IZPROJ.EQ.2.AND.IAPROJ.EQ.3) PROJ=3.01603
IF(IZPROJ.EQ.2.AND.IAPROJ.EQ.4) PROJ=4.002603
ZPROJ=IZPROJ
ZTAR=IZTAR
U=931.504
C2=PROJ*U
RHO=1.0+0.035*(ZPROJ**1.5+ZTAR**0.5)
RHO1=1.0/RHO
ZTAR2=ZTAR*ZTAR
ZTAR3=ZTAR2*ZTAR
ZTAR4=ZTAR3*ZTAR
Z1=EXP(ZTAR**(-0.6666))-8.330/ZTAR2+26.040/ZTAR3-18.3840/ZTAR4)
Q2=(1.0/(1.0+(1.0/(1836.0* PROJ))))
Q22=Q2*Q2
Q3=2.0/(1836.* PROJ)
ALPHA=7.29720E-3
DE1=ZTAR/TAR
C
DO600 IL=10,500
C
E=FLOAT(IL)/10.
BETA=SQRT(1.0-((E/ C2)+1.0)**(-2.0))
BETA2=BETA*BETA
Z2=1.0-0.25*EXP(-100.0/E)
P=11.80E-6*ZTAR*Z1*Z2
C
Q1=1.022*BETA2/(1.0-BETA2)
Q4=E/(931.504*PROJ)
QMAX=(Q1*Q22)/(1.0+Q3*Q2*Q4)
C
AE=(1.0/P)*SQRT((1.022*BETA2*QMAX)/(1.0-BETA2))
C
ZF1=1.25331*(1.0/ALPHA)*(BETA/ZPROJ)
ZPROJE=ZPROJ*TANH(ZE1)
C
DE2=(ZPROJE*ZPROJE)/BETA2
EX=AE**RHO1
DE3=1.0
IF(EX.LT.100.0)DE3=1.0-EXP(-EX)
DE4=DE3**RHO
DE5=ALOG(AE/DE4)
DE6=DE5-BETA2
DEDX(IL)=0.30711*DE1*DE2*DE6
C
600 CONTINUE
C
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE ANZER(DM,ASP,HWZ,BEMA,ZERF,LAUF)  
DIMENSION SDT(50,50),ASP(50),HWZ(50),ZERF(50)
```

C  
C  
C

```
ERMITTLUNG DER ANZAHL DER ZERFAELLE
```

```
AANF=2.22E9*ASP(LAUF)  
AMBDA=0.693/HWZ(LAUF)  
ZWW=BEMA+DM  
HZ=-AMBDA*BEMA  
HX=-AMBDA*ZWW  
IF(DM/HWZ(LAUF).LT.0.05) GOTO 110  
GOTO120
```

```
110 AMA=AANF*EXP(HZ)  
ZERF(LAUF)=AMA*DM  
GOTO130
```

```
120 ZERF(LAUF)=AANF*(EXP(HZ)-EXP(HX))/AMBDA  
130 RETURN  
END
```

```
SUBROUTINE SPEAK(ENRG, ZERF, GPZ, INT, IEN, KOK, HWB, IHO, ICO,  
1KONST, LAUF, KZ, LASP, TOT, SAY, SBY, UEN, YNULL, STG, TYN, TST, KZU, KZO,  
2ENU, ENO)  
DIMENSION ENRG(50,50), GPZ(50,50), ZERF(50), TOT(50), SAY(500)  
DIMENSION SBY(500)
```

