



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 196 23 688 B4 2006.06.14**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **196 23 688.6**  
 (22) Anmeldetag: **14.06.1996**  
 (43) Offenlegungstag: **19.12.1996**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **14.06.2006**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G01R 29/08 (2006.01)**  
**G01R 31/00 (2006.01)**  
**G06F 17/00 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:  
**P 7-149947 16.06.1995 JP**

(73) Patentinhaber:  
**Fujitsu Ltd., Kawasaki, Kanagawa, JP**

(74) Vertreter:  
**W. Seeger und Kollegen, 81369 München**

(72) Erfinder:  
**Nagase, Kenji, Kawasaki, Kanagawa, JP; Nishino, Kekiji, Kawasaki, Kanagawa, JP; Shima, Tatsuro, Kawasaki, Kanagawa, JP**

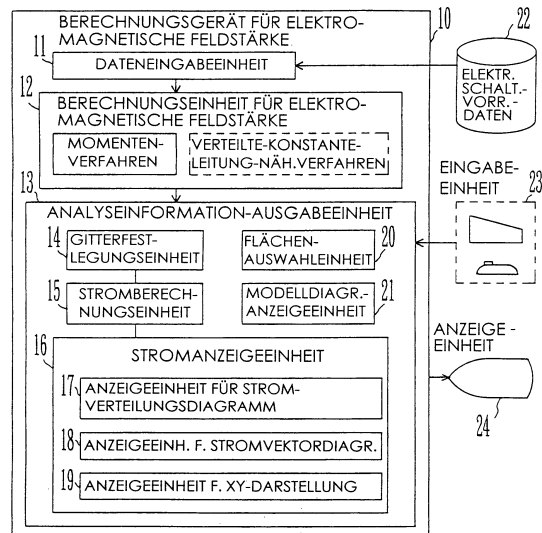
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:  
**DE 1 96 16 772 A1**  
**DE 40 13 017 A1**  
**US 50 05 147**  
**NEWMAN, E. H., POZAR, D. M: Considerations for**

**Efficient Wire Surface Modeling, In: IEEE TRANSACTIONS on ANTENNAS AND PROPAGATION, AP-28, No. 1, 1980, S. 121 ff;**  
**OHTSU, S., MUKAI, M., NAGASE, K., NISHINO, S.: ANALYSIS OF RADIATION FROM COMMON-MODE CURRENT BY MOMENT METHOD, In: International Symposium on electromagnetic compatibility, May 1994, S.655-658;**  
**MUKAI, M., OHTSU, S., NAGASE, K., NISHINO, S.: ANALYSIS OF RADIATION FROM OPENING OF METAL CABINET ENCLOSING PRINTED CIRCUIT BOARD, In: International Symposium on electromagnetic compatibility, May 1994, S. 120-123;**

(54) Bezeichnung: **Berechnungsgerät und Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke**

(57) Hauptanspruch: Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke, um durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließende Ströme durch ein Momentenverfahren zu berechnen und eine Stärke eines elektromagnetischen Feldes, das von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlt wird, auf der Grundlage der berechneten Ströme zu berechnen und anzuzeigen, mit:  
 einer Gittererrichtungseinrichtung, um eine Fläche eines die elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentierenden Modells mit einem Gitter aus Linien mit bestimmtem Abstand aufzuteilen;  
 einer Stromberechnungseinrichtung, um auf der Grundlage von durch Elemente des Modells der Schaltungsvorrichtung fließenden Strömen, die durch das Momentenverfahren berechnet wurden, Ströme an einem Gitterschnittpunkt von Linien des Gitters oder einem Punkt innerhalb eines durch das Gitter aus Linien aufgeteilten Bereichs zu berechnen;  
 einer Stromanzeigeeinrichtung, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme anzuzeigen;  
 worin die Gittererrichtungseinrichtung die Fläche des Modells mit einem rechteckigen Bereich umgibt, den recht-

winkligen Bereich durch ein Gitternetz aus senkrechten und waagerechten, gleichmäßig entfernten Linien in Teilbereiche entsprechend aufteilt und den rechteckigen Bereich...



**Beschreibung**

Allgemeiner Stand der Technik

Gebiet der Erfindung

**[0001]** Diese Erfindung bezieht sich auf ein Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke, um die Stärke eines von einer elektrischen Schaltungsvorrichtung emittierten elektromagnetischen Feldes durch das Momentenverfahren zu berechnen, und insbesondere auf ein Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke, das durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung eines Analyseobjekts fließende Ströme berechnen und anzeigen kann.

Stand der Technik

**[0002]** In verschiedenen Ländern sind vor kurzem genaue Regelungen für unerwünschte, von elektrischen Schaltungsvorrichtungen abgestrahlte elektromagnetische Wellen getroffen worden, weil sie andere elektromagnetische Einrichtungen, wie z.B. Fernsehgeräte, Radios etc., stören. Beispiele von Standards für solch eine Regelung umfassen die VCCI-Standards in Japan, die FCC-Standards in USA und die VDE-Standards in Deutschland.

**[0003]** Um solch eine Regelung zu erfüllen, ist es erforderlich, verschiedene Gegenmaßnahmen, wie z.B. Abschirmverfahren, Filterverfahren etc., zu ergreifen. Ferner besteht ein Bedarf an einem Verfahren, um quantitativ zu simulieren, wie weit die unerwünschten elektromagnetischen Wellen durch diese Gegenmaßnahmen verringert werden. In einer Simulation einer elektromagnetischen Wellenanalyse werden durch jedes Element in einer elektrischen Schaltungsvorrichtung fließende Ströme zum Zweck einer Berechnung der Stärke eines elektromagnetischen Feldes berechnet, das von der elektrischen Schaltungsvorrichtung emittiert wird. Falls jedoch an dieser Stelle durch Anwenden geeigneter Verfahren visuell angezeigt werden könnte, wie Ströme fließen, würde es möglich werden, Fehler in Berechnungen zu erfassen und Quellen von elektromagnetischen Wellen zu lokalisieren. Ferner wäre die visuelle Anzeige von Strömen beim Verdeutlichen des Strahlungsmechanismus ebenfalls sehr nützlich.

**[0004]** Die Stärke von elektromagnetischen Wellen die von einem Objekt mit beliebiger Form emittiert werden, kann unter Verwendung einer bekannten theoretischen Formel einfach berechnet werden, falls ein durch jeden Teil des Objekts fließender Strom bekannt ist. Theoretisch werden die Stromwerte durch Lösen der elektromagnetischen Wellengleichungen nach Maxwell unter gegebenen Randbedingungen erhalten. Gegenwärtig ist jedoch keine direkte mathematische Lösung unter komplexen Randbedingungen für ein Objekt mit einer beliebigen Form be-

kannt.

**[0005]** Daher beruhen alle Verfahren zum Berechnen von Strömen, die in gebräuchlichen Berechnungsgeräten für eine elektromagnetische Wellenstärke verwendet werden, auf Näherungsberechnungen, selbst wenn der Schwierigkeitsgrad von Verfahren zu Verfahren verschieden ist. Gegenwärtig umfassen typische Näherungslösungen das Mikrorahmenantenne-Näherungsverfahren, das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren und das Momentenverfahren.

**[0006]** Bei dem Mikrorahmenantenne-Näherungsverfahren wird ein Draht, der eine Wellenquellschaltung mit einer Lastschaltung verbindet, als eine Rahmenantenne behandelt, und ein Strom in der Schleife, die als flach angenommen wird, wird durch den Algorithmus für zusammengefaßte konstante Schaltungen berechnet. Die Berechnung gemäß dem Mikrorahmenantenne-Näherungsverfahren ist meist einfach. Sie wird jedoch in der Praxis selten verwendet, weil die Genauigkeit in dem Fall merklich reduziert ist, in dem die Abmessung der Schleife im Vergleich mit der Wellenlänge der abgestrahlten elektromagnetischen Wellen nicht vernachlässigt werden kann.

**[0007]** In dem Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren wird ein Strom erhalten, indem eine Verteilte-Konstante-Leitung-Gleichung auf ein Objekt angewandt wird, das durch eine eindimensionale Struktur angenähert werden kann. Die Berechnung ist relativ einfach, jedoch nehmen die Berechnungszeit und die zu speichernden Daten in einem beträchtlichen Verhältnis zur Anzahl von zu analysierenden Elementen zu, besonders falls Analysen des Phänomens einer Reflexion und Resonanz durch eine Leitung etc. eingeschlossen sind. Somit können Hochgeschwindigkeitsanalysen mit hoher Genauigkeit für Objekte vorgenommen werden, die durch eindimensionale Strukturen angenähert werden können. Ein Problem bei dem Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren ist, daß von jedem Objekt, das nicht durch eine eindimensionale Struktur angenähert werden kann, keine Analyse vorgenommen werden kann.

**[0008]** Das Momentenverfahren ist eine der Lösungen unter Verwendung der aus den Maxwell'schen Wellengleichungen abgeleiteten Integralgleichung und kann dreidimensionale Objekte mit beliebiger Form behandeln. Genauer gesagt, wird ein Objekt für die Berechnung von Strömen in kleine Elemente geteilt. Weil das Momentenverfahren dreidimensionale Objekte mit beliebiger Form behandeln kann, ist das Momentenverfahren zur Verwendung bei Berechnungsgeräten für eine elektromagnetische Feldstärke äußerst geeignet, um die Stärke eines durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung erzeugten elektro-

magnetischen Feldes zu berechnen.

**[0009]** Wenn das Momentenverfahren verwendet wird, wird ein in einem Objekt enthaltener Metallteil in Teile in Maschenform geteilt, und die gegenseitigen Impedanzen  $Z_{ij}$  zwischen den geteilten Metallteilen werden berechnet. Die folgende simultane Gleichung gemäß dem Momentenverfahren verwendet die gegenseitigen Impedanzen  $Z_{ij}$ , Wellenquellen  $V_i$  und Ströme  $I_i$ , die durch die geteilten Metallteile fließen:

$$[Z_{ij}] [I_i] = [V_i]$$

**[0010]** Die Ströme  $I_i$  können durch Lösen der Gleichung erhalten werden. Die Stärke eines elektromagnetischen Feldes wird aus den resultierenden Strömen  $I_i$  berechnet. Das Symbol "[ ]" repräsentiert Werte für eine Matrix.

**[0011]** Das folgende ist eine das Momentenverfahren beschreibende Referenz:

H. N. Wang, J.H. Richmond und M.C.Gilreath; "Sinusoidal reaction formulation for radiation and scattering from a conducting surface", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, Band AP-23, 1975.

**[0012]** Wie oben beschrieben, werden die unter Verwendung des Momentenverfahrens in dem Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke berechneten Ströme zum Berechnen der Stärke eines elektromagnetischen Feldes gemäß den bekannten Gleichungen verwendet. Nach dem Stand der Technik sind solche Ströme die Zwischenergebnisse in dem Prozeß einer Berechnung der elektromagnetischen Feldstärke, und eine visuelle Anzeige der berechneten Ströme ist noch nicht verwirklicht worden. Bei dem Momentenverfahren wird der Strom für jede Seite eines jeweiligen Elements der (Stücke genannten) Elemente in Maschenform berechnet. Aus diesem Grund kann, falls die Elemente groß, nicht regelmäßig angeordnet oder in der Größe nicht einheitlich sind, die visuelle Anzeige berechneter Ströme nicht ausgenutzt werden.

Aus OHTSU, S., MUKAI, M. NAGASE, K., NISHINO, S.: ANALYSIS OF RADIATION FROM COMMON-MODE CURRENT BY MOMENT METHOD. In International Symposium on electromagnetic compatibility, May 1994, S. 655–658, ist eine Darstellung einer Grundsicht unterhalb der Transmissionslinie mit einer Einteilung in "narrow surface patches" beschrieben, ohne daß mitgeteilt wird, wie die beiden kompliziert strukturierten, in **Fig. 10** auf S. 657 dargestellten Einteilungen entstanden sind.

In OHTSU, S., MUKAI, M. NAGASE, K., NISHINO, S.: ANALYSIS OF RADIATION FROM OPENING OF METAL CABINET ENCLOSING PRINTED CIRCUIT BOARD. In: International Symposium on electromagnetic compatibility, May 1994, S. 120–123, wird das numerische Problem bezüglich der gedruckten

Schaltungskarte, der Mikrostreifenleitung und des Effektes der Öffnung auf die Strahlung untersucht.

## Aufgabenstellung

### Zusammenfassung der Erfindung

**[0013]** Um die Genauigkeit einer Detektion der Stärke eines von einer elektrischen Schaltungsvorrichtung abgestrahlten elektromagnetischen Feldes zu erhöhen, ist es wichtig, die Einzelheiten von Strömen zu bestimmen, die das elektromagnetische Feld erzeugen. Die detaillierte visuelle Anzeige dieser Ströme ist auch sehr wichtig, um den Strahlungsmechanismus elektromagnetischer Wellen zu verstehen. Ferner wird die visuelle Anzeige der Ströme eine Information für die nächste Maschenteilung der elektrischen Schaltungsvorrichtung liefern, die analysiert worden ist, oder einer elektrischen Schaltungsvorrichtung mit einer ähnlichen Form, die gegenwärtig analysiert wird.

**[0014]** Es ist ein Ziel der Erfindung, Ströme an beliebigen Punkten auf Elementen einer elektrischen Schaltungsvorrichtung zu berechnen und in einer leicht zu prüfenden und verständlichen Form, ungeachtet der Form der Elemente, visuell anzuzeigen, wie die Ströme fließen.

**[0015]** Ein Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung berechnet Ströme, die durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließen, die ein Analyseobjekt ist, durch das Momentenverfahren oder das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren und berechnet die Stärke eines von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlten elektromagnetischen Feldes auf der Grundlage der berechneten Ströme und zeigt sie an. Dieses Berechnungsgerät umfaßt: ein Gitterfestlegungsmittel, um eine Fläche eines die elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentierenden Modells mit einem Gitter aus Linien mit bestimmtem Abstand aufzuteilen; eine Stromberechnungseinheit, um auf der Grundlage von durch ein Element des Modells der Schaltungsvorrichtung fließenden Strömen, die durch entweder das Momentenverfahren oder das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren berechnet werden, Ströme an entweder Schnittpunkten von Linien des Gitters oder Punkten innerhalb von durch die Linien des Gitters aufgeteilten Bereichen zu berechnen; und eine Stromanzeigeeinheit, um die durch die Stromberechnungseinheit berechneten Ströme anzuzeigen.

**[0016]** Ein Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung dient dazu, Ströme, die durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließen, die ein Analyseobjekt ist, durch entweder das Momentenverfahren oder das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren zu berechnen und die Stärke eines von der Schaltungsvor-

richtung abgestrahlten elektromagnetischen Feldes auf der Grundlage der berechneten Ströme zu berechnen und anzuzeigen. Dieses Verfahren umfaßt die Schritte: Berechnen von Strömen, die durch ein Element eines Modells fließen, das die elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentiert, durch das Momentenverfahren oder das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren; Aufteilen einer Fläche des Modells mit einem Gitter aus Linien mit bestimmtem Abstand; Berechnen von Strömen, auf der Grundlage der Ströme, die durch das Element des Modells fließen, an entweder Schnittpunkten von Linien des Gitters oder Punkten innerhalb von durch die Linien des Gitters aufgeteilten Bereichen; und Anzeigen der berechneten Ströme.

**[0017]** Ein Speichermedium der Erfindung ist ein computerlesbares Speichermedium, das ein Programm aus Anweisungen enthält, die durch einen Computer ausführbar sind, um ein Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke auszuführen, um Ströme, die durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließen, die ein Analyseobjekt ist, durch entweder das Momentenverfahren oder das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren zu berechnen und um die Stärke eines von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlten elektromagnetischen Feldes auf der Grundlage der berechneten Ströme zu berechnen und anzuzeigen. Das in diesem Speichermedium gespeicherte Programm dient zum Ausführen der Schritte des oben beschriebenen Berechnungsverfahrens für eine elektromagnetische Feldstärke.

**[0018]** Gemäß der Erfindung ist es möglich, einen Strom an jedem Punkt in einer elektrischen Schaltungsvorrichtung zu berechnen. Daher können die Stromverteilung in der Schaltungsvorrichtung und wie Ströme darin fließen, im Detail in einer leicht verständlichen Form angezeigt werden, ohne von der Form eines Modellelements abzuhängen, die durch das Momentenverfahren bestimmt ist. Daher kann man einfach erkennen, wie elektromagnetische Wellen von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlt werden, und eine zur Verdeutlichung des Mechanismus einer Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen von der Schaltungsvorrichtung nützliche Information kann erhalten werden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0019]** [Fig. 1A](#) ist ein schematisches Diagramm, das die grundlegende Konfiguration eines Berechnungssystems für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung zeigt;

**[0020]** [Fig. 1B](#) zeigt die Grundprozedur für einen Berechnungsalgorithmus für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung;

**[0021]** die [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Diagramme zur Verwendung bei einer Erläuterung einer Gitterfestlegungsverarbeitung in der Erfindung;

**[0022]** [Fig. 3](#) zeigt ein Anzeigebeispiel eines Stromverteilungsdiagramms gemäß der Erfindung;

**[0023]** die [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) zeigen ein Anzeigebeispiel eines Stromvektordiagramms;

**[0024]** [Fig. 5A](#) zeigt eine elektrische Schaltungsvorrichtung, die ein Analyseobjekt ist;

**[0025]** [Fig. 5B](#) zeigt ein Anzeigebeispiel eines Modelldiagramms der elektrischen Schaltungsvorrichtung von [Fig. 5A](#);

**[0026]** [Fig. 6](#) zeigt ein Beispiel einer Klassifikation durch eine Farbe von Pfeilen, die Stromwerte angibt, gemäß der Erfindung;

**[0027]** [Fig. 7](#) zeigt ein Anzeigebeispiel einer graphischen XY-Darstellung eines Stroms gemäß der Erfindung;

**[0028]** [Fig. 8](#) ist ein Flußdiagramm für eine Berechnungsverarbeitung für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung;

**[0029]** [Fig. 9](#) ist ein Flußdiagramm, das die Verarbeitung durch die Stromanzeigeeinheit der Erfindung zeigt;

**[0030]** [Fig. 10](#) zeigt ein Beispiel eines stromanzeigenden Parametereingabeschirms in einer Ausführungsform der Erfindung;

**[0031]** [Fig. 11](#) zeigt ein Beispiel eines Anzeigeschirms eines Stromvektordiagramms in der Ausführungsform der Erfindung;

**[0032]** [Fig. 12](#) zeigt ein Beispiel eines Anzeigeschirms eines Stromverteilungsdiagramms in der Ausführungsform der Erfindung;

**[0033]** [Fig. 13](#) zeigt ein Beispiel eines Anzeigeschirms eines Modelldiagramms in der Ausführungsform der Erfindung;

**[0034]** die [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) zeigen Anzeigeschirme einer graphischen XY-Darstellung eines Stroms in der Ausführungsform der Erfindung;

**[0035]** die [Fig. 15A](#), [Fig. 15B](#), [Fig. 16A](#), [Fig. 16B](#), [Fig. 16C](#), [Fig. 17A](#), [Fig. 17B](#), [Fig. 17C](#) und [Fig. 17D](#) veranschaulichen ein Stromberechnungsverfahren in der Ausführungsform der Erfindung;

**[0036]** die [Fig. 18A](#) und [Fig. 18B](#) veranschaulichen ein Verfahren zum Berechnen eines Stromvektors in

der Ausführungsform;

[0037] die [Fig. 19A](#), [Fig. 19B](#) und [Fig. 19C](#) veranschaulichen ein Stromberechnungsverfahren, das auf dem Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren beruht;

[0038] [Fig. 20](#) ist ein schematisches Diagramm, das eine bestimmte Systemkonfiguration zeigt, um die Erfindung zu realisieren; und

[0039] [Fig. 21](#) ist ein schematisches Diagramm, das ein Computersystem zeigt, um die Erfindung zu realisieren.

