

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. September 2008 (04.09.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/104247 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
A63B 71/06 (2006.01) G01V 3/10 (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/000301
- (22) Internationales Anmeldedatum:
16. Januar 2008 (16.01.2008)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2007 009 232.8
26. Februar 2007 (26.02.2007) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): CAIROS TECHNOLOGIES AG [DE/DE]; Im Stockmaedle 18, 76307 Karlsbad (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ENGLERT, Walter [DE/DE]; Kupfstrasse 25, 88483 Burgrieden (DE).
BUCHER, Tilman [DE/DE]; Ina-Seidel-Bogen 12, 81929

München (DE). BRAUN, Oliver [DE/DE]; Im Stoeckmaedle 8, 76307 Karlsbad (DE). HOLZER, Christian [DE/DE]; Pertisaustrasse 20, 81671 München (DE).

(74) Anwälte: ZINKLER, Franz usw.; Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, Postfach 246, 82043 Pullach bei München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: DEVICE AND METHOD FOR GOAL DECISION-MAKING BY MEANS OF MAGNETIC FIELDS IN A GOAL SPACE

(54) Bezeichnung: VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR TORENTSCHEIDUNG MITTELS MAGNETFELDER IN EINEM TORRAUM

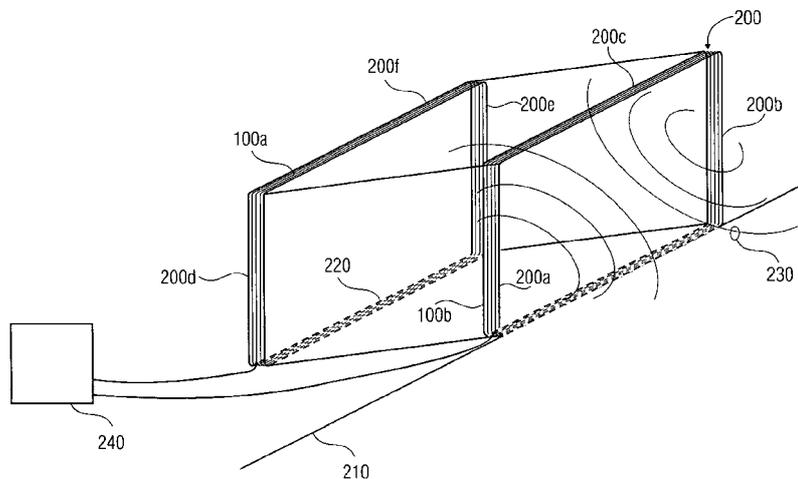


FIG 2

(57) Abstract: The invention relates to a device for generating a magnetic field in a goal space, having at least two coils 100a, 200a disposed parallel to a goal surface defined by a goal 200, wherein a first coil 100a is provided in a region behind the goal 200, and a second coil 200a is identically provided in closer proximity to the goal 200 than the first coil 100a, or is provided with the goal 200, wherein the first coil 100a and the second coil 200a each have a coil impedance, wherein the coil impedance of the second coil 200a is adjusted such that a magnetic field of the second coil 200a generated by a magnetic field of the first coil 100a reduces the magnetic field of the first coil 100a by at least 20% at a point within the second coil 200a.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/104247 A1



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *mit internationalem Recherchenbericht*

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

VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR TORENTSCHEIDUNG MITTELS MAGNETFELDER IN EINEM TORRAUM

5

Beschreibung

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.

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. $\pm 1,5$ cm gemessen werden kann. Außerdem dürfen Einflüsse von Personen, die sich nahe des Balls bewegen bzw. den Ball abdecken, keine Rolle spielen.

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.

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.

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. 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.

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 Auswertelgorithmen 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.

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

Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, ein System gemäß Anspruch 14, ein Verfahren gemäß Anspruch 23 und ein Computer-Programm gemäß Anspruch 25 gelöst.

5 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
10 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
15 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 auf-
20 grund 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
25 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
30 Spule umspannten Torfläche.

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.

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 Sendeeinheit 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 erstes 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.

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
5 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.

10 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
15 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.
20 Nun kann die Feldstärke der ersten Spule verwendet werden, um eine Distanz des Balls zur Torebene zu bestimmen.

Gemäß bevorzugten Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung ist die zweite Spule im bzw. am Torrahmen angebracht und weist eine möglichst niedrige Impedanz auf. Auch
25 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
30 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
35 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 Außen-
5 grenzen der zweiten Spule ermöglicht es extrem genau festzustellen, ob der Spielball innerhalb oder außerhalb des Tores ist.

10 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
15 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
20 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
25 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 zwei-

ter Spule bedeutet und eine dritte Information eine Information über eine Änderung zwischen der ersten Information und der zweiten Information bedeutet.

5 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
10 gemessen. Somit wäre es also nur bedingt möglich zu erkennen, ob der Spielball an einem Torpfosten vorbei oder über die Querlatte geflogen ist.

Der Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass
15 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.
20 Dadurch kann ermöglicht werden, diese kritischen Positionen fehlerfrei zu entscheiden.

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

Des Weiteren ist das erfindungsgemäße Konzept zur Torentscheidung
30 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.

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

- Fig. 1a eine schematische Darstellung magnetischer Feldlinien um eine stromdurchflossene Zylinderspule zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Konzepts;
- 5 Fig. 1b eine schematische Darstellung eines Verlaufs einer magnetischen Feldstärke in einem Nahbereich um eine Zylinderspule aufgetragen über einem Abstand von der Zylinderspule;
- 10 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
- 15 begrenzte Fläche, wobei die Spulen mit einer Vorrichtung zum Ansteuern der Spulen gekoppelt sind, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 20 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;
- 25 Fig. 4 eine Seitenansicht einer ersten und einer zweiten Spule mit einem Feldlinienverlauf eines von der ersten Spule erzeugten ungestörten Magnetfeldes;
- 30 Fig. 5 eine schematische Darstellung einer magnetischen Feldstärkeverteilung innerhalb einer Rechteckspule;
- 35 Fig. 6 eine Seitenansicht einer ein Magnetfeld erzeugenden ersten Spule und einer leerlaufenden zweiten Spule mit resultierendem Feldlinienverlauf, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

- Fig. 7 eine Seitenansicht einer ein Magnetfeld erzeugenden ersten Spule und einer kurzgeschlossenen zweiten Spule mit resultierendem Feldlinienverlauf, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 5
- Fig. 8 eine schematische Darstellung eines Feldstärkeverlaufs über einer Entfernung von der Torlinie;
- 10
- Fig. 9 ein Flussdiagramm zur Veranschaulichung eines Verfahrens zum Treffen einer Torentscheidung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;
- 15
- Fig. 10 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Systems zum Erzeugen eines Magnetfeldes in einem Torraum;
- 20
- Fig. 11 eine Seitenansicht einer ersten Spule und einer zweiten Spule in einem Torrahmen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und
- 25
- Fig. 12 einen Querschnitt durch einen Torpfosten mit Kabelkanälen.

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.

30

Um das erfindungsgemäße Konzept zur Positionsbestimmung eines beweglichen Objektes mittels Magnetfeldern näher zu erläutern, zeigt Fig. 1a eine schematische Darstellung magne-

35

tischer Feldlinien um eine von einem Strom I durchflossene zylindrische Spule 100.

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.

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.

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:

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

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.

Obige Gleichung (1) dient lediglich zur Veranschaulichung der Abhängigkeit der magnetischen Feldstärke von der Entfernung von einer magnetischen Antenne bzw. Spule. Gleichmaßen 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.

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.

25 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 zuzuordnen. 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.

