



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 697 34 614 T2 2006.08.10

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 369 771 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **G06F 3/033** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 34 614.5**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 077 875.7**

(96) Europäischer Anmeldetag: **11.11.1997**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **10.12.2003**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **09.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **10.08.2006**

(30) Unionspriorität:  
**754310** 21.11.1996 US

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**DE, ES, FR, GB, GR, IT, NL, PT**

(73) Patentinhaber:  
**Leapfrog Enterprises, Inc., Emeryville, Calif., US**

(72) Erfinder:  
**Flowers, Mark, Sunnyvale, US**

(74) Vertreter:  
**Strehl, Schübel-Hopf & Partner, 80538 München**

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur Positionsbestimmung auf einer Oberfläche**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelebt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System zur Bestimmung eines von einem Benutzer auf einer Oberfläche ausgewählten Ortes und zum Liefern von Informationen an den Benutzer, die sich entsprechend einer Feststellung auf diesen Ort beziehen. Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf Positionserfassungsvorrichtungen, die Positionen auf einer Oberfläche erfassen können.

### Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Es gibt verschiedene Verfahren zur Bestimmung der Position eines Stifts oder auch eines Fingers auf einer Oberfläche. Ein Verfahren umfasst ein Raster von horizontalen und vertikalen Drähten, die unter der Oberfläche eines flachen Tablets oder über der Oberfläche einer Anzeigevorrichtung angeordnet sind und Positionsanzeigen signale aussenden, die von einem Stift erfasst werden. Zwei mit dieser Technologie arbeitende Vorrichtungen sind in den US-Patenten 5.149.919 und 4.686.332 von Greenias et al. beschrieben. Anwendungen für diese Vorrichtungen sind Zeichentablets (Digitalisiertablets) für die Computereingabe und berührungsempfindliche Touchscreen-Bildschirme.

**[0003]** Bei einem anderen Verfahren werden akustische Oberflächenwellen an den Kanten einer Glasplatte gemessen und zur Berechnung der Position auf der Platte verwendet, die mit einem Finger oder Stift ausgewählt wurde. Anwendungen sind unter anderem viel benutzte berührungsempfindliche Kiosks-Displays, bei denen eine leitfähige Overlay-Folie abnutzen würde.

**[0004]** Weitere Verfahren umfassen die Verwendung von Lichtstiften als optische Detektoren. Außerdem kann ein Rahmen um ein flaches Display mit einer Anordnung von Licht emittierenden Elementen und Detektoren entlang der Kante des Rahmens verwendet werden, um zu erfassen, wann sich ein Finger oder Stift nahe der Display-Oberfläche befindet. Diese Verfahren sind auf Bildschirme, Displays oder flache Oberflächen begrenzt.

**[0005]** Positionsdetektoren wie etwa die in den Patenten von Greenias beschriebenen Vorrichtungen, die viele in einem Raster angeordnete Leiter aufweisen, sind für kompliziert geformte Oberflächen mit zwei oder drei Dimensionen weniger gut geeignet. Es treten zumindest Schwierigkeiten bei der Anbringung und Gestaltung der Leiter entsprechend den Konturen einer komplexen Form auf.

**[0006]** Eine weitere ähnliche Vorrichtung ist ein Raster von horizontalen und vertikalen Drähten, die über oder unter der Oberfläche eines flachen Displays angeordnet sind, das mittels kapazitiver Kopp-

lung eines Stifts oder Fingers arbeitet. Bei dieser Verrichtung werden durch kapazitive Kopplung Positionsanzeigen signale von einem Draht auf den anderen übertragen, die zur Berechnung der Position der Kopplung verwendet werden können. Computer-Eingabetablets und Finger-Zeigetablets als Mausersatz arbeiten mit dieser Technologie.

**[0007]** Bei einem weiteren Verfahren wird ein rechteckiger homogener und transparenter Leiter über die Oberfläche eines Displays gelegt, und Streifenkontakte an den Kanten des transparenten Leiters laden den Leiter. Die kapazitive Kopplung eines Stifts oder Fingers mit dem transparenten Leiter bewirkt ein Entladen des Leiters, wobei an den Streifenkontakten angebrachte Sensoren die Stärke des durch jeden der Kontakte fließenden Stroms messen. Die Analyse der Verhältnisse des von jedem Kontaktpaar auf gegenüberliegenden Seiten des Rechtecks gezogenen Stroms liefert eine XY-Position auf dem Display, die vom Benutzer gewählt wurde. Eine Vorrichtung dieser Art ist in dem US-Patent 4.853.498 von Meadows et al. beschrieben. Eine Anwendung dieser Vorrichtung ist ein berührungsempfindlicher Touchscreen-Bildschirm.

**[0008]** Ein ähnliches Verfahren arbeitet mit einem rechteckigen Stück sehr einheitlichen Widerstandsmaterials mit einer Reihe von diskreten Widerständen entlang der Kante, das auf einer flachen Oberfläche befestigt ist. Ein Spannungsdifferenzial wird an die Reihe von Widerständen auf gegenüberliegenden Seiten des Rechtecks angelegt, und im Zeitmultiplexverfahren wird das Spannungsdifferenzial an die Reihe von Widerständen der anderen beiden gegenüberliegenden Seiten angelegt. Die Positionsanzeigen signale werden entweder mit einem Stift empfangen oder mit einem leitfähigen Overlay, das eingedrückt werden kann, um die Oberfläche des Widerstandsmaterials zu berühren. Eine Variante dieser Vorrichtung ist in dem US-Patent 3.798.370 von Hurst beschrieben.

**[0009]** Die in den US-Patenten 4.853.498 (Meadows et al.) und 3.798.370 (Hurst) beschriebenen Vorrichtungen steuern ein homogenes rechteckiges Widerstands-Overlay mit Streifenkontakten oder einer Kette von Widerständen an jeder Kante an. Diese Lösungsansätze stützen sich für ihre Funktion auf die regelmäßige Form eines Rechtecks. Form und Platzierung der Kontakte ermöglichen das Erfassen von Teilen der Oberfläche innerhalb eines rechteckigen Teilabschnitts des Widerstandsmaterials auf der Oberfläche. Andere einfache Formen können ebenfalls mit Streifen- und Widerstandskettenkontakten realisierbar sein, aber bei komplexen Formen können sie Bereiche bilden, die nicht erkennbar sind (für Formen mit konkaven Kanten wie zum Beispiel Kreise oder Ellipsen sind die Ansätze nach Meadows oder Hurst nicht geeignet). Die Verwendung von Streifen-

kontakte oder Widerstandsketten entlang im Wesentlichen des gesamten Umfangs eines Objekts begrenzt die Eignung für Objekte, bei denen die Position auf der gesamten Oberfläche erfasst werden muss. Die Stellen direkt unter den einzelnen Streifen-elektroden und jeweils zwischen den Streifen- oder Punktelektroden und der Kante des Objekts können mit diesen Vorrichtungen nicht erfasst werden.

**[0010]** Die in den US-Patenten 4.853.498 (Meadows et al.) und 3.798.370 (Hurst) beschriebenen Vorrichtungen berücksichtigen nicht die Wirkungen des Kontaktwiderstands. Der Widerstand zwischen den Kontakten und dem homogenen Widerstandsmaterial kann im Wesentlichen relativ zum Widerstand des homogenen Materials sein. Darüber hinaus kann der Kontaktwiderstand von Elektrode zu Elektrode variieren oder sich aufgrund von mechanischen Beanspruchungen oder Umweltbelastungen ändern. Die Vorrichtungen nach Meadows und Hurst basieren auf Kontakten mit bekanntem oder konstantem Widerstand, was die Verwendung von Materialien und Kontaktansätzen einschränkt. Schwankungen des Kontaktwiderstands oder Änderungen des Kontaktwiderstands aufgrund von Umweltfaktoren werden nicht berücksichtigt und führen zu Erfassungsfehlern.

**[0011]** Weiter lädt Meadows die Oberfläche mit einem kapazitiv gekoppelten Stift und bestimmt die Position durch Messen des aus den Treiberschaltungen gezogenen Stroms. Hierzu benötigt die Vorrichtung nach Meadows vier Empfängerschaltungen.

**[0012]** Die Vorrichtung nach Meadows reagiert empfindlich auf die Wirkungen der Kopplung unerwünschter Phantomstifte mit der Oberfläche. Phantomstifte wie zum Beispiel Ringe oder Finger können anstelle des eigentlichen Stifts oder zusätzlich zu diesem eine Kopplung mit der aktiven Oberfläche bewirken. Diese Phantomstifte verursachen Erfassungsfehler, weil die Änderungen, die sie ebenfalls bewirken, Änderungen in der Treiberschaltung verursachen.

**[0013]** Für Anwendungen, bei denen das Objekt mit dem Raster gedreht werden muss oder die Elektronik und das Objekt physikalisch voneinander getrennt sind, muss eine große Anzahl von Leitern mit Verbindungsmechanismen, die ein Drehen oder andere Bewegungen ermöglichen, mit dem System verbunden oder zwischen den Elementen des Systems angeschlossen werden. Solche Kabel für die Systeme nach dem Stand der Technik wären ziemlich groß und hinderlich. Außerdem sind Verbinder mit einer großen Zahl von Kontakten teuer und verringern die Gesamtzuverlässigkeit von Systemen, die sie benötigen. Kontakte, die ein Drehen ermöglichen, beispielsweise Schleifringe oder Kommutatoren, werden unangemessen komplex und teuer, wenn die

Zahl der Verbindungen über eine kleine Anzahl steigt. Darüber hinaus sind die zur Ansteuerung von Raster- oder Matrixanordnungen erforderlichen Mehrfachschaltungen komplex und teuer in der Herstellung. Schallwellendetektoren stellen robuste Positionserfassungsmechanismen dar, sind aber teuer in der Realisierung. Lichtwellen-Erfassungsmechanismen sind auf flache Oberflächen beschränkt und reagieren empfindlich auf Staub und Insekten, die den Lichtweg blockieren. Es wird jedoch angenommen, dass diese Probleme mit der vorliegenden Erfindung gelöst werden.

**[0014]** In unserer modernen Umwelt gibt es viele Quellen elektromagnetischer Energie, sowohl natürliche als auch künstliche. Einige Beispiele für derartige Energiequellen in der Erdatmosphäre sind statische Elektrizität, elektrische Stürme, Wärmeblitze, Strahlung aus dem Weltraum und vom Menschen erzeugte Funkwellen. Diese wirken und stehen jeweils miteinander in Wechselbeziehung, wodurch je nach Intensität des Hintergrund- oder Störsignals Störungen und Hintergrundrauschen verursacht werden. Daher können diese atmosphärischen Signale die Fähigkeit zum Erfassen und Empfangen eines Nutzsignals beeinträchtigen, wie dies von Geräten bekannt ist, die eine Antenne als Vorrichtung zum Erfassen eines Eingangssignals benutzen. Es ist auch bekannt, dass bei Systemen mit einer tragbaren Antennensonde der menschliche Körper als eine größere Antenne wirkt, wobei ein Signal von der Person, die die Sonde hält, zu dem mit der tragbaren Sonde erfassten Nutzsignal addiert wird. Dieses addierte Signal und die verschiedenen Frequenzen, die es umfasst, führen bekanntlich auch ein gewisses Maß an Ungenauigkeit in ein solches System ein, falls das gewünschte Signal überhaupt erfasst werden kann. Zur Überwindung dieser unerwünschten Störungen sind viele raffinierte Schaltungen entwickelt worden, um diese vom Benutzer aufgenommenen Störsignale zu unterdrücken, so dass sie sich nicht auf die Leistung des Systems auswirken.

**[0015]** Das US-Patent 4.492.819 beschreibt ein Schreibtablett mit mehreren Leitern, die unter dessen Oberfläche eingebettet sind. Die Leiter bilden ein Raster zum Empfangen von abgestrahlten elektrischen Signalen, die entfernt von dem Tablett erzeugt und an einen Stift geliefert werden, der als Strahlungsantenne dient.

**[0016]** Das US-Patent 4.464.118 beschreibt ein grafisches Eingabegerät, das als Reaktion auf eine Benutzereingabe Töne ausgibt. Das Gerät kombiniert ein optisches Bildverarbeitungssystem mit einem Sprachsynthesesystem, wobei eine Zeichenfläche in registergenauer Deckung mit dem Sichtfeld eines optischen Abbildungssensors vorgesehen ist. Der Benutzer des Geräts wird entweder optisch über ein an dem Gehäuse angebrachtes Display oder

akustisch durch die Sprachsynthese-Elektronik aufgefordert, etwas auf der Oberfläche zu schreiben oder zu zeichnen. Das Gerät erfasst die vom Benutzer gezeichneten Bilder und erzeugt ein Datenausgangssignal auf der Grundlage des Aussehens der Zeichnung.

**[0017]** Das US-Patent 5.414.227 beschreibt ein Neigungserfassungssystem für einen Strahlenerfassungsstift. Dieser Stift weist einen Kontaktsensormechanismus und eine Koaxialleitereinheit auf, die über Funktionen für die Positions- und Neigungsmessung verfügt. Durch Verwendung des Kontaktsensors zur Festlegung einer Kalibrierung für die Positions- und Neigungserfassungselemente werden verbesserte Möglichkeiten der Positions- und Neigungsmessung für einen Strahlenerfassungsstift für ein Digitalisierungsdisplay erhalten.

**[0018]** Nach der vorliegenden Erfindung wird eine elektrographische Sensoreinheit nach Anspruch 1 zur Ausgabe von Schall in Reaktion auf die Bestimmung, dass ein Benutzer eine Position bezeichnet, bereitgestellt.

**[0019]** Zur vollständigen Erläuterung des Umfangs der vorliegenden Erfindung wird in der nachstehenden Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen eine ausführliche Erörterung verschiedener Ausführungsformen angeboten. Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Beschreibung nicht erschöpfend ist und Variationen der vielen angesprochenen Themen ebenfalls als Bestandteil der vorliegenden Erfindung angesehen werden.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0020]** [Fig. 1](#) zeigt ein vereinfachtes Blockdiagramm einer allgemeinen Ausführungsform des Systems nach der vorliegenden Erfindung.

**[0021]** [Fig. 2](#) zeigt eine Darstellung des Positionsbestimmungsalgorithmus nach der vorliegenden Erfindung für eine zweidimensionale Oberflächenform.

**[0022]** [Fig. 3](#) zeigt eine ähnliche Darstellung wie [Fig. 2](#), jedoch für eine dreidimensionale Form.

**[0023]** [Fig. 4](#) zeigt ein Blockdiagramm einer ersten Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung.

**[0024]** [Fig. 5](#) zeigt ein Blockdiagramm einer zweiten Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung.

**[0025]** [Fig. 6](#) zeigt ein Blockdiagramm einer dritten Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung.

**[0026]** [Fig. 7](#) zeigt ein Blockdiagramm einer vierten Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung.

**[0027]** [Fig. 8](#) zeigt die Einschränkungen bezüglich der Anordnung der Kontaktstellen, um eine Position mit nur drei Kontaktstellen bestimmen zu können.

**[0028]** [Fig. 9](#) zeigt drei Kontaktstellen, die nicht zur Bestimmung einer Position auf der Oberfläche benutzt werden können.

**[0029]** [Fig. 10](#) zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung in Form eines interaktiven Globus mit einer kugelförmigen leitfähigen Oberfläche.

**[0030]** [Fig. 11](#) zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform nach der vorliegenden Erfindung in Form eines interaktiven Globus mit zwei halbkugelförmigen leitfähigen Oberflächen.

**[0031]** [Fig. 12](#) zeigt eine Ausführungsform nach dem Stand der Technik zur Unterdrückung eines potenziellen Störsignals von dem Benutzer, der den Antennenstift hält.

**[0032]** [Fig. 13a](#) zeigt ein vereinfachtes Diagramm des Stifts und des geschirmten Kabels nach der vorliegenden Erfindung.

**[0033]** [Fig. 13b](#) zeigt eine weitere Ausführungsform des Stifts und des geschirmten Kabels nach der vorliegenden Erfindung, das den Benutzer mit dem System nach der vorliegenden Verbindung erdet.

**[0034]** [Fig. 13c](#) zeigt noch eine weitere Ausführungsform des Stifts und des geschirmten Kabels nach der vorliegenden Erfindung, das den Benutzer mit dem System nach der vorliegenden Verbindung erdet.

**[0035]** [Fig. 13d](#) zeigt eine Teilschnittansicht des Stifts in [Fig. 13c](#) zur Veranschaulichung der internen Anordnung der Kabelabschirmung und des leitfähigen Griffes des Stifts.

#### Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0036]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System und Verfahren zur Bestimmung einer von einem Benutzer gewählten Position auf einer zweidimensionalen Oberfläche beliebiger Form sowie zur Bereitstellung des Zugangs zu Datenspeicherpositionen oder darin enthaltenen Informationen, die sich auf diese Position beziehen. Im Einzelnen bestimmen Ausführungsformen nach der vorliegenden Erfindung die Positionsinformationen in Form von Koordinaten in einem vordefinierten Koordinatensystem. Diese Positionsinformationen dienen dann als eine Adresse auf Positionen in dem Speicher eines zugehörigen Mikroprozessor-Teilsystems. Diese Position oder Adresse kann wiederum benutzt werden, um zuvor gespeicherte Daten, die zu der be-

treffenden Position auf der Oberfläche gehören, abzurufen, zu der betreffenden Position auf der Oberfläche gehörende Daten zu speichern, das Verhalten des Systems mit der vorliegenden Erfindung zu ändern oder sie kann dem Benutzer auf einem herkömmlichen Anzeigegerät oder Drucker präsentiert werden.

