

**KfK 4578**

**Juni 1989**

**LIDIS**  
**Ein Programmsystem zur**  
**numerischen Simulation**  
**gepulster Leichtionendioden**

**D. Grether, M. Sararu, B. Haas**

**Institut für Datenverarbeitung in der Technik**  
**Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung**

**Kernforschungszentrum Karlsruhe**



# KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Institut für Datenverarbeitung in der Technik  
Hauptabteilung Datenverarbeitung und Instrumentierung

KfK 4578

LIDIS

Ein Programmsystem zur numerischen Simulation gepulster Leuchtionsdioden

D. Grether  
M. Sararu \*)  
B. Haas

\*) Fa. ABAS GmbH, Schirmerstr. 2, D-7500 Karlsruhe 1

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH, Karlsruhe

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

Kernforschungszentrum Karlsruhe GmbH  
Postfach 3640, 7500 Karlsruhe 1

ISSN 0303-4003

## LIDIS

### Ein Programmsystem zur numerischen Simulation gepulster Leichtionendioden

Das Programmsystem LIDIS zur numerischen Simulation gepulster Leichtionendioden wurde entwickelt. Mit LIDIS können alle im KfK entworfenen und konzipierten Diodentypen modelliert werden. Den Kern des Programmsystems bildet ein 2.5 dimensionaler, quasistationärer Particle-in-Cell Code. Ein interaktiver Preprozessor, mit dem alle für eine Simulation benötigten Dateien sukzessive aufgebaut werden können, macht die Arbeit mit LIDIS besonders effektiv. Ein menügesteuerter, graphikgekoppelter Post-Prozessor ermöglicht eine bequeme und umfassende Darstellung der Ergebnisse.

## LIDIS

### A Computer Code for the Numerical Simulation of Pulsed Light Ion Diodes

The computer code LIDIS was developed for the numerical simulation of pulsed light ion diodes. With LIDIS all types of diodes designed and projected at KfK can be modeled. The main part of the code is a 2.5 dimensional, quasistatic particle-in-cell code. An interactive preprocessor, by which all data sets needed for a simulation can be created gradually, makes the use of LIDIS particularly effective. A menu-driven postprocessor together with a package of graphics software allows a convenient and comprehensive representation of the results.

# Inhaltsverzeichnis

	Seiten
Allgemeines	1
Die Diodengeometrie	4
Das angelegte Magnetfeld	14
Die Simulation	15
Die Darstellung der Resultate	20
Beschreibung der Programme und Module	26
Hinweise für Erstbenutzer	31
Das Hauptprogramm	32
Literaturverzeichnis	48

## Allgemeines

Das Programmsystem LIDIS (Light Ion Diode Simulation) wurde als Werkzeug für das Design fokussierender Leichtionendioden entwickelt. Mit LIDIS können physikalische Vorgänge in zylindersymmetrischen Hochspannungsdioden numerisch simuliert werden. LIDIS besteht aus drei Gruppen von FORTRAN-Programmen:

Mit den Programmen der Gruppe G1 werden die Eingaben-Dateien erstellt. Die Programme der Gruppe G2 lesen diese Dateien ein, berechnen daraus die Simulationsresultate und geben diese auf einer Ergebnisdatei aus. Die Berechnung geschieht mit Hilfe eines iterativen Prozesses. Mit den Programmen der Gruppe G3 wird die Ergebnisdatei gelesen, die Ergebnisse werden graphisch aufbereitet und dargestellt [Fig. 1].

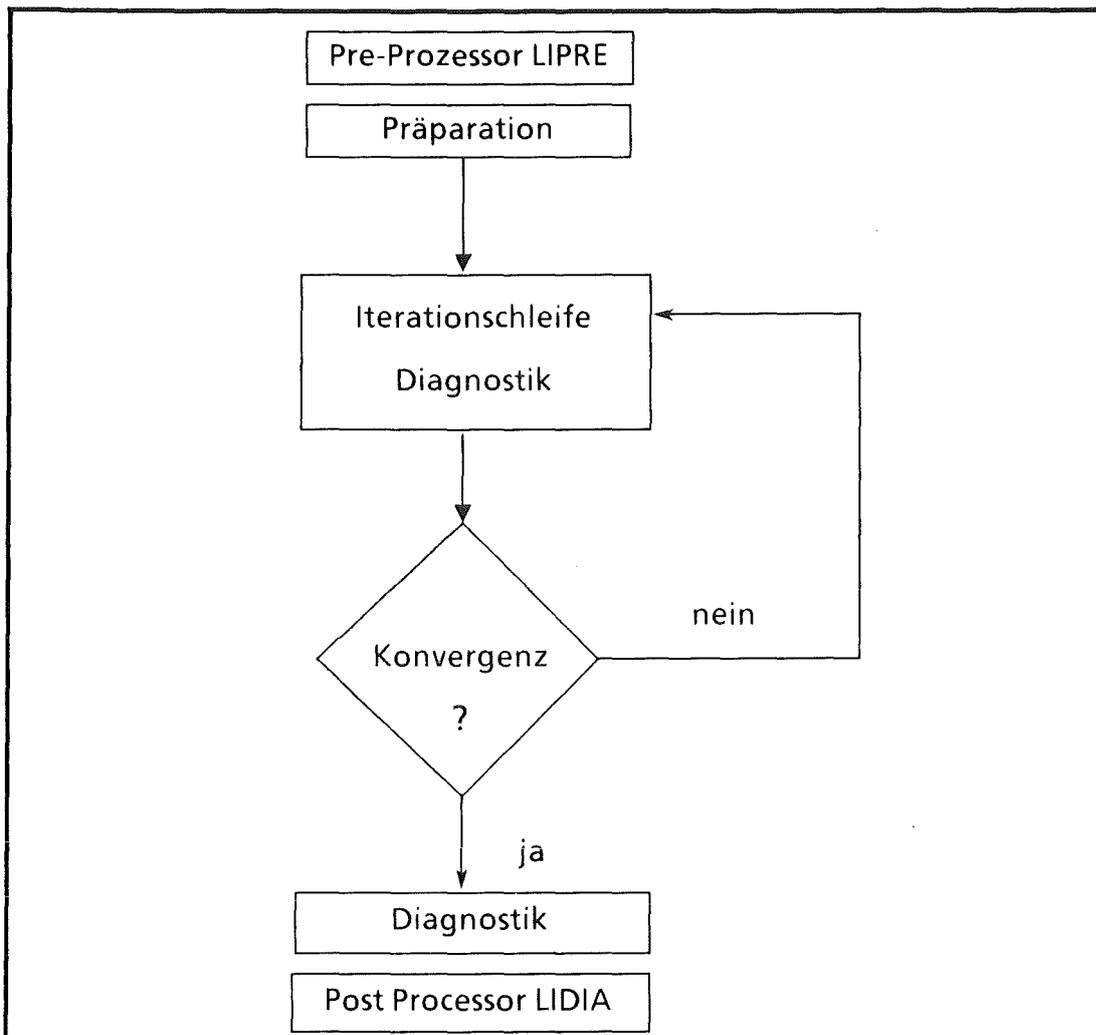


Fig. 1: Prinzipieller Ablauf einer Diodensimulation mit LIDIS

Die interaktiven Pre- und Post-Prozessoren LIPRE und LIDIA bestehen aus den Programmen der Gruppen G1 und G3 und aus geeigneten Kommando-prozeduren. Mit LIPRE können die Eingabedateien im Dialog mit der Maschine (IBM 3090 / Siemens 7890) sukzessive auf der Grundlage von Ursprungsdateien aufgebaut werden. Mit LIDIA können für den Benutzer interessante Resultate anhand von Tabellen ausgewählt, im Dialog graphisch aufbereitet (DISPLA 10.0) und wahlweise am Terminal (IBM 3179G) oder auf einem hochauflösenden Farbgraphikdrucker (VERSATEC) ausgegeben werden.

Das Simulationsprogramm (G2) ist ein zweieinhalbdimensionaler, quasista-tionärer Particle-in-Cell Code.<sup>1,2)</sup> Mit dem Programm wird der selbstkonsistente Elektronen- und Ionenfluß in den Dioden berechnet. Die Teilchenflüsse werden durch diskrete Makroteilchen dargestellt. Jedes Makroteilchen wird durch fünf zylindrische Phasenraumkoordinaten ( $z, r, v_z, v_r, v_\theta$ ) beschrieben. Die verschie-denen Teilchensorten sind durch das Verhältnis von Ladung zu Masse charakte-risiert. Das elektromagnetische Feld wird durch dessen Wert an den Punkten eines diskreten Gitters, das über dem Berechnungsgebiet liegt, dargestellt. An jedem Gitterpunkt wird das Feld durch fünf Komponenten ( $E_z, E_r, B_z, B_r, B_\theta$ ) beschrieben.

Ein Zeitschritt der Simulationsrechnung besteht aus der Neuberechnung der Komponenten des Feldes an den Gitterpunkten aus gegebenen Ladungs- und Stromdichten, der Berechnung der resultierenden Kräfte an den Teilchenorten, der Neuberechnung der Phasenraumkoordinaten der Makroteilchen und der Berechnung der resultierenden Ladungs- und Stromdichten an den Punkten des Gitters [Fig. 2].

Nach jeder Feldberechnung werden an den Elektroden Teilchen emittiert, nach jeder Berechnung der Koordinaten werden Teilchen, die auf die Begrenzung des Berechnungsgebiets treffen, entfernt. Diese Prozesse definieren die in den Diodenraum zufließenden bzw. die aus dem Diodenraum abfließenden Ströme.

Im quasistationären Particle-in-Cell Modell sind die zeitabhängigen Terme bei der Berechnung der Felder vernachlässigt. Diese Terme können dann vernachlässigt werden, wenn die Zeit, in der sich die angelegte Spannung ändert, groß ist gegenüber der durchschnittlichen Aufenthaltsdauer der Ionen in der Diode. Physikalisch korrekt simuliert werden im quasistationären Modell stationäre Zustände bei konstanter Potentialdifferenz, nicht jedoch die zeitliche Entwicklung der Systeme bis zum Erreichen dieser Zustände. Die o.g. Zeitschritte

haben daher die Bedeutung von Iterationsschritten, die solange wiederholt werden, bis sich ein Gleichgewichtszustand einstellt.

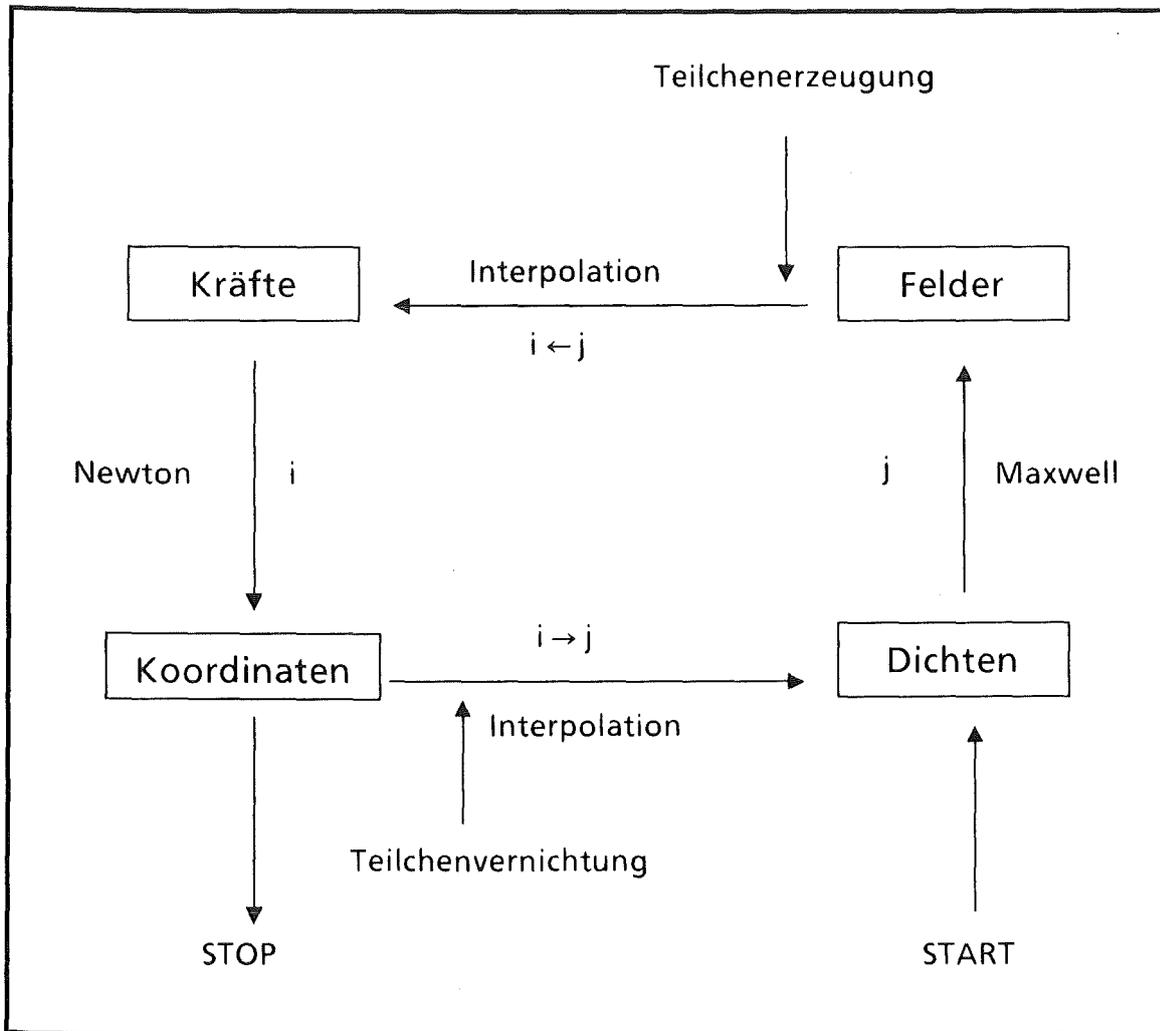


Fig. 2: Prinzipieller Ablauf eines Zeitschrittes

## Die Diodengeometrie

Zur Geometrieerfassung werden die Umriss der Dioden anhand von Konstruktionsplänen bestimmt und durch Geradenstücke und Kreisbögen approximiert. Die Koordinaten der Anfangs- und Endpunkte der einzelnen Abschnitte werden zusammen mit den Radien der Kreisbögen in ein Member einer Datei eingetragen (Abschnittsdaten).

Mit der Kommandoprozedur ALGO [Fig.3] werden zunächst die Koordinaten von Punktverteilungen auf diesen Abschnitten bestimmt (Randdaten). Danach wird über das durch die Geradenstücke und Kreisbögen begrenzte Berechnungsgebiet ein randangepaßtes Berechnungsgitter gelegt (Gitterdaten).<sup>3)</sup>

Nach Aufruf von ALGO werden die Namen der Member mit den Abschnittsdaten (A0), mit den Randdaten (A1) sowie mit den Gitterdaten (A2) abgefragt [Fig.3]. Eingelesen wird von der Datei prefix.PREP.DATA, ausgegeben auf die Datei prefix.GRID.DATA (s. Kap. 7).

Durch Angabe der drei Membernamen A0, A1 und A2 werden die Abschnittsdaten eingelesen und die Gitterdaten ausgegeben. Durch Angabe von A0 und A1 und einer folgenden Leereingabe werden die Abschnittsdaten gelesen und die Randdaten ausgegeben, durch vorangehende Leereingabe und anschließende Angabe von A1 und A2 werden die Randdaten eingelesen und die Gitterdaten ausgegeben.

Sowohl die Randdaten als auch die Gitterdaten können graphisch dargestellt werden [Fig. 4-9]. Die Abschnittsdaten der drei abgebildeten Diodengeometrien befinden sich auf der Datei prefix.PREP.DATA.

Ein Abschnittsdatensatz besteht aus den drei Blöcken HEAD, LINE und FILE [Fig.10]. Eine Dummy-Version des Blocks HEAD befindet sich unter dem Membernamen HEAD auf der Datei prefix.PREP.DATA. Dieses Member sollte grundsätzlich an den Anfang jedes neu zu erstellenden Abschnittsdatensatzes kopiert werden.

Die Programme zur Gittererzeugung basieren auf dem Programmpaket FCBFC, die im zugehörigen Handbuch<sup>4)</sup> erläuterten Parameter wurden teilweise übernommen, zur Bedeutung dieser Parameter wird auf dieses Handbuch verwiesen.

Mit HEAD werden nichtgeometrische Eigenschaften der Dioden beschrieben. Die beiden ersten Zeilen des Blocks HEAD stellen eine kurze Charakterisierung der Diode dar. Zur graphischen Darstellung der Rand- und Gitterdaten müssen unter

dem Kennwort NGRIDP die Anzahlen der Gitterlinien in Richtung 1 (I1MX) und 2 (I2MX) angegeben werden. Diese Zahlen müssen mit den ersten beiden Zahlen des Blocks FILE übereinstimmen. Die weiteren Parameter, die mit den Kennwörtern ELECAT, STARTP, ETYPES und PBFOIL gesteuert werden, sind erst nach Abschluß der Arbeiten an der Gittererzeugung anzugeben.

Mit dem Block LINE können Anziehungslinien in Richtung 1 und 2 definiert werden [s. Ref. 4].

Die Diodengeometrie wird allein durch den Block FILE erfaßt. Dabei wird zwischen dem äußeren Rand sowie einer unbegrenzten Zahl innerer Ränder unterschieden. Die Eingabe des äußeren Randes erfolgt zuerst und wird durch sieben Leereingaben (Kommata) beendet. Die Eingabe eines inneren Randes beginnt mit den Parametern NIR (Nummer des inneren Randes) und Name (Charakterisierung des inneren Randes) und endet mit 10 Leereingaben.