35 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.

5

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. +/- 1,5 cm gemessen werden kann. Eine Anordnung, welche eine Positionsbestimmung eines Fußballs mittels Magnetfeldern ermöglicht, ist schematisch in Fig. 2 gezeigt.

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.

25

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.

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.

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.

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.

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 Tores 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.

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 Magnetfeldsensor 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.

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.

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
5 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.

10 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.

15 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
20 200 ist. Dadurch, dass die zweite Spule 100b identisch mit dem Tor 200 angebracht ist, entspricht deren Öffnungsfläche zumindest näherungsweise der Torfläche des Tores 200.

Wird lediglich die erste Spule 100a von einer Vorrichtung
25 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
30 300 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
35 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.

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.

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.

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 zunehmender Entfernung vom Spulenzentrum aus immer größer, so wie dies in Fig. 4 gezeigt ist.

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.

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

35

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

Durch die in Fig. 5 dargestellte inhomogene Verteilung des Magnetfeldes innerhalb der zweiten Spule 100b entstehen
5 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
10 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
15 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.

20 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
25 230, können genug Informationen erhalten werden, um die genaue Position des Balls 230 innerhalb des Torraums ermitteln zu können.

Durch das Hinzuziehen der Messwerte des zweiten Magnetfeldes zu den Messwerten des ersten Magnetfeldes kann nun
30 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
35 und des zweiten Magnetfeldes 300b und die anhand von

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

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 Magnetfelds verwendet.

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.

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. +/- 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.

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 Ansteuer-
elektronik 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 Ansteuerelektronik, 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 7 näher erläutert.

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.

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.

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.

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.

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

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 Toröffnungs-

fläche 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.

5

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.

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 Torausage 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.

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.

5

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.

15

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.

20

25

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.

30

35

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.

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.

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

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.

25

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.

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. eine Frontansicht und Fig. 11 eine Seitenansicht darstellt.

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.

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.

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.

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.

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.

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.

Bei den beiden im Vorhergehenden beschriebenen Vorgehens-
5 weisen 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
10 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.

15 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
20 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
25 leitfähigen Flächen aufweist.

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
30 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.

35

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 magnetisches
Feldes von der ersten Spule 100a gemessen. Durch die vor-
zugsweise niedrige Impedanz der zweiten Spule 100b wird dem
Feld der ersten Spule 100a ein sehr starker Signalunter-
5 schied 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 fehler-
frei zu entscheiden. Wird lediglich eine Information dar-
über benötigt, ob ein bewegliches Objekt bzw. ein Ball 230
10 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 wer-
den.

15

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
20 sind symmetrisch gefertigt, damit ein und derselbe Torpfos-
ten 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
25 dann leer. Die Torlatte kann nur einen einzigen Schacht ha-
ben, der oben bezüglich des Tors angeordnet ist. Vorzugs-
weise ist der Schacht so dimensioniert, dass er gerade so
groß ist, dass ein Kabel eingeführt werden kann, dass je-
doch die Position des Kabels im Schacht so gut als möglich
30 vorgegeben ist und von Tor zu Tor nur wenig abweichen wird.

Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass abhängig von den
Gegebenheiten das erfindungsgemäße Schema auch in Software
implementiert sein kann. Die Implementierung kann auf einem
35 digitalen Speichermedium, insbesondere einer Diskette oder
einer CD mit elektronisch auslesbaren Steuersignalen erfol-
gen, 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
5 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 Compu-
10 ter 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

- 5 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.
- 10 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.
- 15 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.
- 20 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.
- 25 8. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Einrichtung (240) zum Erzeugen der Spulenaktivierungssignale die Spulenaktivierungssignale in einem Frequenzmultiplexverfahren erzeugt.
- 30 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.
- 35 10. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, bei der die Einrichtung (240) zum Erzeugen der Spulenaktivierungssignale die

Spulenaktivierungssignale in einem Zeitmultiplexverfahren erzeugt.

- 5 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.
- 10 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.
- 15 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.
- 20 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
- 25 30 35
- 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

- 5 einer Vorrichtung (1030) zum Auswerten der Information über das Magnetfeld, um die Informationen über die Position des beweglichen Objekts (230) im Torraum zu erhalten.
- 10 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.
- 15 16. System gemäß Anspruch 14 oder 15, bei der sich die Vorrichtung zum Liefern in dem beweglichen Objekt (230) befindet.
- 20 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.
- 25 19. System gemäß Anspruch 18, wobei die Vorrichtung (1030) zum Auswerten ausgebildet ist, um die Toraussage mittels einer Ableitung des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes nach der Zeit zu liefern.
- 30 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.
- 35

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 Schritten:

5 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;

10

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

15

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.

20

25

25. Computer-Programm mit einem Programmcode zur Durchführung des Verfahrens gemäß Anspruch 23 oder 24, wenn das Computer-Programm auf einem Computer oder Mikrocontroller abläuft

