



KfK 2698  
Dezember 1978

**ISOLA III —  
Ein FORTRAN IV-  
Programm zur Berechnung der  
langfristigen Dosisverteilung in  
der Umgebung  
kerntechnischer Anlagen**

W. Hübschmann, D. Nagel  
Abteilung Sicherheit

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Abteilung Sicherheit

KfK 2698

ISOLA III - Ein FORTRAN IV-Programm zur Berechnung  
der langfristigen Dosisverteilung in der  
Umgebung kerntechnischer Anlagen

W. Hübschmann

D. Nagel

<b>Büroexemplar</b> Gesellschaft für Kernforschung m. b. H. Karlsruhe	Nr. 1
--	----------

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

Als Manuskript vervielfältigt  
Für diesen Bericht behalten wir uns alle Rechte vor

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
ISSN 0303-4003

## Kurzfassung

Das Rechenprogramm ISOLA dient der jährlichen Berechnung der Strahlenbelastung der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe durch die Ableitung  $\alpha$ - und  $\beta$ -aktiver Stoffe mit der Abluft. In der verbesserten Fassung ISOLA III wird das Modell der "doppelten Gaußverteilung" streng angewendet, so daß der Einfluß der Nachbarsektoren korrekt erfaßt wird. Dadurch wurde die Verwendung einer  $10^0$ -Statistik neben der  $30^0$ -Statistik möglich. Das Programm berechnet wahlweise die Dosisraten der Expositionspfade Inhalation, Submersion, Ingestion und Bodenstrahlung, - die letzteren beiden infolge trockener und nasser Ablagerung.

Es können bis zu 15 Emittenten gleichzeitig berücksichtigt werden. Die Emissionen werden als gleichmäßig während eines gegebenen Zeitraumes angenommen. Wahlweise kann entweder eine Isodosenkarte für ein gewünschtes Gebiet (z.B. ein Planquadrat von 20 km Seitenlänge) oder eine Liste der Dosen an bis zu 2000 Aufpunkten (z.B. in den umliegenden Ortschaften) erstellt werden. Anhand eines Beispiels werden Ein- und Ausgabe erläutert.

## Abstract

ISOLA III - A FORTRAN IV code for the calculation of the long-term  $\alpha$ - and  $\beta$ -dose distributions in the vicinity of nuclear installations

The ISOLA computer code is used to calculate the annual radiation doses in the environment of the Karlsruhe Nuclear Research Center, caused by the release of  $\alpha$ - and  $\beta$ -active substances into the atmosphere. In the revised version, named ISOLA III, the double Gaussian distribution model is strictly applied. As a consequence, the contribution of activity from neighbor sectors is correctly taken into account. This makes possible the input of a  $10^0$  statistics in addition to a  $30^0$  statistics. The code calculates optionally the dose rates due to the following exposure pathways: inhalation, submersion, ingestion and irradiation from the ground, the latter two due to dry and wet deposition.

Up to 15 emitters may be coped with simultaneously. The emission rates are

considered to be constant during a given time interval. Optionally, either the isodoses chart of a specified area (for instance a square 20 by 20 km) or a list of doses calculated at up to 2000 field points (for instance the living areas) in the environment may be set up.

The input and output are explained for a specific case.

## Gliederung

	Seite
1. Eigenschaften des Programms	1
2. Physikalische Grundlagen	2
2.1 Von der am Boden abgelagerten Aktivität abhängige Äquivalentdosisleistung	2
2.1.1 Ingestionsdosis	4
2.1.2 Bodenstrahlung	5
2.2 Von der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft abhängige Äquivalentdosisleistung	6
2.3 Hilfsgröße $B_j$	6
2.4 Windgeschwindigkeit $\bar{u}_{jk}$	9
3. Handhabung des Programms	10
3.1 Eingabe auf Karten	10
3.2 Magnetbandeingabe	13
3.3 Erläuterungen und Grenzen	13
3.4 Benutzte Unterprogramme	14
3.5 Ausgabe	14
4. Zusammenfassung der Programm-Optionen	15
5. Literatur	17

## 1. Eigenschaften des Rechenprogramms

Die Berechnung der Strahlenbelastung in der Umgebung des Kernforschungszentrums Karlsruhe infolge der Ableitung radioaktiver Stoffe mit der Abluft erfordert wegen der Vielzahl der Quellen und der Vielzahl der interessierenden Aufpunkte einen erheblichen Rechenaufwand.

Wegen der gelegentlich neu hinzukommenden Emittenten sowie der Änderungen der Quellstärken, der Nuklidgemische und der meteorologischen Verhältnisse, ist diese Aufgabe jährlich neu zu lösen. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, ein Rechenprogramm zu erstellen, welches derartige Änderungen ohne Schwierigkeiten zu berücksichtigen gestattet, ohne dadurch unhandlich zu werden.

Das Rechenprogramm ISOLA wurde stufenweise sowohl der zunehmenden Differenzierung der verfügbaren Informationen, d.h. der Eingabedaten, als auch dem steigenden Genauigkeitsbedürfnis angepaßt. Es wird im vorliegenden Bericht in einer gegenüber ISOLA II /1/ verbesserten Form vorgestellt. Seine wesentlichen Eigenschaften können wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Berücksichtigung von bis zu 15 verschiedenen Emittenten an beliebigen Positionen;
2. Berücksichtigung von bis zu 36 Windrichtungssektoren;
3. Annahme einer "kalten" Quelle (kein thermischer Auftrieb der Abgase);
4. Annahme einer über bestimmte Zeiträume gleichmäßigen Emissionsrate (diese Zeiträume müssen sich mit den Integrationszeiten der meteorologischen Daten decken, z.B. Monat, Jahr);
5. Berücksichtigung des radioaktiven Zerfalls der emittierten Stoffe während des Transports in der Atmosphäre;
6. Aktivitätsverteilung entsprechend einer doppelten Gaußverteilung in der Abluftfahne, mit vollständiger Reflexion der Aktivität am Boden;
7. Gleichmäßige Windrichtungsverteilung über einen Windrichtungssektor (daraus ergibt sich eine Berücksichtigung der über die Sektorgrenzen in die Nachbarsektoren diffundierenden Aktivität);
8. Berechnung entweder der von der am Boden abgelagerten Aktivität abhängigen oder der von der Konzentration der bodennahen Luft abhängigen Äquivalentdosis an bis zu 2000 verschiedenen vorgegebenen Aufpunkten;
9. Zeichnen der maßstabsgerechten Isodosenkarte für ein vorgegebenes, symmetrisch zum Koordinatenmittelpunkt orientiertes Planquadrat, z.B. 20 x 20 km<sup>2</sup>;