#### Ausführungsbeispiel

##### Beschreibung der bevorzugten Ausführungsform

[0040] In [Fig. 1A](#) ist nun eine Grundkonfiguration eines Berechnungssystems für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung dargestellt. Ein Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke **10** ist mit einer zentralen Verarbeitungseinheit (CPU) und Speichern ausgestattet und berechnet die Stärke eines elektromagnetischen Feldes, das von einer elektrischen Schaltungsvorrichtung abgestrahlt wird, die ein Analyseobjekt ist, durch das Momentenverfahren oder das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren.

[0041] Eine Dateneingabeeinheit **11** kann Daten einer elektrischen Schaltungsvorrichtung **22**, wie z.B. Daten über die Struktur der elektrischen Schaltungsvorrichtung und dergleichen, eingeben. Eine Berechnungseinheit für eine elektromagnetische Feldstärke **12** berechnet die Stärke eines elektromagnetischen Feldes durch Aufteilen des Analyseobjekts in Stücke oder Mikroelemente und Berechnen eines durch jedes Mikroelement fließenden Stroms durch das Momentenverfahren. Das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren kann verwendet werden, um Ströme zu berechnen, die durch einen Teil der elektrischen Schaltungsvorrichtung fließen, für den das Verfahren verwendet werden kann.

[0042] Eine Analyseinformation-Ausgabeeinheit **13** zeigt die Stärke eines durch die Berechnungseinheit für eine elektromagnetische Feldstärke **12** berechneten elektromagnetischen Feldes in einer festgelegten Form graphisch an. In der Erfindung werden nicht nur die elektromagnetische Feldstärke, sondern auch die in der elektrischen Schaltungsvorrichtung fließenden und durch die Berechnungseinheit **12** berechneten Ströme angezeigt.

[0043] Die Analyseinformation-Ausgabeeinheit **13** enthält eine Gitterfestlegungseinheit **14**, die eine Fläche eines Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung mit einem Gitter aus Linien mit einem be-

stimmten oder vorbestimmten Linienabstand aufteilt, eine Stromberechnungseinheit **15**, die einen Strom an einem Gitterschnittpunkt oder einem Punkt innerhalb des durch Gitterlinien aufgeteilten Raumes auf der Grundlage von durch ein Element in der elektrischen Schaltungsvorrichtung fließenden Strömen berechnet, die durch das Momentenverfahren berechnet worden sind, und eine Stromanzeigeeinheit **16**, die die durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Ströme auf einer Anzeige **24** anzeigt.

[0044] Die Stromanzeigeeinheit **16** enthält eine Anzeigeeinheit für ein Stromverteilungsdiagramm **17**, das eine Vektorzerlegung der durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Ströme auf einem orthogonalen Koordinatensystem ausführt und die Ergebnisse auf einem Verteilungsdiagramm mit entfernter verdeckter oder verborgener Oberfläche (englisch: hidden surface removed) dreidimensional oder axonometrisch anzeigt. Das durch die Anzeigeeinheit **24** angezeigte Stromverteilungsdiagramm ist eine dreidimensionale graphische Darstellung auf dem orthogonalen XYZ-Koordinatensystem, worin eine Fläche eines Modells, das eine zu analysierende elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentiert, auf der XY-Ebene angezeigt ist und Ströme als Z-Achsenkomponenten angezeigt sind.

[0045] Die Stromanzeigeeinheit **16** enthält ferner eine Anzeigeeinheit für ein Stromvektordiagramm **18**, die jeden der durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Ströme auf der entsprechenden Fläche des angezeigten Modells in der Form eines Pfeils auf solch eine Weise anzeigt, daß dessen Richtung die Stromrichtung repräsentiert und dessen Länge den Strombetrag repräsentiert. Die durch die Anzeigeeinheit für ein Stromvektordiagramm **18** erhaltenen Stromvektordiagramme repräsentieren den Betrag und die Richtung der Ströme an allen Gitterschnittpunkten an den entsprechenden Punkten in der Fläche des Modells.

[0046] Die Gitterfestlegungseinheit **14** umgibt eine Fläche des Modells mit einem in der gleichen Ebene liegenden rechtwinkligen Bereich und teilt den rechtwinkligen Bereich mit den Linien eines Gitters auf, wodurch der rechtwinklige Bereich als ein Satz von durch die Linien des Gitters aufgeteilten Teilbereichen ausgedrückt wird.

[0047] Die Gitterfestlegungseinheit **14** teilt eine Fläche, die das Modell repräsentiert und mindestens ein Element eines dreieckigen Elements und eines vier-eckigen Elements aufweist, durch die Linien des Gitters in eine Vielzahl von Teilbereichen auf.

[0048] Die Stromberechnungseinheit **15** berechnet einen jedem der Bereiche entsprechenden Strom unter Verwendung von Strömen, die für jede Seite von mindestens einem der dreieckigen und quadrati-

schen Elemente auf der Grundlage des Momentenverfahrens berechnet wurden.

[0049] Das Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke **10** der Erfindung enthält ferner eine Flächenauswahleinheit **20**, die einen Punkt oder ein Element des Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung bestimmende Eingabe empfängt und eine Fläche, auf der der bestimmte Punkt oder das bestimmte Element liegt, als eine Objektebene für eine Stromanzeige durch die Stromanzeigeeinheit **16** auswählt.

[0050] Die Stromanzeigeeinheit **16** enthält ferner eine Anzeigeeinheit für eine graphische XY-Darstellung des Stroms **19**, die einen durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Strom in einen Realteil und einen Imaginärteil teilt und den geteilten Strom anzeigt. Die Anzeigeeinheit für eine graphische XY-Darstellung des Stroms **19** zeigt auch einen durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Strom in Form eines Absolutwertes und einer Phase an.

[0051] Das Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke **10** enthält ferner eine Modelldiagramm-Anzeigeeinheit **21**, die ein Diagramm des Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung anzeigt und die Objektfläche für die Stromanzeige durch die Stromanzeigeeinheit **16** auf der Fläche des Modells angibt.

[0052] Die Anzeigeeinheit für ein Stromvektordiagramm **18** kann einen Strom in einer Vielzahl von Skalen durch Ändern des Anzeigemodus der Pfeile gemäß dem Betrag des Stroms anzeigen.

[0053] Die Anzeigeeinheit für eine graphische XY-Darstellung des Stroms **19** kann durch die Stromberechnungseinheit **15** berechnete Ströme in der Form einer graphischen XY-Darstellung anzeigen, in der die x-Achse die Position von als Kandidaten für die Stromanzeige bestimmten Punkten repräsentiert und die y-Achse den Betrag der Ströme repräsentiert.

[0054] Die Punkte, die die Anzeigeeinheit für eine graphische XY-Darstellung des Stroms **19** anzeigt, können bestimmt werden, indem der Anfangspunkt oder -wert und der Endpunkt oder -wert der Punkte angegeben werden.

[0055] Die Stromberechnungseinheit **15** kann auch die Stromverteilung in einem Drahtelement in der elektrischen Schaltungsvorrichtung berechnen. Die Anzeigeeinheit für eine graphische XY-Darstellung des Stroms **19** in der Stromanzeigeeinheit **16** kann auch eine graphische XY-Darstellung anzeigen, in der die x-Achse die Position von Punkten auf dem Drahtelement repräsentiert und die y-Achse den Be-

trag von Strömen an diesen Punkten repräsentiert.

[0056] **Fig. 1B** ist ein Flußdiagramm, das die Grundprozedur gemäß einem Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung veranschaulicht.

[0057] Wie in dieser Figur dargestellt ist, enthält das Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung einen Schritt S1 eines Berechnens von Strömen, die durch Elemente eines Modells fließen, das eine elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentiert, einen Schritt S2 eines Aufteilens einer Fläche des Modells mit ein Gitter bildenden Linien, die einen vorbestimmten Abstand zwischen benachbarten Linien aufweisen, einen Schritt S3 eines Berechnens von Strömen an Gitterschnittpunkten oder an Punkten innerhalb der aufgeteilten Bereiche gemäß den in Schritt S1 berechneten Strömen und einen Schritt S4 eines Anzeigens der in Schritt S3 berechneten Ströme.

[0058] Der Schritt S4 kann einen Schritt eines Ausführens einer Vektorzerlegung der berechneten Ströme auf dem orthogonalen Koordinatensystem und einen Schritt eines Anzeigens der Ströme, die der Vektorzerlegung unterzogen wurden, als ein dreidimensionales Stromverteilungsdiagramm unter Verwendung einer Anzeige mit entfernter verborgener Oberfläche enthalten.

[0059] In Schritt S4 werden die berechneten Ströme auf der entsprechenden Fläche des Modells auf dem angezeigten Diagramm in Form von Pfeilen angezeigt, wobei ihre Richtung die Stromrichtung angibt und ihre Länge den Strombetrag angibt.

[0060] Das Verfahren der Erfindung kann einen Schritt eines Umgebens der Fläche des Modells mit einem in der gleichen Ebene liegenden rechteckigen Bereich und einen Schritt eines Aufteilens des Bereichs in Teilbereiche durch ein Gitter bildende Linien und Darstellen des Bereichs als einen Satz von Teilbereichen enthalten, die jeweils von den Linien umgeben sind.

[0061] Das Verfahren der Erfindung kann ferner einen Schritt eines Aufteilens einer Fläche des Modells, das ein dreieckiges Element oder ein viereckiges Element enthält, in eine Vielzahl von Bereichen mit den ein Gitter bildenden Linien und einen Schritt eines Berechnens von Strömen enthalten, die jeweils der Vielzahl von Bereichen entsprechen, wobei Ströme verwendet werden, die jeweils für eine jeweilige Seite der Seiten des dreieckigen oder viereckigen Elements durch das Momentenverfahren berechnet wurden.

[0062] Das Verfahren der Erfindung kann auch einen Schritt eines Empfangens einer einen Punkt oder



ein Element des Modells anzeigenden Eingabe und einen Schritt eines Festlegens einer Fläche, auf der der bestimmte Punkt oder das bestimmte Element liegt, als eine Fläche für eine Stromanzeige enthalten. Das Verfahren kann ferner einen Schritt eines Anzeigens jedes Stroms in Form von dessen Realteil und Imaginärteil oder einen Schritt enthalten, um jeden Strom in Form von dessen Absolutwert und Phase anzuzeigen.

**[0063]** Das Verfahren der Erfindung kann ebenfalls einen Schritt eines Anzeigens eines Diagramms des Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung und einen Schritt eines Angebens einer Fläche eines Objekts für eine Stromanzeige des angezeigten Modells einschließen. In der Erfindung können die Ströme in einer Vielzahl von Skalen angezeigt werden, indem der Anzeigemodus der Pfeile gemäß dem Betrag der angezeigten Ströme geändert wird.

**[0064]** Das Verfahren der Erfindung kann ferner einen Schritt eines Anzeigens der berechneten Ströme in der Form einer graphischen XY-Darstellung enthalten, in der die X-Achse die Positionen von mehreren, als Stromanzeigepunkte bestimmten Punkten repräsentiert und die Y-Achse den Betrag von Strömen an den Punkten repräsentiert. Die Vielzahl von Punkten kann bestimmt werden, indem der Startpunkt oder -wert und der Endpunkt oder -wert der Punkte angegeben wird.

**[0065]** Das Verfahren der Erfindung kann auch einen Schritt eines Berechnens der Stromverteilung in einem Drahtelement in der elektrischen Schaltungsvorrichtung enthalten und kann ferner einen Schritt eines Anzeigens einer graphischen XY-Darstellung enthalten, in der die X-Achse die Positionen mehrerer Punkte in dem Drahtelement repräsentiert und die Y-Achse den Betrag von Strömen an den Punkten des Drahtelements repräsentiert.

**[0066]** Das Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke und die Funktionen des Berechnungsgerätes für eine elektromagnetische Feldstärke der Erfindung können durch ein Computerprogramm ausgeführt werden. Ein Speichermedium der Erfindung, welches ein Medium ist, das das Computerprogramm speichert, kann durch eine optische Speicherplatte, eine Magnetplatte, eine magneto-optische Speicherplatte, einen ROM oder einen RAM implementiert sein.

**[0067]** Die [Fig. 2A](#) und [Fig. 2B](#) sind Diagramme zur Verwendung bei der Erläuterung eines Gitterfestlegungsprozesses in der Erfindung.

**[0068]** Beim Berechnen von Strömen für eine elektrische Schaltungsvorrichtung, welche ein Analyseobjekt ist, durch das Momentenverfahren wird das Objekt in Stücke oder Mikroelemente geteilt, und die

gegenseitige Impedanz zwischen jedem Stück (Element) wird berechnet. Durch Lösen simultaner Gleichungen für die gegenseitigen Impedanzen werden durch die jeweiligen Elemente fließende Ströme berechnet.

**[0069]** E1 bis E9 in [Fig. 2A](#) repräsentieren Elemente auf einer Fläche einer elektrischen Schaltungsvorrichtung, die jeweils als eine Einheit für eine Berechnung durch das Momentenverfahren verwendet werden. Eine Stromberechnung wird für jede Seite der Elemente E1 bis E9 ausgeführt. Wenn die Elemente zu groß oder in der Größe nicht einheitlich sind, ist es für die Benutzer schwierig, die angezeigten berechneten Ströme zu analysieren.

**[0070]** Unter Verwendung der Gitterfestlegungseinheit **14** wird ein Gitter aus Linien mit bestimmtem oder vorbestimmtem Abstand auf der Fläche der elektrischen Schaltungsvorrichtung von [Fig. 2A](#) festgelegt, wie in [Fig. 2B](#) dargestellt ist. Auf der Grundlage von durch die Seiten der jeweiligen Elemente E1 bis E9 fließenden Strömen, die durch die Berechnungseinheit für eine elektromagnetische Feldstärke **12** unter Verwendung des Momentenverfahrens berechnet worden sind, berechnet die Stromberechnungseinheit **15** Ströme an Gitterschnittpunkten P1 bis P11. Danach wandelt die Stromanzeigeeinheit **16** die berechneten Ströme in ein erkennbares Format um und zeigt sie dann auf der Anzeigeeinheit **24** an.

**[0071]** Dies erlaubt, daß die durch verschiedene Teile der Schaltungsvorrichtung fließenden Ströme auf der gleichen Skala sichtbar gemacht werden, was das Verständnis von Strömen erleichtert, die einen Einfluß auf die Stärke eines elektromagnetischen Feldes haben. Es wird somit möglich, eine Information zu erhalten, die zum Messen von von der Schaltungsvorrichtung emittierten elektromagnetischen Wellen wichtig ist.

**[0072]** [Fig. 3](#) stellt ein Anzeigebeispiel eines Stromverteilungsdiagramms gemäß der Erfindung dar.

**[0073]** Die durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Ströme sind auf einem orthogonalen Koordinatensystem in Vektoren umgewandelt. Der resultierende Betrag der Ströme in der der X-Richtung oder Y-Richtung wird als ein dreidimensionales oder axonometrisches Stromverteilungsdiagramm angezeigt, wie in [Fig. 3](#) dargestellt ist. Die Wirkung der Ströme auf die elektromagnetische Feldstärke in einer Richtung einer Stromvektorkomponente kann somit leicht verstanden werden.

**[0074]** [Fig. 4A](#) zeigt ein Anzeigebeispiel eines Stromvektordiagramms gemäß der Erfindung, und [Fig. 4B](#) ist eine vergrößerte Ansicht eines Teils A in [Fig. 4A](#). [Fig. 4A](#) zeigt die Stromvektoren auf der vorderen Fläche. In den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) repräsen-

tieren fettgedruckte durchgehende Linien die Form eines Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung, repräsentieren feine durchgezogene Linien Elemente, die gemäß dem Momentenverfahren eingeteilt sind, und repräsentieren gepunktete Linien das durch die Gitterfestlegungseinheit **14** festgelegte Gitter.

**[0075]** Wie in den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) dargestellt ist, werden die durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Ströme auf dem Modelldiagramm vektoriell angezeigt, so daß die Länge und Richtung jedes Pfeils den Betrag bzw. die Flußrichtung des entsprechenden Stroms repräsentieren. Daher wird die Verteilung von Strömen auf der Schaltungsvorrichtung in einer leicht verständlichen Form angezeigt, was eine wichtige Information zum Messen der von der Schaltungsvorrichtung emittierten elektromagnetischen Wellen liefern wird.

**[0076]** Selbst wenn die Fläche des Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung, die für eine Stromanzeige ausgewählt wurde, von einer irregulären Form ist, werden Ströme gleichmäßig angezeigt, weil die Fläche mit einem rechtwinkligen Bereich umgeben ist, und der Bereich durch Gitterlinien, wie in [Fig. 2B](#) dargestellt ist, in Teilbereiche aufgeteilt ist.

**[0077]** Selbst wenn die Fläche für eine Stromanzeige beispielsweise dreieckig ist, werden Ströme ebenfalls gleichmäßig angezeigt, weil die Ströme gemäß den durch ein Gitter bildende Linien aufgeteilten Teilbereichen angezeigt werden.

**[0078]** Die [Fig. 5A](#) und [Fig. 5B](#) zeigen ein Anzeigebeispiel eines Modells einer elektrischen Schaltungsvorrichtung gemäß der Erfindung.

**[0079]** Wenn beispielsweise Ströme analysiert werden, die durch ein Gehäuse einer elektrischen Schaltungsvorrichtung mit einer Öffnung in dessen Vorderfläche, wie in [Fig. 5A](#) dargestellt ist, fließen, wird ein in [Fig. 5B](#) dargestelltes Modell der elektrischen Schaltungsvorrichtung angezeigt, und ein Punkt oder ein Element wird durch z.B. einen Mauszeiger C bestimmt, um die Fläche für eine Stromanzeige auszuwählen. Alternativ kann die Nummer eines anzuzeigenden Stücks auf einer Fläche angegeben werden, um die Fläche auszuwählen. Selbst wenn die Flächen der elektrischen Schaltungsvorrichtung kompliziert sind, können daher Flächenströme, die analysiert werden sollen, leicht ausgewählt und angezeigt werden.

**[0080]** Die durch die Stromberechnungseinheit **15** berechneten Ströme können als Real- und Imaginärkomponenten oder ihr Betrag in Absolutwerten und ihre Phase angezeigt werden.

**[0081]** Ferner kann die Modelldiagramm-Anzeige-

einheit **21** die durch die Anzeigeeinheit für ein Stromverteilungsdiagramm **17** angezeigte Fläche auf den Flächen des Modells in dem dreidimensionalen Modelldiagramm angeben. In dem Modelldiagramm, wie es in [Fig. 5B](#) dargestellt ist, wird die relevante Fläche in einer bestimmten Farbe oder mit einer höheren Intensität angezeigt.

**[0082]** [Fig. 6](#) zeigt ein Beispiel einer Anzeige von Pfeilen durch eine Farbe gemäß der Erfindung.

**[0083]** Falls in solch einer Anzeige eines Stromvektordiagramms, wie es in den [Fig. 4A](#) und [Fig. 4B](#) dargestellt ist, Pfeile derart angezeigt werden, daß ihre Länge ihrem Strombetrag proportional ist, wird dann ein sehr hoher Strom einen zu langen Pfeil zur Folge haben, und ein sehr geringer Strom wird einen zu kurzen Pfeil zur Folge haben. In solch einem Fall wird es schwierig, die Anzeige des Stromvektordiagramms zu verstehen.

**[0084]** Zum Beispiel werden, wie in [Fig. 6](#) dargestellt ist, wenn Stromwerte das 100-fache oder mehr bezüglich eines Standardwertes sind, die Pfeile (Vektoren) in Rot angezeigt. Für Stromwerte von mehr als dem 10-fachen und weniger als dem 100-fachen werden die Pfeile in Orange angezeigt. Für Stromwerte vom 1/10-bis 10-fachen werden die Pfeile in Gelb angezeigt. Für Stromwerte von weniger als dem 1/10-fachen und mehr als dem 1/100-fachen werden die Pfeile in Grün angezeigt. Für Stromwerte vom 1/100-fachen oder weniger werden die Pfeile in Blau angezeigt. Weil die Pfeile auf diese Weise durch eine Farbe angezeigt werden, kann das Stromvektordiagramm auf solch eine Art und Weise angezeigt werden, um eine gleichzeitige Betrachtung von Vektoren von geringen Strömen bis hohen Strömen zu erleichtern. Als eine Alternative können die Pfeile derart angezeigt werden, daß ihre Dicke gemäß dem Strombetrag variiert.