30

FIG 1A

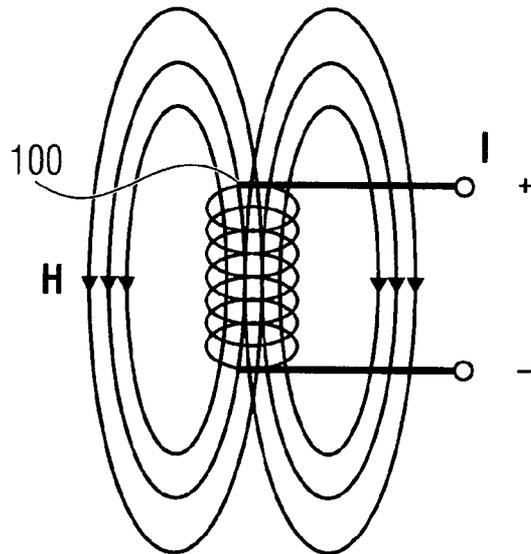
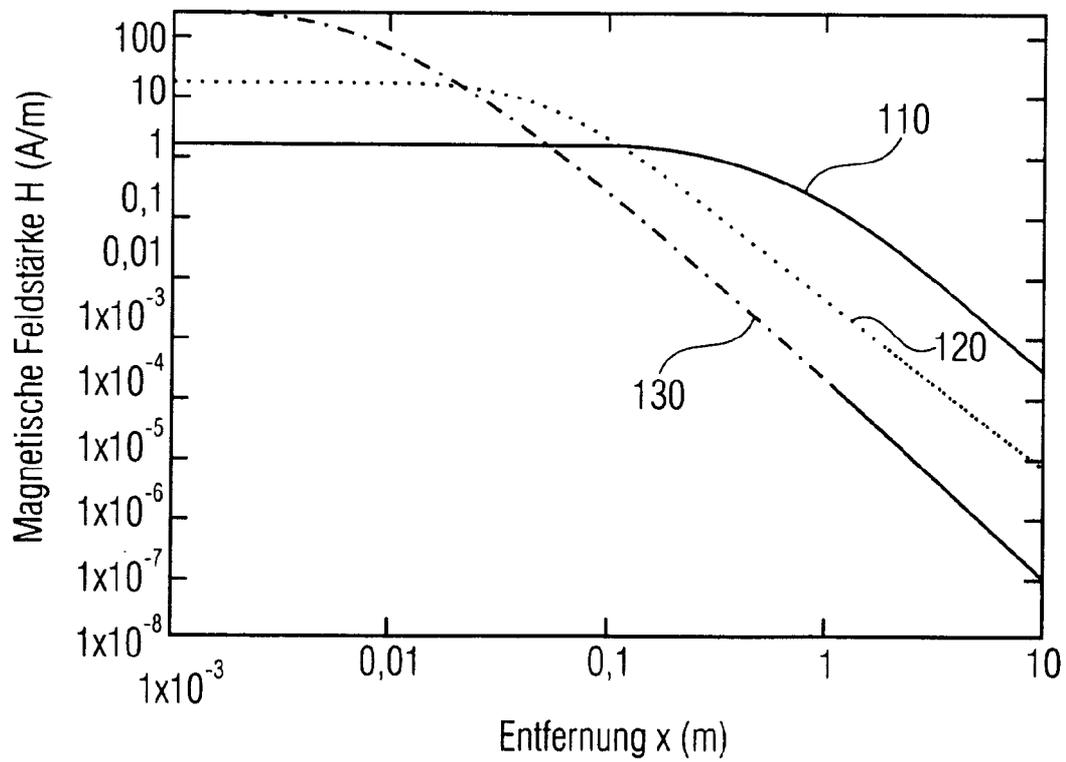
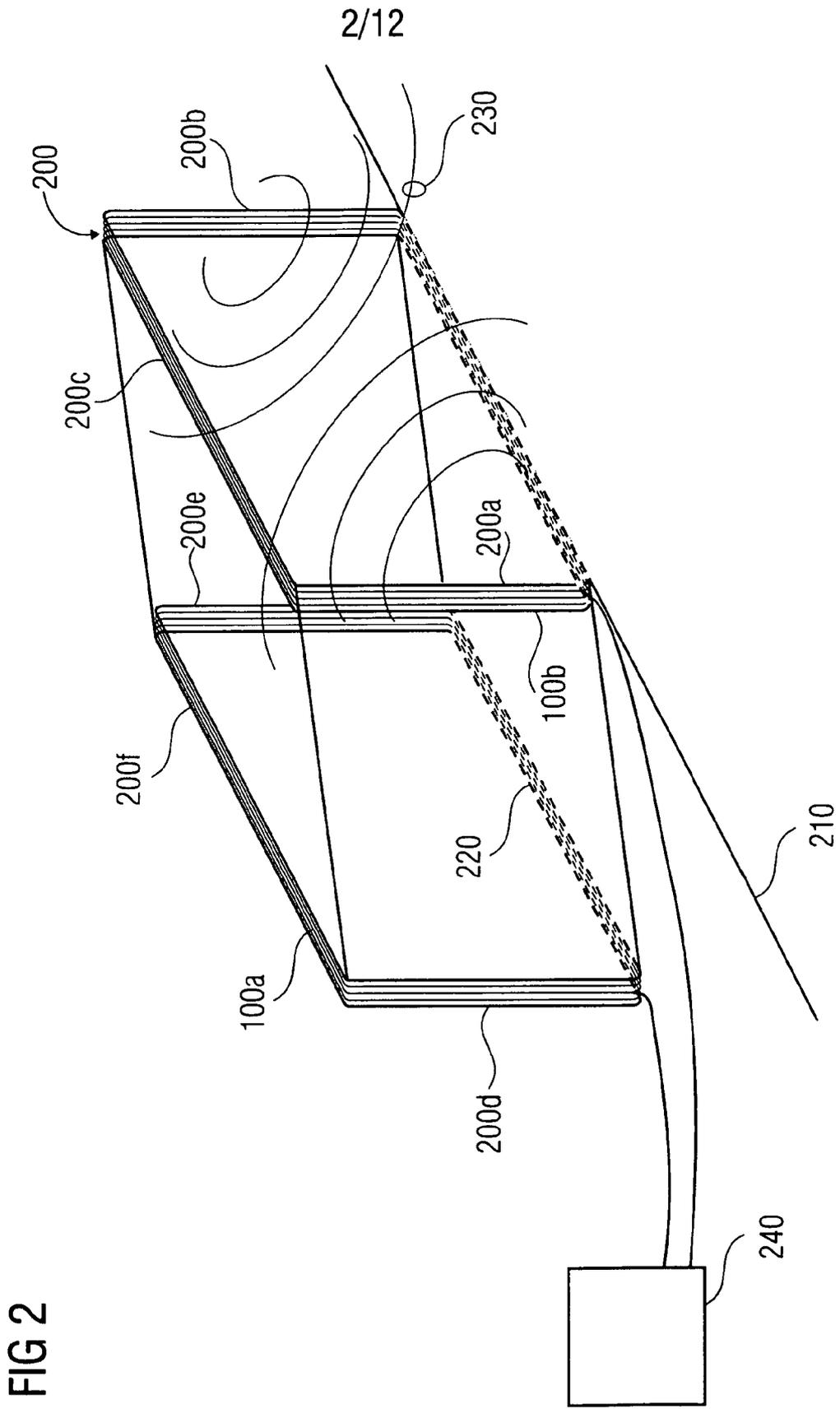