## 10. Berechnung der Dosisgrenzen für die Isodosen;

Wird die Berücksichtigung der durch Niederschläge ausgewaschenen und am Boden abgelagerten Aktivität gewünscht, dann muß die Ausbreitungsstatistik 4-parametrig sein (Windgeschwindigkeit und -richtung, Ausbreitungskategorie, Niederschlagsintensität); wird lediglich die Berücksichtigung der trocken abgelagerten Aktivität gewünscht, dann genügt die 3-parametrische Ausbreitungsstatistik (ohne Niederschlagsintensität) s. Kap. 2.3.. Eine Übersicht über die Anwendungsmöglichkeiten des Programms enthält Kap. 4, S. 15.

## 2. Physikalische Grundlagen

### 2.1 Von der am Boden abgelagerten Aktivität abhängige Äquivalentdosisleistung

Die Dosisleistung der Expositionspfade "Ingestion" und "Direktstrahlung vom Boden" hängt von der am Boden abgelagerten Aktivität ab. Man unterscheidet trockene (Fallout) und nasse (Washout) Ablagerung.

Pflanzen werden entweder direkt aus der Luft oder über die Wurzeln aus dem Boden kontaminiert. Dementsprechend ist zu unterscheiden:

$V_g$  Ablagerungsgeschwindigkeit auf Vegetation in m/s,

$V_b$  Ablagerungsgeschwindigkeit auf dem Boden in m/s.

Für das Rechenprogramm ISOLA III sind folgende Eingabedaten zu bilden:

(1 a)  $T_{dry} = v_g K_1 + v_b K_2$  Transferkonstante für trockene Ablagerung, in  $m^3/s$  (Ingestion) bzw. m (Bodenstrahlung)

(1 b)  $T_{wet} = f_w K_1 + K_2$  Transferkonstante für nasse Ablagerung in  $m^2$  (Ingestion) bzw. s (Bodenstrahlung)

$K_1, K_2$  siehe die folgenden Kapitel,



$f_w$  Anteil der auf den Pflanzen verbleibenden Aktivität an der insgesamt ausgewaschenen Aktivität

$v_g$ ,  $v_b$  und  $f_w$  können /2/ entnommen werden.

Die durch Aktivitätsablagerung am Boden im Aufpunkt  $P(x, y)$  bewirkte Dosisleistung  $\dot{D}(x, y)$  wird für die beiden Expositionspfade "Ingestion" und "Bodenstrahlung" nach Gleichung (2) berechnet. Dabei sind  $Q$  Emittenten bzw. Nuklide berücksichtigt.

$$(2) \quad \dot{D}(x, y) = \sum_{q=1}^Q \dot{A}_q g_q [ T_{\text{dry}} \bar{\chi}(r_q, \phi_q) + T_{\text{wet}} \bar{W}(r_q, \phi_q) ]$$

$\dot{A}_q$  Quellstärke des  $q$ -ten Emittenten bzw. Nuklids in Ci/a

$g_q$  Dosisfaktor des  $q$ -ten Nuklids in rem/Ci bei Ingestion,  
in  $\frac{\text{rem m}^2}{\text{Ci s}}$  bei Bodenstrahlung, (kann /2/ entnommen werden)

$\bar{\chi}(r_q, \phi_q)$  mittlerer Langzeit-Ausbreitungsfaktor in  $\text{s/m}^3$ ,  
siehe Gleichung (3)

$\bar{W}(r_q, \phi_q)$  mittlerer Ausbreitungsfaktor in  $\text{m}^{-2}$ ,  
siehe Gleichung (4)

Zur Geometrie s. Abb. 1.

$$(3) \quad \bar{\chi}(r_q, \phi_q) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} r_q \Delta\phi} \sum_{j=1}^6 \frac{\exp - \frac{H_q^2}{2 \sigma_{zj}^2}}{\sigma_{zj}(r_q)} B_{\text{dry},j}$$

$\Delta\phi = \frac{2\pi}{I}$  Sektorwinkel im Bogenmaß

$I$  Anzahl der Windrichtungssektoren (12, 16, 36)

$H_q$  Emissionshöhe des Emittenten q (effektiv) in m

$\sigma_{zj}(r)$  vertikaler Ausbreitungsparameter der Kategorie j in der Entfernung r in m

$B_{dry,j}$  nach Gleichung (10), s. Abschnitt 2.3, unter Verwendung der 3-parametrischen Ausbreitungsstatistik, in s/m

$$(4) \quad \bar{W}(r_q, \phi_q) = \frac{8760 \cdot c}{2 \cdot r_q \cdot \Delta\phi} \sum_{j=1}^6 B_{wet,j}(r_q, \phi_q)$$

c Washout-Koeffizient in  $\frac{a}{mm \cdot s}$

8760 Anzahl der Jahresstunden in  $\frac{h}{a}$

$B_{wet,j}$  nach Gleichung (10), unter Verwendung der 4-parametrischen Ausbreitungsstatistik, in  $\frac{s \cdot mm}{m \cdot h}$

### 2.1.1 Ingestionsdosis

Die Übertragungsfaktoren  $K_1$  und  $K_2$  der beiden Kontaminationswege (Ablagerung auf der Pflanze und Ablagerung auf dem Boden) können aus /2/ entnommen oder nach den Gleichungen (2 a) und (2 b) berechnet werden.