**[0085]** [Fig. 7](#) zeigt ein Beispiel einer graphischen XY-Darstellung des Stroms gemäß der Erfindung.

**[0086]** Wie in [Fig. 7](#) dargestellt ist, können die Real- und Imaginärteile von Strömen gleichzeitig in der Form einer graphischen XY-Darstellung angezeigt werden. Dies erlaubt, daß Änderungen im Strom auf einer bestimmten Linie ohne weiteres verstanden werden, was eine nützliche Information liefert, um Maßnahmen gegen elektromagnetische Wellen zu ergreifen. Die Stromwerte können in Form ihres Absolutwertes oder ihrer Phase angezeigt werden.

**[0087]** Beim Anzeigen einer graphischen XY-Darstellung eines Stroms, wie sie in [Fig. 7](#) dargestellt ist, kann der Bereich für eine Anzeige bestimmt werden, indem der Anfangswert und der Endwert von Schnittpunkten des Gitters angegeben werden, indem die Nummern dieser beiden Punkte eingegeben werden



oder indem die beiden Punkte auf dem Modelldiagramm mit einer Maus ausgewählt werden, was eine schnelle und leichte Eingabe gestattet.

**[0088]** Gemäß der Erfindung wird, wenn ein Gleichstrom in einem Kabel angezeigt wird, die graphische XY-Darstellung des Stroms verwendet, wie sie in [Fig. 7](#) dargestellt ist. Ob das Kabel einen Einfluß auf die Erzeugung elektromagnetischer Wellen hat oder nicht, kann gemäß der graphischen XY-Darstellung des Stroms einfach bestimmt werden.

**[0089]** [Fig. 8](#) ist ein Flußdiagramm für die Berechnung einer elektromagnetischen Feldstärke gemäß der Erfindung.

**[0090]** Zuerst werden in Schritt S10 Daten **22** über eine elektrische Schaltungsvorrichtung, die ein Analyseobjekt ist, in das Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke eingegeben. Die Daten werden durch CAD oder dergleichen erzeugt. Teile, für die das Momentenverfahren verwendet werden soll, sind in Drähte, Oberflächenstücke oder Elemente eingeteilt, und die für eine Berechnung von Strömen notwendigen Daten sind als ein Strukturfeld vorgegeben.

**[0091]** Anschließend wird die folgende Verarbeitung für eingetragene Frequenzen wiederholt. In Schritt S11 werden Frequenzen, die schon verarbeitet worden sind, zusammengezählt, um zu entscheiden, ob die Verarbeitung für alle eingetragenen Frequenzen beendet worden ist oder nicht. Falls die Entscheidung lautet, daß die Verarbeitung beendet worden ist, geht dann die Prozedur zu Schritt S19. Falls noch nicht verarbeitete Frequenzen übrig sind, wird eine als nächste zu verarbeitende Frequenz aus den nicht verarbeiteten Frequenzen ausgewählt, und dann wird die Wellenlänge der ausgewählten Frequenz in einem nachfolgenden Schritt S12 berechnet.

**[0092]** Um gegenseitige Impedanzen  $Z_{ij}$  zu berechnen, die in den simultanen Gleichungen verwendet werden, die mit dem Momentenverfahren verbunden sind, werden als nächstes Kombinationen eines Elements  $i$  ( $i = 1 - m$ ) und eines Elements  $j$  ( $j = 1 - m$ ) für  $m$  Metallelemente der elektrischen Schaltungsvorrichtung in Schritt S13 festgelegt. Im folgenden Schritt S14 wird die gegenseitige Impedanz  $Z_{ij}$  zwischen kombinierten Elementen berechnet. Die Schritte S13 und S14 werden wiederholt, bis die Berechnung für alle Kombinationen beendet ist. Wenn in Schritt S15 bestätigt wird, daß die gegenseitige Impedanz für alle Kombinationen von Elementen berechnet worden ist, geht die Prozedur als nächstes zu Schritt S16.

**[0093]** In Schritt S16 werden unter Verwendung der berechneten gegenseitigen Impedanzen  $Z_{ij}$  und Wellenquellenspannungen  $V_i$ , die als Eingabedaten ge-

geben sind, die simultanen Gleichungen gemäß dem Momentenverfahren, die durch die Metallelemente fließende Ströme  $I_i$  als Unbekannte einschließen, wie folgt abgeleitet:

$$[Z_{ij}] [I_i] = [V_i]$$

**[0094]** Diese Gleichung wird für die Ströme  $I_i$  gelöst. Die so erhaltenen Ströme  $I_i$  werden in einer Stromdatei **40** gespeichert. In einem nachfolgenden Schritt S17 werden Beobachtungspunkte, für die der Prozeß beendet worden ist, gezählt, um zu entscheiden, ob alle eingetragenen Beobachtungspunkte verarbeitet worden sind oder nicht. Falls die Entscheidung angibt, daß nicht alle Beobachtungspunkte verarbeitet worden sind, geht die Prozedur dann zu Schritt S18 weiter, in dem die Stärke eines elektromagnetischen Feldes an einem Beobachtungspunkt, das durch die berechneten Ströme  $I_i$  erzeugt wird, gemäß einem vorbestimmten Ausdruck für eine Berechnung berechnet wird. Das Ergebnis dieser Berechnung wird in einer Datei für ein elektrisches Feld/magnetisches Feld **41** gespeichert, und die Prozedur kehrt dann zu Schritt S17 zurück. Auf diese Weise werden die elektrischen Felder und magnetischen Felder für alle Beobachtungspunkte berechnet. Bei Abschluß der Verarbeitung für alle Beobachtungspunkte kehrt die Prozedur zu Schritt S11 zurück, und die gleichen Prozesse werden für die nächste Frequenz wiederholt.

**[0095]** Die Berechnungen der gegenseitigen Impedanzen  $Z_{ij}$ , die Berechnungen von Strömen in Schritt S16 und die Berechnungen elektrischer Felder und magnetischer Felder in Schritt S18 können durch Verwenden üblicherweise bekannter Verfahren ausgeführt werden. Folglich werden hierin deren ausführliche Erläuterungen weggelassen.

**[0096]** Diese Erfindung kann nicht nur für den Fall verwendet werden, in dem das Momentenverfahren für eine ganze elektrische Schaltungsvorrichtung verwendet wird, sondern auch für den Fall, in dem das Momentenverfahren nur für einen Teil der elektrischen Schaltungsvorrichtung verwendet wird. Außerdem kann das Verteilte-Konstante-Leitungs-Näherungsverfahren für einen Teil verwendet werden, der durch eine eindimensionale Struktur angenähert werden kann, um Ströme für den Teil zu berechnen.

**[0097]** Falls die Entscheidung in Schritt S11 angibt, daß die Berechnungen für alle Frequenzen ausgeführt worden sind, wird dann in Schritt S19 entschieden, ob eine Stromanzeigeanforderung vorliegt oder nicht. Wenn solch eine Anforderung nicht vorliegt, wird eine andere angeforderte Verarbeitung ausgeführt. Die andere Verarbeitung schließt einen Prozeß eines graphischen Anzeigens der Ergebnisse von Berechnungen, die in der Datei für ein elektrisches Feld und ein magnetisches Feld **41** gespeichert sind, und dergleichen ein.

**[0098]** Wenn eine Stromanzeigeanforderung vorliegt, geht die Prozedur zu Schritt S20, in dem auf die Stromdatei **40** Bezug genommen wird, die Stromwerte speichert, von denen jeder für ein jeweiliges Element der Metallelemente berechnet wurde, und die Stromwerte durch die Stromanzeigeeinheit **16** angezeigt werden. Danach wird in Schritt S21 entschieden, ob ein Abschluß angefordert worden ist. Falls der Abschluß angefordert worden ist, kommt dann die Prozedur zu einem Ende. Falls nicht, kehrt die Prozedur zu Schritt S19 zurück.

**[0099]** [Fig. 9](#) ist ein Flußdiagramm zur Verwendung bei einer Erläuterung der Verarbeitung durch die Stromanzeigeeinheit **16**. In Schritt S20 von [Fig. 8](#) wird die in [Fig. 9](#) dargestellte Verarbeitung durch die Stromanzeigeeinheit **16** ausgeführt.

**[0100]** Zuerst werden in Schritt S30 die Stromwerte der jeweiligen Metallelemente von der Stromdatei **40** eingegeben, und dann werden Ströme an Schnittpunkten des Gitters oder an Punkten innerhalb der Maschen des Gitters berechnet. In einem nachfolgenden Schritt S31 wird durch den Benutzer einer der Stromanzeigemodi gewählt.

**[0101]** Falls eine Anzeige eines Stromvektordiagramm angefordert wird, wird dann eine anzuzeigende Skala in Schritt S32 ausgewählt, und ein Anzeigeelement wird unter einem Absolutwert, einem Realteil und einem Imaginärteil in Schritt S34 ausgewählt, wodurch solch ein Stromvektordiagramm angezeigt wird, wie in [Fig. 4A](#) dargestellt ist.

**[0102]** Falls in Schritt S31 ein Stromverteilungsdiagramm für eine Anzeige ausgewählt wird, wird in Schritt S33 eine Skala für eine Anzeige bestimmt, wird ein Anzeigeelement aus den drei oben beschriebenen Elementen in Schritt S34 ausgewählt, und in Schritt S35 wird eine Fläche des Modells bestimmt, so daß ein Stromverteilungsdiagramm angezeigt wird, wie in [Fig. 13](#) dargestellt ist.

**[0103]** Falls eine Anzeige einer graphischen XY-Darstellung eines Stroms angefordert wird, wird eine anzuzeigende Skala in Schritt S36 ausgewählt. Im folgenden Schritt S37 wird ein Paar von Anzeigeelementen aus dem Absolutwert und der Phase und den Real- und Imaginärteilen ausgewählt. In einem nachfolgenden Schritt S38 wird eine Fläche oder ein Draht, die angezeigt werden sollen, ausgewählt. Folglich wird eine graphische XY-Darstellung des Stroms, wie z.B. in [Fig. 7](#) dargestellt ist, angezeigt.

**[0104]** [Fig. 10](#) zeigt ein Beispiel eines Formats eines Parametereingabeschirms für die Stromanzeige.

**[0105]** Wenn eine Anzeige von durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließenden Strömen angefordert wird, wird ein Parametereingabeschirm für

die Stromanzeige angezeigt, wie z.B. in [Fig. 10](#) dargestellt ist. In einem Frequenz-Eingabebereich **50** auf dem Schirm kann eine für Berechnungen zu verwendende Frequenz durch die Verwendung einer Tastatur oder Maus ausgewählt werden. In einem Zeichnungstyp-Eingabebereich **51** fordert ein Auswählen von "Vektor" eine Anzeige eines Stromvektordiagramms an. Ein Auswählen von "Verteilung-Ebene" fordert eine Anzeige eines Stromverteilungsdiagramms an. Ein Auswählen von "Verteilung-XY" fordert eine Anzeige einer graphischen XY-Darstellung des Stroms an.

**[0106]** Ein Auswählen eines Anwendungsknopfes **52** erlaubt, daß eine Stromanzeige beruhend auf den Eingabeparametern ausgeführt wird. Ein Auswählen eines Endknopfes **53** beendet die Verarbeitung ohne Ausführen einer Stromanzeige.

**[0107]** [Fig. 11](#) zeigt ein Beispiel eines Anzeigeschirms eines Stromvektordiagramms gemäß einer Ausführungsform der Erfindung. Wenn in [Fig. 10](#) in dem Zeichnungstyp-Eingabebereich **51** "Vektor" ausgewählt wird und der Anwendungsknopf **52** ausgewählt wird, wird ein Stromvektordiagramm angezeigt, wie beispielsweise in [Fig. 11](#) dargestellt ist. In einem Modusbestimmungsbereich **60** auf diesem Schirm kann eine Auswahl unter "Absolut", "Real" und "Imaginär" getroffen werden. Wenn "Absolut" ausgewählt wird, werden Stromwerte als Absolutwerte angezeigt. Wenn "Real" ausgewählt wird, werden Ströme in Form von Real-Komponenten von Strömen angezeigt, die durch komplexe Zahlen berechnet wurden. Und wenn "Imaginär" ausgewählt wird, werden Ströme in Form der Imaginär-Komponenten von Strömen angezeigt.

**[0108]** In einem Skala-Eingabebereich **61** kann die maximale Skala der Stromwerte eingestellt werden. Wenn ein Knopf in dem Skala-Eingabebereich **61** mit z.B. dem rechten Knopf einer Maus ausgewählt wird, wird ein Skalenmenü angezeigt.

**[0109]** Ein Auswählen eines Anwendungsknopfes **62** ermöglicht, daß Ströme auf der Grundlage der neu eingestellten Parameter angezeigt werden. Ein Auswählen eines Zoomknopfes **63** ermöglicht, daß die Stromanzeige vergrößert wird. Wenn ein Bereich mit der Maus gezogen wird, nachdem der Knopf ausgewählt ist, wird dieser Bereich vergrößert angezeigt. Ein Auswählen eines Rückstellknopfes **64** ermöglicht, daß der Schirm zurückgestellt wird.

**[0110]** [Fig. 12](#) zeigt ein Beispiel eines Anzeigeschirms eines Stromverteilungsdiagramms gemäß der Ausführungsform der Erfindung.

**[0111]** Wenn in [Fig. 10](#) "Verteilung-Ebene" in dem Zeichnungstyp-Eingabebereich **51** ausgewählt wird und der Anwendungsknopf **52** ausgewählt wird, wird

ein Stromverteilungsdiagramm angezeigt, wie z.B. in [Fig. 12](#) dargestellt ist. In einem Modusbestimmungsbereich **60** auf diesem Schirm kann eine Auswahl zwischen "Absolut", "Real" und "Imaginär" vorgenommen werden. Dies liefert eine auf einem Absolutwert basierende Stromanzeige, eine auf einem Realteil basierende Stromanzeige oder eine auf einem Imaginärteil basierende Stromanzeige. In einem Stücknummer-Eingabebereich **71** wird eine Stücknummer auf einer Fläche des Modells bestimmt. Durch Angeben der Stücknummer wird die Fläche, auf der das Element mit der Stücknummer liegt, als eine Anzeigeebene für das Stromverteilungsdiagramm ausgewählt.

**[0112]** Ein Auswählen von einem der Richtung-Eingabebereiche **72** erlaubt eine Auswahl zwischen einer Anzeige der Verteilung von vektoriell zerlegten Stromkomponenten in der X-Achsenrichtung und eine Anzeige der Verteilung von vektoriell zerlegten Stromkomponenten in der Y-Achsenrichtung.

**[0113]** Eine Auswahl von einem der Drehbestimmungsbereiche **73** erlaubt die Drehung eines Stromverteilungsdiagramms in einem Graphikbereich. Die Drehung wird in Einheiten von  $90^\circ$  ausgeführt. Wenn eine der Stellungen "Vorn", "Links", "Rechts" und "Hinten" ausgewählt wird, wird das Stromverteilungsdiagramm nach vorn, links, rechts bzw. hinten gedreht.

**[0114]** Ein Skala-Eingabebereich **74** ermöglicht, daß eine Skala eines Stromverteilungsdiagramms ausgewählt wird. Ein Auswählen eines Anwendungsknopfes **75** liefert eine auf den neu eingestellten Parametern beruhende Stromanzeige.

**[0115]** Ein Auswählen eines Modellknopfes **76** ermöglicht, daß ein Modelldiagramm angezeigt wird, um sicherzustellen, welcher Fläche einer elektrischen Vorrichtung die Ebene des in dem Graphikbereich angezeigten Stromverteilungsdiagramms entspricht. [Fig. 13](#) zeigt ein Beispiel eines Modelldiagramms, das durch Auswählen des Modellknopfes **76** auf dem Schirm angezeigt wird. In dem Modelldiagramm wird die Fläche in dem Stromverteilungsdiagramm in einer bestimmten Farbe angezeigt. Die Bezugslinie ist als eine fettgedruckte Linie angezeigt, um als das Kriterium verwendet zu werden.

**[0116]** Die [Fig. 14A](#) und [Fig. 14B](#) zeigen jeweils ein Beispiel eines Anzeigeschirms für eine graphische XY-Darstellung des Stroms in einer Ausführungsform der Erfindung.

**[0117]** Wenn in dem Zeichnungstyp-Eingabebereich **51** in [Fig. 10](#) "Verteilung-XY" ausgewählt ist und der Anwendungsknopf **52** ausgewählt ist, wird eine graphische XY-Darstellung des Stroms angezeigt, wie in [Fig. 14A](#) oder [Fig. 14B](#) dargestellt ist. In einem

Modusbestimmungsbereich **80** in diesem Anzeigeschirm werden Knöpfe für "Real/Imaginär" und "Absolut/Phase" ausgewählt, wodurch, wenn auf einen von diesen geklickt wird, entweder eine graphische Darstellung, wie sie in [Fig. 14A](#) gezeigt ist, in der Real- und Imaginärteile von Strömen gleichzeitig angezeigt werden, oder eine graphische Darstellung angezeigt wird, wie sie in [Fig. 14B](#) dargestellt ist, in der Absolutwerte und eine Phase von Strömen gleichzeitig angegeben werden.

**[0118]** Ein Richtung-Eingabebereich **81** ermöglicht, daß Ströme in der X-Achsenrichtung oder in der Y-Achsenrichtung selektiv angezeigt werden. In einem Skala-Eingabebereich **82** wird eine Skala der Stromwerte, die angezeigt werden sollen, ausgewählt.

**[0119]** Ein Drahtnummer-Eingabebereich **83** ermöglicht, daß die Nummer eines ausgewählten Drahtelements für die Anzeige bestimmt wird. Wenn die Nummern fortlaufend sind, kann die Eingabe in effizienter Weise durch die Verwendung eines Formats wie "Anfangsnummer-Endnummer" ausgeführt werden. In dem Fall einer Anzeige von Strömen, die auf Flächen, nicht durch Drähte, fließen, wird ein Bereich von Stücknummern von einem Stücknummer-Eingabebereich **84** eingegeben. Ein Auswählen eines Anwendungsknopfes **85** erlaubt, daß eine Stromanzeige beruhend auf den neu eingestellten Parametern ausgeführt wird.

**[0120]** Nun wird auf die [Fig. 15A](#), [Fig. 15B](#), [Fig. 16A](#) bis [Fig. 16C](#) und [Fig. 17A](#) bis [Fig. 17C](#) verwiesen, um ein Verfahren zum Berechnen eines Stroms an jedem Schnittpunkt eines durch die Gitterfestlegungseinheit **14** festgelegten Gitters zu beschreiben, wobei entlang den Seiten von Elementen (Stücken) fließende Ströme verwendet werden, die durch das Momentenverfahren berechnet wurden.

**[0121]** Zuerst wird ein Fall beschrieben, in dem die Stücke rechtwinklige Elemente sind. In [Fig. 15A](#) bezeichnet M Stückgrenzen und stellt eine Seite jedes Elements gemäß dem Momentenverfahren dar. In dem Momentenverfahren werden bekanntlich Stromwerte I1 bis I7 von Strömen berechnet, die entlang den Seiten der Elemente fließen. Die Stücke sind in Bezug auf Größe und Form nicht einheitlich. Gemäß der Erfindung wird daher ein Gitter G aus Linien festgelegt, wie in [Fig. 15B](#) dargestellt ist, wobei der Linienabstand vorher bestimmt oder durch den Benutzer angegeben wird, und ein Stromwert wird für jeden Punkt in einem Element berechnet, das durch das Gitter geteilt ist. In der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, daß ein Stromwert für jeden Gitterschnittpunkt P gesucht wird. Das gleiche Verfahren kann auch verwendet werden, um einen Strom am Mittelpunkt zwischen den Elementen, nicht am Gitterschnittpunkt P, zu berechnen. Der Stromwert am Gitter-

terschnittpunkt P repräsentiert Stromwerte innerhalb eines Bereichs, der durch schräge Linien in [Fig. 15B](#) angegeben ist.