**[0037]** Dem Fachmann ist bekannt, wie Daten bezüglich der Punkte auf einer Oberfläche, die mit der vorliegenden Erfindung benutzt werden kann, zu speichern sind, ebenso wie Verweistabellen zur Umwandlung eines Koordinatensystems für eine Oberfläche in ein anderes Koordinatensystem.

**[0038]** Die Ausführungsformen der Erfindung bestimmen eine vom Benutzer ausgewählte Position auf der Oberfläche durch Messen der eindeutigen Positionsanzeigen signale mit einem Empfänger, wie nachstehend beschrieben. Dabei benötigt die vorliegende Erfindung für zwei- und dreidimensionale Objekte nur eine einzige Empfängerschaltung.

**[0039]** Bei den verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung belastet der Stift die Sender nicht oder nur vernachlässigbar, und anstelle der Änderungen in der Treiberschaltung, wie bei dem Gerät nach Meadows, wird ein Signalpegel an dem Punkt auf der Oberfläche gemessen, der mit dem Stift berührt wird. Außerdem haben potenzielle Phantomstifte wie zum Beispiel Finger und Ringe, die eine deutliche Wirkung auf die Funktion nach dem Stand der Technik haben, nur einen vernachlässigbaren Lasteffekt auf den Sender nach der vorliegenden Erfindung. Daher ist die vorliegende Erfindung immun gegenüber Phantomstiften.

**[0040]** Zusätzlich zu dem Benutzer, der als Antenne wirkt und atmosphärisches Rauschen und Signale auffängt, wie vorstehend im Abschnitt „Hintergrund der Erfindung“ beschrieben, gibt es einen weiteren Nebeneffekt, der möglicherweise auftreten kann, wenn der Benutzer bezüglich des Systems nach der vorliegenden Erfindung nicht geerdet ist. Weil bei der vorliegenden Erfindung die Oberfläche, auf die der Benutzer den Tastkopf oder die Sonde aufsetzt, im Wechselstrommodus an den verschiedenen Oberflächenkoordinaten jeweils ein anderes Signal aussendet, kann ein Teil der Hand des Benutzers, zum Beispiel ein Finger oder der Daumen, beim Halten des Tastkopfes an der gewünschten Position ein anderes Signal von einer anderen Position aufnehmen, die von der interessierenden Position entfernt ist. In einer solchen Situation kann der Tastkopf potenziell durch dieses Sekundärsignal beeinflusst werden, das kapazitiv von der Oberfläche an den Benutzer und dann an die Antenne des Tastkopfes gekoppelt wird. Dieses Sekundärsignal könnte dazu führen, dass von einer Signalmessstufe ein modifiziertes Signal empfangen wird. Dieses modifizierte Signal von der Oberfläche

könnte dann nach der Verarbeitung eine andere Position als die Position bezeichnen, auf die der Benutzer mit der Tastkopfspitze gezeigt hat.

**[0041]** Nehmen wir zum Beispiel an, dass der Benutzer die Tastkopfspitze auf der Oberfläche eines Globus nach der vorliegenden Erfindung auf Chicago gesetzt hat. Beim Halten der Tastkopfspitze auf diese Position zeigt der Daumen des Benutzers eventuell in östlicher Richtung und befindet sich nahe Detroit, während mehrere seiner Finger in westlicher Richtung von Chicago auf Quincy in Illinois am Mississippi zeigen. Dabei kann es geschehen, dass ein Signalmisch von der Position, auf der sich der Tastkopf befindet, zusammen mit einem Signal von jedem Finger und dem Daumen des Benutzers von der Signalmessstufe als ein gemitteltes Signal empfangen wird, was zur Identifizierung des ausgewählten Punktes als eine Position zwischen Detroit und Quincy oder irgendwo sonst auf der Oberfläche führt, die nicht einmal in der Nähe der vom Benutzer ausgewählten Position ist, so vielleicht Tokio. Schlimmer noch, das von der Antenne des Tastkopfes empfangene Signal kann infolge all der verschiedenen eingekoppelten Signale so komplex sein, dass die Signalmessstufe nicht in der Lage ist, eine Position zu identifizieren, die dem kombinierten Signal entspricht. Durch Einziehung des Mechanismus zum Erden des Benutzers im Verhältnis zu dem System, wie nachstehend beschrieben, wird dieses potenzielle Problem gelöst und eventuelle Einflüsse durch atmosphärisches Rauschen, wie im Abschnitt „Hintergrund der Erfindung“ erläutert, werden vermieden, indem die anderen Signale, die von dem Benutzer in die Antenne des Tastkopfes eingekoppelt werden, praktisch ausgeschaltet werden.

**[0042]** Bei allen Ausführungsformen, bei denen ein abgestrahltes Wechselstromsignal von dem Stift **116** erfasst wird, der als Antenne dient, wie nachstehend ausführlich beschrieben (siehe [Fig. 4](#), [Fig. 5](#), [Fig. 6](#), [Fig. 7](#), [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#)), ist der Stift **116** über ein geschirmtes Kabel **118** mit einem Demodulator **144** verbunden. Das geschirmte Kabel **118** ist vorgesehen worden, um zu verhindern, dass die gesamte Länge des Kabels **118** zusätzlich zu dem Stift **116** als Antenne wirkt und Signale in einiger Entfernung aufnimmt, die nicht von der entsprechenden interessierenden Oberfläche ausgehen (das heißt **100**, **400**, **603**, **701** oder **702**).

**[0043]** Bei Anwendungen nach dem Stand der Technik, die eine Antenne am fernen Ende eines Kabels zur Verwendung als Zeiger in einem System zur Lokalisierung des Punktes benötigen, auf den der Stift zeigt, ist die interne Schaltungskonfiguration dieses Stifts sehr komplex. [Fig. 12](#) zeigt eine schematische Darstellung eines solchen Stifts **916**, wie er für das interaktive Spielzeug SEGA PICO verwendet wird. Zu beachten ist, dass selbst in der Industrie, in

diesem Falle der Spielzeugindustrie, wo es unerlässlich ist, die Kosten niedrig zu halten, damit ein Produkt nicht aus preislichen Gründen aus einem beabsichtigten Markt gedrängt wird, eine relativ komplexe Schaltung verwendet worden ist. Der einzige Kostenvorteil ist der, dass das Produkt vermutlich von Niedriglohnarbeitern in einem Dritte-Welt-Land zusammengebaut worden ist.

**[0044]** Zwischen diesem Design des Stifts 916 und dem Stift 116 nach der vorliegenden Erfindung sind verschiedene Unterschiede erkennbar. Als Erstes ist dabei das aktive Schaltungsdesign nach dem Stand der Technik zu nennen, das zwei Transistoren, einen speziellen IC, zahlreiche Kondensatoren, Spulen und Widerstände, einen Netzschatzer und ein Potentiometer umfasst, die eine aufwändige Montage erfordern, im Gegensatz zu dem passiven Schaltungsdesign nach der vorliegenden Erfindung. Zusätzlich zu dem aktiven Schaltungsdesign ist eine Metallabschirmung 920 am Antennenende des Stifts 916 nötig, um eine Störung des von der Antenne empfangenen Signals durch Störsignale zu vermeiden. Außerdem ist ein arbeitsintensiver Schritt mit Hilfe des Potentiometers 922 zum Kalibrieren des Stifts 916 für das System nötig, mit dem er verwendet werden soll. Ein weiterer Kostenfaktor ist die Verwendung eines vieradrigen Kabels 918, das zur Erfüllung mehreren Funktionen nötig ist: eine Abschirmung, eine Leitung zur Rückführung des empfangenen Signals an das Hauptchassis des Produkts und zwei Drähte für die Stromversorgung des Stifts 920. Schließlich ist noch der Netzschatzer 912 vorgesehen, der bei Gebrauch gedrückt werden muss, um den Stift 916 mit Strom zu versorgen, was ein Problem darstellen kann, wenn der vorgesehene Benutzer ein Kind ist, wie im Falle des SEGA-Produkts.

**[0045]** [Fig. 13a](#) zeigt eine Ausführungsform der Kombination von Stift 11 und geschirmtem Kabel 118. In dieser Ansicht ist das ferne Ende des Stifts 116 gestrichelt dargestellt, um das Ende des Kabels 118 im Inneren des fernen Endes des Stifts 116 zu zeigen. Bei dieser Ausführungsform verläuft das geschirmte Kabel 118 weiter bis zum äußersten fernen Ende des Stifts 116 mit intakter Schirmung, ehe ein ausgewähltes Stück des Mittelleiters 802' freigelegt ist, um als Antenne zu dienen. Am nahen Ende des geschirmten Kabels 118 ist die Schirmung 800 in der Signalmessstufe 120 geerdet, und der Mittelleiter 802 ist an den Demodulator 144 angeschlossen, um diesem das Eingangssignal zuzuführen. Daher trägt bei dieser Ausführungsform ein Signal, das auf die Länge des geschirmten Kabels 118 auftrifft, nicht zu dem von dem Antennenstück des Mittelleiters 802' erfassten Signal bei. Wenn jedoch die Person, die den Stift 116 hält, unbeabsichtigt ebenfalls als Antenne wirkt und einen Teil des empfangenen Signals an den Mittelleiter 802' abstrahlt, wird dieses Signal zu dem gewünschten Signal von der interessierenden Oberfläche

che (zum Beispiel der Oberfläche 100) addiert. Abhängig von vielen Faktoren einschließlich der Fähigkeit des Demodulators 144, unerwünschte Signalfrequenzen und Rauschen zu unterdrücken, kann die Position des Stifts 116, die schließlich von dem Positionsbestimmungssystem nach der vorliegenden Erfindung bestimmt wird, möglicherweise nicht die gewünschte Genauigkeit aufweisen.

**[0046]** Eine erste Ausführungsform nach diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 13b](#) gezeigt. Dabei sind die Verbindungen am nahen Ende des geschirmten Kabels 118 die gleichen wie in [Fig. 13a](#). Am fernen Ende des Stifts 116 sind einige Änderungen vorgesehen, um die Erdung des Benutzers beim Halten des Stifts 116 zu bewirken, um so den parallelen Antenneneffekt zu beseitigen, der unbeabsichtigt entsteht, wenn der Benutzer den Stift 116 nahe des Mittelleiters/der Antenne 802' hält. Hier ist zu sehen, dass an dem fernen Ende des geschirmten Kabels 118 zusätzlich zu dem freiliegenden Mittelleiter 802' ein Teil der Schirmung 800' freiliegt. Darüber hinaus weist der Stift 116 ein durchgehendes Loch 804 auf, so dass der Benutzer, wenn er den Stift 116 hält, einen Teil eines seiner Finger durch das Loch 804 stecken und die Schirmung 800' berühren muss, wodurch der Benutzer geerdet wird.

**[0047]** Eine zweite Ausführungsform nach diesem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist in [Fig. 13c](#) und [Fig. 13d](#) gezeigt, wobei [Fig. 13d](#) eine Teilschnittansicht des fernen Endes des Stifts 116 zeigt, um die interne Konfiguration dieser Ausführungsform zu veranschaulichen. Bei diesen Ansichten sind die Verbindungen am nahen Ende des geschirmten Kabels 118 die gleichen wie in [Fig. 13a](#) und [Fig. 13b](#). In [Fig. 13c](#) weist der Stift 116 drei Abschnitte auf: eine Spitze 810, einen Hauptkörper 812 und einen leitfähigen Griff 806, der an der Stelle, wo der Benutzer ihn anfasst, um den Stift 116 verläuft. In [Fig. 13d](#) ist ein Teil der Spitze 810 und des leitfähigen Griffes 806 wegge lassen, um den inneren Aufbau des fernen Endes des Stifts 116 zu zeigen. Der innere Aufbau ist ähnlich dem in [Fig. 13b](#), mit Ausnahme des freiliegenden Stücks der Schirmung 800' und der Führung eines kurzen Anschlussstücks („Pigtail“) 808 der Schirmung 800' unter den leitfähigen Griff 806. Wenn der Benutzer den Stift 116 an dem leitfähigen Griff 806 erfasst, wird er daher durch die elektrische Wechselwirkung des leitfähigen Griffes 806, der Schirmung 800' und des „Pigtails“ 808 geerdet. Für den leitfähigen Griff 806 können verschiedene Strukturen und Materialien verwendet werden, die von federbelasteten Metallringen bis zu leitfähigen Polymeren reichen. Ein solches leitfähiges Polymer kann ein kohlenstoffimprägniertes Polymer Kraton D-2104 (z.B. RTP 2799X66439) sein.

**[0048]** Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung mit dem Stift in [Fig. 13a](#) bis [Fig. 13d](#) werden

nachstehend ausführlich beschrieben.

**[0049]** In [Fig. 1](#) sind die Grundkomponenten des Systems zur Bestimmung der von einem Benutzer gewählten Position nach der vorliegenden Erfindung gezeigt. Sie umfassen eine zwei- oder dreidimensionale leitfähige Oberfläche **10** (zum Beispiel ein mit Kohlenstoff verstärkter Kunststoff oder eine leitfähige Beschichtung auf einer nicht leitenden Oberfläche) mit einem bestimmten spezifischen Widerstand mit drei daran angebrachten leitfähigen Kontakten **12, 14** und **16**. Die Kontakte **12, 14** und **16** sind jeweils über die Leiter **24, 26** bzw. **28** mit dem Prozessor **30** verbunden. Ebenfalls mit dem Prozessor **30** verbunden ist der Leiter **18** mit einem Stift **116**, an dessen andrem Ende eine Spitze **22** angebracht ist, die der Benutzer benutzt, um eine Position auf der Oberfläche **10** anzugeben, die ihn interessiert.

**[0050]** Wenn ein Benutzer, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, einen Punkt auf der Oberfläche **10** mit dem Stift **116** auswählt, wird eine Folge von Messungen durchgeführt, wie vorstehend allgemein beschrieben.

**[0051]** Zuerst misst der Prozessor **30**, ohne dass Signale an den Kontakten **12, 14** und **16** anstehen, den Gleichstrom-Offsetwert des Systems mit dem Stift **116**.

**[0052]** Als Nächstes wird ein Signal mit gleicher Amplitude an alle drei Kontakte **12, 14** und **16** angelegt und der Prozessor **30** misst den Vollausschlag-Signalwert mit dem Stift **116**.

**[0053]** Für die dritte Messung wird ein Signal mit der Amplitude der Vollausschlagmessung an einen der drei Kontakte angelegt, z.B. an Kontakt **12**, wobei ein zweiter Kontakt geerdet ist, z.B. Kontakt **14**, und die Signalmessung mit dem Stift **116** durchgeführt, der sich irgendwo auf einer Äquipotenziallinie zwischen diesen beiden Kontakten befindet (das heißt Linie X in [Fig. 2](#)).

**[0054]** Für eine vierte Messung wird das Signal an ein anderes Kontaktpaar angelegt, z.B. **12** und **16**, das geerdet wird, und die Signalmessung wird mit dem Stift **116** vorgenommen, der sich irgendwo auf einer Äquipotenziallinie zwischen diesen beiden Kontakten befindet (das heißt Linie Y in [Fig. 2](#)), wobei die Position des Stifts **116** der Schnittpunkt der Linien X und Y ist.

**[0055]** Die Werte für  $P_x$  und  $P_y$  werden dann nach den vorstehenden Gleichungen 1 und 2 berechnet.

**[0056]** Im tatsächlichen Betrieb kann jeder dieser Schritte von dem Prozessor **30** automatisiert werden, ohne dass der Benutzer bestimmte Messungen starten oder Signale umschalten muss.

**[0057]** Die Werte für  $P_x$  und  $P_y$  können dann als eine Adresse in einem Speicher im Prozessor **30** verwendet werden, aus dem Informationen für die mit dem Stift angegebene Position erhalten werden können. Dieses Verfahren kann auch verwendet werden, um die Adresse im Speicher zu bestimmen, an der Daten zunächst für einen späteren Abruf oder als Adresse für eine dezentrale Anzeige gespeichert werden sollen, die für einen beliebigen Zweck aktiviert werden soll.

**[0058]** Jede eindeutige Position auf der Oberfläche ist durch eine bestimmte Kombination von Werten für  $P_x$  und  $P_y$  definiert. Anhand der vorstehend beschriebenen Folge von Messungen kann die Position des Stifts auf der Oberfläche durch  $P_x$  und  $P_y$  angegeben werden, die als Äquipotenzialkoordinaten bezeichnet werden. Zusätzliche Berechnungen können vorgenommen werden, um die Position aus den Äquipotenzialkoordinaten bei Bedarf in ein anderes Koordinatensystem umzuwandeln. Die Umwandlung erfordert eine bekannte Zuordnung der Äquipotenzialkoordinaten in das gewünschte Koordinatensystem. Für ein Objekt aus einem homogenen leitfähigen Material oder dessen Widerstandsverteilung bekannt ist, kann die Zuordnung mathematisch bestimmt werden. Für Objekte, deren Widerstandsverteilung nicht bekannt ist, kann die Zuordnung der Äquipotenzialkoordinaten zu den gewünschten Koordinaten empirisch bestimmt werden. In jedem Fall kann die Zuordnung im Speicher des Mikroprozessors abgelegt werden, und die Umwandlungsberechnungen können mit dem Mikroprozessor ausgeführt werden.

**[0059]** [Fig. 3](#) zeigt denselben Ansatz zur Bestimmung der Werte für  $P_x$  und  $P_y$  auf einer Oberfläche mit einer Definitionsgleichung, die über die gesamte Oberfläche kontinuierlich ist, zum Beispiel eine Halbkugel wie gezeigt.