$K_1$  Übertragungsfaktor für direkte Aktivitätsablagerung auf der Pflanze, in  $m^2$

$$(5 a) \quad K_1 = \frac{U}{V} f_1 f_2 \frac{1 - \exp - [(\lambda_r + \lambda_v) t_e]}{\lambda_r + \lambda_v} \exp - (\lambda_r t_v)$$

$K_2$  Übertragungsfaktor für die Aktivitätsaufnahme über die Pflanzenwurzeln aus dem Boden, in  $m^2$

$$(5 b) \quad K_2 = \frac{U}{P} f_1 T_r \frac{1 - \exp - (\lambda_r t_b)}{\lambda_r} \exp - (\lambda_r t_v)$$

U	Verzehrrate der betreffenden Bodenprodukte in kg/d
Y	Bewuchsdichte der Bodenprodukte (Naßgewicht) in kg/m <sup>2</sup>
P	spezif. Bodenmasse (trocken) bis zur Pflugschartiefe (15 cm), in kg/m <sup>2</sup>
f <sub>1</sub> , f <sub>2</sub>	Verlustfaktor für die Ernte bzw. für die Zubereitung zum Verzehr
T <sub>r</sub>	Transferfaktor vom Boden zum eßbaren Teil der Bodenprodukte in $\frac{\text{Ci/kg der Pflanze (Naßgewicht)}}{\text{Ci/kg des Bodens (Trockengewicht)}}$
λ <sub>r</sub>	radioaktive Zerfallskonstante in 1/d
λ <sub>v</sub>	Konstante für das Verweilen der Aktivität auf den Bodenprodukten, in 1/d
t <sub>e</sub>	Wachstumsdauer der Bodenprodukte, in d
t <sub>v</sub>	Zeit von der Ernte bis zum Verzehr, in d
t <sub>b</sub>	Anreicherungsdauer im Boden, in d

Alle Konstanten - mit Ausnahme von f<sub>1</sub> und f<sub>2</sub> - s./2/.

### 2.1.2 Bodenstrahlung

(6 a) K<sub>1</sub> = 0, wenn Pflanzenkontamination nicht berücksichtigt wird.

$$(6 b) K_2 = \frac{1 - \exp - (\lambda_r t_b)}{\lambda_r} \text{ in s.}$$

Beachte:  $K_2$  hat hier die Dimension "Sekunde".

$K_2$ , sowie der Dosisfaktor  $g_{b,q}$  können /2/ entnommen werden. Im Unterschied zum Ingestionspfad wird bei der Bodenstrahlung keine Verteilung der Aktivität bis zur Pflugschartiefe angenommen.

## 2.2 Von der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft abhängige Äquivalentdosisleistung

Die Dosisleistung der Expositionspfade "Inhalation" und "β-Submersion" hängt von der Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft ab. Die Dosisleistung  $\dot{D}(x, y)$  in rem/a am Aufpunkt  $P(x, y)$  wird nach Gleichung (7) berechnet. Dabei sind wiederum  $Q$  Emittenten bzw. Nuklide berücksichtigt.

$$(7) \quad \dot{D}(x, y) = \sum_{q=1}^Q \dot{A}_q g_q \bar{\chi}(r_q, \phi_q)$$

Bezeichnungen und Dimensionen s. Kap. 2.1.

$g_q$  Dosisfaktor des  $q$ -ten Nuklids in  $\frac{\text{rem m}^3}{\text{Ci s}}$

$\bar{\chi}(r_q, \phi_q)$  mittlerer Langzeitausbreitungsfaktor in  $\text{s/m}^3$  nach Gleichung (3).

Werte für  $g_q$  können /2/ entnommen werden.

Der Vergleich mit Gleichung (2) zeigt, daß

$$T_{\text{dry}} = 1$$

gesetzt werden muß, um die konzentrationsabhängigen Dosen richtig zu berechnen.  $W(r_q, \phi_q)$  ist für diese Berechnung 0.

## 2.3 Hilfsgröße $B_j$

Es wird zunächst die Anzahl der in der Ausbreitungskategorie  $j$  und in der Quellentfernung  $r_q$  zu berücksichtigenden Nachbarsektoren ermittelt.

$$\begin{array}{l}
 (8 \text{ a}) \quad z_{\alpha} = \frac{I}{2\pi} \left( \frac{2,15 \sigma_{yj}(r_q)}{r_q} - \alpha \right) \\
 (8 \text{ b}) \quad z_{\beta} = \frac{I}{2\pi} \left( \frac{2,15 \sigma_{yj}(r_q)}{r_q} - \beta \right)
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} (8 \text{ a}) \\ (8 \text{ b}) \end{array}} \right\} \begin{array}{l} \text{jeweils auf eine ganze} \\ \text{Zahl aufgerundet, mindestens} \\ \text{Null, höchstens} \\ \text{2 bei } I = 12, 16, \\ \text{6 bei } I = 36. \end{array}$$

$z_{\alpha}$  ( $z_{\beta}$ ) gibt die Anzahl der in Ausbreitungsrichtung gesehen links (rechts) liegenden Nachbarsektoren an.

