



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 009 232 B3** 2008.09.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 009 232.8**

(22) Anmeldetag: **26.02.2007**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.09.2008**

(51) Int Cl.⁸: **A63B 71/06** (2006.01)
H01F 5/00 (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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Cairos technologies AG, 76307 Karlsbad, DE

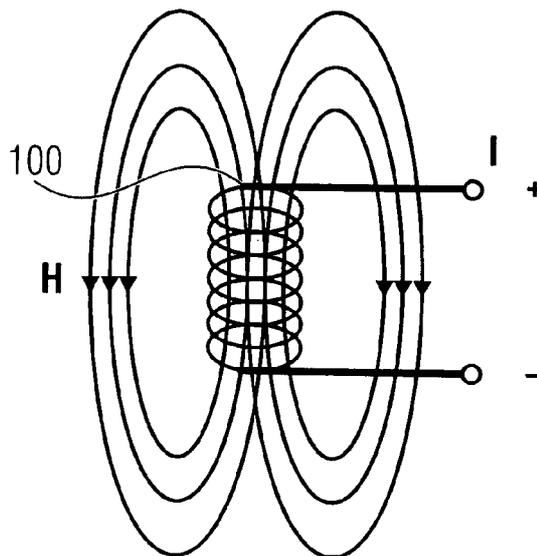
(74) Vertreter:
**Grünecker, Kinkeldey, Stockmair &
Schwanhäusser, 80802 München**

(72) Erfinder:
**Englert, Walter, 88483 Burgrieden, DE; Bucher,
Tilman, 81929 München, DE; Braun, Oliver, 76307
Karlsbad, DE; Holzer, Christian, 81671 München,
DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 27 32 543 A1
WO 00/47 291 A1

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen eines Magnetfeldes in einem Torraum zur Torentscheidung**

(57) Zusammenfassung: Eine Vorrichtung zum Erzeugen eines Magnetfeldes in einem Torraum, mit wenigstens zwei parallel zu einer durch ein Tor definierten, begrenzten Torfläche angeordneten Spulen, wobei eine erste Spule in einem Bereich hinter dem Tor angebracht ist und eine zweite Spule näher an dem Tor als die erste Spule oder mit dem Tor identisch angebracht ist, wobei die erste Spule und die zweite Spule jeweils eine Spulenimpedanz aufweisen, wobei die Spulenimpedanz der zweiten Spule so eingestellt ist, dass ein aufgrund eines magnetischen Feldes der ersten Spule erzeugtes magnetische Feld der zweiten Spule das magnetische Feld der ersten Spule an einer Stelle innerhalb der zweiten Spule um wenigstens 20 % reduziert.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Konzept zum Erzeugen eines Magnetfeldes in einem Torraum zur Positionsbestimmung eines beweglichen Objekts, wie es beispielsweise beim Fußball zur Torentscheidung eingesetzt werden kann.

[0002] Eine Vielzahl von Aufgaben, wie beispielsweise eine Ballortung bei einem Fußballspiel, setzt eine Kenntnis von Position und/oder Orientierung von Objekten voraus. Beim Fußballspiel ist eines der umstrittensten Themen, ob in kritischen Situationen der Ball die Torlinie überschritten hat oder nicht. Hierzu ist es notwendig, dass die Position des Balls innerhalb eines begrenzten Torraums um die Torlinie mit einer Genauigkeit von ca. +/- 1,5 cm gemessen werden kann. Außerdem dürfen Einflüsse von Personen, die sich nahe des Balls bewegen bzw. den Ball abdecken, keine Rolle spielen.

[0003] Es existieren zahlreiche Lokalisationsverfahren, die beispielsweise auf optischen 2-D- oder 3-D-Sensoren mit einem Auswertesystem, einer Ausnutzung des bekannten Radarprinzips oder eines Prinzips der Funklokalisierung basieren.

[0004] Ein Prinzip der Funklokalisierung ist die Lokalisierung von Objekten durch elektromagnetische Wellenausbreitung. Dabei wird ein Empfänger in ein zu lokalisierendes Objekt integriert bzw. an einem zu lokalisierenden Objekt angebracht, der bei Anfrage Daten an eine zentrale Sende-/Empfangsvorrichtung schickt. Eine Position des Objekts kann danach aus Signallaufzeiten bzw. aus Differenzen zwischen wenigstens zwei an unterschiedlichen Antennen empfangenen Signalen berechnet werden.

[0005] Funklokalisierung von Objekten kann beispielsweise mittels der sog. RFID-Technologie (RFID = Radio Frequency Identification) durchgeführt werden. Für ortsauflösende Verfahren, bei denen eine relativ exakte Position eines RFID-Transponders im Raum ermittelt werden soll, werden zumeist batteriebetriebene, d. h. aktive RFID-Transponder verwendet.

[0006] Die Offenlegungsschrift DE 27 32 543 A1 offenbart eine Vorrichtung zur Erfassung von sich im Gebiet einer Grenzfläche befindenden, eine hochfrequente elektromagnetische Strahlung beeinflussenden nachzuweisenden Objekten, bei der diese Grenzfläche im Wirkungsbereich wenigstens zweier zueinander paralleler sowie im Abstand voneinander angeordneter Sendeleitungen für hochfrequente elektromagnetische Strahlung und einer Empfangsleitung, welche einer Anzeigeeinrichtung nachgeschaltet ist, liegt und bei der ferner ein Hochfrequenzgenerator die beiden Sendeleitungen – zwecks Feldkompensationen – mit zueinander gegenphasigen elektrischen Signalen speist. Dazu wird beispielsweise eine als Stromschleife ausgebildete erste Sendeleitung im Vergleich zu einer zweiten Sendeleitung gegenphasig mit Wechselspannung gespeist. Die Sendeleitungen verlaufen parallel zu einer Empfangsleitung, welche die Grenzfläche definiert, die daraufhin überwacht werden soll, ob sie ein Objekt in Form eines Balls schneidet. Solange sich der Ball außerhalb des Bereichs der Sendeleitungen bzw. der Empfangsleitung befindet, werden durch die Sendeleitung bzw. die Sendeleitungen Spannungen entgegengesetzter Polarität in die Empfangsleitung induziert, so dass an der Empfangsleitung kein Signal anliegt. Befindet sich im Ball ein Schwingkreis, welcher auf die Frequenz der Wechselspannung abgestimmt ist, wird der Schwingkreis durch das elektromagnetische Feld der Sendeleitung erregt und gibt seinerseits Wechselspannung an die Empfangsleitung, die detektiert werden kann.

[0007] Ein ganz ähnliches Konzept ist in der internationalen Patentanmeldung WO 00/47291 beschrieben. Eine Sendespule wird zwischen wenigstens zwei Empfangsspulen angeordnet, wobei die Sendespule beispielsweise die Grenz- bzw. Torfläche definiert. Die Spulen können beispielsweise um ein Tor durch dessen Querlatte und Pfosten angeordnet sein. Die Sendespule induziert, im Falle von symmetrisch um die Sendespule angeordneten Detektorspulen, in den Detektorspulen gleiche Signale, so dass sich ein verschwindendes Differenzsignal ergibt. Ein Ball umfasst ein Material, das als kurzgeschlossene elektrische Windung wirkt. Bewegt sich der Ball relativ zu den Spulen, so beeinflusst er die detektierten Empfangssignale. Lediglich wenn der Ball sich in der durch die Sendespule aufgespannten Torfläche befindet, ist die Beeinflussung der beiden Empfangssignale identisch. Dies kann durch eine Bestimmung des Phasenunterschiedes zwischen den wenigstens zwei detektierten Empfangssignalen festgestellt werden.

[0008] Ein Nachteil der Funklokalisierung besteht beispielsweise in einer Abschattung und/oder in einer Reflexion elektromagnetischer Wellen durch bestimmte Hindernisse. Dadurch erreichen Systeme basierend auf einer Funklokalisierung beispielsweise nicht die für eine Torentscheidung beim Fußball benötigte Genauigkeit.

[0009] Wie bereits beschrieben, basieren derzeitige Lokalisationsverfahren beispielsweise auf optischen 2-D-

oder 3-D-Sensoren mit einem Auswertesystem, oder sie basieren auf dem Einsatz von batteriebetriebenen, d. h. aktiven RFID-Transpondern. Solche Lokalisationsverfahren ziehen hohe Investitions- und Wartungskosten, Empfindlichkeit gegenüber Umweltbedingungen und einen großen Aufwand zur Anpassung der Auswertalgorithmen nach sich. Für eine Nahbereichslokalisierung, d. h. einer Positionsbestimmung von Objekten innerhalb eines kleinen Bereichs, sind Systeme, die eine Funklokalisierung nutzen, nicht geeignet, da bei einer geringen geometrischen Ausdehnung Unterschiede von verschiedenen Signallaufzeiten kaum noch messbar sind. Die Anforderungen an Systeme zur Lokalisation von Objekten werden also von diesen Verfahren in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit, Robustheit, Taktzeit und Objektunabhängigkeit für eine exakte Positionsbestimmung, beispielsweise in einem Bereich von wenigen Zentimetern, nicht bzw. nur unzureichend erfüllt.

[0010] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein verbessertes Konzept zur Lokalisierung von beweglichen Objekten zu schaffen.

[0011] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, ein System gemäß Anspruch 14 und ein Verfahren gemäß Anspruch 23 gelöst.

[0012] Die Erkenntnis der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass eine Position, Richtung und/oder Bewegung eines beweglichen Objekts bzw. eines Balls bestimmt werden kann, indem eine Stärke und/oder Orientierung eines wechselnden Magnetfeldes am Ort des beweglichen Objekts gemessen wird. Ein System zur Positionsbestimmung eines Balls umfasst gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung im Wesentlichen zwei parallel zu einer durch ein Tor definierten, begrenzten Torfläche angeordneten Spulen, wobei eine erste Spule in einem Bereich hinter dem Tor angebracht ist und eine zweite Spule näher an dem Tor als die erste Spule oder mit dem Tor identisch angebracht ist, also beispielsweise innerhalb des Torrahmens verläuft. Die erste Spule und die zweite Spule weisen jeweils eine Spulenimpedanz auf, wobei die Spulenimpedanz der zweiten Spule so eingestellt ist, dass ein aufgrund eines magnetischen Feldes der ersten Spule erzeugtes magnetisches Feld der zweiten Spule das magnetische Feld der ersten Spule an einer Stelle innerhalb der zweiten Spule um wenigstens 20% reduziert. Mit anderen Worten ausgedrückt, kann ein Teil des von der ersten Spule hervorgerufenen magnetischen Wechselfeldes eine Induktion in der zweiten Spule hervorrufen, die, aufgrund ihrer niedrigen Gesamtimpedanz ein Gegenfeld zu dem von der ersten Spule erzeugten Magnetfeld erzeugen kann. Dadurch reduziert sich eine magnetische Feldstärke innerhalb der von der zweiten Spule umspannten Torfläche.

[0013] Gemäß einem Aspekt schafft die vorliegende Erfindung ein System zum Ermitteln von Informationen über eine Position eines beweglichen Objekts in einem Torraum, in dem wenigstens zwei Spulen parallel zu einer durch ein Tor definierten, begrenzten Torfläche angebracht sind, wobei eine erste Spule in einem Bereich hinter dem Tor angebracht ist und eine zweite Spule näher an dem Tor als die erste Spule oder mit dem Tor identisch angebracht ist, wobei die erste Spule und die zweite Spule jeweils eine Spulenimpedanz aufweisen, wobei die Spulenimpedanz der zweiten Spule so eingestellt ist, dass ein aufgrund eines magnetischen Feldes der ersten Spule erzeugtes Feld der zweiten Spule das magnetische Feld der ersten Spule an einer Stelle innerhalb der zweiten Spule um wenigstens 20% reduziert, mit einer Vorrichtung zum Liefern einer Information über ein Magnetfeld, das das bewegliche Objekt an der Position im Torraum erfährt und einer Vorrichtung zum Auswerten der Information über das Magnetfeld, um die Informationen über die Position des beweglichen Objekts im Torraum zu erhalten.

[0014] Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung befindet sich die Vorrichtung zum Liefern einer Information über das Magnetfeld im beweglichen Objekt bzw. Ball selbst. Somit kann anhand der Information bzw. einer magnetischen Feldstärke des von der ersten Spule erzeugten magnetischen Wechselfeldes bestimmt werden, ob der Ball die Torlinie überschritten hat oder nicht. Dazu umfasst der Spielball gemäß Ausführungsformen einen Chip, auf dem ein dreidimensionaler Magnetfeldsensor, ein Mikrocontroller, eine Sendeinheit und eine Stromversorgung untergebracht ist. Der Spielball misst ständig das ihn umgebende Magnetfeld und sendet die Stärke des Feldes aller drei Raumkoordinaten (x, y, z) zu der Vorrichtung zum Auswerten der Information über das Magnetfeld, die sich beispielsweise in einem zentralen Rechner befindet. Je dichter der Spielball der ersten Spule hinter dem Tor kommt, desto größer wird die vom Ball gemessene magnetische Feldstärke des von der ersten Spule erzeugten Magnetfeldes, im Nachfolgenden auch erstes Magnetfeld genannt. Die Feldstärke des ersten Magnetfeldes ist in der Torebene nicht konstant. Dadurch entstehen bezüglich einer Ortsbestimmung des Balls Mehrdeutigkeiten, die es zu korrigieren gilt. Hierzu werden weitere Informationen über einen Punkt der Durchdringung der Torebene benötigt.

[0015] Dies kann gemäß Ausführungsbeispielen dadurch erreicht werden, dass eine Feldstärke und Richtung des von der zweiten Spule erzeugten Magnetfeldes gemessen wird, wobei das von der zweiten Spule erzeugte

Magnetfeld im Nachfolgenden auch zweites Magnetfeld genannt wird. Erstes und zweites Magnetfeld werden dabei in einem Frequenzmultiplex, d. h. mit unterschiedlichen Frequenzen, oder in einem Zeitmultiplex, d. h. zeitlich abwechselnd, erzeugt.

[0016] Eine Differenz der Richtungen bzw. Orientierungen des ersten und des zweiten Magnetfeldes ergibt einen Winkel, welcher umso größer wird, je weiter sich der Spielball außerhalb der Tormitte befindet. Zusätzlich ändert sich die gemessene Feldstärke des von der zweiten Spule erzeugten Magnetfeldes je nach dem, ob sich der Ball in der Tormitte oder am Rand des Tores befindet. Der Winkel und die Feldstärke der zweiten Spule werden gemäß Ausführungsbeispielen als Parameter zur Korrektur der Feldstärke des von der ersten Spule erzeugten magnetischen Wechselfeldes verwendet. Nun kann die Feldstärke der ersten Spule verwendet werden, um eine Distanz des Balls zur Torebene zu bestimmen.

[0017] Gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die zweite Spule im bzw. am Torrahmen angebracht und weist eine möglichst niedrige Impedanz auf. Auch eine Ansteuerelektronik der zweiten Spule weist gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen eine wechselstrommäßig sehr niedrige Impedanz auf. Dadurch kann die zweite Spule als kurzgeschlossene Sekundärwicklung der primären ersten Spule wirken, d. h. in einem Kurzschlussbetrieb versetzt werden. Ein Teil des von der ersten Spule hervorgerufenen magnetischen Wechselfeldes kann somit eine Induktion in der zweiten Spule hervorrufen. Aufgrund der niedrigen Gesamtimpedanz der zweiten Spule kann der in der zweiten Spule induzierte Strom ein Gegenfeld zu dem von der ersten Spule erzeugten Magnetfeld erzeugen. Dadurch werden Feldlinien des Magnetfeldes der ersten Spule in der von der zweiten Spule umspannten Fläche, d. h. der Torfläche, gedämpft. Außerhalb der von der zweiten Spule umspannten Fläche kann sich das Gegenfeld und das Magnetfeld der ersten Spule summieren. Dadurch wird die Gesamtmagnetfeldstärke außerhalb der zweiten Spule erhöht. Dieser durch das Gegenfeld der zweiten Spule hervorgerufene starke Feldunterschied an den Außengrenzen der zweiten Spule ermöglicht es extrem genau festzustellen, ob der Spielball innerhalb oder außerhalb des Tores ist.