FIG 1B





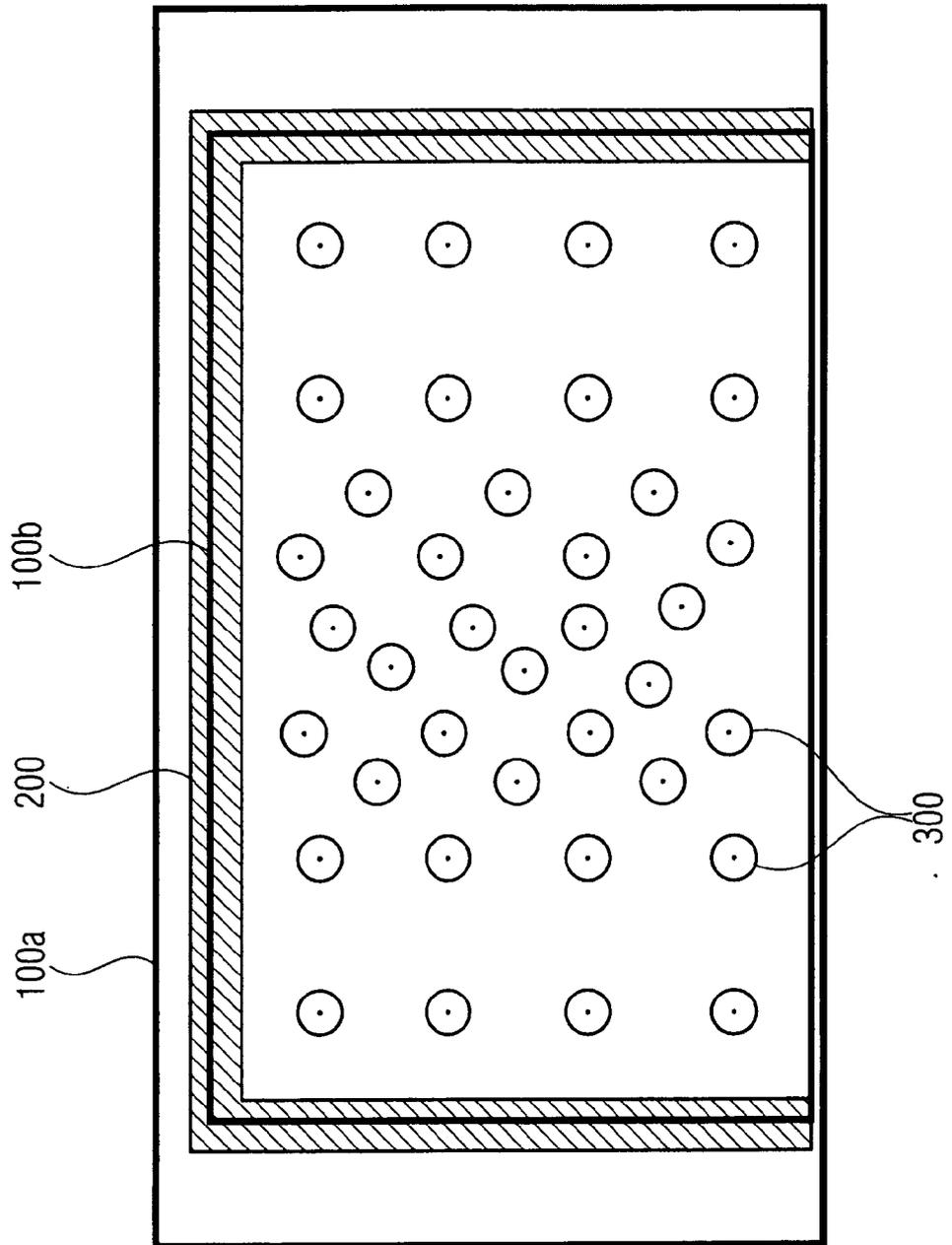


FIG 3

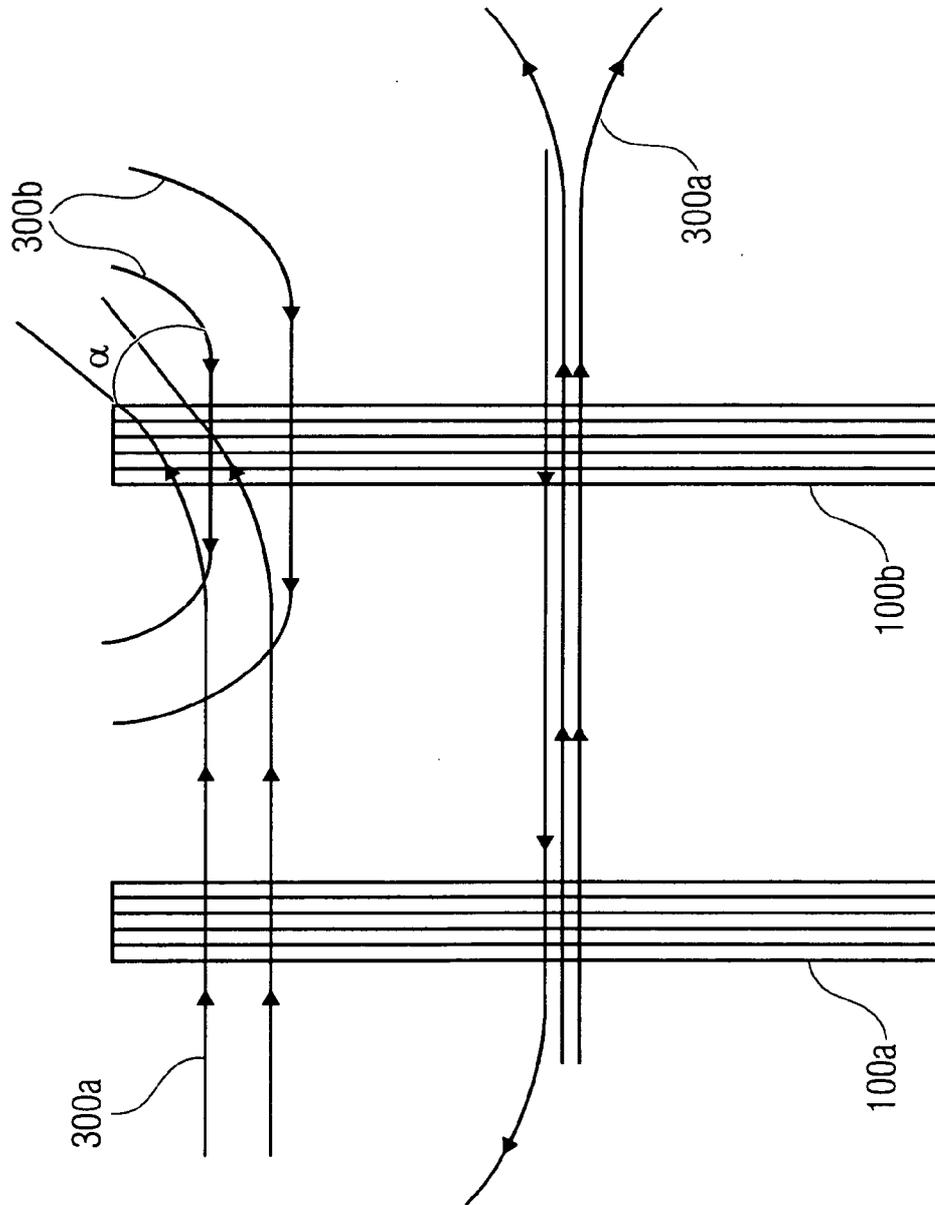


FIG 4

