

Prof. Dr.-Ing. habil. Roland Stenzel
HTW Dresden
Fachbereich Elektrotechnik
Friedrich-List-Platz 1
D-01069 Dresden



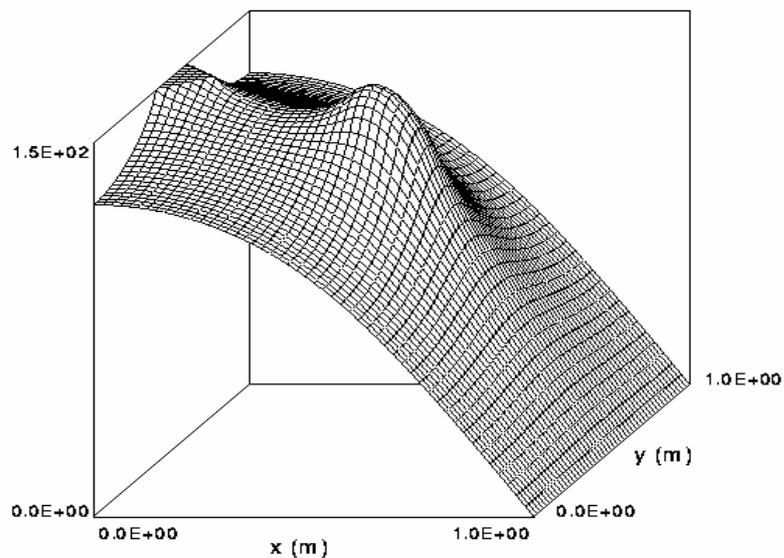
Tel.: (0351) 462 2548 Fax: (0351) 462 2193
email: stenzel@et.htw-dresden.de

HOCHSCHULE
FÜR TECHNIK
UND WIRTSCHAFT
DRESDEN (FH)

Programmbeschreibung

FIELDS

Numerische Feldberechnung
Version 4.3



1 Kurzbeschreibung

Das Programm FIELDS dient der numerischen Berechnung elektrostatischer bzw. stationärer elektrischer und magnetischer Felder. Gelöst wird für elektrostatische Felder die Poissongleichung

$$\operatorname{div}[\varepsilon(x, y) \cdot \operatorname{grad}\varphi(x, y)] = -\rho(x, y)$$

für stationäre elektrische Felder die Laplacegleichung

$$\operatorname{div}[\kappa(x, y) \cdot \operatorname{grad}\varphi(x, y)] = 0$$

bzw. für stationäre magnetische Felder die Vektorpotentialgleichung

$$\operatorname{div}\left[\frac{1}{\mu(x, y)} \cdot \operatorname{grad}V(x, y)\right] = -S_z(x, y)$$

für den örtlich-zweidimensionalen Fall in einem rechteckigen Grundgebiet.

Als Erregungen können bei der Lösung der Poissongleichung bis zu 9 verschiedene Raumladungsdichten ρ bzw. bei der Vektorpotentialgleichung 9 verschiedene z-Komponenten der Stromdichte S_z in der Struktur verteilt werden. Es sind maximal 9 verschiedene konstante Potentiale beliebig an den Rändern bzw. im Inneren des Analysegebietes vorgebar. Für die Materialeigenschaften (Permittivität ε , Leitfähigkeit κ bzw. Permittivität μ) sind neben der Standardbelegung weitere 9 verschiedene Werte beliebig in der Struktur verteilbar.

Aus der berechneten Potentialverteilung können die Feldstärken, die Flussdichten sowie die Energiedichten bzw. die Verlustleistungsdichte berechnet werden. Nach Festlegung eines Integrationsweges lassen sich die längenbezogenen Ladungen, Ströme bzw. magnetischen Flüsse ermitteln.

Das Programm besteht aus einem Modul zur Struktureingabe bzw. Modifizierung, dem Analyseteil zur Potentialberechnung sowie einem Modul zur Auswertung der Ergebnisse.

Im Eingabeteil wird das Analysegebiet diskretisiert und die konstanten Potentiale, die Materialbelegungen sowie die Erregungen vorgegeben. Die zu lösenden Gleichungen (Integralform) werden mit Hilfe der Finite-Differenzen-Methode behandelt. Im Analyseteil erfolgt die Aufstellung der Koeffizientenmatrizen des resultierenden linearen Gleichungssystems sowie dessen iterative Lösung mit Gradientenverfahren (Autor: Prof.Dr. W. Klix) oder mit Relaxationsverfahren.

Die Ergebnisauswertung erfolgt wahlweise als:

- Tabelle der numerischen Werte von Potential und Feldgrößen
- Gebirgsdarstellung von Potential- und Feldverteilungen
- Äquicolorendarstellung von Potential- und Feldverteilungen
- Isoliniendarstellung von Potential- und Feldgrößen
- Pfeildarstellung der Feldgrößen
- Schnittdarstellung von Potential- und Feldgrößen

Bei allen Grafikausgaben kann parallel eine PostScript-Datei sowie eine Bitmap-Datei erzeugt und anschließend auf einem entsprechenden Drucker ausgegeben bzw. weiterverarbeitet werden.

2 Beschreibung der Eingabebefehle

2.1 Programmstart und Dateibezeichnungen

Das Programm FIELDS wird durch `FIELDS43.EXE` gestartet. Es enthält die drei Module

HELP: G - Generierung/Modifizierung Struktur
 C - Feldberechnung
 R - Ergebnisauswertung
 Q - Info
 X - Exit

Bei Programmstart wird nach Abfrage der Strukturdatei sofort das Generierungsmodul aufgerufen.

Hinweis: Der Rücksprung aus den Untermenues, das Verlassen der Programme bzw. der Abbruch einer Eingabe erfolgt durch Eingabe von "x", eine Eingabeaufforderung einer numerischen Größe kann durch Eingabe eines nicht numerischen Zeichens abgebrochen werden.