[0018] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die zweite Spule durch einen Schalter in einem Kurzschlussbetrieb oder in einem Leerlaufbetrieb betrieben werden. Wenn sich der Spielball in der Nähe der Torebene bzw. im Torraum um die Torlinie befindet, kann er, je nach dem, ob der Schalter geschlossen oder offen ist, ein unterschiedliches Magnetfeld messen, welches von der ersten Spule hinter dem Tor erzeugt wird. Ist der Schalter der zweiten Spule offen, wird der Spielball ein ungestörtes magnetisches Wechselfeld der ersten Spule messen, welches in der Tormitte am stärksten ist und zu den Torrändern in einer charakteristischen Weise abfällt. Ist der Schalter der zweiten Spule geschlossen, so wird der Spielball mit seiner Elektronik innerhalb der von der zweiten Spule begrenzten Torfläche ein niedrigeres Magnetfeld messen, außerhalb der Torfläche kann ein stärkeres Magnetfeld gemessen werden. Zudem kann eine Änderung von magnetischen Feldrichtungen beim Schließen bzw. Öffnen des Schalters gemessen werden. Mit jedem Messzyklus stehen also drei Messwerte zur Verfügung, mit deren Hilfe gemäß Ausführungsbeispielen sehr genau berechnet werden kann, ob und wo der Ball die Torebene durchquert hat. Gemäß Ausführungsbeispielen ist eine Vorrichtung zum Auswerten also ausgebildet, um aus einer Sequenz von Messwerten einen Hinweis zu liefern, ob das bewegliche Objekt die Torebene durchquert hat, wobei eine erste Information eine Information über ein Magnetfeld der ersten Spule bei einem Leerlauf der zweiten Spule bedeutet, eine zweite Information eine Information über ein reduziertes Magnetfeld der ersten Spule bei kurzgeschlossener zweiter Spule bedeutet und eine dritte Information eine Information über eine Änderung zwischen der ersten Information und der zweiten Information bedeutet.

[0019] Das erfindungsgemäße System ermöglicht in Richtung senkrecht auf die Torebene eine relativ exakte Messung der Feldstärke der ersten Spule. Parallel zur Torebene wird ohne einen Einfluss der zweiten Spule eine sehr geringe Feldänderung des von der ersten Spule erzeugten Magnetfeldes gemessen. Somit wäre es also nur bedingt möglich zu erkennen, ob der Spielball an einem Torpfosten vorbei oder über die Querlatte geflogen ist.

[0020] Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass durch die niedrige Impedanz der zweiten Spule einem durch das erste Magnetfeld und durch das Gegenfeld der zweiten Spule erzeugten Gesamtmagnetfeld ein sehr starker Signalunterschied aufgeprägt werden kann, der sich gerade an so wichtigen Stellen wie Torpfosten bzw. Querlatte befindet. Dadurch kann ermöglicht werden, diese kritischen Positionen fehlerfrei zu entscheiden.

[0021] Damit besteht mit dem erfindungsgemäßen Konzept die Möglichkeit, die Position eines Spielballs in einem Torraum bzw. einer Torebene sehr exakt zu bestimmen und damit eine Torentscheidung ohne Eingriff in einen Spielbetrieb eines Ballspiels treffen zu können.

[0022] Des Weiteren ist das erfindungsgemäße Konzept zur Torentscheidung beispielsweise gegenüber Personen tolerant, d. h. Einflüsse von Personen, die sich nahe des beweglichen Objekts bzw. des Spielballs bewegen bzw. das beweglich Objekt abdecken, spielen keine Rolle.

[0023] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0024] Fig. 1a eine schematische Darstellung magnetischer Feldlinien um eine stromdurchflossene Zylinderspule zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Konzepts;

[0025] Fig. 1b eine schematische Darstellung eines Verlaufs einer magnetischen Feldstärke in einem Nahbereich um eine Zylinderspule aufgetragen über einem Abstand von der Zylinderspule;

[0026] Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Fußballtores mit einer ersten Spule gewickelt um eine durch Netzaufhängungspfosten und Netzaufhängungsquerlatte begrenzte Fläche und einer zweiten Spule gewickelt um eine durch Torpfosten und Torquerlatte begrenzte Fläche, wobei die Spulen mit einer Vorrichtung zum Ansteuern der Spulen gekoppelt sind, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0027] Fig. 3 eine Frontansicht einer ersten Spule hinter einem Fußballtor und einer zweiten Spule in einem Fußballtor und eines von der ersten Spule erzeugten Feldlinienverlaufs innerhalb der von der zweiten Spule umspannten Fläche;

[0028] Fig. 4 eine Seitenansicht einer ersten und einer zweiten Spule mit einem Feldlinienverlauf eines von der ersten Spule erzeugten ungestörten Magnetfeldes;

[0029] Fig. 5 eine schematische Darstellung einer magnetischen Feldstärkeverteilung innerhalb einer Rechteckspule;

[0030] Fig. 6 eine Seitenansicht einer ein Magnetfeld erzeugenden ersten Spule und einer leerlaufenden zweiten Spule mit resultierendem Feldlinienverlauf, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0031] Fig. 7 eine Seitenansicht einer ein Magnetfeld erzeugenden ersten Spule und einer kurzgeschlossenen zweiten Spule mit resultierendem Feldlinienverlauf, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0032] Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Feldstärkeverlaufs über einer Entfernung von der Torlinie;

[0033] Fig. 9 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines Verfahrens zum Treffen einer Torentscheidung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0034] Fig. 10 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems zum Erzeugen eines Magnetfeldes in einem Torraum;

[0035] Fig. 11 eine Seitenansicht einer ersten Spule und einer zweiten Spule in einem Torrahmen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

[0036] Fig. 12 einen Querschnitt durch einen Torpfosten mit Kabelkanälen.

[0037] Bezüglich der nachfolgenden Beschreibung sollte beachtet werden, dass bei den unterschiedlichen Ausführungsbeispielen gleich oder gleich wirkende Funktionselemente gleiche Bezugszeichen aufweisen und somit die Beschreibungen dieser Funktionselemente in den verschiedenen in den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen untereinander austauschbar sind.

[0038] Um das erfindungsgemäße Konzept zur Positionsbestimmung eines beweglichen Objektes mittels Magnetfeldern näher zu erläutern, zeigt Fig. 1a eine schematische Darstellung magnetischer Feldlinien um eine von einem Strom I durchflossene zylindrische Spule **100**.

[0039] Bekanntermaßen ist mit jeder bewegten Ladung (Elektronen in Leitungen oder im Vakuum), also einem Stromfluss ein magnetisches Feld verbunden. Die der Ursache des magnetischen Feldes zugeordnete

Feldgröße ist die magnetische Feldstärke H , unabhängig von den Materialeigenschaften des Raumes. Zur Erzeugung eines statischen magnetischen Feldes können beispielsweise kurze Zylinderspulen oder Leiterschleifen als magnetische Antennen dienen. Generell nimmt die magnetische Feldstärke H mit zunehmendem Abstand von einem stromdurchflossenen Leiter bzw. der stromdurchflossenen Zylinderspule **100** ab. Entfernt man beispielsweise einen Messpunkt aus dem Zentrum der Spule **100** in Richtung der Spulenachse (x -Achse), so wird die Feldstärke H des Magnetfeldes kontinuierlich mit dem Abstand x abnehmen. Dieser Zusammenhang ist exemplarisch in [Fig. 1b](#) dargestellt.

[0040] [Fig. 1b](#) zeigt in logarithmischer Darstellung schematisch einen Verlauf der magnetischen Feldstärke H in einem Nahbereich der stromdurchflossenen Zylinderspule **100** bei zunehmendem Abstand in x -Richtung, d. h. in Richtung der Spulenlängsachse. Dabei kennzeichnet die Kurve mit dem Bezugszeichen **110** exemplarisch einen Feldstärkeverlauf bei einem relativ großen Radius R der Windungen der Spule **100**. Die Kurve mit dem Bezugszeichen **120** kennzeichnet entsprechend einen Verlauf der magnetischen Feldstärke H bei einem mittlerem Windungsradius R . Dementsprechend bedeutet die Kurve mit Bezugszeichen **130** einen schematischen Feldstärkeverlauf bei einem kleinen Windungsradius R der Spule **100**.

[0041] Im freien Raum beträgt der Feldstärkeabfall im sog. Nahfeld der Spule zunächst ca. 60 dB pro Dekade, um dann im Fernfeld bei einer sich ausbildenden elektromagnetischen Welle auf 20 dB pro Dekade abzuflachen. Bei genauerer Betrachtung erkennt man, dass die Feldstärke H je nach Radius (bzw. Fläche) der Spule **100** bis zu einer bestimmten Entfernung x nahezu konstant verläuft, dann jedoch abfällt. Die in [Fig. 1b](#) dargestellten magnetischen Feldstärkekurven beziehen sich auf einen Nahbereich der Zylinderspule **100**, d. h. einen Bereich um die Zylinderspule **100** von wenigen Metern. Somit ist es möglich, jeder magnetischen Feldstärke H eine Entfernung x von der Zylinderspule **100** zuzuordnen. Beispielsweise ergibt sich bekanntermaßen für einen Feldstärkeverlauf entlang der Spulenlängsachse x einer runden von einem Strom I durchflossenen Spule folgende Beziehung:

$$H = \frac{I \cdot N \cdot R^2}{2 \cdot \sqrt{(R^2 + x^2)^3}} \quad (1)$$

wobei N die Anzahl der Spulenwindungen, R den Windungsradius und x den Abstand zur Spulenmitte in x -Richtung bedeuten. Als Randbedingung für die Gültigkeit der Beziehung (1) gilt $h \ll R$, d. h. eine Spulenhöhe h muss viel kleiner als der Spulenradius sein, und $x < \lambda/2\pi$ (λ = Wellenlänge), wobei in einem Abstand $x > 2\pi$ ein Übergang in das elektromagnetische Fernfeld der Spule **100** beginnt.

[0042] Obige Gleichung (1) dient lediglich zur Veranschaulichung der Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke von der Entfernung von einer magnetischen Antenne bzw. Spule. Gleichermäßen können Gleichungen aufgestellt werden, die einen Feldstärkeverlauf um eine Spule im dreidimensionalen Raum beschreiben. Zusätzlich zu einem Betrag der magnetischen Feldstärke H existiert auch noch eine Ausrichtung bzw. Orientierung eines magnetischen Feldvektors \vec{H} . Werden die drei Komponenten (B_x , B_y , B_z) des magnetischen Feldvektors \vec{H} am Ort des beweglichen Objektes gemessen, so können gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit einem Gleichungssystem die Raum-Koordinaten (x , y , z) desjenigen Ortes bestimmt werden, an dem der magnetische Feldvektor \vec{H} gemessen wurde. Um Mehrdeutigkeiten ausschließen zu können, benötigt man im Allgemeinen Messwerte des magnetischen Feldvektors \vec{H} von mehreren Spulen.

[0043] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist es möglich, das von der Spule **100** erzeugte magnetische Feld dreidimensional mit einer gewünschten Genauigkeit in einem Ortsbestimmungsbereich um die Spule **100** auszumessen und die Messwerte bzw. die Komponenten (H_x , H_y , H_z) des Feldvektors \vec{H} für jeden relevanten Raumpunkt beispielsweise in einer sogenannten Lookup-Tabelle den jeweiligen Raumkoordinaten (x , y , z) der Raumpunkte zuzuordnen und zu speichern. Genauso ist es natürlich denkbar, dass die Feldstärken und Feldrichtungen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in einem interessierenden Bereich um die Spule herum mittels mathematischer Formeln berechnet werden, um anschließend in einer Lookup-Tabelle den entsprechenden Koordinaten (x , y , z) zugeordnet zu werden. Wird anschließend eine Feldstärke und die zugehörige Feldrichtung an einem beliebigen Ort des Ortsbestimmungsbereichs bzw. des Torraums um die Spule herum gemessen, so können die Messwerte daraufhin mit den vorab gemessenen oder berechneten und gespeicherten Werten aus der Lookup-Tabelle verglichen werden. Der Datensatz, der die besten Treffer hat, bezeichnet schließlich den Ort der Messung.

[0044] Rotiert das bewegliche Objekt bzw. ein in dem beweglichen Objekt integrierter dreidimensionaler Magnetfeldsensor, so ist es im Allgemeinen nicht möglich, die von dem Magnetfeldsensor gemessenen Komponenten (H_x , H_y , H_z) eines Magnetfeldes einem Raumpunkt in dem Ortsbestimmungsbereich eindeutig zuzuord-

nen. In diesem Fall kann jedoch gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung der Betrag des gemessenen Magnetfeldvektors $|H| = (H_x^2 + H_y^2 + H_z^2)^{1/2}$ eine Information über die Position des beweglichen Objekts bzw. Balls in dem Ortbestimmungsbereich bzw. Torraum liefern. Bei Verwendung nur einer Spule bzw. nur eines Magnetfeldes ergeben sich bzgl. der Position Mehrdeutigkeiten, da Kurven bzw. Flächen um die Spulen herum existieren, auf denen der Betrag des gemessenen Magnetfeldvektors $|H|$ jeweils gleich ist. Verwendet man hingegen wenigstens zwei Spulen, die an verschiedenen Positionen bezüglich des Ortsbestimmungsbereichs angeordnet sind, so können diese Mehrdeutigkeiten verringert bzw. ganz ausgeschlossen werden.

[0045] Dieses Prinzip macht man sich nun gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung zunutze, um beispielsweise eine Position eines Balls mittels Magnetfeldern bestimmen zu können. Wie eingangs bereits erwähnt, ist beispielsweise bei einem Fußballspiel eines der umstrittensten Themen, ob in kritischen Situationen der Ball die Torlinie überschritten hat oder nicht. Dazu ist es notwendig, dass die Position des Balls an der Torlinie mit einer Genauigkeit von ca. $\pm 1,5$ cm gemessen werden kann. Eine Anordnung, welche eine Positionsbestimmung eines Fußballs mittels Magnetfeldern ermöglicht, ist schematisch in [Fig. 2](#) gezeigt.

[0046] [Fig. 2](#) zeigt ein Fußballtor **200**, das einen ersten Pfosten **100a**, einen zweiten Pfosten **100a** und eine Querlatte **200c** umfasst. Ferner weist das Fußballtor **200** eine Netzaufhängung mit einem ersten Netzaufhängungspfosten **200d**, einem zweiten Netzaufhängungspfosten **200e** und einer Netzaufhängungsquerlatte **200f** auf. Das Fußballtor **200** steht mit seinen Pfosten **200a**, **200b** auf einer Torlinie **210**.

[0047] Die Netzaufhängungspfosten **200d**, **e**, die Netzaufhängungsquerlatte **200f** und ein Bereich **220** unter der Erdoberfläche bilden einen Rahmen einer ersten rechteckigen Spule **100a** hinter dem Tor **200**, die gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in den Netzaufhängungspfosten **200d**, **e**, in der Netzaufhängungsquerlatte **200f** und in dem Bereich **220** unterhalb der Erdoberfläche um die Netzaufhängungsöffnungsfläche gewickelt ist.