$\sigma_{yj}(r)$  lateraler Ausbreitungsparameter der Kategorie  $j$  in der Entfernung  $r$  in m

$$\begin{array}{l}
 (9 \text{ a}) \quad \alpha = \phi_q - (i_q - 1/2) \Delta\phi \\
 (9 \text{ b}) \quad \beta = \Delta\phi - \alpha
 \end{array}
 \left. \vphantom{\begin{array}{l} (9 \text{ a}) \\ (9 \text{ b}) \end{array}} \right\} \text{im Bogenmaß, s. Abb. 1}$$

Folgende Definition wird in Gleichung (10) benützt:

$$\text{ERF}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-v^2} dv$$

Wenn  $z_\alpha \geq 1$  und  $z_\beta \geq 1$ , dann gilt:

$$\begin{aligned}
 (10) \quad B_j = & \left\{ 1 - \text{ERF} \left[ \frac{\alpha + (z_\alpha - 1) \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] \right\} \sum_{k=1}^K \left( \frac{f_{i-z_\alpha, j, k}}{\bar{u}_{jk}} \exp - \frac{\lambda_q r_q}{\bar{u}_{jk}} \right) \\
 & + \dots\dots\dots \\
 & + \left\{ \text{ERF} \left[ \frac{\alpha + 2 \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] - \text{ERF} \left[ \frac{\alpha + \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] \right\} \sum_{k=1}^K \left( \frac{f_{i-2, j, k}}{\bar{u}_{jk}} \exp - \frac{\lambda_q r_q}{\bar{u}_{jk}} \right) \\
 & + \left\{ \text{ERF} \left[ \frac{\alpha + \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] - \text{ERF} \left[ \frac{\alpha}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] \right\} \sum_{k=1}^K \left( \frac{f_{i-1, j, k}}{\bar{u}_{jk}} \exp - \frac{\lambda_q r_q}{\bar{u}_{jk}} \right) \\
 & + \left\{ \underbrace{\text{ERF} \left[ \frac{\alpha}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right]}_{C_\alpha} + \underbrace{\text{ERF} \left[ \frac{\beta}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right]}_{C_\beta} \right\} \sum_{k=1}^K \left( \frac{f_{i, j, k}}{\bar{u}_{jk}} \exp - \frac{\lambda_q r_q}{\bar{u}_{jk}} \right) \\
 & + \left\{ \text{ERF} \left[ \frac{\beta + \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] - \text{ERF} \left[ \frac{\beta}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] \right\} \sum_{k=1}^K \left( \frac{f_{i+1, j, k}}{\bar{u}_{jk}} \exp - \frac{\lambda_q r_q}{\bar{u}_{jk}} \right) \\
 & + \left\{ \text{ERF} \left[ \frac{\beta + 2 \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] - \text{ERF} \left[ \frac{\beta + \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] \right\} \sum_{k=1}^K \left( \frac{f_{i+2, j, k}}{\bar{u}_{jk}} \exp - \frac{\lambda_q r_q}{\bar{u}_{jk}} \right) \\
 & + \dots\dots\dots \\
 & + \left\{ 1 - \text{ERF} \left[ \frac{\beta + (z_\beta - 1) \Delta\phi}{\sqrt{2} \sigma_{yj}(r_q)} r_q \right] \right\} \sum_{k=1}^K \left( \frac{f_{i+z_\beta, j, k}}{\bar{u}_{jk}} \exp - \frac{\lambda_q r_q}{\bar{u}_{jk}} \right)
 \end{aligned}$$

Wenn  $z_\alpha = 0$ , wird  $C_\alpha = 1$  gesetzt;

wenn  $z_\beta = 0$ , wird  $C_\beta = 1$  gesetzt.

$\lambda_q$  Zerfallskonstante des q-ten Nuklids in 1/s,

$\bar{u}_{jk}$  über das Vertikalprofil gemittelte Windgeschwindigkeit in m/s, s. Kap. 2.4.

$f_{i,j,k}$  bedeutet

a) bei der Berechnung von  $B_{dry,j}$  (für  $\bar{x}(r_q, \phi_q)$ ) die Häufigkeit des Zusammentreffens der Windgeschwindigkeitsstufe k und der Ausbreitungskategorie j im Ausbreitungssektor i.

Die  $f_{i,j,k}$  sind in der "3-parametrischen Ausbreitungsstatistik" enthalten.

b) bei der Berechnung von  $B_{wet,j}$  (für  $\bar{w}(r_q, \phi_q)$ ) die Summe der Niederschläge, die während des Zusammentreffens der Windgeschwindigkeitsstufe k und der Ausbreitungskategorie j im Ausbreitungssektor i gefallen sind (auf 1 h bezogen, d.h. in mm/h),

d.h. also

$$(11) \quad f_{i,j,k} = \sum_{l=2}^L R_l q_{ijk1}$$

$R_l$  mittlere Niederschlagsintensität der l-ten Intensitätsstufe in  $\frac{mm}{h}$

(l = 1 bedeutet "kein Niederschlag",  $R_1=0$ )

$q_{ijk1}$  Niederschlagshäufigkeit in der l-ten Intensitätsstufe, relativ ("4-parametrische Ausbreitungsstatistik")

## 2.4 Windgeschwindigkeit $\bar{u}_{jk}$

Die Windgeschwindigkeit  $\bar{u}_{jk}$  wird für jede Stabilitätskategorie j und für jede Windgeschwindigkeit k vom Boden bis zur Emissionshöhe H gemittelt, s. Gleichung (12). Dabei wird das Windgeschwindigkeitsprofil über der Höhe z durch eine Potenzfunktion angenähert.

$$(12) \quad \bar{u}_{jk} = \frac{1}{H} \int_0^H u_{ok} \left(\frac{z}{H_0}\right)^{p_j} dz = \frac{u_{ok}}{1 + p_j} \left(\frac{H}{H_0}\right)^{p_j}$$

- $H_0$       Meßhöhe der Windgeschwindigkeit
- $u_{ok}$      mittlere Stufengeschwindigkeit in der Meßhöhe  $H_0$
- $p_j$       Windprofilexponent der Stabilitätskategorie  $j$

Die mittlere Stufengeschwindigkeit  $u_{ok}$  wird aus den gemessenen Einzelwerten, welche in die betreffende Geschwindigkeitsstufe fallen, gebildet. Sie gilt für alle Stabilitätskategorien. Der Windprofilexponent  $p_j$  ist der Mittelwert aller Exponenten  $p$ , welche sich aus der Anpassung einer Potenzfunktion der Form des Integranden in Gleichung (12) an die gemessenen Windgeschwindigkeitsprofile der Stabilitätskategorie  $j$  ergeben. Werte für das Kernforschungszentrum Karlsruhe s. Kap. 3.2.