Dateibezeichnungen:

Strukturdatei: - enthält alle Strukturinformationen
 - beliebiger Dateiname, max. 6 Zeichen (Extension wahlweise möglich)
 - Beispiel: `erder1`

History-Datei `history.inp`:
 - wird automatisch erzeugt und enthält den Dateinamen der zuletzt bearbeiteten Struktur zur Übernahme bei Neustart

PostScript-Dateien und Bitmap-Dateien:

- entstehen bei entsprechender Aktivierung in der Ergebnisauswertung parallel zur Grafikausgabe auf dem Bildschirm
- Strukturdateiname mit Kennzeichnung der Darstellungsart (siehe 3.4) und Extension ".ps" bzw. ".bmp"
- Beispiel: `erder1_c.ps`, `erder1_g.bmp`

2.2 Strukturgenerierung

Bei Erstellung einer neuen Struktur erfolgt zunächst die Abfrage des Strukturdateinamens und des Feldproblems:

```
Strukturdatei: erder1

*** Datei nicht vorhanden ***

Neues Feldproblem:
Elektrostatisch           -      E
Stationär elektrisch      -      S
Stationär magnetisch     -      M
Exit                       -      X    -->S
```

Danach bzw. nach Wiederaufruf einer vorhandenen Datei erfolgt die Ausgabe eines Menues der zulässigen Befehle. Dieses Menue erscheint wie auch jedes Untermenue als Hilfe bei alleiniger Betätigung der <RETURN>-Taste:

```
HELP:      A - Anzeige Struktur
           D - Diskretisierung erzeugen
           S - Struktur erzeugen
           E - Erregungen belegen
           M - Materialeigenschaften belegen
           P - Potentiale belegen
           T - Feldtyp ändern
           N - Neue Struktur
           W - Struktur sichern
           X - Exit
```

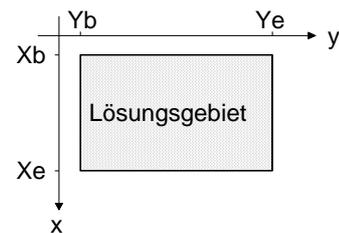
A - Anzeige Struktur:

```
Help:      A - Anzeige           Grafische Ausgabe der aktuellen Struktur, auch bei
                                           Diskretisierungseingabe und Strukturzeugung
                                           möglich .
           V - Voll              Umschaltung auf Vollbildausgabe bei vorheriger
                                           Ausschnittdarstellung (Zoom) .
           Z - Zoom              Ausschnittdarstellung (Eingabe der Koordinaten
                                           der linken oberen und rechten unteren Ecke eines
                                           entsprechenden Rechteckes).
           D - Diskretisierung unter/über Struktur
                                           Umschaltung der Ausgabe der Diskretisierungslinien
                                           unter die Strukturelemente bzw. zurück.
           B - Bitmap aktivieren/deaktivieren
                                           Bitmap der aktuellen Darstellung ("_a.bmp")
           H - Hintergrund weiß/schwarz
                                           Bildhintergrundfarbe (weiß für Bitmap günstig)
           X - zum Hauptmenue
```

D - Diskretisierung erzeugen:

In diesem Untermenue erfolgt die Eingabe der Gesamtstrukturabmessungen und die Diskretisierung des Gebietes. Die Diskretisierungseingabe ist erst nach Festlegung der Strukturabmessungen möglich. Nach Eingabe der Diskretisierung ist eine Änderung der Abmessungen möglich, wobei danach i.allg. eine Korrektur der Diskretisierung notwendig ist. Eine Änderung der Diskretisierung ist jederzeit, auch nach Eingabe der Strukturelemente, bei Beachtung der maximalen Punktzahlen (201 Punkte in beide Koordinatenrichtungen) möglich. Die Maßeinheit aller Längenangaben ist Meter (m). Negative Koordinaten sind möglich.

Beachte: Der Koordinatenursprung befindet sich links oben, d.h. die x-Achse ist senkrecht und die y-Achse waagrecht orientiert.



Help:	S - Strukt.abmessungen	Eingabe der Abmessungen Xb,Yb,Xe,Ye
	XX - Diskretisierung	Eingabe der Anfangskoordinate Xanf, der Endkoordinate Xend und der Anzahl der Linien. Xanf und Xend können beliebig zwischen Xb und Xe liegen, damit ist eine nichtäquidistante Diskretisierung realisierbar. Die bisherige Diskretisierung in diesem Bereich wird überschrieben.
	YY - Diskretisierung	wie XX
	HP - Homogene Punktzahl	Mit der eingegebenen Punktzahl wird jeweils in beide Koordinatenrichtungen eine homogene Diskretisierung realisiert.
	HA - Homogener Abstand	Mit dem eingegebenen Abstand wird jeweils in beide Koordinatenrichtungen eine homogene Diskretisierung realisiert.
	A - Anzeige	Strukturanzeige
	X - zum Hauptmenue	

S - Struktur erzeugen:

Die vorgegebenen geometrischen Figuren können wahlweise als Material, festes Potential, Erregung (Raumladungsdichte bzw. Stromdichte) oder als leeres Gebiet (zum Ausschneiden aus einem vorher definiertem Gebiet) definiert werden. Die Belegung mit konkreten Zahlenwerten erfolgt in den entsprechenden Menues. Bei Überschneidung von Elementen ist das zuletzt definierte relevant. Ein Material kann gleichzeitig mit einem festen Potential oder einer Erregung an einem Punkt definiert werden. Bei Festlegung eines leeren Gebietes wird das Grundmaterial (Nummer 0) angenommen.