**[0060]** Die Oberfläche **10** nach der vorliegenden Erfindung besteht aus Materialien wie zum Beispiel kohlenstoffverstärkten Polymeren oder leitfähigen Beschichtungen (z.B. 3 M Velostat 1840 oder 1801), die sich leicht zu zwei- oder dreidimensionalen Oberflächen formen oder auf diese aufbringen lassen, auch auf Oberflächen mit komplexer Formgebung. Eine minimale Anzahl von Treiberschaltungen und Verbindungen zwischen dieser Oberfläche und der Erfassungselektronik ermöglicht eine weitere Reduzierung der Komplexität der elektronischen und mechanischen Aspekte der Verbindung der Oberfläche mit der Elektronik.

**[0061]** In den folgenden Abschnitten werden mehrere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung im Einzelnen beschrieben und beginnend mit [Fig. 4](#) illustriert.

**[0062]** Die in [Fig. 4](#) gezeigte Ausführungsform weist

ein rechteckiges Stück leitfähiges Material als Folie **100** auf (z.B. eine  $12 \times 12 \times 0,125$  Zoll große Folie aus einem kohlenstoffverstärkten Polymer wie 3 M Velostat 1801). Das leitfähige Material kann auch aus einem nicht leitenden Material mit einer leitfähigen Beschichtung wie z.B. Modell 599Y1249 von der Spraylat Corporation bestehen.

**[0063]** Nahe der Kante der Folie **100** und in elektrischem Kontakt zu dieser sind Kontakte **102**, **104** und **106** befestigt. Zwischen den Kontakten **102**, **104** und **106** auf der Folie **100** und den Kontakten **126**, **128** bzw. **130** des Signalgenerators **122** sind elektrisch leitende Zuleitungen **108**, **110** und **112** angeschlossen.

**[0064]** Der Signalgenerator **122** weist einen 60 kHz-Wechselstromsignalgenerator **124** auf, der dem Verstärker **134** den mit drei getrennten Anschlüssen (einer für jeden der Kontakte **102**, **104** und **106**) des Schalters **132** verbundenen nicht invertierten Ausgang des Verstärkers **134** und den mit drei Anschlüssen (einer für jeden der Kontakte **102**, **104** und **106**) des Schalters **136** verbundenen invertierten Ausgang des Verstärkers **134** zuführt. Außerdem sind die Kontakte **126**, **128** und **130** jeweils mit anderen Anschlüssen an jedem der Schalter **132** und **136** verbunden. In [Fig. 4](#) sind die Schalter **132** und **136** jeweils in geöffneter Stellung gezeigt (das heißt an keinem der Kontakte **126**, **128** und **130** liegt ein Signal an).

**[0065]** Die Position der Schalter **132** und **136** wird jeweils über die Kabel **138** bzw. **140** vom Mikroprozessor **142** gesteuert, so dass der Mikroprozessor **142** auswählen kann, welcher der Kontakte **102**, **104** und **106** durch den Schalter **132** über die zugehörige Steuerleitung ein 60 kHz-Signal erhält und welcher der Kontakte **102**, **104** und **106** durch den Schalter **136** über die zugehörige Steuerleitung ein invertiertes 60 kHz-Signal erhält.

**[0066]** Liegt an einem oder mehreren der Kontakte **102**, **104** und **106** ein 60 kHz-Wechselstromsignal an, wird dieses Signal durch das leitfähige Material der Folie **100** abgestrahlt und der Stift **116** wirkt als Antenne, wenn er in die Nähe der Oberfläche **100** gebracht wird. Ein mit dem Stift **116** erfasstes Signal wird über das geschirmte Kabel **118** wiederum der Signalmessstufe **120** zugeführt. Bei dieser Ausführungsform ist der Stift **116** vollkommen passiv und könnte einfach aus einer Kunststoffhülse hergestellt werden, die das Ende des geschirmten Kabels **118** umgibt, wobei an den letzten 1/8 Zoll des Kabels **118** am fernen Ende des Stifts **116** die Schirmung entfernt ist, so dass der Mittelleiter des Kabels **118** freilegt, um abgestrahlte Signale zu empfangen. Wenn sich die Spitze des Stifts nahe der Oberfläche des leitfähigen Materials **100** befindet, wird daher das abgestrahlte Signal von der Stiftantenne empfangen und als Eingangssignal der Signalmessstufe **120** zuge-

führt.

**[0067]** Die Signalmessstufe **120** weist einen Demodulator **144** auf, der mit dem Kabel **118** verbunden ist, wobei das von dem Stift **116** empfangene Signal demoduliert und das demodulierte Signal sodann als Signalpegel einem Analog-Digital-Wandler **146** zugeführt wird. Der Analog-Digital-Wandler **146** digitalisiert diesen Signalpegel und führt ihn dem Mikroprozessor **142** zu.

**[0068]** Durch die Verwendung eines Wechselstromsignals bei dieser Ausführungsform ist es möglich, dass der Stift **116** die von dem leitfähigen Material der Folie **100** abgestrahlten Signale empfangen kann, ohne in direktem Kontakt mit dem leitfähigen Material der Folie **100** zu sein. Dadurch ist es möglich, das leitfähige Material der Folie **100** mit einer Schicht eines nicht leitenden Materials zum Schutz vor unvermeidlichen Berührungen der Oberfläche der Folie **100** mit dem Stift **116** oder zur Anbringung von anwendungsspezifischen Grafiken auf der Berührungsfläche zu versehen, wobei der Stift **116** dennoch weiter als Antenne zum Empfangen eines Signals von der Folie **100** an einem ausgewählten Punkt dienen kann, das von der Signalmessstufe **120** gemessen werden soll.

**[0069]** Der Mikroprozessor **142** ist so programmiert, dass er die Durchführung einer Reihe von Messungen mit unterschiedlichen Sätzen von Kontakten **102**, **104** und **106** steuern kann, die entsprechend verbunden sind, um das 60 kHz-Signal oder das invertierte 60 kHz-Signal zu empfangen.

**[0070]** Nachdem ein Benutzer auf der Folie **100** eine ihn interessierende Position ausgewählt hat, führt das System nach der vorliegenden Erfindung eine Reihe von Messungen in schneller Folge durch (zum Beispiel im Zeitmultiplexverfahren), um die Position zu bestimmen, auf die der Stift **116** zeigt, und dem Benutzer die gewünschten Informationen zu liefern.

**[0071]** Die erste vorstehend beschriebene Messung wird hier als Signal<sub>OFFSET</sub> bezeichnet und umfasst das Einstellen der Schalter **132** und **136** auf die geöffneten Positionen. Danach erfasst der Mikroprozessor **142** den Signalpegel von der Signalmessstufe **120** und weist diesen Wert Signal<sub>OFFSET</sub> zu und speichert ihn im RAM **144**.

**[0072]** Die zweite vorstehend beschriebene Messung wird hier als Signal<sub>FULL</sub> bezeichnet und umfasst das gleichzeitige Anlegen eines 60 kHz-Wechselstromsignals an alle Kontakte **102**, **104** und **106** durch Schließen aller drei Kontaktsätze in Schalter **132**. Danach erfasst der Mikroprozessor **142** den Signalpegel von der Signalmessstufe **120** und weist diesen Wert Signal<sub>FULL</sub> zu und speichert ihn im RAM **144**.

**[0073]** Als Nächstes wählt der Mikroprozessor **142** ein Kontakt paar, z.B. **102** und **104**, für die nächste Messung aus. Für die vorliegende Beschreibung ist Kontakt **102** der Punkt A und zum Empfangen des 60 kHz-Wechselstromsignals über den Schalter **132** geschaltet. Der andere dieser beiden Kontakte, Kontakt **104**, der für die vorliegende Beschreibung Punkt B ist, ist zum Empfangen des invertierten 60 kHz-Wechselstromsignals über den Schalter **136** geschaltet. Der dritte Kontakt **106** ist nur mit den offenen Schalterabschnitten in den beiden Schaltern **132** und **136** verbunden. Danach speichert der Mikroprozessor **142** den Signalpegel von der Signalmessstufe **120** im RAM **144** und weist diesem Wert den Namen  $Signal_{RAW-AB}$  zu.

**[0074]** Zwischen den aktivierten Kontakten **102** und **104** könnte aufgrund der Wirkung des verteilten Widerstands in dem leitfähigen Material der Folie **100** eine Signalpegel-Äquipotenzialkarte **114A** gezeichnet werden. Signaläquipotenzialkarten wie zum Beispiel **114A**, **114B** und **114C**, einschließlich der Form und Werte der Signalpegellinien mit gleichem Potenzial, sind im ROM **146** gespeichert. Wie in Electromagnetics von John D. Kraus und Keith R. Carver, McGraw-Hill, 1973, S. 266 bis 278, diskutiert, werden diese Signaläquipotenzialkarten durch Finden der eindeutigen Lösung der Laplace-Gleichung ( $\nabla^2 v = 0$ ) erzeugt, die die Grenzbedingungen für die Folie **100** und jedes Kontakt paar erfüllt. Es gibt viele Methoden zur Lösung der Laplace-Gleichung für ein Objekt, einschließlich unter anderem direkter mathematischer Lösungen, graphischer Punkt-für-Punkt-Computermodelle und der empirischen Bestimmung. Für homogenes leitfähiges Material und einfache Formen kann ohne weiteres eine direkte mathematische Lösung erhalten werden. Für Materialien, deren Homogenität, Form oder Kontaktanordnung sich nicht für andere Methoden eignen, kann eine empirische Bestimmung angewendet werden.

**[0075]** Bei der empirischen Bestimmung wird ein Koordinatensystem ausgewählt und der Vorrichtung überlagert. Um die Karte für ein bestimmtes Kontakt paar, z.B. **102** und **104**, zu bestimmen, werden die Kontakte in der gleichen Weise wie vorstehend für die Messung von  $Signal_{RAW-AB}$  aktiviert. An jedem Schnittpunkt des gewählten Koordinatensystems wird der Wert von  $Signal_{RAW-AB}$  gemessen. Wenn die gewählte Schnittpunktauflösung ausreichend fein ist, kann die Aquipotenzialkarte direkt durch Finden der Punkte gewonnen werden, die denselben Messwert enthalten. Andernfalls können die Aquipotenziallinien durch Interpolation zwischen den Messpunkten berechnet werden.

**[0076]** Für die dritte Messung wählt der Mikroprozessor **142** ein anderes Kontakt paar aus, z.B. **102** und **106**. Der Kontakt **102** wird, wie vorstehend beschrieben, wieder als Punkt A bezeichnet, und ist als

einiger Kontakt zum Empfangen des 60 kHz-Wechselstromsignals über den Schalter **132** geschaltet. Der andere Kontakt **106**, der für die vorliegende Beschreibung als Punkt C bezeichnet wird, ist zum Empfangen des invertierten 60 kHz-Signals über den Schalter **136** geschaltet. Danach speichert der Mikroprozessor **142** den Signalpegel von der Signalmessstufe **120** und weist diesem Wert den Namen  $Signal_{RAW-AC}$  zu.

**[0077]** Die beiden Signale  $Signal_{RAW-AB}$  und  $Signal_{RAW-AC}$  werden nicht nur durch den Materialwiderstand zwischen den Kontakten, sondern auch durch eine Reihe anderer Faktoren beeinflusst, einschließlich der Höhe des Stifts **116** von der Oberfläche des leitfähigen Materials der Folie **100**, der Lage oder des Winkels des Stifts **116** und Änderungen in der Schaltung aufgrund von Umwelt Schwankungen, Alterung oder anderer Faktoren. Das Signal  $Signal_{FULL}$  wird gleichermaßen durch die Höhe, Lage und Schaltungsänderungen beeinflusst, hat jedoch eine konstante Signaläquipotenzialkarte, weshalb der Wert von  $Signal_{FULL}$  zur Normalisierung der Werte von  $Signal_{RAW-AB}$  und  $Signal_{RAW-AC}$  verwendet werden kann, um die Wirkungen von Höhe, Lage und Schaltungsänderungen anhand der nachstehenden Formel zu entfernen:

$$Signal_{NORM} = Signal_{RAW}/Signal_{FULL} \quad (3)$$

**[0078]** Sowohl  $Signal_{RAW}$  als auch  $Signal_{FULL}$  werden durch bestimmte Änderungen in der Schaltung beeinflusst, die einen Gleichstrom-Offset in den Endwerten bewirken. Die Gleichung 3 kann bei Bedarf modifiziert werden, um diese Wirkungen zu entfernen, wie in der nachstehenden Gleichung 4 gezeigt:

$$Signal_{NORM} = (Signal_{RAW} - Signal_{OFFSET})/(Signal_{FULL} - Signal_{OFFSET}) \quad (4)$$

**[0079]** Durch Anwenden einer der Formeln aus Gleichung 3 oder 4 auf jedes  $Signal_{RAW-AB}$  und  $Signal_{RAW-AC}$  können die normalisierten Signale  $Signal_{NORM-AB}$  und  $Signal_{NORM-AC}$  erhalten werden.

**[0080]** Unter Verwendung der vorbestimmten Signalkarte **114A** und des Werts  $Signal_{NORM-AB}$  kann die Position des Stifts **116** auf eine einzige Signalpegellinie wie z.B. **115** zwischen den Kontakten **102** und **104** aufgelöst werden.

**[0081]** Anhand der vorbestimmten Signalkarte **114B** und des Werts  $Signal_{NORM-AC}$  kann eine weitere Signalpegellinie in der Signalkarte **114B** zwischen den Kontakten **102** und **106** bestimmt werden. Die Position des Stifts **11b** wird dann auf den Punkt P aufgelöst, an dem die durch  $Signal_{NORM-AB}$  in **114A** gewählte Signalpegellinie die durch  $Signal_{NORM-AC}$  in **114B** gewählte Signalpegellinie schneidet.

**[0082]** Die Verwendung des aufgelösten Punkts P wird vom Mikroprozessor **142** durch Vergleichen des Werts von  $Signal_{FULL}$  mit einem vorbestimmten Schwellenwert qualifiziert, um zu bestimmen, ob das empfangene Signal gültig ist. Dieser Schwellenwert wird im Allgemeinen empirisch bestimmt, um die Auflösungsanforderungen der Anwendung oder des Benutzers zu erfüllen. Wenn die Höhe des Stifts **116** von der Oberfläche des leitfähigen Materials der Folie **100** verringert wird, wird das empfangene Signal stärker und die Auflösung der Position ist präziser. Einige Anwendungen wie zum Beispiel Zeichentablets erfordern eventuell einen bestimmten Höhenschwellenwert, um die Betriebserwartungen des Benutzers zu erfüllen. Bei diesen Anwendungen erwarten die Benutzer, dass das System die Stiftposition erst bestätigt, wenn die Spitze in Kontakt mit der Oberfläche ist. Für andere Anwendungen kann ein höherer oder niedriger Auflösungsgrad sinnvoll sein. Die Anwendung kann den Höhenschwellenwert wählen, der ihren Anforderungen am ehesten entspricht. Wenn ein  $Signal_{FULL}$ -Schwellenwert für eine bestimmte Anwendung erfüllt ist, gilt der aufgelöste Punkt P als gültig.

**[0083]** Die vorstehend beschriebenen Messungen werden nacheinander durchgeführt, und jede Messung kann typischerweise innerhalb von 4 Millisekunden erfolgen, so dass die gesamte Abfolge in 12 bis 16 Millisekunden abgeschlossen ist. Dies ist wichtig, weil die Messsequenz schnell abgeschlossen werden muss, damit Änderungen der Stiftposition zwischen den Messungen minimiert werden. Deutlich kürzere Abtastzeiten können verwendet werden, sofern die Möglichkeiten des Signalmessgeräts entsprechend gewählt werden.

**[0084]** Zur Unterstützung einer Anwendung, die das Messen einer Folge von Stiftpositionen in schneller Folge erfordert, muss eine Abtastzeit gewählt werden, die erheblich schneller als die Bewegung des Stifts ist. Eine Anwendung, die eine Erfassung aufeinander folgender Stiftpositionen erfordert, ist zum Beispiel ein elektronisches Zeichenbrett, bei dem die Folge von Punkten eine Linie bildet. Für eine Anwendung dieser Art können Abtastzeiten in der Größenordnung von 200 Mikrosekunden erforderlich sein.

**[0085]** Bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform erzeugt der Signalgenerator **122** ein 60 kHz-Wechselstromsignal, aber alternativ könnte auch ein Gleichstromspannungspegel verwendet werden. Mit einem Gleichstromsignal anstelle des 60 kHz-Signals entfällt die Möglichkeit zur Erfassung der Position des Stifts ohne die Herstellung des Kontakts zwischen dem Stift **116** und dem leitfähigen Material der Folie **100**. Weil ein direkter Kontakt zwischen dem Stift und dem Material hergestellt wird, fließen die Wirkungen der Höhe und Lage des Stifts nicht mehr in die Messung von  $Signal_{RAW}$  ein, denn Stifthöhe und -lage sind die dominierende Ursache

von Schwankungen bei der Messung von  $Signal_{RAW}$ . Die Ausschaltung der Stifthöhe und -lage aus der Messung verringert oder beseitigt die Notwendigkeit zur Normalisierung von  $Signal_{RAW}$  mit  $Signal_{FULL}$ .

**[0086]** Weitere Messungen (Kontakte **104** bis **106**, d.h. B bis C) können ebenfalls vorgenommen werden, um mit einer minimalen Anzahl von Messungen den Punkt genauer zu bestimmen bzw. zu bestätigen, auf den der Stift **116** gesetzt wird. Der Mikroprozessor **142** könnte auch dafür programmiert sein, die Messungen zu filtern, um Änderungen aufgrund der Bewegung des Stifts **116** abzuschwächen und die Auflösung zu erhöhen.