[0048] Die Torpfosten **200a**, **b**, die Querlatte **200c** und die Torlinie **210** bilden einen Rahmen einer zweiten rechteckigen Spule **100a**, die gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in den Torpfosten **200a**, **b**, in der Querlatte **200c** und in einem Bereich unterhalb der Torlinie **210** um die Toröffnungsfläche gewickelt ist.

[0049] Die beiden Spulen **100a**, **b** bilden gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung also ein Spulenpaar ähnlich einem Helmholtz-Spulenpaar. Ferner zeigt [Fig. 2](#) in einem Bereich vor dem Fußballtor **200** ein bewegliches Objekt bzw. Ball **230**, dessen Position bestimmt werden soll. Ferner zeigt [Fig. 2](#) eine Vorrichtung **240** zum Ansteuern der beiden Spulen **100a**, **b**.

[0050] Die beiden Spulen **100a**, **b** sind zumindest näherungsweise parallel zu einer durch das Tor **200** definierten und begrenzten Torfläche angeordnet. Die erste Spule **100a** ist in einem Bereich hinter dem Tor **200** angebracht und die zweite Spule **100a** ist erfindungsgemäß näher an dem Tor **200** als die erste Spule oder mit dem Tor **200** identisch angebracht. Eine Spulenimpedanz der zweiten Spule **100a** ist gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung so eingestellt, dass ein aufgrund eines magnetischen Feldes der ersten Spule **100a** erzeugtes Magnetfeld der zweiten Spule **100a** das magnetische Feld der ersten Spule **100a** an einer Stelle innerhalb der zweiten Spule **100a** wenigstens 20% reduziert.

[0051] Gemäß Ausführungsbeispielen kann die erste Spule **100a** hinter dem Tor **200** beispielsweise an einer Netzaufhängung des Tors **200** angebracht werden, so wie es beispielhaft in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Die Spulenöffnungsfläche der ersten Spule **100a** kann gleich oder größer als die durch das Tor **200** definierte Torfläche sein. Das Zentrum bzw. der Schwerpunkt der ersten Spule **100a** ist vorzugsweise mit dem Zentrum bzw. Schwerpunkt des Tors **200** zumindest näherungsweise identisch, d. h. eine senkrecht zu einem Schwerpunkt der begrenzten Torfläche verlaufende Achse verläuft zumindest näherungsweise durch den Schwerpunkt der Spulenöffnungsfläche der ersten Spule. Außerdem ist die erste Spule **100a** vorzugsweise absolut parallel zum Tor **200** ausgerichtet. Gemäß Ausführungsbeispielen wird die zweite Spule **100a** im Torrahmen angebracht, so wie in [Fig. 2](#) gezeigt. Die zweite Spule **100a** kann aber auch außerhalb des Torrahmens, beispielsweise an einer Netzbefestigung an dem Torrahmen montiert werden. Ein Spulenteil der zweiten Spule **100b**, der an der Torlinie **210** verläuft, wird vorzugsweise wenige Zentimeter unterhalb der Torlinie **210** eingegraben.

[0052] Zur Bestimmung, ob der Ball **230** die Torebene durchquert hat, wird erfindungsgemäß die Feldstärke des von der ersten Spule **100a** erzeugten Magnetfelds am Ort des Balls **230** bestimmt. Dazu weist der Spielball **230** beispielsweise einen Chip auf, auf dem ein dreidimensionaler Magnetfeldsensor, ein Mikrocontroller, eine Sendeeinheit und eine Stromversorgung untergebracht ist. Der Spielball **230** bzw. der dreidimensionale Mag-

netfeldsensor misst ständig das ihn umgebende Magnetfeld und sendet die Stärke des Feldes aller drei Raumkoordinaten (x, y, z) beispielsweise an einen zentralen Rechner (nicht gezeigt). Um die Magnetfelder der Spulen **100a**, **b** vom Erdmagnetfeld und anderen magnetischen Feldern sicher unterscheiden zu können, wird in den Spulen **100a**, **b** jeweils ein Wechselfeld erzeugt.

[0053] Beide Spulen **100a**, **b** können, gemäß Ausführungsformen, ein Wechselfeld mit jeweils unterschiedlicher Frequenz abstrahlen, d. h. sie werden in einem Frequenzmultiplex betrieben. Dazu kann eine Frequenz eines magnetischen Wechselfelds einer der beiden Spulen **100a**, **b** gemäß Ausführungsbeispielen beispielsweise in einem Bereich von 500 Hz bis 5 kHz liegen. Der in dem Ball **230** integrierte Magnetfeldsensor ist gemäß Ausführungsbeispielen mit einem elektrischen Filter verbunden, wodurch die unterschiedlichen Frequenzen separiert und zu einer Feldstärkemessung weitergeleitet werden können. Somit ist der Ball **230** in der Lage, die magnetische Feldstärke beider von den Spulen **100a**, **b** erzeugter Magnetfelder getrennt, jeweils in den drei Raumrichtungen, zu erfassen und zu einer zentralen Steuereinheit, wie beispielsweise einem Personal Computer, zu senden.

[0054] Je dichter der Ball **230** der ersten Spule **100a** kommt, umso größer wird die von dem Ball **230** bzw. dem Magnetfeldsensor gemessene magnetische Feldstärke. Die magnetische Feldstärke des von der ersten Spule **100a** erzeugten Magnetfeldes bzw. des ersten Magnetfeldes ist in der Torebene, d. h. innerhalb der zweiten Spule **100b**, nicht konstant. Dieser Zusammenhang ist schematisch in **Fig. 3** gezeigt.

[0055] **Fig. 3** zeigt schematisch eine Vorderansicht eines Fußballtores **200** mit einer hinter dem Tor **200** angeordneten ersten Spule **100a** und einer mit dem Tor identisch angebrachten zweiten Spule **100b**.

[0056] In dem in **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist die erste Spule **100a** hinter dem Tor **200** eine durch ihre Spulenwindungen begrenzte Spulenöffnungsfläche auf, die größer als die durch die Torpfosten **200a**, **b** und die Querlatte **200c** begrenzte Torfläche des Tores **200** ist. Dadurch, dass die zweite Spule **100b** identisch mit dem Tor **200** angebracht ist, entspricht deren Öffnungsfläche zumindest näherungsweise der Torfläche des Tores **200**.

[0057] Wird lediglich die erste Spule **100a** von einer Vorrichtung zum Ansteuern angesteuert, um ein magnetisches Wechselfeld zu erzeugen, und wird die zweite Spule **100b** in einem Leerlauf betrieben, so ergibt sich eine Verteilung magnetischer Feldlinien des durch die erste Spule **100a** erzeugten Magnetfeldes, wie es in **Fig. 3** schematisch durch Bezugszeichen **300** angedeutet ist. Innerhalb der Toröffnungsfläche des Tores **200** ergibt sich ein magnetischer Feldverlauf des ersten Magnetfeldes, derart, dass der Betrag des ersten Magnetfeldes innerhalb der Toröffnungsfläche von deren Zentrum nach außen hin abnimmt. Der Betrag der magnetischen Feldstärke des ersten Magnetfeldes ist in **Fig. 3** durch die Dichte der aus der Zeichenebene herausweisenden Magnetfeldlinien **300** angedeutet. Je dichter die Magnetfeldlinien **300**, desto höher der Betrag der magnetischen Feldstärke, und umgekehrt.

[0058] Geht es um eine Torentscheidung, d. h. einer Entscheidung, ob der Ball **230** die Torlinie **210** überschritten hat, kann es durch diese nicht konstante magnetische Feldstärkeverteilung innerhalb der Toröffnungsfläche zu Mehrdeutigkeiten kommen. Ohne weitere Informationen kann eine Vorrichtung zum Auswerten beispielsweise nicht beurteilen, ob der Ball **230** die Torebene nahe eines Seitenpfostens **200a**, **b** durchquert hat, oder ob sich der Ball vor der Torlinie **210** zum Spielfeld hin in einem Bereich nahe einer senkrecht zum Schwerpunkt (Mitte) der Torfläche verlaufenden Achse befindet. Um diese Mehrdeutigkeiten auszuräumen, werden weitere Informationen über den Punkt der Durchdringung der Torebene benötigt. Dies kann dadurch erreicht werden, dass eine Feldstärke und Richtung des Magnetfeldes der zweiten Spule **100b** am Ort des bewegten Objekts bzw. des Balls **230** gemessen wird. Die Differenz der Richtungen des Magnetfeldes der ersten Spule **100a** und des Magnetfeldes der zweiten Spule **100b** ergibt einen Winkel α , der umso größer wird, je weiter sich der Ball **230** außerhalb der Tormitte befindet. Dieser Zusammenhang ist schematisch in **Fig. 4** gezeigt.

[0059] **Fig. 4** zeigt eine Seitenansicht einer ersten Spule **100a** und einer dazu parallel angeordneten zweiten Spule **100b** und einem ersten Feldlinienverlauf **300a** des von der ersten Spule **100a** erzeugten magnetischen Feldes und einen zweiten Feldlinienverlauf **300b** des von der zweiten Spule **100b** erzeugten magnetischen Feldes. In dem in **Fig. 4** gezeigten Beispiel sind die Orientierungen der Feldlinien **300a** und **300b** innerhalb der Spule **100b** entgegengesetzt.

[0060] Wie in **Fig. 4** zu erkennen ist, ergibt sich in der Mitte der zweiten Spule **100b** bzw. des Tors **200** ein Winkel zwischen den Feldlinien **300a** und **300b** von näherungsweise 0° . Wandert von dem Spulenzentrum der zweiten Spule **100b** aus nach außen, so wird der Winkel α , mit Bezugszeichen **310** gekennzeichnet, mit zu-

nehmender Entfernung vom Spulenzentrum aus immer größer, so wie dies in [Fig. 4](#) gezeigt ist.

[0061] Zusätzlich zu dem Winkel α zwischen den Orientierungen der Magnetfelder ändert sich die vom Ball **230** gemessene Feldstärke des von der zweiten Spule **100b** erzeugten Magnetfeldes je nach dem, ob sich der Ball in der Tormitte oder am Rand des Tores befindet. Dieser Zusammenhang ist schematisch in [Fig. 5](#) gezeigt.

[0062] [Fig. 5](#) zeigt eine Frontansicht der Tor- bzw. Spulenöffnungsfläche der zweiten Spule **100b**. Die mit dem Bezugszeichen **500** gekennzeichneten Linien bezeichnen schematisch eine Feldstärkeverteilung innerhalb der rechteckigen Spule **100b**. Dabei bedeutet ein geringer Abstand zweier benachbarter Linien **500** eine vergleichsweise hohe Feldstärke des magnetischen Feldes an der entsprechenden Position, wohingegen ein großer Abstand zweier Linien **500** einen vergleichsweise geringen Betrag der magnetischen Feldstärke innerhalb der Spule **100b** bedeutet. [Fig. 5](#) lässt erkennen, dass insbesondere in den Eckbereichen der zweiten Spule **100b** größere magnetische Feldstärken vorherrschen als in der Mitte der Spule **100b**. Dieser Sachverhalt lässt sich beispielsweise auch analytisch mit dem Gesetz von Biot-Savart zeigen. Im allgemeinen lässt sich ein Beitrag $d\vec{H}$ eines von einem Strom I durchflossenen infinitesimalen Leiterstücks $d\vec{l}$ zum Magnetfeld \vec{H} in einem Punkt P gemäß

$$d\vec{H}(\vec{r}) = \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{4\pi r^3} \quad (2)$$

berechnen. Dabei bedeutet \vec{r} einen Verbindungsvektor vom Leiterstück zum Punkt P , an dem das Magnetfeld berechnet werden sollen. Für einen beliebigen (nicht notwendiger Weise geschlossenen) Leiter erhält man das Magnetfeld H als Integral über den Leiter gemäß

$$\vec{H} = \frac{1}{4\pi} \int \frac{I d\vec{l} \times \vec{r}}{r^3} . \quad (3)$$

[0063] Durch die in [Fig. 5](#) dargestellte inhomogene Verteilung des Magnetfeldes innerhalb der zweiten Spule **100b** entstehen Mehrdeutigkeiten bezüglich der Position des Balls **230**. Würde lediglich die erste Spule **100a** zur Positionsbestimmung des Balls **230** herangezogen, so könnte beispielsweise anhand einem gemessenen Magnetfeldbetrag nicht unterschieden werden, ob sich der Ball nahe einem Eck der zweiten Spule **100b** bzw. des Tores **200** kurz vor bzw. hinter der Torlinie **210** befindet, oder beispielsweise in der Mitte der zweiten Spule **100b** bzw. des Tores **200** auf Höhe der Torlinie **210** befindet. Es wird einen Punkt nahe dem Eckbereich der Spule **100b** vor der Torlinie geben, an dem der Betrag der Magnetfeldstärke zumindest näherungsweise genauso groß ist, wie an einem Punkt in der Mitte der Spule **100b** auf Höhe der Torlinie **210** bzw. in der Ebene, die durch die Torlinie **210** und das Fußballtor **200** aufgespannt wird.

[0064] Um genau diese Mehrdeutigkeiten eliminieren zu können, ist die erste Spule **100a** hinter dem Fußballtor **200** in der Netzaufhängung vorteilhaft. Durch isolierte Messungen der von der ersten Spule **100a** und zweiten Spule **100b** erzeugten Magnetfelder an dem Ort des Balls bzw. des beweglichen Objekts **230**, können genug Informationen erhalten werden, um die genaue Position des Balls **230** innerhalb des Torraums ermitteln zu können.

[0065] Durch das Hinzuziehen der Messwerte des zweiten Magnetfeldes zu den Messwerten des ersten Magnetfeldes kann nun bestimmt werden, ob sich der Ball **230** nahe einem Eckbereich der Spule **100b** vor der Torlinie **210**, hinter der Torlinie **210** oder inmitten der Spule **200b** bzw. des Tores **200** auf Höhe der Torlinie **210** befindet. Der anhand von [Fig. 4](#) beschriebene Winkel α zwischen den Feldlinien **300a** des ersten und des zweiten Magnetfeldes **300b** und die anhand von

[0066] [Fig. 5](#) beschriebene Feldstärke der zweiten Spule **100b** werden gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung also als Parameter zur Korrektur der Feldstärke des ersten Magnetfeldes verwendet. Damit können die Feldstärke des ersten Magnetfeldes und die Parameter verwendet werden, um eine Distanz des Balls **230** zur Torebene zu bestimmen.

[0067] Gemäß weiteren Ausführungsformen können beide Spulen **100a**, **b** zeitversetzt ein magnetisches Wechselfeld mit gleicher Frequenz abstrahlen, d. h. sie werden in einem Zeitmultiplex betrieben. Dabei wird in einem ersten Zeitintervall die erste Spule **100a** aktiviert, während die zweite Spule **100b** abgeschaltet ist, und das von der ersten Spule **100a** erzeugte Magnetfeld wird vom Ball **230** bzw. dem Magnetfeldsensor im Ball gemessen. In einem zweiten Zeitintervall wird die zweite Spule **100b** aktiviert, während die erste Spule abgeschaltet ist, woraufhin der Ball **230** das zweite Magnetfeld misst. Auch hier werden der Winkel α zwischen den

Feldlinien **300a** des ersten und des zweiten Magnetfeldes **300b** und die Feldstärke der zweiten Spule **100b** als Parameter zur Korrektur der Feldstärke des ersten Magnetfeldes verwendet.

[0068] Ein Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass nur eine Frequenz benötigt wird und damit ein Bauteilaufwand im Ball reduziert werden kann. Außerdem können Messfehler durch eine eventuelle gegenseitige Beeinflussung der Filter im Ball vermieden werden.