Help:	P - Punkt	Eingabe eines Punktes durch die Koordinaten X_p und Y_p
	R - Rechteck	Eingabe eines Rechteckes durch die Koordinaten der linken oberen und rechten unteren Ecke
	D - Dreieck	Eingabe eines Dreieckes durch die Koordinaten der drei Eckpunkte
	K - Kreis	Eingabe eines Kreises durch die Koordinaten des Mittelpunktes und den Radius
	N - Rand	Eingabe der Belegung der Randpunkte
	T - Tabelle	Ausgabe einer Tabelle aller bisher eingegebenen Elemente
	E - Edit	Korrektur eines Elementes
	L - Löschen	Löschen eines Elementes
	A - Anzeige	Anzeige der Gesamtstruktur
	X - zum Hauptmenue	

E - Erregungen belegen:

Zuweisung von Zahlenwerten zu den bei der Definition von Erregungen (Raumladungsdichten bzw. Stromdichten) vergebenen Nummern.

M - Materialeigenschaften belegen:

Zuweisung von Zahlenwerten zu den bei der Definition von Materialien (Permittivitäten, Leitfähigkeiten bzw. Permeabilitäten) vergebenen Nummern.

P - Potentiale belegen:

Zuweisung von Zahlenwerten zu den bei der Definition von festen Potentialen (elektrische Skalarpotentiale bzw. z-Komponenten des magnetischen Vektorpotentials) vergebenen Nummern.

T - Feldtyp ändern:

Ändern des zu berechnenden Feldtypes (Elektrostatistisch / stationär elektrisch / stationär magnetisch). Die belegten Erregungen, Potentialwerte und Materialparameter werden auf die Standardwerte zurückgesetzt.

N - Neue Struktur:

Aktivierung einer neuen Struktur. Das alte Feldproblem kann vorher gesichert werden.

W - Struktur sichern:

Sichern der bearbeiteten Struktur. Bei bereits vorhandener Strukturdatei kann die alte Datei überschrieben oder eine neue Datei angelegt werden.

2.3 Feldberechnung

Nach Beendigung der Strukturgenerierung wird nach Abfrage sofort die Feldberechnung gestartet und danach das Berechnungsmodul wieder verlassen (Standard). Danach stehen die Feldgrößen zur Auswertung bereit. Außerdem kann im Hauptmenue das Berechnungsmodul aufgerufen werden, um beispielsweise das Lösungsverfahren für das lineare Gleichungssystem zu ändern oder die entsprechende Matrix auszugeben bzw. bei Nichtkonvergenz des Verfahrens weiter zu rechnen oder bestimmte Parameter zu ändern.

Es stehen folgende Befehle zur Verfügung:

HELP:	R - Potentialberechnung	Lösung des linearen Gleichungssystems
	L - Lös.-verfahren ändern	Es stehen folgend Verfahren zur Verfügung
		1 - ILU-BICG (Standard)
		(Bikonjugiertes Gradientenverfahren mit unvollständiger LU-Zerlegung)
		2 - ILU-CG
		(Konjugiertes Gradienten-verfahren mit unvollständiger LU-Zerlegung)
		3 - SLOR
		(Sukzessives Linienüberrelaxations-verfahren)
		4 - SOR
		(Sukzessives Überrelaxationsverfahren)
	W - Weiteriterieren	Weiterrechnen, wenn die vorgegebene Lösungsgenauigkeit nicht mit der eingestellten Iterationszahl erreicht wurde.
	T - Tabellenausgabe	Kontrollausgabe der Struktur sowie der Belegung der Koeffizientenmatrix und der rechten Seite des linearen Gleichungssystems
	S - Setzen von Parametern	Parameteränderung für Lösungsverfahren
		A - Ausgabe des relativen Fehlers (N)
		I - Iterationszahl (500)
		O - Omega (1.55)
		R - Relativer Fehler (1.E-6)
	X - Exit	

2.4 Ergebnisauswertung

Nach Aufruf der Ergebnisauswertung stehen verschiedene Darstellungsarten zur Verfügung.

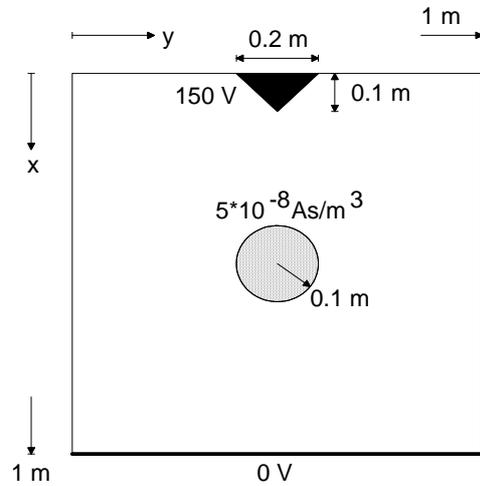
Je nach Feldtyp wird das entsprechende Potential (elektrisches Skalarpotential oder magnetisches Vektorpotential), die entsprechende Feldstärke (elektrische oder magnetische Feldstärke), die entsprechende Flussdichte (Verschiebungsflussdichte, Stromdichte oder magnetische Flussdichte) usw. angeboten.