**[0087]** Synchrone Erfassungsverfahren im Empfangsmodulator verbessern die Rauschunempfindlichkeit erheblich. Das empfangene Signal wird mit einem FET-Schalter (z.B. DG441) mit dem gesendeten Signal multipliziert. Das erhaltene multiplizierte Signal wird dann integriert, um die Gleichstromkomponente zu bestimmen. Dieses integrierte Signal wird dem Analog-Digital-Wandler zur Umwandlung zugeführt. Das Resultat der Multiplikation und Integration besteht darin, dass nur Empfangssignale mit derselben Frequenz und Phase wie das Sendesignal erfasst werden. Solche Signale gelten als synchron mit dem Sender, was die Bezeichnung synchrone Demodulation erklärt. Eine effektive Rauschunempfindlichkeit wird erreicht, weil Rauschquellen im Allgemeinen nicht synchron mit dem Sender sind und daher nach Multiplikation und Integration nicht zu sehen sind. Nur der gewünschte Anteil des Sendesignals, das von dem Empfangsstift erfasst worden ist, wird gemessen.

**[0088]** Zur Verbesserung der Genauigkeit nahe den Kanten einer leitfähigen Oberfläche können spezielle Verfahren benutzt werden. Auf Oberflächen mit bestimmten Formen können die Linien gleichen Potenzials (Äquipotenziallinien) an den Kanten nahezu parallel verlaufen, was die Positionsgenauigkeit verringert. Der Abstand zur Kante kann aus  $Signal_{FULL}$  allein abgeschätzt werden, da  $Signal_{FULL}$  nahe der Kante meist etwas abfällt. Die Anwendung einer Schätzung der Entfernung von der Kante bis zu dem durch den Schnittpunkt von zwei Äquipotenziallinien nahe der Kante bestimmten Punkt kann in bestimmten Fällen zu einer Verbesserung der Positionsgenauigkeit beitragen.

**[0089]** Wenn zwei elektrisch isolierte Oberflächen an derselben Kante enden, zum Beispiel am Äquator eines aus isolierten nördlichen und südlichen Halbkugeln bestehenden Globus, können ähnliche Verfahren verwendet werden, um die Positionsgenauigkeit nahe der Kante zu verbessern. In diesen Fällen kann der Abstand von der Kante durch Vergleichen von  $Signal_{FULL}$  für beide Oberflächen und Anwenden des Verhältnisses von  $Signal_{FULL-A}$  zu  $Signal_{FULL-B}$  abge-

schätzt werden, um dazu beizutragen, die Wirkungen von Höhe und Lage auszuschalten.

**[0090]** Nachdem die vom Benutzer angegebene Position bestimmt ist, kann das System für eine Anwendung benutzt werden, bei der für die betreffende Position relevante Informationen zuvor in dem Gesamtsystem gespeichert worden sind oder gespeichert werden sollen. Um diese Anwendung zu ermöglichen, sind der RAM **144**, der ROM **146**, die Audio-/Videokarte **150** und das CD-ROM-Laufwerk **156** über einen Datenbus mit dem Mikroprozessor **142** verbunden. Wenn die Oberfläche **100** zum Beispiel ein Karten-Overlay aufweist, können Informationen im ROM **146** oder auf einer CD im CD-ROM-Laufwerk **156** gespeichert sein, die dem Benutzer in akustischer oder optischer Form über die Audio-/Videokarte **150** und den Lautsprecher **154** oder den Monitor **152** ausgegeben werden können.

**[0091]** Der Kontaktwiderstand der Verbindungen zwischen den Kontakten **102**, **104** und **106** und dem leitfähigen Material der Folie **100** kann eine wesentliche Rolle bei der Definition der absoluten Signalpegel in den Signalkarten (**114A**, **114B** und **114C**) spielen. Dieser Kontaktwiderstand beeinflusst den Absolutwert des Signalpegels, hat aber nur geringe Wirkung auf die Form oder Verteilung der Signallinien. In bestimmten Fällen kann der Kontaktwiderstand zwischen einem Kontakt und dem leitfähigen Material der Folie **100** einen ähnlichen oder höheren Wert als der Widerstand durch das leitfähige Material zwischen unterschiedlichen Kontakten haben. Der Widerstand zwischen einem einzelnen Kontakt und dem leitfähigen Material verändert sich im Zeitverlauf auch aufgrund von chemischen oder mechanischen Faktoren. Der Widerstand zwischen Kontakt und leitfähigem Material kann bei industriell hergestellten Produkten auch von Gerät zu Gerät unterschiedlich sein.

**[0092]** Zum automatischen Ausgleich von unterschiedlichen Widerständen zwischen Kontakt und leitfähigem Material, die bei der Ausführungsform in [Fig. 4](#) durch Berechnung berücksichtigt werden, ist eine weitere Ausführungsform der vorliegenden Erfindung in [Fig. 5](#) gezeigt. Wie ein Vergleich von [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) zeigt, sind viele Elemente der beiden Schaltungsvarianten identisch und in gleicher Weise miteinander verbunden, insbesondere die Folie **100**, die Signalmessstufe **120**, der Mikroprozessor **142** und die zugehörigen Komponenten, der Signalgenerator **124**, der Verstärker **134** und die Schalter **132** und **136**. Die zusätzlichen Elemente in [Fig. 5](#), die nachstehend beschrieben werden, dienen zum automatischen Ausgleich der vorstehend erwähnten Widerstandsunterschiede.

**[0093]** Der erste Unterschied zwischen den beiden Abbildungen liegt im Aufbau der an der Folie **100** an-

gebrachten Kontakte. In [Fig. 5](#) ist, einfach ausgedrückt, ein einzelner Kontakt, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, durch ein Paar verbundener Kontakte ersetzt worden. Ein erster Kontakt des verbundenen Paares wird jeweils als der Punkt verwendet, an dem der Signalgenerator angeschlossen ist, während der zweite Kontakt des verbundenen Paares als der Punkt verwendet wird, an dem die Messungen des Signalpegels erfolgen und an dem Korrekturen des an dem ersten Kontakt des betreffenden verbundenen Paares eingespeisten Signalpegels vorgenommen werden, so dass das Signal an dem Messpunkt einen bekannten Pegel aufweist.

**[0094]** Kontakt **102** in [Fig. 4](#) ist zum Beispiel durch das verbundene Paar **202a** und **202b** in [Fig. 5](#) ersetzt worden. Bei dieser Ausführungsform könnte der Kontakt **202a** ein Kontakt mit einem Durchmesser von 0,0625 Zoll sein, der an der gleichen Stelle auf der Folie **100** angeordnet ist, wie der Kontakt **102** in [Fig. 4](#), und als Einspeisepunkt für ein Signal in das leitfähige Material der Folie **100** verwendet wird. In gleicher Weise könnte der Kontakt **202b** ein Kontakt mit einem Durchmesser von 0,0625 Zoll sein, der 0,25 Zoll von Kontakt **202a** entfernt angeordnet ist und als der Punkt verwendet wird, an dem der Signalpegel an dem zugehörigen Punkt auf der Folie **100** gemessen wird.

**[0095]** Der zweite Unterschied gegenüber der Ausführungsform in [Fig. 4](#) ist die Verbindung des Ausgangsanschlusses jedes Verstärkers **220**, **224** und **228** mit zwei Eingangsanschlüssen (z.B. MC4558) mit den Kontakten **202a**, **204a** bzw. **206a**. Der positive Eingangsanschluss der Verstärker **220**, **224** und **228** ist jeweils mit einem anderen der Ausgangsanschlüsse der Schalter **132** und **136** verbunden. Der negative Eingangsanschluss der Verstärker **220**, **224** und **228** ist jeweils mit einem anderen der „b“-Kontakte jedes an der Folie **100** angebrachten verbundenen Paares verbunden (d.h. die Kontakte **202b**, **204b** und **206b**).

**[0096]** Wenn das Eingangssignal den Widerstand des Kontakts passiert, nimmt der Signalpegel ab. Ändert sich der Kontaktwiderstand, ändert sich der Signalpegel umgekehrt proportional zur Änderung des Kontaktwiderstands. Wenn daher eine solche Änderung des Eingangssignalpegels auf andere Weise umgekehrt kompensiert wird, wird jede Änderung des Signalpegels aufgrund einer Änderung des Kontaktwiderstands negiert. Der Fachmann, der sich mit der „Closed-Loop-Feedback“-Theorie auskennt, wird erkennen, dass die „b“-Kontakte der Folie **100** ein Rücksignal zu den Steuerverstärkern **202A**, **204a** und **206a** für die „a“-Kontakte liefern, so dass diese Verstärker einen durch den Kontaktwiderstand bedingten Rückgang des Signalpegels erkennen können und die nötige Signalverstärkung zum Ausgleich des Verlusts liefern.

**[0097]** Ein alternatives Verfahren zum Ausgleich des Kontaktwiderstands besteht darin, den aktuellen Wert des Kontaktwiderstands zu bestimmen und die Absolutwerte in der Signalkarte auf der Grundlage einer Änderung des Kontaktwiderstandswerts zu korrigieren. Die in [Fig. 6](#) gezeigte Ausführungsform erfüllt diese Funktion.

**[0098]** Beim Vergleich der Ausführungsformen in [Fig. 9](#) und [Fig. b](#) sind mehrere Ähnlichkeiten festzustellen, unter anderem die Folie **100** mit den Kontakten **102**, **104** und **106**, der Stift **116** und das geschirmte Kabel **118**, die Signalmessstufe **120**, der Mikroprozessor **142** und die zugehörigen Komponenten und der Signalgenerator **122**. Die neue Komponente hier ist der Vierstellungsschalter **301**, mit dem gewählt werden kann, welches Signal unter der Steuerung des Mikroprozessors **142** über die Leitung **302** an den Eingangsanschluss des Demodulators **144** in der Signalmessstufe **120** angelegt wird. Die vier möglichen Signaleingangsquellen sind der Stift **116** und jeder der Kontakte **102**, **104** und **106** auf der Folie **100**.

**[0099]** Für jede Position auf der Signalkarte zwischen zwei Punkten bewirkt eine Änderung des Widerstands des Kontaktes, durch den Strom fließt, eine Änderung des gemessenen Signalwerts. Bei einer vorbestimmten oder berechneten Signalkarte wie zum Beispiel **114A** zwischen den Kontakten **102** und **104** in [Fig. 4](#) bewirkt eine Änderung des Kontaktwiderstands an Kontakt **102** eine Änderung der Absolutwerte auf der Signalkarte, aber nicht der Verteilung oder Form der Signalkarte. Änderte sich der Kontaktwiderstand an **104** und würde der neue Kontaktwiderstand gemessen, könnte der Mikroprozessor die vorbestimmte oder berechnete Signalkarte korrigieren, um den geänderten Kontaktwiderstand auszugleichen.

**[0100]** Zum Messen und Berechnen der Änderungen des Kontaktwiderstands an den drei Kontakten **102**, **104** und **106** in [Fig. 6](#) werden drei zusätzliche Messungen durchgeführt. Diese Messungen können zu der Folge von Messungen für  $Signal_{\text{FULL}}$ ,  $Signal_{\text{OFF-SET}}$ ,  $Signal_{\text{RAW-AB}}$  und  $Signal_{\text{RAW-AC}}$  hinzugefügt werden. Für die vorliegende Beschreibung werden die Kontakte **102**, **104** und **106** mit A, B und C bezeichnet. Für die erste zusätzliche Messung wählt der Mikroprozessor den Kontakt **102** aus, an den das 60 kHz-Wechselstromsignal über den Schalter **132** angelegt wird, und den Kontakt **104**, an den das invertierte 60 kHz-Wechselstromsignal über den Schalter **136** angelegt wird. Das Signalmessgerät wird über den Schalter **301** mit einem festen Punkt, Kontakt **106**, verbunden. Danach speichert der Mikroprozessor den Signalpegel von der Signalmessstufe im RAM als Signal.

**[0101]** Für die zweite zusätzliche Messung wird an

den Kontakt **102** das 60 kHz-Wechselstromsignal und an den Kontakt **106** das invertierte 60 kHz-Wechselstromsignal angelegt. Der feste Punkt, Kontakt **104**, wird mit dem Signalmessgerät verbunden. Danach speichert der Mikroprozessor den Signalpegel von der Signalmessstufe im RAM als  $Signal_B$ . Für die dritte Messung wird an den Kontakt **104** das 60 kHz-Wechselstromsignal angelegt und der Kontakt **106** mit dem invertierten 60 kHz-Wechselstromsignalanschluss des Verstärkers **134** verbunden. Der feste Punkt, Kontakt **102**, wird mit dem Signalmessgerät verbunden. Danach speichert der Mikroprozessor den Signalpegel von der Signalmessstufe im RAM als  $Signal_A$ .

**[0102]** Die gemessenen Signalpegel können daher durch die Gleichungen 5a bis 5c definiert werden:

$$Signal_C = Signal_{\text{IN}}[(X \cdot R_{AB} + R_A) / (R_A + R_{AB} + R_B)] \quad (5a)$$

$$Signal_B = Signal_{\text{IN}}[(Y \cdot R_{AC} + R_A) / (R_A + R_{AC} + R_C)] \quad (5b)$$

$$Signal_A = Signal_{\text{IN}}[(Z \cdot R_{BC} + R_B) / (R_B + R_{BC} + R_C)] \quad (5c)$$

wobei:

$Signal_{\text{IN}}$  der zwischen zwei Kontakten injizierte Signalpegel ist,

$R_{AB}$ ,  $R_{AC}$  und  $R_{BC}$  die Bahnwiderstände des Materials zwischen den Kontakten A und B, A und C bzw. B und C sind,

X, Y und Z die Verteilung des Bahnwiderstands an dem Messpunkt zwischen den beiden Steuerkontakten definieren und

$R_A$ ,  $R_B$  und  $R_C$  die Kontaktwiderstände an den Kontakten A, B bzw. C sind.

**[0103]** Die Werte für  $Signal_{\text{IN}}$ , X, Y, Z,  $R_{AB}$ ,  $R_{AC}$  und  $R_{BC}$  sind konstante Werte, die für ein bestimmtes Gerät gemessen und/oder berechnet werden und im Speicher des Mikroprozessors gespeichert sind. Damit verbleibt eine Folge von drei simultanen Gleichungen mit drei Variablen, d.h.  $R_A$ ,  $R_B$  und  $R_C$ . Der Mikroprozessor kann diese simultanen Gleichungen für die Werte von  $R_A$ ,  $R_B$  und  $R_C$  lösen, woraufhin er die Signalwerttabellen auf der Grundlage der neuen Werte für  $R_A$ ,  $R_B$  und  $R_C$  korrigieren kann.

**[0104]** Ein alternatives Verfahren zur Ansteuerung eines Kontaktpaars und Messung mit einem Empfänger, der mit dem Stift verbunden ist, ist die Verwendung des Stifts und eines der Kontakte als Steuermechanismus und die Durchführung der Messung mit einem der anderen Kontakte. Eine Folge von Messungen könnte vorgenommen werden, wobei ein anderer Kontakt als der Steuerkontakt und ein weiterer Kontakt als der Messkontakt ausgewählt werden.

**[0105]** Ein alternatives Steuer- und Messverfahren wird durch die Verwendung des Frequenzmultiplexverfahrens möglich. Die bisher beschriebenen Ver-

fahren umfassen eine Folge von zeitlich getrennten Messschritten. Bei einem Frequenzmultiplexverfahren werden Paare von Kontaktstellen gleichzeitig mit Signalen unterschiedlicher Frequenz angesteuert. Daher ist das von dem Stift empfangene Signal ein Mischsignal dieser Signale unterschiedlicher Frequenz und wird auf mehrere unabhängige Signalmessgeräte (das heißt sortiert nach Frequenz) verteilt, die das entsprechende Signal jeweils gleichzeitig messen. Die mehreren Messgeräte nach dieser Ausführungsform sind dafür eingerichtet, Signale in schmalen Frequenzbändern zu messen. Dieses Messverfahren bietet die Möglichkeit der Positionsmessung in kürzerer Zeit, jedoch mit einem komplizierteren Signalsteuerungs- und Messwerterauswertungssystem.

**[0106]** Bei der Umsetzung der vorliegenden Erfindung zur Verwendung in einem bestimmten Gerät sind verschiedene Design-Kompromisse möglich. Zur Verbesserung der Auflösung kann ein Signalerzeugungs- und Messsystem mit einer höheren Auflösung verwendet werden. Alternativ kann die Anzahl der Kontaktstellen erhöht und ein optimierter Algorithmus implementiert werden, der Teilmengen der Kontaktstellen verwendet, um Stiftberührungen auf verschiedenen Bereichen der Oberfläche aufzulösen. Eine weitere Alternative könnte die Auswahl eines leitfähigen Materials und eines Herstellungsverfahrens sein, das einen homogeneren spezifischen Widerstand in der Oberfläche liefert. Dies erhöht die Auflösung und ermöglicht berechnete anstelle von gemessenen Signalkarten. Ist das verwendete Material nicht homogen, besteht eine andere Methode zur Erzielung einer höheren Auflösung in der Messung einer umfassenderen Signalkarte, die im Speicher des Mikroprozessors gespeichert ist.

**[0107]** Die in [Fig. 4](#), [Fig. 5](#), [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) beschriebenen Ausführungsformen umfassen einen Stift, der durch den Leiter **118** mit dem Rest des Erfassungssystems verbunden ist. Dieser Leiter kann durch eine Datenübertragungsverbindung ersetzt werden, die keinen festen Anschluss des Stifts an das System mit einem Leiter erfordert. Ein HF-Sender mit geringer Leistung könnte in den Stift integriert oder an diesem angebracht werden, und ein kompatibler HF-Empfänger könnte an dem Signalmessgerät angebracht werden. Über den HF-Sender und den HF-Empfänger würde dann die Datenübertragungsverbindung realisiert, die der Leiter **118** bereitstellt.