Die Punkte des Gitters tragen die Indizes (I1,I2). Die Anzahl der Gitterpunkte ist I1MX x I2MX. Mit (1,1) ist der linke, untere Gitterpunkt indiziert. Mit diesem Punkt (Z0,R0) beginnt die Eingabe des äußeren Randes. Dieser besteht aus dem unteren (I2 = 1), dem rechten (I1 = I1MX), dem oberen (I2 = I2MX) und dem linken (I1 = 1) äußeren Teilrand, die Eingabe erfolgt in dieser Reihenfolge. Die Eingabe endet mit den Koordinaten des linken, unteren Gitterpunktes (Z0,R0).

Jeder der Teilränder kann in N Abschnitte zerlegt werden, welche durch die Koordinaten ihrer Anfangs- und Endpunkte  $Z(I)$ ,  $R(I)$  und  $Z(I + 1)$ ,  $R(I + 1)$  definiert sind. Jeder so gegebene Abschnitt besteht aus NINT (I + 1) Intervallen. Die unteren und oberen Teilränder enthalten jeweils I1MX-1 Intervalle, die linken und rechten enthalten I2MX-1 Intervalle. Liegt ein Abschnitt eines inneren Randes auf einem äußeren Rand, so muß dieser Abschnitt auch ein Abschnitt des äußeren Randes sein. Die Zerlegung in Intervalle muß auf beiden Abschnitten übereinstimmen.

Zur Definition der Randwerte bei der Potentialberechnung ist jedem Punkt des Gitters eine positive Integerzahl (Punktrattribut) zugeordnet. Mit den Parametern IRP1,...,IRP4 können die Punktattribute des unteren, rechten, oberen und linken äußeren Randes in der entsprechenden Reihenfolge vorgegeben werden. Die gemeinsamen Eckpunkte werden mit den Attributen des linken bzw. rechten Randes belegt.

Bei der Eingabe innerer Ränder müssen neben den Koordinaten der Anfangs- und Endpunkte Z und R der Abschnitte auch die Indices I1 und I2 dieser Punkte vorgegeben werden. Darüber hinaus müssen die Indices aller Gitterpunkte des gesamten Abschnitts vorgegeben werden. Bei der Definition der Abschnitte innerer Ränder sind daher drei weitere Parameter anzugeben: Die Indexpaare

(I1, I2) der Anfangs- und Endpunkte sowie der Parameter LR, mit dem die Indizierung der weiteren Gitterpunkte des Abschnitts geregelt wird.

Geradenstücke ( $RAD = 0$ ) gehören zu festen Werten von I1 bzw. I2. Der Parameter LR gibt in diesem Fall an, ob auf dem Weg vom Anfangspunkt zum Endpunkt des Abschnitts I1 erhöht ( $LR = +1$ ) oder erniedrigt ( $LR = -1$ ) bzw. I2 erhöht ( $LR = +2$ ) oder erniedrigt ( $LR = -2$ ) wird.

Beispiel:           Anfangspunkt       I1 = 10, I2 = 10  
                          Endpunkt            I1 = 20, I2 = 10  
  NINT = 10, LR = 1.

In diesem Beispiel bleibt I2 konstant, bis I1 den Wert 20 erreicht hat.

Bei Kreisbögen ( $RAD \neq 0$ ) können die Indices der Anfangs- und Endpunkte zu verschiedenen Werten von I1 und I2 gehören. Der Parameter LR gibt in diesem Fall an, ob zunächst I1 oder zunächst I2 geändert werden soll.

Beispiel:           Anfangspunkt       I1 = 10, I2 = 10  
                          Endpunkt            I1 = 16, I2 = 14  
  NINT = 10, LR = 1.

In diesem Beispiel bleibt I2 konstant, bis I1 den Wert 16 erreicht hat. Dann bleibt I1 konstant, bis I2 den Wert 14 erreicht hat.

Durch die Indizierung eines inneren Randes werden im Indexraum NLR logische Rechtecke definiert, die durch den inneren Rand begrenzt sind. Die Parameter I1A und I1E bzw. I2A und I2E sind die Anfangs- und Endwerte dieser Rechtecke im Indexraum I1, I2. Der Parameter IRPAT bestimmt die Attribute der Punkte des inneren Randes sowie aller in den NLR angegebenen logischen Rechtecken enthaltenen Punkte.

Nachdem der Block FILE des Abschnittsdatensatzes erstellt ist, kann mit ALGO das Gitter wie beschrieben erzeugt und dargestellt werden. Das fertige Gitter kann mit dem Kommando PGRID dargestellt werden.

Nun können auch die übrigen Parameter des Blocks HEAD definiert werden. Unter dem Kennwort ELECAT werden die Elektrodenattribute, d. h. die Attribute der Gitterpunkte, die auf Abschnitten liegen, mit denen Elektroden approximiert werden, eingetragen. Dabei ist NIPA die Anzahl der Anodenattribute, IPA der Vektor der Länge NIPA, der die Anodenattribute enthält (NIPK und IPK für Kathodenattribute).

Nach Vorgabe der Elektrodenattribute sind Elektrodenzellen definiert als Zellen, die eine von null und vier verschiedene Anzahl an Gitterpunkten mit Elek-

trodenattribut enthalten. Die Elektrodenzellen spielen eine wichtige Rolle bei der Definition der in den Diodenraum zufließenden und der aus dem Diodenraum abfließenden Ströme. Durch Bilanzierung dieser Ströme entlang der Elektroden können an jeder Stelle die Elektrodenkonturströme an den Elektrodenoberflächen (Elektronenzustrom an der Kathode, Elektronenrückstrom an der Anode) berechnet werden. Dazu ist es notwendig, die Elektrodenzellen nach ihrer Reihenfolge zu ordnen und dabei an den Seiten der Elektroden zu beginnen, an denen der entsprechende Konturstrom verschwindet. (Die Diode muß darüber hinaus so gepolt sein, daß der Vakuumstrom von links nach rechts fließt).

Nachdem die erste Anodenzelle und die erste Kathodenzelle bestimmt wurden, werden die Parameter NSA und NSK unter dem Kennwort STARTP gleich eingesetzt und an Stelle von I1SA, I2SA und I1SK, I2SK die Indices der linken unteren Punkte der Anoden- und Kathodenstartzelle eingesetzt. Da von jeder Zelle in zwei Richtungen gezählt werden kann, ist es darüber hinaus erforderlich, die Richtung anzugeben. Diese geschieht mit Hilfe der Vorzeichen von I1SA und I1SK nach folgender Notation: Von einer Elektrodenzelle, die zwei Punkte des rechten äußeren Teilrandes enthält, wird nach oben gezählt (positives Vorzeichen) bzw. nach unten gezählt (negatives Vorzeichen).

Wenn die Elektroden Verzweigungspunkte enthalten muß nach jedem Verzweigungspunkt eine neue Startzelle vorgegeben werden. Die Anzahl der Anodenstartzellen ist NSA, die der Kathodenstartzellen NSK. Ist die Anzahl der Startzellen einer Elektrode größer als eins, dann muß darüber hinaus die Anzahl der Elektrodenzellen NIA bzw. NIK jedes Teilstücks der Anode bzw. Kathode angegeben werden. Die Konturströme nehmen in der gewählten Reihenfolge von null auf Diodengesamtstrom zu.

Nach der Wahl der Startzellen kann bei der graphischen Darstellung des Gitters mit ALGO bzw. PGRID durch Eingabe von (L) eine Liste der Elektrodenzellen in der gewählten Reihenfolge ausgegeben werden. Die Elektrodenzellen sind jetzt in dieser Reihenfolge durchnummeriert.

Unter dem Kennwort ETYPES können nun Elektrodenzellen zu Gruppen zusammengefaßt werden. Jeder Gruppe wird ein Elektrodentyp zugeordnet. Der Elektrodentyp ist eine positive Integerzahl für Anodenzellen, eine negative Integerzahl für Kathodenzellen. Verschiedenen Gruppen kann der gleiche Elektrodentyp zugeordnet werden. Zu beachten ist, daß die Kathodenzellen, auf die der fokussierbare Ionenstrom trifft, zu einer Gruppe des Typs -1 zusammengefaßt werden.

Der Parameter ITMAXA bezeichnet die Anzahl verschiedener Anodentypen, ITMAXK die der Kathodentypen. N ist die Anzahl der Elektrodengruppen. Jede Gruppe ist gegeben durch die Angabe der Nummer der ersten (IZA) und der letzten (IZE) zu dieser Gruppe gehörenden Elektrodenzelle sowie des Elektrodentyps IEL.

Unter dem Kennwort PBFOIL kann eine dünne Anodenfolie ( $\rho \cdot x = 0.0076$  g/cm<sup>2</sup>) mit definierten Bremseigenschaften für Elektronen<sup>2)</sup> vorgegeben werden. Die Folie liegt auf einer Gitterlinie, die zu festem Index I1 gehört. Der Anfangspunkt der Folie ist der Gitterpunkt mit dem Indexpaar I1F, I2FA, der Endpunkt der Folie ist der Gitterpunkt mit dem Indexpaar I1F, I2FE. An den Punkten der Anodenfolie werden die rechtsseitigen und die linksseitigen Werte des elektrischen Feldes gespeichert.

```
BITTE DAS MEMBER MIT DEN ABSCHNITTSDATEN ANGEBEN (PREP.DATA) : a0  
BITTE DAS MEMBER MIT DEN RANDDATEN ANGEBEN           : a1  
BITTE DAS MEMBER MIT DEN GITTERDATEN ANGEBEN        (GRID.DATA) : a2
```