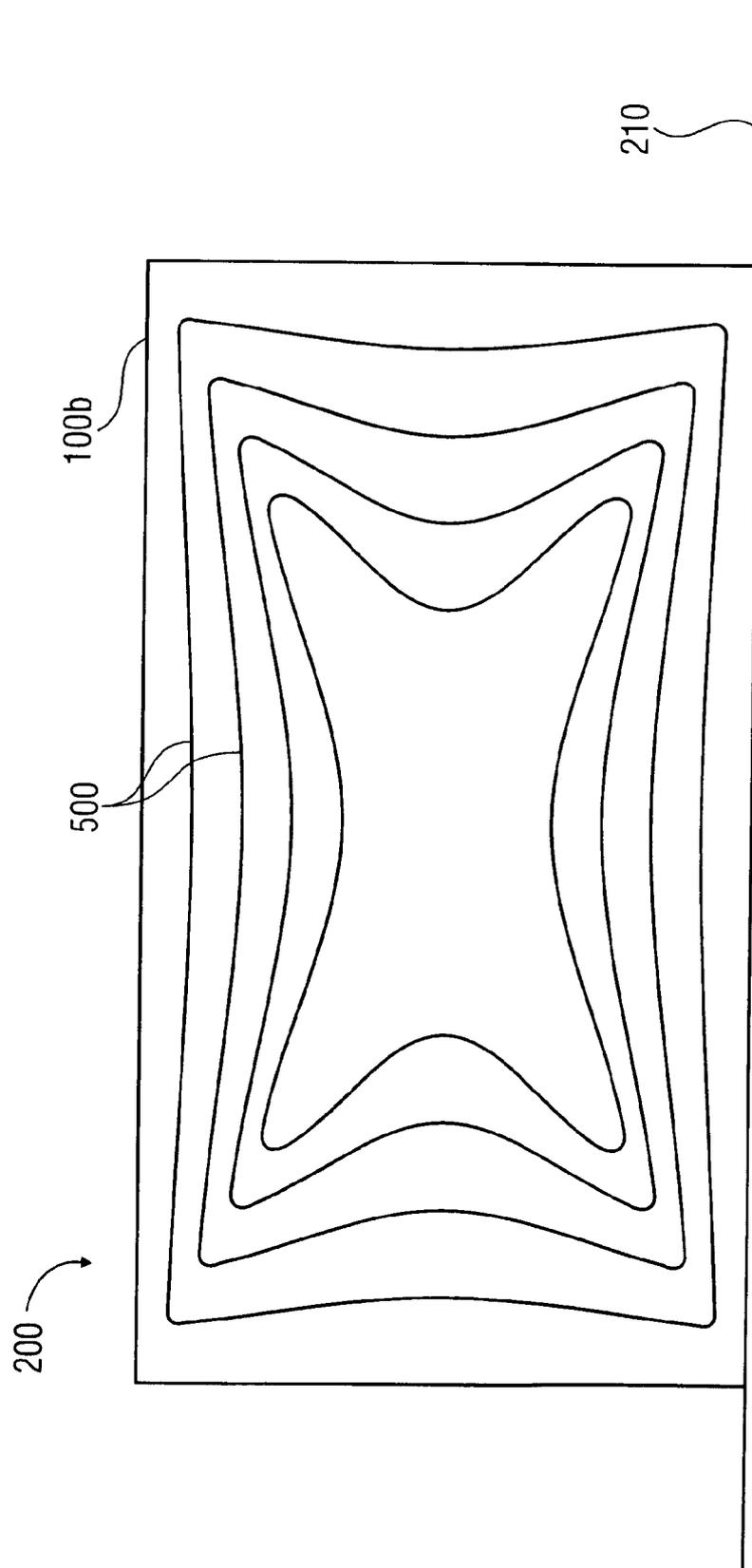


FIG 5

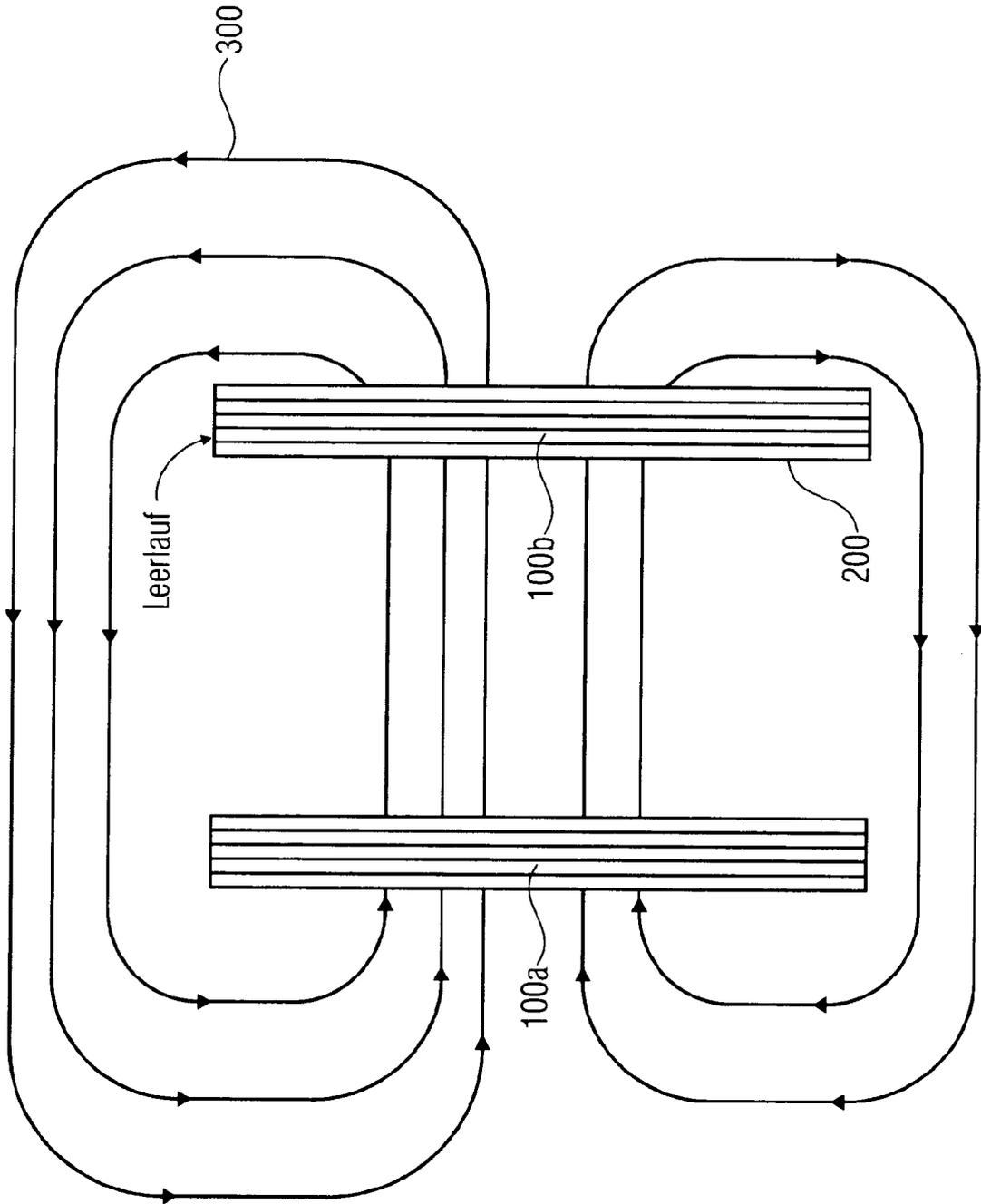


FIG 6

