

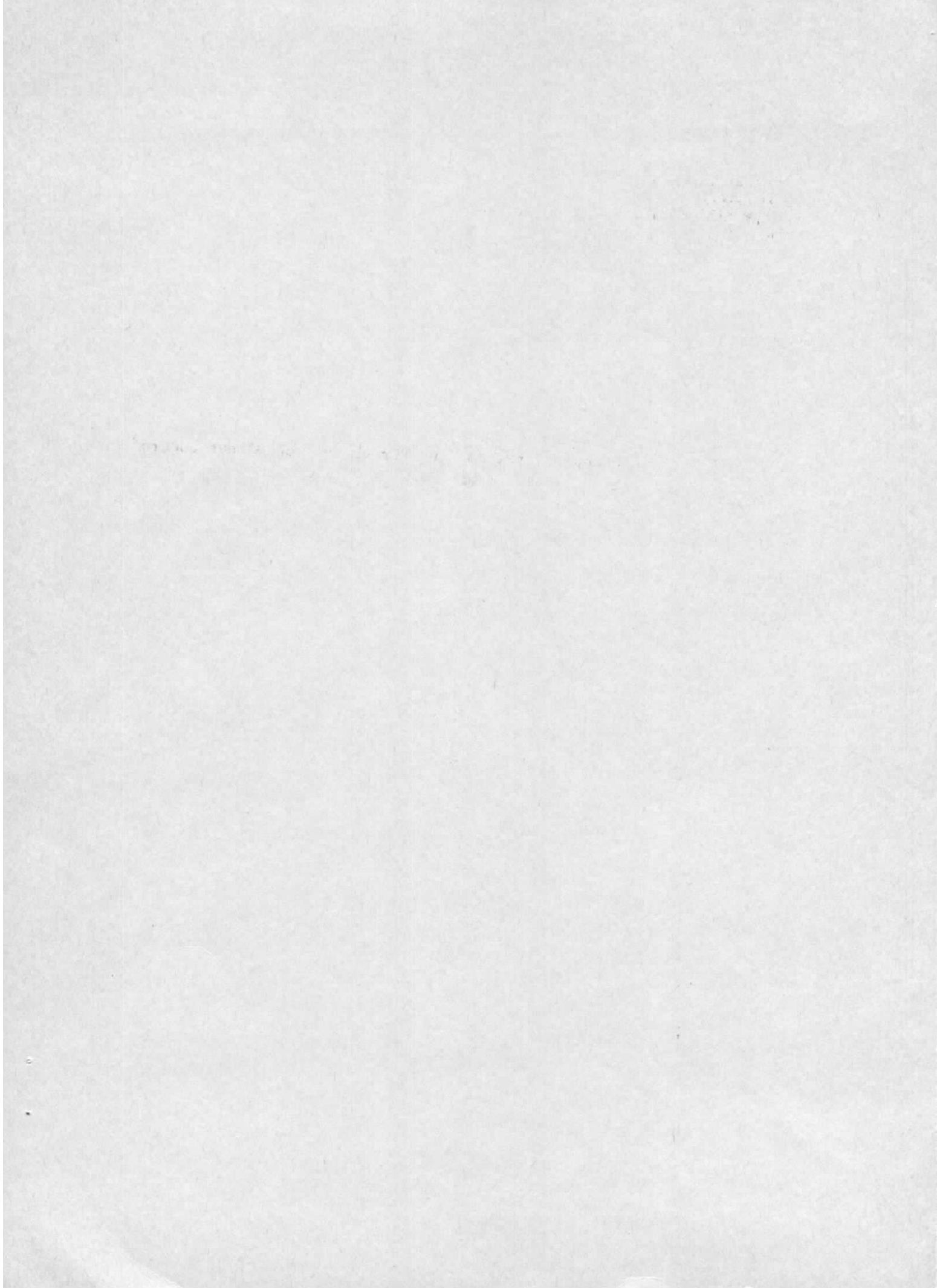
Interner Bericht
DESY F21-69/1
Mai 1969

DESY-Bibliothek
5. JUN. 1969 ✓

TRIM: Ein Computer-Programm zur Berechnung von Magnetfeldern

von

H. Hultschig



TRIM: Ein Computer-Programm zur Berechnung von Magnetfeldern

von

H. Hultschig

INHALT:

Zusammenfassung

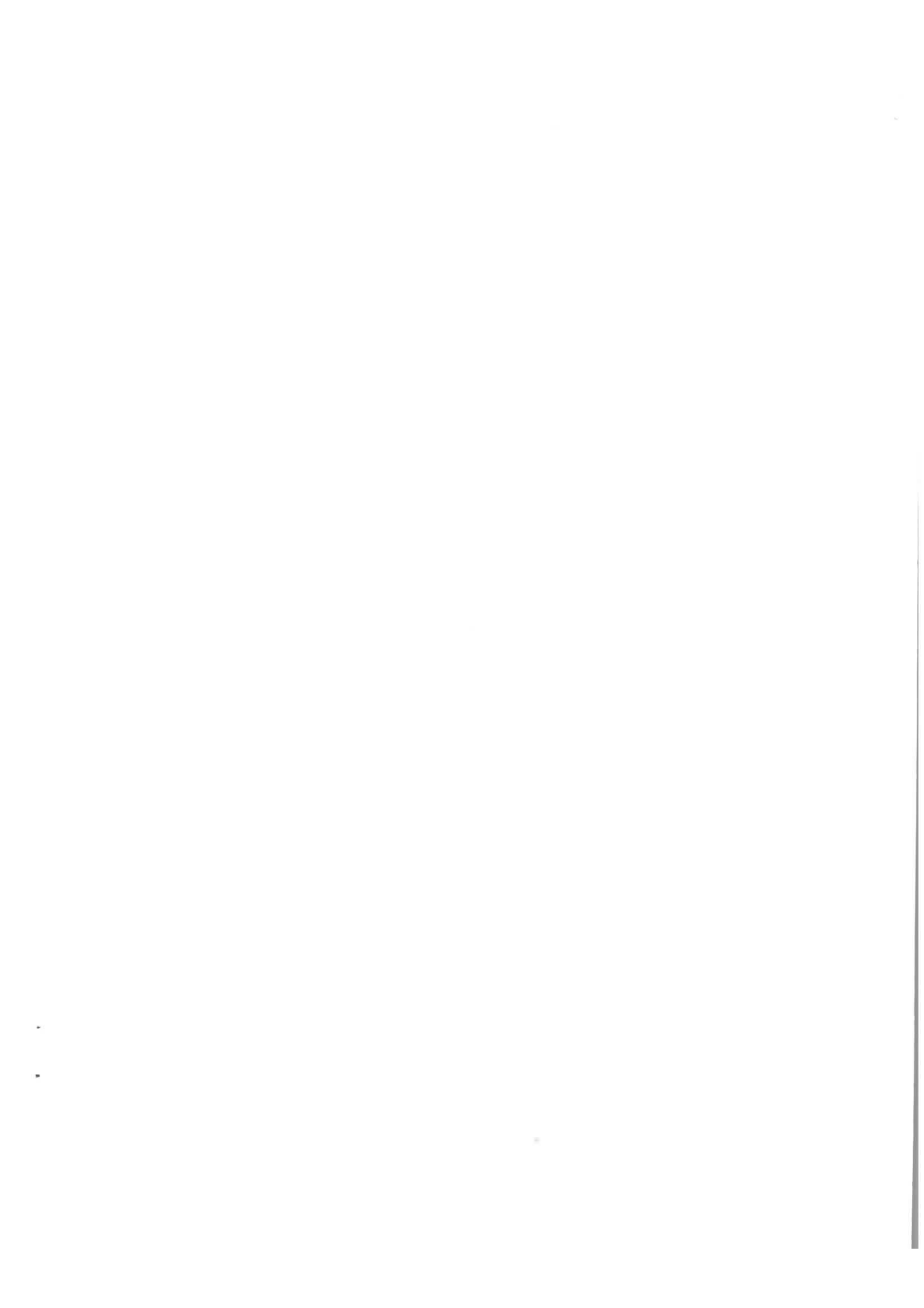
Eingabe

Gitterberechnung

Lösung der Differentialgleichung

Ausgabe

Schlußbemerkungen



Zusammenfassung

Auf Anregung der Speicherringgruppe wird ein Programm zur Berechnung von Magnetfeldern in zweidimensionalen Spulen-Eisenanordnungen unter Berücksichtigung der Sättigung entwickelt. Das Programm benutzt ein intern erzeugtes irreguläres Dreiecksgitter (1). Es ist dadurch im Prinzip besonders für nicht geradlinig begrenzte Konturen geeignet, weil die Begrenzungskurven, durch einen Polygonzug angenähert, gleichzeitig Verbindungslinien von Gitterpunkten sind. Dadurch liegen alle Bereichsgrenzen auf Gitterlinien und das Überschreiten von Bereichsgrenzen erfordert beim Lösen der Differentialgleichung keine Sonderbehandlung. Innerhalb eines Problems dürfen daher viele Bereiche vorkommen (z.B. Berechnung der Feldverteilung in einer in Eisen ausgeführten Schauer-Funkenkammer, die als magnetischer Rückschluß verwendet wird). Dieses spezielle Gitter gestattet außerdem eine dem Problem angepaßte Verteilung der Gitterpunktdichte und damit der erreichbaren Feldgenauigkeit in Abhängigkeit vom Ort.

Die Lösung der Maxwell'schen Beziehung mit den entsprechenden Randbedingungen erfolgt durch Iteration einer daraus abgeleiteten Differenzgleichung für das Vektorpotential. Die Ausgabe erfolgt in Listen für den Feldkomponenten oder (und) den Feldbetrag und die Feldrichtung. Das Programm wird auf rotationssymmetrische Fälle erweitert.

In der DESY IBM 360 können ohne LCS 3000 Gitterpunkte untergebracht werden (oder 4 000 mit vergrößertem Rechenaufwand). Die Rechenzeit variiert je nach Problem stark von ca. 1 - 100 min.

Eingabe

Die Eingabe erfolgt in drei Schritten

- 1.) In MAIN erfolgt die Eingabe allgemeiner Angaben über das Problem:

NREG: Anzahl der Bereiche
NROW, NSPA: Angaben über die benötigten Reihen und Spalten