Fig. 3: Die Kommandoprozedur ALGO

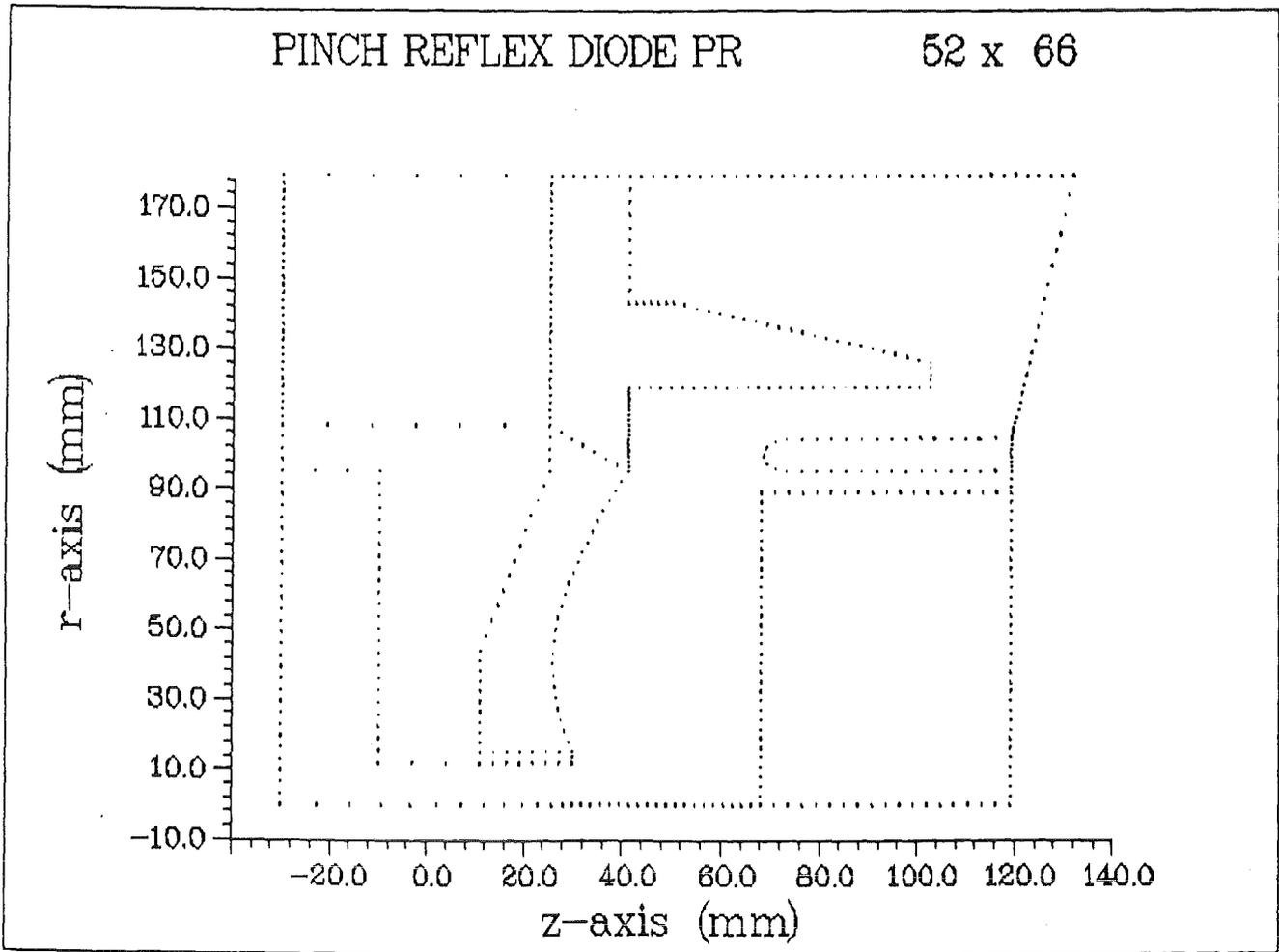


Fig. 4: Randdaten einer Pinch-Reflex-Diode

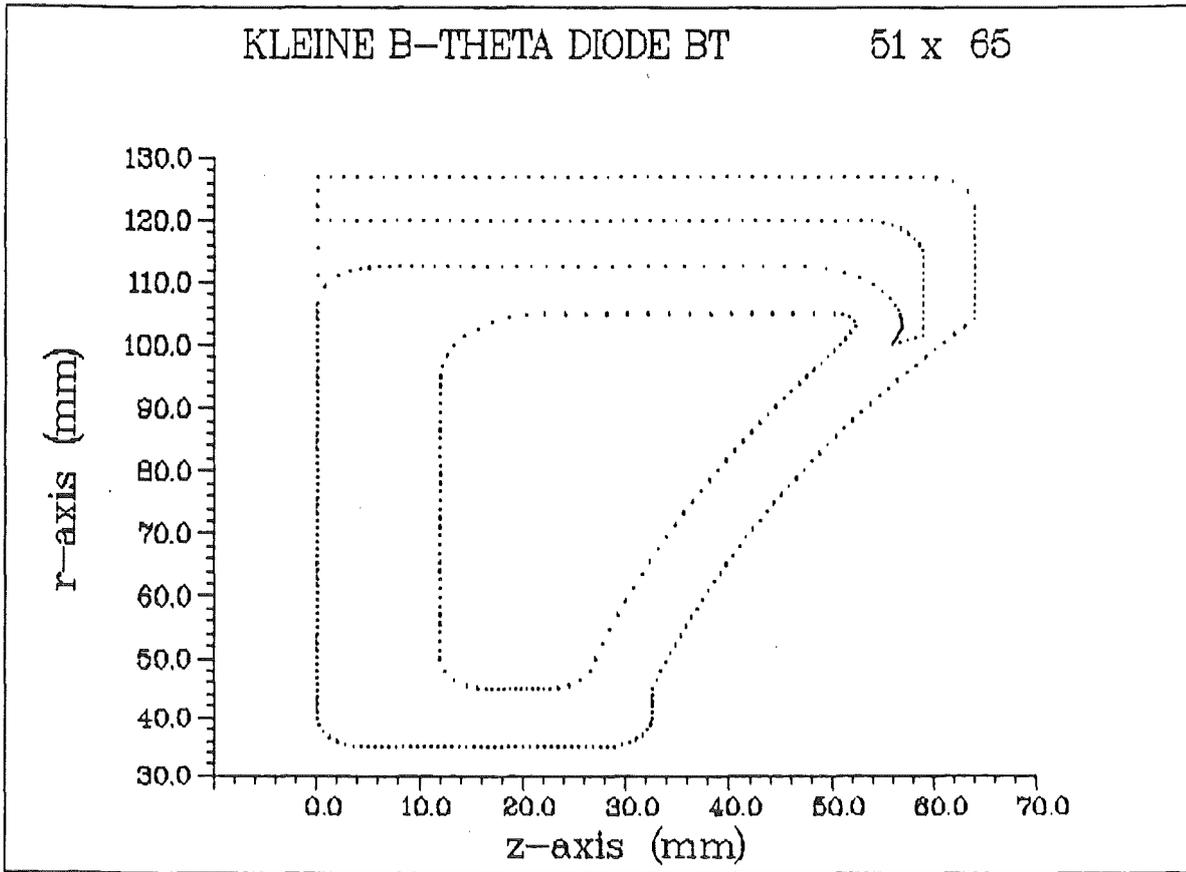


Fig. 5: Randdaten einer  $B_\theta$ -Diode

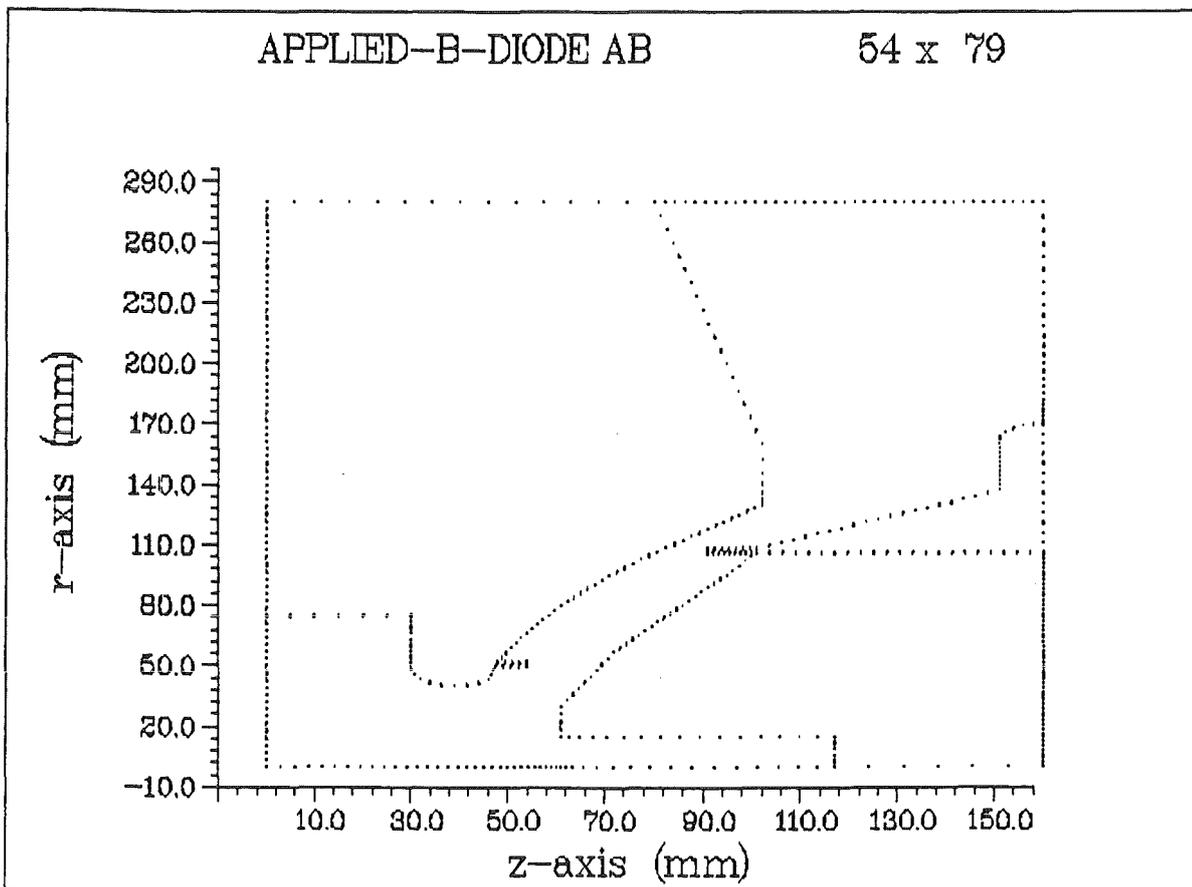


Fig. 6: Randdaten einer fremdmagnetisch isolierten Diode

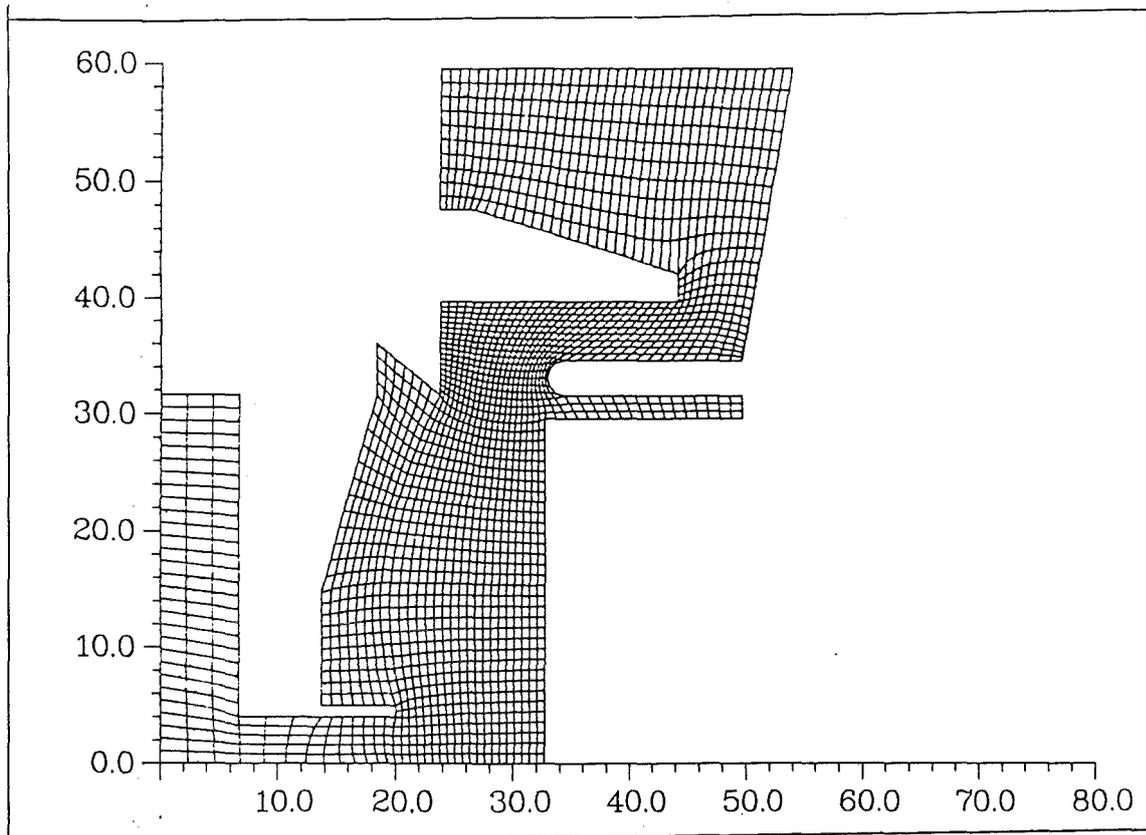


Fig. 7: Berechnungsgitter für eine Pinch-Reflex-Diode

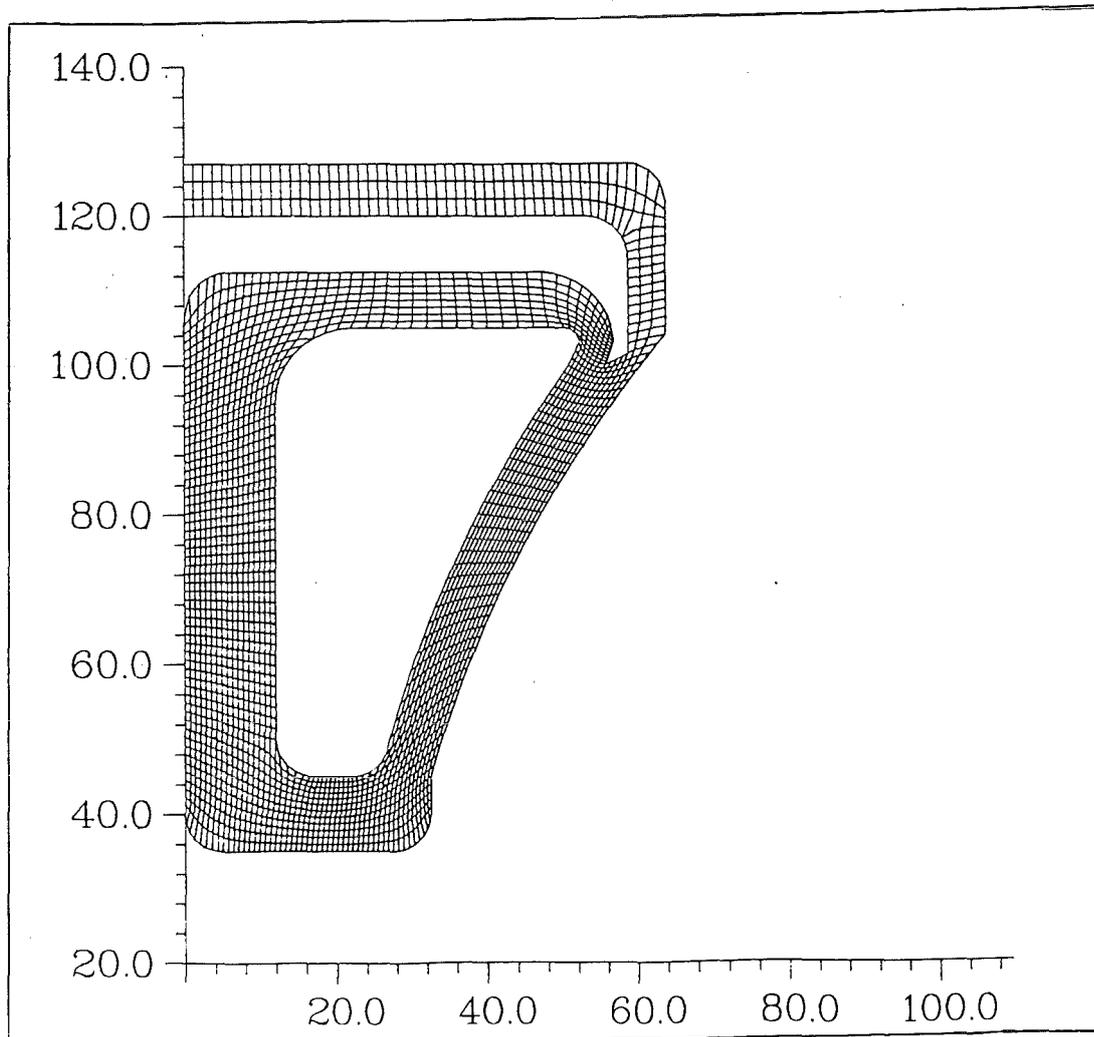


Fig. 8: Berechnungsgitter für eine  $B_0$ -Diode

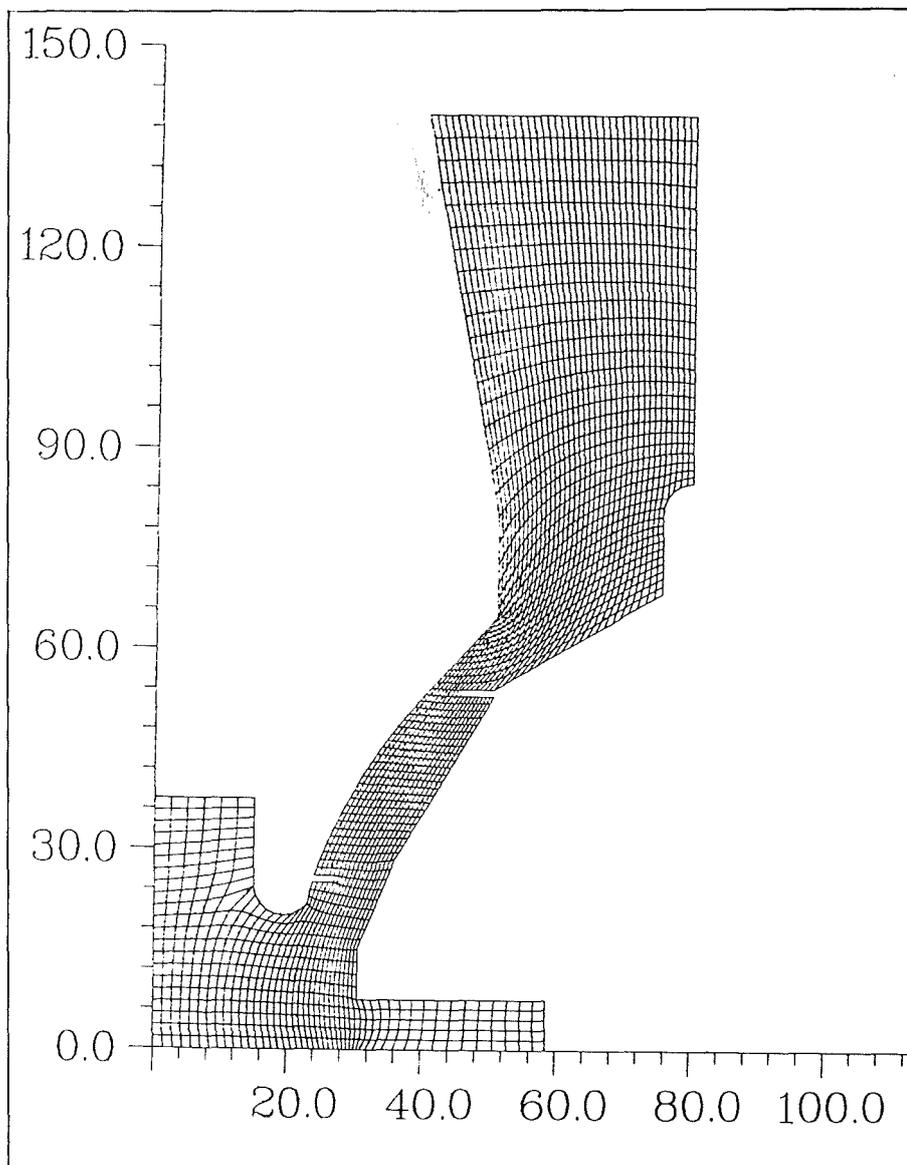


Fig. 9: Berechnungsgitter für eine fremdmagnetisch isolierte Diode

HEAD

NAME OF DIODE

I1MX = I1MX I2MX = I2MX

NGRIDP (NUMBER GRID POINTS)

I1MX I2MX

ELECAT (ELECTRODE ATTRIBUTES)

NIPA NIPK

(IPA(I),I=1,NIPA), (IPK(I),I=1,NIPK)

STARTP (START-POINTS FOR ELECTRODE DETERMINATION)

NSA NSK

(I1SA(I),I2SA(I),NIA(I)I=1,NSA), (I1SK(I),I2SK(I),NIK(I)I=1,NSK)

ETYPES (ELECTRODE TYPES)

ITMAXA,ITMAXK,N

(IZA(I),IZE(I),IEL(I),I=1,N)

PBFOIL (POSITION OF BREAK-FOILE)

I1F I2FA,I2FE

ENDHEAD

LINE

NAL1,NAL2

(IAL1(I),AAL1(I),BAL1(I),I=1,NAL1)

(IAL2(I),AAL2(I),BAL2(I),I=1,NAL2)

ENDLINE

FILE

I1MX,I2MX IRP1,IRP2,IRP3,IRP4

ZO ,RO ,

(Z(I),R(I),NINT(I),RAD(I),IPOS(I),DELTA(I),DELTE(I)),I=1,N-1)

ZO ,RO ,NINT(N),RAD(N),IPOS(N),DELTA(N),DELTE(N)

.....

NIR NAME

NLR

(I1A(I),I1E(I) I2A(I),I2E(I), I=1,NLR)

ZO ,RO ,IRPAT ,I10 ,I20

(Z(I),R(I),NINT(I),I1(I),I2(I),LR(I),RAD(I),...,DELTE(I),I=1,N-1)

ZO ,RO ,NINT(N),I10 ,I20 ,LR(N),RAD(N),...,DELTE(N)

.....

Fig. 10: Struktur eines Abschnittsdatensatzes

## Das angelegte Magnetfeld

Fremdmagnetisch isolierte Dioden sind Dioden, an die von außen ein Magnetfeld angelegt wird. Dieses Feld ist die Superposition eines hochfrequenten und eines niederfrequenten Magnetfeldes. Für die Dauer des Generatorpulses kann dieses Magnetfeld als konstant betrachtet werden.

Die Berechnung des äußeren Magnetfeldes geschieht unabhängig von LIDIS mit dem Programmsystem PROFI.<sup>5)</sup> Dort werden die hoch- und niederfrequenten Magnetfelder und deren Eindringen in die Elektrodenmaterialien für Spulenströme von jeweils 1 Ampère berechnet. Die Ergebnisse werden an den Punkten eines nichtäquidistanten Rechteck-Gitters gespeichert und müssen von dort an die Punkte des randangepaßten Berechnungsgitters interpoliert werden.

Dies geschieht mit der Kommandoprozedur BAP. Im angegebenen Beispiel (Fig. 11) werden mit PROFI erhaltene Ergebnisse auf das randangepaßte Berechnungsgitter AB der Datei prefix.GRID.DATA interpoliert. Die Ergebnisse befinden sich in diesem Beispiel auf der Datei prefix.PROFI.DATA, die der Anwender des Programmsystems PROFI zur Verfügung stellt. Das Member M1F0160 enthält das niederfrequente Magnetfeld, das Member M1F4400 enthält das hochfrequente Magnetfeld. Das auf das randangepaßte Berechnungsgitter AB interpolierte sowie aus den hoch- und niederfrequenten Magnetfeldern zusammengesetzte Magnetfeld wird unter dem Membernamen M1AB auf die Datei prefix.MAIN.BAPP ausgegeben.

In der Kommandoprozedur BAP wird außerdem nach der Differenz der Koordinatennullpunkte des PROFI-Gitters und des randangepaßten Gitters DELTAZ sowie nach den tatsächlichen Spulenströmen, durch die die beiden Magnetfelder erzeugt werden, gefragt. Dabei gilt:

$$Z(\text{randangepaßter Gitter}) = Z(\text{Profigitter}) + \text{DELTAZ [mm]}$$

Die Eingabe der Spulenströme erfolgt in KA.