**[0108]** Die vorliegende Erfindung kann erweitert werden, um andere zwei- oder dreidimensionale Formen einzuschließen, sowohl mit einer Oberflächenform, deren Neigung sich stufenlos ändert (z.B. eine Kugel- oder Sattelform) als auch mit scharfkantigen Formen (z.B. ein Würfel oder eine Pyramide), so lange die Widerstandsfläche über diese Neigungsänderungen und um diese scharfen Kanten herum konti-

nuierlich ist.

**[0109]** Bei einer weiteren in [Fig. 7](#) gezeigten Ausführungsform kann die Position des Stifts **116** auf einer Kugel erfasst werden. Bei dieser Ausführungsform weist eine Kugel **400**, hergestellt aus einem leitfähigen Material des gleichen Typs wie bei den anderen Ausführungsformen, vier daran angebrachte Kontaktstellen **401**, **402**, **403** und **404** auf. Um alle Punkte auf der Oberfläche einer geschlossenen dreidimensionalen Form (z.B. einer Kugel) unterscheiden zu können, müssen die Kontaktstellen so angeordnet werden, dass keine der durch jede mögliche Kombination von drei beliebigen dieser Kontaktstellen definierten Ebenen durch den Mittelpunkt der Kugel verläuft. Wie nahe diese gedachten Ebenen dem Mittelpunkt der Kugel kommen können (das heißt die Platzierung der Kontaktstellen), wird durch die Auflösung des Signalmessgeräts und die Genauigkeit der vorbestimmten oder berechneten Signalaquipotenzialkarte bestimmt, die den Punkt bestimmt, auf den der Stift zeigt.

**[0110]** Die Berechnung der Position entspricht daher im Wesentlichen der Beschreibung für ein Kontaktpaar, so dass diese Beschreibung und die Ansprüche auch diese Variante einschließen.

**[0111]** Zum Auflösen der Position des Stifts **116** auf der zweidimensionalen Fläche der rechteckigen Folie **100** nach der Ausführungsform in [Fig. 4](#) waren drei Messungen für  $Signal_{FULL}$ ,  $Signal_{RAW-AB}$  und  $Signal_{RAW-AC}$  erforderlich, weil sich, wie vorstehend mit Bezug auf [Fig. 2](#) beschrieben, die Äquipotenziallinien für jede der Messungen AB und AC nur in einem Punkt schneiden können. Für eine Kugel wie in [Fig. 7](#) sind jedoch vier Messungen erforderlich, um die Position vollständig aufzulösen. Wenn zum Beispiel Kontakt **401** Punkt A, Kontakt **402** Punkt B, Kontakt **403** Punkt C und Kontakt **404** Punkt D ist, ist die Messung von  $Signal_{FULL}$  bei gleichzeitiger Ansteuerung aller vier Punkte eine Messung, und drei Messungen von den sechs möglichen Paarkombinationen der vier Kontaktstellen müssen durchgeführt werden, nämlich drei von den möglichen Messungen  $Signal_{RAW-AB}$ ,  $Signal_{RAW-AC}$ ,  $Signal_{RAW-AD}$ ,  $Signal_{RAW-BC}$ ,  $Signal_{RAW-BD}$  oder  $Signal_{RAW-CD}$ . Das Berechnen der drei  $Signal_{NORM}$ -Werte wie in der vorstehenden Gleichung (3) und das Auftragen dieser Werte auf den jeweiligen Signalkarten liefert die eindeutige Auflösung aller Punkte auf der Kugel. Werden zwei  $Signal_{NORM}$ -Werte aufgetragen, schneiden sich die Äquipotenziallinien an zwei Stellen auf gegenüberliegenden Seiten der Kugel. Der dritte  $Signal_{NORM}$ -Wert wird verwendet, um zu bestimmen, welcher der beiden Schnittpunkte derjenige ist, auf den der Stift zeigt. Im Einzelnen würde, wenn das an dem vierten Punkt gemessene Signal mit dem Signal von einem der anderen beiden Punkten verwendet würde, die zum Lokalisieren der ersten beiden alternativen Punkte verwendet wurden, diese Kombination als Ergebnis zwei mögliche Punkte auf

der Kugel liefern, wobei jedoch einer dieser beiden Punkte mit einem der beiden zuvor bestimmten Punkte übereinstimmt, und dieser übereinstimmende Punkt ist der tatsächlich interessierende Punkt auf der Kugel.

[0112] Wie bereits kurz in Zusammenhang mit [Fig. 4](#) erwähnt, könnte eine Anwendung der vorliegenden Erfindung ein interaktiver Globus der Erde, des Monds, eines Planeten, eines Sterns oder auch eines künstlichen Körpers oder Planeten für ein interaktives Spiel sein. Zwei mögliche Ausführungen eines solchen Globus sind in [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) gezeigt. Die Hauptunterschiede zwischen den Ausführungsformen in diesen Abbildungen bestehen darin, dass in [Fig. 10](#) die leitfähige Oberfläche eine Kugel ist, während die leitfähige Oberfläche in [Fig. 11](#) in Form von zwei Halbkugeln ausgebildet ist.

[0113] [Fig. 10](#) zeigt das vorstehend anhand von [Fig. 7](#) beschriebene System in modifizierter Form für eine Weltkugel. Daher haben die Elektronikkomponenten im unteren Teil von [Fig. 11](#) dieselben Bezugszeichen und funktionieren in gleicher Weise wie in [Fig. 7](#). In [Fig. 10](#) ist eine leitfähige Kugel **603** mit vier Kontaktpunkten **604**, **605**, **606** und **607** auf der Innenseite der Kugel **603** vorgesehen, wobei die Kontaktpunkte jeweils mit einem der vier isolierten Leiter in dem Kabel **608** an einem Ende dieser Leiter verbunden sind. Das Kabel **608** tritt durch eine kleine Öffnung an der Unterseite der Kugel **603** aus dieser aus, wobei das andere Ende der Leiter in Kabel **603** an die entsprechenden Abschnitte der Schalter **422** und **432** angeschlossen ist.

[0114] Zur Darstellung der geographischen Einzelheiten des Globus sind zwei Vinylüberzüge **601** und **602**, hier als die nördliche und südliche Halbkugel der Erde gezeigt, über die Kugel **603** gezogen. Wenn ein Benutzer den Stift **116** benutzt, um auf einen Ort auf dem Globus zu zeigen, bestimmt die Elektronik die Koordinaten der ausgewählten Position, wie vorstehend in Zusammenhang mit [Fig. 7](#) beschrieben, da die hier verwendete Elektronik der dortigen Beschreibung entspricht. Die eindeutige Position auf der Oberfläche des Globus ist daher durch die Äquipotenzialkoordinaten definiert, die dann von dem Mikroprozessor **142** (zum Beispiel mit einer Verweistabelle) den Globuskoordinaten (das heißt Längen- und Breitengrad) zugeordnet werden, die der ausgewählten Position auf dem Globus entsprechen.

[0115] Eine Datenbank mit interessanten Informationen zu verschiedenen Punkten auf der Welt, zum Beispiel der Lage von Ländern und ihren Namen, Hauptstädten und Bevölkerungszahlen, kann im RAM **144** entsprechend dem jeweils gewünschten Koordinatensystem gespeichert sein. Wenn ein Benutzer einen Punkt auf dem Globus mit dem Stift **116** auswählt, bestimmt der Mikroprozessor **142** die Koordinaten

naten der betreffenden Position und veranlasst das Abrufen der relevanten Informationen für diese Position aus der Datenbank, um sie dem Benutzer zum Beispiel über die Audio-/Videokarte **150** und den Lautsprecher **154** auszugeben.

[0116] Eine alternative Ausführungsform der Weltkugel ist in [Fig. 11](#) gezeigt, wobei leitfähige Halbkugeln **701** und **702**, die voneinander elektrisch isoliert sind, die leitfähigen Oberflächen für den Globus bilden. Hier sind die Halbkugeln **701** und **702** mit ihren nahe beieinander liegenden Kanten mit einem durchgehenden oder mehreren (z.B. drei) starren, nicht leitenden Distanzstück(en) verbunden, das bzw. die jeweils an den Kanten der beiden Halbkugeln **701** und **702** befestigt sind, um den Abstand und die elektrische Isolierung aufrechtzuerhalten. Alternativ kann ein nicht leitender Kleber zwischen den Kanten der Halbkugeln **701** und **702** verwendet werden. Danach werden Vinylüberzüge **601** und **602** mit den geographischen Informationen über die beiden Halbkugeln gezogen, wie vorstehend in Bezug auf [Fig. 11](#) beschrieben.

[0117] Bei dieser Ausführungsform weist jede Halbkugel drei Kontaktpunkte auf, die jeweils an der Innenkante angebracht sind, wobei die Halbkugel **701** die Kontaktpunkte **710**, **711** und **712** und die Halbkugel **702** die Kontaktpunkte **740**, **741** und **742** aufweist. Hier ist jede Halbkugel mit einer kleinen Öffnung in der Polkappe gezeigt, durch die Kabel **730** bzw. **750** mit drei isolierten Leitern geführt sind, wobei ein Ende jedes isolierten Leiters mit den drei Punkten auf der Innenkante der entsprechenden Halbkugel verbunden ist. Das andere Ende der Kabel **730** und **750** ist jeweils mit einem Paar getrennter Schalter im Signalgenerator **722** verbunden. Für die obere Halbkugel **701** ist das Kabel **730** mit den Schaltern **770** und **771** verbunden, während für die untere Halbkugel **702** das Kabel **750** mit den Schaltern **772** und **773** verbunden ist.

[0118] Ein Vergleich von [Fig. 11](#) mit [Fig. 4](#) zeigt, dass obwohl sich die Ausführungsform in [Fig. 4](#) auf eine Oberfläche und die in [Fig. 11](#) auf ein Paar von Oberflächen bezieht, die einzige Schaltungsänderung zwischen den Signalgeneratoren nach der jeweiligen Ausführungsform in der Hinzufügung eines zweiten Paares von Schaltern für die zweite Oberfläche bei der Ausführungsform in [Fig. 11](#) besteht. Der Rest des Signalgenerators ist in beiden Fällen gleich, wobei der Verstärker **134** mit beiden Schalterpaaren **770** und **771** und **772** und **773** verbunden ist. Dies ist möglich, weil es nur einen Stift **116** gibt und jeweils nur ein Punkt auf dem Globus ausgewählt werden kann (das heißt der ausgewählte Punkt kann jeweils nur auf einer Halbkugel liegen). Daher wird jede Halbkugel als eine unabhängige Positionserfassungsfläche behandelt.

**[0119]** Um zu bestimmen, auf welche der Halbkugeln **701** und **702** der Benutzer mit dem Stift **116** gezeigt hat, ist der Mikroprozessor **142** programmiert, eine Reihe von Messungen durchzuführen. Wenn der Stift **116** auf den ausgewählten Punkt auf einer der Halbkugeln zeigt, werden zuerst, wie bei vielen der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen, Signal<sub>FULL</sub> und Signal<sub>OFFSET</sub> für jede Halbkugel unabhängig voneinander gemessen. Danach wird der Unterschied zwischen den Messwerten für jede Halbkugel (das heißt Signal<sub>FULL-701</sub> – Signal<sub>OFFSET-701</sub> und Signal<sub>OFFSET-702</sub> – Signal<sub>OFFSET-702</sub>) bestimmt und im RAM **144** gespeichert. Kurz gesagt, Signal<sub>FULL</sub> wird durch Anlegen des 60 kHz-Wechselstromsignals an alle Kontaktpunkte auf der Oberfläche gemessen, und Signal<sub>OFFSET</sub> wird gemessen, wenn alle entsprechenden Schalterkontakte im Signalgenerator **722** für die betreffende Oberfläche offen sind. Nachdem diese Unterschiedswerte bestimmt sind, werden diese jeweils mit einem zuvor ausgewählten Schwellenwert verglichen. Der Schwellenwert wird empirisch bestimmt, und typischerweise wird der Wert gemessen, wenn die Stiftspitze sich innerhalb von 0,10 Zoll von der Oberfläche befindet. Danach wird registriert, welcher dieser Unterschiedswerte gegebenenfalls den Schwellenwert überschreitet und zwar mit der größten Marge, wobei die entsprechende Halbkugel als jene identifiziert wird, auf die der Stift **116** zeigt.

**[0120]** Nachdem die betreffende Halbkugel bestimmt worden ist, berechnet der Mikroprozessor **142** mit der vorstehend in Zusammenhang mit [Fig. 4](#) beschriebenen Folge von Berechnungen die ausgewählte Position. Daher werden auf der identifizierten Halbkugel vier Messungen – Signal<sub>FULL</sub> Signal<sub>OFFSET</sub>, Signal<sub>RAW-AB</sub> und Signal<sub>RAW-AC</sub> – durchgeführt, und die Werte von Signal<sub>NORM-AB</sub> und Signal<sub>NORM-AC</sub> werden wie in Gleichung 4 berechnet, wobei diese Werte eine eindeutige Position auf der betreffenden Halbkugel angeben.

**[0121]** Die durch die Werte von Signal<sub>NORM-AB</sub> und Signal<sub>NORM-AC</sub> angegebene eindeutige Position zusammen mit den Ergebnissen der Schwellenwertprüfung zur Bestimmung dessen, welche Halbkugel den Benutzer interessiert, können dann mit Hilfe einer Verweistabelle für die ausgewählte Halbkugel, soweit erforderlich, um den Längen- und Breitengrad des ausgewählten Punkts in einem Standard-Erdkoordinatensystem zu erhalten, einem Ort auf dem Globus zugeordnet werden. Danach kann der Mikroprozessor **142**, wie für [Fig. 11](#) beschrieben, dem Benutzer die für den ausgewählten Punkt gespeicherten Informationen über die Audio-/Videokarte **150** und den Lautsprecher **154** oder mit einem anderen gewünschten Medium (z.B. Drucker, Monitor usw.) oder einer Kombination von Medien ausgeben.

**[0122]** Während die vorstehenden Beschreibungen der verschiedenen Ausführungsformen der vorlie-

genden Erfindung auf eine Vielzahl von Formen und Anwendungen für die vorliegende Erfindung eingehen, handelt es sich bei den angesprochenen Formen und Anwendungen sicher nicht um eine erschöpfende Liste. Diese Liste ließe sich problemlos um viele andere Formen und Anwendungen erweitern, und die vorstehend beschriebenen Verfahren könnten ohne weiteres auf jede einzelne davon ausgedehnt werden. Daher ist die vorliegende Erfindung nicht ausschließlich auf den Umfang der vorstehenden Beschreibungen beschränkt, sondern lediglich durch den Umfang der anliegenden Ansprüche.

## Patentansprüche

1. Elektrographische Sensoreinheit zur Ausgabe von Schall in Reaktion auf die Bestimmung, daß ein Benutzer einen Ort bezeichnet, aufweisend:  
einen Erfassungsstift (**116**), der von einem Benutzer zur Bezeichnung eines Orts verwendbar ist und folgendes enthält:  
eine erste leitfähige Einrichtung (**802**) mit einer sich zwischen einem nahen und einem fernen Ende erstreckenden Länge,  
eine zweite leitfähige Einrichtung (**800**), die von der ersten leitfähigen Einrichtung (**802**) elektrisch isoliert ist, über einen Bereich der Länge der ersten leitfähigen Einrichtung (**802**) diese umgibt und elektrisch mit einem Signalneutralen Punkt verbunden ist, und  
einen Hauptkörper (**116**) zur Aufnahme der ersten und der zweiten leitfähigen Einrichtung (**802**, **800**), wobei außen am Hauptkörper (**116**) ein elektrischer Kontakt vorhanden ist, der elektrisch mit der zweiten leitfähigen Einrichtung (**800**) verbunden ist und eine elektrische Verbindung zwischen dieser und einem Benutzer herstellen kann, der den Stift ergreift,  
eine Feld-erzeugende Einrichtung (**100**) zur Erzeugung eines veränderlichen elektrischen Felds, das in der ersten leitfähigen Einrichtung (**802**) ein elektrisches Signal induzieren kann,  
einen Prozessor (**147**), der auf den Empfang von elektrischen Signalen anspricht, die in der ersten leitfähigen Einrichtung (**802**) induziert werden, und  
einen Lautsprecher (**154**), der unter Ausgabe von Schall auf den Prozessor (**147**) anspricht.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der elektrische Kontakt mittels eines Lochs (**804**) im Hauptkörper (**116**) vorgesehen ist, das mindestens einen Teil der zweiten leitfähigen Einrichtung (**800**) frei läßt und bewirken kann, daß ein Benutzer, der den Stift ergreift, die zweite leitfähige Einrichtung (**800**) berührt und dabei eine elektrische Verbindung zwischen ihm und der zweiten leitfähigen Einrichtung (**800**) herstellt.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei der elektrische Kontakt einen leitfähigen Griff (**806**) und einen elektrischen Verbinder (**808**) aufweist, der eine elektrische Verbindung zwischen dem leitfähigen Griff

und der zweiten leitfähigen Einrichtung (800) bewirkt.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, wobei der leitfähige Griff (808) ein leitfähiges Polymer beinhaltet.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei das leitfähige Polymer Kohlenstoff-imprägnierte Kraton D.2104 enthält.

6. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite leitfähige Einrichtung (800) die gesamte Länge der ersten leitfähigen Einrichtung (802) mit Ausnahme eines Bereichs der ersten leitfähigen Einrichtung (802) an ihrem nahen Ende umgibt.