NPA: Steuert Ausdrücke
NPRI (5): Steuert Wiedergabe einzelner Bereiche des internen
Gitters
NSYM: Symmetrie des Problems
PROB: laufende Nr. des Problems

2.) In BOUND werden die Konturen der NREG Bereiche eingelesen
(BOUND wird NREG mal gerufen). Die Konturen werden durch ihre
Eckpunkte definiert:

NBOU : Anzahl der Eckpunkte
OPEN : =1, der Bereich ist offen bzw. durch einen anderen
Bereich begrenzt (nur bei Luft zulässig).
MUE(M) : Permeabilität des Bereichs M bzw. bei Eisen die
negative Nr. einer Liste (DIFI) für den Zusammenhang
von μ und B, M ist die lfd. Nr. des Bereichs. Bereiche,
die mit der gleichen $\mu(B)$ Liste korrelieren, müssen
unmittelbar aufeinanderfolgen.
CI(M) : Gesamtstrom senkrecht zum Bereich M, er wird mit
konstanter Flächendichte auf den Bereich verteilt.

Kontureneckpunkte:

NA(K), K = 1, NBOU	: logische X Koordinate	Die logischen Koordinaten
NB(K)	: logische Y	geben die lfd.Nr. einer
C(K)	: geometrische x	geom. Koordinate an,
D(K)	: geometrische y	z.B. $x(i,j)=C(K)$ *)

Die Differenz der lfd.Nr.
benachbarter Eckpunkte
gibt die Zahl der ge-
wünschten Zwischenpunkte
z.B. $x(i,j_1), x(i,j_2)$
fordert $|j_2-j_1|-1$ Zwischen-
punkte zwischen $x(i,j_1)$
und $x(i,j_2)$.
*) $i=NA(K), j=NB(K)$

3.) In DIFI werden Informationen über das verwendete Eisen gelesen (wenn die Sättigung berücksichtigt werden soll). READ wird $N = -\text{MIN}(\text{MUE}(M))$ (Anzahl der verschiedenen Eisensorten) mal gerufen (wenn $N > 0$):

NUBA : Die Liste beginnt mit der lfd.Nr. NUBA
NUBE : Die Liste endet mit der lfd.Nr. NUBE
EMA : Anfangswert für die Permeabilität
BE(I), I=NUBA, NUBE: magnetische Induktion B in der
Anordnung $B(I) < B(I+1)$
EM(I) : zugehörige Permeabilitäten

Im Endausbau werden in DIFI noch Angaben über die zu verwendenden Konvergenz verbessernden Faktoren und über das Konvergenzkriterium für den Abbruch der Iteration möglich sein. Eingabe wahrscheinlich AKO(6).