Die weiteren einzugebenden Größen (Name der Superposition, Frequenzen in KH) werden für die Überschrift des Magnetfelddatensatzes benutzt.

```
BITTE DAS MEMBER DER GITTER -DATEI ANGEBEN : ab
BITTE NAMEN DER - P R O F I -DATEI ANGEBEN : prefix.profi.data
BITTE 1. MEMBER DER PROFI -DATEI ANGEBEN : m1f0160
BITTE 2. MEMBER DER PROFI -DATEI ANGEBEN : m1f4400
BITTE SUPERPOSITION DER DATEIEN ANGEBEN : m1ab
```

Fig. 11: Die Kommandoprozedur BAP

## Die Simulation

Die Job-Kontroll-Karten für das Ausführen einer Simulationsrechnung befinden sich unter dem Membernamen LIDIS auf der Datei prefix.MAIN.CNTL. Die Steuerung des Programmablaufes wird durch verschiedene Parametergruppen geregelt, die mit Hilfe von NAMELIST-Anweisungen an das Programm übergeben werden[Fig. 12].

In Parametergruppe 1 werden die Fortran-Units für den Verkehr mit Ein- und Ausgabedateien gesetzt. Als Eingabedateien sind zu wählen: prefix.GRID.DATA (Gitterdatei), prefix.MAIN.BAPP (Magnetfelddatei), prefix.MAIN.CONT (Fortsetzungsdatei). Als Ausgabedateien sind zu wählen: prefix.MAIN.LOGD (Dokumentationsdatei), prefix.MAIN.LOGP (Ergebnisdatei).

Auf Unit IFILEG wird ein mit ALGO erzeugtes Member der Gitterdatei eingelesen, auf Unit IFILEB ein mit BAP erzeugtes Member der Magnetfelddatei. Auf Unit LOGD wird ein Member der Dokumentationsdatei ausgegeben [Fig. 13, 14], auf Unit LOGP ein Member der Ergebnisdatei. Für Fortsetzungsläufe ist das Member der Ergebnisdatei auf die Fortsetzungsdatei zu kopieren und durch Angabe der Unit IFILEI einzulesen. Durch Setzen einer Ein/Ausgabe-Unit auf Null wird die entsprechende Ein/Ausgabe unterdrückt.

Um Verwechslungen auszuschließen sollen die Membernamen der Dokumentations- und der Ergebnisdatei gleich sein und mit dem für den Parameter NAME anzugebenden Characterstring (max. 8 Character) übereinstimmen.

Die Parametergruppe 2 enthält Vorgaben zur Steuerung der Iterationsschleife. DT ist die Iterationsschrittweite, NDT die maximale Anzahl der Iterationsschritte, ITIMX die maximale CPU-Rechenzeit in Sekunden. Wird ein Lauf im eingeschwungenen Zustand fortgesetzt, dann werden durch Setzen der logischen Variable KONVGZ auf den Wert .TRUE. eine Reihe zusätzlicher Diagnostikmodule aktiviert. Damit werden physikalische Größen berechnet, deren Auswertung nur im eingeschwungenen Zustand sinnvoll ist.

Die Parametergruppe 3 enthält die Vorgabeparameter zur Steuerung der Teilchenerzeugung an den Elektroden. NPSORT ist die Zahl der Teilchensorten. Es werden Elektronen ( $NPSORT > 0$ ) sowie  $NPORT-1$  Ionensorten ( $NPSORT > 1$ ) erzeugt. Die Ionenspecies sind durch das Verhältnis von Ladung zu Masse definiert. Dabei gibt LVI(N) die Ladung der Species N in Protonladungen an, MVI(N) die Masse der Species N in Protonmassen. Mit PANTI(N) wird die prozentuale Häufigkeit der Erzeugung der Species N angegeben.

Die Ladungen der Makroteilchen sind durch QMIN und QMAX nach unten und oben begrenzt.

Mit IFSPG wird die Verteilung der neu erzeugten Teilchen im Ortsraum gesteuert. Diese Verteilung ist geordnet (IFSPG = 0) oder zufällig (IFSPG = 1). Mit TEMP A und TEMP K können die Temperaturen der Anode und der Kathode in Elektronenvolt vorgegeben werden, was zu einer entsprechenden Maxwell'schen Geschwindigkeitsverteilung der neu erzeugten Teilchen führt.

Mit BOUND(I) können Schwellenwerte der elektrischen Felder in Volt / Meter angegeben werden. Die Elektrodenzellen, die zu Gruppen des Elektrodentyps IEL = I gehören, emittieren nach Vorgabe von BOUND nur dann, wenn der Wert des elektrischen Feldes den Wert von BOUND überschreitet.

Mit EBD können die mit BOUND für ganze Gruppen von Elektrodenzellen vorgegebenen Emissionsschwellen in bestimmten Bereichen überspeichert werden. IBA(N) und IBE(N) sind die Nummern der ersten und der letzten Zelle des Bereichs N, dessen Emissionsschwelle mit dem Wert EBD (IBA) überspeichert wird. Die Bereiche sind dabei mit eins beginnend fortlaufend zu numerieren. Durch alleinige Eingabe von EBD(NR) wird die Emissionsschwelle der Elektrodenzelle NR auf diesen Wert festgesetzt.

In Parametergruppe 4 werden die Randwerte für die Potentiallöser definiert. Die Gitterpunkte sind für die Potentiallöser in bestimmte Fallklassen eingeteilt. Punkte der Fallklasse 1 sind Feldpunkte, an denen das unbekannte Potential berechnet wird, Punkte der Fallklasse 2 sind Randpunkte mit fester Vorgabe des Potentials (Dirichlet-Randpunkte), Punkte der Fallklassen 3 bzw. 4 sind Randpunkte mit definierter Normalableitung in Richtung 1 (festes I2) bzw. in Richtung 2 (festes I1).

Mit IFALLE(I) wird die Fallklasse der Punkte mit Punktattribut I bezüglich des elektrischen Potentiallösers festgelegt, mit IFALLB(I) die Fallklasse dieser Punkte bezüglich des magnetischen Vektorpotentiallösers. RWE(I) und RWB(I) sind die von der jeweiligen Fallklasse abhängigen Randwerte dieser Punkte bezüglich des elektrischen und des magnetischen Potentiallösers. Für Punkte der Fallklasse 2 sind diese Randwerte feste Potentialvorgaben, für Punkte der Fallklassen 3 bzw. 4 feste Vorgaben der Normalableitung in Richtung 1 bzw. 2.

Im Falle des elektrischen Potentiallösers können darüber hinaus durch Wahl der Fallklassen 5 bzw. 6 Grenzlinien in Richtung 1 bzw. 2 zweier Bereiche mit verschiedenen Werten der Dielektrizitätskonstanten vorgegeben werden. RWE(-I)

bedeutet in diesem Fall die Dielektrizitätskonstante des Bereichs mit dem kleineren, (RWE(+1) die des Bereichs mit dem größeren Index.

Durch Nullsetzen eines der Parameter LSORE, LSORB, LBTHET, LDIOBR und LFOIL in Gruppe 5 können der elektrische und der magnetische Potentiallöser, das Programm zur Berechnung der  $B_{\theta}$ -Komponente, das Konvergenz-Testprogramm sowie das Programm zur Simulation von Bremsfolien abgeschaltet werden. Durch Setzen eines der Messageparameter MVOLUM, MGEOME, MPGENE, MPGENI, MDIOPA, MDIOBR auf eins werden auf Unit 6 Informationen bezüglich dieser Programme ausgegeben. Mit MSTEP = 1 erhält man eine Dokumentation der Zeitschritte.

```
NAMELIST
. /NAMEL1/  IFILEG, IFILEB, IFILEI, LOGD, LOGP, NAME
. /NAMEL2/  DT, NDT, ITIMX, KONVGZ
. /NAMEL3/  NPSORT, QMIN, QMAX,
.           IFSPG, TEMPA, TEMPK, BOUND, IBA, IBE, EBD, PANTI, MVI, LVI
. /NAMEL4/  RWE, IFALLE, RWB, IFALLB
. /NAMEL5/  LSORE, LSORB, LBTHET, LDIOBR, LFOIL,
.           MVOLUM, MGEOME, MPGENE, MPGENI, MDIOPA, MDIOBR, MSTEP
```

Fig. 12: Die Parametergruppen

DOKUMENTATION PIC-LAUF VP41

DATUM : 89-03-06                      ZEIT : 18:20

BERECHNUNGSGITTER : APPLIED-B-DIODE D4  
 I1MX = 54    I2MX = 79

EINGELESENES MAGNETFELD :  
 M94D4        /89-02-06/    64.0KA/4.40KH    -5.0KA/0.16KH    DZ = -11.5

EINGELESENE TEILCHEN: 13570 IONEN        9513 ELEKTRONEN

PARAMETERGRUPPE 2 :

-----  
 DT            NDT        ITIMX        KONVGZ  
 1.000E-12    2500       3000        .T.

PARAMETERGRUPPE 3 :

-----  
 ION    |    PANTI    |    MVI    |    LVI  
 -----  
 1    |    1.000    |    1        |    1

NPSORT    IFSPG        QMIN        QMAX        TEMPA        TEMPK  
 2           0           1.00E-09    1.00E-07    0.00        0.00

-----  
 NR. ZELLE |    TYP    |    SCHWELLE    |    ELEKTRODE  
 -----  
 1 - 61 |    2    |    1.000E+20    |    ANODE  
 62 - 82 |    1    |    0.000E+00    |    ANODE  
 83 - 118 |    3    |    1.000E+20    |    ANODE  
 119 - 152 |    -2    |    3.000E+07    |    KATHODE  
 153 - 175 |    -1    |    1.000E+20    |    KATHODE  
 176 - 252 |    -3    |    3.000E+07    |    KATHODE

PARAMETERGRUPPE 4 :

-----  
 IPATT    :        0            1            2            3            4            5  
 IFALLE   :        1            2            2            4            3            2  
 RWE(+)   :    0.00E+00    1.70E+06    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00  
 RWE(-)   :    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00  
 IFALLB   :        1            2            2            4            3            2  
 RWB       :    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00    0.00E+00

PARAMETERGRUPPE 5 :

-----  
 LSORE    LSORB    LBTHET    LDIOBR    LFOIL  
 1           1           1           1           1

Fig. 13: Dokumentation: Vorgabeparameter

CODE- RESULTATE : VP41					
ANZAHL DER ITERATIONSSCHRITTE : 1885 ( 1800 - 3685 )					
DIODENPARAMETER	ELEKTRONEN	IONEN			
-----					
ANZAHL	8011	13710			
LADUNG	-1.099E-04	4.841E-05	(CB)		
STROM	422.8865	50.1915	(KA)		
DETAILLIERTE STROMERFASSUNG (IN KA) :					
TYP	E.AREA	GEN. E.	KOL. E.	EM. E.	KOL. I.
-----					
-3	248.551	482.074	56.099	425.975	0.000
-2	14.567	7.141	12.191	-5.050	2.439
-1	0.000	0.000	0.059	-0.059	46.912
TYP	E.AREA	GEN. I.	KOL. I.	EM. I.	KOL. E.
-----					
1	73.633	51.032	0.000	51.032	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	43.805
3	0.000	0.000	0.000	0.000	381.100
VERLUSTSTROEME: IONEN 0.00 ELEKTRONEN 0.00					
ANG. SPANNUNG	:	1.700	MV		
GESAMTSTROM	:	473.078	KA		
GESAMTLEISTUNG	:	0.804	TW		
IONENLEISTUNG	:	0.080	TW		
IONENWIRKUNGSGRAD	:	0.099			
DIODENIMPEDANZ	:	3.593	OHM		
BENOETIGTE CPU-ZEITEN : 3004.52 SEC (FORTSETZUNGSLAUF)					
ROUTINE NR.		DENSIT	ZEIT:		
1			533.61	SEC	( 298.22 SEC)
2		SOR-E	2068.74	SEC	(1040.77 SEC)
3		EFIELD	90.12	SEC	( 46.12 SEC)
4		BTHETA	24.34	SEC	( 12.44 SEC)
5		PGEN	75.19	SEC	( 37.72 SEC)
6		PIPOL	59.76	SEC	( 35.95 SEC)
7		PPI25	60.46	SEC	( 35.82 SEC)
8		PPE25	80.24	SEC	( 44.87 SEC)
9		PICLOC	457.19	SEC	( 263.89 SEC)
10		WEIGHT	63.91	SEC	( 35.91 SEC)
11		FOIL	0.00	SEC	( 0.00 SEC)
12		DIOPAR	31.92	SEC	( 18.40 SEC)
13		OUTPUT	35.40	SEC	( 29.50 SEC)
14		OUTTRA	1.94	SEC	( 1.94 SEC)
15		SOR-B	2094.01	SEC	(1074.46 SEC)
16		BDIA	32.81	SEC	( 16.79 SEC)
INSGESAMT VERBRAUCHTE RECHENZEIT : 1 STUNDE 35 MINUTEN 9 SEKUNDEN					

Fig. 14: Dokumentation: Simulationsresultate

## Die Darstellung der Resultate

Die Kommandoprozedur LIDIA ermöglicht eine bequeme und umfassende Darstellung der Ergebnisse einer vorangegangenen Simulation. Nach Aufruf von LIDIA ist zuerst der Name des Members der Ergebnisdatei prefix.MAIN.LOGP und danach der Name des zugehörigen Members der Gitterdatei prefix.GRID.DATA anzugeben. Daraufhin erhält man eine Tabelle mit Programmnamen (Fig.15). Durch Eingabe eines dieser Namen wird das entsprechende Programm aufgerufen.

LIDIA ist selbsterklärend und kann ohne Vorkenntnisse benutzt werden. Die einzelnen Plotprogramme eröffnen dem Benutzer eine Reihe von Möglichkeiten und Alternativen. Die verschiedenen Möglichkeiten und Alternativen werden dem Benutzer im Dialog mit der M3090 zur Auswahl angeboten und können durch Eingabe eines zugehörigen Characterstrings ausgewählt werden. Durch Leereingabe (ENTER) wird die angebotene Möglichkeit ignoriert.

Am Beginn jedes Programms kann der Benutzer entscheiden, ob die graphische Ausgabe am Terminal (IBM3179G) erfolgt oder ob auf der Datei prefix.PROC.DATA ein Metafile mit dem Namen des aufgerufenen Programms angelegt wird.

Das Metafile kann durch Aufruf der Kommandoprozedur IBM und Angabe des Membernamens auf dem Terminal ausgegeben werden. Die Job-Kontroll-Karten für die Ausgabe des Metafiles auf dem hochauflösenden Farbgraphikdrucker VERSATEC befinden sich unter dem Membernamen VERS auf der Datei prefix.MAIN.CNTL. Dort muß anstelle des Wortes MEMBER der Name des zu plottenden Members der Datei prefix.PROC.DATA angegeben werden.

Zur Veranschaulichung folgen einige Beispiele graphischer Darstellungen, die mit dem Post-Processor LIDIA erstellt wurden [Fig. 16-22].

```
SIE HABEN FOLGENDE MOEGlichkeiten : .

*****
*
* ZUSTAENDE INNERHALB DER DIODE:
* -----
*
* PSCAL      SKALARE FELDER (AUSGEFUELLTE KREISE)
* PCONT      SKALARE FELDER (HOEHEN-LINIEN)
* PVECT      VEKTORFELDER
* PPIC       ORTSKOORDINATEN DER MAKRO-TEILCHEN
* PPHAS      PHASENRAUMKOORDINATEN
* PTRAJ      AUSGEWAELTE TEILCHENBAHNEN
* PGDF       TEILCHENZAHl, LADUNG, STROM
*            (ZEITLICHE ENTWICKLUNG)
* PCUR       STROM DURCH DIE ELEKTRODENFLAECHEN
* PTOT       TOTALE ENERGIE (ZEITLICHE ENTWICKLUNG)
*
*****
*
*          >>>> ENTER <<<<
*
*****
*
* AUSWERTUNG DES GERICHTETEN IONENSTROMS:
* -----
*
* (1) ----- AN DER KATHODENFOLIE
*
* PLDIR      STROMDICHTERVEKTOREN AM DIODENAUSGANG
* PLDIV      LOKALE STRAHL DIVERGENZ, LEUCHTDICHTE
*
* (2) ----- IM DRIFTRAUM
*
* PDRIFFT    ORTSKOORDINATEN DER MAKRO-IONEN
* PROFIL     TARGET-LEISTUNGSDICHTE (FESTES Z)
* PROFCL     TARGET-LEISTUNGSDICHTE Z-R (HOEHENLINIEN)
* PROF3D     TARGET-LEISTUNGSDICHTE Z-R (3D-PLOT)
*
*****
*
* BITTE GEWUENSCHTES PROGRAMM ANGEBEN:
* -----
*
```