HELP:	T - Tabellenausgabe	Ausgabe der Ergebnisse in Form einer numerischen Tabelle. Die Daten können in einen File umgelenkt werden. Am Ende werden Maximum und Minimum sowie die zugehörigen Koordinaten (bei mehreren gleichen Werten nur ein Wert) ausgegeben. Zusätzlich kann durch Eingabe eines Integrationsweges (linke obere und rechte untere Ecke eines Rechteckes) die Ladung bzw. der Strom bzw. der magnetische Fluss berechnet werden.
	C - Äquicolorndarstellung	Jedem Funktionswert wird eine Farbe zugeordnet (File: "_c").
	G - Gebirgsdarstellung	Perspektivische 3D-Darstellung, zusätzliche Einfärbung ist möglich (File: "_g").
	I - Isoliniendarstellung	Darstellung von Linien gleichen Funktionswertes (automatisch 11 Linien linear zwischen Minimum und Maximum oder Eingabe der gewünschten Darstellungswerte) (File: "_i").
	P - Pfeildarstellung	Vektorielle Pfeildarstellung für die Vektorfelder. Bei großen Diskretisierungszahlen werden wahlweise nur ausgewählte Pfeile dargestellt. Der kleinste Darstellungswert kann verändert werden (File: "_p").
	S - Schnittdarstellung	Darstellung von ausgewählten Schnitten durch die Struktur (in x- oder y-Richtung) bei einer ausgewählten Koordinate. Minimum und Maximum der Darstellung können verändert werden (File: "_s").
	Z - Zoom	Auswahl eines Darstellungsbereiches innerhalb der Struktur, gültig für alle grafischen Ausgaben bzw. Rücksetzen auf Vollbild.
	A - PostScript/Bitmap-Ausgabe	Aktivierung/Deaktivierung der PostScript- u. Bitmap-Ausgabe parallel zu den grafischen Bildschirmausgaben sowie Umschaltung auf schwarz-weiß (Graustufen) bei PostScript bzw. schwarzen oder weißen Bildhintergrund.
	X - Exit	

3 Beispiele

3.1 Elektrostatishes Feld

Die gegebene Anordnung enthält an der Unterseite eine ebene Metallelektrode (Potential 0 V), an der Oberseite eine dreieckige Metallelektrode (Potential 150 V) sowie in der Mitte einen kreisförmigen Raumladungsbereich (Raumladungsdichte $5 \cdot 10^{-8} \text{ As/m}^3$). Die Abmessungen des Analysegebietes betragen 1 m x 1 m. Die relative Permittivität beträgt im gesamten Gebiet 1)
 Gesucht sind der Potential- und der Feldstärkeverlauf.



(Homogene Diskretisierung verwenden, Punktabstand 2 cm).

(Eingaben sind **fett** dargestellt, es sind nicht alle Ausgaben angegeben).

fields43.exe

```

Strukturdatei: bsp_e
*** Datei nicht vorhanden ***

Neues Feldproblem:
Elektrostatishc          - E
Stationär elektrisch    - S
Stationär magnetisch    - M
Exit                    - X    -->e

GENERATE>d

GENERATE\DISKRET>s

Neue Werte:  Xb  Yb  Xe  Ye >0  0  1  1

GENERATE\DISKRET>ha

Abstand (m) >0.02

GENERATE\DISKRET>x

GENERATE>s
    
```

(Strukturgenerierung)

(elektrostatishc)

(Diskretisierung)

(Strukturabmessungen)

(homogener Abstand)

(Struktur erzeugen)

GENERATE\STRUKTUR>**d** (Dreieck)

Koordinaten:

X1 Y1 >**0 0.4**

X2 Y2 >**0 0.6**

X3 Y3 >**0.1 0.5**

Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung, (L)eer >**p**

Nummer (1...9)>**1**

Momentaner Wert: 0.000E+00

GENERATE\STRUKTUR>**k** (Kreis)

Koordinaten:

Xmi Ymi Rad >**0.5 0.5 0.1**

Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung, (L)eer >**e**

Nummer (1...9)>**1**

Momentaner Wert: 0.000E+00

GENERATE\STRUKTUR>**n** (Rand)

Rand: (O)ben, (U)nten, (L)inks, (R)echts, (G)esamt >**u**

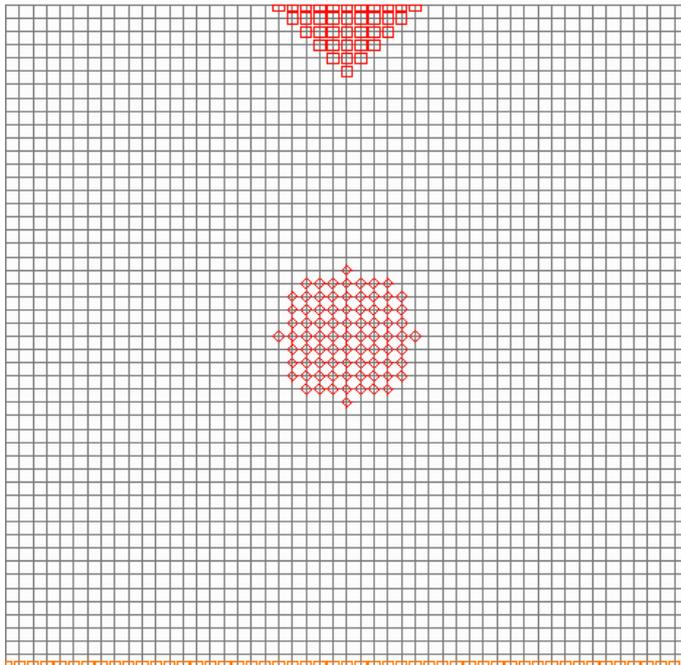
Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung, (L)eer >**p**

Nummer (1...9)>**2**

Momentaner Wert: 0.000E+00

GENERATE\STRUKTUR>**a** (Anzeige)

Material (Uoll), Potential (Rechtecke), Raumladung (Rauten)



Xb= 0.0E+00
 Xe= 1.0E+00
 Yb= 0.0E+00
 Ye= 1.0E+00

Strukturdarstellung

GENERATE\STRUKTUR>**x**

GENERATE>**e**

(Erregung belegen)

Raumladungsdichten:

Nr. Rho (As/m+3)