7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin aufweisend:

ein Kabel (118), das mit dem Erfassungsstift (116) an dessen von dem nahen Ende der ersten leitfähigen Einrichtung (802) entfernten Ende verbunden ist, wobei die erste und die zweite leitfähige Einrichtung (802, 800) über die gesamte Länge des Kabels (118) innerhalb des Kabels verlaufen, und einen ersten Verbinder sowie einen zweiten Verbinder, die an dem vom Erfassungsstift (116) entfernten Ende des Kabels (118) vorgesehen sind und die erste und die zweite leitfähige Einrichtung (802, 800) mit dem Prozessor (147) verbinden.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Prozessor (147) Messungen eines elektrischen Felds vornehmen kann, das von der Feld-erzeugenden Einrichtung (100) in der Gegend des genannten Bereichs der ersten leitfähigen Einrichtung (802) erzeugt wird, der nicht von der zweiten leitfähigen Einrichtung (800) umgeben ist, indem er relative Werte von über den ersten und den zweiten Verbinder erhaltenen elektrischen Signalen verwendet, und auf der Grundlage der vorgenommenen Messungen Daten auswählen und ausgeben kann.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, weiterhin aufweisend:  
einen Speicher, der Ausgabeinformationen enthält, wobei der Prozessor (147) auf den Empfang von in der ersten leitfähigen Einrichtung (802) induzierten elektrischen Signalen ansprechen kann, um aus dem Speicher Ausgabeinformationen auszuwählen und diese zu verwenden, um den Lautsprecher (154) zur Ausgabe von Schall zu veranlassen.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei der Speicher eingerichtet ist, Ausgabeinformationen und Ortsinformationen einander zuzuordnen, wobei der Prozessor (147) Messungen von von der Feld-erzeugenden Einrichtung (100) erzeugten Feldern vornehmen und diese Messungen zur Bestimmung des Orts des Bereichs der ersten leitfähigen Einrichtung (802)

verwenden kann, der nicht von der zweiten leitfähigen Einrichtung (800) umgeben ist, und mittels des Speichers Informationen auswählen und ausgeben kann, die dem Ort zugeordnet sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Feld-erzeugende Einrichtung (100) folgendes aufweist:

eine Elektrodeneinrichtung, die einen Bereich festlegt, in dem Orte bezeichnet werden können, mehrere elektrische Kontakte (102–106), die an verschiedenen Stellen mit der Elektrodeneinrichtung verbunden sind, und eine Steuereinrichtung (122), um die Elektrodeneinrichtung auf ausgewählte Weise zu veranlassen, im Bereich, in dem Orte bezeichnet werden können, ein elektrisches Feld zu erzeugen.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, wobei die Elektrodeneinrichtung, die Steuereinrichtung (122) und die elektrischen Kontakte (102–106) so eingerichtet sind, daß im Betrieb

während einer ersten Zeitspanne eine Spannung gleichzeitig an einen ersten Satz der elektrischen Kontakte (102–106) angelegt wird, so daß während dieser ersten Zeitspanne über den gesamten Bereich ein erstes Feld erzeugt wird, und

während einer zweiten Zeitspanne eine Spannung gleichzeitig an einen zweiten Satz der elektrischen Kontakte (102–106) angelegt wird, so daß während der zweiten Zeitspanne über den gesamten Bereich ein zweites Feld erzeugt wird,

wobei der Prozessor (147) den vom Erfassungsstift (116) bezeichneten Ort aus dem Wert des vom Erfassungsstift (116) erfaßten Felds während der ersten Zeitspanne und dem Wert des vom Erfassungsstift (116) erfaßten Felds während der zweiten Zeitspanne bestimmen kann.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, wobei der vom Benutzer bezeichnete Ort im Betrieb bestimmt wird, indem die Steuereinrichtung (122) das Anlegen ausgewählter Signale an verschiedene Kombinationen der elektrischen Kontakte (102–106) veranlaßt, und ein gemessenes Signal, das in Reaktion auf das jeweilige Anlegen von Signalen in der ersten leitfähigen Einrichtung (802) des Erfassungsstifts (116) induziert wird, vom Prozessor (147) zur Berechnung des bezeichneten Orts verwendet wird, wobei eine erste Messung durchgeführt wird, indem die elektrischen Kontakte (102–106) jeweils unbeschaltet gemacht werden und unter Verwendung des Erfassungsstifts (116) ein Offset-Signal des Orts, Signal<sub>OFFSET</sub>, gemessen wird,

eine zweite Messung vorgenommen wird, indem das gleiche Signal an einen Satz der elektrischen Kontakte (102–106) angelegt und unter Verwendung des Erfassungsstifts (116) ein volles Signal an dem Ort, Signal<sub>FULL</sub>, gemessen wird, eine dritte Messung vorgenommen wird, indem zwi-

schen ersten zweien der elektrischen Kontakte (**102–106**) ein Signal angelegt wird, wobei die übrigen elektrischen Kontakte unverbunden bleiben und der Wert des zwischen den ersten beiden elektrischen Kontakten angelegten Signals eine feste Beziehung zum Wert des für die zweite Messung verwendeten Signals aufweist, und indem unter Verwendung des Erfassungsstifts (**116**) ein Rohsignal zwischen den ersten beiden Kontaktpunkten, Signal-

<sub>RAW-FIRST-TWO</sub> gemessen wird,

eine vierte Messung vorgenommen wird, indem ein Signal zwischen zweien zweien der elektrischen Kontakte (**102–106**) angelegt wird, wobei die übrigen elektrischen Kontakte (**102–106**) unverbunden bleiben und der Wert des zwischen den zweien beiden elektrischen Kontakten angelegten Signals eine feste Beziehung zum Wert des für die zweite Messung verwendeten Signals aufweist, und indem zwischen den zweien beiden Kontaktpunkten unter Verwendung des Erfassungsstifts (**116**) ein Rohsignal, Signal-

<sub>RAW-FIRST-TWO</sub>, gemessen wird, und

den bezeichneten Ort darstellende Koordinaten berechnet werden, indem die folgenden Gleichungen verwendet werden:

$$P_{\text{FIRST-TWO}} = (\text{Signal}_{\text{RAW-FIRST-TWO}} - \text{Signal}_{\text{OFFSET}}) / (\text{Signal}_{\text{FULL}} - \text{Signal}_{\text{OFFSET}}),$$

und

$$P_{\text{SECOND-TWO}} = (\text{Signal}_{\text{RAW-SECOND-TWO}} - \text{Signal}_{\text{OFFSET}}) / (\text{Signal}_{\text{FULL}} - \text{Signal}_{\text{OFFSET}})$$

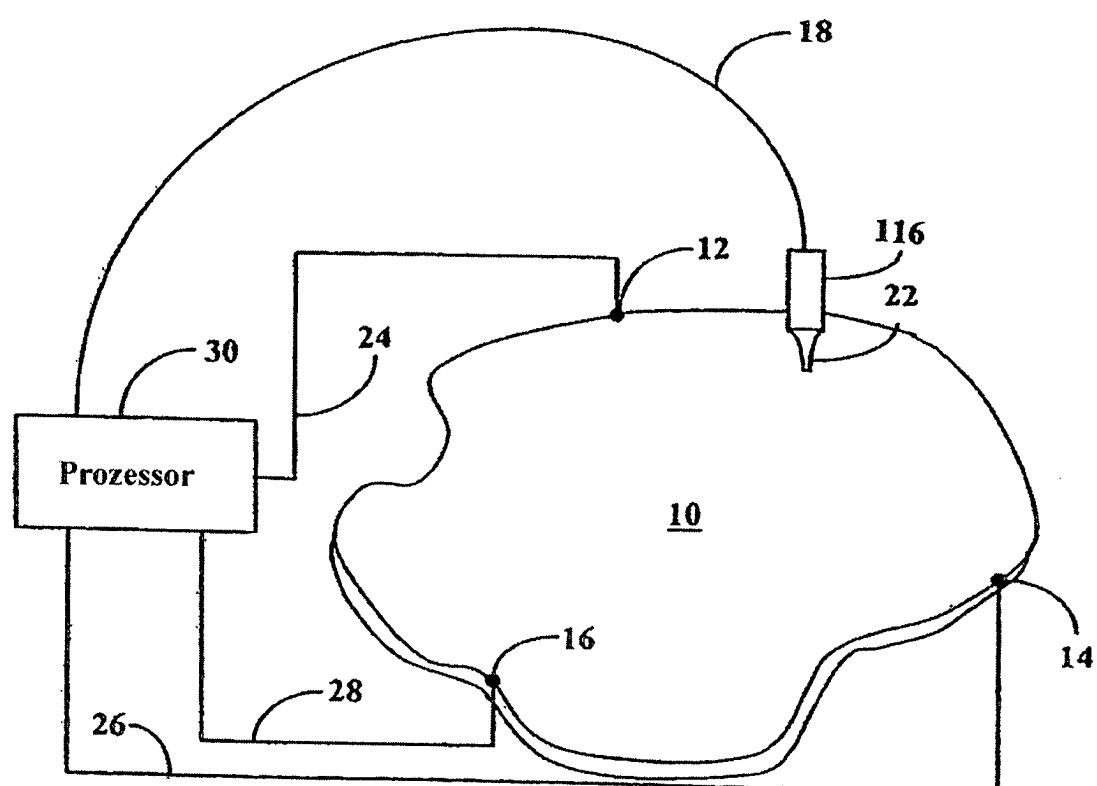
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, wobei die Elektrodeneinrichtung als geschlossene dreidimensionale Form ausgebildet ist und die elektrischen Kontakte (**102–106**) vier Kontaktpunkte beinhalten, die einen Abstand voneinander aufweisen und elektrisch mit der Elektrodeneinrichtung (**100**) verbunden sind, und wobei eine fünfte Messung vorgenommen wird, indem zwischen dritten zweien der elektrischen Kontakte ein Signal angelegt wird, wobei die übrigen elektrischen Kontakte unverbunden bleiben und der Wert des zwischen den dritten beiden elektrischen Kontakten angelegten Signals eine feste Beziehung zum Wert des für die zweite Messung verwendeten Signals aufweist, und indem zwischen den dritten beiden Kontaktpunkten unter Verwendung des Erfassungsstifts (**116**) ein Rohsignal, Signal<sub>RAW-THIRD-TWO</sub>, gemessen wird, und eine den bezeichneten Ort darstellende weitere Koordinate berechnet wird, indem die folgende Gleichung verwendet wird:

$$P_{\text{THIRD-TWO}} = (\text{Signal}_{\text{RAW-THIRD-TWO}} - \text{Signal}_{\text{OFFSET}}) / (\text{Signal}_{\text{FULL}} - \text{Signal}_{\text{OFFSET}})$$

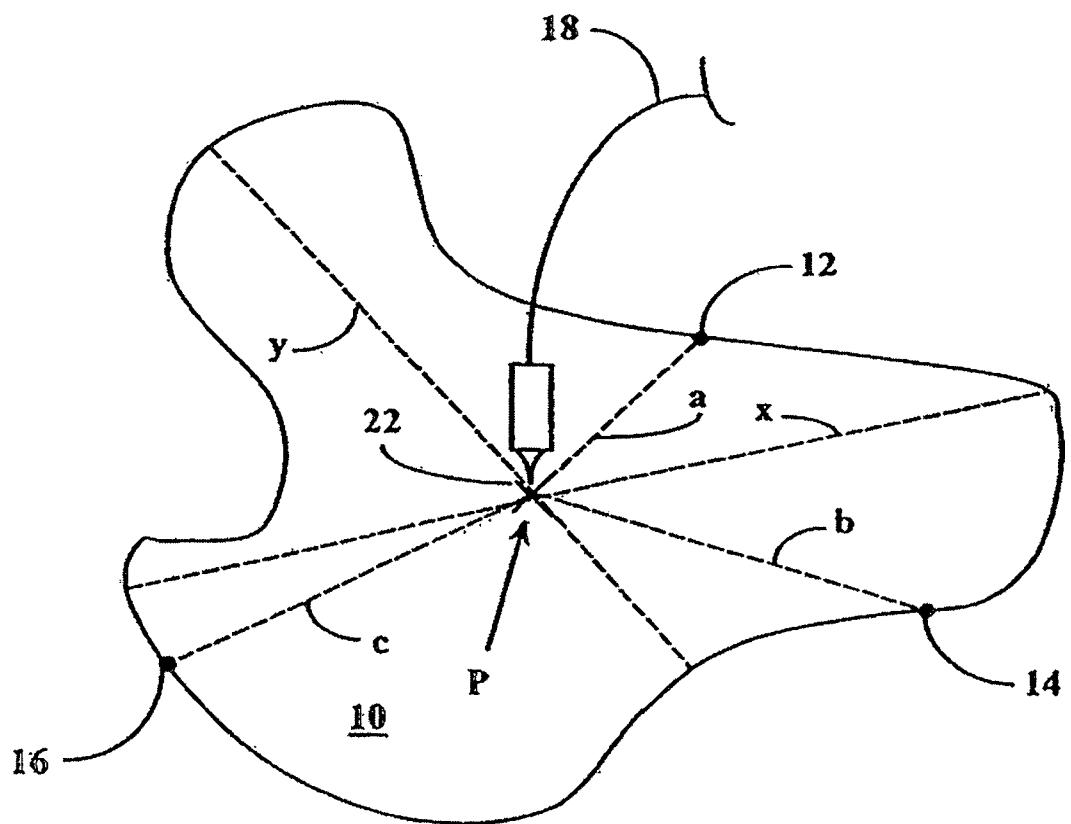
15. Vorrichtung nach Anspruch 13 oder 14, wobei der Prozessor (**147**) eine vorbestimmte Signalkarte

für Felder speichern kann, die von der Elektrodeneinrichtung erzeugt werden, wobei die berechneten Koordinaten in Verbindung mit der Signalkarte verwendet werden, um die berechneten Koordinaten für die Ausgabe von Werten zu übersetzen, die dem vom Benutzer bezeichneten Ort entsprechen.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen



*Fig. 1*



*Fig. 2*

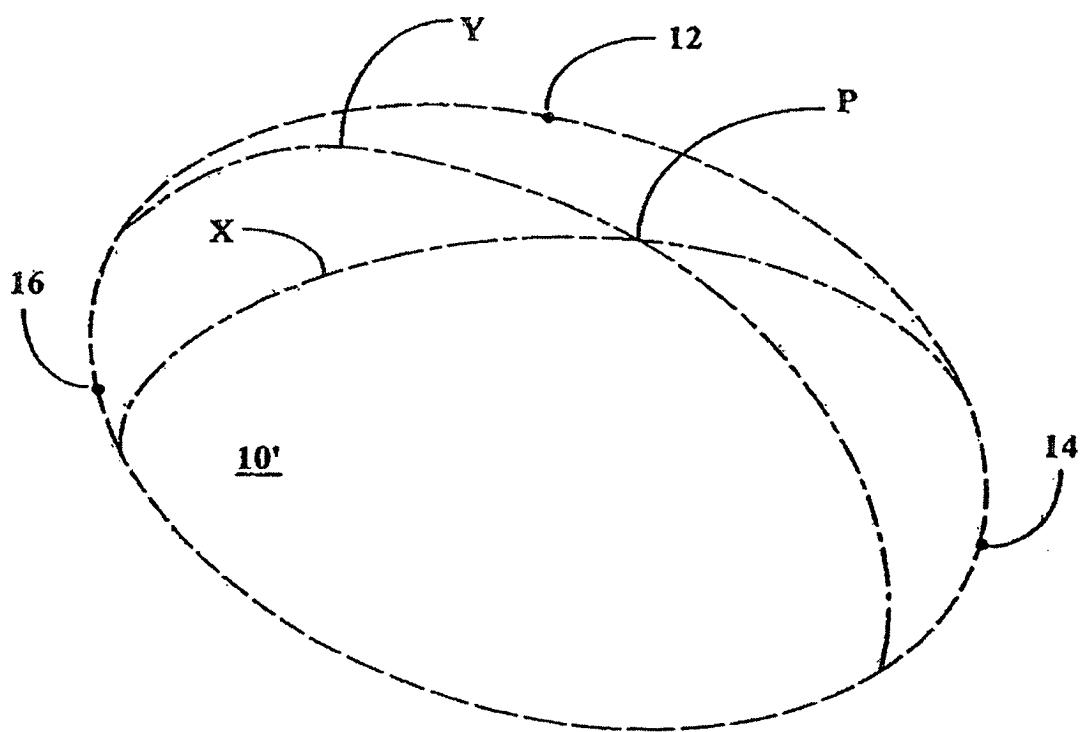


Fig. 3

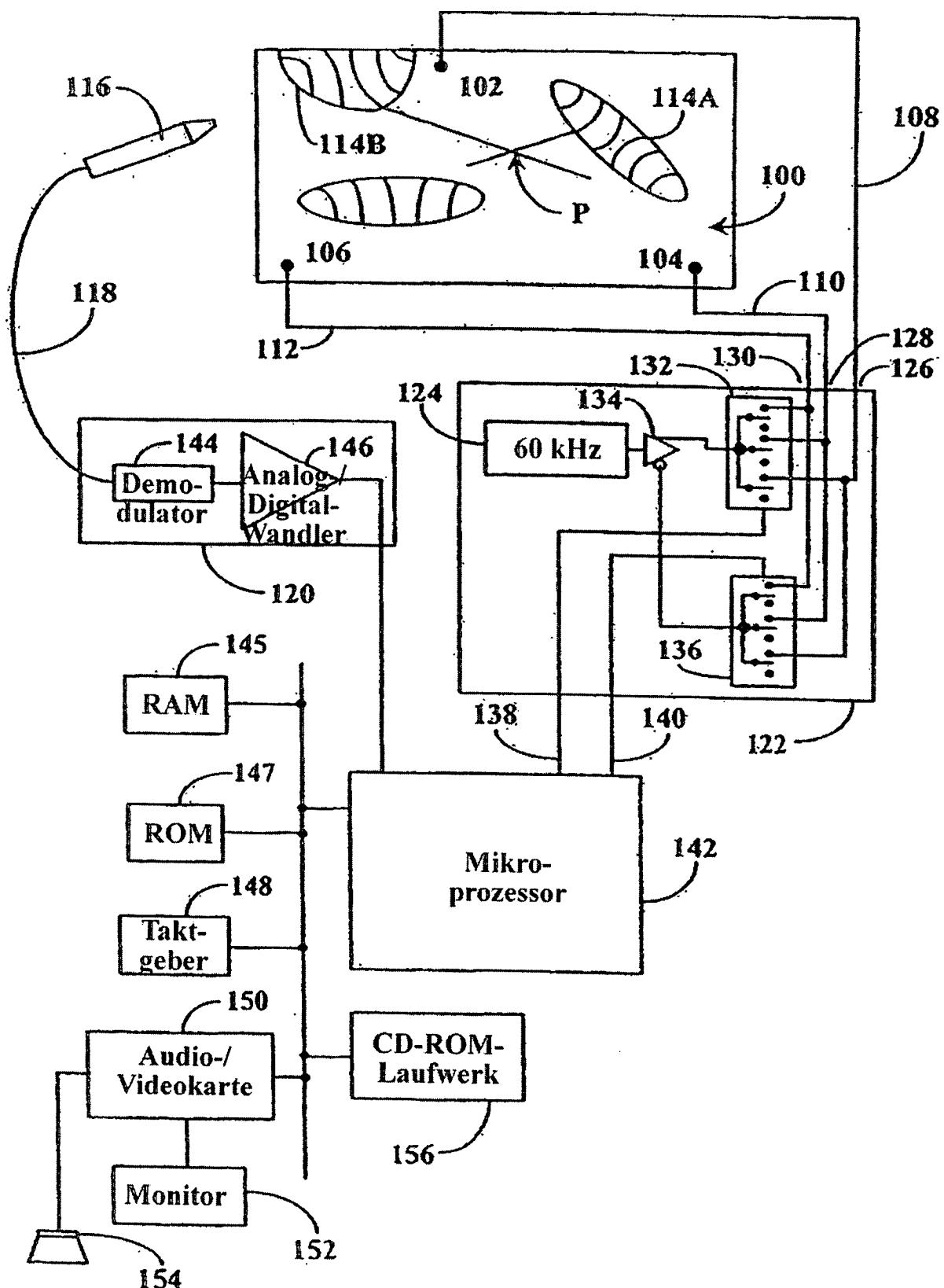


Fig. 4

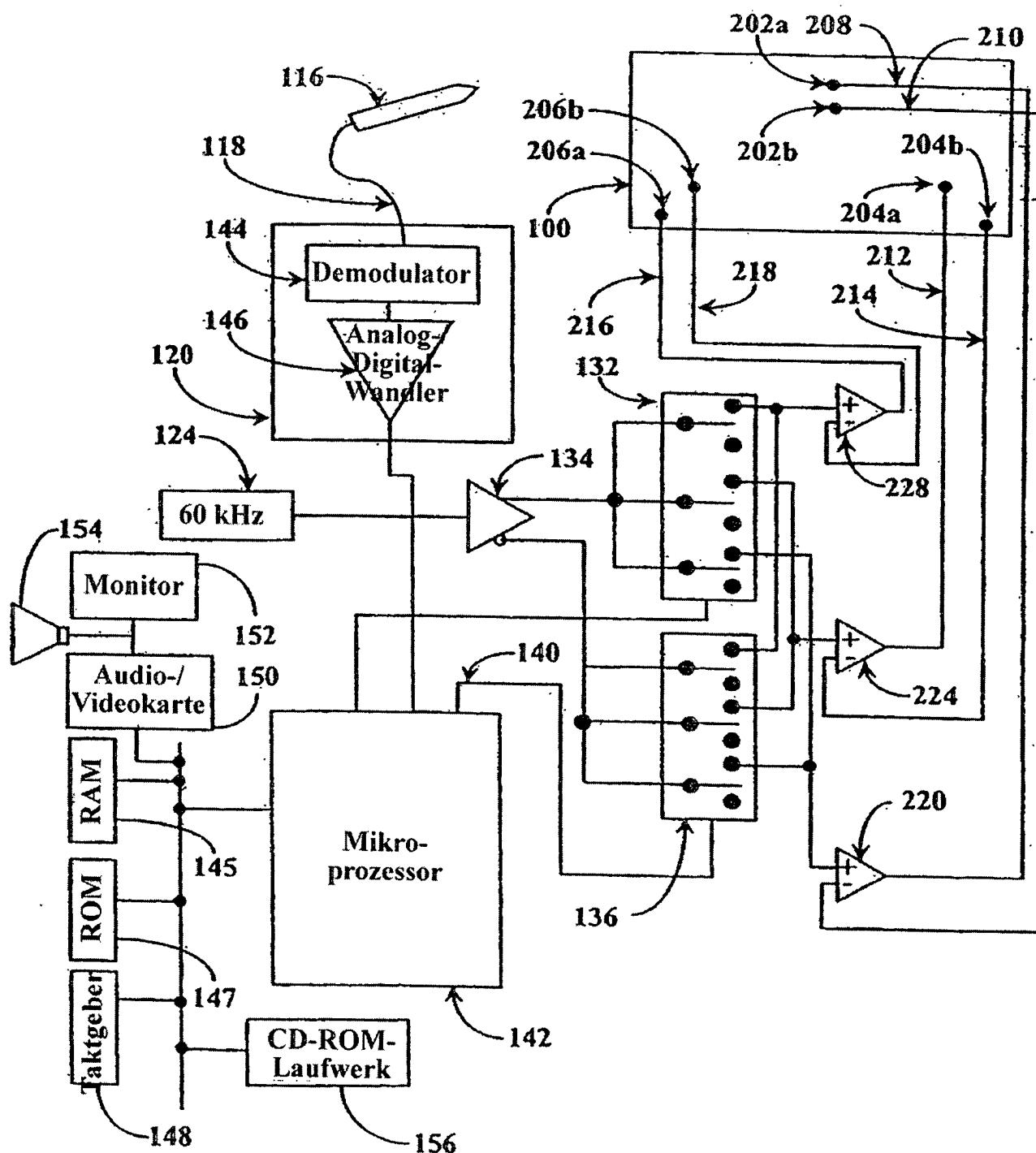


Fig. 5

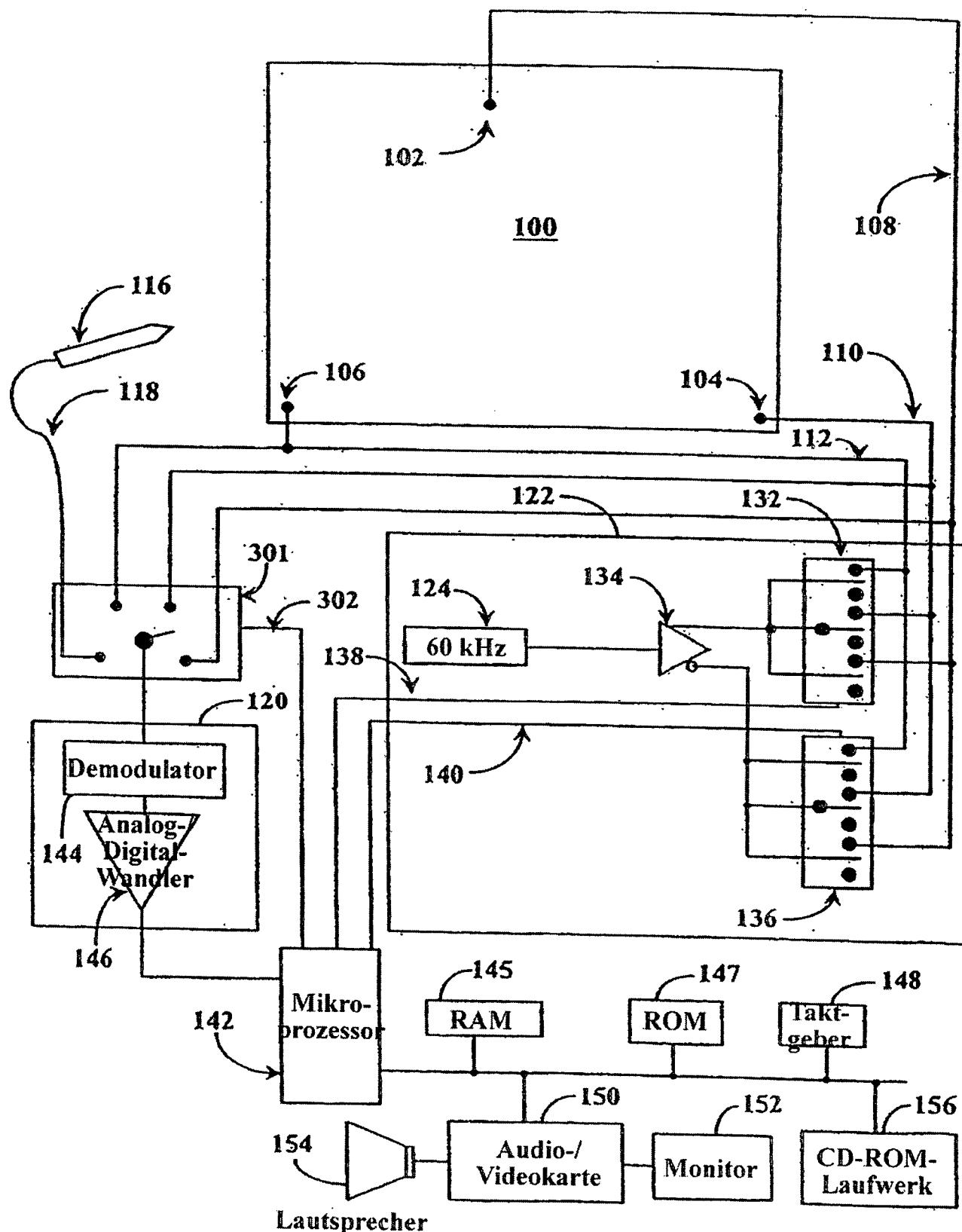


Fig. 6

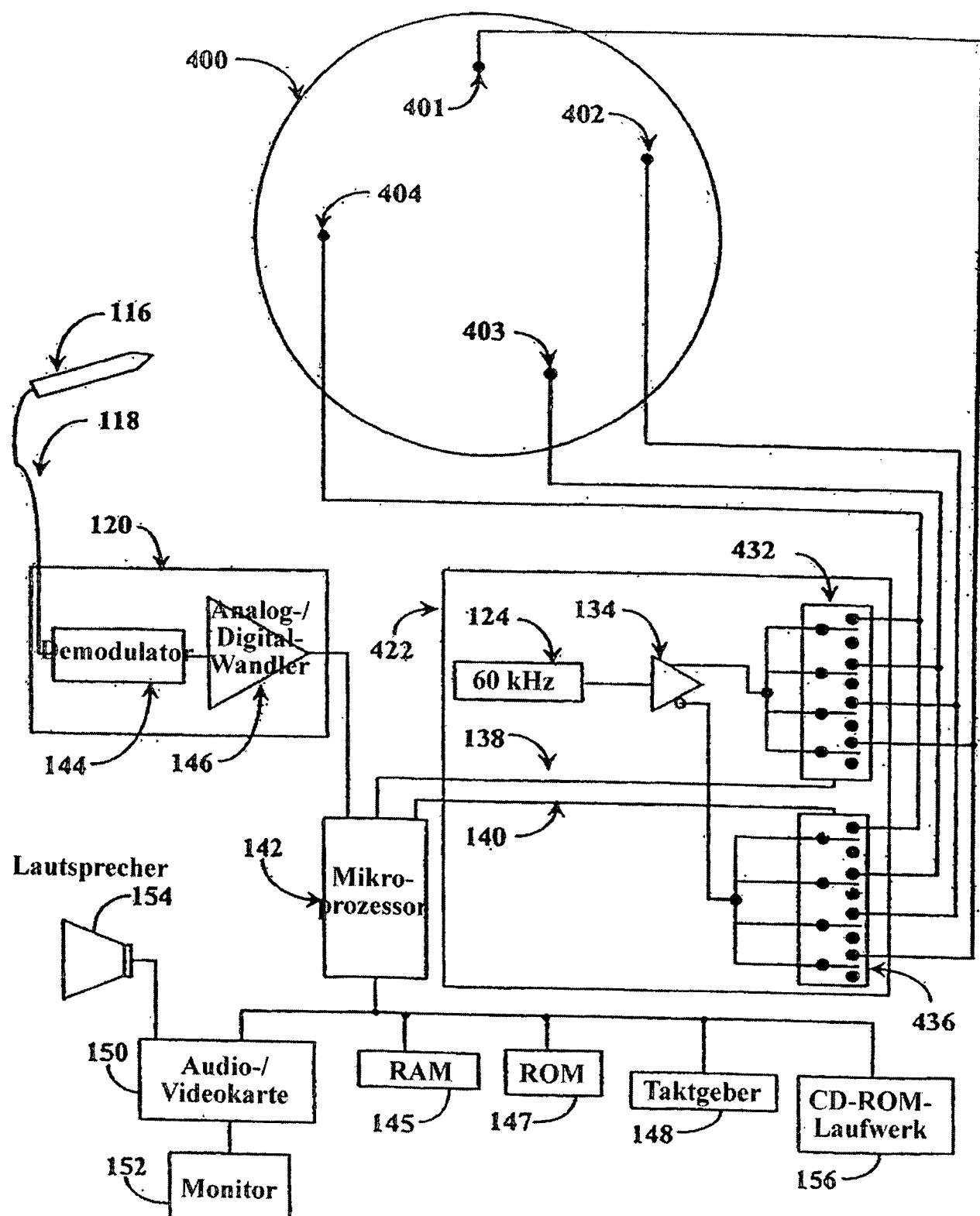
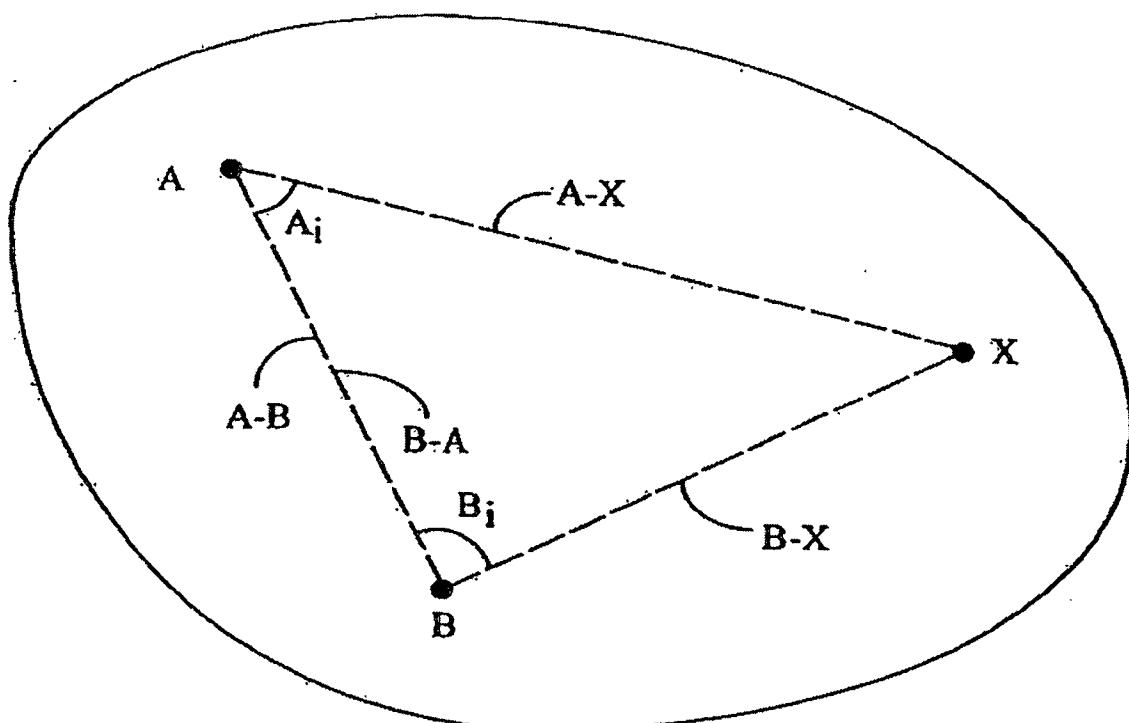
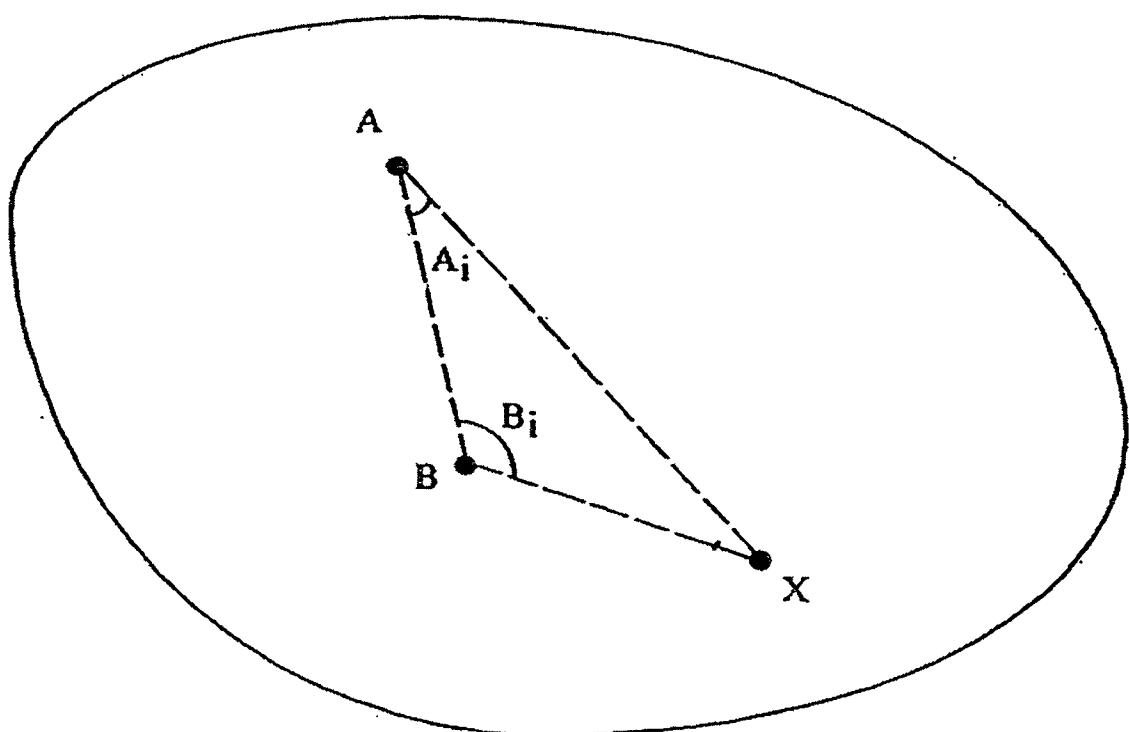