Fig. 15: Die Kommandoprozedur LIDIA

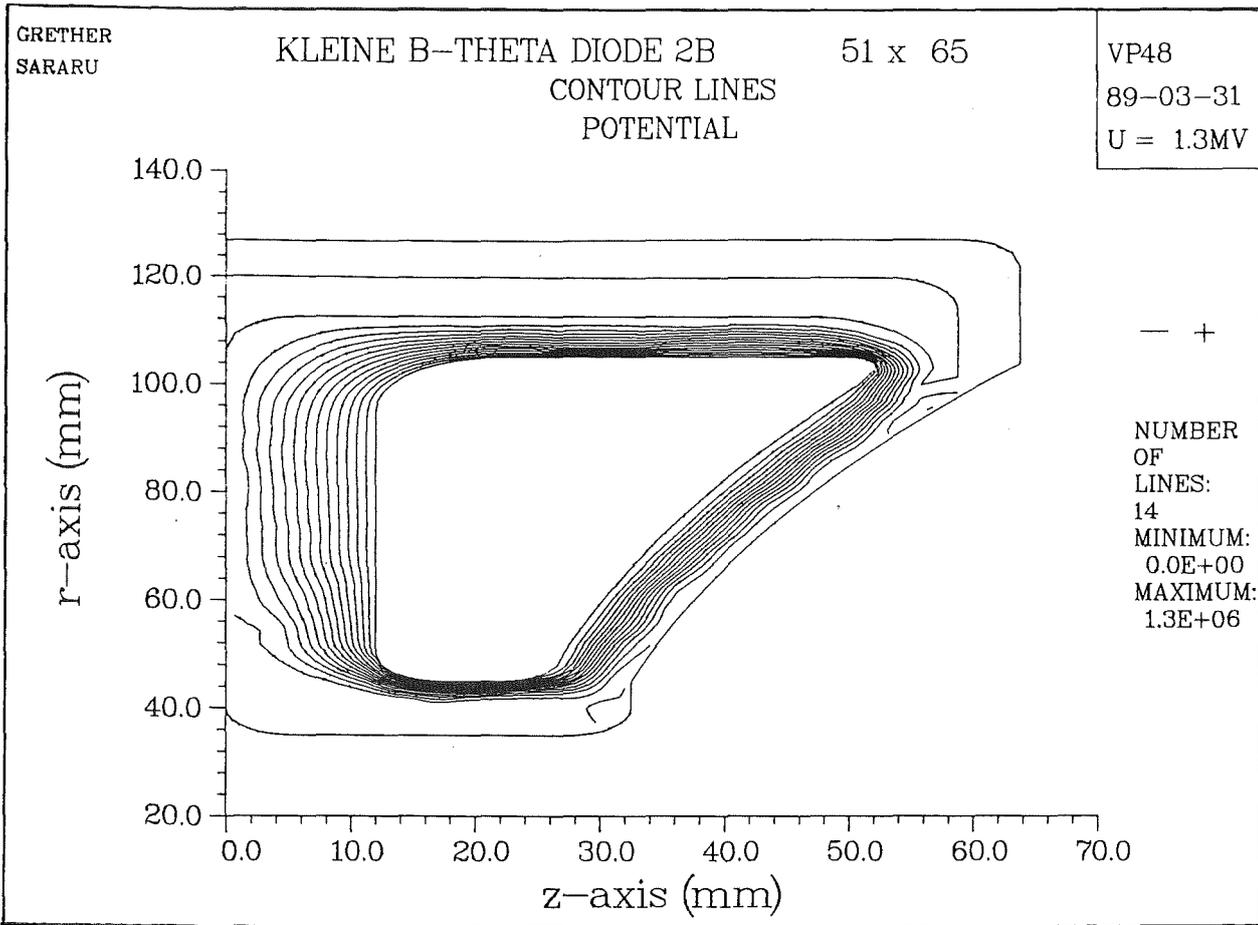


Fig. 16: PCONT: Äquipotentiallinien in einer  $B_\theta$ -Diode

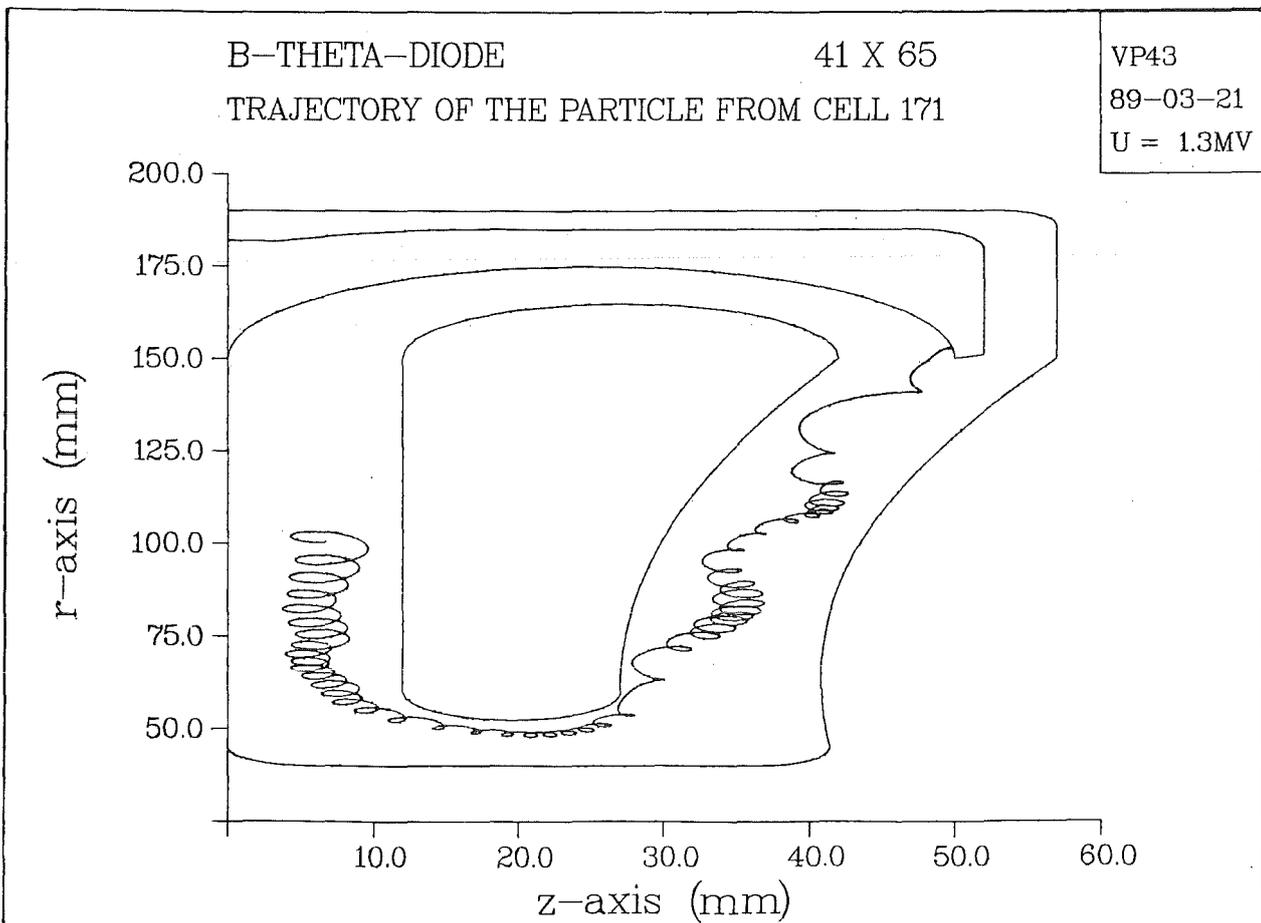


Fig. 17: PTRAJ: Eine Elektronentrajektorie in einer  $B_\theta$ -Diode

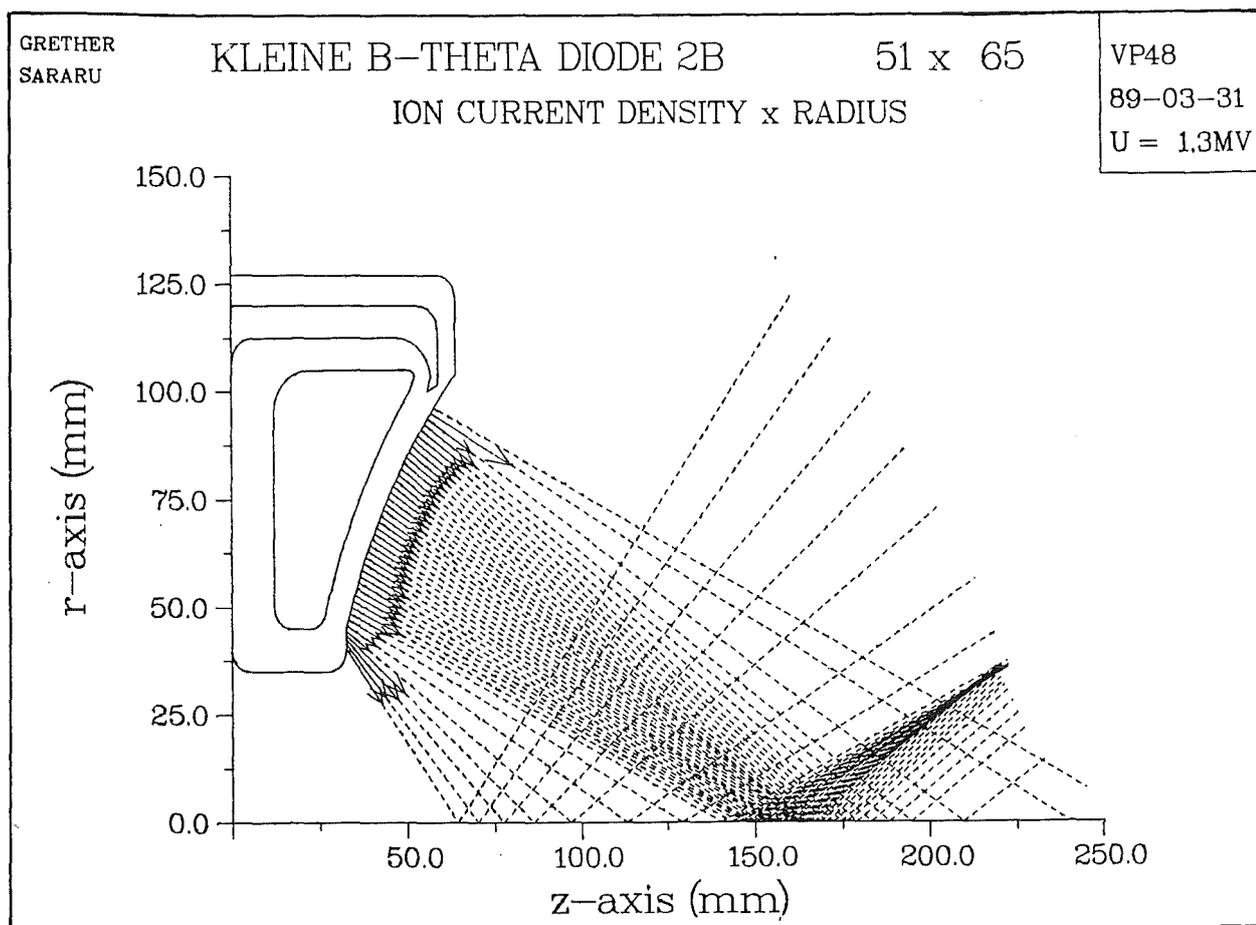


Fig. 18: PLDIR: Ionenstromdichtenvektoren am Ausgang einer  $B_\theta$ -Diode

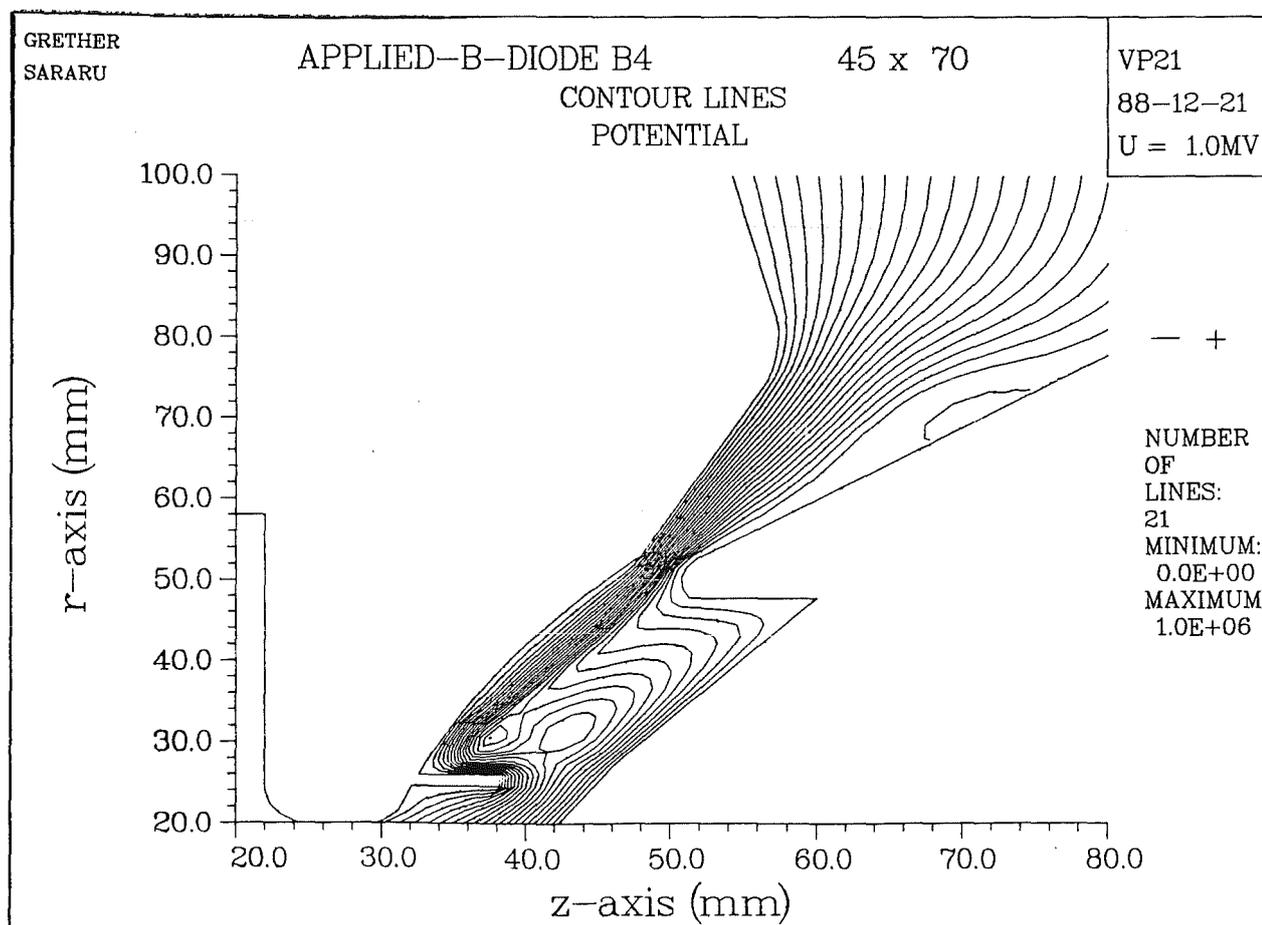


Fig. 19: PCONT: Äquipotentiallinien in einer fremdmagnetisch isolierten Diode

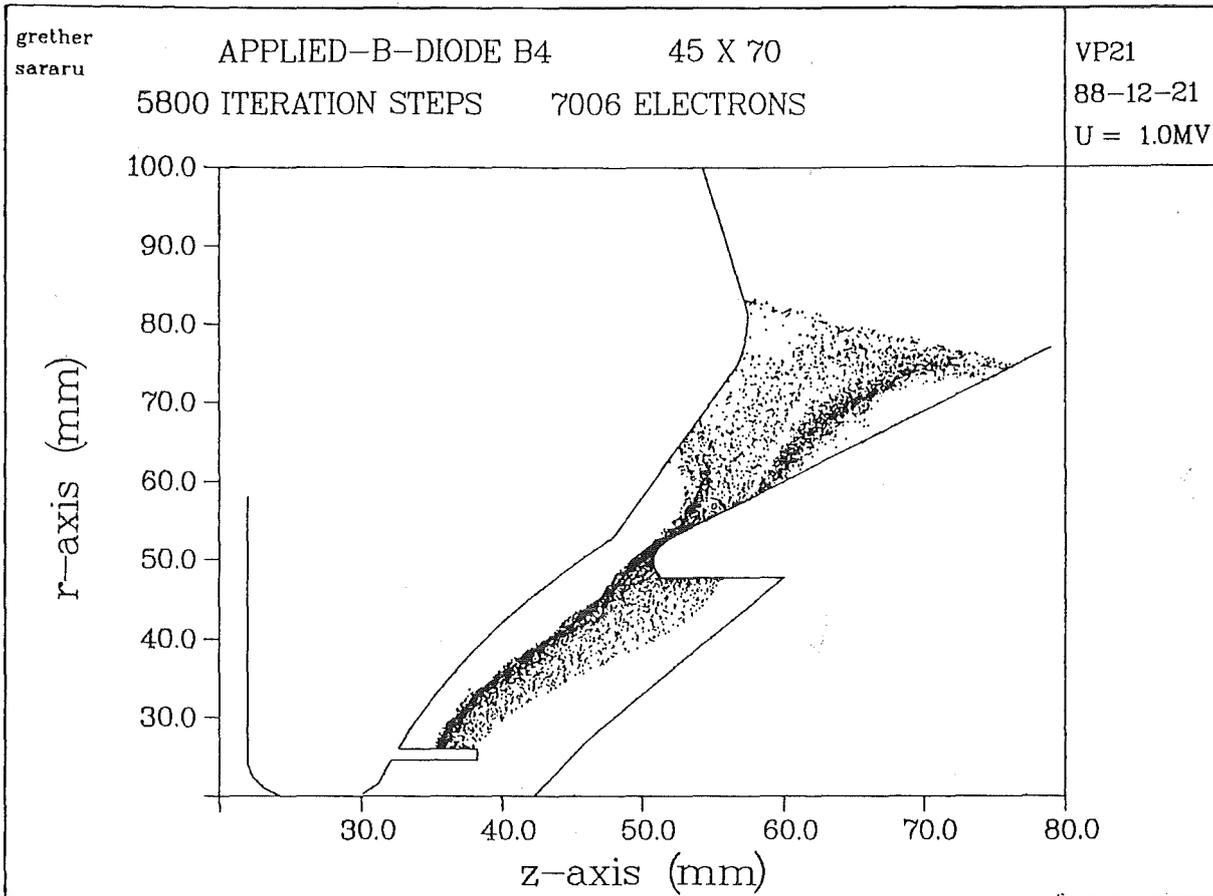


Fig. 20: PPIC: Koordinaten der Makroelektronen in einer fremdmagnetisch isolierten Diode