### 3. Handhabung des Programms ISOLA-III

#### 3.1 Eingabe auf Karten

##### 1. Karte

- |       |  |                   |
|-------|--|-------------------|
| IQMAX | Anzahl der Quellen,  | IQMAX $\leq$ 15   |
| IPMAX | Anzahl der Aufpunkte,  | IPMAX $\leq$ 2000 |
| II    | Anzahl der Sektoren,   | II $\leq$ 36      |
| KMAX  | Anzahl der Windgeschwindigkeitsstufen  | KMAX $\leq$ 8     |
| LAUF  | Steuergröße zur Wahl der Ergebnisse<br>LAUF = 1 Berechnung der Dosis an eingegebenen Aufpunkten<br>LAUF = 2 Berechnung und Zeichnung der Isodosenlinien  |                   |
| NAS   | Steuergröße zur Wahl des Expositionspfades<br>NAS = 1 a) Berechnung von $\chi$ bzw. der davon abhängigen Inhalations- oder Submersionsdosisrate mit $T_{dry} = 1$<br>NST = 1 oder NST > 1<br>b) Berechnung der trockenen Ablagerung bzw. der davon abhängigen Ingestionsdosisrate oder der Dosisrate durch Bodenstrahlung<br>NST = 1 oder NST > 1<br>NAS = 2 Berechnung der nassen Ablagerung bzw. der davon abhängigen Ingestionsdosisrate oder der Dosisrate durch Bodenstrahlung<br>nur mit NST > 1 |                   |



NAS = 3 Berechnung der nassen + trockenen Ablagerung bzw. der davon abhängigen Ingestionsdosisrate oder der Dosisrate durch Bodenstrahlung  
nur mit NST > 1

NST Anzahl der Niederschlagsstufen der Ausbreitungsstatistik,  
NST = 1 für 3-parametrische Statistik

FORMAT (8I10)

## 2. Karte

WA Washout-Koeffizient  $c$  in  $\frac{a}{mm \cdot s}$  s. Gleichung (4)

$T_{wet}$  Transferkonstante für nasse Ablagerung in  $m^2$  (Ingestion) bzw. in s (Bodenstrahlung), s. Gleichung (1 b)

$T_{dry}$  Transferkonstante für trockene Ablagerung in  $m^3/s$  (Ingestion) bzw. in s (Bodenstrahlung), s. Gleichung (1 a)

FORMAT (8E10.0)

## 3. Karte und folgende (insgesamt IQMAX Karten)

QUELX X-Koordinate der Quelle  $q$  [m]

QUELY Y-Koordinate der Quelle  $q$  [m]

EMHOE Emissionshöhe  $H_q$  [m]

FAKT Quellstärke  $\dot{A}_q$  [Ci/a] x Dosisfaktor  $g_q$  des Emittenten  $q$   $\left[\frac{rem/s}{Ci/m^3}\right]$

ZERF Zerfallskonstante  $\lambda_q$  des emittierten Nuklids [ $sec^{-1}$ ]

FORMAT (8E10.0)

## (IQMAX+3)-te Karte

HO Höhe, in der die Windgeschwindigkeit gemessen wurde [m]

P(J) Exponent des Windprofils für jede Kategorie

FORMAT (8E10.0)

(IQMAX+4)-te Karte

U(K)            mittlere Geschwindigkeiten der Windgeschwindigkeitsstufen  
                 [m/sec]

FORMAT (8E10.0)

für Lauf=1

(IQMAX+5)-te und folgende Karten (insgesamt IPMAX-Karten)

PUNKTX        X-Koordinate des Aufpunktes    [m]

PUNKTY        Y-Koordinate des Aufpunktes    [m]

FORMAT (8E10.0)

für Lauf=2

(IQMAX+5)-te Karte

NANF          kleinster Wert des Rasters [m],  
                 NANF kann auch Null sein

NWEIT         Abstand der Rasterpunkte [m]

IANZ          Anzahl der Aufpunkte in X-Richtung bzw. Y-Richtung

FORMAT (8I10)

(IQMAX+6)-te Karte

a) LIN = 0    das Niveau der Isodosenlinien wird nach dem Maximum  
                 im mathematisch 1. Quadranten berechnet.  
                 Die Folgekarte entfällt.

b) LIN > 0    das Niveau der Isodosenlinien  
                 (Anzahl LIN) wird in der Folgekarte eingegeben.

FORMAT (I10)

für LIN ≠ 0

(IQMAX+7)-te Karte

DLI(L)        Niveau der Isodosen [rem/a]

FORMAT (8E10.0)

### 3.2 Magnetbandeingabe

Für die Jahre 1972 bis 1977 liegen monatliche Ausbreitungsstatistiken vor, sowie die jeweilige Jahresstatistik, die auf dem Band ASSASK abgespeichert wurden.

Diese Statistiken wurden für 12 oder 36 Sektoren, 8 Windgeschwindigkeitsstufen und  $H_0 = 60$  m berechnet. Die dazugehörigen  $P(J)$  sind (s. /3/):

0.07, 0.13, 0.21, 0.34, 0.44, 0.44

Die mittleren Windgeschwindigkeiten der Windgeschwindigkeitsstufen betragen:

1.0, 1.0, 1.21, 1.71, 2.90, 5.15, 9.28, 15.93 m/s

### 3.3 Erläuterungen und Grenzen

Für LAUF=2 muß IPMAX=IANZ\*IANZ sein. Das Raster besteht aus IANZ\*IANZ Aufpunkten. Bei der Berechnung des Verlaufs der Isodosenlinien werden die Rastermittelpunkte mitberücksichtigt.

Die Koordinaten der Quellen und Aufpunkte beziehen sich auf ein kartesisches Koordinatenkreuz, in dessen Ursprung z.B. der Schornstein des FR 2 liegt.

$H_0$ ,  $P(J)$ ,  $U(K)$ ,  $II$ ,  $KMAX$  und  $NST$  gehören zur Ausbreitungsstatistik (s. 3.2), die über die UNIT 20 vom Magnetband eingelesen wird, und müssen den in der Statistik verwendeten Werten entsprechen.