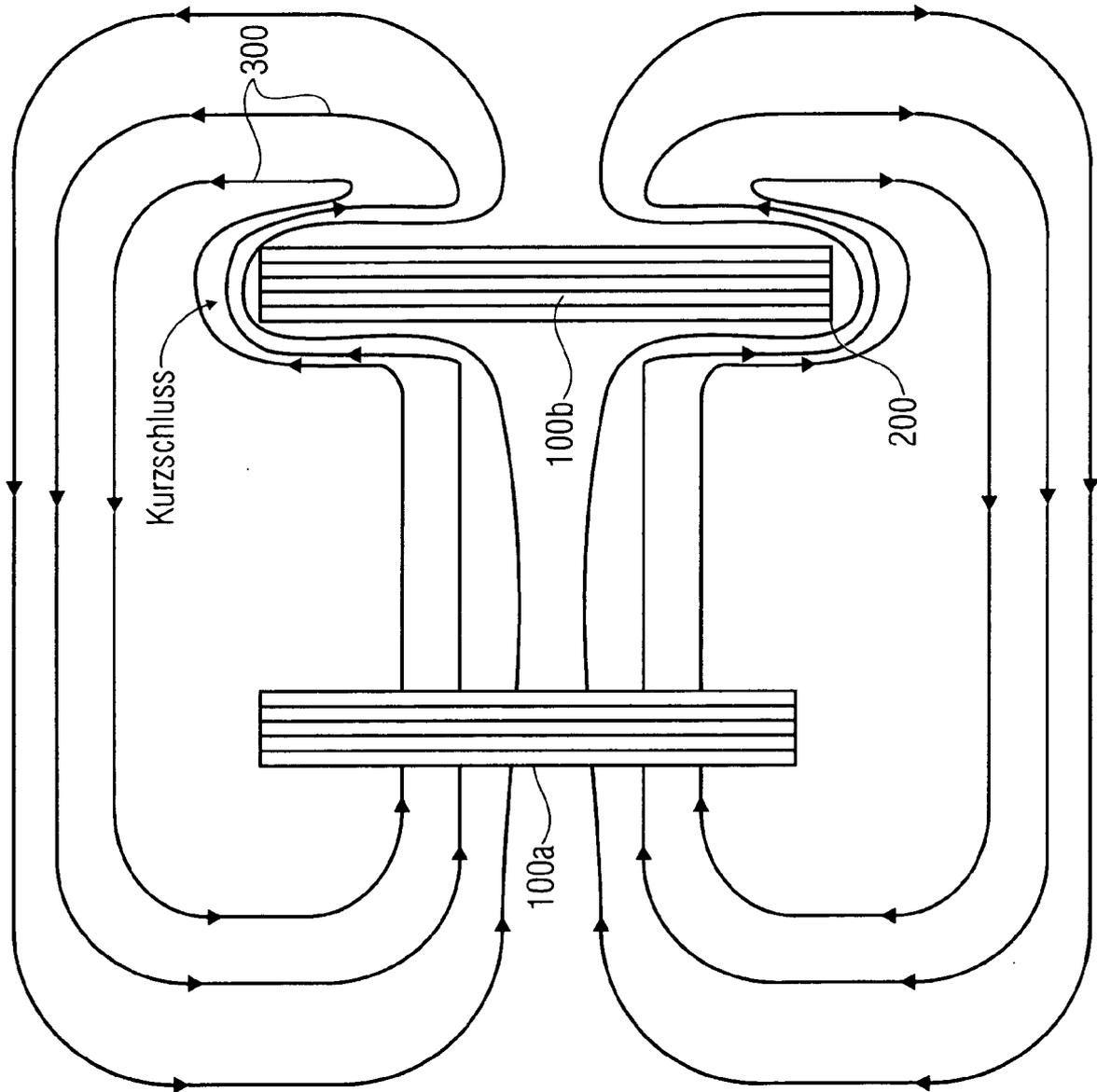


FIG 7

8/12

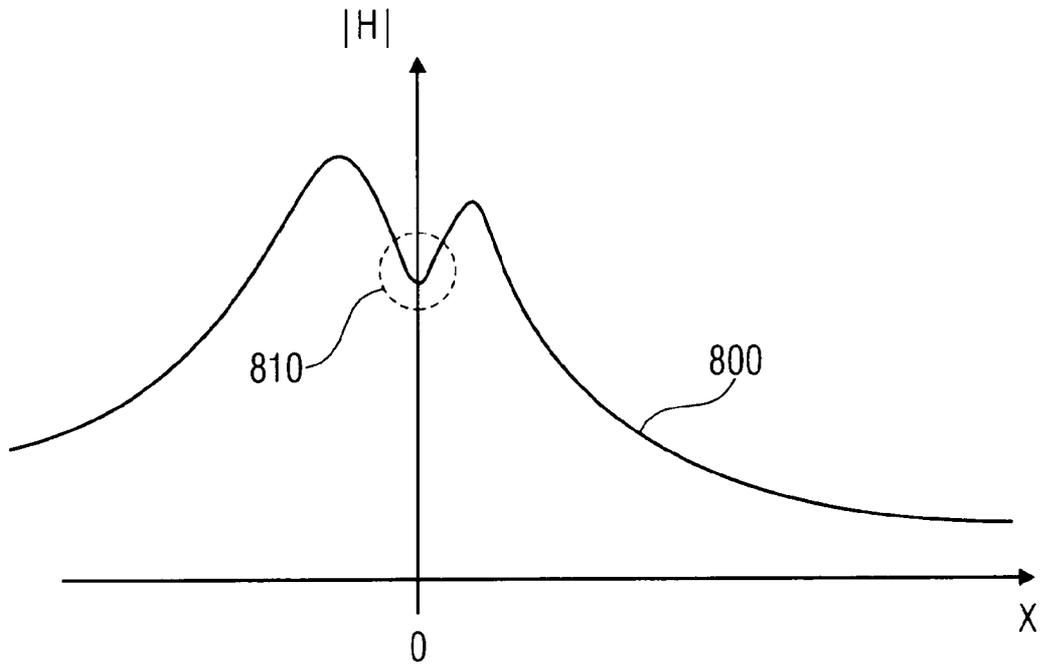


FIG 8

9/12