```
C  
C ERMITTLUNG DER ANSPRECHWAHRSCHEINLICHKEIT  
C  
C  
C LAUS=0  
C LASP=0  
C EN=ENRG(LAUF, KZ)  
C IF(EN.LT.UEN)GOTO 305  
C IN1=EN/10.  
C IN3=EN  
C IN2=IN3-10*IN1  
C ANSPR=(SAY(IN1)+IN2*(SAY(IN1+1)-SAY(IN1))/10.)*1.E-5  
C GOTO 360  
305 WRITE(6,315)EN  
315 FORMAT('0', 'PEAK DER ENERGIE',F10.2,'KEV WURDE VERWORFEN, ENERGIE  
1 ZU KLEIN')  
C INT=0  
C RETURN  
360 CONTINUE  
C  
C BERECHNUNG DER INTENSITAET  
C  
C INT=ZERF(LAUF)*GPZ(LAUF,KZ)*ANSPR  
C IF(LAUF.NE.2) GOTO 153  
C IF(INT.GT.20000000) GOTO 380  
153 F1=KZO-KZU+1  
C F2=ENO-ENU+1  
C F3=F1/F2  
C IEN=KZU+F3*EN-F3*ENU+0.5  
C  
C  
C COMPTONKANTE  
C  
C KOK=FN*(1-1/(1+2*EN/511.))  
C  
C HALBWERTSBREITE  
C  
C HWB=(YNULL+STG*EN)*F3  
C  
C PEAKHOEHE  
C  
C IHO=INT/(HWB*1.0644)  
C  
C COMPTONUNTERGRUND (RECHTECKNAEHERUNG MIT 0.7* HOEHE DER KANTE)  
C  
C ICO=0.7*IHO/SBY(IN1)  
C KOK=KZU+KOK*F3-ENU*F3  
C KONST=IHO/200.  
C  
C UL=IEN  
C IF(IEN.GT.KZO) UL=KZO  
C TOTZ=(TYN+TST*UL)*INT/6.E7+(TYN+TST*KOK/2.)*ICO/6.E7  
C TOT(LAUF)=TOT(LAUF)+TOTZ
```

```
C      RETURN
C
380  LASP=1
390  RETURN
     END

     SUBROUTINE  SPEBA(INT,KOK,ICD,KONST,IEN,HWB,IHO,ISP)
     DIMENSION  ISP(10000),IZW1(600),IZW2(200)
C
C      AUFBAU DES SPEKTRUMS
525  IF(INT.EQ.0) RETURN
C
     DO520 I=1,KOK
520  ISP(I)=ISP(I)+ICD+KONST
     IDIF=IEN-KOK
     FX=ALOG(FLOAT(ICD))/FLOAT(IDIF)
     DO530 I=1,IDIF
530  IZW1(I)=ICD*EXP(-FX*I)+KONST
     SIGM=HWB/2.356
     IBR=6*HWB
     SIGQ=SIGM*SIGM*2
     DO540 I=1,IBR
     EP=I*I
540  IZW2(I)=IHO*EXP(-EP/SIGQ)
     K1=KOK+1
     K2=KOK+IDIF
     I5=0
     DO550 I=K1,K2
     I5=I5+1
550  ISP(I)=ISP(I)+IZW1(I5)
     K1=IEN-IBR
     K2=IEN-1
     IN=IBR+1
     DO560 I=K1,K2
     IN=IN-1
560  ISP(I)=ISP(I)+IZW2(IN)
     ISP(IEN)=ISP(IEN)+IHO
     K1=IEN+1
     K2=IEN+IBR
     IN=0
     DO570 I=K1,K2
     IN=IN+1
570  ISP(I)=ISP(I)+IZW2(IN)
     RETURN
     END
```



SUBROUTINE EIGFIN(UEN,SBY,SAY,YNULL,STG,TYN,TST,KZU,KZO,ENU,FND)

C  
C EINLESEN DER DETEKTOR- UND MESSGEPAFTEEIGENSCHAFTEN  
C

C 1. UNTERE ENERGIEGRENZE IN KEV  
C 2. ANZAHL DER STUETZPUNKTE FUER ANSPRECHWAHRSCHEINLICHKEIT  
C 3. FELD DER ABSZISSENWERTE IN KEV  
C 4. FELD DER ORDINATENWERTE  
C 5. ANZAHL DER STUETZPUNKTE DER KURVE PEAK ZU COMPTON  
C 6. FELD DER ABSZISSENWERTE  
C 7. FELD DER ORDINATENWERTE  
C 8. JE KONSTANTE U. STEIGUNG DER GERADEN FUER HWB U. TOTZEIT  
C 9. KANALBEGRENZUNGEN UND ENERGIEBEGRENZUNGEN  
C

DIMENSION IWERT(50),WERT(50),SMX(50),SMY(50),SMP(50),SMA(50)  
DIMENSION SMB(49),SMC(50),SMD(49),Z1(52),Z2(52),Z3(52),Z4(52)  
DIMENSION Z5(52),Z6(52),Z7(52)  
DIMENSION SAX(500),SAY(500),SBX(500),SBY(500)

C  
C UNTERE ENERGIEGRENZE  
C

NW=1  
IO=-1  
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)  
UEN=WERT(1)

C  
C ANSPRECHWAHRSCHEINLICHKEIT UND PEAK TO COMPTON RATIO  
C

IND7=1  
410 NW=1  
IO=-1  
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)  
MN=IWERT(1)  
NW=MN  
IO=1  
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)  
DO 305 IS=1,MN  
305 SMX(IS)=WERT(IS)  
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)  
DO 315 IS=1,MN  
SMP(IS)=0.2  
315 SMY(IS)=WERT(IS)  
SMP(1)=SMP(1)\*0.1  
SMP(MN)=SMP(MN)\*0.1  
SMS=SQRT(FLOAT(MN))  
CALL SMOOTH( MN,SMX,SMY,SMP,SMS,SMA,SMB,SMC,SMD,Z1,Z2,Z3,Z4,Z5,Z6,  
1 Z7)  
L=1  
M=0  
DX=10  
331 M=M+1  
SBX(M)=M\*DX  
IF(SBX(M).GE.SMX(1)) GO TO 335  
SBY(M)=0.0  
GO TO 337  
333 L=L+1  
335 IF(SBX(M).GT.SMX(L+1)) GO TO 333