**[0122]** Der Strom am Gitterschnittpunkt P wird in Form von vertikalen und horizontalen Komponenten (d.h. Komponenten in den X- und Y-Richtungen) berechnet. Um Stromwerte innerhalb des durch die schrägen Linien in [Fig. 15B](#) angegebenen Bereichs aus Stromwerten  $I_1$  bis  $I_7$  zu berechnen, die in [Fig. 15A](#) dargestellt sind, ist es erforderlich, die Stromwerte in sechs umliegenden Stücken zu betrachten. Im folgenden werden die Berechnungen von Strömen in der horizontalen Richtung beschrieben. Die Berechnungen von Strömen in der vertikalen Richtung können auf die gleiche Weise vorgenommen werden. Ein Ablauf der Verarbeitung geht wie folgt vor sich:

- Es wird bestimmt, von welchen Stücken ein Bereich, der durch einen Punkt repräsentiert wird, an dem ein Stromwert berechnet werden soll, eingeschlossen ist, und durch die Seiten (Ränder) der Stücke fließende Ströme werden erhalten.
- Die Stromdichten werden unter Verwendung der Ströme gegenüberliegender Seiten berechnet.
- Die Stromdichten werden zerlegt und in der Gitterrichtung zusammengesetzt.
- Ströme innerhalb des Bereichs des Punktes werden als die Stromdichte aus den in (c) erhaltenen Stromdichten berechnet.

**[0123]** Ein Berechnen der Stromdichte aus Strömen gegenüberliegender Seiten wird mit Verweis auf die [Fig. 16A](#), [Fig. 16B](#) und [Fig. 16C](#) beschrieben. Man nehme nun an, daß die Stromdichte an einem Punkt Q in [Fig. 16A](#) aus den Strömen  $i_1$  und  $i_2$  in den Seiten berechnet wird, die in der horizontalen Richtung einander gegenüberliegen. Gegebene Parameter schließen die Frequenz  $f$ , die Seitenlängen **11** und **12**, die Ströme  $i_1$  und  $i_2$ , die durch die gegenüberliegenden Seiten fließen, die Elementlänge  $x_0$  und den Abstand  $x$  zwischen der linken Seite und dem Punkt Q ein.

**[0124]** Die Stromdichten  $I_1$  und  $I_2$  in den Seiten, durch die die Ströme  $i_1$  und  $i_2$  fließen, sind  $I_1 = i_1/l_1$  bzw.  $I_2 = i_2/l_2$ . Der durch ein Stück fließende Strom wird durch eine Sinuskurve repräsentiert. Eine graphische Darstellung des Betrags des Stroms zwischen den gegenüberliegenden Seiten ergibt sich wie in [Fig. 16B](#) dargestellt.

**[0125]** Mit der Stromdichte  $I_1$  wird der in [Fig. 16C](#) dargestellte Strom  $I_A$  am Punkt Q wie folgt berechnet:

$$I_A = A \sin(2 \pi x/\lambda) = A \sin(2 \pi x \cdot f/c),$$

worin  $c$  die Lichtgeschwindigkeit und daher gleich

$300.000 \text{ km/s}$  ist. Nimmt man an, daß die Einheit von  $x$  1 Meter ist und die Einheit von  $f$  1 Megahertz ist, wird  $I_A$

$$I_A = A \sin(2 \pi x \cdot f/300).$$

**[0126]**  $A$  hat den folgenden Wert:

$$A = I_1/\sin(2 \pi x_0 \cdot f/300).$$

**[0127]** Der Strom  $I_B$  am Punkt Q gemäß der Stromdichte  $I_2$  wird ebenfalls folgendermaßen dargestellt:

$$I_B = B \sin(2 \pi (x_0 - x) \cdot f/300),$$

worin  $B = I_2/\sin(2 \pi x_0 \cdot f/300)$  ist.

**[0128]** Somit wird die Stromdichte  $I$  am Punkt Q in der horizontalen Richtung wie folgt erhalten:

$$I = I_A + I_B.$$

**[0129]** Aus der so berechneten Stromdichte an beliebigen Punkten wird ein Strom, der Ströme innerhalb eines Bereichs repräsentiert, als eine Stromdichte berechnet. Für diese Berechnung erforderliche Parameter schließen Stromdichten (in den horizontalen und vertikalen Richtungen), die für ein Stück schon berechnet wurden, und die Länge  $a$  einer Seite einer Gittermasche ein. Beispielsweise wird die Stromdichte in dem Bereich, der durch schräge Linien in [Fig. 15B](#) angegeben ist, folgendermaßen berechnet.

**[0130]** Um die Stromdichte in der horizontalen Richtung in dem durch schräge Linien angegebenen und den Punkt P enthaltenden Bereich zu berechnen, wird die Stromdichte eines Stroms berechnet, der zwischen Punkten A und D fließt, die in dem Bereich des halben Abstands  $a$  von dem Punkt P liegen.

**[0131]** Für den zwischen den Punkten A und B fließenden Strom macht man von der Stromdichte Gebrauch, die für das Stück berechnet wurde, das den Punkt A enthält (das das erste Stück genannt wird). Für den zwischen Punkten B und C fließenden Strom macht man von der Stromdichte Gebrauch, die für das Stück gesucht wurde, das den Punkt P enthält (das das zweite Stück genannt wird). Für den zwischen Punkten C und D fließenden Strom macht man von der Stromdichte Gebrauch, die für das Stück gesucht wurde, das den Punkt D enthält (das das dritte Stück genannt wird).

**[0132]** Man nehme an, daß die Stromdichte in dem ersten Stück in der horizontalen Richtung  $I_{x1}$  ist, die Stromdichte in dem zweiten Stück in der horizontalen Richtung  $I_{x2}$  ist, und die Stromdichte in dem dritten Stück in der horizontalen Richtung  $I_{x3}$  ist.



**[0133]** Der zwischen Punkten A und B fließende Strom ist dann

$i_{AB} = I_1 \cdot AB$  (AB ist ein Abstand zwischen den Punkten A und B).

**[0134]** Der zwischen den Punkten B und C fließende Strom ist

$i_{BC} = I_2 \cdot BC$  (BC ist ein Abstand zwischen den Punkten B und C).

**[0135]** Der zwischen den Punkten C und D fließende Strom  $i_{CD}$  ist

$i_{CD} = I_3 \cdot CD$  (CD ist ein Abstand zwischen den Punkten C und D).

**[0136]** Somit wird die Stromdichte  $I_x$  von Strömen, die durch den Bereich fließen, der durch schräge Linien in [Fig. 15B](#) angegeben ist, als

$$I_x = (i_{AB} + i_{BC} + i_{CD})/a$$

gefunden. Die Stromdichte in der vertikalen Richtung (Y-Richtung) kann ebenfalls auf die gleiche Weise gefunden werden.

**[0137]** Die obige Beschreibung bezieht sich auf die Berechnung der Stromdichte für ein rechtwinkliges Element. Wenn ein Stück in dem Momentenverfahren ein dreieckiges Element ist, wie es in [Fig. 17A](#) dargestellt ist, werden Stromdichten in drei Richtungen gesucht. Die gegenüberliegende Seite eines Dreiecks ist das Gegenstück zu einer jeweiligen Ecke des Dreiecks. Wenn der Wert eines durch eine Seite eines Dreiecks fließenden Stroms  $i_1$  ist, nimmt man an, daß der Stromwert  $i_2$  an der entsprechenden Ecke  $i_2 = 0$  ist. Eingaben schließen die folgenden Werte ein:

$i_1$  = der Wert eines durch eine Seite fließenden Stroms

$i_2 = 0$

$x$  = Abstand von einer Ecke

$l_1$  = die Länge einer Seite

**[0138]** Aus diesen Werten wird die Stromdichte  $I$  an einem beliebigen Punkt in der Richtung auf eine Ecke zu, wie in [Fig. 17B](#) dargestellt ist, durch ähnliche Berechnungen wie diejenigen für ein rechtwinkliges Element berechnet, die in Verbindung mit den [Fig. 16A](#) bis [Fig. 16C](#) beschrieben wurden. Die Stromdichte wird für drei Seiten oder drei Ecken berechnet, und die Ergebnisse werden addiert, um Ströme in den horizontalen und vertikalen Richtungen zu erhalten.

**[0139]** Wenn ein Stückerlement solch ein allgemeines Viereck ist, wie es in [Fig. 17C](#) dargestellt ist, werden Stromdichten  $I_x$  und  $I_y$  in zwei Richtungen berechnet. In diesem Fall betrachtet man eine gerade

Linie, die durch einen beliebigen Punkt geht und Punkte schneidet, die die gegenüberliegenden Seiten in einem Verhältnis von  $m : n$  teilen. Durch Verwenden dieser geraden Linie werden  $x$  und  $x_0$  erhalten.  $I_x$  wird aus  $I_1$  und  $I_2$  berechnet, und  $I_y$  wird aus  $I_3$  und  $I_4$  berechnet.

**[0140]** Um in [Fig. 17C](#) erhaltene  $I_x$  und  $I_y$  in Stromdichten  $I_{x0}$  und  $I_{y0}$  in dem Gitterkoordinatensystem umzuwandeln, werden die folgenden Ausdrücke verwendet, die durch Winkel  $\phi$  und  $\theta$  in Beziehung zueinander gesetzt werden, wie sie in [Fig. 17D](#) dargestellt sind:

$$I_{x0} = \cos \phi \cdot I_y - \cos \theta \cdot I_x$$

$$I_{y0} = \sin \phi \cdot I_y + \sin \theta \cdot I_x$$

**[0141]** Die [Fig. 18A](#) und [Fig. 18B](#) sind Diagramme zur Verwendung bei der Erläuterung einer Berechnung eines Stromvektors.

**[0142]** Man nehme an, daß an einem Gitterschnittpunkt ein Strom  $x(A)$  in der horizontalen Richtung und ein Strom  $y(A)$  in der vertikalen Richtung durch die oben beschriebenen Berechnungen erhalten worden sind. In dem Fall eines viereckigen Elements werden die Richtung und der Betrag eines Stroms  $I$  wie in [Fig. 18A](#) dargestellt erhalten. Der Betrag des Stroms  $I$  ist

$$|I| = (x^2 + y^2)^{1/2},$$

worin  $x$  und  $y$  Stromwerte in komplexen Zahlen sind.

**[0143]** Der in [Fig. 18A](#) dargestellte Winkel  $\theta$  wird durch

$$\theta = \tan^{-1}(y/x)$$

erhalten, worin  $\theta = \pi/2$  ist, falls  $x = 0$  gilt.

**[0144]** In dem Fall eines dreieckigen Elements werden der Betrag und die Richtung eines Stroms wie in [Fig. 18B](#) dargestellt, wie in dem Fall des rechtwinkligen Elements, berechnet, und die Ergebnisse werden angezeigt.

$$|I| = (x^2 + y^2)^{1/2}$$

$$\theta = \tan^{-1}(y/x),$$

worin  $\theta = \pi/2$  ist, falls  $x = 0$  gilt.

**[0145]** Die Absolutwerte und Real- und Imaginärteile von Strömen, die erforderlich sind, um ein Stromverteilungsdiagramm anzuzeigen, können ebenfalls durch die obigen Berechnungen erhalten werden. Die Werte (Absolutwerte und Phase), die erforderlich sind, um eine graphische XY-Darstellung eines



Stroms anzuzeigen, können auch berechnet werden.

**[0146]** Für einen Drahtteil in dem Modell einer elektrischen Schaltungsvorrichtung wird die Stromverteilung für jedes Drahtelement durch das Momentenverfahren oder das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren berechnet, um die berechneten Ströme in der Form einer graphischen XY-Darstellung des Stroms anzugeben. Die Stromdichte an einem beliebigen Punkt auf einem Draht wird durch das gleiche Verfahren wie das in [Fig. 16C](#) dargestellte erhalten, wobei Ströme  $I$  der jeweiligen Drahtelemente verwendet werden, die durch das Momentenverfahren oder die Verteilte-Konstante-Leitung-Näherung erhalten wurden. In diesem Fall wird jedoch, anders als in dem Fall, in dem ein Strom an einem beliebigen Punkt aus den Strömen jedes Stücks erhalten wird, die Stromdichte erhalten, indem zuerst ein Strom an einem beliebigen Punkt auf einem Drahtelement erhalten wird und dann dieser Strom durch den Durchmesser des Drahtes geteilt wird.

**[0147]** Als nächstes wird die Art und Weise einer Berechnung des Stroms durch das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren beschrieben. Das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren wird beispielsweise verwendet, um einen Strom zu erhalten, der durch ein Muster auf einer gedruckten Schaltungsplatte oder Platine fließt, auf der eine elektrische Schaltung gebildet ist, und das Ergebnis wird zu der Stromverteilung der elektrischen Schaltung addiert, die durch die Anwendung des Momentenverfahrens erhalten wurde.

**[0148]** [Fig. 19A](#) zeigt eine Segmentierung eines Musters auf einer gedruckten Schaltungsplatte, [Fig. 19B](#) ist eine Querschnittsansicht der Schaltungsplatte, und [Fig. 19C](#) ist eine vergrößerte Ansicht des Musterteils. Durch die Grundsicht der Schaltungsplatte fließt ein Rückstrom, der den gleichen Betrag, aber eine entgegengesetzte Phase (Polarität) zu einem Musterstrom hat. Obgleich ein durch die Grundsicht fließender Strom durch das Momentenverfahren berechnet werden kann, um die Stromverteilung in dem Muster anzuzeigen, ist der Rückstrom in der Stromverteilung nicht enthalten. Der Rückstrom kann durch das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren erhalten und zu dieser durch das Momentenverfahren erhaltenen Stromverteilung addiert werden.

**[0149]** Zuerst werden Rückströme  $i_s$  und  $i_b$  an Punkten  $a$  bzw.  $b$  auf dem Muster durch das Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren erhalten. Als nächstes wird unter Verwendung dieser Ströme, des Abstands  $x$  zwischen dem Punkt  $a$  und einem Gitterschnittpunkt (oder einem beliebigen Punkt)  $C$  und des Abstands  $x_0$  zwischen den Punkten  $a$  und  $b$  der Stromwert  $I$  an dem Punkt  $C$  unter Verwendung des gleichen Verfahrens wie des in den [Fig. 16A](#) bis

[Fig. 16C](#) veranschaulichten erhalten. Um Ströme an Gitterschnittpunkten 1 und 2 zu erhalten, werden schließlich die Stromdichten  $I_1$  und  $I_2$ , die jeweils zu den Strömen an den Gitterschnittpunkten 1 und 2 addiert werden sollen, folgendermaßen erhalten:

$$I_1 = I/(A + B) \cdot A/(A + B)$$

$$I_2 = I/(A + B) \cdot B/(A + B)$$

- A: Abstand zwischen dem Gitterschnittpunkt 1 und dem Draht  
 B: Abstand zwischen dem Gitterschnittpunkt 2 und dem Draht

**[0150]** Wenn der Rückstrom nicht unter rechten Winkeln bezüglich der Linie  $L$  fließt, die die Gitterschnittpunkte 1 und 2 verbindet, wird er in eine Komponente in der zu der Linie  $L$  parallelen Richtung und eine zu dieser Komponente senkrechten Komponente zerlegt, und die Stromdichten  $I_1$  und  $I_2$ , die durch die folgenden Gleichungen erhalten werden, werden zu den Strömen addiert, die für die Gitterschnittpunkte 1 und 2 erhalten wurden:

$$I_1 = I'/(A+B) \cdot A/(A+B) \\ = I \cos\theta/(A+B) \cdot A/(A+B)$$

$$I_2 = I'/(A+B) \cdot B/(A+B) \\ = I \cos\theta/(A+B) \cdot B/(A+B)$$

worin  $\theta$  ein Winkel zwischen der Linie  $L$  oder der zu der Linie  $L$  senkrechten Linie und der Flußrichtung des Rückstroms ist.

**[0151]** Es ist möglich, die Stromdichte, die zu jedem Gitterpunkt addiert werden soll, auf der Grundlage des Musterstroms in der gleichen Art und Weise wie oben zu erhalten.

**[0152]** [Fig. 20](#) zeigt ein Beispiel einer Systemkonfiguration, die die Erfindung umfaßt. Eine CAD-Datendatei für eine Geräteanordnung/verdrahtung **90** ist eine Datei, die Daten über die äußere Form einer gedruckten Schaltungsplatte, eine Stiftinformation für ein Gerät eines Treibers/Empfängers, Drahtleitungen und dergleichen speichert, die durch ein elektronisches CAD-System bereitgestellt werden. Eine CAD-Datendatei für eine Gehäusestruktur **91** ist eine Datei, die Gehäusestrukturdaten, die von einem CAD-System bereitgestellt wurden, in dem NASTRAN-Format speichert, das eine Standard-schnittstelle in dem Analysegebiet ist.

**[0153]** Ein Analysesystem für ein elektromagnetisches Feld **100**, das dem in [Fig. 1A](#) dargestellten Berechnungsgerät für ein elektromagnetisches Feld **10** entspricht, enthält einen Vorprozessor **110**, eine Lösegerät-Eingabedatei **120**, eine Bibliothek **130**, ein Lösegerät **140**, einen Zusatzfunktionsteil **150**, eine

Ausgabedatei **160** zum Ausgeben der Ergebnisse einer Analyse und einen Postprozessor **170**.

**[0154]** Der Vorprozessor **110** empfängt Daten über eine gedruckte Schaltungsplatte von der CAD-Datendatei **90**, wandelt sie in Lösegerät-Eingabedaten um und gibt sie an die Lösegerät-Eingabedatei **120** aus. Der Vorprozessor empfängt auch von der CAD-Datendatei für eine Gehäusestruktur **91** Gehäusestrukturdaten, die für eine Analyse auf der Gehäuseebene notwendig sind, wandelt sie in Lösegerät-Eingabedaten um und gibt sie an die Lösegerät-Eingabedatei **120** aus. Bei einer Umwandlung in Lösegerät-Eingabedaten werden die Wege von verschiedenen Kabeln zwischen gedruckten Schaltungsplatten oder Eingängen/Ausgängen des Gehäuses vorbereitet. Außerdem werden eine einmal eingefangene Verdrahtungsinformation für eine gedruckte Platte und die Gehäusestruktur modifiziert. Der Vorprozessor **110** hat eine Funktion zum Bestimmen der Stelle, wo eine gedruckte Schaltungsplatte montiert ist, und enthält einen Stücknummerngenerator **111**.

**[0155]** Das Lösegerät **140**, das ein Modul ist, der die elektromagnetische Feldstärke analysiert, analysiert jedes der Analyseobjekte auf der Grundlage von Eingabedaten von der Lösegerät-Eingabedatei **120** und einer Bibliotheksinformation über auf einer gedruckten Schaltungsplatte verwendende Teile von der Bibliothek **130**, gemäß dem Momentenverfahren oder dem Verteilte-Konstante-Leitung-Näherungsverfahren, und gibt die Analyseergebnisse an die Ausgabedatei **160** aus.

**[0156]** Der Postprozessor **170** empfängt die Analyseergebnisse von der Ausgabedatei **160** und zeigt die Ergebnisse in einer bestimmten Form auf einer Anzeige **180** graphisch an. Anzeigeformen schließen beispielsweise die folgenden ein:

#### Bezugszeichenliste

- 1 Frequenzspektrumsdiagramm
- 2 Strahlungsmusterdiagramm
- 3 Elektromagnetische Feldkarte
- 4 Impedanzspektrumsdiagramm
- 5 Stromverteilungsdiagramm
- 6 Stromvektordiagramm
- 7 Graphische XY-Darstellung des Stroms
- 8 Ungünstigstes Netzmuster

#### Ausführungsbeispiel

**[0157]** Der Zusatzfunktionsteil **150** liefert eine Lösegerät-Unterbrechungs- und -Neustartfunktion zum Unterbrechen der Verarbeitung des Lösegerätes **140**, Bestätigen der Zwischenergebnisse und Neustarten der Verarbeitung. Außerdem liefert der Zusatzfunktionsteil **150** eine Funktion zum Anzeigen des Status des Lösegerätes **140**, um den Fortgang

der Analyse anzuzeigen, die das Lösegerät **140** nun verarbeitet.

