



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2006 047 376 B3** 2008.04.10

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2006 047 376.0**

(22) Anmeldetag: **06.10.2006**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **10.04.2008**

(51) Int Cl.⁸: **A63B 71/06** (2006.01)

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

(73) Patentinhaber:

CAIROS technologies AG, 76307 Karlsbad, DE

(74) Vertreter:

Schoppe, Zimmermann, Stöckeler & Zinkler, 82049 Pullach

(72) Erfinder:

Englert, Walter, 88483 Burgrieden, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 27 32 543 C3

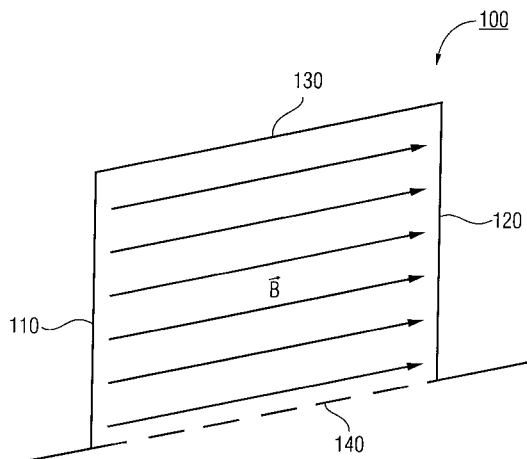
DE 44 18 761 A1

DE 20 51 386 A

EP 03 45 982 B2

(54) Bezeichnung: **Konzept zur Torentscheidung mittels Magnetfeldern**

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zur Entscheidung, ob ein bewegliches Objekt durch ein Tor mit einer durch das Tor definierten Torfläche gebracht worden ist, wobei in der Torfläche oder parallel zu der Torfläche ein Innen-Magnetfeld messbar ist, das größer als ein außerhalb der Torfläche verlaufendes Außen-Magnetfeld ist, mit einem Schritt des Erzeugens des Innen-Magnetfelds in dem Tor, einem Schritt des Liefers einer Information über ein Magnetfeld, das das bewegliche Objekt erfährt und einem Schritt des Auswertens der Information über das Magnetfeld, um eine Torausage zu liefern mittels einer Detektion, dass das bewegliche Objekt das Innen-Magnetfeld durchlaufen hat.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Konzept zur Torentscheidung mittels Magnetfeldern, wie es beispielsweise beim Fußball zur Torentscheidung eingesetzt werden kann.

[0002] Seit geraumer Zeit besteht bei unterschiedlichen Interessengruppen das Anliegen, bewegte Objekte bzw. Personen in ihrem Bewegungsablauf studieren bzw. diesen nachvollziehen zu können, was die exakte Angabe der Position des Objekts örtlich und zeitlich voraussetzt. Von besonderem Interesse sind hierbei unter anderem Spielbälle insbesondere in kommerzialisierten Sportarten, wie z.B. die im dreidimensionalen Raum hoch beschleunigten Fußbälle ebenso wie Tennis- oder Golfbälle. Die Fragestellung, wer das bespielte Objekt zuletzt berührt hat, wie es getroffen wurde und ob es eine Torlinie überschritten hat, kann dabei abhängig von der Spielart für den Ausgang des Spiels entscheidend sein.

[0003] Spielgeräte, die im Hochleistungssport eingesetzt werden wie z.B. Tennisbälle, Golfbälle, Fußbälle und dergleichen, lassen sich inzwischen auf extrem hohe Geschwindigkeiten beschleunigen, so dass die Erfassung des Objekts während der Bewegung eine sehr differenzierte Technologie erfordert. Die bislang eingesetzten technischen Mittel – vorwiegend Kameras – genügen den oben dargestellten Erfordernissen nicht oder nur ungenügend; auch die bislang bekannten Verfahren zur Positionsbestimmung mittels unterschiedlicher Sender- und Empfängerkombinationen lassen noch einen großen Spielraum bezüglich der räumlichen Auflösung der Positionsangaben, bezüglich der Handhabbarkeit der benötigten Sender/Empfängerkomponenten und vor allem bezüglich der Auswertung der mittels Sender/Empfängersystem erhaltenen Daten, so dass eine schnellstmögliche Bewertung der aus diesen Daten erhaltenen Ergebnisse noch nicht möglich ist oder zumindest sehr aufwendig ist.

[0004] Nicht nur im kommerziellen Sport, in dem bewegliche Spielgeräte eingesetzt werden können, sondern auch im privaten Bereich sind die Benutzer immer mehr an elektronische Geräte gewohnt, die diverse Informationen anzeigen, um einem Benutzer ein Feedback dahin gehend zu geben, wie er auf einen Gegenstand eingewirkt hat, oder um ihm Informationen darüber zu geben, wo sich beispielsweise ein Spielgerät befindet.

[0005] Eine Vielzahl von Aufgaben, wie beispielsweise die Torentscheidung bei einem Fußballspiel, setzt eine Kenntnis von Position und/oder Orientierung von einem beweglichen Objekt bzw. einem Ball voraus. Beim Fußballspiel ist eines der umstrittensten Themen, ob in kritischen Situationen der Ball die Torlinie überschritten hat oder nicht. Hierzu ist es not-

wendig, dass die Position des Balls an der 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.

[0006] Es existieren zahlreiche Verfahren, mit denen eine Torentscheidung eines Schiedsrichters nachvollzogen werden kann. Diese Verfahren basieren beispielsweise auf optischen zweidimensionalen oder dreidimensionalen Sensoren mit einem Auswertesystem, auf einer Ausnutzung des bekannten Radarprinzips oder auf einem Prinzip der Funklokalisierung.

[0007] Eine Auswertung von Videoaufzeichnungen beispielsweise mit Torkameras ist im Allgemeinen sehr aufwendig, und oft ergeben sich durch eine Zweidimensionalität der Bildebenensysteme verfälschte Werte.

[0008] Bei dem Prinzip der Funklokalisierung wird ein bewegliches Objekt bzw. der Ball durch elektromagnetische Wellenausbreitung lokalisiert. Dabei wird beispielsweise ein Empfänger bzw. Sender in den Ball integriert bzw. an dem Ball angebracht, der bei Anfrage Daten an eine zentrale Send-/Empfangsvorrichtung schicken kann. Die Position des Balls kann danach beispielsweise aus Signallaufzeiten bzw. aus Differenzen zwischen wenigstens zwei an unterschiedlichen Antennen empfangenen Signalen berechnet werden. Ein Nachteil der Funklokalisierung besteht beispielsweise in einer Abschattung und/oder in einer Reflexion elektromagnetischer Wellen durch bestimmte Hindernisse, wie beispielsweise Personen. Dadurch erreichen Systeme basierend auf einer Funklokalisierung nicht die für eine Torentscheidung beim Fußball benötigte Genauigkeit.

[0009] DE 44 18 761 A1 offenbart ein Konzept zur Erfassung von Tordreffern bei Ballspielen, wie z. B. Tischfußball, mit einem Ball und wenigstens einem Tor. Dabei ist der Ball mit einer Markierung versehen und es ist ein auf die Markierung ansprechender Sensor vorgesehen, der den Torbereich erfasst und dessen Ausgangssignal bei einem Tordreffer diesen anzeigt. Die Ballmarkierung ist beispielsweise magnetisch, derart, dass der Ball einen magnetischen oder ferromagnetischen Kern aufweist, wobei zweckmäßig der Sensor eine das Tor umgebende Spule ist, so dass die Ballerfassung induktiv mittels der in der Spule induzierten Spannung bei Balldurchlauf erfolgen kann.

[0010] DE 27 32 543 C3 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.

[0011] DE 2 051 386 A befasst sich mit einem Verfahren, mit dem es möglich ist, auf technischem Wege den Eintritt von Tortreffern wahrzunehmen und anzuzeigen. Dazu offenbart DE 2 051 386 A ein Tor, an dem sich an mehreren Seiten, mindestens aber an einer Seite des rechteckigen Toreintrittsquerschnitts (z. B. an der Torlatte) ein oder mehrere indirekte Tastorgane befinden, die den aus Richtung Spielfeld kommenden Spielball im Augenblick der Überschreitung der Torlinie orten. Dazu wird der Spielball auf die Tastorgane ansprechend präpariert. Die Tastorgane haben die Aufgabe, den Spielball im Augenblick des Treffereintritts mittels des von ihm ausgehenden Impulses zu orten.

[0012] EP 0 345 982 B2 offenbart eine Vorrichtung mit einer Kamera zum Aufnehmen von Bildern eines Spiels, das ein Tor einschließt, wobei genanntes Tor ein Rahmenwerk, umfassend Torpfosten und eine Querlatte, hat, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung ein Gehäuse einschließt, das die Kamera trägt und das Teil des Rahmenwerks des Tors bildet. Somit beschreibt die EP 0 345 982 B2 eine Kamera, die an einem Torrahmen angebracht werden kann, um Bilder eines Fußballspiels aufzunehmen.

[0013] Wie bereits beschrieben, basieren derzeitige Lokalisationsverfahren beispielsweise auf optischen Sensoren mit einem Auswertesystem (Videoauswertesystem) oder sie basieren auf dem Einsatz von RF-Transpondern in und außerhalb des beweglichen Objekts bzw. des Balls. Solche Lokalisationsverfahren zur Torentscheidung ziehen hohe Investitions- und Wartungskosten, Empfindlichkeit gegenüber

Umweltbedingungen und einen großen Aufwand zur Anpassung der Auswertelgorithmen nach sich. Für eine Nahbereichslokalisierung, d.h. eine Positionsbestimmung von einem Objekt 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 Lokalisierung eines beweglichen Objekts werden also von diesem Verfahren in Bezug auf Wirtschaftlichkeit, Robustheit, Taktzeit und Objektunabhängigkeit für eine exakte Positionsbestimmung zur Torentscheidung, beispielsweise in einem Bereich von wenigen Zentimetern, nicht bzw. nur unzureichend erfüllt.

[0014] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, ein verbessertes Konzept zur Torentscheidung zu schaffen.

[0015] Diese Aufgabe wird durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, eine Vorrichtung gemäß Anspruch 13 und durch Verfahren nach einem der Ansprüche 28 bis 30 gelöst.

[0016] Die Erkenntnis der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass eine Torentscheidung getroffen werden kann, indem ein Spielgerät bzw. ein Ball in der Nähe des Tores mittels eines Magnetfeldsensors ein statisches Magnetfeld vermisst, das von einem der geometrischen Form des Tores angepassten U-förmigen bzw. hufeisenförmigen Magneten in der Torfläche oder parallel zur Torfläche erzeugt wird. Dabei ist das in der Torfläche oder parallel zur Torfläche erzeugte Magnetfeld bzw. Innen-Magnetfeld größer als ein außerhalb der Torfläche herrschendes Außen-Magnetfeld (z.B. Erdmagnetfeld). Über die gemessene Intensität des Innen-Magnetfeldes, das gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sein Betragsmaximum in der Torebene bzw. Torfläche aufweist, kann eine Entscheidung darüber getroffen werden, ob ein bewegliches Objekt bzw. ein Ball die Torlinie überschritten hat oder nicht.

[0017] Dazu weist gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein Tor hohle Seitenpfosten und eine hohle Querlatte auf, in denen jeweils ferromagnetische Kerne angebracht sind. Dabei sind die ferromagnetischen Kerne in den Seitenpfosten und in der Querlatte vorzugsweise durchgängig angeordnet. Um wenigstens einen der ferromagnetischen Kerne ist dabei eine Spule gewickelt, welche zur Erzeugung des statischen Innen-Magnetfeldes bestromt werden kann. Wird die Spule bestromt, so bildet sich in der Torfläche ein zumindest näherungsweise homogenes Magnetfeld aus. Dabei ähnelt das Magnetfeld dem eines Hufeisenmagneten. Wird ein Ball, der gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung mit einem dreidimensionalen Magnetfeldsensor ausgestattet ist, durch die

durch die Seitenpfosten und die Querlatte begrenzte Torfläche gebracht, so wird der Magnetfeldsensor des Balls beim Überschreiten der Torlinie ein Maximum der Magnetfeldintensität messen. Dabei befindet sich der Ball zum Zeitpunkt des Messens des Maximums des Magnetfeldes beispielsweise genau in der durch die Torlinie und das Tor aufgespannten Ebene.