1 0.000E+00

2 0.000E+00

9 0.000E+00

Nr. Wert >**1 5e-8**

Neue Werte:

Nr. Rho (As/m+3)

1 5.000E-08

2 0.000E+00

9 0.000E+00

GENERATE>**p**

(Potentiale belegen)

Konstante Potentiale:

Nr. Phi (V)

1 0.000E+00

2 0.000E+00

9 0.000E+00

Nr. Wert >**1 150**

Neue Werte:

Nr. Phi (V)

1 1.500E+02

2 0.000E+00

9 0.000E+00

(Die Permittivität beträgt standardmäßig 1, so daß keine Eingabe erforderlich ist)

GENERATE>**x**

(Exit und speichern)

*** Struktur wurde modifiziert ***

Speichern [Y/N] :**y**

*** Save ready ***

Feldberechnung starten [Y/N] :**y** (Feldberechnung)
*** Matrix ready ***
working ...
*** ILU-BICG ready ***

FIELDS>**r** (Ergebnisauswertung)
*** Felder ready ***

----- Nur bei Bedarf -----

RESULTS>**a** (PostScript-Ausgabe aktivieren, um
Bilder auf Drucker ausgeben zu können)
*** PostScript-Ausgabe deaktiviert ***

RESULTS\PS>**p**
*** PostScript-Ausgabe aktiviert ***

RESULTS\PS>**x**

RESULTS>**g** (Gebirge)

RESULTS\GEBIRGE>**p** (Potential)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit **<return>** bestätigen.
- Darstellung des Potentialgebirges siehe Titelseite der Beschreibung.

RESULTS\GEBIRGE>**x**

RESULTS>**c** (Äquicolor)

RESULTS\COLOR>**p** (Potential)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit **<return>** bestätigen.

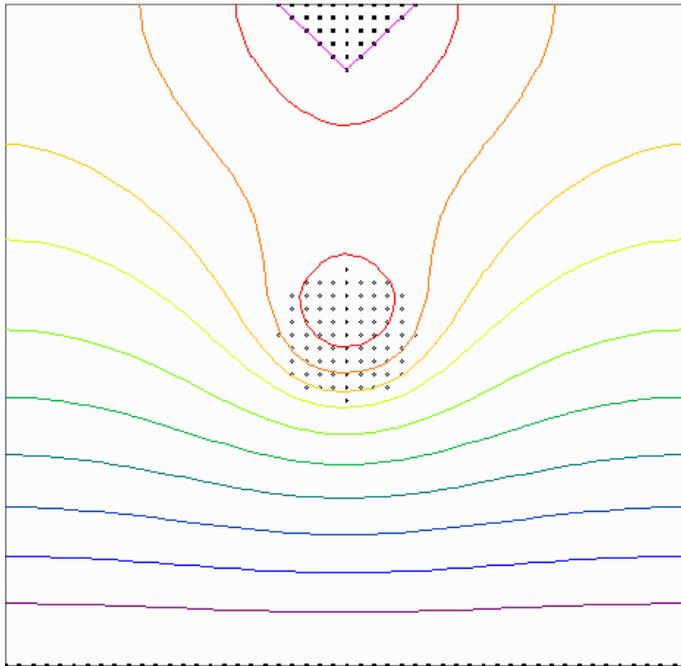
RESULTS\COLOR>**x**

RESULTS>**i** (Isolinien)

RESULTS\ISO>**p** (Potential)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit **<return>** bestätigen.

FIELDS: Potential (V)



1.5E+02
 1.4E+02
 1.3E+02
 1.2E+02
 1.1E+02
 9.5E+01
 8.0E+01
 6.5E+01
 5.0E+01
 3.5E+01
 2.0E+01

Xb= 0.0E+00
 Xe= 1.0E+00
 Yb= 0.0E+00
 Ye= 1.0E+00

Isoliniendarstellung

RESULTS\ISO>x

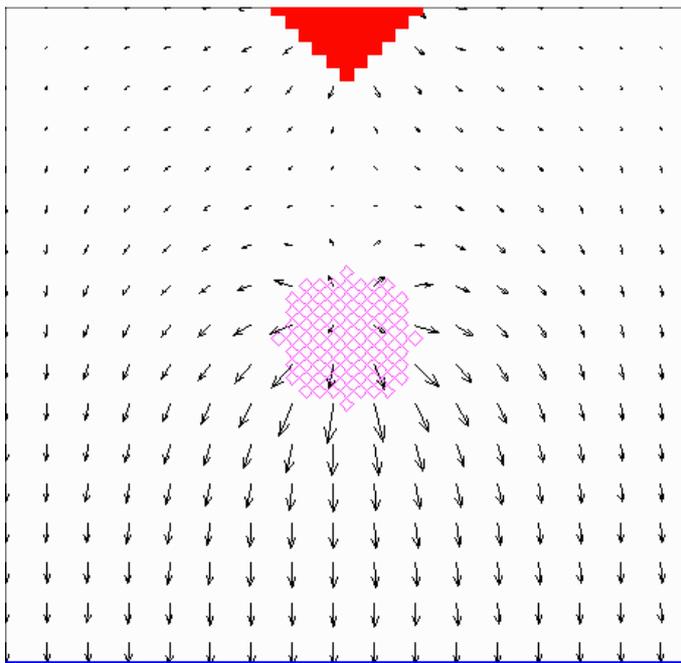
RESULTS>p

RESULTS\PFEIL>e

(Pfeil)
 (Feldstärke)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit <return> bestätigen.