```
DIFF=SBX(M)-SMX(L)
SBY(M)=SMA(L)+DIFF*(SMR(L)+DIFF*(SMC(L)+DIFF*SMD(L)))
337 IF(M.LT.500) GO TO 331
SBY(500)=SBY(499)
IF(IND7.EQ.2) GOTO 420
DO 400 M=1,500
SAX(M)=SBX(M)
400 SAY(M)=SBY(M)
IND7=2
GOTO 410
C
420 CONTINUE
C
C GERADEN ZUR ERMITTLUNG VON HALBWERTSBREITE UND TOTZEIT
C
NW=4
IO=-1
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)
YNULL=WERT(1)
STG=WERT(2)
TYN=WERT(3)
TST=WERT(4)
NW=4
CALL EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)
KZU=IWERT(1)
KZO=IWERT(2)
ENU=WERT(3)
ENG=WERT(4)
RETURN
END
```

```
SUBROUTINE EINVAR(IWERT,WERT,NW,IO)
C
C   FORMATERFRIE EINGABE VON FIX- UND FLOAT-KONSTANTEN SOWIE LITERALS
C
C 1). IO.GE.0, ES WERDEN INSGESAMT NW DATEN UMGEWANDELT UND IN WERT
C   ODER IWERT MIT FORTLAUFENDEM INDEX(NR) GESPEICHERT, BEI EINER
C   FIXZAHL ODER BUCHSTABEN BZW. SONDERZEICHEN WIRD IN WERT=1.0E70
C   GESPEICHERT, BEI EINER FLOATZAHL WIRD IN IWERT(NR)=999999999
C   GESPEICHERT, JEDER BUCHSTABE BZW. SONDERZEICHEN WIRD IN EINEM
C   EIGENEM WORT IWERT(NR) GESPEICHERT
C 2) IO.LT.0, ES WERDEN BEI JEDEM EINVAR-AUFRUF NUR DIE AUF EINER IBM-
C   KARTE BEFINDLICHEN (MAXIMAL JEDOCH NW) DATEN UMGEWANDELT
C A). DIE ZAHL DER UMGEWANDELTEN DATEN IST ZUM SCHLUSS IN IO ENTHALTEN
C B). WURDE EIN FEHLER GEFUNDEN, SO WIRD DIESER AUSGEDRUCKT, IO=-1 GESETZT
C   UND IN DAS HAUPTPROGRAMM GESPRUNGEN
C C). JEDE ZAHL MUSS VON DER VORHERIGEN DURCH BLANK ODER KARTENENDE GE-
C   TRENNT SEIN, DIES GILT AUCH FÜR E,.,+ UND - WENN DIESE AM AN-
C   DIMENSION WERT(NW), IWERT(NW), IDENT(81), IVERGL(15), ICHAR(80)
C   DATA IVERGL/'0 ','1 ','2 ','3 ','4 ','5 ','6 ','7 ','8 ','9 ',' '
C   1,','. ','E ','+ ','- '/, ICHAR/80*' ' /, ISTERN/'* ' /, IBL/1/
C   1 FORMAT('OFFEHLER - VORZEICHEN AN FALSCHER STELLE')
C   2 FORMAT(' ',T20,80A1/' ',T20,80A1)
C   3 FORMAT('OFFEHLER - PUNKT AN FALSCHER STELLE')
C   4 FORMAT('OFFEHLER - E DOPPELT')
C   5 FORMAT('OFFEHLER - ZAHL ODER PUNKT FEHLEN BEI E-FORMAT')
C   6 FORMAT('OFFEHLER - ZEICHEN KANN NICHT IDENTIFIZIERT WERDEN')
C   7 FORMAT('OACHTUNG - ARGUMENT ODER EXPONENT IN ZAHL',I6,' UNVOLLST
C   1AENDIG')
C   8 FORMAT(80A1)
C   IRUEC=0
C   IF(IO.LT.0) IRUEC=1
C   NR=0
C   II=0
C   NRST=0
C   IFLOAT=-1
C   IPOS=1
C   IO=0
C   INZA=0
C 90 READ(5,8)(IDENT(I), I=1,80)
C   IDENT(81)=IVERGL(11)
C   DO 200 I=1,81
C   IF((IBL.EQ.0).AND.(IDENT(I).EQ.IVERGL(11))) GO TO 199
C   IBL=1
C
C PRUEFUNG AUF VORZEICHEN
C
C   IF(IDENT(I).NE.IVERGL(15)) GO TO 100
C   IPOS=-1
C   GO TO 110
C 100 IF(IDENT(I).NE.IVERGL(14)) GO TO 130
C   IPOS=1
C 110 IF((INZA.LE.0).OR.(IFLOAT.GT.0)) GO TO 200
C   WRITE(6,1)
C 120 ICHAR(I)=ISTERN
C   WRITE(6,2)IDENT, ICHAR
C   ICHAR(I)=IDENT(11)
C   IO=-1
C   RETURN
```