**[0158]** Das Analysesystem für ein elektromagnetisches Feld **100** führt eine praktische Analyse einer gedruckten Schaltungsplatte, eines Kabels und eines Gehäuses aus und kann eine Information ermitteln, die angibt, wie elektromagnetische Wellen abgestrahlt werden, und den Strahlungsmechanismus angibt, wie z.B. den Effekt einer Kopplung zwischen einer gedruckten Schaltungsplatte und einem Kabel, den Effekt einer Abschirmung durch eine Metallplatte, die Stromverteilung auf einer Objektoberfläche und dergleichen.

**[0159]** [Fig. 21](#) zeigt ein Computersystem zum Realisieren des Berechnungssystems für eine elektromagnetische Feldstärke gemäß der Erfindung. Das Computersystem führt das Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke gemäß der Erfindung aus.

**[0160]** Das Computersystem umfaßt einen Computer **200**, eine Anzeige **240** und eine Eingabevorrichtung **250**. Der Computer **200** enthält einen Prozessor **210**, einen Speicher **220** und einen Treiber **230** für ein Speichermedium, und die Eingabevorrichtung **250** schließt eine Tastatur und eine Maus ein.

**[0161]** Der Prozessor **210** führt alle Prozesse in der oben beschriebenen Ausführungsform aus und entspricht der Berechnungseinheit für eine elektromagnetische Feldstärke **12** und der Analyseinformation-Ausgabeeinheit **13** in [Fig. 1A](#), und dem Vorprozessor **110**, dem Lösegerät **140**, dem Zusatzfunktionsteil **150** und Postprozessor **170** in [Fig. 20](#).

**[0162]** Der Speicher **220** speichert Daten und Dateien, die Diagramme und graphische Darstellungen enthalten, von denen in dem Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke **10** in [Fig. 1A](#) Gebrauch gemacht wird, und speichert diejenigen, die in dem Analysesystem für ein elektromagnetisches Feld **100** in [Fig. 20](#) verwendet werden, einschließlich der Lösegerät-Eingabedatei **120**, der Bibliothek **130**, der Ausgabedatei **160**. Daten für eine elektrische Schaltungsvorrichtung **22** in [Fig. 1A](#) und CAD-Datendateien **90** und **91** in [Fig. 20](#) können in dem Speicher **220** gespeichert werden.

**[0163]** Der Treiber **230** wird verwendet, um Daten zwischen dem Computer **200** und einem Speichermedium auszutauschen, und entspricht der Dateneingabeeinheit **11** in [Fig. 1A](#) und einer Einrichtung zum Eingeben der CAD-Datendateien **90** und **91** in das Analysesystem für ein elektromagnetisches Feld **100** in [Fig. 20](#). Das Speichermedium kann durch ein optisches Medium, ein magnetisches Medium und ein magneto-optisches Medium, einschließlich einer Diskette, eines CD-ROM, MD oder dergleichen imp-

lementiert sein. Die Daten für eine elektrische Schaltungsvorrichtung **22** in [Fig. 1A](#) und CAD-Datendateien **90** und **91** in [Fig. 20](#) können in dem Speichermedium gespeichert werden. Ferner können die Programme, die das Verfahren gemäß der Erfindung realisieren und durch den Computer **200** ausgeführt werden können, in dem Speichermedium gespeichert werden.

**[0164]** Die Anzeige **240** und die Eingabevorrichtung **250** entsprechen der Anzeigeeinheit **24** bzw. der Eingabeeinheit **23** in [Fig. 1A](#) und entsprechen auch der Anzeige **180** bzw. einer Vorrichtung, um durch einen Benutzer Richtungen in das Analysesystem **100** in [Fig. 20](#) einzugeben.

### Patentansprüche

1. Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke, um durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließende Ströme durch ein Momentenverfahren zu berechnen und eine Stärke eines elektromagnetischen Feldes, das von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlt wird, auf der Grundlage der berechneten Ströme zu berechnen und anzuzeigen, mit:

einer Gittererrichtungseinrichtung, um eine Fläche eines die elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentierenden Modells mit einem Gitter aus Linien mit bestimmtem Abstand aufzuteilen;

einer Stromberechnungseinrichtung, um auf der Grundlage von durch Elemente des Modells der Schaltungsvorrichtung fließenden Strömen, die durch das Momentenverfahren berechnet wurden, Ströme an einem Gitterschnittpunkt von Linien des Gitters oder einem Punkt innerhalb eines durch das Gitter aus Linien aufgeteilten Bereichs zu berechnen;

einer Stromanzeigeeinrichtung, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme anzuzeigen;

worin die Gittererrichtungseinrichtung die Fläche des Modells mit einem rechtwinkligen Bereich umgibt, den rechtwinkligen Bereich durch ein Gitternetz aus senkrechten und waagerechten, gleichmäßig entfernten Linien in Teilbereiche entsprechend aufteilt und den rechtwinkligen Bereich als einen Satz der Teilbereiche darstellt.

2. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, worin die Stromanzeigeeinrichtung eine Anzeige für ein Stromverteilungsdiagramm enthält, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme auf einem orthogonalen Koordinatensystem in Vektoren umzuwandeln und die Vektoren als ein axonometrisches Stromverteilungsdiagramm anzuzeigen.

3. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, worin die Stromanzeigeeinrichtung eine Anzeige für ein Stromvektordiagramm enthält, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme auf einer

entsprechenden Fläche eines angezeigten Modells, das das Modell repräsentiert, anzuzeigen, wobei Richtungen und Beträge der berechneten Ströme durch die Richtungen bzw. die Längen von Pfeilen angegeben werden.

4. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, worin die Gittererrichtungseinrichtung eine Fläche des Modells mit mindestens einem Element eines dreieckigen Elements und eines viereckigen Elements durch das Gitter aus Linien in Bereiche aufteilt und die Stromberechnungseinrichtung Ströme berechnet, die jeweils einem der Bereiche entsprechen, unter Verwendung von für Seiten von mindestens einem der dreieckigen und viereckigen Elemente auf der Grundlage des Momentenverfahrens berechneten Strömen.

5. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, ferner mit einem Flächenauswahlmittel, das auf eine Eingabe anspricht, die einen Punkt oder ein Element des Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung angibt, um eine Fläche, die entweder den Punkt oder das Element enthält, als eine durch die Stromanzeigeeinrichtung anzuzeigende Fläche auszuwählen.

6. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, worin die Stromanzeigeeinrichtung ein Mittel enthält, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme durch Real- und Imaginärkomponenten darzustellen.

7. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, worin die Stromanzeigeeinrichtung ein Mittel enthält, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme durch einen Absolutwert und eine Phase darzustellen.

8. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, ferner mit einem Modelldiagramm-Anzeigemittel, um ein Diagramm des Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung anzuzeigen und eine Fläche des Modells als eine Fläche für einen Anzeigestrom anzugeben.

9. Berechnungsgerät nach Anspruch 3, worin das Anzeigemittel für ein Stromvektordiagramm einen Modus einer Anzeige des Pfeils gemäß dem Betrag eines Stroms so ändert, daß Ströme in mehreren Skalen angezeigt werden.

10. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, worin die Stromanzeigeeinrichtung ein Anzeigemittel für eine graphische XY-Darstellung des Stroms enthält, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme in der Form einer graphischen XY-Darstellung anzuzeigen, in der die X-Achse die Stelle von Punkten repräsentiert, die für eine Stromanzeige bestimmt sind, und die Y-Achse den Betrag von Strömen an den Punkten repräsentiert.

11. Berechnungsgerät nach Anspruch 10, worin

die für eine Stromanzeige bestimmten Punkte durch Angeben von Anfangs- und Endpunkten der Punkte bestimmt sind.

12. Berechnungsgerät nach Anspruch 1, worin die Stromberechnungseinrichtung eine Stromverteilung in einem Drahtelement in der elektrischen Schaltungsvorrichtung berechnet.

13. Berechnungsgerät nach Anspruch 12, worin die Stromanzeigeeinrichtung ein Anzeigemittel für eine graphische XY-Darstellung des Stroms enthält, um eine graphische XY-Darstellung anzuzeigen, in der die x-Achse die Stelle von Punkten entlang dem Drahtelement repräsentiert und die Y-Achse den Betrag von Strömen an den Funken repräsentiert.

14. Berechnungsgerät für eine elektromagnetische Feldstärke, um durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließende Ströme durch ein Näherungsverfahren gemäß einer konstanten Leitungsverteilung zu berechnen und eine Stärke eines elektromagnetischen Feldes, das von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlt wird, auf der Grundlage der berechneten Ströme zu berechnen und anzuzeigen, mit:

einer Gitterrichtungseinrichtung, um eine Fläche eines die elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentierenden Modells mit einem Gitter aus Linien mit bestimmtem Abstand aufzuteilen;

einer Stromberechnungseinrichtung, um auf der Grundlage von durch ein Element des Modells der Schaltungsvorrichtung fließenden und durch das Näherungsverfahren gemäß einer konstanten Leitungsverteilung berechneten Ströme die Ströme an einem Gitterschnittpunkt von Linien des Gitters oder einem Punkt innerhalb eines durch das Gitter aus Linien aufgeteilten Bereichs zu berechnen; und einer Stromanzeigeeinrichtung, um die durch die Stromberechnungseinrichtung berechneten Ströme anzuzeigen,

worin die Gitterrichtungseinrichtung die Fläche des Modells mit einem rechtwinkligen Bereich umgibt, den rechtwinkligen Bereich durch ein Gitternetz aus senkrechten und waagerechten, gleichmäßig entfernten Linien in Teilbereiche entsprechend aufteilt und den rechtwinkligen Bereich als einen Satz der Teilbereiche darstellt.

15. Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke, um durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließende Ströme durch das Momentenverfahren zu berechnen und die Stärke eines von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlten elektromagnetischen Feldes auf der Grundlage der berechneten Ströme zu berechnen und anzuzeigen, mit den Schritten:

Berechnen von Strömen, die durch ein Element eines die elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentierenden Modells fließen, durch Anwenden des Mo-

mentenverfahrens;

Aufteilen einer Fläche des Modells mit einem Gitter aus Linien mit bestimmtem Abstand;

Berechnen von Strömen auf der Grundlage der durch das Element des Modells fließenden Ströme an einem Gitterschnittpunkt von Linien des Gitters oder einem Punkt innerhalb eines durch das Gitters aus Linien aufgeteilten Bereichs; und

Anzeigen der berechneten Ströme,

wobei, die Fläche des Modells mit einem rechtwinkligen Bereich umgeben wird und der rechtwinklige Bereich durch das Gitternetz aus senkrechten und waagerechten, gleichmäßig entfernten Linien in Teilbereiche aufgeteilt wird, so daß der rechtwinklige Bereich als ein Satz-Teilbereiche dargestellt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, worin der Anzeigeschritt die Schritte enthält: Umwandeln der berechneten Ströme in Vektoren auf einem orthogonalen Koordinatensystem; und Anzeigen der Vektoren als ein axonometrisches Stromverteilungsdiagramm.

17. Verfahren nach Anspruch 15, worin in dem Anzeigeschritt die berechneten Ströme auf einer entsprechenden Fläche eines angezeigten Modells, das das Modell repräsentiert, angezeigt werden, wobei Richtungen und Beträge der berechneten Ströme durch die Richtungen bzw. die Längen von Pfeilen angegeben werden.

18. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit den Schritten: Aufteilen einer Fläche des Modells mit mindestens einem Element eines dreieckigen Elements und eines viereckigen Elements in Bereiche durch das Gitter aus Linien; und Berechnen von Strömen, die jeweils einem der Bereiche entsprechen, unter Verwendung von Strömen, die für Seiten von mindestens einem der dreieckigen und viereckigen Elemente auf der Grundlage des Momentenverfahrens berechnet wurden.

19. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit den Schritten: Bestimmen von einem Punkt oder einem Element des Modells der elektrischen Schaltungsvorrichtung; und Auswählen einer Fläche, die den Punkt oder das Element enthält, als eine anzuzeigende Fläche.

20. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt eines Anzeigens von jedem der berechneten Ströme in Form von Real- und Imaginärkomponenten.

21. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt eines Anzeigens von jedem der berechneten Ströme in Form eines Absolutwertes und einer Phase.

22. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit den Schritten Anzeigen eines Diagramms des Modells

der elektrischen Schaltungsvorrichtung; und Angeben einer Fläche des Modells als eine Fläche zum Anzeigen von Strömen.

23. Verfahren nach Anspruch 17, worin ein Modus einer Anzeige des Pfeils gemäß dem Betrag eines Stroms geändert wird, so daß Ströme in mehreren Skalen angezeigt werden.

24. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt eines Anzeigens der berechneten Ströme in der Form einer graphischen XY-Darstellung, worin die x-Achse die Stelle von Punkten repräsentiert, die für eine Stromanzeige bestimmt sind, und die Y-Achse den Betrag von strömen an den Punkten repräsentiert.

25. Verfahren nach Anspruch 15, worin die Punkte durch Angeben von Anfangs- und Endpunkten der Punkte bestimmt werden.,

26. Verfahren nach Anspruch 15, ferner mit dem Schritt eines Berechnens einer Stromverteilung in einem Drahtelement in der elektrischen Schaltungsvorrichtung.

27. Verfahren nach Anspruch 26, ferner mit dem schritt eines Anzeigens einer graphischen XY-Darstellung, worin die X-Achse die Stelle von Punkten entlang dem Drahtelement repräsentiert und die Y-Achse den Betrag von Strömen an den Punkten repräsentiert.

28. Berechnungsverfahren für eine elektromagnetische Feldstärke, um durch eine elektrische Schaltungsvorrichtung fließende ströme, durch ein Näherungsverfahren gemäß einer konstanten Leitungsverteilung zu berechnen und eine Stärke eines von der Schaltungsvorrichtung abgestrahlten elektromagnetischen Feldes auf der Grundlage der berechneten ströme zu berechnen und anzuzeigen, mit den Schritten:

Berechnen von Strömen, die durch ein Element eines Modells fließen, das die elektrische Schaltungsvorrichtung repräsentiert, durch Anwenden des Näherungsverfahrens gemäß einer konstanten Leitungsverteilung;

Aufteilen einer Fläche des Modells mit einem Gitter aus Linien mit bestimmtem Abstand;

Berechnen von Strömen auf der Grundlage der durch das Element des Modells fließenden Ströme an einem Gitterschnittpunkt von Linien des Gitters oder einem Punkt innerhalb eines durch das Gitter aus Linien aufgeteilten Bereichs; und

Anzeigen der berechneten Ströme, wobei die Fläche des Modells mit einem rechtwinkligen Bereich umgeben wird und der rechtwinklige Bereich durch ein Gitternetz aus senkrechten und waagerechten, gleichmäßig entfernten Linien in Teilbereiche aufgeteilt wird, so daß der rechtwinklige Bereich

als ein Satz der Teilbereiche dargestellt wird.

29. Berechnungsverfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 28, dadurch gekennzeichnet, daß es als ein Softwareprogramm in einem Speichermedium abgespeichert ist, auf welches von einem Computer aus zugegriffen wird, um die Ströme entweder nach dem Momentenverfahren oder nach dem Näherungsverfahren gemäß einer konstanten Leitungsverteilung zu berechnen.

Es folgen 22 Blatt Zeichnungen



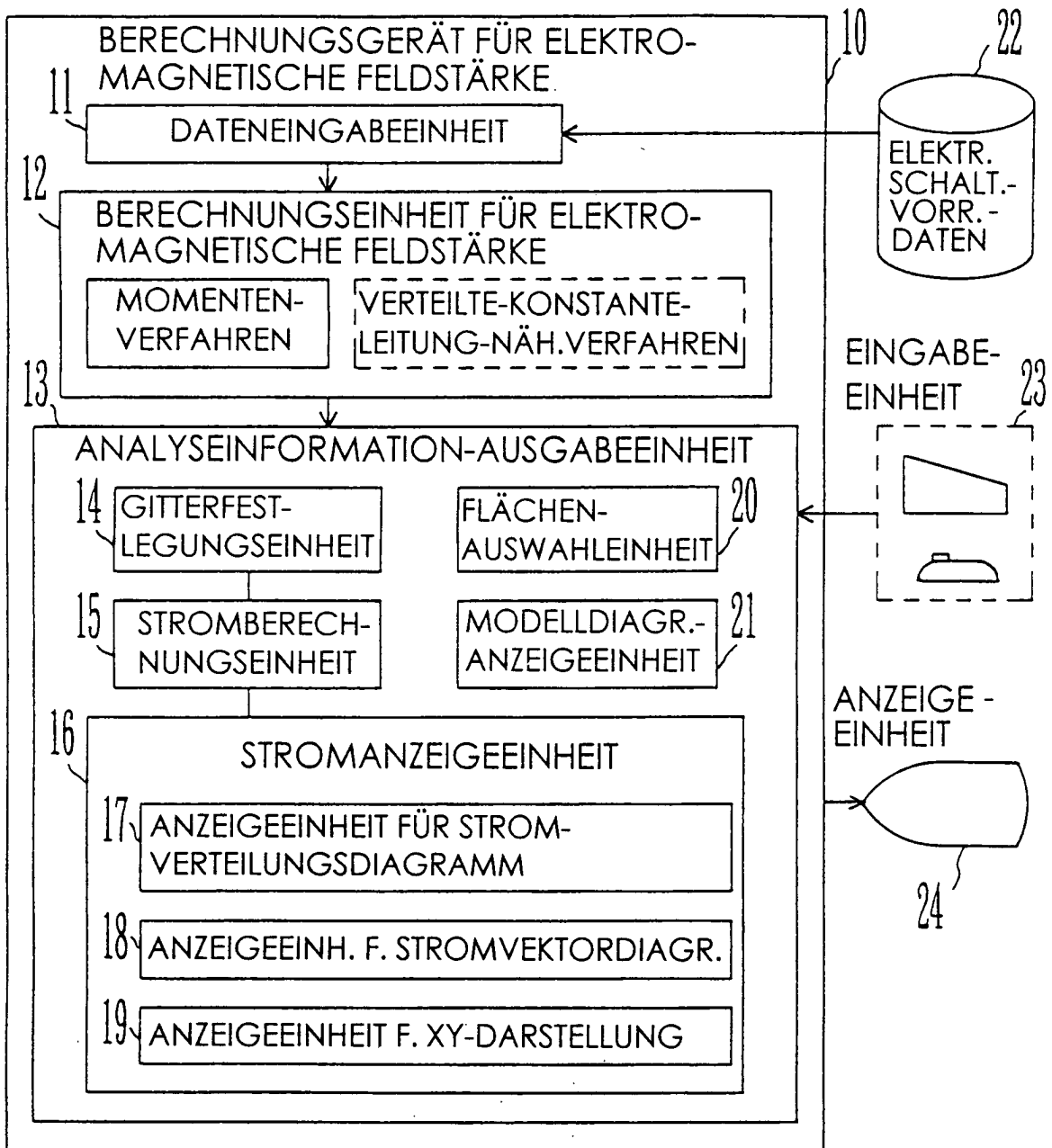


FIG. 1A

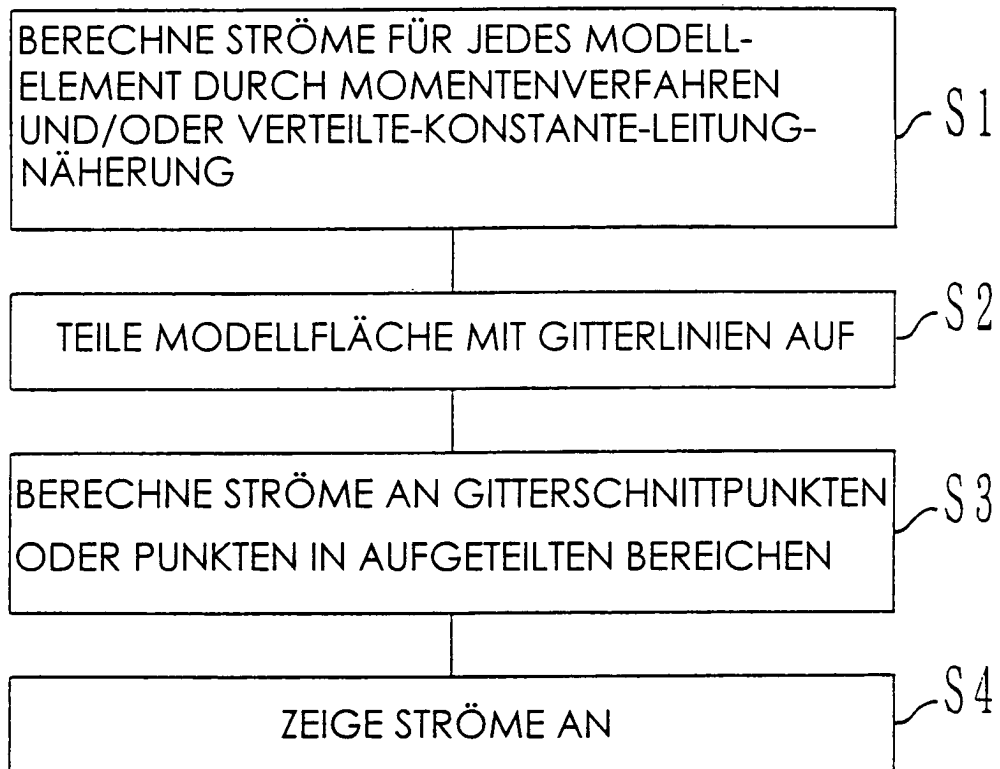
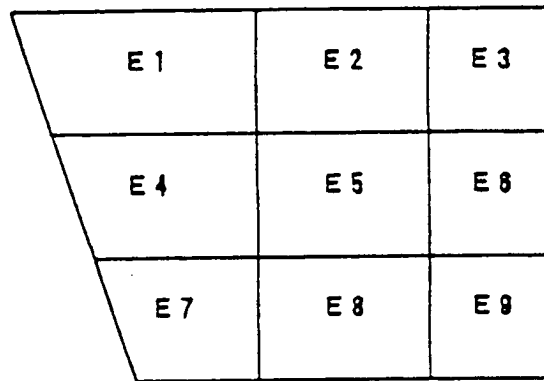