FIELDS: Feldstaerke E (V/m)



1.5E+02
 0.0E+00

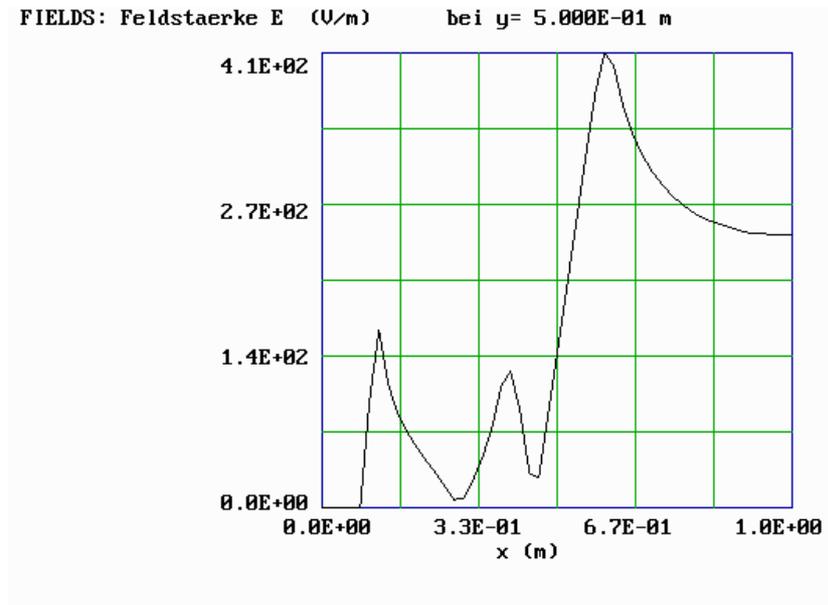
Phi (V)
 Xb= 0.0E+00
 Xe= 1.0E+00
 Yb= 0.0E+00
 Ye= 1.0E+00

Pfeildarstellung

RESULTS\PFEIL>x

RESULTS>**s** (Schnitt)
 RESULTS\SCHNITT>**e** (Feldstärke)
 Abszisse (x oder y):**x** (Schnitt entlang der x-Achse (senkrecht))
 y-Koordinate:**0.5** bei y = 0.5 m (Strukturmitte)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit **<return>** bestätigen.



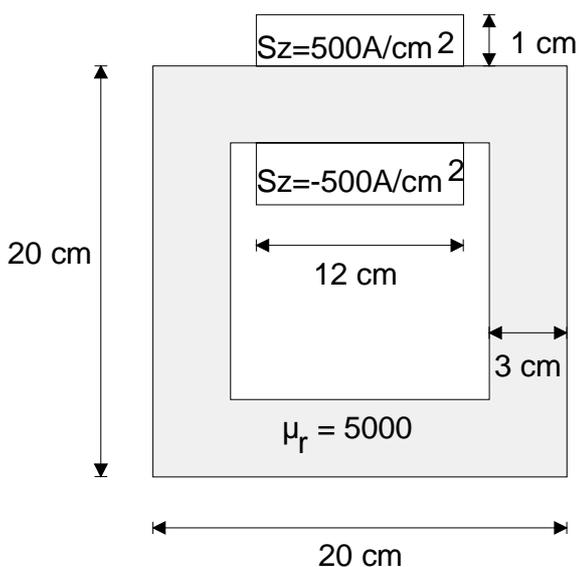
Schnittdarstellung

RESULTS\SCHNITT>**x**
 RESULTS>**x**
 FIELDS>**x**

3.2 Stationäres Magnetfeld

Gegeben ist eine Spule mit geschlossenem Eisenkern ($\mu_r = 5000$). Die Stromdichte (z-Richtung) in der Spule beträgt 500 A/cm^2 .
 Gesucht sind Vektorpotential- und magnetischer Flussdichteverlauf sowie der Fluss im Eisenkern.

Hinweis:
 Berechnungsgebiet größer wählen (ca. $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$) und als Randbedingung Vektorpotential Null am gesamten äußeren Rand vorgeben.



fields43.exe

Strukturdatei: **bsp_m** (Strukturgenerierung)
 *** Datei nicht vorhanden ***

Neues Feldproblem:
 Elektrostatisch - E
 Stationär elektrisch - S
 Stationär magnetisch - M
 Exit - X -->**m** (magnetisch)

GENERATE>**d** (Diskretisierung)

GENERATE\DISKRET>**s** (Strukturabmessungen)

Neue Werte: Xb Yb Xe Ye >**-1 -1 1 1**

GENERATE\DISKRET>**ha** (homogener Abstand)

Abstand (m) >**0.2**

GENERATE\DISKRET>**xx** (x-Diskretisierung ändern,
 0.5 cm Abstand der Linien im
 Xbeg Xend Anzahl >**-0.12 0.12 49** Bereich -12 cm bis +12 cm)

GENERATE\DISKRET>**yy** (y-Diskretisierung ändern)

Ybeg Yend Anzahl >**-0.12 0.12 49**

GENERATE\DISKRET>**x**

GENERATE>**s** (Struktur erzeugen)
 GENERATE\STRUKTUR>**r** (Rechteck - Außenkante Kern)

Koordinaten:
 Xlo Ylo >**-0.1 -0.1** (Linke obere Ecke)
 Xru Yru >**0.1 0.1** (Rechte untere Ecke)
 Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung, (L)eer >**m**
 Nummer (0...9)>**1**
 Momentaner Wert: 1.000E+00

GENERATE\STRUKTUR>**r** (Rechteck - Innenkante Kern)

Koordinaten:
 Xlo Ylo >**-0.07 -0.07** (Linke obere Ecke)
 Xru Yru >**0.07 0.07** (Rechte untere Ecke)
 Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung, (L)eer >**1**
 (Ausschneiden der Innenfläche)

GENERATE\STRUKTUR>**r**

(Rechteck - oberer Spulenteil)

Koordinaten:

Xlo Ylo >**-0.11 -0.06**

(Linke obere Ecke)

Xru Yru >**-0.105 0.06**

(Rechte untere Ecke)

Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung, (L)eer >**e**

Nummer (0...9)>**1**

Momentaner Wert: 0.000E+00

GENERATE\STRUKTUR>**r**

(Rechteck - unterer Spulenteil)

Koordinaten:

Xlo Ylo >**-0.07 -0.06**

(Linke obere Ecke)

Xru Yru >**-0.065 0.06**

(Rechte untere Ecke)

Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung, (L)eer >**e**

Nummer (0...9)>**2**

Momentaner Wert: 0.000E+00

GENERATE\STRUKTUR>**n**

(Randwerte Gesamtgebiet)

Rand: (O)ben, (U)nten, (L)inks, (R)echts, (G)esamt >**g**

Art: (M)aterial, (P)otential, (E)rregung >**p**

Nummer (1...9)>**1**

Momentaner Wert: 0.000E+00

GENERATE\STRUKTUR>**x**

GENERATE>**a**

(Anzeige Struktur)

GENERATE\ANZEIGE>**d**

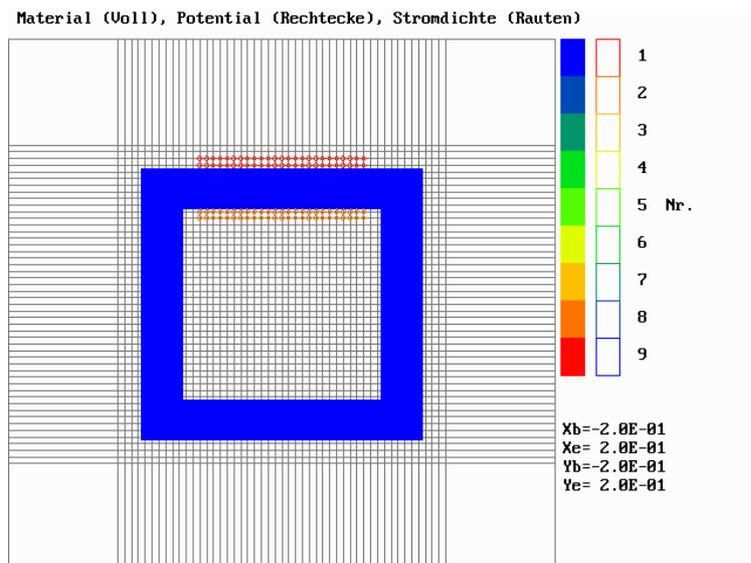
(Diskretisierung unter Struktur)

GENERATE\ANZEIGE>**z**

(Zoom)

Linke obere Ecke (Xlo Ylo):**-0.2 -0.2**

Rechte untere Ecke (Xru Yru):**0.2 0.2**



Strukturanzeige

GENERATE\ANZEIGE>**x**

GENERATE>**e**

(Erregung belegen, oberer Spulenteil)

Stromdichten:

Nr. Sz (A/m+2)

1 0.000E+00

2 0.000E+00

.

9 0.000E+00

Nr. Wert >**1 5e6**

Neue Werte:

Nr. Sz (A/m+2)

1 5.000E+06

2 0.000E+00

.

9 0.000E+00

GENERATE>**e**

(Erregung belegen, unterer Spulenteil)

Stromdichten:

Nr. Sz (A/m+2)

1 5.000E+06

2 0.000E+00

.

9 0.000E+00

Nr. Wert >**2 -5e6**

Neue Werte:

Nr. Sz (A/m+2)

1 5.000E+06

2 -5.000E+06

.

9 0.000E+00

GENERATE>**m**

(Material belegen, Eisenkern)

Relative Permeabilität:

Nr. Mue_rel

0 1.000E+00 (Vorbelegung)

1 1.000E+00

2 1.000E+00

.

9 1.000E+00

Nr. Wert >**1 5000**

Neue Werte:

Nr. Mue_rel

0	1.000E+00	(Vorbelegung)
1	5.000E+03	
2	1.000E+00	
	.	
9	1.000E+00	

GENERATE>**x** (Exit und speichern)

*** Struktur wurde modifiziert ***

Speichern [Y/N] :**y**

*** Save ready ***

Feldberechnung starten [Y/N] :**y** (Feldberechnung)

*** Nur ein Potential vorhanden ***

*** Alle Potentiale liegen auf Null ***

*** Matrix ready ***

working ...

*** ILU-BICG ready ***

FIELDS>**r** (Ergebnisauswertung)

*** Felder ready ***

RESULTS>**zz** (Ausschnitt für Darstellung)

Linke obere Ecke (Xlo Ylo): **-0.12 -0.12**

Rechte untere Ecke (Xru Yru): **0.12 0.12**

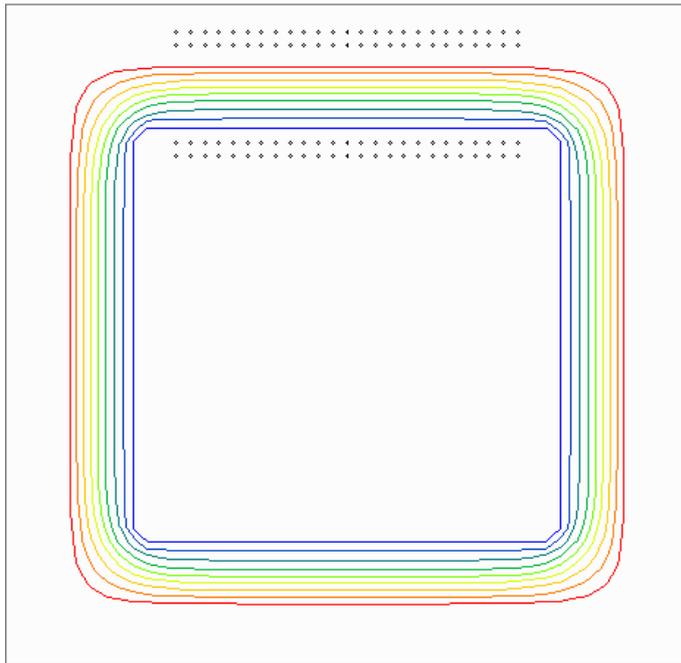
RESULTS\ZOOM>**x**

RESULTS>**i** (Isolinien)

RESULTS\ISO>**v** (Vektorpotential)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit **<return>** bestätigen.