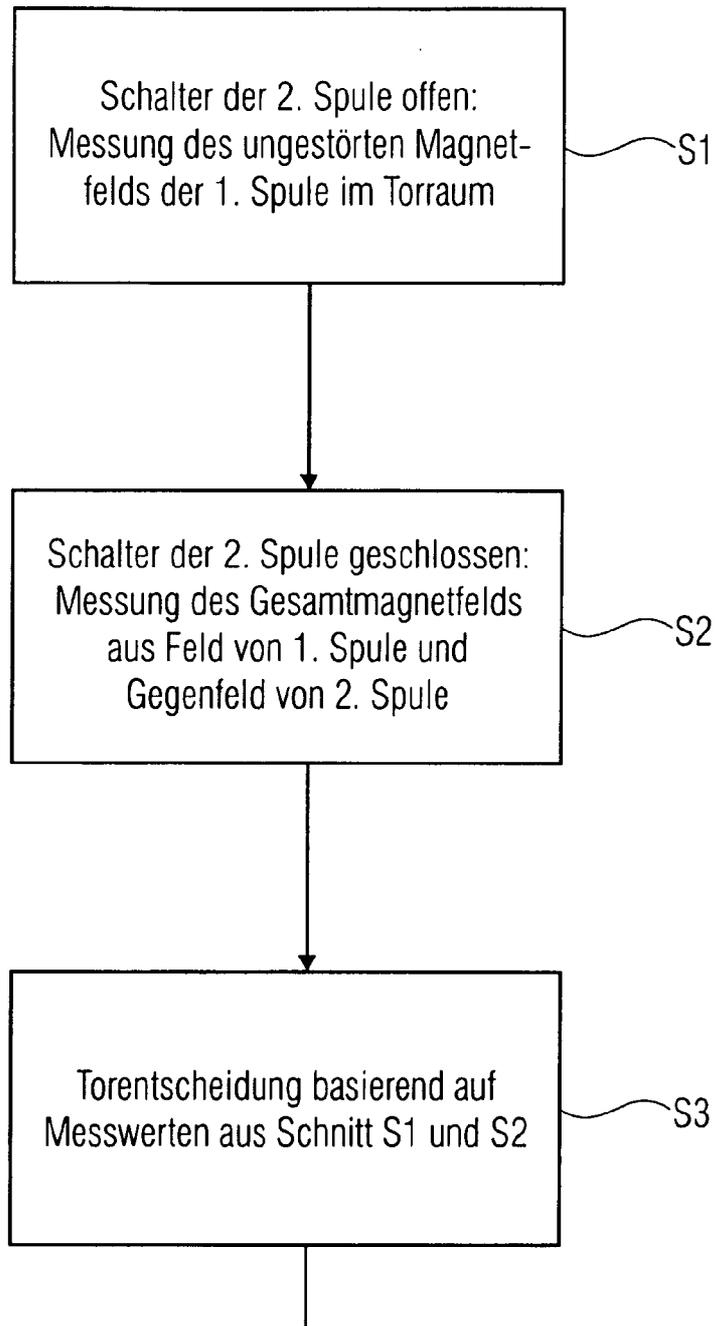


FIG 9

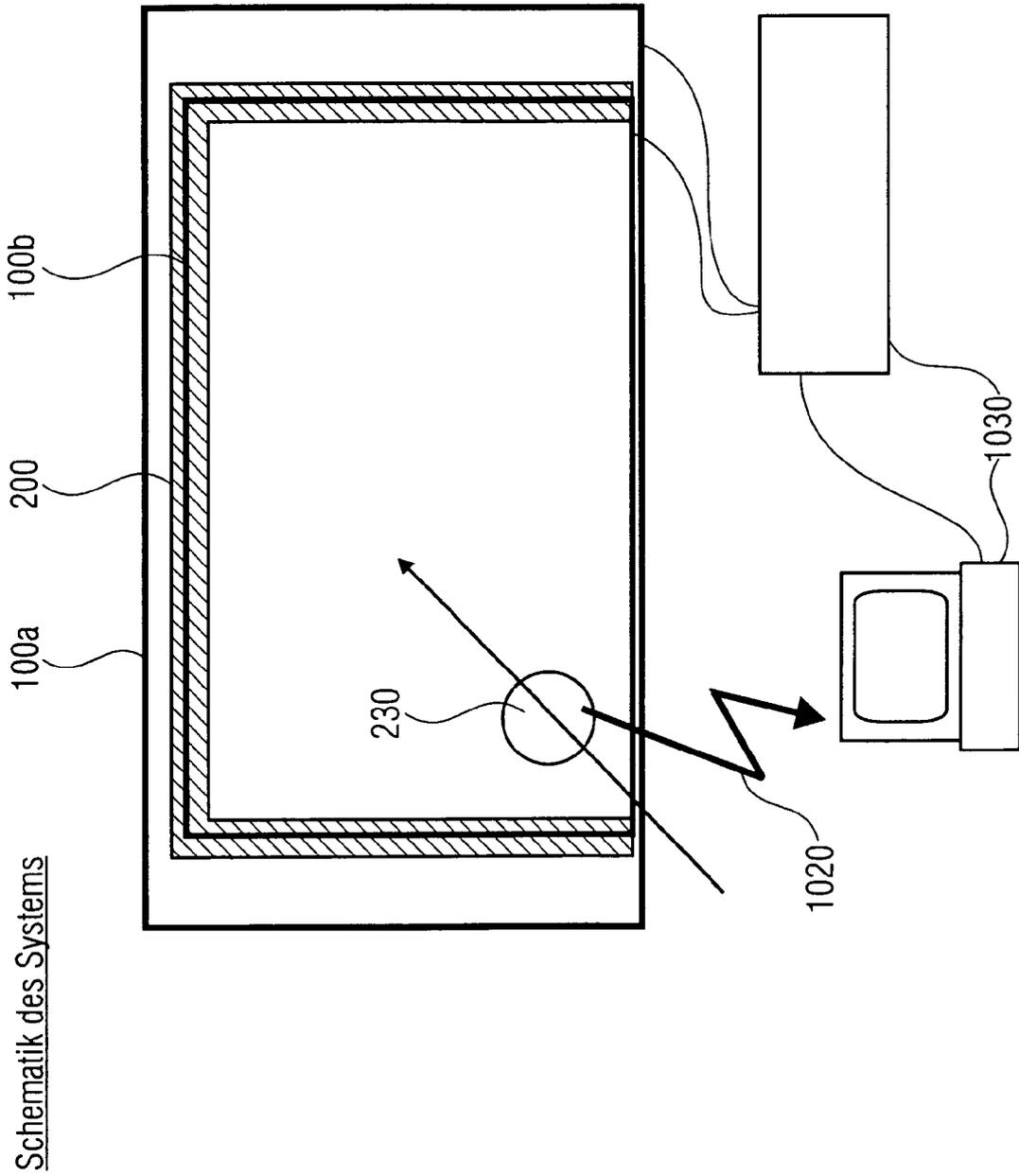
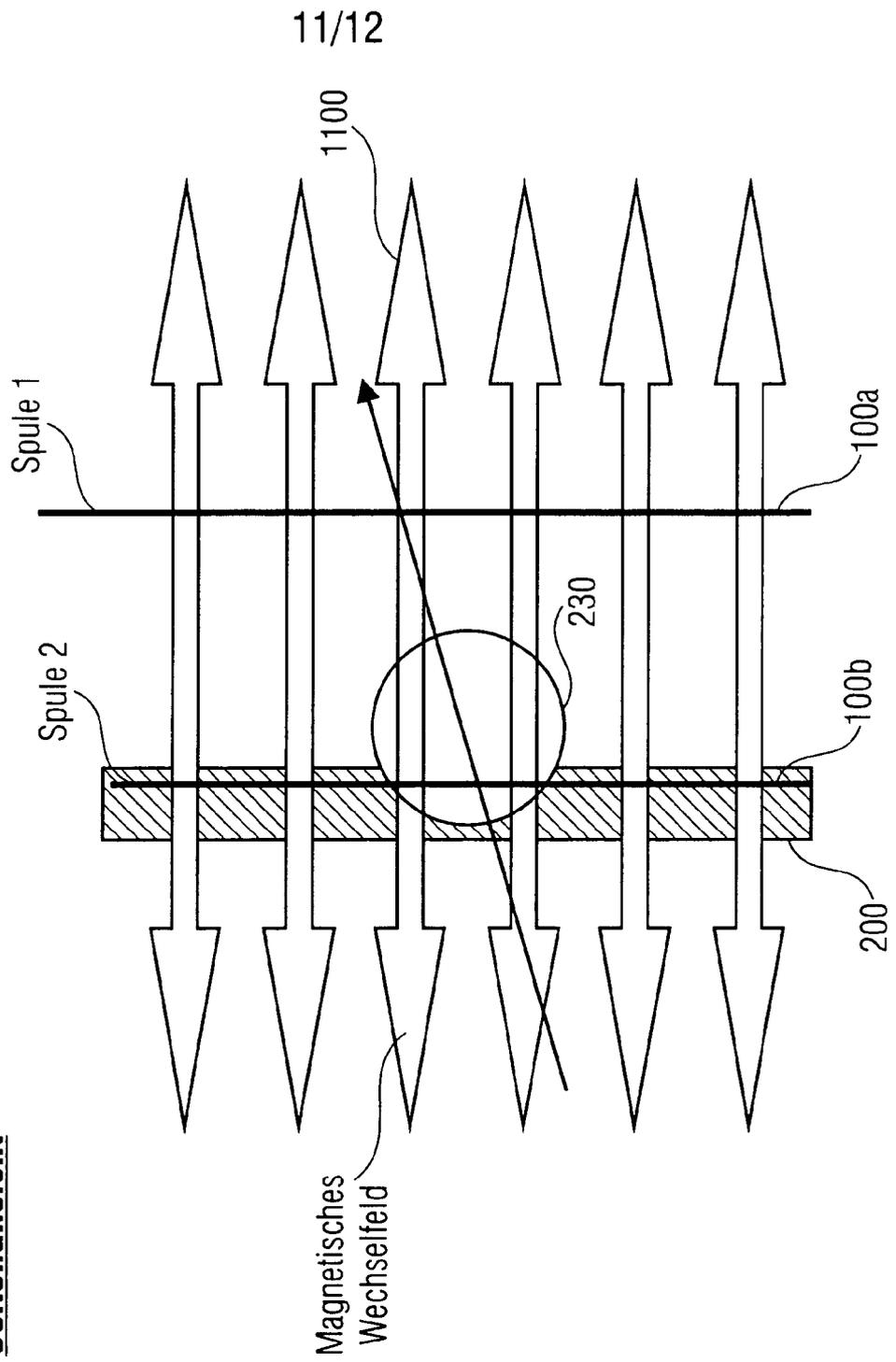