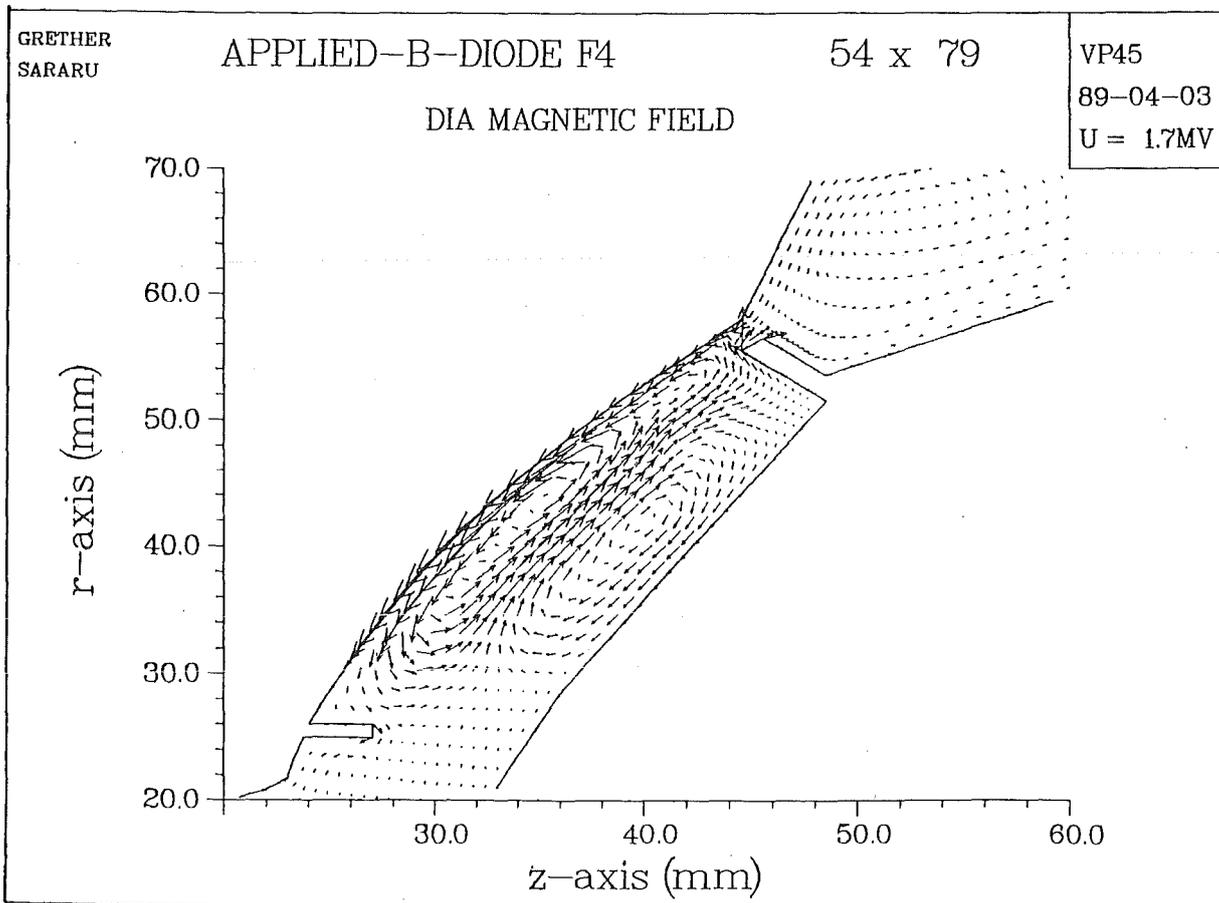


Fig. 21: PVECT: Durch azimuthale Ströme erzeugtes Magnetfeld in einer fremdmagnetisch isolierten Diode

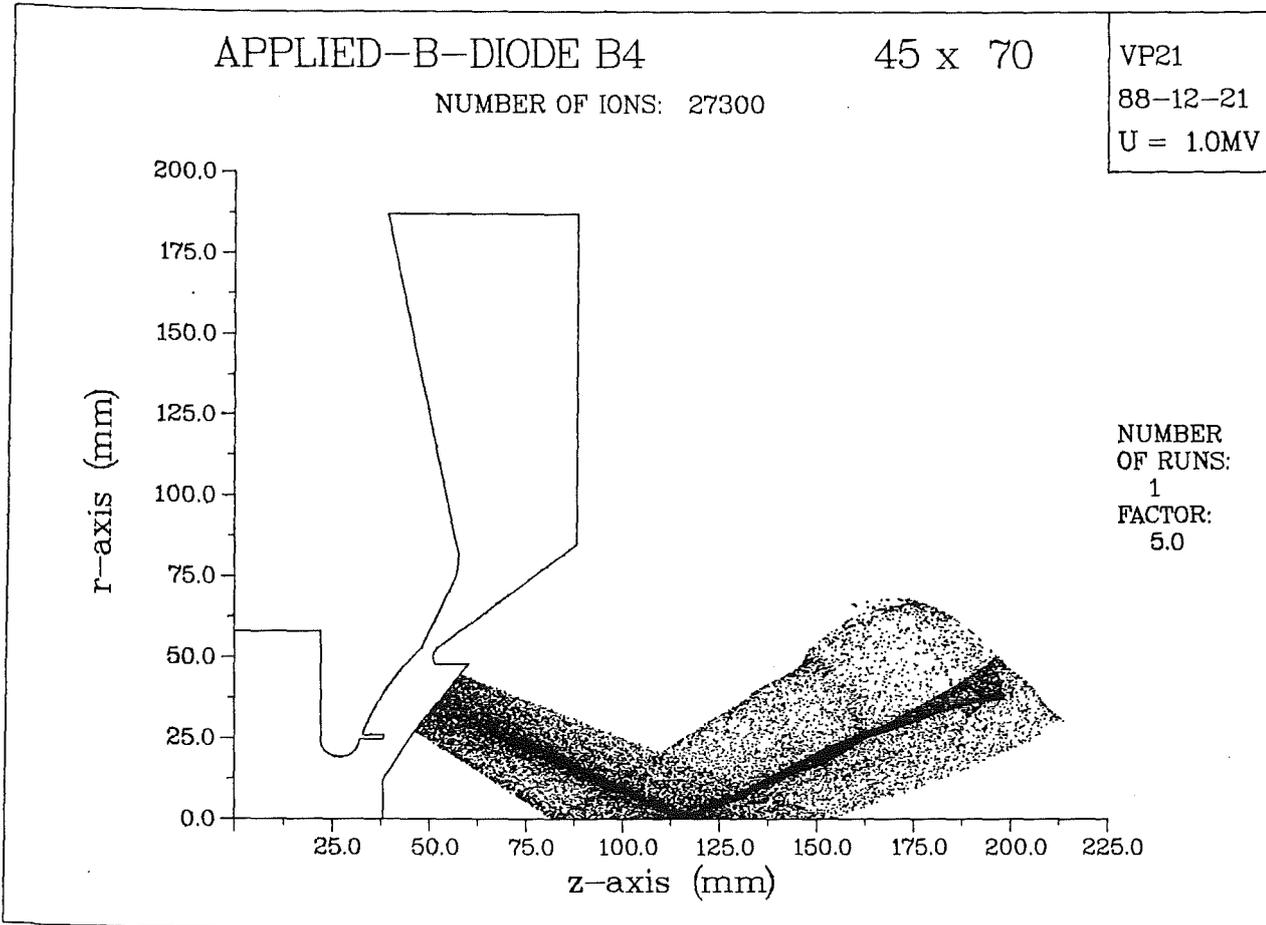


Fig. 22: PDRIFT: Koordinaten der Makroionen im Driftbereich einer fremdmagnetischen isolierten Diode

## Beschreibung der Programme und Module

### G 1. LIPRE

- GBOUND:** Berechnung der Koordinaten von Punkten auf einer Kurve, welche durch Geraden und Kreisbögen gegeben ist, Zuordnung der inneren Ränder zu festen Werten der randangepaßten Koordinaten  $\xi$  und  $\eta$ .
- GINITG:** Berechnung einer Anfangsschätzung für das randangepaßte Berechnungsgitter.
- GSOLVE:** Berechnung der randangepaßten Koordinaten eines Berechnungsgitters mit Hilfe eines SOR - Verfahrens.
- PBOUND:** Graphische Darstellung der in GBOUND erzeugten Koordinaten.
- PGRID:** Graphische Darstellung randangepaßter Berechnungsgitter.
- BAP:** Lesen der Magnetfeldkomponenten  $B_r$  und  $B_z$  eines PROFI-Files, Interpolation der Komponenten auf ein randangepaßtes Gitter, Ausgabe der interpolierten Komponenten.
- BSUP:** Superposition der beiden angelegten Magnetfelder.

### G 2. Simulationsprogramm LIDIS

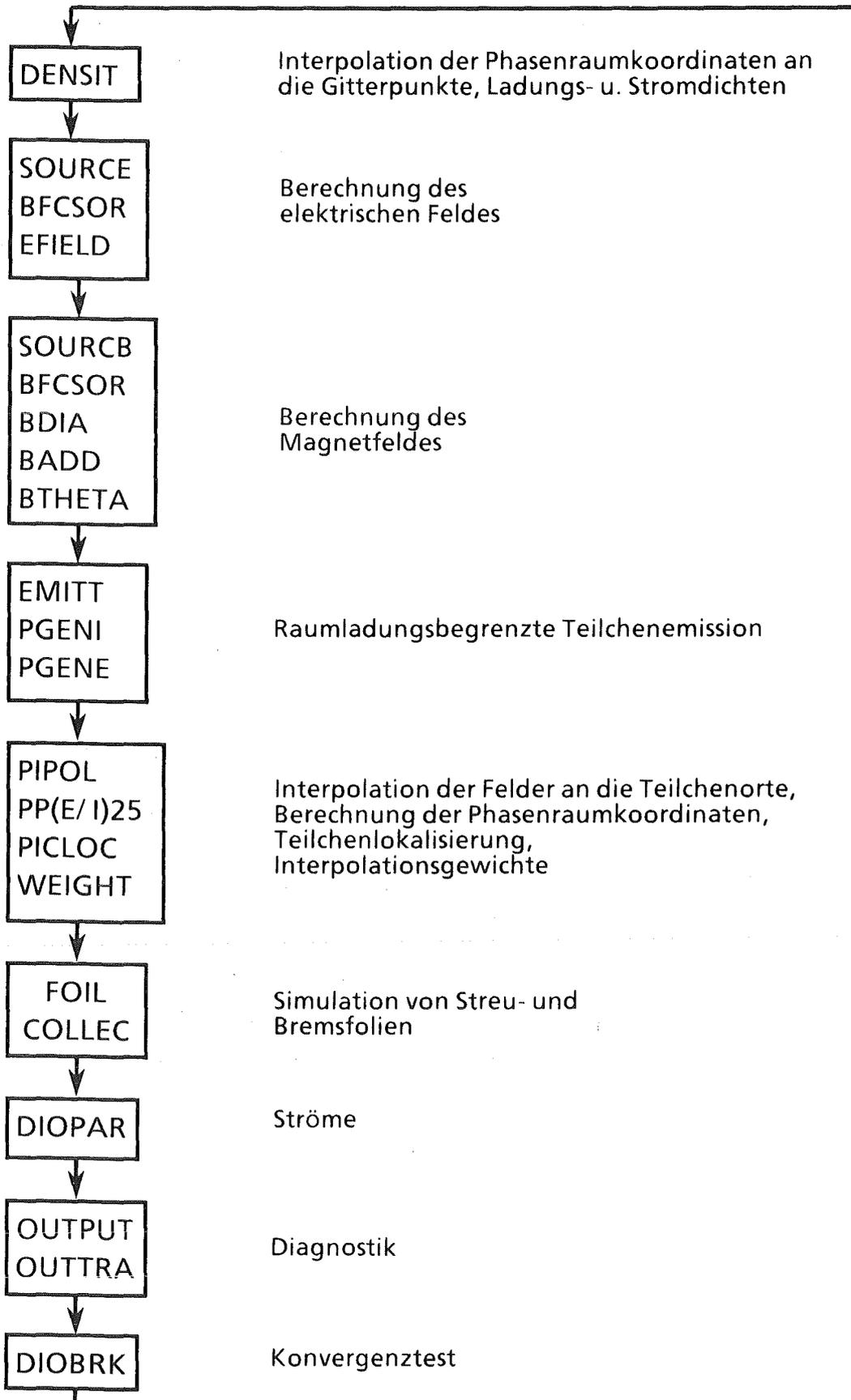
#### G 2.1 Präparation

- INGRID:** Einlesen des randangepaßten Berechnungsgitters.
- BAPPLI:** Einlesen des angelegten Magnetfeldes.
- VOLUME:** Berechnung der den Punkten des randangepaßten Berechnungsgitters zugeordneten Volumina sowie des minimalen Abstandes zweier Gitterpunkte.
- GEOMET:** Ermittlung der Elektrodenzellen und der Elektrodengeometrie.
- COEFE:** Berechnung der Koeffizienten zur numerischen Berechnung des elektrischen Potentials in randangepaßten  $(r,z)$ -Zylinder-Koordinaten.

- COEFB: Berechnung der Koeffizienten zur numerischen Berechnung der  $\Theta$ -Komponente des magnetischen Vektorpotentials in randangepaßten  $(r,z)$ -Zylinderkoordinaten.
- IGUESS: Anfangsschätzung für die Potentialberechnung.
- INPAS: Einlesen der Teilchenmatrizen.
- INSTA: Einlesen des aktuellen Diodenzustandes.

### G 2.2. Iterationsschleife

- DENSIT: Berechnung der Ladungs- und Stromdichten an den Gitterpunkten sowie der den Elektrodenhalbzellen zugeordneten Ladungen.
- SOURCE: Berechnung der Inhomogenität für den elektrischen Potentiallöser.
- SOURCB: Berechnung der Inhomogenität für den Vektorpotentiallöser.
- BFCSOR: Iterative Lösung eines linearen Gleichungssystems, das durch die Diskretisierung einer linearen, partiellen Differentialgleichung zweiter Ordnung entsteht.
- EFIELD: Berechnung der  $z$ - und  $r$ -Komponenten des elektrischen Feldes.
- BDIA: Berechnung der  $z$ - und  $r$ -Komponenten des diamagnetischen Feldes.
- BADD: Addition der konstanten Magnetfeldkomponenten zu den selbsterzeugten Komponenten.
- BTHETA: Berechnung der  $\Theta$ -Komponente des Magnetfeldes.
- EMITT: Elektrodenzellen, bei denen das elektrische Feld eine vorgegebene Schwelle überschreitet, erhalten das Attribut "emittierend".
- PGENE: Raumladungsbegrenzte Teilchenerzeugung an der Kathode.
- PGENI: Raumladungsbegrenzte Teilchenerzeugung an der Anode.
- PIPOL: Interpolation der elektromagnetischen Felder an die Teilchenorte.



PPE25:	Relativistischer dreidimensionaler zeitzentrierter Dreischritt Teilchenfortbewegungs - Algorithmus (leapfrog).
PPI25:	Nichrelativistischer Teilchenfortbewegungs - Algorithmus.
PICLOC:	Lokalisierung der Teilchen im Gitter bei gegebener Anfangsschätzung, Kennzeichnung der verlorengegangenen Teilchen.
WEIGHT:	Berechnung der Teilchengewichte bezüglich einer Gitterzelle.
FOIL:	Simulation von Folien mit definierten Bremseigenschaften.
COLLEC:	Ionen, die durch die Anodenfolie gehen, werden entfernt.
DIOPAR:	Teilchenzahlen, Ladungen in der Diode sowie emittierte und kollektierte Ströme und Oberflächenströme.
DIOBRK:	Feststellen des eingeschwungenen Zustandes.

### **G 2.3 Diagnostik**

OUTHEA:	Ausgabe des Logfile - Kopfes.
OUTPAR:	Ausgabe der allgemeinen Diodenparameter.
TIMEAV:	Bestimmung zeitlicher Strommittelwerte im eingeschwungenen Zustand.
OUTTRA:	Ausgabe ausgewählter Elektronen - (Ionen) trajektorien.
OUTIOC:	Ausgabe der Ionen, die in den Driftraum eindringen.
OUTPAS:	Abspeichern der Teilchenmatrizen.
OUTSTA:	Abspeichern des aktuellen Diodenzustandes.
OUTCUR:	Ausgabe der Ströme durch die einzelnen Elektrodenzellen. Im eingeschwungenen Zustand werden die in TIMEAV gemittelten Werte ausgegeben.
OUTGRD:	Ausgabe der Gittergrößen am Ende der Iterationsschleife.

### **G 3. LIDIA**

PCONT:	Höhenlinien von skalaren Feldern innerhalb des Diodenbereichs.
PSCAL:	Skalare Felder innerhalb des Diodenbereichs, dargestellt durch ausgefüllte Kreise. Die Kreisflächen sind proportional zum Wert der Funktion.