Fig. 7



*Fig. 8*



*Fig. 9*

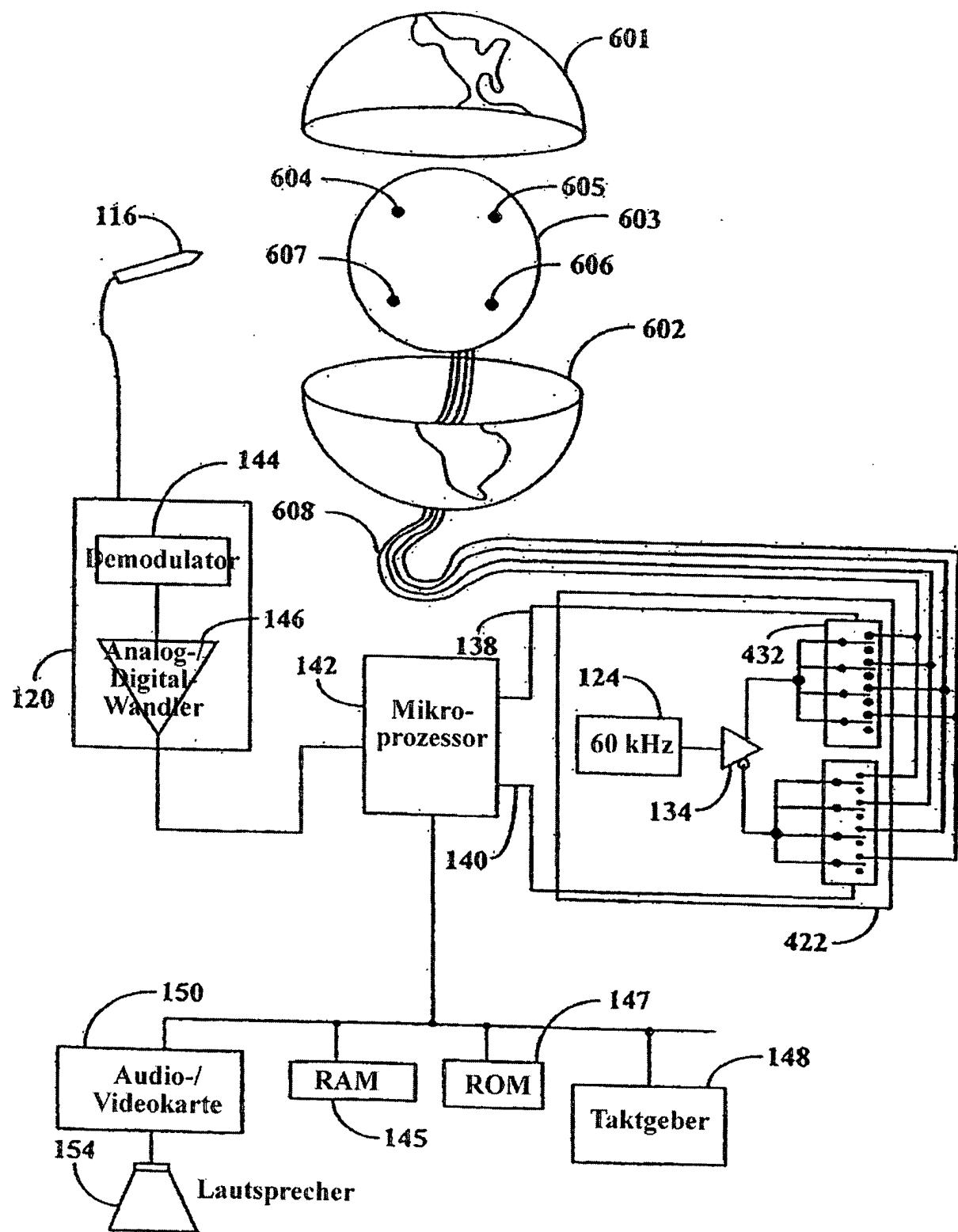


Fig. 10

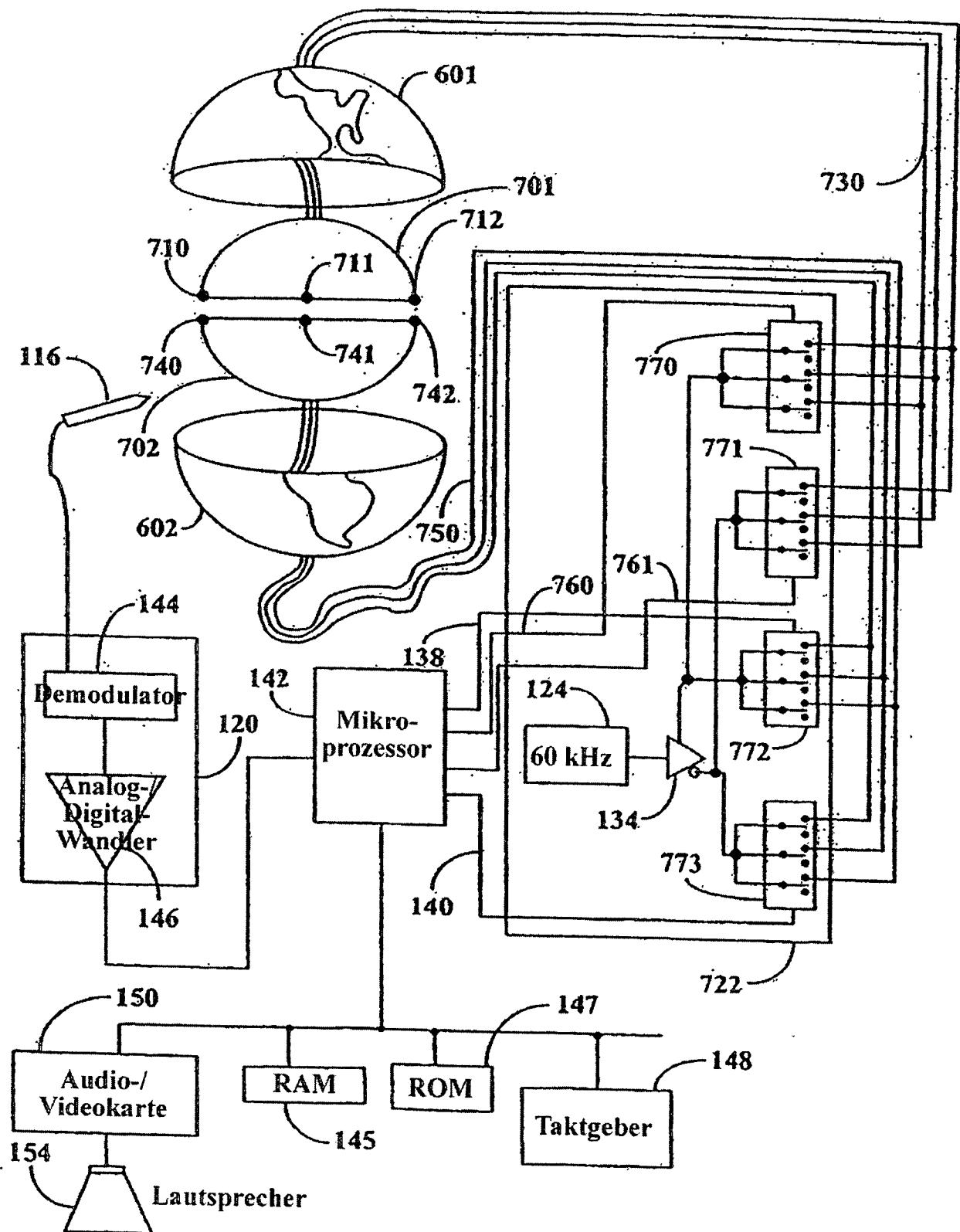


Fig. 11

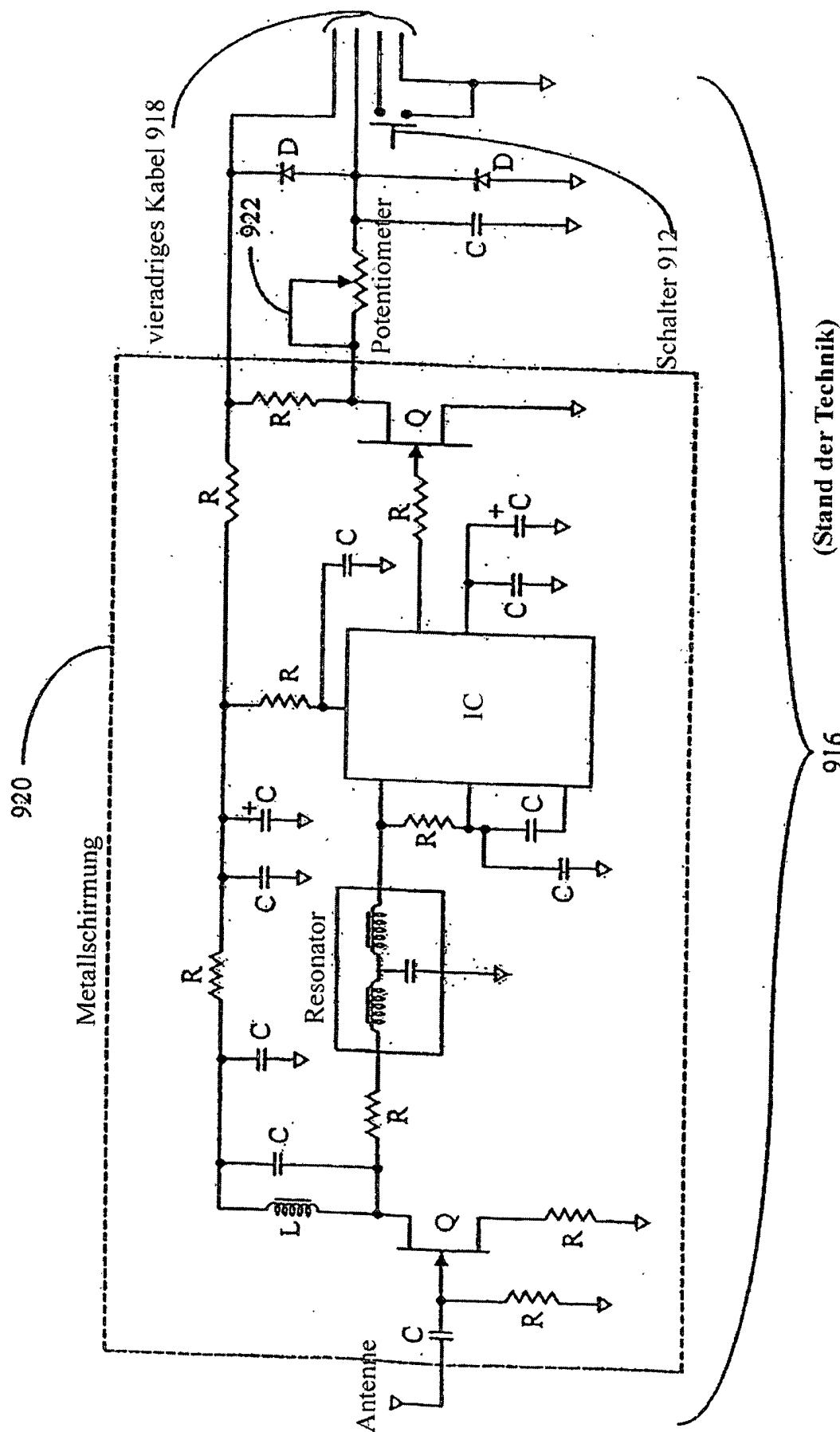


Fig. 12

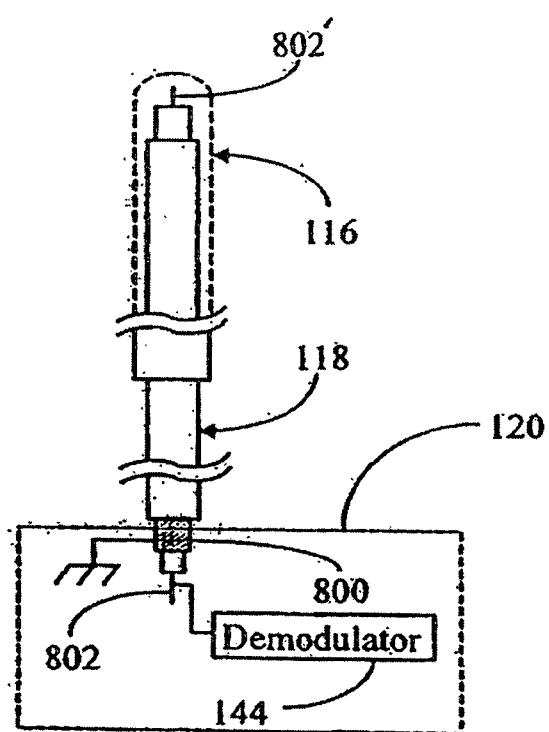


Fig. 13a

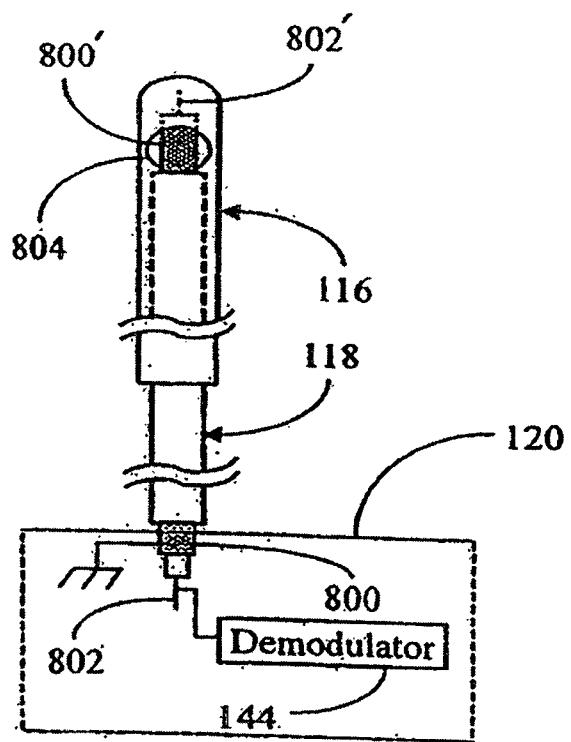


Fig. 13b

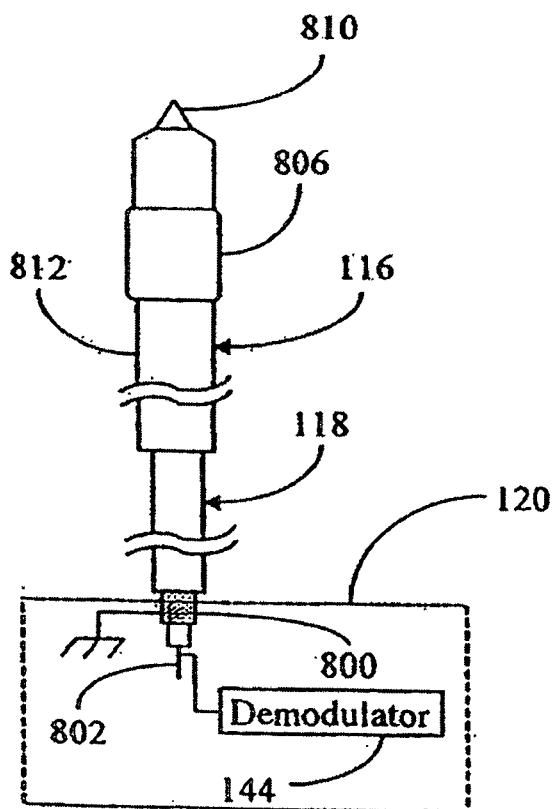


Fig. 13c

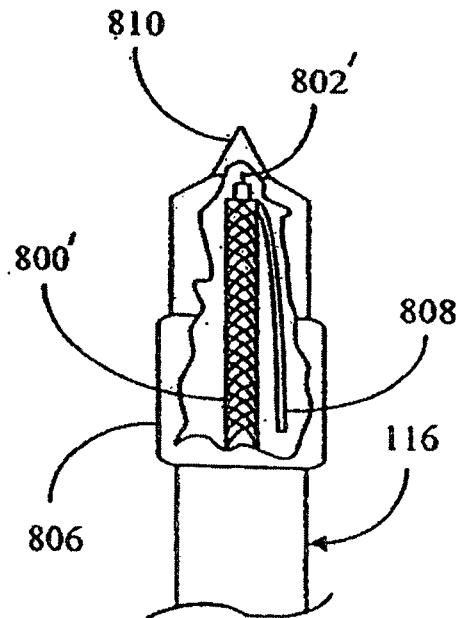


Fig. 13d