[0069] Ein Fußball kann in bestimmten Situationen in einem Fußballspiel Geschwindigkeiten von bis zu 140 km/h, d. h. ca. 40 m/s erreichen. Wird eine Messgenauigkeit von ca. $\pm 1,5$ cm gefordert, so sollte vorzugsweise der gesamte Messzyklus der beiden Spulen **100a**, **b** in einem Zeitraum von ca. 375 μ s geschehen. Der Zeitabstand der Messungen des ersten und des zweiten Magnetfeldes sollte bei dieser Ausführungsform also nicht zu groß gewählt werden. Ein zeitlich zu großer Abstand hätte negative Auswirkungen auf die Genauigkeit der Positionsbestimmung.

[0070] Wichtig für eine Torenscheidung ist, dass erkannt werden kann, ob der Ball **230** innerhalb oder knapp außerhalb des Tores ist, d. h. beispielsweise knapp außerhalb des Tores **200** an einem Seitenpfosten **200a**, **b** oder der Querlatte **200c** ist. Um dies einfach und sicher entscheiden zu können, weist die zweite Spule **100b**, welche am bzw. im Torrahmen angebracht ist, gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel eine möglichst niedrige Impedanz auf. Auch eine Ansterelektronik der zweiten Spule weist gemäß Ausführungsbeispielen wechselstrommäßig eine sehr niedrige Impedanz auf. Dadurch kann die zweite Spule **100b** als kurzgeschlossene Sekundärwicklung der primären ersten Spule **100a** wirken. Dies hat zur Folge, dass ein Teil des von der ersten Spule **100a** hervorgerufenen magnetischen Wechselfeldes eine Induktion in der zweiten Spule **100b** im bzw. am Torrahmen hervorruft. Aufgrund der niedrigen Gesamtimpedanz der zweiten Spule **100b** und deren Ansterelektronik, erzeugt der in der Spule **100b** induzierte Strom ein Gegenfeld zu dem Magnetfeld der ersten Spule **100a**. Dadurch wird der Betrag der Feldstärke des ersten Magnetfeldes in der von der zweiten Spule **100b** umspannten Fläche, d. h. der Toröffnungsfläche, reduziert. Außerhalb der von der zweiten Spule **100b** umspannten Fläche bzw. der Toröffnungsfläche kann sich das Gegenfeld auf das Wechselfeld der ersten Spule **100a** aufsummieren. Dadurch kann die Feldstärke außerhalb der zweiten Spule **100b** erhöht werden, wohingegen die Feldstärke innerhalb der von der zweiten Spule **100b** umspannten Fläche verringert wird. Dieser Zusammenhang wird nachfolgend anhand der [Fig. 6](#) und [Fig. 7](#) näher erläutert.

[0071] [Fig. 6](#) zeigt das bereits anhand von [Fig. 3](#) beschriebene Szenario in einer Seitenansicht. [Fig. 6](#) zeigt eine erste Spule **100a** und eine zweite Spule **100b**, wobei die erste Spule **100a** in einem Bereich hinter dem Tor **200** angebracht ist und die zweite Spule **100b** näher an dem Tor **200** als die erste Spule **100a** oder mit dem Tor **200** identisch angebracht ist. In dem in [Fig. 6](#) gezeigten Szenario befindet sich die zweite Spule **100b** in einem Leerlaufbetrieb, d. h. es kann kein Strom durch die Spulenwindungen fließen. Die erste Spule **100a** hinter dem Tor wird derart angesteuert, dass sie ein magnetisches Wechselfeld mit einer vorbestimmten Frequenz erzeugt. Die dadurch entstehenden Feldlinien sind durch das Bezugszeichen **300** in [Fig. 6](#) angedeutet. Befindet sich die zweite Spule **100b** in dem Leerlaufbetrieb, so kann sich das Magnetfeld der ersten Spule **100a** ungestört ausbreiten und es ergibt sich ein „ungestörter“ Feldlinienverlauf, wie er exemplarisch in [Fig. 6](#) angedeutet ist.

[0072] Wird die zweite Spule **100b**, welche am bzw. im Torrahmen des Tores **200** angebracht ist, hingegen in einem Kurzschlussbetrieb verwendet, so wird, wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, von der zweiten Spule **100b** ein Gegenfeld zu dem ersten Magnetfeld der ersten Spule **100a** erzeugt. Dadurch ergibt sich in einer näheren Umgebung der zweiten Spule **100b** ein Feldlinienverlauf, wie er schematisch in [Fig. 7](#) gezeigt ist.

[0073] Durch die geringe Impedanz der zweiten Spule **100b** im Torrahmen wird durch den induzierten Strom ein Gegenfeld erzeugt, welches die von der zweiten Spule **100b** umspannte Fläche idealerweise feldfrei sein lässt. Der ideale Fall ergibt sich genau dann, wenn die zweite Spule **100b** eine Spulenimpedanz $Z_{sp} = 0$ aufweist. Dieser ideale Fall wird in der Praxis jedoch nicht zu realisieren sein, wodurch in der von der zweiten Spule **100b** umspannten Fläche lediglich eine Abschwächung des ersten Magnetfeldes zu erzielen ist, vorzugsweise um wenigstens 20%. Die Kompensierung bzw. die Abschwächung des von der ersten Spule **100a** erzeugten magnetischen Feldes ist nahe den Spulenwindungen, d. h. dem Torpfosten, der Querlatte und der Torlinie am stärksten und ermöglicht es somit, extrem genau festzustellen, ob der Ball **230** innerhalb oder außerhalb des Tores **200** ist.

[0074] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird nur die erste Spule **100a** hinter dem Tor **200** zur Felderzeugung verwendet. Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde,

kann das magnetische Wechselfeld der ersten Spule **100a** in der zweiten Spule **100b** einen Strom erzeugen, der seiner Ursache, dem ersten Magnetfeld, entgegenwirkt. Der Strom wird gemäß Ausführungsbeispielen nur dann ausreichend erzeugt, wenn die zweite Spule **100b** kurzgeschlossen ist und eine niedrige Impedanz aufweist. Gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung liegt die Spulenimpedanz der zweiten Spule in einem relevanten Frequenzbereich (500 Hz bis 5 kHz) in einem Impedanzbereich zwischen 0 und 100 Ohm.

[0075] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen kann ein elektronischer Schalter zum periodischen Kurzschließen der zweiten Spule **100b** verwendet werden.

[0076] Wenn sich der Ball **230** in der Torebene befindet, wird er, je nach dem, ob der Schalter geschlossen ist oder nicht, ein unterschiedliches magnetisches Feld messen. Ist der Schalter offen, wird der Magnetfeldsensor in dem Ball **230** ein ungestörtes magnetisches Feld der ersten Spule **100a** messen, das in der Tormitte des Tores **200** am stärksten ist und zu den Torrändern hin in charakteristischer Weise abfällt, wie es Vorhergehenden bereits beschrieben wurde. Ist der Schalter geschlossen, so wird der Magnetfeldsensor des Balls **230** in der Tormitte ein niedrigeres Feld messen, außerhalb der von der zweiten Spule **100b** umspannten Fläche wird ein stärkeres Feld gemessen. Zudem kann eine Änderung der Feldrichtung beim Schließen bzw. Öffnen des Schalters gemessen werden. Nach jedem Messzyklus stehen gemäß Ausführungsbeispielen also drei Messwerte zur Verfügung, mit deren Hilfe sehr genau berechnet werden kann, ob und wo der Ball die Torebene durchquert hat. Beispielsweise lässt sich anhand der Feldstärken sagen, ob sich der Ball vor bzw. hinter der Torlinie **210** befindet, und mit der Änderung der Feldrichtung lässt sich eine Aussage darüber treffen, ob der Ball nahe bei eines der Seitenpfosten **200a**, b, nahe der Querlatte **200c** oder nahe der Torlinie **210** die Toröffnungsfläche durchquert hat. Ferner kann durch den sehr großen Signalunterschied bzw. Feldstärkenunterschied am Rand des Tores **200** bei geschlossenem Schalter festgestellt werden, ob der Ball **230** knapp am Tor **200** vorbei ist oder nicht.

[0077] Ein Vorteil dieses Ausführungsbeispiels ist, dass eine Elektronik im Ball **230** relativ einfach ausgestaltet sein kann, da hier nur eine Frequenz, nämlich die Frequenz der ersten Spule **100a**, gemessen wird und keine Frequenzunterscheidung zwischen erstem und zweitem Magnetfeld notwendig ist.

[0078] Wird lediglich eine Information darüber benötigt, ob der Ball **230** die Torlinie **210** innerhalb der von der zweiten Spule **100b** umspannten Fläche überschritten hat oder nicht, so kann das erfindungsgemäße Konzept zum Bereitstellen dieser Information verwendet werden. Dazu ist gemäß Ausführungsbeispielen eine Vorrichtung zum Auswerten ausgebildet, um aus Informationen über einen zeitlichen Verlauf eines von dem beweglichen Objekt **230** erfahrenen Magnetfeldes einen Hinweis darauf zu liefern, ob das bewegliche Objekt **230** die Torebene durchquert hat. Dabei kann sich die Vorrichtung zum Auswerten innerhalb des Balls **230** oder außerhalb, beispielsweise in einem Personal Computer befinden. Die Vorrichtung zum Auswerten ist ferner ausgebildet, um die Toraussage mittels einer Ableitung des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes nach der Zeit zu liefern, wobei die Ableitung des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes nach der Zeit zum Zeitpunkt des Überschreitens der Torlinie zumindest näherungsweise gleich Null ist. Dieser Zusammenhang ist in [Fig. 8](#) gezeigt.

[0079] [Fig. 8](#) zeigt einen Verlauf der magnetischen Feldstärke in der Nähe des Tores **200** bei kurzgeschlossener Sekundärspule **100b** und ein magnetisches Wechselfeld erzeugender Primärspule **100a**. Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, wird innerhalb der von der zweiten Spule **100b** umspannten Fläche durch das magnetische Gegenfeld eine Reduzierung des Magnetfeldes der ersten Spule **100a** erreicht. Demnach wird ein bewegliches Objekt **230**, das sich im Torraum auf das Tor **200** zu bewegt, einen zeitlichen Feldstärkeverlauf erfahren, wie er in [Fig. 8](#) exemplarisch gezeigt ist.

[0080] Aus positiver x-Richtung kommend, wird der Ball zunächst einen ansteigenden Feldstärkeverlauf **800** erfahren, der abfällt, wenn der Ball die von der zweiten Spule **100b** umspannte Fläche, d. h. die Toröffnungsfläche, durchquert. In diesem Moment weist der zeitliche Feldstärkeverlauf ein lokales Minimum **810** auf. Nach dem Durchqueren der Toröffnungsfläche in negativer x-Richtung wird der Feldstärkeverlauf wieder ansteigen, so wie es in [Fig. 8](#) dargestellt ist, um schließlich hinter der ersten Spule **100a** wieder abzufallen.

[0081] Es kann also gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung eine Torentscheidung aufgrund einer Detektierung eines Minimums des zeitlichen Magnetfeldverlaufs herbeigeführt werden. Die Bedingungen für ein Minimum des zeitlichen Verlaufs der Magnetfeldstärke lauten $d|H|/dt = 0$ und $d^2|H|/dt^2 > 0$, wobei sich der Betrag $|H|$ der magnetischen Feldstärke aus den von dem Magnetfeldsensor gemessenen Komponenten (H_x, H_y, H_z) eines Magnetfeldes in einem Raumpunkt gemäß $|H| = (H_x^2 + H_y^2 + H_z^2)^{1/2}$ berechnen lässt. Mit einer von dem Ball **230** gesendeten Sequenz von Magnetfeldmesswerten und einer entsprechenden Logik können die beiden vorgenannten Bedingungen also stets überprüft werden.

[0082] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann ein Kriterium für eine Entscheidung über ein Tor auch ein Vorzeichenwechsel der ersten Ableitung $d|H|/dt$ sein. Beim Durchqueren des Maximums des Magnetfeldverlaufs wird im Allgemeinen ein Vorzeichenwechsel von „-“ nach „+“, erfolgen, da die Magnetfeldstärke bei Annäherung an die Torlinie **210** erst abnimmt um nach Überqueren dieser wieder zuzunehmen.

[0083] Zusätzlich können weitere Ereignisse aus dem Verlauf der ersten Ableitung $d|H|/dt$ des zeitlichen Verlaufs der Magnetfeldstärke erschlossen werden. Besitzt die erste Ableitung zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Unstetigkeitsstelle, so kann davon ausgegangen werden, dass der Ball beispielsweise einen Seitenpfosten bzw. die Querlatte berührt hat.

[0084] Um Mehrdeutigkeiten ausräumen zu können, kann beispielsweise zusätzlich eine Dopplerfrequenz, die durch eine Bewegung des beweglichen Objekts **230** auf das Tor **200** zu oder von ihm weg auftritt, ausgewertet werden.

[0085] Dabei kann die Vorrichtung zum Auswerten ausgebildet sein, um die Torausage durch Vergleichen der Messwerte der Sequenz von Messwerten mit vorab bestimmten Werten, die beispielsweise in einer Lookup-Table gespeichert sind, zu erhalten.

[0086] Ein Verfahren zum Treffen einer Torentscheidung basierend auf Informationen über eine Position eines beweglichen Objekts in einem Torraum gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist zusammenfassend in [Fig. 9](#) gezeigt.

[0087] In einem ersten Schritt S1 ist der Schalter der zweiten Spule **100b** geöffnet (Leerlaufbetrieb), wobei eine Messung eines ungestörten Magnetfeldes der ersten Spule **100a** im Torraum von dem beweglichen Objekt bzw. Ball **230** durchgeführt wird. In einem zweiten Schritt S2 wird der Schalter der zweiten Spule **100b** geschlossen (Kurzschlussbetrieb), um eine Messung des Gesamtmagnetfeldes aus dem Magnetfeld der ersten Spule **100a** und dem Gegenfeld der zweiten Spule **100b** durchzuführen. In einem dritten Schritt S3 kann eine Torentscheidung basierend auf den Messwerten aus den Schritten S1 und S2 getroffen werden.

[0088] Abschließend geben [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) nochmals einen Überblick über ein System zum Ermitteln von Informationen über eine Position eines beweglichen Objekts **230** in einem Torraum, wobei [Fig. 10](#) eine Frontansicht und [Fig. 11](#) eine Seitenansicht darstellt.

[0089] [Fig. 10](#) zeigt eine Frontansicht eines Tores **200**, hinter dem sich eine erste Spule **100a** befindet. Eine zweite Spule **100b** ist näher an dem Tor **200** als die erste Spule **100a** oder mit dem Tor **200** identisch angebracht. Die beiden Spulen **100a, b** sind mit einer Einrichtung **240** zum Erzeugen von Spulenaktivierungssignalen für die zwei Spulen **100a, b** mit einem Frequenzmultiplexverfahren verbunden. Ein Spulenaktivierungssignal ist dabei ein Strom oder eine Spannung. [Fig. 10](#) zeigt ferner ein bewegliches Objekt **230** bzw. einen Ball, welcher über eine Funkverbindung **1020** mit einer Vorrichtung **1030** zum Auswerten der Information über das Magnetfeld verbunden ist.

[0090] [Fig. 11](#) zeigt eine weitere Seitenansicht eines Tores **200**, einer hinter dem Tor **200** angebrachten ersten Spule **100a** und einer identisch mit dem Tor **200** angebrachten zweiten Spule **100b**. Ein Ball **230** kann beim Durchqueren der Torebene ein magnetisches Wechselfeld **1100** der ersten **100a** und/oder zweiten Spule **100b** detektieren, wie es im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde.