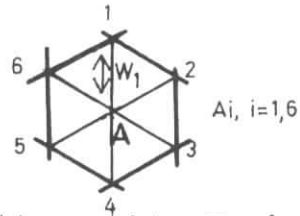
Gitterberechnung:

MESH übernimmt mit den Unterprogrammen BOUND, ECOS, TRIAS und PRIME die Gitterberechnung. BOUND legt die Bereichsgrenzen fest. In ECOS wird durch lineare Interpolation der geometrischen Koordinaten nach den Angaben der logischen Koordinaten ein Anfangsgitter erzeugt. Dieses Anfangsgitter wird durch TRIAS gleichmäßiger gemacht. Dabei werden zwischen den festliegenden Bereichskonturen die Dreiecke möglichst gleichseitig (oder mit Spezialprogramm auch rechtwinklig) gemacht. Das führt ggf. zu kontinuierlichen Übergängen zwischen verschiedenen Dreiecksgrößen auf benachbarten Bereichsgrenzen. PRIME gibt nach Aufruf (durch PRI(5) gesteuert) kleine Gitterbereiche als Plot wieder. Eckpunkte werden durch * und Seiten durch je 3+ gekennzeichnet.

Lösung der Differentialgleichung

Das Maxwell sche Problem wird in DIFI durch Iteration einer daraus abgeleiteten Differenzgleichung (2) für das Vektorpotential A gelöst.

$$\sum_{i=1}^6 W_i (A_i - A) = 4\pi I$$



Ist der Strom für den entsprechenden Gitterpunkt. W_i ist die Kopplungskonstante zwischen den zu A und A_i gehörenden Gitterpunkten. Es gilt $W(A \rightarrow A_i) = W(A_i \rightarrow A)$. Sie hängt ab von den Permeabilitäten an den Gitterpunkten $i + 1$ und $i - 1$. In CUWI (von DIFI gerufen) werden der Strom pro Gitterpunkt I, 3 Kopplungskonstanten W_i und 6 Hilfsgrößen DETA berechnet.

```

DIFI      |
          | CALL CUWI
          | CALL ITAP
          | CALL MUNEU
          | CALL HAXY

```

ITAP macht die eigentliche Iteration und ruft, wenn die Sättigung berücksichtigt werden soll, nach je 10 Durchläufen MUNEU. In MUNEU werden der Betrag der Feldstärke ⁱⁿ jedem Gitterpunkt und in Eisengebieten die neue Permeabilität und 3 neue Kopplungskonstanten pro Gitterpunkt berechnet. ITAP prüft nach je 10 Umläufen, die die Konvergenz verbessernden Faktoren und verändert sie gegebenenfalls. Ist die Konvergenz erreicht (oder die geforderte Rechenzeit abgelaufen), springt ITAP nach DIFI zurück. DIFI ruft HAXY. HAXY rechnet die Komponenten, den Betrag und den Winkel der magnetischen Induktion aus.

Ausgabe:

Alle Eingabewerte werden ausgedruckt. Die Konturen des gesamten Magneten einschl. der von BOUND gerechneten Zwischenpunkte auf den Konturen werden als Skizze und als Liste ausgedruckt. Auf Wunsch ($NPA > 0$) werden spezielle Steuergrößen NIBO und NIDE (sie kennzeichnen Bereichsgrenzen) ausgedruckt, sowie Strom pro Gitterpunkt, Permeabilität am Gitterpunkt, die W_i und die DETA pro Gitterpunkt. Nach je 10 Iterationen wird in einem Teilbereich das Potential ausgedruckt. Nach Abbruch der Iteration werden Konvergenzkriterien und