[0018] Wird gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung das Magnetfeld derart erzeugt, dass sich sein Betragsmaximum genau in der durch das Tor und die Torlinie aufgespannten Ebene befindet, so benötigt man für eine eindeutige Torentscheidung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eine weitere Zusatzbedingung. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist diese Zusatzbedingung eine Bewegungsrichtung des Balls. Durch Ausnutzung des Doppler-Effekts wird festgestellt, ob sich ein Ball vom Spielfeld weg ins Tor bewegt oder vom Tor weg in Richtung Spielfeld. Dazu weist der Ball gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung einen Funksender auf, so dass Frequenzverschiebungen eines Trägersignals aufgrund des Doppler-Effekts gemessen werden können.

[0019] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird das Magnetfeld bzw. das Innen-Magnetfeld parallel zur Torfläche hinter der Torlinie erzeugt. Dies kann gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dadurch erreicht werden, dass beispielsweise lediglich die Rückseite des Tors, d.h. die Rückseite der Seitenpfosten und der Querlatte, mit einem ferromagnetischen Material beschichtet werden. Dadurch entsteht bezüglich der Torlinie eine Unsymmetrie in der Feldverteilung. D.h. das Betragsmaximum des Magnetfeldes bildet sich nicht auf, sondern hinter der Torlinie. Diese Unsymmetrie kann erfindungsgemäß ausgenutzt werden, um eine eindeutige Torentscheidung zu treffen.

[0020] Ein Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass vorab keine Kalibrierung des Systems zur Torentscheidung vorgenommen werden muss. Eine Torentscheidung kann aufgrund einer Betrachtung eines zeitlichen Verlaufs der gemessenen magnetischen Feldstärke in Tornähe getroffen werden. Wird beispielsweise ein Maximum der gemessenen magnetischen Feldstärke detektiert, so liegt damit eine hinreichende Bedingung für ein Ereignis „Tor“ vor.

[0021] Ein weiterer Vorteil der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass das erfindungsgemäße System sehr einfach zu realisieren ist. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung können dazu beispielsweise hohle Torpfosten und eine hohle Querlatte mit ferromagnetischen Kernen verse-

hen werden, um mittels einer um die ferromagnetischen Kerne gewickelten Spule in der Torfläche ein homogenes statisches Magnetfeld zu erzeugen. Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung könnte in die Torpfosten und die Querlatte bzw. in einen Bereich unterhalb der Torlinie auch ein hufeisenförmiger Permanentmagnet eingebracht werden, um einen „Magnetfeldvorhang“ innerhalb der Torfläche zu erzielen.

[0022] Damit besteht mit dem erfindungsgemäßen Konzept die Möglichkeit zur Torentscheidung basierend auf einer Betrachtung des zeitlichen Verlaufs eines Magnetfeldes in Tornähe.

[0023] Somit weisen Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung den Vorteil auf, dass eine Torentscheidung beispielsweise ohne Eingriff in den Spielbetrieb eines Ballspiels erfolgen kann.

[0024] Des weiteren ist das erfindungsgemäße Konzept zur Torentscheidung mittels Magnetfeldern beispielsweise gegenüber Personen tolerant, d.h. Einflüsse von Personen, die sich nahe des beweglichen Objekts bzw. des Balls bewegen bzw. das bewegliche Objekt abdecken, spielen keine Rolle.

[0025] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0026] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Erzeugen eines magnetischen Feldes in einem Tor, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0027] Fig. 2 eine schematische Frontansicht eines Fußballtors mit einem ferromagnetischen Material in den Torpfosten und der Querlatte, wobei das ferromagnetische Material von einer Spule umwickelt ist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0028] Fig. 3 einen schematischen Verlauf der von der Vorrichtung gemäß Fig. 2 erzeugten magnetischen Feldstärke in einem Bereich um die Torlinie;

[0029] Fig. 4 eine schematische Darstellung einer Vorrichtung zum Erzeugen eines magnetischen Feldes parallel zur Torfläche gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung;

[0030] Fig. 5 eine schematische Darstellung des von der Vorrichtung gemäß Fig. 4 erzeugten Magnetfeldes in einem Bereich um die Torlinie;

[0031] Fig. 6 eine schematische Darstellung einer kritischen Torentscheidung, wobei ein Ball einmal knapp hinter der Torlinie und einmal knapp vor der

Torlinie auftrifft;

[0032] Fig. 7a eine schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines Magnetfeldes bei einer in Fig. 6 gezeigten Torsituation;

[0033] Fig. 7b eine schematische Darstellung des zeitlichen Verlaufs eines Magnetfeldes bei der in Fig. 6 gezeigten Torsituation gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung; und

[0034] Fig. 8 eine schematische Darstellung einer Vorgehensweise zur Geschwindigkeitsmessung eines Balls mittels des Doppler-Effekts gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0035] Fig. 9 eine Vorrichtung zum Feststellen, ob ein bewegliches Objekt durch ein Tor mit einer durch das Tor definierten Torfläche gebracht worden ist, gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0036] 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.

[0037] Im Nachfolgenden wird der Begriff „Signal“ für Ströme oder Spannungen gleichermaßen verwendet, es sei denn, es ist explizit etwas anderes angegeben.

[0038] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Vorrichtung **100** zum Erzeugen eines magnetischen Feldes in einem Tor, beispielsweise einem Fußballtor, mit einer durch das Tor definierten begrenzten Torfläche, durch die ein beweglicher Gegenstand zu bringen ist, um ein Tor zu erzielen. Die Vorrichtung **100** weist einen ersten Bereich **110** mit einem ferromagnetischen Material, einen zweiten Bereich **120** mit einem ferromagnetischen Material und einen dritten Bereich **130** mit einem ferromagnetischen Material auf.

[0039] Ein in Fig. 1 nicht gezeigtes Tor weist im Allgemeinen vier Begrenzungen auf. Eine Begrenzung ist durch einen ersten Seitenpfosten gegeben, eine weitere Begrenzung durch einen zweiten Seitenpfosten, eine zusätzliche Begrenzung durch eine Querlatte und eine weitere Begrenzung eines Tors ist durch eine Torlinie gegeben. Im Allgemeinen ist der erste Bereich **110** der Vorrichtung **100** einer ersten Begrenzung des Tors zugeordnet, der zweite Bereich **120** der Vorrichtung **100** ist einer zweiten Begrenzung des Tors zugeordnet und der dritte Bereich **130** der Vorrichtung **100** ist einer dritten Begrenzung des Tors zu-

geordnet. Das ferromagnetische Material kann also beispielsweise innerhalb der Torbegrenzungen, an den Torbegrenzungen oder in einer gewissen Entfernung zu den Torbegrenzungen angebracht sein.

[0040] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung befinden sich die drei Bereiche **110–130** innerhalb bzw. unmittelbar an drei Begrenzungen des Tors, um ein zumindest näherungsweise homogenes Magnetfeld in einer durch die Torfläche und die Torlinie aufgespannten Ebene zu erzeugen.

[0041] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung könnte die Vorrichtung **100** dazu einen U-förmigen bzw. hufeisenförmigen Permanentmagneten umfassen.

[0042] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung weist die Vorrichtung **100** eine Spule auf, die dem ersten **110**, zweiten **120** oder dritten Bereich **130** zugeordnet ist, wobei die Spule und der erste **110**, zweite **120** und dritte Bereich **130** so angeordnet sind, dass sich geschlossene magnetische Feldlinien ergeben, die einen Teil haben, der sich in der Torfläche oder parallel zur Torfläche befindet, und deren restliche Teile durch den ersten **110**, zweiten **120** und dritten Bereich **130** geführt werden. Die Bereiche sind also U-förmig bzw. hufeisenförmig angeordnet. Um eine Reichweite bzw. Stärke des mit der Spule erzeugten Magnetfeldes variieren zu können, weist die Vorrichtung **100** gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ferner eine Einrichtung zum Erzeugen von Spulenaktivierungssignalen auf, die ausgebildet ist, um die Spulenaktivierungssignale mit einer unterschiedlichen Intensität, d.h. also beispielsweise Spulenströme unterschiedlicher Stärke zu erzeugen.

[0043] Dazu zeigt Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Fig. 2 zeigt eine Frontansicht eines Fußballtors **200** mit einem ersten Seitenpfosten **200a**, einem zweiten Seitenpfosten **200b** und einer Querlatte **200c**. Das Fußballtor **200** befindet sich auf einer Torlinie **210**. Weiterhin weist das Fußballtor **200** einen Kern **220** mit einem ersten, zweiten und dritten Bereich aus ferromagnetischem Material auf. Der ferromagnetische Kern **220** ist ferner mit einer Spule **230** umwickelt, um in der von der Torlinie **210** und dem Fußballtor **200** aufgespannten Ebene ein zumindest näherungsweise homogenes Innen-Magnetfeld zu erzeugen, dessen Feldlinien exemplarisch mit dem Bezugszeichen **240** versehen sind.

[0044] Das Tor **200** weist vier Begrenzungen auf. Eine erste Begrenzung bildet der erste Seitenpfosten **200a**, eine zweite Begrenzung bildet der zweite Seitenpfosten **200b** und eine dritte Begrenzung bildet die Querlatte **200c**. Schließlich ist eine vierte Begrenzung durch die Torlinie **210** gegeben. Das ferromag-

netische Material in der ersten Begrenzung bzw. dem ersten Seitenpfosten **200a** bildet den ersten Bereich **110** der Vorrichtung **100** zum Erzeugen des magnetischen Feldes. Das ferromagnetische Material in der zweiten Begrenzung bzw. dem zweiten Pfosten **200b** des Tors **200** bildet den zweiten Bereich **120** der Vorrichtung **100** zum Erzeugen des magnetischen Feldes. Schließlich bildet das ferromagnetische Material in der Querlatte bzw. der dritten Begrenzung des Tors **200** den dritten Bereich **130** der Vorrichtung zum Erzeugen des magnetischen Feldes.

[0045] In dem in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist die Spule **230** dem dritten Bereich **130** der Vorrichtung **100** bzw. der Querlatte **200c** zugeordnet. Wird an die Spule eine Spannung angelegt bzw. wird die Spule **230** bestromt, so entsteht ein Verlauf magnetischer Feldlinien wie bei einem Hufeisenmagneten, wie es in [Fig. 2](#) durch Bezugszeichen **240** angedeutet ist. Zwischen den beiden Seitenpfosten **200a** und **200b** entsteht ein zumindest näherungsweise homogener Feldlinienverlauf. Die Feldlinien zwischen den beiden Seitenpfosten **200a**, **200b** schließen sich über den ferromagnetischen Kern **220** des Tors **200**. Außerhalb des Tors **200** wird daher so gut wie kein zusätzliches Magnetfeld erzeugt. In der Regel wird daher außerhalb des Fußballtors **200** lediglich das schwache Erdmagnetfeld vorherrschen. Innerhalb der Torfläche wird ein Innen-Magnetfeld erzeugt, das sich dem Erdmagnetfeld außerhalb der Torfläche überlagert. Bei einer ausreichenden Bestromung der Spule **230** entsteht somit innerhalb der Torfläche eine Art Magnetfeldvorhang, der von einem beweglichen Objekt bzw. einem Ball durchdrungen wird, falls ein Tor fällt.