$DLI(1)$  ist der Wert der höchsten,  $DLI(LIN)$  der Wert der kleinsten Isodose. Bei  $LIN=0$  werden je Dekade 3 Isodosenlinien (1, 2 und 5) gewählt.

Es stehen mehrere Unterprogramme zur Verfügung, die die Ausbreitungsparameter  $\sigma_y$  und  $\sigma_z$  liefern. Die  $\sigma$ -Werte können nach Pasquill/Gifford, nach Klug oder nach Singer berechnet werden. Für das Kernforschungszentrum Karlsruhe werden eigene Kurvenscharen nach /3/ verwendet, welche den Einfluß der Bodenrauigkeit berücksichtigen.

### 3.4 Benutzte Unterprogramme

SUBROUTINE SIRAZ berechnet  $\sigma_z$  nach /3/.

SUBROUTINE SIRAY berechnet  $\sigma_y$  nach /3/.

SUBROUTINE PUNKTE berechnet aus den Größen NANF, NWEIT, IANZ die Aufpunkte des Rasters für jeden Quadranten.

SUBROUTINE ISODOS füllt ein Feld mit den Zahlen von 1 bis LIN (oder 0 falls die Dosis  $<DLI(LIN)$ ) je nach der Höhe der Dosis am Aufpunkt des Rasters und gibt dieses Feld aus.

SUBROUTINE HL stellt alle Größen und Werte für die SUBROUTINE PLOTHL zusammen und ruft diese auf.

SUBROUTINE PLOTHL plottet die Isodosenlinien (Routine der Bibliothek DVZ, von U. Schumann /4/).

SUBROUTINE LINIEN berechnet das Niveau der Isodosenlinien nach dem Maximum im 1. Quadranten.

### 3.5 Ausgabe

Die Ausgabe der eingelesenen Werte ist selbsterklärend und ist für LAUF=1 (Tab. 1) und LAUF=2 (Tab. 2) gleich.

#### a) Ergebnisse für LAUF=1

Eine Tabelle mit der laufenden Nummer des Aufpunktes, der X- und Y-Koordinate in Meter sowie der Dosis in rem/a wird gedruckt, s. Tab. 1. Die Nachricht "PROGRAMM BEENDET" schließt die Ausgabe ab.

#### b) Ergebnisse für LAUF=2

Nach der Angabe der Quadrantennummer folgt das in ISODOS gefüllte Feld in der Form von IANZ\*IANZ Zahlen der Werte von 1 bis LIN oder 0. Tab. 3 zeigt das Feld des ersten Quadranten. Unter dem Zahlenfeld wird ausgedruckt, welche Dosen den Zahlenwerten entsprechen. Anschließend wird das

Minimum und das Maximum der berechneten Dosen ausgegeben. Diese Darstellung gibt einen Überblick über den Verlauf der Isodosenlinien. Nach dem vierten Quadranten erscheint die Nachricht "PROGRAMM BEENDET".  
Plotausgabe:

Die Einheiten an den Achsen sind Kilometer und die Höhen der Linien stehen rechts neben der Zeichnung, s. Abb. 2.

#### 4. Zusammenfassung der Programm-Optionen

Mit dem Programm ISOLA III kann an jedem Aufpunkt

- die Dosisleistung
- die Aktivitätskonzentration in der bodennahen Luft
- die trocken und/oder naß abgelagerte Aktivität
- der Langzeitausbreitungsfaktor oder
- der Washout-Faktor

berechnet werden. Dazu sind die Parameter  $NAS$ ,  $T_{dry}$ ,  $T_{wet}$  und  $FAKT$  wie in folgendem Schema zu wählen. Grundsätzlich ist für die Berechnung der nassen Ablagerung (Washout) eine 4-parametrische Ausbreitungsstatistik einzulesen, während für die Berechnungen ohne Washout eine 3-parametrische ausreicht (s. S. 9). Die gewünschte Größe kann entweder für diskrete Aufpunkte ( $LAUF = 1$ ) oder für ein quadratisches Raster ( $LAUF = 2$ ) berechnet werden. Letztere Option gibt die Möglichkeit, die Isolinienkarte zu zeichnen.

NAS	T <sub>dry</sub>	T <sub>wet</sub>	FAKT	Berechnete Größe
1	1	-	1	Langzeit-Ausbreitungsfaktor in s/m <sup>3</sup>
		-	$\dot{A}$ in Ci/s	mittlere Aktivitäts-Konzentration in Ci/m <sup>3</sup>
		-	$\dot{A}g$ in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{a s}}$	Inhalations- oder Submersions-Dosisrate in rem/a
	v <sub>g</sub> bzw. v <sub>b</sub> in m/s	-	$\dot{A}$ in Ci/s	trockene Aktivitätsablagerung auf Vegetation bzw. auf dem Boden in Ci/m <sup>2</sup> s
	v <sub>g</sub> K <sub>1</sub> + v <sub>b</sub> K <sub>2</sub> in m <sup>3</sup> /s K <sub>1</sub> nach (5 a) K <sub>2</sub> nach (5 b)	-	$\dot{A}g$ in $\frac{\text{rem m}^2}{\text{a s}}$	Ingestionsdosis durch trockene Ablagerung in rem/a
v <sub>b</sub> K <sub>2</sub> in m K <sub>2</sub> nach (6 b)	-	$\dot{A}g$ in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{a s}}$	Dosisleistung durch Bodenstrahlung infolge trockener Ablagerung in rem/a	
2	-	1	1	Washout-Faktor in m <sup>-2</sup>
	-		$\dot{A}$ in Ci/s	nass abgelagerte Aktivität in Ci/m <sup>2</sup> s
	-	f <sub>w</sub> K <sub>1</sub> + K <sub>2</sub> in m <sup>2</sup> K <sub>1</sub> nach (5 a) K <sub>2</sub> nach (5 b)	$\dot{A}g$ in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{a s}}$	Ingestions-Dosisrate infolge nasser Ablagerung in rem/a
-	K <sub>2</sub> in s nach (6 b)	$\dot{A}g$ in $\frac{\text{rem m}^2}{\text{a s}}$	Dosisleistung durch Bodenstrahlung infolge nasser Ablagerung in rem/a	
3	v <sub>g</sub> bzw. v <sub>b</sub> in m/s	1	1	gesamte Ablagerung in m <sup>-2</sup>
	v <sub>g</sub> K <sub>1</sub> + v <sub>b</sub> K <sub>2</sub> in m <sup>3</sup> /s K <sub>1</sub> nach (5 a), K <sub>2</sub> nach (5 b)	f <sub>w</sub> K <sub>1</sub> + K <sub>2</sub> in m <sup>2</sup>	$\dot{A}g$ in $\frac{\text{rem m}^3}{\text{a s}}$	Ingestionsdosisrate in rem/a
	v <sub>b</sub> K <sub>2</sub> in m K <sub>2</sub> nach (6 b)	K <sub>2</sub> in s K <sub>2</sub> nach (6 b)	$\dot{A}g$ in $\frac{\text{rem m}^2}{\text{a s}}$	Dosisleistung durch Bodenstrahlung in rem/a