[0091] Die Vorrichtung **1030** zum Auswerten ist gemäß Ausführungsbeispielen ausgebildet, um aus Informationen über einen zeitlichen Verlauf eines von dem beweglichen Objekt **230** erfahrenen Magnetfeldes einen Hinweis darüber zu liefern, ob das bewegliche Objekt **230** die Torebene durchquert hat.

[0092] Gemäß Ausführungsbeispielen umfasst der Ball **230** eine Vorrichtung zum Liefern einer Information über das Magnetfeld, in dem sich das bewegliche Objekt **230** befindet, welche einen Magnetfeldsensor umfasst. Die Vorrichtung zum Liefern ist ausgebildet, um sowohl Informationen über das von der ersten Spule **100a** erzeugte Magnetfeld als auch Informationen über das von der zweiten Spule **100b** erzeugte Magnetfeld zu liefern. Dazu weist sie beispielsweise ein elektrisches Filter auf, um die magnetischen Wechselfelder frequenzmäßig separieren zu können. Der Ball **230** umfasst ferner einen Sender zum Senden von wenigstens einem Messwert, und eine Steuerung zum Steuern des Magnetfeldsensors oder des Senders, so dass Magnetfeldmesswerte gesendet werden können. Dabei ist der Magnetfeldsensor ein dreidimensionaler Magnetfeldsensor, der beispielsweise mittels Hall-Sensoren oder magneto-resistiven Elementen aufgebaut sein kann.

[0093] Das bewegliche Objekt bzw. der Ball **230** benötigt ferner eine Energieversorgungseinrichtung zur Energieversorgung. Die Energieversorgung kann beispielsweise durch eine Batterie im Ball **230** gewährleistet werden. Um eine lange Lebensdauer der Energieversorgung des Balls zu gewährleisten, ist es ferner beispielsweise möglich, diesen aktivieren und deaktivieren zu können. Dies sollte vorzugsweise im Hinblick darauf geschehen, möglichst wenige Eingriffe in den Spielbetrieb notwendig zu machen. Der Ball **230** kann in der Nähe des Tors **200** über ein schwaches Signal aktiviert werden, welches beispielsweise von einem dafür ausgebildeten Sender einer zentralen Steuer-/Auswerteeinrichtung gesendet wird. Dazu weist der Ball beispielsweise einen Empfänger auf, der das Aktivierungssignal empfängt und daraufhin über einen Prozessor das Messsystem im Ball in der Nähe des Tors **200** aktiviert. Der Prozessor schaltet beispielsweise den Empfänger im Ball alle 100 Millisekunden kurz ein. Sobald das Aktivierungssignal vom Ball erkannt wird, geht der Ball in Dauerbetrieb.

[0094] Weiterhin kann als Aktivierungssignal auch das von einer erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugte Magnetfeld benutzt werden. Kommt der Ball **230** in die Nähe des Tors **200**, so wird dies durch den dreidimensionalen Magnetfeldsensor im Ball erkannt. Sobald dies der Fall ist, schaltet sich das Messsystem im Ball ein. Auch hier können beispielsweise die Sensoren nur alle 100 Millisekunden kurzzeitig in Betrieb genommen werden.

[0095] Bei den beiden im Vorhergehenden beschriebenen Vorgehensweisen wird eine Detektion immer nur kurz eingeschaltet, um Energie zu sparen. Wenn der Ball **230** über sehr lange Zeit, beispielsweise einen Tag, kein Signal mehr erkennt, wird ein Timer zur Detektion beispielsweise auf zehn Sekunden hochgestellt. Dadurch kann der Energieverbrauch nochmals drastisch gesenkt werden. Da beispielsweise der Zustand einer Batterie im Ball abgefragt werden kann, ist sichergestellt, dass ein Timer im Ball bei Spielbeginn wieder beispielsweise auf 100 Millisekunden gestellt ist.

[0096] Wenn sich leitfähige Objekte (auch Personen) in einem Magnetfeld bewegen, dann kann in diesen Objekten ein Magnetfeld induziert werden. Dieses Magnetfeld könnte die Feldgeometrie des erzeugten Magnetfeldes beeinflussen. Bei einem Fußballspiel bewegen sich die Spieler allerdings nicht so schnell, als dass eine merkliche Induktion hervorgerufen werden könnte. Der Ball **230** allerdings Geschwindigkeiten von bis zu 140 km/h erreichen. Deshalb ist bei einer Implementierung vorzugsweise darauf zu achten, dass die Elektronik in dem Ball **230** möglichst klein ist und keine großen leitfähigen Flächen aufweist.

[0097] Ein Einfluss auf das erzeugte magnetische Feld durch sich in der Nähe des Tors **200** befindliche Stromkabel ist relativ gering. Ein Stromkabel weist zumeist einen Hin- und einen Rückleiter auf, so dass sich die Magnetfelder des Hin- und Rückleiters gegenseitig aufheben. Selbst bei Einzelleitern wäre der Einfluss relativ gering, da bei einer Netzfrequenz von 50 Hz die Feldeinwirkung einer leichten Änderung des Erdmagnetfeldes gleichkommen würde.

[0098] Das beschriebene System ist in Richtung senkrecht auf die Torebene durch das Messen der Feldstärke des von der ersten Spule **100a** erzeugten Feldes sehr genau. Längs der Torebene wird nur eine sehr geringe Feldänderung des magnetischen Feldes von der ersten Spule **100a** gemessen. Durch die vorzugsweise niedrige Impedanz der zweiten Spule **100b** wird dem Feld der ersten Spule **100a** ein sehr starker Signalunterschied aufgeprägt, der sich gerade an so wichtigen Stellen wie den Pfosten **200a**, **b** bzw. der Querlatte **200c** befindet. Dadurch ist es möglich, diese kritischen Positionen fehlerfrei zu entscheiden. Wird lediglich eine Information darüber benötigt, ob ein bewegliches Objekt bzw. ein Ball **230** die Torlinie **210** innerhalb des Tores **200** überschritten hat, so kann durch die Betrachtung des zeitlichen Verlaufs von Feldstärkemessungen und durch die Detektion eines Minimums des zeitlichen Verlaufs eine Torentscheidung getroffen werden.

[0099] Fig. 12 zeigt einen Querschnitt durch einen Torpfosten mit Kabelkanälen. Am hinteren Teil des Torpfostens befindet sich ferner die Tornetaufhängung nach z. B. nach Art einer Gardinenhalterung ausgeführt sein kann. Die Kabelschächte sind symmetrisch gefertigt, damit ein und derselbe Torpfosten für den linken und den rechten Pfosten gefertigt werden kann. So wird es bevorzugt, den äußeren Schacht mit einem Kabel zu versehen, um ein Spule zu erhalten, mit der das Magnetfeld erzeugt werden kann. Der inneren Schacht bleibt dann leer. Die Torlatte kann nur einen einzigen Schacht haben, der oben bezüglich des Tors angeordnet ist. Vorzugsweise ist der Schacht so dimensioniert, dass er gerade so groß ist, dass ein Kabel eingeführt werden kann, dass jedoch die Position des Kabels im Schacht so gut als möglich vorgegeben ist und von Tor zu Tor nur wenig abweichen wird.

[0100] Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass abhängig von den Gegebenheiten das erfindungsgemäße Schema auch in Software implementiert sein kann. Die Implementierung kann auf einem digitalen Speicher-

medium, insbesondere einer Diskette oder einer CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfolgen, die so mit einem programmierbaren Computersystem und/oder Mikrocontroller zusammenwirken können, dass das entsprechende Verfahren ausgeführt wird. Allgemein besteht die Erfindung somit auch in einem Computerprogrammprodukt mit einem auf einem maschinenlesbaren Träger gespeicherten Programmcode zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wenn das Computerprogrammprodukt auf einem Rechner und/oder Mikrocontroller abläuft. In anderen Worten ausgedrückt, kann die Erfindung somit als ein Computerprogramm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens realisiert werden, wenn das Computerprogramm auf einem Computer und/oder Mikrocontroller abläuft.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen eines Magnetfeldes in einem Torraum, mit wenigstens zwei parallel zu einer durch ein Tor (**200**) definierten, begrenzten Torfläche angeordneten Spulen (**100a**, **b**), wobei eine erste Spule (**100a**) in einem Bereich hinter dem Tor (**200**) angebracht ist und eine zweite Spule (**100b**) näher an dem Tor (**200**) als die erste Spule (**100a**) oder mit dem Tor identisch angebracht ist, wobei die erste Spule (**100a**) und die zweite Spule (**100b**) jeweils eine Spulenimpedanz aufweisen, wobei die Spulenimpedanz der zweiten Spule (**100b**) so eingestellt ist, dass ein aufgrund eines magnetischen Feldes der ersten Spule (**100a**) erzeugtes magnetische Feld der zweiten Spule (**100b**) das magnetische Feld der ersten Spule an einer Stelle innerhalb der zweiten Spule um wenigstens 20% reduziert.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, wobei eine senkrecht zu der Torfläche durch den Schwerpunkt derselben verlaufende Achse zumindest näherungsweise jeweils durch den Schwerpunkt einer durch Spulenwindungen begrenzte Spulenöffnungsfläche der ersten (**100a**) und der zweiten Spule (**100b**) verläuft.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, bei der die erste Spule (**100a**) eine Spulenöffnungsfläche aufweist, die größer oder gleich der begrenzten Torfläche ist, und bei der die zweite Spule (**100b**) Spulenwindungen aufweist, deren Öffnungsfläche zumindest näherungsweise der Torfläche entspricht.

4. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Tor (**200**) durch zwei hohle Seitenpfosten (**200a**, **b**), eine hohle Querlatte (**200c**) und eine Torlinie (**210**), auf der das Tor steht, begrenzt ist, und wobei die zweite Spule (**100b**) innerhalb der zwei hohlen Seitenpfosten (**200a**, **b**), der hohlen Querlatte (**200c**) und in einem Bereich unterhalb der Torlinie (**210**) verläuft, wobei gegebenenfalls in dem hohlen Seitenpfosten und der hohlen Querlatte jeweils wenigstens ein Kabelschacht ist, dessen Querschnittsabmessung kleiner als ein Querschnitt des Seitenpfostens oder der Querlatte ist, und wobei die Spule ein Kabel aufweist, das in dem Kabelschacht verläuft.

5. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Tor (**200**) durch zwei Seitenpfosten (**200a**, **b**), eine Querlatte (**200c**) und eine Torlinie (**210**) begrenzt ist, und bei der die zweite Spule (**100b**) an den Torpfosten und an der Querlatte angebracht ist.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Bereich hinter dem Tor (**200**) wenigstens zwei Netzaufhängungen (**200d**, **e**) aufweist und wobei die erste Spule um einen durch die Netzaufhängungen (**200d**, **e**) definierten Bereich gewickelt ist.

7. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Vorrichtung ferner eine Einrichtung (**240**) zum Erzeugen von Spulenaktivierungssignalen für die zwei Spulen (**100a**, **b**) mit einem Multiplexverfahren aufweist.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Einrichtung (**240**) zum Erzeugen der Spulenaktivierungssignale die Spulenaktivierungssignale in einem Frequenzmultiplexverfahren erzeugt.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, bei der die erste Spule (**100a**) mit einer Frequenz in einem Frequenzbereich von 500 Hz bis 5 kHz angesteuert wird.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Einrichtung (**240**) zum Erzeugen der Spulenaktivierungssignale die Spulenaktivierungssignale in einem Zeitmultiplexverfahren erzeugt.

11. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Spulenimpedanz der zweiten Spule (**100b**) für eine Frequenz des Spulenaktivierungssignals in einem Frequenzbereich von 500 Hz bis 5 kHz in einem Impedanzbereich zwischen 0 und 100 Ohm liegt.

12. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die zweite Spule (**100b**) in einem Kurzschlussbetrieb betrieben wird, um als kurzgeschlossene Sekundärwicklung eines aus der ersten (**100a**) und zweiten Spule (**100b**) gebildeten Transformators zu wirken.

13. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die zweite Spule (**100b**) durch einen Schalter in einen Kurzschlussbetrieb oder in einen Leerlaufbetrieb versetzt werden kann.

14. System zum Ermitteln von Informationen über eine Position eines beweglichen Objekts (**230**) in einem Torraum, in dem wenigstens zwei Spulen (**100a, b**) parallel zu einer durch ein Tor (**200**) definierten, begrenzten Torfläche angebracht sind, wobei eine erste Spule (**100a**) in einem Bereich hinter dem Tor (**200**) angebracht ist und eine zweite Spule (**100b**) näher an dem Tor (**200**) als die erste Spule oder mit dem Tor identisch angebracht ist, wobei die erste Spule (**100a**) und die zweite Spule (**100b**) jeweils eine Spulenimpedanz aufweisen, wobei die Spulenimpedanz der zweiten Spule (**100b**) so eingestellt ist, dass ein aufgrund eines magnetischen Feldes der ersten Spule (**100a**) erzeugtes Feld der zweiten Spule (**100b**) das magnetische Feld der ersten Spule an einer Stelle innerhalb der zweiten Spule um wenigstens 20% reduziert, mit einer Vorrichtung zum Liefern einer Information über ein Magnetfeld, das das bewegliche Objekt (**230**) an der Position im Torraum erfährt; und einer Vorrichtung (**1030**) zum Auswerten der Information über das Magnetfeld, um die Informationen über die Position des beweglichen Objekts (**230**) im Torraum zu erhalten.

15. System gemäß Anspruch 14, bei der die Vorrichtung zum Liefern ausgebildet ist, um sowohl Informationen über ein von der ersten Spule (**100a**) erzeugte Magnetfeld als auch Informationen über ein von der zweiten Spule (**100b**) erzeugtes Magnetfeld zu liefern.

16. System gemäß Anspruch 14 oder 15, bei der sich die Vorrichtung zum Liefern in dem beweglichen Objekt (**230**) befindet.

17. System gemäß Anspruch 16, wobei die Vorrichtung zum Liefern einen Magnetfeldsensor aufweist.

18. System gemäß einem der Ansprüche 14 bis 17, bei der die Vorrichtung (**1030**) zum Auswerten ausgebildet ist, um aus Informationen über einen zeitlichen Verlauf eines von dem beweglichen Objekt (**230**) erfahrenen Magnetfeldes einen Hinweis darauf zu liefern, ob das bewegliche Objekt die Torebene durchquert hat.

19. System gemäß Anspruch 18, wobei die Vorrichtung (**1030**) zum Auswerten ausgebildet ist, um die Torraussage mittels einer Ableitung des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes nach der Zeit zu liefern.

20. System gemäß Anspruch 19, wobei die Ableitung des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes nach der Zeit zum Zeitpunkt des Überschreitens der Torlinie zumindest näherungsweise gleich Null ist.

21. System gemäß Anspruch 14, bei der die Vorrichtung (**1030**) zum Auswerten ausgebildet ist, um aus den Informationen des von der ersten Spule (**100a**) erzeugten Magnetfeldes und den Informationen des von der zweiten Spule (**100b**) erzeugten Magnetfeldes am Ort des beweglichen Objekts (**230**) einen Hinweis liefern zu können, wo das bewegliche Objekt die Torebene durchdrungen hat.

22. System gemäß Anspruch 14, bei der die Vorrichtung (**1030**) zum Auswerten ausgebildet ist, um aus einer Sequenz von Messwerten einen Hinweis zu liefern, ob das bewegliche Objekt (**230**) die Torebene durchquert hat, wobei eine erste Information eine Information über ein Magnetfeld der ersten Spule (**100a**) bei einem Leerlauf der zweiten Spule (**100b**) bedeutet, eine zweite Information eine Information über ein reduziertes Magnetfeld der ersten Spule (**100a**) bei kurzgeschlossener zweiter Spule (**100b**) bedeutet und eine dritte Information eine Information über eine Änderung zwischen der ersten Information und der zweiten Information bedeutet.