[0046] Weist ein Ball beispielsweise einen dreidimensionalen Magnetfeldsensor in seinem Inneren auf, so wird dieser Magnetfeldsensor beim Durchdringen des Magnetfeldvorhangs in der Torfläche einen maximalen Betrag der magnetischen Feldstärke messen. Dieser Zusammenhang soll im Nachfolgenden anhand von [Fig. 3](#) verdeutlicht werden.

[0047] [Fig. 3](#) zeigt einen Verlauf **300** einer magnetischen Feldstärke $|B|$ in einem Bereich um die Torfläche. Dabei kennzeichnet die $|B|$ -Achse bei $x = 0$ die Torfläche. Die x -Achse weist in Richtung Spielfeld.

[0048] Nähert sich ein Ball dem Tor **200** von Seiten des Spielfeldes, also in negativer x -Richtung, so wird ein in dem Ball angebrachter dreidimensionaler Magnetfeldsensor einen Feldstärkeverlauf messen, der exemplarisch in [Fig. 3](#) gezeigt ist. Bis zum Erreichen der Torlinie bzw. der Torfläche bei $x = 0$ wird die magnetische Feldstärke kontinuierlich anwachsen, um in der Torfläche bei $x = 0$ ihr Maximum zu erreichen. Nach Durchqueren der Torfläche bzw. der Torlinie wird das Magnetfeld wieder kontinuierlich fallen.

[0049] Der in [Fig. 3](#) gezeigte symmetrische Feldstärkeverlauf ergibt sich dann, wenn das zumindest näherungsweise homogene magnetische Feld in der Torfläche **310** erzeugt wird, wie beispielsweise bei dem in [Fig. 2](#) dargestellten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0050] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung könnte sich das ferromagnetische Material auch in der Querlatte **200c**, einem der beiden Seitenpfosten **200a** oder **200b** und in einem Bereich unterhalb der Torlinie **210** parallel zur Querlatte **200c** befinden. Die dabei entstehenden Feldlinien innerhalb der Torfläche wären nicht parallel zur Querlatte **200c**, sondern parallel zu den beiden Seitenpfosten **200a**, **200b**. Im Vergleich zu der geringeren Höhe eines Fußballtors im Vergleich zu dessen Breite sind damit bei diesem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bei gleicher Bestromung der Spule **230** größere Feldstärken innerhalb der Torfläche erzielbar als bei dem in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0051] Durch den um die Torlinie bzw. die Torfläche symmetrischen Feldstärkeverlauf, so wie er in [Fig. 3](#) gezeigt ist, können sich in kritischen Torsituationen (z.B. „Wembley-Tor“) Mehrdeutigkeiten ergeben, die nur dann aufgelöst werden können, wenn zusätzlich zum zeitlichen Verlauf der magnetischen Feldstärke eine weitere Zusatzbedingung geprüft wird. Auf diesen Sachverhalt wird im Nachfolgenden noch anhand der [Fig. 6–Fig. 7b](#) eingegangen.

[0052] Eine Betrachtung einer Zusatzbedingung zusätzlich zum zeitlichen Verlauf des Magnetfeldes kann umgangen werden, wenn bezüglich der Torlinie bzw. der Torfläche ein unsymmetrischer Verlauf der magnetischen Feldstärke erzeugt wird. Dies kann gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dadurch erreicht werden, indem ein Magnetfeld parallel zur Torfläche hinter der Torlinie mit einer erfindungsgemäßen Vorrichtung **100** zum Erzeugen eines magnetischen Feldes erzeugt wird. Dazu zeigt [Fig. 4](#) eine schematische perspektivische Darstellung einer Vorrichtung **100** zum Erzeugen eines magnetischen Feldes parallel zur Torfläche hinter der Torlinie.

[0053] [Fig. 4](#) zeigt ein Tor **200** mit einem ersten Seitenpfosten **200a**, einem zweiten Seitenpfosten **200b** und einer Querlatte **200c**. Das Tor **200** befindet sich auf einer Torlinie **210**. Hinter der Torlinie **210** ist in einem Abstand d eine Vorrichtung **100** zum Erzeugen eines magnetischen Feldes vorgesehen. Die Vorrichtung **100** weist einen ersten Bereich **110** mit einem ferromagnetischen Material, einen zweiten Bereich **120** mit einem ferromagnetischen Material und einen dritten Bereich **130** mit einem ferromagnetischen Material auf. Des Weiteren weist die Vorrichtung eine Spule **230** auf, die dem dritten Bereich **130** zugeord-

net ist bzw. um den dritten Bereich **130** gewickelt ist. Der erste Bereich **110** der Vorrichtung **100** ist dem ersten Seitenpfosten **200a** zugeordnet, der zweite Bereich **120** der Vorrichtung **100** ist dem zweiten Seitenpfosten **200b** des Tores **200** zugeordnet und der dritte Bereich **130** der Vorrichtung **100** ist der Querlatte **200c** des Tores **200** zugeordnet. Dabei sind die Abmessungen der Vorrichtung **100** mindestens so groß wie die Abmessungen des Fußballtors **200**, um ein Eintreten des Ereignis „Tor“ möglichst nicht zu behindern.

[0054] Wird die Spule **230** bestromt, ergeben sich gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung geschlossene magnetische Feldlinien, die einen Teil haben, der sich parallel zur Torfläche in einem Abstand d hinter der Torlinie **210** befindet und deren restliche Teile durch den ersten **110**, zweiten **120** und dritten Bereich **130** der Vorrichtung **100** geführt werden.

[0055] Im Vergleich zu der in **Fig. 2** gezeigten Anordnung ergibt sich durch das Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gemäß **Fig. 4** ein Verlauf der magnetischen Feldstärke, der bezüglich der Torfläche bzw. der Torlinie **210** unsymmetrisch ist. Dieser Sachverhalt ist in **Fig. 5** gezeigt.

[0056] **Fig. 5** zeigt einen Verlauf der magnetischen Feldstärke des durch die Anordnung gemäß **Fig. 4** erzeugten Magnetfeldes. Der durch die Vorrichtung **100** samt Spule **230** gebildete Hufeisenmagnet befindet sich im Abstand d hinter der Torlinie **210** bzw. der Querlatte **200c**. Bewegt sich ein Ball auf das Tor **200** zu, so erfährt er einen Anstieg der magnetischen Feldstärke bis hin zu einem Maximum, das sich in dem Abstand d hinter der Torlinie **210** befindet. Nach Erreichen des Maximums der magnetischen Feldstärke hat der Ball den Magnetfeldvorhang passiert, woraufhin die magnetische Feldstärke wieder sinkt.

[0057] Befindet sich ein Magnetfeldsensor, vorzugsweise ein dreidimensionaler Magnetfeldsensor, im Mittelpunkt eines Balls und beträgt der Abstand d beispielsweise den halben Durchmesser des Balls, so detektiert der Magnetfeldsensor im Ball das Maximum der magnetischen Feldstärke genau dann, wenn sich der Ball vollständig hinter der Torlinie **210** befindet. Solange also kein Maximum detektiert wurde, kann davon ausgegangen werden, dass auch kein Tor gefallen ist.

[0058] Eine Torentscheidung mittels des erfindungsgemäßen Konzepts wird im Allgemeinen dann notwendig sein, wenn es für einen Schiedsrichter nicht erkennbar ist, ob sich ein Ball hinter der Torlinie befindet oder nicht. Solche Szenarien sind beispielsweise dann denkbar, wenn ein Torwart den Ball fängt, es aber nicht sicher ist, ob der Torwart den Ball vor der Torlinie gefangen hat. Ein weiteres Szenario er-

gibt sich beispielsweise dann, wenn ein Ball von der Unterkante der Querlatte abprallt und dann innerhalb von Sekundenbruchteilen entweder kurz hinter oder kurz vor der Torlinie landet. In solchen Fällen ist es für einen Schiedsrichter selbst mit Videoaufzeichnungen oftmals nicht möglich zu entscheiden, ob ein Tor gefallen ist oder nicht.

[0059] Das letztere Szenario ist schematisch in **Fig. 6** gezeigt. **Fig. 6** zeigt eine Querlatte **200c**, unter der sich die Torlinie **210** befindet. Die in **Fig. 6** gezeigte x-Achse zeigt in Richtung vom Tor weg, d.h. in Richtung Spielfeld. In einem ersten Szenario prallt ein Ball **600** von der Querlatte **200c** in einem Winkel $+\alpha$ relativ zur Torfläche ab und landet in Richtung des Spielfelds, also vor der Torlinie **210** auf dem Boden. In einem zweiten Szenario prallt der Ball **600** genau entgegengesetzt im Winkel $-\alpha$ relativ zur Torfläche von der Querlatte **200c** ab und landet hinter der Torlinie **210** im Tor.

[0060] Ist der Betrag des Winkels α hinreichend klein, so ist es in einem Spielbetrieb mit bloßem Auge kaum möglich zu entscheiden, ob der Ball **600** vor oder hinter der Torlinie **210** aufprallt.

[0061] Mit dem erfindungsgemäßen Konzept ist es nun jedoch möglich zu entscheiden, ob der Ball **600** die Torlinie **210** überschritten hat oder nicht. Im Folgenden sei das Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gemäß **Fig. 4** zugrundegelegt. Das erzeugte magnetische Feld bzw. der erzeugte magnetische Vorhang befindet sich dabei parallel zur Torfläche in einem Abstand d hinter der Torlinie **210**.

[0062] **Fig. 7a** zeigt die sich für die in **Fig. 6** dargestellten Szenarien ergebenden Verläufe der magnetischen Feldstärke aufgetragen über der Zeit t . Die mit Bezugszeichen **700** gekennzeichnete gestrichelte Kurve beschreibt das erste Szenario, in dem der Ball mit hoher Geschwindigkeit v aus Richtung vom Spielfeld an die Querlatte **200c** geschossen wird und von dieser in einem Winkel $+\alpha$ relativ zur Torfläche abprallt und vor der Torlinie **210** landet. In diesem ersten Szenario fällt also kein Tor. Die mit Bezugszeichen **710** gekennzeichnete Kurve beschreibt den zeitlichen Verlauf der magnetischen Feldstärke für das zweite Szenario, in dem der Ball mit hoher Geschwindigkeit v aus Richtung vom Spielfeld gegen die Querlatte **200c** geschossen wird, von dieser in einem Winkel $-\alpha$ relativ zur Torfläche nach unten knapp hinter die Torlinie **210** abprallt. In diesem zweiten Szenario fällt also ein Tor.

[0063] Bis zu einem Zeitpunkt t_0 liegen die beiden zeitlichen Verläufe der gemessenen magnetischen Feldstärken **700** und **710** deckungsgleich übereinander. Bis zu dem Zeitpunkt t_0 nähert sich der Ball aus Richtung vom Spielfeld der Querlatte **200c** und damit der durch die Querlatte **200c** und die Torlinie **210** auf-

gespannten Torfläche. Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, durchläuft der Ball dabei einen Bereich ansteigender magnetischer Feldstärke. Zum Zeitpunkt t_0 prallt der Ball **600** in beiden Szenarien an die Querlatte **200c**.

[0064] In dem ersten Szenario, d.h. dem Szenario, in dem kein Tor fällt, prallt der Ball **600** zum Zeitpunkt t_0 so von der Querlatte **200c** ab, dass sich das Vorzeichen der x-Komponente v_x der Geschwindigkeit v umkehrt. Dadurch durchläuft der Ball das Magnetfeld in entgegengesetzter Richtung. Dadurch, dass der Betrag $|v_x|$ der Geschwindigkeitskomponente v_x kleiner ist als vor dem Aufprall an die Querlatte **200c**, durchläuft der Ball das Magnetfeld natürlich langsamer. Dieser Sachverhalt ist in [Fig. 7a](#) angedeutet.