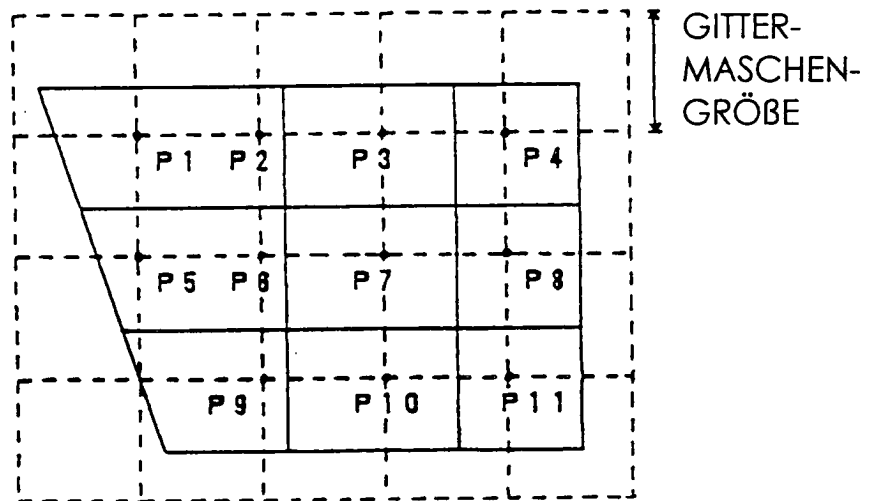
FIG. 1 B

FIG. 2A



E1 - E9 : ELEMENTE

FIG. 2B



P1 - P11 : SCHNITTPUNKTE

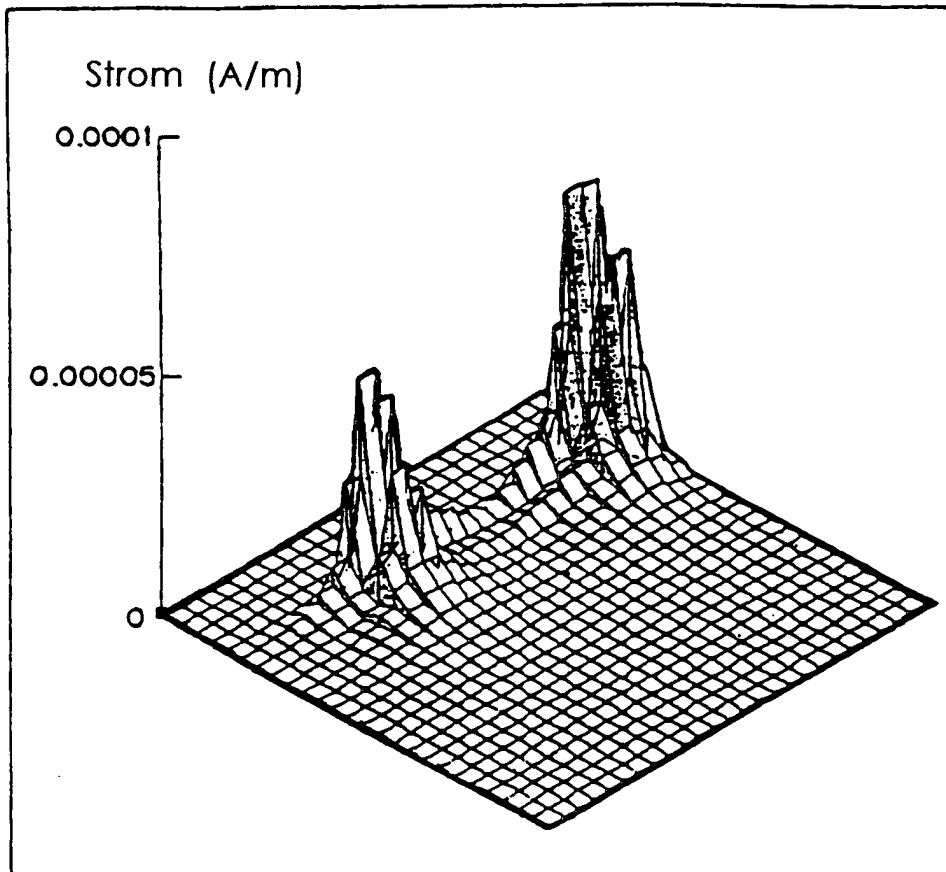
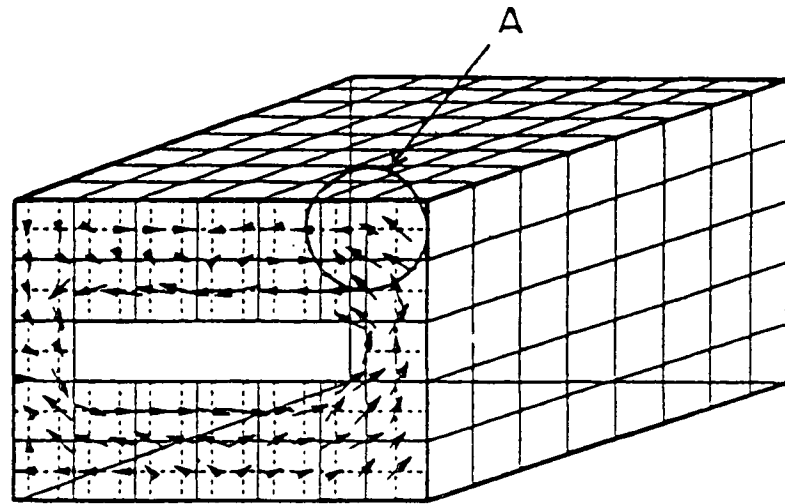


FIG. 3



- MODELL
- ELEMENT
- GITTER

FIG. 4A

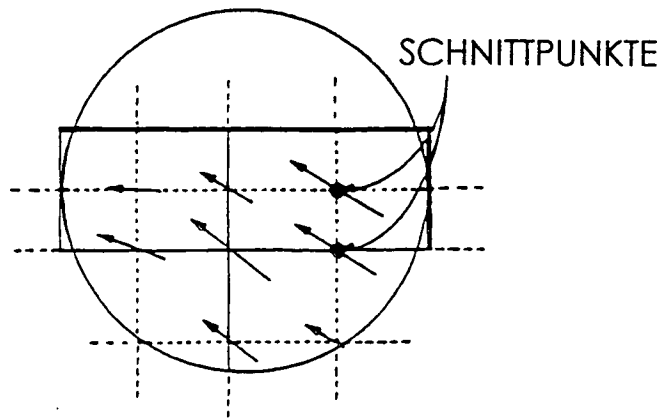


FIG. 4B



FIG. 5A

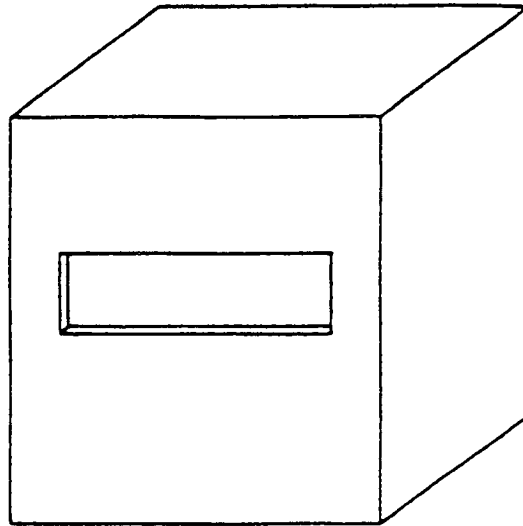
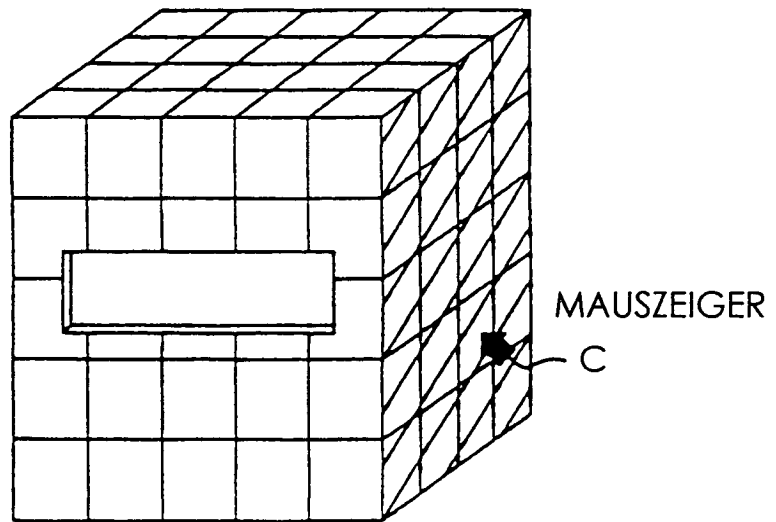


FIG. 5B



STROMWERT (BEZÜGLICH EINES STANDARDWERTES)	VEKTOR-FARBE
100-FACH ODER MEHR	ROT
10-FACH ODER MEHR	ORANGE
1/10 - WENIGER ALS 10-FACHES	GELB
WENIGER ALS 1/10-FACHES	GRÜN
1/100-FACH ODER WENIGER	BLAU