23. Verfahren zum Ermitteln von Informationen über eine Position eines beweglichen Objekts (**230**) in einem Torraum, in dem wenigstens zwei Spulen (**100a, b**) parallel zu einer durch ein Tor (**200**) definierten, begrenzten Torfläche angebracht sind, wobei eine erste Spule (**100a**) in einem Bereich hinter dem Tor (**200**) angebracht ist und eine zweite Spule (**100b**) näher an dem Tor (**200**) als die erste Spule oder mit dem Tor identisch angebracht ist, wobei die erste Spule (**100a**) und die zweite Spule (**100b**) jeweils eine Spulenimpedanz aufweisen, wobei die Spulenimpedanz der zweiten Spule (**100b**) so eingestellt ist, dass ein aufgrund eines magnetischen Feldes der ersten Spule (**100a**) erzeugtes Feld der zweiten Spule (**100b**) das magnetische Feld der ersten Spule an einer Stelle innerhalb der zweiten Spule um wenigstens 20% reduziert, mit folgenden Schritt-

ten:

Erzeugen eines magnetischen Wechselfeldes mittels der ersten Spule (**100a**);

Liefern einer Information über das magnetische Wechselfeld, das das bewegliche Objekt (**230**) an der Position im Torraum erfährt;

Auswerten der Information über das magnetische Wechselfeld, um die Informationen über die Position des beweglichen Objekts (**230**) im Torraum zu erhalten.

24. Verfahren gemäß Anspruch 23, wobei bei dem Schritt des Auswertens eine Sequenz von Messwerten ausgewertet wird, um einen Hinweis zu liefern, ob das bewegliche Objekt (**230**) die Torebene durchquert hat, wobei eine erste Information eine Information über ein Magnetfeld der ersten Spule (**100a**) bei einem Leerlauf der zweiten Spule (**100b**) bedeutet, eine zweite Information eine Information über ein reduziertes Magnetfeld der ersten Spule (**100a**) bei kurzgeschlossener zweiter Spule (**100b**) bedeutet und eine dritte Information eine Information über eine Änderung zwischen der ersten Information und der zweiten Information bedeutet.