[0065] In dem zweiten Szenario prallt der Ball **600** zum Zeitpunkt t_0 derart von der Querlatte **200c** ab, dass eine Torsituation entsteht. Durch den Aufprall auf die Querlatte **200c** ändert sich zwar der Betrag $|v_x|$ der Geschwindigkeitskomponente v_x , das Vorzeichen der Geschwindigkeitskomponente v_x wechselt jedoch im Vergleich zu vor dem Aufprall nicht das Vorzeichen. Aufgrund des Maximums des Magnetfeldes im Abstand d hinter der Torlinie **210** erfährt der Ball in dem zweiten Szenario nach dem Aufprall weiterhin ein steigendes Magnetfeld, wie es in [Fig. 7a](#) durch die Kurve **710** angedeutet ist. Auch hier wird sich durch den Aufprall der Betrag $|v_x|$ der Geschwindigkeitskomponente v_x verringern, so dass zum Zeitpunkt t_0 eine Unstetigkeitsstelle in der Steigung $d|B|/dt$ der Magnetfeldkurve **710** zu erkennen ist. Erst nachdem der Ball das Maximum der Kurve **710** erreicht hat, hat der Ball die Torlinie **210** mit seinem vollen Durchmesser überschritten und ein Ereignis „Tor“ kann angezeigt werden.

[0066] Mit einer unsymmetrischen Anordnung des Magnetfeldvorhangs bzgl. der Torlinie bzw. der Torfläche kann also eine eindeutige Torentscheidung getroffen werden. Es kann jedoch vorkommen, dass eine solche unsymmetrische Anordnung des Magnetfeldvorhangs nicht möglich ist, weil beispielsweise zusätzliche Vorrichtungen hinter einem Tor von einem Reglement nicht erlaubt werden. In einem solchen Fall können die ferromagnetischen Bereiche beispielsweise innerhalb der Torbegrenzungen bzw. der Torpfosten, der Querlatte oder einem Bereich unterhalb der Torlinie angebracht werden, was jedoch einen zumindest näherungsweise symmetrischen Feldstärkeverlauf bzgl. der Torlinie zur Folge hat.

[0067] Wird das Magnetfeld beispielsweise mit einer in [Fig. 2](#) gezeigten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugt, liegt das Maximum des magnetischen Feldes also in der Torfläche, so ergeben sich für die anhand von [Fig. 6](#) erläuterten Szenarien die in [Fig. 7b](#) dargestellten zeitlichen Verläufe der magnetischen Feldstärke.

[0068] Die gestrichelte Kurve **720** beschreibt das erste Szenario, in dem es zu keinem Tor kommt, die durchgezogene Kurve **730** bezieht sich auf das zweite Szenario, in dem der Ball **600** hinter der Torlinie **210** landet und somit ein Torereignis eintritt. In beiden Szenarien erfährt der Ball **600** bis zum Aufprall auf die Querlatte **200c** zum Zeitpunkt t_0 einen Anstieg der magnetischen Feldstärke bis hin zu einem Maximum, welches in der Torfläche, d.h. in der durch die Torlinie **210** und die Querlatte **200c** aufgespannte Fläche, existiert. Da sich der Ball **600** in beiden Szenarien mit der betragsmäßig gleichen, jedoch vorzeichenmäßig unterschiedlichen Geschwindigkeitskomponente v_x nach dem Aufprall zum Zeitpunkt t_0 weiterbewegt und das Innen-Magnetfeld symmetrisch um die Torfläche ausgebildet ist, ist der von einem Magnetfeldsensor in dem Ball gemessene zeitliche Verlauf der magnetischen Feldstärke für beide Szenarien praktisch identisch. Ohne ein Hinzuziehen einer Zusatzbedingung, wobei sich die Zusatzbedingung von dem Innen-Magnetfeld unterscheidet, ist eine Torentscheidung hier also nicht ohne Weiteres möglich.

[0069] Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung liefert die Zusatzbedingung einen Hinweis darauf, von welcher Seite sich das bewegliche Objekt bzw. der Ball **600** dem Tor **200** nähert bzw. sich vom Tor entfernt. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung befindet sich in dem Ball **600** ein dreidimensionaler Magnetfeldsensor und ein Funksender, der zur Übertragung der gemessenen Feldstärken an eine zentrale Auswertevorrichtung dient. Um eine Aussage treffen zu können, ob sich der Ball **600** von dem Tor **200** weg bzw. auf das Tor zu bewegt, wird gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung der Doppler-Effekt ausgenutzt. Als Doppler-Effekt bezeichnet man die Veränderung der Frequenz von Wellen jeder Art, während sich eine Signalquelle auf einen Beobachter zu oder von diesem weg bewegt. Bei der Annäherung erhöht sich die Frequenz, im umgekehrten Fall verringert sie sich. Sendet der Ball **600** also ein Trägersignal mit einer Frequenz f_c und bewegt sich der Ball **600** auf das Tor **200** zu, so erfährt beispielsweise ein hinter dem Tor befindlicher Empfänger eine Frequenzverschiebung $\Delta f > 0$ gegenüber der Trägerfrequenz f_c . Bewegt sich der Ball hingegen vom Tor weg, so erfährt der hinter dem Tor befindliche Empfänger eine Frequenzverschiebung $\Delta f < 0$ gegenüber der Trägerfrequenz f_c . Dieser Zusammenhang ist in [Fig. 8](#) schematisch dargestellt.

[0070] [Fig. 8](#) zeigt ein schematisches Frequenzdiagramm mit vier Spektrallinien **800**, **810**, **820**, **830**. Die Spektrallinie **800** bei der Frequenz f_c bedeutet beispielsweise die Trägerfrequenz des Funksenders des Balls **600**, die Spektrallinie **810** bei der Frequenz $f_c + \Delta f_0$ bedeutet eine um eine mittlere Dopplerfrequenzverschiebung Δf_0 verschobene Trägerfrequenz des Funksenders des Balls **600**. Die Spektrallinie **820**

bei der Frequenz $f_c + \Delta f_{D,\min}$ bedeutet eine um eine minimale Dopplerfrequenzverschiebung $\Delta f_{D,\min}$ verschobene Trägerfrequenz des Funksenders des Balls **600** und die Spektrallinie **830** bei der Frequenz $f_c + \Delta f_{D,\max}$ bedeutet eine um eine maximale Dopplerfrequenzverschiebung $\Delta f_{D,\max}$ verschobene Trägerfrequenz des Funksenders des Balls **600**.

[0071] Bewegt sich der Ball **600** auf das Tor **200** zu, so empfängt ein hinter dem Tor **200** befindlicher Empfänger ein in der Frequenz verschobenes Signal. Dabei hängt der Betrag $|\Delta f_D|$ der Frequenzverschiebung ab von einem Winkel zwischen einem Bewegungsvektor \vec{v} des Balls und der Verbindungslinie vom Sender zum Empfänger, d.h. also vom Ball **600** zum Empfänger. Der Ball **600** wird bei einem Schuss im Allgemeinen eine zusätzliche Rotation aufweisen. Diese Rotation verursacht eine periodische Oszillation der vom Empfänger empfangenen Frequenz um eine mittlere Dopplerverschiebung Δf_D , wie es in **Fig. 8** gezeigt ist. Durch die Rotation enthält man ein aufgeweitetes Dopplerspektrum mit einer Bandbreite von $(\Delta f_{D,\max} - \Delta f_{D,\min})$ um eine Mittenfrequenz $(f_c + \Delta f_D)$. Dabei hängen Symmetrieeigenschaften des Dopplerspektrums von der Rotation des Balls ab. Weist die mittlere Dopplerfrequenz Δf_D einen positiven Wert auf, so bewegt sich der Ball **600** auf den Empfänger bzw. das Tor **200** zu. Bei einem negativen Wert bewegt sich der Ball **600** von dem Empfänger bzw. dem Tor **200** weg.

[0072] Zieht man die Dopplerfrequenz, insbesondere die mittlere Dopplerfrequenz Δf_D , also als eine Zusatzbedingung zum zeitlichen Verlauf des Magnetfeldstärke heran, so kann mittels der Dopplerfrequenz zusammen mit dem zeitlichen Verlauf der magnetischen Feldstärke ermittelt werden, ob ein Tor gefallen ist oder nicht. Die Zusatzbedingung ist insbesondere dann notwendig, wenn der Verlauf der magnetischen Feldstärke symmetrisch ist, d.h. das Magnetfeld beispielsweise von einer erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugt wird, wie sie in **Fig. 2** gezeigt ist. Bei der in **Fig. 3** gezeigten erfindungsgemäßen Vorrichtung kann auf die im Vorhergehenden beschriebene Zusatzbedingung aufgrund der Unsymmetrie des Magnetfeldverlaufs um die Torlinie herum verzichtet werden.

[0073] **Fig. 9** zeigt eine Vorrichtung **900** zum Feststellen, ob ein bewegliches Objekt durch ein Tor mit einer durch das Tor definierten Torfläche gebracht worden ist. Die Vorrichtung **900** weist eine Einrichtung **910** zum Liefern einer Information über ein Magnetfeld auf, das das bewegliche Objekt erfährt. Ferner umfasst die Vorrichtung **900** zum Feststellen eine Einrichtung **920** zum Auswerten der Information über das Magnetfeld, um eine Torausage zu liefern. Dazu ist die Einrichtung **920** zum Auswerten mit der Einrichtung **910** zum Liefern der Information über das Magnetfeld gekoppelt.

[0074] In der Torfläche oder parallel zu der Torfläche ist ein Innen-Magnetfeld messbar, das größer als ein außerhalb der Torfläche verlaufendes Rußen-Magnetfeld ist, wie beispielsweise das Erdmagnetfeld.

[0075] Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung sind die Einrichtung **910** zum Liefern der Information und die Einrichtung **920** zum Auswerten der Information über eine Funkstrecke miteinander gekoppelt. Dabei befindet sich die Einrichtung **910** zum Liefern der Information über das Magnetfeld, das das bewegliche Objekt erfährt, innerhalb des beweglichen Objekts bzw. des Balls. Dabei kann die Einrichtung **910** zum Liefern der Information über das Magnetfeld beispielsweise einen dreidimensionalen Magnetfeldsensor umfassen, bei dem beispielsweise eine Digitalisierung der Messwerte auf einem Sensorchip bereits integriert ist.

[0076] Die Einrichtung **920** zum Auswerten der Information über das Magnetfeld befindet sich gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in einer zentralen Auswerteeinheit, die per Funk mit dem beweglichen Objekt bzw. der Einrichtung **910** zum Liefern der Information gekoppelt ist. Die Einrichtung **920** zum Auswerten der Information über das Magnetfeld ist gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ausgebildet, um mittels des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes eine Torentscheidung zu liefern.

[0077] Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben wurde, kann gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung eine Torentscheidung aufgrund einer Detektierung eines Maximums des zeitlichen Magnetfeldverlaufs herbeigeführt werden. Die Bedingungen für ein Maximum des zeitlichen Verlaufs der Magnetfeldstärke lauten $d|B|/dt = 0$ und $d^2|B|/dt^2 < 0$, wobei sich der Betrag $|B|$ der magnetischen Feldstärke aus den von dem Magnetfeldsensor gemessenen Komponenten (B_x, B_y, B_z) eines Magnetfeldes in einem Raumpunkt gemäß $|B| = (B_x^2 + B_y^2 + B_z^2)^{1/2}$ berechnen lässt. Mit einer von dem Ball **600** gesendeten Sequenz von Magnetfeldmesswerten und einer entsprechenden Logik können die beiden vorgenannten Bedingungen also stets überprüft werden.

[0078] Gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung kann ein Kriterium für Entscheidung über ein Tor auch ein Vorzeichenwechsel der ersten Ableitung $d|B|/dt$ 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 zunimmt um nach Überqueren dieser wieder abzunehmen.