Schema der Programm-Optionen

## 5. Literatur

- /1/ W. Hübschmann, D. Nagel;  
ISOLA II - Ein FORTRAN-IV-Programm zur Berechnung der langfristigen  
Dosisverteilung in der Umgebung kerntechnischer Anlagen.  
KFK 2210, Dez. 1975
  
- /2/ Der Bundesminister des Innern;  
Allgemeine Berechnungsgrundlagen für die Bestimmung der Strahlen-  
exposition durch Emission radioaktiver Stoffe mit der Abluft.  
Empfehlung der Strahlenschutzkommission, 1977
  
- /3/ H. Dilger et al.;  
Die Parameter der atmosphärischen Ausbreitung in der Umgebung des  
Kernforschungszentrums Karlsruhe.  
KFK 2499, 1977
  
- /4/ U. Schumacher;  
PLOTHL; Ein FORTRAN IV - Unterprogramm zur Darstellung von Funktionen  
von zwei unabhängigen Variablen durch ihre Höhenlinien auf einem Plotter.  
KFK 1486, Oktober 1971





Tab. 1 Ausgabe bei LAUF = 1

NAS= 1 WASHOUTKOEFFIZIENT 0.300E-08 T-WET 0.100E+01 T-DRY 0.100E+01  
 STATISTIK MIT 1 NIEDERSCHLAGSSTUFEN

ANZAHL DER QUELLEN : 2

ANZAHL DER PUNKTE : 10

ANZAHL DER SEKTOREN : 12

GESAMTZAHL DER WINDGESCH.-STUFEN : 8  
 ANZAHL FUER KATEGORIE A : 8  
 KATEGORIE B : 8  
 KATEGORIE C : 8  
 KATEGORIE D : 8  
 KATEGORIE E : 8  
 KATEGORIE F : 8

P-WERTE  
 0.07000  
 0.13000  
 0.21000  
 0.34000  
 0.44000  
 0.44000

QUELLE	X	Y	HCEHE	QUELLST.	
QUELLE 1	100.0	1250.0	60.0	0.2000E+03	0.0
QUELLE 2	-340.0	90.0	70.0	0.3500E+02	0.0

HG =	100.0								
WG-STUFEN	1.00	1.00	1.21	1.71	2.90	5.15	9.28	15.93	

PUNKT	X	Y	DCSIS
1	3800.0	6500.0	0.2175E-04
2	4700.0	8200.0	0.1558E-04
3	3500.0	900.0	0.1179E-04
4	5700.0	1500.0	0.6249E-05
5	6400.0	3200.0	0.1014E-04
6	8300.0	4400.0	0.7814E-05
7	5600.0	-700.0	0.3863E-05
8	2700.0	-3700.0	0.5048E-05
9	1900.0	-7500.0	0.4434E-05
10	-2100.0	-9900.0	0.4058E-05