Es folgen 12 Blatt Zeichnungen

FIG 1A

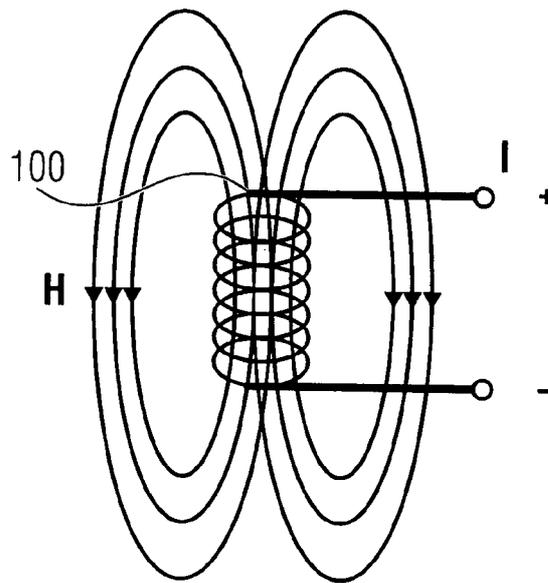


FIG 1B

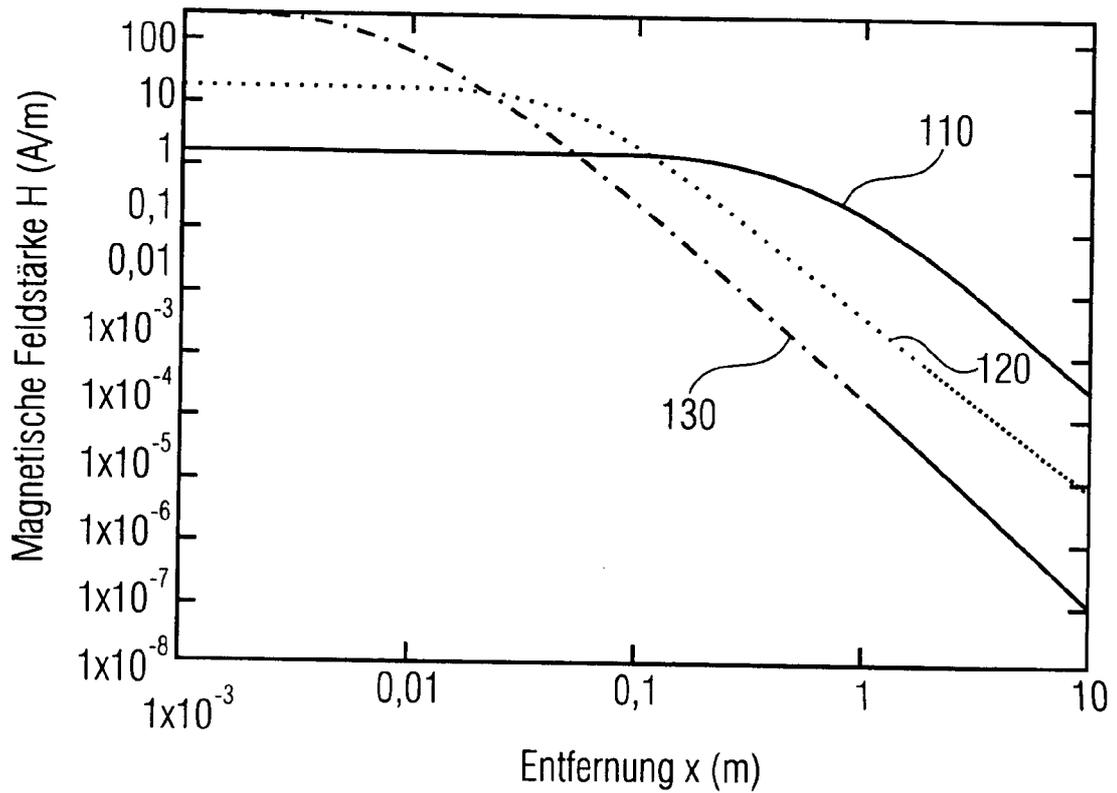


FIG 2

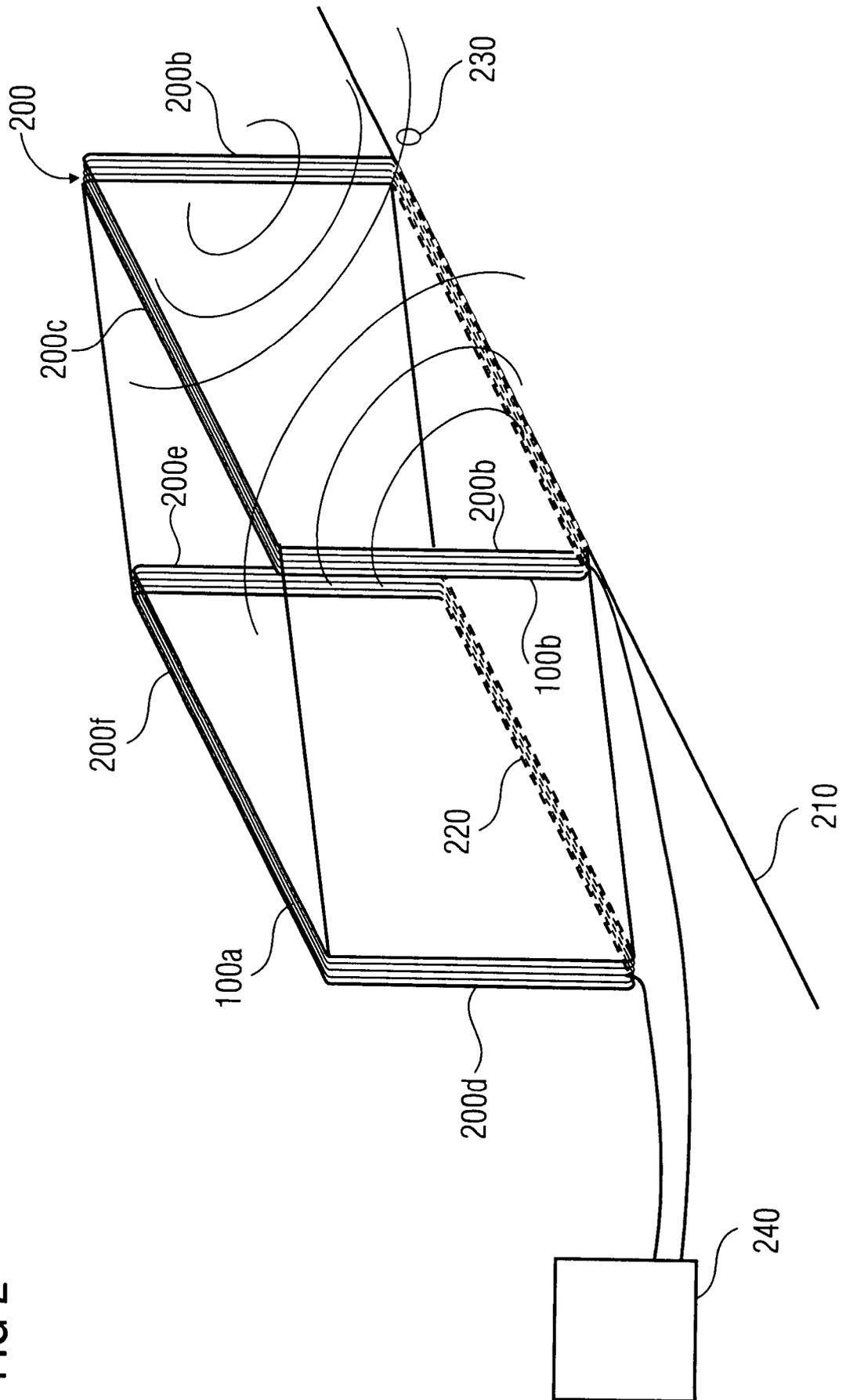


FIG 3

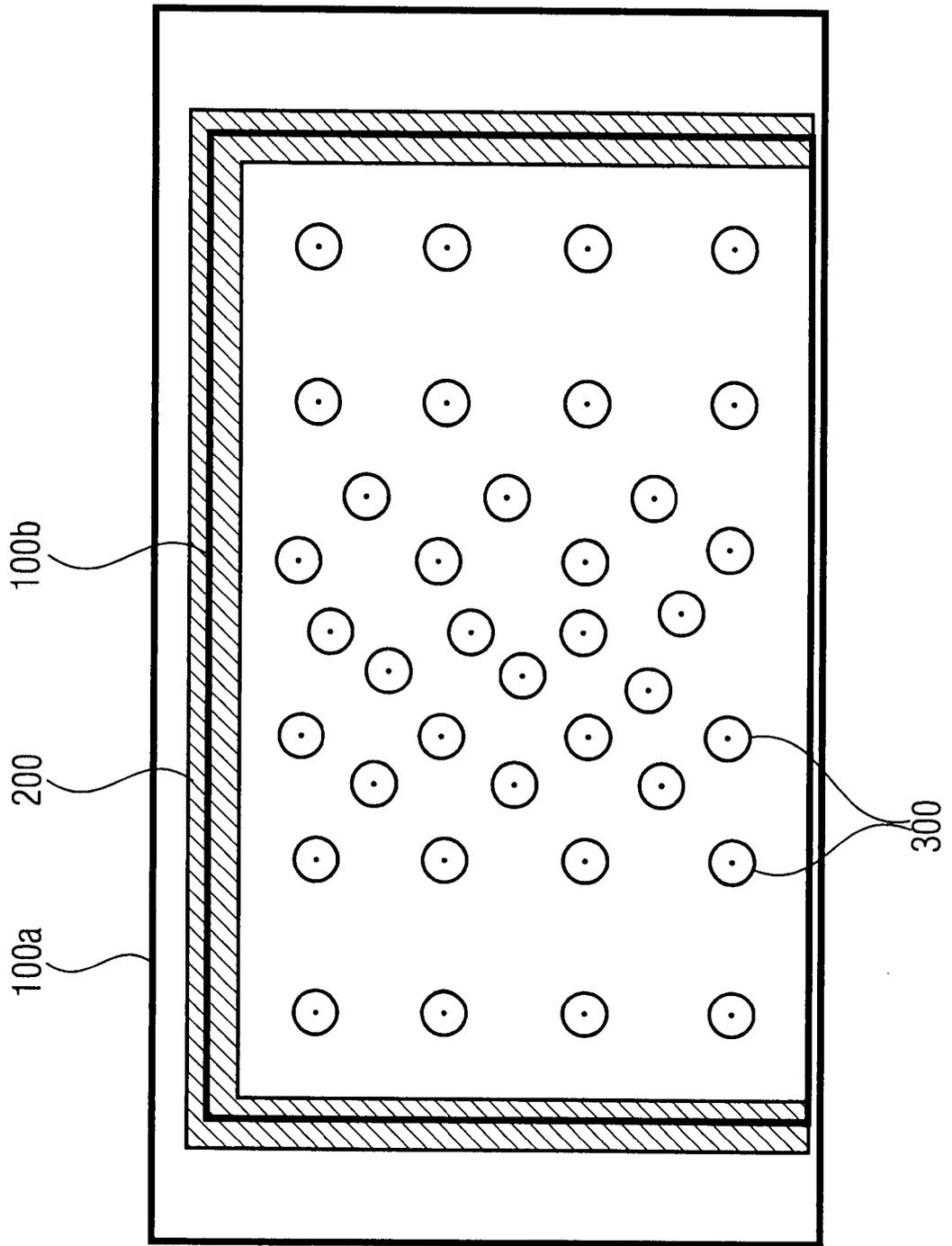


FIG 4

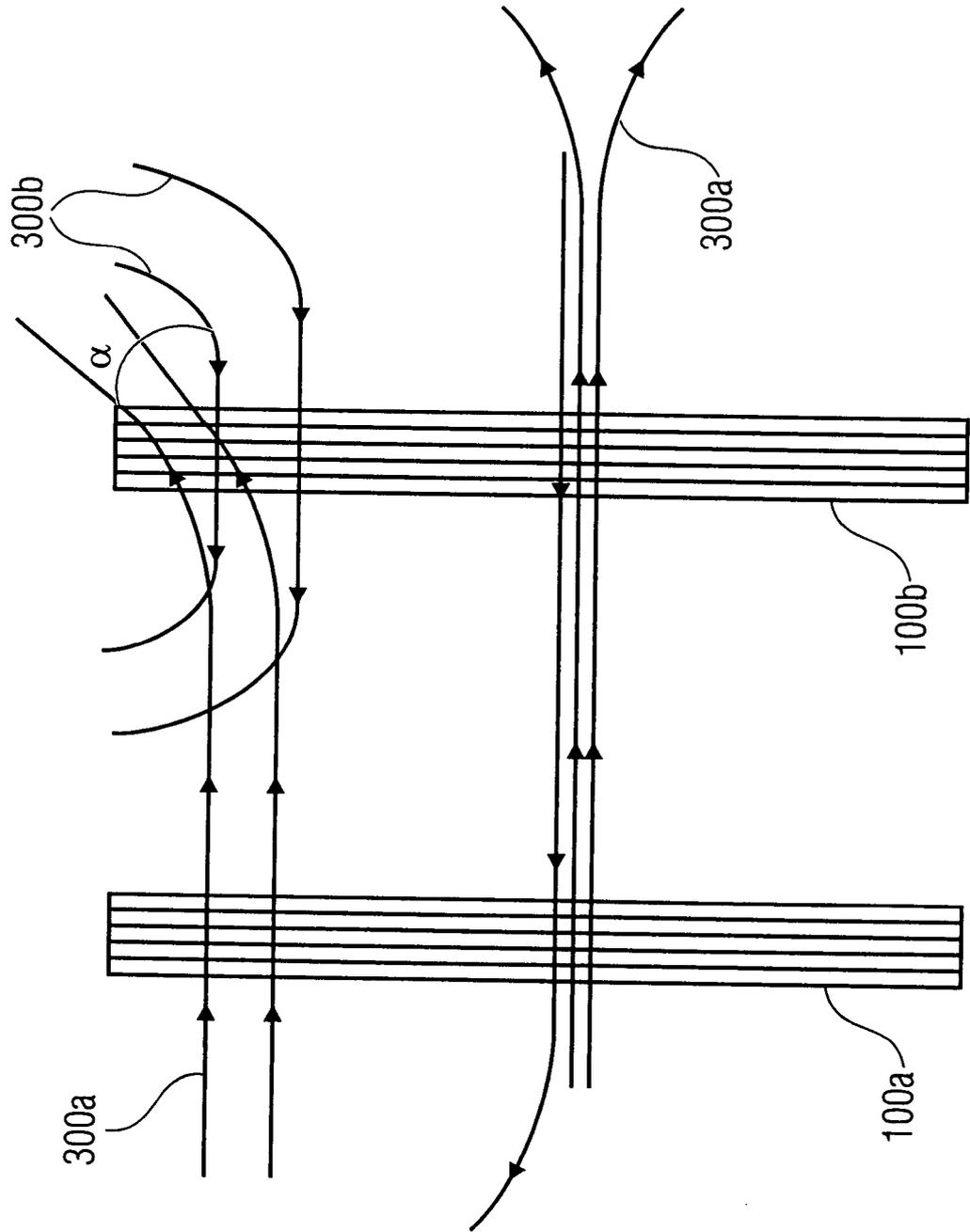
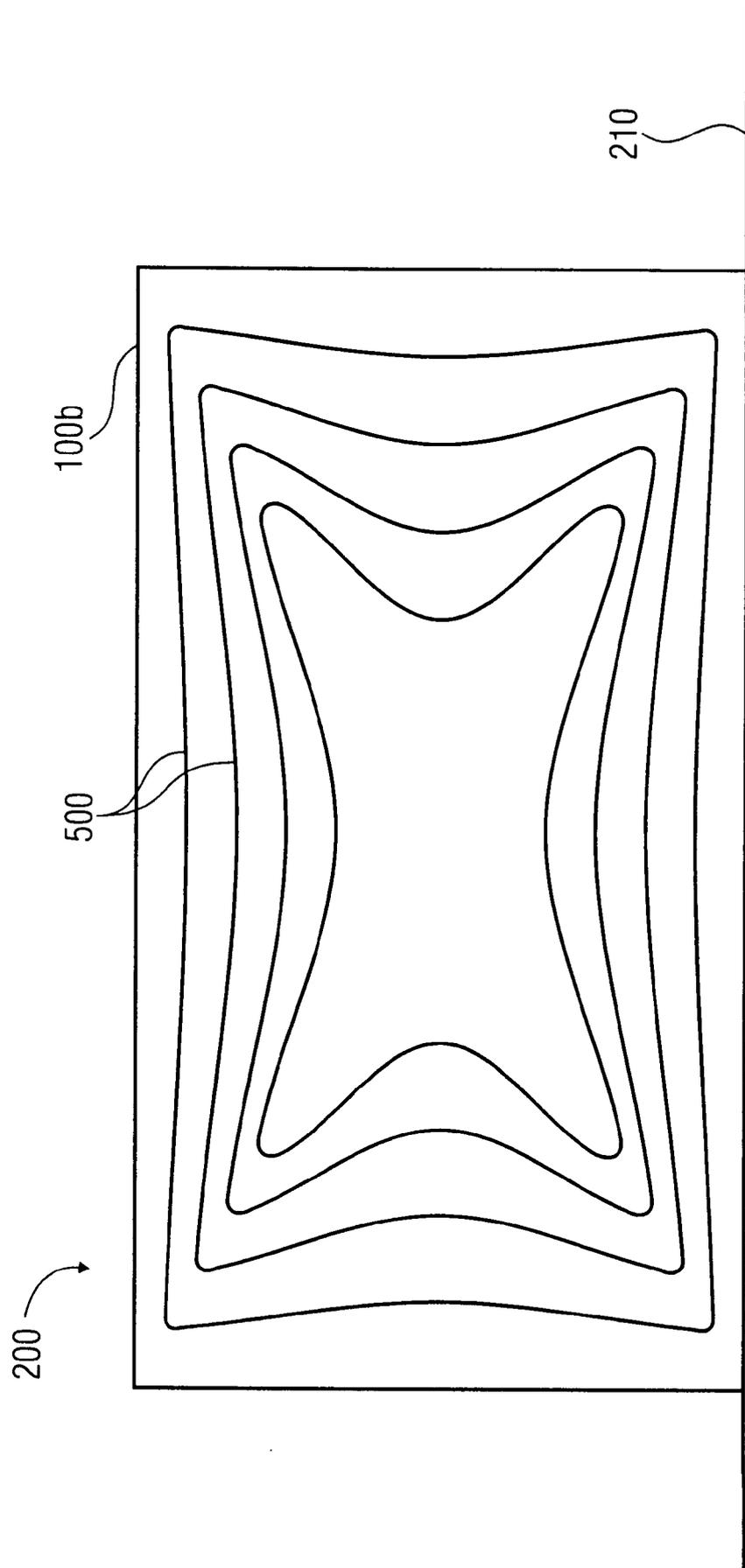