FIG. 6

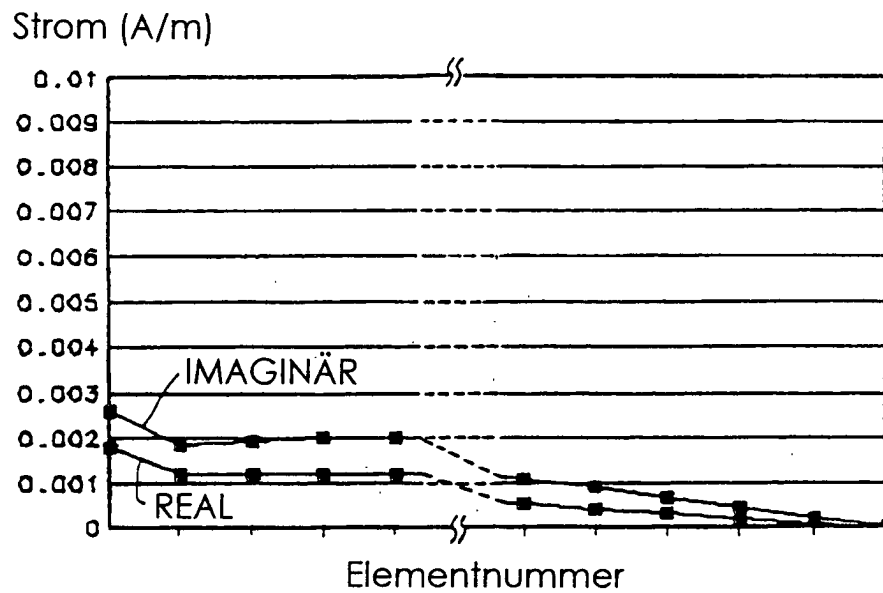


FIG. 7

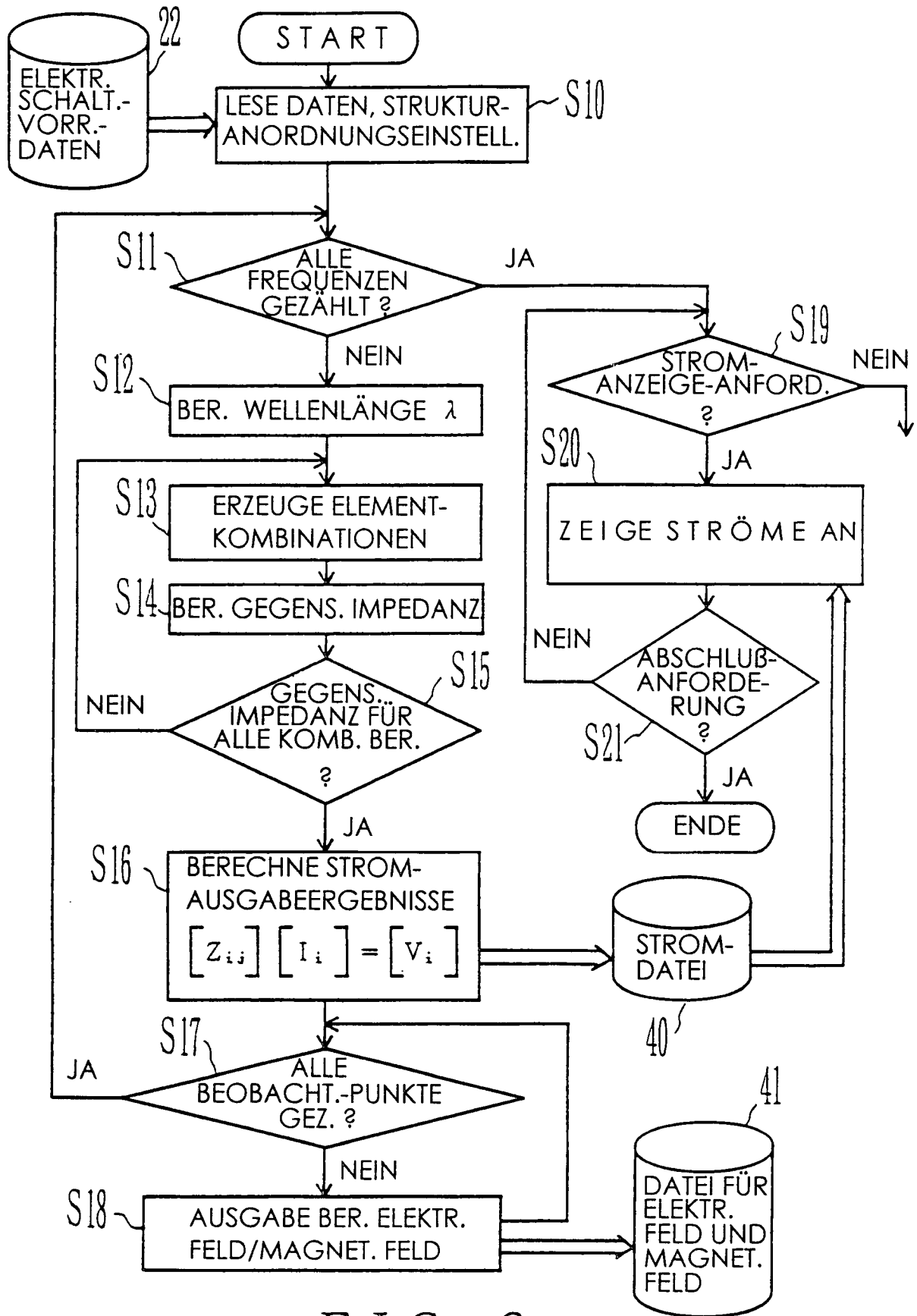


FIG. 8

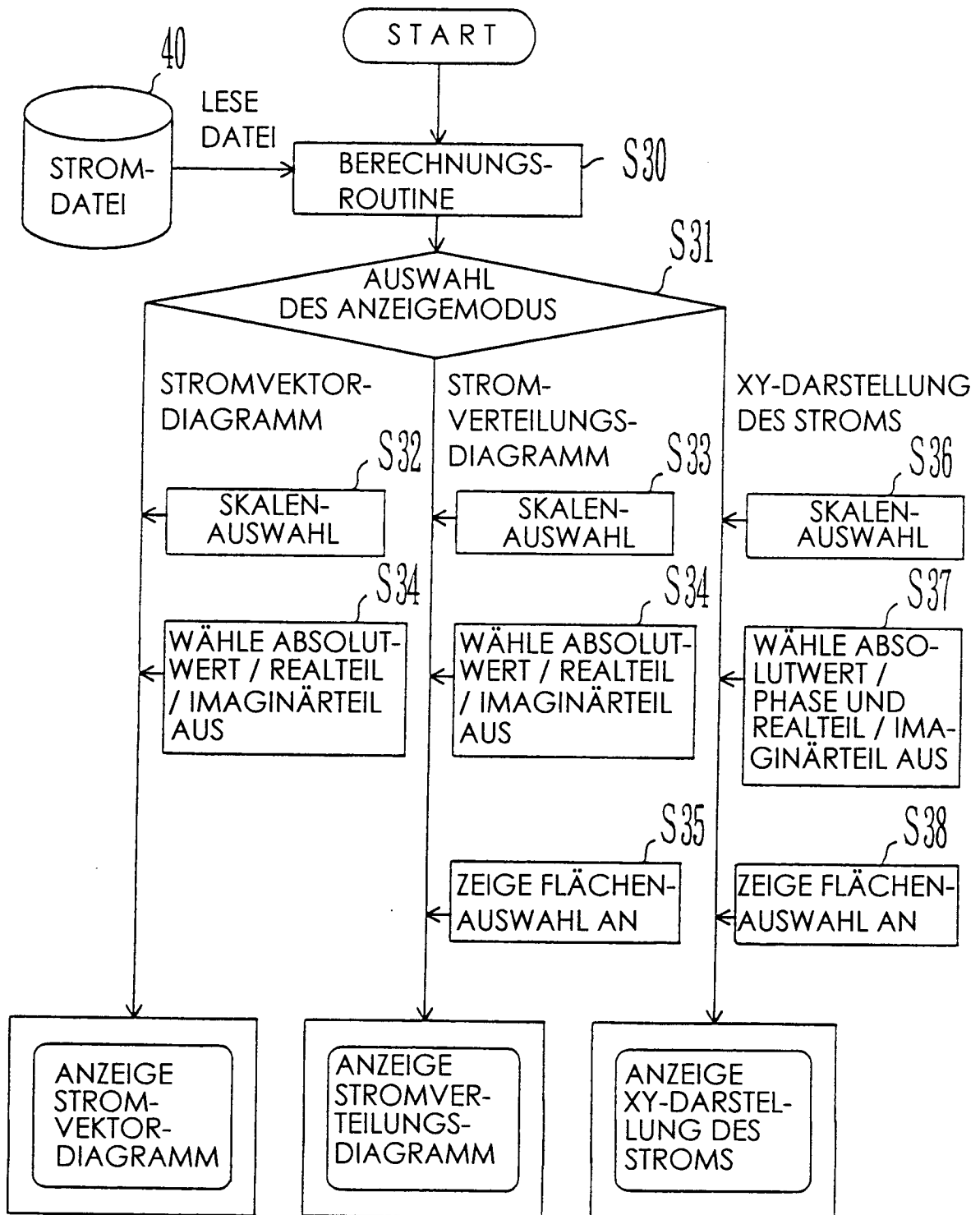


FIG. 9

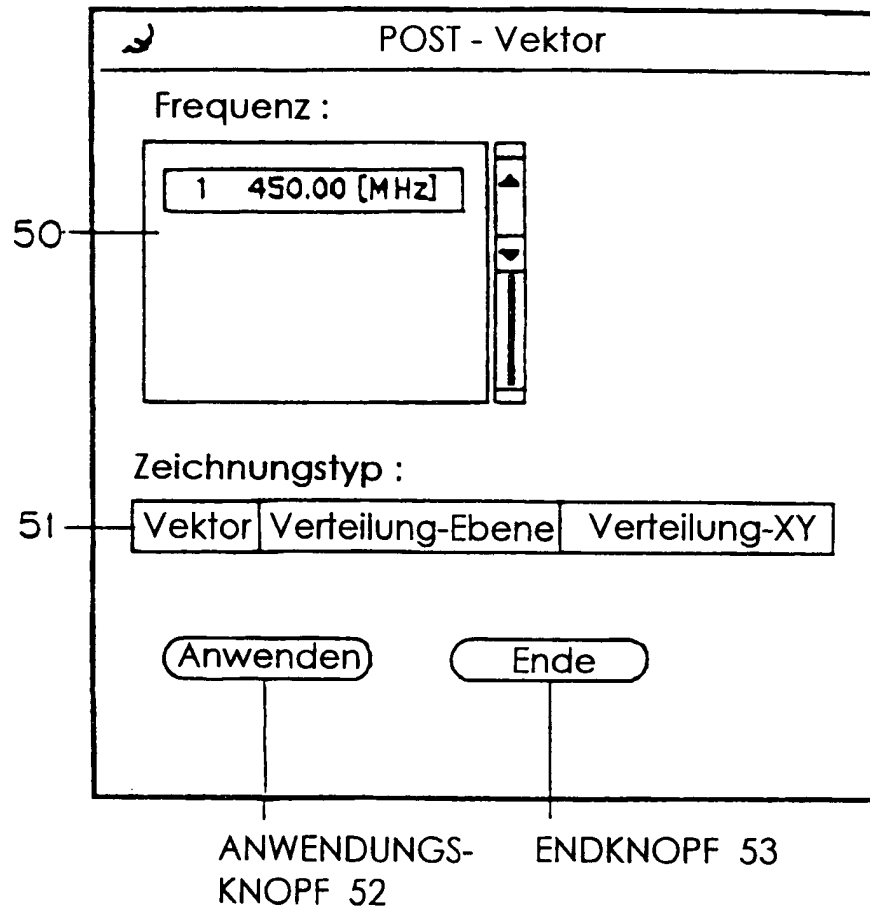


FIG. 10



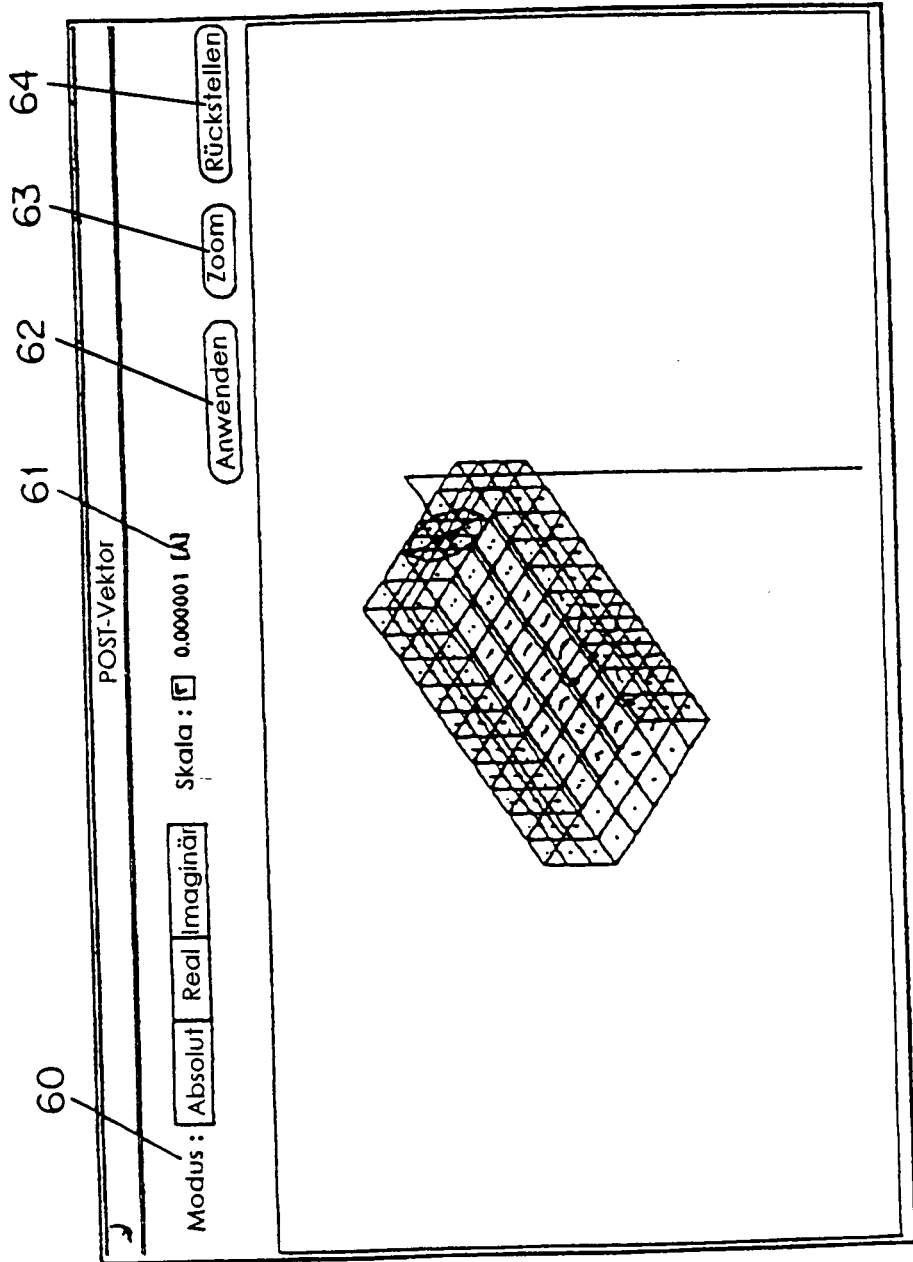


FIG. 11

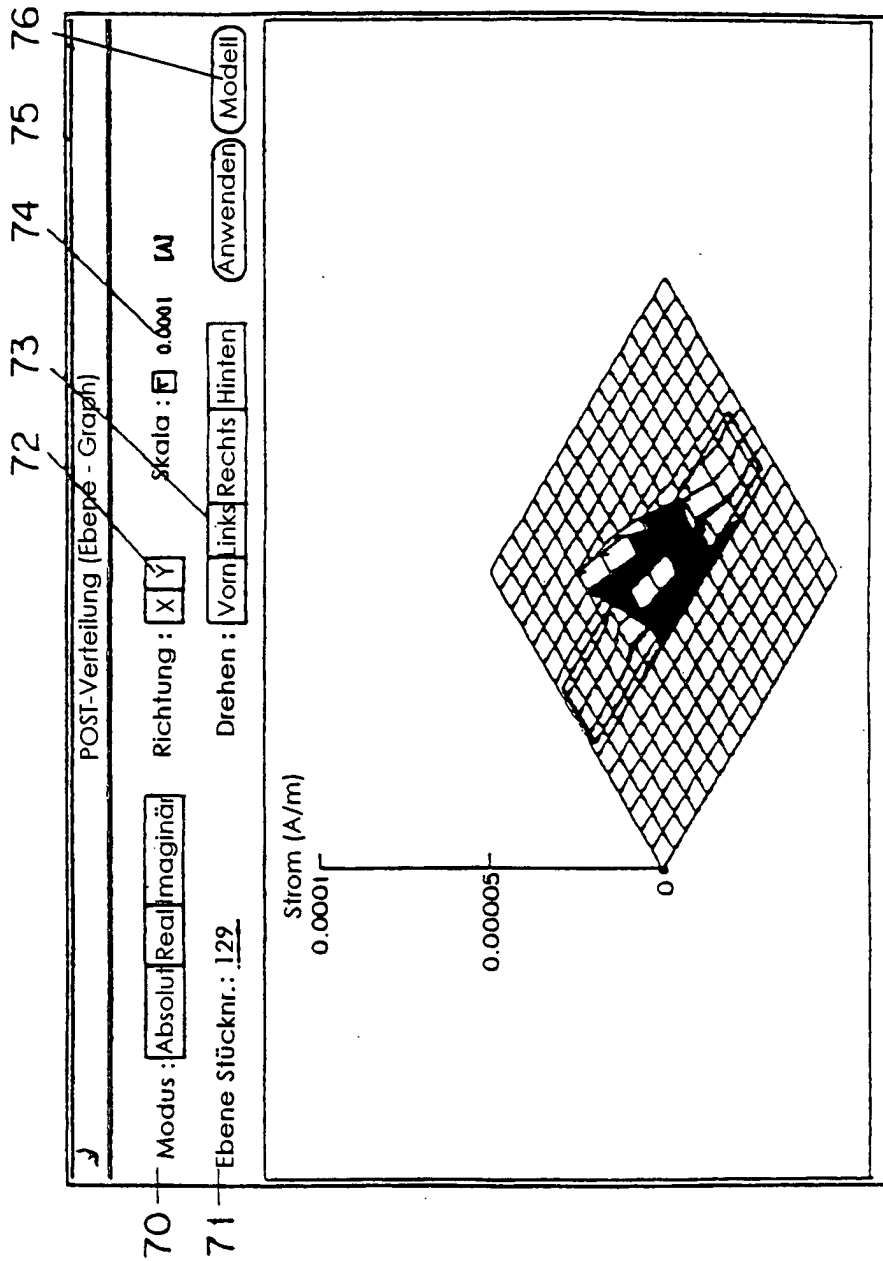


FIG. 12

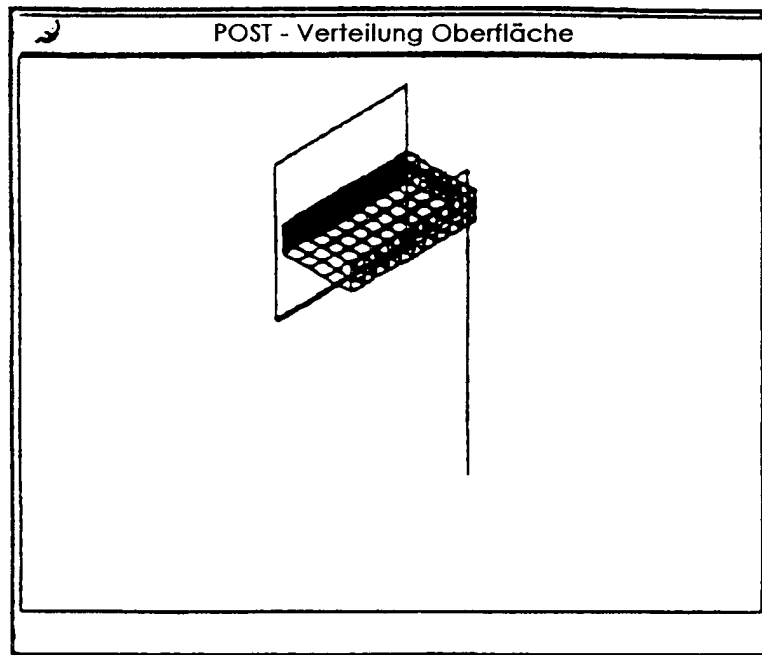


FIG. 13

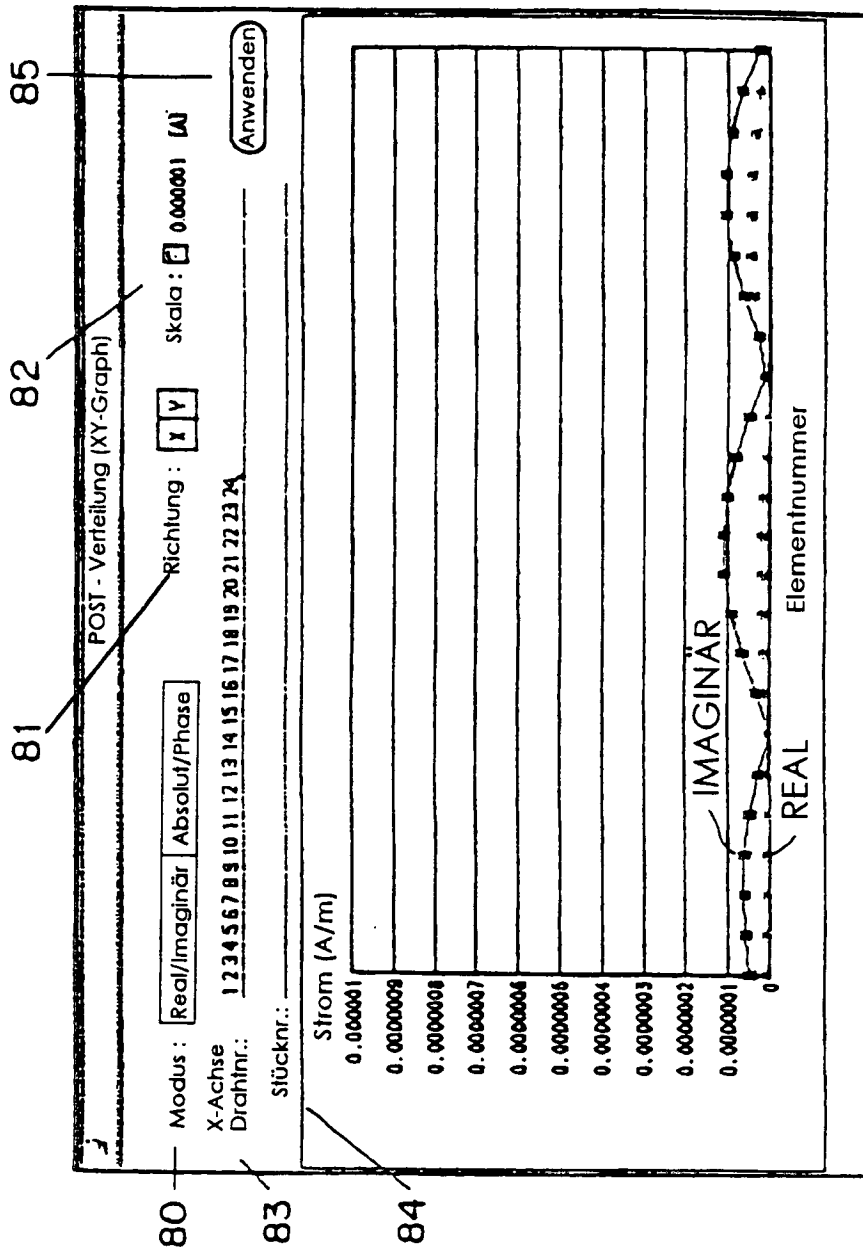


FIG. 14A

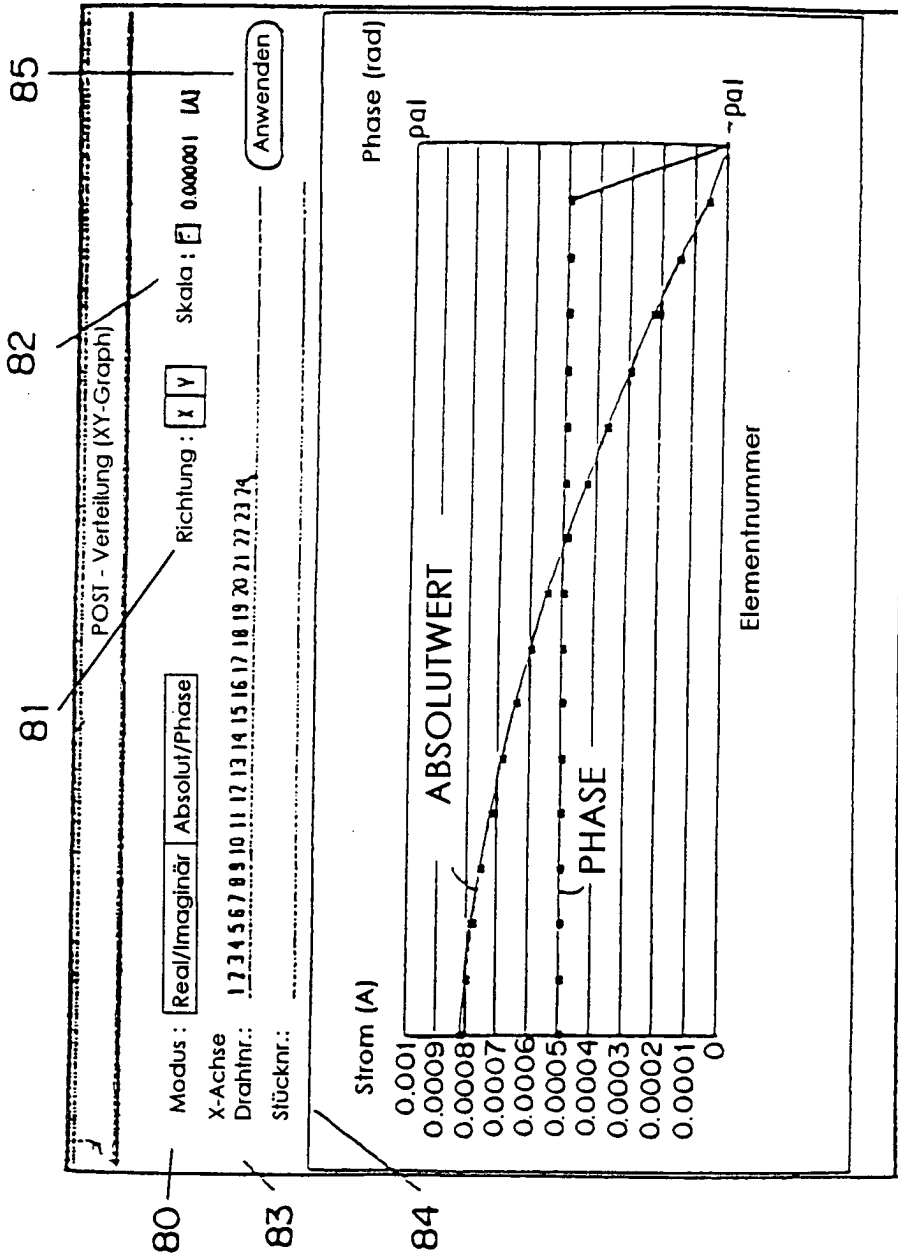


FIG. 14B

FIG. 15A

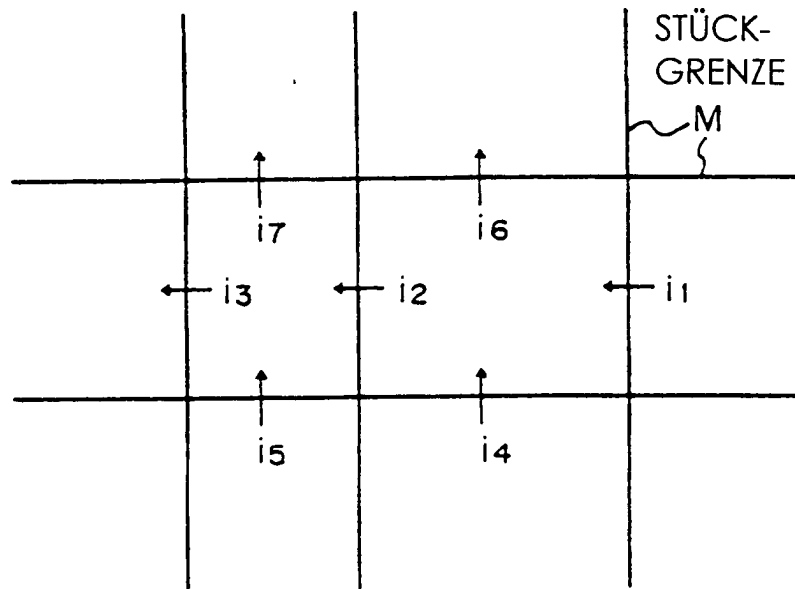


FIG. 15B

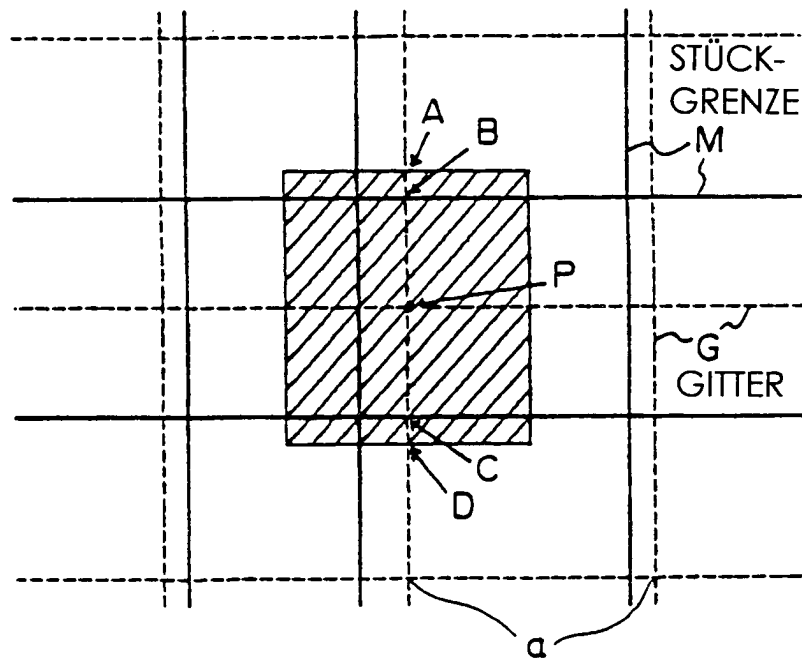


FIG. 16A

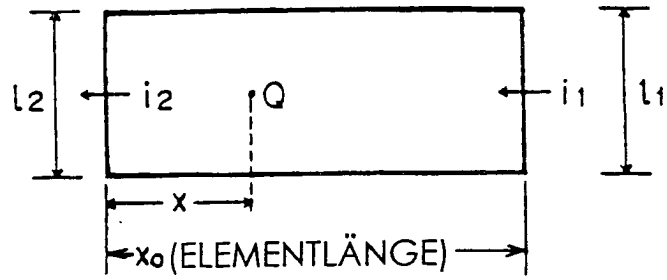