PROGRAMM BEENDET







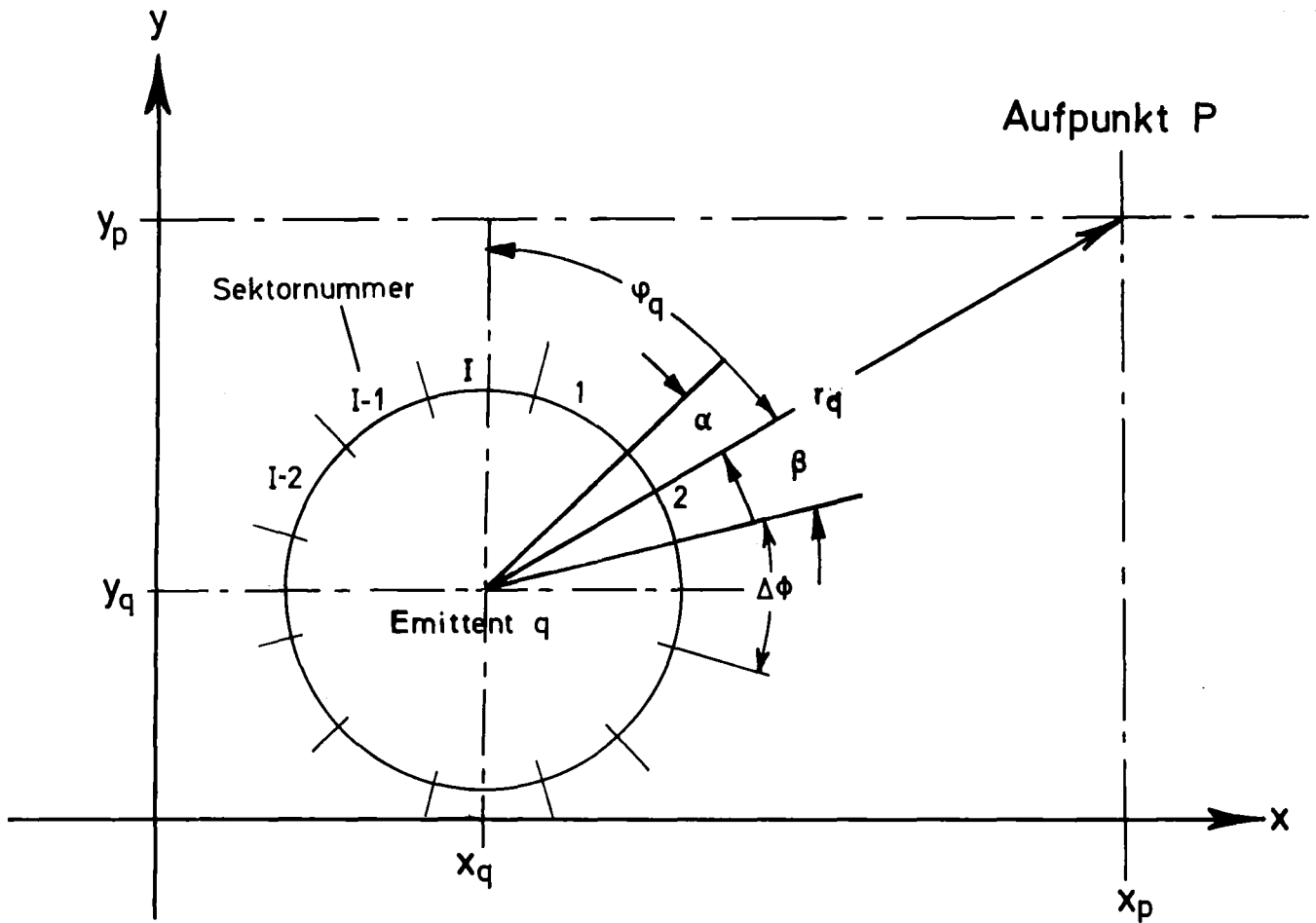


Abb. 1 Emittent und Aufpunkt im Grundriß

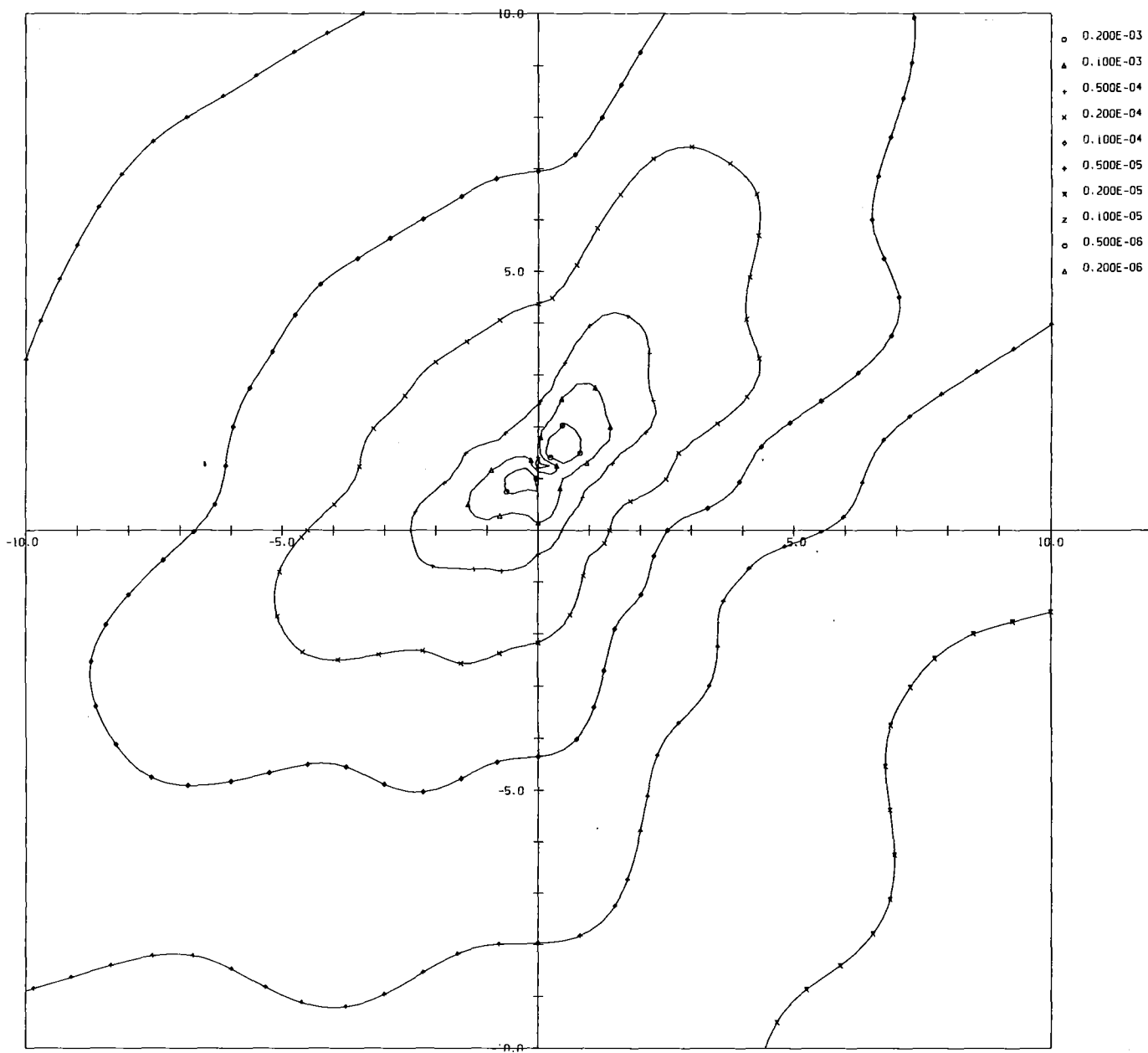


Abb. 2 Isodosenlinien