[0079] Zusätzlich können weitere Ereignisse aus dem Verlauf der ersten Ableitung $d|B|/dt$ des zeitlichen Verlaufs der Magnetfeldstärke erschlossen wer-

den. Besitzt die erste Ableitung zu einem bestimmten Zeitpunkt eine Unstetigkeitsstelle, so kann, wie im Vorhergehenden beschrieben, davon ausgegangen werden, dass der Ball beispielsweise einen Seitenpfosten bzw. die Querlatte berührt hat. Wird ein Innen-Magnetfeld, wie anhand von **Fig. 2** beschrieben wurde, symmetrisch zur Torlinie **210** erzeugt, so wird ferner eine Einrichtung zum Erfassen einer Zusatzbedingung benötigt, wobei sich die Zusatzbedingung von dem Innen-Magnetfeld unterscheidet und wobei der zeitliche Verlauf des Magnetfeldes und die Zusatzbedingung zusammen ausgewertet werden können. Dabei liefert gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung die Zusatzbedingung einen Hinweis darauf, von welcher Seite sich das bewegliche Objekt bzw. der Ball dem Tor genähert hat bzw. sich von dem Tor entfernt.

[0080] Die Einrichtung zum Erfassen der Zusatzbedingung könnte gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung also eine Einrichtung zum Erfassen einer Dopplereffektverschiebung, insbesondere einer mittleren Dopplereffektverschiebung Δf_D sein, die beispielsweise hinter einem Tor angebracht ist.

[0081] Ferner können gemäß weiteren Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung auch Kraft- oder Bewegungsverhältnisse des beweglichen Objekts erfasst werden, um eine Zusatzbedingung zum zeitlichen Verlauf des Magnetfeldes zu erhalten. Dies kann beispielsweise durch Bewegungs- und/oder Drucksensoren im Ball bewerkstelligt werden, deren Messdaten per Funksender zu einer zentralen Auswerteinrichtung gesendet werden können.

[0082] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist es möglich, das von der Vorrichtung **100** zum Erzeugen eines magnetischen Feldes erzeugte magnetische Feld dreidimensional mit einer gewünschten Genauigkeit in einem Ortsbestimmungsbereich um das Tor **200** auszumessen und die Messwerte bzw. die Komponenten (B_x , B_y , B_z) des Feldvektors B für jeden relevanten Raumpunkt beispielsweise in einer sogenannten Lookup-Tabelle den jeweiligen Raumkoordinaten (x , y , z) der Raumpunkte zuzuordnen und zu speichern.

[0083] Genauso ist es natürlich denkbar, dass die Feldstärken und Feldrichtungen gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung in einem interessierenden Bereich innerhalb und um das Tor 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 um das Tor herum gemessen, so können die Messwerte dar-

aufhin mit den vorab gemessenen oder berechneten und gespeicherten Werten aus der Lookup-Tabelle verglichen werden und somit gegebenenfalls eine Torentscheidung getroffen werden.

[0084] Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ist es denkbar, dass die Einrichtung **910** zum Liefern der Information über das Magnetfeld und die Einrichtung **920** zum Auswerten der Information über das Magnetfeld beide in dem beweglichen Objekt bzw. dem Ball **600** angeordnet sind. Dabei können die Informationen über das Magnetfeld im Ball gespeichert werden, und gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung bei einer kritischen Torentscheidung abgefragt werden.

[0085] Das bewegliche Objekt bzw. der Ball **600** benötigt ferner eine Energieversorgungseinrichtung zur Energieversorgung. Die Energieversorgung kann beispielsweise durch eine Batterie im Ball **600** 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 **600** kann in der Nähe des Tors **200** über ein schwaches Signal aktiviert werden, welches beispielsweise von einem dafür ausgebildeten Sender einer zentralen Steuer-/Auswerteinrichtung 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.

[0086] Weiterhin kann als Aktivierungssignal auch das von einer erfindungsgemäßen Vorrichtung erzeugte Magnetfeld benutzt werden. Kommt der Ball **600** 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.

[0087] Bei den beiden im Vorhergehenden beschriebenen Vorgehensweisen wird eine Detektion immer nur kurz eingeschaltet, um Energie zu sparen. Wenn der Ball **600** 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.

[0088] 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 durch die Vorrichtung **100** zum Erzeugen eines magnetischen Feldes erzeugten Magnetfeldes beeinflussen. Bei einem Fußballspiel bewegen sich die Spieler allerdings nicht so schnell, als dass eine merkliche Induktion hervorgerufen werden könnte. Der Ball **600** allerdings Geschwindigkeiten von bis zu 140 km/h erreichen. Deshalb ist bei einer Implementierung vorzugsweise darauf zu achten, dass die Elektronik in dem Ball **600** möglichst klein ist und keine großen leitfähigen Flächen aufweist.

[0089] Ein Einfluss auf das durch die Vorrichtung **100** erzeugte magnetische Feld durch sich in der Nähe der Vorrichtung **100** 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 Feldwirkung einer leichten Änderung des Erdmagnetfeldes gleichkommen würde.

[0090] Ein Vorteil des erfindungsgemäßen Konzepts zur Torentscheidung besteht darin, dass eine Torentscheidung sehr robust gegenüber gewollter oder ungewollter Beeinflussung erfolgen kann. Ein erfindungsgemäßes System zur Torentscheidung könnte beispielsweise gestört werden, indem eine Funkverbindung zwischen Ball **600** und einem Zentralrechner gestört wird. Da gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung eine Empfangsantenne in einer Zentralrecheneinrichtung dicht hinter dem Tor integriert ist, ist eine Störung des Systems sehr aufwändig. Die Antenne kann zudem beispielsweise als Richtantenne zum Spielfeld hin ausgerichtet sein. Zudem ist eine Datenübertragung zwischen dem Ball **600** und der Zentralrecheneinrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung nur dann aktiv, wenn sich der Ball sehr dicht am Tor, d.h. in dem Ortsbestimmungsbereich befindet. Eine Empfangsleistung der Funkverbindung ist durch die relativ kurze Distanz zwischen Ball **600** und Zentralrecheneinrichtung sehr hoch. Dadurch müsste ein potentieller Angreifer eine sehr aufwändige und damit mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht unauffällige Anlage verwenden.

[0091] Auch das durch die Vorrichtung **100** erzeugte magnetische Feld könnte gestört werden. Allerdings breiten sich künstliche Magnetfelder nicht sehr weit im Raum aus. Demzufolge müsste ein Angreifer relativ große Spulen montieren, um ein Störfeld erzeugen zu können.

[0092] Durch in der Auswerteeinrichtung **920** integrierten Plausibilitätsbetrachtungen kann das System eine Störung erkennen und beispielsweise eine Warnung generieren, falls es gelingen würde, per Funk oder per Magnetfeld das System zu stören.

[0093] Da bei dem erfindungsgemäßen Konzept zur Torentscheidung keine Funkortung verwendet wird, werden andere Funksysteme, die im gleichen Frequenzbereich arbeiten, nicht gestört. Die directionale Funkverbindung zwischen dem Ball **600** und einem Zentralrechner kann beispielsweise im 2.4-GHz Bereich angeordnet sein und ist aufgrund der geringen zu übertragenden Datenraten sehr schmalbandig. Daher stellt sie keine Belastung beispielsweise für vorhandene WLAN-Systeme (WLAN = Wireless Local Area Network) dar.

[0094] Da das erzeugte und verwendete magnetische Feld in der Größenordnung des Erdmagnetfeldes liegt, kann davon ausgegangen werden, dass es keine biologischen Wirkungen hat.

[0095] Bei Systemen, welche auf Funkortung basieren, ist es mit vertretbarem Aufwand zumeist nicht möglich, Signal-Reflexionen vom Original-Signal unterscheiden zu können, wenn die Reflexion sehr dicht am Sender erfolgt. Diese Probleme treten bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise nicht auf. Des Weiteren besteht kein Problem bezüglich einer Feldabdeckung wie bei Funkortungs- oder optischen Systemen. Magnetfelder können Personen und Torpfosten ungedämpft durchdringen. Mittels Funksignalen kann hingegen der Ball nicht mehr geortet werden, wenn beispielsweise mehrere Personen auf dem Ball liegen.

[0096] Ein weiterer Vorteil von Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung besteht darin, dass das bewegliche Objekt bzw. der Ball einen geringen Stromverbrauch aufweisen kann, da er kein kontinuierliches Ortungssignal, wie es beispielsweise bei Radarsystemen oder Funkortungssystemen notwendig ist, senden muss.

[0097] Wird ein erfindungsgemäßes System beispielsweise zur Torerkennung beim Fußball benutzt, so sind keine umfangreichen Einbauten in einem Fußballstadion notwendig. Alle erforderlichen Einbauten befinden sich lediglich an den beiden jeweiligen Toren. Zudem ist kein Einmessen bzw. Kalibrieren von Antennen oder Kameras notwendig. Es gibt zudem keine unnötige Systembelastung durch nicht am Spiel beteiligte Bälle, da diese ausgeschaltet werden können bzw. sich nicht in Reichweite der im Torraum erzeugten Magnetfelder befinden.

[0098] Wie im Vorhergehenden bereits beschrieben, ist bei dem erfindungsgemäßen Konzept kein Eingriff in den Spielbetrieb notwendig, da eine Ballak-

tivierung automatisch vollzogen wird.

[0099] Nicht zuletzt kann eine Installation eines erfindungsgemäßen Systems zur Torentscheidung mit erheblich geringeren Kosten im Vergleich zu funkbasierten oder optischen Systemen erfolgen.

[0100] Weitere Anwendungsmöglichkeiten des erfindungsgemäßen Konzepts sind natürlich auch bei anderen Sportarten zu sehen, in denen beispielsweise kritische Torentscheidungen bzw. Linienentscheidungen zu fällen sind.

[0101] Insbesondere wird darauf hingewiesen, dass abhängig von den Gegebenheiten das erfindungsgemäße Schema auch in Software implementiert sein kann. Die Implementierung kann auf einem digitalen Speichermedium, 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 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 (**100**) zum Erzeugen eines magnetischen Feldes in einem Tor (**200**) mit einer durch das Tor (**200**) definierten begrenzten Torfläche, durch die ein bewegliches Objekt (**600**) zu bringen ist, um ein Tor zu erzielen, wobei die Vorrichtung (**100**) ausgebildet ist, um in der Torfläche oder parallel zur Torfläche ein Innen-Magnetfeld zu erzeugen, das größer als ein außerhalb der Torfläche vorliegendes Außen-Magnetfeld ist.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der das Tor (**200**) vier Begrenzungen (**200a-d**) aufweist und wobei die Vorrichtung (**100**) folgende Merkmale aufweist:

einen ersten Bereich (**110**) mit einem ferromagnetischen Material, der einer ersten Begrenzung zugeordnet ist;

einen zweiten Bereich (**120**) mit einem ferromagnetischen Material, der einer zweiten Begrenzung zugeordnet ist; und

einen dritten Bereich (**130**) mit einem ferromagnetischen Material, der einer dritten Begrenzung zugeordnet ist.

3. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Vorrichtung (**100**) ferner folgendes Merkmal aufweist: eine Spule (**230**), die dem ersten (**110**), zweiten (**120**) oder dritten Bereich (**130**) zugeordnet ist, wobei die Spule (**230**) und der erste (**110**), zweite (**120**) und dritte Bereich (**130**) so angeordnet sind, dass sich geschlossene magnetische Feldlinien ergeben, die einen Teil haben, der sich in der Torfläche oder parallel zur Torfläche befindet, und deren restliche Teile durch den ersten (**110**), zweiten (**120**) und dritten Bereich (**130**) geführt werden.

4. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei der erste Bereich (**110**) einem ersten Seitenpfosten (**200a**) entspricht, der zweite Bereich (**120**) einem zweiten Seitenpfosten (**200b**) entspricht und der dritte Bereich (**130**) der Querlatte (**200c**) entspricht oder der erste Bereich (**110**) einem Seitenpfosten (**200a**, b) entspricht, der zweite Bereich (**120**) der Querlatte (**200c**) entspricht und der dritte Bereich (**130**) einer Torlinie (**210**) entspricht, auf der das Tor (**200**) steht.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Tor (**200**) hohle Seitenpfosten (**200a**, b) und eine hohle Querlatte (**200c**) aufweist und wobei in wenigstens einem Seitenpfosten (**200a**, b) und der Querlatte (**200c**) ferromagnetische Kerne (**220**) angebracht sind.

6. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei ein ein ferromagnetisches Material aufweisender Stab unterhalb der Torlinie (**210**) vergraben ist.

7. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein ferromagnetisches Material auf wenigstens einem der Seitenpfosten (**200a**, b) und der Querlatte (**200c**) angebracht ist.

8. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein ferromagnetisches Material des ersten (**110**), zweiten (**120**) und dritten Bereichs (**130**) jeweils durchgängig angebracht ist und der erste (**110**), zweite (**120**) und dritte Bereich (**130**) zusammen eine U-Form bilden.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Begrenzung einem ersten Seitenpfosten (**200a**) entspricht, die zweite Begrenzung einem zweiten Seiten-Pfosten (**200b**) entspricht, die dritte Begrenzung der Querlatte (**200c**) entspricht und die vierte Begrenzung der Torlinie (**210**) entspricht und sich der erste (**110**), zweite (**120**) und dritte Bereich (**130**) der Vorrichtung (**100**) in einer Ebene parallel zur Torebene hinter der Torlinie (**210**) befinden.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 3, wobei die Vorrichtung (**100**) ferner eine Einrichtung zum Erzeugen von Spulenaktivierungssignalen aufweist.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 10, wobei die Einrichtung zum Erzeugen von Spulenaktivierungssignalen ausgebildet ist, um die Spulenaktivierungssignale mit unterschiedlichen Intensitäten zu erzeugen.

12. Vorrichtung gemäß Anspruch 2, wobei die Vorrichtung einen Permanentmagneten umfasst.

13. Vorrichtung (900) zum Feststellen, ob ein bewegliches Objekt (600) durch ein Tor (200) mit einer durch das Tor (200) definierten Torfläche gebracht worden ist, wobei in der Torfläche oder parallel zu der Torfläche ein Innen-Magnetfeld messbar ist, das größer als ein außerhalb der Torfläche verlaufendes Außen-Magnetfeld ist, mit folgenden Merkmalen: einer Einrichtung (910) zum Liefern einer Information über ein Magnetfeld, das das bewegliche Objekt (600) erfährt; und einer Einrichtung (920) zum Auswerten der Information über das Magnetfeld, um eine Toraussage zu liefern, wobei die Einrichtung (920) zum Auswerten ausgebildet ist, um zu detektieren, dass das bewegliche Objekt (600) das Innen-Magnetfeld durchlaufen hat.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, bei der die Einrichtung (910) zum Liefern ausgebildet ist, um Informationen über einen zeitlichen Verlauf des Magnetfeldes zu liefern, die ferner eine Einrichtung zum Erfassen einer Zusatzbedingung aufweist, wobei sich die Zusatzbedingung von dem Innen-Magnetfeld unterscheidet; und bei der die Einrichtung zum Auswerten (920) ausgebildet ist, um den zeitlichen Verlauf und die Zusatzbedingung zusammen auszuwerten.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, bei der die Einrichtung (910) zum Liefern ausgebildet ist, um mittels der Zusatzbedingung einen Hinweis darauf zu liefern, von welcher Seite sich das bewegliche Objekt (600) dem Tor (200) genähert hat.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, bei der die Einrichtung (910) zum Liefern ausgebildet ist, um Kraft- und/oder Bewegungsverhältnisse des beweglichen Objekts (600) zu erfassen.

17. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei sich die Einrichtung (910) zum Liefern in dem beweglichen Objekt (600) befindet.

18. Vorrichtung gemäß Anspruch 17, wobei die Einrichtung (910) zum Liefern einen Magnetfeldsensor aufweist.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, wobei der Magnetfeldsensor der Einrichtung (910) zum Liefern ein dreidimensionaler Magnetfeldsensor ist.

20. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 17

bis 19, wobei sich die Einrichtung (920) zum Auswerten in dem beweglichen Objekt (600) befindet.

21. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei sich die Einrichtung (920) zum Auswerten nicht in dem beweglichen Objekt (600) befindet und die Einrichtung zum Liefern (910) mit der Einrichtung (920) zum Auswerten koppelbar ist.

22. Vorrichtung gemäß Anspruch 21, wobei die Einrichtung zum Auswerten (920) ferner einen Empfänger zum Empfangen einer Sequenz von Magnetfeldmesswerten von dem beweglichen Objekt (600) aufweist.

23. Vorrichtung gemäß Anspruch 22, wobei der Empfänger ein Funkempfänger ist.

24. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei die Einrichtung (920) zum Auswerten ausgebildet ist, um die Toraussage mittels einer Ableitung des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes nach der Zeit zu liefern.

25. Vorrichtung gemäß Anspruch 24, wobei die Ableitung des zeitlichen Verlaufs des Magnetfeldes nach der Zeit $d|B|/dt$ zum Zeitpunkt des Überschreitens der Torlinie zumindest näherungsweise gleich Null ist.

26. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei die Zusatzbedingung der Einrichtung (920) zum Auswerten eine Dopplerfrequenz (Δf_D) ist, die durch eine Bewegung des beweglichen Objekts (600) auf die Einrichtung (920) zu oder von ihr weg auftritt.

27. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, wobei die Einrichtung (920) zum Auswerten ausgebildet ist, um die Toraussage durch Vergleichen der Messwerte der Sequenz von Messwerten mit vorab bestimmten Werten zu erhalten.

28. Verfahren zum Erzeugen eines magnetischen Feldes in einem Tor (200) mit einer durch das Tor (200) definierten begrenzten Torfläche, durch die ein bewegliches Objekt (600) zu bringen ist, um ein Tor zu erzielen, mit einem Schritt des Erzeugens eines Innen-Magnetfeldes, das größer als ein außerhalb der Torfläche vorliegendes Außen-Magnetfeld ist.

29. Verfahren zum Feststellen, ob ein bewegliches Objekt (600) durch ein Tor (200) mit einer durch das Tor (200) definierten Torfläche gebracht worden ist, wobei in der Torfläche oder parallel zu der Torfläche ein Innen-Magnetfeld messbar ist, das größer als ein außerhalb der Torfläche verlaufendes Außen-Magnetfeld ist, mit folgenden Schritten: Liefern einer Information über ein Magnetfeld, das das bewegliche Objekt (600) erfährt; und

Auswerten der Information über das Magnetfeld, um eine Toraussage zu liefern mittels einer Detektion, dass das bewegliche Objekt **(600)** das Innen-Magnetfeld durchlaufen hat.

30. Verfahren zur Entscheidung, ob ein bewegliches Objekt **(600)** durch ein Tor **(200)** mit einer durch das Tor **(200)** definierten Torfläche gebracht worden ist, wobei in der Torfläche oder parallel zu der Torfläche ein Innen-Magnetfeld messbar ist, das größer als ein außerhalb der Torfläche verlaufendes Außen-Magnetfeld ist, mit folgenden Schritten:

Erzeugen des Innen-Magnetfelds in dem Tor **(200)**;
Liefern einer Information über ein Magnetfeld, das das bewegliche Objekt **(600)** erfährt; und
Auswerten der Information über das Magnetfeld, um eine Toraussage zu liefern mittels einer Detektion, dass das bewegliche Objekt **(600)** das Innen-Magnetfeld durchlaufen hat.

31. Computer-Programm mit einem Programmcode zur Durchführung der Verfahren gemäß den Ansprüchen 28–30, wenn das Computer-Programm auf einem Computer oder Mikrocontroller abläuft