FIELDS: Vektorpotential (Us/m)



3.9E-03
 -1.5E-01
 -3.0E-01
 -4.5E-01
 -6.0E-01
 -7.5E-01
 -9.0E-01
 -1.1E+00
 -1.3E+00
 -1.5E+00
 -1.6E+00

Xb=-1.2E-01
 Xe= 1.2E-01
 Yb=-1.2E-01
 Ye= 1.2E-01

Isoliniendarstellung

RESULTS\ISO>**x**

RESULTS>**g**

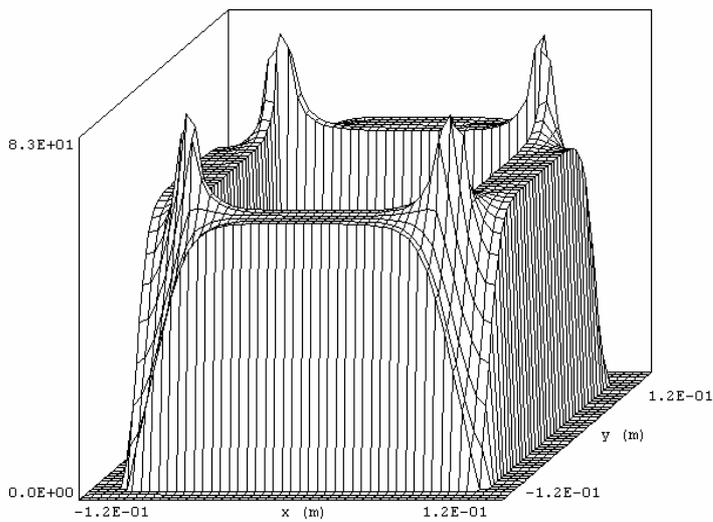
(Gebirge)

RESULTS\GEBIRGE>**b**

(Flussdichte)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit **<return>** bestätigen.

FIELDS: Flussdichte B (Vs/m+2)



Gebirgsdarstellung

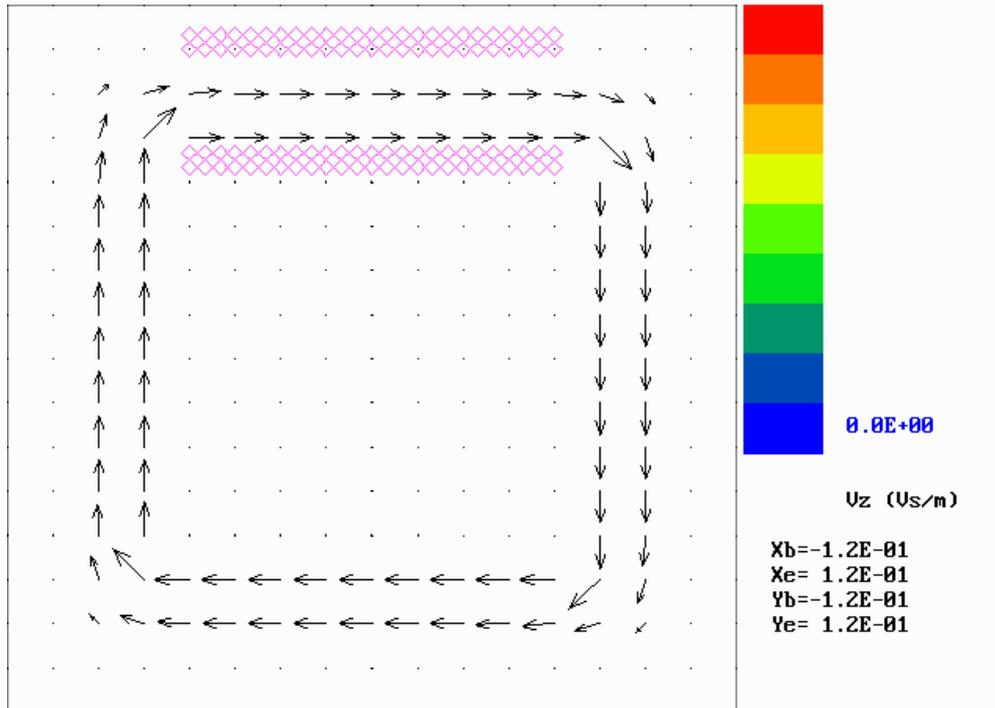
RESULTS\GEBIRGE>**x**

RESULTS>**p** (Pfeil)

RESULTS\PFEIL>**b** (Flussdichte)

- Weitere Eingaben nach Bedarf bzw. Standards mit <return> bestätigen.

FIELDS: Flussdichte B (Us/m+2)



Pfeildarstellung

RESULTS\PFEIL>**x**

RESULTS>**t** (Tabellenausgabe)

RESULTS\TABELLE>**f** (Flussberechnung entlang eines Integrationsweges)

Eingabe Integrationsweg (Rechteck oder Linie)

Linke obere Ecke (Xlo Ylo): **0 0**

Rechte unter Ecke (Xru Yru): **0 0.2**

*** Integration auf x-Linie ***

PHI' = 1.817E+00 Vs/m

RESULTS\TABELLE>**x**

RESULTS>**x**

FIELDS>**x**