```
C
C  PRUEFUNG AUF F - ODER E - FORMAT
C
130 IF(IDENT(I).NE.IVERGL(12)) GO TO 140
    IF(IFLOAT.LT.0) GO TO 135
    WRITE(6,3)
    GO TO 120
135 IFLOAT=0
    INZA=1
    NEXP1=NRST
    GO TO 200
140 IF(IDENT(I).NE.IVERGL(13)) GO TO 150
    IF(INZA.EQ.0)GO TO 157
    IF(IFLOAT)142,145,141
141 WRITE(6,4)
    GO TO 120
142 WRITE(6,5)
    GO TO 120
145 IWERT(NR)=IWERT(NR)*IPOS
    IPOS=1
    IBL=0
    IFLOAT=1
    IF(INZA)142,142,200
```

```
C
C  PRUEFUNG AUF BLANK UND ZAHLEN
C
150 IF(IDENT(I).EQ.IVERGL(11)) GO TO 180
    DO 155 L=1,10
    IF(IDENT(I).EQ.IVERGL(L)) GO TO 160
155 CONTINUE
    IF(INZA.EQ.0) GO TO 157
    II=1
    GO TO 180
157 NR=NR+1
    IWERT(NR)=IDENT(I)
    WERT(NR)=1.0E70
    INZA=0
    GO TO 196
160 IF(INZA.GT.0)GO TO 170
    NR=NR+1
    IWERT(NR)=0
    NEXP1=0
    NEXP2=0
    INZA=1
    NRST=0
170 IF(IFLOAT.EQ.1) GO TO 176
    NRST=NRST+1
    IF(NRST-11)172,174,200
172 IWERT(NR)=IWERT(NR)*10+(L-1)
    GO TO 200
174 WRITE(6,7)NR
    GO TO 200
176 IF(NEXP2.GE.74) GO TO 174
    NEXP2=NEXP2*10+(L-1)
    IF(NEXP2.LT.75) GO TO 200
    NEXP2=74
    GO TO 174
180 IF(INZA.EQ.0) GO TO 200
```

```
INZA=0
IF(IFLOAT)195,184,182
182 NEXP2=NEXP2*IPOS
184 IF(NRST.GT.10)NRST=10
NEXP1=NEXP1-NRST+NEXP2
IF(NEXP1.GT.(-77)) GO TO 186
NEXP1=-77
GO TO 188
186 IF(NEXP1.LT.75) GO TO 190
NEXP1=74
188 WRITE(6,7)NR
190 IF(IFLOAT.EQ.0)IWERT(NR)=IWERT(NR)*IPOS
WERT(NR)=IWERT(NR)
WERT(NR)=WERT(NR)*10.0**NEXP1
IWERT(NR)=999999999
GO TO 1960
195 IWERT(NR)=IWERT(NR)*IPOS
WERT(NR)=1.0E70
1960 IF(II.EQ.1) GO TO 157
196 IF(NR.GE.NW)GO TO 205
NRST=0
IPOS=1
II=0
IFLOAT=-1
199 IBL=1
200 CONTINUE
IF(NR.EQ.0)GO TO 90
205 IQ=NR
IF((NR.GE.NW).OR.(IRUEC.EQ.1))RETURN
GO TO 90
END
```