FIG. 16B

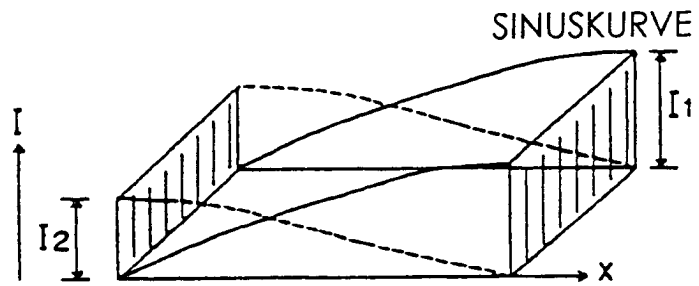


FIG. 16C

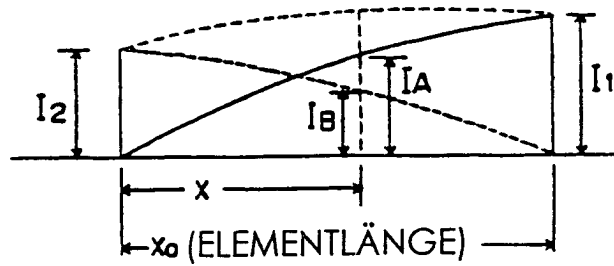
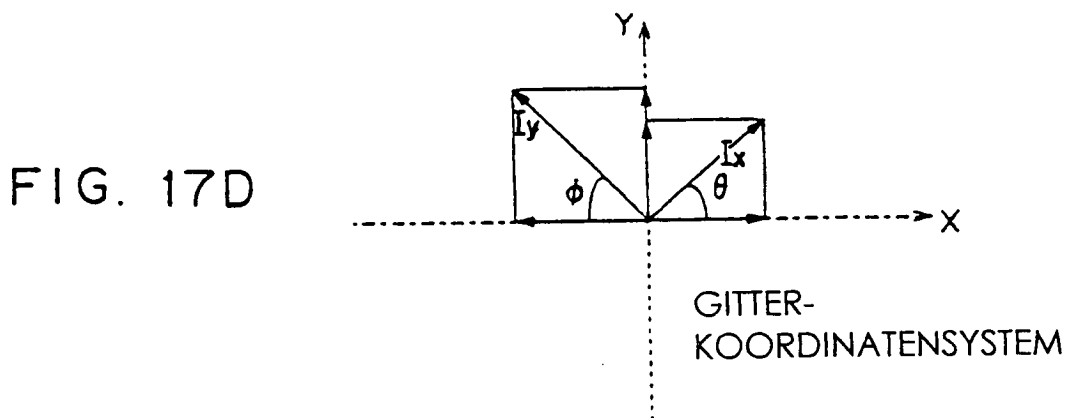
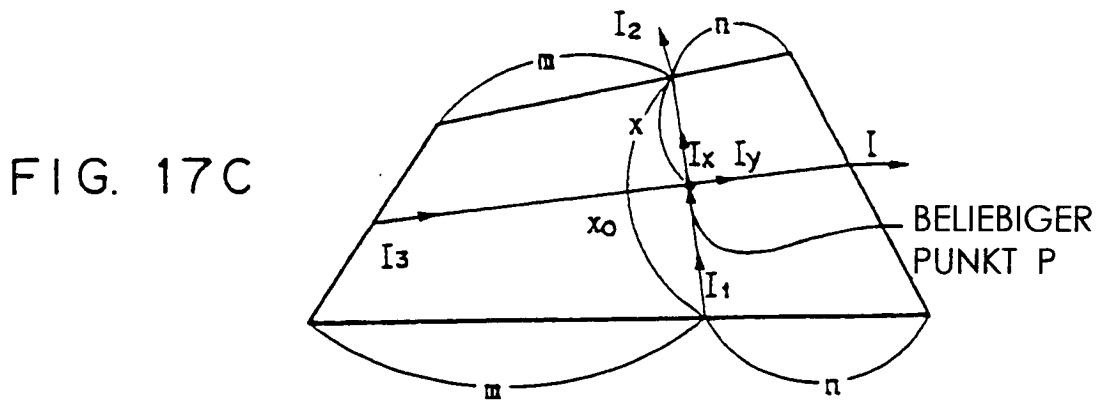
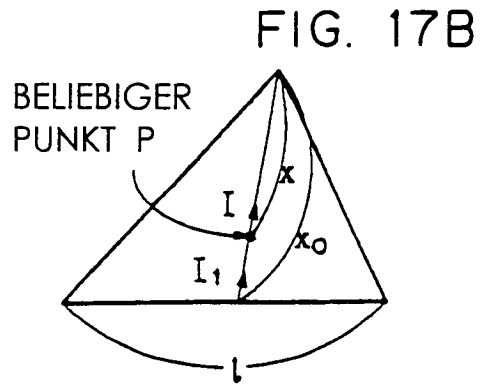




FIG. 17A





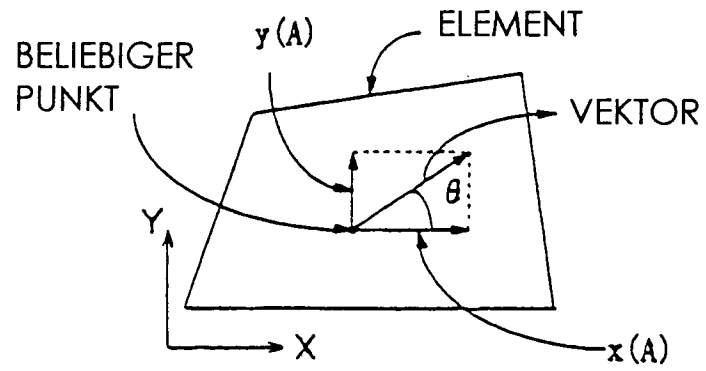


FIG. 18A

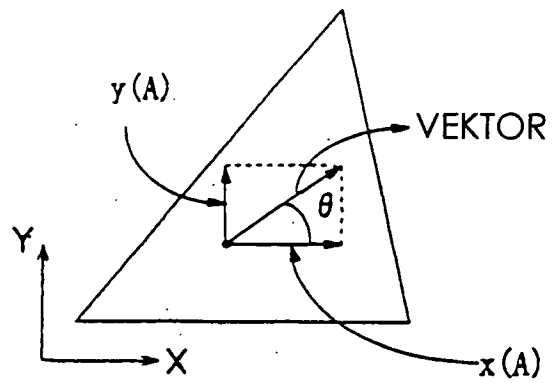


FIG. 18B

FIG. 19A

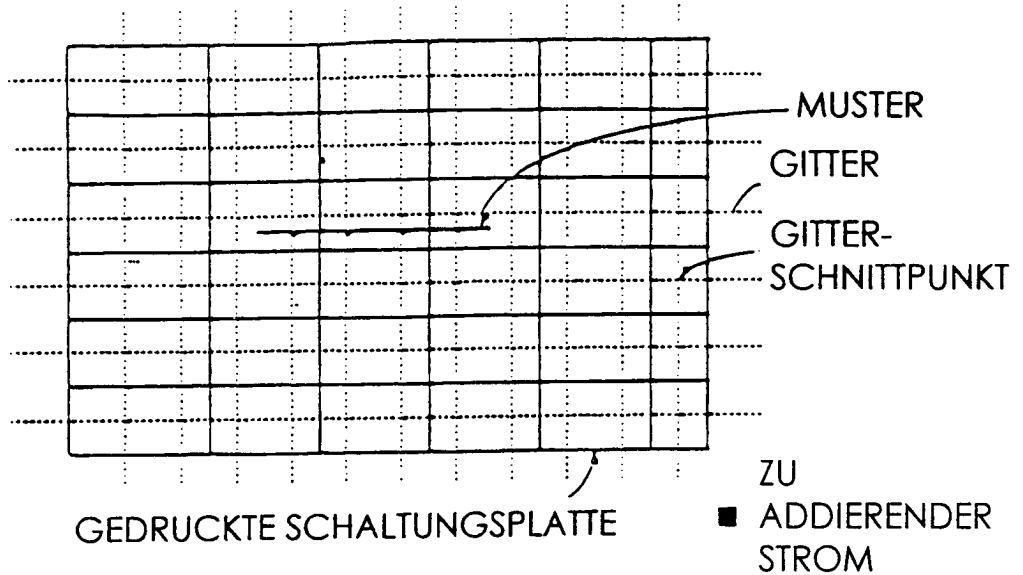


FIG. 19B

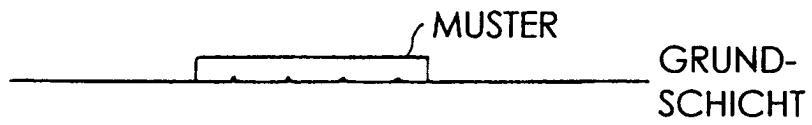
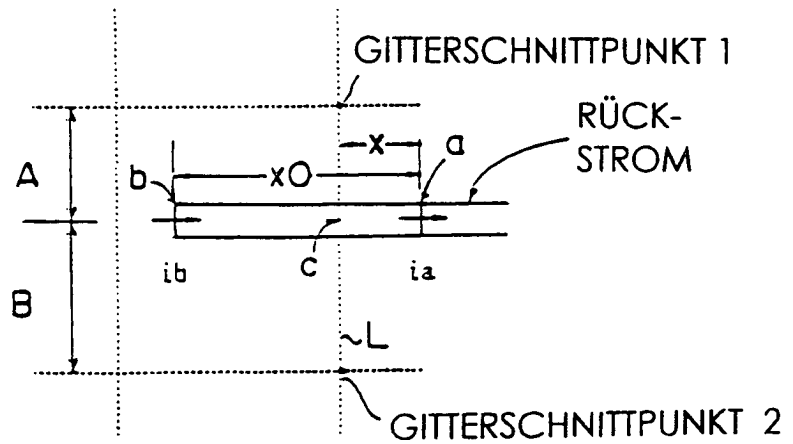


FIG. 19C



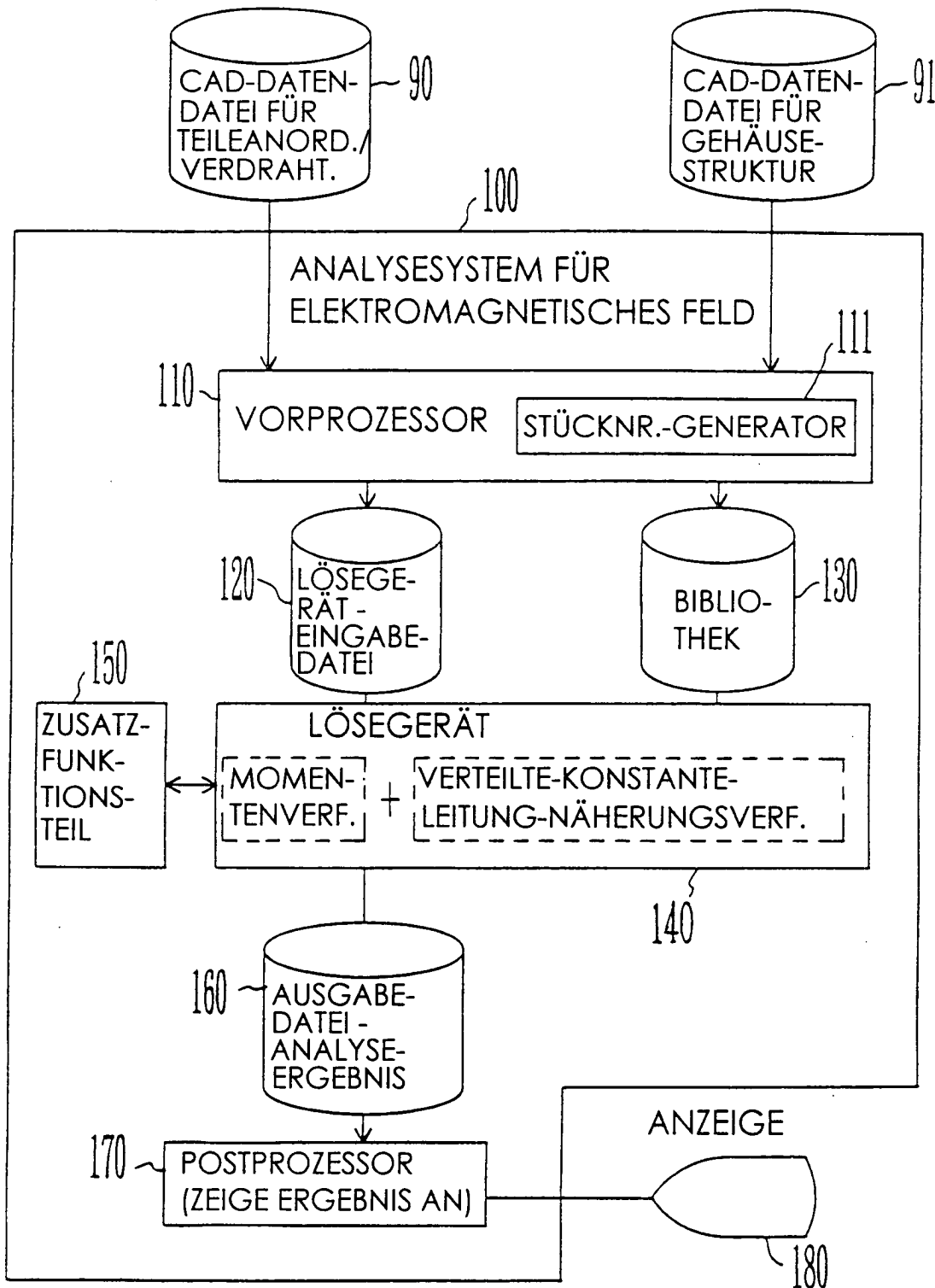


FIG. 20

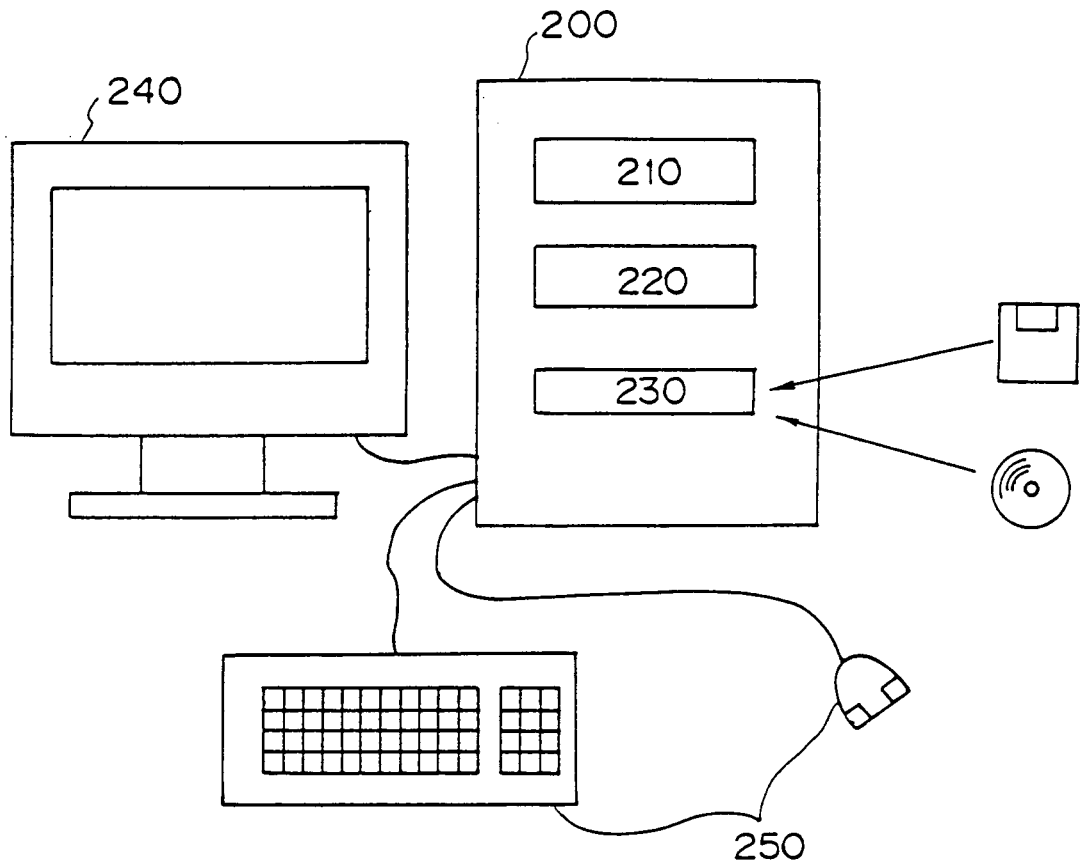


FIG. 21