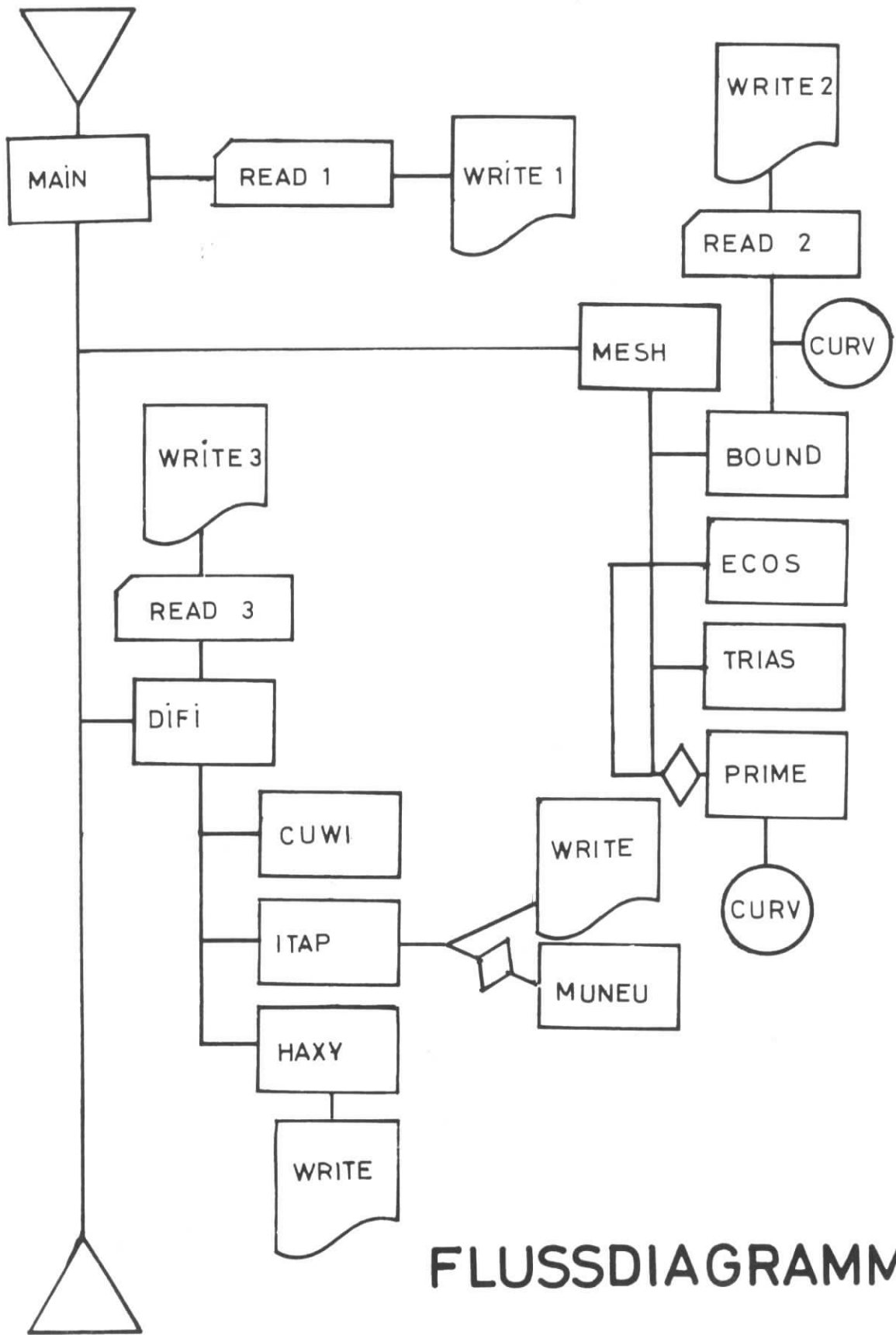
Angaben über die magnetische Induktion an jedem Gitterpunkt ausgegeben. Später werden durch Interpolation die Induktionswerte in einem vorzugebenden cartesischen System bzw. Abweichungen von Vorgabe- oder Mittelwerten wiedergegeben. Eine graphische Darstellung von Feldlinien scheint auf dem Weg über PDP8 und Bildschirm oder Koordinatenschreiber möglich.

Schlußbemerkungen :

Der vorliegende Bericht soll über die Entwicklung des Programms orientieren. Wenn das Programm einen mehr asymptotischen Zustand erreicht hat, wird eine Gebrauchsanweisung erscheinen. Im Moment ist der Verfasser noch für Hinweise, Änderungswünsche und Anwendungen dankbar.

Für Literaturstudien und Literaturübersicht über ähnliche Programme ist das Stanford Symposium on Magnet Technology 1965 zu empfehlen. Das hier beschriebene Programm lehnt sich an ein ähnliches Programm mit dem gleichen Namen TRIM vom LRL Berkeley an. Prof. Colonias danke ich für die Übersendung des letztes Preprints über dieses Programm (3). Ein FORTRAN Deck ist unterwegs.

- (1) UCRL 7880, A.M. Winslow, An irregular Triangle Mesh Generator
- (2) UCRL 7784, A.M. Winslow, Numerical Calculations of static
magnetic Fields
- (3) UCRL18439, J.S. Colonias, TRIM: A magnetostatic Computer Program



FLUSSDIAGRAMM