FIG 10

FIG 11

Seitenansicht



12/12

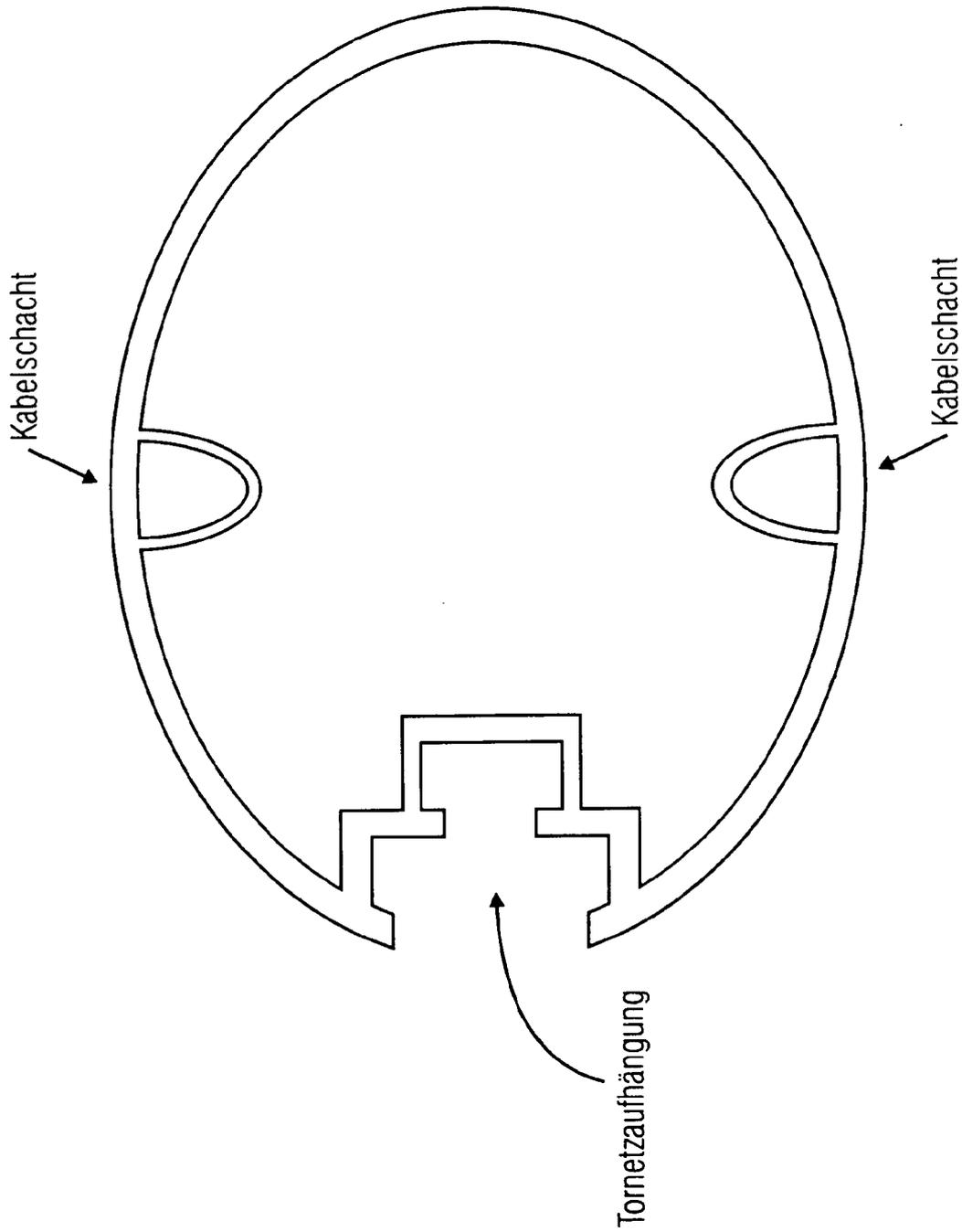


FIG 12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/000301

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. A63B71/06 G01V3/10				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
B. FIELDS SEARCHED				
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G01V A63B				
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched				
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data				
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	DE 27 32 543 A1 (PRECITEC GMBH) 1 February 1979 (1979-02-01) page 10, paragraph 2 page 16, paragraph 1 - page 17, paragraph 1 page 21, paragraph 4 - page 22, paragraph 1 figures 1,3,4	1-25		
X	----- WO 00/47291 A (INTEGRATED DESIGN LIMITED [GB]; HUFF DEREK GRAHAM [GB]) 17 August 2000 (2000-08-17) page 1, line 21 - page 2, line 3 page 3, line 14 - line 21 page 4, line 11 - page 5, line 2 page 5, line 17 - page 6, line 9 figures 1-3 ----- -/--	1-25		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.			
* Special categories of cited documents :				
A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	*T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family			
Date of the actual completion of the international search <p style="text-align: center; font-weight: bold;">15 Mai 2008</p>	Date of mailing of the international search report <p style="text-align: center; font-weight: bold;">26/05/2008</p>			
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <p style="text-align: center; font-weight: bold;">Schneiderbauer, K</p>			

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/000301

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 44 18 761 A1 (NSM AG [DE]) 21 March 1996 (1996-03-21) column 1, line 21 - line 52 figure 1	1-25
A	DE 20 51 386 A1 (RUDAT OTTO) 27 April 1972 (1972-04-27) page 4, paragraphs 1,2 claims 1,7,8	1-25
A	CH 670 395 A5 (RENE JACQUES LAPPERT) 15 June 1989 (1989-06-15) page 2, left-hand column, line 32 - right-hand column, line 5 page 2, right-hand column, line 20 - line 23 figures 1,2	1-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/000301

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 2732543	A1	01-02-1979	FR 2398355 A1 GB 2001250 A US 4375289 A
WO 0047291	A	17-08-2000	AU 2311500 A EP 1152805 A1
DE 4418761	A1	21-03-1996	AT 161739 T WO 9532774 A1 EP 0762915 A1 ES 2113205 T3
DE 2051386	A1	27-04-1972	NONE
CH 670395	A5	15-06-1989	NONE

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2008/000301

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. A63B71/06 G01V3/10

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

G01V A63B

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen.

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 27 32 543 A1 (PRECITEC GMBH) 1. Februar 1979 (1979-02-01) Seite 10, Absatz 2 Seite 16, Absatz 1 - Seite 17, Absatz 1 Seite 21, Absatz 4 - Seite 22, Absatz 1 Abbildungen 1,3,4	1-25
X	WO 00/47291 A (INTEGRATED DESIGN LIMITED [GB]; HUFF DEREK GRAHAM [GB]) 17. August 2000 (2000-08-17) Seite 1, Zeile 21 - Seite 2, Zeile 3 Seite 3, Zeile 14 - Zeile 21 Seite 4, Zeile 11 - Seite 5, Zeile 2 Seite 5, Zeile 17 - Seite 6, Zeile 9 Abbildungen 1-3	1-25

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist | <ul style="list-style-type: none"> *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
15. Mai 2008	26/05/2008
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter Schneiderbauer, K

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 44 18 761 A1 (NSM AG [DE]) 21. März 1996 (1996-03-21) Spalte 1, Zeile 21 - Zeile 52 Abbildung 1	1-25
A	DE 20 51 386 A1 (RUDAT OTTO) 27. April 1972 (1972-04-27) Seite 4, Absätze 1,2 Ansprüche 1,7,8	1-25
A	CH 670 395 A5 (RENE JACQUES LAPPERT) 15. Juni 1989 (1989-06-15) Seite 2, linke Spalte, Zeile 32 - rechte Spalte, Zeile 5 Seite 2, rechte Spalte, Zeile 20 - Zeile 23 Abbildungen 1,2	1-25

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/000301

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2732543	A1	01-02-1979	FR 2398355 A1 GB 2001250 A US 4375289 A	16-02-1979 31-01-1979 01-03-1983
WO 0047291	A	17-08-2000	AU 2311500 A EP 1152805 A1	29-08-2000 14-11-2001
DE 4418761	A1	21-03-1996	AT 161739 T WO 9532774 A1 EP 0762915 A1 ES 2113205 T3	15-01-1998 07-12-1995 19-03-1997 16-04-1998
DE 2051386	A1	27-04-1972	KEINE	
CH 670395	A5	15-06-1989	KEINE	