PVECT:	Vektorfelder innerhalb des Diodenbereichs, dargestellt durch Pfeile.
PPHAS:	Verschiedene Phasenraumprojektionen der Makroteilchen innerhalb des Diodenbereichs.
PGDF:	Allgemeine Diodenparameter (Ladung, Teilchenzahl, Strom).
PPIC:	Koordinaten der Makroteilchen im Berechnungsgitter.
PCUR:	Emittierte und kollektierte Ströme an den Elektroden.
PTOT:	Totale kinetische und potentielle Energie in der Diode.
PTRAJ:	Ausgewählte Teilchentrajektorien, Energiebilanz.
PDRIFT:	Koordinaten von Ionen, die durch die Kathodenfolie in den Driftraum gelangen und dort ballistisch weiterbewegt werden.
PLDIR:	Ionenstromdichten an der Kathodenfolie, dargestellt durch Pfeile, die mit gestrichelten Linien fortgesetzt werden können.
PLDIV:	Parameter des Ionenstrahls an der Kathodenfolie: Divergenzhalbwinkel in Abhängigkeit vom Radius, Richtungsprofile bei festem Radius, lokale Leuchtdichte in Abhängigkeit vom Radius.
PROFIL:	Ionenstrahlleistungsdichte im Driftbereich einer Diode bei festem $z$ .
PROFCL:	Ionenstrahlleistungsdichte im Driftbereich einer Diode, dargestellt als $(r,z)$ Höhenlinienplot.
PROF3D:	Ionenstrahlleistungsdichte im Driftbereich einer Diode, dargestellt als dreidimensionaler $(r,z)$ Plot.

## Hinweise für Erstbenutzer

Zur Anwendung des Programmsystems LIDIS auf der IBM3090 / SIEMENS 7890 ist im LOGON-Menü anzugeben

PROCEDURE = = = > FV

SIZE = = = > 6000

Dann wird folgendes Vorgehen empfohlen:

1. Eine Datei TSOxyz.MAIN.CLIST anlegen  
(für xyz muß die eigene Rechnnummer eingesetzt werden).
2. Aus der Datei IDT154.MAIN.MEMBER die Member DATASETS und INIT in diese Datei kopieren.
3. Erneut LOGON machen. Zusätzlich ist jetzt im LOGON-Menü anzugeben  
COMMAND = = = > EX MAIN (INIT)  
Unter prefix wird im folgenden der Institutsprefix (z.B. IDTxyz, INRxyz, ADIxyz) verstanden.
4. Das Kommando DATASETS eingeben, prefix und Institutsplatte angeben.
5. Bei den Membern ALGO, BAP, IBM, LIDIA, PGRID aus der Datei TSOxyz.MAIN.CLIST mit dem EDIT-Kommando CHANGE das Wort 'PREFIX' in prefix umwandeln, z.B.  
C 'PREFIX' ADIxyz all.
6. Bei den Membern LIDIS und VERS aus der Datei prefix.MAIN.CNTL Jobkarten updaten, 'PREFIX' wie bei 5. in prefix umwandeln.

Um das Simulationsprogramm auf der VP50 starten zu können, was einen Rechenzeitvorteil um etwa einen Faktor 3 ergibt, wird folgendes Vorgehen empfohlen:

1. Eine Datei VSPxyz.MAIN.CLIST anlegen.
2. Aus der Datei IDT154.MAIN.MEMBER das Member VPDATA kopieren.
3. EX MAIN (VPDATA) eingeben, prefix (VSPxyz) und Platte angeben.
4. Aus der Datei IDT154.MAIN.MEMBER das Member VPLIDIS in die Datei VSPxyz.MAIN.CNTL kopieren, Jobkarte updaten, 'PREFIX' in prefix (VSPxyz) umwandeln.

## ***Das Hauptprogramm***

C L I D I S

C --- LIGHT ION DIODE SIMULATION CODE ---

```
*****
*
* 2.5 - DIMENSIONALER PARTICLE-IN-CELL (PIC) CODE ZUR SIMULATION *
* VON VORGAENGEN IN HOCHSTROMDIODEN *
*
* SIMULATION DES DIODENBEREICHES DER ANLAGEN KALIF UND POLLUX *
*
* AUTOREN : D. GREETHER, M. SARARU *
*
* INSTITUT FUER DATENVERARBEITUNG IN DER TECHNIK (IDT) *
* KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE (KFK) T. 07247/825746 *
*
* VERSION : 30.04.1989 *
*
*****
```

C INITIALISIERUNG DER FELDER UND DER VARIABLEN

PARAMETER

```
. ( NDIM1=100,NDIM2=100, IPATMX=05,
. NPMAX=30000, NSORTI=05,
. ITMAX=10,M2=30,M1=10,
. NCMAX=3*NDIM1+3*NDIM2,
. INIT1=2*(2*IPATMX+1),
. INIT2=2*(2*ITMAX+1),
. INIT3=(M2+3)*3*(NCMAX+1)+8,
. INIT4=3*NDIM1*NDIM2+4*NCMAX,
. INIT5=2*NSORTI, INIT6=IPATMX-4)
```

REAL

```
. RWE(-IPATMX:IPATMX),RWB(-IPATMX:IPATMX),
. PSE(NPMAX,8),PSI(NPMAX,8),
. E1P(NPMAX),E2P(NPMAX),B1P(NPMAX),B2P(NPMAX),B3P(NPMAX),
. X1(NDIM1,NDIM2),X2(NDIM1,NDIM2),V(NDIM1,NDIM2),
. F(NDIM1,NDIM2),AT(NDIM1,NDIM2),
. E1(NDIM1,NDIM2),E2(NDIM1,NDIM2),
. B1(NDIM1,NDIM2),B2(NDIM1,NDIM2),
. B1C(NDIM1,NDIM2),B2C(NDIM1,NDIM2),
. B3(NDIM1,NDIM2),
. AJ1E(NDIM1,NDIM2),AJ1I(NDIM1,NDIM2),
. AJ2E(NDIM1,NDIM2),AJ2I(NDIM1,NDIM2),
. AJ3E(NDIM1,NDIM2),AJ3I(NDIM1,NDIM2),RHSB(NDIM1,NDIM2),
. RHOE(NDIM1,NDIM2),RHOI(NDIM1,NDIM2),RHSE(NDIM1,NDIM2),
. E1F(NDIM2,2),E2F(NDIM2,2),
. BOUND(-ITMAX:ITMAX),FEM(-ITMAX:ITMAX),
. EDMI(NSORTI),PANTI(NSORTI),VTHI(NSORTI),P(NSORTI)
```

REAL

```
. EBD(NCMAX),QALTE(NCMAX),QALTI(NCMAX),GAUSS(NCMAX),
. QNEU(NCMAX),ANORM(NCMAX,4),
. DC(-ITMAX:ITMAX,3),CCONT(NCMAX),
```

. CQ(0:NCMAX,3),CC(0:NCMAX,3),CC0(0:NCMAX,3,M2),CC1(0:NCMAX,3),  
. CCT(0:NCMAX,3)

REAL

. A1E(NDIM1,NDIM2),A2E(NDIM1,NDIM2),AME(NDIM1,NDIM2),  
. B1E(NDIM1,NDIM2),B2E(NDIM1,NDIM2),C1E(NDIM1,NDIM2),  
. OMEGAE(NDIM1,NDIM2),  
. A1B(NDIM1,NDIM2),A2B(NDIM1,NDIM2),AMB(NDIM1,NDIM2),  
. B1B(NDIM1,NDIM2),B2B(NDIM1,NDIM2),C1B(NDIM1,NDIM2),  
. OMEGAB(NDIM1,NDIM2)

INTEGER

. IPATT(NDIM1,NDIM2),ITYP(NDIM1,NDIM2),NEC(NDIM1,NDIM2),  
. IFALLE(0:IPATMX),IFALLB(0:IPATMX),  
. IPART(NPMAX),I1E(NPMAX),  
. IAPS(NCMAX),IEC(NCMAX,4),NPGEN(NCMAX),IBA(NCMAX),IBE(NCMAX),  
. MVI(NSORTI),LVI(NSORTI),  
. ICPU(20),KCPU(20)

LOGICAL

. LEMC(NCMAX),KONVGZ,DIOKON

COMMON

. /ELECAT/ NIPA,NIPK,IPA(10),IPK(10)

CHARACTER

. GTEXT1\*80,GTEXT2\*80,BTEXT1\*80,  
. DAY\*8,NAME\*8,ROUTIN(20)\*6

NAMELIST

. /NAMEL1/ IFILEG,IFILEB,IFILEI,LOGD,LOGP,NAME  
. /NAMEL2/ DT,NDT,ITIMX,KONVGZ  
. /NAMEL3/ NPSORT,QMIN,QMAX,  
. IFSPG,TEMPA,TEMPK,BOUND,IBA,IBE,EBD,PANTI,MVI,LVI  
. /NAMEL4/ RWE,IFALLE,RWB,IFALLB  
. /NAMEL5/ LSORE,LSORB,LBTHET,LDIOBR,LFOIL,  
. MVOLUM,MGEOME,MPGENE,MPGENI,MDIOPA,MDIOBR, MSTEP

DATA

. RWE,RWB /INIT1\*0.0/  
. BOUND,FEM /INIT2\*0.0/  
. CC,CC0,CC1,CQ,QE,QI,ZE,ZI,EE,EI,CE,CI /INIT3\*0.0/  
. CCONT /NCMAX\*0.0/  
. IPATT,ITYP,NEC,IEC /INIT4\*0/  
. MVI,LVI /INIT5\*1/  
  
. QNEU /NCMAX\*0.0/ EBD /NCMAX\*-1/ NPGEN /NCMAX\*0/  
. IAPS /NCMAX\*0 / IBA /NCMAX\*0 / IBE /NCMAX\*0/

DATA

. IFALLE / 1,2,2,4,3, INIT6\*2/  
. IFALLB / 1,2,2,4,3, INIT6\*2/  
. ITA,IC1 /2\*0/ ICPU,KCPU /40\*0/

DATA

. LEMC /NCMAX\*.FALSE./



CALL I N G R I D

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,IPATT, NCMAX,IEC,  
. ITMAXA,ITMAXK,GTEXT1,GTEXT2,IFILEG)

C -----

C EINLESEN DES AEUSSEREN MAGNETFELDES

CALL B A P P L I

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,B1C,B2C,IFILEB,BTEXT1)

C -----

C BERECHNUNG DER DEN GITTERKNOTEN ZUGEORDNETEN VOLUMINA

CALL V O L U M E

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,IPATT,V,DMIN,MVOLUM)

C -----

C ERMITTLUNG DER ELEKTRODENZELLEN UND DER ELEKTRODENGOMETRIE

CALL G E O M E T

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,IPATT,ITYP,NEC,  
. NCMAX,IEC,EBD,IBA,IBE, ITMAX,BOUND,  
. NANODE,NKATHO, MGEOME)

C -----

C INITIALISIERUNG DES (I/O)-PROGRAMMS FUER DIE DARSTELLUNG  
C DES AKTUELLEN DIODENZUSTANDS

CALL I S T A T E

. (IFILEI,LOGP,NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,NPMAX,  
. NCMAX,NANODE,NKATHO,ITMAXK,ITMAXA,M2)

C -----

C BERECHNUNG DER KOEFFIZIENTEN FUER DEN POTENTIALLOESER

CALL C O E F F E

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,F,IPATT,  
. IPATMX,IFALLE,RWE,  
. A1E,A2E,AME, B1E,B2E, C1E, OMEGAE)

C -----

C BERECHNUNG EINER ANFANGSSCHAETZUNGFUER DAS POTENTIAL

CALL I G U E S S

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,F,IPATT, IPATMX,IFALLE)

C -----

C BERECHNUNG DER KOEFFIZIENTEN FUER DEN VEKTORPOTENTIALLOESER

IF (IFILEB .EQ. 0) GOTO 50

CALL C O E F B

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,AT,IPATT,  
. IPATMX,IFALLB,RWB,  
. A1B,A2B,AMB, B1B,B2B, C1B, OMEGAB)

C -----

C BERECHNUNG EINER ANFANGSSCHAETZUNGFUER DAS VEKTORPOTENTIAL

CALL I G U E S S

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,AT,IPATT, IPATMX,IFALLB)

C -----

C BERECHNUNG DES ZEITSCHRITTS, DER SPANNUNG UND DER  
C E/M VERHAELTNISSE

50 DTMAX = DMIN/3.E8

IF (DT .EQ. 0) DT = DTMAX

VOLT = RWE(IPA(1))-RWE(IPK(1))

EDME = -E/RME

EDMP = E/RMP

DO 3 I=1,NSORTI

EDMI(I) = FLOAT(LVI(I))/FLOAT(MVI(I)) \* EDMP

3 CONTINUE

C -----

C TAG UND UHRZEIT

CALL D A T E (DAY)

CALL T I M E (I)

SEC=FLOAT(I)/1000.

IH=INT(SEC/3600.)

IM=INT(SEC/60.)-60\*IH

C -----

C AUSGABE DES LOGFILE-KOPFES HEAD

CALL O U T H E A

. (LOGP, NAME, DAY, GTEXT1, GTEXT2, VOLT)

C -----

C EINLESEN DER TEILCHENKOORDINATEN UND DES AKTUELLEN DIODENZUSTANDES  
C BERECHNUNG DER INTERPOLATIONSGEWICHTE DER EINGELESENEN TEILCHEN

IF (IFILEI .NE. 0) THEN

CALL I N P A S

. (NPSORT, ITA, TA, NPSE, NPSI, PSE, PSI, IPART)

CALL I N S T A

. (F, B3, LSOE, LBTHET, KCPU, IC1, CC0, CC1, CCNT)

CALL W E I G H T

. (NPMAX, NPSE, PSE, NDIM1, NDIM2, X1, X2, ICPU(10))

CALL W E I G H T

. (NPMAX, NPSI, PSI, NDIM1, NDIM2, X1, X2, ICPU(10))

T = TA

END IF

C -----

C DOKUMENTATION DER VORGABEN

IF (LOGD .NE. 0) THEN

WRITE(LOGD, 3000) NAME, DAY, IH, IM

WRITE(LOGD, 3010) GTEXT1, GTEXT2

IF (IFILEB .NE. 0) WRITE(LOGD, 3020) BTEXT1

IF (IFILEI .NE. 0) WRITE(LOGD, 3030) NPSI, NPSE

WRITE(LOGD, 3100)

WRITE(LOGD, 3110) DT, NDT, ITIMX, KONVGZ

WRITE(LOGD, 3200)

IF (NPSORT .GT. 1) THEN

WRITE(LOGD, 3220)

DO 4 I=1, NPSORT-1

4 WRITE(LOGD, 3230) I, PANTI(I), MVI(I), LVI(I)

END IF

WRITE(LOGD, 3240) NPSORT, IFSPG, QMIN, QMAX, TEMPA, TEMPK

WRITE(LOGD, 3250)

IZA = 1

DO 5 IZ=1, NANODE+NKATHO

IZP1 = MIN(IZ+1, NANODE+NKATHO)