Es folgen 9 Blatt Zeichnungen

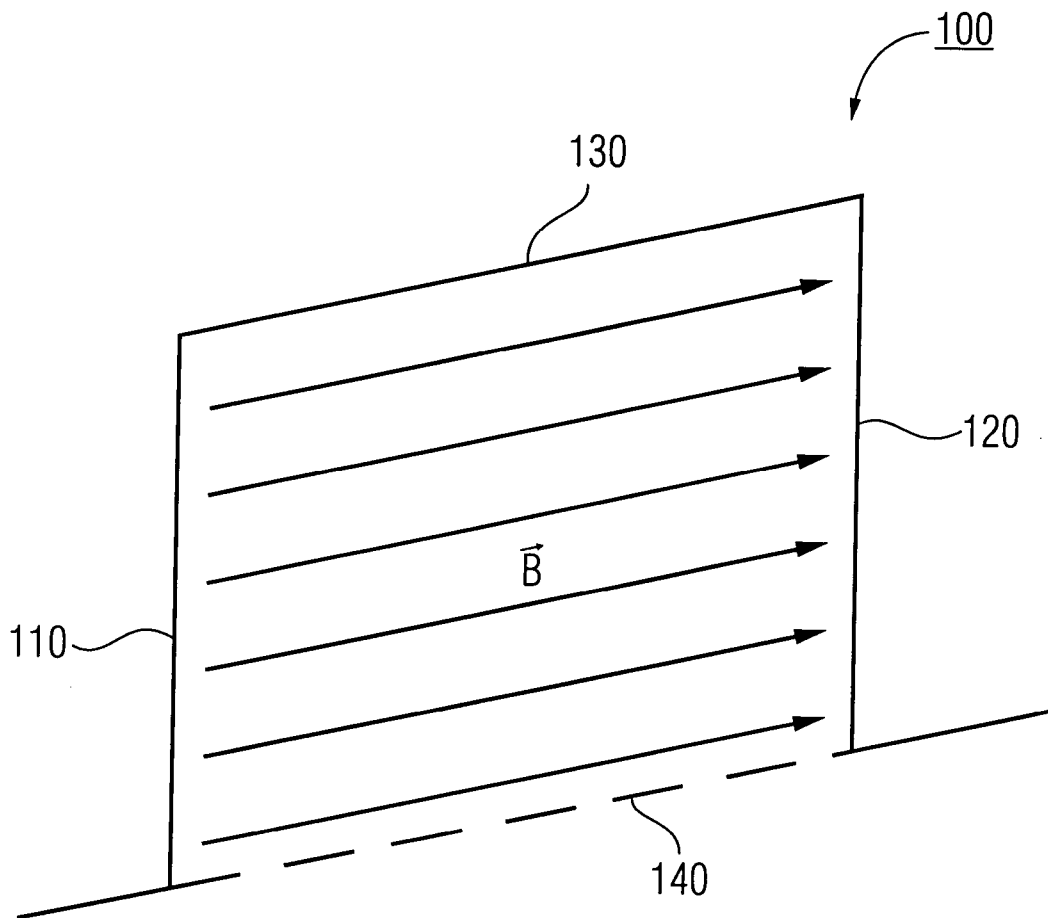


Fig.1

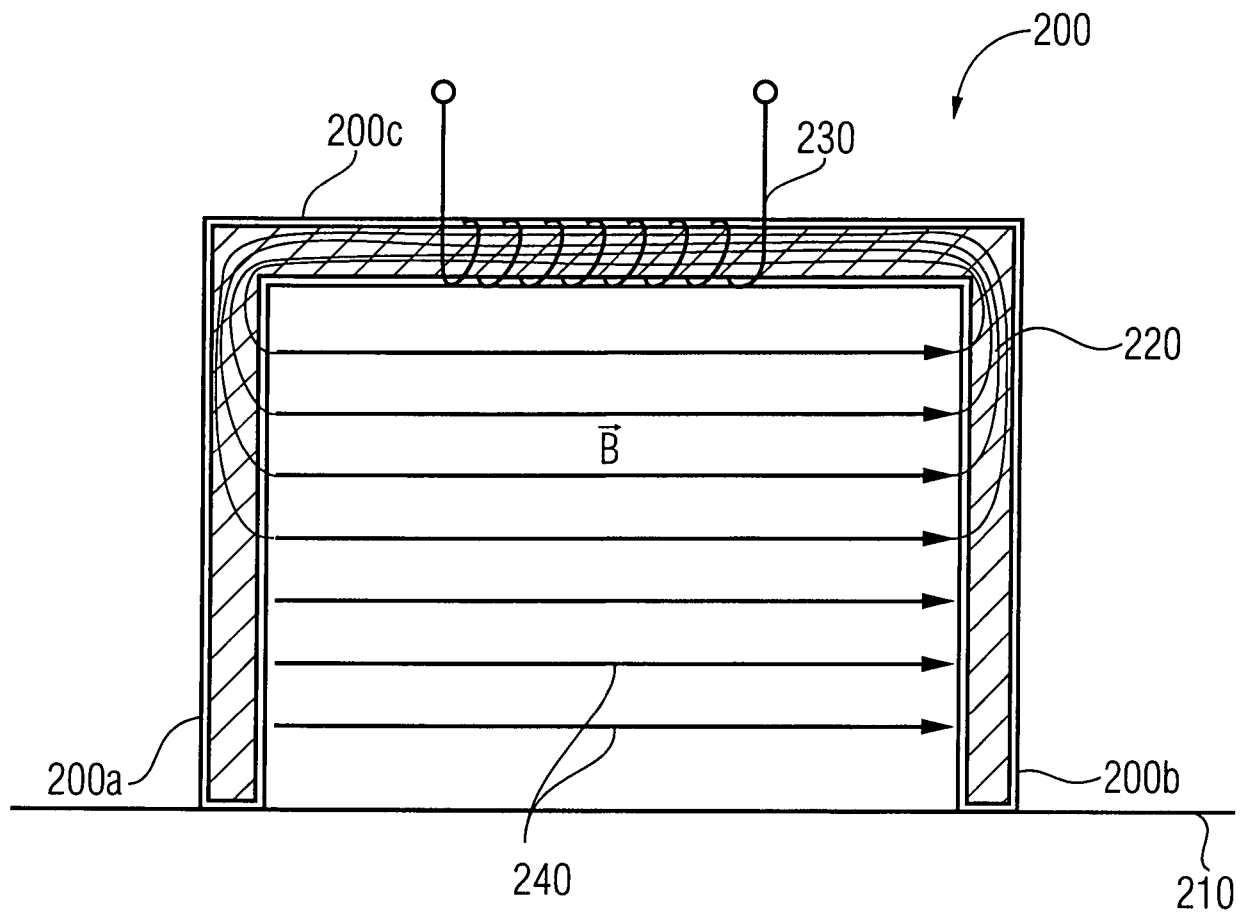


Fig.2

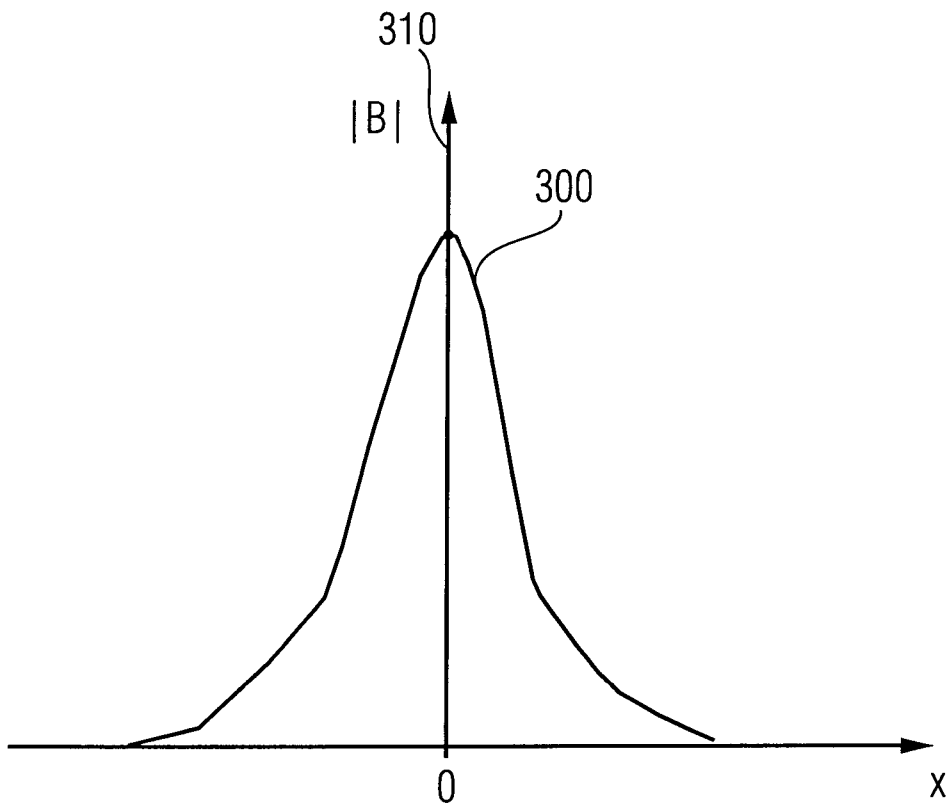


Fig.3

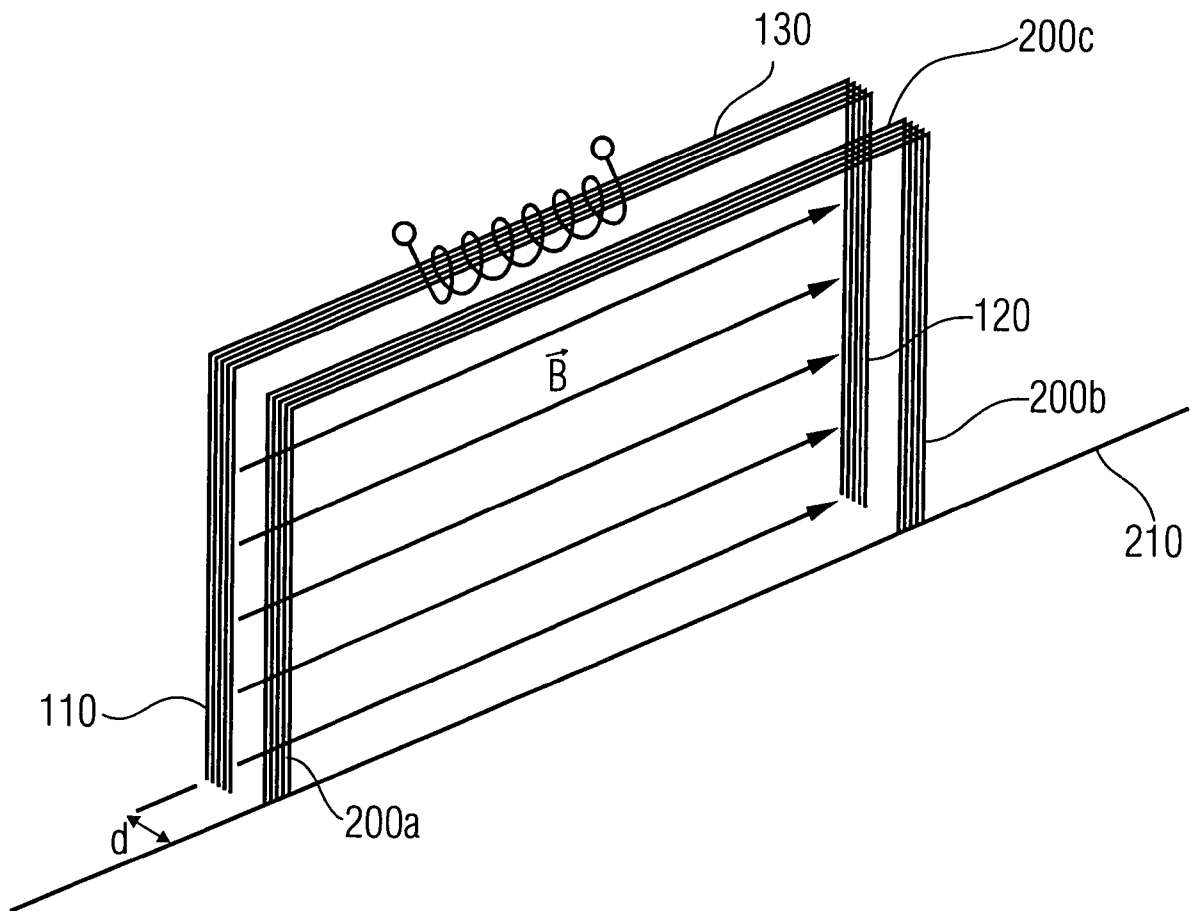


Fig.4

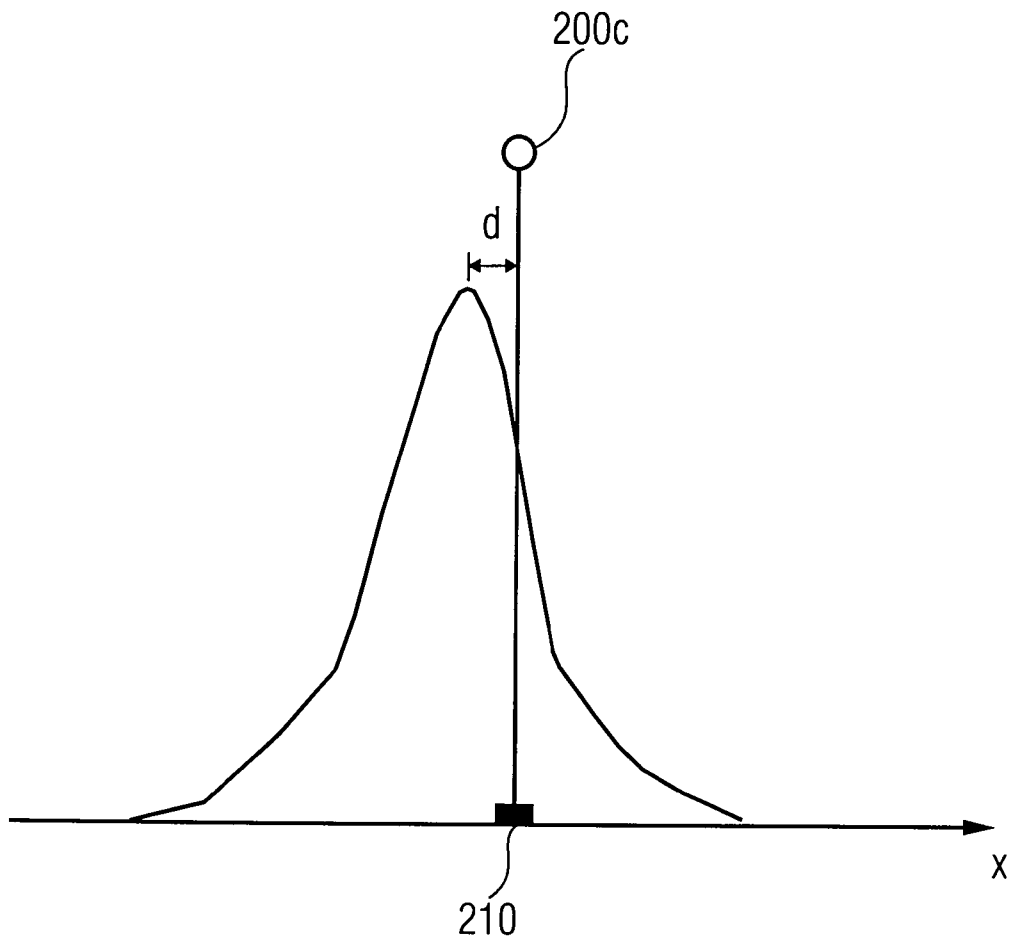