FIG 5



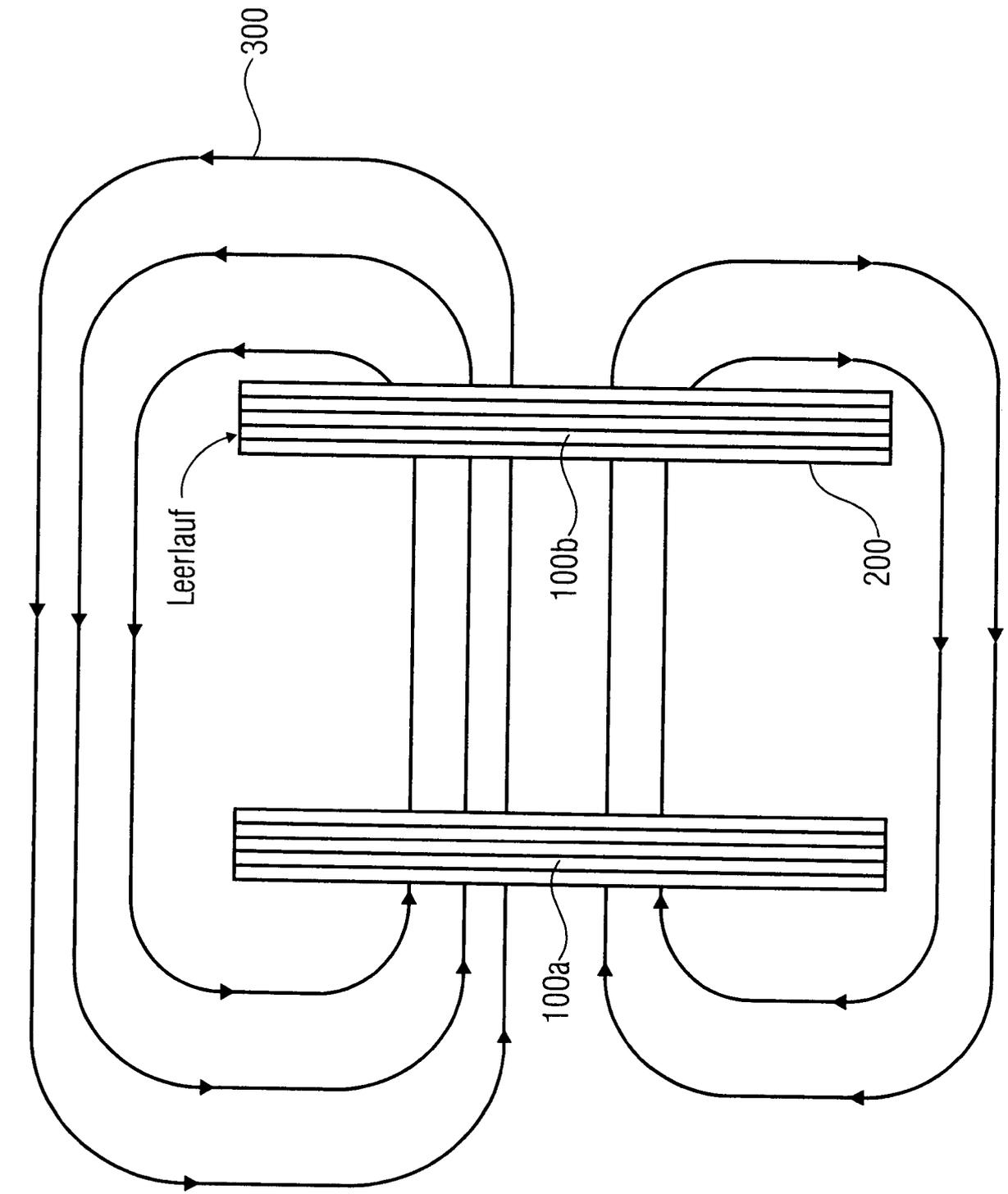


FIG 6

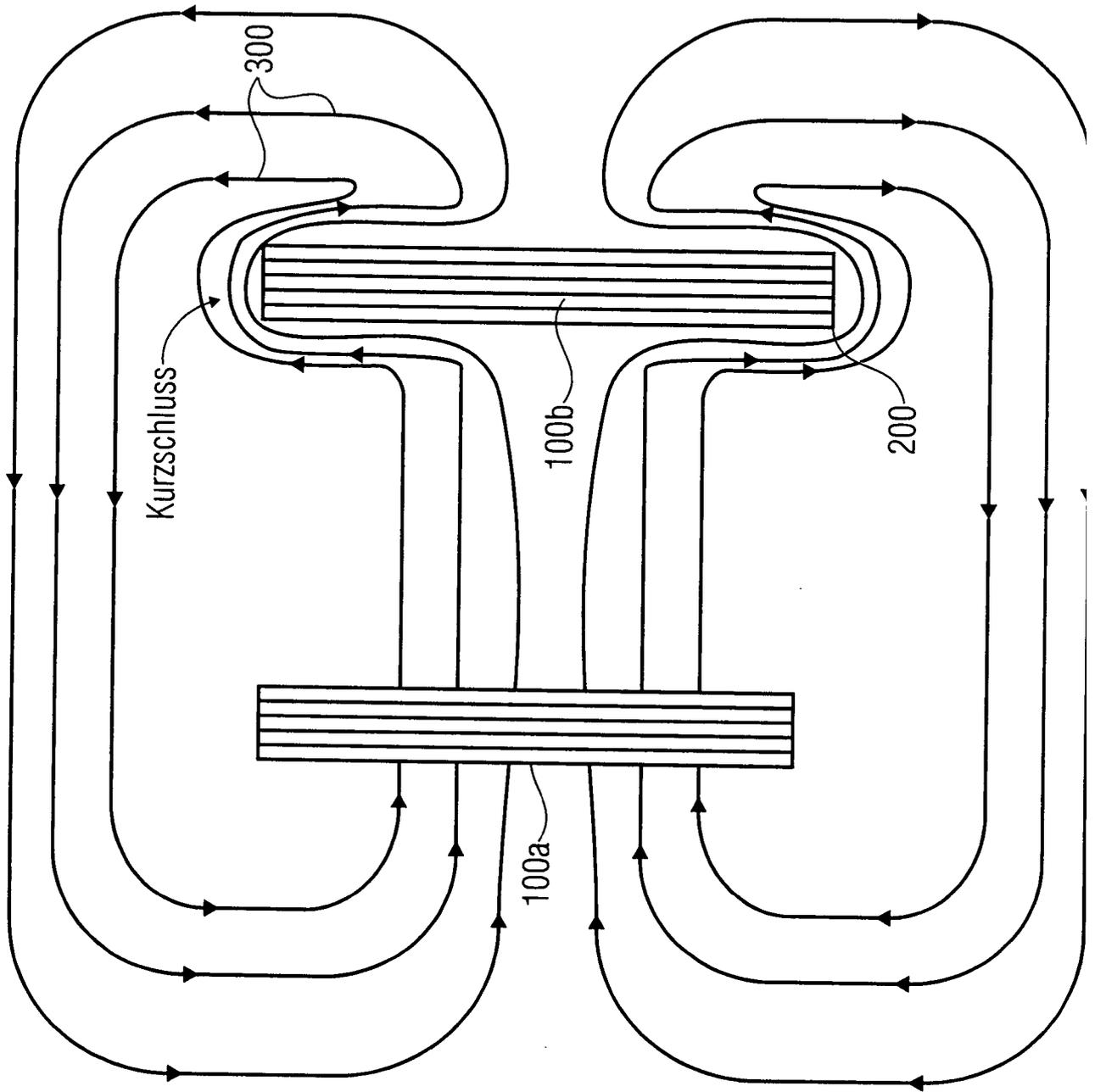


FIG 7

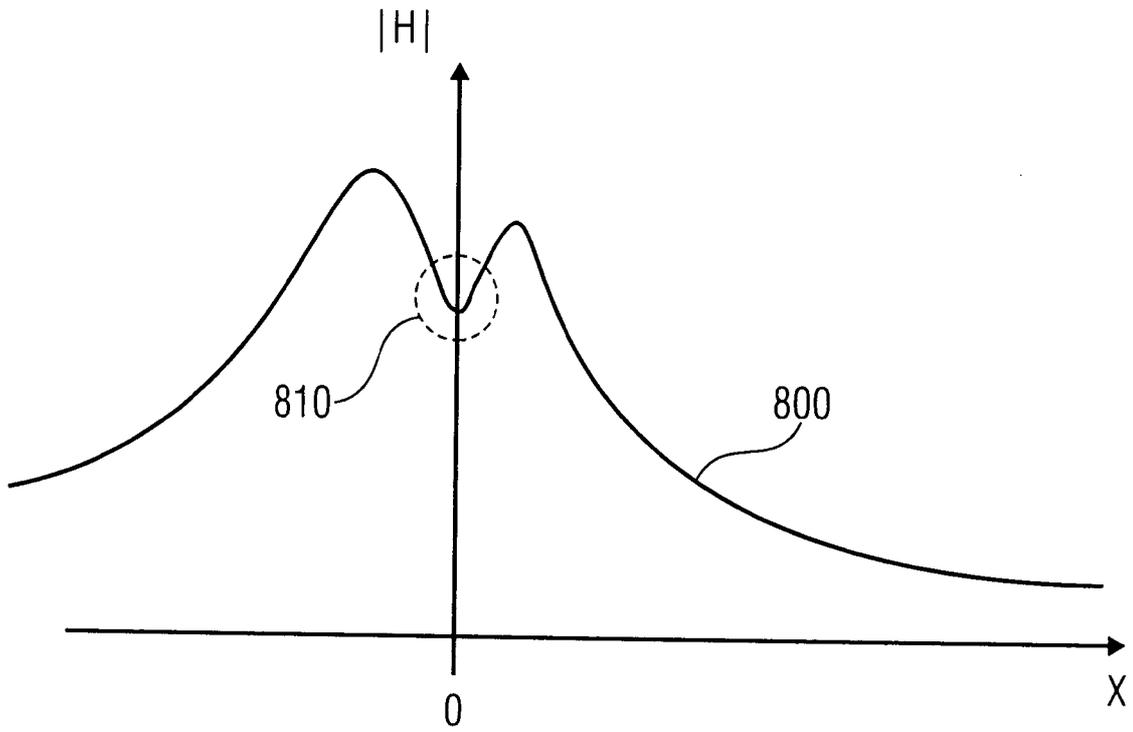


FIG 8

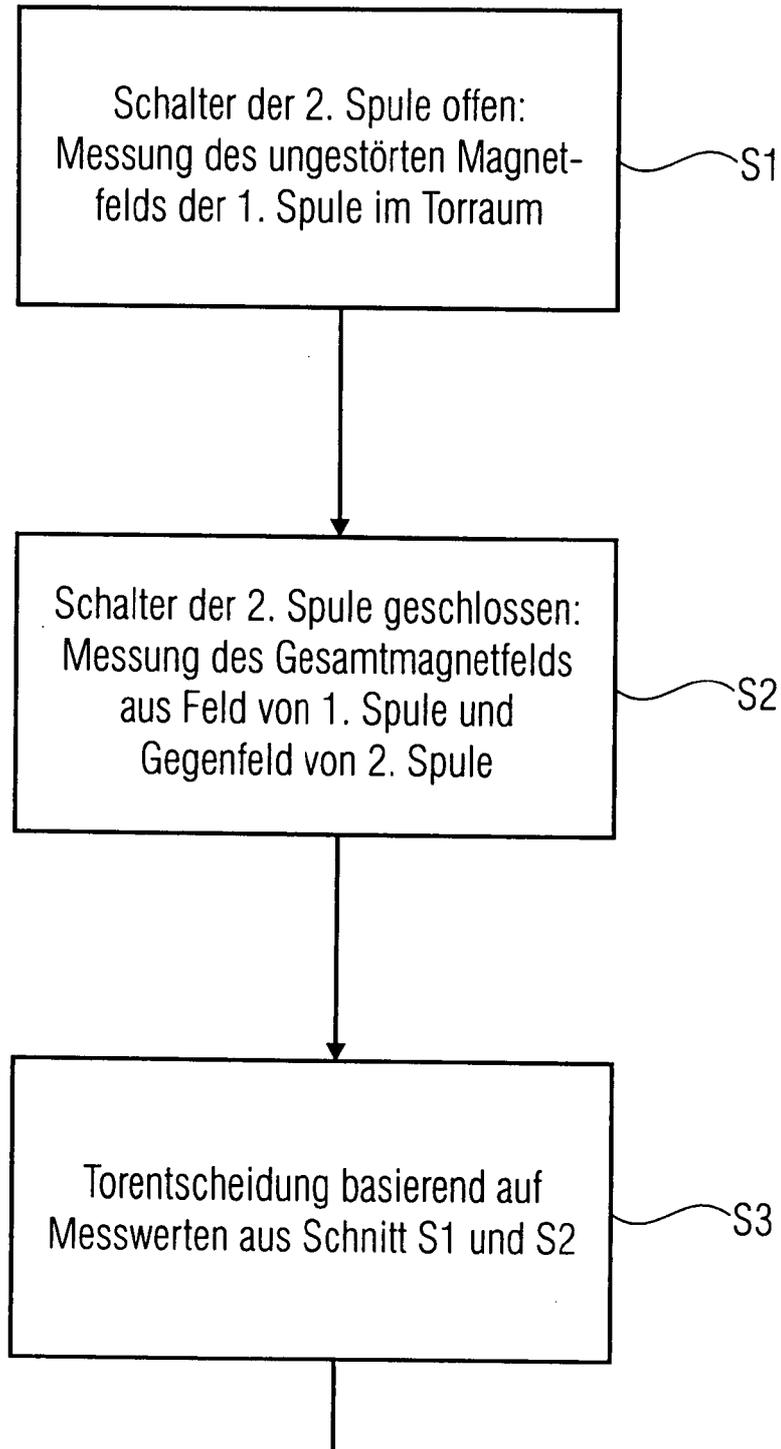


FIG 9

FIG 10

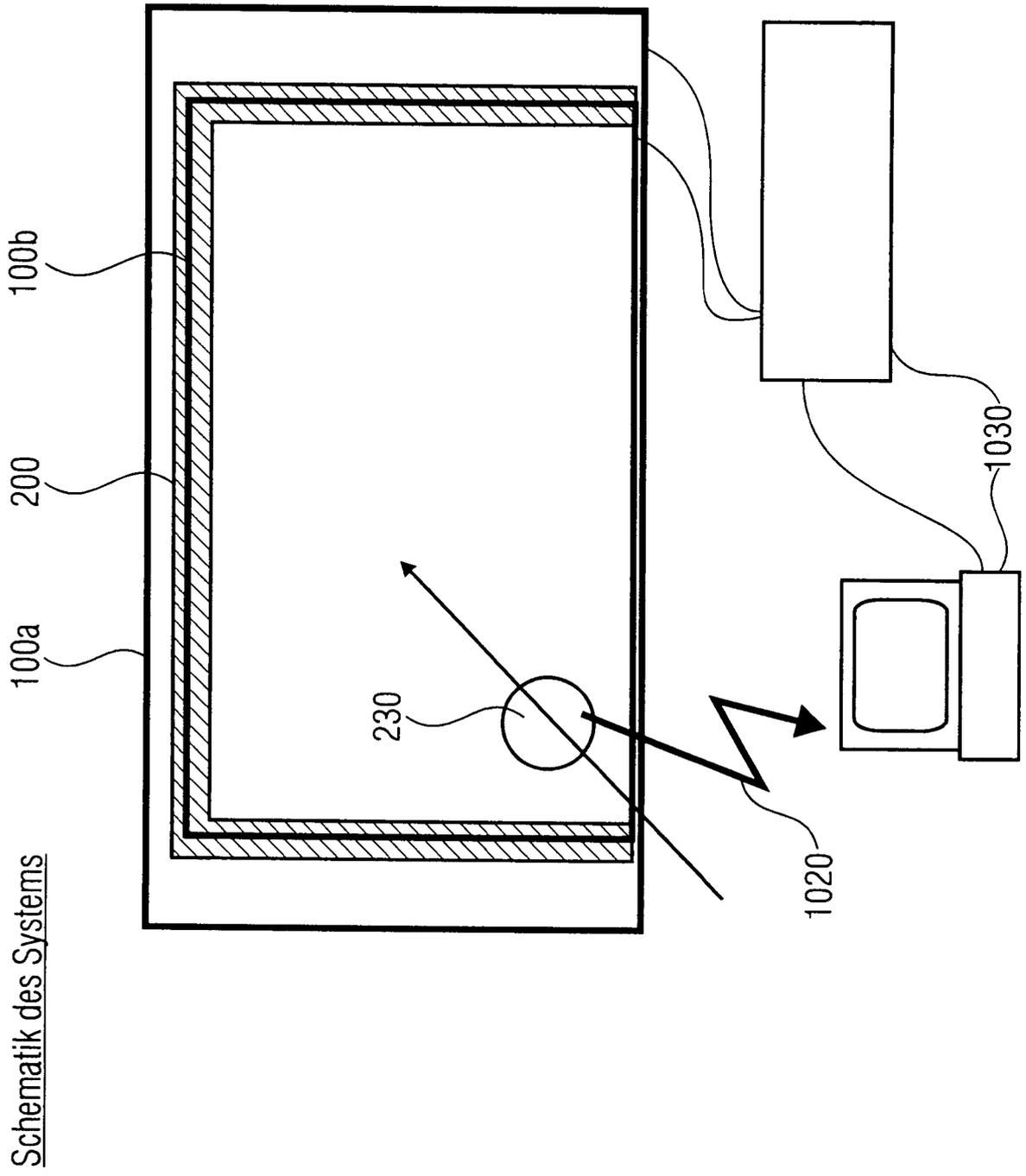
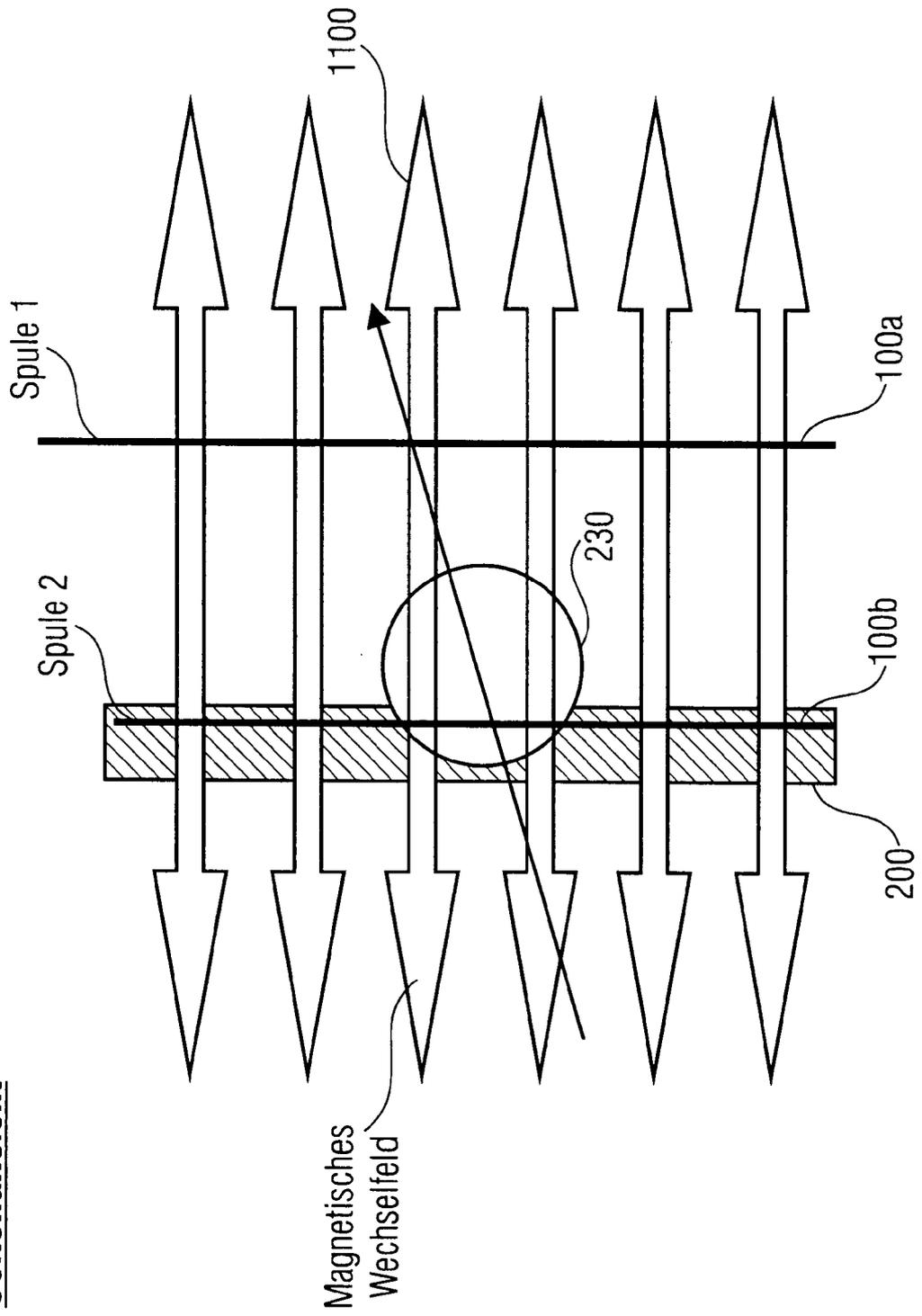


FIG 11

Seitenansicht



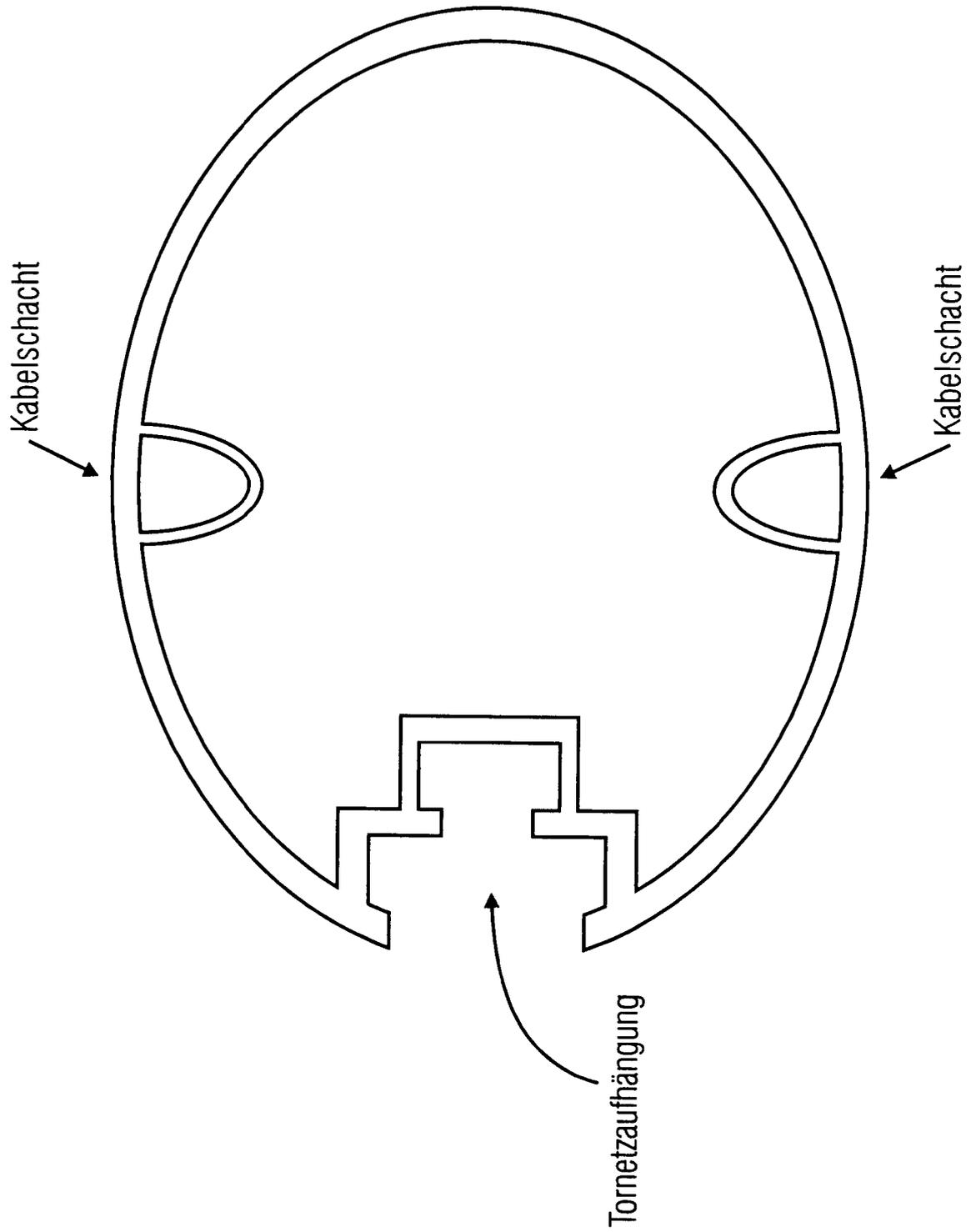


FIG 12