IF (IEC(IZP1, 4) .NE. IEC(IZ, 4) .OR. EBD(IZP1) .NE. EBD(IZ) .OR.

```
. IZP1.EQ.IZ) THEN
  IF (IEC(IZ,4).GT.0)
. WRITE(LOGD,3260) IZA,IZ,IEC(IZ,4),EBD(IZ),'ANODE '
  IF (IEC(IZ,4).LT.0)
. WRITE(LOGD,3260) IZA,IZ,IEC(IZ,4),EBD(IZ),'KATHODE'
  IZA = IZ+1
END IF
5 CONTINUE

WRITE(LOGD,3300)
WRITE(LOGD,3310) (I,I=0,IPATMX)
WRITE(LOGD,3320) (IFALLE(I),I=0,IPATMX)
WRITE(LOGD,3330) (RWE(I),I=0,IPATMX)
WRITE(LOGD,3340) (RWE(-I),I=0,IPATMX)
IF (IFILEB .NE. 0) THEN
  WRITE(LOGD,3350) (IFALLB(I),I=0,IPATMX)
  WRITE(LOGD,3360) (RWB(I),I=0,IPATMX)
END IF

WRITE(LOGD,3400)
WRITE(LOGD,3410) LSORE,LSORB,LBTHET,LDIOBR,LFOIL

END IF

3000 FORMAT( ' DOKUMENTATION PIC-LAUF ',A8/
.          /' DATUM : ',A8,10X,'ZEIT : ',
.          I2,':',I2/)
3010 FORMAT( ' BERECHNUNGSGITTER : ',1X,A50/1X,A79)
3020 FORMAT(/' EINGELESENES MAGNETFELD : '/1X,A79)
3030 FORMAT(/' EINGELESENE TEILCHEN: ',I6,' IONEN ',I6,' ELEKTRONEN')

3100 FORMAT(/' PARAMETERGRUPPE 2 : '/' -----')
3110 FORMAT( ' DT          NDT          ITIMX      KONVGZ  '/
.          1P,E10.3,2(I7,1X),5X,',' ,L1,',' '/')

3200 FORMAT( ' PARAMETERGRUPPE 3 : '/' -----')
3220 FORMAT( ' ION      | PANTI      | MVI      | LVI      '
.          /' -----')
3230 FORMAT( 1X,I3,4X,'|',2X,F7.3,3X,'|',1X,I5,3X,'|',I5)
3240 FORMAT(/' NPSORT   IFSPG       QMIN       QMAX       TEMPA       TEMPK '
.          / 3X,I2,6X,I2,5X,1P,E9.2,1X,E9.2,2X,0P,F6.2,3X,F6.2)
3250 FORMAT(/' ZELLEN   | BEREICH   | SCHWELLE  | ELEKTRODENTYP '
.          /' -----')
3260 FORMAT( 1X,I3,' - ',I3,1X,'|',3X,I4,3X,'|',1P,E10.3,1X,'|',1X,A7)

3300 FORMAT(/' PARAMETERGRUPPE 4 : '/' -----')
3310 FORMAT( ' IPATT   : ',6(4X,I2,4X))
3320 FORMAT( ' IFALLE  : ',6(4X,I2,4X))
3330 FORMAT( ' RWE(+)  : ',6(1P,E9.2,1X))
3340 FORMAT( ' RWE(-)  : ',6(1P,E9.2,1X))
3350 FORMAT( ' IFALLB  : ',6(4X,I2,4X))
3360 FORMAT( ' RWB     : ',6(1P,E9.2,1X))

3400 FORMAT(/' PARAMETERGRUPPE 5 : '/' -----')
3410 FORMAT( ' LSORE   LSORB   LBTHET   LDIOBR   LFOIL   '
.          / 5(3X,I2,3X))
```

```
*****  
***** ITERATIONSSCHLEIFE *****  
*****
```

```
IF (NDT .EQ. 0) GOTO 140
```

```
IT = ITA  
NSTEP = 0
```

```
100 IT=IT+1  
NSTEP = NSTEP+1  
IF (MSTEP .EQ. 1) WRITE(6,*) ' STEP NR. ',NSTEP
```

```
CALL CLOCK(ITIME)  
IF (ITIME .GE. ITIMX) GOTO 140
```

```
C -----
```

```
C BERECHNUNG DER LADUNGS- UND STROMDICHTEN
```

```
CALL D E N S I T
```

```
. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,V,RHOI,AJ1I,AJ2I,AJ3I,NEC,  
. NPMAX,NPSI,PSI, NCMAX,NANODE,NKATHO,QALTI,IEC,ICPU(1))
```

```
CALL D E N S I T
```

```
. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,V,RHOE,AJ1E,AJ2E,AJ3E,NEC,  
. NPMAX,NPSE,PSE, NCMAX,NANODE,NKATHO,QALTE,IEC,ICPU(1))
```

```
C -----
```

```
C BERECHNUNG DES ELEKTRISCHEN FELDES
```

```
IF (LSORE .EQ. 0) GOTO 110
```

```
CALL S O U R C E
```

```
. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,RHOE,RHOI,RHSE,ICPU(1))
```

```
CALL B F C S O R
```

```
. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,  
. F,RHSE, A1E,A2E,AME, B1E,B2E, C1E, OMEGAE,IPATT,  
. IPATMX,RWE,IFALLE, ITERMN,ITERMX,FLRMX,IKONV,ICPU(2))
```

```
110 CALL E F I E L D
```

```
. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,F,IPATT,E1,E2,ICPU(3),E1F,E2F)
```

```
C -----
```

```
C BERECHNUNG DES MAGNETFELDES
```

```
IF (IFILEB .EQ. 0) GOTO 120
```

```
IF (LSORB .EQ. 0) GOTO 115

CALL S O U R C B

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,AJ3E,AJ3I,RHSB,ICPU(1))

CALL B F C S O R

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,
. AT,RHSB, A1B,A2B,AMB, B1B,B2B, C1B, OMEGAB,IPATT,
. IPATMX,RWB,IFALLB, ITERMN,ITERMX,FLRMX,IKONV,ICPU(15))

CALL B D I A

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,AT,IPATT,B1,B2,ICPU(16))

115 CALL B A D D

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,B1,B2,B1C,B2C,LSORB,ICPU(16))

120 IF (LBTHET. EQ. 1)

. CALL B T H E T A

. (NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,AJ1E,AJ1I,AJ2E,AJ2I,
. B3,V,IPATT,IEC,NEC,NCMAX,CCONT, ICPU(4))
```

C -----

C ERMITTLUNG DER EMITTIERENDEN ELEKTRODENZELLEN

```
CALL E M I T T

. (NDIM1,NDIM2,X1,X2, E1,E2,
. NCMAX,LEMC,IEC,EBD,NKATHO,NANODE,ITMAX,FEM,ICPU(5))
```

C -----

C TEILCHENERZEUGUNG AN DEN ELEKTRODEN

```
CALL P G E N I

. (NPMAX,NPSI,PSI,IPART,
. NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,E1,E2,IPATT,
. NCMAX,NANODE,IEC,IAPS,LEMC,GAUSS,QNEU,QALTE,QALTI,
. ANORM,NPGEN, NSORTI,VTHI,MVI,PANTI,P,
. NIPA,IPA,IFSPG,TEMPA,QMIN,QMAX, NPSORT,MPGENI,ICPU(5))

CALL P G E N E

. (NPMAX,NPSE,PSE,
. NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,E1,E2,IPATT,
. NCMAX,NANODE,NKATHO,IEC,IAPS,LEMC,GAUSS,
. QNEU,QALTE,QALTI,ANORM,NPGEN,
```

. NIPK,IPK,IFSPG,TEMPK,QMIN,QMAX, NPSORT,MPGENE,ICPU(5))

C -----

C INTERPOLATION DER FELDER AN DIE TEILCHENORTE, FORTBEWEGEN DER  
C TEILCHEN, LOKALISIEREN DER TEILCHEN, BESTIMMEN DER INTER-  
C POLATIONS-GEWICHTE

\* (1) IONEN

CALL P I P O L

. (NDIM1,NDIM2,E1,E2,B1,B2,B3, NPMAX,NPSI,PSI,  
. E1P,E2P,B1P,B2P,B3P,E1F,E2F,ICPU(6))

CALL P P I 2 5

. (NPMAX,NPSI,PSI,IPART,E1P,E2P,B1P,B2P,B3P,  
. NSORTI,EDMI,DT,ICPU(7))

CALL P I C L O C

. (NPMAX,NPSI,PSI, NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,ITYP, ICPU(9))

CALL W E I G H T

. (NPMAX,NPSI,PSI, NDIM1,NDIM2,X1,X2,ICPU(10))

\* (2) ELEKTRONEN

CALL P I P O L

. (NDIM1,NDIM2,E1,E2,B1,B2,B3, NPMAX,NPSE,PSE,  
. E1P,E2P,B1P,B2P,B3P,E1F,E2F,ICPU(6))

CALL P P E 2 5

. (NPMAX,NPSE,PSE,E1P,E2P,B1P,B2P,B3P,EDME,DT,ICPU(8))

CALL P I C L O C

. (NPMAX,NPSE,PSE, NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,X1,X2,ITYP, ICPU(9))

CALL W E I G H T

. (NPMAX,NPSE,PSE, NDIM1,NDIM2,X1,X2,ICPU(10))

C -----

C BREMSSEN DER ELEKTRONEN AN VORGEGEBENER STREUFOLIE  
C ENTFERNEN DER IONEN, DIE IN DIE FOLIE GEHEN

IF (LFOIL .EQ. 1)

. CALL F O I L

```
. (NPMAX,NPSE,PSE,I1E, E,RME,NDIM1,NDIM2,X1,X2,ICPU(11))  
IF (LFOIL .EQ. 1)  
. CALL C O L L E C  
. (NPMAX,NPSI,PSI,ICPU(11))
```

C -----

C BERECHNUNG ALLGEMEINER DIODENPARAMETER SOWIE DER CONTOURSTROEME

CALL D I O P A R

```
. (NPMAX,NPSE,NPSI,PSE,PSI, NDIM1,NDIM2,NEC,  
. NCMAX,NANODE,NKATHO,QNEU,CQ,CC,CC0,CC1,CCONT,  
. M1,M2, IT,ZE,ZI,QE,QI,EE,EI,CE,CI,  
. NPSORT,DT,IC1,ICPU(12),MDIOPA)
```

```
*****  
***** DIAGNOSTIK INNERHALB DER ITERATIONSSCHLEIFE *****  
*****
```

C -----

C AUSGABE DER ALLGEMEINEN DIODENPARAMETER AUF UNIT LOGD

CALL O U T P A R

```
. (NCMAX,NANODE,NKATHO,CC,IEC, ITMAX,ITMAXA,ITMAXK,DC,  
. LOGP,M1,IT,ZE,ZI,QE,QI,ICPU(13))
```

C -----

C ZEITLICHE MITTELWERTE VON CC

CALL T I M E A V

```
. (NCMAX,NANODE,NKATHO,M1,M2, CC,CCT, KONVGZ,ICPU(13))
```

C -----

C AUSGABE DER GESAMTENERGIE AUF UNIT LOGP

CALL O U T E N G

```
. (NPMAX,NPSE,NPSI,PSE,PSI,IPART,  
. NDIM1,NDIM2,F, NSORTI,LVI,MVI,  
. E,RME,RMP, IT,M1,VOLT, LOGP,ICPU(13))
```

C -----

C AUSGABE VON IONENTRAJEKTORIEN AUF UNIT LOGP

IF (NPSORT .LT. 2) GOTO 130

CALL O U T T R I

. (NPMAX,PSI,IPART,NDIM1,NDIM2,F,NSORTI,LVI,MVI,  
. NCMAX,NANODE,NKATHO,IAPS,IEC,E,RMP,DT,KONVGZ,LOGP,ICPU(14))

C -----

C AUSGABE VON ELEKTRONENTRAJEKTORIEN AUF UNIT LOGP

130 CALL O U T T R E

. (NPMAX,PSE,NDIM1,NDIM2,F,NCMAX,NANODE,NKATHO,  
. IAPS,IEC,E,RME,DT,VOLT,KONVGZ,LOGP,ICPU(14))

C -----

C AUSGABE DES GERICHTETEN IONENSTROMS AUF UNIT LOGP

CALL O U T I O C

. (NPMAX,NPSI,PSI,IPART,NDIM1,NDIM2,NEC,  
. NCMAX,IEC,LOGP,KONVGZ,T,ICPU(13))

C -----

C UPDATE DER ZEIT

T = TA + NSTEP\*DT

C -----

C KONVERGENZABFRAGE

IF (LDIOBR .EQ. 1)

. CALL D I O B R K

. (QE,QI,ZE,ZI,EE,EI,CE,CI,M1,NPSORT,KONVGZ,DIOKON,MDIOBR)

IF (DIOKON .AND. .NOT. KONVGZ) GOTO 140

C -----

C ENDE DER ITERATIONSSCHLEIFE

IF (NSTEP .LT. NDT) GOTO 100

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\* DIAGNOSTIK AM ENDE DER ITERATIONSSCHLEIFE \*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

C UPDATE DER TOTALEN CPU-ZEIT

140 DO 7 I=1,20

7 KCPU(I) = KCPU(I)+ICPU(I)

C -----

C     AUSGABE DER TEILCHENDATEN AUF UNIT LOGP

      CALL O U T P A S

      . (NPSORT,IT,T,NPSE,NPSI,PSE,PSI,IPART)

C -----

C     AUSGABE DES AKTUELLEN DIODENZUSTANDES AUF UNIT LOGP

      CALL O U T S T A

      . (F,B3,KCPU,IC1,CC0,CC1,CCONT)

C -----

C     AUSGABE DER ELEKTRODENSTROEME AUF UNIT LOGP

      CALL O U T C U R

      . (NCMAX,NANODE,NKATHO,CC,CCT, IEC, ITMAX,ITMAXA,ITMAXK,  
      . DC,EE,EI,CE,CI, M1,M2, KONVGZ,LOGP,ICPU(13))

C -----

C     AUSGABE DER GITTERGROESSEN AUF UNIT LOGP

      CALL O U T G R D

      . (LOGP,NDIM1,NDIM2,I1MX,I2MX,F,AT,E1,E2,B1,B2,B3,B1C,B2C,  
      . RHOE,RHOI,AJ1E,AJ1I,AJ2E,AJ2I,AJ3E,AJ3I, ICPU(13))

C -----

C     BERECHNUNG ALLGEMEINER DIODENPARAMETER

      CURE = (EE+CE)/2.

      CURI = (EI+CI)/2.

      CURT = CURE+CURI

      IF (CURT .NE. 0.0) THEN

          EFFI = DC(-1,2)/CURT

          DIPZ = VOLT/CURT

      END IF

      POWT = VOLT\*CURT/1.E12

      POWI = VOLT\*DC(-1,2)/1.E12

C -----

C     DOKUMENTATION DER RESULTATE

      IF (LOGD .NE. 0) THEN

          WRITE(LOGD,4000) NAME,NSTEP,ITA,IT

          IF (.NOT. KONVGZ .AND. .NOT. DIOKON) WRITE(LOGD,4010)

```
WRITE(LOGD,4200) INT(ZE),INT(ZI),QE,QI  
WRITE(LOGD,4210) CURE/1000.,CURI/1000.
```

```
WRITE(LOGD,4300)  
WRITE(LOGD,4310)  
DO 8 I=-ITMAXK,ITMAXA  
IF (I.LT.0) WRITE(LOGD,4320)  
. I,FEM(I)*1.E4,DC(I,1)/1000.,DC(I,3)/1000.,  
. DC(I,1)/1000.-DC(I,3)/1000.,DC(I,2)/1000.  
IF (I.EQ.0) WRITE(LOGD,4315)  
IF (I.GT.0) WRITE(LOGD,4320)  
. I,FEM(I)*1.E4,DC(I,1)/1000.,DC(I,2)/1000.,  
. DC(I,1)/1000.-DC(I,2)/1000.,DC(I,3)/1000.  
8 CONTINUE
```

```
WRITE(LOGD,4330) DC(0,2)/1000.,DC(0,3)/1000.
```

```
WRITE(LOGD,4400) VOLT/1.E6,CURT/1000.,POWT,POWI,EFFI,DIPZ
```

```
4000 FORMAT(/'*****  
*****'  
. // ' CODE- RESULTATE : ',3X,A8/  
. / ' ANZAHL DER ITERATIONSSCHRITTE : ',I5,  
. ' (' ,I5,' - ',I5,' )')
```

```
4010 FORMAT(/' EIN STATIONAERER ZUSTAND WURDE NICHT ERREICHT !!!')
```

```
4200 FORMAT(/' ALLGEMEINE DIODENPARAMETER: '/  
. /' | ELEKTRONEN | IONEN' /  
. -----'  
. ' ANZAHL | ',3X,I5,11X,' | ',8X,I5/  
. ' LADUNG | ',1P,E10.3,9X,' | ',5X,E10.3,' (CB)'  
4210 FORMAT( ' STROM | ',F10.4,9X,' | ',5X,F10.4,' (KA)')
```

```
4300 FORMAT(/' DETAILLIERTE STROMERFASSUNG (IN KA):')
```

```
4310 FORMAT(/' TYP | E.AREA | GEN. E. | KOL. E. | '  
. ' EM. E. | KOL. I. | '  
. /' -----'  
. ')
```

```
4315 FORMAT(/' TYP | E.AREA | GEN. I. | KOL. I. | '  
. ' EM. I. | KOL. E. | '  
. /' -----'  
. ')
```

```
4320 FORMAT( 1X,I2,2X,' | ',5(F8.3,1X,' | '),F8.3)
```

```
4330 FORMAT(/' VERLUSTSTROEME: IONEN ',F6.2,' ELEKTRONEN ',F6.2)
```

```
4400 FORMAT(/' ANG. SPANNUNG : ',F8.3,' MV'  
. /' GESAMTSTROM : ',F8.3,' KA'  
. /' GESAMTLEISTUNG : ',F8.3,' TW'  
. /' IONENLEISTUNG : ',F8.3,' TW'  
. /' IONENWIRKUNGSGRAD : ',F8.3,  
. /' DIODENIMPEDANZ : ',F8.3,' OHM')
```

C -----

C DOKUMENTATION DER RECHENZEITEN

```
TCPU=0.0
DO 9 I=1,20
TCPU = TCPU+FLOAT(KCPU(I))/1000.
9 CONTINUE

IH=INT(TCPU/3600.)
IM=INT(TCPU/60.)-60*IH
IS=INT(TCPU)-3600.*IH-60.*IM

CALL C L O C K M (ITCPU)

WRITE(LOGD,5000) NAME , FLOAT(ITCPU)/1000.

DO 10 I=1,16
WRITE(LOGD,5100) I,ROUTIN(I),
.   FLOAT(KCPU(I))/1000.,FLOAT(ICPU(I))/1000.
10 CONTINUE

WRITE(LOGD,5200) IH,IM,IS

5000 FORMAT(/' BENOETIGTE CPU-ZEITEN :      ',A8,2X,F8.2,' SEC'/)
5100 FORMAT( ' ROUTINE NR. ',I2,2X,A6,' ZEIT: ',F8.2,' SEC ',
.           ' ',F8.2,' SEC) ')
5200 FORMAT(/' TOTALE VERBRAUCHTE RECHENZEIT : ',
.           I2,' STUNDEN ',I2,' MINUTEN ',I2,' SEKUNDEN')

END IF

END
```

## Literaturverzeichnis

1. D. Grether, M. Sararu  
"Numerical Simulation of Light Ion Diodes"  
in Proceedings of the 7-th Int. Conf. on High Power Particle  
Beams, Karlsruhe, July 1988, pp. 575 - 580.
  
2. D. Grether, M. Sararu  
"Simulation of High Voltage Ion Diodes Using the Particle-in-Cell Method",  
presented at the 19-th European Conference in Laser Interaction with  
Matter, Madrid Sept. 1988.
  
3. J. F. Thompson and Z.U.A. Warsi  
"Boundary Fitted Coordinate System for Numerical Solution of Partial  
Differential Equations. A Review."  
J. Comp. Phys. Vol. 47, 1(1982).
  
4. E. Halter  
"Programmdokumentation FCBFC, Stand 30.4.1985"  
unveröffentlichter Bericht des KfK, Juli 1985
  
5. PROFI Benutzerhandbuch, Stationäre Wirbelstromfelder, Version 7.01,  
Profi Engineering Juni 1988