Fig.5

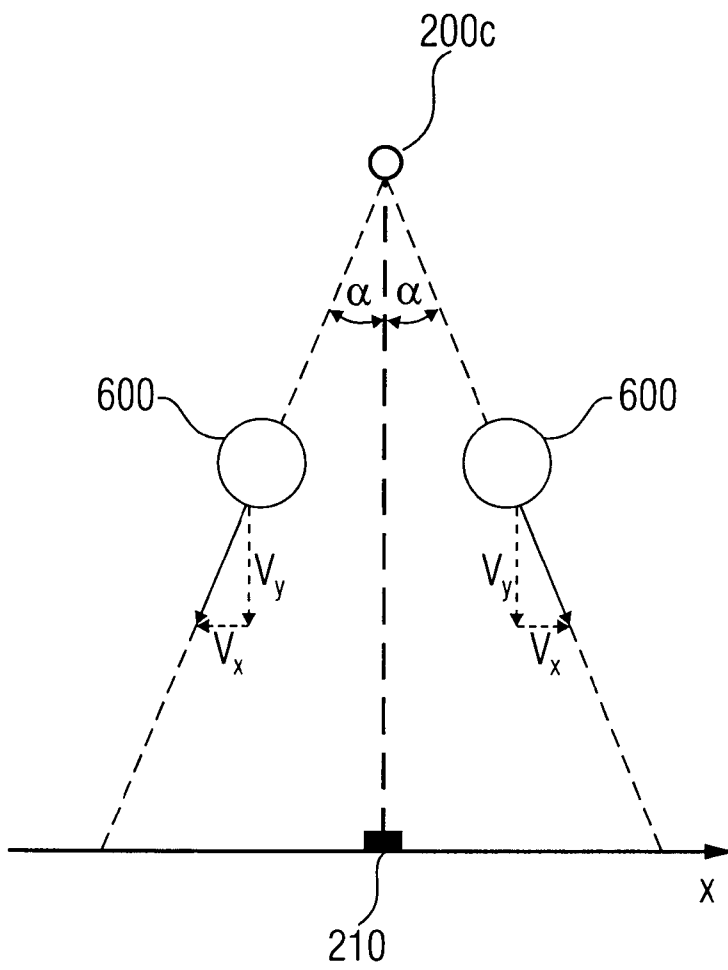


Fig.6

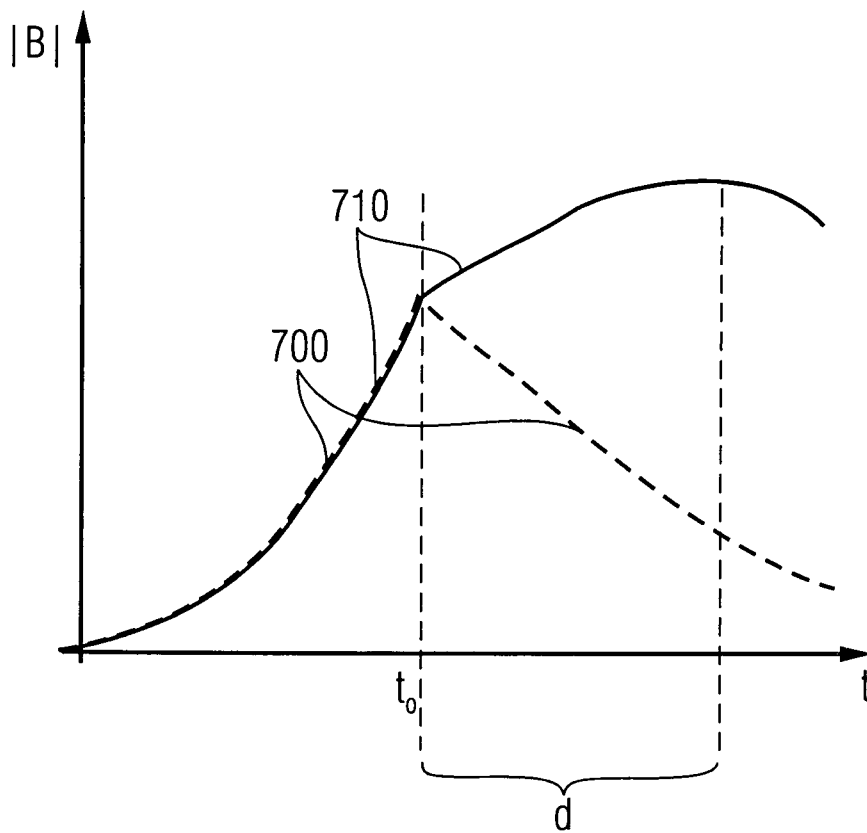


Fig.7a

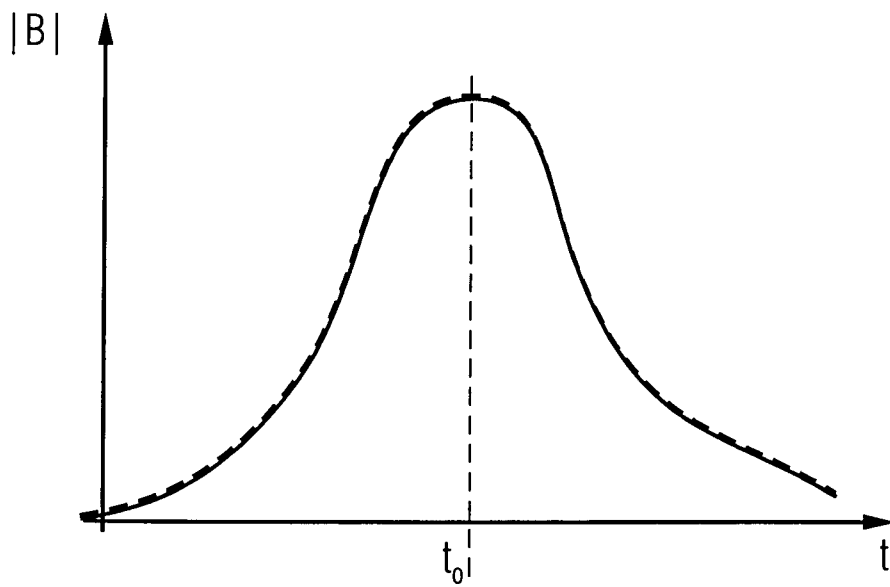


Fig.7b

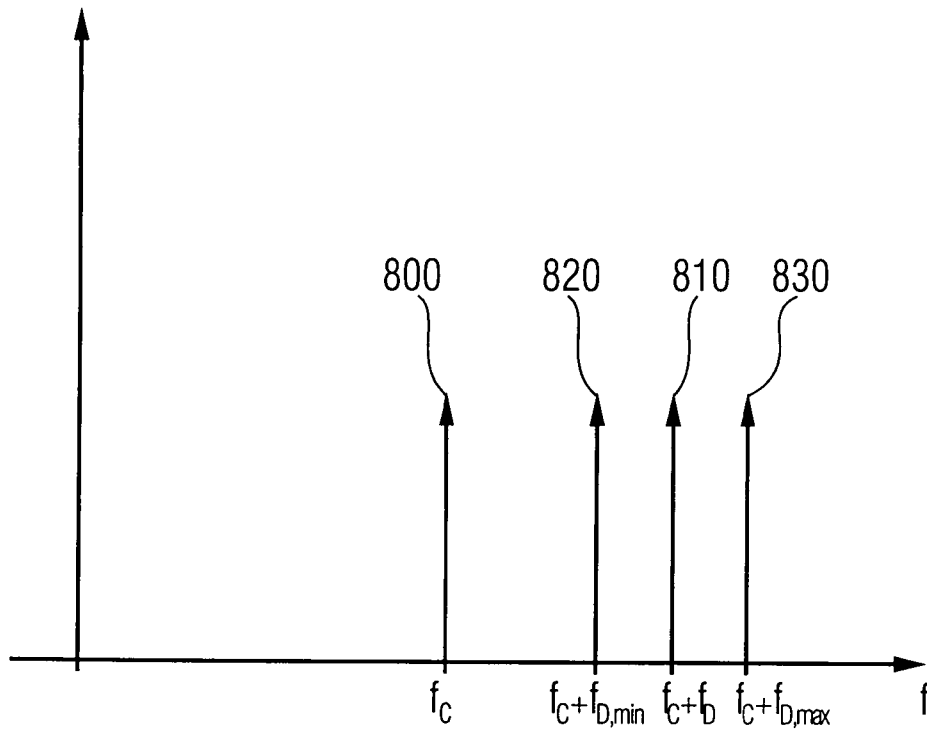


Fig.8

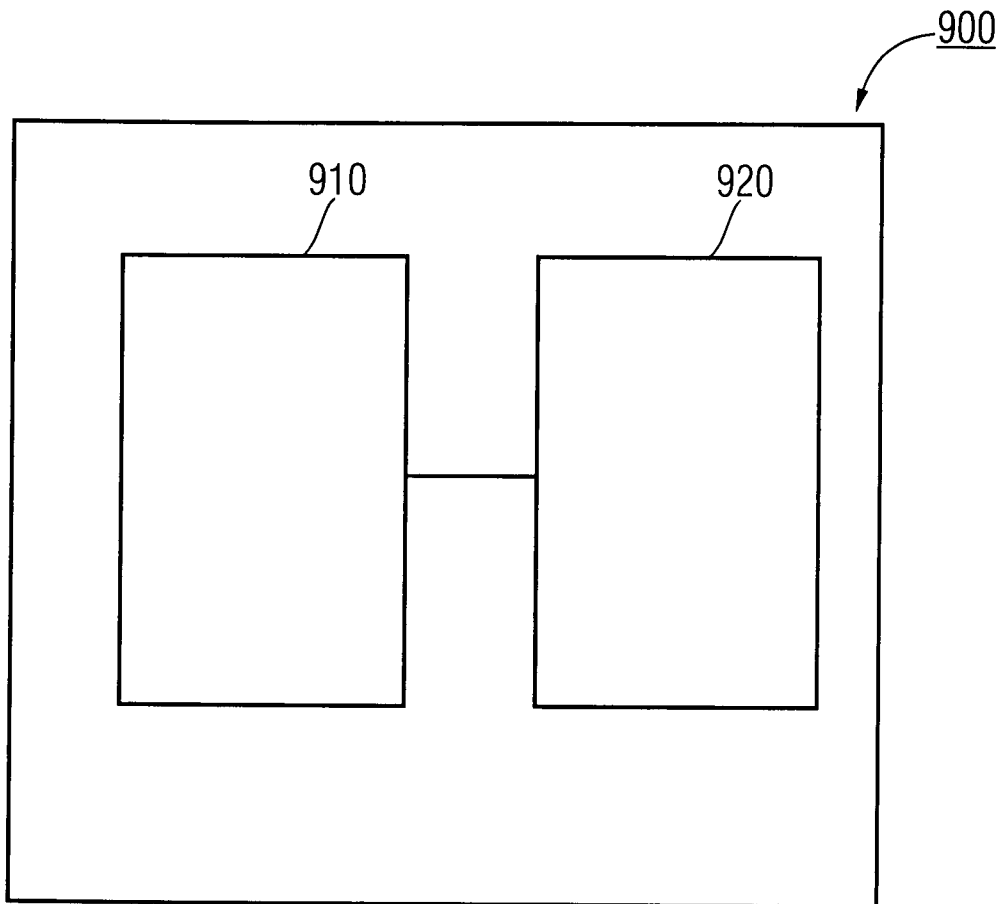


Fig.9